

معرفی راهکار ارزیابی فازی چندمعیاره (F-MCE) برای قابلیت‌سنجی زنبورداری در جنگل

علی نجفی فر^{۱*}، ماشاءالله محمدپور^۲ و منوچهر طهماسبی^۲

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران. پست الکترونیک: alinajaffar@yahoo.com

۲- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۳

چکیده

مدیریت یکپارچه جنگل برای استفاده پایدار از همه قابلیت‌های این بوم‌سازگان، نقش مهمی در کنترل تخریب و ایجاد تعادل بین کارکردهای مختلف آن دارد. زنبورداری، یکی از مناسب‌ترین کاربری‌های چندگانه جنگل محسوب می‌شود. هدف این پژوهش، معرفی راهکار ارزیابی فازی چندمعیاره (F-MCE) در قابلیت‌سنجی جنگل برای زنبورداری و مقایسه آن با راهکار غیرفازی مرسوم است. با استفاده از این دو راهکار، قابلیت زنبورداری ۱۶۸۲۵ هکتار از جنگل‌های زاگرس در منطقه کبیرکوه استان ایلام در چهار طبقه مقایسه شدند. معیارهای ارزیابی در هر دو راهکار مذکور، یکسان در نظر گرفته شدند. این معیارها شامل طبقه جذابیت گیاهان، دوره گل‌دهی، شیب، دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و دسترسی به آب و جاده بودند که با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) وزن‌دهی شدند. در اجرای F-MCE، معیارها با استفاده از توابع عضویت فازی در واحد پیکسل ارزش‌گذاری شدند و با روش ترکیب خطی وزن‌دار شده (WLC) تلفیق شدند. سپس، قابلیت زنبورداری با روش ارزیابی چندمعیاره (MCE) به صورت رقومی بررسی شد. ارزیابی در روش غیرفازی مرسوم نیز در سطح واحدهای کاری انجام شد. براساس نتایج به دست آمده، ۴۰ درصد سطح طبقه‌های زنبورداری در دو راهکار ارزیابی باهم اختلاف داشتند. بخش اصلی این اختلاف (۳۵/۶ درصد) مربوط به عرصه‌هایی است که در راهکار F-MCE در طبقه خوب (S_۱) و در راهکار مرسوم در طبقه متوسط (S_۲) قرار گرفتند. این اختلاف را می‌توان ناشی از ارزش‌گذاری رقومی معیارها با منطق فازی در F-MCE دانست که اثر نامطلوب ارزش‌گذاری سلیقه‌ای بولین در روش مرسوم را ندارد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چندمعیاره، جنگل‌های زاگرس، فرایند تحلیل شبکه‌ای، منطق فازی.

مقدمه

های چندگانه به صورت متوازن و سازگار با طبیعت می‌تواند در بهبود وضعیت معیشت ذی‌نفعان محلی و در نتیجه، احیای پوشش گیاهی مؤثر باشد. به عنوان مثال، توسعه زنبورداری با کمک به پایداری بوم‌سازگان و بهبود وضعیت اقتصادی و اجتماعی جوامع محلی (Amiri & Shariff, 2012)، زمینه کاهش فشار انسان و دام بر زیست‌بوم‌های گیاهی را فراهم می‌کند (Fadai et al., 2014). ارزش جهانی صنعت عسل بیشتر از ۷/۳ میلیارد دلار در سال است (FAO, 2019). بزرگ‌ترین

امروزه، ارزیابی و آمایش یکپارچه کاربری‌های چندگانه، اهمیت ویژه‌ای در برنامه مدیریت پایدار جنگل دارند. مدیریت کاربری‌های چندگانه مبتنی بر همه تولیدات چوبی، غیرچوبی و محیط‌زیستی، جایگزینی بهتر نسبت به مدل‌هایی است که فقط بر تولید چوب استوار هستند. این رویکرد به ارائه یک هدف مدیریتی برتر براساس الگوی مدیریت پایدار جنگل منتج می‌شود (García-Fernández et al., 2008). توسعه کاربری

کلان شروع شد (Makhdoum, 1993). در این راهکار، قابلیت سرزمین برای کاربری زنبورداری همراه با فعالیت‌های زراعی و باغی در قالب یک مدل کلان کشاورزی در سطح یگان‌های محیط‌زیستی ارزیابی می‌شود. با توسعه قابلیت پردازش و تحلیل رقومی اطلاعات مکانی، استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره (اغلب AHP) براساس مدل‌های ارزیابی مرتع رواج یافت. این پژوهش‌ها در سطح واحدهای پلیگونی (اغلب تیپ‌های گیاهی یا واحدهای کاری) و با استفاده از راهکارهای غیرفازی FAO (۱۹۹۱) یا Arzani (۱۹۹۷) انجام شده‌اند (Amiri & Shariff, 2012; Fadai et al., 2019; Gorgi et al., 2019; Yari et al., 2016; al., 2014). نقشه نهایی در این دو راهکار به ترتیب براساس تلفیق محدودیت‌های معیارها و تجمیع امتیاز عددی آن‌ها به دست می‌آید. در پژوهش Gorgi و همکاران (۲۰۱۸)، با وجود وزن‌دهی معیارهای ارزیابی زنبورداری در بخشی از مراتع استان سیستان و بلوچستان براساس منطق فازی با روش FAO، همچنان این معیارها به شیوه غیرفازی ارزش‌گذاری شدند. در ایران فقط Ghanbari و Nemati (۲۰۱۸) قابلیت جنگل برای زنبورداری را براساس روش غیرفازی بررسی کردند. با این حال، جنگل‌های ایران از جمله بوم‌سازگان زاگرس با گستره‌ای وسیع و ترکیب‌های متنوعی از پوشش گیاهان چوبی و علفی، قابلیت زیادی در توسعه این کاربری دارند.

ارزیابی چندمعیاره (MCE: Multi Criteria Evaluation) اساسی‌ترین راهکار پشتیبان تصمیم در GIS (Amiri, M.J. et al., 2013) و ابزار مفیدی برای پردازش و تحلیل هم‌زمان داده‌های کمی و کیفی است (Galiana- Martín & Karlosson, 2011). براساس MCE امکان پردازش رقومی هم‌زمان لایه‌های فازی و بولین (Boolean) و وزن‌دهی به معیارهای ارزیابی حاصل از فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) (Saaty, 1999) در قالب روش ترکیب خطی وزن‌دار شده (WLC) (Eastman et al., 1995) و روش‌های ترکیبی دیگر نیز فراهم است (Najafifar, 2017). تئوری فازی نیز که به وسیله Zadeh (۱۹۶۵) معرفی شد، تحولی شگرف در استنتاج‌های علمی ایجاد کرده است.

چالش پیش‌روی این صنعت، پاسخ به تقاضای روزافزون برای خدمات گرده‌افشانی، تولید عسل و محصولات دیگر زنبورداری با وجود منابع محدود کنونی است. با این حال، پیش از سرمایه‌گذاری بیشتر در زمینه زنبورداری، توسعه روش‌های علمی برای ارزیابی و برنامه‌ریزی این کاربری در سطح پروژه‌های زمین‌منظر (بزرگ‌مقیاس) بسیار ضروری است (Picknoll et al., 2021).

حفظ و احیای رویشگاه با توجه به چشم‌انداز مورد نظر، نقش اساسی در تأمین منابع گیاهی مناسب برای حفظ صنعت روبه‌رشد زنبور عسل (Isaacs et al., 2016; Potts et al., 2017) و ارائه مزیت‌های ثانویه محیط‌زیستی، زیبایی‌شناختی و اقتصادی آن دارند (Wratten et al., 2012). با توجه به نقش کلیدی منابع گیاهی در توسعه زنبورداری، کاربری مذکور گاهی فقط براساس وضعیت گیاهان شه‌زا و گرده‌زا ارزیابی شده است (Baude et al., 2016; M'Gonigle et al., 2017; Albayrak et al., 2018; Pamminer et al., 2019).

با توسعه قابلیت محاسبه‌های رقومی در GIS و ظهور روش‌های ارزیابی چندمعیاره، پژوهش‌های بررسی زنبورداری با استفاده از آن، رواج بیشتری یافته‌اند (Abou- Estoque & Shaara, 2013; Abou-Shaara et al., 2013; Murayama, 2010). نوع معیارها و وزن آن‌ها در چنین پژوهش‌هایی براساس شرایط خاص محیطی مناطق مورد مطالعه انتخاب شدند. به عنوان مثال، قابلیت استان بحیره در مصر برای زنبورداری در فصل زمستان (که کلونی‌های زنبور عسل به طور معمول با چالش دمای بسیار کم مواجه هستند) با استفاده از معیارهای درجه حرارت، فاصله از جاده، فاصله از گیاهان مناسب، پوشش زمین، شیب و بارندگی ارزیابی شد (Abou-Shaara, 2013). در حالی که معیارهای مورد استفاده در کاربرد کلونی‌های اصلاحی برای مقابله با گرمای شدید تابستان در عربستان سعودی شامل میانگین درجه حرارت در فصل تابستان و وضعیت خشکی (رطوبت نسبی، بارندگی و منابع آب) بودند (Abou-Shaara et al., 2013).

ارزیابی زنبورداری در ایران با راهکار سیستمی در مقیاس

متخصصین باتجربه و با استفاده از منابع مرتبط (Estoque & Murayama, 2010; Amiri, F. *et al.*, 2013; Amiri & Shariff, 2012; Abou-Shaara, 2013; Abou-Shaara *et al.*, 2013) انجام شدند. در اجرای نظرسنجی از تکنیک دلفی (Delphi Technique) به منظور انتخاب، ارزش گذاری و تعیین وابستگی معیارها استفاده شد (Adler & Ziglio, 1996). شیوه تکرار در طی راندها، نوشتاری و از طریق پست الکترونیک انجام شد. این فن اولین بار در اواخر سال ۱۹۵۰ برای بررسی علمی نظرات کارشناسان در پروژه دفاعی ارتش ایالات متحده آمریکا طراحی و توسعه یافت و از نیمه دوم دهه ۱۹۶۰ میلادی به عنوان یک روش مهم علمی شناخته شد. اکنون، تکنیک دلفی برای طیف گسترده‌ای از سؤال‌های آینده‌محور و پیچیده در زمینه‌های مختلف استفاده می‌شود. در این فن، اطلاعات بدون تماس فیزیکی شرکت‌کنندگان منتقل می‌شود و پاسخ‌های آن‌ها گمنام است (Windle, 2004). به دلیل تکرار دوره‌های مطالعه و تکیه بر اصل توافق جمعی، اختلاف نظر بین کارشناسان در روش دلفی به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد (Hayati *et al.*, 2014).

باتوجه به هدف پژوهش پیش‌رو، ارزش گذاری معیارها و تعیین وابستگی آن‌ها در سطح منطقه‌ای (مقیاس متوسط) انجام شد. براین اساس در بین معیارهای به‌کاررفته در ارزیابی، دوره گل‌دهی وابسته به میانگین دمای هوا (در دوره فعالیت زنبورداری) تشخیص داده شد. وابستگی دوره گل‌دهی گیاهان به میانگین دمای هوا یا ارتفاع از سطح دریا (همبسته با دما) در منابع علمی مختلف گزارش شده است (Cesaraccio *et al.*, 2004; Mardani & Yousefi, 2005; Darvish Roushan *et al.*, 2021). باتوجه به وابستگی مذکور، وزن معیارهای ارزیابی براساس ANP و از طریق نرم‌افزار Super Decisions 2.8 تعیین شد (شکل ۱). در این روش که توسط Saaty (۱۹۹۹) ارائه شد، ارتباط پیچیده شبکه‌ای بین و میان عنصرهای تصمیم از طریق جایگزینی ساختار سلسله‌مراتبی (AHP) با ساختار شبکه‌ای در نظر گرفته می‌شود. اقدامات انجام‌شده در این پژوهش به منظور اجتناب از ارائه پاسخ‌های متناقض و تثبیت شاخص ناسازگاری (Inconsistency)

هدف این پژوهش، ارائه مدل ارزیابی رقومی سرزمین در بخشی از جنگل‌های زاگرس برای زنبورداری براساس معیارهای استانداردشده با منطق فازی و با استفاده از رویکرد MCE (یکپارچه با GIS) در سطح واحد ۱۰۰ متر مربعی نقشه‌های بیکسلس مینا بود. همچنین، این مدل با راهکار ارزیابی غیرفازی مرسوم در سطح واحدهای پلیگونی به نسبت بزرگ و مبتنی بر مدل تجربی ارزش‌گذاری کیفی داده‌ها مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

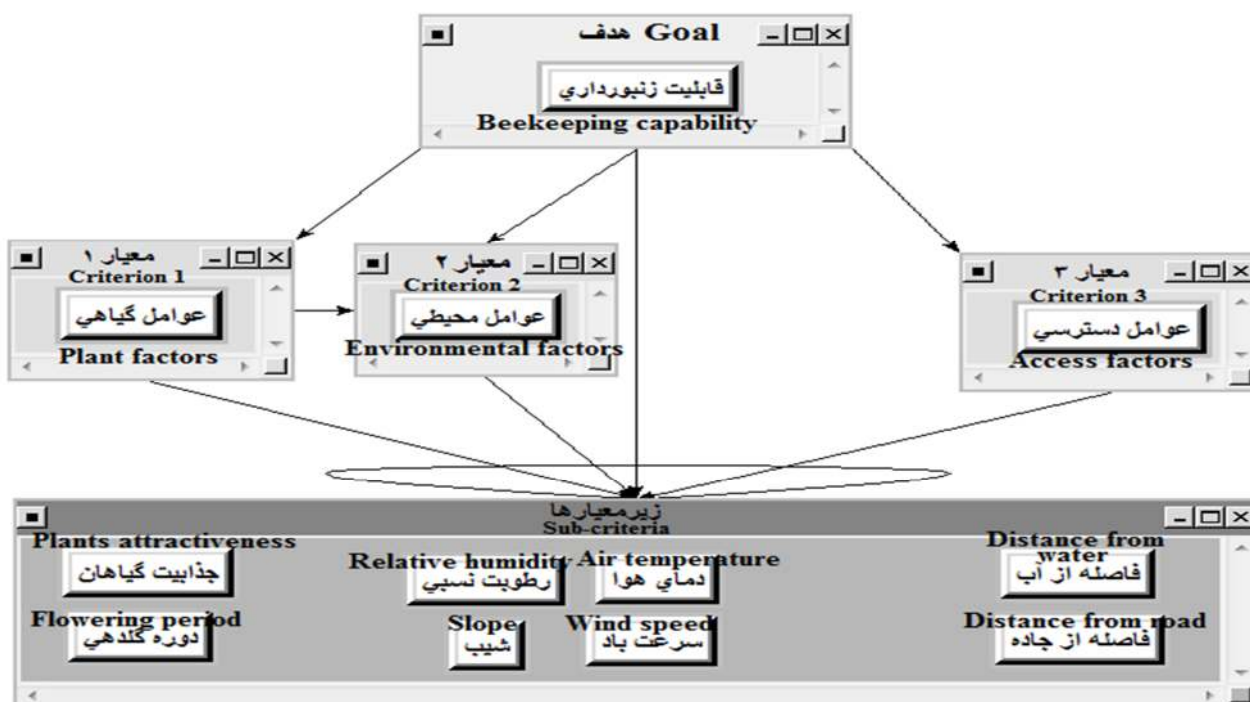
این پژوهش در سطح ۱۶۸۲۵ هکتار از رویشگاه‌های کوهستانی منطقه رویشی زاگرس واقع در ارتفاعات شمالی کبیرکوه در استان ایلام انجام شد. این منطقه در محدوده جغرافیایی ۱۲' ۱۳" ۳۳° تا ۱۱' ۲۳" ۳۳° عرض شمالی و ۲۷' ۵۳" ۴۶° تا ۴۱' ۴۷" ۴۷° طول شرقی گسترش دارد. دامنه ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه بین ۷۳۸ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا متغیر است.

روش پژوهش

قابلیت توسعه کاربری زنبورداری با استفاده از راهکار فازی چندمعیاره (F-MCE: Fuzzy-Multi Criteria Evaluation) در مقیاس منطقه‌ای ارزیابی شد. سپس، نتایج آن با راهکار غیرفازی مرسوم مقایسه شد. مدل به‌کاررفته در هر دو روش ارزیابی از سه معیار عوامل گیاهی، محیطی و دسترسی تشکیل شده بود. معیار عوامل گیاهی شامل دو زیرمعیار جذابیت (از نظر میزان شهدزایی و گرده‌زایی گیاهان) و دوره گل‌دهی است. چهار زیرمعیار میانگین دمای هوا در دوره زمانی اردیبهشت تا شهریورماه (دوره فعالیت زنبورداری)، میانگین رطوبت نسبی سالانه، میانگین بیشینه سرعت باد غالب و درصد شیب، تشکیل‌دهنده معیار عوامل محیطی بودند. معیار عوامل دسترسی نیز از دو زیرمعیار فاصله دسترسی به منابع آب سطحی و دسترسی به جاده تشکیل شد. انتخاب، طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری فازی و غیرفازی معیارها براساس نظر گروه کارشناسی متشکل از ۲۵ نفر از

و نیز پرداخت حق الزحمه به آن‌ها به منظور ایجاد انگیزه و صرف وقت و دقت کافی در اجرای نظرسنجی بودند.

Index) در دامنه استاندارد (کمتر از ۰/۱) شامل انتخاب کارشناسان مجرب، برگزاری جلسه‌های توجیهی و در اختیار گذاشتن اطلاعات و منابع علمی مرتبط با موضوع مورد مطالعه

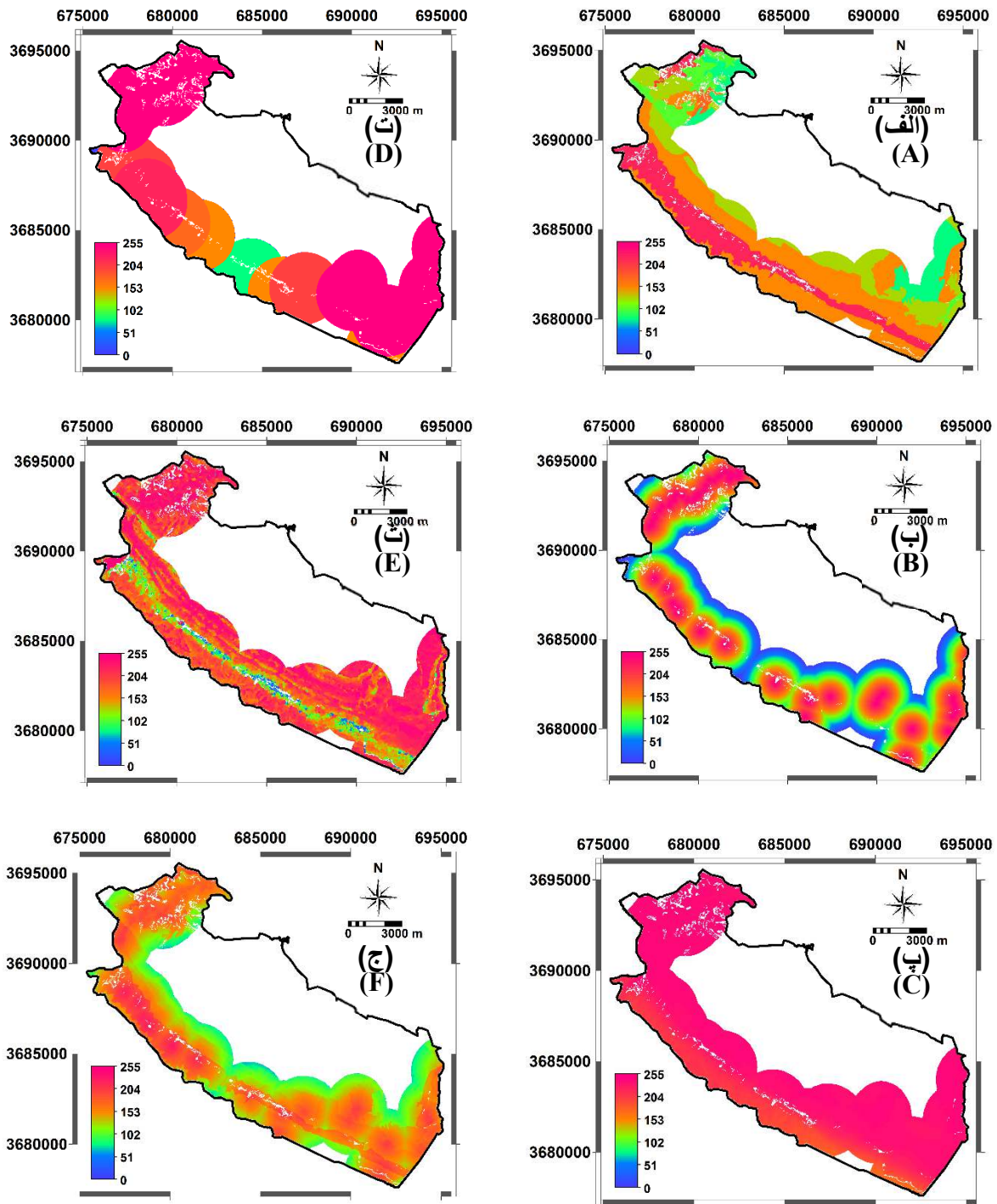


شکل ۱- مدل شبکه‌ای معیارهای ارزیابی زنبورداری

Figure 1. Network model of beekeeping evaluation criteria

به سطح حلقه مورد نظر تخصیص یافت. اطلاعات جذابیت و دوره گل‌دهی گیاهان براساس پژوهش‌های Karimi و همکاران (۲۰۰۷)، Fadai و همکاران (۲۰۱۴)، Ariapour و همکاران (۲۰۱۵) و Najafifar (۲۰۱۷) به دست آمد. میانگین دوره گل‌دهی گونه‌های غالب در چهار طبقه کیفی کمتر از ۲۵، ۲۵ تا ۵۰، ۵۰ تا ۷۵ و بیشتر از ۷۵ روز در سطح هر تیپ جنگلی مشخص شد. لایه‌های MCE مربوط به مطلوبیت معیارهای جذابیت و دوره گل‌دهی گیاهان، دسترسی به آب، دسترسی به جاده، شیب دامنه، میانگین دمای هوا در ماه‌های فعال و نقشه رستری قابلیت منطقه مطالعاتی برای کاربری زنبورداری در شکل ۲ ارائه شده است.

معیارهای محدودکننده توسعه زنبورداری به کاررفته در هر دو روش ارزیابی شامل تاج پوشش جنگل کمتر از پنج درصد، شیب بیشتر از ۶۰ درصد، ارتفاعات کمتر از ۷۰۰ و بیشتر از ۳۰۰۰ متر از سطح دریا، سایه دامنه (Hillshade) کمتر از ۱۰۰ (در دامنه صفر تا ۲۵۵)، فاصله از منابع آب بیشتر از ۴۰۰۰ متر و مناطق فاقد دسترسی به جاده در شعاع مذکور بودند. در تهیه نقشه محدودیت فاصله از منابع آب، نقشه ویکتوری نقطه‌ای و خطی منابع آب (به صورت Route) تهیه شد. سپس، نقشه حلقه‌های ۴۰۰۰ متری (Buffers) در اطراف عوارض مذکور در محیط ArcGIS به دست آمد. به منظور تهیه نقشه دسترسی نیز فاصله نزدیک‌ترین مسیر دسترسی به هر یک از منابع آب در محیط ArcGIS تعیین شد و ارزش آن



شکل ۲- لایه‌های مطلوبیت معیارها برای زنبورداری: الف) جذابیت و دوره گل‌دهی پوشش گیاهی، ب) دسترسی به آب، پ) میانگین دما در اردیبهشت تا شهریورماه، ت) دسترسی به جاده، ث) شیب دامنه و ج) قابلیت مجموع معیارها برای کاربری زنبورداری

Figure 2. Criteria capability layers for beekeeping: A) Attractiveness layers and flowering period vegetation, B) water access, C) average temperature in May to September, D) road access, E) slope, and F) Criteria capability of all criteria for beekeeping use

ارزش پوشش گیاهی از تلفیق خطی وزن‌دار شده دو معیار جذابیت گیاهان و دوره گل‌دهی به دست آمد. ابتدا شاخص ارزش جذابیت گیاهان براساس تراکم کل پوشش گیاهی با استفاده از تابع مدل محاسبه شد. مجموع حاصل ضرب این شاخص در نسبت تاج پوشش و ضریب تأثیر چهار طبقه کیفی جذابیت به دست آمد. سپس، ارزش کل پوشش گیاهی از حاصل جمع وزن‌دار شده دو شاخص جذابیت و دوره گل‌دهی به دست آمد. شرح مدل مذکور به زبان ریاضی در رابطه (۱) ارائه شده است.

$$V_i = ((\sum((-0.0004 DC_i^2) + (0.0383 DC_i) + 0.0398) \times PC_j \times C_j)) \times WA + VF_i \times WF \quad (1) \text{ رابطه}$$

متغیرهای این معادله عبارت‌اند از:

V_i : ارزش پوشش گیاهی تیپ i برای زنبورداری (در دامنه صفر تا یک)

DC_i : میانگین درصد تاج پوشش گیاهان چوبی و گیاهان کف جنگل در تیپ i

PC_j : نسبت میانگین درصد تاج پوشش در دامنه صفر تا یک برای طبقه جذابیت j (نسبت از تاج پوشش کل)

C_j : ضریب تأثیر طبقه جذابیت گیاهی j برای زنبورداری

WA : وزن معیار جذابیت گیاهان برای زنبورداری (به دست آمده از ANP)

VF_i : ارزش طبقه دوره گل‌دهی گیاهان در تیپ i

WF : وزن معیار دوره گل‌دهی گیاهان (به دست آمده از ANP)

به منظور استخراج نقشه رقومی قابلیت زنبورداری، لایه‌های فازی معیارهای ارزیابی براساس راهکار MCE و با استفاده از WLC در محیط نرم‌افزار IDRISI تلفیق شدند. سپس، نقشه مذکور در چهار طبقه کیفی شامل فاقد قابلیت (N)، ضعیف (S_2)، متوسط (S_3) و خوب (S_1) طبقه‌بندی شد.

روش راهکار ارزیابی غیرفازی

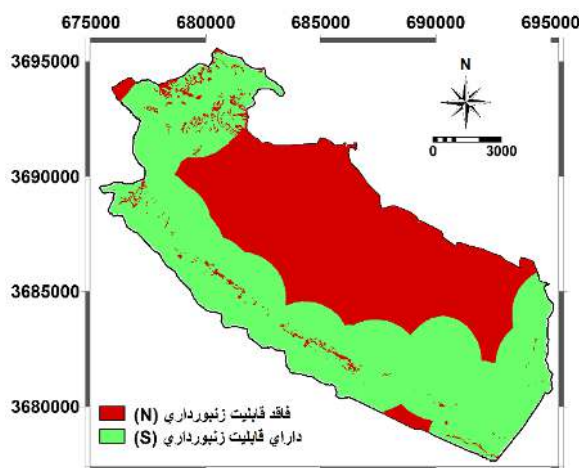
قابلیت زنبورداری با استفاده از روش اصلاح شده غیرفازی Arzani (۱۹۹۷) در مقیاس صفر تا ۱۰۰ در سطح واحدهای کاری به صورت کیفی ارزیابی شد (جدول ۱). نقشه واحدهای کاری براساس دو عامل تیپ گیاهی و پراکنش منابع آب به دست آمد. لایه‌های غیرفازی معیارها

براساس وزن تخصیص یافته در ANP و در چهار طبقه کیفی تهیه شدند. نقشه قابلیت زنبورداری از تجمیع نمره‌های لایه‌های مذکور در سطح هر واحد کاری در چهار طبقه کیفی (S_1 ، S_2 ، S_3 و N) به دست آمد. در نهایت، نتایج راهکار F-MCE و راهکار غیرفازی مرسوم نسبت به هم مقایسه و تجزیه و تحلیل شدند.

جدول ۱- مدل غیرفازی ارزیابی زنبورداری

Table 1. Non-fuzzy model of beekeeping evaluation

| زیرمعیار | طبقه | وضعیت | نمره | زیرمعیار | طبقه | وضعیت | نمره |
|---|-------|-------------|-------|--|-------|----------|-------|
| Sub-criteria | Class | Status | Score | Sub-criteria | Class | Status | Score |
| فاصله از آب (متر) Distance from water (m) | 1 | < 500 | 24 | میانگین دمای هوا در ماه‌های فعال (°C) Average air temperature in active months (°C) | 1 | 10 - 17 | 10.1 |
| | 2 | 500 - 1200 | 16 | | 2 | 17 - 25 | 6.67 |
| | 3 | 1200 - 2000 | 6 | | 3 | 25 - 37 | 3.33 |
| | 4 | > 2000 | 0 | | 4 | >37 | 0 |
| طبقه جذابیت (درصد تاج پوشش) Attractiveness class (Percentage of canopy cover) | 1 | > 0.9 | 21.3 | شیب (درصد) Slope (%) | 1 | < 10 | 9 |
| | 2 | 0.5 - 0.9 | 14.91 | | 2 | 10 - 40 | 5.94 |
| | 3 | 0.1 - 0.5 | 7.46 | | 3 | 40 - 70 | 2.97 |
| | 4 | <0.1 | 0 | | 4 | > 70 | 0 |
| دوره گل‌دهی (روز) Flowering period (days) | 1 | > 85 | 14.3 | رطوبت نسبی هوا (درصد) Relative humidity (%) | 1 | 0 - 30 | 5.8 |
| | 2 | 45 - 85 | 11.44 | | 2 | 30 - 60 | 3.83 |
| | 3 | 10 - 45 | 5.72 | | 3 | 60 - 80 | 1.91 |
| | 4 | < 10 | 0 | | 4 | 80 - 100 | 0 |
| فاصله دسترسی به جاده (کیلومتر) Road access distance (km) | 1 | < 1 | 11.8 | بیشینه سرعت باد غالب (km/h) Maximum prevailing wind speed (km/h) | 1 | 0 - 10 | 3.7 |
| | 2 | 1 - 2 | 7.79 | | 2 | 10 - 30 | 2.44 |
| | 3 | 2 - 3 | 3.89 | | 3 | 30 - 50 | 1.22 |
| | 4 | > 3 | 0 | | 4 | > 50 | 0 |



شکل ۳- نقشه محدودیت‌های بولین برای توسعه کاربری زنبورداری در منطقه مورد مطالعه

Figure 3. Boolean constraints map for beekeeping development in the study area

نتایج

گیاهی در شکل ۴ نیز نشان داد که ۲۰ تیپ گیاهی مختلف در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. آمایش کاربری‌های چندگانه در این منطقه نشان داد که ۸۰ گونه گیاهی مناسب برای زنبورداری در منطقه حضور دارند (Najafifar, 2017). 12/5 درصد از آن‌ها شهدزا، 17/5 درصد گرده‌زا و 70 درصد نیز شهدزا و گرده‌زا بودند. طبقه‌های جذابیت یک تا چهار به ترتیب ۳۳/۷۵، ۲۲/۵، ۲۲/۵، ۳۳/۷۵

نقشه مجموع محدودیت‌های اعمال شده برای کاربری زنبورداری نشان داد که ۴۶/۳ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه، فاقد شرایط لازم برای اجرای کاربری زنبورداری بوده و از نقشه ارزیابی حذف گردید (شکل ۳). فهرست و کد تیپ‌های گیاهی شناسایی شده در جدول ۲ ارائه شده است. نقشه تیپ‌های

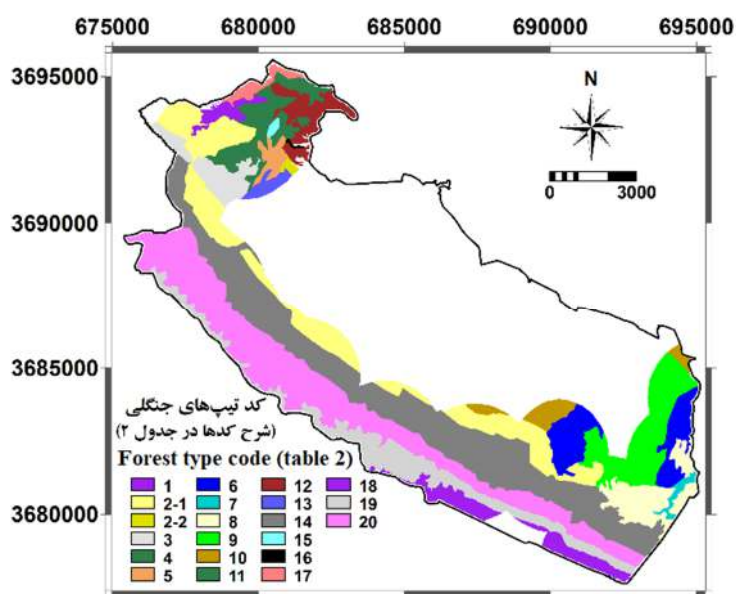
اولویت‌بندی معیارهای مدل زنبورداری در جدول ۳ ارائه شده است. براین اساس، وزن بیشینه به معیار درصد تاج پوشش گیاهی در هر طبقه جذابیت و کمینه آن به معیار بیشینه سرعت باد غالب اختصاص یافتند.

۳۸/۷۵ و پنج درصد از گونه‌های گیاهی شناسایی شده را تشکیل می‌دهند. در اجرای تکنیک دلفی در نظرسنجی به منظور تهیه فهرست معیارها و ارزش‌گذاری و اولویت‌بندی آن‌ها، اجماع ۹۶ درصد (۲۴ نفر) در تکرار دوم به دست آمد. نتایج ANP در

جدول ۲- فهرست و کد تیپ‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه

Table 2. List and code of forest types of the study area

| کد Code | تیپ جنگل Forest type |
|------------|--|
| 1 | <i>Centaurea intricate-Astragalus fasciculifolius-Gypsophila pallida</i> |
| 2 | <i>Quercus brantii-Aegilops triuncialis</i> |
| 3 | <i>Quercus brantii-Brous tectorum</i> |
| 4 | <i>Pteropyrum naufelum-Astragalus fasciculifolius-Centaurea intricat</i> |
| 5 | <i>Quercus brantii-Amygdalus arabica</i> |
| 6 | <i>Quercus brantii-Trachynia distachya-Hordeum bulbosum</i> |
| 7 | <i>Quercus brantii-Brous tectorum</i> |
| 8 | <i>Aegilops triuncialis</i> |
| 9 | <i>Quercus brantii-Brous tectorum-Hordeum bulbosum</i> |
| 10 | <i>Quercus brantii-Aegilops triuncialis-Carthamus oxyacantha</i> |
| 11 | <i>Brous tectorum-Trachynia distachya</i> |
| 12 | <i>Quercus brantii-Brous tectorum-Trachynia distachya</i> |
| 13 | <i>Quercus brantii-Centaurea intricate-Annual grasses-Annual forbs</i> |
| 14 | <i>Quercus brantii-Carthamus oxyacantha-Brous tectorum-Trachynia distachya</i> |
| 15 | <i>Amygdalus arabica</i> |
| 16 | <i>Amygdalus arabica-Quercus brantii</i> |
| 17 | <i>Quercus brantii-Astragalus fasciculifolius-Trachynia distachya</i> |
| 18 | <i>Amygdalus orientalis-Daphne mucronata-Lonicera nummulariifolia</i> |
| 19 | <i>Acer monspessulanum-Amygdalus orientalis</i> |
| 20 | <i>Quercus brantii-Acer monspessulanum</i> |



شکل ۴- نقشه تیپولوژی گیاهی منطقه مورد مطالعه

Figure 4. Plant typology map of the study area

جدول ۳- نتایج ANP در اولویت‌بندی معیارهای مدل ارزیابی زنبورداری

Table 3. ANP results on prioritization of criteria for beekeeping evaluation model

| معیار Criteria | خام Raw | نرمال (۰-۱) Normal (0-1) | نرمال (درصد) Normal (%) | ایده‌آل Ideal | رتبه Rank |
|--|------------|-----------------------------|----------------------------|------------------|--------------|
| طبقه جذابیت Attractiveness class | 0.142 | 0.24 | 24 | 1 | 1 |
| دوره گل‌دهی Flowering period | 0.128 | 0.22 | 22 | 0.903 | 2 |
| میانگین دمای هوا در ماه‌های فعال Average air temperature in active months | 0.124 | 0.21 | 21 | 0.877 | 3 |
| فاصله از جاده Distance from road | 0.087 | 0.13 | 13 | 0.613 | 4 |
| فاصله از آب Distance from water | 0.071 | 0.11 | 11 | 0.499 | 5 |
| شیب Slope | 0.034 | 0.05 | 5 | 0.246 | 6 |
| رطوبت نسبی هوا Relative humidity | 0.017 | 0.03 | 3 | 0.123 | 7 |
| بیشینه سرعت باد غالب Maximum prevailing wind speed | 0.013 | 0.02 | 2 | 0.091 | 8 |

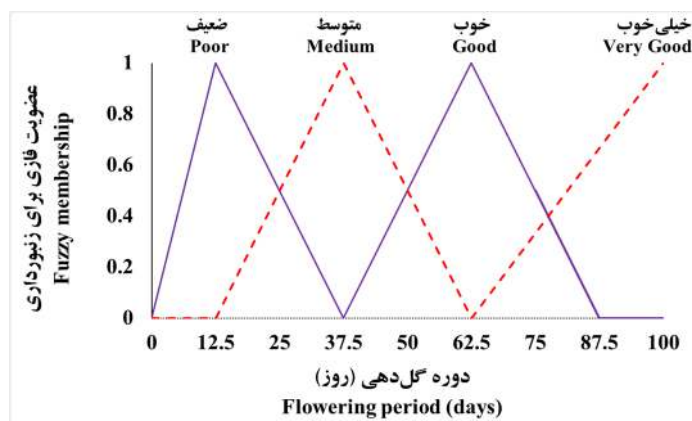
رطوبت نسبی هوا در جدول ۴ مشاهده می‌شوند. تابع عضویت فازی مثلثی برای معیار دوره گل‌دهی نیز با هم‌پوشانی ۵۰ درصد بین متغیرهای زبانی (Linguistic variables) ضعیف، متوسط، خوب و خیلی خوب در شکل ۵ ارائه شده است.

توابع عضویت فازی برای متغیرهای جذابیت گیاهان، دوره گل‌دهی، فاصله دسترسی به منابع آب و جاده، شیب، میانگین دمای روزانه در دوره فعالیت زنبورداری (اردیبهشت تا شهریورماه)، میانگین بیشینه سرعت باد غالب و میانگین

جدول ۴- معادله‌ها و توابع عضویت فازی برای هشت متغیر به‌کاررفته در ارزیابی زنبورداری (تهیه‌شده توسط کاربر با نظر کارشناسی)

(prepared by Table 4. Equations and fuzzy membership functions of the eight variables used in beekeeping evaluation the user with expert opinion)

| معیار Criteria | تابع عضویت فازی Fuzzy membership function | معیار Criteria | تابع عضویت فازی Fuzzy membership function |
|--|--|--|--|
| جذابیت گیاهان (درصد تاج‌پوشش) Plants Attractiveness (Percentage of canopy cover) | $Y = -0.0004x^2 + 0.0383x + 0.0398$ | شیب (درصد) Slope (%) | $Y = -0.0051x + 1$ |
| دوره گل‌دهی (روز) Flowering period (days) | تابع عضویت فازی مثلثی (شکل ۵) Triangular fuzzy membership function (Figure 5) | میانگین دمای هوا در ماه‌های فعال (C°) Temperature in active months (°C) | $Y = 9.329E-9x^5 + 0.0x^4 + 8.852E-5x^3 + 0.003x^2 + 0.011x + 0.1$ |
| فاصله از آب (متر) Distance from water (m) | $Y = -3E-5x^2 - 0.0051x + 1$ | بیشینه سرعت باد غالب (km/h) Maximum prevailing wind speed (km/h) | $Y = -0.0002x^2 - 0.0088x + 1$ |
| فاصله از جاده (متر) Distance from road (m) | $Y = -8E-8x^2 - 9E-5x + 1$ | درصد رطوبت نسبی Relative humidity (%) | $Y = -6E-6x^3 + 0.0002x^2 - 0.0165x + 0.3869$ |



شکل ۵- تابع عضویت فازی مثلثی در چهار متغیر زبانی برای معیار دوره گل‌دهی

Figure 5. Triangular fuzzy membership function of four linguistic variables for the flowering period criterion

۲۵ متری جاده قرار داشت. دورترین دسترسی نیز متعلق به منبع ۲۴ بود که جاده از فاصله ۲۶۴۹ متری آن عبور می‌کرد.

ارزش فاصله دسترسی به جاده در حلقه‌های اطراف منابع آبی در جدول ۵ نشان داد که در بین ۲۷ منبع آبی موجود، نزدیک‌ترین دسترسی مربوط به منبع ۲۶ است که در فاصله

جدول ۵ - فاصله حلقه‌های اطراف منابع آبی تا نزدیک‌ترین جاده (متر)

Table 5. Distance from buffers around water sources to the nearest road (m)

| Water source code | Road distance | Buffer value | Water source code | Road distance | Buffer value | Water source code | Road distance | Buffer value |
|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|--------------|
| 26 | 25 | 1 | 21 | 677 | 0.905 | 13 | 1195 | 0.78 |
| 11 | 45 | 0.998 | 20 | 705 | 0.899 | 17 | 1433 | 0.709 |
| 27 | 68 | 0.996 | 3 | 768 | 0.886 | 9 | 1720 | 0.611 |
| 25 | 100 | 0.992 | 5 | 782 | 0.883 | 16 | 1761 | 0.596 |
| 7 | 119 | 0.99 | 12 | 792 | 0.881 | 14 | 1806 | 0.579 |
| 10 | 327 | 0.964 | 19 | 799 | 0.879 | 6 | 2276 | 0.383 |
| 4 | 351 | 0.961 | 1 | 1072 | 0.814 | 8 | 2281 | 0.381 |
| 2 | 564 | 0.926 | 22 | 1112 | 0.803 | 15 | 2434 | 0.309 |
| 18 | 631 | 0.914 | 23 | 1136 | 0.797 | 24 | 2649 | 0.202 |

به ترتیب برابر ۰/۷۶ و ۰/۹۸ به دست آمد. جدول ۶، مشخصات تیپ‌های پوشش گیاهی و ارزش نهایی آن‌ها برای کاربری زنبورداری در F-MCE و جدول ۷ نیز نتایج ارزیابی واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه برای زنبورداری را در راهکار غیرفازی نشان می‌دهند.

میانگین بیشینه سرعت باد غالب و درصد رطوبت نسبی براساس داده‌های طولانی‌مدت ایستگاه سینوپتیک ایلام (۳۵ ساله) به ترتیب برابر ۱۹/۰۳ کیلومتر بر ساعت و ۳۹/۸۹ درصد است. براساس معادله‌های توابع عضویت فازی در F-MCE (جدول ۴)، ارزش میانگین بیشینه سرعت باد غالب و درصد رطوبت نسبی برای زنبورداری در دامنه صفر تا یک

جدول ۶- ارزش معیار پوشش گیاهی برای زنبورداری در تیپ‌های گیاهی منطقه

Table 6. Critical value of vegetation for beekeeping in plant types of the study area

| تیپ Type | تاج پوشش کل (درصد) Total canopy (%) | نسبت تاج پوشش در طبقه‌های جذابیت (۱-۰) Canopy ratio in attractiveness classes (0-1) | | | | ارزش (۱-۰) Value (0-1) | | | | | |
|-----------------|--|--|-------------|--------------|-------------|--|---|--|---------------------|---|-------------------------------------|
| | | Class I | Class II | Class III | Class IV | تاج جذابیت | ارزش نهایی جذابیت | ارزش نهایی | وزن دارنده دوره | گل‌دهی | ارزش کل |
| | | | | | | The attractiveness function of the total canopy | The final value of attractiveness | The weighted final value of attractiveness | Flowering period | Weighted value of flowering period | The final value of beekeeping |
| 1 | 28.1 | 0.143 | 0.469 | 0.103 | 0.285 | 0.8 | 0.68 | 0.41 | 0.8 | 0.32 | 0.73 |
| 2-1 | 10.5 | 0.191 | 0 | 0.133 | 0.676 | 0.4 | 0.31 | 0.18 | 0.8 | 0.32 | 0.5 |
| 2-2 | 8.41 | 0.499 | 0 | 0.287 | 0.214 | 0.33 | 0.29 | 0.18 | 0.8 | 0.32 | 0.5 |
| 3 | 8.16 | 0.49 | 0 | 0.277 | 0.233 | 0.33 | 0.28 | 0.17 | 0.6 | 0.24 | 0.41 |
| 4 | 19.3 | 0.161 | 0.425 | 0 | 0.415 | 0.63 | 0.52 | 0.31 | 0.6 | 0.24 | 0.55 |
| 5 | 20.8 | 0.144 | 0.385 | 0.144 | 0.327 | 0.66 | 0.55 | 0.33 | 0.6 | 0.24 | 0.57 |
| 6 | 19.9 | 0.377 | 0.266 | 0.201 | 0.156 | 0.64 | 0.57 | 0.34 | 0.6 | 0.24 | 0.58 |
| 7 | 11.1 | 0 | 0.09 | 0.126 | 0.784 | 0.42 | 0.3 | 0.18 | 0.4 | 0.16 | 0.34 |
| 8 | 12.7 | 0 | 0.102 | 0.465 | 0.433 | 0.46 | 0.35 | 0.21 | 0.4 | 0.16 | 0.37 |
| 9 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.22 | 0.18 | 0.11 | 0.6 | 0.24 | 0.35 |
| 10 | 13.1 | 0 | 0.237 | 0.099 | 0.664 | 0.47 | 0.36 | 0.21 | 0.6 | 0.24 | 0.45 |
| 11 | 9.9 | 0 | 0.111 | 0.586 | 0.303 | 0.38 | 0.3 | 0.18 | 0.6 | 0.24 | 0.42 |
| 12 | 5 | 0 | 0 | 0.043 | 0.957 | 0.22 | 0.16 | 0.09 | 0.4 | 0.16 | 0.25 |
| 13 | 4.6 | 0 | 0.174 | 0.326 | 0.5 | 0.21 | 0.16 | 0.1 | 0.6 | 0.24 | 0.34 |
| 14 | 19.9 | 0.01 | 0.281 | 0.317 | 0.392 | 0.64 | 0.51 | 0.31 | 0.6 | 0.24 | 0.55 |
| 15 | 9.3 | 0 | 0.247 | 0.108 | 0.645 | 0.36 | 0.27 | 0.16 | 0.6 | 0.24 | 0.4 |
| 16 | 19.6 | 0.235 | 0.026 | 0.561 | 0.179 | 0.64 | 0.53 | 0.32 | 0.6 | 0.24 | 0.56 |
| 17 | 31.5 | 0.152 | 0.53 | 0.191 | 0.127 | 0.85 | 0.74 | 0.44 | 0.6 | 0.24 | 0.68 |
| 18 | 18.64 | 0.365 | 0.49 | 0.145 | 0 | 0.61 | 0.57 | 0.34 | 0.8 | 0.32 | 0.66 |
| 19 | 28.04 | 0.221 | 0.301 | 0.26 | 0.218 | 0.8 | 0.68 | 0.41 | 0.8 | 0.32 | 0.73 |
| 20 | 37.8 | 0.294 | 0.492 | 0.124 | 0.09 | 0.92 | 0.82 | 0.49 | 0.6 | 0.24 | 0.73 |
| Average میانگین | | 0.16 | 0.22 | 0.26 | 0.36 | 0.52 | 0.44 | 0.26 | 0.62 | 0.25 | 0.51 |

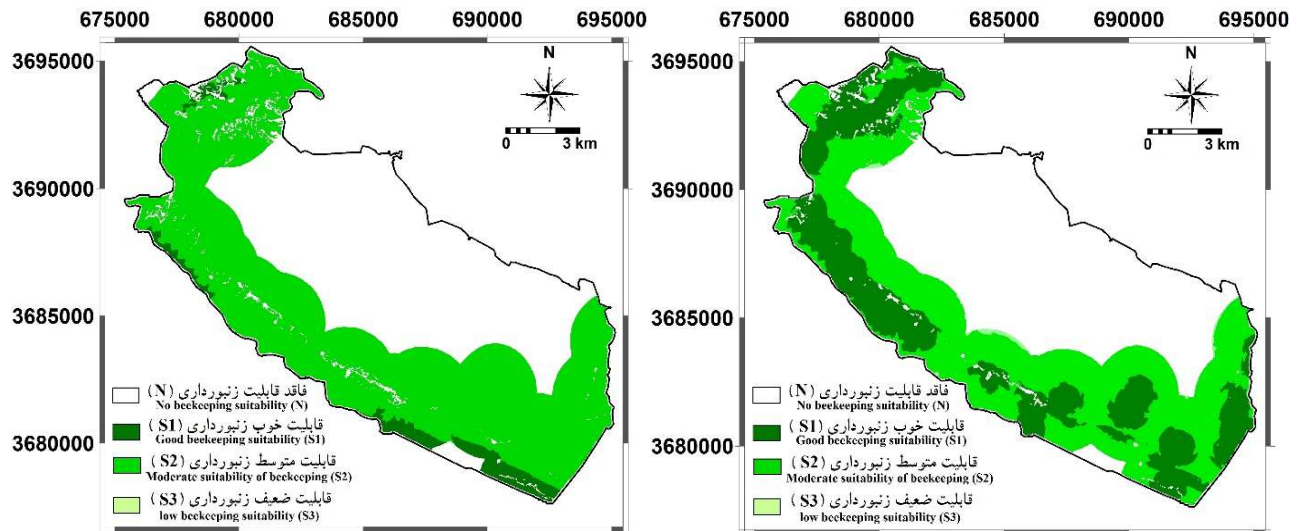
جدول ۷- ارزیابی واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه برای توسعه زنبورداری در راهکار غیر فازی مرسوم

Table 7. Evaluation of work units in the study area for beekeeping development in conventional non-fuzzy approach

| واحد Unit | دسترسی به آب Water access | طبقه جذابیت Attractiveness class | دوره گل‌دهی Flowering period | دسترسی به جاده Road access | دمای هوا Temperature | شیب Slope | نسبت رطوبت نسبی Relative humidity | سرعت باد Wind speed | مجموع (درصد) Sum (%) | طبقه قابلیت |
|--------------|------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------|---|---------------------------|----------------------------|---------------------|
| | | | | | | | | | | Capability class |
| 1 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 5.42 | 3.83 | 2.44 | 64.2 | S2 |
| 2 | 16.8 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 6.16 | 3.83 | 2.44 | 57.5 | S2 |
| 3 | 16.8 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 5.24 | 3.83 | 2.44 | 56.6 | S2 |
| 4 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 4.41 | 3.83 | 2.44 | 63.2 | S2 |

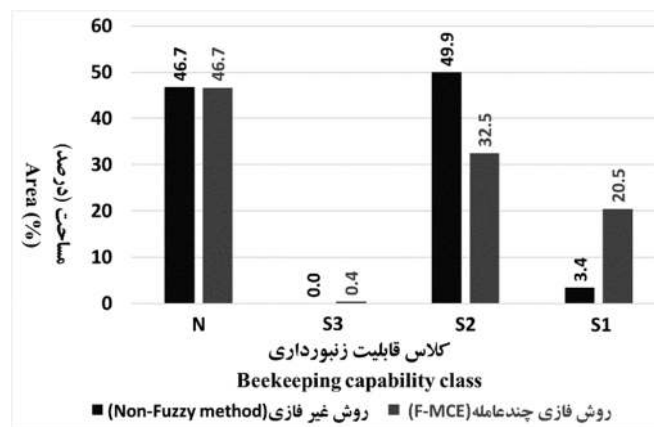
| واحد Unit | ارزش Value | | | | | | | | | طبقه قابلیت Capability class |
|--------------|------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| | دسترسی به آب Water access | طبقه جذابیت Attractiveness class | دوره گل‌دهی Flowering period | دسترسی به جاده Road access | دمای هوا Temperature | شیب Slope | رطوبت نسبی Relative humidity | سرعت باد Wind speed | مجموع (درصد) Sum (%) | |
| 5 | 16.8 | 14.91 | 11.44 | 11.8 | 3.33 | 5.71 | 3.83 | 2.44 | 70.3 | S1 |
| 6 | 16.8 | 7.46 | 11.44 | 11.8 | 3.33 | 6.25 | 3.83 | 2.44 | 63.3 | S2 |
| 7 | 24 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 6.36 | 3.83 | 2.44 | 64.9 | S2 |
| 8 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 5.82 | 3.83 | 2.44 | 64.7 | S2 |
| 9 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 5.62 | 3.83 | 2.44 | 64.4 | S2 |
| 10 | 6 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 4.7 | 3.83 | 2.44 | 45.3 | S2 |
| 11 | 6 | 7.46 | 11.44 | 11.8 | 3.33 | 5.23 | 3.83 | 2.44 | 51.5 | S2 |
| 12 | 16.8 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 4.71 | 3.83 | 2.44 | 56.1 | S2 |
| 13 | 16.8 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 4.89 | 3.83 | 2.44 | 56.3 | S2 |
| 14 | 6 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 4.51 | 3.83 | 2.44 | 45.1 | S2 |
| 15 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 3.33 | 5.81 | 3.83 | 2.44 | 64.6 | S2 |
| 16 | 16.8 | 7.46 | 11.44 | 11.8 | 3.33 | 4.87 | 3.83 | 2.44 | 62 | S2 |
| 17 | 16.8 | 14.91 | 11.44 | 11.8 | 6.67 | 3.97 | 3.83 | 2.44 | 71.9 | S1 |
| 18 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 6.67 | 4.14 | 3.83 | 2.44 | 66.3 | S2 |
| 19 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 4.44 | 4.83 | 3.83 | 2.44 | 64.8 | S2 |
| 20 | 6 | 7.46 | 11.44 | 7.79 | 4.23 | 4.19 | 3.83 | 2.44 | 47.4 | S2 |
| 21 | 16.8 | 7.46 | 11.44 | 7.79 | 3.37 | 5.88 | 3.83 | 2.44 | 59 | S2 |
| 22 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 7.79 | 4.52 | 4.83 | 3.83 | 2.44 | 60.8 | S2 |
| 23 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 7.79 | 6.67 | 4.38 | 3.83 | 2.44 | 62.5 | S2 |
| 24 | 6 | 7.46 | 11.44 | 3.89 | 4.52 | 6.05 | 3.83 | 2.44 | 45.6 | S2 |
| 25 | 6 | 14.91 | 5.72 | 3.89 | 5.88 | 4.74 | 3.83 | 2.44 | 47.4 | S2 |
| 26 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 3.89 | 6.67 | 3.92 | 3.83 | 2.44 | 58.2 | S2 |
| 27 | 16.8 | 14.91 | 11.44 | 3.89 | 6.89 | 4.49 | 3.83 | 2.44 | 64.7 | S2 |
| 28 | 6 | 7.46 | 5.72 | 7.79 | 5.45 | 4.69 | 3.83 | 2.44 | 43.4 | S2 |
| 29 | 6 | 7.46 | 11.44 | 7.79 | 5.03 | 5.32 | 3.83 | 2.44 | 49.3 | S2 |
| 30 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 6.11 | 4.8 | 3.83 | 2.44 | 66.4 | S2 |
| 31 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 6.67 | 3.03 | 3.83 | 2.44 | 65.2 | S2 |
| 32 | 16.8 | 14.91 | 11.44 | 7.79 | 7.41 | 4.64 | 3.83 | 2.44 | 69.3 | S2 |
| 33 | 16.8 | 14.91 | 11.44 | 7.79 | 10.1 | 5.29 | 3.83 | 2.44 | 72.6 | S1 |
| 34 | 6 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 5.93 | 6 | 3.83 | 2.44 | 49.2 | S2 |
| 35 | 16.8 | 7.46 | 11.44 | 11.8 | 5.23 | 5.5 | 3.83 | 2.44 | 64.5 | S2 |
| 36 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 6.4 | 5 | 3.83 | 2.44 | 66.9 | S2 |
| 37 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 6.67 | 3.08 | 3.83 | 2.44 | 65.2 | S2 |
| 38 | 16.8 | 14.91 | 11.44 | 11.8 | 7.2 | 3.02 | 3.83 | 2.44 | 71.4 | S1 |
| 39 | 16.8 | 14.91 | 11.44 | 11.8 | 10.1 | 4.83 | 3.83 | 2.44 | 76.2 | S1 |
| 40 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 4.06 | 4.59 | 3.83 | 2.44 | 64.1 | S2 |
| 41 | 16.8 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 5.15 | 6.43 | 3.83 | 2.44 | 59.6 | S2 |
| 42 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 3.83 | 4.24 | 3.83 | 2.44 | 63.6 | S2 |
| 43 | 24 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 3.38 | 4.49 | 3.83 | 2.44 | 63.1 | S2 |
| 44 | 16.8 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 6.67 | 6.89 | 3.83 | 2.44 | 61.6 | S2 |

| واحد Unit | ارزش Value | | | | | | | | | طبقه قابلیت Capability class |
|--------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| | دسترسی به آب Water access | طبقه جذابیت Attractiveness class | دوره گل‌دهی Flowering period | دسترسی به جاده Road access | دمای هوا Temperature | شیب Slope | رطوبت نسبی Relative humidity | سرعت باد Wind speed | مجموع (درصد) Sum (%) | |
| 45 | 24 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 6.09 | 4.86 | 3.83 | 2.44 | 66.2 | S2 |
| 46 | 24 | 7.46 | 5.72 | 11.8 | 6.67 | 6.25 | 3.83 | 2.44 | 68.2 | S2 |
| 47 | 16.8 | 14.91 | 5.72 | 11.8 | 6.67 | 5.59 | 3.83 | 2.44 | 67.8 | S2 |



شکل ۶- نقشه طبقه‌های قابلیت زنبورداری (راست: راهکار F-MCE و چپ: راهکار غیر فازی)

Figure 6. Beekeeping capability class map (right: F-MCE approach and left: non-fuzzy approach)



شکل ۷- درصد طبقه‌های قابلیت کاربری زنبورداری در راهکارهای F-MCE و غیر فازی

Figure 7. Percentage of beekeeping capability classes in F-MCE and non-fuzzy approaches

شکل ۶ آمده است. شکل‌های ۷ و ۸ نیز به ترتیب نشان‌دهنده درصد این طبقه‌ها در دو راهکار مذکور و اختلاف آن‌ها

نقشه‌های طبقه‌های کیفی قابلیت سرزمین برای کاربری زنبورداری در راهکارهای ارزیابی F-MCE و غیر فازی در

(۰/۳۹ درصد) را به خود اختصاص داد. همچنین، ۴۰ درصد از مساحت مناطق دارای قابلیت زنبورداری (S_1 ، S_2 و S_3)، در دو راهکار مذکور از طبقات کیفی متفاوتی برخوردار هستند.

هستند. براین اساس، در راهکار F-MCE از سطح منطقه مورد مطالعه (۱۶۸۲۵ هکتار)، ۴۶/۶۹ درصد فاقد قابلیت، ۳۲/۴۶ درصد دارای قابلیت متوسط و ۲۰/۴۶ درصد نیز واجد قابلیت خوب برای زنبورداری بودند. قابلیت ضعیف نیز سطح ناچیزی

جدول ۸- شرح اختلاف سطح طبقه‌های قابلیت زنبورداری در دو راهکار ارزیابی مورد بررسی

Table 8. Description of the differences between beekeeping capability classes in the two studied evaluation approaches

| اختلاف نتایج راهکارها Differences in the results of approaches | | | | یکسانی نتایج راهکارها The similarity of the results of approaches | | | |
|---|-------------------|----------------------------|-----------------|--|-------------------|----------------------------|-----------------|
| | | مساحت (هکتار) Area (ha) | درصد Percent | | | مساحت (هکتار) Area (ha) | درصد Percent |
| F-MCE | غیرفازی Non-fuzzy | | | F-MCE | غیرفازی Non-fuzzy | | |
| S_3 | S_2 | 64.6 | 0.7 | S_2 | S_2 | 5145.8 | 57.4 |
| S_2 | S_1 | 330.4 | 3.7 | S_1 | S_1 | 234.6 | 2.6 |
| S_1 | S_2 | 3189.3 | 35.6 | ... | ... | ... | ... |
| Sum | مجموع | 3584.3 | 40 | Sum | مجموع | 5380.4 | 60 |

نداشتند. ارزیابی پتانسیل زنبورداری و تعیین جذابیت گیاهان مرتعی مورد استفاده زنبورعسل در استان گلستان نشان داد که دسترسی به آب و جاده و نیز دمای هوا به طور مشترک در رتبه دوم و پس از معیار پوشش گیاهی قرار داشتند (Yari *et al.*, 2016). علت وجود این اختلافها در اولویت بندی معیار دسترسی به آب را می توان ناشی از تفاوت وضعیت پراکنش منابع آبی بین منطقه‌های مختلف دانست. از دیگر دلایل می توان به تفاوت در آستانه‌های محدودیت در نظر گرفته شده و یا نوع ارزش گذاری این معیار در مدل های به کاررفته اشاره کرد. بدیهی است که محدودیت دسترسی به آب در اقلیم های خشک (بخش قابل توجهی از کشور ایران) به مراتب بیشتر از اقلیم های مرطوب و نیمه مرطوب است، بنابراین معیار دسترسی به آب در اقلیم های خشک، نقش محدودکننده تری در ارزیابی زنبورداری دارد.

نتایج پژوهش پیش رو نشان داد که سطح طبقه با قابلیت زنبورداری ضعیف (S_1) در دو راهکار F-MCE و غیرفازی مشابه و نزدیک به صفر بود (شکل ۷). علی رغم اینکه ۴۶/۷ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه به دلیل محدودیت های بولین (اغلب محدودیت وجود پوشش گیاهی کافی به دنبال جنگل زدایی و توسعه مناطق مسکونی) به طور قطعی فاقد توان لازم برای زنبورداری بودند، اما به دلیل شرایط محیطی مناسب

بحث

نتایج ANP نشان داد که معیارهای درصد تاج پوشش گیاهی در هر طبقه جذابیت، دوره گل دهی، میانگین دمای هوا در ماه های فعال و دسترسی به جاده از نظر کارشناسی، واجد اولویت های اول تا چهارم در ارزیابی زنبورداری در منطقه مورد مطالعه بودند. اولویت نخست معیارهای پوشش گیاهی که در این مطالعه به عنوان محدودکننده بولین، نقش تعیین کننده ای در ایجاد طبقه فاقد شایستگی زنبورداری از خود نشان داد، با نتایج Estoque و Murayama (۲۰۱۰)، F. Amiri و همکاران (۲۰۱۳)، Yari و همکاران (۲۰۱۶) و Gorgi و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی دارد. در این بین، معیارهای دسترسی به جاده و آب (اولویت های چهارم و پنجم) به طور معمول تعیین کننده کیفیت سرزمین برای زنبورداری بودند و نقش محدودکننده قابل توجهی در ایجاد طبقه بدون شایستگی (N) نداشتند.

نتایج پژوهش پیش رو در خصوص عدم تأثیر قابل توجه محدودیت بولین دسترسی به آب در از بین بردن حداقل شرایط لازم برای کاربری زنبورداری در راستای یافته های گزارش شده توسط Amiri و Shariff (۲۰۱۲)، Fadaei و همکاران (۲۰۱۴) و Gorgi و همکاران (۲۰۱۹) بودند، در حالی که با نتایج Gorgi و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی

پژوهش‌های آینده، فاصله‌های افقی و عمودی (اختلاف ارتفاع نقاط) توأم باهم در ارزیابی معیارهای مذکور برای تعیین قابلیت کاربری زنبورداری مورد توجه قرار گیرند. در این پژوهش، یک مدل تجربی مشخص نیز برای ارزش‌دهی به معیار «جذابیت و دوره گل‌دهی گیاهان» در ارزیابی زنبورداری پیشنهاد و به‌کار گرفته شد. کاربرد این مدل ضمن بررسی مطابقت معیارهای آن با شرایط خاص منطقه‌ای در پژوهش‌های ارزیابی زنبورداری پیشنهاد می‌شود. در مجموع، باتوجه به مزایای راهکار F-MCE، استفاده از آن در پژوهش‌های ارزیابی کاربری‌های چندگانه جنگل‌های زاگرس و مناطق رویشی دیگر توصیه می‌شود. در این راستا، توجه به مطابقت نوع، وزن و توابع ارزش‌گذاری معیارها با شرایط خاص مناطق مورد مطالعه ضروری است.

منابع مورد استفاده

- Abou-Shaara, H.F., 2013. Wintering map for honey bee colonies in El-Behera governorate, Egypt by using Geographical Information System (GIS). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 17(3): 403-408.
- Abou-Shaara, H.F., Al-Ghamdi, A.A. and Mohamed, A.A., 2013. Identifying possible regions for using modified beehives in Saudi Arabia using a geographical information system (GIS). *Journal of Agricultural Technology*, 9(7): 1937-1945.
- Adler, M. and Ziglio, E., 1996. *Gazing into the Oracle: The Delphi Method and its Application to Social Policy and Public Health*. Jessica Kingsley Publishers, London and Philadelphia, 252p.
- Albayrak, A., Duran, F. and Bayir, R., 2018. Development of intelligent decision support system using fuzzy cognitive maps for migratory beekeepers. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 26: 2476-2488.
- Amiri, F. and Shariff, A.R.B.M., 2012. Application of geographic information systems in land-use suitability evaluation for beekeeping: A case study of Vahregan watershed (Iran). *African Journal of Agricultural Research*, 7(1): 89-97.
- Amiri, F., Arzani, H. and Gavili, E., 2013. Diversity investigation of pollen and nectar plants in apicultural utilization management of rangelands (Case study: Ghareh Aghach watershed). *Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources)*, 65(4): 449-460 (In Persian with English summary).

در سطح عرصه باقی‌مانده، طبقه با قابلیت ضعیف زنبورداری مشاهده نشد. مساحت یکسان برای طبقه فاقد قابلیت (N) در دو روش ارزیابی ناشی از محدودیت‌های یکسان بولین در دو راهکار مذکور است.

در منابع متعددی مانند Fadai و همکاران (۲۰۱۴)، Yari و همکاران (۲۰۱۶)، Gorgi و همکاران (۲۰۱۸) و Gorgi و همکاران (۲۰۱۹) نتایج ارزیابی‌های زنبورداری بین مناطق مختلف مقایسه شدند، اما این مقایسه‌ها به دلیل تفاوت در شرایط محیطی و بوم‌شناختی مناطق مذکور و یا اختلاف در روش‌ها و معیارهای ارزیابی به‌کاررفته، صحیح به‌نظر نمی‌رسد. در پژوهش پیش‌رو، قابلیت زنبورداری با راهکار پیشنهادی و راهکار غیرفازی مرسوم به‌طور هم‌زمان در یک عرصه واحد ارزیابی شد. به‌منظور همگن‌سازی شرایط مقایسه، نوع، وزن و ارزش‌گذاری معیارها در دو راهکار مذکور نیز یکسان در نظر گرفته شد. در این شرایط همگن، ۴۰ درصد سطح طبقه‌های با قابلیت زنبورداری بین دو راهکار مذکور اختلاف دارند (جدول ۸). بخش اصلی این اختلاف (۳۵/۶ درصد) به عرصه‌هایی اختصاص داشت که در راهکار پیشنهادی به‌عنوان طبقه S_1 و در روش سنتی در طبقه S_2 ارزیابی شدند. این تفاوت‌ها را می‌توان ناشی از رویکرد مناسب به‌کاررفته در راهکار F-MCE قلمداد کرد. در این راهکار ضمن پرهیز از منطق خشک و کیفی بولین به ارزش‌گذاری پیوسته معیارها با استفاده از توابع عضویت فازی و با در نظر گرفتن طیفی از بی‌نهایت کمیت احتمالی در سطح واحدهای خرد پرداخته می‌شود. همچنین، از نقش منفی ارزش‌گذاری سلیقه‌ای معیارهای کیفی و نیز تأثیر نامطلوب ارزش‌گذاری طبقه‌ای معیارهای کمی (Zadeh, 1965) در ارزیابی زنبورداری اجتناب می‌شود. این رویکرد بدون‌شک امکان بهتری برای نزدیک‌تر شدن به نقطه ایدئال در ارزیابی قابلیت زنبورداری منطقه مورد مطالعه فراهم کرده است.

در این پژوهش مانند پژوهش‌های پیشین، محدودیت اراضی برای کاربری زنبورداری از نظر دسترسی به آب و جاده فقط براساس فاصله افقی محاسبه شد و نقش اختلاف ارتفاع در این خصوص بررسی نشد. پیشنهاد می‌شود که در

- Criteria Evaluation. Geographical Research, 50(3): 304-319.
- García-Fernández, C.G., Ruiz-Pérez, M. and Wunder, S., 2008. Is multiple-use forest management widely implementable in the tropics? Forest Ecology and Management, 256(7): 1468-1476.
 - Ghanbari, S. and Nemati, Z., 2018. Study on spatial suitability and economic evaluation of beekeeping in Arasbaran region and beekeeper's problems. Animal Sciences Journal, 31(119): 83-92 (In Persian with English summary).
 - Gorgi, M., Piri Sahragard, H. and Noori, S., 2018. Application of fuzzy logic method to investigate beekeepers potential in Tamin rangelands – Mirjaveh County. Journal of Natural Ecosystems of Iran, 9(2): 81-102 (In Persian with English summary).
 - Gorgi, M., Piri Sahragard, H. and Noori, S., 2019. Potential analysis of beekeeping land use development using Analytical Hierarchy Process (Case study: Tamin rangelands – Mirjaveh city). Geography and Development, 17(55): 237-256 (In Persian with English summary).
 - Hayati, E., Abdi, E., Majnounian, B. and Makhdom, M., 2014. Performance and sensitivity of the Delphi and AHP decision making methods to the response of experts in natural resources research. Journal of Forest and Wood Products (Iranian Journal of Natural Resources), 67(2): 173-186 (In Persian with English summary).
 - Isaacs, R., Williams, N., Ellis, J., Pitts-Singer, T.L., Bommarco, R. and Vaughan, M., 2017. Integrated crop pollination: Combining strategies to ensure stable and sustainable yields of pollination-dependent crops. Basic and Applied Ecology, 22: 44-60.
 - Karimi, A.H., Nazarian H. and Jafari, E., 2007. Identification of Fars honey bee plant resources from three families in Fars province (Asteraceae, Papilionaceae and Lamiaceae). Pajouhesh and Sazandegi, 75: 101-111 (In Persian with English summary).
 - Makhdom, M., 1993. Fundamental of Land Use Planning. University of Tehran Press, Tehran, 289p (In Persian).
 - Mardani, F. and Yousefi, B., 2005. Phenology of *Quercus brantii* (Lindl.) at Kurdistan forests of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 13(3): 251-278 (In Persian with English summary).
 - M'Gonigle, L.K., Williams, N.M., Lonsdorf, E. and Kremen, C., 2017. A tool for selecting plants when restoring habitat for pollinators. Conservation Letters, 10(1): 105-111.
 - Najafifar, A., 2017. Presentation of comprehensive model of land use planning for multiple uses in
 - Amiri, M.J., Mahiny, A.S., Hosseini, S.M., Jalali, S.Gh., Ezadkhasty, Z. and Karami, Sh., 2013. OWA analysis for ecological capability assessment in watersheds. International Journal of Environmental Research, 7(1): 241-254.
 - Ariapour, A., Mehrabi, H. and Kheradmand, G., 2015. Evaluating range plant species suitability for apiculture (Case study: rangeland Sarab Sefid, Boroujerd, Lorestan). Journal of Rangeland, 9(2): 142-158 (In Persian with English summary).
 - Arzani, H., 1997. Manual of rangeland assessment plan in climatic zones of Iran. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, 65p (In Persian).
 - Baude, M., Kunin, W.E., Boatman, N.D., Conyers, S., Davies, N., Gillespie, M.A.K., ... and Memmott, J., 2016. Historical nectar assessment reveals the fall and rise of floral resources in Britain. Nature, 530: 85-88.
 - Cesaraccio, C., Spano, D., Snuder, R.L. and Duce, P., 2004. Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. Agricultural and Forest Meteorology, 126(1-2): 1-13.
 - Darvish Roushan, Z., Mahmoudi, J. and Habibi Bibalani, Gh., 2021. Investigation of flowering period of *Astragalus genus* in Shanjan rangelands of Shabestar city based on altitude changes. Journal of Plant and Biotechnology, 15(4): 1-15.
 - Eastman, J.R., Jin, W., Kyem, P.A.K. and Toledano, J., 1995. Raste procedure for multi-criteria/multi-objective decisions. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 61(5): 539-547.
 - Estoque, R.C. and Murayama, Y., 2010. Suitability analysis for beekeeping sites in La Union, Philippines, using GIS and multi-criteria evaluation techniques. Research Journal of Applied Sciences, 5(3): 242-253.
 - Fadai, Sh., Arzani, H., Azarnivand, H., Nehzati Gh.A., Kaboli, S.H. and Amiri, F., 2014. A Study of range suitability model for apiculture by using GIS (Case study: Taleghan rangelands). RS and GIS for Natural Resources, 5(3): 29-44 (In Persian with English summary).
 - FAO, 1991. Soils Bulletin 58: Guidelines: Land Evaluation for Extensive Grazing. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 158p.
 - FAO, 2019. Value of Agricultural Production. FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>
 - Galiana-Martín, L. and Karlsson, O., 2011. Development of a methodology for the assessment of vulnerability related to wildland fires using a Multi-

- Symposium on the Analytic Hierarchy Process (ISAHP). Kobe, Japan, 12-14 Aug. 1999: 14p.
- Wang, L.X., 1997. A Course in Fuzzy Systems and Control. Prentice-Hall International, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 424p.
 - Windle, P.E., 2004. Delphi technique: assessing component needs. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, 19(1): 46-47.
 - Wratten, S.D., Gillespie, M., Decourtye, A., Mader, E. and Desneux, N., 2012. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 159: 112-122.
 - Yari, R., Heshmati, Gh. and Rafiei, H., 2016. Assessing the potential of beekeeping and determination of attractiveness range plants used bee by using geographic information system in Char-Bagh summer rangelands, Golestan. *RS and GIS for Natural Resources*, 7(3): 1-17 (In Persian with English summary).
 - Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3): 338-353.
 - southern Zagros woodlands (case study, Ilam province, Badreh Township, Kabirkouh). Ph.D. thesis, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, 341p (In Persian with English summary).
 - Pamminger, T., Becker, R., Himmelreich, S., Schneider, C.W. and Bergtold, M., 2019. Pollen report: Quantitative review of pollen crude protein concentrations offered by bee pollinated flowers in agricultural and non-agricultural landscapes. *PeerJ*, 7: e7394.
 - Picknoll, J.L., Poot, P. and Renton, M., 2021. A new approach to inform restoration and management decisions for sustainable apiculture. *Sustainability*, 13(11): 6109.
 - Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.N, Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., ... and Vanbergen, A.J., 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540: 220-229.
 - Saaty, T.L., 1999. Fundamentals of the Analytic Network Process. *Proceedings of the International*

A fuzzy-multi criteria evaluation approach for the evaluation of forest capability for beekeeping use

A. Najafifar^{1*}, M. Mohamadpour² and M. Tahmasebi²

1* - Corresponding author, Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran. E-mail: alinajafifar@yahoo.com

2- Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran

Received: 03.11.2021

Accepted: 22.02.2022

Abstract

Integrated forest ecosystem management plays an important role in controlling degradation and balancing its various functions for the sustainable use of all available capabilities. In this regard, beekeeping is one of the most suitable multiple uses of the forest. The purpose of this study is to introduce a fuzzy multi-criteria Evaluation approach (F-MCE) to determine the forest's capability for beekeeping and compare it with the conventional non-fuzzy approach. In this regard, beekeeping capability in 16825 hectares of Zagros forests in Kabirkouh region of Ilam province, Iran was evaluated by the two approaches in four classes and the results were compared. Evaluation criteria were the same in both approaches and included the percentage of the canopy of plant attractiveness classes, flowering period, slope, air temperature, relative humidity, prevailing wind speed, and access to road and water. The weight of the criteria was determined using the Analytic Network Process (ANP). In F-MCE, the values of the criteria were determined using fuzzy membership functions and the criteria were combined by the Weighted Linear Combination (WLC) method. Then, beekeeping capability was digitally evaluated using the Multi-Criteria Evaluation method (MCE). The results showed that 40% of the area of beekeeping classes differed in the two evaluation approaches and the main part of this difference (35.6%) is related to the areas that were evaluated in the F-MCE approach in the good class (S1) and in the traditional approach in Moderate class (S2). This difference in results can be attributed to the different methods used in F-MCE in which the adverse effect of boolean and subjective criteria evaluation in the traditional method is avoided through their digital evaluation with fuzzy logic.

Keywords: ANP, fuzzy logic, MCE, Zagros forests.