مجله علمی-پژوهشی

علوم کشاورزی

سال یازدهم، شماره (۴) ۱۳۸۴

مدل‌بندی پایداری در منابع آب با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

ولی بریم‌نژاد

دکتری اقتصادکشاورزی و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحدکرج

سید مهریار صدرالاشرافی

دکتری اقتصادکشاورزی و استاد دانشگاه تهران

چکیده

از شروع تفکرات اقتصادی و محیطی، پایداری به عنوان یک مفهوم طرح‌ریزی پدیدار گردید و به طور وسیع برای برنامه‌ریزی و توسعهٔ جوامع بکار رفت. در ادبیات تخصصی برنامه‌ریزی، مباحثات کاربردی پیرامون مفهوم جدید پایداری همچنان ادامه دارد. در دو دهه گذشته توجه فزاینده‌ای به مفهوم کشاورزی پایدار شده است. امروزه، مسألهٔ مهم این است که چگونه از پایداری به عنوان یک معیار کاربردی در مدیریت سیستمهای کشاورزی استفاده نماییم. این مقاله روش جدیدی را نشان می‌دهد که از معیار کمی پایداری در یک مدل بهینه‌یابی استفاده می‌کند. سپس این مدل را به صورت موردی برای شهرستان کرمان آزمون می‌نماید و در آخر شاخص‌هایی برای توسعهٔ پایدار محاسبه می‌کند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که با ادامه روند فعلی استفاده از آب در کشور و همچنین با ادامه شیوهٔ مدیریتی فعلی در امر آب در کشور در آینده‌ای نه چندان دور شاهد افزایش درصد نواحی تحت تنش آبی در کشور خواهیم بود.

واژه‌های کلیدی: توسعهٔ پایدار، منابع آب، برنامه‌ریزی کسری

مقدمه

توسعهٔ پایدار مفهوم جدیدی در سطح جهانی می‌باشد. اولین بار این مفهوم با مفهوم پایداری محیطی آغاز شد. در سال ۱۹۸۷ وقتی که گزارش «آیندهٔ مشترک ما» به وسیلهٔ کمیسون جهانی محیط و توسعه منتشر شد، توسعه پایدار توجه جهانیان را به خود معطوف نمود و به عنوان یک موضوع سیاسی مهم قلمداد گردید. برای اینکه یک توسعه، پایدار باشد، بایستی احتیاجات زمان حال

تاریخ دریافت مقاله ۸۳/۸/۲۶ تاریخ دریافت نسخه نهایی ۸۴/۴/۲۰

Archive of SID

www.SID.ir

را به دست بیاوریم. بدون اینکه توانائی آیندگان برای تولید احتیاجاتشان از بین برود. این عبارت تعریف واضحی از هدف غائی پایداری ارائه می‌دهد. اما در مورد اینکه توسعه پایدار چگونه باید باشد تعریف روشنی ارائه نمی‌کند. در هر تعریف از توسعهٔ پایدار بهتر این است که آن را به عنوان یک فرایند پویا در نظر بگیریم تا اینکه آن را انتهای یک نقطه فرض نمائیم. توسعهٔ پایدار نشان دهندهٔ یک ساختار قابل انعطاف می‌باشد که در واکنش به تغییر وضعیت‌ها و افزایش علم قابلیت تغییر دارد (Canadian International Development Agency, 1991). در این بین، مفهوم پایداری اقتصادی بر مبنای افق زمانی طولانی مدت‌تر استوار می‌باشد و شامل تمام عواملی است (مثل سیاستهای بخشی مناسب، مقیاس‌های اجتماعی برای توسعه منابع انسانی پایه، گسترش سیستم توزیع درآمد و دارائی‌ها و توسعهٔ بخش خصوصی) که باعث پیشرفت بلند مدت اقتصادی می‌گردند. پایداری اقتصادی را می‌توان به این صورت تعریف نمود: «انتخاب آن گزینه‌ای که بر اساس بهترین دانش اقتصادی موجود باعث رشد اقتصادی وسیع و پایه‌ای و توسعهٔ بلند مدت می‌گردد». رشد اقتصادی به تنهائی مناسب نمی‌باشد اما به عنوان وسیله‌ای برای پیشرفت زندگی انسانی ارزشمند است. بر این اساس پایداری اقتصادی را بایستی در متن سیاست‌های مقدم دیگر مثل پایداری سیاسی و اجتماعی، مناسبتهای فرهنگی و مدیریت صحیح منابع طبیعی جستجو نمود. بر این نکته نیز بایستی تأکید نمود که پایداری اقتصادی به طور اعم و تعدیل ساختاری به طور خاص چالشهای جهانی هستند که بیشتر کشورهای جهان با آن مواجه می‌باشند. (Canadian International Development Agency, 1991).

ضرورت اجرای مطالعه

آب برای زندگی و رفاه انسانها بسیار اساسی می‌باشد. جمعیت کرهٔ زمین به صورت فزاینده‌ای به آبیاری کشاورزی برای کسب غذا وابسته شده است. بنابراین دسترسی به آب در بعضی از نقاط دنیا عامل محدود کننده‌ای برای تولیدات کشاورزی می‌باشد. در کشور ما (ایران) به خاطر موقعیت خاص جغرافیایی و قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک، استفاده درست از آب به عنوان امری بسیار مهم تلقی می‌گردد که این امر، مدیریت پیشرفته منابع آب را برای امر توسعهٔ پایدار لازم و ضروری می‌نماید. در چند سال اخیر توجه به امر استفاده درست و پایدار از منابع موجود آب، مورد توجه سیاستگذاران آب کشور قرار گرفته است. در این راستا اهداف این تحقیق تعیین شاخصهای پایداری منابع آب در بخش کشاورزی و تعیین میزان مصرف بهینه آب از دید پایداری می‌باشند.

مروری بر مطالعات گذشته

در ادبیات تخصصی برنامه‌ریزی، مباحثات کاربردی پیرامون مفهوم جدید پایداری همچنان ادامه دارد. تعریف پایداری در پاسخ به افکار اولیهٔ اقتصادی رو به گسترش نهاد. به همان صورت بینش اقتصاددانان و برنامه‌ریزان بر روی این تکامل تأثیر گذار گردید و از این رو نیاز برای انتقال به یک دنیای پیشرفته نیز شناخته شد. در دهه ۱۹۷۰، اقتصاددانان عقیدهٔ نظری خود در مورد اقتصاد بسته‌ای که بایستی به محدودیتهای اکولوژیکی واکنش نشان دهد را مورد توجه قرار دادند. بیش از یک دهه بعد، افکار محیطی، بعضی از مشخصات ضروری یک اقتصاد و اجتماع پایدار را به صورت واضح و شفاف نشان دادند. در اواسط دهه ۱۹۹۰، خط فکری طرح‌ریزان امر پایداری به سمت مباحث اجتماعی سوق داده شد و به مرور دیدگاه محققین در این زمینه به یکدیگر مرتبط گردید. در این بین بیتلی، تعاریف پویایی در مورد پایداری آتی یک جامعه ارائه داد که این تعاریف با سه مبنای ساده آغاز می‌شود: «جوامع پایدار، جوامعی برابر نگر و منصف می‌باشند، تنشهای جوامع پایدار مفهوم همگانی دارد وجوامع پایدارکلیهٔ هزینه‌های اجتماعی و محیطی را در تصمیمات بخش عمومی و خصوصی مشارکت می‌دهند» (Beatley 1995b, Beatley 1997) در همان زمانی که برنامه‌ریزان و سایرین شروع به تبدیل این اخلاق اقتصادی به جملات انسانی و اکولوژیکی نمودند، پایداری شروع به تولد نمود و محققین بسیاری به بررسی ابعاد مختلف توسعهٔ پایدار در زمینه‌های گوناگون نمودند. در این میان بسیاری از محققین به جنبهٔ

Archive of SID

www.SID.ir

پایداری در بخش کشاورزی به طور عام و مبحث آب به طور خاص پرداختند. به عقیدهٔ کاچو (Cacho 1999) پایداری در مدیریت منابع طبیعی و سیستم‌های کشاورزی در طی دهه ۱۹۹۰ بیشتر مورد توجه قرار گرفت. بعضی از ابعاد این مسأله به صورت روز افزونی در ادبیات موضوع موردبحث قرارگرفت و شناخت اثر متقابل بین اهداف اقتصادی، بیولوژیکی و اجتماعی منجر به پذیرش طبیعت چند بُعدی این موضوع گردید. به عقیدهٔ کاچو، وقتی در حال مطالعه پایداری در کشاورزی هستیم، از دو جنبه نمی‌توان چشم پوشی نمود. (۱) هر معیار پایداری بایستی به همان اندازه که معیار بیولوژیکی را مورد توجه قرار می‌دهد به معیار اقتصادی نیز توجه نماید و (۲) بایستی طبیعت پویای سیستم‌های تولید و محیط (هم فیزیکی و هم اقتصادی) نیز در نظر گرفته شود. کای و همکاران (Cai et al 2001) معتقدند که مدیریت پایدار آب در آبیاری در تلاش است تا از عرضهٔ بلند مدت، پایدار و قابل انعطاف آب مطمئن گردد و در حالی‌که تقاضای آب برای مصارف صنعتی و شهری در حال افزایش است، به تقاضای محصول برای آب پاسخ داده شود و پیامدهای زیست محیطی نیز به حداقل برسد. برای رسیدن به این توازن مطلوب، به مدل‌های جدیدی احتیاج می‌باشد تا بتوان از شاخص‌های پایداری برای هدایت فرایند تصمیم‌گیری استفاده نماییم. در مطالعه‌ای دیگر، چاتورودی (Chaturvedi 2001) به بررسی وضعیت توسعهٔ پایدار منابع آب در هند پرداخت. وی سیاستی را برای مدیریت پایدار آب در هند ارائه نمود. این سیاست نشان داد که درآینده، بر خلاف سیاست‌های گذشته و حال، بایستی یک سیاست علمی را گسترش داد تا قادر باشد، چالشهای دشوار توسعهٔ پایدار منابع آب در هند را خنثی نماید.

شاخصهای پایداری در ایران و جهان

تلاش برای ایجاد یک شاخص پایداری محیطی، بیشتر بر روی مسائلی مانند مدیریت منابع طبیعی و مباحث کنترل آلودگی تمرکز یافته است. پایداری محیطی را می‌توان اندازه‌گیری نمود، اما چنین اندازه‌گیری نمی‌تواند به صورت کامل صورت گیرد. در این میان شاخصهای پایداری محیطی[1]، قدرت بالائی برای اندازه‌گیری این پدیده را دارند، زیرا قادرند پدیده‌های اجتماعی، ظرفیتها و مداخلات سیاسی را که تعیین کنندهٔ جریانات محیطی بلندمدت می‌باشند، محاسبه نمایند.

در پایه‌ای‌ترین سطح، پایداری محیطی را می‌توان به عنوان تابعی از ۵ پدیده درنظرگرفت:

۱. حالت[2] سیستمهای محیطی مانند هوا، خاک، اکو سیستم و آب
۲. تنشهای موجود در سیستمهای آنها به صورت سطوح آلودگی و میزان بهره برداری
۳. آسیب پذیری انسان به تغییرات محیطی به صُور عدم وجود منابع غذائی و یا واقع شدن در معرض بیماریهای مختلف
۴. ظرفیتهای اجتماعی و نهادی رو در رو با چالشهای محیطی
۵. توانائی برای پاسخ به تقاضاهای جهانی و همکاری در کوششهای گروهی برای حفظ منابع طبیعی بین‌المللی مانند اتمسفر

پایداری محیطی، براساس توانائی برای اجرای هر چه بهتر هر کدام از ۵ بُعد گفته شده بیان می‌شود. این ۵ بخش، تشکیل دهندهٔ هستهٔ اصلی پایداری محسوب می‌گردند. همچنین تصویر ایجاد شده توسط این اجزاء می‌تواند معیار سنجش مناسبی از کیفیت محیطی احتمالی کشورها از جمله ایران باشد (Yale Center for Environmental Law and Policy, 2002). جدول ۱ اجزاء پایداری محیطی را نشان می‌دهد.

1- Environmental Sustainability Index
2- State

Archive of SID

www.SID.ir

جدول(۱): اجزاء پایداری محیطی

جزء	منطق
سیستمهای محیطی	کشوری از نظرمحیطی پایدار است که: سیستمهای محیطی حیاتی خود را گسترش دهد و سلامت آنها را تضمین نماید.
کاهش استرسهای محیطی	کشوری از نظر محیطی پایدار است که: قادر باشد سطوح تنشهای ایجادشده توسط انسان را به اندازه‌ای کم نماید تا هیچ فعالیت مضری در سیستمهای محیطی آن کشور وجود نداشته باشد.
کاهش آسیب پذیری	کشوری از نظر محیطی پایدار است که: بتواند سیستمهای اجتماعی و مردمی را از آسیب پذیری مصون نماید (مثل تأمین احتیاجات ضروری از جمله غذا و بهداشت)
ظرفیتهای اجتماعی و نهادی	کشوری از نظر محیطی پایدار است که: قادر باشد نهادهایی متکی بر الگوهای مهارتی اجتماعی، نگرشهای مثبت و ترویج واکنشهای کارا در مقابل چالشهای محیطی را تقویت نماید.
همکاریهای جهانی	کشوری از نظر محیطی پایدار است که: بتواند با دیگر کشورها برای مواجهه با مسائل محیطی همکاری داشته باشد.

Yale Center for Environmental Law and Policy

اگرچه شاخصهای پایداری محیطی به میزان گسترده به درآمد سرانه وابسته می‌باشند، اما سطح توسعه را نمی‌توان به تنهایی بر اساس وضعیت محیطی محاسبه نمود. بعضی از شاخصها ارتباط قوی با درآمد سرانهٔ کشورها دارند. به علاوه در داخل هر دستهٔ درآمدی نیز نتایج شاخصهای کشورها بسیار متفاوت می‌باشد. پایداری محیطی یک پدیده نیست که به تنهائی براساس توسعهٔ اقتصادی پدیدار شده باشد. بلکه برای این کار لازم است که توجه خود را بر روی دولت، بخش خصوصی، اجتماع و تک تک افراد متمرکز نماییم. جدول۲ پنج جزء پایه‌ای شاخصهای پایداری محیطی را به تفکیک بر حسب شاخصهای هر جزء نشان می‌دهد. در این جدول شاخصهای مربوط به آب مشخص شده‌اند.

جدول (۲): شاخصهای قالب بندی شده پایداری محیطی

جزء	شاخص	متغیر
سیستمهای محیطی	کیفیت هوا	غلظت SO_2 شهری
		غلظت NO_2 شهری
		غلظت کل ذرات معلق شهری[1] (TSP)
	کمیت آب	آب سرانه قابل تجدید داخلی
		آب سرانه وارد شده از دیگر کشورها
	کیفیت آب	غلظت اکسیژن حل شده در آب
		غلظت فسفر
		ذرات معلق
		ضریب هدایت الکتریکی[2] (EC) آب
	تنوع زیستی	درصد پستانداران در معرض خطر
		درصد پرندگان در معرض خطر
تنشهای کاهش یافته	زمین	درصد زمینهایی که اثرات مخرب ایجاد شده توسط انسان بر روی آنها تأثیر زیادی گذاشته است
		درصد زمینهایی که اثرات مخرب ایجاد شده توسط انسان بر روی آنها تأثیر اندکی گذاشته است
	کاهش آلودگی هوا	میزان انتشار NO_x به ازای سرزمینهای دارای جمعیت
		میزان انتشار SO_2 به ازای سرزمینهای دارای جمعیت
		میزان انتشار ترکیبات آلی فرار[3] (VOCx) به ازای سرزمینهای دارای جمعیت
		مصرف زغال به ازای سرزمینهای دارای جمعیت

1- total suspended particulates
2- Electrical conductivity
3- volatile organic compounds

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۲

		خودرو به ازای سرزمینهای دارای جمعیت
		میزان مصرف کود در هکتار در زمینهای تحت کشت
	کاهش تنشهای آب	استفاده از آفت‌کشها در هکتار زمینهای زراعی
		آلوده کننده‌های شیمیایی صنعتی در واحد میزان آب تازه در دسترس
		درصد سرزمینهای تحت تنشهای شدید آبی می‌باشند
	کاهش تنشهای‌اکوسیستم	درصد تغییر در پوشش جنگلی در سالهای ۲۰۰۰-۱۹۹۰
		درصد شهرستانهایی که دچار اسیدیته مازاد شده‌اند
	کاهش فشارهای ضایعات مصرف	اثرات سرانه اکولوژیکی
		ضایعات رادیو اکتیویته
کاهش آسیب پذیری انسان	کاهش رشدجمعیت	نرخ باروری
		درصد تغییر جمعیت پیش‌بینی شده بین ۲۰۵۰-۲۰۰۱
	معاش پایدار انسان	نسبت افراد دارای سوء تغذیه به کل جمعیت
		درصد جمعیتی که به عرضه آب مطلوب دسترسی دارند
	بهداشت محیط	نرخ مرگ و میر کودکان، ناشی از بیماریهای تنفسی
		نرخ مرگ و میر، ناشی از بیمارهای عفونی روده‌ایی
		نرخ مرگ و میر زیر ۵ سال
ظرفیت اجتماعی نهادی	علم و تکنولوژی	ضریب دسترسی به تکنولوژی
		ضریب نوآوری تکنولوژی
		میانگین سالهای آموزش
	ظرفیت برای مباحثه و گفتگو	اعضای عضو اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی[1] (IUCN) به ازاء میلیون نفر جمعیت
		آزادی مدنی و سیاسی
		نهادهای دموکراتیک
	چگونگی اداره محیط	درصد متغیرهای شاخص‌های پایداری محیطی که به اطلاع عموم رسانده شود
		سؤالات تحقیق دیوان اقتصادی دنیا[2] (WEF) در مورد چگونگی اداره محیط
		درصد نواحی که تحت حفاظت محیطی قرار می‌گیرد
		تعداد دستورالعملهای بخش آژانس اطلاعاتی انرژی[3] (EIA) تعداد مناطق جنگلی که تحت حفاظت قرار گرفته‌اند به درصد کل نواحی جنگلی
		کنترل خرابی و آلودگی
	واکنش بخش خصوصی	انحرافات قیمتی (نسبت قیمت بنزین به متوسط بین‌المللی)
		سوبسید برای انرژی و مواد
		سوبسید به بخش ماهیگیری تجاری
		تعداد شرکتهای دریافت کننده ISO14001 در میلیون دلار تولید ناخالص داخلی[4] GDP
		تعداد اعضای عضو انجمن جهانی تجارت برای توسعه پایدار
		ابداعات محیطی بخش خصوصی
	کارایی اقتصادی	کارایی انرژی (کل انرژی مصرفی در واحد GDP)

1. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources
2. World Economic Forum
3. Energy Information Agency
4. Gross Domestic Product

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۲

مشارکتهای جهانی		تولید انرژی قابل تجدید به عنوان درصد کل انرژی مصرفی
		تعداد اعضاء سازمانهای بین دولتی
	مشارکت در کوششهای بین‌المللی	سطوح مشارکت در مورد کنفدراسیون وین و پروتکل مونترال
		سطوح مشارکت در اجلاس تغییرات محیطی
		مشارکت مالی همه جانبه پروتکل مونترال
		سهولت مشارکت محیطی جهانی
	انتشار گاز گلخانه‌ای	پذیرش توافقات محیطی
		انتشار سرانه CO_2
		کارایی اقتصادی کربن (انتشار CO2 به ازاء دلار GDP)
	کاهش فشارهای محیطی	مصرف کل دفعات سرانه کلرو فلوروکربن
		انتشار SO_2
		کل صید ماهی دریایی
		مصرف سرانه غذاهای دریایی

Yale Center for Environmental Law and Policy

جدول(۳): شاخصهای عددی محیطی و مقایسه متوسط جهانی با ایران

شاخص	واحد	متوسط جهانی	ایران
درصد زمینهایی که فعالیتهای انسانی روی آن اثر زیادی گذاشته است	درصد زمینها	۷/۲۶	۱/۱۰
میزان آلوده کننده‌های شیمیایی صنعتی به میزان آب در دسترس	میزان تن آلوده کننده به ازای هر کیلومتر مکعب آب	۱۱۸۶۱۴۱۴۵	-
تعداد خودرو به ازاء ناحیه دارای جمعیت	خودرو / کیلومتر مربع زمینهای دارای جمعیت	۱۹/۱۹	۱/۶۶
مصرف کلروفلوروکربن	پتانسیل کم کردن ازن در تن متریک	۸۷۷۰۹/۳۴	۴۸۰۲۲۸
کارایی اقتصادی کربن (CO_2) خارج شده به ازاء هر دلار GDP)	GDP دلار / تن متریک	۱/۵۲	۲/۳۶
کارایی اقتصادی کربن (CO_2) خارج شده سرانه	تن متریک کربن به ازاء هر شخص	۱/۱۵	۱/۲۰
مصرف زغال به ازاء نواحی دارای جمعیت	واحد میلیارد ژول [1] (BJU) / ناحیه دارای جمعیت	۱/۲	۰/۰۳
نرخ مرگ و میر ناشی از بیماریهای عفونی روده‌ای	میزان مرگ / ۱۰۰۰۰۰جمعیت	۱۴/۴۵	۱۵/۷
نرخ مرگ و میر کودکان از بیماریهای تنفسی	مرگ ومیر / جمعیت ۱۴-۰ سال ۱۰۰۰۰۰	۷۷	۳۶/۸۴
فضای محیطی سرانه	هکتار به ازاء هرشخص	۳/۱۱	۲/۴۷
تعداد افراد عضو سازمانهای دولتی محیطی	تعداد عضو	۱۲/۹۸	۱۱
کارایی انرژی (کل مصرف انرژی در واحدGDP	واحد میلیارد ژول (BJU) / میلیون دلار GDP	۹/۱۱	۱۳/۴۰
مشارکت در گردهماییهای سازمان ملل در مورد تغییرات آب و هوا	نمره از صفر کم تا ۲ زیاد	۱/۵۳	۱

1. Billion Joule Unit

Archive of SID

www.SID.ir

مصرف کود در هکتار زمینهای کشاورزی	صد گرم هکتار زمین کشاورزی	۱۴۳۷/۶۲	۷۴۳/۹۰
تغییر پوشش جنگلی ۲۰۰۰-۱۹۹۰، نرخ تغییرات سالانه (درصد)	درصد تغییر	-۰/۳	-
درصد جنگلهای حفاظت‌شده	جنگلهای حفاظت شده برحسب‌کل جنگلها	۱/۹۸	-
کل صید ماهی دریایی	تن متریک	۶۴۹۶۶۷/۰۱	۲۳۳۴۹۵
عرضه غذاهای دریایی سرانه	کیلوگرم به ازاء هر فرد در سال	۱۳/۱۹	۴/۵۰
نسبت اضافه قیمت بنزین به متوسط جهانی	نسبت اضافه قیمت بنزین به متوسط جهانی	۱/۰۱	۰/۰۸
غلظت اکسیژن محلول در آب	میلی‌گرم لیتر	۷/۷۳	۱۰/۵۷
EC آب	میکرو زیمنس بر سانتیمتر	۸۳۲/۸۹	۴۱۹/۶۴
غلظت فسفر	میلی‌گرم لیتر	۰/۳۶	۰/۳۵
ذرات معلق	میلی‌گرم log (لیتر)	۵/۰۵	۵/۹۲
درصد تغییر در جمعیت پیش بینی شده بین سالهای ۲۰۰۰تا ۲۰۵۰	درصد تغییر در جمعیت	۶۵/۸۲	۵۱/۵۲
معیار خرابی محیطی (بانک جهانی)	مقیاس استاندارد شده (نمره ۲)	-۰/۰۷	-۰/۸۵
ابداع و نوآوری	مقیاس عدد صحیح	۱۹/۸۵	-
تعداد شرکتهایی که دارای گواهی ISO 14001 هستند به میلیون GDP دلار	تعداد شرکتهایی که دارای گواهی ISO 14001 هستند / میلیون GDP دلار	۵/۳۶	۰/۳۹
غلظت NO_2 شهری	میکرو گرم متر مکعب	۵۶/۴	۳۳/۳
انتشار NOx در سرزمینهای دارای جمعیت	۱۰۰۰ تن متریک کیلومتر مربع زمینهای دارای جمعیت	۰/۵۲	۰/۱۲
تولید ضایعات هسته‌ای	معیار استاندارد شده	۰/۰۳	-۰/۳۳
استفاده از آفت‌کش	کیلوگرم در هکتار	۳۰۸۸/۱۹	۱۸۸۱
درصد نواحی حفاظت شده	درصد زمینها	۸/۳۷	۵/۰۴
تولید منابع تجدید پذیر به عنوان درصد کل مصرف انرژی	تولید منابع تجدید پذیر به عنوان درصد کل مصرف انرژی	۲۱/۲۲	۱/۵۴
میانگین سالهای تحصیل (۱۵ سال و بالاتر)	سال	۵/۹۳	۵/۳۰
غلظت SO_2 شهری	میکروگرم بر متر مربع	۵۰/۵۷	۲۰۹
شاخص کسب تکنولوژی	امتیاز	۰/۳۷	۰/۲۶
کل نرخ باروری	متوسط تعداد تولد به ازاء هر زن	۳/۴۲	۲/۶۰
نرخ مرگ و میر زیر ۵ سال	مرگ و میر ۱۰۰۰ تولد زنده	۷۰/۰۴	۴۶
نسبت افراد دچار سوء تغذیه به کل جمعیت	درصد کل جمعیت	۱۶/۵	۵
سرانه آب در دسترس	هزار متر مکعب به ازاء هر فرد	۱۴	۰/۶۳
دسترسی سرانه به آب درون ریز	هزار متر مکعب به ازاء هر فرد	۱۱/۵۳	۰/۴۲
درصد سرزمینهای تحت تنش شدید آب	درصد زمینهای موجود	۲۵/۴۹	۸۷/۵۰
درصد جمعیت با دستیابی به آب تمیز	درصد جمعیت	۷۷/۵۲	۹۵/۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

روش تحقیق و مواد

برای مدل‌بندی پایداری در مدیریت منابع آب، در ابتدا لازم است که ارتباط بین استفادهٔ از آب و پیامدهای آن را تعریف نماییم و میزان آب موجود و تقاضا برای آن را بین احتیاجات حال و آینده ترکیب نماییم. کارایی استفاده از آب در سطح مزرعه معمولاً پایین می تواند به علت قیمتهای نسبی نهاده‌ها و ستاده‌ها باشد که باعث می‌گردد کشاورزان هزینه‌های مربوط به مدیریت منابع آب را حداقل نمایند. دلیل دیگری که این موضوع می‌تواند داشته باشد، شاید به این علت است که کشاورزان به خاطر قیود زمانی و دسترسی آب و دیگر نهاده‌های کلیدی از به دست آوردن یک سطح مطلوب از کارایی آب ناتوان می‌باشند. بر همین اساس و بر پایهٔ مطالعات انجام گرفته توسط محققین، برنامه‌ریزی ریاضی ابزاری مناسب برای مطالعه و تحلیل سیستمهای کشاورزی می‌باشد. نکته‌ای‌که در مطالعات مربوط به مدل‌بندی ریاضی وجود دارد. در ایجاد یک ارتباط ضروری بین دو خاصیت مدل یعنی سادگی و واقعیت می‌باشد. با وجود سادگی این مدلها، دانستن دو نکته یعنی لحاظ کردن خصوصیات غیر خطی و نا مطمئن ریسکی در مدلها و لحاظ کردن تصمیمات پیچیده و همچنین محاسبه افزایش تعداد معیارهای تصمیم ضروری می‌باشد. این خصوصیت را می‌توان در مدلهای برنامه‌ریزی مثل برنامه‌ریزی کسری[1] تنها از طریق فرمهای تابعی و پیچیده (غیر خطی) و یک افزایش در تعداد توابع هدف نشان داد (Lara, and Stancu-Minasian, 1999). برنامه‌ریزی کسری عمومی‌ترین روش در برنامه‌ریزی ریاضی و ادبیات تحقیق در عملیات[2] می‌باشد. این برنامه‌ریزی شامل مدلهایی است که اهداف آنها خارج قسمت دو تابع می‌باشند. سناریوهایی که می‌توان تکنیک برنامه‌ریزی خطی و تکنیکهای تصمیم‌گیری چندمعیاری[3] (MCDM) مانند برنامه‌ریزی هدف چندگانه[4] (MOP) و برنامه‌ریزی هدف در مورد آنها با موفقیت استفاده می‌شوند. این سناریوها بیشتر مربوط به مباحث طرح‌ریزی کشاورزی – اکوسیستم و مدیریت منابع می‌باشد.

برنامه‌ریزی کسری دارای یک پایه ریاضی به نام تحلیل فراگیر داده‌ها[5] (DEA) می‌باشد. DEA یک ابزار شناخته شده برای مطالعه کارایی واحدهای تصمیم‌گیری چندگانه می‌باشد به این صورت که با استفاده از یک مقیاس به نام حداکثر نمودن نسبت محصولات وزنی به نهاده‌های وزنی مشروط به قیدی که شبیه نسبتهای هر واحد تصمیم‌گیری می‌باشد و کمتر یا برابر با واحد است این مدل را حل می‌نماید. به هر حال استفاده از این روش در اقتصاد کشاورزی بر خلاف مقیاسهای دیگر کارایی بسیار کم می‌باشد. مسأله اصلی ما در این مطالعه این است که چگونه از پایداری به عنوان یک معیار عملیاتی در مدیریت سیستمهای کشاورزی استفاده نماییم که در این زمینه بایستی به سه نکته توجه نمود:

۱. ابتدا بایستی سیستم به طور کامل مشخص گردد و اجزاء و مرزهای آن کاملاً تعریف شوند.
۲. سیستمها بایستی معیارهای اجتماعی را به صورت کامل لحاظ نمایند و
۳. ارزیابی قطعی از پایداری را تنها می‌توان بعد از واقعیت انجام داد. مثلاً بایستی مدت زمانی سپری گردد تا به صحت و سقم پیش‌بینی خود آگاه گردیم.

این سه نکته ناشی از مسائلی است که تشخیص مفهومی آنها خارج از بحث ما می‌باشد. اما به منظور رسیدن به هدف خود بایستی به بعضی از این مباحث پرداخت. به نظر

می‌رسد که نکته اول در سیستمهای کشاورزی تعریف شده، در سطح مزرعه و یا حتی سطوح محلی اهمیت کمتری دارد. بیشتر مشکل ما در ارتباط با نقطه دوم یعنی اتصال فعالیتهای مدیریتی جاری با متغیر اجتماعی مربوطه می‌باشد. این نکته مخصوصاً به خاطر جدایی سیستمهای کشاورزی و اجتماعی - اقتصادی است. نتیجهٔ منطقی نکتهٔ سوم این است که اگر ما پایداری را بخواهیم،

1. Fractional Programming
2. Operational Research
3. Multiple Criteria decision Making
4. Multiple Objective Programming
5. Data Envelopment Analysis

Archive of SID

www.SID.ir

بایستی مقادیر پیش‌بینی کننده‌ای داشته باشیم که دارای خصوصیات تصادفی و استوکاستیک باشد تا بتوانیم پایداری را بر یک مبنای احتمالی پیش‌بینی‌کنیم. اگرچه توجه به این نکات یک ضرورت می‌باشد، اما دانشمندان در مطالعه پایداری سیستمهای کشاورزی سعی دارند که بر روی یک هدف پایداری کار کنند. به عنوان مثال هانسن (Hansen 1996) عقیده دارد که پایداری بایستی یک مقدار پیوسته باشد که به وسیله یک مقیاس مشخص که دارای یک محدوده معین ممکن باشد مشخص گردد. این مقیاس منحصر به فرد به ما اجازه می‌دهد که بتوانیم فعالیتهای متفاوت را برای به دست آوردن یک اصل عمومی با یکدیگر مقایسه نماییم اما به نظر می‌رسد که داشتن یک مقیاس منحصر به فرد از پایداری یک مشکل لاینحل باشد. برای ترکیب چند مقیاس در داخل یک مقیاس لازم است که بر مبنای اهمیت نسبی هر کدام از آنها به هر یک وزن بدهیم که این امر نیز مشکل را دو چندان می‌نماید.

بدون شک یکی از مفیدترین بخشهای پایداری این است که بر روی مفهوم این عبارت بیشتر فکر شود: «سؤال ما حداکثر نکردن است یا حداکثر نمودن محصول و حداقل کردن نهاده‌ها» متداول‌ترین استراتژی برای پایداری نه تنها کاهش یا حذف استفاده از فرایندهای شیمیایی مخصوصاً کودها و حشره‌کشهاست بلکه این امر برای جلوگیری از کاهش منابع خاک و آب نیز می‌باشد.

به عقیدهٔ لال (Lal 1991)، «هدف پایداری می‌تواند حداکثر کردن تولید در واحد فرسایش خاک، در واحد میکروژول انرژی، در واحد تغییر در تمرکز نیترات در آبهای زیر زمینی، در واحد کاهش محتویات کربن آلی خاک یا در واحد رادیواکتیویته گازهای فعال در خاک باشد». یکی دیگر از روشهای پایداری حداقل نمودن تغییرات در ذخیره منابع در واحد ستاده می‌باشد. به این معنی که حداکثر محصول را با استفاده از میزان معینی نهاده به دست آوریم و یا با استفاده از یک سطح حداقل نهاده در پی کسب حداکثر محصول باشیم در این حالت یکی از ابزارهای محاسبه پایداری و مقیاس آن مشخص گردید. در این زمینه می‌توان چنین گفت «برای محاسبه پایداری بایستی یک فعالیت کارا انتخاب نماییم اگر فعالیت دیگری نداشته باشیم که حداقل همان سطح مطلوب محصول را بدون بدتر شدن سطح شاخص‌ها برای ما فراهم آورد».

نحوهٔ جمع آوری اطلاعات

در این مطالعه تلاش‌گردید تا اطلاعات مفیدی از سیستمهای فنی و اقتصادی مزارع مورد نظر کسب شود. داده‌های مورد نیاز از منابع دولتی (محلی و ملی) مانند سازمان جهاد کشاورزی، سازمان آب منطقه‌ای و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمان، وزارت جهاد کشاورزی و مصاحبه با کارشناسان مدیریت و مرکز تحقیقات آب و خاک و مدیریت زراعت استان کرمان به دست آمد.

نتایج و بحث

استان کرمان با مساحتی حدود ۱۷۵۶۹ کیلومتر مربع بین ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است.علیرغم تنوع اقلیمی، از نظر منابع آب و میزان بارندگی جزو مناطق فقیر کشور محسوب می‌شود و منابع عمده تأمین آب در منطقه از عهد کهن تا به امروز آبهای زیر زمینی بوده و می‌باشد.

مدل‌بندی برنامه‌ریزی کسری برای محاسبهٔ شاخصهای پایداری

برای رسیدن به پایداری در صدد هستیم که نسبت درآمد ناخالص به استفاده از آب را حداکثر نماییم. در کنار این موضوع به منظور حفظ سطح اشتغال منطقه و جلوگیری از بیکاری افراد، هدف دیگر خود را در کنار هدف قبل به صورت حداکثر نمودن نسبت سطح اشتغال به استفاده از آب تعریف می‌نماییم. به این منظور ابتدا ماتریس ضرایب فنی در شهرستان کرمان را تشکیل داده و سپس

Archive of SID

www.SID.ir

مدل را با استفاده از روش نیکوفسکی - زولکیفسکی (Nykowski and Zolkiewski 1985) حل می‌کنیم.
مسألهٔ ارائه شده در جدول ۴ یک مسألهٔ برنامه‌ریزی خطی چند هدفی (MOLP) است که منطبق بر مسألهٔ برنامه‌ریزی کسری خطی چند هدفه (MLFP) می‌باشد (حداقل کردن استفاده از آب معادل حداکثر نمودن منهای استفاده از آب می‌باشد). ما قادریم که این مسأله را با استفاده از نرم‌افزارهای مخصوص حل برنامه‌ریزی ریاضی مانند QSB تحت ویندوز برآورد نماییم. نتایج حاصل از حل مسألهٔ برنامه‌ریزی کسری برای شهرستان کرمان درجه اول ۵ تا ۹ آمده است.

جدول (۴): ماتریس ضرایب فنی برای شهرستان کرمان

معیارها و محدودیتها	فعالیتها				
	گندم	سیب‌زمینی	ذرت		
درآمد ناخالص(۱۰ریال)	۲۱۶۷۶۸	۱۰۸۰۰۰۰	۳۷۲۸۶۲	max	
اشتغال (ساعت)	۲۹۲/۵	۸۶۱/۲۸	۱۶۶/۱۶	max	
آب استفاده شده (m^3)	۷۳۴۰	۸۸۶۰	۸۲۲۰	min	
زمین (هکتار)	۱	۱	۱	≥	۲۰۰۰۰
کود (کیلوگرم)	۲۶۲	۵۹۰	۴۵۳	≥	۵۰۰۰۰۰۰
ماشین‌آلات (ساعت)	۷	۳	۸	≥	۷۱۱۲۰
تناوب	-۱	۱	۱	≥	۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

$$eff\left\{\frac{216768x_1+1080000x_2+372862x_3}{7340x_1+8860x_2+8220x_3},\frac{292.5x_1+861.28x_2+166.16x_3}{7340x_1+8860x_2+8220x_3}\right\}$$

$$s.t:$$
$$x_1+x_2+x_3\le 20000$$
$$262x_1+590x_2+453x_3\le 5000000$$
$$7x_1+3x_2+8x_3\le 71120$$
$$-x_1+x_2+x_3\le 0$$

جدول (۵): نتایج حاصل از حل مسألهٔ برنامه‌ریزی کسری برای شهرستان کرمان

	سطح هدف	متغیر تصمیم	مقدار جواب	سود(j)c	سهم کل	هزینه کاهش یافته	حداقل مجاز C(j)	حداکثر مجاز C(j)
۱	G1	گندم	۵۸۶۸/۵۴	۲۱۶۷۶۸	۱۲۷۲۱۱۲۶۴۰	۰	-۱۰۸۰۰۰۰	۴۷۹۵۹۳/۲۲
۲	G1	سیب‌زمینی	۵۸۶۸/۵۴	۱۰۸۰۰۰۰	۶۳۳۸۰۲۸۰۳۲	۰	۴۸۸۱۴۱/۶۹	M
۳	G1	ذرت	۰	۳۷۲۸۶۲	۰	-۴۹۸۶۲۰/۱۶	-M	۸۷۱۴۸۲/۱۳
۴	G2	گندم	۵۸۶۸/۵۴	۲۹۲/۵	۱۷۱۶۵۴۹/۲۵	۰	-M	M
۵	G2	سیب‌زمینی	۵۸۶۸/۵۴	۸۶۱/۲۸	۵۰۵۴۴۶۰	۰	-M	M
	G2	ذرت	۰	۱۶۶/۱۶	۰	-۵۰۹/۵۹	-M	M
۶								
۷	G3	گندم	۵۸۶۸/۵۴	-۷۳۴۰	-۴۳۰۷۵۱۱۶	۰	-M	M
۸	G3	سیب‌زمینی	۵۸۶۸/۵۴	-۸۸۵۰	--۵۱۹۹۵۳۰۴	۰	-M	M
۹	G3	ذرت	۰	-۸۲۲۰	۰	-۱۹۶۴/۹۳	-M	M

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

جدول(۶): ارزش تابع هدف در شهرستان کرمان

G1	حداکثر ارزش تابع هدف	۷۶۱۰۱۴۰۶۷۲
G2	حداکثر ارزش تابع هدف	۶۷۱۱۰۰۹/۵
G3	حداقل ارزش تابع هدف	۹۵۰۷۰۴۱۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول(۷): قیمت سایه‌ای توابع هدف در شهرستان کرمان

سمت چپ	جهت	سمت راست	کمبود یا مازاد	حداقل مجاز سمت راست	حداکثر مجاز سمت راست	قیمت سایه‌ای هدف ۱	قیمت سایه‌ای هدف ۲	قیمت سایه‌ای هدف ۳
۱۱۷۳۷	≤	۲۰۰۰۰	۸۲۶۲/۹۱	۱۱۷۳۷/۰۹	M	۰	۰	۰
۵۰۰۰۰۰۰	≤	۵۰۰۰۰۰۰	۰	۰	۶۰۵۹۴۲۴	۱۵۲۲/۰۳	۱/۳۵	-۱۹/۰۱
۵۸۶۸۵	≤	۷۱۱۲۰	۱۲۴۳۴	۵۸۶۸۵/۴۵	M	۰	۰	۰
۰	≤	۰	۰	-۳۱۶۸/۱۳	۸۴۷۴/۵۸	۱۸۲۰۰۳/۳۸	۶۲/۳	۲۳۵۸/۳۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول(۸): تحلیل حساسیت ضرایب تابع هدف برای شهرستان کرمان

	متغیر تصمیم	سطح هدف	هزینه کاهش یافته	واحد هزینه یا سود(c(j	حداقل مجاز C(j)	حداکثر مجاز C(j)
۱	گندم	G1	۰	۲۱۶۷۶۸	-۱۰۸۰۰۰۰	۴۷۹۵۹۳/۲۲
۲	سیب‌زمینی	G1	۰	۱۰۸۰۰۰۰	۴۸۸۱۴۱/۶۹	M
۳	ذرت	G1	-۴۹۸۶۲۰/۱۶	۳۷۲۸۶۲	-M	۸۷۱۴۸۲/۱۳
۴	گندم	G2	۰	۲۹۲/۵	-M	M
۵	سیب‌زمینی	G2	۰	۸۶۱/۲۸	-M	M
۶	ذرت	G2	-۵۰۹/۵۹	۱۶۶/۱۶	-M	M
۷	گندم	G3	۰	-۷۳۴۰	-M	M
۸	سیب‌زمینی	G3	۰	-۸۸۶۰	-M	M
۹	ذرت	G3	-۱۹۶۴/۹۳	-۸۲۲۰	-M	M

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول(۹): محاسبهٔ شاخص پایداری آب برای شهرستان کرمان

گندم	سیب‌زمینی	ذرت	درآمد ناخالص (۱۰ ریال)	اشتغال(ساعت)	استفاده از آب (m^3)	درآمد ناخالص / استفاده از آب	اشتغال / استفاده از آب
۵۸۶۸/۵۴	۵۸۶۸/۵۴	۰	۷۶۱۰۱۴۰۶۷۲	۶۷۷۱۰۰۹/۵۰	-۹۵۰۷۰۴۱۶	۸۰	۰/۰۷۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج و بحث

شناخت شاخصهای پایداری و استفاده از آنها به تصمیم‌گیران کمک می‌نماید تا در فرایند برنامه‌ریزی واقع بینانه تر عمل نمایند. شاخصهای پایداری محیطی (ESI) قدرت بالائی برای اندازه‌گیری این شاخصها را دارا می‌باشند، زیرا قادرند پدیده‌های اجتماعی، ظرفیتها، مداخلات سیاسی و ... که تعیین کنندهٔ جریانات محیطی بلند مدت می‌باشند را محاسبه نمایند. بر اساس تعریف اجزاء

Archive of SID

www.SID.ir

پایداری محیطی در جدول (۱)، شاخصهای پایداری منابع آب را می‌توان به شکل زیر تقسیم بندی نمود.

- ✓ شاخصهای کیفیت آب (غلظت فسفر آب، غلظت اکسیژن حل شده در آب، ذرات معلق آب،EC آب)
- ✓ شاخصهای کمیت آب (آب سرانه قابل تجدید داخلی، آب سرانه وارد شده از دیگر کشورها)،
- ✓ شاخصهای تنش آبی (میزان مصرف کود در هکتار در زمینهای تحت کشت، استفاده از آفت‌کشها در هکتار زمینهای زراعی، آلوده کننده‌های شیمیایی صنعتی در واحد میزان آب تازه در دسترس، درصد سرزمینهای تحت تنشهای شدید آبی) و
- ✓ شاخص معاش پایدار انسان (درصد جمعیتی که به عرضه آب مطلوب دسترسی دارند)

بر طبق یافته‌های جدول (۳)، کشور ایران از نظر شاخصهای غلظت فسفر آب، غلظت اکسیژن محلول در آب ذرات معلق و ظرفیت هدایت الکتریکی آب نزدیک به سطح متوسط جهانی می‌باشد و حتی در بعضی از شاخصها مانند اکسیژن محلول در آب و یا ظرفیت هدایت الکتریکی نسبت به سطح متوسط جهانی بهتر نیز می‌باشد. به طور خلاصه ایران از نظر شاخصهای کیفی آب در سطح نسبتاً مطلوبی قرار دارد. حال آنکه بیشترین مشکل برای این کشور در شاخصهای کمی استفاده از آب است. به طوری که در بسیاری از شاخصهای کمی در سطح بسیار پایین‌تری نسبت به سطح متوسط جهانی قرار دارد. بر اساس یافته‌های جدول (۳)، مقدار شاخص سرانه آب در دسترس برای ایران ۰/۶۳ هزار متر مکعب به ازای هر فرد می‌باشد در حالیکه متوسط جهانی این شاخص ۱۴ هزار متر مکعب به ازای هر فرد است. شاخص دیگر یعنی میزان آب وارد شده به کشور برای ایران رقم نازل ۰/۴۲ هزار متر مکعب به ازای هر فرد است در حالیکه متوسط جهانی این شاخص تقریباً ۲۵ هزار متر مکعب برای هر فرد می‌باشد. نکته مهم دیگر که در مباحث قبلی نیز به آن اشاره نمودیم، درصد زمینهای تحت تنش آبی در کشور می‌باشد که در کشور ما حدود ۸۷ درصد از مناطق کشور تحت تنش آبی می‌باشند در حالیکه متوسط جهانی این شاخص تقریباً ۲۵ درصد می‌باشد. طبیعی است که با ادامه روند فعلی استفاده از آب در کشور و همچنین با ادامه شیوهٔ مدیریتی فعلی در امر آب در کشور در آینده‌ای نه چندان دور شاهد افزایش درصد نواحی تحت تنش آبی در کشور خواهیم بود.

همچنین در این مطالعه سعی گردید که با استفاده از برنامه‌ریزی کسری دو شاخص برای پایداری منابع آب در شهرستان کرمان به دست آید. برای رسیدن به پایداری در صدد برآمدیم که نسبت درآمد ناخالص به استفاده از آب را حداکثر نماییم. در کنار این موضوع به منظورحفظ سطح اشتغال منطقه و جلوگیری از بیکاری افراد هدف دیگر خود را در کنار هدف قبل به صورت حداکثر نمودن نسبت سطح اشتغال به استفاده از آب تعریف نمودیم. به این منظور ابتدا ماتریس ضرایب فنی در شهرستان کرمان را تشکیل دادیم و سپس مدل را با استفاده از روش نیکوفسکی - زولکیفسکی حل نمودیم. نتایج حاصل از حل مدل در جداول (۵) تا (۹) نشان داده شده است.

به پیروی از کار لارا و استانکو - میناسیان (Lara and Stancu-Minasian 1999) ما نیز از دو شاخص نسبت درآمد ناخالص به استفاده از آب و نسبت اشتغال به استفاده از آب برای محاسبهٔ پایداری استفاده نمودیم و مسألهٔ خود را در جهت رسیدن به این دو هدف فرموله کردیم که با حل آن شاخصهای فوق‌الذکر به دست آمد. مقدار عددی این شاخصها در جدول (۹) آورده شده است.

در شهرستان کرمان با الگوی کشت ۵۸۶۸/۵۴ هکتار گندم و ۵۸۶۸/۵۴ هکتار سیب زمینی شاخص نسبت درآمد ناخالص به استفاده از آب برابر با ۸۰ و شاخص‌نسبت اشتغال به استفاده از آب برابر۰/۰۷۱ محاسبه‌گردید. همانطور که از این نسبتها مشخص است با افزایش این نسبتها در جهت پایداری سیستم کشاورزی حرکت می‌نماییم. زیرا از یک طرف مقادیر درآمد ناخالص و اشتغال را حداکثر نموده‌ایم و از طرف دیگر مقدار استفاده از آب را به حداقل رسانده‌ایم.

Archive of SID

www.SID.ir

پیشنهادات

در این راستا می‌توان توصیه‌های زیر را ارائه نمود:

- برنامه‌ریزان سیاستی را تدوین نمایند که بر مبنای آن در مناطق کم آب اصل برنامهٔ خود را بر هر چه کمتر مصرف شدن آب و توجه به مزیتهای نسبی هر محصول قرار دهند.
- با توجه به اینکه برای حرکت به سمت پایداری بایستی در زمانها و موقعیتهای مختلف پایداری را آزمون نمود، سیستمی تعبیه گردد که بتوان این شاخص‌ها را در موقعیتهای گوناگون اندازه‌گیری نمود که این امر در مورد بحث آبیاری در کشاورزی بسیار ضروری می‌باشد.
- اطلاعات به دست آمده از شاخص‌ها را نبایستی برای مقایسه‌های بین مزارع و بین سیستم‌های مختلف به کار ببریم اما ترجیحاً معیاری است که هر کشاورز و طرح آبیاری می‌تواند از آنها در چرخهٔ «طرح – اجرا- بررسی - عمل» برای بهبود مدیریت پایدار استفاده نماید.
- اطلاعات بایستی از محدودهٔ وسیعی از مزارع جمع آوری گردد تا محدودهٔ برآوردهای آماری هر شاخص قابل اعتماد گردد و این اطلاعات در اختیار کشاورزان باشد تا برای بهبود شیوه‌های آبیاری منطقه از آن استفاده گردد.

منابع و مآخذ:

۱- وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۱، پرسشنامه هزینه تولید محصولات کشاورزی، اداره کل آمار و اطلاعات.

2- Beatley, T. 1995b, Planning and Sustainability: The Elements of a New (Improved) Paradigm. Journal of Planning Literature, 9(4): 383-95.

3- Beatley, T. 1997, The Ecology of Place. Island Press.

4- Cacho, O. J. 1999, Dynamic models, externalities and sustainability in agriculture, Graduate School of Agricultural and Resource Economics, University of New England , 10 pages .Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, pp. 297-313.

5- Cai, X. McKinney, D. and Lasdon, L.S. 2001, A Framework for Sustainability Analysis in Water Resources Managementand Application to the Syr Darya Basin, University of Texas at Austin,

6- Canadian International Development Agency, 1991, Sustainable development framework. http://www.sdnp.org.gy/undp-docs/odag/II_cida.html

7- Chaturvedi, M.C. 2001, Sustainable development of India's waters: some policy issues, Water Policy. 3: 297–320

8- Hansen, J.W. 1996, Is agricultural sustainability an useful concept?, Agricultural Systems. 50(2): 117-143.

9- Lal, R., 1991, Soil structure and sustainability. Journal of Sustainable Agriculture 1: 67-92

10-Lara, P. and Stancu-Minasian, I. 1999, Fractional programming: A tool for the assessment of sustainability, Agricultural Systems, 69: 131-141.

11-Nykowski, I., Zolkiewski, Z., 1985, A compromise procedure for the multiple objective linear fractional programming problem. European Journal of Operational Research. 19: 91-97

12-World Commission on Environment and Development, 1987, Our Common Future. Oxford: Oxford University Press.

13-Yale Center for Environmental Law and Policy, 2002 , Environmental Sustainability Index.

Archive of SID

www.SID.ir

JOURNAL OF
AGRICULTURAL
SCIENCES
Islamic Azad University

Sustainability Modeling in Water Resource Using Multiple Criteria Decision Making

V. Borimnejad
Ph.d Agricultural Economics, Assistant Professor, Islamic Azad University, Karaj Branch
S. M. Sadrolashrafi
Ph.d Agricultural Economics, Professor University of Tehran

Abstract
In the last two decades there has been an increasing interest in the concept of agricultural sustainability. Philosophical, theoretical and practical aspects, primarily the environmental concern, have been extensively developed in agronomic and economic forums. The important concern now is how to use sustainability as an operational criterion in the management of agricultural systems. This paper presents a new modeling framework which uses quantified sustainability criteria in an optimization model. Fractional programming is presented as a tool for studying the sustainability of agricultural systems. The essentials of the technique in both the single and the multi-objective cases are outlined.

Keywords: Sustainable development, Water resource, Fractional programming

Archive of SID

www.SID.ir