ارزیابی پایداری نظام‌های کشاورزی

دکتر علی اسدی[1]
حجت ورمزیاری[2]
(تاریخ دریافت ۸۸/۷/۱۹- تاریخ تصویب ۸۸/۱۱/۴)

چکیده
در طول دهه‌های اخیر، با توجه به رشد جمعیت و لزوم تأمین امنیت غذایی، فشار بر منابع طبیعی، به خصوص در کشورهای در حال توسعه افزایش یافته است. هر چند این فشار در کوتاه‌مدت تا حدودی چالش امنیت غذایی را مرتفع ساخته، ولی ردپای محیط‌زیستی عمده‌ای را بر جای گذاشته است. بنابراین امروزه کشورهای در حال توسعه با چالش اساسی برای تولید پایدار محصولات غذایی مواجه هستند. به منظور مواجهه با این چالش، کشورهای مذکور سیاست‌های توسعه کشاورزی پایدار را اتخاذ کرده‌اند. در این راستا، ارزیابی میزان پایداری نظام‌های کشاورزی موجود در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و به خصوص محیط‌زیستی، در ترسیم چشم‌انداز توسعه کشاورزی پایدار و طراحی راهکارهای عملی آن، بسیار حائز اهمیت است. در این مطالعه ابتدا دو چارچوب ارزیابی بعد محیط‌زیستی پایداری نظام‌های کشاورزی تبیین شده و سپس دو چارچوب ارزیابی جامع پایداری نظام‌های کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت نیز یک روش عملیاتی برای ارزیابی بعد محیط‌زیستی پایداری نظام‌های کشاورزی ارائه گردیده است.

واژه‌گان کلیدی: فشار، منابع طبیعی، چارچوب ارزیابی، پایداری، نظام‌های کشاورزی

۱- دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۲- دانشجوی مقطع دکتری توسعه کشاورزی گروه ترویج و آموزش کشاورزی دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، varmazyari@ut.ac.ir

مقدمه

در طول دهه‌های اخیر، با توجه به رشد جمعیت و لزوم تأمین امنیت غذایی، منابع طبیعی به صورت فشرده‌تری مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. رسول و تاپا[۱](۲۰۰۳) با توجه به این موضوع، در بررسی ادبیات مرتبط بر این مسأله تأکید کرده‌اند که طی چند دهه اخیر، در بسیاری از نقاط جهان، تولیدات کشاورزی به طور شگرفی از طریق استفاده بیشتر از بذور دارای عملکرد بالا، کودهای غیر آلی، آفت‌کش‌ها و آب، افزایش یافته است که این خود منجر به رشد هزینه تولید شده است. همچنین ایشان تصریح نموده‌اند که کاربرد بیش از حد و نامناسب مواد شیمیایی کشاورزی، سبب آلودگی آب، نابودی تنوع ژنتیکی و افت کیفیت خاک گردیده است. طبق پیش‌بینی‌ها، ۲۰ الی ۳۰ میلیون هکتار زمین به شدت و ۶۰ تا ۸۰ میلیون هکتار زمین، به طور متوسط، تحت تأثیر شوری و ماندابی شدن ناشی از استفاده بیش از حد و نامتوازن آب، کودهای غیرآلی و آفت‌کش‌ها قرار دارند(بیسواس[۲]،۱۹۹۴ به نقل از رسول و تاپا،۲۰۰۳). از سوی دیگر، به موازات وارد شدن عناصر سمی به زنجیره غذایی (هاروود[۳]، ۱۹۹۰؛ اکونل[۴]، ۱۹۹۱ به نقل از رسول و تاپا، ۲۰۰۳)، شواهد مبنی بر چالش‌های سلامتی انسان افزایش می‌یابند که با مصرف مواد شیمیایی کشاورزی از قبیل آفت‌کش‌ها مرتبط هستند. در حقیقت، کشاورزی مدرن به میزان زیادی بر استفاده از منابع طبیعی به منظور دستیابی به منافع فراوان، اتکاء می‌نماید. این چالش‌ها و تهدیدها، از جمله پیامدهای نظام‌های کشاورزی متعارف[۵] است که به عقیده رسول و تاپا، نوعی از نظام‌های کشاورزی هستند که به طور معمول توسط اغلب کشاورزان اجرا می‌شود. البته محققان مختلف این نوع کشاورزی را به اشکال گوناگون، توصیف کرده‌اند.

پرتال جامع علوم انسانی

۱- Rasul and Thapa

۲- Biswas

۳- Harwood

۴- O'Connell

۵- Conventional Agricultural Systems

کشاورزی متعارف

هانسن[۱](۱۹۹۶) آن را به عنوان کشاورزی سرمایه‌بر، بزرگ‌مقیاس و به شدت مکانیزه که از نوع نظام‌های تک‌کشتی بوده و میزان استفاده از مواد شیمیایی کشاورزی در آن بالا است، تعریف کرده است. پرتی[۲](۱۹۹۵) نیز کشاورزی متعارف را به مثابه نظام کشاورزی که به شدت صنعتی شده و در آن، میزان استفاده از نهاده‌های بیرونی و تخریب منابع بالا است، توصیف نموده است. رسول و تاپا نیز استفاده متراکم و مداوم از زمین، به همراه نهاده‌های بیرونی زیاد از قبیل بذور دارای عملکرد بالا، کودها و آفت‌کش‌های غیرآلی، آبیاری، الگوهای تک‌کشتی، متنوع‌سازی اندک، وابستگی زیاد به نهاده‌های بیرونی و استفاده اندک از منابع درون مزرعه را به عنوان ویژگی‌های نظام‌های کشاورزی متعارف ذکر کرده‌اند. به طور کلی، کشاورزی مدرن به طرق مختلفی منافع نسل‌های آینده را نادیده گرفته است(شفرد[۳]،۱۹۹۸):

۱- ازبین رفتن خاک زنده سطحی؛

۲- آلودگی آب و خاک و جو زمین؛

۳- جنگل زدایی؛

۴- آبیاری‌های بی‌رویه‌ای که خاک را به علت قلیایی کردن به صورت غیر مولّد در می‌آورد؛

۵- مداخله غیر مسئولانه و همه جانبه در اکوسیستم که منجر به عدم تعادل و آسیب‌پذیری‌های فراوان شده است؛

۶- از بین رفتن تنوع زیستی گیاهی و حیوانی که امکان و توان گزینش نسل‌های آینده را از نظر انتخاب جایگزین‌های مختلف ژنتیکی محدود می‌کند؛

۷- توجه بیشتر به مقاومت عمودی تا مقاومت افقی؛

۸- کشاورزی صنعتی ۸۰ درصد سهم کشاورزی از انتشار دی‌اکسیدکربن را تشکیل می‌دهد و بقیه(۲۰٪) را استفاده از انرژی در مزرعه تشکیل می‌دهد.

مشکلات ناشی از کشاورزی متعارف یا مدرن، منجر به فشار محیط‌زیستی و اجتماعی و حاصل

۱- Hansen

۲- Pretty

۳- Shepherd

شدن درک عمومی نسبت به لزوم گذار به سوی عملیات تولیدی پایدارتر شده است. چرا که توسعه کشاورزی مدرن، سبب تردید و تشکیک نسبت به پایایی درازمدت نظام‌های تولیدی جاری شده است(ریجبای و کاکرز[۱]،۱۹۹۷).

کشاورزی پایدار

کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه[۲](۱۹۸۷) توسعه پایدار را به عنوان «توسعه‌ای که پاسخگوی نیازهای نسل حاضر، بدون به مخاطره انداختن توان نسل‌های آتی برای تأمین نیازهای خود، است» تعریف نمود(سیدرویه و ووسینک[۳]،۲۰۰۷). واژه پایدار (Sustainable) از کلمه لاتین Sustinere منشأ گرفته است و به مفهوم زنده نگهداشتن بوده و بر تداوم و حمایت درازمدت دلالت دارد(ریجبای و کاکرز،۱۹۹۷). در زمینه تولید کشاورزی، ایکرد[۴](۱۹۹۳) پایداری را به عنوان نظام‌های کشاورزی که «به طور ناحدودی قادر به حفظ بهره‌وری و سودمندی خود برای جامعه بوده و از منابع محافظت کرده، از نظر اجتماعی حامی بوده، قدرت رقابت تجاری را داشته و از نظر محیط‌زیستی منسجم و سالم باشند»، تعریف می‌کند. تعریف دیگری که از کشاورزی پایدار ارایه شده، مربوط به قانون کشاورزی آمریکا در سال ۱۹۹۰[۵] است که در آن، به عنوان یک نظام یکپارچه عملیات تولیدی گیاه و دام که کاربرد مکان‌ویژه داشته و در درازمدت کارکردهای ذیل را داشته باشد، تعریف گردیده است(ریجبای و کاکرز، ۱۹۹۷):

۱- نیازهای انسان‌ها به مواد غذایی و فیبر را تأمین کند؛
۲- کیفیت محیط‌زیستی و منابع طبیعی که اقتصاد کشاورزی وابسته به آن است را ارتقاء دهد؛
۳- به کارآترین نحو، از منابع تجدید ناپذیر و منابع داخل مزرعه استفاده کرده و در صورتی که مناسب باشد، منابع و کنترل‌های بیولوژیک طبیعی را تلفیق نماید؛

۱- Rigby and Caceres
۲- WCED
۳- Sydorovych and Wossink
۴- Ikerd
۵- Farm Bill in the USA 1990

۴- پایایی اقتصادی عملیات مزرعه را پایدار سازد؛

۵- کیفیت زندگی کشاورزان و کل جامعه را بهبود بخشد.

لواندوفسکی و همکاران[۱](۱۹۹۹) نیز کشاورزی پایدار را به عنوان مدیریت و بهره‌برداری از اکوسیستم کشاورزی به شیوه‌ای که تنوع بیولوژیکی، بهره‌وری، ظرفیت باززایی، قدرت و توانایی عمل را حفظ نماید تا در نتیجه آن، اکوسیستم بتواند- در حال وآینده – کارکردهای اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی مهم را در سطح محلی، ملی و جهانی انجام داده و به سایر زیست‌بوم‌ها،آسیبی وارد ننماید؛ تعریف کرده‌اند(کائونبرگ[۲] و همکاران، ۲۰۰۷). در کشاورزی پایدار، از طریق تلفیق فرآیندهای طبیعی با تولید کشاورزی و کاربرد بیشتر دانش و مهارت‌های کشاورزان، استفاده بهتری از منابع درونی مزرعه به عمل می‌آید تا خوداتکایی و ظرفیت کشاورزان، بهبود و ارتقاء یابد. بنابراین نظام‌های کشاورزی اکولوژیک، خدمات محیط‌زیستی بیشتری را از طریق کاهش مصرف کودهای غیرآلی و تثبیت کربن در خاک، برای جامعه فراهم می‌کنند. همچنین این نظام‌ها وابستگی به نهاده‌های بیرونی را کاهش داده و در نتیجه کشاورزان را نیز در برابر آسیب‌های ناشی از نوسانات قیمت‌های نهاده‌ها بیرونی و مقدار و کیفیت عرضه آن‌ها، ایمن‌تر می‌کنند. از عناوین دیگر کشاورزی پایدار، می‌توان کشاورزی اکولوژیک، کشاورزی بازآفرین، کشاورزی ارگانیک، یا کشاورزی با نهاده پایین و کشاورزی جایگزین را می‌توان نام برد(رسول و تاپا، ۲۰۰۳).

بنابراین، کشاورزی پایدار به عنوان کشاورزی کم‌نهاده و بازآفرین، غالباً در برابر کشاورزی متعارف قرار می‌گیرد(لوکرتز[۳]، ۱۹۸۹). از سوی دیگر، رسول و تاپا(۲۰۰۳) بر مبنای مرور ادبیات خود، بر این موضوع تصریح کرده‌اند که به طور معمول، نظام‌هایی که تنوع زراعی، کشت مخلوط و استفاده از کودهای آلی را افزایش می‌دهند؛ شانس بیشتری برای تحقق پایداری کشاورزی دارند. ایشان همچنین تأکید کرده‌اند که افزایش شدت استفاده از زمین و کاربرد کودهای غیرآلی و آفت‌کش‌ها، پایداری را در معرض مخاطره قرار می‌دهد. رسول و تاپا در نهایت نتیجه می‌گیرند که با وجود تنوع زیادی که در رابطه با مفهوم‌سازی کشاورزی پایدار

---

۱ -Lewandowski et al

۲ - Cauwenbergh

۳ - Lockeretz

وجود دارد، در مورد سه ویژگی عمده آن توافق حاصل شده است:

۱- حفظ کیفیت محیط‌زیستی؛

۲- بهره‌وری باثبات گیاه و دام؛

۳- قابل پذیرش از نظر اجتماع.

به طور کلی پرتی(۱۹۹۶) به نقل از ریجبای و کاکرز(۱۹۹۷) نیز اهداف ذیل را برای کشاورزی پایدار مشخص کرده است:

۱- تلفیق جامع‌تر و همه‌جانبه‌تر فرآیندهای طبیعی؛

۲- کاهش در مصرف منابع خارج از مزرعه، بیرونی و تجدیدناپذیر؛

۳- دستیابی عادلانه‌تر به منابع؛

۴- استفاده بهره‌ورتر از دانش و عملیات محلی؛

۵- خوداتکایی بیشتر برای کشاورزان و روستاییان؛

۶- هماهنگی بیشتر بین عملیات تولیدی و اقلیم و چشم‌انداز؛

۷- تولید سودمند و کارا توأم با تأکید بر محافظت از خاک، آب، انرژی و منابع بیولوژیک.

با توجه به لزوم پایدارسازی نظام‌های تولید کشاورزی در عصر کنونی، بررسی وضعیت نظام‌های کشاورزی کنونی و میزان انطباق آن‌ها با ملاک‌های پایداری، به منظور برنامه‌ریزی برای توسعه کشاورزی پایدار، بسیار ضروری می‌باشد. البته این امر در کشور ایران از اهمیت مضاعفی برخوردار است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بخش کشاورزی ایران

کشاورزی جایگاه مهمی در اقتصاد ایران دارد، به گونه‌ای که در ایران و در سال ۱۳۸۳، حدود ۱۴ درصد تولید ناخالص داخلی، ۲۵ درصد ارزش صادرات غیرنفتی، بیش از ۲۰ درصد اشتغال، نزدیک به ۸۰ درصد از عرضه غذا و ۹۰ درصد از مواد اولیه صنایع تبدیلی کشاورزی را تأمین نموده است(عبداللهی،۱۳۸۵). در سال ۱۳۸۶ نیز سهم ارزش افزوده گروه کشاورزی، نفت، صنایع و معادن و خدمات از رشد تولید ناخالص داخلی، به ترتیب معادل ۰/۹، ۰/۱، ۲/۷ و ۳/۵ بوده و فعالیت‌های کشاورزی در زمره فعالیت‌هایی بوده که بیشترین سهم را در رشد اقتصادی کشور داشته‌اند(خلاصه تحولات اقتصادی کشور در سال ۱۳۸۶). از سوی دیگر، ارزش تولیدات

ایران در سال ۲۰۰۷ و در زمینه ۲۴ محصول، در زمره ۲۰ کشور برتر دنیا قرار داشته است، به طوری که رتبه آن در زمینه ۱۰ محصول زیر ۵ و در زمینه ۹ محصول، بین ۶ تا ۱۰ بوده است. این امر نشان‌دهنده توان جهانی بخش کشاورزی ایران در زمینه تولید محصولات کشاورزی و حضور در بازارهای جهانی و ارزآوری برای کشور است. نکته امیدوارکننده این که، غالباً جایگاه جهانی کشور در سال ۲۰۰۷، در رابطه با محصولات مذکور، نسبت به سال ۱۳۵۷، به جز ۵ محصول، بهبود چشمگیری داشته است(فائو،۲۰۰۹).

ولی با وجود این، شواهد حاکی از آن است که بخش کشاورزی کشور، از چالش‌های اساسی در رابطه با توسعه پایدار رنج می‌برد، که در ادامه برخی از مهمترین آنها مورد اشاره اجمالی قرار می‌گیرد. در ایران کشاورزان خرده‌پا – که فاقد سازمان‌های تولیدکننده منسجم که از حقوق آنان در عرصه‌های گوناگون کلان از قبیل سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و همچنین عرصه‌های خرد از قبیل بازاریابی، توزیع نهاده‌ها و ... حمایت کند، هستند و عملکردشان در حد پایینی قرار دارد– بخش قابل توجهی از بهره‌برداری‌های کشور را تشکیل می‌دهند.

از سوی دیگر، عملکرد در واحد سطح محصولات کشاورزی ایران، بسیار کمتر از میزان این شاخص در کشورهای توسعه‌یافته است. در زمینه سلامت محصولات کشاورزی نیز رتبه جهانی ایران ۱۲۲ است. از این نظر، ایران با کشورهای آفریقایی هم سطح است که علت آن تغذیه نادرست و عدم توانایی تولید محصولات غذایی سالم می‌باشد(ملکوتی،۱۳۸۷). همچنین آمارهای موجود در زمینه سطح تحصیلات شاغلان بخش کشاورزی نشان می‌دهد که این بخش با وجود بهبود نسبتاً چشمگیر، وضعیت رضایت‌بخشی ندارد، به طوری که کماکان در سال۱۳۸۲، در حدود ۴۵ درصد از شاغلان بخش کشاورزی بی‌سواد بوده و تنها ۳/۱۰ درصد از شاغلان بخش کشاورزی، تحصیلات عالی، اعم از تخصص کشاورزی و غیر کشاورزی، داشته‌اند. جالب آنکه در چنین شرایطی نظام آموزش عالی کشاورزی هنوز تمهیدات ضروری برای بهبود توسعه منابع انسانی این بخش اتخاذ ننموده است.

در بعد مالی نیز نگرانی‌های جدی وجود دارد. به گونه‌ای که بخش کشاورزی از کمبود سرمایه به شدت رنج می‌برد. متوسط سهم سالانه این بخش از موجودی سرمایه، در طول تمامی برنامه‌های توسعه (از سال ۱۳۴۲ تا ۱۳۸۳) و نیز در دوره جنگ تحمیلی، فراتر از ۵ درصد نرفته است و این بخش در طول دوره‌های زمانی مورد نظر، نسبت به سایر بخش‌های اقتصادی دیگر، از کمترین متوسط سرانه سالانه سرمایه به ازای هر ۱۰۰ نفر شاغل در بخش برخوردار بوده

است(صالح، ورمزیاری و مسلم‌زاده، ۲۰۰۸).

در همین راستا، گفتنی است که درصد حمایت کل از بخش کشاورزی (به عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی) در برخی از کشورهای سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه، به ۳/۲۹ درصد می‌رسد، در حالی که این مقدار برای کشاورزی ایران حدود یک سیصدم است، که این عدد در مقایسه با سهم ارزش افزوده بخش کشاورزی (بیش از ۱۳ درصد) در تولید ناخالص داخلی کشور، حاکی از یک حمایت بسیار ضعیف می‌باشد(مهربانیان و مؤذنی،۱۳۸۷).

از دیگر موضوعات اساسی و مطرح در مقوله توسعه پایدار کشاورزی، حفاظت از منابع طبیعی پایه است که در این رابطه نیز کشور موقعیت جالبی ندارد. ایران از لحاظ فرسایش خاک در شمار ۳ کشور نخست جهان قرار دارد. بنابر آخرین آماری که مرکز تحقیقات آبخیزداری سازمان جنگل‌ها - طرح مطالعه سیمای آبخیزها- اعلام کرده است، میزان فرسایش خاک در کشور، ۲ میلیارد تن در سال است. بر اساس این آمار ۳۴ میلیون هکتار از اراضی کشور تحت تأثیر فرسایش بادی و ۱۳۴ میلیون هکتار تحت تأثیر فرسایش آبی قرار دارد(گرشاسبی،۱۳۸۸). همچنین مواد آلی موجود در خاک‌های ایران کمتر از ۰/۳ درصد است، در حالی که استاندارد جهانی مواد آلی خاک ۱/۵ تا ۲درصد است. این امر ناشی از خشکی آب و هوای ایران و نیز مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی است(مهدوی‌دامغانی،۱۳۸۶).

در زمینه آب نیز باید گفت که در حال حاضر، سرانه آب تجدیدپذیر ایران ۱۹۰۰ مترمکعب است. بنابراین بر اساس شاخص فالکن‌مارک، کشور ایران در آستانه قرار گرفتن در تنش آبی است. از سوی دیگر، با توجه به استفاده ۶۹ درصدی از کل آب تجدیدپذیر، کشور طبق شاخص سازمان ملل، در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد.

این در حالی است که طبق گزارش فائو(۲۰۰۰) راندمان آبیاری بخش کشاورزی - به عنوان مصرف‌کننده اصلی آب در کشور- در ایران، اندک (۳۲ درصد) است که این میزان کمتر از متوسط راندمان آبیاری در کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا (۴۰ درصد) و کشورهای جنوب آسیا (۴۴ درصد) به شمار می‌آید(دفتر برنامه‌ریزی آب و آبفا، ۱۳۸۸).

بنابراین همان‌طور که به طور مختصر اشاره شد، بخش کشاورزی ایران با چالش‌های اساسی مواجه است که سبب تأخیر در توسعه پایدار آن شده‌اند. در چنین فضایی، هنوز سازوکار و ابزارهای لازم و رسمی برای ارزیابی و رصد مداوم عملکرد بخش کشاورزی و تعیین روند آن

در زمینه پایداری، طراحی و اجرا نشده‌اند. از این‌رو، پرداختن به مقوله ارزیابی پایداری نظام‌های کشاورزی از اهمیت اساسی برخوردار است که در ادامه، مقدماتی از این مبحث مطرح می‌شود.

ارزیابی پایداری نظام‌های کشاورزی

پیدایش کشاورزی پایدار در اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی و بحث پیرامون پایایی اقتصادی آن، سبب احساس نیاز نسبت به ارزیابی جامع عملکرد نظام‌های تولید کشاورزی سنتی و جایگزین مختلف(ایکرد،۲۰۰۶ به نقل از سیدرویه و ووسینک،۲۰۰۷) که در گرو به کارگیری رهیافت کمّی برای ارزیابی پایداری است، گردید. در واقع، امروزه توسعه پایدار و تعریف شاخص‌های ارزیابی توسعه آن، به اولویت مهمی در تحقیقات علمی و دستور کارهای سیاسی مبدل شده است (کائونبرگ و همکاران،۲۰۰۷)، چرا که اهتمام به نظام‌های رسمی ارزیابی پایداری کشاورزی، به منظور درک علمی سیاست و طراحی توسعه کشاورزی پایدار، ضروری می‌باشد. البته در بسیاری از مطالعات مربوط به پایداری کشاورزی، ارزیابی کشاورزان به عنوان تولیدکنندگان پایدار، مبتنی بر پیوستگی سازمانی آن‌ها و استفاده از عملیات تولیدی خاص است که از این روند ممکن است به عنوان ساده‌سازی افراطی[۱] یاد شود(تایلور[۲] و همکاران، ۱۹۹۳ به نقل از سیدرویه و ووسینک،۲۰۰۷).

از سوی دیگر تا کنون چارچوب‌های تحلیلی، برای ارزیابی‌های محیط‌زیستی و ارزیابی‌های معیشت روستاییان که مورد حمایت ابتکارات جهانی هستند، تقریباً در طول دهه گذشته موجود بوده‌اند. این در حالی است که به دلیل آنکه ارزیابی پایداری کشاورزی امر پیچیده‌ای بوده و شامل تعامل‌های پیچیده بین فناوری‌ها، محیط‌زیست و جامعه می‌باشد(کلارک و دیکسون[۳]، ۲۰۰۳ به نقل از رائو و راجرز[۴]،۲۰۰۶)، زمانی می‌تواند سودمند باشد که دو نوع ارزیابی محیط‌زیستی و معیشت روستاییان با یکدیگر تلفیق شوند و مؤلفه‌ها، خصیصه‌ها و ویژگی‌های مختلفی در مقیاس‌های گوناگون، اندازه‌گیری شوند(هاروود، ۱۹۹۸ به نقل از رائو و راجرز، ۲۰۰۶). به بیان دیگر، در یک ارزیابی همه‌جانبه پایداری، باید ابعاد محیط‌زیستی، اقتصادی و

۱- Oversimplification

۲- Taylor

۳- Clark and Dickson

۴- Rao and Rogers

اجتماعی آن مورد توجه قرار گیرد(بیکر[۱]،۱۹۹۷؛ وان کالکر و همکاران[۲]،۲۰۰۶). در این راستا، یان لانگ و اسمیت[۳] (۱۹۹۴) نیز پیشنهاد کرده‌اند که پایداری کشاورزی باید از سه منظر ثبات اکولوژیکی، قابلیت پذیرش اجتماعی و پایایی اقتصادی مورد ارزیابی قرار گیرد.

ارزیابی پایداری کشاورزی در سطوح مزرعه و منطقه‌ای از طریق استفاده از شاخص‌های گوناگون صورت می‌گیرد. شاخص‌ها، اطلاعاتی در مورد نحوه کارکرد یک سیستم، اعم از یک ماشین، انسان، اکوسیستم یا یک کشور ارایه می‌دهند. آنها به تعریف اهداف کلی[۴]، پیوند دادن آنها با اهداف عملیاتی[۵] و ارزیابی پیشرفت در راستای دستیابی به اهداف، کمک می‌کنند. شاخص‌های پایداری، ویژگی‌های قابل سنجش و اندازه‌گیری مرتبط با پایداری یک نظام می‌باشند(پانل و اسچیلیزی[۶]، ۱۹۹۹ به نقل از رائو و راجرز،۲۰۰۶). شاخص‌های پایداری، دارای ویژگی‌های چندبعدی شامل ابعاد اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی هستند. شاخص‌ها می‌توانند به طور معنی‌دار، در یک «نمایه[۷]» ترکیبی تلفیق شوند. نمایه پایداری، پس از در نظر گرفتن تمامی اطلاعاتی که توسط شاخص‌ها گردآوری می‌شوند، ارزیابی یکپارچه و تلفیقی از میزان پایداری یک نظام را امکان‌پذیر می‌سازد. بنابراین برخی از شاخص‌های ترکیبی عملیاتی[۸] پایداری که ابعاد مختلف آن را در نظر بگیرد، ضروری می‌باشند(وودهاوز و همکاران[۹]، ۲۰۰۰).

در ادامه و در راستای تبیین برخی از الگوهای ارزیابی پایداری، در ابتدا دو الگوی مهم ارزیابی بعد محیط‌زیستی پایداری نظام‌های کشاورزی که ارزیابی جامع پایداری کشاورزی، به طور عمده‌ای می‌توانند از آنها بهره‌مند گردند، ارائه می‌گردد و پس از آن دو الگوی جامع ارزیابی پایداری مورد اشاره قرار می‌گیرد و در نهایت یک روش عملیاتی برای ارزیابی بعد اکولوژیک

پرتال جامع علوم انسانی

۱- Becker
۲- Van Calker et al.
۳- Yunlong and Smith
۴- Goal
۵- Objective
۶- Panell and Schilizzi
۷- Index
۸- Operational composite measure
۹- Woodhouse et al

پایداری نظام‌های کشاورزی ارایه می‌شود.

الف- چارچوب‌های ارزیابی بعد محیط‌زیستی پایداری نظام‌های کشاورزی

تلاش‌های اولیه ارزیابی محیط‌زیستی، مبتنی بر ترکیب شاخص‌های مختلف مربوط به ویژگی‌های خاص کیفیت محیط‌زیست، در قالب نمایه‌ها و از طریق وزن‌دهی قراردادی هر شاخص، مطابق با نقش مورد انتظار آن، بود. به عنوان نمونه، یک نمایه کیفیت محیط‌زیستی، عبارت از مجموع شاخص‌های وزن‌دهی‌شده کیفیت هوا، آب، زمین و سایر شاخص‌های کیفیت بود(راجرز و همکاران[۱]، ۱۹۹۷ به نقل از رائو و راجرز، ۲۰۰۶). چارچوب ارزیابی *فشار- وضعیت- پاسخ* اولین بار مشکل تعریف شاخص‌های مناسب را برطرف ساخت.

۱- چارچوب *فشار- وضعیت- پاسخ* (PSR)[۲]

چارچوب *فشار- وضعیت- پاسخ* که توسط سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه[۳] (۱۹۹۳) ابداع شد، برای اولین بار مشکل تعریف سیستماتیک شاخص‌های پایداری محیط‌زیستی را مرتفع ساخت. این چارچوب مبتنی بر چارچوب فشار- پاسخ است که قبلاً برای تجزیه و تحلیل اکوسیستم‌ها توسعه یافت(استی و همکاران[۴]،۲۰۰۵ به نقل از رائو و راجرز،۲۰۰۶). چارچوب مذکور، دلالت بر مفهوم علیت دارد(شکل ۱): فعالیت‌های انسان، منجر به فشار بر محیط‌زیست شده و حالت آن را تغییر می‌دهد. جامعه نسبت به این تغییرات، از طریق سیاست‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و سایر سیاست‌ها پاسخ می‌دهد. فعالیت‌های ناشی از این سیاست‌ها به نوبه خود، سبب اعمال فشار می‌شود که در نتیجه، چرخه بازخوردی PSR کامل می‌شود. بنابراین، چارچوب PSR سه نوع از شاخص‌ها را دارا می‌باشد: شاخص‌های فشار که فشارهای محیط‌زیستی ناشی از اقدامات انسان‌ها (تصاعدها، ضایعات) را اندازه‌گیری می‌کند، شاخص‌های حالت که شرایط محیط‌زیستی را اندازه‌گیری می‌کنند (تخریب لایه ازن، کیفیت آب) و شاخص‌های پاسخ که واکنش جامعه (سیاست‌ها، مالیات‌ها، قوانین و مدیریت) را ارزیابی

---

۱ - Rogers, et al.

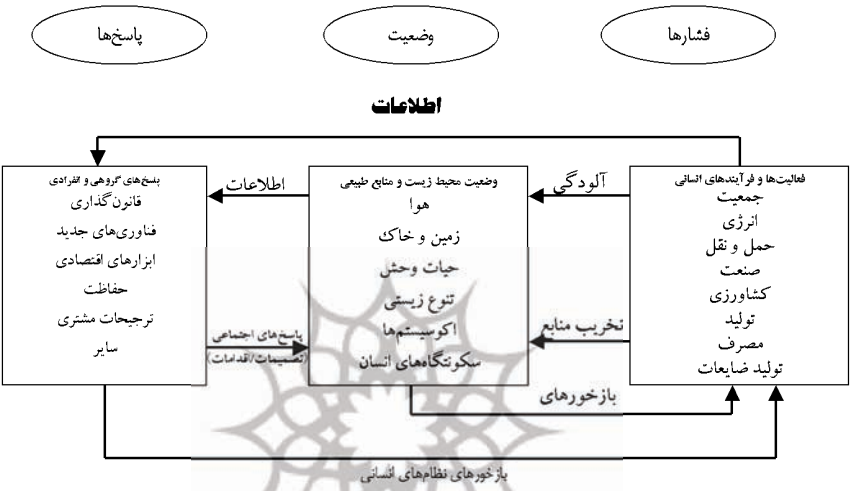
۲ - Pressure–State–Response (PSR)

۳ - OECD

۴ - Esty et al.

می‌کنند. این چارچوب، تعیین سیستماتیک متغیرها به منظور تعریف شاخص‌ها را امکان‌پذیر می‌نماید، ولی نحوه تلفیق آنان در قالب یک نمایه واحد را مشخص نمی‌کند. همچنین همیشه در عمل، تمایز بین شاخص‌های حالت و فشار، روشن نبوده و برخی از شاخص‌های آنها ممکن است ویژگی یکسانی را بیان کنند.

شکل ۱- چارچوب PSR



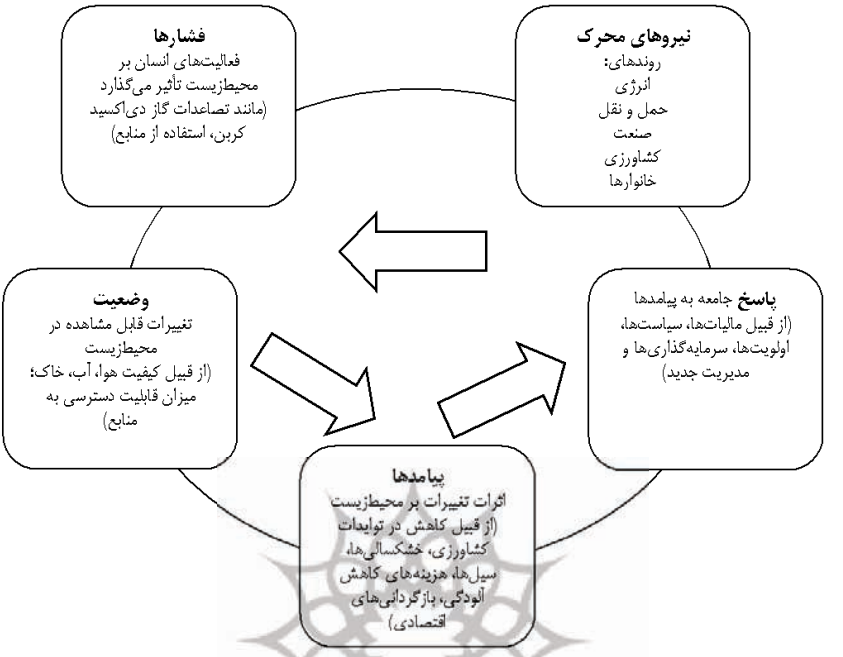
منبع: (رائو و راجرز، ۲۰۰۶؛ برگرفته از سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه،۱۹۹۳)

۲- چارچوب نیروهای محرک- فشارها- حالت- پیامدها- پاسخ‌ها[۱] (DPSIR):

چارچوب PSR به چارچوب DPSIR (نیروهای محرک- فشارها- حالت- پیامدها- پاسخ‌ها)(شکل۲)، تغییر یافت تا از طریق افزودن دو مؤلفه نیروهای محرک و پیامدها، مشکلات توسعه پایدار بیشتری را در بر بگیرد. در چارچوب DPSIR زنجیره پیوندهای علی، با نیروهای محرک آغاز شده و به فشارها، حالت‌ها، پیامدها و پاسخ‌ها ختم می‌شود. نیروهای محرک، فعالیت‌های انسان هستند که منجر به تغییر محیط‌زیستی (صنعت، کشاورزی) می‌شوند. پیامدها، نتایج فشارها (بر روی اکوسیستم‌ها، بهداشت انسان) بوده و خود، منجر به پاسخ‌ها می‌شوند.

۱ - Driving forces–Pressures–State–Impacts–Responses

شکل ۲- چارچوب DPSIR



منبع: (رائو و راجرز، ۲۰۰۶؛ برگرفته از وودهاوز و همکاران، ۲۰۰۰)

کاربردهای PSR و DPSIR

سازمان‌هایی از قبیل سازمان ملل متحد، بانک جهانی، فائو و ...، از چارچوب‌های PSR یا DPSIR به منظور گسترش شاخص‌های توسعه پایدار و محیط‌زیستی استفاده کرده‌اند. در یک مورد که کیفیت محیط‌زیستی در کشورهای آسیایی مورد ارزیابی قرار گرفت، چارچوب PSR، به منظور تعیین مجموعه‌ای از ۷۹ شاخص برای گستره‌ای از ویژگی‌های مختلف - کیفیت هوا، کیفیت آب، تغییرات کاربری زمین، مصرف انرژی، تنوع زیستی، رفاه اجتماعی و اقتصادی و بهداشت- مورد استفاده قرار گرفت. برای کاهش تعداد متغیرها در قالب چهار مؤلفه‌ای که به عنوان نمایه‌های کیفیت هوا، کیفیت آب، کیفیت زمین و کیفیت اکوسیستم به شمار می‌رفتند، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) مورد استفاده قرار گرفت.

یک مثال جدیدتر، نمایه پایداری محیط‌زیستی(ESI) است که توسط انجمن جهانی اقتصاد(WEF) و دانشگاه‌های یل و کلمبیا، توسعه یافت(استی و همکاران،۲۰۰۵). ESI، مبتنی بر

شاخص‌هایی است که از چارچوب DPSIR اخذ شده‌اند و به پنج مؤلفه اصلی تقسیم می‌شود: نظام‌های محیط‌زیستی، تنش‌های محیط‌زیستی، آسیب‌پذیری انسان، ظرفیت اجتماعی و نهادی، نظارت جهانی.

هر مؤلفه شامل ۳ تا ۶ شاخص بوده و هر شاخص به نوبه خود، توسط ۲ تا ۶ متغیر اندازه‌گیری می‌شود(جدول ۱). در مجموع ۲۱ شاخص و ۷۶ متغیر برای ۵ مؤلفه در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه ESI، ۲۱ شاخص، به طور یکسان وزن‌دهی می‌شوند. بنابراین واضح است که مؤلفه‌هایی که دارای شاخص‌های بیشتری بودند، وزن بیشتری پیدا می‌کنند. مزیت ESI آن است که مقایسات بین کشورها و مناطق را در رابطه با پایداری محیط‌زیستی و بر مبنای روش کمّی، مقدور می‌کند. همچنین این نمایه، در تعریف خود، شامل شاخص‌های اجتماعی در مؤلفه‌هایش (کاهش آسیب‌پذیری انسان و ظرفیت اجتماعی و نهادی) است. نمایه پایداری محیط‌زیستی، اولویت‌بندی[۱] بین نواحی مختلف کشورها و مناطق بر پایه عملکرد محیط‌زیستی، ارزیابی کمّی موفقیت سیاست‌ها و برنامه‌ها، پیگیری روندهای محیط‌زیستی، بررسی تعاملات بین عملکرد محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی و نیز تبیین عوامل مؤثر بر پایداری محیط‌زیستی را امکان‌پذیر می‌سازد. همچنین فرآیند استخراجی آن، نظارت بر عملکرد را از طریق مؤلفه‌های انفرادی مقدور می‌کند. به این دلایل، استفاده از ESI در حال رشد بوده است و مطالعات متعددی وجود دارند که کاربرد آن را حتی در سطوح پایین‌تر از سطح ملی تشریح می‌کنند که چین یکی از نمونه‌های آن است(کوئی و همکاران[۲]، ۲۰۰۴ به نقل از رائو و راجرز، ۲۰۰۶).

به طور خلاصه ارزیابی محیط‌زیستی، از پژوهش‌های تجربی اولیه که انتخاب شاخص‌ها و توابع وزن‌دهی در آن‌ها به طور قراردادی است، تا شاخص‌های استنتاجی که از چارچوب‌های تحلیلی رسمی (PSR/DPSIR) بهره می‌گیرند، پیشرفت کرده است. این روند، به دلیل توافق در حال گسترش در رابطه با لزوم رفع تنگناهای مرتبط با تغییرات محیط‌زیستی و نیز در ارتباط با چارچوب‌های مربوطه، قابل پیش‌بینی بود. به این دلیل، این چارچوب‌ها غالباً برای تعیین و گزارش شاخص‌های محیط‌زیستی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، تا برای تعیین و گزارش طیف کاملی از شاخص‌های پایداری. هرچند، به منظور ارزیابی کامل‌تر پایداری، آن‌ها نیازمند تغییر و

---

۱ - Priority-setting

۲ - Cui and et al.

تعدیل هستند تا شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی را نیز به طور قوی‌تری در نظر بگیرند.

جدول ۱- مؤلفه‌ها، شاخص‌ها و متغیرهای ESI

مؤلفه	شاخص	متغیر
نظام‌های محیط‌زیستی	کیفیت هوا	غلظت گازهای NO2 و SO2، TSP، آلودگی درونی هوا
	تنوع زیستی	درصد قلمروهایی که در مناطق مورد تهدید هستند، گونه‌های پرندگان مورد تهدید(درصد از کل)، گونه‌های پستانداران مورد تهدید(درصد از کل)، گونه‌های دوزیستان مورد تهدید (درصد از کل)، نمایه ملی تنوع زیستی
	زمین	درصد اراضی که خیلی کم تحت تأثیر تماس بشر قرار گرفته‌اند، درصد اراضی که خیلی زیاد تحت تأثیر تماس بشر قرار گرفته‌اند
	کیفیت آب	غلظت اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، غلظت فسفر، ذرات معلق
	کمیت آب	سرانه آب شیرین در دسترس، سرانه آب زیرزمینی درونی در دسترس
کاهش تنش‌های محیط‌زیستی	آلودگی هوا	مصرف زغال سنگ، تصاعدات SO2, NO2 and VOC، تعداد وسیله نقلیه (همگی بازای نواحی مسکونی)
	تنش اکوسیستم	نرخ تغییر پوشش جنگلی، اسیدی شدن مفرط ناشی از رسوب‌گیری سولفور
	فشار جمعیتی	درصد تغییرات در جمعیت پیش‌بینی‌شده، نرخ باروری کل
	ضایعات و مصرف	سرانه ردپای محیط‌زیستی، نرخ‌های بازیابی ضایعات، تولید ضایعات خطرناک
	تنش آبی	تصاعدهای BOD موجود در آب شیرین، مصرف کود بازای هر هکتار، مصرف آفت‌کش به ازای هر هکتار، درصد اراضی که تحت تنش‌های آبی شدید قرار دارند.
	مدیریت منابع طبیعی	بهره‌وری، ماهیگیری بیش از حد، درصد نواحی جنگلی که گواهی مدیریت پایدار را اخذ کرده‌اند، یارانه‌ها، نواحی شور شده در اثر آبیاری (درصد از کل نواحی تحت آبیاری)، یارانه‌های کشاورزی
کاهش آسیب‌پذیری انسان	بهداشت محیط‌زیستی	نرخ مرگ ناشی از بیماری‌های عفونی روده‌ای، نرخ مرگ کودکان ناشی از بیماری‌های تنفسی، نرخ مرگ کودکان زیر پنج‌ساله
	تغذیه اساسی انسان	درصد افراد دچار سوءتغذیه، درصد افراد دارای دسترسی به آب آشامیدنی
	آسیب‌پذیری ناشی از بلایای طبیعی	تعداد متوسط مرگ‌های ناشی از سیل‌ها، گردبادها، خشکسالی‌ها بازای هر میلیون سکنه؛ نمایه خطر محیط‌زیستی

مؤلفه	شاخص	متغیر
ظرفیت اجتماعی و نهادی	مدیریت محیط‌زیستی بوم کارآیی (Eco-efficiency) بخش خصوصی علم و فناوری	نسبت قیمت بنزین به متوسط جهانی، میزان رشوه‌خواری، اثربخشی دولت، درصد نواحی تحت حفاظت، مدیریت محیط‌زیستی، اجرای قانون، ابتکارات مربوط به دستور کار ۲۱ بازای هر میلیون نفر جمعیت، آزادی‌های مدنی، درصد متغیرهای ناموفق متعلق به داشبورد گروه مشورتی شاخص‌های توسعه پایدار، سازمان‌های عضو سازمان جهانی حفاظت از منابع طبیعی بازای هر میلیون‌نفر جمعیت، تولید علم، میزان مردم‌سالاری کارآیی انرژی، تولید انرژی تجدیدپذیر به عنوان درصدی از انرژی مصرف شده نمایه پایداری Dow Jones، میانگین امتیاز ارزشیابی بنگاه‌ها، تعداد شرکت‌های دارای گواهی ISO 14001، نوآوری محیط‌زیستی، مشارکت در برنامه مراقبت مسؤولیت‌پذیر نمایه نوآوری، نمایه دسترسی دیجیتال، نرخ اجرای آموزش ابتدایی زنان، نرخ ثبت‌نام در متوسطه، تعداد پژوهش‌گران بازای میلیون نفر جمعیت
نظارت جهانی	مشارکت در همکاری‌های بین‌المللی تصاعدات گازهای گلخانه‌ای کاهش فشارهای محیط‌زیستی مرزی	میزان عضویت در سازمان‌های بین‌دولی محیط‌زیستی، نقش‌آفرینی در سرمایه‌گذاری بین‌المللی، مشارکت در موافقت‌نامه‌های جهانی محیط‌زیستی تصاعدات کربنی/ میلیون دلار، سرانه تصاعدات کربنی صادرات SO_2 ، واردات کالاها و مواد خام آلاینده به عنوان درصدی از واردات کل کالاها و خدمات

منبع: (رائو و راجرز، ۲۰۰۶ ؛ برگرفته از استی و همکاران، ۲۰۰۵)

ب- ارزیابی جامع پایداری نظام‌های کشاورزی

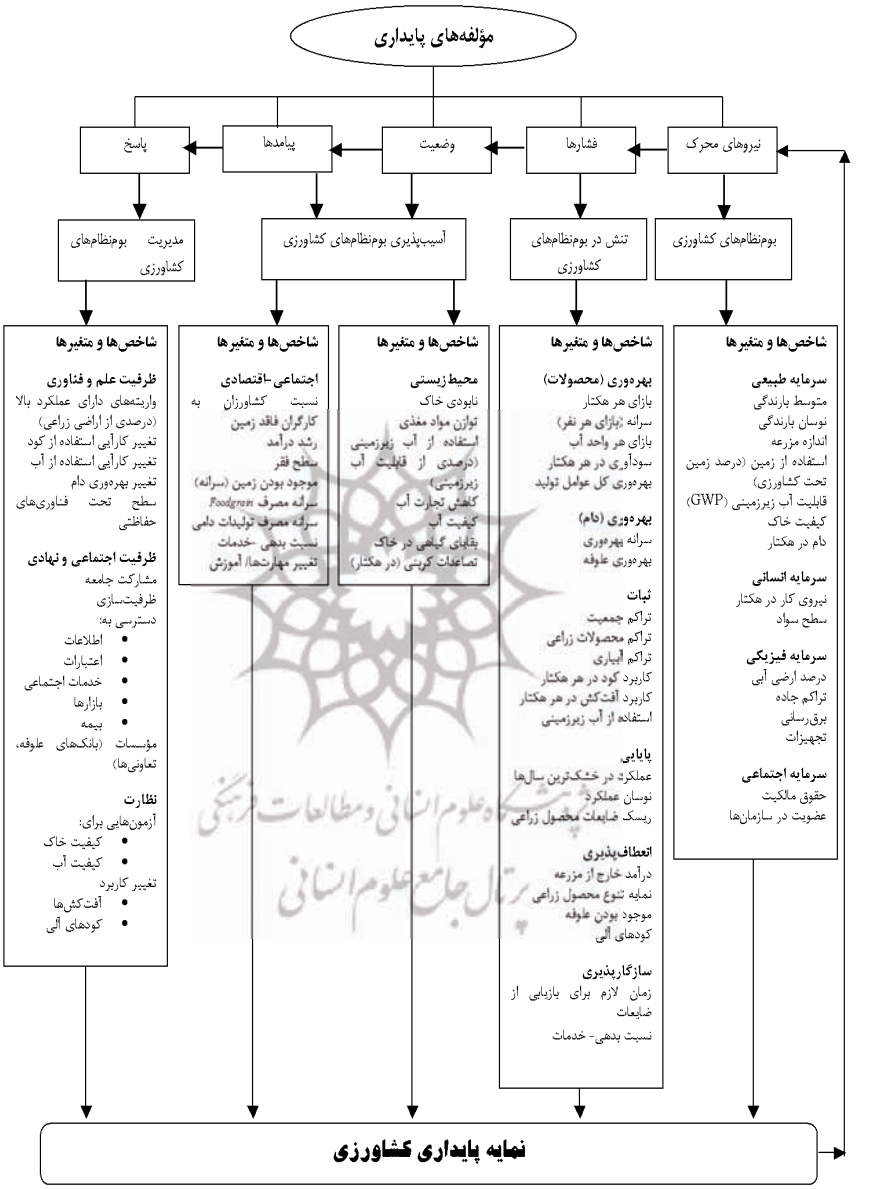
همان‌طور که گفته شد، ارزیابی پایداری کشاورزی زمانی می‌تواند سودمند باشد که ابعاد اجتماعی و اقتصادی و شاخص‌های مربوط به آن‌ها نیز در کنار بعد محیط‌زیستی نیز مورد توجه قرار گیرد. در این راستا در ادامه، دو چارچوب برای ارزیابی جامع پایداری کشاورزی ارایه می‌شود.

چارچوب ارزیابی پایداری نظام‌های کشاورزی

این چارچوب حاصل تلفیق چندین چارچوب دیگر است(شکل ۳) که در آن، شاخص‌های مرتبط با نیروهای محرکه، بستر نظام‌های تولیدی کشاورزی را مشخص می‌سازند. آنها در قالب مؤلفه بوم‌نظام‌های کشاورزی طبقه‌بندی می‌شوند. پنج شاخص که به منظور ارزیابی معیشت، از چارچوب معیشت روستایی پایدار استخراج می‌شوند(سرمایه‌های طبیعی، انسانی، فیزیکی، زیرساختی و اجتماعی نظام مورد مطالعه)، مؤلفه بوم‌نظام‌های کشاورزی را مشخص می‌سازند. شاخص‌های فشار، مؤلفه تنش نظام که توسط روندهای مربوط به ویژگی‌های عمده و چندبعدی پایداری کشاورزی(بهره‌وری، ثبات، پایایی، قابلیت انعطاف و سازگارپذیری) مشخص می‌شود را تعریف می‌کنند. شاخص‌های وضعیت و پیامد، مؤلفه آسیب‌پذیری بوم‌نظام‌های کشاورزی را تعیین کرده و توسط شاخص‌های محیط‌زیستی و اجتماعی- اقتصادی مربوطه مشخص می‌شوند. در نهایت شاخص‌های پاسخ، مؤلفه ابزارهای سیاستی و راهبردهای مدیریتی و نهادی که برای تضمین پایداری درازمدت بوم‌نظام‌های کشاورزی، پذیرفته شده‌اند را تعیین می‌کنند. متغیرهای مربوط به هر شاخص نیز در شکل(۳) مشخص شده‌اند. متغیرها، می‌توانند نرمال شوند. شاخص‌ها می‌توانند با استفاده از محاسبه میانگین متغیرها، استخراج شده و نمایه پایداری کشاورزی نیز بر مبنای محاسبه متوسط مقادیر شاخص‌ها، تعیین گردد (به مانند ESI).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل(۳) - چارچوب ارزیابی پایداری کشاورزی



منبع: (رائو و راجرز، ۲۰۰۶)

طبقه‌بندی وان کالکر و همکاران

طبق طبقه‌بندی وان کالکر و همکاران(۲۰۰۵)، ویژگی‌های پایداری در قالب چهار مؤلفه عمومی پایداری قرار می‌گیرند: اقتصادی، اجتماعی درونی، اجتماعی بیرونی و محیط‌زیستی. مؤلفه اقتصادی، شامل ویژگی‌های مرتبط با توانایی کشاورز برای تداوم شغل کشاورزی خود است (از قبیل پایایی اقتصادی تولید). اول از همه، یک مزرعه باید در طول زمان سودده باشد تا پایدار تلقی شود. همچنین مزرعه باید به طور نامحدودی در آینده، بهره‌وری خود را از طریق اتکاء بر نهاده‌ها و سرمایه‌های خود، حفظ نماید، به طوری که آسیب‌پذیری آن در برابر نوسانات کاهش یابد. علاوه بر این، یک کشاورز باید با کنترل‌های مختلف دولتی که ممکن است به افزایش هزینه‌ها و صرف وقت برای سازگار شدن با شرایط جدید بیانجامد، موافقت نماید.

مؤلفه‌های اجتماعی پایداری مردم را در سه نقش متمایز بررسی می‌کنند: به عنوان تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و اعضای جامعه مدنی(ایکرد،۲۰۰۶). مسؤولیت‌پذیری کشاورزی در برابر مصرف‌کنندگان، تأمین غذای سالم و کافی در هزینه‌های منطقی است. از آنجایی که افراد، نه تنها تولیدات کشاورزی را مصرف می‌کنند، بلکه در تولید آن نیز مشارکت دارند، کشاورزی پایدار باید فرصت‌های شغلی کافی را در جوامع محلی ایجاد کرده و فضای کاری سالم و راحتی را فراهم سازد. بالاخره افراد نیازمند روابط مثبت با دیگر اشخاص خانواده، جامعه یا کل ملت هستند.

سیدرویه و ووسینک(۲۰۰۷)، در ادمه تقسیم‌بندی وان کالکر و همکاران(۲۰۰۵)، بین ویژگی‌های اجتماعی درونی و بیرونی پایداری تمایز قائل می‌شوند. پایداری اجتماعی درونی، مربوط به شرایط کاری و تأمین سلامتی متصدی و کارگران مزرعه می‌باشد. مزرعه‌ای که قادر به ادامه عملیات پایدار کنونی در آینده نمی‌باشد، نمی‌تواند به عنوان مزرعه پایدار ارزیابی شود. تداوم مزرعه در خانوار نیز مد نظر است. به عبارت دیگر، مزرعه باید پس از بازنشسته شدن کشاورز، حفظ شود.

مؤلفه اجتماعی بیرونی، با دغدغه‌های اجتماعی پیرامون اثر تولیدات کشاورزی بر رفاه انسان و دام مرتبط بوده و شامل مجموعه‌ای از ویژگی‌های بسیار متفاوت است. سالم بودن تولیدات کشاورزی به رویه‌های تولیدی که در مزرعه مورد استفاده قرار می‌گیرند، بستگی دارد. اخیراً علم

زیبایی‌شناسی در مزارع مورد توجه بیشتری قرار گرفته است(نگاه کنید به وان مانسولت و استوبلار[۱]، ۱۹۹۷). مزارعی که دارای چشم‌انداز جذابی هستند، پیامدهای جانبی مثبتی را برای جوامع محلی ایجاد می‌کنند که بر ارزش دارایی افزوده و گردشگران را جذب می‌نماید. علاوه بر این، پژوهش‌های مستمر توسط دانشگاه‌ها، آژانس‌های دولتی و شرکت‌های خصوصی به منظور گسترش تولید پایدارتر، در حال انجام می‌باشد و کشاورزان منتفعان مستقیم چنین اطلاعاتی هستند. کشاورزان می‌توانند از طریق سازمان‌دهی تورهای مزرعه، تبادل تجارب با سایر کشاورزان و مشارکت فعال در سازمان‌های اجتماعی مختلف، خودشان مدرس شوند. بالاخره فرصت‌های عمومی بازآفرینانه در مزرعه، از قبیل شکار، ماهی‌گیری، قایق‌سواری و غیره، فرصت‌هایی را برای متنوع‌سازی درآمدی فراهم خواهند ساخت.

مؤلفه محیط‌زیستی، شامل ویژگی‌های مرتبط با اثرات تولید بر اکوسیستم می‌باشد. نظام‌های کشاورزی پایدار، به عنوان نظام‌های زنده‌ای که باززاینده بوده و قادر به تجدید خود بوده و بهره‌وری و نیروی حیاتی خود را به طور نامحدود حفظ می‌کنند، مورد تأکید هستند(ایکرد، ۲۰۰۶). به منظور دستیابی به این مهم، انتخاب عملیات تولیدی که در سلامت اکولوژیکی خاک، منابع آبی مجاور، هوا، اتمسفر، گیاهان و دام‌ها مؤثر باشند، ضروری است.

جدول ۲- سطوح ویژگی‌های اقتصادی پایداری

ویژگی‌های اقتصادی	سطح بالای ویژگی	سطح پایین ویژگی
چشم‌اندازهای سوددهی درازمدت	چشم‌اندازهای مطلوب	نابرابری در مقابل سودهای درازمدت
ثبات درآمد/ قابلیت پیش‌بینی در کوتاه‌مدت در مقایسه با سایر فرصت‌ها	باثبات‌تر/ قابل پیش‌بینی‌تر	دارای ثبات کمتر/ دارای قابلیت پیش‌بینی کمتر
اتکاء بر نهاده‌های خریداری شده (کودها، آفت‌کش‌ها و سوخت) و سرمایه قرضی	اتکاء متوسط	اتکاء زیاد
کفاف جریان نقدی برای تأمین به‌موقع هزینه‌های اجرایی	بیش از حد کفاف	احتمال نیاز به قرض
اتکاء بر یارانه‌ها یا پرداخت‌های دولتی (برنامه‌های دولتی)	عدم نیاز	امکان نیازمندی
سازگاری با کنترل‌های دولتی	سازگاری راحت	سازگاری دشوار

۱- Van Mansvelt and Stobbelaar

جدول ۳- سطوح ویژگی‌های اجتماعی پایداری

	سطح بالای ویژگی	سطح پایین ویژگی
ویژگی‌های اجتماعی درونی		
سطح تنش‌های فیزیکی	متوسط	زیاد
سطح تنش‌های ذهنی	متوسط	زیاد
وجود ریسک‌های مرتبط با سلامتی شناخته شده	ایمن	در معرض ریسک
حفظ مزرعه پس از بازنشسته شدن کشاورز	بلی	خیر
ویژگی‌های اجتماعی بیرونی		
سالم بودن تولیدات برای مصرف‌کننده	سالم	در معرض ریسک
مواد مغذی/ کیفیت/ مزه محصول	بهبود یافته	بهبود نیافته
اثر تولید بر اقتصاد محلی	نسبتاً زیاد	نسبتاً اندک
استانداردهای مراقبت از دام مزرعه	عقب‌افتاده	سازگار با هنجارهای تعیین شده
جذابیت ظاهری محصول/ ممانعت از عطر و بو و صداهای ناخوشایند	خوشایند از نظر غالب مردم	ناخوشایند از نظر برخی از مردم
استفاده کشاورز از اطلاعات بیرونی/ یا تبادل اطلاعات خود پیرامون تولید با سایر کشاورزان	استفاده می‌کند/ تبادل می‌کند	اتکاء کشاورز به دانش خود
فعالیت‌های بازآفرینانه عمومی (شکار، ماهی‌گیری، پلکان مارپیچی ذرت و اکوتوریسم)	بلی	خیر

جدول ۴- سطوح ویژگی‌های اکولوژیکی پایداری

	سطح بالای ویژگی	سطح پایین ویژگی
کیفیت خاک (شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی)	بهبود یافته	حفظ‌شده، بهبود نیافته
کیفیت آب سطحی (نهرها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها)	ایمن	دارای ریسک بالقوه
کیفیت آب زیرزمینی (چاه‌ها)	ایمن	دارای ریسک بالقوه
تنوع زیستی کشاورزی و طبیعی (غنی از گونه‌ها)	بهبود یافته	بهبود نیافته
کارآیی استفاده از منابع طبیعی (آب، انرژی)	بالا	پایین
نابودی ضایعات جامد	نابود کردن صحیح/ بازیابی	نابود کردن غیر اصولی
کیفیت هوا	ایمن	دارای ریسک بالقوه
میزان تصاعد گازهای گلخانه‌ای	کاهش یافته	کاهش نیافته

حال پس از تشریح الگوها و چارچوب‌های ارزیابی پایداری نظام‌های کشاورزی، و با توجه به وضعیت نامناسب محیط زیست در کشور و اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی به‌خصوص کشاورزی بر آن، یک روش علمی و عملیاتی برای ارزیابی بعد محیط‌زیستی نظام‌های کشاورزی ذکر می‌شود که مربوط به رسول و تاپا(۲۰۰۳) می‌باشد.

یک روش عملی در رابطه با ارزیابی بعد اکولوژیک پایداری نظام‌های کشاورزی

در این روش، پایداری اکولوژیک، بر مبنای پنج شاخص اندازه‌گیری می‌شود:

الگوی کاربری زمین، الگوی زراعی، مدیریت حاصلخیزی خاک، مدیریت آفات و بیماری‌ها و وضعیت حاصلخیزی خاک.

این شاخص‌ها بینش لازم، پیرامون نظام‌های زراعی و عملیات مدیریت زمین که پایداری کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد را فراهم می‌کنند.

۱- الگوی کاربری زمین

این الگو در طول تاریخ بر اکوسیستم‌های مدیریت شده و طبیعی اثرگذار بوده است(پارتونا[۱] و همکاران،۲۰۰۴) و در این مطالعه، از طریق محاسبه سهم زمین تحت کشت محصولات زراعی، مسکن، باغ، دام‌داری، آبزی‌پروری از کل زمین تعیین می‌شود. با وجود اینکه رسول و تاپا، در مطالعه خود اشاره صریحی نسبت به رابطه الگوی استفاده از زمین و کشاورزی پایدار نکرده‌اند، ولی به نظر می‌رسد به دلیل متنوع‌سازی بیشتر در کشاورزی پایدار، در آن نسبت به کشاورزی متعارف یا صنعتی، سهم کمتری به محصولات زراعی از کل زمین اختصاص یافته و بخش‌های بیشتری از زمین به پرورش درختان مثمر و غیرمثمر، آبزی‌پروری و... تعلق می‌گیرد.

۲- الگوهای زراعی

الگوهای زراعی با استفاده از سه معیار، تجزیه و تحلیل می‌شوند: تراکم زراعی[۲]، متنوع‌سازی محصول و کشت مخلوط.

الف- شاخص تراکم زراعی (CII)

شاخص تراکم زراعی، شاخص ساده‌ای است که شدت بهره‌برداری از اراضی زراعی را نشان می‌دهد. وجود دوره‌های آیش در نظام زراعی، عامل اصلی کاهش مقدار این شاخص است. به

۱- Partona et al.

۲- Cropping intensity

عنوان نمونه میزان این شاخص در سوئد، به دلیل سهم نسبتاً بالای آیش، بسیار پایین و در حدود ۰/۴ است(وود و اسچیر[۱]، ۲۰۰۰). هرچند، تنوع شرایط اقلیمی نیز بر مقدار شاخص مذکور، مؤثر است. به عنوان نمونه شاخص تراکم زراعی در مناطق معتدله به دلیل محدودیت فصل رشد و دما پایین است، به طوری‌که میانگین آن در کشورهای اروپایی ۰/۶- ۰/۵ است، این در حالی است که در قاره آسیا، متوسط آن ۱ است که بالاترین میزان این شاخص در سطح جهان می‌باشد. کشورهای چین، هند و اندونزی با متوسط CII ۱/۲- ۱/۱، سهم عمده‌ای را در میانگین قاره آسیا دارا می‌باشند. میانگین این شاخص در ایران (۰/۷۴) در حدود میانگین جهانی (۰/۸) می‌باشد، ولی دارای تغییرات نسبتاً زیادی است. در نظام‌هایی که وجود آب کافی و شرایط مناسب اقلیمی، امکان کشت متوالی چند محصول در سال را فراهم می‌کند، میزان این شاخص معادل ۱ یا بالاتر از ۱ خواهد بود(کوچکی و همکاران، ۱۳۸۳). به طور کلی، مقادیر کمتر از یک شاخص تراکم زراعی، بیانگر وجود آیش در نظام زراعی بوده و مقادیر بزرگتر از یک، نشان‌دهنده کشت بیش از یک محصول در سال است.

شاخص تراکم زراعی از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود: $CII = C_a / C_p$

CII: شاخص تراکم زراعی

C_a: سطح زیر کشت محصولات زراعی یک‌ساله بر حسب هکتار

C_p: سطح کل موجود برای کشت گیاهان یک‌ساله (با احتساب آیش)

در مطالعه مقایسه‌ای که رسول و تاپا انجام داده‌اند، تراکم زراعی نظام‌های اکولوژیک، به طور معنی‌داری بیشتر از نظام‌های متعارف بوده است که دلیل آن، کشت حبوبات در فواصل نیشکر و برنج محلی و نیز کشت این گیاهان در فصل زمستان خشک (نوامبر- مارچ) در فاصله کشت دو گیاه اصلی بوده است.

ب- نمایه متنوع‌سازی محصول

متنوع‌سازی محصول از طریق نمایه متنوع‌سازی محصول[۲] و با استفاده از فرمول ذیل اندازه‌گیری می‌شود: $ICD = 1/((P_a + P_b + P_c + ... + P_n) / N_c)$

---

۱. Wood and Scherr

۲- Crop diversification index

ICD: نمایه متنوع‌سازی محصول

P_a: سهمی از زمین که زیر کشت محصول a است.

P_b: سهمی از زمین که زیر کشت محصول b است.

P_c: سهمی از زمین که زیر کشت محصول c است.

P_n: سهمی از زمین که زیر کشت محصول n است.

N_c: تعداد محصولات کشت شده.

محصولاتی که کمتر از سه درصد سطح زیرکشت را به خود اختصاص داده‌اند، از تحلیل حذف می‌شوند. همچنین کشت محصولات گوناگون سبب استفاده کارآمد از عناصر گوناگون خاک که در دسترس هستند، شده و تنوع زیستی را نیز افزایش می‌دهد. همچنین کشت حبوبات سبب بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود. بنابراین میزان این شاخص در نظام‌های اکولوژیک بالاتر است.

پ- کشت مخلوط

کشت مخلوط، که در نظام‌های اکولوژیک بیشتر اعمال می‌شود، تنوع زیستی را از هر دو جنبه ساختار سکونتگاه و گونه‌ها و نیز کیفیت خاک بهبود داده و به کنترل بیماری‌ها و آفات کمک می‌کند(استینر و بلیر[۱]، ۱۹۹۰).

۳- مدیریت حاصلخیزی خاک

این مدیریت بر اساس درصدی از کشاورزان که از کودهای آلی از قبیل کود دامی و کمپوست، برگرداندن بقایای گیاهی به خاک و... و نیز کودهای شیمیایی استفاده می‌کنند، محاسبه می‌شود. علاوه بر این، درصد زمین کشاورز که تحت پوشش هر یک از این کودها است، نیز مد نظر قرار می‌گیرد. بنابراین دو معیار «کاربرد یا عدم کاربرد هر کود» و «میزان زمینی که به آن کود آلی داده می‌شود»، باید مورد محاسبه قرار گیرد. در این شاخص، توازن کودهای شیمیایی (نسبت مصرف کودهای شیمیایی به یکدیگر، به خصوص نسبت N:P:K) نیز باید تعیین شده و با استاندارد مربوطه و مقادیر جهانی، منطقه‌ای یا ملی مقایسه شود، که البته لازمه آن، محاسبه مقادیر مطلق مصرف کلیه کودهای بر حسب تن در هکتار است.

---

۱. Stinner & Blair

رسول و تاپا (۲۰۰۳) در تحقیق خود، به نقل از محققان تأکید می‌کنند که هر چند کودهای آلی، درصد پایینی از انرژی را در بر می‌گیرند، ولی عناصر ریزمغذی متنوعی را برای خاک فراهم کرده و علاوه بر آن، سبب بهبود ساختار خاک می‌شوند. ساختار بهبود یافته، به افزایش ظرفیت نگهداشت آب خاک کمک کرده، توسعه ریشه گیاهان را بهبود داده، فعالیت‌های بیولوژیکی خاک را تقویت نموده و از شستشوی مواد مغذی جلوگیری می‌کند و از سوی دیگر، زهکشی خاک را بهبود می‌بخشد. همچنین، ساختار مناسب خاک، به عنوان یک بافر در برابر اسیدی شدن، قلیایی شدن و سایر موارد سمی شدن، عمل می‌کند. بنابراین به طور کلی، در مدیریت حاصلخیزی خاک در نظام‌های کشاورزی اکولوژیک، از کودهای آلی استفاده بیشتری کرده و همچنین توازن کودهای شیمیایی نیز حفظ می‌شود.

۴- مدیریت آفات و بیماری‌ها

مدیریت آفات و بیماری‌ها، بر مبنای درصدی از کشاورزان که از روش‌های بیولوژیک، مکانیکی و شیمیایی استفاده می‌کنند، اندازه‌گیری می‌شود. در نظام‌های پایدار، کشاورزان آفات و بیماری‌ها را از طریق وجین و کشت به‌موقع محصولات، شکار حشرات با استفاده از توری‌ها و تله‌های نوری و آفت‌کش‌های گیاهی کنترل می‌کنند. در حالی که در نظام‌های متعارف، کشاورزان غالباً از آفت‌کش‌های شیمیایی استفاده می‌کنند. همچنین نوع حشره‌کش‌ها نیز مهم است. غالب کشاورزان از دیازینون و مالاتیون، که به گروه ارگانوفسفات متعلق بوده و تقریباً برای همه حیوانات و انسان‌ها بسیار سمی بوده و نسبتاً تا کاملاً خطرناک هستند، استفاده می‌کنند(سازمان بهداشت جهانی[۱]، ۱۹۸۴). قرار گرفتن در معرض ارگانوفسفات به طور مداوم، می‌تواند به بیماری شدید و مرگ منتهی شود(متکالف و مولر[۲]، ۲۰۰۰ به نقل از رسول و تاپا،۲۰۰۳).

۵- حاصلخیزی خاک

حاصلخیزی خاک، از طریق تحلیل شیمیایی نمونه‌های خاک مورد آزمون قرار می‌گیرد. حاصلخیزی خاک می‌تواند بر مبنای ملاک‌هایی از جمله، PH خاک، مواد آلی خاک (OM)، نیتروژن در دسترس، فسفر، پتاسیم، گوگرد و روی مورد ارزیابی قرار گیرد. معمولاً PH و فسفر بالای خاک از ویژگی‌های نظام‌های کشاورزی ناپایدار است. این در حالی است که در نظام‌های

۱ - WHO

۲ - Metcalf & Muller

اکولوژیک، میزان ماده آلی، نیتروژن، پتاسیم، گوگرد و روی بیشتر است. بنابراین حاصلخیزی خاک در نظام‌های اکولوژیک بهتر از نظام‌های متعارف است.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که مطرح گردید، با توجه به پیامدهای ناگواری که نظام‌های کشاورزی متعارف یا صنعتی، در بعد محیط‌زیستی برای کشورهای در حال توسعه و به‌ویژه ایران داشته است، گذار سریع به کشاورزی پایدار، بسیار حیاتی است. اولین گام در نیل به این مقصود، ارزیابی میزان پایداری فعلی نظام‌های کشاورزی کشور است که البته در این میان، باید تأکید ویژه و اساسی بر اثرات محیط‌زیستی نظام‌های مذکور واقع شود. پس از اینکه با استفاده از چارچوب‌های ارزیابی، نقاط ضعف و چالش‌های نظام‌های کشاورزی و به طور کلی، فاصله آنها با نظام‌های پایدار، مشخص گردید، می‌توان بر مبنای اطلاعات حاصله، برای نیل به پایداری در توسعه کشاورزی برنامه‌ریزی نموده و البته با ارزیابی‌های بعدی، این حرکت را تداوم بخشید.

منابع

- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران(۱۳۸۷)، ***خلاصه تحولات اقتصادی کشور در سال ۱۳۸۶***، اداره بررسی‌ها و سیاست‌های اقتصادی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.
- پرتی، ج،ان(۱۳۸۱)، ***بازآفرینی کشاورزی، سیاست‌ها و عملیات مناسب برای پایداری و خوداتکایی***، ترجمه علیرضا کاشانی، مرکز تحقیقات و بررسی مسائل روستایی، وزارت جهاد کشاورزی.
- عبداللهی، م.(۱۳۸۵)، «سرمایه‌گذاری و چالش‌های بازار مالی در بخش کشاورزی»، ***مجله روند***، سال شانزدهم، شماره ۴۹.
- کوچکی، علیرضا؛ نصیری محلاتی، مهدی؛ زارع فیض‌آبادی، احمد و جهان‌بین، محمد(۱۳۸۳)، «ارزیابی تنوع نظام‌های زراعی ایران»، ***پژوهش و سازندگی***، شماره ۶۳.
- گرشاسبی، پرویز(۱۳۸۸)، «این هیولا همه چیز را می‌بلعد»، ***سایت همشهری آن لاین***، قابل دسترسی در:
http://www.hamshahrionline.ir/News/?id=74488
- ملکوتی، جعفر(۱۳۸۷)، «سیاست‌های تولید محصول سالم»، ***خبرگزاری ایسنا***، قابل دسترس در:
http://64.130.220.76/ISNA/NewsView.aspx?ID=News-1146809
- مهدوی دامغانی، عبدالمجید(۱۳۸۶)، «مواد آلی موجود در خاک های ایران کمتر از۰/۳ درصد است»، قابل دسترس در:
http://www.assc.ir/newsdetail-fa-419.html
- مهربانیان، الهه و سعیده مؤذنی(۱۳۸۷)، ***بررسی یارانه‌های پرداختی و اعتبارات دولت به بخش کشاورزی در ایران و تجارب سایر کشورها***. مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی.

- Becker, B.(1997), "Sustainability Assessment: A Review of Values, Concepts, and Methodological Approaches." Issues in Agriculture Series, CGIAR. Available at www.worldbank.org/html/cgiar/publications/issues/issues10.pdf.

- Biswas, R. M.(1994) Agriculture and environment: a review, 1972–1992. ***Ambio***, 23(3), 192–197.
- Cauwenbergh, N. Van et al. (2007), SAFE—A Hierarchical Framework for Assessing the Sustainability of Agricultural Systems, ***Agriculture, Ecosystems and Environment*** 120, 229–242.
- Clark, W. C. and Dickson, N. M.(2003), Sustainability Science, ***The Emerging Research Program***. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 100, 8059–8061.
- Cui, Y., Hens, L., Zhu, Y. and Zhao, J.(2004), Environmental Sustainability Index of Shandong Province, China. ***Int J. Sustain. Dev World Ecol***., 2004, 11, 227–234.
- Esty, D. C., Levy, M., Srebotnjak, T. and de Sherbinin, A.(2005), ***Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship***. Yale Center for Environmental Law & Policy, New Haven.
- FAO. Accessed at 2009. Available at: http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx
- Hansen, J. W. (1996), Is Agricultural Sustainability a Useful Concept?, ***Agricultural Systems***, 50, 117–143.
- Harwood, R. R. (1990), A History of Sustainable Agriculture. In C. A. Edward, R. Lal, P. Maden, R.H. Miller, & G. House (Eds.), ***Sustainable Agricultural System*** (pp. 3–19). Miami, FL: St. Lucie Press.
- Harwood, R. R. (1998), ***Sustainability in Agricultural Systems in Transition– At What Cost? Keynote Address, Workshop on Sustainability of Agricultural Systems in Transition***, ASA, CSSA, SSSA and the World Bank, Baltimore, USA.
- Ikerd, J. (1993), Two Related but Distinctly Different Concepts: Organic Farming and Sustainable Agriculture, ***Small Farm Today***. 10(1): 30-31.
- Ikerd, J. (2006), "***Economic Analysis and Multiple Impact Valuation Strategies***." Inc.
- Lewandowski, I., Ha¨rdtlein, M., Kaltschmitt, M., (1999), Sustainable Crop Production: Definition and Methodological Approach for Assessing and Implementing Sustainability, ***Crop Sci***. 39, 184–193.
- Lockeretz, W.(1989), Problems of Evaluating the Economics of Ecological Agriculture. ***Agriculture, Ecosystems & Environment 27***, pp. 67–75.
- Metcalf, R. L., & Muller, F.(2000) Insecticides. In F. Muller (Ed.), ***Agrochemicals: Composition, Production, Toxicology, Applications*** (pp. 495–502). Weinheim, Germany: Wiley-VCH.
- O'Connell, P. F. (1991), Sustainable agriculture, in ***Agriculture and the environment***: The 1991 Yearbook of Agriculture. Washington, DC: US Government Printing Office.
- OECD.(1993), ***OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. A Synthesis Report By the Group on the State of the Environment***, OECD, Paris.
- Panell, D. J. and Schilizzi, S.(1999), Sustainable Agriculture: a Matter of Ecology, Equity, Economic Efficiency or Expedience. ***J. Sustain.Agric***., 13, 57–66.
- Partona, W., Tappanb, G. Ojimaa, D. and Tschakertc, P.(2004), Ecological Impact of Historical and Future Land-Use Patterns in Senegal. ***Journal of Arid Environments 59***, 605–623.
- Pretty, J.(1996), ***Sustainable Agriculture: Impacts on Food Production and Challenges for Food Security***. IIED Gatekeeper Series No. SA60.
- Rao, N. H. and Rogers, P. P.(2006), Assessment of agricultural sustainability, ***Current Science***, VOL. 91, NO. 4.
- Rasul, Golam and Thapa, Gopal B.(2003), Sustainability Analysis of Ecological and Conventional Agricultural Systems in Bangladesh, ***World Development***, Vol. 31, No. 10, pp. 1721–1741.
- Rigby, Dan and Daniel Caceres. (1997), ***The Sustainability of Agricultural Systems***. Rural Resources/Rural Livelihoods Working Paper No. 10. Institute for Development

Policy and Management, University of Manchester, Precinct Series Centre, Manchester, M13 9GH, UK.

- Rogers, P. P. et al.(1997), ***Measuring Environmental Quality in Asia***, Harvard University Press.
- Saleh, Iraj., Varmazyari,. Hojjat and Moslemzadeh, Hojjat.(2008), Investigation the Potential of Investment in Agriculture Sector of Iran (Emphasizing on National Development Programs), American-Eurasian***, J. Agric. & Environ. Sci***., 2 (Supple 1): 108-112.
- Shepherd, A.(1998), ***Sustainable Rural Development,*** London, McMillan Press.
- Stinner, B. R., & Blair, M. J.(1990) ***Ecological and Agronomic Characteristics of Innovative Cropping Systems***, In C. A. Edwards, R. Lal, P. Maden, R.H. Miller, & G. House (Eds.), Sustainable agricultural systems. Miami, FL: St. Luice Press.
- Sydorovych, Olha and Wossink, Ada.(2007), ***Assessing Sustainability of Agricultural Systems: Evidence from a Conjoint Choice Survey,*** Selected paper prepared for presentation at the Southern Agricultural Economics Association Annual Meetings.
- Taylor, D., Z. Mohamed, M. Shamsudin, M. Mohaydin, and E. Chiew.(1993), "Creating a Farmer Sustainability Index: A Malaysian Case Study." ***American Journal of Alternative Agriculture 8***:175-184.
- Van Calker, K., P. Berentsen, G. Giesen, and R. Huirne.(2005), "Identifying and Ranking Attributes that Determine Sustainability in Dutch Dairy Farming." ***Agriculture and Human Values,*** 22:53-63.
- Van Mansvelt, J. and Stobbelaar, D. eds. 1997. "Landscape Values in Agriculture: Strategies for the Improvement of Sustainable Production." ***Agriculture, Ecosystems and Environment (Special Issue)*** 63:83-253.
- WCED. (1987), ***Our Common Future***, Oxford University Press,.
- WHO (World Health Organization)(1984), ***Paraquat and Disquat: environmental health criteria*** 38, Geneva: WHO.
- Wood, S. K. Sebastian and S. J. Scherr. (2000), ***Pilot Analysis of Global Ecosystems: Agro Ecosystems,*** International Food Policy Research Institute (IFPRI) and World Resources Institute (WRI) Publication، Washington، DC، 100 pp.
- Woodhouse, P., Howlett, D. and Rigby, D.(2000), ***A Framework for Research on Sustainability Indicators for Agriculture and Rural Livelihoods***, Working Paper 2, DFID project no. R7076CA.
- Yunlong، C. and B. Smit. (1994), Sustainability in Agriculture: A General Review. ***Agriculture، Ecosystems and Environment***، 49: 299 -307.

پرتال جامع علوم انسانی