Agricultural Economics and Development

Vol. 32, No. 126, Summer 2024

Research Paper

Sustainability of Wheat, Barley and Maize production in Kerman and Sistan and Baluchistan Provinces of Iran

Z. Badakhshan [1], H. Mehrabi Boshrabadi [2], M. R. Zare Mehrjerdi [3]

Received: 27 September, 2023 Accepted: 20 April, 2024

Introduction: The inflexibility in agricultural production structure is a problem that makes it impossible to return sustainability. Therefore, flexibility leads sustainability in the direction of moderation.

Materials and methods: This study aimed at investigating the wheat, barley and maize sustainability trend as well as their comparisons in North and South Kerman and Sistan and Baluchistan provinces of Iran. So, the composite indices of environmental, economic, and service productivity sustainability of wheat, barley and maize in the concerned provinces during 2000-2021 were calculated using Analytic Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) approaches.

Results and discussion: In AHP, the environmental, economic and service criteria were found to be important, respectively; the water, water resources, financial and transportation were also important, respectively; the pressurized irrigation, water pricing, income and profit sub-sub-criteria were more important and poison, deep well and chemical fertilizer the sub-sub-criteria were less important. To determine the trend, the sustainability criteria were divided into four time periods including 2000-2005, 2006-2009, 2010-2013 and 2014-2021 for environmental and 2000-2006, 2007-2013, 2014-2018 and 2019-2021 for economic and service sustainability. In most years, the trend of environmental sustainability for the concerned periods was decreased, increased and decreased, respectively; the trend of economic sustainability for the concerned periods was

1. PhD Student in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
2. Corresponding Author and Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (hmehrabi@uk.ac.ir).
3. Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

DOI: 10.30490/aead.2024.363632.1555

decreased, decreased and increased, respectively; and the trend of service sustainability for the four mentioned periods was decreased. In most years, the environmental sustainability in North Kerman and Sistan and Baluchistan was more for wheat, maize and barley, respectively and the environmental sustainability in South Kerman was more for barley, wheat and corn, respectively; the economic sustainability in North Kerman and Sistan and Baluchistan was more for maize, barley and wheat, respectively; and the economic sustainability in South Kerman was more for maize, wheat and barley, respectively; and the service sustainability in Southeast Iran was more for maize, wheat and barley, respectively. Also, the environmental sustainability of wheat was more in North Kerman, Sistan and Baluchistan and South Kerman, respectively and that of barley was more in South Kerman, North Kerman and Sistan and Baluchistan, respectively while that of maize was more in Sistan and Baluchistan, North Kerman and South Kerman, respectively. In addition, the economic sustainability of wheat was more in South Kerman, North Kerman and Sistan and Baluchistan, respectively and that of barley was more in North Kerman, Sistan and Baluchistan and South Kerman, respectively while that of maize was more in Sistan and Baluchistan, North Kerman and South Kerman, respectively. The service sustainability of wheat and barley was more in North Kerman, Sistan and Baluchistan and South Kerman, respectively and that of maize was more in North Kerman, South Kerman and Sistan and Baluchistan, respectively. The modified De Martonne results showed that during the study period, the plains of North Kerman were located in dry climate with about 2-5.99 and cold and moderate subclimate; the plains of South Kerman were located in dry climate with about 0-1.99 and 2-5.99 and cold and moderate and warm subclimate; and the plains of Sistan and Baluchistan were located in dry climate with around 0-1.99 and warm and moderate subclimate. The extended De Martonne showed that the sustainability criteria decreased with the change in the average minimum daily temperature in the coldest month of the year.

Conclusions: According to the study results, it can be suggested to provide the basis for increasing sustainability by teaching and promoting productivity-increasing solutions. Also, in order to achieve this goal, the sustainability of agriculture needs the support and proper planning of policymakers, so that it has an upward trend in compliance with global standards. To increase environmental sustainability, more practical solutions should be applied in the consumption of inputs; to increase economic sustainability, financial sustainability needs reforms; and to increase service sustainability, there should be made a revision in packaging and transportation procedures.

Keywords: *Sustainability Trend, Sustainability Comparison, Cereal, AHP, TOPSIS.*

JEL Classification: Q56, Q51, Q01, O47

اقتصاد کشاورزی و توسعه
سال ۳۲، شماره ۱۲۶، تابستان ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

پایداری تولید گندم، جو و ذرت دانه‌ای در استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان

زینب بدخشان[۱]، حسین مهرابی بشرآبادی[۲]، محمدرضا زارع مهرجردی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱

چکیده

عدم انعطاف‌پذیری در ساختار تولید کشاورزی بازگشت به تولید پایدار را غیرممکن می‌سازد و از این‌رو، انعطاف‌پذیری پایداری را به سمت اعتدال سوق می‌دهد. در مطالعهٔ حاضر، با هدف بررسی روند و مقایسه پایداری و با به‌کارگیری روش‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و تاپسیس (TOPSIS)، شاخص‌های ترکیبی پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی گندم، جو و ذرت دانه‌ای در شمال کرمان، جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان طی دورهٔ ۱۴۰۰-۱۳۷۹ محاسبه شد. بر اساس نتایج روش AHP، زیرمعیارهای آب، منابع آبی، مالی و حمل‌ونقل، به‌ترتیب، دارای بیشترین اهمیت در تولید محصولات یادشده بودند؛ همچنین، زیر-زیرمعیارهای آبیاری تحت فشار، آب‌بها و درآمد، به‌ترتیب، بالاترین اهمیت و زیر-زیرمعیارهای سم و چاه عمیق، به‌ترتیب، کمترین اهمیت را داشتند. در طول دوره مطالعه، پایداری معیارها به چهار دوره تقسیم می‌شد که در بیشتر دوره‌ها، روند آن کاهشی و نیز مؤثرترین عوامل بهبود روند پایداری شامل زیرمعیارهای منابع آبی، آب، نیروی کار و بسته‌بندی بود؛ معیار زیست‌محیطی در شمال کرمان و سیستان و بلوچستان برای گندم و در جنوب کرمان برای جو و نیز معیارهای اقتصادی

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۲- نویسندهٔ مسئول و استاد اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
(hmehrabi@uk.ac.ir)
۳- استاد اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

DOI: 10.30490/aead.2024.363632.1555

و خدماتی در ناحیه جنوب شرقی ایران برای ذرت دانه‌ای پایدارتر بودند؛ همچنین، پایداری زیست‌محیطی گندم در شمال کرمان، جو در جنوب کرمان و ذرت دانه‌ای در سیستان و بلوچستان، پایداری اقتصادی گندم در جنوب کرمان، جو در شمال کرمان و ذرت دانه‌ای در سیستان و بلوچستان و پایداری خدماتی هر سه محصول در شمال کرمان بیشتر بود. دومارتن گسترش‌یافته نشان داد که با تغییر میانگین حداقل دمای روزانه در سردترین ماه سال، پایداری معیارها کاهش می‌یابد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که با آموزش و ترویج راهکارهای افزایش بهره‌وری، زمینه افزایش پایداری در زمینه‌های یادشده فراهم شود؛ همچنین، پایداری کشاورزی به حمایت و برنامه‌ریزی صحیح سیاست‌گذاران نیاز دارد تا با رعایت استانداردهای جهانی، روند صعودی را طی کند.

کلیدواژه: *روند پایداری، مقایسهٔ پایداری، غلات، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، تاپسیس (TOPSIS).*

طبقه‌بندی JEL : Q56, Q51, Q01, O47

مقدمه

برای دستیابی به اهداف پایداری، باید معیارهای زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی به‌صورت هم‌افزا و با توجه به تعادل ابعاد مختلف آن، در نظر گرفته شود. کشاورزی پایدار نیازهای انسانی را با افزایش کیفیت زیست‌محیطی، حفظ واحدهای اقتصادی کشاورزی و بهبود کیفیت زندگی تولیدکنندگان کشاورزی تأمین می‌کند (Bathaei & Štreimikienė, 2023). همچنین، بهبود پایداری کشاورزی مستلزم راه‌حل‌های چندوجهی و مشترک در فرآیند تولید است (Steensl& & Zeigler, 2021). از این‌رو، برای دستیابی به پایداری کشاورزی، باید تعادل بین وجه‌ها یا معیارها با ایجاد شرایط بهینه کشاورزی فراهم شود. در اصل اول فائو، تعادل بین معیارها با بهبود کارآیی تولید از طریق استفاده صحیح از منابع در کشاورزی پایدار به‌دست می‌آید (Sridhar et al., 2023). این تعادل در فرآیند تولید کشاورزی وابسته به استفاده بهینه از عوامل تولید «نهاده‌ها، آب، نیروی کار، مکانیزاسیون، حمل‌ونقل و ...» است که با افزایش آن، پایداری کشاورزی افزایش می‌یابد. از این‌رو، برای بررسی پایداری کشاورزی، باید وجه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی در نظر گرفته شوند.

از میان واحدهای تولید کشاورزی، واحدی که بهره‌وری کل آن نسبت به واحدهای دیگر بیشتر باشد، پایدارتر است. در این صورت، بین پایداری واحدهای تولیدی کشاورزی و بهره‌وری عوامل تولید ارتباط تنگاتنگ وجود دارد (Dashti et al., 2015). همچنین، استینزلند و زیگلر

(Steensl& & Zeigler, 2021) بهره‌وری را ابزاری مناسب برای شناسایی بهبود و افت تولید کشاورزی و تعیین سیاست‌های کشاورزی پایدارتر می‌دانند که سیاست‌ها، با تحریک بهره‌وری، شرایط سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (R&D) بخش عمومی و نیز پذیرش فناوری‌های مبتنی بر علم، و ایجاد محیط‌های نظارتی هوشمند را فراهم می‌کنند. از این‌رو، بهره‌وری شرایط لازم را برای رسیدن به هدف پایداری کشاورزی امکان‌پذیر می‌سازد.

در سطح جهانی، به پایداری محصولات زراعی به‌ویژه غلات توجه خاص می‌شود. طبق آمار فائو (FAO, 2022)، تولید غلات یک‌سوم کل محصولات زراعی است و طبق آمار جهاد کشاورزی ایران (MAJ, 2022)، غلات بیشترین سهم سطح زیر کشت (۷۶/۲ درصد) و دومین سهم تولید (۲۴/۶ درصد) محصولات زراعی را به خود اختصاص می‌دهند. همچنین، در میان غلات، گندم ۷۴/۱۷، جو ۱۷/۰۳، شلتوک ۷/۷۰ و ذرت دانه‌ای ۱/۰۶ درصد از سطح زیر کشت و گندم ۶۴/۲۶، جو ۱۴/۳۱، شلتوک ۱۷/۵۱ و ذرت دانه‌ای ۳/۸۳ درصد از تولید را به خود اختصاص می‌دهند (MAJ, 2022). از این‌رو، برای رسیدن به هدف غذای سالم، بررسی پایداری گندم، جو و ذرت دانه‌ای از اهمیت زیادی برخوردار است.

برای دستیابی به توسعه پایدار، در مطالعهٔ حاضر، پایداری محصولات گندم، جو و ذرت دانه‌ای با استفاده از بهره‌وری عوامل تولید از طریق شاخص ترکیبی زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی در شمال استان کرمان، جنوب استان کرمان و استان سیستان و بلوچستان طی دوره زمانی ۱۳۷۹–۱۴۰۰ محاسبه شد.

مواد و روش‌ها

توسعه پایدار در صدد ایجاد رویکرد یکپارچه است که با تعادل در پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی، به اهداف پایداری دست می‌یابد (Dos Reis et al., 2023). همچنین، با توجه به اهمیت غلات در مصرف سرانه (Verma et al., 2023)، ارزیابی پایداری گندم، جو و ذرت دانه‌ای مورد تأکید قرار می‌گیرد. از این‌رو، در مطالعهٔ حاضر، پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی (شکل ۳) گندم، جو و ذرت دانه‌ای با در نظر گرفتن مراحل تولید آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت (شکل ۱) در استان‌های جنوب شرقی ایران (کرمان و سیستان و بلوچستان) طی سال‌های ۱۴۰۰–۱۳۷۹ بررسی شده است. همچنین، در کشاورزی پایدار، با تلفیق دانش و مدیریت، بهره‌وری کل واحد تولیدی افزایش می‌یابد (Emami, 2019). در مطالعهٔ حاضر، با استفاده از دانش اقلیمی، وزن‌های عوامل تولید با

بهره‌گیری از رویکرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی[1] در مراحل تولید تعیین شدند. با روش ترتیب اولویت بر اساس شباهت به راه حل ایده‌آل (تاپسیس)[2] روند پایداری مشخص شد و سپس، وضعیت پایداری معیارها و زیرمعیارهای محصولات در هر استان و وضعیت پایداری معیارها و زیرمعیارهای هر محصول در استان‌ها با روش تاپسیس (TOPSIS) مقایسه شد. همچنین، برای بررسی ارتباط بین اقلیم و پایداری، با روش دومارتن[3] گسترش‌یافته، وضعیت اقلیم خشک و زیراقلیم دشت‌های استان کرمان و سیستان و بلوچستان در دوره زمانی مورد نظر بررسی شد. لازم به ذکر است که داده‌های هزینه‌تولید استان کرمان به‌صورت شمال کرمان و جنوب کرمان منتشر می‌شوند؛ بنابراین، در مطالعهٔ حاضر، شمال کرمان و جنوب کرمان به‌عنوان دو استان مجزا در نظر گرفته شده است.

شکل ۱- زیر-زیرمعیارها در مراحل مختلف تولید

ناحیه مورد مطالعه

کرمان اولین و سیستان و بلوچستان دومین استان پهناور ایران به‌شمار می‌روند که در جنوب شرقی فلات مرکزی ایران قرار دارند (شکل ۲). استان کرمان دارای ۲۳ شهرستان (نُه شهرستان در شمال و چهارده شهرستان در جنوب استان) و سیستان و بلوچستان دارای ۲۶ شهرستان است (SCI, 2023).

1. Analytic Hierarchy Process (AHP)
2. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
3. De Martonne, Emmanuel

در استان کرمان، دوازده حوزه آبریز (هفت حوزه در شمال و پنج حوزه در جنوب استان) و ۳۹ دشت (۲۳ دشت در شمال و شانزده دشت در جنوب استان) و در استان سیستان و بلوچستان نیز شش حوزه آبریز و ۴۲ دشت وجود دارد (Alizadeh et al., 1999). در این دشت‌ها، طرح‌های متفاوت محصولات زراعی و باغی توسط وزارت جهاد کشاورزی و سازمان هواشناسی بررسی می‌شوند. محصولات گندم، جو و ذرت دانه‌ای، به‌ترتیب، ۱/۲۱، ۱/۴۴ و ۹/۶۰ درصد از تولید کشور و ۰/۶۲، ۱/۱۰ و ۱۱/۶۲ درصد از سطح زیر کشت کشور را در دشت‌های شمال کرمان و نیز به‌ترتیب، ۱/۴۲، ۰/۴۸ و ۱۲/۴۸ درصد از تولید کشور و ۰/۷۱، ۰/۴۰ و ۱۲/۹۴ درصد از سطح زیر کشت کشور را در دشت‌های جنوب کرمان و به‌ترتیب، ۱/۶۵، ۱/۲۸ و ۱/۳۰ درصد از تولید کشور و ۱/۲۲، ۱/۰۱ و ۱/۶۶ درصد از سطح زیر کشت کشور را در دشت‌های سیستان و بلوچستان به خود اختصاص داده‌اند (MAJ, 2022).

شکل ۲- موقعیت جغرافیایی شمال استان کرمان، جنوب استان کرمان و استان سیستان و بلوچستان

طبقه‌بندی دومارتن گسترش‌یافته

مطالعات متعدد مؤید تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی ایران است (Koocheki & Nasiri Mahalati, 2016). هدف مطالعهٔ حاضر از تعیین اقلیم دشت‌های دو استان کرمان و سیستان و بلوچستان در دوره مطالعه با روش دومارتن گسترش‌یافته بررسی ارتباط بین اقلیم و تولید پایدار کشاورزی بود. طبقه‌بندی دومارتن گسترش‌یافته ترکیبی از خشکی اقلیم (A_i) و میانگین حداقل دمای روزانه در سردترین ماه سال (m_j) است. خشکی اقلیم با رابطه (۱) محاسبه و با هفت آستانه در جدول ۱ تعیین شد.

$$A_i = P / (T + 10) \qquad (۱)$$

در رابطهٔ بالا، P میانگین سالانه بارندگی به میلی‌متر و T میانگین سالانه دمای روزانه به درجه سانتی‌گراد است. در مطالعهٔ حاضر، به‌دلیل قرار گرفتن ایران به‌طور عمده در اقلیم خشک $A_۱$ و نیمه‌خشک $A_۲$، این دو اقلیم به پنج آستانه a، b، c، d و e در جدول ۲ تقسیم شده و با استفاده از میانگین حداقل دمای روزانه در سردترین ماه سال برای هر اقلیم (جدول ۳)، چهار زیراقلیم در نظر گرفته شده است (Zanjani Jam & Sufi, 2007). در پژوهش حاضر، از داده‌های هواشناسی NOAA برای محاسبه دومارتن گسترش‌یافته استفاده شده است.

جدول ۱- خشکی اقلیم دومارتن گسترش‌یافته و آستانه‌های آن

آستانه خشکی اقلیم	خشکی اقلیم	نماد A_i
۹-۰/۹۹	خشک	$A_۱$
۱۹-۱۰/۹۹	نیمه‌خشک	$A_۲$
۱۹/۲۳-۹۹/۹۹	مدیترانه‌ای	$A_۳$
۲۷-۲۴/۹۹	نیمه‌مرطوب	$A_۴$
۳۴-۲۸/۹۹	مرطوب	$A_۵$
۵۴-۳۵/۹۹	خیلی مرطوب نوع الف	$A_۶$
> ۵۵	خیلی مرطوب نوع ب	$A_۷$

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۲. آستانه‌های ابتکاری خشکی اقلیم خشک و نیمه خشک دومارتن گسترش‌یافته

آستانه خشکی اقلیم	خشکی اقلیم	نماد A_i	آستانه خشکی اقلیم	خشکی اقلیم	نماد A_i
a: (۱۱-۱۰/۹۹)			a: (۱-۰/۹۹)		
b: (۱۳-۱۲/۹۹)			b: (۳-۲/۹۹)		
c: (۱۵-۱۴/۹۹)			c: (۵-۴/۹۹)		
d: (۱۷-۱۶/۹۹)			d: (۷-۶/۹۹)		
e: (۱۹-۱۸/۹۹)			e: (۹-۸/۹۹)		

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۳- زیراقلیم و میانگین حداقل دمای روزانه در سردترین ماه سال

میانگین حداقل دمای روزانه در سردترین ماه سال (C°)	زیراقلیم	نماد m_j
کمتر از ۷-	فراسرد	M_1
۷- تا صفر	سرد	M_2
صفر تا ۵	معتدل	M_3
بیشتر از ۵	گرم	M_4

مأخذ: یافته‌های پژوهش

معرفی زیرمعیارها و زیر-زیرمعیارهای پایداری مورد مطالعه

در مطالعهٔ حاضر، از معیارهای پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی استفاده شده و همچنین، معیار زیست‌محیطی شامل زیرمعیارهای «آب، نهاده‌ها و منابع آبی»، معیار اقتصادی شامل زیرمعیارهای «نیروی کار، مکانیزاسیون و مالی» و معیار خدمات شامل زیرمعیارهای «حمل‌ونقل و بسته‌بندی» بوده است.

در معیار زیست‌محیطی، زیرمعیار آب شامل «آب‌بها، آبیاری تحت فشار و آبیاری دستی»، زیرمعیار نهاده‌ها شامل «بذر، کود حیوانی، کود شیمیایی، سموم و مبارزه بیولوژیکی با آفات» و زیرمعیار منابع آبی شامل «قنات، چشمه، رودخانه، چاه آرتزین، چاه سطحی، چاه نیمه‌عمیق، چاه عمیق، برکه، سد، منابع مختلف و سایر منابع» است.

در معیار اقتصادی، زیرمعیار نیروی کار شامل «آبیاری، شخم، دیسک، تسطیح زمین، کرت‌بندی زمین، سله‌شکنی و وجین، بذرپاشی، کودپاشی حیوانی، کودپاشی شیمیایی، سم‌پاشی، درو، خرمن‌کوبی، جمع‌آوری و حمل‌ونقل در مزرعه، و کیسه‌گیری و بارگیری»، زیرمعیار مکانیزاسیون شامل «شخم، دیسک، تسطیح زمین، کرت‌بندی زمین، سله‌شکنی و وجین، بذرپاش، کودپاش حیوانی، کودپاش

شیمیایی، سم‌پاش، تجهیزات برداشت (کمباین، دروگر و سایر ماشین‌آلات) و خرمن‌کوب» و زیرمعیار مالی شامل «اجاره‌بهای زمین، سود، درآمد و حمایت جهاد کشاورزی» است.

در معیار خدماتی، زیرمعیار حمل‌ونقل شامل «حمل‌ونقل نهاده‌ها (بذر، کود حیوانی و کود شیمیایی)، جمع‌آوری و حمل در مزرعه، و حمل به انبار و مراکز خرید» و زیرمعیار بسته‌بندی شامل «پاک کردن بذر، کیسه‌گیری و بارگیری به انبار و مراکز خرید» است.

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و تاپسیس (TOPSIS)

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یک رویکرد چندمنظوره برای تصمیم‌گیری است که با تبدیل مقادیر کیفی به مقادیر کمی، امکان مقایسه وزن‌های کمی را فراهم می‌کند (Motlagh et al., 2020)؛ و با فرآیند تاپسیس (TOPSIS)، مقادیر کمی چندهدفه ارزیابی می‌شوند. بدین ترتیب، با ترکیب این دو روش، می‌توان تحقیقات را غنی‌تر، مدل را کاربردی‌تر و نتایج را بهینه‌تر کرد (Xue & Li, 2022). در فرآیند AHP (Basak & Saaty, 1993)، پرسشنامه مقایسات زوجی با هدف تولید پایدار محصولات زراعی بر اساس معیارها، زیرمعیارها و زیر–زیرمعیارهای پایداری برای ناحیه جنوب شرقی ایران تکمیل شد؛ سپس، با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice، وزن‌های نسبی برای معیارها، زیرمعیارها و زیر–زیرمعیارها با نسبت ناسازگاری کمتر از ۰/۱ به‌دست آمد. آنگاه با ترکیب وزن‌های نسبی معیارها، زیرمعیارها و زیر–زیرمعیارها، وزن‌های نهایی تعیین شد؛ و در نهایت، معیارها، زیرمعیارها و زیر–زیرمعیارها به‌تفکیک بر اساس نتایج وزن‌های نهایی اولویت‌بندی شدند.

از آنجا که افزایش بهره‌وری کشاورزی محرک کلیدی برای دستیابی به بسیاری از اهداف توسعه پایدار است (Chopra, 2022)، در مطالعهٔ حاضر، از بهره‌وری عوامل تولید بر اساس رابطه (۲) برای محاسبه پایداری استفاده شد (Matebu & Shibabaw, 2015):

$$PP_{ijty} = \frac{Q_{ity}}{X_{ijt}} = \frac{1}{X_{ijt}} f_y(X_1, X_2, ..., X_{ijt}) \qquad (۲)$$

که در آن، PP_{ijty} بهره‌وری جزئی، X_{ijt} هزینه عامل تولید، Q_{ity} ارزش محصول، y محصول، i استان، j عامل تولید و t سال است.

در فرآیند TOPSIS (Lai et al., 1994)، طبق مجموعه روابط (۳)، ماتریس تصمیم‌گیری (نتایج بهره‌وری) به ماتریس بی‌مقیاس تبدیل و سپس، طبق مجموعه روابط (۴)، ماتریس بی‌مقیاس وزین محاسبه شد:

$$N_{jt} = \frac{R_{jt}}{\sqrt{\sum_{\substack{t=2000 \\ j=1}}^{\substack{t=2021 \\ j=78}} R_{jt}^2}} \qquad (۳-۱)$$

$$N_{ijy} = \frac{R_{ijy}}{\sqrt{\sum_{i,j,y=1}^{i,y=3,\, j=78} R_{ijy}^2}} \qquad (۳-۲)$$

که در این روابط، N_{jt} و N_{ijy} ماتریس بی‌مقیاس و R_{jt} و R_{ijy} ماتریس تصمیم‌گیری است. با رابطه (۳-۱)، روند پایداری در طول مطالعه تعیین شد و با رابطه (۳-۲)، پایداری گندم، جو و ذرت دانه‌ای ناحیه جنوب شرقی در هر سال مقایسه شد.

$$V_{jt} = W_j N_{jt} = W_j \frac{R_{jt}}{\sqrt{\sum_{\substack{t=2000 \\ j=1}}^{\substack{t=2021 \\ j=78}} R_{jt}^2}} \qquad (۴-۱)$$

$$V_{ijy} = W_j N_{ijy} = W_j \frac{R_{ijy}}{\sqrt{\sum_{i,j,y=1}^{i,y=3,\, j=78} R_{ijy}^2}} \qquad (۴-۲)$$

در روابط بالا، V_{jt} و V_{ijy} ماتریس بی‌مقیاس وزین (زیر-زیرشاخص‌ها) و W_j ماتریس وزن‌هاست. با رابطه (۱-۴)، روند پایداری در طول مطالعه تعیین و با رابطه (۲-۴)، پایداری گندم، جو و ذرت دانه‌ای ناحیه جنوب شرقی در هر سال مقایسه شد.

شاخص پایداری ترکیبی

زیر-زیرشاخص‌های پایداری اثرات مثبت و منفی بر پایداری دارند. زیر-زیرشاخص‌های منفی شامل زیر-زیرشاخص‌های تجهیزات دستی و نیروی کار دستی (شخم، دیسک، تسطیح زمین، کرت‌بندی، آبیاری، سله‌شکنی و وجین، بذرپاش، کودهای حیوانی و شیمیایی، سم‌پاش، درو، خرمن‌کوبی و جمع‌آوری و حمل در مزرعه)، استفاده از کودها و سموم شیمیایی، حمل‌ونقل کودهای شیمیایی و سموم، نیروی کار کودهای شیمیایی و سم‌پاشی، اجاره‌بهای زمین و چاه عمیق است. زیر-زیرشاخص‌های مثبت شامل همه زیر-زیرشاخص‌ها به‌جز زیر-زیرشاخص‌های منفی است. برای محاسبه زیرشاخص پایداری، اثرات مثبت و منفی طبق مجموعه روابط (۵) در نظر گرفته شد (Senanayake, 1991):

$$S_{jt} = \sum_{\substack{j=1 \\ t=2000}}^{\substack{j=52 \\ t=2021}} p_{jt} - \sum_{\substack{j=1 \\ t=2000}}^{\substack{j=26 \\ t=2021}} n_{jt} \qquad (۵-۱)$$

$$S_{ijy} = \sum_{ijy=1}^{i,y=3,j=52} p_{ijy} - \sum_{ijy=1}^{i,y=3,j=26} n_{ijy} \qquad (۵-۲)$$

که در این روابط، S_{jt} و S_{ijy} زیرشاخص پایداری، p_{jt} و p_{ijy} زیر-زیر-شاخص‌های مثبت و n_{jt} و n_{ijy} زیر-زیر-شاخص‌های منفی است. با رابطه (۱-۵)، روند پایداری در طول مطالعه تعیین و با رابطه (۲-۵)، پایداری گندم، جو و ذرت دانه‌ای ناحیه جنوب شرقی در هر سال مقایسه شد.

زیرشاخص‌های پایداری با روش نرمال‌سازی حداکثر- حداقل طبق مجموعه روابط (۶) نرمال‌سازی شدند، که مقادیر نرمال‌شده در محدوده [۰,۱] قرار دارند (Talukder et al., 2017; Nardo et al., 2008):

$$ES_{jt} = \frac{S_{jt} - S_{jt}^{\min}}{S_{jt}^{\max} - S_{jt}^{\min}} \qquad (۶-۱)$$

$$ES_{ijy} = \frac{S_{ijy} - S_{ijy}^{\min}}{S_{ijy}^{\max} - S_{ijy}^{\min}} \qquad (۶-۲)$$

که در این روابط، ES_{jt} و ES_{ijy} زیرشاخص پایداری نرمال‌شده، S_{jt} و S_{ijy} زیرشاخص پایداری، $S_{jt}^{\min}$ و $S_{ijy}^{\min}$ حداقل زیرشاخص پایداری و $S_{jt}^{\max}$ و $S_{ijy}^{\max}$ حداکثر زیرشاخص پایداری است. با رابطه (۶-۱)، روند پایداری در طول مطالعه تعیین و با رابطه (۶-۲)، پایداری گندم، جو و ذرت دانه‌ای ناحیه جنوب شرقی در هر سال مقایسه شد.

در مرحله آخر، با ترکیب زیرشاخص‌های پایداری نرمال‌شده، شاخص‌های ترکیبی پایداری برای بررسی روند پایداری هر عامل تولید در هر محصول و هر استان در طول دوره مطالعه محاسبه شد و همچنین، این شاخص‌ها برای مقایسه پایداری گندم، جو و ذرت دانه‌ای شمال کرمان، جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان در هر سال محاسبه شدند. در مطالعهٔ حاضر، مقایسه به دو صورت مقایسه پایداری معیارها و زیرمعیارهای محصولات در هر استان و مقایسه پایداری معیارها و زیرمعیارهای هر محصول در استان‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

تعیین اقلیم

در مطالعهٔ حاضر، بیست نقطه از ۲۳ دشت شمال کرمان (جدول ۴)، چهارده نقطه از شانزده دشت جنوب کرمان (جدول ۴) و ۳۴ نقطه از ۴۲ دشت سیستان و بلوچستان (جدول ۵) برای بررسی اقلیم در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که برخی از دشت‌ها به‌دلیل نزدیکی به یکدیگر با هم ادغام شده‌اند. نتایج نشان داد که شمال کرمان در ده نقطه در A1b یعنی، اقلیم خشک با آستانه ۲/۹۹-۳، در پنج نقطه در A1c یعنی، اقلیم خشک با آستانه ۵/۹۹-۴ و در پنج نقطه در دیگر اقلیم‌ها (دو نقطه در A1a، یک نقطه در A1d و دو نقطه در A1b-A1c) و در نه نقطه در M2 یعنی، زیراقلیم سرد و در یازده نقطه در M3 یعنی، زیراقلیم معتدل قرار دارد (جدول ۴). جنوب کرمان در شش نقطه در A1a یعنی، اقلیم خشک با آستانه ۱/۹۹-۰، در چهار نقطه در A1b یعنی، اقلیم خشک با آستانه ۲/۹۹-۳ و در چهار نقطه در A1c یعنی، اقلیم خشک با آستانه ۵/۹۹-۴ و در پنج نقطه در M3 یعنی، زیراقلیم معتدل و در نه نقطه در M4 یعنی، زیراقلیم گرم قرار دارد (جدول ۴). سیستان و بلوچستان در ۳۲ نقطه در A1a یعنی، اقلیم خشک با آستانه ۱/۹۹-۰ و در دو نقطه در دیگر اقلیم‌ها (یک نقطه در A1b و یک نقطه در A1a-A1b) و در پانزده نقطه در M3 یعنی، زیراقلیم معتدل، در پانزده نقطه در M4 یعنی، زیراقلیم گرم و در چهار نقطه در دیگر زیراقلیم‌ها (دو نقطه در M2، یک نقطه در M2- M3 و یک نقطه در M3- M4) قرار دارد (جدول ۵).

جدول ۴- نتایج دومارتن گسترش‌یافته دشت‌های شمال کرمان و جنوب کرمان

جنوب کرمان			شمال کرمان		
ردیف	عرض جغرافیایی- طول جغرافیایی	تعداد سال‌های اقلیم خشکی Ai و تعداد سال‌های زیراقلیم mj	ردیف	عرض جغرافیایی- طول جغرافیایی	تعداد سال‌های اقلیم خشکی Ai و تعداد سال‌های زیراقلیم mj
۱	۵۸.۷۵_۲۸.۷۵	A1a_19 and M4_19	۱	۵۶.۷۵_۳۱.۲۵	A1b_14 and M3_14
۲	۵۷.۲۵_۲۸.۷۵	A1c_9 and M3_18	۲	۵۷.۲۵_۲۹.۲۵	A1b_6 A1c_6 A1d_6 and M2_21
۳	۵۶.۷۵_۲۸.۷۵	A1c_8 and M3_17	۳	۵۷.۷۵_۳۰.۲۵	A1b_14 and M3_16
۴	۵۷.۷۵_۲۸.۷۵	A1b_10 and M4_12	۴	۵۷.۷۵_۲۹.۷۵	A1b_10 and M2_13
۵	۵۸.۲۵_۲۷.۷۵	A1a_15 and M4_22	۵	۵۸.۲۵_۲۹.۲۵	A1a_15 and M3_11
۶	۵۸.۷۵_۲۷.۷۵	A1a_17 and M4_22	۶	۵۶.۷۵_۲۹.۲۵	A1d_8 and M2_20
۷	۵۷.۲۵_۲۸.۲۵	A1b_11 and M4_18	۷	۵۶.۷۵_۳۰.۲۵	A1b_10 and M2_20
۸	۵۸.۲۵_۲۷.۲۵	A1a_11 and M4_22	۸	۵۶.۷۵_۲۹.۷۵	A1c_9 and M2_20
۹	۵۷.۷۵_۲۷.۷۵	A1a_10 and M4_22	۹	۵۷.۲۵_۲۹.۷۵	A1c_9 and M2_19
۱۰	۵۶.۲۵_۲۸.۲۵	A1b_10 and M4_18	۱۰	۵۶.۲۵_۳۱.۲۵	A1b_15 and M2_15
۱۱	۵۶.۷۵_۲۸.۲۵	A1b_8 and M3_18	۱۱	۵۴.۷۵_۲۹.۷۵	A1c_10 and M3_15
۱۲	۵۷.۷۵_۲۷.۲۵	A1a_9 and M4_22	۱۲	۵۶.۲۵_۲۹.۲۵	A1d_7 and M3_12
۱۳	۵۶.۲۵_۲۸.۷۵	A1c_9 and M3_18	۱۳	۵۵.۷۵_۳۰.۷۵	A1b_14 and M3_12
۱۴	۵۵.۷۵_۲۸.۷۵	A1c_9 and M3_19	۱۴	۵۶.۷۵_۳۰.۷۵	A1b_9 A1c_9 and M2_19
			۱۵	۵۵.۷۵_۲۹.۲۵	A1b_10 and M3_14
			۱۶	۵۴.۷۵_۳۰.۷۵	A1b_16 and M3_14
			۱۷	۵۵.۲۵_۳۱.۲۵	A1b_15 and M3_18
			۱۸	۵۵.۲۵_۲۹.۲۵	A1b_8 A1c_8 and M3_19
			۱۹	۵۴.۷۵_۳۰.۲۵	A1c_10 and M3_15
			۲۰	۵۷.۲۵_۳۰.۲۵	A1c_9 and M2_19

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۵- نتایج دومارتن گسترش‌یافته دشت‌های سیستان و بلوچستان

سیستان و بلوچستان			سیستان و بلوچستان		
تعداد سال‌های اقلیم خشکی Ai و تعداد سال‌های زیراقلیم mj	عرض جغرافیایی- طول جغرافیایی	ردیف	تعداد سال‌های اقلیم خشکی Ai و تعداد سال‌های زیراقلیم mj	عرض جغرافیایی- طول جغرافیایی	ردیف
A1a_9 A1b_9 and M3_16	۶۱.۷۵_۲۷.۲۵	۱۸	A1a_19 and M3_14	۶۱.۷۵_۳۰.۷۵	۱
A1a_9 A1b_9 and M3_16	۶۲.۲۵_۲۷.۲۵	۱۹	A1a_12 and M3_18	۶۱.۷۵_۲۷.۷۵	۲
A1a_12 and M4_20	۶۰.۷۵_۲۷.۲۵	۲۰	A1a_13 and M4_22	۶۱.۲۵_۲۵.۷۵	۳
A1a_11 and M3_15	۶۰.۷۵_۲۷.۷۵	۲۱	A1a_11 and M3_17	۶۰.۷۵_۲۸.۲۵	۴
A1a_12 and M3_19	۶۱.۲۵_۲۷.۷۵	۲۲	A1a_13 and M3_16	۶۱.۲۵_۲۸.۲۵	۵
A1a_14 and M4_22	۵۹.۲۵_۲۷.۷۵	۲۳	A1a_12 and M3_11	۶۰.۷۵_۲۹.۷۵	۶
A1a_13 and M4_22	۶۰.۲۵_۲۵.۷۵	۲۴	A1a_12 and M3_11	۶۰.۲۵_۲۹.۲۵	۷
A1a_11 and M4_22	۶۰.۷۵_۲۵.۲۵	۲۵	A1a_12 and M2_19	۶۰.۷۵_۲۹.۲۵	۸
A1a_11 and M4_21	۵۹.۷۵_۲۶.۷۵	۲۶	A1a_12 and M3_17	۶۰.۲۵_۲۸.۷۵	۹
A1a_10 and M4_22	۶۰.۲۵_۲۶.۲۵	۲۷	A1a_12 and M2_11 M3_11	۶۰.۲۵_۳۰.۲۵	۱۰
A1a_13 and M4_22	۵۹.۷۵_۲۶.۲۵	۲۸	A1a_12 and M2_18	۶۰.۷۵_۲۸.۷۵	۱۱
A1a_13 and M4_22	۵۹.۷۵_۲۵.۷۵	۲۹	A1a_13 and M3_11	۶۱.۲۵_۲۸.۷۵	۱۲
A1a_12 and M4_22	۶۰.۷۵_۲۵.۷۵	۳۰	A1a_13 and M3_12	۶۱.۲۵_۲۹.۲۵	۱۳
A1a_14 and M4_22	۶۱.۷۵_۲۶.۲۵	۳۱	A1a_13 and M3_15	۵۹.۷۵_۲۹.۷۵	۱۴
A1a_9 A1b_9 and M4_14	۶۱.۲۵_۲۶.۷۵	۳۲	A1b_10 and M4_12	۶۲.۷۵_۲۶.۷۵	۱۵
A1a_9 and M4_22	۶۰.۲۵_۲۵.۲۵	۳۳	A1a_17 and M3_11 M4_11	۶۲.۲۵_۲۸.۲۵	۱۶
A1a_11 and M4_22	۶۰.۷۵_۲۶.۲۵	۳۴	A1a_10 and M3_17	۶۲.۲۵_۲۷.۷۵	۱۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

اولویت‌بندی معیارها، زیرمعیارها و زیر-زیرمعیارها

در بررسی کشاورزی پایدار، تعیین اولویت معیارهای زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی بسیار مهم است؛ بنابراین، وزن‌های نسبی و وزن‌های نهایی معیارها، زیرمعیارها و زیر-زیرمعیارهای مربوط، با نظرسنجی کارشناسان، به روش AHP محاسبه شد (شکل ۳). همچنین، برای زیر-زیرمعیارهایی که در دو مرحله تولید استفاده می‌شوند (جدول ۶) و زیر-زیرمعیارهای مکانیزاسیون ماشینی و دستی، وزن‌های نسبی متفاوت در نظر گرفته شده است (جدول ۷).

جدول ۶- وزن‌های نسبی زیر-زیرمعیارها در دو مرحله تولید

مراحل تولید	آب‌بها، آبیاری تحت فشار و آبیاری دستی	مراحل تولید	کود حیوانی و کود شیمیایی (هزینه، حمل‌ونقل و کودپاشی)
کاشت	۰/۳۳۳	آماده‌سازی زمین	۰/۳۳۳
داشت	۰/۶۶۷	داشت	۰/۶۶۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

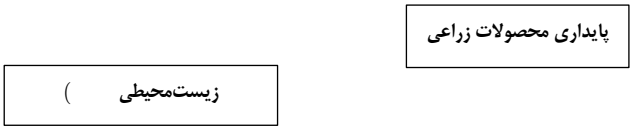
جدول ۷. وزن‌های نسبی مکانیزاسیون ماشینی و دستی

مکانیزاسیون	شخم	دیسک، بذرپاشی، کودپاشی، کرت‌بندی، ماشین‌آلات برداشت و خرمن‌کوب	سمپاشی	جمع‌آوری و حمل و نقل در مزرعه، تسطیح زمین، و سله‌شکنی و وجین
ماشینی	۰/۸۷۵	۰/۷۵۰	۰/۸۳۳	۰/۶۶۷
دستی	۰/۱۲۵	۰/۲۵۰	۰/۱۶۷	۰/۳۳۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به وزن معیارهای پایداری در شکل ۳، پایداری زیست‌محیطی از اولویت بیشتری نسبت به پایداری اقتصادی برخوردار است، زیرا زمینه تأمین نیازهای اساسی برای نسل‌های حال و آینده، با عدم توجه به حفاظت از محیط زیست، به چالش می‌افتد. علاوه بر این، پایداری اقتصادی نسبت به پایداری خدماتی اولویت بیشتری دارد، زیرا کشاورز با در نظر گرفتن منابع مالی در فصل تولید و هزینه‌های خدمات قبل از فروش، تصمیمات پایداری خدماتی را اتخاذ می‌کند.

با توجه به وزن زیرمعیارهای زیست‌محیطی در شکل ۳، آب نسبت به نهاده‌ها و منابع آبی اولویت بیشتری دارد، چراکه دسترسی به آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک و دسترسی آسان به نهاده‌های بذر، کود و سموم محدود است و همچنین، با افزایش بهره‌وری آب از طریق مدیریت، می‌توان مشکل محدودیت منابع آبی را تا حدودی کاهش داد. در پایداری آب، آبیاری تحت فشار به‌دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب، اهمیت بیشتری دارد. در پایداری منابع آبی، رودخانه، چشمه، قنات، چاه آرتزین، سد، چاه سطحی، چاه نیمه‌عمیق، برکه، منابع آبی مختلف، سایر منابع آبی و چاه عمیق، به‌ترتیب، اولویت بیشتری دارند. چاه‌های عمیق به‌دلیل دسترسی ناکافی به آب حفر می‌شوند؛ و از این‌رو، اولویت کمتری دارند. در پایداری نهاده‌ها، بذر، کودهای حیوانی و کنترل بیولوژیکی آفات، کودهای شیمیایی و سموم، به‌ترتیب، اهمیت بیشتری دارند. دلیل اهمیت کمتر کودها و سموم شیمیایی، آلودگی منابع آب و خاک با استفاده بی‌رویه از مواد شیمیایی در بخش کشاورزی است.

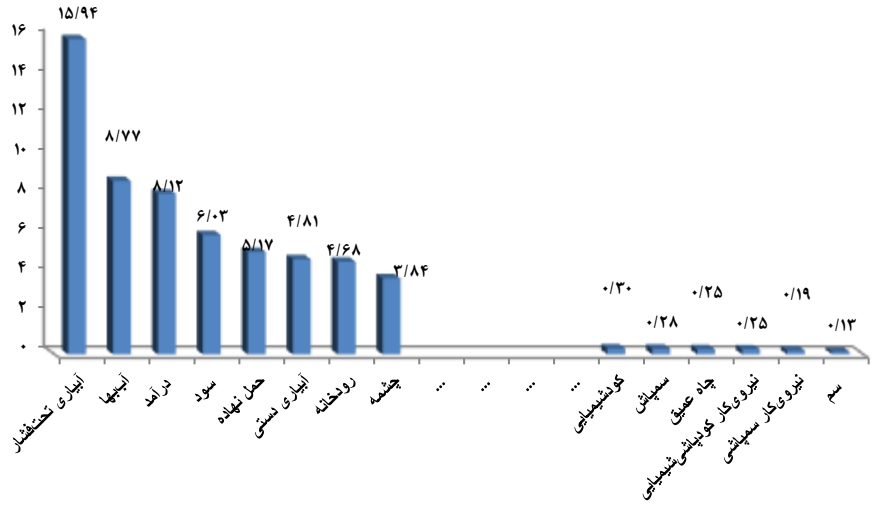


شکل ۳- نمودار وزن‌های نسبی و نهایی معیارها، زیرمعیارها و زیر-زیرمعیارهای پایداری (وزن‌های نسبی بالا و وزن‌های نهایی پایین)

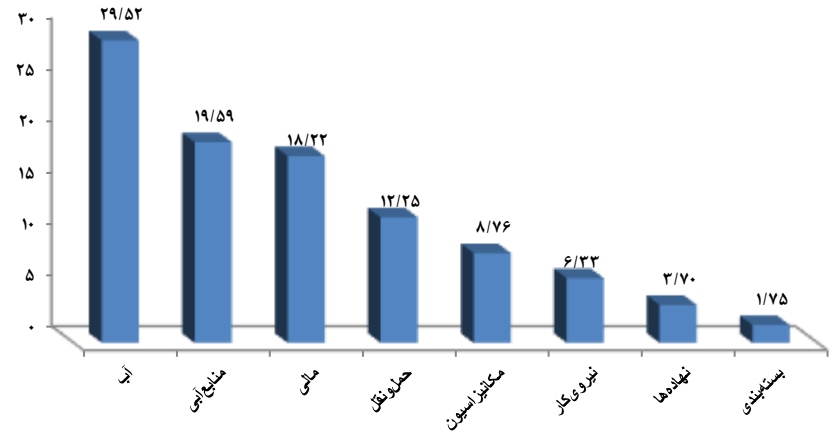
با توجه به وزن زیرمعیارهای اقتصادی در شکل ۳، زیرمعیار مالی نسبت به مکانیزاسیون و نیروی کار اولویت بیشتری دارد، زیرا کشاورزان با مشکلات مالی مواجه می‌شوند و درآمد و سود عناصر اصلی در کاهش مشکلات تولید به‌شمار می‌روند. به دیگر سخن، کشاورزان در مراحل تولید به درآمد و سود نیاز دارند تا تجهیزات مکانیزاسیون و نیروی کار را برای ادامه فعالیت کشاورزی فراهم کنند. ماهیت عملیات کشاورزی اولویت مکانیزاسیون و نیروی کار و زیر–زیرمعیارهای آنها را تعیین می‌کند. در پایداری مالی، اهمیت کمتر حمایت جهاد کشاورزی نسبت به اجاره‌بهای زمین، سود و درآمد در این است که جهاد کشاورزی برای ارتقای توسعه پایدار تنها در شرایط بحرانی و اضطراری، حمایت‌های فنی و مالی گوناگون را ارائه می‌کند، اما بقیه زیرمعیارها همیشه در مراحل تولید کشاورزی مورد نیاز است.

با توجه به وزن‌های زیرمعیارهای خدماتی در شکل ۳، زیرمعیار حمل‌ونقل نسبت به بسته‌بندی اولویت بیشتری دارد، زیرا حمل‌ونقل نقش اساسی در توسعه کشاورزی ایفا می‌کند، البته با بسته‌بندی هم حمل‌ونقل آسان‌تر می‌شود، و راهبرد «بازاریابی» است.

رتبه‌بندی زیرمعیارهای پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی محصولات زراعی در شکل ۴– الف، به‌ترتیب، اهمیت بیشتر آب، منابع آبی، مالی، حمل‌ونقل، مکانیزاسیون، نیروی کار، نهاده‌ها و بسته‌بندی را نشان می‌دهد. رتبه‌بندی زیر–زیرمعیارهای پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی در شکل ۴– ب اولویت بیشتر، به‌ترتیب، آبیاری تحت فشار، آب‌بها، درآمد، سود و حمل نهاده و اولویت کمتر، به‌ترتیب، سم، نیروی کار سمپاشی، نیروی کار کودپاشی شیمیایی، چاه عمیق، سمپاش و کود شیمیایی را تأیید می‌کند. از آنجا که از دیدگاه کشاورز، آب، وضعیت مالی و حمل‌ونقل از عوامل مهم توسعه کشاورزی به‌شمار می‌روند و حفر چاه عمیق بیانگر ناپایداری منابع آبی و استفاده از سموم و کودهای شیمیایی بیانگر ناپایداری نهاده‌هاست، نتایج رتبه‌بندی نشان‌دهنده وضعیت پایدار در تولید محصولات کشاورزی است.



شکل ۴- الف_ نمودار رتبه‌بندی زیرمعیارهای پایداری

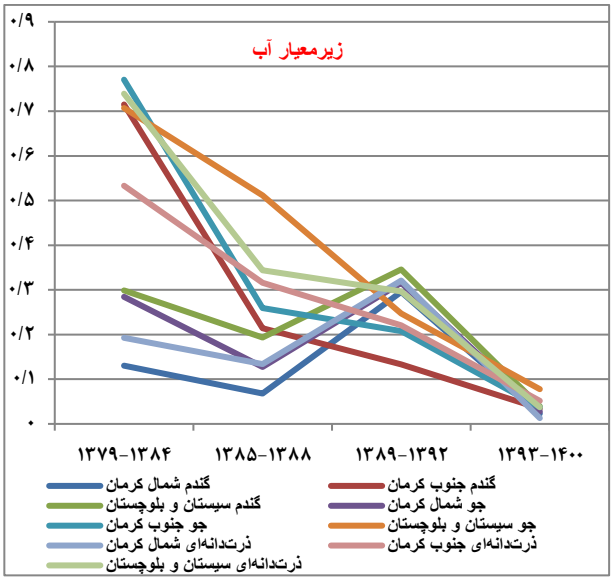


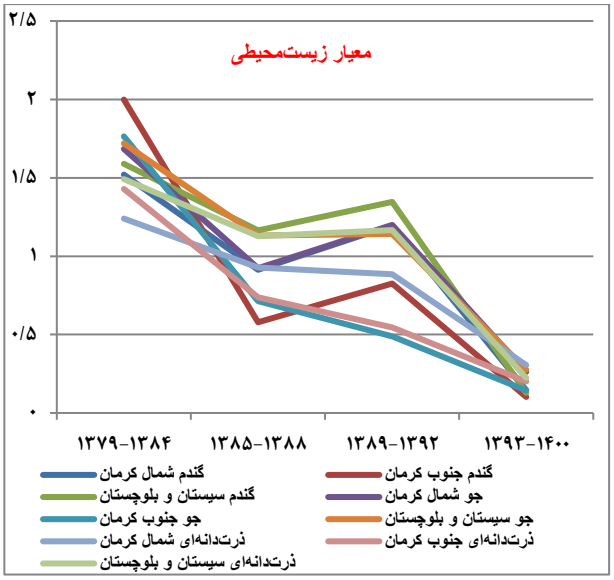
شکل ۴- ب- نمودار رتبه‌بندی زیر-زیرمعیارهای پایداری

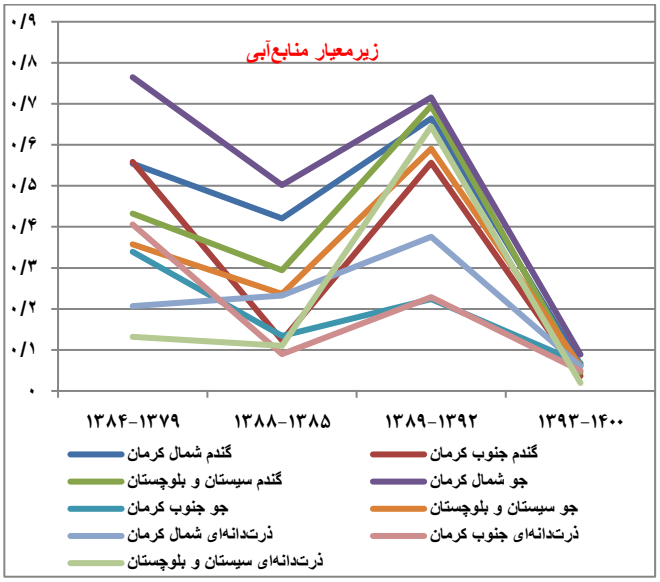
بررسی روند پایداری

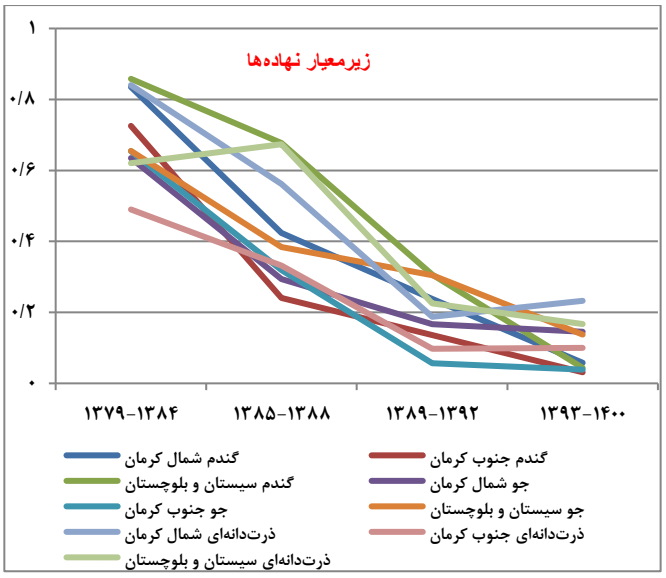
برای تعیین روند پایداری، نتایج حاصل از پایداری معیارها و زیرمعیارهای هر محصول در هر استان در طول دوره زمانی بررسی شد. نتایج نشان داد که پایداری گندم، جو و ذرت دانه‌ای شمال

کرمان، جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان از لحاظ زیست‌محیطی تقریباً به چهار دوره زمانی ۱۳۷۹-۱۳۸۴، ۱۳۸۵-۱۳۸۸، ۱۳۸۹-۱۳۹۲ و ۱۴۰۰-۱۳۹۳ و از لحاظ اقتصادی و خدماتی به چهار دوره زمانی ۱۳۷۹-۱۳۸۵، ۱۳۸۶-۱۳۹۲، ۱۳۹۳-۱۳۹۷ و ۱۳۹۸-۱۴۰۰ تقسیم می‌شوند. از این‌رو، از نتایج حاصل از پایداری در هر دوره میانگین گرفته شده، که نتایج آن در شکل ۵ آمده است.

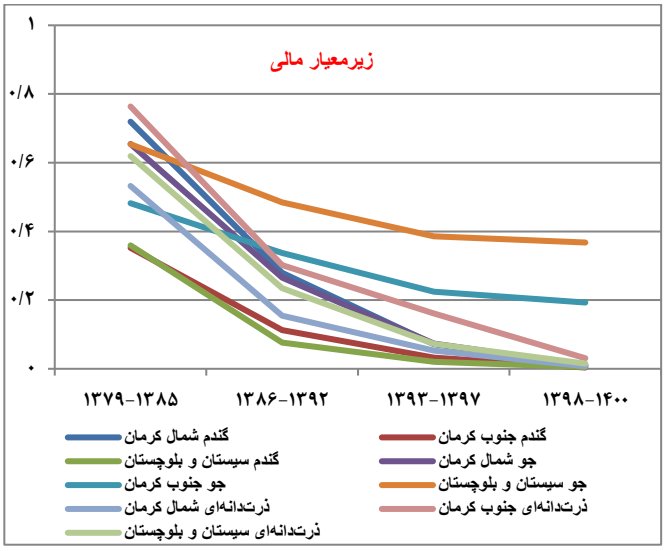


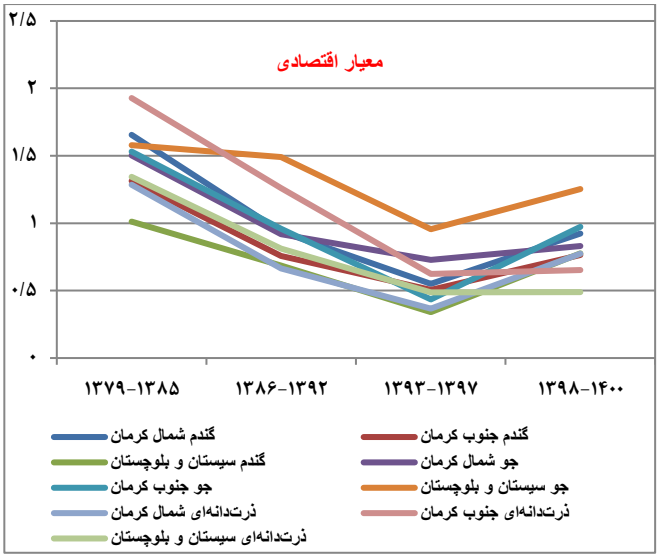


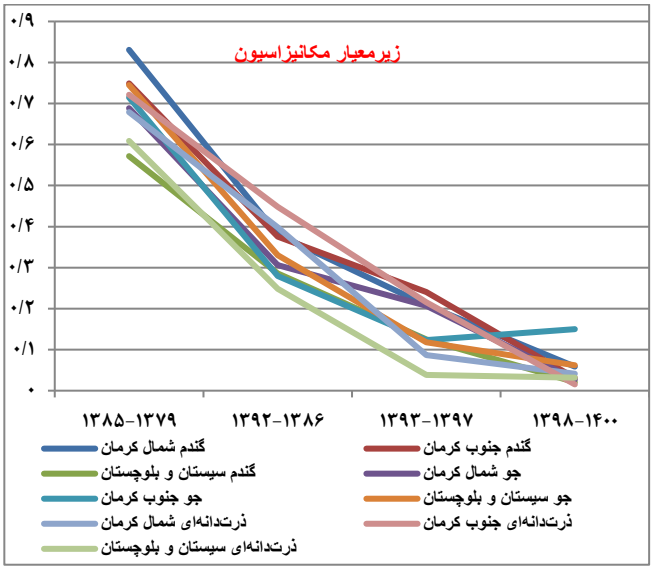

زیرمعیار منابع‌آبی
۰/۹
۰/۸
۰/۷
۰/۶
۰/۵
۰/۴
۰/۳
۰/۲
۰/۱
۰
۱۳۸۴-۱۳۷۹
۱۳۸۸-۱۳۸۵
۱۳۸۹-۱۳۹۲
۱۳۹۳-۱۴۰۰
گندم شمال کرمان
گندم جنوب کرمان
گندم سیستان و بلوچستان
جو شمال کرمان
جو جنوب کرمان
جو سیستان و بلوچستان
ذرت‌دانه‌ای شمال کرمان
ذرت‌دانه‌ای جنوب کرمان
ذرت‌دانه‌ای سیستان و بلوچستان

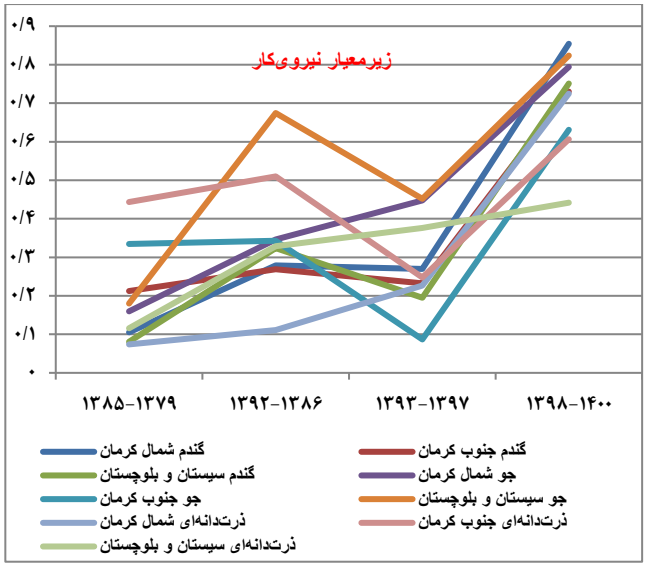

زیرمعیار نهاده‌ها
۱
۰/۸
۰/۶
۰/۴
۰/۲
۰
۱۳۷۹-۱۳۸۴
۱۳۸۵-۱۳۸۸
۱۳۸۹-۱۳۹۲
۱۳۹۳-۱۴۰۰
گندم شمال کرمان
گندم جنوب کرمان
گندم سیستان و بلوچستان
جو شمال کرمان
جو جنوب کرمان
جو سیستان و بلوچستان
ذرت‌دانه‌ای شمال کرمان
ذرت‌دانه‌ای جنوب کرمان
ذرت‌دانه‌ای سیستان و بلوچستان

الف

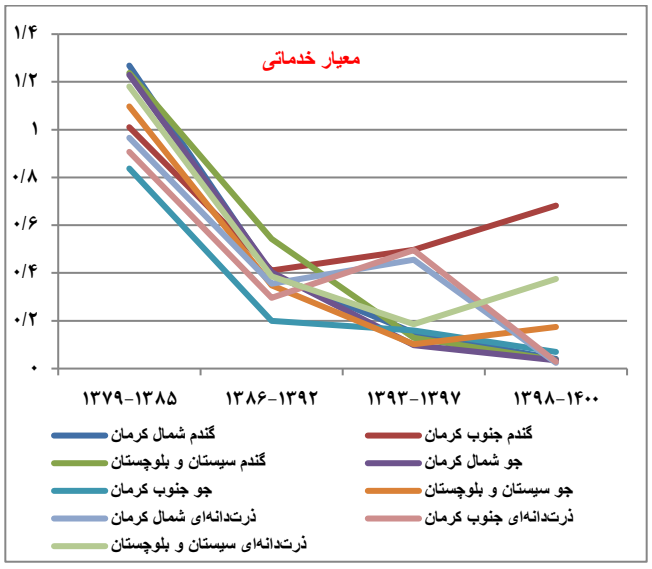

زیرمعیار مالی
۱
۰/۸
۰/۶
۰/۴
۰/۲
۰
۱۳۷۹-۱۳۸۵
۱۳۸۶-۱۳۹۲
۱۳۹۳-۱۳۹۷
۱۳۹۸-۱۴۰۰
گندم شمال کرمان
گندم جنوب کرمان
گندم سیستان و بلوچستان
جو شمال کرمان
جو جنوب کرمان
جو سیستان و بلوچستان
ذرتدانه‌ای شمال کرمان
ذرتدانه‌ای جنوب کرمان
ذرتدانه‌ای سیستان و بلوچستان

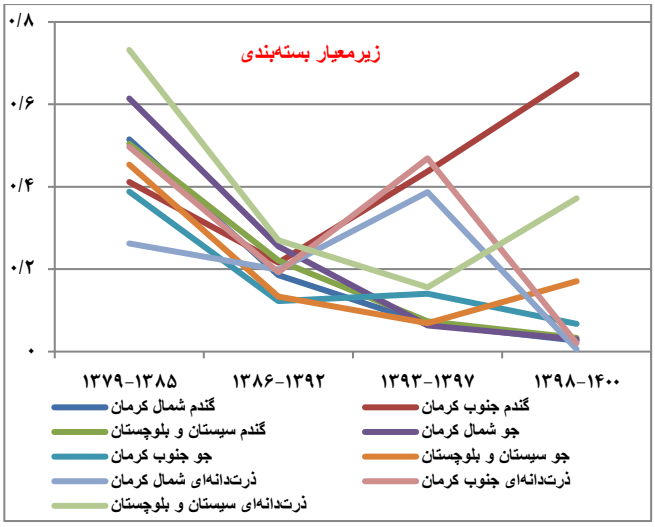

معیار اقتصادی
۲/۵
۲
۱/۵
۱
۰/۵
۰
۱۳۷۹-۱۳۸۵
۱۳۸۶-۱۳۹۲
۱۳۹۳-۱۳۹۷
۱۳۹۸-۱۴۰۰
گندم شمال کرمان
گندم جنوب کرمان
گندم سیستان و بلوچستان
جو شمال کرمان
جو جنوب کرمان
جو سیستان و بلوچستان
ذرتدانه‌ای شمال کرمان
ذرتدانه‌ای جنوب کرمان
ذرتدانه‌ای سیستان و بلوچستان

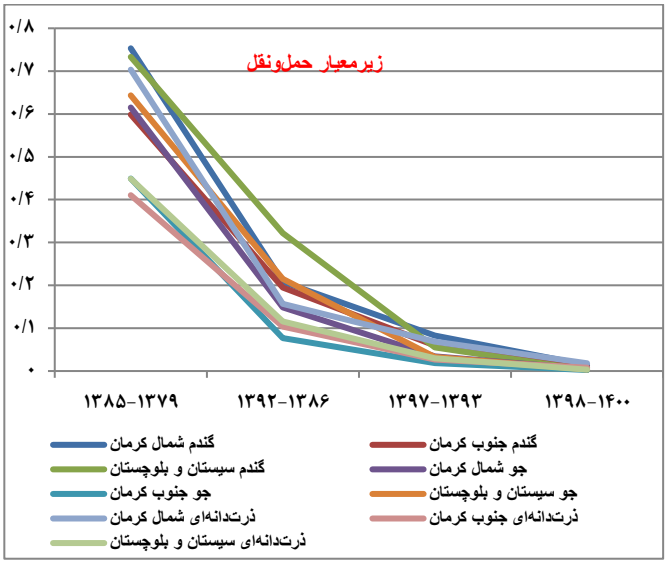

زیرمعیار مکانیزاسیون
۰/۹
۰/۸
۰/۷
۰/۶
۰/۵
۰/۴
۰/۳
۰/۲
۰/۱
۰
۱۳۸۵-۱۳۷۹
۱۳۹۲-۱۳۸۶
۱۳۹۳-۱۳۹۷
۱۳۹۸-۱۴۰۰
گندم شمال کرمان
گندم جنوب کرمان
گندم سیستان و بلوچستان
جو شمال کرمان
جو جنوب کرمان
جو سیستان و بلوچستان
ذرت‌دانه‌ای شمال کرمان
ذرت‌دانه‌ای جنوب کرمان
ذرت‌دانه‌ای سیستان و بلوچستان


زیرمعیار نیروی‌کار
۰/۹
۰/۸
۰/۷
۰/۶
۰/۵
۰/۴
۰/۳
۰/۲
۰/۱
۰
۱۳۸۵-۱۳۷۹
۱۳۹۲-۱۳۸۶
۱۳۹۳-۱۳۹۷
۱۳۹۸-۱۴۰۰
گندم شمال کرمان
گندم جنوب کرمان
گندم سیستان و بلوچستان
جو شمال کرمان
جو جنوب کرمان
جو سیستان و بلوچستان
ذرت‌دانه‌ای شمال کرمان
ذرت‌دانه‌ای جنوب کرمان
ذرت‌دانه‌ای سیستان و بلوچستان

ب


معیار خدماتی
۱/۴
۱/۲
۱
۰/۸
۰/۶
۰/۴
۰/۲
۰
۱۳۷۹-۱۳۸۵
۱۳۸۶-۱۳۹۲
۱۳۹۳-۱۳۹۷
۱۳۹۸-۱۴۰۰
گندم شمال کرمان
گندم جنوب کرمان
گندم سیستان و بلوچستان
جو شمال کرمان
جو جنوب کرمان
جو سیستان و بلوچستان
ذرت‌دانه‌ای شمال کرمان
ذرت‌دانه‌ای جنوب کرمان
ذرت‌دانه‌ای سیستان و بلوچستان


زیرمعیار بسته‌بندی
۰/۸
۰/۶
۰/۴
۰/۲
۰
۱۳۷۹-۱۳۸۵
۱۳۸۶-۱۳۹۲
۱۳۹۳-۱۳۹۷
۱۳۹۸-۱۴۰۰
گندم شمال کرمان
گندم جنوب کرمان
گندم سیستان و بلوچستان
جو شمال کرمان
جو جنوب کرمان
جو سیستان و بلوچستان
ذرت‌دانه‌ای شمال کرمان
ذرت‌دانه‌ای جنوب کرمان
ذرت‌دانه‌ای سیستان و بلوچستان



ج

شکل ۵- روند پایداری معیارها و زیرمعیارهای آنها در چهار دوره:
الف- پایداری زیست‌محیطی، ب- پایداری اقتصادی، ج- پایداری خدماتی

پایداری زیست‌محیطی گندم و جو شمال کرمان، گندم جنوب کرمان و گندم سیستان و بلوچستان در دوره دوم بیشتر به‌دلیل نهاده‌ها، روند کاهشی، در دوره سوم، به‌ترتیب، به‌دلیل منابع آبی و آب، روند افزایشی و در دوره چهارم، بیشتر به‌دلیل منابع آبی، روند کاهشی دارد. پایداری زیست‌محیطی جو جنوب کرمان در دوره دوم، به‌ترتیب، به‌دلیل آب، نهاده‌ها و منابع آبی، روند کاهشی، در دوره سوم به‌دلیل نهاده‌ها، روند کاهشی و در دوره چهارم به دلیل آب و منابع آبی، روند کاهشی و پایداری زیست‌محیطی ذرت دانه‌ای جنوب کرمان در دوره دوم، بیشتر به‌دلیل آب و منابع آبی، روند کاهشی، در دوره سوم، بیشتر به‌دلیل نهاده‌ها، روند کاهشی و در دوره چهارم، بیشتر به‌دلیل آب و منابع آبی، روند کاهشی دارد. پایداری زیست‌محیطی جو سیستان و بلوچستان در دوره دوم، بیشتر به‌دلیل نهاده‌ها و آب، روند کاهشی، در دوره سوم، روند تقریباً ثابت و در دوره چهارم، بیشتر به‌دلیل منابع آبی، روند کاهشی دارد؛ همچنین، پایداری زیست‌محیطی ذرت دانه‌ای سیستان و بلوچستان در دوره دوم، به‌دلیل آب، روند کاهشی، در دوره سوم، روند تقریباً ثابت و در دوره چهارم، بیشتر به‌دلیل منابع آبی، روند کاهشی و

پایداری زیست‌محیطی ذرت دانه‌ای شمال کرمان در دوره دوم، به‌دلیل نهاده‌ها، روند کاهشی، در دوره سوم، روند تقریباً ثابت و در دوره چهارم، به‌دلیل آب و منابع آبی، روند کاهشی دارد (شکل ۵-الف). به‌طور کلی، در پایداری زیست‌محیطی، کاهش پایداری نهاده‌ها در دوره‌های دوم و سوم بیشتر در اثر کاهش پایداری کود حیوانی و افزایش پایداری کود شیمیایی به‌ویژه در مرحله داشت، کاهش پایداری بذر (جو و ذرت دانه‌ای جنوب کرمان) و افزایش پایداری سموم (فقط دوره سوم جو جنوب کرمان) است؛ کاهش پایداری آب در دوره‌های دوم، سوم و چهارم و افزایش پایداری آب در دوره سوم بیشتر در اثر کاهش و افزایش پایداری آب‌بها و آبیاری تحت فشار به‌ویژه در مرحله داشت است و کاهش پایداری منابع آبی در دوره‌های دوم و سوم و افزایش پایداری منابع آبی در دوره‌های سوم و چهارم بیشتر در اثر کاهش و افزایش پایداری چشمه و رودخانه است. این زیر-زیرمعیارهای پایداری از تغییر اقلیم، سیاست‌های یارانه‌ای و نهاده‌ای و نیز ترویج در نگرش کشاورزان نسبت به مصرف نهاده‌ها تأثیر می‌پذیرند.

پایداری اقتصادی گندم، جو و ذرت دانه‌ای شمال کرمان، گندم و جو جنوب کرمان و گندم و جو سیستان و بلوچستان در دوره‌های دوم و سوم، به‌ترتیب، بیشتر به‌دلیل مکانیزاسیون و مالی، روند کاهشی و در دوره چهارم، به‌دلیل نیروی کار، روند افزایشی دارد. پایداری اقتصادی ذرت دانه‌ای جنوب کرمان در دوره دوم، به‌دلیل مالی و مکانیزاسیون، روند کاهشی، در دوره سوم، به‌ترتیب، به‌دلیل نیروی کار، مکانیزاسیون و مالی، روند کاهشی و در دوره چهارم، روند تقریباً ثابت دارد؛ همچنین، پایداری اقتصادی ذرت دانه‌ای سیستان و بلوچستان در دوره‌های دوم و سوم، به‌دلیل مالی و مکانیزاسیون، روند کاهشی و در دوره چهارم، روند تقریباً ثابت دارد (شکل ۵-ب). به‌طور کلی، در پایداری اقتصادی، کاهش پایداری مکانیزاسیون در دوره‌های دوم و سوم در اثر کاهش همه زیر-زیرمعیارهای مکانیزاسیون است، که خود بیانگر ناکارامدی سیاست‌های مکانیزاسیون است؛ کاهش پایداری مالی در دوره‌های دوم و سوم، بیشتر در اثر کاهش پایداری درآمد و سود است، که نیاز حمایت دولت از طریق سیاست‌های نهاده‌ای و قیمت تضمینی را تأیید می‌کند و افزایش پایداری نیروی کار در دوره چهارم بیشتر در اثر افزایش پایداری همه زیر-زیرمعیارهای نیروی کار است، که چه‌بسا کاهش پایداری مکانیزاسیون و مالی زمینه افزایش پایداری نیروی کار را برای کشاورز فراهم کرده باشد.

پایداری خدماتی گندم و جو شمال کرمان و گندم و جو سیستان و بلوچستان در دوره‌های دوم و سوم، به‌ترتیب، به‌دلیل حمل‌ونقل و بسته‌بندی، روند کاهشی و در دوره چهارم، روند تقریباً ثابت دارد. پایداری خدماتی گندم جنوب کرمان در دوره دوم، به‌دلیل حمل‌ونقل و بسته‌بندی، روند کاهشی، در دوره

سوم، روند تقریباً ثابت و در دوره چهارم، به‌دلیل بسته‌بندی، روند افزایشی دارد. همچنین، پایداری خدماتی جو جنوب کرمان در دوره دوم، به‌دلیل حمل‌ونقل و بسته‌بندی، روند کاهشی و در دوره‌های سوم و چهارم، روند تقریباً ثابت دارد. پایداری خدماتی ذرت دانه‌ای شمال و جنوب کرمان در دوره دوم، به‌ترتیب، به‌دلیل حمل‌ونقل و بسته‌بندی، روند کاهشی، در دوره سوم، روند تقریباً ثابت و در دوره چهارم، به‌دلیل بسته‌بندی، روند کاهشی دارد. پایداری خدماتی ذرت دانه‌ای سیستان و بلوچستان در دوره‌های دوم و سوم نیز به‌ترتیب، به‌دلیل بسته‌بندی و حمل‌ونقل، روند کاهشی و در دوره چهارم، به‌دلیل بسته‌بندی، روند افزایشی دارد (شکل ۵–ج). به‌طور کلی، در پایداری خدماتی، کاهش پایداری حمل‌ونقل در دوره‌های دوم و سوم بیشتر در اثر کاهش پایداری حمل به انبار و مراکز خرید، حمل بذر و حمل کود حیوانی است، که بیانگر حمایت دولت در سامانهٔ حمل‌ونقل به بازار و ترویج مصرف بهینه کود حیوانی است؛ کاهش پایداری بسته‌بندی در دوره‌های دوم، سوم و چهارم و افزایش پایداری بسته‌بندی در دوره چهارم در اثر کاهش و افزایش همه زیر–زیرمعیارهای بسته‌بندی است، که نیاز حمایت دولت در ارائه راهکارهای مفید در نظام بسته‌بندی را تأیید می‌کند.

از یافته‌های بالا می‌توان نتیجه گرفت که پایداری زیست‌محیطی در دوره دوم بیشتر به‌دلیل آب و نهاده‌ها و در دوره چهارم، به‌ترتیب، به‌دلیل منابع آبی و آب؛ روند کاهشی و در دوره سوم، به‌دلیل نهاده‌ها، روند کاهشی یا به‌ترتیب، به‌دلیل منابع آبی و آب، روند افزایشی دارد. پایداری اقتصادی در دوره‌های دوم و سوم نیز به‌ترتیب، به‌دلیل مکانیزاسیون و مالی، روند کاهشی و در دوره چهارم، به‌دلیل نیروی کار، در بیشتر موارد، روند افزایشی دارد. پایداری خدماتی در دوره‌های دوم و سوم، به‌ترتیب، به‌دلیل حمل‌ونقل و بسته‌بندی، روند کاهشی و در دوره چهارم، به‌دلیل بسته‌بندی، روند افزایشی یا روند کاهشی دارد.

مقایسه پایداری

بررسی پایداری معیارها نشان داد که در بیشتر طول دوره زمانی، به‌ترتیب، معیارهای اقتصادی، زیست‌محیطی و خدماتی پایدارتر بوده‌اند. در ادامه مطالعه، به مقایسه پایداری معیارها و زیرمعیارهای محصولات در هر استان پرداخته شد که با انجام آن، ضعف و قوت پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی غلات در هر استان شناسایی می‌شود. این مقایسه در سیاست‌گذاری استانی کاربرد دارد؛ بدین ترتیب، به مقایسه پایداری معیارها و زیرمعیارهای هر محصول در استان‌ها پرداخته شد که با انجام این مقایسه نیز ضعف و قوت پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی هر غله در استان‌ها شناسایی می‌شود. این مقایسه نیز در سیاست‌گذاری هر غله در سطح کشور کاربرد دارد.

مقایسه پایداری معیارها و زیرمعیارهای محصولات در هر استان

در دوره مطالعه، در بیشتر سال‌ها، پایداری زیست‌محیطی در شمال کرمان و سیستان و بلوچستان، به‌ترتیب، برای گندم، ذرت دانه‌ای و جو و در جنوب کرمان، به‌ترتیب، برای جو، گندم و ذرت دانه‌ای بیشتر است؛ پایداری اقتصادی نیز در شمال کرمان و سیستان و بلوچستان، به‌ترتیب، برای ذرت دانه‌ای، جو و گندم و در جنوب کرمان، به‌ترتیب، برای ذرت دانه‌ای، گندم و جو بیشتر است؛ همچنین، پایداری خدماتی در شمال کرمان، جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان، به‌ترتیب، برای ذرت دانه‌ای، گندم و جو بیشتر است.

در پایداری زیست‌محیطی، در بیشتر سال‌ها، در شمال کرمان، پایداری آب، به‌ترتیب، برای گندم، ذرت دانه‌ای و جو و پایداری نهاده‌ها، به‌ترتیب، برای ذرت دانه‌ای، گندم و جو و پایداری منابع آبی، به‌ترتیب، برای گندم، جو و ذرت دانه‌ای بیشتر است. در بیشتر سال‌ها، در جنوب کرمان پایداری آب و منابع آبی، به‌ترتیب، برای گندم، جو و ذرت دانه‌ای و پایداری نهاده‌ها، به‌ترتیب، برای جو، ذرت دانه‌ای و گندم بیشتر است؛ همچنین، در سیستان و بلوچستان پایداری آب، به‌ترتیب، برای گندم، ذرت دانه‌ای و جو، پایداری نهاده‌ها، به‌ترتیب، برای ذرت دانه‌ای، گندم و جو و پایداری منابع آبی، به‌ترتیب، برای گندم، جو و ذرت دانه‌ای بیشتر است. در پایداری اقتصادی، در بیشتر سال‌ها، در شمال کرمان، پایداری مالی، به‌ترتیب، برای جو، ذرت دانه‌ای و گندم و پایداری مکانیزاسیون و نیروی کار، به‌ترتیب، برای ذرت دانه‌ای، گندم و جو بیشتر است. در بیشتر سال‌ها، در جنوب کرمان، پایداری مالی، به‌ترتیب، برای گندم، ذرت دانه‌ای و جو و پایداری مکانیزاسیون و نیروی کار، به‌ترتیب، برای ذرت دانه‌ای، گندم و جو بیشتر است؛ همچنین، در سیستان و بلوچستان، پایداری مالی، به‌ترتیب، برای ذرت دانه‌ای، جو و گندم، پایداری مکانیزاسیون، به‌ترتیب، برای ذرت دانه‌ای، گندم و جو و پایداری نیروی کار، به‌ترتیب، برای گندم، ذرت دانه‌ای و جو بیشتر است. در پایداری خدماتی، در بیشتر سال‌ها، در شمال کرمان، جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان، پایداری حمل‌ونقل و بسته‌بندی، به‌ترتیب، برای ذرت دانه‌ای، گندم و جو بیشتر است.

به‌طور کلی، از پایداری معیارهای محصولات در هر استان می‌توان نتیجه گرفت که در شمال کرمان و سیستان و بلوچستان، پایداری زیست‌محیطی گندم و پایداری اقتصادی و خدماتی ذرت دانه‌ای و در جنوب کرمان، پایداری زیست‌محیطی جو و پایداری اقتصادی و خدماتی ذرت دانه‌ای بیشتر است. همچنین، از پایداری زیرمعیارهای محصولات در هر استان می‌توان نتیجه گرفت که پایداری در شمال کرمان از نظر آب و منابع آبی برای گندم، از نظر مالی برای جو و از نظر نهاده‌ها، نیروی کار،

مکانیزاسیون، حمل‌ونقل و بسته‌بندی برای ذرت دانه‌ای، پایداری در جنوب کرمان از نظر آب، منابع آبی و مالی برای گندم، از نظر نهاده‌ها برای جو و از نظر نیروی کار، مکانیزاسیون، حمل‌ونقل و بسته‌بندی برای ذرت دانه‌ای و پایداری در سیستان و بلوچستان از نظر آب، منابع آبی و نیروی کار برای گندم و از نظر نهاده‌ها، مالی، مکانیزاسیون، حمل‌ونقل و بسته‌بندی برای ذرت دانه‌ای بیشتر است.

مقایسه پایداری معیارها و زیرمعیارهای هر محصول در استان‌ها

در دوره مطالعه، در بیشتر سال‌ها، پایداری زیست‌محیطی برای گندم، به‌ترتیب، در شمال کرمان، سیستان و بلوچستان و جنوب کرمان، برای جو، به‌ترتیب، در جنوب کرمان، شمال کرمان و سیستان و بلوچستان و برای ذرت دانه‌ای، به‌ترتیب، در سیستان و بلوچستان، شمال کرمان و جنوب کرمان بیشتر است. در بیشتر سال‌ها، پایداری اقتصادی برای گندم، به‌ترتیب، در جنوب کرمان، شمال کرمان و سیستان و بلوچستان، برای جو، به‌ترتیب، در شمال کرمان، سیستان و بلوچستان و جنوب کرمان و برای ذرت دانه‌ای، به‌ترتیب، در سیستان و بلوچستان، شمال کرمان و جنوب کرمان بیشتر است؛ همچنین، پایداری خدماتی برای گندم و جو، به‌ترتیب، در شمال کرمان، سیستان و بلوچستان و جنوب کرمان و برای ذرت دانه‌ای، به‌ترتیب، در شمال کرمان، جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان بیشتر است. در پایداری زیست‌محیطی، در بیشتر سال‌ها، پایداری آب گندم، به‌ترتیب، در شمال کرمان، جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان، پایداری نهاده‌های گندم، به‌ترتیب، در شمال کرمان، سیستان و بلوچستان و جنوب کرمان و پایداری منابع آبی گندم، به‌ترتیب، در سیستان و بلوچستان، شمال کرمان و جنوب کرمان بیشتر است. در بیشتر سال‌ها، پایداری آب جو، به‌ترتیب، در شمال کرمان، جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان، پایداری نهاده‌های جو، به‌ترتیب، در جنوب کرمان، شمال کرمان و سیستان و بلوچستان و پایداری منابع آبی جو، به‌ترتیب، در سیستان و بلوچستان، شمال کرمان و جنوب کرمان بیشتر است؛ همچنین، پایداری آب و منابع آبی ذرت دانه‌ای، به‌ترتیب، در سیستان و بلوچستان، شمال کرمان و جنوب کرمان و پایداری نهاده‌های ذرت دانه‌ای، به‌ترتیب، در جنوب کرمان، شمال کرمان و سیستان و بلوچستان بیشتر است.

در پایداری اقتصادی، در بیشتر سال‌ها، پایداری مالی گندم، به‌ترتیب، در جنوب کرمان و سپس سیستان و بلوچستان و شمال کرمان، پایداری مکانیزاسیون گندم، به‌ترتیب، در سیستان و بلوچستان، شمال کرمان، جنوب کرمان و پایداری نیروی کار گندم، به‌ترتیب، در جنوب کرمان، شمال کرمان و سیستان و بلوچستان بیشتر است. در بیشتر سال‌ها، پایداری مالی و نیروی کار جو، به‌ترتیب، در شمال کرمان، سیستان و بلوچستان و جنوب کرمان و پایداری مکانیزاسیون جو، به‌ترتیب، در شمال کرمان،

جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان بیشتر است؛ همچنین، پایداری مالی و مکانیزاسیون ذرت دانه‌ای، به‌ترتیب، در سیستان و بلوچستان، شمال کرمان و جنوب کرمان و پایداری نیروی کار ذرت دانه‌ای، به‌ترتیب، در جنوب کرمان، سیستان و بلوچستان و شمال کرمان بیشتر است.

در پایداری خدماتی، در بیشتر سال‌ها، پایداری حمل‌ونقل گندم، جو و ذرت دانه‌ای، به‌ترتیب، در شمال کرمان، سیستان و بلوچستان و جنوب کرمان و پایداری بسته‌بندی گندم و جو، به‌ترتیب، در جنوب کرمان، شمال کرمان و سیستان و بلوچستان و پایداری بسته‌بندی ذرت دانه‌ای، به‌ترتیب، در شمال کرمان، جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان بیشتر است.

به‌طور کلی، از پایداری هر محصول در استان‌ها می‌توان نتیجه گرفت که پایداری گندم از نظر زیست‌محیطی و خدماتی در شمال کرمان و از نظر اقتصادی در جنوب کرمان، پایداری جو از نظر زیست‌محیطی در جنوب کرمان و از نظر اقتصادی و خدماتی در شمال کرمان و پایداری ذرت دانه‌ای از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی در سیستان و بلوچستان و از نظر خدماتی در شمال کرمان بیشتر است. همچنین، از پایداری زیرمعیارهای هر محصول در استان‌ها می‌توان نتیجه گرفت که پایداری گندم از نظر آب، نهاده‌ها و حمل‌ونقل در شمال کرمان، از نظر مالی، نیروی کار و بسته‌بندی در جنوب کرمان و از نظر منابع آبی و مکانیزاسیون در سیستان و بلوچستان، پایداری جو از نظر آب، مالی، نیروی کار و حمل‌ونقل در شمال کرمان، از نظر نهاده‌ها و بسته‌بندی در جنوب کرمان و از نظر منابع آبی و مکانیزاسیون در سیستان و بلوچستان و پایداری ذرت دانه‌ای از نظر حمل‌ونقل و بسته‌بندی در شمال کرمان، از نظر نهاده‌ها و نیروی کار در جنوب کرمان و از نظر آب، منابع آبی، مالی و مکانیزاسیون در سیستان و بلوچستان بیشتر است.

ارتباط بین اقلیم و پایداری

در طول دوره مطالعه، میانگین حداقل دمای روزانه در سردترین ماه سال در شمال کرمان در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۹۵، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۰ زیاد شده و در سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۲، ۱۳۹۶، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ کم شده است و در جنوب کرمان، در سال ۱۳۹۵، زیاد شده و در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۹، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۹ کم شده است؛ همچنین، در سیستان و بلوچستان، این میانگین در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۲، ۱۳۸۷، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۰، زیاد شده و در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۳، ۱۳۸۶، ۱۳۸۹، ۱۳۹۲، ۱۳۹۶، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ کم شده است.

در سال‌هایی که میانگین حداقل دمای روزانه در سردترین ماه سال تغییر کرده، پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی استان‌های جنوب شرقی کاهش یافته است، اما پایداری تقریباً در

اکثر موارد، در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۸، افزایش یافته است. در سال ۱۳۸۹، پایداری زیست‌محیطی به‌دلیل بهبود منابع آبی به استثنای جو جنوب کرمان و ذرت دانه‌ای شمال کرمان افزایش یافته، پایداری اقتصادی به‌دلیل بهبود مکانیزاسیون و نیروی کار به استثنای ذرت دانه‌ای سیستان و بلوچستان افزایش یافته و پایداری خدماتی به‌دلیل بهبود بسته‌بندی به استثنای گندم شمال کرمان و جو شمال کرمان و سیستان و بلوچستان افزایش یافته است. در سال ۱۳۹۸، پایداری زیست‌محیطی به‌دلیل بهبود نهاده‌ها به استثنای گندم شمال کرمان و جنوب کرمان افزایش یافته، پایداری اقتصادی به‌دلیل بهبود نیروی کار افزایش یافته و پایداری خدماتی به‌دلیل بهبود بسته‌بندی به استثنای گندم شمال کرمان و سیستان و بلوچستان، جو سیستان و بلوچستان و ذرت دانه‌ای شمال کرمان و جنوب کرمان افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعهٔ حاضر، پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی در گندم، جو و ذرت دانه‌ای شمال کرمان، جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان با روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و تاپسیس (TOPSIS) در دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۷۹ بررسی شد. برای ارزیابی پایداری، روند پایداری هر محصول در هر استان در طول دوره زمانی مشخص شد و پایداری معیارها و زیرمعیارهای محصولات در هر استان و پایداری معیارها و زیرمعیارهای هر محصول در استان‌ها مقایسه شد.

طبق نتایج AHP، در معیارها، به‌ترتیب، پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی و در زیرمعیارها، به‌ترتیب، پایداری آب، منابع آبی، مالی و ... اهمیت بیشتری دارند و در زیر-زیرمعیارها، به‌ترتیب، پایداری آبیاری تحت فشار، آب‌بها، درآمد و سود اهمیت بیشتر و به‌ترتیب، پایداری سم، چاه عمیق و کود شیمیایی اهمیت کمتر دارند. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که این اولویت‌بندی در سیاست‌گذاری کشاورزی برای دستیابی به اهداف پایداری کشاورزی رعایت شود.

روند پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و خدماتی در چهار دوره (به استثنای بهبود پایداری زیست‌محیطی) در بیشتر موارد در دوره سوم، به‌ترتیب، به‌دلیل منابع آبی و آب، بهبود پایداری اقتصادی در بیشتر موارد در دوره چهارم به‌دلیل نیروی کار و بهبود پایداری خدماتی در بیشتر موارد در دوره چهارم به‌دلیل بسته‌بندی افت داشته است، از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌های بهبود روند پایداری از طریق افزایش بهره‌وری نیروی کار با ماشینی (مکانیزه) کردن کشاورزی و استفاده از نیروی کار خانوادگی و از طریق افزایش بهره‌وری بسته‌بندی با تخصیص تسهیلات بسته‌بندی و بهبود شرایط بسته‌بندی در سال‌های آتی فراهم شود و همچنین، بازنگری در سیاست‌های پایداری بهره‌وری آب،

نهاده‌ها، منابع آبی، مالی، مکانیزاسیون و حمل‌ونقل برای ادامه بهبود روند در سال‌های آتی ضروری می‌نماید.

در طول دوره مطالعه، در ناحیه جنوب شرقی، به‌ترتیب، معیارهای اقتصادی، زیست‌محیطی و خدماتی پایدارتر بوده‌اند. نتایج پایداری گندم در هر استان نشان داد که در استان دارای پایداری زیست‌محیطی بیشتر، پایداری اقتصادی و خدماتی کمتر است و برعکس. این موضوع ممکن است از قیمت تضمینی تأثیر پذیرفته باشد که توانسته پایداری زیست‌محیطی گندم را افزایش دهد، که آن هم چه‌بسا تحت تأثیر اطمینان خاطر از درآمد و سود آتی باشد که برنامه‌ریزی در پایداری زیست‌محیطی را تسهیل می‌کند. از این‌رو، برای افزایش پایداری زیست‌محیطی، شایسته است که پایداری اقتصادی دارای ثبات نسبی باشد تا کشاورز در تصمیمات پایداری زیست‌محیطی، به اقدامات مؤثرتر بپردازد.

در سیستان و بلوچستان، ذرت دانه‌ای از لحاظ زیست‌محیطی و اقتصادی نسبت به استان‌های دیگر پایدارتر بوده است که هم‌راستایی این دو معیار می‌تواند بیانگر اهمیت بیشتر ذرت دانه‌ای نسبت به دیگر غلات باشد. همچنین، پایداری غلات در شمال کرمان نسبت به استان‌های دیگر بیشتر است. دلیل این موضوع می‌تواند پایداری اقتصادی باشد که نسبت به دیگر استان‌ها در شمال کرمان بهتر است.

نتایج دومارتن گسترش‌یافته نشان داد که ناحیه جنوب شرقی ایران در اقلیم خشک و زیراقلیم‌های سرد، معتدل و گرم قرار دارد. در بیشتر سال‌هایی که میانگین حداقل دمای روزانه در سردترین ماه سال تغییر کرده، پایداری معیارها کاهش یافته است. از این‌رو، برای تأثیر کمتر حداقل دمای روزانه در سردترین ماه سال بر کاهش پایداری محصولات، پیشنهاد می‌شود که با توجه به اقلیم منطقه، سازمان هواشناسی به شناسایی و اعلام راهکارهایی عملی برای هر محصول در شرایط بحرانی بپردازد. همچنین، کارشناسان جهاد کشاورزی، با مطالعه محصولات در سطح مزرعه، برای هر محصول و در هر منطقه، نمودار (چارت) اقلیمی و راهکارهای عملی را طراحی کنند و با ایجاد ذهنیت مؤثر بودن به‌کارگیری این راهکارها، به پایه‌گذاری زمینه کشاورزی پایدار بپردازند.

سرانجام، پیشنهاد می‌شود که بهره‌وری آب و منابع آبی برای گندم و جو افزایش یابد. جهاد کشاورزی شمال کرمان، جنوب کرمان و سیستان و بلوچستان باید برای افزایش پایداری زیست‌محیطی در مصرف نهاده‌ها راهکارهای کاربردی‌تری را اعمال کنند، زیرا نتایج پژوهش بیانگر تأثیر کم ترویج پایداری نهاده‌هاست. پایداری مالی شمال کرمان و جنوب کرمان نیاز به اصلاحاتی دارد تا به عاملی مؤثرتر در پایداری اقتصادی تبدیل شود. در سیستان و بلوچستان، باید بهره‌وری مکانیزاسیون و نیروی

کار از طریق بومی‌سازی فناوری‌های کشاورزی افزایش یابد. همچنین، برنامه‌ریزان کشاورزی باید در پایداری حمل‌ونقل ذرت دانه‌ای و پایداری بسته‌بندی گندم و جو بازنگری کنند.

منابع

1. Alizadeh, A., Hamzeh Nouri, A., Mortazavi, A., Yazidi, A., Jamasab, A., Kamali, G. A., Vazifehdoost, M., & Bastani, K. (1999). Net irrigation requirement of agricultural and garden crops in Iran: NETWAT software. Ministry of Agriculture-Jahad (MAJ) and Meteorological Organization. [In Persian]
2. Basak, I., & Saaty, T. (1993). Group decision making using the analytic hierarchy process. *Mathematical and Computer Modelling, 17*(4-5), 101-109.
3. Bathaei, A., & Štreimikienė, D. (2023). A systematic review of agricultural sustainability indicators. *Agriculture, 13*(2), 241. DOI: 10.3390/agriculture13020241.
4. Chopra, R., Magazzino, C., Shah, M. I., Sharma, G. D., Rao, A., & Shahzad, U. (2022). The role of renewable energy and natural resources for sustainable agriculture in ASEAN countries: Do carbon emissions and deforestation affect agriculture productivity? *Resources Policy, 76*, 102578.
5. Dashti, G., Negahban, S., & Hayati, B. (2015). Relationship between factor productivity and agricultural sustainability in potato farms of Ardabil Plain. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25*(2.1), 99-111. [In Persian]
6. Dos Reis, J. C., Rodrigues, G. S., de Barros, I., de Aragão Ribeiro Rodrigues, R., Garrett, R. D., Valentim, J. F., ..., & Rodrigues-Filho, S. (2023). Fuzzy logic indicators for the assessment of farming sustainability strategies in a tropical agricultural frontier. *Agronomy for Sustainable Development, 43*(1), 1-8. DOI: 10.1007/s13593-022-00858-5.
7. Emami, R., (2019). Objectives and necessities of implementing sustainable agriculture. Agricultural Support Services Company (ASSC), Mazandaran. [In Persian]

8. FAO (2022). World food and agriculture statistical yearbook 2022. Food and Agriculture Organization (FAO).
9. Koocheki, A., & Nasiri Mahalati, M. (2016). Climate change effects on agricultural production of Iran: II. Predicting productivity of field crops and adaptation strategies. *Iranian Journal of Field Crops Research, 14*(1), 1-20. DOI: 10.22067/GSC.V14I1.51157. [In Persian]
10. Lai, Y. J., Liu, T. Y., & Hwang, C. L. (1994). Topsis for MODM. *European Journal of Operational Research, 76*(3), 486-500.
11. MAJ (2022). Agricultural Statistics of Iran (ASI): Crops, 2020-21 (Vol. 1). Ministry of Agriculture-Jahad (MAJ). [In Persian]
12. Matebu, A., & Shibabaw, M. (2015). Partial and total productivity measurement models for garment manufacturing firms. *Jordan Journal of Mechanical & Industrial Engineering, 9*(3), 167-176.
13. Motlagh, M. A., Valmohammadi, C., & Modiri, M. (2020). Developing a qualitative model of productivity for service companies using fuzzy analytic hierarchy process: a case study. *International Journal of Productivity and Quality Management, 29*(1), 126-147.
14. Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffmann, A., & Giovannini, E. (2008). Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide OECD. In: Methodology. Parigi.
15. SCI (2023). Geographical information, country divisions. Statistical Center of Iran (SCI). [In Persian]
16. Senanayake, R. (1991). Sustainable agriculture: definitions and parameters for measurement. *Journal of Sustainable Agriculture, 1*(4), 7-28.
17. Sridhar, A., Balakrishnan, A., Jacob, M. M., Sillanpää, M., & Dayanandan, N. (2023). Global impact of COVID-19 on agriculture: role of sustainable agriculture and digital farming. *Environmental Science and Pollution Research, 30*(15), 42509-42525.
18. Steensland, A., & Zeigler, M. (2021). Productivity in agriculture for a sustainable future. In: The innovation revolution in agriculture. Springer.
19. Talukder, B., Hipel, K. W., & vanLoon, G. W. (2017). Developing composite

indicators for agricultural sustainability assessment: effect of normalization and aggregation techniques. *Resources, 6*(4), 66. DOI: 10.3390/resources6040066.

20. Verma, R., Chauhan, N., Bhat, F. M., Anand, A., & Dhaliwal, Y. S. (2023). Role of cereals in food security. In: Cereal grains: composition, nutritional attributes, and potential applications. Routledge, Taylor and Francis Group.
21. Xue, Y., & Li, Y. (2022). Cohesion of agricultural crowdfunding risk prevention under sustainable development based on gray-rough set and FAHP-TOPSIS. *Sustainability, 14*(19), 12709.
22. Zanjani Jam, M., & Sufi, M., (2007). Investigating the relationship between climate and watershed areas of Zanjan province. The Third National Conference on Erosion and Sediment. [In Persian]