نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۹ شماره ۳ / پاییز ۱۳۹۸

الگویی برای سنجش پایداری کشاورزی با استفاده از شاخص‌های ترکیبی فازی (مطالعه موردی: استان کرمان)

سیاوش فلاح علی‌پور [۱]، حسین مهرابی بشرآبادی [۲*]، محمدرضا زارع مهرجردی [۲]، داریوش حیاتی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۱۹

۱- دانشجوی دکترای بخش اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲- استاد و دانشیار بخش اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۳- استاد بخش ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
* مسئول مکاتبه: E-mail: hmehrabi@uk.ac.ir

چکیده

مطالعه حاضر با پیشنهاد روش جدیدی برای ساخت شاخص‌های ترکیبی پایداری سعی کرده است تا با بهبود ویژگی‌های این نوع شاخص‌ها به پیشرفت این شاخه از علم کمک نماید. برای نشان دادن قابلیت‌های روش پیشنهادی در عمل، کاربردی از آن برای ارزیابی سطوح پایداری کشاورزی در جنوب شرقی ایران (استان کرمان) ارائه شده است. بدین منظور، شاخص‌های پایه‌ای در سه بعد پایداری (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) برای شهرستان‌های منتخب استان، بر اساس مرور منابع و نظرات پنل ۱۵ نفره خبرگان دانشگاهی، انتخاب شده و با استفاده از داده‌ها و اطلاعات عمدتا جمع‌آوری شده از سرشماری عمومی کشاورزی سال ۱۳۹۳ و سالنامه آماری ۱۳۹٤ استان کرمان، محاسبه و سپس نرمال شدند. آنگاه، با استفاده از رهیافت مقایسات زوجی فازی، ترجیحات جامعه برای اهمیت‌های نسبی شاخص‌ها بر اساس پرسشنامه‌هایی که به همین منظور طراحی و توسط پنل مذکور تکمیل شدند، به صورت وزن‌هایی وارد توابع مجموع‌سازی گشتند. خروجی این روش، شاخص‌های ترکیبی اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و کل پایداری برای هر یک از شهرستان-ها بود، که با استفاده از آنها شهرستان‌های مورد مطالعه بر اساس سطوح نسبی پایداری، رتبه‌بندی شدند. همچنین وضعیت پایداری منطقه در هر یک از سه بعد مذکور و به صورت فراگیر تعیین شد. نتایج مطالعه حاکی از آن است که روش پیشنهادی قادر است برخی قابلیت‌های شاخص‌های ترکیبی را در فرآیند ارزیابی پایداری، ارتقا بخشیده و به عنوان ابزاری کاربردی از تصمیمات سیاستی بخش کشاورزی حمایت نماید.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی پایداری کشاورزی، زیست محیط، شاخص‌های ترکیبی، کرمان، مقایسات زوجی فازی

A Model for Measuring Agricultural Sustainability Using Fuzzy Composite Indicators (Case Study: Kerman Province)

Siavash Fallah-Alipour[1], Hossein Mehrabi Boshrabadi[2*], Mohammad Reza Zare Mehrjerdi[2], Dariush Hayati[3]

Received: November 18, 2018 Accepted: June 9, 2019
1-PhD Student, Dept. of Agricultural Economics, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
2-Prof., and Assoc. Prof., Dept. of Agricultural Economics, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3-Prof., Dept. of Agricultural Extension & Education, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
*Corresponding Author Email: hmehrabi@uk.ac.ir

Abstract

The present study has tried to help the development of the branch of sustainability science by improving the characteristics of composite indicators, by proposing a new methodology for constructing sustainability composite indicators. In order to illustrate the capabilities of the proposed method in practice, its application has been presented for assessing agricultural sustainability levels in southeastern Iran (Kerman province). For this purpose, the base indicators in three dimensions of sustainability (economic, social and environmental) for the selected counties of the province were selected based on the literature review and comments of a panel of 15 academic experts and calculated using the data and information mainly collected from the Public Agricultural Census of 2014 and the Statistical Yearbook of 2015 in Kerman province and then normalized. Then, using the Fuzzy Pairwise Comparisons, social preferences for the relative importance of the indicators, based on the questionnaires designed for this purpose and completed by the panel, were introduced into the aggregating functions as weights. The outcomes of this methodology were economic, social, environmental and total sustainability composite indicators for each of the counties, using which the studied counties were ranked based on the relative levels of sustainability. Also, the sustainability of the area was determined in each of the three dimensions and in an overall manner. The results of the study indicate that the proposed method is able to enhance some of the features of the composite indicators in the sustainability assessment process and to support agricultural policy decisions, as a practical tool.

Keywords: Agricultural Sustainability Assessment, Composite Indicators, Environment, Fuzzy Pairwise Comparisons (FPC), Kerman,

مقدمه

«توسعه پایدار[1]» در رأس مباحث علمی و برنامه-های سیاستی قرار گرفته (روی و چان ۲۰۱۲) و جزئی جدانشدنی در واژه‌شناسی توسعه شده است (رضایی مقدم و حیاتی ۱۹۹۸). اما علیرغم فراگیر بودن تعریف کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه از «توسعه پایدار» به صورت «توسعه‌ای که نیازهای نسل حاضر را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده در تأمین نیازهایشان برآورده سازد» (WCED، ۱۹۸۷)، نوعی ناهمگونی در تفسیر آن مشاهده می‌شود که می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد که توسعه پایدار بسیار فراتر از ترکیب توسعه و پایداری با یکدیگر است (گارسیا و استپلس ۲۰۰۰؛ بل و مورس ۲۰۱۳).

یکی از جنبه‌های مهم در توسعه پایدار، «کشاورزی پایدار[2]» است. بر سر اهمیت کشاورزی پایدار وفاق گسترده‌ای دیده می‌شود (روی و چان ۲۰۱۲). علیرغم این موضوع، تعاریف و دیدگاه‌های بسیاری برای آن مطرح است که دامنه وسیعی از روش-های مدرن‌سازی و تغییرات بنیادی کشاورزی صنعتی تا فناوری‌های سازگار با کشاورزی متداول را در بر می-گیرد (بئوس و دانلاپ ۱۹۹۰) به طوری که برخی متخصصان از دید بوم‌شناختی به کشاورزی پایدار می-نگرند (ویلیامز ۱۹۹۱؛ سنایاکه ۱۹۹۱) و برخی دیگر، این اصطلاح را فراتر از تضمین جنبه‌های بوم‌شناختی صرف دانسته‌اند به طوری که جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، اخلاقی، رشد پایدار، پایداری نهادها و جوامع روستایی را نیز در بر می‌گیرد (فرشاد و زینک ۱۹۹۳ و ۲۰۰۱؛ هارینگتون ۱۹۹۵؛ رضایی‌مقدم و حیاتی ۱۹۹۸). لذا نه تنها دیدگاه‌های متفاوت بلکه تعاریف متضادی نیز از پایداری کشاورزی حتی در میان متخصصان وجود دارد که بل و مورس (۲۰۰۸) با بیان اصطلاح «تناقض بنیادی پایداری[3]» به آن اشاره داشته‌اند. با این حال، توافق عمومی کمی نیز بر سر تعریف کشاورزی پایدار به عنوان فعالیتی که مجموعه شرایط معینی را برای یک دوره زمانی بی‌انتها به طور دائمی برآورده می‌سازد، وجود دارد (هنسن ۱۹۹۶). این شرایط به ماهیت چند بعدی مفهوم توسعه پایدار برمی‌گردد که موجب می‌شود این فعالیت از سه جنبه لزوما پایدار باشد: اقتصادی (سودآوری فعالیت)، عدالت اجتماعی (توزیع عادلانه و منصفانه ثروتی که ایجاد می‌کند) و مساعدت محیط-زیستی (سازگاری با بقاء اکوسیستم‌های طبیعی) (گومز-لیمون و سانچز-فرناندز ۲۰۱۰).

از یک سو برای آگاهی از معنی پایداری کشاورزی با مروری بر ادبیات موضوع، مشخص می-شود که این مفهوم دارای اجزا، مولفه‌ها و مشخصه‌های (یا شاخص‌های) گوناگون در مقیاس‌های مختلف است همچنین اثرات متقابل پیچیده‌ای را بین محیط زیست، اقتصاد و جامعه در بر می‌گیرد (روی و چان ۲۰۱۲). از سوی دیگر، حرکت یا باقی ماندن در مسیر پایداری نیازمند ارزیابی و سنجش آن در شرایط و مقیاس‌های خاص زمانی و مکانی است، چرا که مدیریت، نیازمند اندازه‌گیری بوده (هاردی و همکاران ۱۹۹۷) و به قول سولو (۱۹۹۳) صحبت بدون اندازه‌گیری، فاقد هر گونه ارزشی است و بر اساس مطالعه کیتس و همکاران (۲۰۰۱) هدف ارزیابی پایداری این است که «سنجشی از سیستم‌های ادغام‌شده طبیعت-جامعه جهانی تا محلی، در چشم‌اندازهای کوتاه‌مدت و بلندمدت برای تصمیم‌گیران فراهم نماید به طوری که به آن‌ها در جهت تعیین بایدها و نبایدهای اقدامات در مسیر پایدارسازی جامعه، کمک کند» (نس و همکاران ۲۰۰۷). در نتیجه، ارزیابی پایداری کشاورزی از طریق بررسی، شناسایی و تعیین شاخص-های مختلف ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری و سنجش آنها از دیدگاه ساخت اجتماعی، می-

[1] - Sustainable Development
[2] - Sustainable Agriculture
[3] - Central Paradox of Sustainability

تواند نقش بسزایی در پاسخ به سوالات اساسی سیاست-گذاری دولت‌ها در ارتباط با کشاورزی و توسعه پایدار آن ایفا نماید.

تاکنون، انواع بسیار زیاد شاخص‌ها در سطوح مختلف برای ارزیابی پایداری کشاورزی ساخته شده‌اند (لوپز-ریدائورا و همکاران ۲۰۰۵؛ حیاتی و همکاران ۲۰۱۰؛ حیاتی ۲۰۱۷). امروزه شاخص‌های پایداری به عنوان ابزارهایی کاربردی در فرآیند ارزیابی و اجرای سیستم‌های کشاورزی پایدار، نقش مهم و رو به رشدی دارند (روی و چان ۲۰۱۲). طراحی یک مجموعه مناسب از شاخص‌ها، مسئله‌ای پیچیده است چرا که شاخص‌ها باید تصویری از پایداری ارائه کنند (روی و چان ۲۰۱۲). معمولا اگر شاخص‌های کمی انتخاب شوند جنبه‌های مهمی ممکن است از نظر دور بماند و هر گاه بر یک شاخص خاص تمرکز می‌شود، اغلب برآیند کل سیستم به درستی منعکس نمی‌گردد (ون وایرن-لهر ۲۰۰۱). البته شاخص‌های زیاد نیز مشکلات زیادی مانند جمع‌آوری داده‌ها، صحت و اعتبارسنجی و غیره را ایجاد می‌کند. بنابراین، دشواری در انتخاب مجموعه شاخص‌های ضروری است (بوسل ۲۰۰۱). هیچ استاندارد یا قاعده طلایی برای طراحی و فرآیند ساخت سیستم شاخص‌ها وجود ندارد؛ اما برخی اصول خوب و کاربردی وجود دارند که می‌توانند لحاظ شوند (روی و چان ۲۰۱۲).

شاخص‌ها باید بتوانند میزان پیشرفت در جهت اهداف توسعه پایدار را به طور دقیق و عینی اندازه بگیرند (معیار عینیت و واقعی بودن)؛ همچنین بکارگیری آنها برای استفاده‌کنندگان محلی باید امکان‌پذیر باشد (معیار سهولت استفاده) (رید و همکاران ۲۰۰۶). هر یک از دو معیار مذکور می‌تواند شامل زیرمعیارهایی باشد از جمله: داشتن اعتبار علمی، قابلیت سیاستی شدن، اثربخشی، آینده‌نگری، علت‌گرا بودن، قابل درک بودن، هدف گرایی، انعکاس‌دهندگی وضعیت سیستم، اهمیت در حوزه مطالعاتی، قابلیت بکارگیری عملی، سازگاری، مهم بودن برای توسعه کشاورزی و داشتن ارتباط و تناسب برای پایداری سیستم، برای معیار اول؛ و قابلیت اندازه‌گیری آسان، در دسترس بودن داده‌ها، اثربخشی هزینه‌ای، قابل فهم بودن، صحت و روانی مفهومی، سطح مناسب کلی-سازی، اعتبار آماری، صحت و سادگی تحلیلی، امکان-پذیری فنی، محدود در تعداد، پاسخگویی، مقادیر و مقیاس‌های آستانه‌ای، قابلیت ادغام و یکپارچه شدن، وابسته به مقیاس‌ها و شرایط زمانی-مکانی، قابل مقایسه بودن و سهولت استفاده برای تصمیم‌گیری‌ها، برای معیار دوم. علاوه بر این، بر اساس مرور منابع، چهار معیار انتخاب شاخص شامل اعتبار علمی، قابلیت اندازه-گیری، دسترسی به داده‌ها و هزینه‌های انتخاب و استخراج مجموعه شاخص‌های مناسب، وجود دارد (روی و چان ۲۰۱۲).

با توجه مطالعات انجام‌گرفته درباره شاخص‌های پایداری کشاورزی اعتقاد بر این است که طراحی مناسب، اجرا و کنترل سیاست‌های کشاورزی در جهت رسیدن به بخش کشاورزی پایدارتر، نیازمند اندازه‌گیری کمی و مقداری پایداری کشاورزی از طریق شاخص‌ها و اندیکس‌ها است (گومز-لیمون و سانچز-فرناندز ۲۰۱۰). البته با توجه به اینکه تحلیل‌های پایداری و سیاست‌های مربوطه، نیازمند تفسیر مجموعه‌ای از شاخص‌ها است، به منظور تسهیل استفاده از آنها به عنوان یک ابزار کاربردی پشتیبان تصمیم‌گیری، معمولا مجموعه شاخص‌های چند بعدی، از طرق مختلف، در قالب اندیکس‌ها یا شاخص‌های ترکیبی[4]، مجموع‌سازی[5] می-شوند. جدول ۱ برخی مزایا و معایب احتمالی استفاده از شاخص‌های ترکیبی را بر شمرده است. در مجموع می-توان گفت که شاخص‌های ترکیبی به عنوان ابزاری برای

[4] - Composite Indicators

[5]- مجموع‌سازی، معادل aggregation یا aggregating به معنی «به صورت یک [چیز یا عدد] مجموع درآوردن» استفاده شده است (مجموع=اسم).

خلاصه و جمع کردن اطلاعات شاخص‌های اساسی (یا پایه‌ای) در قالب یک شاخص و قضاوت یا ارزیابی کلی از عملکرد کشاورزی، مناسب هستند. در ضمن، با بهره-گیری از این شاخص‌ها، ارزیابی سیستم‌های کشاورزی، مناطق و کشورها طی زمان (سایسانا و تارانتولا ۲۰۰۲) همچنین مزارع یا سبک‌های کشاورزی بر اساس مجموعه کاملی از ویژگی‌ها و مشخصه‌های اصلی آنها، در قالب رتبه‌بندی و مقایسه از بهترین تا بدترین، امکان‌پذیر می-گردد (گومز-لیمون و سانچز-فرناندز ۲۰۱۰).

جدول ۱- برخی مزایا و معایب احتمالی استفاده از شاخص‌های ترکیبی

مزایا	معایب
خلاصه‌ای مفید از پایداری کشاورزی ارائه می‌دهد که می‌تواند نقطه آغازی برای بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تر فراهم کند.	برای سیاست‌گذاری، باید به اجزاء آن دقت شود و به صورت سطحی دیده نشود.
امکان بررسی و مقایسه ابعاد و جنبه‌های پیچیده را به نحو مطلوبی فراهم می‌سازد.	انتخاب شاخص‌ها و وزن‌ها می‌تواند موضوع اختلافات و منازعات سیاسی شود.
به صورت یک شاخص (با حفظ پایه اطلاعاتی شاخص‌های پایه)، تفسیر ساده‌تری دارد و برای مخاطبین متخصص و غیر متخصص، مفید است.	روش‌های نرمال‌سازی، تکنیک‌های وزن‌دهی و ...، تا حدودی اختیاری انتخاب و بکار گرفته می‌شود، که می‌تواند بر نتایج اثرگذار باشد.
می‌تواند به ارزیابی تغییرات پایداری در مقیاس‌های مختلف فضایی و زمانی کمک نماید.	اگر شاخص‌های مهمی که اندازه‌گیری دشواری دارند، از فرآیند شاخص‌سازی حذف شوند، نتایج و سیاست‌ها منحرف می‌شوند.
مسائل مربوط به عملکرد و پیشرفت مزارع، سیستم‌های کشاورزی، مناطق و کشورها را مطرح کرده و آنها را در مرکز بحث‌های سیاستی قرار می‌دهد.	ممکن است استفاده‌ی غلط و نابجا بشود مثلا برای حمایت از یک سیاست مورد نظر، اگر فرآیند ساخت شفاف نباشد و یا اصول آماری و مفهومی مهمی دچار نقصان باشد.
ارتباطات با عموم مردم (یعنی شهروندان، رسانه‌ها و...) را تسهیل کرده و مسئولیت‌پذیری و پاسخگویی را تقویت می‌کند.	اگر فرآیند ساخت، شفاف نباشد ممکن است نقاط ضعف بسیار جدی مربوط به برخی ابعاد را آشکار نکرده و بپوشاند و در نتیجه تعیین اقدام اصلاحی مناسب را دشوارتر سازد.

منبع: یافته‌های محققین از بررسی منابع مختلف.

مقاله‌ی حاضر، در جهت دستیابی به دو هدف عمده شکل گرفته است. هدف اول، ارائه روش جدیدی برای ساخت شاخص‌های ترکیبی است که مزایای عملی کاربرد این شاخص‌ها را حفظ کرده یا ارتقاء بخشد، و در عین حال از معایب احتمالی آن بکاهد، که این امر از طریق بکارگیری روش مقایسات زوجی فازی در فرآیند طراحی و ساخت، دنبال شده است. هدف دوم نشان دادن کاربردی از روش پیشنهادی در قالب یک فرآیند ارزیابی تجربی است، که بدین منظور پایداری کشاورزی شهرستان‌های منتخب استان کرمان، ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است. در کنار این دو هدف، اهداف جانبی قابل توجهی نیز مد نظر بوده‌اند از جمله تعیین مجموعه شاخص‌های پایه‌ای سنجش پایداری کشاورزی و شاخص‌های ترکیبی (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و کل) حاصل از آنها، همچنین لحاظ کردن ساخت اجتماعی در فرآیند ارزیابی پایداری.

ساختار این مقاله بدین صورت است که پس از بخش مقدمه‌ای حاضر، در قسمت اول از بخش دوم (مواد و روش‌ها)، نواحی مورد مطالعه، معرفی می‌شوند و در قسمت دوم از آن بخش، روش‌شناسی و نحوه ساخت شاخص ترکیبی پیشنهادی در قالب فرآیند ارزیابی

پایداری کشاورزی نواحی مورد مطالعه، توصیف می‌گردد. سپس در بخش سوم (نتایج و بحث)، مهمترین نتایج کاربرد تجربی، ارائه و بحث می‌شود. نهایتا، بخش چهارم و پایانی (نتیجه‌گیری کلی)، مهمترین نتیجه‌گیری‌های این مطالعه را بر می‌شمرد.

مواد و روش‌ها

نواحی مورد مطالعه

کرمان، پهناورترین استان ایران، در جنوب شرقی کشور قرار دارد و دارای ۲۳ شهرستان، ۷۱ شهر و ۱۵۱ دهستان است (سازمان برنامه و بودجه استان کرمان ۲۰۱۷). پسته و گندم مهمترین دو محصول مورد کشت هستند (مهرابی بشرآبادی و همکاران ۲۰۰۸). این استان یکی از قطب‌های کشاورزی کشور است. در سال ۱۳۹٤ از سطح بیش از ۲۱۲ هزار هکتار باغ پسته، حدود ۹٦ هزار تن محصول برداشت شده است به طوری که رتبه اول سطح زیر کشت و تولید پسته کشور را [به ترتیب با داشتن سهم ۵۷٪ و ۳۷٪]، به خود اختصاص داده است (سازمان برنامه و بودجه استان کرمان ۲۰۱۷). در مطالعه‌ی حاضر، شهرستان‌های مناطق عمده پسته‌کاری استان کرمان، شامل راور، رفسنجان، انار، زرند، کوهبنان، سیرجان، شهر بابک و کرمان [مرکز استان]، برای ارزیابی پایداری کشاورزی انتخاب شدند.

روش‌شناسی

مقیاس فضایی ارزیابی، شهرستان است که شامل شهرستان‌های پیش‌تر نام برده شده می‌باشد. مقیاس زمانی، سال زراعی و کشاورزی منتهی به ۱۳۹٤ است. بدین منظور داده‌ها و اطلاعات مربوط به آخرین سرشماری عمومی کشاورزی استان کرمان، پایه‌ی آماری این مطالعه قرار داده شدند. منابع داده عبارت از «نتایج تفصیلی سرشماری عمومی کشاورزی ۱۳۹۳ استان کرمان» و «قیمت فروش محصولات و هزینه خدمات کشاورزی در مناطق روستایی کشور ۱۳۹٤» (مرکز آمار ایران ۲۰۱۷)، همچنین سالنامه‌های آماری و گزارش‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی استان کرمان (سازمان برنامه و بودجه استان کرمان) و اطلاعات حاصل از مراجعات حضوری به سازمان‌های جهاد کشاورزی و برنامه و بودجه استان کرمان، همچنین سرپرستی شعب بانک کشاورزی و شرکت خدمات حمایتی کشاورزی استان کرمان، بودند.

به منظور لحاظ کردن ساخت اجتماعی در فرآیند انتخاب شاخص‌های پایداری، علاوه بر مرور مطالعات انجام شده، مصاحبه‌های حضوری با پنل متخصصین شامل ۱۵ متخصص دانشگاهی که دارای مطالعات پایداری کشاورزی و یا سابقه تدریس دروس مرتبط با کشاورزی پایدار بوده، همچنین از نزدیک با مسائل پایداری کشاورزی استان، آشنا بودند، انجام شد. در این خصوص، مهمترین معیارهای در نظر گرفته شده برای انتخاب شاخص‌ها، داشتن *اعتبار علمی*[6] (رید و همکاران ۲۰۰٦؛ روی و چان ۲۰۱۲)، قابلیت *اندازه‌گیری*[7] (رید و همکاران ۲۰۰٦؛ گومز-لیمون و سانچز-فرناندز ۲۰۱۰؛ روی و چان ۲۰۱۲؛ ون‌فام و اسمیت ۲۰۱٤)، قابلیت سیاستی شدن یا *ارتباط با سیاست*[8] (رید و همکاران ۲۰۰٦؛ گومز-لیمون و سانچز-فرناندز ۲۰۱۰؛ روی و چان ۲۰۱۲)، و امکان‌پذیری ساخته شدن و یا محاسبه با *استفاده از داده‌های موجود*[9] (رید و همکاران ۲۰۰٦؛ حیاتی و همکاران ۲۰۱۰؛ روی و چان ۲۰۱۲؛ ون‌فام و اسمیت ۲۰۱٤)، بودند.

اجرای پروسه فوق، نهایتا به تعیین هشت شاخص پایه‌ای پایداری انجامید (جدول ۲). این شاخص‌های پایداری کشاورزی که به طور سلسله‌مراتبی با ابعاد اقتصادی، اجتماعی یا محیط‌زیستی متناظر شده‌اند، به همراه توضیح هر یک از شاخص‌ها در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

6 - *Scientific validity*
7 - *Measurability*
8 - *Policy relevance*
9 - *Make use of available data*

جدول ۲- شاخص‌های پایداری کشاورزی در ابعاد سه‌گانه: تعاریف و ماهیت

ابعاد پایداری	شاخص‌های پایداری	تعریف و ماهیت شاخص‌های مورد استفاده
اقتصادی	بهره‌وری محصول	به صورت عملکرد فیزیکی محصولات عمده (یعنی پسته و گندم) اندازه‌گیری شد (kg/ha) و نشان‌دهنده کارایی استفاده از زمین است.
	درآمد مزرعه	ریال بر مزرعه، مقیاسی از درآمدزایی و سودآوری فعالیت کشاورزی برای تولیدکنندگان و قابلیت دوام خانوار کشاورز است. همچنین می‌تواند ظرفیت کشاورز برای سرمایه‌گذاری در مزرعه را منعکس نماید (Rls/farm).
	بیمه	درصد مساحت اراضی کشاورزی تحت بیمه، شاخصی از حداقل کردن ریسک و بی‌ثباتی درآمدی کشاورزان است (%).
اجتماعی	خود اتکایی غذایی	مقیاسی است از امنیت غذایی خانوار کشاورزی حاصل از تولید غذای کافی توسط کشاورز معیشتی یا توانایی خرید غذا. درصد مزارع ۰/۵ هکتار و بزرگتر به عنوان یک جانشین (proxy) استفاده شد (%).
	دسترسی به خدمات ترویجی	تعداد مراکز ترویج و خدمات کشاورزی به ازای هر ده هزار مزرعه به عنوان proxy سطح دسترسی به خدمات ترویجی، استفاده شد. با توجه به شاخص، هم حق است و هم نوعی عدالت در جامعه کشاورزی که پایه افزایش دانش، تولید و رفاه اجتماعی-اقتصادی می‌باشد.
زیست-محیطی	تخلیه آب‌های زیرزمینی	از طریق مجموع تخلیه سالیانه‌ی چاه‌های عمیق، نیمه‌عمیق، قنوات و چشمه‌ها به ازای هر هکتار مساحت اراضی کشاورزی اندازه‌گیری می شود، که مقیاسی از تخلیه آب‌های زیرزمینی اراضی کشاورزی و افت سطح ایستایی آب است (m3/ha).
	مصرف مواد شیمیایی کشاورزی	مقدار کودهای شیمیایی بکار گرفته شده (kg/ha) برای اراضی کشاورزی می‌باشد که شامل مجموع کودهای ازته (اوره+نیترات آمونیوم)، فسفاته (فسفات آمونیوم+سوپر فسفات تریپل+سوپر [فسفات] ساده) و پتاسه (سولفات پتاسیم+کلرور پتاسیم) است. این شاخص مقیاسی از تنزل کمی و کیفی خاک اراضی کشاورزی، ناشی از عدم حفاظت در فعالیت کشاورزی است که می‌تواند از طریق آلودگی محیط و محصولات، تأثیرات نامطلوب بر رفاه کشاورزان و جامعه نیز بگذارد.
	تنوع زیستی	در اینجا از تنوع کشت به عنوان proxy تنوع زیستی، که مقیاسی از حفظ محیط زیست و اکوسیستم کشاورزی دربرگیرنده‌ی آن است، به صورت شاخص مقابل استفاده شد: $H = -\sum_{i=1}^{i=s} P_i \log P_i$ که H درجه تنوع کشت، P_i سهم iامین محصول از کل سطح برداشت و s تعداد محصولات (کشت‌ها) را نشان می‌دهد (شنون و وینر[1] ۱۹۶۳).

منبع: یافته‌های تحقیق

در این مطالعه از برخی نکات راهنما در ارتباط با ساخت شاخص‌های ترکیبی به صورت زیر استفاده شد (گومز-لیمون و سانچز-فرناندز ۲۰۱۰):

۱- انتخاب شاخص و جمع‌آوری داده‌ها: پس از انتخاب شاخص‌های پایه‌ای که در جدول ۲ ارائه شد، جمع‌آوری داده‌های مربوط به آنها و محاسبه عددی شاخص‌ها، در این مرحله انجام گردید.

۲- نرمال‌سازی شاخص‌ها: پس از محاسبه شاخص‌ها، تبدیل آنها به متغیرهای بدون بعد (نرمال-سازی)، قبل از هر گونه مجموع‌سازی لازم است، تا مقایسه آنها و انجام عملیات حسابی روی آنها، امکان‌پذیر گردد. بدین منظور تکنیک‌های مختلفی وجود دارد (فرویدنبرگ ۲۰۰۳) که در مطالعه حاضر از نرمال‌سازی «حداقل-حداکثر»[2] (گومز-لیمون و سانچز-فرناندز

[1] Shannon & Wiener

[2] - "Min-max" normalization

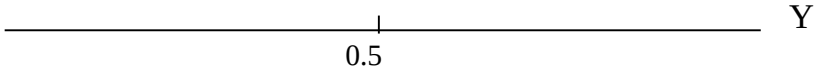
۲۰۱۰؛ هایلی‌سلاسی و همکاران ۲۰۱۶) به صورت زیر (معادله (۱)) استفاده شد، تا مقادیر تمام شاخص‌های نرمال‌شده در بازه‌ی بدون بعد (۰،۱) تغییر کند، که صفر به بدترین مقدار ممکن شاخص (یعنی دارای حداقل پایداری یا ناپایدارترین) و یک به بهترین (یعنی پایدارترین)، اشاره دارد:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \qquad (۱)$$

که در آن x' مقدار نرمال‌شده‌ی مشاهده x و $\min(x)$ و $\max(x)$ به ترتیب حداقل (بدترین) و حداکثر (بهترین) مشاهده در کل نمونه است (فرویدنبرگ ۲۰۰۳).

۳- وزن‌دهی شاخص‌ها: مرحله وزن‌دهی و تخصیص وزن، ما را قادر می‌سازد که اهمیت نسبی شاخص‌های پایه‌ای منفرد را تعیین نماییم. تکنیک‌های وزن‌دهی برای ساختن ایندکس‌ها به «اثباتی» یا درون‌زا و «هنجاری» یا برون‌زا قابل تقسیم است (OECD-JRC، ۲۰۰۸). «تکنیک‌های اثباتی یا درون زا، آنهایی هستند که به ما اجازه می‌دهند وزن شاخص‌های پایه را بدون اینکه مجبور باشیم قضاوت‌های ارزشی از اهمیت نسبی آنها را دخیل کنیم، صرفا از طریق روش‌های آماری به دست آوریم [... در حالی که] تکنیک های هنجاری یا برون‌زا تلاش می‌کنند تا وزن‌های مختلفی را به صورت تابعی از نظر متخصصین، کارشناسان و تصمیم‌گیرندگان بیرونی، برای شاخص‌ها تعیین نمایند» (گومز-لیمون و سانچز-فرناندز ۲۰۱۰: ۱۰۶۷-۱۰۶۸). مطالعه حاضر به منظور لحاظ کردن پایداری به عنوان ساخت اجتماعی، با معرفی و بکارگیری روش مقایسات زوجی فازی (FPC) برای نخستین بار، به عنوان یک تکنیک هنجاری[1] که تخصیص وزن‌های مختلف به شاخص‌ها را به صورت تابعی از نظرات تصمیم‌گیرندگان بیرونی (پنل متخصصین پیش‌تر معرفی شده) در نظر میگیرد، ترجیحات اجتماعی را وارد فرآیند ساخت شاخص‌های ترکیبی و تحلیل ارزیابی پایداری کشاورزی می‌نماید.

روش مقایسات زوجی فازی (FPC) که توسط ون‌کوتن و همکاران (۱۹۸۶) به عنوان روشی برای ارزیابی سلسله مراتب اهداف میان کشاورزان، معرفی و به کار گرفته شد، توسط پژوهشگرانی همچون بوئندر و همکاران (۱۹۸۹)، مندوزا و اسپروز (۱۹۸۹)، الس و همکاران (۱۹۹۷)، بسریر و گیلسپی (۲۰۰۶) و برکهاوت و همکاران (۲۰۱۰) مورد استفاده قرار گرفته است. این روش مانند سایر روش‌های مقایسه زوجی است که از پاسخ‌دهنده درخواست می شود دو گزینه را مقایسه نماید. اما به‌جای مجبور کردن پاسخگو به انتخاب صفر و یکی از بین دو گزینه، درجه ترجیح یکی بر دیگری استخراج می‌شود. ارزش مقیاسی هر گزینه بر پایه مجموعه تمام زوج‌های مورد مقایسه می‌باشد. برای مشخص‌کردن ترجیحات گزینه‌ها از پاره‌خطی به طول واحد استفاده می‌شود (بسریر و گیلسپی، ۲۰۰۶).



در مطالعه حاضر، شاخص‌های X و Y در دو انتهای مخالف خطی به طول واحد قرار گرفتند. پاسخگو برای نشان دادن ترجیحات خود، نقطه‌ای را روی این خط علامت گذاشت. در مقایسه شاخص‌ها، هر کدام که فاصله کوتاه‌تری تا علامت داشته باشد بر دیگری ترجیح داده می‌شود. درجه ترجیح X بر Y با R_{XY} نشان داده می‌شود که به صورت ۱ منهای فاصله X تا علامت، اندازه‌گیری می‌شود. تعداد مقایسه‌های زوجی شاخص‌ها که با K نشان داده می‌شود به صورت $K = n \times (n-1) / 2$

[1] - Normative or exogenous technique: Fuzzy Pairwise Comparisons (FPC)

تعیین می‌شود که در این رابطه n تعداد شاخص‌ها (n=۸) می‌باشد (در نتیجه K *برابر با ۲۸ است*).

برای هر مقایسه زوجی $R_{ij}\ (i \neq j)$ به دست می‌آید و R_{ji} نیز برابر با ۱ منهای R_{ij} است. آنگاه، می‌توان ماتریس ترجیحات فازی با نام ماتریس R را با استفاده از عناصر زیر ساخت:

$$R_{ij} = \begin{cases} 0 & if \quad i = j \forall \quad i, j = 1,.....8 \\ r_{ij} & if \quad i \neq j \forall \quad i, j = 1,.....8. \end{cases}$$

رابطه (۲)

که r_{ij} مقیاسی از میزان ترجیح هدف i بر j است.

بر اساس ساختار ماتریس ارائه شده توسط ون-کوتن و همکاران (۱۹۸۶)، ماتریس 8×8 ترجیحات فازی (R) در مطالعه‌ی حاضر به صورت مقابل ساخته شد:

$$\|R\| = \begin{bmatrix} 0 & r_{12} & r_{13} & . & . & . & r_{18} \\ r_{21} & 0 & r_{23} & . & . & . & r_{28} \\ r_{31} & r_{32} & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & 0 & r_{78} \\ r_{81} & r_{82} & . & . & . & r_{87} & 0 \end{bmatrix}$$

رابطه (۳)

که هر درآیه این ماتریس مقیاسی از شدت ترجیح شاخص i به j بوده و مقداری در بازه [۰ , ۱] می‌گیرد. مقدار ترجیح (I) برای هر شاخص j برابر می‌شود با:

$$I_j = 1 - \left(\sum_{i=1}^{n} R_{ij}^2 / (n-1) \right)^{1/2}.$$

رابطه (٤)

مقدار I_j در دامنه ۰ و ۱ می‌باشد. با استفاده از مقادیر I_j می‌توان وزن n شاخص (۸ شاخص) مورد نظر را مشخص نمود.

البته به منظور دستیابی به اهداف کاربردی مطالعه، از جمله تعیین پایداری اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی (یعنی دستیابی به شاخص‌های ترکیبی هر یک از ابعاد سه‌گانه) علاوه بر هدف اصلی پایداری کشاورزی (یعنی دستیابی به شاخص ترکیبی پایداری کشاورزی فراگیر)، روشFPC طوری اقتباس شده است که پس از استخراج وزن‌های اولیه شاخص‌ها، آنها برای ساخت شاخص های ترکیبی هر یک از ابعاد سه‌گانه و نیز برای ساخت شاخص ترکیبی پایداری کل، جداگانه استاندارد[۱] شدند.

٤- مجموع‌سازی شاخص‌ها: پس از نرمال‌سازی و وزن‌دهی شاخص‌های پایه‌ای، نیازمند فرم تابعی برای مجموع‌سازی شاخص‌ها در قالب یک شاخص ترکیبی منفرد می‌باشیم. در این مطالعه از «مجموع وزنی شاخص‌ها» برای ساخت شاخص‌های ترکیبی پایداری اقتصادی ($CIAS_{econ}$)، اجتماعی ($CIAS_{soci}$)، زیست‌محیطی ($CIAS_{envi}$) و کل کشاورزی ($CIAS_{overall}$) [۲] استفاده شد، که مجموع‌سازی وزنی خطی مجموعه شاخص‌های نرمال‌شده است (گومز-لیمون و سانچز-فرناندز ۲۰۱۰):

$$CI = \sum_{k=1}^{k=n} w_k^* \cdot I_k$$

رابطه (٥)

که CI شاخص ترکیبی پایداری کشاورزی حاصل از یک مجموعه nتایی از شاخص‌ها؛ I_k مقدار نرمال‌شده شاخص kام؛ و w_k^* وزن استاندارد شده‌ی مربوط به شاخص kام است که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$w_k^* = w_k / \sum_{k=1}^{n} w_k$$

رابطه (٦)

که در آن w_k وزن استاندارد نشده‌ی شاخص kام است.

[۱] منظور از استاندارد، وزن‌هایی (بین صفر و یک) با مجموع یک می‌باشد.

[2] - Composite Indicator of Agricultural Sustainability (*CIAS*)

بر این اساس، شاخص‌های ترکیبی ساخته شده در این مطالعه عبارت خواهند بود از:

رابطه (۷)
$$CIAS_{econ} = \sum_{k=1}^{k=3} w_k^{*L} \cdot I_k$$

رابطه (۸)
$$CIAS_{soci} = \sum_{k=4}^{k=5} w_k^{*L} \cdot I_k$$

رابطه (۹)
$$CIAS_{envi} = \sum_{k=6}^{k=8} w_k^{*L} \cdot I_k$$

رابطه (۱۰)
$$CIAS_{overall} = \sum_{k=1}^{k=8} w_k^{*G} \cdot I_k$$

که اندیس‌های بالای L و G به ترتیب به محلی[1] (به معنی درون بُعدی) و فراگیر یا کل[2] (به معنی هر سه بُعد با هم) اشاره دارند. ضمنا k از ۱ تا ۳ مربوط به شاخص‌های بُعد اقتصادی، ٤ و ٥ بُعد اجتماعی و ٦ تا ٨ بُعد زیست-محیطی است.

در راستای انجام مقایسات مبتنی بر نتایج شاخص‌های ترکیبی بدست‌آمده، شهرستان‌های مورد مطالعه، در قالب گروه‌ها یا سطوح پایداری نسبی برای ابعاد پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، همچنین برای پایداری کشاورزی فراگیر، طبقه‌بندی شدند. بدین منظور، فاصله انحراف معیار از میانگین (ISDM)[3]، برای دستیابی به توزیع چهار سطحی شهرستان‌ها به صورت زیر بکار گرفته شد (اللهیاری و همکاران ۲۰۱٦):

ناپایدار (A= ضعیف): $A < Mean - SD$

نسبتا ناپایدار (B= متوسط): $Mean - SD \leq B \leq Mean$

نسبتا پایدار (C= خوب): $Mean < C \leq Mean + SD$

پایدار (D= عالی): $Mean + SD < D$

نتایج و بحث

به منظور مشاهده وضعیت مجموعه شهرستان-های منتخب استان کرمان بر اساس شاخص‌های (پایه‌ای) پایداری کشاورزی (جدول ۲)، مقادیر میانگین هر یک از شاخص‌های مذکور برای مجموعه‌ی این شهرستان‌ها، در جدول ۳ آورده شده است. بر اساس تحلیل توصیفی ارائه‌شده در این جدول، بیشترین مقدار میانگین نرمال-شده برای کل شهرستان‌ها، مربوط به شاخص مصرف مواد شیمیایی (۰/٦٦٥) از بُعد زیست‌محیطی است. شاخص تنوع زیستی از همین بُعد نیز دارای مقدار نرمال-شده‌ی نسبتاً بالایی (۰/٦۰۲) در میان سایر شاخص‌ها می‌باشد. مقادیر نرمال‌شده‌ی شاخص‌های بُعد اجتماعی شامل خود اتکایی غذایی (۰/٤۳۸) و دسترسی به خدمات ترویجی (۰/٤۳۱)، جزء پایین‌ترین مقادیر محاسبه شده‌ی شاخص‌های ابعاد سه‌گانه هستند. این در حالی است که شاخص‌های بُعد اقتصادی شامل بهره‌وری محصول[4] (۰/٤۹۲)، درآمد مزرعه (۰/٥٤۲) و بیمه (۰/٥٤۳)، عموماً در رده‌ی میانیِ شاخص‌های سه بُعد پایداری جای دارند.

[1] - Local
[2] - Global
[3] - The Interval of Standard Deviation from the Mean (ISDM)

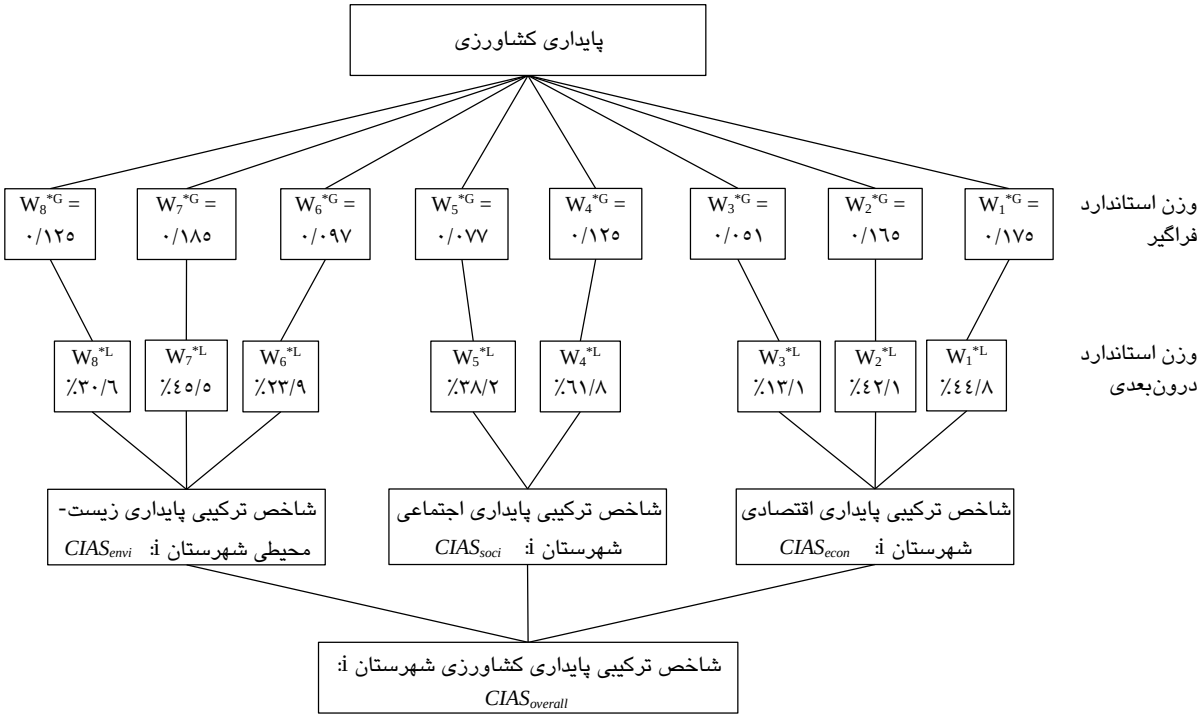
[4] شاخص بهره‌وری محصول، به عنوان یک شاخص تکی (ترکیبی از بهره‌وری محصولات پسته و گندم) دارای مقدار میانگین نرمال ۰/٤۹۲ است.

جدول ۳- وضعیت مجموعه شهرستان‌های منتخب استان کرمان بر اساس شاخص‌های پایه‌ای پایداری کشاورزی

ابعاد پایداری	شاخص‌های پایداری	مقادیر خام		مقادیر نرمال شده	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
اقتصادی	بهره‌وری محصول: ($kg.ha^{-1}$)				
	پسته	۵۱۰	(۱۲۸)	۰/۳۵۸	(۰/۳۰٤)
	گندم	۲۷۷٦	(۳۳۳)	۰/٦۲٦	(۰/۳۱۹)
	درآمد مزرعه (Rls/farm)	۳۸۳۷۱۷۰۱۷	(۱٤۰٦۲۳۰۳٦)	۰/۵٤۲	(۰/۲۷۰)
	بیمه (%)	۲۷/٤	(۱۵/۳)	۰/۵٤۳	(۰/۳۱۸)
اجتماعی	خود اتکایی غذایی (%)	۷٦/۲	(۵/۸)	۰/٤۳۸	(۰/۳٦۸)
	دسترسی به خدمات ترویجی (n/10,000 farm)	۳/۷	(۱/۵)	۰/٤۳۱	(۰/۳۲۳)
زیست-محیطی	تخلیه آب‌های زیرزمینی ($m^3.ha^{-1}$)	۷۹۲۱	(۳۹٦٦)	۰/٤۹۵	(۰/۲۹۸)
	مصرف مواد شیمیایی کشاورزی ($kg.ha^{-1}$)	۱۱۹/٤	(۵٦/۵)	۰/٦٦۵	(۰/۳۳۵)
	تنوع زیستی (H value)	۰/٦۳	(۰/۱۱)	۰/٦۰۲	(۰/۳۲۲)

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج بکارگیری روش FPC به صورت اجرای مراحل بیان شده در بخش قبل، برای وزن‌های مربوط به شاخص‌های پایداری کشاورزی، در شکل ۱ ارائه شده است. در این شکل، W_kها وزن‌های مربوط به شاخص-های پایداری (جدول ۲) هستند که در آن k از ۱ تا ۸ به ترتیب متناظر است با شاخص بهره‌وری محصول، درآمد مزرعه، بیمه، خود اتکایی غذایی، دسترسی به خدمات ترویجی، مصرف مواد شیمیایی کشاورزی، تخلیه آب-های زیرزمینی و تنوع زیستی. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود، بر اساس وزن‌های فراگیر، شاخص *تخلیه آب‌های زیرزمینی* (با وزن نسبی استاندارد ۰/۱۸۵) دارای بیشترین اهمیت نسبی در ساختار پایداری کشاورزی شهرستان‌های منتخب استان کرمان و شاخص‌های ترکیبی مربوطه است، که با توجه به وجود پدیده خشکسالی و عواقب آن از جمله کاهش شدید آب-های زیرزمینی، شوری آب، وخیم شدن اوضاع چاه‌ها و از بین رفتن سفره‌های آبی زیرزمینی در استان (سازمان برنامه و بودجه استان کرمان ۲۰۱۷)، دور از انتظار نبوده است. پس از آن شاخص‌های *بهره‌وری محصول* (با وزن نسبی استاندارد ۰/۱۷۵) و *درآمد مزرعه* (با وزن نسبی استاندارد ۰/۱٦۵) به ترتیب با رتبه‌های دوم و سوم سقف سهم در شاخص ترکیبی پایداری کشاورزی، قرار دارند. ضمنا، بر اساس دیدگاه پنل پاسخگو، کمترین وزن نسبی متعلق به شاخص بیمه (با وزن نسبی استاندارد ۰/۰۵۱) می‌باشد. همچنین، شکل ۱ درصد اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌ها را در ابعاد مربوطه –از طریق ارائه-ی وزن‌های درون‌بعدی استاندارد شده– نشان داده است.



شکل ۱- وزن‌های بدست‌آمده‌ی شاخص‌ها در قالب ساختار طراحی شده برای ساخت شاخص‌های ترکیبی پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، همچنین شاخص ترکیبی (کل) پایداری کشاورزی، در قالب تکنیک FPC.

منبع: یافته‌های تحقیق

شاخص‌های ترکیبی پایداری اقتصادی ($CIAS_{econ}$)، اجتماعی ($CIAS_{soci}$)، زیست‌محیطی ($CIAS_{envi}$) و شاخص ترکیبی پایداری کشاورزی ($CIAS_{overall}$) به همراه طبقه‌ی پایداری نسبی متناظر با آن‌ها برای شهرستان‌های مورد مطالعه در جدول ٤ ارائه شده است. اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که شهرستان کرمان دارای بیشترین مقدار شاخص پایداری اقتصادی (۰/۷۲۸) در بین شهرستان‌های مورد مطالعه‌ی استان بوده و تنها شهرستانی است که کشاورزی آن در طبقه *پایدار* اقتصادی (D) قرار گرفته است. شهرستان-های زرند و شهر بابک در رتبه‌های بعدی و طبقه *نسبتا پایدار* اقتصادی (C) جای گرفته‌اند. سیرجان، انار و راور، شهرستان‌های *نسبتا ناپایدار* اقتصادی (B) بوده و شهرستان‌های کوهبنان و رفسنجان، با داشتن کمترین مقادیر شاخص ترکیبی پایداری اقتصادی، در طبقه *ناپایدار* (A) قرار دارند. در بعد اجتماعی پایداری کشاورزی، راور و رفسنجان به ترتیب با داشتن بیشترین و کمترین مقدار شاخص، *پایدار* و *ناپایدار* اجتماعی بوده، و سایر شهرستان‌ها در طبقات *نسبتا پایدار* و *نسبتا ناپایدار* قرار گرفته‌اند. شاخص ترکیبی پایداری زیست-محیطی کشاورزی نشان می‌دهد که شهرستان راور نسبت به سایر شهرستان‌های مورد مطالعه‌ی استان، وضعیت بهتری داشته و به تنهایی در طبقه *پایدار* قرار دارد. بر اساس این شاخص، کوهبنان بدترین وضعیت را داشته و در طبقه *ناپایدار* زیست‌محیطی جای گرفته است.

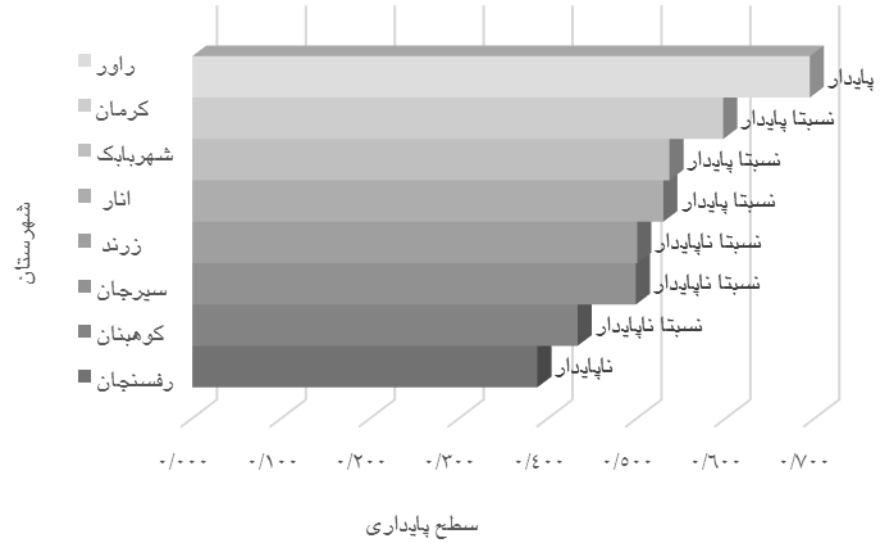
جدول ۴- شاخص‌های ترکیبی پایداری کشاورزی و پایداری نسبی متناظر برای هر شهرستان*

شهرستان	$CIAS_{econ}$		$CIAS_{soci}$		$CIAS_{envi}$		$CIAS_{overall}$	
	مقدار	طبقه	مقدار	طبقه	مقدار	طبقه	مقدار	**طبقه**
راور	۰/٤٧٦	B	۰/۹۱۰	D	۰/۷۹۷	D	۰/٦۹٥	D
انار	۰/٤۹۸	B	۰/٤۸۹	C	۰/٥۸۱	C	۰/٥۳۰	C
رفسنجان	۰/۳۷۱	A	۰/۰٤۰	A	۰/٥۷۸	C	۰/۳۸۸	A
زرند	۰/٦۰٦	C	۰/۲٤۷	B	۰/٥۲٦	B	۰/٥۰۰	B
کوهبنان	۰/۳۹۱	A	۰/٦۱۸	C	۰/۳۸۲	A	۰/٤۳۳	B
سیرجان	۰/٥۱٥	B	۰/۲٥۱	B	۰/٦۰۷	C	۰/٤۹۹	B
شهر بابک	۰/٥۷۲	C	۰/۳۷٥	B	۰/٥۸۳	C	۰/٥۳۷	C
کرمان	۰/۷۲۸	D	۰/٥٥۲	C	۰/٤۹٤	B	۰/٥۹۷	C
میانگین	۰/٥۲۰		۰/٤۳٥		۰/٥٦۹		۰/٥۲۲	
انحراف معیار	۰/۱۱٦		۰/۲٦۹		۰/۱۱۷		۰/۰۹٤	

* A: ناپایدار، B: نسبتا ناپایدار، C: نسبتا پایدار، و D: پایدار

منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲ که بر اساس اطلاعات ستون مربوط به شاخص ترکیبی پایداری کشاورزی ($CIAS_{overall}$) جدول ٤، رسم شده است، سطح پایداری فراگیر شهرستان‌های منتخب استان کرمان را به ترتیب طبقات پایداری کشاورزی، مشخص کرده است. در این شکل مشاهده می‌شود که راور، تنها شهرستانی است که در سطح پایدار قرار دارد. کرمان، شهر بابک و انار به ترتیب در رتبه‌های دوم تا چهارم و هر سه در طبقه نسبتا پایدار جای گرفته‌اند. رتبه‌های بعد، شهرستان‌های زرند، سیرجان و کوهبنان در طبقه نسبتا ناپایدار، هستند. پایین‌ترین سطح پایداری مربوط به شهرستان رفسنجان است که معادل طبقه ناپایدار می‌باشد.



شکل ۲- سطح پایداری نسبی کشاورزی شهرستان‌های مورد مطالعه استان کرمان

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۵ پایداری نسبی را برای کل مجموعه شهرستان‌های مورد مطالعه به صورت درصد شهرستان‌های هر یک از طبقات نسبی پایداری در هر یک از ابعاد سه‌گانه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، همچنین پایداری فراگیر نشان می‌دهد. در این جدول می‌توان دید که ۲۵٪ شهرستان‌های مورد مطالعه در طبقه‌ی ناپایدار اقتصادی قرار دارند. از نظر اقتصادی، بیشترین درصد شهرستان‌ها (معادل ۳۷/۵٪) در طبقه نسبتا ناپایدار، ۲۵٪ در طبقه نسبتا پایدار و تنها ۱۲/۵٪ در طبقه پایدار جای گرفته‌اند. توزیع شهرستان‌ها در بعد اجتماعی، بدین صورت است که ۷۵ درصد آنها در طبقات میانی نسبتا ناپایدار و نسبتا پایدار (هر کدام ۳۷/۵٪) بوده و ۲۵ درصد دیگر در طبقات ناپایدار و پایدار (هر کدام ۱۲/۵٪) هستند. شاخص‌های زیست‌محیطی، وضعیت بهتری را نشان می‌دهند، به طوری که ۶۲/۵٪ شهرستان‌ها، نسبتا پایدار (۵۰ درصد) و پایدار (۱۲/۵ درصد) هستند در حالی که درصد کمتری (۳۷/۵ درصد) نسبتا ناپایدار (۲۵٪) و ناپایدار (۱۲/۵٪) می‌باشند. از لحاظ سطح پایداری فراگیر کشاورزی، ۵۰ درصد شهرستان‌های مذکور در طبقات ناپایدار و نسبتا ناپایدار و ۵۰ درصد نیز در طبقات نسبتا پایدار و پایدار قرار دارند. البته درصد کمتری از آنها در بدترین سطح یعنی ناپایدار و بهترین سطح یعنی پایدار جای داشته (هر کدام ۱۲/۵٪) و بیشترین درصد شهرستان‌ها در طبقات میانی نسبتا پایدار و نسبتا ناپایدار (هر کدام ۳۷/۵٪) دسته‌بندی شدند.

جدول ۵- پایداری نسبی مجموعه شهرستان‌های مورد مطالعه (با استفاده از طبقه‌بندی ISDM)

طبقات پایداری نسبی	توزیع شهرستان‌ها بین طبقات پایداری (٪)			
	اقتصادی	اجتماعی	زیست‌محیطی	**کل (فراگیر)**
ناپایدار (A)	۲۵/۰	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲/۵
نسبتا ناپایدار (B)	۳۷/۵	۳۷/۵	۲۵/۰	۳۷/۵
نسبتا پایدار (C)	۲۵/۰	۳۷/۵	۵۰/۰	۳۷/۵
پایدار (D)	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲/۵

منبع: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اهمیت سنجش پایداری از طریق شاخص‌ها، و توسعه و کاربرد روزافزون شاخص‌های ترکیبی در ارزیابی پایداری کشاورزی در سطوح، مناطق و سیستم‌های کشاورزی مختلف در جهان، مطالعه حاضر در جهت مساعدت به این شاخه از علم، روش جدیدی را برای ساخت شاخص‌های ترکیبی پیشنهاد نموده است. در روش پیشنهادی، پس از تعیین مجموعه شاخص‌های ضروری، اهمیت نسبی آنها بر اساس ترجیحات جامعه از طریق رهیافت مقایسات زوجی فازی (FPC) استخراج شده و به صورت وزن در توابع مجموع‌سازی، به منظور ساخت شاخص‌های ترکیبی استفاده می‌شود. در مطالعه حاضر، با استفاده از این روش، شاخص‌های ترکیبی برای هر یک از ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری کشاورزی، علاوه بر شاخص پایداری کل یا فراگیر، ساخته شد. نتایج تجربی بکارگیری روش مذکور در ارزیابی و سنجش سطوح پایداری نسبی شهرستان‌های منتخب استان کرمان، ایران نشان داد که: (۱) شاخص تخلیه آب‌های زیرزمینی در ساختار پایداری کشاورزی ناحیه مورد مطالعه، بیشترین اهمیت نسبی را دارد؛ (۲) شهرستان راور دارای بالاترین

سطح پایداری کشاورزی بوده و در طبقه *پایدار* قرار دارد. پس از آن شهرستان‌های کرمان، شهر بابک و انار در سطح *نسبتا پایدار* طبقه‌بندی شدند. سطح پایداری کشاورزی شهرستان‌های زرند، سیرجان و کوهبنان *نسبتا ناپایدار* بوده و کشاورزی شهرستان رفسنجان بر حسب طبقات نسبی پایداری، *ناپایدار* است؛ و (۳) تنها ۱۲/۵ درصد شهرستان‌ها (یعنی یک شهرستان از هشت شهرستان مورد مطالعه) در هر یک از ابعاد پایداری اقتصادی، اجتماعی و یا زیست‌محیطی، همچنین از لحاظ پایداری کل، *پایدار* بوده‌اند و مابقی (۸۷/۵ ٪ معادل هفت شهرستان)، نسبتا پایدار، نسبتا ناپایدار یا ناپایدار هستند. به طور کلی نیمی از شهرستان‌ها در یکی از طبقات پایدار یا نسبتا پایدار و نیمی دیگر در یکی از طبقات ناپایدار یا نسبتا ناپایدار کشاورزی هستند. از منظر بُعدی، یک-چهارم (۲۵ ٪) شهرستان‌ها از نظر اقتصادی *ناپایدار*ند، به طوری که این بُعد در میان سه بُعد پایداری دارای بیشترین درصد شهرستان‌های *ناپایدار* است. این نتایج می‌تواند راهنمای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی در اخذ تصمیمات مناسب جهت مدیریت توسعه پایدار کشاورزی باشد.

به طور کلی بر اساس نتایج مطالعه حاضر، روش پیشنهادی برای ساخت شاخص‌های ترکیبی، اولا در عمل به خوبی (به طور سازگار) قابل اجرا می‌باشد، چرا که اهداف مورد نظر شامل ارزیابی کلی و تعیین سطوح پایداری واحدهای (شهرستان‌های) مورد مطالعه، سطح-بندی و رتبه‌بندی آنها، و/یا ارزیابی آنها بر حسب هر یک از ابعاد پایداری کشاورزی را برآورده ساخته است. ثانیا توانسته است قابلیت عملی این شاخص‌ها را بهبود بخشیده، معایب آنها را تعدیل نماید. به این صورت که: (۱) در انتخاب شاخص‌ها و مخصوصا در تعیین وزن آنها از طریق کاربرد روش هنجاری FPC، ترجیحات جامعه را وارد فرآیند ساخت شاخص‌های ترکیبی می‌کند؛ (۲) از آنجا که در روش FPC تمام شاخص‌ها دوبه‌دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند، می‌تواند شاخص‌های ترکیبی‌ای برای کل پایداری و (هر یک از) ابعاد آن بسازد که تنها بر اساس اطلاعات حاصل از مقایسه مستقیم مجموعه شاخص‌های آن بُعد با یکدیگر و یا ابعاد با هم نبوده، بلکه بر پایه مقایسات زوجی مجموعه شاخص‌های کلیه ابعاد پایداری باشد و به این معنی، شاخص‌های ترکیبی با پشتوانه اطلاعاتی قوی‌تر و در نتیجه با دقت و اعتمادپذیری بیشتر را بدست دهد؛ و (۳) در عین این افزایش دقت، با کاربرد روش FPC، سعی می‌کند تا نادقیقی اطلاعات دنیای واقعی را نیز از طریق وارد کردن ترجیحات به صورت فازی در فرآیند ساخت شاخص‌های ترکیبی، در نظر بگیرد. بنابراین روش و شاخص‌های ترکیبی پیشنهادی می‌تواند به عنوان یک ابزار پشتیبان تصمیم به تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران در جهت بهبود برنامه‌ریزی‌های توسعه پایدار کشاورزی کمک نماید. البته تایید قابلیت‌های عملی روش مذکور نیازمند استفاده-های بیشتر از آن در ارزیابی‌های تجربی پایداری کشاورزی در مقیاس‌های مختلف می‌باشد.

منابع مورد استفاده

Allahyari MS, Damalas CA, & Ebadattalab M. 2016. Determinants of integrated pest management adoption for olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) in Roudbar, Iran. Crop Protection, 84: 113-120.

Basarir A & Gillespie JM. 2006. Multidimensional goals of beef and dairy producers: An inter-industry comparison. Agricultural Economics, 35(1), 103-114.

Bell S & Morse S. 2008. Sustainability indicators: Measuring the immeasurable? Earthscan.

Bell S & Morse S. 2013. Measuring sustainability: Learning from doing. Routledge.

Berkhout F, Verbong G, Wieczorek AJ, Raven R, Lebel L & Bai X. 2010. Sustainability experiments in Asia: Innovations shaping alternative development pathways? Environmental Science & Policy, 13(4): 261-271.

Beus CE & Dunlap RE.1990. Conventional versus alternative agriculture: The paradigmatic roots of the debate. Rural Sociology, 55: 590–616.

Boender CGE, De Graan JG, & Lootsma FA. 1989. Multi-criteria decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. Fuzzy Sets and Systems, 29(2): 133-143.

Bossel H. 2001. Assessing viability and sustainability: a systems-based approach for deriving comprehensive indicator sets. Conservation Ecology 5(2) : 12. [online] URL: http://www.consecol.org/vol5/iss2/art12/

Ells A, Bulte E, & Van Kooten GC. 1997. Uncertainty and forest land use allocation in British Columbia: Vague priorities and imprecise coefficients. Forest Science, 43(4): 509-520.

Farshad A & Zinck JA. 1993. Seeking agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystems & Environment, 47(1): 1-12.

Farshad A & Zinck JA. 2001. Assessing agricultural sustainability using the six-pillar model: Iran as a case study. Agroecosystem sustainability: Developing practical strategies, 137-151.

Freudenberg M. 2003. Composite indicators of country performance: A critical assessment, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2003/16, OECD: Paris, France.

Garcia SM & Staples DJ. 2000. Sustainability reference systems and indicators for responsible marine capture fisheries: A review of concepts and elements for a set of guidelines. Marine and Freshwater Research, 51(5): 385-426.

Gómez-Limón JA & Sanchez-Fernandez G. 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. Ecological Economics, 69(5): 1062-1075.

Haileslassie A, Craufurd P, Thiagarajah R, Kumar S, Whitbread A, Rathor A, Blummel M, Ericsson P, & Kakumanu KR. 2016. Empirical evaluation of sustainability of divergent farms in the dryland farming systems of India. Ecological Indicators, 60: 710-723.

Hansen JW. 1996. Is agricultural sustainability a useful concept? Agricultural Systems, 50(2): 117-143.

Hardi P, Barg S, Hodge T & Pinter L. 1997. Measuring sustainable development: Review of Current Practices, Occasional Paper.

Harrington L. 1995. Sustainability in perspective: Strengths and limitations of farming systems research in contributing to a sustainable agriculture. Journal of Sustainable Agriculture, 5(1-2), 41-59.

Hayati D. 2017. A Literature review on frameworks and methods for measuring and monitoring sustainable agriculture, Technical Report n.22, Global Strategy Technical Report: Rome, Italy.

Hayati D, Ranjbar Z & Karami E. 2010. Measuring agricultural sustainability. In Biodiversity, biofuels, agroforestry and conservation agriculture, 73-100. Springer Netherlands.

Kates RW, Clark WC, Corell R, Hall MJ, Jaeger CC, Lowe I, McCarthy JJ, Schellnhuber HJ, Bolin B, Dickson NM. 2001. Sustainability science. Science, 292: 641–642.

Lo´pez-Ridaura S, Van Keulen H, Van Ittersum M & Leffelaar P. 2005. Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems. Environment, Development and Sustainability, 7(1): 51-69.

Mehrabi Boshrabadi H, Villano R, & Fleming E. 2008. Technical efficiency and environmental-technological gaps in wheat production in Kerman province of Iran. Agricultural Economics, 38(1): 67-76.

Mendoza GA, & Sprouse W. 1989. Forest planning and decision making under fuzzy environments: An overview and illustration. Forest Science, 35(2): 481-502.

Ness B, Urbel-Piirsalu, E, Anderberg S & Olsson L. 2007. Categorising tools for sustainability assessment. Ecological economics, 60(3): 498-508.

OECD-JRC. 2008. Handbook on constructing composite indicators: Methodology and User guide. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) publishing.

PBOKP. 2017. Economic, social and cultural report of Kerman province 2015, Plan and Budget Organization of Kerman Province: Kerman, Iran.

Reed MS, Fraser ED & Dougill AJ. 2006. An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. Ecological Economics, 59(4), 406-418.

Rezaei-Moghaddam K & Hayati D. 1998. Conceptual framework and stages of change in ideas and attitudes in order to transition from conventional agriculture to sustainable agriculture. Agricultural Economics and Development, 6(22), 47-65. (In Persian).

Roy R & Chan NW. 2012. An assessment of agricultural sustainability indicators in Bangladesh: Review and synthesis. The Environmentalist, 32(1): 99-110.

Saisana M & Tarantola S. 2002. State-of-the-art report on current methodologies and practices for composite indicator development, 214. European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and the Security of the Citizen, Technological and Economic Risk Management Unit.

Senanayake R. 1991. Sustainable agriculture: Definitions and parameters for measurement. Journal of Sustainable Agriculture, 1(4): 7-28.

Shannon, C. E., & Wiener, W. (1963). The mathematical theory of communication (pp. 1–117), University of Illinois Press: Urbana, IL, USA.

Solow RM.1993. An almost practical step toward sustainability. Resources Policy, 19(3): 162-172.

Statistical Center of Iran. Available online: https://www.amar.org.ir/ (accessed on 14 September 2017).

Van Kooten GC, Schoney RA, & Hayward KA. 1986. An alternative approach to the evaluation of goal hierarchies among farmers. Western Journal of Agricultural Economics, 11(1): 40-49.

Van Pham L, & Smith C. 2014. Drivers of agricultural sustainability in developing countries: A review. Environment Systems and Decisions, 34(2): 326-341.

Von Wirén-Lehr S. 2001. Sustainability in agriculture—an evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice. Agriculture, Ecosystems & Environment, 84(2), 115-129.

WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. Our Common Future, the Brundtland Report, Oxford University Press: Oxford, UK.

Williams J. 1991. Search for sustainability: Agriculture and its place in the natural ecosystem. Agricultural Science 4, 32-39.