Agricultural Economics and Development

Vol. 34, No. 134, Summer 2026

Research Paper

Strategic Analysis of Iran's Honey Supply Chain Readiness for Artificial Intelligence Adoption: A SWOT Approach

S. N. Mousavian [1], F. Eshghi [2], S. M. Mojaverian [3], T. Ranjbar Malekshah [4]

Received: 4 July, 2026 Accepted: 6 August, 2026

Introduction: The honey supply chain has an important economic, nutritional, environmental, and food security role. Honey and other bee-related products are used in food, pharmaceutical, cosmetic, and health-related industries. Honeybees also contribute to agricultural production and ecosystem sustainability through pollination. Iran has potential for honey production because of its climatic diversity and biological resources. However, the honey supply chain in Iran faces challenges such as weak standardization, fraud, colony diseases, dependence on climatic conditions, ineffective marketing, limited technological capacity, weak traceability, and low consumer trust. Artificial Intelligence (AI) can potentially support monitoring, disease prediction, authentication, quality control, and market analysis. Nevertheless, AI adoption requires a realistic assessment of the supply chain's current strategic position. Therefore, this study aimed to analyze the readiness of Iran's honey supply chain for AI adoption using the SWOT model.

Materials and Methods: This could be considered as an applied study in terms of purpose as well as a descriptive-analytical and exploratory-survey one in terms of methodology. The required data were collected in 2025 through a literature

1. MSc. in Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
2. Corresponding Author and Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran (fesh.foad@gmail.com).
3. Professor, Department of Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
4. PhD Graduate in Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

DOI: 10.30490/aead.2026.367707.1754

review, expert interviews, and a researcher-made questionnaire. The statistical population included experts and practitioners in beekeeping, honey production, processing, marketing, and honey supply chain management. Due to the specialized and exploratory nature of the topic, purposive sampling was used, and 20 complete questionnaires were analyzed. The inclusion criteria included specialized experience in beekeeping or one of the stages of the honey supply chain, familiarity with production, processing, market, or supply chain issues, and the ability to evaluate strategic factors affecting smart transformation. The SWOT model was used as the main analytical framework. Internal and external factors were identified through the literature and expert interviews, revised based on expert opinions, and classified into Strengths, Weaknesses, Opportunities, And Threats (SWOT). The Internal Factor Evaluation (IFE) and External Factor Evaluation (EFE) matrices were used to determine the strategic position of the supply chain. The importance of each factor was assessed using a five-point Likert scale. The normalized weight of each factor was calculated from the mean importance score in the relevant matrix. The strategic rating was determined on a scale from 1 to 4 based on the current status of the honey supply chain. Cronbach's alpha assessed reliability, Kendall's coefficient examined expert agreement, and sensitivity analysis tested the stability of the strategic position.

Results and Discussion: The study findings identified 17 strengths, 23 weaknesses, 23 opportunities, and 19 threats affecting the readiness of Iran's honey supply chain for the AI adoption. The main strengths included the role of bees in pollination and agricultural production, environmental compatibility, production at different scales, diversity of bee-related by-products, local branding potential, and entering digital markets. These strengths could provide a basis for smart systems in production, quality control, marketing, and product traceability. The chain also faced internal weaknesses, including dependence on climatic conditions and floral resources, colony diseases, insufficient technical knowledge, lack of specialized bee health centers, weak standardization and quality control, limited financial resources, poor access to modern equipment, ineffective marketing, weak cooperation among chain actors, low productivity, lack of trust, and fraud. Many of these weaknesses were informational, managerial, technological, and institutional. Therefore, AI might help address some of them in the long run, but only after basic infrastructures were developed. The total IFE score was 2.22, which was below the midpoint of 2.5 and indicated the relative dominance of internal weaknesses over strengths. The total EFE score was 2.15 (also below 2.5), showing that the honey supply chain did not currently respond effectively to environmental opportunities and threats. Important opportunities

included growing demand for natural and organic honey, export market development, use of applications and sensors, online sales, supplement markets, local processing and packaging centers, international quality certificates, and Iran's biodiversity. In contrast, climate change, excessive pesticide use, reduced plant diversity, fraudulent honey, weak market supervision, disease-related losses, export restrictions, weak policy attention, and difficulty in accessing modern tools limited the effective use of these opportunities. The combination of IFE and EFE results placed Iran's honey supply chain in the defensive WT quadrant, reflecting the dominance of internal weaknesses and external threats. Accordingly, AI should not be adopted as an immediate, large-scale, and costly strategy; instead, AI adoption should follow a gradual, problem-oriented, and infrastructure-based pathway. Sensitivity analysis also showed that despite changes in the weights of the most important factors, IFE and EFE scores remained below 2.5; therefore, the WT position was relatively stable.

Conclusion and Suggestions: The results indicated that successful AI adoption in Iran's honey supply chain would require prior development of data, institutional, educational, financial, and policy infrastructures. The initial stage should focus on digital registration of apiary information, databases on colony diseases and losses, product traceability systems, quality control mechanisms, digital training for beekeepers, and pilot smart beekeeping projects. Strengthening beekeeper cooperatives can reduce digital transformation costs through shared access to equipment, laboratories, packaging facilities, online platforms, and data-based services. Due to the importance of fraud prevention and consumer trust, developing a traceability system from apiary to consumer is recommended. AI-based tools may support climate risk warning, disease prediction, colony monitoring, market analysis, honey authentication, and data-driven decision-making; however, these should be interpreted as potential capacities rather than empirically proven effects. Future studies should validate the findings using larger samples, broader geographical coverage, and complementary methods such as Delphi, AHP, QSPM, cost-benefit analysis, and technology readiness assessment.

Keywords: *Smart Beekeeping, Supply Chain Management, Honey Authentication, Product Traceability, Strategic Decision-Making.*

JEL Classification: Q13, Q16, O33, M11

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۴، شماره ۱۳۴، تابستان ۱۴۰۵

مقاله پژوهشی

تحلیل راهبردی آمادگی زنجیره تأمین عسل ایران برای به‌کارگیری هوش مصنوعی با استفاده از مدل سوات (SWOT)

سیده نرگس موسویان[۱]، فؤاد عشقی[۲]، سید مجتبی مجاوریان[۳]، طاهره رنجبر ملکشاه[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۱۵

چکیده

زنجیره تأمین عسل، به‌دلیل نقش اقتصادی، تغذیه‌ای، زیست‌محیطی و ارتباط مستقیم با امنیت غذایی، از جایگاهی مهم در بخش کشاورزی برخوردار است. با وجود ظرفیت‌های قابل توجه ایران در تولید عسل و فرآورده‌های جانبی زنبور عسل، این زنجیره با چالش‌هایی مانند ضعف استانداردسازی، تقلب، بیماری‌های کلنی، وابستگی به شرایط اقلیمی، ضعف بازاریابی، محدودیت فناوری و بی‌اعتمادی مصرف‌کننده

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۲- نویسندهٔ مسئول و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
(fesh.foad@gmail.com)

۳- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۴- دانش‌آموختهٔ دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

DOI: 10.30490/aead.2026.367707.1754

مواجه اســـت. از این‌رو، پژوهش حاضـــر با هدف تحلیل راهبردی آمادگی زنجیره تأمین عســـل ایران برای به‌کارگیری هوش مصـــنوعی انجام شـــد. پژوهش حاضـــر، از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصـــیفی- تحلیلی بود. داده‌های مورد نیاز از طریق مرور ادبیات موضوع، مصاحبه با خبرگان و پرسشنامه در سال ۱۴۰۴ گردآوری شد. جامعه آماری شامل خبرگان و متخصصان حوزه زنبورداری و زنجیره تأمین عسل بود که بیست نفر از آنها به‌صـــورت هدفمند انتخاب شـــدند. برای تحلیل داده‌ها، از مدل ســـوات (SWOT) و ماتریس‌های ارزیابی عوامل داخلی و خارجی استفاده شد. همچنین، برای بررسی پایایی ابزار، از آلفای کرونباخ، برای ارزیابی میزان توافق خبرگان، از ضریب توافق کندال و برای سنجش پایداری نتایج، از تحلیل حساسیت استفاده شد. نتایج پژوهش نشـــان داد که امتیاز ماتریس عوامل داخلی برابر با ۲/۲۲ و امتیاز ماتریس عوامل خارجی برابر با ۲/۱۵ است؛ بنابراین، زنجیره تأمین عسل در وضعیت تدافعی (WT) قرار دارد. این یافته نشان داد که زنجیره تأمین در وضعیت فعلی، پیش از استقرار گسترده هوش مصنوعی، نیازمند کاهش ضعف‌های داخلی و کنترل تهدیدهای بیرونی است. بر این اساس، باید به‌کارگیری هوش مصـنوعی به‌صـورت تدریجی، مسـئله‌محور و زیرسـاختی، در حوزه‌هایی مانند ثبت دیجیتال زنبورسـتان‌ها، پایش بیماری، هشـدار اقلیمی، رهگیری اصـالت عسل، کنترل کیفیت و آموزش دیجیتال زنبورداران دنبال شود.

کلیدواژه‌ها: *زنبورداری هوشـــمند، مدیریت زنجیره تأمین، اصـــالت‌ســـنجی عســـل، رهگیری محصـــول، تصمیم‌گیری راهبردی.*

طبقه‌بندی JEL : Q13, Q16, O33, M11

مقدمه

محصـولات حاصـل از زنجیره تأمین عسـل شـامل مجموعه‌ای از فرآورده‌ها مانند عسـل، گرده گل، ژل رویال، موم، بره‌موم و آپیتوکسـین اسـت که در صـنایع غذایی، دارویی، آرایشـی و بهداشـتی کاربرد دارند. عسـل نیز به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین محصـولات غذایی، به‌دلیل طعم، ارزش غذایی و ویژگی‌های سلامت‌بخش، در میان مصرف‌کنندگان جایگاهی ویژه دارد. افزون بر تولید این فرآورده‌ها، زنبور عسل، از طریق گرده‌افشانی، نقشی مهم در پایداری زیست‌بوم و تولید محصولات کشاورزی ایفا می‌کند، به‌گونه‌ای که حدود ۳۵ درصـد از تولید غذای جهان برای مصـرف انسـان به گرده‌افشـان‌ها وابسته است (FAO, 2024). با توجه به رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای غذا، زنبورداری به یکی از فعالیت‌های مهم و رو به رشـد بخش کشـاورزی تبدیل شـده و از ظرفیت قابل توجه برای ایجاد ارزش افزوده، اشتغال و توسعه روستایی برخوردار است.

ایران، به‌دلیل تنوع اقلیمی، گسـتردگی مراتع، دشـت‌ها و مناطق کوهسـتانی، ظرفیتی بالا برای تولید عسـل و فرآورده‌های جانبی زنبور عسـل دارد. بر اسـاس نتایج سـرشـماری مهرماه ۱۴۰۲، ایران دارای حدود ۱۱/۴۳ میلیون کلنی زنبور عسل و ۹۵ هزار زنبورستان است و از نظر تعداد زنبورستان‌ها، در

رتبه سوم جهان قرار دارد. به‌طور کلی، میزان تولید عسل کشور ۱۱۱ هزار تن و صادرات آن حدود ۱/۳۱۱ هزار تن گزارش شده است (MAJ, 2023). همچنین، داده‌های FAOSTAT نشان می‌دهد که ایران در سال ۲۰۲۲، پس از چین و ترکیه، سومین تولیدکننده عسل جهان بوده است (FAOSTAT, 2024). با وجود این ظرفیت، سهم ایران از صادرات جهانی عسل، به‌دلیل چالش‌هایی مانند ضعف استانداردسازی و رعایت الزامات بازارهای بین‌المللی، همچنان محدود است (Basiri, 2025).

بر اساس مطالعات بین‌المللی، زنجیره تولید عسل و مدیریت کندوها در بسیاری از کشورها با چالش‌هایی مانند تغییرات آب‌وهوایی، آلودگی، آفات و بیماری‌ها، کاهش قدرت کلنی و حتی فروپاشی کلنی مواجه بوده و همین چالش‌ها ضرورت پایش مستمر وضعیت کندوها و استفاده از روش‌های نوین مدیریتی را افزایش داده است. در زنبورداری سنتی، زنبورداران معمولاً با باز کردن کندو و بازرسی دستی، وضعیت کلنی را بررسی می‌کنند، در حالی که این روش می‌تواند فشار بیشتری به زنبورها وارد آورد و مدیریت هم‌زمان تعداد زیادی کندو را دشوار سازد (Jeong et al., 2025). همچنین، در ادبیات جهانی زنجیره عسل، افزایش تقاضا برای عسل به‌عنوان یکی از عوامل گسترش تقلب و عرضه محصولات غیرواقعی معرفی شده است. تقلب در عسل نه‌تنها کیفیت محصول و اعتماد مصرف‌کننده را تضعیف می‌کند، بلکه می‌تواند بر پایداری صنعت زنبورداری نیز اثر منفی بگذارد (Wu et al., 2017).

با توجه به اهمیت اصالت‌سنجی و اعتماد مصرف‌کننده در بازار عسل، استفاده از رویکردهای مدیریتی نوین برای بهبود شفافیت، کنترل کیفیت و کاهش تقلب در زنجیره تأمین ضروری است (Wu et al., 2017; Rünzel et al., 2021). در این میان، هوش مصنوعی، با توان پردازش داده‌های پیچیده، شناسایی الگوهای پنهان و پشتیبانی از تصمیم‌گیری ،می‌تواند در پایش سلامت کندو، پیش‌بینی بیماری، کنترل کیفیت، رهگیری محصول و مدیریت بازار نقش‌آفرینی کند (Chenchouni & Laallam, 2024; Jeong et al., 2025). بنابراین، به‌کارگیری هوش مصنوعی در زنجیره تأمین عسل نه به‌عنوان راهکاری فوری و مستقل بلکه به‌عنوان ابزاری تدریجی و داده‌محور برای ارتقای مدیریت، شفافیت و پایداری زنجیره قابل بررسی است.

از جمله مطالعات داخلی پیشین در ارتباط به این موضوع، می‌توان به مطالعه عبدالله‌زاده و غفاری‌زاده (Abdollahzadeh & Ghaffarizadeh, 2023) اشاره کرد. در این مطالعه، عوامل مؤثر بر کیفیت عسل در زنجیره تأمین شناسایی و رتبه‌بندی شدند. بدین منظور، از روش‌های دلفی و سوآرا استفاده شد و مطابق نتایج به‌دست‌آمده، به‌ترتیب، عوامل آفت‌ها و بیماری‌ها، عوامل خارجی، هیدروکسی متیل فورفورال، پوشش گیاهی، شیوه‌های مدیریتی، روش فرآوری و بسته‌بندی، نژاد زنبور

عسل، نوع ظرف و شرایط نگهداری، تغذیه، فصل برداشت، نوع برداشت، نوع کندو، جمعیت کلونی، ظرف‌های نگهداری عسل، شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی در اولویت قرار گرفتند. همچنین، حسینی (Hosseini, 2024)، با به‌کارگیری روش معادلات ساختاری، تأثیر کاربردی هوش مصنوعی در راستای پیاده‌سازی زنجیره تأمین چابک را بررسی کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که شیوه‌های کارآمد هوش مصنوعی، یادگیری و استخراج الگوها، استدلال و انتخاب الگوها و خوداصلاحی و تنظیم الگوها بر پیاده‌سازی زنجیره تأمین چابک تأثیر مثبت و معنی‌دار دارد. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2024) نیز در یک مطالعه مروری، به شناسایی و اولویت‌بندی کاربردهای هوش مصنوعی در زنجیره تأمین پرداختند و بدین منظور، چالش‌ها و اولویت‌بندی کاربردها را به‌ترتیب، با به‌کارگیری روش‌های دنپ و آراس مشخص کردند. بر این اساس، کاربردهایی مانند ارائه توصیه‌های شخصی‌سازی‌شده، نظام یکپارچه و هوشمند مدیریت انبارداری، نظام هوشمند استقبال از مشتریان و چالش‌هایی مانند پیچیدگی نظارتی در پیاده‌سازی نظام هوش مصنوعی، هزینه بالای زیرساخت فناوری اطلاعات و در دسترس نبودن راه‌های مناسب برای آموزش چت‌بات‌ها در اولویت قرار گرفتند. در مطالعه‌ای دیگر، صالحی‌پور و همکاران (Salehipour et al., 2024) نقش راهبردهای تحول دیجیتال در بهینه‌سازی فرآیندهای زنجیره تأمین جهانی را بررسی کردند. این پژوهش به روش کیفی انجام شده و داده‌ها از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۲۳ نفر از مدیران و کارشناسان زنجیره تأمین در تهران جمع‌آوری شده است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که راهبردهای تحول دیجیتال از جمله هوش مصنوعی به بهبود شفافیت، افزایش چابکی، کاهش هزینه‌های عملیاتی و بهینه‌سازی مدیریت موجودی در زنجیره تأمین منجر می‌شود.

در مطالعات خارجی نیز آبرو و همکاران (Abreu et al., 2021) به بررسی تأثیر هوش مصنوعی در زنبورداری پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که از هوش مصنوعی می‌توان برای مبارزه با آفات و بیماری‌های زنبورها، صرفه‌جویی در زمان فرآیند به‌دست آوردن محصولات، و حتی برای نظارت بر کندو از راه دور، بدون نیاز به حضور در محل، استفاده کرد. نارنگ و همکاران (Narang et al., 2022) نیز به بررسی نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها (سوات)[1] و همچنین، تحلیل‌های سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فنی[2] زنبورداری به‌عنوان یک تجارت پرداختند و با بررسی وضعیت فعلی کارآفرینی زنبورداری در هند و نیز بررسی مشکلات و فرصت‌های آن، بدین نتیجه

1. Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT)
2. Political, Economic, Social, and Technical (PEST)

رسیدند که صنعت عسل در هند می‌تواند در صورت رعایت استانداردهای بازار بین‌المللی، به یک بخش عمده در ایجاد درآمد ارزی این کشور تبدیل شود. شزورک و همکاران (Szczurek et al., 2023)، نظام نظارتی برای افزایش توان زنبورداری شهری را بررسی کردند و با شیوه تحقیقات میدانی، به ارائهٔ یک نظام نظارتی پرداختند که امکان مشاهده لحظه به لحظه فضای داخلی و ورودی کندو را فراهم می‌کند و در نهایت، اهداف زنبورداری شهری را برآورده می‌سازد. در مطالعه‌ای دیگر، چنچونی و لالام (Chenchouni & Laallam, 2024) آزادسازی توان هوش مصنوعی برای تقویت فیزیک‌وشیمیایی و زیست‌شیمی عسل را بررسی کردند و بدین منظور، با هدف کشف ماهیت چندوجهی کیفیت عسل، برای بررسی دقیق تأثیر متقابل ویژگی‌های فیزیک‌وشیمیایی و زیست‌شیمی در نمونه‌های عسل جمع‌آوری‌ده از مناطق خشک متنوع الجزایر، از نقشه‌های خودسازمانده[1] و تجزیه‌وتحلیل مؤلفه اصلی[2] بهره گرفتند. نتایج این مطالعه بر اهمیت پارامترهای انتخابی عسل به‌عنوان شاخص‌های کلیدی کیفیت تاکید داشته و این رویکرد تحلیلی نه‌تنها ارزیابی جامع کیفیت عسل را ارائه کرده، بلکه توان کاربردهای گسترده‌تر در صنایع غذایی را نشان داده است. جونگ و همکاران (Jeong et al., 2025) نیز به بررسی نظام‌های هوش مصنوعی برای تقویت کلونی زنبور عسل پرداختند و با روش مطالعات مروری، بدین نتیجه رسیدند که هوش مصنوعی می‌تواند کیفیت تصمیم‌گیری‌های راهبردی در حمایت از توسعه پایدار زنبورداری را افزایش دهد و در نهایت، بر بقای کلنی تأثیری چشمگیر بگذارد.

با وجود مطالعات انجام‌شده درباره کاربردهای فنی هوش مصنوعی در زنبورداری، پایش هوشمند کندو، کنترل کیفیت عسل و تحلیل راهبردی زنبورداری، کمتر پژوهشی زنجیره تأمین عسل را به‌صورت یکپارچه و از منظر آمادگی راهبردی برای به‌کارگیری هوش مصنوعی بررسی کرده است. این شکاف به‌ویژه در ایران اهمیت بیشتری دارد.

ایران، با وجود دارا بودن امکانات، توان و ظرفیت بالا برای تولید و صادرات عسل خالص و سایر محصولات جانبی آن، به‌علت ضعف در استانداردسازی، کنترل کیفیت، بازاریابی، اعتماد مصرف‌کننده، رهگیری محصول و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، در این زمینه، به‌گونه‌ای مناسب توسعه نیافته است. از این‌رو، شناسایی و بررسی چالش‌های موجود در این زنجیره و ارزیابی امکان به‌کارگیری فناوری‌های روز دنیا ضروری به‌نظر می‌رسد. در واقع، گام نخست در ارائه راهکارهای مبتنی بر رویکردهای نوین مانند هوش مصنوعی عبارت است از شناخت وضعیت موجود زنجیره

1. Self-Organizing Maps (SOMs)
2. Principal Component Analysis (PCA)

تأمین، شناسایی موانع و ظرفیت‌ها و نیز تدوین راهکارهای متناسب با شرایط واقعی زنجیره در کشور. بر این اساس، با تحلیل نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها، می‌توان مشخص کرد که زنجیره تأمین عسل در کدام حوزه‌ها برای پذیرش هوش مصنوعی آمادگی دارد، در کدام بخش‌ها با موانع جدی مواجه است و برای حرکت به‌سوی هوشمندسازی این فعالیت، باید چه راهبردهایی در اولویت قرار گیرد. از این‌رو، هدف پژوهش حاضر تحلیل راهبردی آمادگی زنجیره تأمین عسل ایران برای به‌کارگیری هوش مصنوعی از طریق شناسایی نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای اثرگذار و تدوین راهبردهای مناسب برای هوشمندسازی این زنجیره بوده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، توصیفی- تحلیلی بوده و با هدف تحلیل راهبردی آمادگی زنجیره تأمین عسل ایران برای به‌کارگیری هوش مصنوعی و تدوین راهبردهای مناسب برای هوشمندسازی این زنجیره انجام شده است. همچنین، از آنجا که داده‌های پژوهش بر اساس دیدگاه خبرگان و بدون دستکاری متغیرها گردآوری شده است، پژوهش حاضر را می‌توان در زمره مطالعات پیمایشی- اکتشافی نیز دانست. از آنجا که پیگیری هدف پژوهش مستلزم شناسایی ظرفیت‌ها، موانع و اولویت‌های راهبردی به‌کارگیری هوش مصنوعی در زنجیره تأمین عسل ایران بوده، مدل سوات (SWOT) به‌عنوان چارچوبی مناسب برای تحلیل وضعیت موجود انتخاب شده است. با بهره‌گیری از این مدل، می‌توان ابتدا به شناسایی شرایط درونی و بیرونی زنجیره تأمین عسل ایران پرداخت و سپس، امکان ارتباط و مداخله هر کدام از قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها با قابلیت‌های هوش مصنوعی را مشخص کرد.

امروزه، راهبرد سوات یا ماتریس تحلیل نقاط قوت و ضعف و نیز فرصت‌ها و تهدیدها به‌عنوان ابزاری نوین برای تحلیل عملکرد بخش‌های اقتصادی رقم می‌خورد. از طریق این مدل، سعی می‌شود که ضعف‌ها به قوت‌ها تبدیل شوند و با به حداقل رساندن ضعف‌های داخلی و تهدیدهای خارجی، از فرصت‌ها حداکثر استفاده به عمل آید. این روش، در صورت به‌کارگیری کامل، می‌تواند پایه‌ای مناسب برای تدوین سیاست و خط مشی ارائه دهد (Gürel & Tat, 2017; Kumar & Praveena, 2023). در این روش، برای ساختن ماتریس سوات، باید چهار مرحله شامل تهیه فهرستی از نقاط قوت داخلی، نقاط ضعف داخلی، فرصت‌های موجود در محیط خارجی و سرانجام، تهدیدهای موجود در محیط خارجی طی شود. در نهایت، برای رفع یا کاهش نقاط ضعف و تقویت یا افزایش فرصت‌های موجود در ارتباط با موضوع مورد مطالعه و تعیین راهبردهای آن، باید تلفیقی از عوامل داخلی و خارجی انجام شود.

در مطالعه حاضر، شناسایی عوامل سوات در دو مرحله انجام شده است: ابتدا، با مرور ادبیات نظری و مطالعات پیشین مرتبط با زنجیره تأمین عسل، زنبورداری هوشمند، کاربردهای هوش مصنوعی در کشاورزی و مدیریت زنجیره تأمین، یک فهرست اولیه از عوامل داخلی و خارجی تهیه شده و سپس، این فهرست از طریق مصاحبه و مشورت با خبرگان حوزه زنبورداری و زنجیره تأمین عسل بازبینی، اصلاح و تکمیل شده است. در نهایت، عوامل در چهار گروه نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها طبقه‌بندی شده‌اند.

جامعه آماری پژوهش شامل خبرگان، کارشناسان و فعالان دارای تجربه در حوزه زنبورداری، تولید عسل، پرورش ملکه، فرآوری، فروش و مدیریت زنجیره تأمین عسل بود. با توجه به ماهیت تخصصی و اکتشافی موضوع، نمونه‌گیری به‌صورت غیرتصادفی و هدفمند انجام شد. پرسشنامه به‌صورت برخط در اختیار گروهی از خبرگان و فعالان زنجیره عسل در مناطق مختلف قرار گرفت و در نهایت، بیست پرسشنامه کامل و واجد معیارهای ورود برای تحلیل استفاده شد. معیارهای ورود خبرگان شامل داشتن سابقه فعالیت تخصصی در زنبورداری یا یکی از حلقه‌های زنجیره تأمین عسل، آشنایی با مسائل تولید، فرآوری، بازار یا مدیریت زنجیره عسل، و توانایی ارزیابی عوامل راهبردی مؤثر بر توسعه و هوشمندسازی زنجیره بود. پرسشنامه‌های ناقص و پاسخ‌هایی که از سوی افراد فاقد تجربه یا شناخت تخصصی کافی از زنجیره تأمین عسل ارائه شده بود، از تحلیل کنار گذاشته شد. از آنجا که هدف پژوهش تعمیم آماری نتایج به کل جامعه زنبورداران کشور نبود، بلکه استخراج و اولویت‌بندی عوامل راهبردی بر اساس قضاوت تخصصی خبرگان مد نظر بود، حجم نمونه بر مبنای کفایت تخصصی پاسخ‌دهندگان، تنوع تجربه و تکمیل پاسخ‌های قابل استفاده تعیین شده است.

ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه محقق‌ساخته مبتنی بر عوامل استخراج‌شده از ادبیات موضوع، مصاحبه‌های اولیه با خبرگان و بازبینی تخصصی عوامل بود. در مرحله نخست، عوامل اولیه مؤثر بر زنجیره تأمین عسل و به‌کارگیری هوش مصنوعی از طریق مرور پیشینه و بررسی مطالعات مرتبط شناسایی شد؛ سپس، برای بررسی روایی صوری و محتوایی پرسشنامه، فهرست اولیه عوامل در اختیار تعدادی از خبرگان حوزه زنبورداری، تولید عسل، بازار و زنجیره تأمین قرار گرفت و درباره شفافیت گویه‌ها، ارتباط آنها با موضوع پژوهش، هم‌پوشانی مفهومی، تکراری نبودن عوامل و پوشش ابعاد اصلی زنجیره تأمین عسل نظرخواهی شد. بر اساس دیدگاه‌های دریافتی، برخی گویه‌ها اصلاح، ادغام یا بازنویسی شدند و نسخه نهایی پرسشنامه برای گردآوری داده‌ها تدوین شد. همچنین، برای بررسی پایایی ابزار، ضریب آلفای کرونباخ بر اساس امتیازهای اهمیت عوامل در مقیاس پنج‌درجه‌ای لیکرت

محاسبه شد. ابتدا خبرگان میزان اهمیت هر عامل را بر اساس مقیاس پنج‌درجه‌ای لیکرت از یک (بسیار کم) تا پنج (بسیار زیاد) ارزیابی کردند. سپس، بر اساس ماهیت هر عامل و وضعیت فعلی زنجیره و ارزیابی تکمیلی تعدادی از خبرگان، رتبه راهبردی عوامل در ماتریس‌های ارزیابی عوامل داخلی[1] و ارزیابی عوامل خارجی[2] تعیین شد.

برای محاسبه وزن هر عامل، ابتدا میانگین امتیاز اهمیت آن بر اساس پاسخ خبرگان محاسبه و سپس، میانگین هر عامل بر مجموع میانگین همه عوامل تقسیم شد تا در قالب رابطه (۱)، وزن نرمال‌شده هر عامل به‌دست آید. بنابراین، مجموع وزن عوامل در هر ماتریس برابر با یک در نظر گرفته شده است:

$$W_i = \frac{\bar{X}_i}{\sum \bar{X}_i} \qquad (۱)$$

که در آن، W_i وزن عامل i و $\bar{X}_i$ میانگین امتیاز اهمیت آن بر اساس دیدگاه خبرگان است.

پس از تعیین وزن عوامل، رتبه راهبردی هر عامل نیز بر اساس ارزیابی خبرگانی که به‌صورت حضوری در فرآیند تکمیل و بازبینی پرسشنامه مشارکت داشتند، در مقیاس یک تا چهار تعیین شد. لازم به توضیح است که وزن و رتبه راهبردی دو مفهوم مستقل به‌شمار می‌روند، به‌گونه‌ای که وزن بیانگر اهمیت نسبی عامل از دیدگاه خبرگان و رتبه راهبردی نشان‌دهنده وضعیت فعلی زنجیره تأمین عسل در مواجهه با آن عامل است و به‌عنوان تابعی از وزن محاسبه نمی‌شود.

برای افزایش قابلیت بازتولید نتایج، طبق رابطه (۲)، رتبه نهایی هر عامل از طریق میانگین ساده رتبه‌های اختصاص‌یافته توسط خبرگان مشارکت‌کننده در ارزیابی رتبه راهبردی محاسبه و سپس، به نزدیک‌ترین عدد صحیح در بازه یک تا چهار گرد شده است:

$$\bar{R}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} R_{ij}}{m}$$
$$R_i = Round(\bar{R}_i) \qquad (۲)$$

1. Internal Factors Evaluation (IFE)
2. External Factors Evaluation (EFE)

که در آن، R_{ij} رتبه اختصاص‌یافته به عامل i توسط خبره j، m تعداد خبرگان و R_i رتبه نهایی عامل است. در ماتریس ارزیابی عوامل داخلی، رتبه‌های ۳ و ۴ به نقاط قوت و رتبه‌های ۱ و ۲ به نقاط ضعف اختصاص یافت؛ رتبه ۴ نشان‌دهنده قوت اساسی، رتبه ۳ قوت فرعی، رتبه ۲ ضعف فرعی یا قابل مدیریت، و رتبه ۱ ضعف اساسی و بحرانی است. در ماتریس ارزیابی عوامل خارجی نیز رتبه ۱ تا ۴ بیانگر کیفیت پاسخ فعلی زنجیره تأمین عسل به فرصت‌ها و تهدیدهای محیطی است؛ رتبه ۴ نشان‌دهنده پاسخ بسیار مناسب، رتبه ۳ پاسخ نسبتاً مناسب، رتبه ۲ پاسخ ضعیف، و رتبه ۱ پاسخ بسیار ضعیف زنجیره به عامل خارجی است.

امتیاز نهایی هر عامل از حاصل‌ضرب وزن نرمال‌شده در رتبه نهایی آن عامل به‌دست آمده است:

$$S_i = W_i \times R_i \qquad (۳)$$

سپس، مجموع امتیازهای نهایی عوامل داخلی امتیاز کل ماتریس ارزیابی عوامل داخلی (IFE) و مجموع امتیازهای نهایی عوامل خارجی امتیاز کل ماتریس ارزیابی عوامل خارجی (EFE) را تشکیل داده است:

$$IFE = \sum S_i \qquad (۴)$$

$$EFE = \sum S_i \qquad (۵)$$

در تفسیر نتایج، عدد ۲/۵ به‌عنوان حد میانی ماتریس‌های IFE و EFE در نظر گرفته شده است. در ماتریس IFE، امتیاز بالاتر از ۲/۵ نشان‌دهنده غلبه نسبی قوت‌ها بر ضعف‌ها و امتیاز کمتر از ۲/۵ نشان‌دهنده غلبه نسبی ضعف‌ها بر قوت‌هاست. در ماتریس EFE نیز امتیاز بالاتر از ۲/۵ بیانگر پاسخ نسبتاً مناسب زنجیره به فرصت‌ها و تهدیدهای محیطی و امتیاز کمتر از ۲/۵ نشان‌دهنده ضعف پاسخ زنجیره به شرایط بیرونی است.

همچنین، به‌منظور ارزیابی میزان توافق خبرگان در اولویت‌بندی اهمیت عوامل، ضریب توافق کندال W محاسبه شده،که این ضریب عددی بین صفر و یک است و مقادیر بالاتر آن نشان‌دهنده توافق بیشتر میان خبرگان است. شایان یادآوری است که با توجه به ماهیت ترتیبی داده‌های حاصل از مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای، استفاده از ضریب توافق کندال برای بررسی همگرایی دیدگاه خبرگان مناسب است.

پس از محاسبه امتیاز کل ماتریس‌های IFE و EFE، جایگاه راهبردی زنجیره تأمین عسل در ماتریس داخلی- خارجی تعیین شد. بر اساس ترکیب وضعیت داخلی و خارجی، یکی از جهت‌گیری‌های راهبردی شامل SO، WO، ST یا WT به‌عنوان رویکرد غالب شناسایی شد. سپس، با تلفیق عوامل داخلی و خارجی، راهبردهای مناسب استخراج شدند. در پژوهش حاضر، راهبردهای استخراج‌شده با تأکید بر قابلیت‌های هوش مصنوعی تدوین شده‌اند.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان نشان می‌دهد که بیشتر خبرگان شرکت‌کننده در پژوهش در گروه سنی ۳۶ تا ۴۵ سال قرار داشتند؛ از نظر سطح تحصیلات، بخش عمده پاسخ‌دهندگان دارای تحصیلات کارشناسی ارشد و بالاتر بودند؛ همچنین، از نظر زمینه فعالیت، بیشترین فراوانی مربوط به فعالان حوزه تولید عسل و پرورش زنبور و ملکه بود؛ و اکثریت پاسخ‌دهندگان نیز بیش از یازده سال تجربه فعالیت در حوزه زنبورداری و زنجیره تأمین عسل داشتند. این ویژگی‌ها نشان می‌دهد که داده‌های پژوهش بر پایه دیدگاه افرادی گردآوری شده که از تجربه علمی و عملی کافی برای ارزیابی عوامل راهبردی زنجیره تأمین عسل برخوردار بوده‌اند. خلاصه نتایج تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمعیت‌شناختی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱-خلاصه توزیع فراوانی متغیرهای جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان

متغیر	رده	فراوانی	درصد فراوانی
رده سنی	۲۵ تا ۳۵ سال	۳	۱۵
	۳۶ تا ۴۵ سال	۱۱	۵۵
	۴۶ تا ۵۵ سال	۴	۲۰
	۵۵ سال به بالا	۲	۱۰
سطح تحصیلات	دیپلم	۱	۵
	فوق دیپلم	۱	۵
	کارشناسی	۳	۱۵
	کارشناسی ارشد	۱۲	۶۰
	دکتری	۳	۱۵
زمینه فعالیت	تولید عسل	۶	۳۰
	تولید ژل رویال و ...	۴	۲۰
	پرورش زنبور و ملکه	۵	۲۵
	بخش مدیریتی زنجیره	۲	۱۰
	فروش	۳	۱۵
سابقه کاری	۵ تا ۱۰ سال	۷	۳۵
	۱۱ تا ۲۰ سال	۸	۴۰
	۲۰ سال به بالا	۵	۲۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که پیش‌تر اشـاره شـد، در مرحله نخسـت، با مرور ادبیات موضـوع و مصـاحبه با خبرگان، عوامل داخلی و خارجی مؤثر بر زنجیره تأمین عسل شناسایی شد. بر این اساس، هفده نقطه قوت، ۲۳ نقطه ضعف، ۲۳ فرصت و نوزده تهدید استخراج و در قالب ماتریس سوات طبقه‌بندی شدند. برای بررسی پایایی درونی پرسشـنامه، ضـریب آلفای کرونباخ بر اسـاس امتیازهای اهمیت خبرگان در مقیاس پنج‌درجه‌ای لیکرت محاسـبه شـد. نتایج جدول ۲ نشـان می‌دهد که مقدار آلفای کرونباخ برای عوامل داخلی، عوامل خارجی و کل عوامل سوات بیش از ۰/۸۰ است؛ بنابراین، پرسشـنامه پژوهش از پایایی درونی مطلوب و امتیازهای اهمیت مورد اسـتفاده برای محاسـبه وزن عوامل نیز از انسـجام مناسب برخوردارند.

جدول ۲- نتایج پایایی پرسشنامه بر اساس ضریب آلفای کرونباخ

بخش پرسشنامه	تعداد عوامل	آلفای کرونباخ
عوامل داخلی؛ قوت‌ها و ضعف‌ها	۴۰	۰/۸۸۱
عوامل خارجی؛ فرصت‌ها و تهدیدها	۴۲	۰/۸۶۰
کل عوامل سوات	۸۲	۰/۹۱۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بررسـی عوامل شـناسـایی‌شـده نشـان می‌دهد که زنجیره تأمین عسـل ایران، از یک‌سـو، دارای ظرفیت‌هایی ماننـد نقش مؤثر در گرده‌افشـانی، امکان تولید در مقیاس‌های مختلف، سـازگاری زیسـت‌محیطی، تنوع محصـولات جانبی و قابلیت ورود به بازار دیجیتال اسـت و از سـوی دیگر، با ضعف‌هایی مانند وابستگی به اقلیم، بیماری‌های کلنی، نبود استانداردسازی، ضعف فناوری، محدودیت منابع مالی، ضعف بازاریابی و بی‌اعتمادی ناشی از تقلب مواجه است. بنابراین، الگوی سوات در پژوهش حاضـر صـرفاً ابزار توصـیف وضـعیت موجود نیسـت، بلکه چارچوبی برای تشـخیص حوزه‌های اولویت‌دار مداخله هوش مصـنوعی در زنجیره تأمین عسـل نیز محسـوب می‌شـود. در این چارچوب، همه عوامل شناسایی‌شده به‌عنوان شاخص مستقیم آمادگی دیجیتال یا آمادگی فنی برای هوش مصنوعی تفسیر نمی‌شـوند. بخشـی از عوامل مانند ضـعف فناوری، نبود اسـتانداردسـازی، ضـعف رهگیری محصـول، محدودیت داده و ضـعف آموزش ارتباط مسـتقیم‌تر با آمادگی زنجیره برای هوشـمندسـازی دارند؛ در مقابل، عواملی مانند نقش گرده‌افشـانی زنبور، تنوع محصـولات جانبی و ظرفیت ویژند (برند) محلی از عوامل زمینه‌ای زنجیره محسوب می‌شوند که اهمیت اقتصادی، زیست‌محیطی و بازاری زنجیره عسل را نشـان می‌دهند و از این طریق، ضـرورت، توجیه و حوزه‌های بالقوه به‌کارگیری هوش مصـنوعی را

تقویت می‌کنند. بنابراین، عوامل سوات در پژوهش حاضر به‌عنوان مجموعه‌ای از عوامل مستقیم و زمینه‌ای مؤثر بر مسیر به‌کارگیری هوش مصنوعی در زنجیره تأمین عسل در نظر گرفته شده‌اند. نتایج حاصل از ارزیابی عوامل داخلی و خارجی، به‌ترتیب، در جداول ۳ و ۴ آمده است.

جدول ۳- عوامل داخلی زنجیره تأمین عسل

نقاط قوت	نقاط ضعف
S1- نقش کلیدی در گرده‌افشانی طبیعی و افزایش تولید محصولات کشاورزی	W1- وابستگی شدید به اقلیم و منابع گل
S2- سازگار با محیط زیست و بدون تولید پسماند یا آلودگی	W2- خطر بیماری‌های گسترده (واروا، لوک، نوزما و...) و نبود دانش لازم برای جلوگیری از شیوع بیماری‌ها
S3- نیاز به سرمایه اولیه کم	W3- نبود پوشش بیمه‌ای یا حمایتی کافی
S4- هزینه نگهداری پایین	W4- نداشتن آموزش کافی در بین زنبورداران سنتی
S5- سودآوری سریع و چندجانبه (عسل، موم، ژل رویال و ...)	W5- تلفات بالای زنبورها در زمستان یا فصل گرما
S6- اشتغال‌زایی در روستاها، حتی برای زنان و سالمندان	W6- نبود نظام تغذیه علمی برای زنبورها
S7- عدم نیاز به زمین کشاورزی (امکان استقرار در مراتع یا حیاط خانه)	W7- عدم آزمایش کیفیت یا استانداردسازی محصول
S8- امکان تولید در مقیاس کوچک یا بزرگ	W8- مشکلات بسته‌بندی و ایجاد ویژند ضعیف
S9- قابلیت پذیرش فناوری‌های نوین (برنامه‌های کاربردی، حسگرها و ...)	W9- فقدان تجهیزات فرآوری و بسته‌بندی
S10- امکان مدیریت از راه دور (زنبورداری دقیق)	W10- فقدان استانداردهای لازم برای فرآوری و بسته‌بندی عسل
S11- بازار دائمی و مصرف عمومی برای عسل طبیعی	W11- عدم دسترسی به تجهیزات نوین یا گران بودن آنها
S12- درآمد جانبی با مخاطره (ریسک) پایین	W12- ضعف در بازاریابی فردی توسط زنبورداران
S13- امکان ایجاد ویژند (برند) محلی یا منطقه‌ای (مثل عسل کوهستان، آویشن و ...)	W13- نبود مراکز تخصصی درمان زنبور (دامپزشک زنبورداری)
S14- درآمد ارزی از صادرات فرآورده‌ها	W14- عدم شناسایی دقیق منطقه بهینه برای استقرار کندو
S15- ورود آسان به بازار دیجیتال و فروش برخط	W15- ضعف در تشکیل تعاونی‌ها یا اتحادیه‌های قوی
S16- توان (پتانسیل) جذب حمایت سازمان‌های مردم‌نهاد (سمن‌ها) و دولت‌ها برای محیط زیست و اشتغال	W16- نبود فناوری پایدار نوین برای حمایت از تولید عسل
S17- قابلیت استفاده به‌عنوان مواد اولیه در تولید محصولات متنوع (دارویی، بهداشتی، غذایی، شیرین‌کننده‌ها و ...)	W17- نبود بازاریابی ساختاریافته و نبود ارتباط قوی با بازارهای خارجی
	W18- فقدان مدیریت صحیح زنبورستان‌ها و مهارت‌ها
	W19- نبود کمک‌های ترویجی کافی
	W20- بودجه کم زنبورداران برای خرید کندو و تجهیزات
	W21- عدم اعتماد بین تولیدکننده و حلقه‌های بعدی زنجیره
	W22- بهره‌وری پایین
	W23- احتمال تقلب بالا و بی‌اعتمادی مصرف‌کننده

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴- عوامل خارجی زنجیره تأمین عسل

فرصت ها	تهدیدها
O1- رشد تقاضای عسل طبیعی و محصولات ارگانیک	T1- تغییرات اقلیمی شدید (گرما، خشکسالی، بارش ناگهانی)
O2- توسعه بازار صادراتی (عربستان، چین، اروپا، روسیه و ...)	T2- مصرف بی‌رویه سموم توسط کشاورزان و آلوده شدن منابع گل
O3- افزایش استفاده از برنامه‌های کاربردی و حسگرها در زنبورداری	T3- کاهش تنوع گیاهی و چرای بیش‌ازحد دام در مراتع گل‌خیز
O4- معرفی فناوری‌های نوین به زنبورداران و انتقال مهارت‌ها و دانش کندوی نوین	T4- ورود عسل‌های تقلبی و تضعیف اعتماد عمومی
O5- حمایت دولت در قالب وام، تسهیلات، آموزش و مجوزها	T5- نبود نظارت کافی بر کیفیت بازار عسل
O6- افزایش آگاهی نسبت به خواص ژل رویال، گرده و زهر زنبور	T6- تلفات بالای زنبورها بر اثر بیماری و ناآگاهی از درمان
O7- فروش مستقیم یا برخط به مصرف‌کننده نهایی	T7- سخت‌گیری‌های صادراتی (گواهی‌ها، قوانین بهداشتی، تحریم‌ها)
O8- رشد بازار دارویی و مکمل‌ها برای فرآورده‌های زنبور	T8- افزایش هزینه‌های بسته‌بندی و مواد اولیه
O9- گسترش و تولید محصولات غیرعسلی مانند بره‌موم، ژل رویال	T9- کمبود زنبور ملکه با نژاد اصلاح‌شده
O10- امکان همکاری با صنایع غذایی و آرایشی	T10- دخالت افراد غیرمتخصص در زنبورداری و مشاوره غلط
O11- توسعه مشاغل خانگی زنبورداری	T11- نبود سازوکار مناسب برای قیمت‌گذاری منصفانه عسل
O12- ایجاد فرصت‌های شغلی برای جوانان و زنان در صورت حمایت فنی و مالی	T12- گسترش عسل صنعتی
O13- تلفیق زنبورداری با باغداری و کشاورزی برای گرده‌افشانی	T13- کم‌توجهی دولت‌ها به زنبورداری در مقایسه با دیگر صنایع غذایی
O14- ترویج زنبورداری در آموزشگاه‌ها، مدارس و دانشگاه‌ها	T14- پراکندگی بیش‌ازحد کندوها در یک منطقه و کاهش راندمان
O15- امکان ایجاد مراکز فرآوری و بسته‌بندی محلی	T15- تبلیغات منفی علیه عسل طبیعی به‌دلیل وجود نمونه‌های تقلبی
O16- رشد بازار محصولات طبیعی با ویژند محلی یا منطقه‌ای	T16- افزایش سرقت کندوها و تجهیزات در مناطق دورافتاده
O17- استفاده از گواهی‌های بین‌المللی کیفیت (Organic, HACCP, ISO)	T17- فقدان چارچوب سیاست‌گذاری زیربخش عسل
O18- افزایش حمایت‌های جهانی زیست‌محیطی از زنبورها	T18- مستهلک شدن کندوها
O19- ورود سرمایه‌گذاران علاقه‌مند به کشاورزی نوین	T19- دشواری تهیه و دسترسی به ابزارها و تجهیزات نوین برداشت و پس از برداشت
O20- امکان تلفیق با گردشگری کشاورزی (bee tourism)	
O21- وجود منابع طبیعی مناسب برای تولید عسل	
O22- حمایت از مراکز توسعه عسل برای اشتراک‌گذاری دانش	
O23- تنوع زیستی کشور و جذب و سازگاری بالای زنبورهای عسل با اقلیم‌های مختلف ایران	

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در این بخش، با بهره‌گیری از نظر خبرگان و کارشناسان مرتبط با صنعت زنبورداری، ماتریس ارزیابی عوامل داخلی (IFE) تشکیل شد که در جدول ۵، قابل مشاهده است. وزن هر عامل بر اساس میزان اهمیت آن و رتبه هر عامل بر اساس وضعیت فعلی زنجیره تأمین عسل در برخورداری از قوت‌ها یا مواجهه با ضعف‌ها تعیین شد. بر این اساس، امتیاز کل ماتریس IFE برابر با ۲/۲۲ به‌دست آمد و امتیاز کمتر از ۲/۵ نشان‌دهنده غلبه نسبی ضعف‌ها بر قوت‌هاست. در ماتریس IFE، مجموع امتیاز وزنی می‌تواند بین یک تا چهار قرار گیرد و مقدار ۲/۵ به‌عنوان سطح متوسط یا نقطه مبنا برای تفسیر وضعیت داخلی در نظر گرفته می‌شود، به‌گونه‌ای که امتیاز کمتر از ۲/۵ نشان‌دهنده غلبه نسبی ضعف‌ها بر قوت‌ها و امتیاز بالاتر از ۲/۵ بیانگر غلبه نسبی قوت‌ها بر ضعف‌هاست (David & David, 2017). این نتیجه به معنی نبود ظرفیت در زنجیره تأمین عسل نیست، بلکه نشان می‌دهد که ظرفیت‌های موجود هنوز به اندازه کافی به قابلیت‌های نهادی، فناورانه، آموزشی و داده‌ای تبدیل نشده‌اند. در میان نقاط قوت، عواملی مانند نقش کلیدی زنبورداری در گرده‌افشانی و افزایش تولید محصولات کشاورزی، امکان تولید در مقیاس‌های مختلف، سازگاری با محیط زیست، قابلیت ایجاد ویژندهای محلی، تنوع محصولات جانبی و امکان ورود به بازار دیجیتال، ظرفیت‌هایی مهم برای حرکت به‌سوی زنجیره تأمین هوشمند محسوب می‌شوند. این عوامل می‌توانند پشتوانه اولیه برای طراحی سامانه‌های هوشمند در حوزه تولید، کنترل کیفیت، بازاریابی و رهگیری محصول را فراهم کنند. با وجود این، امتیاز کمتر از ۲/۵ نشان می‌دهد که ضعف‌های داخلی زنجیره تأمین عسل همچنان نقش تعیین‌کننده در محدودیت امکان استقرار هوش مصنوعی دارند. وابستگی شدید به شرایط اقلیمی و منابع گل، شیوع بیماری‌ها و کمبود دانش تخصصی برای کنترل آنها، نبود مراکز تخصصی درمان زنبور، کمبود منابع مالی برای تجهیز زنبورستان‌ها، ضعف در استانداردسازی و کنترل کیفیت، نبود فناوری پایدار، ضعف بازاریابی ساختاریافته، بهره‌وری پایین، عدم اعتماد میان حلقه‌های زنجیره و احتمال بالای تقلب از جمله موانع اصلی داخلی به‌شمار می‌روند. بخش مهمی از این ضعف‌ها ماهیت دانشی، مدیریتی، فناورانه و اطلاعاتی دارد؛ بنابراین، هوش مصنوعی می‌تواند در بلندمدت، بخشی از راه‌حل باشد، اما استقرار موفق آن نیازمند آماده‌سازی زیرساخت‌های اولیه است.

جدول ۵- ماتریس ارزیابی عوامل داخلی زنجیره تأمین عسل

ردیف	قوت‌ها و ضعف‌ها	وزن	رتبه	امتیاز نهایی
	قوت‌ها			
S1	نقش کلیدی در گرده‌افشانی طبیعی و افزایش تولید محصولات کشاورزی	۰/۰۳	۴	۰/۱۲
S2	سازگار با محیط زیست و بدون تولید پسماند یا آلودگی	۰/۰۲۷	۴	۰/۱۰۸
S3	نیاز به سرمایه اولیه کم	۰/۰۲	۳	۰/۰۶
S4	هزینه نگهداری پایین	۰/۰۲	۳	۰/۰۶۱
S5	سودآوری سریع و چندجانبه (عسل، موم، ژل رویال و ...)	۰/۰۲۶	۴	۰/۱۰۳
S6	اشتغال‌زایی در روستاها، حتی برای زنان و سالمندان	۰/۰۲۴	۴	۰/۰۹۷
S7	عدم نیاز به زمین کشاورزی (امکان استقرار در مراتع یا حیاط خانه)	۰/۰۲۴	۴	۰/۰۹۶
S8	امکان تولید در مقیاس کوچک یا بزرگ	۰/۰۲۸	۴	۰/۱۱۲
S9	قابلیت پذیرش فناوری‌های نوین (برنامه‌های کاربردی، حسگرها و ..)	۰/۰۲۲	۳	۰/۰۶۶
S10	امکان مدیریت از راه دور (زنبورداری دقیق)	۰/۰۱۹	۳	۰/۰۵۷
S11	بازار دائمی و مصرف عمومی برای عسل طبیعی	۰/۰۱۸	۳	۰/۰۵۴
S12	درآمد جانبی با مخاطرهٔ پایین	۰/۰۲	۳	۰/۰۶
S13	امکان ایجاد ویژند محلی یا منطقه‌ای (مثل عسل کوهستان، آویشن، گون و ...)	۰/۰۲۵	۴	۰/۱۰۰
S14	درآمد ارزی از صادرات فرآورده‌ها	۰/۰۱۹	۳	۰/۰۵۷
S15	ورود آسان به بازار دیجیتال و فروش برخط	۰/۰۲۴	۴	۰/۰۹۵
S16	توان جذب حمایت سمن‌ها و دولت‌ها برای محیط زیست و اشتغال	۰/۰۲	۳	۰/۰۶
S17	قابلیت استفاده به‌عنوان مواد اولیه در تولید محصولات متنوع (دارویی، بهداشتی، غذایی، شیرین‌کننده‌ها و ...)	۰/۰۲۷	۴	۰/۱۰۸
	ضعف‌ها			
W1	وابستگی شدید به اقلیم و منابع گل	۰/۰۳	۱	۰/۰۲۹
W2	خطر بیماری‌های گسترده (واروا، لوک، نوزما و...) و نبود دانش لازم برای جلوگیری از شیوع بیماری‌ها	۰/۰۲۹	۱	۰/۰۲۹
W3	نبود پوشش بیمه‌ای یا حمایتی کافی	۰/۰۲۷	۱	۰/۰۲۷
W4	نداشتن آموزش کافی در بین زنبورداران سنتی	۰/۰۲۶	۱	۰/۰۲۶
W5	تلفات بالای زنبورها در زمستان یا فصل گرما	۰/۰۲۶	۱	۰/۰۲۶
W6	نبود نظام تغذیه علمی برای زنبورها	۰/۰۲۶	۲	۰/۰۵۱
W7	عدم آزمایش کیفیت یا استانداردسازی محصول	۰/۰۲۳	۱	۰/۰۲۳
W8	مشکلات بسته‌بندی و ایجاد ویژند ضعیف	۰/۰۲۷	۲	۰/۰۵۴
W9	فقدان تجهیزات فرآوری و بسته‌بندی	۰/۰۲۶	۲	۰/۰۵۲
W10	فقدان استانداردهای لازم برای فرآوری و بسته‌بندی عسل	۰/۰۲۶	۱	۰/۰۲۵
W11	عدم دسترسی به تجهیزات نوین یا گران بودن آنها	۰/۰۲۷	۱	۰/۰۲۷

ردیف	قوت‌ها و ضعف‌ها	وزن	رتبه	امتیاز نهایی
W12	ضعف در بازاریابی فردی توسط زنبورداران	۰/۰۲۶	۲	۰/۰۵۲
W13	نبود مراکز تخصصی درمان زنبور (دامپزشک زنبورداری)	۰/۰۲۹	۱	۰/۰۲۹
W14	عدم شناسایی دقیق منطقه بهینه برای استقرار کندو	۰/۰۲۴	۲	۰/۰۴۸
W15	ضعف در تشکیل تعاونی‌ها یا اتحادیه‌های قوی	۰/۰۲۳	۲	۰/۰۴۶
W16	نبود فناوری پایدار نوین برای حمایت از تولید عسل	۰/۰۲۸	۱	۰/۰۲۷
W17	نبود بازاریابی ساختاریافته و نبود ارتباط قوی با بازارهای خارجی	۰/۰۲۸	۱	۰/۰۲۸
W18	فقدان مدیریت صحیح زنبورستان‌ها و مهارت‌ها	۰/۰۲۱	۲	۰/۰۴۲
W19	نبود کمک‌های ترویجی کافی	۰/۰۲۶	۲	۰/۰۵۲
W20	بودجه کم زنبورداران برای خرید کندو و تجهیزات	۰/۰۲۹	۱	۰/۰۲۸
W21	عدم اعتماد بین تولیدکننده و حلقه‌های بعدی زنجیره	۰/۰۲۷	۱	۰/۰۲۷
W22	بهره‌وری پایین	۰/۰۲۳	۱	۰/۰۲۳
W23	احتمال تقلب بالا و بی‌اعتمادی مصرف‌کننده	۰/۰۲۷	۱	۰/۰۲۷
	جمع کل	**۱**	–	**۲/۲۲**

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج ماتریس ارزیابی عوامل خارجی (EFE) در جدول ۶ نیز نشـان می‌دهد که امتیاز کل این ماتریس برابر با ۲/۱۵ اسـت. از آنجا که این مقدار نیز کمتر از حد مبنای ۲/۵ اسـت، می‌توان گفت که زنجیره تأمین عسـل در وضعیت فعلی پاسخ مناسب به فرصت‌ها و تهدیدهای محیطی ندارد. به بیان دیگر، اگرچه فرصـــت‌هـای قـابـل توجـه در محیط بیرونی وجود دارد، امـا توان فعلی زنجیره برای بهره‌برداری از این فرصت‌ها و کنترل تهدیدها محدود است. در بخش فرصت‌ها، از رهگذر رشد تقاضا برای عسـل طبیعی و محصـولات ارگانیک، توسـعه بازارهای صـادراتی، افزایش اسـتفاده از برنامه‌های کاربردی و حسگرها در زنبورداری، امکان فروش مستقیم و برخط، رشد بازار دارویی و مکمل‌ها، امکان ایجاد مراکز فرآوری و بسته‌بندی محلی، استفاده از گواهی‌های بین‌المللی کیفیت و تنوع زیستی کشور، زمینه‌هایی مهم برای توسعه زنجیره تأمین هوشمند عسل فراهم می‌شود. این فرصت‌ها نشان می‌دهد که محیط بیرونی از منظر بازار، فناوری، تقاضـای مصـرف‌کننده و ظرفیت صـادراتی، مسـتعد پذیرش نوآوری‌های داده‌محور اسـت. با این همه، تهدیدهایی مانند تغییرات اقلیمی، مصـرف بی‌رویه سـموم کشاورزی، کاهش تنوع گیاهی، ورود عسـل‌های تقلبی، نبود نظارت کافی بر کیفیت بازار، تلفات ناشی از بیماری، سـخت‌گیری‌های صـادراتی، نبود سـازوکار قیمت‌گذاری منصـفانه، کم‌توجهی سـیاسـتی و دشواری دسترسی به ابزارهای نوین مانع بهره‌برداری مؤثر از این فرصت‌ها شده‌اند. امتیاز ۲/۱۵ نشان

می‌دهد که زنجیره تأمین عسل در برابر این تهدیدها هنوز از سازوکارهای کافی برای پایش، پیش‌بینی، کنترل و واکنش سریع برخوردار نیست. از این منظر، توسعه سامانه‌های هوشمند می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای تقویت پاسخ زنجیره به محیط بیرونی مطرح شود.

جدول ۶- ماتریس ارزیابی عوامل خارجی زنجیره تأمین عسل

ردیف	فرصت‌ها و تهدیدها	ضریب	رتبه	امتیاز نهایی
	فرصت‌ها			
O1	رشد تقاضای عسل طبیعی و محصولات ارگانیک	۰/۰۲۴	۴	۰/۰۹۵
O2	توسعه بازار صادراتی (عربستان، چین، اروپا، روسیه و ...)	۰/۰۱۸	۳	۰/۰۵۵
O3	افزایش استفاده از برنامه‌های کاربردی و حسگرها در زنبورداری	۰/۰۲۲	۳	۰/۰۶۷
O4	معرفی فناوری‌های نوین به زنبورداران و انتقال مهارت‌ها و دانش کندوی نوین	۰/۰۱۷	۳	۰/۰۵۲
O5	حمایت دولت در قالب وام، تسهیلات، آموزش و مجوزها	۰/۰۱۳	۳	۰/۰۴۰
O6	افزایش آگاهی نسبت به خواص ژل رویال، گرده و زهر زنبور	۰/۰۱۸	۳	۰/۰۵۵
O7	فروش مستقیم یا برخط به مصرف‌کننده نهایی	۰/۰۱۹	۳	۰/۰۵۷
O8	رشد بازار دارویی و مکمل‌ها برای فرآورده‌های زنبور	۰/۰۱۷	۳	۰/۰۵۲
O9	گسترش و تولید محصولات غیرعسلی مانند بره‌موم، ژل رویال، ملکه زنبور عسل	۰/۰۲۱	۳	۰/۰۶۲
O10	امکان همکاری با صنایع غذایی و آرایشی	۰/۰۲۲	۳	۰/۰۶۵
O11	توسعه مشاغل خانگی زنبورداری	۰/۰۲۲	۳	۰/۰۶۵
O12	ایجاد فرصت‌های شغلی برای جوانان و زنان در صورت حمایت فنی و مالی	۰/۰۲۴	۴	۰/۰۹۵
O13	تلفیق زنبورداری با باغداری و کشاورزی برای گرده‌افشانی	۰/۰۲۳	۳	۰/۰۶۸
O14	ترویج زنبورداری در آموزشگاه‌ها، مدارس و دانشگاه‌ها	۰/۰۲	۳	۰/۰۶
O15	امکان ایجاد مراکز فرآوری و بسته‌بندی محلی	۰/۰۲	۳	۰/۰۵۹
O16	رشد بازار محصولات طبیعی با ویژند محلی یا منطقه‌ای	۰/۰۲۱	۳	۰/۰۶۲
O17	استفاده از گواهی‌های بین‌المللی کیفیت (Organic, HACCP, ISO)	۰/۰۱۵	۳	۰/۰۴۵
O18	افزایش حمایت‌های جهانی زیست‌محیطی از زنبورها	۰/۰۱۹	۳	۰/۰۵۶
O19	ورود سرمایه‌گذاران علاقه‌مند به کشاورزی نوین	۰/۰۱۷	۳	۰/۰۵۰
O20	امکان تلفیق با گردشگری کشاورزی (bee tourism)	۰/۰۱۸	۳	۰/۰۵۳
O21	وجود منابع طبیعی مناسب برای تولید عسل	۰/۰۱۹	۳	۰/۰۵۶
O22	حمایت از مراکز توسعه عسل برای اشتراک‌گذاری دانش	۰/۰۱۷	۳	۰/۰۵۰
O23	تنوع زیستی کشور و جذب و سازگاری بالای زنبورهای عسل با اقلیم‌های مختلف ایران	۰/۰۲۳	۴	۰/۰۹۲
	تهدیدها			
T1	تغییرات اقلیمی شدید (گرما، خشکسالی، بارش ناگهانی)	۰/۰۲۹	۱	۰/۰۲۸
T2	مصرف بی‌رویه سموم توسط کشاورزان و آلوده شدن منابع گل	۰/۰۳۱	۱	۰/۰۳
T3	کاهش تنوع گیاهی و چرای بیش‌ازحد دام در مراتع گل‌خیز	۰/۰۳	۱	۰/۰۳

ردیف	فرصت‌ها و تهدیدها	ضریب	رتبه	امتیاز نهایی
T4	ورود عسل‌های تقلبی و تضعیف اعتماد عمومی	۰/۰۳۱	۱	۰/۰۳۱
T5	نبود نظارت کافی بر کیفیت بازار عسل	۰/۰۳۲	۱	۰/۰۳۲
T6	تلفات بالای زنبورها بر اثر بیماری و ناآگاهی از درمان	۰/۰۳	۱	۰/۰۳
T7	سختگیری‌های صادراتی (گواهی‌ها، قوانین بهداشتی، تحریم‌ها)	۰/۰۲۹	۲	۰/۰۵۸
T8	افزایش هزینه‌های بسته‌بندی و مواد اولیه	۰/۰۲۸	۲	۰/۰۵۵
T9	کمبود زنبور ملکه با نژاد اصلاح‌شده	۰/۰۲۷	۲	۰/۰۵۳
T10	دخالت افراد غیرمتخصص در زنبورداری و مشاوره غلط	۰/۰۲۸	۱	۰/۰۲۸
T11	نبود سازوکار مناسب برای قیمت‌گذاری منصفانه عسل	۰/۰۲۹	۱	۰/۰۲۹
T12	گسترش عسل صنعتی	۰/۰۳	۱	۰/۰۳
T13	کم‌توجهی دولت‌ها به زنبورداری در مقایسه با دیگر صنایع غذایی	۰/۰۳۱	۱	۰/۰۳۱
T14	پراکندگی بیش‌ازحد کندوها در یک منطقه و کاهش راندمان	۰/۰۲۷	۲	۰/۰۵۴
T15	تبلیغات منفی علیه عسل طبیعی به‌دلیل وجود نمونه‌های تقلبی	۰/۰۲۹	۱	۰/۰۲۸
T16	افزایش سرقت کندوها و تجهیزات در مناطق دورافتاده	۰/۰۲۸	۲	۰/۰۵۶
T17	فقدان چارچوب سیاست‌گذاری زیربخش عسل	۰/۰۳	۱	۰/۰۳
T18	مستهلک شدن کندوها	۰/۰۲۶	۲	۰/۰۵۲
T19	دشواری تهیه و دسترسی به ابزارها و تجهیزات نوین برداشت و پس از برداشت	۰/۰۲۴	۲	۰/۰۴۸
	جمع کل	**۱**	–	**۲/۱۵**

مأخذ: یافته‌های پژوهش

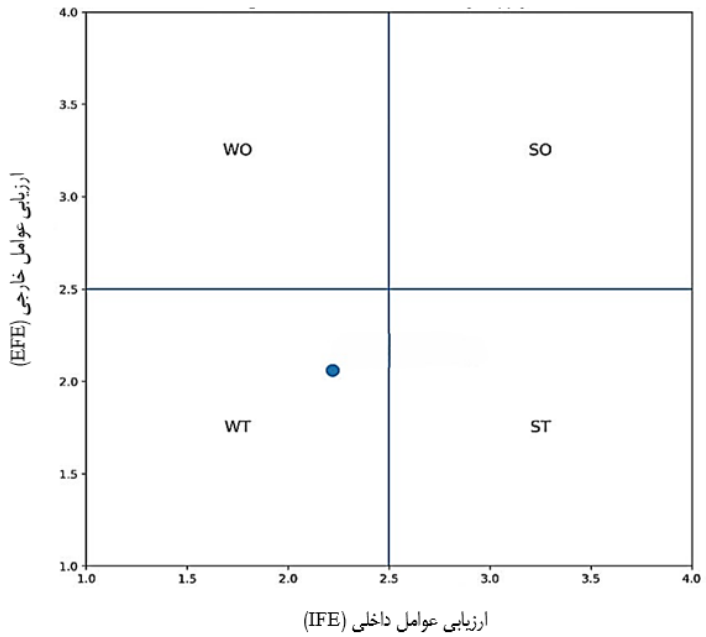
به‌منظور اطمینان از اینکه اولویت‌بندی عوامل صرفاً حاصل پراکندگی تصادفی دیدگاه‌ها نیست، پیش از مقایسه نهایی ماتریس‌های IFE و EFE، میزان توافق خبرگان با استفاده از ضریب توافق کندال بررسی شد. نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که ضریب توافق کندال برای عوامل داخلی برابر با ۰/۱۹۳، برای عوامل خارجی برابر با ۰/۳۹۵ و برای کل عوامل سوات برابر با ۰/۲۹۴ بوده و هر سه مقدار در سطح کمتر از ۰/۰۰۱ معنی‌دار است. بنابراین، اگرچه شدت توافق خبرگان در سطح بسیار بالا قرار ندارد، اما توافق مشاهده‌شده تصادفی نیست و از نظر آماری، معنی‌دار بوده و این نتیجه با ماهیت اکتشافی پژوهش و تنوع تخصصی خبرگان سازگار است، زیرا عوامل بررسی‌شده ابعاد مختلف تولید، بازار، فناوری، مدیریت و سیاست‌گذاری زنجیره تأمین عسل را دربرمی‌گیرند.

جدول ۷- ضریب توافق کندال برای ارزیابی میزان توافق خبرگان

گروه عوامل	تعداد عوامل	ضریب توافق کندال Kendall's W coefficient	سطح معنی‌داری
عوامل داخلی؛ قوت‌ها و ضعف‌ها	۴۰	۰/۱۹۳	P< ۰/۰۰۱
عوامل خارجی؛ فرصت‌ها و تهدیدها	۴۲	۰/۳۹۵	P< ۰/۰۰۱
کل عوامل سوات	۸۲	۰/۲۹۴	P< ۰/۰۰۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مقایسه نتایج دو ماتریس ارزیابی عوامل داخلی و خارجی نیز نشان می‌دهد که زنجیره تأمین عسل از نظر داخلی با امتیاز ۲/۲۲ و از نظر خارجی با امتیاز ۲/۱۵، در هر دو بعد، پایین‌تر از سطح متوسط قرار دارد. بنابراین، همان‌گونه که در شکل ۱ قابل مشاهده است، جایگاه راهبردی زنجیره در ناحیه تدافعی (WT) ماتریس سوات قرار می‌گیرد. این وضعیت نشان‌دهنده غلبه نسبی ضعف‌های داخلی و تهدیدهای خارجی بوده و بیانگر آن است که باید راهبردهای پیشنهادی بر کاهش ضعف‌ها، کنترل تهدیدها و آماده‌سازی زیرساخت‌های لازم برای هوشمندسازی زنجیره متمرکز باشند. بر این اساس، نباید به‌کارگیری هوش مصنوعی در زنجیره تأمین عسل به‌عنوان یک راهبرد فوری، گسترده و پرهزینه تفسیر شود، بلکه باید این کار به‌صورت مرحله‌ای، مسئله‌محور و متناسب با سطح آمادگی زنجیره طراحی شود. در چنین شرایطی، هوش مصنوعی، بیش از آنکه ابزار توسعه تهاجمی باشد، ابزاری برای کاهش آسیب‌پذیری، بهبود پایش، افزایش شفافیت، کنترل تقلب، کاهش تلفات کلنی و تقویت تصمیم‌گیری داده‌محور به‌شمار می‌رود.



شکل ۱- موقعیت راهبردی زنجیره تأمین عسل بر اساس ماتریس ارزیابی عوامل داخلی و خارجی

همچنین، برای بررسی پایداری موقعیت راهبردی زنجیره تأمین عسل، یک تحلیل حساسیت ساده انجام شد. در این تحلیل، وزن سه عامل دارای بیشترین وزن در هر کدام از ماتریس‌های داخلی و خارجی به میزان ده درصد افزایش و کاهش داده و پس از نرمال‌سازی مجدد وزن‌ها، امتیاز کل ماتریس‌ها محاسبه شد. همان‌گونه که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، نتایج نشان می‌دهد که با وجود تغییر وزن عوامل کلیدی، امتیاز کل ماتریس IFE و EFE همچنان کمتر از مقدار مبنای ۲/۵ باقی می‌ماند؛ بنابراین، قرارگیری زنجیره تأمین عسل در وضعیت تدافعی WT نسبت به تغییر محدود وزن «عوامل برتر» پایدار است.

جدول ۸- تحلیل حساسیت امتیازهای IFE و EFE نسبت به تغییر وزن سه عامل برتر

سناریو	امتیاز IFE	امتیاز EFE
مقدار پایه	۲/۲۲۲	۲/۱۵۸
کاهش ده درصدی وزن سه عامل برتر	۲/۲۲۴	۲/۱۶۹
افزایش ده درصدی وزن سه عامل برتر	۲/۲۲۰	۲/۱۴۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

به‌طور کلی، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بخشی مهم از ضعف‌ها و تهدیدهای زنجیره تأمین عسل ماهیت داده‌ای، اطلاعاتی و مدیریتی دارد. برای نمونه، وابستگی به اقلیم، بیماری‌های کلنی، ضعف در انتخاب منطقه مناسب برای استقرار کندو، نبود استانداردسازی، تقلب، ضعف نظارت، بی‌اعتمادی مصرف‌کننده و ناتوانی در توسعه بازارهای صادراتی همگی تا حد زیادی به نبود داده‌های دقیق، نبود نظام پایش مستمر و ضعف تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد مربوط می‌شوند. بنابراین، هوش مصنوعی می‌تواند در این زنجیره، به‌عنوان ابزار پشتیبان تصمیم و کاهش عدم قطعیت عمل کند، به‌گونه‌ای که، باید نقطه آغاز هوشمندسازی زنجیره تأمین عسل بر ایجاد زیرساخت‌های پایه از جمله ثبت دیجیتال اطلاعات زنبورستان‌ها، ایجاد پایگاه داده بیماری‌ها و تلفات، آموزش دیجیتال زنبورداران، توسعه سامانه‌های ساده رهگیری محصول، تقویت آزمایش‌های کنترل کیفیت، حمایت مالی هدفمند برای خرید تجهیزات هوشمند و ایجاد چارچوب سیاست‌گذاری برای داده، کیفیت و اصالت محصول متمرکز باشد.

در حلقه تولید، هوش مصنوعی، به‌صورت بالقوه، می‌تواند با تحلیل داده‌های دما، رطوبت، وزن کندو، صدا، تصویر و داده‌های اقلیمی، به پایش سلامت کلنی، پیش‌بینی بیماری، کاهش تلفات و بهینه‌سازی تغذیه کمک کند. در حلقه فرآوری و کنترل کیفیت، الگوریتم‌های هوشمند می‌توانند در تشخیص ناخالصی، طبقه‌بندی کیفیت، استانداردسازی و رهگیری محصول نقش داشته باشند. در حلقه توزیع و بازار نیز تحلیل داده‌های فروش، رفتار مصرف‌کننده و قیمت می‌تولند به توسعه بازاریابی دیجیتال، قیمت‌گذاری بهتر، کاهش واسطه‌گری و تقویت برندهای محلی کمک کند.

بنابراین، نتایج سوات نشان نمی‌دهد که در حال حاضر، هوش مصنوعی عملکرد زنجیره را بهبود داده باشد، بلکه نشان می‌دهد که کدام ضعف‌ها و تهدیدها بیشترین قابلیت مداخله از طریق هوش مصنوعی را دارند و کدام قوت‌ها و فرصت‌ها می‌توانند در آینده بستر پذیرش آن را فراهم کنند. به بیان دیگر، در پژوهش حاضر، هوش مصنوعی نه به‌عنوان متغیر اثرگذار آزمون‌شده بلکه به‌عنوان راهبردی فناورانه برای پاسخ به چالش‌های شناسایی‌شده در زنجیره تأمین عسل تفسیر می‌شود. بر این اساس، هوش مصنوعی می‌تواند در بلندمدت، نقشی مهم در ارتقای عملکرد زنجیره ایفا کند، مشروط بر آنکه ابتدا ضعف‌های ساختاری و تهدیدهای کلیدی شناسایی‌شده در پژوهش مدیریت شوند. بنابراین، مهم‌ترین راهبردهای WT پیشنهادی برای زنجیره تأمین عسل در جدول ۹ آمده است.

جدول ۹- راهبردهای WT پیشنهادی برای به‌کارگیری هوش مصنوعی در زنجیره تأمین عسل

ردیف	راهبرد WT	مبنای راهبرد (ضعف‌ها و تهدیدها)	اقدام‌های اجرایی مبتنی بر هوش مصنوعی	پیامد مورد انتظار
WT1	ایجاد نظام داده‌پایه و ثبت دیجیتال زنبورستان‌ها	نبود فناوری پایدار نوین، ضعف مدیریت زنبورستان، نبود داده و استاندارد، وابستگی به اقلیم و تغییرات اقلیمی، بیماری‌ها	ایجاد سامانه ثبت اطلاعات زنبورستان، ثبت دیجیتال کلنی‌ها، داده‌های تولید، بیماری، کوچ، منطقه استقرار و شرایط اقلیمی	شکل‌گیری زیرساخت اطلاعاتی برای تصمیم‌گیری و فراهم شدن بستر اولیه استقرار هوش مصنوعی
WT2	اجرای طرح‌های آزمایشی یا همان پایلوت‌های کوچک و کم‌هزینه زنبورداری هوشمند	بودجه کم زنبورداران، ضعف فناوری، نبود آموزش کافی و دشواری دسترسی به ابزارهای نوین	اجرای آزمایشی حسگرهای دما، رطوبت و وزن کندو، سامانه هشدار بیماری و برنامه‌های کاربردیی ساده مدیریتی در مناطق منتخب	کاهش مخاطرهٔ سرمایه‌گذاری، آزمون‌پذیری فناوری و افزایش پذیرش تدریجی هوشمندسازی
WT3	راه‌اندازی سامانه رهگیری و اصالت‌سنجی عسل	احتمال تقلب بالا، نبود استانداردسازی، بی‌اعتمادی مصرف‌کننده و ورود عسل تقلبی، نبود نظارت کافی، تبلیغات منفی علیه عسل طبیعی	طراحی سکوی (پلتفرم) رهگیری محصول از زنبورستان تا بازار، ثبت اطلاعات تولید، آزمایش کیفیت، کد رهگیری و شناسنامه محصول	افزایش شفافیت، کاهش تقلب، ارتقای اعتماد مصرف‌کننده و بهبود قابلیت صادرات
WT4	آموزش و توانمندسازی دیجیتال زنبورداران	نداشتن آموزش کافی، ضعف مدیریت، نبود کمک‌های ترویجی، ضعف بازاریابی و دخالت افراد غیرمتخصص، تلفات ناشی از بیماری	برگزاری دوره‌های آموزشی برای استفاده از برنامه‌های کاربردیی مدیریتی، ثبت داده، تشخیص بیماری، تحلیل اطلاعات و بازاریابی دیجیتال	ارتقای مهارت‌های فنی و دیجیتال و کاهش شکاف دانشی در زنجیره
WT5	حمایت مالی هدفمند برای خرید تجهیزات هوشمند پایه	بودجه کم، عدم دسترسی به تجهیزات نوین، فقدان تجهیزات فرآوری و افزایش هزینه مواد اولیه و بسته‌بندی، دشواری تأمین ابزارهای نوین	تخصیص وام کم‌بهره، یارانه یا حمایت تعاونی برای خرید حسگرها، ترازوهای هوشمند، تجهیزات کنترل کیفیت و ابزارهای برداشت	کاهش مانع مالی، افزایش دسترسی به فناوری و فراهم‌سازی امکان هوشمندسازی تدریجی

ردیف	راهبرد WT	مبنای راهبرد (ضعف‌ها و تهدیدها)	اقدام‌های اجرایی مبتنی بر هوش مصنوعی	پیامد مورد انتظار
WT6	ایجاد چارچوب سیاست‌گذاری و نظارت هوشمند بر بازار عسل	نبود استانداردهای فرآوری و بسته‌بندی، ضعف بازاریابی ساختاریافته، نبود اعتماد و نبود نظارت کافی، نبود قیمت‌گذاری منصفانه، فقدان چارچوب سیاست‌گذاری	تدوین نظام یکپارچه کنترل کیفیت، نظارت داده‌محور، بانک اطلاعات تولیدکنندگان، ثبت تخلفات و رصد بازار	بهبود حکمرانی زنجیره، کاهش بی‌نظمی بازار و تقویت قابلیت تنظیم‌گری
WT7	تقویت تعاونی‌ها و شبکه‌های اشتراک خدمات هوشمند	ضعف در تشکیل تعاونی‌ها، ضعف بازاریابی فردی، محدودیت منابع مالی و کم‌توجهی دولت، تهدید بازار و نوسان‌ها	ایجاد تعاونی‌های دیجیتال برای استفاده مشترک از تجهیزات هوشمند، خدمات آزمایشگاهی، بسته‌بندی، بازاریابی و فروش برخط	کاهش هزینه‌های فناوری، افزایش قدرت چانه‌زنی و ارتقای هماهنگی در زنجیره
WT8	استفاده از سامانه‌های هشدار و پیش‌بینی برای مدیریت مخاطرهٔ اقلیمی و بیماری	وابستگی شدید به اقلیم، بیماری‌ها، تلفات بالا، نبود مراکز تخصصی درمان زنبور و تغییرات اقلیمی، سموم، بیماری‌ها	توسعه سامانه هشدار بیماری، تحلیل داده‌های اقلیمی، پیش‌بینی تنش‌های محیطی و ارائه توصیه مدیریتی به زنبورداران	کاهش تلفات کلنی، بهبود مدیریت مخاطره و افزایش تاب‌آوری زنجیره

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جمع‌بندی و پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف تحلیل راهبردی به‌کارگیری هوش مصنوعی در زنجیره تأمین عسل ایران و با بهره‌گیری از مدل سوات (SWOT) انجام شد. بر این اساس، ابتدا وضعیت موجود زنجیره از منظر نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها تحلیل شده و سپس، امکان مداخله هوش مصنوعی در کاهش ضعف‌ها، کنترل تهدیدها و بهره‌برداری از ظرفیت‌های زنجیره مورد تفسیر قرار گرفته است.

نتایج حاصل از ماتریس‌های ارزیابی عوامل داخلی (۲/۲۲) و خارجی (۲/۱۵) نشان داد که زنجیره تأمین عسل کشور در موقعیت راهبردی تدافعی (WT) قرار دارد. این یافته بیانگر غلبه نسبی ضعف‌های داخلی و تهدیدهای خارجی است. بر این اساس، نباید هوش مصنوعی، در گام نخست، به‌عنوان راه‌حلی گسترده، پرهزینه و مستقل از شرایط موجود مطرح شود، بلکه باید به‌صورت تدریجی و مسئله‌محور، در حوزه‌هایی به‌کار گرفته شود که بیشترین نقش را در کاهش ضعف‌ها و کنترل تهدیدها دارند.

تحلیل عوامل داخلی و خارجی نشـــان داد که زنجیره تأمین عســـل ایران از ظرفیت‌هایی مانند نقش زنبورداری در گرده‌افشـــانی و امنیت غذایی، امکان تولید در مقیاس‌های مختلف، ســـازگاری زیست‌محیطی، تنوع محصولات جانبی، قابلیت ویژندسازی محلی و ورود به بازار دیجیتال برخوردار است؛ و در مقابل، وابستگی به اقلیم، بیماری‌های کلنی، ضعف دانش تخصصی، نبود مراکز درمان زنبور، ضعف استانداردسازی و کنترل کیفیت، کمبود منابع مالی، ضعف بازاریابی، نبود اعتماد میان حلقه‌های زنجیره، بهره‌وری پایین و احتمال تقلب مهم‌ترین موانع درونی محسوب می‌شوند. در بعد خارجی نیز رشد تقاضا برای عسل طبیعی، توسعه بازارهای صادراتی، گسترش برنامه‌های کاربردی و حسگرها، فروش برخط، بازار دارویی و مکمل‌ها، مراکز فرآوری محلی، گواهی‌های کیفیت و تنوع زیستی کشور فرصت‌هایی مهم ایجاد کرده و اما تغییرات اقلیمی، مصرف بی‌رویه سموم، کاهش تنوع گیاهی، عسل‌های تقلبی، ضعف نظارت، تلفات ناشی از بیماری، محدودیت‌های صادراتی، نبود قیمت‌گذاری منصفانه و دشواری دسترسی به ابزارهای نوین مانع بهره‌برداری کامل از این فرصت‌ها شده‌اند.

یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مطالعات پیشین همسوست، زیرا بخشی مهم از چالش‌های زنجیره تأمین عســـل ماهیت داده‌ای، فناورانه و مدیریتی دارد و فناوری‌های هوشـــمند می‌توانند در پایش کندو، کنترل کیفیت، رهگیری محصول، کاهش تقلب و پشتیبانی تصمیم نقش‌آفرینی کنند. مطالعاتی مانند شزورک و همکاران (Szczurek et al., 2023) و آستوتی و همکاران (Astuti et al., 2024) بر کاربرد هوش مصنوعی و سامانه‌های پایش هوشمند در مدیریت کندو، تشخیص بیماری و ثبت مستمر شرایط محیطی تأکید کرده‌اند. همچنین، رونزل و همکاران (Rünzel et al., 2021) نقش رهگیری و شفافیت دیجیتال را در کاهش تقلب و افزایش اعتماد در زنجیره تأمین عسل نشان داده‌اند؛ و در نتایج مطالعات وو و همکاران (Wu et al., 2017) و چنچونی و لالام (Chenchouni & Laallam, 2024) نیز اهمیت اصالت‌سنجی، کنترل کیفیت و روش‌های داده‌محور در ارزیابی عسل برجسته شده است. از منظر راهبردی نیز نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه نارنگ و همکاران (Narang et al., 2022) هم‌راستاست که بر اساس آن، زنبورداری، در کنار فرصت‌های اقتصادی، با ضعف‌ها و تهدیدهای نهادی، بازاری و فناورانه مواجه است. افزون بر این، نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه حسینی (Hosseini, 2024) در خصوص تأثیر مثبت هوش مصنوعی بر چابکی زنجیره تأمین و نیز با یافته‌های محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2024) درباره کاربردهای هوش مصنوعی در بهینه‌سازی فرآیندهای زنجیره تأمین همسوست.

مطابق نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان کفت که نخستین پیش‌شرط به‌کارگیری هوش مصنوعی وجود داده‌های دقیق و منظم است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که سامانه‌ای برای ثبت دیجیتال اطلاعات زنبورستان‌ها، تعداد کلنی‌ها، موقعیت جغرافیایی، میزان تولید، تلفات، بیماری‌ها، الگوی کوچ، منابع گل و شرایط اقلیمی طراحی شود؛ این سامانه می‌تواند زیرساخت اولیه تصمیم‌گیری داده‌محور و توسعه کاربردهای هوش مصنوعی باشد. همچنین، با توجه به محدودیت منابع مالی و ضعف آمادگی فناورانه زنجیره تأمین عسل، پیشنهاد می‌شود که به‌جای اجرای پروژه‌های بزرگ و پرهزینه، ابتدا طرح‌های آزمایشی در مناطق منتخب اجرا شود. این طرح‌ها می‌توانند استفاده از حسگرهای دما، رطوبت و وزن کندو، برنامه کاربردی ثبت اطلاعات، سامانه هشدار بیماری و ابزارهای ساده پایش کلنی را شامل شوند.

از دیگر موانع اصلی هوشمندسازی زنجیره تأمین عسل ضعف دانش و مهارت دیجیتال در میان بخشی از زنبورداران است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که دوره‌های آموزشی در زمینه ثبت داده، استفاده از برنامه‌های کاربردیی مدیریتی، تشخیص اولیه بیماری‌ها، اصول کنترل کیفیت، بازاریابی دیجیتال و استفاده از سامانه‌های هوشمند برگزار شود. همچنین، با وجود محدودیت منابع مالی زنبورداران، لازم است که تسهیلات کم‌بهره، یارلنه یا حمایت تعاونی برای خرید تجهیزات پایه هوشمند اختصاص یابد. این تجهیزات می‌تواند شامل ترازوهای هوشمند کندو، حسگرهای دما و رطوبت، ابزارهای پایش سلامت کلنی، تجهیزات کنترل کیفیت و ابزارهای بسته‌بندی استاندارد باشد. در ارتباط با کوچک‌مقیاس بودن بسیاری از زنبورستان‌ها و هزینه بالای فناوری نیز تقویت تعاونی‌ها می‌تواند نقشی مهم در کاهش هزینه‌های هوشمندسازی داشته باشد. تعاونی‌های زنبورداری می‌توانند خدماتی مانند خرید مشترک تجهیزات هوشمند، آزمایش کیفیت، بسته‌بندی، بازاریابی دیجیتال، فروش برخط و استفاده مشترک از سامانه‌های داده‌ای را فراهم کنند.

با توجه به تهدید جدی تقلب و بی‌اعتمادی مصرف‌کننده، ایجاد سامانه رهگیری محصول از زنبورستان تا مصرف‌کننده نیز ضروری است. این سامانه می‌تواند شامل کد رهگیری، شناسنامه محصول، اطلاعات منطقه تولید، نتایج آزمایش کیفیت، تاریخ برداشت و مشخصات تولیدکننده باشد. چنین اقدامی به افزایش شفافیت، کاهش تقلب و تقویت اعتماد مصرف‌کننده کمک می‌کند. همچنین، برای کنترل تقلب، بهبود کیفیت، سامان‌دهی قیمت‌گذاری و افزایش اعتماد عمومی، تدوین چارچوب سیاستی یکپارچه ضروری می‌نماید. باید این چارچوب شامل استانداردهای تولید و بسته‌بندی، نظام

کنترل کیفیت، سازوکار رهگیری، بانک اطلاعات تولیدکنندگان، نظارت داده‌محور و برخورد با عرضه عسل تقلبی باشد.

با توجه به وابستگی شدید زنبورداری به اقلیم و آسیب‌پذیری کلنی‌ها در برابر بیماری‌ها، پیشنهاد می‌شود که سامانه‌های هشدار و پیش‌بینی مبتنی بر داده‌های اقلیمی، دمایی، رطوبتی و اطلاعات سلامت کلنی طراحی شود؛ این سامانه‌ها می‌توانند به کاهش تلفات، بهبود زمان‌بندی کوچ، مدیریت تغذیه و افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین عسل کمک کنند.

با توجه به ضعف بازاریابی سنتی و وجود واسطه‌های متعدد، توسعه سکوهای فروش مستقیم و بازاریابی دیجیتال توصیه می‌شود. تحلیل داده‌های فروش، رفتار مصرف‌کننده، قیمت و ترجیحات بازار می‌تواند به بهبود ایجاد ویژند منطقه‌ای، قیمت‌گذاری منصفانه و افزایش سهم تولیدکننده از ارزش نهایی محصول کمک کند. برای ورود به بازارهای صادراتی و افزایش اعتماد مصرف‌کننده داخلی نیز باید کنترل کیفیت و استانداردسازی در اولویت قرار گیرد. ایجاد آزمایشگاه‌های محلی یا منطقه‌ای، اتصال نتایج آزمایش به سامانه رهگیری و استفاده از داده‌های کیفیت برای طبقه‌بندی محصول می‌تواند به ارتقای جایگاه عسل طبیعی ایران کمک کند.

با وجود پایداری نسبی موقعیت WT در تحلیل حساسیت، باید نتایج پژوهش حاضر با توجه به برخی ملاحظات روش‌شناختی تفسیر شود. مدل سوات (SWOT) و ماتریس‌های IFE و EFE ابزارهایی برای تحلیل راهبردی و اولویت‌بندی عوامل به‌شمار می‌روند و به‌تنهایی هزینه اجرای راهبردها، سطح آمادگی فناوری، زیرساخت داده، بازگشت سرمایه و امکان‌پذیری فنی- اقتصادی کاربرد هوش مصنوعی را اندازه‌گیری نمی‌کنند. از سوی دیگر، پژوهش بر دیدگاه بیست نفر از خبرگان منتخب و روش نمونه‌گیری هدفمند متکی بوده است؛ بنابراین، نتایج آن نباید به‌عنوان تعمیم آماری به کل زنجیره تأمین عسل کشور تفسیر شود، بلکه نتایج پژوهش حاضر بیانگر ارزیابی تخصصی خبرگان درباره وضعیت راهبردی زنجیره تأمین عسل است و به‌عنوان مبنایی برای جهت‌دهی راهبردی و طراحی مطالعات تکمیلی تفسیر می‌شود.

برای تکمیل و اعتبارسنجی یافته‌های پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، نتایج با نمونه بزرگ‌تر، پوشش جغرافیایی گسترده‌تر و روش‌های تکمیلی مانند دلفی، AHP، QSPM، تحلیل هزینه- فایده و ارزیابی آمادگی فناوری بررسی شود؛ همچنین، موضوعاتی مانند تحلیل هزینه- فایده استقرار تجهیزات هوشمند در زنبورستان‌های کوچک، متوسط و بزرگ، طراحی و آزمون مدل مفهومی اثر هوش مصنوعی بر بهره‌وری، کیفیت، سودآوری و اعتماد مصرف‌کننده، بررسی نقش

فناوری‌های مکمل مانند بلاکچین، اینترنت اشـیا و سـامانه‌های رهگیری در اصـالت‌سـنجی عسـل، و امکان ایجاد سکوی خدمات اینترنتی ملی داده‌های زنبورداری با مشارکت دولت، دانشگاه، اتحادیه‌ها و بخش خصوصی مورد مطالعه قرار گیرد.

منابع

1. Abdollahzadeh, S., & Ghaffarizadeh, H. (2023). Identification and ranking of factors affecting honey quality in the supply chain. *Agricultural Economics*, 71(4), 85-106. [In Persian]
2. Abreu, C. A. H., Gómez Domínguez, R., Pérez Vasconcelos, M., Castillo Romero, F., & Sosa Silva, E. (2021). Impact of artificial intelligence in beekeeping. *Innovación y Desarrollo Tecnológico Revista Digital*, 13, 1-9.
3. Astuti, P. K., Hegedűs, B., Oleksa, A., Bagi, Z., & Kusza, S. (2024). Buzzing with intelligence: current issues in apiculture and the role of artificial intelligence (AI) to tackle it. *Insects*, 15(6), 418. DOI: 10.3390/insects15060418.
4. Basiri, M. R. (2025). Examining the problems and solutions of beekeeping problems (Isfahan province). *Honeybee Science Journal*, 15(29), 2-10. DOI: 10.22034/hbsj.2024.365783.1164. [In Persian]
5. Chenchouni, H., & Laallam, H. (2024). Revolutionizing food quality assessment: unleashing the potential of artificial intelligence for enhancing honey physicochemical, biochemical, and melissopalynological insights. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 23(4), 312-325. DOI: 10.1016/j.jssas.2024.01.002.
6. David, F. R., & David, F. R. (2017). Strategic management: a competitive advantage approach, concepts and cases. 16th Edition (pp. 138-139). Pearson Education Limited, Essex, England.
7. FAO (2024). Global action on pollination services for sustainable agriculture. Rome, Italy. Available at https://www.fao.org/pollination/en. Retrieved at 1 June, 2024.

8. FAOSTAT (2024). Crops and livestock products: natural honey production data. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL.
9. Gürel, E., & Tat, M. (2017). SWOT analysis: a theoretical review. *The Journal of International Social Research*, 10(51), 994-1006. DOI: 10.17719/jisr.2017.1832.
10. Hosseini, H. (2024). The applied impact of artificial intelligence in implementing agile supply chains. *Quarterly Journal of Research on Progress and Excellence*, 7(1), 1-13. [In Persian]
11. Jeong, K., Oh, H., Lee, Y., Seo, H., Jo, G., Jeong, J., Park, G., Choi, J., Seo, Y. D., Jeong, J. H., & Lee, E. (2025). IoT and AI systems for enhancing bee colony strength in precision beekeeping: a survey and future research directions. *IEEE Internet of Things Journal*, 12(1), 362-389. DOI: 10.1109/JIOT.2024.3461775.
12. Kumar, S. C. R., & Praveena, K. B. (2023). SWOT analysis. *International Journal of Advanced Research*, 11(9), 744-748. DOI: 10.21474/IJAR01/17584.
13. MAJ (2023). Results of the 2023 national census of apiaries and honeybee colonies in Iran. Ministry of Agriculture-Jahad (MAJ). Tehran, Iran. [In Persian]
14. Mohammadi, M., Heydari Dehuei, J., & Ahmadi, A. (2024). Identification and prioritization of artificial intelligence applications in supply chain 4.0 (case study: retail industry). *Journal of Technology Development Management*, 11(4), 78-106. DOI: 10.22104/jtdm.2024.6904.3317. [In Persian]
15. Narang, A., Kumar, D., & Gupta, G. (2022). Political, economical, social, technological and SWOT analysis of beekeeping as a successful enterprise in India: an overview. *Journal of Applied and Natural Science*, 14(1), 194-202. DOI: 10.31018/jans.v14i1.3312.
16. Rünzel, M. A. S., Hassler, E. E., Rogers, R. E. L., Formato, G., & Cazier, J. A. (2021). Designing a smart honey supply chain for sustainable development.

IEEE Consumer Electronics Magazine, 10(4), 69-78. DOI: 10.1109/MCE.2021.3059955.

17. Salehipour, A., Karimipour, Z., & Naserpour, M. (2024). The role of digital transformation strategies in optimizing global supply chain processes. *Management, Education and Development in the Digital Era*, 1(1), 8-14. [In Persian]
18. Szczurek, A., Maciejewska, M., & Batog, P. (2023). Monitoring system enhancing the potential of urban beekeeping. *Applied Sciences*, 13(1), 597. DOI: 10.3390/app13010597.
19. Wu, L., Du, B., Vander Heyden, Y., Chen, L., Zhao, L., Wang, M., & Xue, X. (2017). Recent advancements in detecting sugar-based adulterants in honey: a challenge. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 86, 25-38. DOI: 10.1016/j.trac.2016.10.013.