Agricultural and Rural Economics

Vol. 2, No. 4, Autumn 2024

Scientific Paper

Identifying and Examining the Barriers to Expanding the Circular Economy in the Agricultural Sector of Kurdistan Province, Iran

K. Bahmanzad [1], M. Haji-Rahimi [2], H. Ghaderzadeh [3]

Received: 1 November, 2024 Accepted: 1 January, 2025

Introduction: Current agricultural production and distribution systems including those in Kurdistan province of Iran, largely operate within a "linear economy" framework. This approach is characterized by the exploitation of natural resources for production, with a considerable portion of these resources ultimately lost as waste, becoming contaminated and exiting the economic cycle. In contrast, the Circular Economy (CE) model in agriculture seeks to recycle waste products and recover lost inputs, reducing dependency on resource exploitation and promoting sustainable agricultural practices. The CE model aims to minimize waste and make optimal use of resources through a regenerative approach, in stark contrast to the linear model typical of traditional capitalist economies. In the linear approach, the production and consumption chain generally follow a pattern of raw material extraction, production, consumption, and disposal, with residual waste discarded to accommodate further consumption. Adopting a circular economy perspective is particularly vital in agriculture and natural resource sectors, especially as population growth continues to increase food demand globally and the same is true for Iran, including its Kurdistan province. The urgency to adopt circular practices is underscored by the finite availability of agricultural inputs and natural resources, particularly water, which are increasingly scarce.

Materials and Methods: This study was conducted in Kurdistan province to facilitate a deeper understanding of the challenges and transitions necessary to

1. MSc. Student in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

2. Corresponding Author and Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran (mhajirahimi@uok.ac.ir).

3. Asociate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

DOI: 10.30490/etr.2025.367305.1036

implement a circular agricultural economy. Following a comprehensive review of relevant literature and expert feedback, relevant factors and components were identified as potential obstacles to adopting a CE model in Kurdistan. These factors were then analyzed using the Interpretive Structural Modeling (ISM) approach, a structured methodology that assesses interrelationships between criteria and indicators by categorizing them into multiple levels. The ISM helps delineate the levels of interconnections among dependent and independent indicators, either individually or in groups, allowing for a thorough analysis of the relationships among various aspects defined for the study. Initially, the ISM organizes the influential factors across different levels, then elucidates the relationships among these factors across each level. For data collection, a questionnaire based on the ISM principles was designed.

Results and Discussion: The analysis revealed that three critical factors including illiteracy and/or low literacy levels among farmers, reliance on traditional and subsistence farming, and the fragmented and small-scale nature of agricultural plots in Kurdistan province were pivotal challenges within the circular agricultural economy. As shown by the study results, the concerned factors, identified as key variables by experts and interview participants, had the potential to influence other variables and reduce the barriers to implementing a circular agricultural economy in the region. A similar study by Dziedzic et al. (2022) underscores the importance of educating and informing the agricultural workforce about the CE model.

Conclusion and Suggestions: The study findings highlighted the necessity of involving a younger educated generation in agriculture through extensive long-term initiatives to achieve sustainable development and effectively implement the CE model in agricultural regions of developing countries like Iran. This transformation requires a shift from traditional and subsistence farming to a modern commercial agricultural framework that addresses the economic and structural inefficiencies of small-scale farming. Such a shift would enable the integration of innovative CE practices such as waste reduction, resource optimization, and enhanced input-output cycles known to be essential for sustainable agricultural systems in the long term.

Keywords: *Circular Agricultural Economy, Interpretive Structural Model (ISM), Kurdistan (Province of Iran).*

JEL Classification: Q01, Q19, Q34

اقتصاد کشاورزی و روستایی

سال ۲، شماره ۴، پاییز ۱۴۰۳

مقاله علمی

شناسایی و بررسی موانع گسترش اقتصاد چرخشی در بخش کشاورزی استان کردستان

کیانا بهمن زاد[۱]، محمود حاجی‌رحیمی[۲]، حامد قادرزاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲

چکیده

در حال حاضر، بیشتر الگوهای تولید و توزیع در بخش کشاورزی ایران و استان کردستان بر اساس روش «اقتصاد خطی» عمل می‌کنند، بدین معنی که پس از بهره‌برداری از منابع طبیعی و تولید محصول نهایی، بخش زیادی از منابع و محصول به‌صورت آلوده و ضایعات از چرخه اقتصاد خارج می‌شوند. الگوی اقتصاد چرخشی در کشاورزی بر استفاده مجدد از ضایعات محصول و نهاده‌های هدررفته تأکید دارد، به‌گونه‌ای که فشار بر منابع طبیعی کاهش و کشاورزی پایدار تحقق یابد. با این رویکرد، در مطالعه حاضر، به بررسی نقش و اهمیت اقتصاد چرخشی در بخش کشاورزی و موانع گسترش آن در استان کردستان پرداخته شد. بدین منظور، پس از مرور مطالعات پیشین، عوامل و مؤلفه‌های چالش‌زا و موانع احتمالی توسعه اقتصاد چرخشی در استان کردستان

۱- دانشجوی کارشناسی اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۲- نویسندهٔ مسئول و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
(Mhajirahimi@uok.ac.ir)

۳- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

DOI: 10.30490/etr.2025.367305.1036

شناسایی و بررسی شدند. اطلاعات مورد نیاز از طریق پرسشنامه خبرگان در سال ۱۴۰۳ گردآوری و با بهره‌گیری از مدل ساختاری تفسیری، بررسی و تحلیل شد. نتایج تحقیق نشان داد که بی‌سوادی و کم‌سوادی کشاورزان، کشاورزی سنتی و معیشتی و نیز کوچکی و پراکندگی مزارع کشاورزی چالش‌های کلیدی گسترش اقتصاد چرخشی در بخش کشاورزی استان کردستان به‌شمار می‌آیند. بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، پیشنهاد می‌شود که با اتخاذ سازوکارهای کلان و بلندمدت، انگیزهٔ فعالیت نسل جوان باسواد و تحصیل‌کردهٔ استان در بخش کشاورزی تقویت شود؛ افزون بر این، لازم است که سیاست‌گذاران این بخش برای تحول نظام بهره‌برداری سنتی و دهقانی مبتنی بر کشاورزی دیم در استان کردستان تدبیری بلندمدت بیندیشند.

کلیدواژه‌ها: *اقتصاد کشاورزی چرخشی، مدل ساختاری تفسیری، کردستان (استان).*

طبقه‌بندی JEL : Q01, Q19,Q34

مقدمه

اقتصاد چرخشی[1] الگو و نگرشی اقتصادی با هدف حداقل‌سازی پسماندها و پایدارسازی استفاده از منابع است. این رویکرد بازسازی‌کنندهٔ منابع و محیط زیست، در مقابل رویکرد سنتی یا همان اقتصاد خطی سرمایه‌داری[2] قرار دارد. در رویکرد سنتی، فرآیند تولید و مصرف معمولاً به‌صورت دریافت مواد اولیه، تولید، مصرف و دور انداختن باقی‌مانده یا پسماند محصول در راستای مصرف بیشتر است. در دیدگاه اقتصاد چرخشی، کمینه‌سازی مصرف نهاده‌ها و منابع ورودی، پسماندهای خروجی و هدررفت انرژی با بستن یا کوچک کردن حلقه‌های مواد و انرژی از طریق طراحی، نگهداری، تعمیر، استفاده مجدد، بازتولید و بازیافت صورت می‌گیرد (Geissdoerfer et al., 2017). با به‌کارگیری ساختار چرخشی برای استفاده از منابع، در بلندمدت، می‌توان به اهداف پایداری منابع و حفاظت از محیط زیست دست یافت. مدافعان این دیدگاه بر این باورند که پایداری ایجادشده توسط الگوی اقتصاد چرخشی به معنی کاهش در سطح مصرف و کیفیت زندگی مصرف‌کنندگان نیست و می‌توان بدون چندان هزینه اضافی برای تولیدکنندگان (یا کاهش درآمدشان)، آن را محقق کرد (Caraiani, 2012).

در شرایط کنونی، تولید و ارائه خدمات در کشاورزی جهان بیشتر بر اساس روش اقتصاد خطی عمل می‌کنند. چنان‌که گفته شد، در این الگو، پس از استخراج منابع طبیعی و تبدیل آن به کالای نهایی، این کالا، پس از استفاده و پایان عمر مفید آن، به‌عنوان زباله و ضایعات دور انداخته می‌شود. این ضایعات به‌عنوان هدررفت تلقی می‌شوند و مورد مصرف مجدد قرار نمی‌گیرند. همچنین، در اقتصاد خطی، کاهش فیزیکی و ارزش منابع طبیعی و نیز آلودگی‌ها و تخریب محیط زیست لحاظ نمی‌شود

1. circular economy
2. Linear caoitalist economy

(Davoodabadi et al., 2018). از نتایج این عملکرد غیرمسئولانه می‌توان نابودی جنگل‌ها، خشکسالی، آلودگی آب، هوا و خاک و همچنین، کاهش منابع طبیعی، بروز سیل و سونامی و ایجاد آلاینده‌ها، تغییرات اقلیمی و گرمایش زمین را یادآور شد. بدیهی است که با توجه به موارد یادشده، باید برای الگوی اقتصاد خطی، جایگزینی مناسب پیدا شود. یکی از الگوهای جایگزین اقتصاد خطی، اقتصاد چرخشی است، که می‌تواند جامعهٔ بشری را از نگرش مصرف‌گرایی به‌سوی استفادهٔ کمتر از منابع طبیعی و انرژی موجود سوق دهد، چراکه اقتصاد چرخشی با اشتراک‌گذاری، اجاره، استفادهٔ مجدد، تعمیر، بازسازی و بازیافت مواد و محصولات موجود، تا آنجا که ممکن است، از اسراف و هدررفت منابع جلوگیری می‌کند، به‌گونه‌ای که چرخهٔ عمر محصولات افزایش می‌یابد. به دیگر سخن، اقتصاد چرخشی به معنی کاهش ضایعات به حداقل ممکن است. هنگامی که یک محصول به پایان عمر خود می‌رسد، مواد آن تا آنجا که ممکن است، در چرخهٔ اقتصاد نگهداری می‌شود. می‌توان آنها را بارها و بارها استفاده و در نتیجه، ارزش بیشتری ایجاد کرد (Kumar & Singh, 2019).

فلسفهٔ وجودی اقتصاد چرخشی استفادهٔ بهینه از منابع محدود، کاهش ضایعات و استفادهٔ مجدد از آنها در فرآیند تولید یا ساخت محصولات جانبی است. در واقع، بر پایهٔ ادبیات اقتصاد خطی، در فرآیند تولید، هدف اصلی بنگاه‌های اقتصادی بیشینه‌سازی سود است؛ اما در اقتصاد چرخشی، علاوه بر این هدف، مدیریت ضایعات و کمینه‌سازی استفاده از نهاده نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. اقتصاد چرخشی به‌صورت بالقوه می‌تواند منجر به افزایش ارزش افزوده و حاشیهٔ سود، صرفه‌جویی در هزینه‌ها، افزایش رقابت‌پذیری، کاهش آلودگی محیط زیست، و ایجاد فرصت‌های شغلی جدید شود. در برخی از کشورهای پیشرفته مانند آلمان، ژاپن و چین، از دو دههٔ گذشته، از طریق اقدامات قانونی و تشکیل نهادهای دولتی، فعالیت‌هایی در زمینهٔ استقرار اقتصاد چرخشی در سطح ملی و بخشی انجام و از مزایای آن استفاده شده است (Davoodabadi et al., 2018).

اهمیت اتخاذ رویکرد اقتصاد چرخشی، به‌ویژه در بخش‌های کشاورزی و منابع طبیعی، در سطح جهانی مورد توجه قرار گرفته است. این موضوع به‌ویژه برای مناطقی مانند استان کردستان که در آن، اقتصاد کشاورزی نقشی مهم ایفا می‌کند، اهمیت ویژه دارد. با افزایش جمعیت جهانی، تقاضا برای مواد غذایی پیوسته در حال افزایش است. از دیدگاه سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO, 2021)، باید تولید جهانی غذا تا سال ۲۰۵۰ به میزان هفتاد درصد افزایش یابد تا پاسخ‌گوی تقاضای رو به رشد باشد. با این حال، دسترسی به نهاده‌های اصلی کشاورزی، به‌ویژه منابع طبیعی، بیش از پیش محدود شده است. برای نمونه، ایران با چالش‌های شدید کمبود آب مواجه شده و سرانه منابع آب تجدیدپذیر از هفت هزار متر مکعب در دهه ۱۹۵۰ به کمتر از ۱۵۰۰ متر مکعب کاهش یافته است. این روند با تغییرات

اقلیمی و برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی تشدید شده و طی چند دهه گذشته، به کاهش ۲۵ درصدی دسترسی به آب کشاورزی انجامیده است (Madani, 2014). برای اطمینان از پایداری فعالیت‌های کشاورزی، بازیافت آب‌های آلوده، فاضلاب‌ها و زه‌آب‌ها اهمیت حیاتی دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که تصفیه و استفاده مجدد مؤثر از فاضلاب می‌تواند تا چهل درصد از آب مورد نیاز برای آبیاری را تأمین کند (Ebrahimi et al., 2016; Davoodabadi et al., 2018). گذار به اقتصاد کشاورزی چرخشی می‌تواند به‌گونه‌ای چشمگیر، از هدررفت منابع و انتشار گاز دی‌اکسید کربن (CO_2 بکاهد؛ و از این رهگذر، پایداری را تقویت می‌کند (Chang et al., 2024). با وجود این مزایا، گذار از نظام کشاورزی سنتی به کشاورزی چرخشی، به‌ویژه در استان کردستان، با چالش‌های متعدد همراه است. بخش کشاورزی این منطقه بیشتر شامل بهره‌برداری‌های کوچک‌مقیاس و نیمه‌معیشتی است که اغلب توسط کشاورزان کم‌سواد و با استفاده از فناوری‌های قدیمی مدیریت می‌شود. تقریباً ۶۵ درصد از مزارع استان کوچک‌تر از پنج هکتار هستند و تنها بیست درصد از آنها به سامانه‌های آبیاری نوین دسترسی دارند (SCI, 2023). علاوه بر این، نبود زیرساخت‌های مناسب برای حمل‌ونقل و فرآوری محصولات، همراه با مداخلات گسترده دولت در سرکوب قیمت محصولات کشاورزی، گذار بدین الگو را پیچیده‌تر می‌کند. بر این اساس، هدف مطالعه حاضر بررسی نقش و اهمیت اقتصاد چرخشی در بخش کشاورزی و موانع گسترش آن در استان کردستان بوده است.

مطالعات مختلف در داخل و خارج کشور در مورد اقتصاد چرخشی و موانع پیش روی گسترش آن انجام شده است، که برخی از مهم‌ترین آنها در پی بررسی می‌شود.

عابدی (Abedi, 2022)در مطالعه‌ای با عنوان «مدل‌سازی موانع پذیرش اقتصاد چرخشی و انقلاب صنعتی چهارم در زنجیره تأمین کشاورزی با استفاده از روش ترکیبی ISM-DEMATEL»، ضمن بررسی نقش و اهمیت اقتصاد چرخشی و انقلاب صنعتی چهارم با تأکید بر زنجیره تأمین کشاورزی، مهم‌ترین موانع گسترش اقتصاد چرخشی در ایران و در بخش زنجیره تأمین کشاورزی را عدم حمایت و مشوق‌های دولتی، فقدان شیوه‌های پایدار تولید و نیز فقدان شایستگی و عدم انگیزه تولیدکنندگان فعال در زنجیره تأمین کشاورزی معرفی کرده است.

به باور مهرابی و همکاران (Mehrabi et al., 2022)، جهانی شدن منجر به رقابت شدید در مقیاس جهانی شده است و سازمان‌ها و شرکت‌ها همواره به‌دنبال راه‌های کاهش مازاد پسماند و مصرف مجدد، حفظ تعادل زیست‌محیطی و بهبود موقعیت و تصویر خود در بازار هستند؛ در حوزه کشاورزی صنعتی و نوین نیز اقتصاد چرخشی و انقلاب چهارم فرصتی بزرگ را برای در نظر گرفتن تغییرپذیری و عدم قطعیت‌هایی که دربرگیرندهٔ زنجیرهٔ تولید کشاورزی در زمینهٔ مواد غذایی است، آشکار می‌سازد.

در پژوهش آنها، با استفاده از روش دیمتل فازی، اهمیت و اثرگذاری ابعاد مختلف اقتصاد چرخشی در حوزه زنجیره تأمین محصولات کشاورزی استان خوزستان سنجیده شد و محاسبهٔ وزن نسبی هر کدام از معیارها به روش آنتروپی شانون صورت گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که عامل نبود روش‌های مناسب کشاورزی پایدار مهم‌ترین مانع عملیات پایدار زنجیره تأمین است؛ همچنین، عوامل فقدان برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری و عدم آگاهی تصمیم‌گیران از انقلاب صنعتی چهارم به‌عنوان دومین و سومین موانع مهم در عملیات پایدار زنجیره تأمین محصولات کشاورزی در استان خوزستان معرفی شده‌اند.

کیانی و همکاران (Kiani et al., 2023) به شناسایی و بررسی روابط بین موانع پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی در زنجیره تأمین کارخانه شیشه اردکان یزد در دو بخش کمی و کیفی پرداخته‌اند. در بخش کیفی پژوهش برای شناسایی موانع و دسته‌بندی موانع از رویکرد فرا ترکیب و در بخش کمی برای ارائه الگوی روابط بین این موانع و اولویت‌بندی آن‌ها از روش ترکیبی دیمتل فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (دنپ فازی) استفاده شده است. یافته‌های بخش کیفی شامل شناسایی ۲۴ مانع در ۵ بعد و در بخش کمی، موانع اقتصادی، زیرساختی و فنی قانونی جزو ابعاد تأثیرگذار (علی) معرفی شده‌اند.

به گفتهٔ نونز–کاچو و همکاران (Nuñez-Cacho et al., 2018)، تصمیم‌سازی درباره اقتصاد چرخشی ممکن است در سه سطح عملیاتی (در ارتباط با بخش‌هایی ویژه از فرآیند تولید) ، تاکتیکی (در ارتباط با کل فرآیند) و استراتژیک یا همان راهبردی (در ارتباط با کل سازمان) قرار داشته باشد. بر اساس بررسی مطالعات مختلف توسط آنها، تنها ۲۵ درصد از شرکت‌های هلندی از دانش لازم پیرامون اقتصاد چرخشی برخوردارند و بدان علاقه دارند. به باور آنها، اگرچه نمونه‌های زیادی از شرکت‌های موفق در به‌کارگیری راهکارهای چرخشی در صنایع گوناگون وجود دارد، اما همچنان کاربرد مفاهیم اقتصاد چرخشی به‌عنوان یک موضوع پیچیده پابرجاست که راهکاری یکسان و روشن برای همه شرایط ندارد.

کومار و همکاران (Kumar et al., 2022)، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، در حوزهٔ اقتصاد چرخشی و نقش آن در صنایع غذایی هند مطالعه کردند؛ به گفتهٔ آنها، مفهوم اقتصاد چرخشی به یک راهبرد محبوب برای کاهش زباله و ضایعات مواد غذایی تبدیل شده و همچنین، در مطالعهٔ آنها، کیفیت غذا، رشد درآمد، و بهره‌برداری از منابع به‌عنوان سه شاخص برتر برای کاهش ضایعات مواد غذایی شناسایی شده است.

چنان‌که از مرور مطالعات مشخص است، تا زمان تدوین مقالهٔ حاضر، مطالعات داخلی محدودی در ایران در ارتباط با اقتصاد چرخشی در بخش کشاورزی انجام شده و در استان کردستان نیز هیچ

مطالعه‌ای یافت نشده است که به‌صورت مستقیم، به بررسی و تحلیل موانع و چالش‌های گسترش اقتصاد چرخشی در بخش کشاورزی پرداخته باشد. استان کردستان، به‌دلیل شرایط مناسب برای کشاورزی و مرتع‌داری، گزینه‌ای ایده‌آل برای اجرای الگوی اقتصاد چرخشی به‌شمار می‌رود. مساحت این استان بیش از ۲/۹ میلیون هکتار شامل یک میلیون هکتار اراضی کشاورزی و ۱/۷ میلیون هکتار جنگل‌ها و مراتع است. همچنین، استان کردستان دارای منابع گسترده آب‌های سطحی و زیرزمینی است که تکیه‌گاه بخش‌های اقتصادی، کشاورزی و صنعتی منطقه به‌شمار می‌آیند و حفاظت از آنها برای استان و کشور حیاتی است. با این حال، بهره‌برداری بیش از حد از این منابع منجر به تخریب زیست‌محیطی و کاهش پایداری شده است (Hassaniyan & Sohrabi, 2022).

مدیریت پایدار منابع، با استفاده از اصول اقتصاد چرخشی، می‌تواند این چالش‌ها را کاهش داده و با کاهش ضایعات، به احیای منابع و تقویت پایداری زیست‌محیطی در درازمدت کمک کند. مطالعهٔ پیشگامانهٔ حاضر، با معرفی مفاهیم اقتصاد چرخشی و به‌کارگیری روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری[1] بر آن بوده است که راه‌حل‌های کاربردی برای چالش‌های یادشده ارائه دهد. همچنین، از آنجا که شرایط استان کردستان ایران می‌تواند بازتابی از وضعیت بسیاری از مناطق کشاورزی سنتی در جهان باشد، تحقیق حاضر می‌تواند در مقیاس جهانی، الهام‌بخش و ارزشمند باشد و به شناسایی و تحلیل موانع گسترش اقتصاد چرخشی و توسعه کشاورزی پایدار کمک کند.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر، ، از طریق طراحی و تکمیل پرسشنامه محقق‌ساخته، نظرات متخصصان و کارشناسان کشاورزی در زمینه محدودیت‌های موجود در به‌کارگیری و گسترش الگوی اقتصاد چرخشی در استان کردستان دریافت شده و سپس، با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)، بررسی و اولویت‌بندی صورت گرفته است.

مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) روشی است که با تجزیه معیارها در چند سطح مختلف، به تحلیل ارتباط بین این معیارها و شاخص‌ها می‌پردازد. مدل ساختاری تفسیری قادر به تعیین سطوح ارتباط بین شاخص‌هاست که به‌صورت تکی یا گروهی، به یکدیگر وابسته‌اند. به دیگر سخن، روش ISM را می‌توان برای تجزیه‌وتحلیل ارتباط بین ویژگی‌های چند متغیر که برای یک مسئله تعریف شده‌اند، به‌کار برد. این روش، نخست، عوامل مؤثر بر موضوع مورد مطالعه را در سطوح مختلف قرار

1. Interpretive Structural Modeling (ISM)

می‌دهد؛ سپس، روابط بین این عوامل را به‌گونه‌ای شفاف و در سطوحی جداگانه مشخص می‌کند (Lee, 2007; MacArthur, 2013; Warfield, 1974).

طراحی مدل ساختاری تفسیری برای متغیرهای در ارتباط با سیستم روشی است که برای بررسی اثر هر کدام از متغیرها بر متغیرهای دیگر کاربرد دارد. این روش «تفسیری» است، چون قضاوت گروهی از افراد تعیین می‌کند که آیا رابطه‌ای بین این عناصر وجود دارد یا خیر؛ در عین حال، این روش «ساختاری» است، چون اساس روابط یک ساختار سرتاسری است که از مجموعه‌ای پیچیده از متغیرها استخراج شده است. می‌توان از مدل‌سازی ساختاری تفسیری در مدیریت و شناخت رفتار سیستم‌ها از جمله در مورد بررسی موانع اقتصاد چرخشی استفاده کرد.

روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) با شناسایی متغیرهای مربوط به موضوع مورد بحث شروع می‌شود. در مطالعهٔ حاضر، متغیرهای مورد مطالعه برای طراحی مدل عبارت‌اند از عواملی که توسط محققان شناسایی و توسط نخبگان اصلاح و تایید شده‌اند.

پس از شناسایی متغیرها نوبت به وارد کردن این متغیرها در ماتریس خودتعاملی ساختاری[1] است. ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM) یک ماتریس به ابعاد متغیرهاست که در سطر و ستون اول آن، متغیرها به‌ترتیب ذکر می‌شوند. آنگاه روابط دو به دوی متغیرها نیز با نمادهایی مشخص می‌شود. در این مدل، پس از شناسایی ابعاد و شاخص‌های مطالعه، روابط بین ابعاد و شاخص‌ها نیز شناسایی شده، با استفاده از رابطه مفهومی «منجر به»، تحلیل می‌شوند. ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM) از ابعاد و شاخص‌های مطالعه و مقایسه آنها با استفاده از چهار حالت روابط مفهومی تشکیل می‌شود. این ماتریس توسط خبرگان و متخصصان فرآیند محوری تکمیل می‌شود.

قانون تصمیم‌گیری گروهی برای توافق جمعی بر اساس رابطه موجود بین هر زوج از عناصر مانند A و B مشخص می‌شود. یک راهکار مرسوم استفاده از توافق جمعی با استفاده از رأی‌گیری خبرگان است. چنانچه n نفر رأی خود را در مورد تسلط عنصر A بر عنصر B (یا برعکس، یا بی‌اثر) داده باشند، رابطه‌ای از آن قضاوت‌ها برای A و B انتخاب خواهد شد که بیش از نصف آرا روی آن رابطه «توافق» داشته باشند. منطق مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) منطبق بر روش‌های ناپارامتریک و بر مبنای مد در فراوانی‌ها عمل می‌کند.

نخست، بر اساس مرور مطالعات پیشین (Malek-Saeedi & Memarbashi, 2023; Kumar et al., 2022; Kiani et al., 2023; Abedi, 2022) و بازخورد نخبگان مورد مصاحبه، شانزده عامل

1. Structural Self-Interaction Matrix (SSIM)

به‌عنوان موانع احتمالی گسترش اقتصاد چرخشی در استان کردستان شناسایی شدند، که عبارت‌اند از کشاورزی سنتی و معیشتی، بی‌سوادی و کم سوادی کشاورزان، کوچکی و پراکندگی مزارع کشاورزی، بازدهی پایین تولید کشاورزی، سرکوب قیمت محصولات کشاورزی توسط دولت، یارانه‌های غیرمنطقی به نهاده‌های کود و سم، نبود ظرفیت‌های نگهداری محصولات، استفاده نادرست و غیراصولی از نهاده‌های کشاورزی، گرانی تجهیزات کشاورزی دقیق، ضعف ساختارهای حمل‌ونقل، ضعف ساختارهای ارتباطی و اینترنت، کمبود تسهیلات بانکی، کمبود نیروی انسانی آموزش‌دیده در کشاورزی، ضعف ارتباط تحقیقات و آموزش و نوآوری با کشاورزان، کمبود کارگاه‌های تبدیل و بازیافت ضایعات محصول، و کمبود تصفیه‌خانه‌های فاضلاب روستایی و کشاورزی.

گردآوری داده‌ها بر اساس روش دلفی یا پرشسنامه نخبگان انجام شد. بدین منظور، پس از شناسایی شانزده مانع بالقوه برای گسترش اقتصاد چرخشی بر اساس نتایج بررسی مطالعات پیشین، برای تحلیل و سطح‌بندی عوامل یادشده، این عوامل در قالب یک پرسشنامه استاندارد، مشابه جدول ۱، قرار داده و از نخبگان خواسته شد تا بر اساس دانش و نگرش خود، یکی از نمادهای معرفی‌شده (V, A, X, O) را انتخاب کنند. برای پاسخ‌گویان تشریح شد که چنانچه متغیر i بر j تأثیر داشته باشد، علامت V، اگر متغیر j بر i تأثیر داشته باشد، علامت M، اگر متغیر j و i رابطه دوسویه داشته باشند، علامت X، و چنانچه رابطه‌ای وجود نداشته باشد، علامت O را وارد جدول یادشده کنند. پرسشنامه طراحی‌شده با استفاده از الگوی استاندارد مدل ساختاری تفسیری و پس از اصلاح و ویرایش نهایی در بهار ۱۴۰۳ در اختیار سی نفر از اعضای هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان و کارشناسان ارشد سازمان جهاد کشاورزی این استان به‌عنوان خبرگان بخش کشاورزی استان قرار داده شد و نظرات آنها در قالب پرسشنامه یادشده گردآوری و اطلاعات به‌دست‌آمده بر اساس روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) جمع‌بندی و ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM) تشکیل شد؛ بدین ترتیب، چنانچه n نفر رأی خود را در مورد تسلط عنصر A بر عنصر B (یا برعکس یا بی‌اثر) داده باشند، رابطه‌ای از آن قضاوت‌ها برای A و B انتخاب خواهد شد که بیش از نصف آرا با آن رابطه توافق داشته باشند.

پس از تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری، از تبدیل ماتریس خودتعاملی ساختاری به یک ماتریس دوارزشی صفر و یک، ماتریس دسترسی اولیه به‌دست می‌آید. برای استخراج این ماتریس، در هر سطر ماتریس خودتعاملی ساختاری، از قواعد زیر استفاده می‌شود:

- در صورتی که ورودی (i , j) یعنی، محل تلاقی سطر i و ستون j در ماتریس خودتعاملی ساختاری V باشد، در ماتریس دسترسی اولیه، در ورودی (i , j) یک و در ورودی (j , i) صفر قرار داده می‌شود.

- در صورتی که ورودی (i , j) در ماتریس خودتعاملی ساختاری A باشد، در ماتریس دسترسی اولیه، در ورودی (i , j) صفر و در ورودی (j , i) یک قرار داده می‌شود.
- در صورتی که ورودی (i , j) در ماتریس خودتعاملی ساختاری X باشد، در ماتریس دسترسی اولیه، در ورودی (i , j) یک و در ورودی (j , i) نیز یک قرار داده می‌شود.
- در صورتی که ورودی (i , j) در ماتریس خودتعاملی ساختاری O باشد، در ماتریس دسترسی اولیه، در ورودی (i , j) صفر و در ورودی (j , i) نیز صفر قرار داده می‌شود.
- در صورتی که i=j باشد (یعنی، در قطر مارتیس)، در ورودی ماتریس دسترسی اولیه یک قرار داده می‌شود (Azar et. al., 2013).

پس از آنکه ماتریس دسترسی اولیه به‌دست آمد، باید سازگاری درونی آن برقرار شود، که این کار در ماتریس دسرسی نهایی (جدول ۳) انجام شده است. بدین صورت که اگر (i, j) با هم در ارتباط باشند و نیز (j, k) با هم رابطه داشته باشند، آنگاه (i, k) با هم در ارتباط خواهند بود (Azar et. al., 2013). در این ماتریس، قدرت نفوذ و میزان وابستگی هر متغیر نیز نشان داده شده است. اعدادی که علامت * گرفته‌اند، نشان می‌دهند که در ماتریس دسترسی اولیه صفر بوده و پس از سازگاری تبدیل به عدد یک شده‌اند. برای نمونه، اگر متغیر A منجر به متغیر B شود و متغیر B هم منجر به متغیر C شود، باید متغیر A نیز منجر به متغیر C شود؛ و اگر در ماتریس دسترسی این حالت برقرار نباشد، باید ماتریس اصلاح شود و روابطی که از قلم افتاده‌اند، جایگزین شوند. برای سازگار کردن ماتریس، روش‌های مختلف پیشنهاد شده است. برای اطمینان، باید روابط ثانویه کنترل شود، بدین معنی که اگر A منجر به B شود و B منجر به C شود، آنگاه باید A منجر به C شود؛ یعنی، اگر بر اساس روابط ثانویه، باید اثرات مستقیم لحاظ شده باشد و اما در عمل، این اتفاق نیفتاده باشد، باید جدول تصحیح شود؛ و رابطه ثانویه می‌تواند در جدول مربوط با علامت *1 نشان داده شود. پس از تشکیل ماتریس دسترسی نهایی، برای تعیین روابط و سطح‌بندی معیارها، باید مجموعه خروجی‌ها و مجموعه ورودی‌ها برای هر معیار از ماتریس دسترسی استخراج شود. مجموعه خروجی‌ها شامل خود معیار و معیارهایی است که از آن تأثیر می‌پذیرند. مجموعه ورودی‌ها شامل خود معیار و معیارهایی است که بر آن تأثیر می‌گذارند. سپس، مجموعه روابط دوسویهٔ معیارها مشخص می‌شود. اولین سطری که اشتراک دو مجموعه برابر با مجموعه قابل دسترسی (ورودی‌ها) باشد، سطح اول اولویت مشخص خواهد شد. چنانچه اشتراک مجموعه ورودی‌ها و مجموعه مقدم (خروجی‌ها) برابر باشد، متغیر مربوط در سلسله‌مراتب ماتریس ISM در بالاترین سطح قرار می‌گیرد. پس از تعیین سطح، معیار مربوط را که سطح آن معلوم شده، در جدول، از تمامی مجموعه حذف کرده، بار دیگر مجموعه‌های ورودی‌ها و

خروجی‌ها را تشکیل داده، سطح متغیر بعدی به‌دست می‌آید. این کار تا سطح‌بندی تمام متغیرها ادامه می‌یابد. پس از سطح‌بندی، می‌توان نمودار مدل ساختاری مورد نظر مسئله را از روی ماتریس دسترسی نهایی ایجاد کرد. اگر بین متغیر i و متغیر j ارتباط وجود داشته باشد، با یک پیکان جهت‌دار نشان داده می‌شود؛ نمودار نهایی با حذف حالت‌های تعدی و با استفاده از بخش تعیین سطوح به‌دست می‌آید (Lee, 2007).

پس از انجام مراحل پیش‌گفته، تحلیل ماتریس ضرب ضربه متقاطع اعمال‌شده در طبقه‌بندی (میک‌مک)[1] انجام می‌شود که هدف از آن بررسی و تحلیل نیروی نفوذ و نیروی وابستگی مؤلفه‌هاست که در مرحله تشکیل ماتریس دسترسی نهایی، محاسبه می‌شوند. شایان یادآوری است که تحلیل میزان نفوذ هر عامل در بقیه عوامل و میزان وابستگی هر عامل به بقیه عوامل بخشی از فرآیند مدل ساختاری تفسیری بوده و محاسبات در نرم‌افزار EXEL انجام شده است. در این تحلیل، متغیرها به چهار دسته کلی تقسیم می‌شوند و هر کدام تفسیر خودشان را دارند:

- دسته اول شامل «متغیرهای خودمختار» است؛ در این دسته از مؤلفه‌ها، نیروی وابستگی (میزان نفوذ هر عامل در بقیه عوامل) و همچنین، نیروی نفوذ (میزان وابستگی هر عامل به بقیه عوامل) ضعیف است. مؤلفه‌هایی که در این دسته قرار می‌گیرند، تقریباً به‌صورت جدا از کل سیستم عمل می‌کنند. این مؤلفه‌ها چندان اثری روی سایر مؤلفه‌ها ندارند و در واقع، ارتباط این مؤلفه‌ها با دیگر مؤلفه‌ها بسیار محدود و ناچیز است.
- دسته دوم شامل «متغیرهای وابسته» است؛ در این دسته، نیروی نفوذ ضعیف است، اما متغیرها از نیروی وابستگی بالاتری نسبت به سایر مؤلفه‌ها برخوردارند.
- دسته سوم شامل «متغیرهای پیوندی» است؛ نیروی نفوذ و نیز نیروی وابستگی این متغیرها قدرتمند است. در حقیقت، این متغیرها مؤلفه‌هایی بی‌ثبات به‌شمار می‌روند، بدین معنی که انجام هرگونه اقدامی در مورد این مؤلفه‌ها، علاوه بر اینکه به‌طور مستقیم، بر سایر مؤلفه‌ها اثر می‌گذارد، می‌تواند در قالب بازخورد از سایر مؤلفه‌ها بر خود مؤلفه نیز اثرگذار باشد.
- دسته چهارم شامل «متغیرهای مستقل» است؛ در این دسته، نیروی نفوذ مؤلفه‌ها قوی است، اما نیروی وابستگی آنها ضعیف است؛ و در واقع، این متغیرها کلیدی هستند و با ایجاد تغییر در آنها، می‌توان بر بقیه متغیرها تأثیر گذاشت.

1. Matrix of Crossed Impact Multiplications Applied to a Classification (MICMAC)

پس از تعیین قدرت نفوذ و قدرت وابستگی مؤلفه‌ها، می‌توان تمامی مؤلفه‌ها را در یکی از خوشه‌های چهارگانه یادشده قرار داد. در اینجا، یک نکته مهم مشخص کردن مرز بین این چهار دسته است. نقاط مرزی معمولاً یک واحد بزرگ‌تر از میانگین تعداد مؤلفه‌هاست (Kumar & Singh, 2019).

نتایج و بحث

جدول ۱ برآیند نظرات کارشناسان مورد مصاحبه در تعین نوع ارتباطات دوبه‌دوی عوامل را نشان می‌دهد. بدین ترتیب، چنانچه از سی نفر کارشناس مورد مصاحبه، شماری از کارشناسان نظر خود مبنی بر تسلط عامل A بر عامل B (یا برعکس یا بی‌اثر) را ارائه داده باشند، رابطه‌ای از آن قضاوت‌ها برای A و B در ماتریس خودتعاملی ساختاری انتخاب خواهد شد که بیشتر از نصف آرا با آن رابطه توافق داشته باشند.

پس از تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری به‌صورت یادشده، ماتریس دسترسی اولیه از تبدیل ماتریس خودتعاملی ساختاری به یک ماتریس دوارزشی صفر و یک به‌شرح جدول ۲ به‌دست آمد.

تکمیل روابط و برقراری سازگاری درونی عوامل، چنان‌که در بخش پیشین تشریح شد، در ماتریس دسترسی نهایی (جدول ۳) انجام شده است. اعدادی که در جدول ۳ علامت * گرفته‌اند، در ماتریس دسترسی اولیه صفر بوده، اما پس از اعمال سازگارسازی و اعمال منطق مدل، تبدیل به عدد یک شده‌اند.

سطح‌بندی مؤلفه‌ها با استفاده از ماتریس دسترسی نهایی در جدول ۴ نشان داده شده است. برای سطح‌بندی مؤلفه‌ها، پس از تعیین مجموعه‌های ورودی و خروجی، اشتراک این مجموعه‌ها برای هر کدام از موانع به‌دست می‌آید. گویه‌های مطالعه حاضر در شش تکرار یا شش سطح گروه‌بندی شدند. عواملی که تا انتها باقی می‌مانند و یا دیرتر از گردونه تکرارها حذف می‌شوند، عواملی هستند که بیشترین درهم‌تنیدگی را با بقیه عوامل دارند؛ و در نتیجه، گروه‌های دارای این‌گونه عوامل از عوامل مهم‌تر و اثرگذارتر در موضوع مورد بررسی برخوردارند.

در جدول ۴، مجموعه خروجی هر عامل شامل خود آن عامل و عامل‌های اثرگذار بر آنهاست که با «۱»های موجود در سطر مربوط در ماتریس دسترسی نهایی قابل شناسایی است. همچنین، مجموعه ورودی هر عامل شامل خود آن عامل و عامل‌های اثرپذیر از آنهاست که با «۱»های موجود در ستون مربوط قابل شناسایی است. بدین ترتیب، پس از تعیین مجموعه‌های ورودی و خروجی در هر تکرار، اشتراک آنها برای هر کدام از متغیرها تعیین می‌شود. متغیرهایی که مجموعه خروجی و مشترک آنها کاملاً مشابه باشند، در فرآیند سلسله‌مراتب مدل ساختاری تفسیری کنار گذاشته می‌شود؛ و این روند تا باقی ماندن آخرین عامل‌ها در آخرین تکرار ادامه می‌یابد.

جدول ۱- ماتریس خودتعاملی ساختاری مطالعه بر اساس برآیند نظر نخبگان

متغیرهای پژوهش	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
کشاورزی سنتی و معیشتی (A1)		A	V	V	O	O	O	O	O	X	X	V	O	O	O	O
بی‌سوادی و کم‌سوادی کشاورزان (A2)			O	V	O	O	O	V	O	O	O	O	V	V	O	O
کوچکی و پراکندگی مزارع کشاورزی (A3)				V	X	O	V	V	O	O	O	O	V	V	O	O
بازدهی پایین تولید کشاورزی (A4)					X	O	O	O	O	O	O	O	V	O	O	O
سرکوب قیمت محصول (A5)						O	O	O	O	O	O	O	V	O	O	O
یارانه‌های غیرمنطقی به نهاده‌های کود و سم (A6)							O	X	X	O	O	O	O	O	O	O
نبود ظرفیت‌های نگهداری محصولات (A7)								O	O	O	O	O	A	A	O	O
استفاده نادرست از نهاده‌ها (A8)									O	O	O	V	O	O	V	O
گرانی تجهیزات کشاورزی دقیق (A9)										V	V	A	O	O	O	O
ضعف ساختارهای حمل‌ونقل (A10)											X	O	O	O	O	O
ضعف ساختارهای ارتباطی و اینترنت (A11)												A	O	V	O	O
کمبود تسهیلات بانکی (A12)													A	O	V	V
کمبود نیروی انسانی آموزش‌دیده در کشاورزی (A13)														V	O	O
ضعف ارتباط تحقیقات و آموزش و نوآوری با افراد (A14)															O	O
کمبود کارگاه‌های تبدیل و بازیافت ضایعات محصول (A15)																O
کمبود تصفیه‌خانه‌های فاضلاب روستایی و کشاورزی (A16)																

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۲- ماتریس دسترسی اولیه عوامل با ارزش‌های صفر و یک

مؤلفه	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
A1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
A2	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
A3	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
A4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A5	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
A10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
A11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
A12	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
A13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۳- ماتریس دسترسی نهایی پس از ایجاد سازگاری در روابط عوامل

مؤلفه	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	نفوذ
A1	1	0	1	1	1*	0	1*	1*	0	1	1	1	0	1*	0	0	10
A2	1	1	0	1	1*	0	0	1	0	0	0	1*	1	1	1*	1*	10
A3	0	0	1	1	1*	0	1	1	0	0	0	1*	1	1	1*	1*	10
A4	0	0	1*	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1*	0	0	5
A5	0	0	1*	1	1	0	0	0	0	0	0	1*	1	1*	0	0	6
A6	0	0	1*	0	0	1	0	0	۱	1*	1*	1*	0	0	1*	1*	7
A7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A8	1*	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4
A9	1*	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	6
A10	1	0	0	0	0	1*	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	4
A11	1*	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1*	0	0	0	6
A12	1*	1	0	0	0	1	0	0	1	1*	1	1	0	0	1	1	8
A13	1*	0	0	0	1*	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
A14	1*	0	0	1*	1	1*	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
وابستگی	8	1	5	6	6	7	5	5	2	5	5	7	6	7	7	6	

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴- سطح‌بندی عوامل بر اساس میزان درهم‌تنیدگی و روابط متقابل

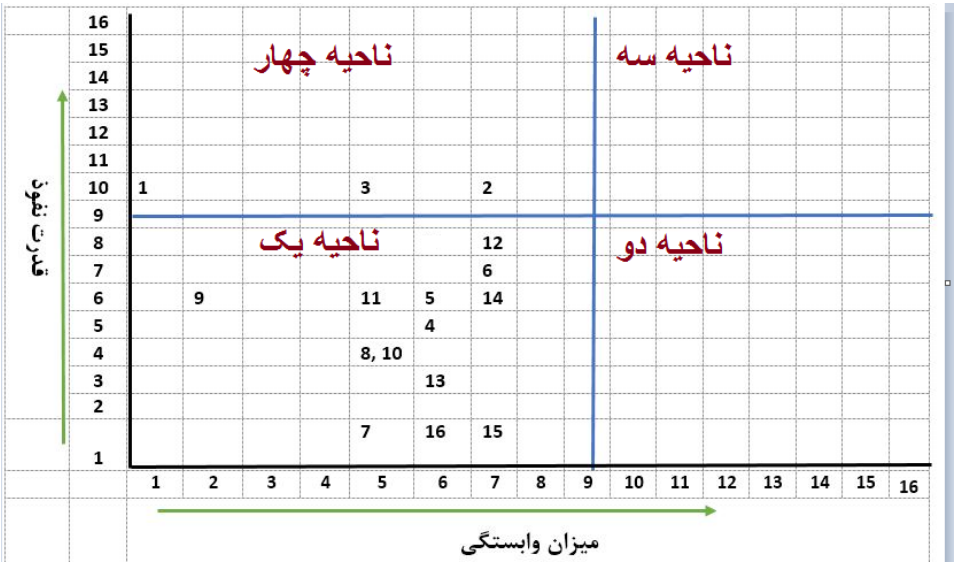
تکرار	شماره مؤلفه	مجموعه خروجی	مجموعه ورودی	مجموعه اشتراک ها	سطح
	7	7	1,3,7,11,13,14	7	1
	10	1,6,10,11	1,6,9,10,11,12,	1,6,10,11	1
اول	13	3,13,	1,2,3,4,5,11,13	3,13	1
	14	1,4,5,11,14	1,2,3,4,5,11,13,14	1,4,5,11,14	1
	15	15	2,3,5,6,8,12,15	15	1
	16	16	2,3,5,6,8,12,16	16	1
	4	3,4,5,	1,2,3,4,5,	3,4,5,	2
	6	6,8,9,11,12,	6,8,11,12,14,	6,8,9,11,12,	2
دوم	8	,6,8,	1,2,3,4,5,6,8,	,6,8	2
	9	6,9,12,	6,9,12,	6,9,12	2
	11	1,6,11,	1,6,9,11,12,14,	1,6,11	2
سوم	12	1,12,	1,2,3,5,12,	1,12	3
چهارم	3	3,4,5,	1,3,4,5,	3,4,5	4
	5	3,4,5,	1,2,3,4,5,	3,4,5,	4
پنجم	1	1,	1,2,	1,	5
ششم	2	2,	2,	2	6

مأخذ: یافته‌های پژوهش

پس از سطح‌بندی متغیرها، می‌توان نمودار ساده‌شده مدل ساختاری تفسیری را از روی ماتریس دسترسی نهایی ایجاد کرد، به‌گونه‌ای که اگر بین متغیر i و متغیر j ارتباط وجود داشته باشد، آن را می‌توان با یک پیکان جهت‌دار نشان داد؛ و نمودار نهایی با حذف حالت‌های تعدی و با استفاده از جدول تعیین سطوح به‌دست می‌آید.

پس از انجام مراحل پیش‌گفته، چنان‌که پیش‌تر گفته شد، تحلیل میک‌مک (MICMAC) انجام می‌شود. در این تحلیل، متغیرها بر اساس میزان نفوذ به سایر متغیرها و درجه وابستگی به سایر متغیرها به چهار دسته متغیرهای خودمختار، وابسته، پیوندی و مستقل تقسیم می‌شوند.

نمودار قدرت نفوذ و وابستگی متغیرهای تحقیق حاضر (شکل ۱) بر اساس حد مرزی ۹ که معادل یک واحد بزرگ‌تر از میانگین تعداد مؤلفه‌هاست، ترسیم شد.



شکل ۱- نمودار نفوذ و وابستگی مؤلفه‌ها

چنان‌که در شکل ۱ نمایان است، سیزده متغیر از مؤلفه‌های شانزده‌گانه مطالعه حاضر در ناحیه اول قرار دارند؛ یعنی، «متغیرهای خودمختار» به‌حساب می‌آیند. این دسته از مؤلفه‌ها نیروی وابستگی و همچنین، نیروی نفوذ ضعیف دارند. مؤلفه‌هایی که در این دسته قرار می‌گیرند، تقریباً به‌صورت جدا از کل سیستم عمل می‌کنند. این مؤلفه‌ها چندان اثری روی سایر مؤلفه‌ها ندارند و در واقع، ارتباط این مؤلفه‌ها با دیگر مؤلفه‌ها محدود و ناچیز است.

سه مؤلفه از مجموعه مؤلفه‌ها یعنی، متغیرهای ۱، ۲ و ۳ در ناحیه چهارم قرار دارند و «متغیرهای مستقل» به‌شمار می‌روند. این متغیرها نیروی نفوذ قوی دارند، اما نیروی وابستگی آنها ضعیف است که در واقع، متغیرهای کلیدی هستند و با ایجاد تغییر در آنها، می‌توان بر بقیه متغیرها تأثیر گذاشت. به‌طور خلاصه، از میان شانزده مؤلفه مورد بررسی، به‌ترتیب، مؤلفه‌های دوم، اول و سوم یعنی، بی‌سوادی و کم‌سوادی کشاورزان، کشاورزی سنتی و معیشتی، و کوچکی و پراکندگی مزارع کشاورزی استان کردستان، چالش‌های کلیدیی گسترش اقتصاد چرخشی در کشاورزی استان کردستان به‌شمار می‌روند. از این‌رو، با ایجاد تغییر در این متغیرهای کلیدی، می‌توان ضمن تأثیرگذاری بر بقیه متغیرها، موانع و چالش‌های فرا روی اقتصاد کشاورزی چرخشی در استان کردستان را کاهش داد.

با توجه به نتایج یادشده، می‌توان بدین تحلیل رسید که ارتقای مشارکت نسل جوان و تحصیل‌کرده در بخش کشاورزی از طریق وارد کردن ابتکارات و روش‌های جدید، پیش‌نیازی حیاتی برای دستیابی به توسعه پایدار و اطمینان از اجرای مؤثر مدل اقتصاد چرخشی در استان کردستان و سایر مناطق کشور با شرایط مشابه این استان است. مطالعهٔ زیدزیک و همکاران (Dziedzic et al., 2022) نیز هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر، بر اهمیت آموزش و آگاه‌سازی نیروی کار بخش کشاورزی درباره مدل اقتصاد چرخشی تأکید دارد.

یکی دیگر از موانع جدی توسعه اقتصاد کشاورزی چرخشی، بر اساس نتایج مطالعه حاضر، ساختار غالب کشاورزی معیشتی و سنتی موجود در استان کردستان است. به دیگر سخن، برای گذار به اقتصاد چرخشی، لازم است که کشاورزی سنتی و معیشتی موجود به یک نظام کشاورزی نوین و تجاری تحول یابد. این تغییر به رفع ناکارآمدی‌های ساختاری و اقتصادی کشاورزی کوچک‌مقیاس کمک می‌کند و امکان ادغام شیوه‌های نوآورانه اقتصاد مدور مانند کاهش ضایعات، بهینه‌سازی منابع و بهبود چرخه‌های ورودی–خروجی را فراهم می‌آورد که برای پایداری بلندمدت ضروری است. این نتیجه نیز با نتایج مطالعه اوبابوکو و ایمای (Ubabukoh & Imai, 2023) هماهنگی دارد که بر اساس آن، هرچند، کشاورزان سنتی در تخصیص منابع منطقی تصمیم می‌گیرند و کارآمد هستند، اما بر اثر فقر و کمبود منابع، از به‌کارگیری روش‌های جدید محروم شده‌اند.

کوچکی و پراکندگی مزارع کشاورزی استان کردستان سومین معضل ساختاری و مزمن بخش کشاورزی و یکی از چالش‌های اساسی در دستیابی به کشاورزی پایدار و اقتصاد چرخشی به‌شمار می‌رود. این وضعیت، به‌دلیل کاهش مقیاس تولید و پراکندگی منابع، منجر به ناکارآمدی اقتصادی، هدررفت منابع، و محدودیت در به‌کارگیری فناوری‌های نوین می‌شود. برای نمونه، مدیریت یکپارچه منابع مانند آب و خاک در مزارع کوچک و پراکنده دشوار است و هزینه‌های عملیاتی نظیر حمل‌ونقل و استفاده از ماشین‌آلات را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، پراکندگی مزارع توانایی کشاورزان را در بهره‌برداری از مزایای اقتصاد مقیاس کاهش داده، مانع از اجرای مؤثر شیوه‌های پایدار مانند تناوب زراعی، مدیریت زنجیره تأمین، و کاهش ضایعات می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همان‌گونه که در پژوهش حاضر، مرور و بررسی شد، هم‌اکنون الگوهای تولید و توزیع در کشاورزی ایران و به‌ویژه استان کردستان بیشتر بر اساس روش «اقتصاد خطی» عمل می‌کنند، بدین معنی که پس از بهره‌برداری از منابع طبیعی و تولید محصول نهایی، بخش زیادی از منابع و محصول

به‌صورت آلوده‌شده و ضایعات از چرخه اقتصاد خارج می‌شوند. بیشتر این ضایعات و منابع فرسایس‌یافته و آلوده‌شده به‌عنوان هدررفت تلقی شده، مورد مصرف مجدد قرار نمی‌گیرد. الگوی اقتصاد چرخشی در کشاورزی به‌دنبال خارج شدن از این ساختار معیوب است، به‌گونه‌ای که تا حد امکان، از ضایعات محصول و نهاده‌های تلف‌شده استفاده مجدد شود تا بار شدت بهره‌برداری از منابع سبک‌تر شده، گامی به‌سوی کشاورزی پایدار برداشته شود. مطالعه حاضر با توجه به اهمیت شناخت و حرکت به‌سوی اقتصاد کشاورزی چرخشی در استان کردستان انجام شد. برای این کار، پس از مرور مطالعات و دریافت نظرات نخبگان کشاورزی استان، در مجموع، شانزده عامل شامل کشاورزی سنتی و معیشتی، بی‌سوادی و کم‌سوادی کشاورزان، کوچکی و پراکندگی مزارع کشاورزی، بازدهی پایین تولید کشاورزی، سرکوب قیمت محصولات کشاورزی توسط دولت، یارانه‌های غیرمنطقی به نهاده‌های کود و سم، نبود ظرفیت‌های نگهداری محصولات، استفاده نادرست و غیراصولی از نهاده‌های کشاورزی، گرانی تجهیزات کشاورزی دقیق، ضعف ساختارهای حمل‌ونقل، ضعف ساختارهای ارتباطی و اینترنت، کمبود تسهیلات بانکی، کمبود نیروی انسانی آموزش‌دیده در کشاورزی، ضعف ارتباط تحقیقات و آموزش و نوآوری با کشاورزان، کمبود کارگاه‌های تبدیل و بازیافت ضایعات محصول، و کمبود تصفیه‌خانه‌های فاضلاب روستایی و کشاورزی به‌عنوان موانع احتمالی گسترش اقتصاد چرخشی در استان کردستان شناسایی شدند و با استفاده از الگوی ساختاری تفسیری، مورد بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. نتایج مطالعه نشان داد که بی‌سوادی و کم‌سوادی کشاورزان، کشاورزی سنتی و معیشتی، وکوچکی و پراکندگی مزارع کشاورزی استان کردستان چالش‌های کلیدیی گسترش اقتصاد چرخشی در کشاورزی این استان به‌شمار می‌روند.

بر اساس نتایج مطالعهٔ حاضر، پیشنهاد می‌شود که با سازوکارهای کلان و بلندمدت، انگیزه فعالیت نسل جوان و باسواد و تحصیل‌کردهٔ استان کردستان در بخش کشاورزی تقویت و تدبیری بلندمدت برای تحول نظام بهره‌برداری سنتی و دهقانی مبتنی بر کشاورزی دیمی در این استان اندیشیده شود؛ همچنین، از طریق سیاست‌های تجمیع مزارع یا تشکیل تعاونی‌های کشاورزی که می‌توانند به ارتقای بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها و ایجاد یک نظام کشاورزی پایدار کمک کنند، مسیر گسترش اقتصاد کشاورزی چرخشی در استان کردستان و کشور هموارتر شود.

سپاسگزاری

از تمام اعضای هیأت علمی دانشگاه‌ها و کارشناسان جهاد کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان و همچنین مدیران شرکت‌های سبز دانش‌بنیان کشاورزی استان که در فرایند شناسایی موانع

و پاسخگویی صبورانه در مصاحبه و تکمیل پرسشنامه با نویسندگان این مقاله نهایت همکاری را داشتند، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Azar, A., Khosravani, F., & Jalali, R. (2013). Soft operations research. industrial Management Organization Publications, Tehran. [In Persian]
2. Abedi, M. (2022). Modeling barriers to adoption of circular economy and Fourth Industrial Revolution in Agricultural Supply Chain using hybrid ISM-DEMATEL methodology. MA Thesis of Industrial Management-Performance Management, Islamic Azad University, Faculty of Humanities, Sabzevar, Iran. [In Persian]
3. Caraiani, P. (2012). Stylized facts of business cycles in a transition economy in time and frequency. *Economic Modelling*, 29(6), 2163-2173.
4. Chang, K. F., Lin, C. T., & Bin, Y. Q. (2024). Harmony with nature: Disentanglement the influence of ecological perception and adaptation on sustainable development and circular economy goals in country. *Heliyon*, 10(4), e26034.
5. Davoodabadi, M. , Sajadifar, S. H., Ghane, A., & Shalpoush, S. (2018). Wastewater circular economy approach in sustainable development. *Journal of Water and Sustainable Development*, 4(2), 1-12. DOI: 10.22067/jwsd.v4i1.1.65197. [In Persian]
6. Dziedzic, M., Gomes, P. R., Angilella, M., Asli, A. E., Berger, P., Charmier, A. J., Chen, Y. C., Dasanayake, R., Dziedzic, R., Ferro, F., Huising, D., Knaus, M., Mahichi, F., Rachidi, F., Rocha, C., Smith, K., & Tsukada, S. (2022). International circular economy strategies and their impacts on agricultural water use. *Cleaner Engineering and Technology*, *8*, Article 100504. DOI: 10.1016/j.clet.2022.100504.
7. Ebrahimi, M., Kazemi, H., Mirbagheri, S. A., & Rockaway, T. D. (2016). An optimized biological approach for treatment of petroleum refinery wastewater. *Journal of Environment Chemical Engineering*, 4(3), 3401-3408

8. FAO (2021). How to feed the world in 2050? Available at https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf.
9. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E. (2017). The circular economy – a new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.
10. Hassaniyan, A., & Sohrabi M. (2022). Colonial management of Iranian Kurdistan; with emphasis on water resources. *Journal of World Systems Research*, 28, 320-343.
11. Kiani, M., Andalib Ardekani, D., Mirfakhraddin, S. H., & Zare Ahmadabadi, H. (2023). An analysis of barriers to implementing circular economy and Fourth Industrial Revolution in Agricultural Supply Chain: a hybrid approach of FRM and Fuzzy DENP. Available at https://civilica.com/doc/1894198. [In Persian]
12. Kumar, A., & Singh, V. (2019). Overview of interpretive structural modeling. *International Journal of Engineering, Applied Sciences and Technology*, 4(5), 536-540. Available at http://www.ijeast.com.
13. Kumar, M., Sharma, M., Raut, R. D., Mangla, S. J., & Choubey, V. K. (2022). Performance assessment of circular driven sustainable agri-food supply chain towards achieving sustainable consumption and production. *Journal of Cleaner Production*, 372, 133698. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133698.
14. Lee, D. M. (2007). Structured decision making with interpretive structural modeling: implementing the core of interactive management. Sorach, Incorporated, 180 pp.
15. MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2, 23-44.
16. Madani, K. (2014). Water management in Iran: What is causing the looming crisis? *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4, 315-328. DOI: 10.1007/s13412-014-0182-z.
17. Malek-Saeedi, H., & Memarbashi, P. (2023). An investigation of barriers to green entrepreneurship development in the agricultural sector of Kurdistan

province from the perspective of agricultural experts Agriculture-Jahad Organization. Research Project Report, University of Kurdistan, Sanandaj. [In Persian]

18. Mehrabi, A., Mahdipour, Z., Nisi, A., & Hessibi, P. (2022). Analysis of sustainable supply chain barriers in agriculture sector of Khuzestan province based on circular economy and industry 4.0. Proceedings of the Third National and Second International Conference on Business Sustainability, Ahvaz. Available at https://civilica.com/doc/1645150. [In Persian]
19. Nuñez-Cacho P., Górecki, J., Molina-Moreno, V., Corpas-Iglesias, F. A. (2018). What gets measured, gets done: development of a circular economy measurement scale for building industry. *Sustainability*, 10(7), 2340. DOI: 10.3390/ su10072340.
20. SCI (2023). Farm area and access to modern irrigation systems in Kurdistan province, Iran. Statistical Center of Iran (SCI), Tehran. Available at https://www.sci.ir. [In Persian]
21. Ubabukoh, C. L., & Imai, K. S. (2023). Are farmers 'efficient but poor'? The impact of crop choices on technical efficiency and poverty in Nigeria. *Journal of Agricultural Economics*, 74(1), 191-213.
22. Warfield, J. N. (1974). Structuring complex systems. Battelle Monograph No 4, Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio, USA.