

Smart Placement of Bee Colonies by Image Processing

Afsaneh Saei Arzoomand *	Smart beekeeping group, Shiraz, Iran.
Rahim Avazpour	Smart beekeeping group, Shiraz, Iran.
Fatemeh Yadegarfar	Smart beekeeping group, Shiraz, Iran.
Maryam Kanani Vand	Smart beekeeping group, Shiraz, Iran.

Abstract

Honeybees are very important for the environment and economy. However, the number of honey bees around the world is facing a significant decrease, which is a serious threat to the stability and performance of food crops. Beekeeping is of considerable importance by combining the wide economic aspect of honey production and the important environmental services performed by honeybees. In this article, the rapid identification of strategic beekeeping areas is reviewed because it maximizes productivity and reduces the risks of colony losses. Fuzzy logic is an ideal method for problem solving tasks. Because it is specifically designed to handle problems with a high degree of uncertainty. This research is a new method based on GIS maps prepared by UAV and tested to evaluate the suitability of beekeeping in the lands located in Fars province and is conducted without relying on the process of hierarchical analysis - multi-criteria decision making (AHP-MCDM); so it avoids the limitations caused by the technique and the effects of decision makers. In addition, the data used in this paper are completely retrieved from open access sources and show that as a result, this method performs detection with low cost and can be easily applied to large arrays of geographical fields.

Keywords: UAV, intelligent beekeeping, GIS, fuzzy logic

Received: 11/September/2022

Accepted: 11/November/2022

ISSN: 2980-8936

جایگذاری هوشمند کلونی‌های زنبور به‌وسیله‌ی پردازش تصویر

افسانه ساعی آرزومند* | گروه زنبورداری هوشمند، شیراز، ایران.

رحیم عوض پور | گروه زنبورداری هوشمند، شیراز، ایران.

فاطمه یادگار فرد | گروه زنبورداری هوشمند، شیراز، ایران.

مریم کنعانی وند | گروه زنبورداری هوشمند، شیراز، ایران.

چکیده

زنبورهای عسل از جنبه‌های محیط‌زیستی و اقتصادی بسیار مهم هستند. باین‌حال، تعداد زنبورهای عسل در سراسر جهان با کاهش قابل توجهی روبرو شده است که این امر، تهدیدی جدی برای ثبات و عملکرد محصولات غذایی به شمار می‌رود. زنبورداری با توجه به تلفیق جنبه‌ی اقتصادی گسترده در تولید عسل و خدمات مهم زیست‌محیطی صورت گرفته توسط زنبورهای عسل از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در این مقاله، شناسایی سریع مناطق زنبورداری استراتژیک بررسی می‌شود چراکه بهره‌وری را به حداکثر می‌رساند و خطرات تلفات کلونی را کاهش می‌دهد. منطق فازی، یک روش ایده‌آل برای کارهای حل مسئله است زیرا به‌طور خاص برای مدیریت مشکلات با درجه‌ی بالایی از عدم اطمینان طراحی شده است. این تحقیق، یک روش جدید مبتنی بر نقشه‌های GIS بوده که به‌وسیله‌ی پهناد تهیه شده و مناسب بودن زنبورداری در زمین‌های واقع در استان فارس را ارزیابی می‌کند. این روش جدید، بدون اتکا به فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی-تصمیم‌گیری چند معیار (AHP-MCDM) انجام می‌شود؛ بنابراین، از محدودیت‌های ناشی از تکنیک و تأثیرات تصمیم‌گیرنده‌ها جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، داده‌های مورد استفاده در این مقاله به‌طور کامل از منابع دسترسی آزاد بازیابی شده است. در نتیجه، این روش، شناسایی را با هزینه‌ی کم انجام داده و می‌تواند به‌راحتی برای آرایه‌های گسترده‌ای از زمینه‌های جغرافیایی تولید شود.

کلیدواژه‌ها: پهناد، زنبورداری هوشمند، GIS، منطق فازی

مقدمه

تنوع زیستی و جمعیت گرده‌افشان حشرات در سراسر جهان به میزان قابل توجهی کاهش یافته است (Potts et al., 2010a). اخیراً توجه زیادی به سمت کاهش جمعیت زنبورهای عسل مدیریت شده (*Apis mellifera* L) متمرکز شده است زیرا کاهش شدید جمعیت آن‌ها تهدیدی جدی برای ثبات و عملکرد محصولات غذایی است. زنبورداری دارای نقش کلیدی اکولوژیکی بوده و گرده‌افشانی طیف وسیعی از محصولات را (Klein et al., 2007)، با ارزش جهانی ۱۵۳ میلیارد دلار آمریکا (Gallai et al., 2009) انجام می‌دهد. اخیراً تخمین زده شده است که گرده‌افشانی حشرات، از جمله زنبورهای عسل و زنبورهای وحشی حداقل ۲۲ میلیارد یورو در سال به صنعت کشاورزی اروپا کمک می‌کنند (European Commission, 2016). به طور جزئی، زنبورهای عسل، گرده‌افشانی بیش از ۸۰ درصد محصولات و گیاهان وحشی در اروپا را فراهم می‌کنند و خدمات اساسی را به محصولات و گیاهان وحشی ارائه می‌دهند (Potts et al., 2010a; European Commission, 2016; Garibaldi et al., 2011; Lautenbach et al., 2012). همچنین، زنبورهای عسل، عسل و سایر محصولات زنبورداری مانند گرده، موم برای فرآوری مواد غذایی، بره موم و ژله‌ی رویال را ارائه می‌دهند (AAFRD, 2005; Batt & Liu, 2012; Canale et al., 2014b). تنها یک عامل واحد برای توضیح کاهش زنبورهای تحت کنترل و وحشی شناسایی نشده است و احتمالاً عوامل متعددی در آن دخیل هستند (Becher et al., 2013; Palmeri et al., 2015). زنبورهای عسل به خصوص از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۷ در آمریکا متحمل ضررهای شدیدی شده‌اند. در این سال (Oldroyd, 2007) برای اولین بار سندرمی با نام اختلال فروپاشی کلونی (CCD) پدیدار گشت. به نظر می‌رسد کاهش زنبورهای عسل به دلایل مختلفی صورت گرفته است از جمله وقوع عوامل اپیدمیولوژیکی مؤثر بر سلامت زنبور عسل شامل بیماری‌ها و انگل‌ها، تخریب و تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها که با مدیریت‌های سخت‌گیرانه در چشم‌اندازهای کشاورزی ایجاد شده‌اند، از بین رفتن جوامع گیاهی غنی از گل در ارتباط با استفاده از مناظر سنتی و عوارض جانبی منفی استفاده‌ی گسترده از سموم دفع آفات کشاورزی. برای غلبه بر زوال گرده‌افشانی، ابزارهای مختلفی از جمله نوارهای گل (Benelli et al., 2014; Benvenuti et al., 2016; Nicholls & Altieri, 2013; Petanidou & Smets, 1995; Régnière et al., 2012) و نقاط بوته‌ای زودشکوفه پیشنهاد شده است (Canale et al., 2014a). محیط داخلی یا اطراف مناظر کاملاً پرورشی به حفظ تنوع زیستی گرده‌افشان کمک می‌کند و خدمات مختلف اکوسیستم را ارتقاء می‌بخشد (Wratten et al., 2012). علاوه بر این، اجرای حاشیه‌های مزرعه، پرچین‌ها، سایر مناطق بافر و زمینه‌های حاشیه‌ای نیز به عنوان ابزاری مفید برای غلبه بر افت گرده‌افشان‌ها گزارش شده است (Decourtye et al., 2010; Rollin et al., 2016). فعالیت زنبورداری انعطاف‌پذیر است و می‌تواند در مناطق کشاورزی و حاشیه‌ای انجام شود. در مباحث فوق، شناسایی سریع مناطق زنبورداری استراتژیک مورد توجه است زیرا بهره‌وری را به حداکثر می‌رساند و خطرات تلفات کلونی را کاهش می‌دهد؛ بنابراین، تجزیه و تحلیل مناسب بودن می‌تواند در رابطه با برنامه‌ریزی کاربری‌های زمین بسیار مفید باشد و طیف وسیعی از اطلاعات غیر مرتبط را برای تولید مجموعه‌های داده با اولویت مناسب بودن مناطق به کار گیرد و با یکدیگر ادغام شوند. این مجموعه‌های داده بر اساس یک فعالیت خاص و با توجه به نیازهای خاص رتبه‌بندی می‌شوند (Malczewski, 2006).

تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) ابزاری است که به راحتی می‌تواند با تعداد زیادی از ویژگی‌ها و معیارهای مختلف همگام شده و یک شاخص ارزیابی واحد را تشکیل دهد (Joerin et al., 2001). در انجام این نوع ارزیابی‌ها، از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای بازیابی، تبدیل، تجزیه و تحلیل و نمایش داده‌ها با اطلاعات مکانی استفاده می‌شود (Burrough & McDonnell, 1998; Domingo-Santos et al., 2011; Tassinari &)

(Torreggiani, 2006). ارزیابی مؤلفه‌های زیست‌محیطی می‌تواند به تعیین تناسب یک منطقه با فعالیت‌های کشاورزی، همراه با شناسایی تولید موجود و بالقوه کمک کند (Corbett, 1996). علاوه بر این، روش MCDM به‌طور گسترده برای غلبه بر محدودیت‌های GIS در تجزیه و تحلیل مجموعه داده‌های بزرگ استفاده می‌شود. همچنین، مقادیر عوامل در موارد مورد نیاز بسته به اهمیتی که به آن‌ها اختصاص می‌یابد، کاربرد دارند (Carver, 1991; Jansen & Rietveld, 1990). فرآیند تحلیلی سلسله‌مراتبی (AHP) روشی را نشان می‌دهد که می‌تواند MCDM را با استفاده از مجموعه‌ای از قوانین تعیین شده توسط تصمیم‌گیرندگان به منظور ترکیب و طبقه‌بندی مقادیر صفت در کلاس‌های مناسب بودن به GIS متصل کند (Chen et al., 2010). این روش را می‌توان برای طیف وسیعی از مشکلات تصمیم‌گیری اعمال کرد که عمدتاً به دلیل استعداد آن در تجزیه و تحلیل داده‌های ناهمگن یا دشواری تعیین رابطه بین مجموعه‌ی گسترده‌ای از معیارهای ارزیابی است (Chen et al., 2010).

باین‌حال، رویکرد AHP-MCDM محدودیت‌هایی را در بر دارد که می‌تواند منجر به عدم اطمینان در نتایج شود. این امر می‌تواند به عوامل بسیاری از جمله سازگاری مجموعه داده‌ی اصلی، رویه‌های تجزیه و تحلیل مغرضانه‌ی داده‌ها و انتخاب معیارها باشد. به‌طور خاص، معیارهای انتخاب و توزین دارای مراحل دشواری است زیرا تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با ترجیحات شخصی، عدم اطمینان و عدم دقت، بر نتایج تأثیر گذار باشند (Chen et al., 2010). علاوه بر این، برخی نگرانی‌ها در مورد روش‌های تجمع داده‌ها و استانداردسازی فاکتورهای مورد استفاده در ترکیب خطی وزنی به وجود آمده است (Jiang & Eastman, 2000). برای غلبه بر این محدودیت‌ها، یک رویکرد فازی می‌تواند یک منطق قوی را در هنگام استانداردسازی داده‌ها فراهم نموده و شکاف بین منطق بولی و ترکیب خطی وزنی را پر کند که چنین سازوکاری معمولاً در روش MCDM انجام می‌شود (Jiang & Eastman, 2000). در حقیقت، منطق فازی برای کارهای پیچیده‌ی حل مسئله، داشتن رویکردی بسیار شبیه به استدلال انسان در برخورد با اطلاعات تقریبی و بلا تکلیف و به‌طور خاص، برای حل مشکلات با درجه‌ی بالایی از عدم اطمینان، ایده‌آل است (Kahraman et al., 2003). این روش در زمانی که تجزیه و تحلیل مناسب بودن باید در یک زمینه‌ی فضایی انجام شود، می‌تواند یک ابزار مفید را نشان داده و با مجموعه داده‌های بزرگ و غیر مرتبط مقابله کند. از نظر ما، یک مثال خوب، تجزیه و تحلیل مناسب بودن زمین با فعالیت زنبورداری است.

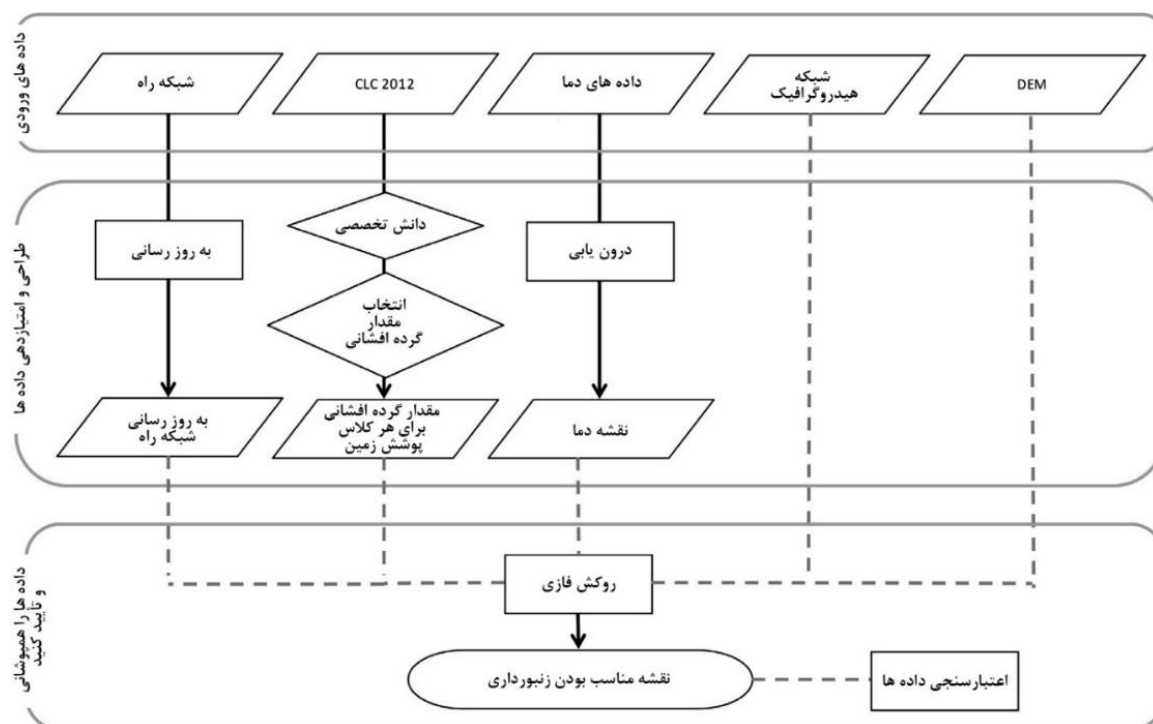
بنابراین، در این تحقیق از روش بحث‌شده‌ی فوق برای انجام تجزیه و تحلیل مناسب بودن زمین برای زنبورداری در منطقه‌ی کالابریا (ایتالیای جنوبی) استفاده شده است. این منطقه به‌عنوان نماینده‌ی محل مطالعه‌ی مناطق حاشیه‌ای مدیترانه (Petanidou & Smets, 1995) با تخریب مداوم و متروکه شدن اما با سنت قوی زنبورداری روستایی، انتخاب شد؛ بنابراین، انتخاب مناطق سودآور می‌تواند از نظر اقتصادی برای زنبورداران، مفید و دارای اهمیت استراتژیک باشد تا از طریق نگهداری زنبورداران در چنین مناطق حاشیه‌ای، ارزش افزوده حاصل شود. در نتیجه، این روش می‌تواند به راحتی در آرایه‌های وسیعی از زمینه‌های کشاورزی تولید شود.

روش تحقیق

منطقه‌ی مطالعه و روش نقشه‌برداری

منطقه‌ی مطالعه و روش نقشه‌برداری این مطالعه در محدوده‌های اداری منطقه‌ی ارسنجان (مواد تکمیلی آنلاین شکل S1) که در استان فارس واقع شده است، در عرض جغرافیایی ۲۹,۹۱۹۷ N درجه و طول جغرافیایی ۵۳,۲۹۸۹ E درجه واقع شده است. مساحت کل این منطقه تقریباً ۱۴/۹۶ کیلومتر مربع است و ارتفاع آن از ۰ تا ۱۶۶۰ متر است. روش نقشه‌برداری متشکل از مراحل زیر است: (I) انتخاب معیارها، (II) جمع‌آوری داده‌ها از مخازن عمومی، (III) توسعه‌ی

مدل مناسب مبتنی بر GIS، (IV) تولید نقشه مناسب بودن و (V) اعتبارسنجی مدل. جریان کلی این روش در شکل ۱ گزارش شده است.



نمودار ۱. جریان نشان‌دهنده‌ی روش نقشه‌برداری برای تجزیه و تحلیل مناسب بودن زنبورداری

منابع اطلاعات

در این بخش، عوامل اصلی محیطی را که می‌توانند نقشی اساسی در فعالیت زنبورداری داشته باشند، تعیین کردیم. تجزیه و تحلیل مقدماتی (به عنوان مثال، جستجوی ادبیات و مشورت با متخصصان) به ما امکان شناسایی پنج عامل اصلی را داد که بر فعالیت زنبورداری تأثیر می‌گذارند. این معیارها بر اساس نقش آن‌ها در کندوها، زیست‌شناسی زنبور عسل و مدیریت کلنی انتخاب شده‌اند. علاوه بر این، هر داده‌ی ورودی از میان افرادی که به صورت آزاد و جهانی بازیابی می‌شوند (جدول ۱)، از مخازن عمومی محلی و جهانی انتخاب شده است. این انتخاب به این دلیل انجام شده است که این رویکرد به راحتی و در سراسر جهان قابل تکرار باشد.

جدول ۱. عواملی که به عنوان ورودی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و منبع داده‌های نسبی استفاده می‌شوند.

فاکتور	داده	منبع	URL
دما	داده‌های دما	بانک جامع نقشه‌های هواشناسی	http://www.havajanah.ir
راه	شبکه راه	سازمان نقشه‌برداری کشور	http://www.ncc.gov.ir
آب نیاز دارد	شبکه هیدروگرافیک	سازمان نقشه‌برداری کشور	http://www.ncc.gov.ir
ارتفاع	مدل ارتفاع دیجیتال	سازمان نقشه‌برداری کشور	http://www.ncc.gov.ir
زمین استفاده شده	CLC IV سطح ۲۰۱۲		

دما یکی از مهم‌ترین عوامل اکولوژیکی است که از اهمیت اساسی برخوردار بوده و بر ارگانیسم‌های پوکیلوترمی اثرگذار است؛ از جمله حشرات که رشد و نمو آن‌ها در زیست‌شناسی نقش مهمی دارد (Régnière et al., 2012;).

(Campolo et al., 2014). نقشه‌ی دما از درهم‌آمیزی فضایی Kringing یک مجموعه داده‌ی ۳۰ ساله از درجه حرارت متوسط با توجه به دوره‌ی جستجو از آوریل تا اکتبر (به‌دست‌آمده از سازمان نقشه‌برداری کشور) تولید شده است (مواد آنلاین تکمیلی شکل S2). ما یک رابطه‌ی مثبت بین دما و مناسب بودن برای زنبورداری در نظر گرفتیم (Régnière et al., 2012).

جاده‌ها عامل مهمی برای زنبورداری هستند. درواقع، فاصله‌ی یک منطقه‌ی خاص از جاده‌ها به‌طور مستقیم بر مناسب بودن آن برای حمل‌کندو با وسایل نقلیه تأثیر می‌گذارد. شبکه‌ی جاده با استفاده از نقشه‌ی خیابان جهانی (ESRI) به‌عنوان منبع، جاده‌های تحت پوشش گیاهی را به‌صورت دیجیتالی ایجاد نموده است (مواد آنلاین تکمیلی شکل S3). بر اساس این شبکه، زمین نزدیک‌تر به جاده‌ها برای زنبورداری مناسب‌تر در نظر گرفته شده است.

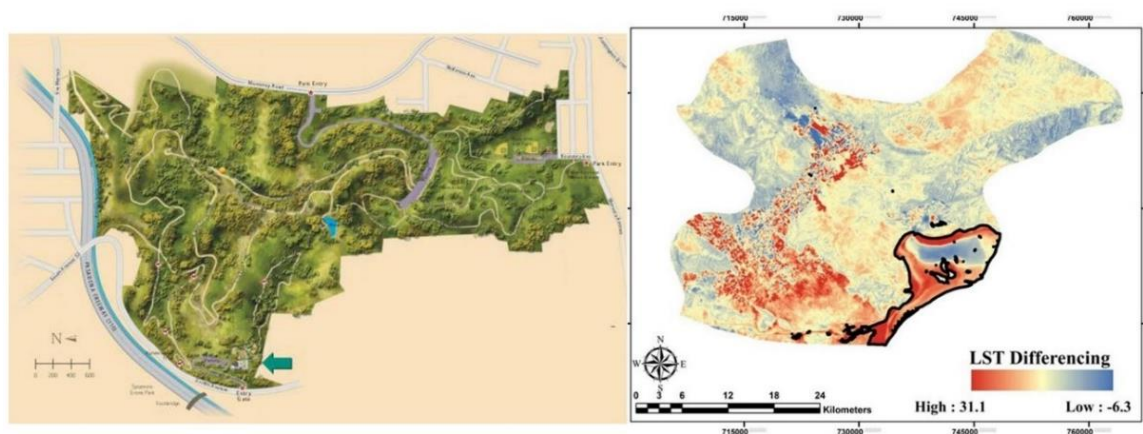
درباره‌ی شبکه هیدروگرافی، ما مقادیر بیشتری را به مناطق نزدیک به منابع آب (رودخانه‌ها و دریاچه‌ها) مرتبط می‌کنیم (مواد آنلاین تکمیلی شکل S4). همچنین، ارتفاع از سطح زمین در پوشش زمین و متعاقباً هر چیز مربوط به تولید با ارتفاع، دارای یک ارتباط منفی است (مواد آنلاین تکمیلی شکل S5). علاوه بر این، زنبورهای عسل برای تأمین نیازهای فیزیولوژیکی خود به منابع گل و شهد و گرده‌ی مداوم و متغیر نیاز دارند. کیفیت غذایی شهد و گرده به‌طور گسترده‌ای در بین گونه‌های گیاه میزبان متفاوت است که به‌نوبه‌ی خود بر نحوه‌ی تغذیه‌ی زنبورهای عسل تأثیر می‌گذارد تا رژیم‌های غذایی مناسب خود را به دست آورند (Rollin et al., 2016). برای به دست آوردن این مجموعه داده، ما پوشش ارسنجان را با وضوح در سطح IV در نظر گرفتیم. این نقشه با استفاده از تصاویر هوایی بینگ (شرکت مایکروسافت) با تفسیر عکس بصری که توسط همان اپراتور انجام شده (به‌روزشده در سال ۲۰۱۵)، حاصل شده است. از طریق دانش ترکیب پوشش گیاهی، امکان تعیین مقدار گرده‌افشانی خاص به هر کلاس بر اساس ارزیابی شهد، گرده و در دسترس بودن پتانسیل عسلی وجود دارد. متأسفانه، وابسته کردن مقداری برای هر کلاس بدون تکیه بر دانش متخصص و افزایش درجه‌ی عدم اطمینان، بسیار دشوار است؛ بنابراین، برای جلوگیری از تأثیر هرچه بیشتر متخصصان، کلاس‌های CLC را به سه گروه تقسیم کردیم و به آن‌ها یک مقدار منحصر به فرد دادیم (جدول مواد تکمیلی آنلاین S1): (i) مناطقی که معمولاً زنبورداری حرفه‌ای انجام نمی‌شود، مقدار ۰، (ii) مناطقی که به‌طور معمول، زنبورداری حرفه‌ای انجام می‌شود و از نظر اقتصادی امکان‌پذیر است، مقدار ۱ و (iii) انتقال از کلاس‌های قدیمی دیگر، مقدار ۰/۵ (مواد آنلاین تکمیلی شکل S6).

تحلیل داده‌ها

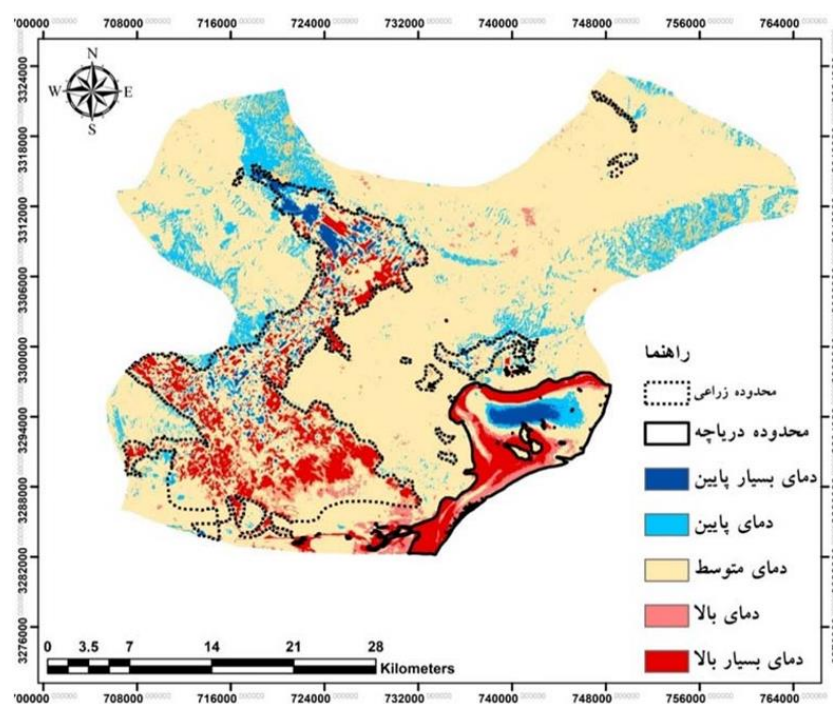
تمام فاکتورهای مورد استفاده در این تجزیه و تحلیل توسط واحدهای مختلف و در مقیاس‌های مختلف توصیف شده‌اند؛ بنابراین، هر عامل با استفاده از یک تابع عضویت فازی خطی در محدوده‌ای بین ۰ و ۱ مقیاس‌بندی شده است. تمام لایه‌های نهایی برای به دست آوردن نقشه‌ی مناسب بودن زمین با یک پوشش فازی (تابع گاما) ادغام شده‌اند. برای ارزیابی صحت تجزیه و تحلیل، ما یک نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای را با استفاده از ابزار محیط مدل‌سازی فضایی (نسخه ۱۰٫۷٫۲٫۱) ایجاد ابر ۶۰۰ نقطه به‌صورت تصادفی توزیع شده و مقایسه‌ی ارزش مناسب تعیین شده به این نقاط با روش خود انجام دادیم. این کار به کمیته‌ای متشکل از ۵ کارشناس، طبق روش KHAT، اختصاص داده شده است. پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها با ESRI ArcGIS 10، IBM SPSS 21 و Microsoft Excel 2013 انجام شد. طول شبکه‌ی جاده‌ای برای هر کلاس کاربری اراضی با عملکرد نرم‌افزار XTools محاسبه شد.

نتایج و بحث

امروزه، زنبورداری به دلیل افزایش علاقه به محصولات مغذی زنبور عسل با اشاره‌ی ویژه به عسل، بره موم، گرده‌ی گل و ژله‌ی رویال به سرعت در حال رشد است. تعداد کل زنبورداران در اروپا ۶۲۰,۰۰۰ نفر تخمین زده شده است درحالی‌که تولید عسل اروپا در سال ۲۰۱۰ حدود ۲۲۰,۰۰۰ تن ارزیابی شده است. مرگ و میر برآوردشده از زمستان کلونی بسته به کشور و منشأ داده‌ها از ۷ تا ۲۸٪ متغیر است (Chauzat et al., 2013). به‌طور خلاصه، نسبت زیاد زنبورداران غیرحرفه‌ای و میانگین کم تعداد کلونی‌ها در هر زنبوردار، تنها ویژگی مشترک در سطح اروپا بود (Chauzat et al., 2013). در این چارچوب، با توجه به روندهای افزایش CCD، شناسایی ارزان و دقیق مناطق زنبورداری استراتژیک مورد توجه است. در این مطالعه، ما یک روش جدید برای ارزیابی مناسب بودن زمین برای فعالیت‌های زنبورداری، بدون تکیه بر AHP و عدم اطمینان ناشی از تأثیر تصمیم‌گیرندگان در توزین معیارهای مختلف ارائه داده‌ایم.



نمودار ۲. پراکنش مکانی تغییرات شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده و اختلاف دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۸



نمودار ۳. پراکنش فضایی تغییرات دمای سطح زمین در طبقات مختلف دمایی در کاربری‌های مختلف در سال ۲۰۱۸

جدول ۲. سطح (هکتار) و درصد تخمینی هر کلاس مناسب منطقه‌ی مورد مطالعه برای فعالیت‌های زنبورداری

سطح مناسب	سطح (ha)	سطح (%)
نامناسب	70,907.01	4.67
خیلی پایین	100,978.69	6.65
پایین	231,146.33	15.22
متوسط	390,109.31	25.69
بلند	461,454.43	30.39
خیلی بلند	263,731.71	17.37
جمع کل	1,518,327.49	—

با توجه به دانش ما، این اولین مطالعه‌ای است که از این نوع روش برای ارزیابی پتانسیل زمین‌ها برای اهداف زنبورداری استفاده شده است. تحقیقات قبلی بر ارزیابی مناسب بودن زمین برای زنبورداری در مناطق مختلف جهان از جمله عربستان سعودی (Abou-Shaara et al., 2013a; Abou-Shaara et al., 2013b)، مصر (Abou-Shaara, 2015)، ایران (Amiri et al., 2011; Amiri et al., 2012)، فیلیپین (Estoque & Murayama, 2010) و مالزی (Maris et al., 2008) انجام گرفته است. با این حال، این مطالعات با تکیه بر رویکرد AHPMCDM و یک روش طبقه‌بندی، به دست آوردن داده‌های کم رزولوشن یا نتایج با سطح عدم اطمینان بالا انجام شده است. روش ما، نتایج گزارش شده در شکل ۲ را تولید کرده است. به علاوه، هر لایه‌ای که برای به دست آوردن خروجی نهایی استفاده شده است، به عنوان شکل آنلاین مواد تکمیلی ارائه می‌شود (S2 – S6).

برای اجازه‌ی تفسیر سریع، داده‌های مداوم در مورد مناسب بودن زمین در شش کلاس گروه‌بندی شد (جدول ۲): الف) نامناسب (۰)، نمایانگر مناطقی که فعالیت زنبورداری غیرممکن است (مناطق شهری)؛ ب) بسیار کم ($0 < 0-0$)، نمایانگر مناطقی که امکان فعالیت زنبورداری وجود دارد اما با شرایط محدودکننده‌ی شدید از نظر اقتصادی غیر قابل اجرا است؛ ج) کم ($0 < 0/4-0/2$)، همان‌طور که در بالا ذکر شد، با شرایط محدودیت محیطی و زیرساختی کمتر اما بدون علاقه‌ی واقعی اقتصادی برای زنبورداری است؛ د) متوسط ($0 < 0/4-0/6$)، جایی که مقادیر بهره‌وری هنوز محدود هستند اما فعالیت زنبورداری از نظر اقتصادی شروع می‌شود؛

ه) فعالیت زنبورداری بالا ($0 < 0/6-0/8$) از نظر اقتصادی امکان‌پذیر است؛ و) فعالیت زنبورداری بسیار زیاد ($0 < 0/8-1$) از نظر اقتصادی امکان‌پذیر است و بهره‌وری به بالاترین مقادیر می‌رسد. ما هر کلاس پوشش زمین را با یک امتیاز خاص برای مقدار گرده‌افشانی و با شناسایی سه کلاس از ارزش به دست آوردیم. مناطقی که امکان پرورش زنبور عسل وجود ندارد (به عنوان مثال، مناطق شهری)، $4/67\%$ سطح منطقه را نشان می‌دهند (جدول ۲). از طرف دیگر، مناطقی که زنبورداری از نظر اقتصادی امکان‌پذیر است یا به طور معمول مانند محصولات زراعی یا مناطق جنگلی خاص انجام می‌شود، $32/12\%$ سطح منطقه را نشان می‌دهند در حالی که مناطق انتقال، $63/19\%$ را نشان می‌دهند.

همچنین، این مطالعه نشان داد که چگونه ارسنجان را می‌توان یک منطقه‌ی مهم با پتانسیل بزرگ برای زنبورداری دانست؛ با توجه به این نکته که حدود $47/76\%$ سطح باعث تولید زیاد یا بسیار مناسب برای تولید عسل شده است. باغ‌های انار و میوه‌های بهاری و تابستانی بیشترین بازدهی را در بالاترین کلاس مناسب ($38/12\%$) نشان می‌دهند.

درحالی‌که محصولات فشرده (۱۶/۱۶٪) و زمین‌های کشاورزی (۲۲/۲۶٪) به ترتیب بیشترین استفاده از اراضی را برای کلاس‌های "بالا" و "متوسط" نشان می‌دهند. این مقادیر با شرایط واقعی سازگار است، جایی که باغ‌های انار و محصولات فشرده نمایانگر مناطقی هستند که می‌توان بیشترین تولید عسل را بازیابی کرد. درواقع، این مناطق به دلیل وجود گیاهان کشت‌شده و خودبه‌خودی با تولید شهد و یا گرده‌ی فراوان و همچنین حضور حشرات تولیدکننده‌ی عسل در ارتفاع کم و با مقدار گرده‌افشانی زیاد واقع شده‌اند. همچنین، این مناطق به‌خوبی از طریق شبکه‌ی راه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مورد دما، داده‌های استفاده‌شده در این مطالعه از ۱ تا ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد بود. از این نظر، کل منطقه برای زنبورداری، زنده در نظر گرفته شده است زیرا این دامنه‌ی دما در محدوده دمای بقاء زنبورعسل قرار می‌گیرد و در بیشتر مناطق، فعالیت علوفه را مجاز می‌داند. مناطق در طول زمان در نظر گرفته شده است. صحت این تجزیه و تحلیل با استفاده از روش KHAT، مقایسه‌ی طبقه‌بندی به‌دست‌آمده با رویکرد ما به آنچه توسط کمیته‌ای از متخصصان زنبورداری اختصاص داده شده است، ارزش ۰/۶۶۹ را به دست آورد. این ارزش تأیید می‌کند که رویکرد ما با ارزیابی کارشناسان مطابقت دارد که معمولاً در ارزیابی مناسب بودن زمین انجام می‌شود.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، این تحقیق رویکرد جدیدی را برای تجزیه و تحلیل مناسب بودن زمین برای زنبورداری بدون اتکا به روش AHP، به دست آورد که نتایج مطابق با واقعیت زنبورداری را به دست آورد. علاوه بر این، استفاده از داده‌های منبع باز بازیابی‌شده از مخازن عمومی اجازه می‌دهد تا به راحتی این نتایج را تکرار کنید و از این مدل در سایر اکوسیستم‌های کشاورزی در سراسر جهان استفاده کنید. استفاده از این روش ممکن است با موفقیت به انواع دیگر ارزیابی مناسب بودن زمین نیز گسترش یابد. مطالعات بیشتر برای تأیید کارایی آن در مناطق دیگری که با موقعیت‌های مختلف جغرافیایی و اقتصادی مشخص می‌شوند، می‌تواند رویکرد ما را برای کاربردهای بیشتر تأیید کند.

منابع

- AAFRD. (2005). *Commercial honey industry*. Alberta Agriculture. Food and Rural Development, Alberta, Canada.
- Abou-Shaara, H. (2015). Suitability of current and future conditions to apiculture in Egypt using Geographical Information System. *Journal of Agricultural Informatics*, 6(2), 12-22.
- Abou-Shaara, H. F., Al-Ghamdi, A. A., & Mohamed, A. A. (2013a). Identifying possible regions for using modified beehives in Saudi Arabia using a geographical information system (GIS). *Journal of Agricultural Technology*, 9(7), 1937-1945.
- Abou-Shaara, H. F., Al-Ghamdi, A. A., & Mohamed, A. A. (2013b). A suitability map for keeping honey bees under harsh environmental conditions using Geographical Information System. *World Applied Sciences Journal*, 22(8), 1099-1105.
- Amiri, F., & 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., Shariff, A. B. M., & Arekhi, S. (2011). An approach for rangeland suitability analysis to apiculture planning in Gharah Aghach region, Isfahan-Iran. *World Applied Sciences Journal*, 12(7), 962-972.
- Batt, P. J., & Liu, A. (2012). Consumer behaviour towards honey products in Western Australia. *British Food Journal*, 114(2), 285-297.
- Becher, M. A., Osborne, J. L., Thorbek, P., Kennedy, P. J., & Grimm, V. (2013). Towards a systems approach for understanding honeybee decline: a stocktaking and synthesis of existing models. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 868-880.
- Benelli, G., Benvenuti, S., Desneux, N., & Canale, A. (2014). *Cephalaria transsylvanica*-based flower strips as potential food source for bees during dry periods in European Mediterranean basin countries. *PLoS One*, 9(3), e93153.

- Benvenuti, S., Benelli, G., Desneux, N., & Canale, A. (2016). Long lasting summer flowerings of *Lythrum salicaria* as honeybee-friendly flower spots in Mediterranean basin agricultural wetlands. *Aquatic Botany*, 131, 1-6.
- Burrough, P.A., McDonnell, R.A. (1998). *Principles of geographic information systems*. New York: Oxford University Press.
- Campolo, O., Malacrinò, A., Laudani, F., Maione, V., Zappalà, L., & Palmeri, V. (2014). Population dynamics and temperature-dependent development of *Chrysomphalus aonidum* (L.) to aid sustainable pest management decisions. *Neotropical entomology*, 43, 453-464.
- Canale, A., Cosci, F., Canovai, R., Giannotti, P., & Benelli, G. (2014). Foreign matter contaminating ethanolic extract of propolis: a filth-test survey comparing products from small beekeeping farms and industrial producers. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31(12), 2022-2025.
- Carver, S. J. (1991). Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 5(3), 321-339.
- Chauzat, M. P., Cauquil, L., Roy, L., Franco, S., Hendriks, P., & Ribière-Chabert, M. (2013). Demographics of the European apicultural industry. *PloS one*, 8(11), e79018.
- Chen, Y., Khan, S., & Paydar, Z. (2010). To retire or expand? A fuzzy GIS- based spatial multi-criteria evaluation framework for irrigated agriculture. *Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage*, 59(2), 174-188.
- Corbett, J. D. (1996). Dynamic crop environment classification using interpolated climate surfaces. *GIS and Environmental Modeling: Progress Research Issues. GIS World Book, Fort Collins*, 117-122.
- Decourtye, A., Mader, E., & Desneux, N. (2010). Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. *Apidologie*, 41(3), 264-277.
- Domingo-Santos, J. M., de Villarán, R. F., Rapp-Arrarás, Í., & de Provens, E. C. P. (2011). The visual exposure in forest and rural landscapes: An algorithm and a GIS tool. *Landscape and Urban Planning*, 101(1), 52-58.
- Estoque, R. C., & 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.
- European Commission. (2016). Bee health – EU Actions.
- Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*, 68(3), 810-821.
- Garibaldi, L. A., Steffan- Dewenter, I., Kremen, C., Morales, J. M., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... & Klein, A. M. (2011). Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology letters*, 14(10), 1062-1072.
- Janssen, R., & Rietved, P. (1990). Multicriteria analysis and GIS: an application to agriculture landuse in the Netherlands in Scholten, H., Stilwell, J., eds. *Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning*, 129-138.
- Jiang, H., & Eastman, J. R. (2000). Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(2), 173-184.
- Joerin, F., Thériault, M., & Musy, A. (2001). Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. *International Journal of Geographical information science*, 15(2), 153-174.
- Kahraman, C., Cebeci, U., & Ulukan, Z. (2003). Multi- criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics information management*, 16(6), 382-394.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.
- Lautenbach, S., Seppelt, R., Liebscher, J., & Dormann, C. F. (2012). Spatial and temporal trends of global pollination benefit. *PLoS one*, 7(4), e35954.
- Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 8(4), 270-277.
- Maris, N., Mansor, S., & Shafri, H. (2008). Apicultural site zonation using GIS and Multi-Criteria Decision analysis. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 31(2), 147-162.
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. (2013). Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable development*, 33, 257-274.
- Oldroyd, B. P. (2007). What's killing American honey bees?. *PLoS biology*, 5(6), e168.

- Palmeri, V., Scirtò, G., Malacrinò, A., Laudani, F., & Campolo, O. (2015). A scientific note on a new pest for European honeybees: first report of small hive beetle *Aethina tumida*, (Coleoptera: Nitidulidae) in Italy. *Apidologie*, 46, 527-529.
- Petanidou, T., & Smets, E. (1995). The potential of marginal lands for bees and apiculture: nectar secretion in Mediterranean shrublands. *Apidologie*, 26(1), 39-52.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, 25(6), 345-353.
- Régnière, J., Powell, J., Bentz, B., & Nealis, V. (2012). Effects of temperature on development, survival and reproduction of insects: experimental design, data analysis and modeling. *Journal of Insect Physiology*, 58(5), 634-647.
- Rollin, O., Benelli, G., Benvenuti, S., Decourtye, A., Wratten, S. D., Canale, A., & Desneux, N. (2016). Weed-insect pollinator networks as bio-indicators of ecological sustainability in agriculture. A review. *Agronomy for sustainable development*, 36, 1-22.
- Tassinari, P., & Torreggiani, D. (2006). Location planning: a methodological approach for agro-industrial buildings in rural territory. *Transactions of the ASABE*, 49(2), 505-516.
- Wratten, S. D., Gillespie, M., Decourtye, A., Mader, E., & Desneux, N. (2012). Pollinator habitat enhancement: benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 159, 112-122.

استناد به این مقاله: ساعی آرزومند، افسانه، عوض پور، رحیم، یادگارفرد، فاطمه و کنعانی وند، مریم. (۱۴۰۱). جایگذاری هوشمند کلونی‌های زنبور به وسیله‌ی پردازش تصویر. فصلنامه پژوهش‌های نوین در شهر هوشمند، ۱(۱)، ۶۳-۷۳.



New Researches in The Smart City is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.