

رهیافت‌های ارزیابی اثرات محیط‌زیستی کشاورزی

هادی ویسی^{۱*}، مجید دکامین^۲، مسعود حقیقی^۳، مسعود قزوینی^۴

۱ عضو هیات علمی پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی و مسئول هسته پژوهشی آموزش برای توسعه پایدار
۲ دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی بوم‌شناختی دانشگاه شهید بهشتی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۲۱؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۲/۱۹)

چکیده

حاد شدن مسائل محیط‌زیستی مانند تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی و تخلیه منابع سبب شده است که اثرات محیط‌زیستی بخش‌های ایجادکننده این مشکلات مانند کشاورزی، صنعت، خدمات و... بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد و در این رابطه روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی برای تبیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم آنها توسعه یابد. تحقیق حاضر با هدف معرفی این روش‌ها و تکنیک‌ها، ابتدا اثرات محیط‌زیستی را در سه دسته اثرات مرتبط با نهاده، مرتبط با انتشار و مرتبط با سیستم معرفی کرده است سپس روش‌ها و تکنیک‌های متناظر و متناسب با هر یک از این گروه از اثرات را در سه دسته ۱. روش‌های مرتبط با نهاده‌ها شامل مکان‌یابی خطر محیط‌زیستی، رویکرد برنامه‌ریزی خطی و اکوپوینت؛ ۲. روش‌های مرتبط با انتشار نظیر ارزیابی چرخه حیات و پایداری انرژی محصولات؛ ۳. روش‌های مرتبط با سیستم شامل رهیافت سیستم چند عاملی، شاخص پایداری کشاورز، شاخص‌های اکولوژی-زراعی و ارزیابی اثر محیط‌زیستی توصیف نموده است. و در پایان با توجه به هدف دست‌اندرکاران و نوع بوم‌نظام کشاورزی، جهت استفاده همزمان از یک یا چند روش برای تبیین دقیق تر اثرات محیط‌زیستی کشاورزی پیشنهادهایی ارائه شده است.

کلید واژه‌ها: اثر محیط‌زیستی، کشاورزی، تکنیک، نهاده، انتشار

سرآغاز

طی دهه‌های گذشته، انتشار کتاب بهار خاموش در رابطه با اثرات استفاده از کودهای و سموم شیمیایی (Carson, 2002) نظریه تخلیه و از بین رفتن منابع تجدیدناپذیر (Meadows, 1972) و طرح مفهوم پایداری در گزارش «آینده مشترک ما» سبب توجه به مسائل محیط‌زیستی در عرصه‌های مختلف نظیر کشاورزی، صنعت و ... شد (Gerbens- Leenes et al., 2003). از نقطه نظر محیط‌زیستی، یک فعالیت کشاورزی زمانی پایدار است که آلودگی منتشر شده از آن و استفاده بلندمدت از منابع در آن فعالیت در حد توان محیط طبیعی باشد. از این رو تشخیص اثرات محیط‌زیستی کشاورزی اولین گام در ارزیابی کلی پایداری کشاورزی است (Payraudeau et al., 2005). در این رابطه با توجه به تنوع اثرات محیط‌زیستی کشاورزی نظیر تخریب منابع (آب، خاک)، آلودگی‌های ناشی از مصرف نهاده‌ها، از بین رفتن تنوع‌زیستی و زیستگاه‌های کشاورزی، افزایش خطرات طبیعی نظیر گرمایش جهانی و اثرات ناشی از آن نظیر خشکسالی، تغییر اقلیم، سیل و غیره، و بالاخره اثرات بر کیفیت غذا و سلامت مصرف‌کننده (Punkari et al., 2007) روش‌های مختلفی برای ارزیابی این اثرات از نقطه نظر اهداف، مفاهیم، سطح تأثیر و کاربران بالقوه آن توسعه یافته است. در ایران علی‌رغم افزایش اثرات سوء محیط‌زیستی کشاورزی در این زمینه مطالعات اندکی صورت گرفته است که شاید یکی از دلایل اصلی آن، عدم آشنایی با روش‌های مناسب ارزیابی محیط‌زیستی کشاورزی می‌باشد. بر این اساس در مقاله حاضر تلاش شده است که این روش‌ها همراه با زمینه‌های کاربردی آنها در کشاورزی معرفی شوند.

روش‌های ارزیابی محیط‌زیستی در نظام کشاورزی

کشاورزی یک سیستم پیچیده است که در آن، افراد مختلفی به‌عنوان دست‌اندرکار تولید نهاده‌ها تا مصرف‌کننده دخیل هستند، و اهداف و معیارهای مختلفی را در سطوح مختلف از سطح مزرعه گرفته تا منطقه و کشور در یک افق زمانی که می‌تواند از گذشته تا حال و آینده گسترش یابد دنبال می‌کنند. وجود چنین پیچیدگی سبب شده است که براساس نوع اهداف روش‌های مختلفی برای ارزیابی اثرات در بعد محیط‌زیستی توسعه یابد. اهداف محیط‌زیستی ارزیابی اثرات را در سه گروه ۱. اهداف مرتبط با نهاده، ۲. اهداف مرتبط با انتشار گازها و ۳. اهداف

مرتبط با وضعیت سیستم شده است (Payraudeau et al., 2005)، و براساس این اهداف، رهیافت‌های مختلفی را به شرح زیر معرفی شده است:

• رهیافت‌های مرتبط با نهاده‌ها

این رهیافت‌ها به دنبال کاهش فشار بر محیط‌زیست از طریق مصرف کمتر نهاده‌هایی مانند کود، سم، سوخت، و غیره می‌باشد.

• مکان‌یابی خطر محیط‌زیستی^(۱)

در این رویکرد، هدف تعیین و تشخیص خطر محیط‌زیستی در رابطه با اعمال کشاورزی و صنعتی و غیره است که در یک منطقه مشخص در حال انجام است. رویکرد ERM بر این ایده استوار است که اولاً خطرات محیط‌زیستی ناشی از فشار انسان بر محیط بوده و ثانیاً آسیب‌پذیری محیط بالا است. در اینجا فشار انسانی بدین معنی است که به انسان این اجازه داده شده است، برای کشاورزی مجاز به تصرف زمین، انجام هر نوع عملیات کشاورزی و انتشار آلودگی است. در این رویکرد تنها جنبه محیط‌زیستی پایداری مدنظر است. رویکرد ERM تنها به ارزیابی یک اثر محیط‌زیستی خاص مثل آب‌شویی نیترات، انتقال فسفر و یا آفت‌کش‌ها می‌پردازد (Payraudeau et al., 2005). در رویکرد ERM خطر و ارزیابی آن به‌وسیله ترکیب متغیرها، شاخص‌ها و یا مدل شبیه‌سازی شده مربوط به پدیده مورد مطالعه به‌دست می‌آید. در این رویکرد به‌طور معمول از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌منظور یکپارچه‌سازی چندین داده فضایی بهره گرفته می‌شود (Heathwaite, 2003). انتخاب تکنیکی که به‌وسیله آن معیارهای ارزیابی خطر وزن‌دهی می‌شوند از اهمیت بسزایی برخوردار است. این تکنیک‌ها ممکن است از ترکیب‌های ساده برای وزن‌دهی تا روش ترکیب فازی را شامل شود (Assimakopoulos et al., 2003). در این نوع ارزیابی می‌توان سریعاً به جزئیات خطر دست یافت. بنابراین تکنیک وزن‌دهی که در این رویکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد در نگاشت خطر نقشی اساسی ایفا خواهد نمود. رویکرد ERM به منظور فهرست‌بندی مناطق خطر به کار می‌رود که می‌توان گفت بهترین ابزار برای این کار به حساب می‌آید.

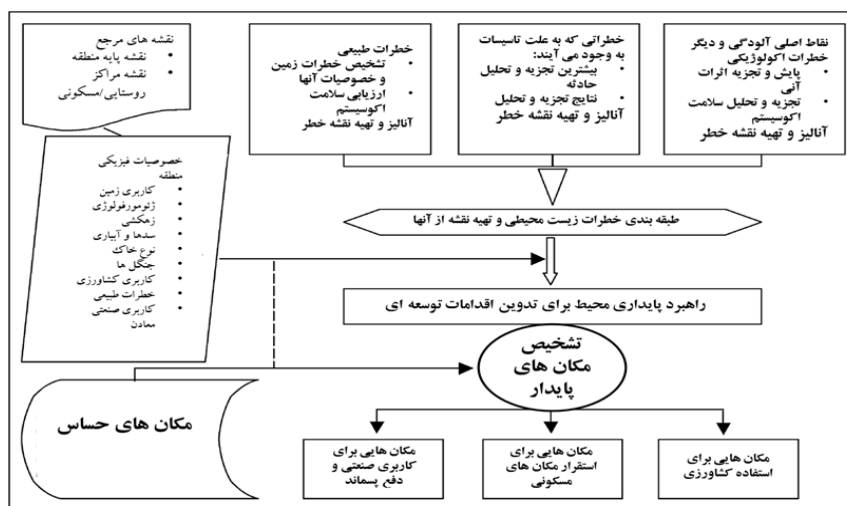
در این رابطه می‌توان یک استان یک منطقه و هر مکانی که قرار است در آن یک پروژه اعمال شود را به منظور اجرای ERM نظر گرفت. اجرای ERM در بردارنده تشخیص، نقشه‌کشی،

فیزیکی، ملاحظات اجتماعی و یا آسیب‌پذیری اکولوژیکی به منظور کمک به کمینه‌سازی احتمال خطرهای محیط‌زیستی قبل از تبدیل به فاجعه لحاظ شده است (Anil et al., 2002). در این رهیافت جمع‌آوری اطلاعات و نقشه و اعتبارسنجی آنها، از برآورد و رسیدگی آنها از طریق ارگان‌های دولتی، تحقیقات، کاربرد فناوری‌هایی همچون کنترل از راه دور و GIS، تهیه نقشه می‌توان بهره جست. در نهایت با انجام چنین مراحل، اطلسی محیط‌زیستی در مورد منطقه مورد مطالعه که در آن پروژه‌ای اجرا شده و یا خواهد شد به‌دست می‌آید. می‌توان بر اساس آن تصمیم‌های مناسب برای کمینه‌سازی خطرهای محیط‌زیستی را لحاظ نمود. این کار ابزار عینی، واقعی، موجز و ساده برای تصمیم‌گیرندگان و مدیران پروژه‌ها به‌منظور کمینه‌سازی خطرهای محیط‌زیستی ناشی از اجرای پروژه مورد نظر می‌باشد. رهیافت ERM می‌تواند به بررسی سیاست‌های اعمالی از جانب سیاست‌گذاران محلی بپردازد و به بهبود مدیریت خطر در رابطه با فعالیت‌های کشاورزی جدید در منطقه کمک نماید شکل (۱) (Anil et al., 2002).

پوشش و فهرست‌بندی خطرهای طبیعی و محیط‌زیستی است که با اهداف زیر انجام می‌پذیرد:

- تعیین و فهرست‌بندی مکان‌هایی که بالقوه دارای خطرهای محیط‌زیستی هستند.
- تعیین امن‌ترین مکان‌ها به منظور انتخاب محل مناسب جهت انجام پروژه‌هایی که بالقوه دارای خطرهای محیط‌زیستی هستند.
- کمک به تشخیص فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی و غیره که برای محیط دارای کمترین خطر هستند.
- کمک به طراحی و تصمیم‌گیری در اجرای برنامه‌های توسعه‌ای در مناطق پرخطر (Anil et al., 2002).

این ارزیابی دربردارنده خصوصیات ژئوفیزیوگرافی محل، کاربری زمین، تدوین مکان‌یابی مناطق پرخطر براساس میزان خطر، ارزیابی سریع ظرفیت‌های یک اکوسیستم (آب و خاک و زمین)، تشخیص مکان‌های مناسب به منظور تعیین بهترین مکان برای اجرای طرح‌هایی که بالقوه خطر آفرین هستند و در نهایت تعیین کاربری زمین از نظر کشاورزی، جنگل، مرتع و مسکونی و غیره. اجرای این رویکرد فهرست‌های مختلفی برای مناطق هدف فراهم می‌آورد که در آن محدودیت‌های قانونی، محدودیت‌های



شکل (۱): روش شناسی مکان‌یابی خطر محیط‌زیستی (Gupta et al., 2002)

دارد. این مدل در مطالعات مختلف جنبه‌های گوناگونی را پوشش می‌دهد. این مطالعات یا در قالب رویکرد برنامه‌ریزی خطی و یا در ارتباط با دیگر مدل‌ها صورت پذیرفته‌اند (Annetts & Audsley, 2002). مهمترین مشخصه این نوع

• رویکرد برنامه‌ریزی خطی چندگانه

رویکرد برنامه‌ریزی خطی چندگانه روشی رایج برای مدل‌سازی مشکلات مربوط به برنامه‌ریزی زمین‌های زراعی است. این مدل کاربردهای مختلفی هم در ارزیابی و هم در برنامه‌ریزی

جدول (۱): اهداف ارزیابی اثر محیط‌زیستی و روش‌های برآورد آنها
(Payraudeau et al., 2005; Van der Werf and Petit, 2002)

روش‌ها										اهداف
AEI	EP	SEC	FSI	EIA	LP	MAS	EIA	LCA	ERM	
										محیط‌زیستی
										الف. مرتبط با نهاده
*		*		*	*		*	*		استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر ↓
*		*						*		استفاده از دیگر انرژی‌های تجدیدناپذیر ↓
	*	*		*	*		*	*	*	فرسایش خاک ↓
		*		*	*		*	*		کاربری زمین ↓
		*		*		*	*	*		کاربری آب ↓
	*		*	*	*		*		*	استفاده از کودهای نیتروژنه
	*		*	*	*		*			استفاده از آفت‌کش‌ها ↓
										ب. مرتبط با انتشار
		*		*			*	*		انتشار گازهای گلخانه‌ای ↓
		*						*		انتشار گازهای کاهنده ازون ↓
		*					*	*		انتشار گازهای اسیدی ↓
		*		*	*		*	*	*	انتشار مواد سرشارسازکننده ↓
		*		*			*	*	*	انتشار آفت‌کش‌ها ↓
				*			*	*		انتشار مواد آلوده‌کننده خشکی (اکتوتوکسیت) ↓
				*			*	*	*	انتشار مواد آلوده‌کننده آب‌ها ↓
								*	*	مواد آلوده‌کننده مضر برای انسان‌ها ↓
		*						*		کمینه‌سازی تلفات تولید ↓ و بهره‌وری ↑
										ج. مرتبط با وضعیت سیستم
*	*	*		*			*	*		کیفیت چشم‌انداز
*		*		*			*	*		تنوع‌زیستی طبیعی
*	*			*	*					تنوع‌زیستی کشاورزی
				*						کل زیست توده سیستم
*				*	*	*	*		*	کیفیت آب
*				*						کیفیت هوا
*				*			*		*	کیفیت خاک

این رهیافت بیانگر چگونگی اثراتی است که بر محیط‌زیست وارد و کارکرد آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این خصوصیت در مراحل پایش و ارزیابی اثرات مفید خواهد بود. رویکرد برنامه‌ریزی خطی در ارزیابی ارزش بالایی داشته، چراکه تبادلهای مختلفی که در محیط‌زیست صورت می‌پذیرد را به صورت کمی در می‌آورد. در حقیقت مدل برنامه‌ریزی خطی چندگانه دسته‌ای از راه‌حل‌هایی را پیشنهاد می‌کند که می‌توانند باعث بهبود کارکرد محیط‌زیست شوند. این مهم نیز تنها زمانی حاصل می‌شود که اصلاحات متعددی در سیستم تولید صورت گیرد. با این حال

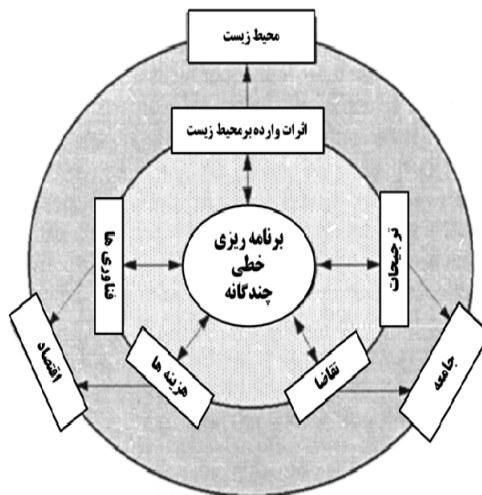
مدل این است که براساس روابط و تعاملات بین خروجی و ورودی و میزان مداخله آنها در سیستم پایه‌گذاری شده است. بنابراین یک مدل برنامه‌ریزی خطی روابط علی و معلولی سیستم را مورد بررسی قرار می‌دهد و بر اساس دستورالعمل ایزو ۱۴۰۴۱ راه‌حل‌هایی را پیشنهاد می‌کند. علاوه بر این به خاطر اینکه مدل برنامه‌ریزی خطی چندگانه روابط پیچیده میان قسمت‌های مختلف یک سیستم را شرح می‌دهد، می‌تواند به شرح تغییر وضعیت سیستم و مداخله صورت گرفته در اثر تغییر در مواد و یا فرایندها در محیط‌زیست بپردازد.

گازهای گلخانه‌ای را مورد سنجش قرار دهد (Payraudeau et al., 2005).

• اکوپوینت^(۲)

در سال ۱۹۹۶ روشی طراحی شد که در آن عملیات تولید کشاورزی و حفاظت از چشم‌انداز نمره‌هایی به خود اختصاص می‌دهند. این روش برای اولین بار در اتریش براساس میزان عایدی کشاورزان و رفتار آنها نسبت به حفاظت از چشم‌انداز و محیط‌زیست مورد آزمایش قرار گرفت. در این آزمایش که در سال ۱۹۹۸ صورت پذیرفت ۱۵۰۰ کشاورز در برنامه شرکت داشتند (Van der Werf and Petit, 2002). معمولاً ره‌یافت اکوپوینت براساس روش «فاصله تا هدف» بناگذاری شده است. این ره‌یافت براساس این فرض پایه‌گذاری شده است که بین اهمیت یک اثر رسیدن به پایداری همبستگی وجود دارد (Singh et al., 2009). اکوپوینت‌ها بیانگر اثرات ناشی از هر نوع محصول، ماده و یا خدمات بر محیط‌زیست هستند. طراحی اکوپوینت در کشاورزی برای هر نوع ماده مصرفی، هر ماده تولیدی و یا عملیات‌های انجام شده در مزرعه امکان‌پذیر است. اکوپوینت ابزاری کارآمد برای تصمیم‌گیرندگان بخش کشاورزی و صنعت است چراکه هر گونه اثری را که بر محیط وارد شده و پایداری آن را تحت شعاع قرار می‌دهد را تبدیل به نمره‌هایی می‌کند که تصمیم‌گیری بر مبنای آنها از سهولت بیشتری برخوردار است. اکوپوینت‌ها با استفاده از ارزیابی چرخه حیات، اثرات ناشی از یک نهاده را از زمانی که از معدن استخراج می‌شود تا زمانی که به محیط باز می‌گردد را محاسبه می‌کنند. در ره‌یافت اکوپوینت کل انرژی، آب و زمین و دیگر مواردی که یک ماده و یا یک نهاده از زمان استخراج از منابع، مراحل تولید کارخانه‌ای و استفاده در مزرعه تولید و یا مصرف می‌کند را مورد مطالعه قرار می‌دهد. به‌منظور مقایسه اثرات مختلف محیط‌زیستی که یک نهاده کشاورزی از زمان تولید تا زمان مصرف در مزرعه طی می‌نماید نیازمند تبدیل این اثرات با استفاده از یک مدل علمی هستیم. مثلاً در تولید یک نهاده کشاورزی ۱۵ کیلوگرم دی اکسید کربن تولید، ۱۰۰ لیتر آب مصرف و ۲ گرم مواد آلوده‌کننده تولید نموده است. نرمال‌سازی این اعداد به منظور مقایسه آنها و بررسی اثرات ناشی از هر کدام در طی چرخه حیات این نهاده با میانگین‌های جهانی و استاندارد می‌کند که برای تولید و مصرف آن نهاده تدوین

می‌توان گفت که با لحاظ نمودن شاخص‌های محیط‌زیستی و اجتماعی-اقتصادی در این مدل می‌توان نتایج قابل قبول‌تری به‌دست آورد. شکل (۲) (Azapagic & Clift, 1998).



شکل (۲): مفاهیم لحاظ شده در ارزیابی محیط‌زیستی کشاورزی برنامه‌ریزی خطی چندگانه (Azapagic and Clift, 1998)

زمانی که این رویکرد برای مناطق کشاورزی به کار برده می‌شود، کل تولید منطقه را از لحاظ تکنیکی و اقتصادی و مشوق‌های اجتماعی بهینه می‌نماید در حالی که اثرات محیط‌زیستی را به حالت کمینه در می‌آورد. این رویکرد بر اساس این مفهوم است که یک کشاورز را می‌توان توسط یک سری از شاخص‌ها توصیف کرد. این رویکرد در اکثر موارد دارای سه مرحله است: مرحله اول، هر نوع تولید گیاهی و یا دامی بر اساس میزان مصرف نهاده و بر اساس ماتریس نهاده-بازده تجزیه و تحلیل می‌شود. در مرحله بعد، اطلاعات در مورد مجموعه محدودیت‌های اجتماعی-اقتصادی کشاورزی و محیط‌زیستی به‌عنوان محدودیت‌های رویکرد به‌منظور انتخاب بهترین روش جمع‌آوری می‌شوند. در نهایت، با توجه به محدودیت‌های موجود، تکنیک‌های بهینه‌ساز خطی را برای یافتن روش‌های مدیریتی که بیشترین عایدی را داشته و کمترین استفاده از منابع و انتشار آلودگی را دارند را انتخاب می‌نمایند. در مقیاس مناطق کشاورزی، کاربرد این رویکرد مستلزم طبقه‌بندی مزارع است، که براساس برون‌یابی مزارع زیر مجموعه کل منطقه مورد مطالعه صورت می‌پذیرد. این نوع از ارزیابی ممکن است تنها یک اثر مثل فرسایش و یا چندین اثر مانند آفت‌کش‌ها، سرشارسازی و

و ممکن است دارای مقادیر منفی باشند (Payraudeau et al., 2005).

رهیافت‌های مرتبط با انتشار گازها

این رهیافت‌ها همانند رهیافت‌های قبلی در پی کاهش فشار بر محیط زیست از طریق کاهش انتشار گازهای آلاینده‌ها می‌باشند.

• تجزیه و تحلیل چرخه زندگی (۳)

اگر چه مفهوم ارزیابی چرخه حیات در سال ۱۹۶۰ مطرح شد و از آن زمان تلاش‌های زیادی برای توسعه و تکامل آن به کار رفته است، اما اخیراً و از دهه ۱۹۹۰ به‌طور خاصی مورد توجه متخصصان محیط‌زیستی قرار گرفته است. برای این مفهوم نام‌های مختلفی به کار می‌رود مانند تعادل اکولوژیکی، تحلیل سیمای محیط‌زیست و منابع و سیمای محیط‌زیستی و ارزیابی از مهد تا گور. این رهیافت اهداف زیر را دنبال می‌کند:

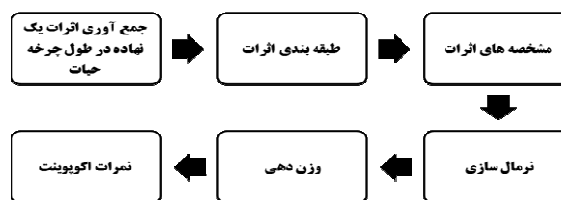
۱. مقایسه تولیدات، فرایندها و خدمات مختلف.
۲. مقایسه چرخه‌های حیات تبدیل برای محصول و خدمتی خاص.
۳. تعیین بخش‌هایی از چرخه حیات که می‌تواند بیشترین بهبود در آن صورت گیرد.

این رهیافت یک روش تحلیلی است که برای ارزشیابی مصرف منابع و مسائل زیست محیطی مرتبط با تولید، فرآوری و سایر اقدامات به کار می‌رود. ارزیابی چرخه زندگی یک حسابرسی از درون‌دادها و ستادندهای در همه مراحل از چرخه زندگی را بر اساس یک دیدگاه سیستمی فراهم و ارائه می‌دهد: کسب و حصول مواد خام، تولید، فرآوری، بسته‌بندی، استفاده و کنار گذاشتن. این ارزیابی کل‌نگر یک سیمای محیط‌زیستی از نظام تولیدی را ارائه می‌دهد. از آنجا که این رهیافت بیشتر در امور تولیدات صنعتی به کار می‌رود چالش‌های روش‌شناسی و برخی تنگناها در کاربرد این روش در تولیدات کشاورزی وجود دارد که بیشتر این چالش‌ها توسط محققان بررسی و رفع شده‌اند و در حال حاضر استفاده از این رهیافت در حال افزایش است (Andrea and Busto, 2009). براساس ایزوی ۱۴۰۴۰ یک ارزیابی چرخه زندگی دارای چهار مرحله به شرح زیر است:

تعریف هدف و حوزة: در این مرحله محصول، فرآیند یا فعالیت تعریف و توصیف می‌شود. همچنین سیستم تحت مطالعه، مرزهای سیستم و واحد کارکردی مشخص می‌شوند.

صورت‌برداری: این مرحله شامل شناسایی و کمی کردن کلیه

شده است مقایسه و اعداد به‌صورت نسبت، درصدی از میانگین جهانی و یا منطقه‌ای بیان می‌شوند. البته لازم به ذکر است که داده‌هایی که در این زمان حاصل می‌شوند قابل مقایسه نیستند چراکه اثرات ناشی از هر کدام از این آلودگی‌ها اثرات خاص خود را بر روی محیط دارند. به همین خاطر در این رهیافت کل اثرات ناشی از یک نهاده با استفاده از عوامل خاص وزن‌دهی و سپس مورد مقایسه قرار می‌گیرند.



شکل (۳): مراحل رهیافت اکوپوینت

در این رهیافت به طور کلی به ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و کیفیت چشم انداز و ارتباط آن با سطح عایدی کشاورزان پرداخته می‌شود. در این رهیافت گسترش استفاده از زمین و کیفیت مدیریت چشم انداز را می‌توان با محاسبه نمرات عملیات‌های انجام شده از طرف کشاورزان مورد ارزیابی قرار داد. در این رهیافت مزرعه در کانون توجه قرار دارد. در این رهیافت هم فعالیت‌های کشاورزی و هم فعالیت‌های دامپروری در سطح چشم انداز مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. گروه‌های هدف را کشاورزان و تصمیم‌گیرندگان محلی تشکیل می‌دهند. این رهیافت تنها جنبه محیط‌زیستی پایداری را مدنظر قرار می‌دهد و به جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی توجهی ندارد. سطح ارزیابی صورت گرفته بر اساس این رهیافت محلی است و در سطح منطقه‌ای کمتر از آن استفاده می‌شود و به همین دلیل جمع‌آوری اطلاعات مربوط به شاخص‌ها در این روش طی یک الی دو روز قابل انجام است. در این رهیافت هدف کمینه‌سازی فرسایش، بهینه‌سازی مصرف نیتروژن، کمینه‌سازی استفاده از آفت‌کش‌ها، کیفیت چشم‌انداز و تنوع محصولات کشاورزی است. در این رهیافت فرسایش خاک براساس سطح پوشش خاک، شخم مستقیم خاک، مالچ‌پاشی خاک و وجود گیاهان چندساله زراعی براساس اختصاص یک نمره مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در این رهیافت شاخص‌ها بسته به نوع شاخص دامنه‌های متغیری دارند

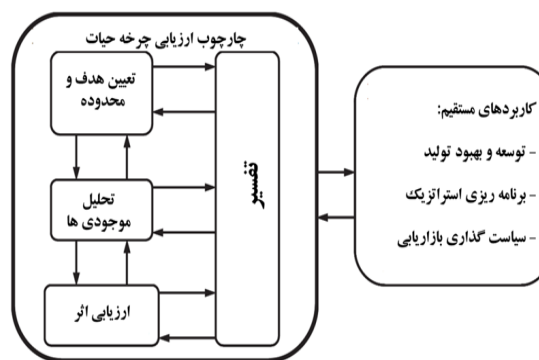
کم نهاده و کشاورزی ارگانیک بوده است. در این رویکرد سعی در ارزیابی منابع مورد استفاده و اثرات محیط‌زیستی است. اثرات محیط‌زیستی تولیدات کشاورزی را می‌توان به‌وسیله میزان آلودگی‌ها، مواد و انرژی مورد استفاده در تمامی مراحل چرخه زندگی را مورد ارزیابی قرار داد. در این ره‌یافت تولید ملاک ارزیابی است. گروه‌های هدف در این ره‌یافت تصمیم‌گیرندگان، مصرف‌کنندگان و کشاورزان هستند. در این ره‌یافت تنها جنبه محیط‌زیستی کشاورزی پایدار مورد بررسی قرار می‌گیرد. اهدافی که در این ره‌یافت معمولاً مورد ارزیابی قرار می‌گیرند عبارتند از: کمینه‌سازی استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر، کمینه‌سازی استفاده از منابع تجدیدناپذیر، کاهش استفاده از زمین، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش گازهای اسیدی، کاهش مواد موجود در POCP^(۴)، کاهش آلودگی‌های مضر برای اکوسیستم‌های خاکی و آبی و انسانی. در این ره‌یافت ورودی‌های انرژی چه به‌صورت مستقیم و چه به‌صورت غیرمستقیم مورد محاسبه قرار می‌گیرند. میزان آلودگی آب و خاک و هوا به نیتروژن، پتاسیم و فسفر و فلزات سنگین از طریق مدل‌های شبیه‌سازی شده بر حسب کیلوگرم در هکتار مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در این روش اساس شاخص‌ها اثرات ناشی از هر یک از شاخص‌های مورد ارزیابی است و مقادیر هر یک از شاخص‌ها از طریق اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و یا مزرعه برای برآورد اثر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Van der Werf and Petit, 2002).

• پایداری انرژی محصولات (گیاهان زراعی)^(۵)

هدف از این روش ارزیابی پایداری اقتصادی و اکولوژیکی رشد و تبدیل گیاهان زراعی به انرژی است. این روش براساس روش LCA می‌باشد ولی با این تفاوت که شاخص‌های خاصی برای سیستم‌های تولید کشاورزی را مدنظر قرار می‌دهد. این روش به ارزیابی پایداری اکولوژیکی و اقتصادی مورد مطالعاتی می‌پردازد. در این ره‌یافت پایداری اقتصادی و اکولوژیکی با استفاده از شاخص‌هایی صورت می‌پذیرد که در LCA تعریف شده‌اند. در این ره‌یافت مزرعه دیگر هدف مطالعه نیست و تولید مدنظر قرار می‌گیرد. گروه هدف این روش تصمیم‌گیرندگان بخش کشاورزی هستند و ابعاد اقتصادی و اکولوژیکی را در سطح منطقه‌ای و تا حدودی محلی پوشش می‌دهند. جمع‌آوری اطلاعات در این ره‌یافت به مدت زمان و دقت زیادی احتیاج دارد. در این ره‌یافت اهداف همچون کاهش استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر،

منابع مورد استفاده برای تولید محصول مثلاً انرژی، آب، موادخام و فرآوری شده و کلیه مواد منتشر شده به محیط‌زیست مثل انتشار مواد آلاینده به هوا، خاک و آب و ضایعات ناشی از تولید و مصرف محصول می‌باشد.

ارزیابی تأثیر: در این مرحله اثرات بالقوه ناشی از مصرف منابع محیطی و تولید آلاینده‌ها بر انسان و طبیعت ارزیابی می‌گردد. **تفسیر:** در این مرحله نتایج مراحل صورت‌برداری و ارزیابی تأثیر ارزیابی می‌گردد تا مراحل یا نقاط در مسیر تولید و مصرف محصول که بیشتری تأثیرات سوء محیط‌زیستی را دارند شناسایی شوند و نیز محصول و گزینه‌های جایگزین دارای اثرات سوء کمتر برای محیط زیست مشخص می‌گردد، نتیجه‌گیری‌های لازم انجام شده، توصیه‌های موردنیاز به عمل می‌آید و گزارش LCA تهیه می‌گردد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۹)



شکل (۴): مراحل ارزیابی چرخه حیات (Roy et al., 2009)

در مقیاس منطقه کشاورزی، تمامی اثرات محیط‌زیستی برای ارزیابی مجموع اثرات یک مزرعه محاسبه می‌شود. در عمل، سیستم طبقه‌بندی مزارع بر اساس عملیات‌های کشاورزی و یا سیستم تولید به منظور استخراج نتایج از مقیاس مزرعه تا مقیاس منطقه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سطح منطقه‌ای اثرات محیط‌زیستی یک گیاه زراعی خاص، براساس میزان ارتباط آن با انتشار آلودگی و کمیت آن در هکتار و یا کل سطح تولید بیان می‌شود (Payraudeau et al., 2005). برای مثال این ره‌یافت در مورد تولیداتی همچون دانه‌های روغنی، سیب‌زمینی، گوجه، گوشت گاو، گوشت گوسفند، شیر و تخم‌مرغ مورد استفاده قرار گرفته است و هدف آن توانمندسازی کاربران برای استفاده از داده‌ها به‌وسیله صفحات اکسل در جهت ارزیابی و مطالعه اثرات سیستم‌های کشاورزی جایگزین همچون کشاورزی رایج، کشاورزی

محیط، اشیاء و عوامل هستیم که تعامل بین این موجودیت‌ها مجموعه از کارکردها را فراهم می‌آورد که به سبب این کارکردها می‌تواند جامعه را تحت تأثیر قرار دهد (Campo et al., 2009; Li et al., 2010). مدل نظام چند عاملی بیانگر سیستم پیچیده‌ای است که در بردارنده اجزایی همچون: ۱. یک بستره که محیط نامیده می‌شود؛ ۲. چیزهایی که در این بستره یا محیط قرار دارند؛ ۳. نوع خاصی از این اشیا که عامل نامیده می‌شود؛ ۴. رابطه‌ای که این اشیا را به هم مرتبط می‌سازد و در نتیجه باعث ارتباط عامل‌ها نیز می‌شود؛ ۵) مجموعه‌ای از اعمال که می‌بایست به‌وسیله عامل‌ها به منظور تأثیر، تغییر و یا دست‌کاری بر روی دیگر اشیا موجود در محیط صورت پذیرد؛ ۶. عملگری که نتایج را زمانی که این اعمال صورت گرفتند بازتاب دهد (شکل ۴) (Lima, 2001). زمانی که این روش برای محیط زیست به کار می‌رود، هدفش نمایاندن رفتار گروه خاصی از کاربران و یا دیگر عوامل نسبت به منابع محدود است. کاربرد این رویکرد در کشاورزی را می‌توان در مطالعه اثرات آبیاری و یا مدیریت کودهای دامی مشاهده نمود (Payraudeau et al., 2005). به طور کلی در مدل سیستم چند عاملی دو عملگر وجود دارد: ۱. عامل‌ها؛ ۲. محیطی که عامل‌ها در آن قرار دارند. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، زمانی که قرار باشد یک مدل چندعاملی طراحی شود می‌بایست یک شبکه دو بعدی را در ذهن تصور نمود که در آن لایه‌های زیادی از مواد وجود دارند که تحت تأثیر عامل‌ها قرار می‌گیرند (مثلاً در یک دریاچه، مواد غذایی و عوامل هیدرودینامیک عواملی هستند که رشد گیاهان آبی را تحت تأثیر قرار می‌دهند) و لایه‌ای که موقعیت عامل را برای ما ترسیم می‌نماید. هر عامل دارای فرایندهای مختص به خود است؛ یعنی یک عامل در یک محیط خاص، رشد می‌کند، بیمار می‌شود، با محیط خود در تعامل است، توسعه فضایی دارد و انرژی به‌دست آورده و از دست می‌دهد. بین عامل‌های مختلف تعامل مثبت و منفی وجود دارد و این امر زمانی که این عامل‌ها از نظر مکانی به هم نزدیک باشند این تعاملات شدیدتر است، یعنی ممکن است آنها برای غذا و یا دیگر منابع انرژی با یکدیگر به رقابت بپردازند و یا یک نوع عامل به‌عنوان شکارگر و یا چرنده عامل دیگر باشد. با این حال این نکته قابل ذکر است که بین یک عامل و عوامل محیطی نیز تعاملات مثبت و منفی وجود دارد که این عوامل ممکن است برای یک عامل خاص محدود کننده باشند و بین رفتار

کاهش استفاده از منابع تجدیدناپذیر، کاهش فرسایش خاک، کاهش استفاده از آب، کاهش گازهای گلخانه‌ای، کاهش گازهای مخرب لایه ازن، کاهش گازهای اسیدی، کاهش استفاده از آفت‌کش‌ها، کاهش ضایعات تولید و افزایش استفاده از محصول و توجه به تنوع‌زیستی کشاورزی و طبیعی گنجانده شده است. در این رهیافت استفاده از انرژی به‌صورت مستقیم (مثلاً سوخت مصرفی توسط تراکتور) و انرژی‌های غیرمستقیم (مانند انرژی مصرفی برای تولید کود و سموم در کارخانه) در تولید محصول بر حسب گیگاژول در هکتار و یا گیگاژول انرژی مصرفی به گیگاژول انرژی تولیدی محاسبه می‌شود. فرسایش خاک بر اثر باران‌های فرساینده با استفاده از شبیه‌سازی مدل بر حسب میلی‌متر در هکتار و یا میلی‌متر بر گیگاژول محاسبه می‌شود. در این رهیافت تنوع طبیعی براساس میزان سهم گیاه زراعی در تنوع گونه‌ای و تعداد گونه در خطر و خصوصیت گونه‌ها مشخص می‌گردد. در این رهیافت اثرات شاخص‌ها محاسبه می‌گردد. در نحوه محاسبه شاخص‌ها و اثر آنها بسته به نوع شاخص ممکن است مقدار، محدوده و یا مقادیر مثبت و منفی لحاظ شود (Van der Werf and Petit, 2002).

رهیافت‌های مرتبط با وضعیت سیستم

این رهیافت‌ها به دنبال بهبود و حفظ ویژگی‌های محیط‌زیستی در نظام‌های کشاورزی می‌باشند و به طوری که جدول (۱) نشان می‌دهد این رهیافت‌ها بهبود ویژگی‌هایی نظیر تنوع‌زیستی، کیفیت و سلامت خاک، کیفیت و بهره‌وری آب، کیفیت هوا و ... را مدنظر دارند.

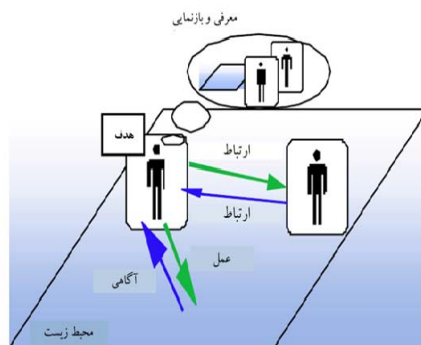
• رهیافت سیستم چندعاملی (۶)

از جنبه فیزیکی و یا زیستی، یک عامل می‌تواند به یک حشره، گیاه، ماهی و یا یک پرنده خاص اشاره داشته باشد ولی در زمینه اجتماعی می‌تواند به یک کشاورز و یا یک سازمان و یا یک گروه از مردم اشاره داشته باشد. تعریفی از عامل و سیستم چند عاملی که در سطح وسیعی توسط پژوهشگران پذیرفته شده و در زمینه‌های تحقیقاتی مختلف از آن استفاده می‌گردد عبارت است از: یک عامل می‌تواند موجودیت مستقل واقعی و حقیقی باشد که توانایی انجام عمل و یا درک محیط پیرامونی خود را داشته و با دیگر اجزای جامعه‌ای که در آن وجود دارد به‌صورت مستقل عمل نموده و مهارت لازم برای رسیدن به اهداف و گرایشات خود دارا می‌باشد. در مدل سیستم چند عاملی ما شاهد حضور

• شاخص پایداری کشاورز^(۷)

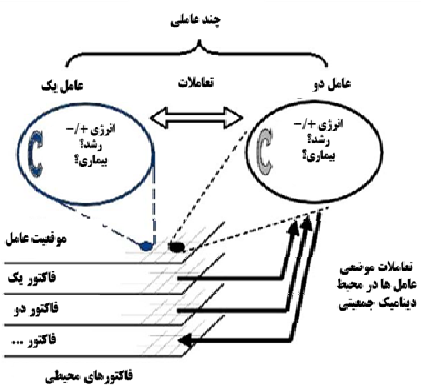
این رویکرد مقادیری را به دست می‌دهد که مربوط به سوالات برآورد مورد نظر می‌باشند و با اصول پایداری مطابقت دارند. در این ره‌یافت از طریق ارزیابی همبستگی سازمانی، خودباوری و یا ارزیابی اعمال کلیدی همچون استفاده و یا عدم استفاده از مواد شیمیایی به ارزیابی اثرات پایداری و همچنین ارزیابی پایداری یک سیستم می‌پردازند. تولید ۳۳ کشاورز تولیدکننده کدو را مورد ارزیابی قرار گرفت که هر یک از ۳۳ کشاورز امتیازی مثبت و یا منفی به دست آوردند. این امتیازها به‌عنوان شاخص پایداری کشاورز و یک عدد خاص بیانگر پایداری اکولوژیکی بود (Van der Werf and Petit, 2002). این روش بعدها در مالزی به‌وسیله تصمیم‌گیرندگان توسعه پیدا نمود (Ding, 2005). این ره‌یافت تغییرات اخیر در عملیات را مورد توجه قرار می‌دهد، بنابراین هر کشاورزی که به سمت پایداری نزدیک‌تر می‌شود شاخص FSI بالاتری نسبت به کشاورزی که همان عملیات را بدون تغییر انجام می‌دهد، به خود اختصاص می‌دهد. در این ره‌یافت پایداری کشاورز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این ره‌یافت پایداری اکولوژیکی کشاورز را می‌توان به‌وسیله هرآنچه که کشاورز می‌خرد، چه مصنوعی و چه طبیعی، و وارد مزرعه می‌کند نسبت به آنچه که در مزرعه و توسط منابع موجود تولید می‌شود مورد ارزیابی قرار داد. در این ره‌یافت هدف مطالعه انجام شده صرفاً مزرعه بوده و دیگر جنبه‌های پایداری مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. نتایج این ره‌یافت می‌تواند برای کشاورزان و تصمیم‌گیرندگان بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. بعدی از پایداری که در این ره‌یافت مورد بررسی قرار می‌گیرد تنها بعد محیط‌زیستی پایداری بوده و ابعاد اقتصادی و اجتماعی کشاورزی پایدار در این ره‌یافت جایگاهی ندارند. در این ره‌یافت به دلیل اینکه در مقیاس‌های کوچک و محلی صورت می‌پذیرد بنابراین جمع‌آوری اطلاعات مربوط به ارزیابی بسیار آسان بوده و در یک روز جمع‌آوری اطلاعات مربوط به آن امکان‌پذیر است. در این ره‌یافت تنها موضوع‌های مورد نظر استفاده بهینه از منابع نیتروژن و کاهش استفاده از علف‌کش‌ها است که مربوط به نهاده‌های ورودی می‌باشند. در این ره‌یافت خروجی داده‌ها به صورت نمره‌ای از پایداری بوده و مقادیر متغیری را به خود اختصاص می‌دهند که نمره صفر از لحاظ پایداری در این محدوده طبیعی به حساب آمده و نمرات منفی بد و نمرات مثبت

عامل نسبت به محیط زندگی شان بازخورد وجود داشته باشد (Li et al, 2010).



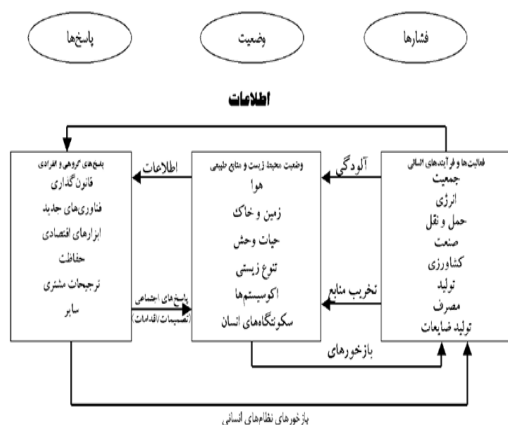
شکل (۵): نمونه‌ای از یک سیستم چند عاملی انسان با محیط (Ferber, 1999)

در مقایسه با سه مدل قبلی که مورد بررسی قرار گرفتند، تجزیه و تحلیل تعاملات بین مزارع در قلب این روش جای گرفته است. همچنین در این مدل می‌توان هر سه جنبه پایداری را لحاظ نمود چرا که در آن می‌توان هر سه تعاملات بین عوامل مختلف را از جنبه اقتصادی- اجتماعی و محیط‌زیستی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. باید توجه داشت که در این مدل فرض بر این است که کاربری منابع به شکلی پایدار چه از نظر محیط‌زیستی و چه از نظر اقتصادی و اجتماعی در جریان است. در این مدل به طور معمول تنها یک اثر محیط‌زیستی مورد محاسبه قرار می‌گیرد. این رویکرد اثر موضعی و یا منطقه‌ای را برای ما بررسی می‌نماید. برای تخمین استفاده از منابع در این رویکرد می‌توان از مدل‌های مختلفی بهره گرفت. برای مثال برای شبیه‌سازی تغییرات می‌توان از میزان آب استخراجی برای کشاورزی استفاده نمود (Payraudeau et al., 2005).



شکل (۶): ساختار کلی مدل چند عاملی (Li et al., 2010)

نشان می‌دهد. این روش به ارزیابی تنوع‌زیستی، خانه‌سازی، گردشگری و غیره می‌پردازد. ارزیابی اثرات محیط‌زیستی روشی استاندارد برای ارزیابی به‌شمار می‌رود و داری چند مرحله بوده و مانند LCA این امکان را برای تصمیم‌گیری درست در مورد منطقه مورد مطالعه برای دست‌انداران فراهم می‌آورد. در این روش به ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی پرداخته و سعی در ارزیابی اثرات فعالیت‌های جدیدی دارد که در حال اجرا در محیط‌زیست هستند و آلودگی‌های و زیبایی‌های ناشی از آن در منطقه مورد مطالعه را مدنظر قرار می‌دهد. از منظر محیط‌زیستی اثرات موضعی همچون ایجاد سروصدا، بو، گرد و غبار، آلودگی و کاهش آنها در منطقه را در اولویت ارزیابی خود قرار می‌دهد. برخلاف LCA در این روش اثرات جهانی ناشی از یک فعالیت جدید به‌ندرت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (Payraudeau et al., 2005).



شکل (۷): چارچوب فشار - وضعیت - پاسخ (سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (OECD, 1994)؛ اسدی و ورمزیاری، ۱۳۸۹)

برای اجرای چارچوب رهیافت ارزیابی اثر محیط‌زیستی از تکنیک‌ها و روش‌هایی به شرح زیر استفاده می‌شود:

- روش‌های کارشناسی ویژه: روش‌های آدهوک^(۹) روش‌هایی حقیقی نیستند چراکه به مشکلات موجود به گونه‌ای ساختار نمی‌بخشند که آماده تجزیه و تحلیل سیستماتیک گردد.
- چک‌لیست‌ها: برای سازماندهی و ارائه اطلاعات معمولاً از چک‌لیست‌ها و ماتریس‌ها استفاده می‌شود. چک‌لیست‌ها، فهرست‌هایی استاندارد از انواع اثرات ناشی از نوع خاصی از پروژه می‌باشند. این روش‌ها در ابتدا برای سازماندهی

از لحاظ پایداری خوب محسوب می‌شوند. وزن‌دهی شاخص‌ها در این رهیافت به صورت غیرمستقیم صورت گرفته و این شاخص‌ها نیز هرکدام ممکن است در این دامنه مثبت تا منفی قرار گیرند.

• ارزیابی اثرات محیط‌زیستی^(۸)

این رهیافت ارزیابی اثرات مثبت و یا منفی احتمالی که یک پروژه خاص بر روی محیط‌زیست از جنبه‌های طبیعی، اجتماعی و اقتصادی دارد را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. انجمن بین‌المللی ارزیابی اثرات محیط‌زیستی اثرات محیط‌زیستی را این‌گونه تعریف می‌کند: فرایند تشخیص، پیش‌بینی، سنجش و کاهش اثرات بیوفیزیکی، اجتماعی، و دیگر اثرات طرح‌های توسعه‌ای پیش از گرفتن تصمیم‌های اساسی و اجرای عملیات مربوط به آن ارزیابی اثرات محیط‌زیستی در دهه ۱۹۶۰ به عنوان بخشی از فرایند تصمیم‌گیری عقلانی مورد استفاده قرار گرفت. این مدل شامل ارزیابی تکنیکی بود که به تصمیم‌گیرندگان برای یک پروژه کمک می‌کرد. ارزیابی اثرات محیط‌زیستی در سال ۱۹۶۹ در ایالات متحده در قراردادی به‌عنوان سیاست ملی محیط‌زیست به‌صورت یک قانون درآمد و پس از آن در بسیاری از کشورها استفاده از این روش به امری رایج بدل گردید (Holder, 2004). این رهیافت بر مفهوم علیت استوار است: فعالیت‌های انسانی بر محیط فشار وارد می‌کند و وضعیت محیط تغییر می‌کند. جامعه به این تغییرات از طرق سیاست‌گذاری، قوانین اقتصادی و محیط‌زیستی پاسخ می‌دهد. فعالیت‌های مرتبط با این سیاست‌ها به نوبه خود فشار را اعمال می‌کند و چرخه بازخوردی را کامل می‌نماید. از این‌رو این رهیافت سه دسته معیار دارد: معیارهای فشار که فشارهای محیط‌زیستی ناشی از فعالیت‌های انسان را در بردارد (پسماندها و انتشار مواد و گازها) و معیارهای وضعیت که شرایط محیط‌زیستی را ارزیابی می‌کند (تخریب لایه اوزن، کیفیت آب) و معیارهای پاسخ که پاسخ‌های اجتماعی را ارزیابی می‌کند (سیاست‌ها، مالیات، قوانین و مدیریت). این روش در کشاورزی نیز به بررسی اثرات عملیات‌های کشاورزی جدید می‌پردازد. این روش را می‌توان در کشورهای در حال توسعه که فاقد پایداری در عملیات کشاورزی خود هستند به منظور انتخاب بهترین عملیات به کار برد. این روش براساس این مفهوم استوار است که فعالیت‌های انسان با آلودگی‌های ناشی از آن در ارتباط است و محیط‌زیست نیز نسبت به این آلودگی‌ها از خود حساسیت

- روش‌های مکانی: شاپلی، فاگل و مک‌هارگ از پیشروان رویهم‌گذاری نقشه‌ها بودند. روش رویهم‌گذاری بر تعدادی نقشه مبتنی است که هر کدام پراکنش و توزیع مکانی یکی ویژگی محیط‌زیستی را نشان می‌دهد. اطلاعات هر گونه آرایش متغیرها برای واحدهای جغرافیایی استاندارد جمع‌آوری می‌گردد و در چندین نقشه ثبت می‌گردد، این نقشه‌ها رویهم‌گذاری شده و یک نقشه ترکیبی ایجاد می‌شود (نادری، ۱۳۸۹).

• شاخص‌های زراعی - محیط‌زیستی^(۱۱)

این رویکرد ۲۸ شاخصه که گاهی به صورت خلاصه AEI نامیده می‌شود برای پایش کلیه نگرانی‌های محیط‌زیستی در سیاست‌های عادی کشاورزی به کار می‌رود. در متون جدیدترین استراتژی‌های توسعه پایدار اروپا^(۱۲) این شاخص‌ها به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- اطلاعاتی را برای محیط‌های کشاورزی فراهم می‌کند.
 - ردیابی اثرات کشاورزی بر روی محیط‌زیست را بر عهده دارد.
 - ارزیابی اثرات سیاست‌های کشاورزی و محیط‌زیستی بر روی مدیریت محیط‌زیستی مزارع را بر عهده دارد.
 - کمک به تصمیم‌گیری برای اعمال سیاست‌های محیط‌زیستی و کشاورزی.
 - شرح روابط زراعی - محیط‌زیستی برای جامعه.
- هدف این رویکرد شرح اثرات محیط‌زیستی سیستم‌های کشاورزی بر اساس مجموعه‌ای از شاخص‌ها است. استفاده صرف از شاخص‌های زراعی - محیط‌زیستی به خودی خود به‌عنوان یک روش ارزیابی شناخته نمی‌شود. در حقیقت، پنج رویکردی که تاکنون معرفی شدند هر کدام با توجه به شاخص‌هایی که به کار می‌گیرند شناخته می‌شوند. مشخصه رویکرد AEI این است که چارچوب ذهنی برای تعریف و اقامه مجموعه‌ای از شاخص‌های زراعی - محیط‌زیستی فراهم می‌آورد. در رویکرد الیزا^(۱۳) در حدود ۱۰۰ شاخص بر اساس مفهوم فشار - وضعیت - پاسخ تعریف شده است. شاخص‌های فشار، اثرات مثبت یا منفی فعالیت‌های کشاورزی و محیط‌زیستی مرتبط با کاربری زمین و فعالیت‌های کشاورزی را مشخص می‌نمایند. شاخص‌های وضعیت شرایط اکولوژیکی بخش‌های مختلف محیط‌زیست که تحت تأثیر این فعالیت‌ها قرار گرفته‌اند را مشخص می‌نماید و در آخر

اطلاعات و اطمینان از عدم وجود اثری بالقوه به کار می‌روند. چک لیست‌ها نوعی روش آدھوک فرموله شده می‌باشند که محدوده‌های ویژه اثر، فهرست شده و برای شناسایی و ارزیابی اثر دستوراتی را می‌دهد. انواع چک‌لیست‌ها عبارتند از: ساده، توصیفی، سنجشی، سنجشی - وزنی.

- ماتریس‌ها: روش ماتریس برهم‌کنش‌های بین انواع فعالیت‌های پروژه و پارامترهای محیط‌زیستی و اجزاء آن را شناسایی می‌کند. در این روش‌ها فهرستی از فعالیت‌های پروژه با فهرستی از اجزاء محیط‌زیستی احتمالاً تحت تأثیر، باهم ادغام می‌شوند. با ترکیب این دو فهرست، ماتریسی از برهم‌کنش‌های بالقوه ایجاد می‌شود (در دو محور افقی و عمودی). انواع ماتریس‌ها شامل: لئوپولد، سه بعدی، ریاضی، گام به گام می‌باشد.

- روش متوالی طبقه‌بندی شده^(۱۰): زمانی که ارزیابی اولیه تکمیل شد، باید از روش‌های طبقه‌بندی شده و علمی در انجام EIA به صورت تفصیلی استفاده نمود. روش متوالی طبقه‌بندی شده ارزیابی یعنی تفکر علمی در مورد اثرات باقی گذاشته شده بر محیط‌زیست چه با پروژه چه بدون پروژه است. هدف SSA درک این مسئله است که چگونه سیستم‌های اقتصادی اجتماعی و محیط‌زیستی به هم ارتباط دارند و چگونه می‌توانند نسبت به آشفتگی ایجاد شده از سوی انسان‌ها واکنش نشان دهند.

- شبکه‌ها: تکامل مدل‌های مفهومی که اثرات بالقوه را همانند زنجیره علت و معلولی نشان دهد در بطن روش SSA قرار دارد. دیگرام‌های شبکه‌ای یکی از بهترین راه‌های نمایش این زنجیره‌های علت و معلولی هستند. نمودارهای شبکه‌ای ابزاری را برای نمایش اثرات اولیه، ثانویه و اثرات سطوح بالاتر فراهم می‌آورند. شبکه‌ها در درک و بررسی روابط بین اجزاء محیط‌زیستی که تغییرات رتبه بالاتر را ایجاد می‌کنند کارآمدتر هستند.

- روش کارگاه‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی: بوم‌شناسان روشی را برای EIA ابداع کرده‌اند که مدیریت و ارزیابی محیط‌زیستی سازگار AEAM نامیده می‌شود. AEAM با برگزاری کارگاه‌های بین رشته‌ای متشکل از دانشمندان و مدیران محیط‌زیست، مدل‌هایی را برای پیش‌بینی اثرات تهیه می‌نماید.

چندعاملی، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و شاخص‌های اکولوژی-زراعی که به اثرات بر تنوع‌زیستی، کیفیت آب و غیره می‌پردازند، استفاده شود. لازم به ذکر است که عوامل دیگر نظیر کاربران نیز بر نوع روش مورد استفاده در برآورد اثر محیط‌زیستی کشاورزی مؤثر است. در این رابطه دست‌اندرکاران بخش توسعه کشاورزی، روش‌های مرتبط با سیستم نظیر شاخص پایداری کشاورز را ترجیح می‌دهند در حالی که برنامه‌ریزان محیط‌زیست روش‌هایی نظیر مکان‌یابی خطر محیط‌زیستی را اثربخش‌تر برای کار خود می‌دانند.

یادداشت‌ها

1. Environmental risk mapping (ERM)
2. Eco- points (EP)
3. Life cycle assessment (agriculture)(LCA)
4. Photo-chemical oxidant creation potential
5. Sustainability of energy crops(SEC)
6. Multi-agent system (MAS)
7. The farmer sustainability index (FSI)
8. Environmental impact assessment (EIA)
9. Ad hoc
10. Systematic Sequential Approach(SSA)
11. Agro-environmental indicators (AEI)
12. Renewed EU Sustainable Development Strategy
13. Environmental indicators for sustainable agriculture (ELISA)
14. AGRO-ECO

شاخص‌های پاسخ می‌توانند پاسخ جامعه مورد نظر به شرایط محیطی را ارزیابی نمایند. روش‌هایی برای ترکیب و تعیین شاخص‌های ارزیابی معرفی شده‌اند که از جمله آنها می‌توان به روش اگرو-اکو^(۱۴) اشاره نمود (Payraudeau et al., 2005).

نتیجه‌گیری

بهار خاموش به‌عنوان یکی از اثرات محیط‌زیستی کشاورزی سبب نهضتی جهانی برای حفاظت از محیط‌زیست شد که از نتایج آن می‌توان به مشخص شدن علل زیربنایی این اثر به‌صورت سه نوع اثر مرتبط با مصرف نهاده، انتشار، و مرتبط با سیستم شد که در این مقاله مورد اشاره قرار گرفت. از دیگر نتایج این نهضت ابداع روش‌هایی برای برآورد اثرات ذکر شده بود که از آن جمله می‌توان به ارزیابی چرخه حیات، اکوپوینت، مکان‌یابی خطر محیط‌زیستی، رویکرد برنامه‌ریزی خطی، سیستم چند عاملی و غیره اشاره کرد که در این مقاله معرفی شد. نکته مهم و شایان ذکر در زمینه‌ها و نحوه استفاده از این روش‌های ابداعی است که بستگی زیادی به نوع بوم نظام و زمینه کاربرد دارد. در این رابطه برای مثال در مواردی که هدف ارزیابی اثرات محیط‌زیستی سیستم‌های فشرده وابسته به نهاده نظیر گلخانه‌ها و یا کشت‌های آبی می‌باشد استفاده از روش‌هایی نظیر ارزیابی چرخه حیات، پایداری انرژی محصولات و برنامه‌ریزی خطی ضروری است. همچنین در مواردی که بررسی اثرات محیط‌زیستی در سطح اگرواکوسیستم‌های متنوع و سطوح بالاتر نظیر آبخیز مطرح است باید از روش‌های، مکان‌یابی خطر، سیستم

فهرست منابع

- اسدی، ع.؛ ورمزیری، ح. ۱۳۸۹. ارزیابی پایداری نظام‌های کشاورزی، انتشارات راهبرد یاس، تهران، شماره ۲۱، ۲۸۸-۲۶۱ ص.
- نادری، غ. ۱۳۸۹. ارزیابی محیط‌زیست، انتشارات خانیان، تهران، ۲۴۰ ص.
- سلطانی، ا.؛ رجیبی، م. ح.؛ زینلی، ا.؛ سلطانی، ا. ۱۳۸۹. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید گیاهان زراعی با روش LCA: گندم در گرگان. مجله تولید گیاهان زراعی، جلد سوم، شماره سوم، ۲۱۸-۲۰۱ ص.

Andrea, G. & Busto, B. M. 2009. The life cycle of rice: LCA of alternative agri-food chain management systems in Vercelli (Italy). Journal of environmental management, Vol. 90, No.1, 1512- 1522.

Anil, A.C.; Venkat, K.; Sawant, S. S.; DileepKumar, M.; Dhargalkar, V. K., Ramaiah, N.; Harkantra, S. N. & Ansari, Z. A. 2002. Marine bioinvasion: Concern for ecology and shipping. Current Science Vol. 83, No. 3, 214-218.

- Annetts, J. E. & Audsley, E. 2002. Multiple Objective linear programming for environmental farm planning, *Journal of the Operational Research Society*, Vol.53, No.9, 933-943.
- Assimakopoulos, J. H.; Kalivas, D. P. & Kollias, V. J.; 2003. A GISbased fuzzy classification for mapping the agricultural soils for N-fertilizers use. *Science of the Total Environment*, Vol. 309, No. 1-3, 19-33.
- Azapagic, A. & Clift, R. 1998. Linear programming as a tool in life cycle assessment. *Intentional Journal of LCA*, Vol.3, No.6, 305 – 316.
- Campo, C.; Mendoza, G. A.; Guizol, T. & Bousquet, F. 2009. Exploring management strategies for community- based forests using multi-agent systems: A case study in Palawan, Philippines. *Journal of Environmental Management*, Vol. 90, No. 11, 3607-3615.
- Carson, R. 2002. *Silent Spring*. Mariner Books.
- Ding, G. K. C. 2005. Developing amulticriteria approach for the measurement of sustainable performance. *Journal of building Research and Information*, Vol. 33, NO. 1, 3-16.
- Ferber, J. 1999. *Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co.
- Gerbens- Leenes P. W.; Moll, H. C. & Schoot Uiterkamp A. J. M. 2003. Design and development of a measuring method for environmental sustainability in food production systems, *Ecological Economics*, Vol. 46, No. 2, 231-248.
- Gupta, A. K.; Suresh I. V. & Misra J. 2002. Environmental risk mapping approach: risk minimization tool for development of industrial growth centres in developing countries. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 10, No. 3, 271-281.
- Heathwaite, A. L. 2003. Making process-based knowledge useable at the operational level: a framework for modelling diffuse pollution from agricultural land. *Environmental Modelling and Software* Vol.18, No. 8-9, 753-760.
- Holder, J. 2004. *Environmental Assessment: The Regulation of Decision Making*, Oxford University Press: UK, pp.398.
- Li, H.; Mynett, A.; Penning, E.; Qi, H. 2010. Revealing spatial pattern dynamics in aquatic ecosystem modelling with Multi-Agent Systems in Lake Veluwe. *Ecological Informatics*, Vol. 5, No. 2. 97-107.
- Lima, P. T. 2001. Feasible Formations of Multi-Agent Systems. *Proceedings of the American Control Conference*, pp. 56-61. Arlington, VA June 25-27.
- Meadows, D. L. 1972. *The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome Project on the Predicament of Mankind*. Universe Books, New York. pp. 205.
- OECD (Organization of Economic Cooperation and Development).1994. *Environmental indicators*. OECD. core sets. OECD, Paris.
- Payraudeau, S.; Hayo, M.G. & Werf v. d. 2005. Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods, *Agriculture, Ecosystems and Environment* ,Vol. 107, No.1, 1-19.
- Punkari M.; Fuentes M.; White P.; Rajalahti R.; & Pehu E. 2007. *Social and Environmental Sustainability of Agriculture and Rural Development Investments: A Monitoring and Evaluation Toolkit*, Agriculture and Rural Development Discussion Paper 31. World Bank ARD. pp.192.
- Roy, P.; Nei, D.; Orikasa, T.; Xu, Q.; Okadome, H.; Nakamura, N. & Shiina, T. A. 2009. Review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Eng*, Vol. 90, No.1, 1-10.

Singh, R. K.; Murty, H. R.; Gupta, S. K. & Dikshit, A. K., 2009. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicator*, Vol. 9, No. 2, 189–212.

Van der Werf, H. M. G. & Petit, J. 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 93, No. 1-3, 131–145.