

ارزیابی پایداری تولید برنج در ایران با استفاده از شاخص ترکیبی (یک روش‌شناسی کاربردی)

یاسر محمدی^{۱*}، هوشنگ ایروانی^۲، خلیل کلانتری^۳

۱. دکتری توسعه کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲، ۳. استادان گروه مدیریت و توسعه کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی،

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۱۰ - تاریخ تصویب: ۹۲/۰۹/۰۶)

چکیده

در این مطالعه، هدف ارائه یک روش‌شناسی کاربردی برای ارزیابی پایداری تولید برنج در ایران با شاخص ترکیبی بود. این روش‌شناسی از پنج مرحله تشکیل شده است که به صورت سلسله‌مراتبی به محاسبه شاخص ترکیبی پایداری کشاورزی منجر می‌شود. شاخص‌ها در این نوع روش‌شناسی اساس ارزیابی به شمار رفته‌اند که نحوه جمع‌آوری، انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌ها، نرمال‌سازی، وزن‌دهی و نحوه محاسبه شاخص ترکیبی توضیح داده شده است. تعداد ۱۱ شاخص در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی با نظر کارشناسان و با توجه به محدودیت داده‌ها انتخاب شدند و داده‌های ثانویه مورد نیاز برای تحلیل از سایت وزارت جهاد کشاورزی ایران گردآوری شد. استان‌های مهم تولیدکننده برنج در ایران از نظر پایداری ارزیابی شدند که طبق نتایج استان گلستان به علت تأمین اشتغال بیشتر در واحد سطح، از بعد اجتماعی پایدارتر بود. در بعد اقتصادی، استان فارس و در بعد زیست‌محیطی نیز استان گیلان به عنوان پایدارترین استان‌ها انتخاب شدند و در نهایت نیز استان فارس و استان خوزستان با محاسبه شاخص پایداری کل به عنوان پایدارترین و ناپایدارترین استان‌های تولیدکننده برنج در ایران انتخاب شدند؛ همچنین نتایج نشان داد این روش‌شناسی در عین سادگی و عملی بودن می‌تواند ابزاری مفید در محاسبه پایداری محصولات کشاورزی از جمله برنج باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی پایداری، تولید برنج، شاخص ترکیبی، کشاورزی پایدار

مقدمه

(Gilman, 1996). اگرچه در اواخر دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه

۱۹۷۰ بررسی آثار زیست‌محیطی پروژه‌های پیشنهادی مورد تأکید قرار گرفت، ارزیابی اثر^۱ به‌تازگی از سوی دانشمندان به منظور تحقق دستور کار توسعه پایدار مورد توجه قرار گرفته است (IAIA 2002; Sadler 1999, Partidário). ارزیابی (2003; Gibson 2001; Verheem, 2002) پایداری ابزاری است که می‌تواند به تصمیم‌گیران و سیاست

مفهوم پایداری یا توسعه پایدار به‌وضوح اساس ارزیابی پایداری است (Pope, 2004). پایداری در معنای وسیع خود به توانایی جامعه، اکوسیستم یا هر سیستم جاری برای تداوم کارکرد در آینده نامحدود اطلاق می‌شود، بدون اینکه به اجبار در نتیجه تحلیل‌رفتن منابعی که سیستم بدان وابسته است یا تحمل بار بیش‌ازحد به ضعف کشیده شود

کمی کردن پایداری کشاورزی از طریق شاخص‌ها در جهت رفع مشکلات عملیاتی کردن در حال پیشروی است اما بزرگ‌ترین چالش پیش رو نحوه ترکیب کردن و یکی کردن شاخص‌های مورد نیاز برای چنین تحلیل‌هایی است که مانعی بزرگ برای استفاده از این شاخص‌ها به عنوان یک ابزار عمومی تصمیم‌گیری به شمار می‌رود (Gomez-Limon and Sanches-Fernandez, 201). مطالعات مختلفی تلاش کرده‌اند تا این مشکل را از طریق به‌کارگیری روش‌های مختلف ترکیب کردن این مجموعه شاخص‌های چندبعدی به درون نشان‌ها یا شاخص‌های ترکیبی کل حل کنند (Stockle et al., 1994; Sands and Podmore, 2000; Pirazzoli and Castellini, 2000; Andreoli and Tellarini, 2000; Rigby et al., 2001; Van Calker et al., 2006; Hajkowicz, 2006; Qiu et al., 2007; Gomez and Fernandez, 2010).

شاخص‌های ترکیبی^۱ ابزاری مفید برای الف) خلاصه کردن اطلاعات به‌دست‌آمده از طریق شاخص‌های اولیه در قضاوتی کلی یا جهت ارزیابی عملکرد یک مزرعه و ب) انجام یک ارزیابی که باعث می‌شود بتوان مزارع (یا نظام‌های زراعی) را بر اساس مجموعه‌ای از ویژگی‌ها از بهترین تا بدترین رتبه‌بندی کرد به شمار می‌روند (Gomez-Limon and Sanches-Fernandez, 2010).

بیشتر مطالعاتی که به تحلیل وضعیت پایداری پرداخته‌اند بر وضعیت پایداری زیست‌محیطی توجه داشته‌اند و جنبه‌های اقتصادی-اجتماعی را حذف کرده‌اند که با توجه به پیچیدگی فعالیت‌های کشاورزی ضرورت یک رهیافت جامع برای ارزیابی پایداری را تضمین می‌کند (Dantsis et al., 2010). در راستای ارزیابی پایداری محصولات کشاورزی، رهیافت‌های روش‌شناسی مختلفی پیشنهاد شده‌اند، هرچند روشی که به ایجاد یک سیستم مستندشده علمی متشکل از شاخص‌ها و شاخص‌های ترکیبی منجر شود به طور گسترده پذیرفته نشده است (Malkinapvkh, 2000)؛ لذا این مسائل در کنار موقعیت‌محور بودن شیوه‌های ارزیابی پایداری در هر کشوری و نوع داده‌های مورد نیاز در هر منطقه‌ای باعث شد تا در این مطالعه یک روش‌شناسی که به صورت سلسله‌مراتبی و منظم، مراحل ایجاد و ترکیب شاخص‌ها برای رسیدن به یک شاخص ترکیبی و محاسبه پایداری را نشان می‌دهد ارائه شود.

گذاران کمک کند تا تصمیم بگیرند چه اقداماتی را باید و چه اقداماتی را نباید در تلاش برای ایجاد جامعه پایداری انجام دهند (Devuyt, 2001). هدف از ارزیابی پایداری این است که اطمینان حاصل شود برنامه‌ها و فعالیت‌ها در راستای کمک مطلوب به توسعه پایداری هستند یا خیر (Verheem, 2002).

پایداری هر یک از مؤلفه‌ها برای دستیابی به توسعه پایداری ضروری است (Ciegis et al., 2009) سیستم‌های با پایداری بالا می‌توانند شامل سیستم‌هایی باشند که هدفشان بهترین استفاده از کالاها و خدمات زیست‌محیطی است، در حالی که به این دارایی‌ها صدمه نزنند (Pretty 2005; Tomich et al., 2004; Scherr & McNeely 2008; Kesavan and Swaminathan, 2008). در یک سیستم تولید کشاورزی پایدار، کشاورزی کارا، اقتصادی و سودآور بوده و در ضمن حافظ منابع طبیعی، محیط زیست، بهداشت عمومی و امنیت غذایی است (Motiei-Langroodi and Shamsaei, 2009). پایداری کشاورزی از این نظر حائز اهمیت است که هم به طور معناداری بر محیط زیست اطراف خود تأثیر می‌گذارد و هم از تغییرات محیط زیست تأثیر می‌پذیرد. افزون بر این، کشاورزی منبع اصلی معیشت کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود (Rao and Rogers, 2006). در هر مطالعه‌ای در حوزه کشاورزی پایدار این پرسش به ذهن می‌رسد که پایداری کشاورزی چگونه ارزیابی می‌شود (Hayati et al., 2011).

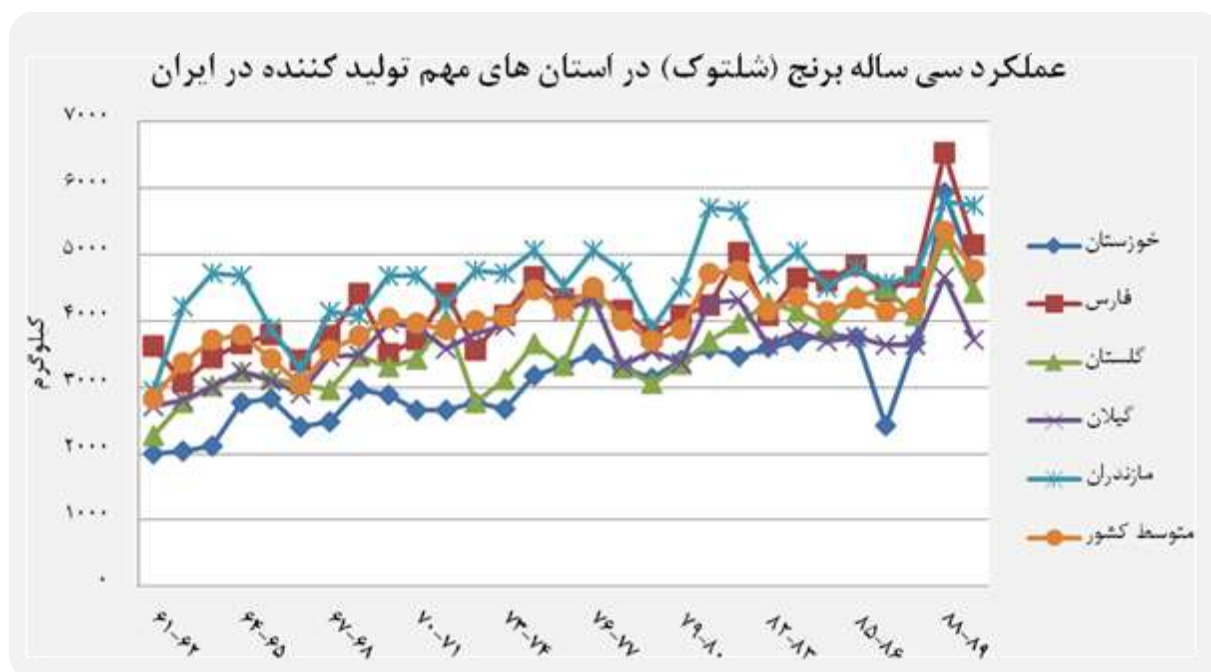
به منظور توسعه سیستم‌های زراعی یکپارچه ابزاری برای ارزیابی میزان دستیابی به اهداف زراعی و زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی برای بهینه‌سازی سیستم مورد نیاز است که شاخص‌ها می‌توانند عهده‌دار این نقش شوند و آثار فعالیت‌های کشاورزی بر محیط زیست و ابعاد اقتصادی-اجتماعی را محاسبه کنند (Rigby et al., 2001; Bockstaller et al., 1997). به عبارتی دیگر، شاخص‌ها یک جایگزین برای زمانی هستند که انجام اندازه‌گیری مستقیم امکان‌پذیر نیست (Bockstaller et al., 1997) و می‌توان گفت شاخص‌ها یک اندازه آماری هستند که تغییرات یک متغیر یا گروهی از متغیرها را در مورد زمان و مکان یا صفات دیگر نشان می‌دهند. شاخص‌ها باید ارتباط مشخص و نزدیکی با اهداف پروژه داشته باشند و ضمن اینکه قابل فهم و پر از اطلاعات با ارزش باشند، دسترسی به اطلاعات آن‌ها نیز ارزان باشد (MAFF, 2000).

پس از گندم است و از نظر تغذیه‌ای نیز ۷۵ درصد پروتئین و ۸۰ درصد کالری مردم از این ماده غذایی تأمین می‌شود (Koopahi et al., 2009). پنج استان مازندران، گیلان، فارس، گلستان و خوزستان عمده‌ترین تولیدکنندگان برنج در ایران هستند. بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۰، از حدود ۵۷۴۰۸۸ هکتار سطح زیر کشت برنج در ایران، استان مازندران با ۴۱ درصد بیشترین سطح زیر کشت و استان‌های گیلان، خوزستان، گلستان و فارس با ۳۳، ۱۱، ۹ و ۶ درصد به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. از نظر عملکرد در واحد سطح نیز مازندران دارای بیشترین عملکرد است و پس از آن استان فارس با اختلاف کمی در رتبه دوم قرار دارد و استان‌های خوزستان، گلستان و گیلان نیز به ترتیب در جایگاه‌های سوم تا پنجم هستند (Ministry of Agricultural Jihad, 2013). به طور کلی، روند عملکرد سی‌ساله کشت برنج در این پنج استان بیانگر افزایش عملکرد در واحد سطح در طول این سال‌هاست اما فقط دو استان مازندران و فارس عملکردی برابر یا بالاتر از عملکرد متوسط کشوری داشتند و سه استان دیگر معمولاً دارای عملکردی پایین‌تر از متوسط کشوری بودند (نمودار ۱).

در این مطالعه، هدف این است که پایداری نظام‌های تولید برنج در استان‌های مهم تولیدکننده در ایران (استان‌های مازندران، گیلان، فارس، خوزستان، گلستان) با استفاده از روش‌شناسی شاخص‌های ترکیبی ارزیابی شود. به طور کلی، این مطالعه دو هدف را دنبال می‌کند: ابتدا، به دنبال معرفی و توسعه یک روش‌شناسی برای ارزیابی پایداری محصولات کشاورزی است و دوم عملی بودن این روش را با توجه به داده‌های موجود بررسی می‌کند.

محصول مورد مطالعه

برنج یکی از مهم‌ترین محصولات اصلی غذایی برای بیش از نیمی از مردم دنیا به شمار می‌رود (IRRI, 2006) و بر وضعیت معیشت و اقتصاد چندین میلیارد نفر تأثیرگذار است. در سال ۲۰۱۰، تقریباً ۱۵۴ میلیون هکتار برنج در سراسر جهان برداشت شد که از این مقدار ۱۳۷ میلیون هکتار (۸۸ درصد) در آسیای جنوبی بود (FAOSTAT, 2012) که بیانگر وابستگی غذایی و اهمیت این محصول به عنوان یک منبع درآمد در این مناطق به شمار می‌رود. در ایران نیز برنج از نظر مصرف دومین محصول کشاورزی



مأخذ داده: وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۲

نمودار ۱. عملکرد سی ساله تولید برنج در استان‌های مهم تولیدکننده در ایران

روش تحقیق

روش‌شناسی مورد استفاده در این مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است و همان‌طور که مشاهده می‌شود، این روش از پنج مرحله اصلی تشکیل شده است:

۱. گردآوری و شناخت شاخص‌های بالقوه برای ارزیابی پایداری بر اساس یک اصول و چهارچوب شناخته‌شده: اولین مرحله در ارزیابی پایداری گردآوری و شناخت شاخص‌های بالقوه و مناسب برای ارزیابی پایداری محصول مورد نظر یا نظام کشاورزی مورد نظر است. این محصول می‌تواند محصول زراعی، باغی، دامی یا هر محصول دیگری باشد. انتخاب شاخص‌های اولیه می‌تواند بر اساس چهارچوب‌های مختلف توسعه‌یافته در مطالعات پیشین یا بر پایه توسعه چهارچوب مفهومی محقق‌محور باشد. اصول ارزیابی و سنجش پایداری بلاجیو استامپ^۱ از مواردی است که می‌تواند اصول ارزشمندی را برای تدوین چهارچوب مطالعه و گردآوری شاخص‌ها ارائه دهد (Pinter et al., 2012). در این مطالعه، از چهارچوب سلسله‌مراتبی ارزیابی پایداری نظام‌های زراعی و محیط زیست (SAFE) استفاده شد که بر پایه اصول، معیارها، شاخص‌ها و مقادیر مرجع بوده و (Cauwenbergh et al., 2007) آن را طراحی کرده است (جدول ۱).

۲. انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی پایداری و جمع‌آوری داده‌ها: انتخاب یک مجموعه شاخص مناسب، قابل اعتماد، با قابلیت دسترسی داده برای ارزیابی پایداری بسیار حائز اهمیت است. برای انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌ها از بین شاخص‌های جمع‌آوری شده نیز بهترین روش استفاده از پانل متخصصان است اما از روش‌های دیگری مانند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نیز می‌توان استفاده کرد. در مواردی که تعداد شاخص‌ها زیاد باشند، استفاده از روش‌هایی مانند تحلیل سلسله‌مراتبی مشکل خواهد بود. نظرات پانل متخصصان بر مبنای معیارهای مهم انتخاب شاخص مانند قابل-اندازه‌گیری بودن^۲، از لحاظ علمی مناسب بودن^۳، با سیاست‌های پایداری تناسب داشتن^۴، به تغییرات حساس بودن^۵ و از لحاظ اقتصادی و زمانی مقرون به صرفه بودن برای جمع‌آوری اطلاعات^۶، باعث می‌شود که شاخص‌ها به ترتیب اولویت و تناسب و قابلیت سنجش انتخاب شوند.

بر اساس معیارهای بالا و با نظر پانل کارشناسان متخصص، تعداد ۱۱ شاخص در سه بعد اقتصادی، اجتماعی

و زیست‌محیطی از درون شاخص‌های بالقوه (بالغ بر ۳۰ شاخص) در این مطالعه انتخاب شد (جدول ۱). داده‌های لازم برای تحلیل در این مطالعه نیز از بانک اطلاعاتی و آمارنامه‌های کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی کشور به دست آمد (Ministry of Agricultural Jihad website, 2013). با توجه به اینکه آخرین داده‌های مربوط به هزینه‌های تولید و مصرف نهاده‌های کشاورزی موجود در وزارت به سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷ بر می‌گردد، لذا در این مطالعه از داده‌های این سال استفاده شده است که با به‌روزشدن اطلاعات و آمارها می‌توان داده‌های جدید را جایگزین داده‌های موجود کرد. در این مطالعه، هدف نشان‌دادن یک شیوه عملی ارزیابی پایداری با داده‌های ثانویه موجود است؛ بنابراین این امکان وجود دارد که با داده‌های جدید، نتایج ارزیابی به روز شود.

۳. نرمال‌سازی شاخص‌ها: تبدیل شاخص‌های اولیه به متغیرهای بدون واحد قبل از هر عمل ترکیب‌کردن شاخص‌ها لازم است. این کار باعث می‌شود تا بتوان آن‌ها را با هم مقایسه کرد یا عملیات‌های مختلف ریاضی را بر روی آن‌ها انجام داد. شیوه‌های مختلفی برای نرمال‌سازی شاخص‌ها وجود دارد که بتوان آن‌ها را از واحد خارج کرد (Freudenberg, M., 2003). در این مطالعه، برای نرمال‌سازی از توابع فازی (Cauwenbergh, 2007; Sauvenier et al., 2006) و روش حداقل-حداکثر (Freudenberg, M., 2003) استفاده شد که در آن شاخص‌ها در دامنه بین صفر (مقادیر برابر یا بدتر از سطح غیر قابل قبول پایداری) و یک (مقادیر برابر یا بهتر از یک سطح قابل قبول پایداری) نرمال شدند. سطح مرجع در این مطالعه برای شاخص‌های عملکرد و سود ناخالص میزان متوسط کشوری بود.

۴. وزن‌دهی شاخص‌ها: با توجه به اینکه شاخص‌ها ممکن است از دیدگاه‌های مختلف اجتماعی دارای سطح اهمیت یکسانی نباشند، بهتر است تا در مطالعات ارزیابی پایداری این ترجیحات اجتماعی در نظر گرفته شود اما باید مواظب بود تا دچار سوءگیری در بیان اهمیت شاخص‌ها نشد. تکنیک‌های وزن‌دهی را می‌توان به دو دسته تکنیک‌های علمی^۷ و تکنیک‌های هنجاری^۸ دسته‌بندی کرد (OECD-JRC, 2008). تکنیک‌های علمی یا درونی

1. Bellagio STAMP
4. Policy Relevant
7. Positives

2. Measurable
5. Sensetive to Changes
8. Normatives

3. Scientifically Sound
6. Economically Viable/ Affordable

به دست می‌آید که با جمع جبری این شاخص‌ها، شاخص‌های پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی حاصل می‌شود و با ترکیب این سه شاخص، شاخص ترکیبی پایداری کل محاسبه می‌شود. روش‌های مختلفی برای تشکیل شاخص ترکیبی وجود دارد (OECD-JRC, 2008). در این مطالعه، از فرمول مجموع وزنی شاخص‌ها به عنوان یک معرف از روش‌های خطی افزاینده^۶ (توازن کامل بین شاخص‌ها) استفاده شد. فرمول ریاضی این روش به صورت زیر است:

$$CIAS = \sum_{x=1}^{x=n} W_x \cdot I_x$$

که در آن CIAS بیانگر شاخص ترکیبی پایداری کشاورزی، W_x بیانگر وزن اختصاص داده شده به شاخص X و I_x نیز نشان‌دهنده مقدار نرمال شده شاخص X است.

وزن‌های شاخص‌ها را از طریق روش‌های آماری محاسبه می‌کنند و اجازه هیچ‌گونه قضاوت ارزشی در مورد اهمیت نسبی شاخص‌ها را نمی‌دهند که می‌توان از تکنیک‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۱ (PCA)، تحلیل پوششی داده‌ها^۲ (DEA) و تحلیل رگرسیون در این حوزه نام برد. تکنیک‌های هنجاری یا بیرونی سعی می‌کنند تا اهمیت نسبی شاخص‌ها را به عنوان تابعی از نظر کارشناسان متخصص یا تصمیم‌گیران خارجی بیان کنند که شامل تکنیک‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی^۳ (AHP)، تعیین مستقیم نظرات^۴، وزن‌دهی چرخشی^۵ یا روش اسمارت (SMART) می‌شود (Gomez and Fernandez, 2010). در این مطالعه، برای تعیین وزن شاخص‌ها از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شد.

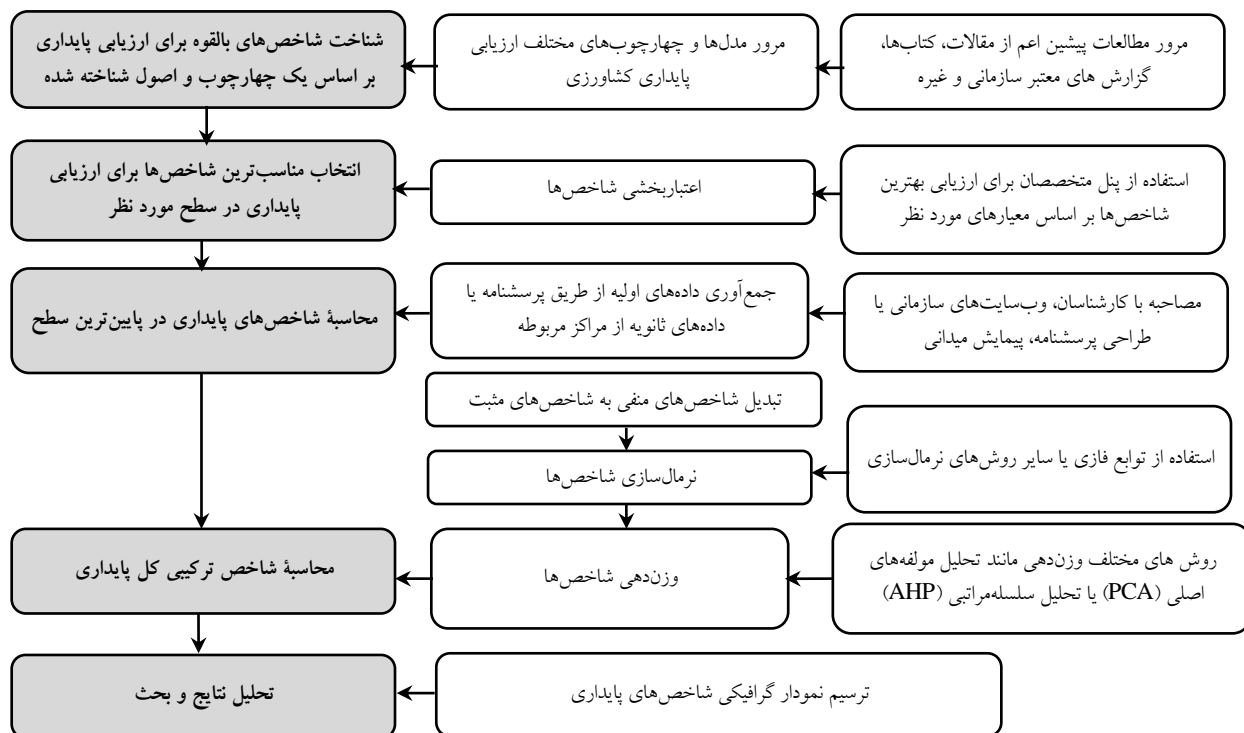
۵. ترکیب کردن شاخص‌ها و ایجاد شاخص ترکیبی:

در این مرحله، با ضرب وزن‌های محاسبه شده در مرحله قبل در مقادیر نرمال شده شاخص‌ها، شاخص‌های پایداری اولیه

جدول ۱. اصول، معیارها و شاخص‌های پایداری مطالعه بر اساس چهارچوب (2007) Cauwenbergh et al.

ابعاد پایداری	اصول	معیارها	شاخص‌ها
اقتصادی	سودمندی اقتصادی	حفظ یا افزایش درآمد مزرعه یا نظام زراعی	سود ناخالص در هکتار (ش ۱)
		حداقل‌سازی وابستگی به پارانه‌ها	سهم از ارزش ناخالص تولید کل زراعی (ش ۲)
		حداقل‌سازی میزان هزینه‌ها	هزینه آب در هکتار (ش ۳)
اجتماعی	قابل پذیرش اجتماع	حفظ یا افزایش بهره‌وری	عملکرد در هکتار (ش ۴)
		بهینه‌سازی شرایط کاری	میزان اشتغال در هکتار (ش ۵)
زیست‌محیطی	غیر مخرب و حامی محیط زیست	حفظ کیفیت شیمیایی خاک	مصرف آفت‌کش‌ها در هکتار (ش ۶)
			مصرف علف‌کش‌ها در هکتار (ش ۷)
			مصرف قارچ‌کش‌ها در هکتار (ش ۸)
			مصرف کود فسفات در هکتار (ش ۹)
			مصرف کود ازت در هکتار (ش ۱۰)
مصرف کود پتاس در هکتار (ش ۱۱)			

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۲



شکل ۱. روش‌شناسی ارزیابی پایداری تولید برنج در این مطالعه

نتایج و بحث

بر اساس روش‌شناسی توضیح داده‌شده در مرحله قبل مقادیر شاخص‌های انتخاب‌شده نرمال شدند که نتایج قابل مشاهده است (جدول ۲). همان‌طور که در جدول دیده می‌شود، تمامی داده‌ها در یک دامنه صفر تا یک نرمال شده‌اند. شاخص‌های سود ناخالص در هکتار (ش ۱)، عملکرد در هکتار (ش ۴)، مصرف علف‌کش‌ها در هکتار (ش ۹)، مصرف چارچ‌کش‌ها در هکتار (ش ۱۰) و مصرف آفت‌کش‌ها در هکتار (ش ۱۱) از طریق تابع فازی نقطه مرجع (متوسط کشوری) نرمال شده‌اند، به طوری که در دو شاخص اول، مقادیر برابر و بالاتر از متوسط مرکزی، پایدار (برابر با یک) و

پایین‌تر از متوسط مرکزی مبین ناپایداری (برابر با صفر) محاسبه شد. در سه شاخص دیگر، به علت منفی‌بودن شاخص روند معکوس انجام شد؛ یعنی مقادیر برابر و بالاتر از متوسط مرکزی مبین ناپایداری (صفر) و پایین‌تر از آن مبین پایداری (یک) بودند. شاخص‌های سهم از ارزش ناخالص تولید کل زراعی (ش ۲)، هزینه آب در هکتار (ش ۳) و میزان اشتغال در هکتار (ش ۵) به روش نقطه حداکثر-حداقل نرمال شدند و در نهایت شاخص‌های مربوط به میزان مصرف کودهای شیمیایی نیز به روش دامنه‌های پایداری تعیین‌شده از سوی متخصصان و از طریق توابع فازی مربوط نرمال شدند.

جدول ۲. شاخص‌های مورد مطالعه به همراه مقادیر نرمال‌شده به تفکیک استان‌های مهم تولیدکننده برنج

نام استان	شاخص‌های ارزیابی پایداری برنج										
	ش ۱	ش ۲	ش ۳	ش ۴	ش ۵	ش ۶	ش ۷	ش ۸	ش ۹	ش ۱۰	ش ۱۱
خوزستان	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۸۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
فارس	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۰/۹۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
گلستان	۱/۰۰	۰/۷۵	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰
گیلان	۱/۰۰	۸۹/۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۷۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
مازندران	۱/۰۰	۰/۸۹	۰/۹۰	۱/۰۰	۰/۳۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

همان‌طور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، استان‌های مختلف بر اساس شاخص‌های پایداری نشان داده شده‌اند. شاخص‌های پایداری در دامنه بین صفر (ناپایداری) تا یک (پایداری) قرار گرفته‌اند. طبق اطلاعات به‌دست‌آمده استان خوزستان در بیشتر شاخص‌های پایداری امتیاز پایینی نسبت به سایر استان‌ها دارد و فقط در مصرف علف‌کش‌ها دارای امتیاز نزدیک به یک است و حالت تقریباً پایداری دارد. استان فارس از نظر شاخص‌هایی مانند سود ناخالص در هکتار، درصد سهم از ارزش ناخالص تولید زارعی، عملکرد در هکتار و مصرف علف‌کش در هکتار دارای امتیاز بهتری نسبت به سایر استان‌هاست و در وضعیت تقریباً پایداری از نظر این شاخص‌ها قرار دارد؛ اما این استان در زمینه مصرف کودهای شیمیایی و مصرف آب در هکتار دارای وضعیت ناپایداری است. استان گلستان نیز در شاخص‌های سود ناخالص در هکتار، عملکرد در هکتار، مصرف علف‌کش در هکتار و اشتغال دارای وضعیت تقریباً پایداری است و از بعد شاخص‌های هزینه آب در هکتار، مصرف حشره‌کش در هکتار، مصرف قارچ‌کش در هکتار و مصرف کود پتاس در هکتار دارای وضعیت ناپایداری است. استان گیلان از بعد شاخص‌های سود ناخالص در هکتار، درصد سهم از ارزش ناخالص تولید زارعی و مصرف علف‌کش در هکتار دارای وضعیت پایداری است اما از نظر سایر ابعاد در وضعیت ناپایداری قرار دارد. در نهایت، استان مازندران نیز در زمینه شاخص‌های سود ناخالص در هکتار، درصد سهم از ارزش ناخالص تولید زارعی و عملکرد در هکتار دارای وضعیت پایدار و از نظر سایر شاخص‌ها دارای وضعیت ناپایداری است (نمودار ۲).

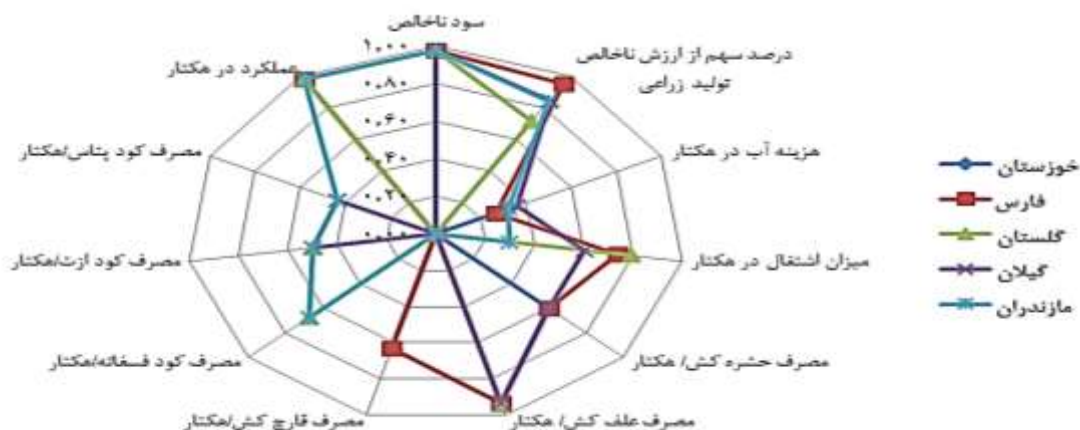
محاسبه شاخص‌های پایداری تولید برنج به تفکیک استان‌های تولیدکننده در ایران

پس از نرمال‌کردن شاخص‌های اولیه، برای محاسبه شاخص‌های پایداری وزن‌های مربوط به هر شاخص از طریق تکنیک تحلیل مؤلفه‌های اصلی محاسبه شد. این وزن‌های محاسبه‌شده در واقع ضرایب محاسبه‌شده بردار اولین عامل مربوط به بیشترین مقدار خاص است (جدول ۳).

جدول ۳. وزن‌های به‌دست‌آمده شاخص‌ها از طریق تکنیک تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

شاخص‌ها	وزن‌های تعیین شده
سود ناخالص در هکتار	۰/۹۸
سهم از ارزش ناخالص تولید کل زارعی	۰/۹۵
هزینه آب در هکتار	۰/۳۶
عملکرد در هکتار	۰/۸۰
میزان اشتغال در هکتار	۰/۶۰
مصرف کود شیمیایی ازت در هکتار	۰/۹۴
مصرف کود شیمیایی پتاس در هکتار	۰/۶۳
مصرف کود شیمیایی فسفات در هکتار	۰/۶۸
مصرف علف‌کش‌ها در هکتار	۰/۵۰
مصرف قارچ‌کش‌ها در هکتار	۰/۴۳
مصرف آفت‌کش‌ها در هکتار	۰/۹۸

وزن‌های محاسبه‌شده در مقادیر نرمال‌شده هر شاخص ضرب شد تا شاخص‌های پایداری برای استان‌های تولیدکننده برنج به دست آمد (نمودار ۲).



نمودار ۲. وضعیت شاخص‌های پایداری تولید برنج در استان مهم تولیدکننده ایران

محاسبه شاخص ترکیبی پایداری و رتبه‌بندی مناطق تولیدکننده برنج در کشور

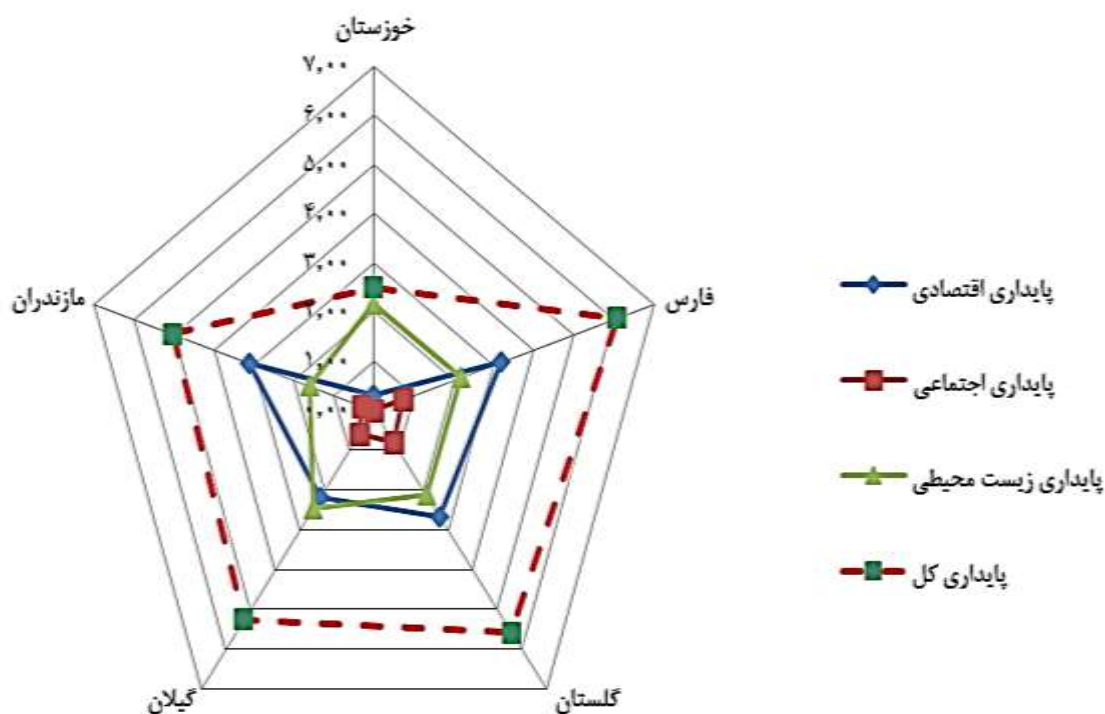
اکنون، با توجه به جمع جبری شاخص‌های پایداری وزن‌شده مربوط به هر بعد پایداری، وضعیت ابعاد سه‌گانه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری تولید برنج برای هر منطقه تولیدکننده به دست آمده است؛ سپس با ترکیب این سه بعد، پایداری کل تولید برنج برای استان‌های مذکور به دست آمد (نمودار ۳).

پایداری اجتماعی تولید برنج در استان گلستان با میزان ۰/۸۰ بهتر از سایر استان‌هاست و استان‌های فارس، گیلان، مازندران و خوزستان به ترتیب با ۰/۷۴، ۰/۶۰، ۰/۳۰ و ۰/۱۰ در رتبه‌های بعدی پایداری قرار دارند. استان فارس و گیلان دارای

وضعیت تقریباً پایداری هستند اما استان‌های مازندران و خوزستان از بعد اجتماعی وضعیت پایداری ندارند.

از بعد پایداری اقتصادی، استان فارس با ۳/۱۷ در رتبه اول قرار دارد و استان‌های مازندران، گلستان، گیلان و خوزستان با مقادیر ۳/۱۲، ۲/۶۷، ۲/۱۸ و ۰/۳۲ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. استان خوزستان از بعد اقتصادی نیز در رتبه آخر قرار دارد که نشان‌دهنده عملکرد اقتصادی پایین برنج در این استان است.

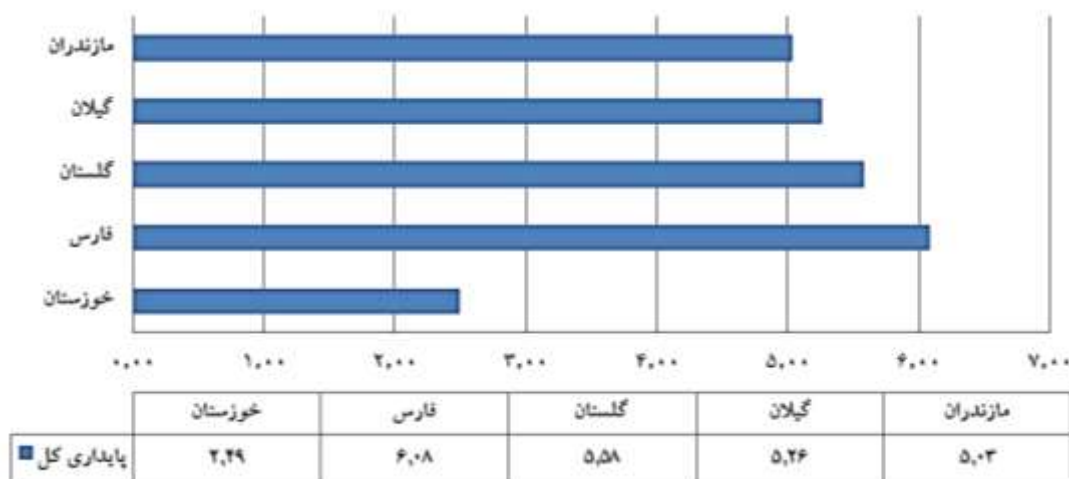
پایداری زیست‌محیطی تولید برنج در استان گیلان با میزان ۲/۴۷ دارای بهترین وضعیت است و پس از این استان، استان‌های فارس، خوزستان، گلستان و مازندران به ترتیب با ۲/۱۷، ۲/۱۱، ۱/۶۱ و ۲/۱۷ در رتبه‌های بعدی قرار دارند.



نمودار ۳. وضعیت ابعاد پایداری و پایداری کل تولید برنج در استان مهم تولیدکننده ایران

گیلان، مازندران و خوزستان به ترتیب با ۵/۲۶، ۵/۰۳ و ۲/۴۹ در رتبه‌های بعدی قرار دارند (نمودار ۴).

رتبه‌بندی استان‌ها بر میزان پایداری کل تولید برنج نیز نشان داد که استان فارس با ۶/۰۸ در رتبه اول قرار دارد. استان گلستان با ۵/۵۸ در رتبه دوم پایداری و استان‌های



نمودار ۴. وضعیت پایداری کل تولید برنج در استان مهم تولیدکننده ایران

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه، هدف ارائه یک روش‌شناسی کاربردی برای ارزیابی پایداری کشت برنج بود که البته قابلیت استفاده برای محصولات دیگر را نیز خواهد داشت. این روش‌شناسی، که بر پایه ایجاد شاخص‌های ترکیبی است، باعث می‌شود تا بتوان واقعیت‌های پیچیده و چندبعدی مانند پایداری کشاورزی را به صورت خلاصه بیان کرد تا به راحتی در اختیار تصمیم‌گیران قرار گیرد. افزون بر این، تفسیر این شاخص‌های ترکیبی بسیار راحت‌تر از یک مجموعه شاخص به صورت جداگانه است و همچنین می‌تواند پیشروی مزارع، سیستم‌های کشاورزی، مناطق، استان‌ها و کشورها را در طول زمانی ارزیابی کند که از طریق شاخص‌های پراکنده و جداگانه امکان‌پذیر نخواهد بود.

اما با توجه به مناسب بودن این نوع شاخص‌ها، نحوه ساخت و توسعه این شاخص‌های ترکیبی بسیار مهم است؛ زیرا در صورتی که اشتباه محاسبه شود، می‌تواند به‌سادگی اطلاعات اشتباهی را در اختیار تصمیم‌گیران قرار دهد. به همین خاطر روش‌شناسی ایجاد شاخص ترکیبی به صورت مرحله‌به‌مرحله در بخش روش تحقیق گفته شده که شامل پنج مرحله انتخاب شاخص‌های بالقوه، انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌ها و محاسبه شاخص‌های پایداری اولیه، محاسبه شاخص ترکیبی و تحلیل نتایج بود. گردآوری شاخص‌های اولیه و بالقوه از این جهت بسیار حائز اهمیت است که شاخص‌های انتخابی بتوانند نماینده تمامی موضوعات و واقعیت‌های پیچیده سیستم کشاورزی مورد مطالعه باشند؛

از این رو به گردآوری جامع شاخص‌ها نیاز است؛ همچنین بهتر است این شاخص‌ها بر پایه اصول و چهارچوب خاصی جمع‌آوری شوند. این چهارچوب‌ها و اصول کمک می‌کنند تا شاخص‌ها به شیوه درست و اصول علمی جمع‌آوری شوند. دلیل اینکه در مرحله بعد مناسب‌ترین شاخص‌ها انتخاب می‌شوند این است که نخست محاسبه همه شاخص‌ها بسیار هزینه‌بر، زمان‌بر و مشکل خواهد بود؛ دوم برخی از شاخص‌ها قابلیت سنجش ندارند که یا به علت موجود نبودن داده برای سنجش است یا اینکه خود شاخص مفهومی انتزاعی و غیر قابل کمی‌شدن دارد. دسترسی‌نداشتن به داده نیز می‌تواند به علت وجودنداشتن داده باشد یا اینکه داده وجود دارد اما دسترسی به داده هزینه‌بر و زمان‌بر است و لذا از نظر اقتصادی و زمانی مقرون به صرفه نیست؛ سوم ممکن است شاخص‌ها برای اندازه‌گیری و سنجش پایداری مورد نظر مناسب نباشند. شاخص‌های پایداری اهمیت خود را در ارزیابی یک مورد مشخص، در یک موقعیت مکانی معین و در یک افق زمانی مشخص پیدا می‌کنند. به همین دلیل تناسب شاخص برای ارزیابی هر سیستم کشاورزی متفاوت خواهد بود و در نتیجه اعتباربخشی شاخص‌ها از طریق پانل متخصصان ضروری است. در این مطالعه، با توجه به دسترسی‌نداشتن به داده‌ها برای برخی از شاخص‌های انتخابی و موجود نبودن داده‌های به‌روز ناگزیر از داده‌های سال ۱۳۸۷ استفاده شد و برخی از شاخص‌ها به علت موجود نبودن داده از مطالعه حذف شدند.

در مرحله بعد، باید داده‌های مورد نظر به‌دقت جمع‌آوری

استان در زمینه تولید برنج در ایران شناخته شد و استان خوزستان در رتبه آخر قرار گرفت؛ البته باید در نظر گرفت که نحوه انتخاب شاخص‌ها، شیوه نرمال‌سازی و وزن‌دهی آن‌ها می‌تواند بر روی نتایج محاسبه پایداری تأثیرگذار باشد. برای بهبود میزان پایداری در هر استان باید به وضعیت شاخص‌های متشکل هر بعد توجه کرد و شاخص‌هایی که در وضعیت ناپایداری هستند بهبود بخشید. در استان خوزستان، شاخص‌های اقتصادی پایداری مانند عملکرد، سود ناخالص و سهم از ارزش ناخالص تولید زراعی بسیار پایین بوده و نشان‌دهنده عملکرد پایین محصول در این استان است که لزوم توجه به شیوه‌های مدیریت بهینه زراعی و استفاده از بذور اصلاح‌شده پر محصول به منظور افزایش عملکرد را ضروری می‌سازد؛ همچنین در این استان میزان مصرف کودهای شیمیایی بیش از حد نیاز بوده است که پیشنهاد می‌شود با افزایش آگاهی برنجکاران از میزان مناسب مصرف سموم از طریق برگزاری دوره‌های آموزشی یا استفاده از مهندسان ناظر و مروجان این مشکل برطرف شود. در استان گلستان نیز وضعیت شاخص‌های زیست‌محیطی پایداری نامناسب و میزان مصرف آب کشاورزی و نهاده‌های شیمیایی بیش از حد استاندارد بود که توصیه می‌شود میزان مناسب مصرف نهاده‌های شیمیایی و مصرف بهینه آب آبیاری از طریق شیوه‌های آموزشی- ترویجی به کشاورزان اطلاع داده شود.

اما در استان گلستان میزان عملکرد در هکتار پایین‌تر از حد پایداری بود که پیشنهاد می‌شود به شیوه‌های مدیریت بهینه زراعی و استفاده از بذور اصلاح‌شده پر محصول به منظور افزایش عملکرد توجه بیشتری شود.

در استان مازندران، شاخص‌های اقتصادی در وضعیت مناسبی بود اما شاخص‌های زیست‌محیطی مصرف سموم، آفت‌کش و قارچ‌کش‌های شیمیایی ناپایدار بودند که پیشنهاد می‌شود شیوه‌های بیولوژیک و مدیریت تلفیقی مبارزه با آفات در بین برنجکاران ترویج شود و در زمینه خطرهای ناشی از این سموم شیمیایی اطلاع‌رسانی لازم صورت گیرد.

می‌شد؛ زیرا اعتبار نتایج ارزیابی به جمع‌آوری داده‌های با دقت بالا خواهد بود تا تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران بتوانند از نتایج ارزیابی برای بهبود پایداری بهره‌مند شوند. در مواردی که داده‌های ثانویه وجود دارد، می‌توان از داده‌های ثانویه به خاطر کم‌هزینه‌بودن و دسترسی سریع‌تر استفاده کرد اما در صورتی که این داده‌ها وجود نداشته باشند باید از طریق طراحی پرسشنامه به جمع‌آوری داده‌های اولیه اقدام کرد. با توجه به اینکه شاخص‌ها دارای واحدهای مختلفی هستند، جمع جبری آن‌ها برای ایجاد شاخص ترکیبی غیر ممکن است بنابراین باید نرمال شوند؛ البته قبل از آن اگر شاخص منفی وجود داشته باشد باید به حالت مثبت تبدیل شود. با تعیین وزن شاخص‌ها و ضرب در مقدار نرمال‌شده شاخص‌ها، شاخص‌های پایداری محاسبه‌شده و از جمع خطی آن‌ها شاخص ترکیبی به دست آمد.

نتایج این مطالعه نشان داد که عملکرد در هکتار برنج در ایران در این سی سال گذشته روندی مثبت داشته است و استان‌هایی مانند فارس و مازندران دارای عملکردی بالاتر از حد متوسط کشوری بوده‌اند که بیانگر عملکرد مثبت محصول در این استان‌هاست. شاخص‌های پایداری اقتصادی نیز در این دو استان وضعیت خوبی داشته است و نسبت به سایر استان‌ها در حالت پایداری قرار داشته‌اند؛ اما استان فارس از نظر هزینه مصرف آب در حالت ناپایداری قرار داشت که با توجه به محدودیت آب در استان فارس مصرف زیاد آب می‌تواند در آینده یک مشکل جدی برای پایداری کشت برنج این استان به شمار رود؛ همچنین استان فارس در زمینه مصرف کودهای شیمیایی نیز نشان داد که بیش از حد معمول از این نهاده‌های شیمیایی استفاده می‌کند و لذا در حالت ناپایداری قرار داشت که بهتر است مورد توجه مسئولان قرار بگیرد.

از بعد اجتماعی، استان گیلان به علت تأمین اشتغال بیشتر در واحد هکتار نسبت به سایر استان‌ها پایدارتر بود. در بعد اقتصادی، استان فارس و در بعد زیست‌محیطی، استان گیلان پایدارترین استان‌ها انتخاب شدند و در نهایت نیز استان فارس با محاسبه شاخص پایداری کل پایدارترین

REFERENCES

- Andreoli, M., Tellarini, V., 2000. Farm sustainability evaluation: methodology and practice. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77 (1), 43–52.
- Bockstaller, C., Girardin, P., van der Verf, H.M., 1997. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy* 7 (2), 261–270.
- Cauwenbergh, N.V., Biala, K., Bienders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., Garcia Ciudad, V., Hermey, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vanclooster, M., Van der Veken, B., Wauters, E. and Peeters, A., 2007. SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120: 229–242.
- Ciegis, R., Ramanauskienė, J., Martinkus, B., 2009. The Concept of Sustainable Development and its Use for Sustainability Scenarios. *Inz Ekon*, 28-37.
- Dantsis, T., Douma, C., Giourga, CH., Loumou., A, and Polychronaki, E. A., 2010. A methodological approach to assess and compare the sustainability level of agricultural plant production systems, *Ecological Indicators* 10, 256–263.
- Devuyt D., (2001)(Ed.) *How green is the city? Sustainability assessment and the management of urban environments*, Columbia University Press, New York.
- Freudenberg, M., 2003. Composite indicators of country performance: a critical assessment. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 2003/16. OECD, Paris.
- FAOSTAT. 2012. (available at: www.faostat.fao.org/).
- Gibson R. Specification of sustainability-based environmental assessment decision criteria and implications for determining “significance” in environmental assessment. http://static.twoday.net/NE1BOKU0607/files/Gibson_Sustainability-EA.pdf
- Gilman, R. (1996) *Sustainability: The state of the movement: The essential threads of who we are and where we’re going*. In *Context: A Quarterly of the Humane Sustainable Culture*. Retrieved from <http://www.context.org/ICLIB/IC25/Gilman.htm>
- Gomez-Limon, J.A. and Sanchez-Fernandez, G., (2010), Empirical Evaluation of agricultural sustainability using Composite Indicators, *Ecological economics* 69: 1062-1075.
- Hajkowicz, S., 2006. Multi-attributed environmental index construction. *Ecological Economics* 57 (1), 122–139.
- Hayati, D., Ranjbar, Z., & Karami, E. 2011. *Measuring Agricultural Sustainability, Biodiversity, Biofuels, Agroforestry and conversation Agriculture* (Ed.) E. Lichtfouse. <http://www.springer.com/978-90-481-9512-1>
- International Association for Impact Assessment. 2002. *Strategic Environmental Assessment Performance Criteria*. Available online. <http://www.iaia.org/Publications/sp1.pdf>
- IRRI. 2006. *Bringing hope, improving lives: Strategic Plan 2007–2015*. Manila .61 p
- Kesavan, P.C., Swaminathan, M.S., 2008. Strategies and models for agricultural sustainability in developing Asian countries. *Philos T R Soc B* 363, 877-891.
- Koopahi, M., Sadat-barikani, S.H., Kavoosiklashami, M., Sasuli, M.R. 2009. Impact of applying Inputs on Production Risk of Rice in Gilan province, *Science and Technology of Agricultural and Natural Resources*, Vol 13. No.48. pp. 357-364 (In Frasi)
- MAFF, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 2000. *Towards Sustainable Agriculture (a pilot set of indicators)*. MAFF, London.
- Malkina-Pykh, I.G., 2000. From data and theory to environmental models and indices formation. *Ecol. Model.* 130 (1–3), 67–77.
- Ministry of Agricultural Jihad. 2013. *Statistics: production Costs*. Retrieved April 29 2013, from <http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx?CategoryID=390244a4-8a6a-4689-b661-e96d3dfe4251>.
- Motiei-Langroodi, S.H. Shamsaei, E. 2009. *Sustainable Agriculture and Development*, (1th ed.), Tehran: University of Tehran Inc., Iran. (in Farsi)
- OECD — JRC, Joint Research Centre, 2008. *Handbook on constructing composite indicators. Methodology and user guide*. OECD, Paris. <http://www.oecd.org/std/clits/42495745.pdf>
- Partidario, M.R., Sheate, W.R., Bina, O., Byron, H. and Augusto, B. 2009. *Sustainability Assessment for Agricultural Scenarios in*

- Europe,s Mountain Areas: Lessons from Six Study Areas, *Environmental Management*, 43:144–165.
- Pinter, L., Hardi, P., Martinuzzi, A., Hall, J. 2012. Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement, *Ecological Indicators*, Volume 17, June 2012, Pages 20–28.
- Pirazzoli, C., Castellini, A., 2000. Application of a model for evaluating the environmental sustainability of cultures in hill and mountain areas. The case of berries and fruit chestnut in Northern Italy. *Agricultural Economics Review* 1 (1), 57–70.
- Pope, J., Annandale, D. and Morrison-Saunders, A. 2004. Conceptualising sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 24 (6). pp. 595-616.
- Pretty, J., 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363, 447-465.
- Qiu, H.J., Zhu, W.B., Wang, H.B., Cheng, X., 2007. Analysis and design of agricultural sustainability indicators system. *Agricultural Sciences in China* 6 (4), 475–486.
- Rao, N.H., & Rogers, P.P. 2006. Assessment of agricultural sustainability. *CURRENT SCIENCE*, VOL. 91, NO. 4, pp. 439-448.
- Rigby, D., Woodhouse, P., Young, T., Burton, M., 2001. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. *Ecological Economics* 39 (3), 463–478.
- Salder B. 1999. A framework for environmental sustainability assessment and assurance, in Petts J. (ed.) *Handbook of environmental impact assessment* (Volume 1), Blackwell Scientific, Oxford, UK.
- Sands, G.R., Podmore, T.H., 2000. A generalized environmental sustainability index for agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79 (1), 29–41.
- Sauvenier, X., Valckz, J., van Cauwenbergh, N., 2006. Framework for Assessing Sustainability Levels in Belgian Agricultural Systems — SAFE. Final Report — SPSD II CP 28. Belgian Science Policy, Brussels.
- Scherr S.J, McNeely J.A 2008 Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of ‘ecoagriculture’ landscapes. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363, 477–494. doi:10.1098/rstb.2007.2165.
- Stockle, C.O., Papendick, R.I., Saxton, K.E., Campbell, G.S., van Evert, F.K., 1994. A framework for evaluating the sustainability of agricultural production systems. *American Journal of Alternative Agriculture* 9 (1–2), 45–50.
- Tomich T.P, Chomitz K, Francisco H, Izac A.-M.N, Murdiyarto D, Ratner B.D, Thomas D.E, van Noordwijk M2004 *Policy analysis and environmental problems at different scales: asking the right questions. Agr. Ecosyst. Environ.* 104, 5–18. doi:10.1016/j.agee.2004.01.003.
- van Calker, K.J., Berentsen, P.B.M., Romero, C., Giesen, G.W.J., Huirne, R.B.M., 2006. Development and application of a multi-attribute sustainability function for Dutch dairy farming systems. *Ecological Economics* 57 (3), 640–658.
- Verheem R. 2002. Recommendations for Sustainability Assessment in the Netherlands. In Commission for EIA. *Environmental Impact Assessment in the Netherlands. Views from the Commission for EIA in 2002. The Netherlands.*