اقتصاد کشاورزی/ جلد ۳/ شماره‌ی ۳/ صفحه‌های ۱۶۰-۱۴۳

محاسبه‌ی شاخص‌های پایداری آب کشاورزی توسط مدل برنامه‌ریزی کسری (مطالعه‌ی موردی شهرستان مرودشت)

سید نعمت‌اله موسوی و فریبا قرقانی*

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۱/۱۸

چکیده

بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده‌ی آب (۹۵٪-۹۰) است، بنابراین استفاده‌ی پایدار از منابع آبی محدود در این بخش اهمیت بالایی دارد. با کمی کردن پایداری آب کشاورزی بر اساس نظریه‌های اقتصادی می‌توان از پایداری به عنوان شاخصی در مدیریت نظام‌های کشاورزی استفاده کرد. روش به کار رفته در مورد مسایل مربوط به پایداری سیستم‌های کشاورزی، برنامه‌ریزی غیرخطی با مدل برنامه‌ریزی کسری چند هدفی است که شاخص‌های مختلف را با فرض وزن‌های مساوی، مقایسه و بررسی می‌کند. به دلیل اهمیت میزان آب مصرفی کشاورزی، شاخص‌های پایداری نسبت درآمد ناخالص به استفاده از آب (۳/۰۶ و ۰/۵۳) و نسبت اشتغال به استفاده از آب (۰/۲۶۵ و ۰/۰۷۲) در دو سناریو در سال زراعی (۸۶- ۱۳۸۵) شهرستان مرودشت به دست آمد. کاهش آب مصرفی محصولات از طریق فن‌آوری‌های جدید آبیاری و افزایش راندمان آبیاری در واحد سطح برای افزایش این شاخص‌ها، نشان‌دهنده‌ی حرکت در جهت پایداری آب کشاورزی است.

طبقه‌بندی JEL : Q25، Q01، C33، C61، R32

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی چندهدفه، برنامه‌ریزی کسری، پایداری آب کشاورزی

* استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت
E-mail: mousavi_sn@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

پایداری شامل جنبه‌های اجتماعی- اقتصادی، زیستی و بوم‌شناسی است. از زمان شروع تفکرهای اقتصادی و محیطی، پایداری به عنوان یک مفهوم طرح‌ریزی پدیدار شد و به طور وسیع برای برنامه‌ریزی و توسعه‌ی جوامع به کار گرفته شد (لنی، ۱۹۹۹). از اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰ شاخص‌های توسعه‌ی پایدار در کشورهای در حال توسعه، مطرح شد. پایداری و توسعه‌ی پایدار در دو دهه‌ی اخیر، به محور اصلی مباحث در بسیاری از رشته‌های علمی تبدیل شده است. طبق تعریف کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه، توسعه‌ی پایدار عبارت است از توسعه‌ای که نیازهای حال را بدون لطمه زدن به توانایی نسل‌های آینده برای تامین نیازهایشان، فراهم کند (WCED, 1987[1]). این کمسیون سه مبنای ساده را در تعریف پایداری مورد تاکید قرار می‌دهد؛ جوامع پایدار جوامعی برابرنگر و منصف می‌باشند، تنش‌های جوامع پایدار مفهوم همگانی دارد و جوامع پایدار کلیه‌ی هزینه‌های اجتماعی و محیطی را در تصمیمات بخش عمومی و خصوصی لحاظ می کند (بیتلی، ۱۹۹۵). در جهان کنونی توسعه‌ی پایدار که با کم‌ترین آسیب بر منابع طبیعی و محیط زیست انجام شود، اهمیت و جایگاه خاصی یافته است. بی‌شک دست‌یابی به چنین هدفی مستلزم توجه جدی به حفظ منابع طبیعی و استفاده‌ی بهینه از آن است (اسلامی و هم‌کاران، ۱۳۸۳).

از آن جا که این تعریف از توسعه‌ی پایدار مبتنی بر تامین اهدافی در ذات کیفی است، پس تحلیل کمی آن همواره چالش‌انگیز بوده است. البته در عین حال برخی از مطالعات شاخص‌هایی را که تاکنون ارایه شده است بسیار مفید و مطلوب می‌دانند. برای مثال (لی و هانگ ،۲۰۰۷)، معتقدند شاخص‌های پایداری ابزارهای موثری برای قضاوت در مورد توسعه‌ی پایدار هستند در حالی که به اعتقاد ویلسون و هم‌کاران (۲۰۰۷)، شاخص‌های توسعه‌ی پایدار نیاز به توسعه‌ی ساختار اساسی برای اتخاذ تصمیم در همه‌ی سطوح و هم‌کاری در قانون‌مندی پایداری هم‌زمان محیط و توسعه‌ی سیستم‌ها را دارند.

1-World Commission of Environment & Development (The Brundtland Report)

Archive of SID

www.SID.ir

توسعه‌ی پایدار دارای ابعاد گسترده‌ای است، اما در خصوص بهره‌برداری از منابع تولیدی کشاورزی اهمیت این موضوع به طور خاص، برجسته و دارای اهمیت است. در بخش کشاورزی، توسعه‌ی پایدار بیش‌تر با عنوان کشاورزی پایدار مورد توجه بوده است. عبارت کشاورزی پایدار معانی گوناگونی دارد. برای متخصص کشاورزی، به مفهوم حفظ حرکت انقلاب سبز است؛ برای بوم‌شناس راه تامین مواد غذایی کافی بدون لطمه زدن به منابع طبیعی است؛ برای اقتصاددانان همان کارایی بلندمدت منابع و برای جامعه‌شناس و انسان‌شناس، آن دسته از عملیات کشاورزی است که ارزش‌های سنتی را حفظ می‌کند (کانوی و باربیر، ۱۹۹۰). کشاورزی پایدار معنای واحدی ندارد. هانسن (۱۹۹٦) دو بیان گسترده‌ی کشاورزی پایدار را تعریف کرد: اولی بر روش اصولی در پاسخ به اثرات منفی کشاورزی متداول و مرسوم متمرکز است و معنای دوم از روش مثبتی پیروی می‌کند، و بر توانایی سیستم‌های کشاورزی برای برآوردن تقاضاهای متفاوت به واسطه‌ی زمان متمرکز است. کشاورزی پایدار نوعی کشاورزی است که در جهت منافع انسان بوده، کارایی بیش‌تری در استفاده از منابع دارد و با محیط در توازن است. این تعریف با عوامل در حال تغییر اجتماعی و سیاسی در توسعه‌ی کشاورزی هماهنگی دارد.

الگوی استفاده از نهاده‌ها در کشاورزی پایدار مهم‌ترین بحث است. از میان نهاده‌ها نیز کاهش هم‌زمان استفاده از نهاده‌های شیمیایی و آب بیش‌تر مورد توجه است؛ به گونه‌ای که مطالعاتی هم‌چون (سیمن، ۲۰۰٦) و (لاتینوپولوس و مایولوپولوس، ۲۰۰۵) هدف زیست‌محیطی را به صورت کاهش کود شیمیایی یا کاهش ورود نیتروژن به خاک بیان کرده‌اند. در مطالعه‌ی (گومزلیمون و بربل، ۲۰۰۰) کاهش مصرف آب و کود شیمیایی به عنوان هدف زیست‌محیطی مطرح شد. برخی از مطالعات مانند (بارتولینی و هم‌کاران، ۲۰۰۷) دامنه‌ی ملاحظات زیست‌محیطی را افزایش داده و کاهش مصرف سموم شیمیایی را نیز به اهداف زیست‌محیطی اضافه کرده‌اند. آن چه در تمامی این مطالعات مورد تاکید بوده است کاهش استفاده از نهاده‌ها برای حفظ قابلیت آن‌ها برای آینده است.

Archive of SID

www.SID.ir

بریم‌نژاد و صدرالاشرافی (۱۳۸۲)، در تعیین الگوی کشت محصولات زراعی شهرستان کرمان شاخص‌های پایداری را وارد الگو کردند. در این مطالعه الگوی کشت شامل گندم و سیب‌زمینی با شاخص نسبت درآمد ناخالص به استفاده از آب برابر ۸۰ و شاخص نسبت اشتغال به استفاده از آب برابر ۰/۰۷۱ به دست آمد. هم‌چنین بریم‌نژاد و یزدانی (۱۳۸۳) با استفاده از کالیبره کردن راندمان آبیاری و ارزیابی شاخص‌های پایداری آب توسط برنامه‌ریزی کسری چندهدفه، پایداری در مدیریت آب را تحلیل کردند. در این مطالعه مشخص شد در راندمان ۳۵٪ مقادیر کارایی از نسبت‌های درآمد ناخالص به آب، شاخص پایداری برابر ۱۵ است در حالی که در راندمان آبیاری ۷۵٪ مقدار این شاخص به ۳۲/۲ افزایش می‌یابد.

در استان فارس نهاده‌ی آب با توجه به شرایط بحرانی سال‌های اخیر به طور خاص باید مورد توجه قرار گیرد. آب از جمله نهاده‌های مهم کشاورزی است که در توسعه‌ی کشاورزی پایدار نقش مهمی را ایفا می‌کند (کشاورز و صادق‌زاده، ۱۳۸۰). آب از دیرباز مهم‌ترین عامل توسعه در جهان بوده است. در مطالعه‌ی گومزلیمون و بربل (۲۰۰۰) و بارتولینی و هم‌کاران (۲۰۰۷)، کاهش مصرف آب نیز به عنوان یک هدف زیست‌محیطی مورد توجه قرار گرفت. بیش‌تر کشورها در حوزه‌ی مدیترانه و سایر مناطق خشک و نیمه‌خشک درگیر مسایل مربوط به کم‌آبی هستند. شکاف بین عرضه و تقاضای آب ارتباط نزدیکی با تولید کشاورزی، شرایط محیطی و تغییرات آب‌وهوایی دارد (اورون و هم‌کاران، ۲۰۰۷).

بنابراین بر اساس آن چه گفته شد تحلیل الگوی استفاده از نهاده‌ها و بویژه آب و سنجش میزان هم‌راستایی آن‌ها با شاخص‌های پایداری از اهمیت خاصی برخوردار است. این امر در استان فارس که از نقطه نظر کشاورزی در ایران از جایگاه مهمی برخوردار است می‌تواند به شکل ویژه‌ای مورد توجه باشد. به همین منظور در مطالعه‌ی کنونی سعی شده است الگویی برای بهره‌وری منطقه‌ی مرودشت ارایه شود که با دخالت دادن تمایلات بهره‌برداران به شاخص‌های پایداری نیز توجه شود.

Archive of SID

www.SID.ir

روش تحقیق

به طور کلی جنبه‌های مختلف مورد توجه در پایداری به شرح زیر است (ویلسون و هم‌کاران، ۲۰۰۷):

۱- اثر اکولوژیکی (EF)[1]: نیازهای انسان را در طبیعت اندازه‌گیری می‌کند و سنجش کمی بهره‌وری مناطق را از لحاظ بیولوژیکی، میزان طبیعی منابع مورد نیاز برای منابع ضروری (غذا، انرژی و مواد دیگر) فراهم می‌کند.

۲- ظرفیت محیط زیستی مازاد (SB)[2]: پایداری الگوهای مصرفی و بویژه تفاوت بین اثر اکولوژیکی کشور و تولید ناخالص مناطقی را که دارای آب و زمین تولیدی هستند، ارزیابی می‌کند.

۳- شاخص پایداری محیطی (ESI)[3]: شاخص مرکب از معیارهای محیط زیستی و اقتصادی- اجتماعی به عنوان ابزاری برای ارزیابی پایداری است.

٤- شاخص تندرستی (WI)[4]: شاخص ترکیبی ارزیابی تندرستی اکوسیستم و انسان است.

۵- شاخص توسعه‌ی انسانی(HDI)[5]: شاخص توسعه‌ی انسانی ملت‌های متحد یکی از گسترده‌ترین مقیاس‌های تشخیص توسعه، اندازه‌گیری سه بعد اصلی توسعه‌ی انسانی (زندگی سالم و طولانی، دانش و استاندارد زندگی درست) است.

٦- تولید ناخالص داخلی (GDP)[6]: به طور معمول به عنوان مقیاس وسعت بهره‌وری اقتصادی به کار می‌رود و به عنوان نماینده‌ی پیش‌رفت و عمل‌کرد اقتصادی ارزیابی می‌شود. پایداری محیطی را می‌توان اندازه‌گیری کرد، اما چنین اندازه‌گیری نمی‌تواند به صورت کامل صورت گیرد.

---

1 -Ecological Footprint
2 -Surplus Bio-capacity measure
3 -Environmental Sustainability Index
4 -Wellbeing Index
5 -Human Development Index
6 -Gross Domestic Product

Archive of SID

www.SID.ir

در این مطالعه همانند الگوی لارا و میناسیان (۱۹۹۹) از دو شاخص نسبت درآمد ناخالص به آب مصرفی و نسبت اشتغال به آب مصرفی برای محاسبه‌ی پایداری استفاده شد. به این ترتیب که با استفاده از برنامه‌ریزی کسری، دو شاخص برای پایداری منابع آب در شهرستان مردوشت محاسبه شد. این شاخص‌ها عبارت است از نسبت درآمد خالص به استفاده از آب و نسبت سطح اشتغال به استفاده از آب که به صورت حداکثرسازی (بیشینه‌سازی) تابع هدف تعریف شدند.

برنامه‌ریزی کسری[1]

مدل‌بندی برنامه‌ریزی کسری خطی چندهدفه برای محاسبه‌ی شاخص‌های پایداری به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} &\text{Max}\ \frac{c^T x+\alpha}{d^T x+\beta} \\ &\text{s.t} \quad Ax=b \\ &\quad x\geq 0, c^T, d^T \in R^n \\ &\quad A\in R^{m\times n}, \alpha,\beta\in R. \end{aligned} \qquad (۱)$$

در رابطه‌ی بالا دو مساله‌ی برنامه‌ی ریاضی دیده می‌شود: F(x) ,G(x) مشروط بر $\chi\in\Delta$. هر یک از این توابع هدف، نشان‌دهنده‌ی هدف برنامه‌ریزی خطی با محدویت مورد نظر هستند که بسته به شرایط می‌تواند بیشینه یا کمینه شود و از تقسیم این اهداف بر یک‌دیگر (Z_i) بایستی نسبت این دو هدف با توجه به محدودیت‌های مدل (AX=b) بیشینه شود که این می‌تواند در قالب چندین تابع هدف با خارج‌قسمت توابع Z_i : i=1,2,3,… باشد.

$$\begin{aligned} &\text{Max}\, Z_i(x)=\text{Max}\{Z_1(x),Z_2(x),...,Z_k(x)\} \\ &\text{s.t} \quad x\in X=\{x\in R^n, Ax\leq b, x\geq 0\} \\ &\text{with} \quad b\in R^n, A\in R^{m\times n} \qquad Z_i(x)=\frac{c_i x+\alpha_i}{dx+\beta_i}=\frac{F_i(x)}{G_i(x)} \qquad (۲) \\ &c_i, d_i\in R^n \quad \text{and} \quad \alpha,\beta\in R, D_i(x)>0, \forall i. \\ &\text{Max} Z_i(x)=Z_i^*, \forall i, \quad x_i^*=(x_{i1}, x_{i2},..., x^*_{in}), \text{for} \quad i=1,...,k. \end{aligned}$$

---

1 - Fractional Programming

Archive of SID

www.SID.ir

منطقه‌ی مورد مطالعه شهرستان مرودشت است. اطلاعات آماری در این مطالعه از سازمان جهاد کشاورزی استان فارس به دست آمد. داده‌های مورد استفاده برای سال زراعی (۸۶-۱۳۸۵) و شامل مقادیر سطح زیر کشت محصولات، نهاده‌های مصرفی و هم‌چنین قیمت آن‌ها است، از جمله زمین و کود که در قالب محدودیت‌های مدل آورده شده است. برای برآورد الگوی بهنیه نیز از بسته‌ی نرم‌افزاری QSB استفاده شد.

نتایج و بحث

الگوی کشت بهره‌برداران

با بررسی الگوی بهره‌برداران منطقه‌ی مرودشت، الگویی با هدف تامین هم‌زمان اهداف بهره‌برداران ارایه شده است. روش تحقیق برای مطالعه‌ی نظام کشاورزی که دارای ده فعالیت مختلف است بر چهار هدف عمده تمرکز یافته است؛ اما چون مخرج کسر یکسان است در مدل برنامه‌ریز کسری تنها شامل سه هدف بیشینه کردن هدف درآمد ناخالص و اشتغال و کمینه کردن آب مصرفی است. در این مدل محدودیت‌ها شامل زمین و کود است که برای به دست آوردن میزان موجودی آنها از روش کالیبراسیون استفاده شد (جدول‌های شماره‌ی ۲ و۳). با استفاده از کالیبره کردن، میزان مقادیر موجود کود و زمین و آب محاسبه شد و در مراحل بعدی به عنوان محدویت در توابع هدف ماکزیمم درآمد ناخالص و اشتغال و کمینه آب مصرفی استفاده شد.

در جدول (۱) سطح زیرکشت و بازده ناخالص فعلی در هر هکتار و هم‌چنین الگوی استفاده از نهاده‌ها برای محصولات منطقه‌ی منتخب ارایه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۲). ماتریس ضرایب فنی شهرستان مرودشت، سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵

محصولات زراعی		گندم	جو	ذرت	برنج	کلزا	آفتابگردان	گوجه‌فرنگی	سیب‌زمینی	چغندرقند	یونجه
هدف‌ها و محدودیت‌ها		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
درآمد ناخالص (۱۰۰۰۰ ریال)	max	۱۱۲۷/۵	۱۵۶۰	۳۵۸۵	٤٤۰۰	۱۰۷۳	۲۵	۱۲۰۰۰	۵۰۰۰	۲۷۵۰	۱۵۳۰۰
اشتغال (ساعت)	max	۲۰۰	۱۹۰	۲۰۵	۲٤۰	۱۹۵	۱۹۰	۵۰۵٤	۲۲۰	٤۰۰	۲۸۰
آب مصرفی (مترمکعب)	min	۱۰۰۰۰	۷۰۰۰	۱۷۰۰۰	۲۵۰۰۰	۹۰۰۰	۵۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۰۰۰۰
زمین (هکتار)	=۱۳۵۰۰۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
کود (کیلوگرم)	≤۷۹۶۰۹۵۰۰	٦۰۰	٤۰۰	۸۰۰	٤۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۱۲۵۰	۷۵۰	٦۰۰	۵۵۰
سطح زیر کشت فعلی محصولات (هکتار)		٦٤۰۰۰	۱۲٦۰۰	۲۵۵۰۰	۲۵٦۰۰	۲۲۵۰	۲۱٤	۲٦۰۰	۲۰	۸۵۰	۹۵۰

منبع: اداره‌ی جهاد کشاورزی مرودشت

محاسبه‌ی مقادیر موجود با استفاده از کالیبره کردن مدل

هدف این بخش، محاسبه‌ی میزان آب و کود مورد نیاز برای الگوی کشت است که تابع هدف بیشینه درآمد ناخالص و محدودیت‌ها شامل محدودیت‌های سطح زیر کشت هریک از محصولات، محدودیت کود و محدودیت آب است. با استفاده از داده‌های جدول (۱) و روش کالیبره کردن مقادیر کود و آب محاسبه شد.

$$Max.Z = 1127.5X_1 + 1560X_2 + 3585X_3 + 4400X_4 + 1073X_5 + 25X_6 + 12000X_7 + 5000X_8 + 2750X_9 + 15300X_{10}$$

S.t

Archive of SID

www.SID.ir

:

$$1) x_1 \le 64000$$
$$2) x_2 \le 12600$$
$$3) x_3 \le 25500$$
$$4) x_4 \le 25600$$
$$5) x_5 \le 2250$$
$$6) x_6 \le 214$$
$$7) x_7 \le 2600$$
$$8) x_8 \le 20$$
$$9) x_9 \le 850$$
$$10) x_{10} \le 950$$
$$11) 10000x_1 + 7000x_2 + 17000x_3 + 25000x_4 + 9000x_5 + 5000x_6 + 12000x_7 + 15000x_8 + 18000x_9 + 20000x_{10} - \text{water} \le 0$$
$$12) 600x_1 + 400x_2 + 800x_3 + 400x_4 + 500x_5 + 500x_6 + 1250x_7 + 750x_8 + 600x_9 + 550x_{10} - \text{fertilizer} \le 0$$
$$x_1, \ldots, x_{10} \ge 0$$

با محاسبه‌ی برنامه‌ریز خطی بالا مقادیر سمت راست محدودیت‌های مدل (آب و کود) حاصل می‌شود. به همین ترتیب برای اشتغال میزان آن محاسبه می‌شود. در مدل برنامه‌ریزی خطی بالا تابع هدف بیشینه درآمد خالص همه‌ی محصولات است که ضرایب آن درآمد هر یک هکتار از محصولات را نشان می‌دهد. این مدل دارای ۱۲ محدویت است که محدودیت‌های ۱ تا ۱۰ نشان‌دهنده‌ی این است که سطح زیر کشت محصولات از سطح زیر کشت فعلی بیش‌تر نشود، اما محدودیت‌های ۱۱ و ۱۲ مدل را کالیبره می‌کند که بیشینه میزان موجودی کود و آب با حل مدل به دست می‌آید. مشابه همین عمل برای تابع بیش‌ترین اشتغال انجام می‌شود که مقادیر کالیبره و هم‌چنین بیشینه میزان اشتغال و درآمد در جدول (۲) نشان داده شده است:

جدول (۲). مقادیر سمت راست محدویت‌های برنامه‌ریز خطی توابع هدف

مقادیر حاصل از کالیبراسیون	بیشینه درآمد ناخالص	بیش‌ترین اشتغال
میزان موجودی کود مصرفی در هکتار (کیلوگرم)	۷۹۶۰۹۵۰۰	۷۹۶۰۹۵۰۰
میزان موجودی آب مورد استفاده در هکتار (متر مکعب)	۱۸۸۸۸۲۰۰۰	۱۸۸۸۸۲۰۰۰
مقدار تابع هدف	۳٤٦٤٦٥٦۰۰	٤۰۷۹٥۷۱۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

میزان موجودی کود مصرفی حاصل از بیشینه کـردن درآمـد و اشـتغال معـادل ۷۹۶۰۹۵۰۰ می‌باشد و میزان موجودی آب مصرفی حاصل از آن‌ها نیز معادل ۱۸۸۸۸۲۰۰۰ اسـت. بـا قـرار دادن این مقادیر در مساله‌ی برنامه‌ریزی خطی به عنـوان محـدودیت، الگـوی کشـت بهینـه بـا استفاده از تابع ماکزیمم درآمد و اشتغال با محدودیت‌های آب، زمین و کود محاسبه می‌شود.

بیشینه کردن درآمد ناخالص:

$$\text{Max .Z}: 1127 .5X_1 + 1560\ X_2 + 3585\ X_3 + 4400\ X_4 + 1073\ X_5 + 25X_6 + 12000\ X_7 + 5000\ X_8 + 2750\ X_9 + 15300\ X_{10}$$

S.t :

$$1)\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} \le 134584$$

$$2)10000x_1 + 7000x_2 + 17000x_3 + 25000x_4 + 9000x_5 + 5000x_6 + 12000x_7 + 15000x_8 + 18000x_9 + 20000x_{10} \le 1888820000$$

$$3)600x_1 + 400x_2 + 800x_3 + 400x_4 + 500x_5 + 500x_6 + 1250x_7 + 750x_8 + 600x_9 + 550x_{10} \le 79609500$$

$$x_1,...,x_{10} \ge 0$$

بیشینه کردن اشتغال:

$$\text{Max.Z}: 200X_1 + 190X_2 + 205X_3 + 240X_4 + 195X_5 + 190X_6 + 5054X_7 + 220X_8 + 400X_9 + 280X_{10}$$

S.t :

$$1)\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} \le 134584$$

$$2)10000x_1 + 7000x_2 + 17000x_3 + 25000x_4 + 9000x_5 + 5000x_6 + 12000x_7 + 15000x_8 + 18000x_9 + 20000x_{10} \le 1888820000$$

$$3)600x_1 + 400x_2 + 800x_3 + 400x_4 + 500x_5 + 500x_6 + 1250x_7 + 750x_8 + 600x_9 + 550x_{10} \le 79609500$$

$$x_1,...,x_{10} \ge 0$$

جدول (۳). نتایج به دست آمده از توابع برنامه‌ریزی خطی با مقادیر کالیبره

	درآمد ناخالص	اشتغال
مقدار تابع هدف	۲۸۸۵۶۹۷۰۰۰	۳۲۱۸۷۷۲۰۰
محصول (هکتار)	چغندرقند: ۱۰۴۹۳٤/٤	گوجه‌فرنگی: ٦۳٦۸۷/٦

ماخذ: یافته‌های تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

با قرار دادن مقادیر حاصل از کالیبراسیون در رابطه با بیشینه موجودی آب و وکـود، دوبـاره به حل مدل برنامه‌ریزی خطی بیشینه‌ی تابع هدف درآمد ناخالص و اشتغال پرداخته مـی‌شـود. نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی خطی نشان می‌دهد که الگوی کشت بهینه برای به دسـت آوردن بیش‌ترین سود، با محدودیت آب و کود و زمین، ۱۰٤۹۳٤/٤ هکتار چغندرقنـد اسـت و نیز با بیش‌ترین اشتغال، ٦۳٦۸۷/٦ هکتار گوجه‌فرنگی است و مقـادیر تـابع هـدف نسـبت بـه حالت قبل بیش‌تر شده است. با وجود محدودیت‌های بـالا بـرای بـه دسـت آوردن دو هـدف اشتغال و درآمد در سطح منطقه تنها دو محصول چغندرقند و گوجه‌فرنگی جواب‌گـوی منطقـه است یعنی این که تنها با کشت این دو محصول از بین ده محصول منتخب منطقه، می‌تـوان بـه دو هدف گفته شده دست یافت.

محاسبه‌ی برنامه‌ریزی کسری

هدف مورد تعقیب عبارت است از تامین هم‌زمان بیش‌ترین سود و اشتغال و کـم‌تـرین آب مصرفی. مساله‌ی ارایه شده در جدول (۱) مساله‌ی برنامه‌ریزی خطی چندهدفی است کـه سـه هدف بیش‌ترین درآمد ناخالص و اشتغال و کمینه کردن آب مصرفی با محدودیت‌های مشترک زمین و کود و سطح زیرکشت فعلی محصولات منطقه در آن دیده می‌شود.

از تقسیم مقادیر هدف دو الگوی بیشینه‌کننده‌ی درآمد ناخالص و اشتغال منطقـه بـه مقـدار هدف الگوی کمینه کردن آب مصرفی و دو شاخص نسبت درآمد ناخالص به اسـتفاده از آب و شاخص نسبت سطح اشتغال به استفاده از آب به دست می‌آید. تحلیل پایداری تحت دو فرض در قالب دو سناریو صورت گرفت.

سناریوی اول: محاسبه‌ی شاخص پایداری با فرض استفاده از همه‌ی زمین موجود

در این حالت فرم برنامه‌ریز کسری برای دو تابع به صورت زیر است که مقادیر هر یـک از توابع صورت کسر، بالاترین یا بیش‌ترین درآمد و اشتغال می‌باشد و مخرج کسر همان کم‌ترین

Archive of SID

www.SID.ir

آب مصرفی محصولات کشاورزی است. فرم کسری این توابع به صورت (Z_1) و (Z_2) در زیر آمده است. در جدول (۵) مقادیر حاصل از حل مدل و هم‌چنین شاخص‌ها محاسبه می‌شود.

$$\text{Max } Z=(Z_1, Z_2)$$

$$\text{eff}\left\{\begin{array}{l} Z_1=\dfrac{1127.5x_1+1560x_2+3585x_3+4400x_4+1073x_5+25x_6+12000x_7}{10000x_1+7000x_2+17000x_3+25000x_4+9000x_5+5000x_6+12000x_7} \\ \dfrac{+5000x_8+2750x_9+15300x_{10}}{+15000x_8+18000x_9+20000x_{10}}, \\ Z_2=\dfrac{200x_1+190x_2+205x_3+240x_4+195x_5+190x_6+504x_7}{10000x_1+7000x_2+17000x_3+25000x_4+9000x_5+5000x_6} \\ \dfrac{+220x_8+400x_9+280x_{10}}{+12000x_7+15000x_8+18000x_9+20000x_{10}} \end{array}\right\}$$

$$\text{St:}$$

$$1)1x_1+1x_2+1x_3+1x_4+1x_5+1x_6+1x_7+1x_8+1x_9+1x_{10}=135000$$

$$2)600x_1+400x_2+800x_3+400x_4+500x_5+500x_6+1250x_7+750x_8+600x_9+550x_{10}\le 118140000$$

$$x_1,\ldots,x_{10}\ge 0$$

جدول (٤). مقادیر حاصل از برنامه‌ریزی کسری (سناریوی اول)

محصول	بیشینه درآمد	بیشینه اشتغال	کمینه آب مصرفی
گندم	۰	۰	۰
جو	۰	۰	۰
ذرت	۰	۰	۰
برنج	۰	۱۰٤۲۵۹/٤	۰
کلزا	۰	۰	۰
آفتابگردان	۰	۰	۱۳٤۵۸٤
گوجه‌فرنگی	۰	۳۰۳۲٤/۵۹	۰
سیب‌زمینی	۰	۰	۰
چغندرقند	۰	۰	۰
یونجه	۱۳٤۵۸٤	۰	۰
مقادیر تابع هدف	۲۰۵۹۱۳۵۰۰۰	۱۷۸۲۸۲۸۰۰	٦۷۲۹۲۰۰۰۰
شاخص‌ها $\frac{\text{Max}}{\text{Min}}$ (پایداری آب)	۳/۰٦ = شاخص درآمد به مصرف آب		۰/۲٦٤۹ = شاخص اشتغال به مصرف آب

ماخذ: یافته‌های تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

در جدول (٤) با محاسبه‌ی برنامه‌ریزی خطی بیشینه درآمد ناخالص با محدودیت زمین و کود، محصول یونجه در الگوی کشت بهینه ١٣٤٥٨٤ هکتار است که با این میزان ٢٠٥٩١٣٥٠٠٠ سود حاصل می‌شود و هم‌چنین با محاسبه‌ی بیش‌ترین اشتغال، الگوی کشت بهینه ١٠٤٢٥٩/٤ محصول برنج و ٣٠٣٢٤/٥٩ گوجه‌فرنگی است که با این مقادیر ١٧٨٢٨٢٨٠٠ اشتغال حاصل می‌شود. در شرایط کمینه کردن آب مصرفی الگوی کشت بهینه ١٣٤٥٨٤ هکتار آفتابگردان است که با مصرف ٦٧٢٩٢٠٠٠٠ متر مکعب میزان آب است.

برای محاسبه‌ی شاخص پایداری از نسبت مقادیر دو هدف درآمد ناخالص به آب، شاخص برابر با ٣/٠٦ و هم‌چنین از نسبت دو مقدار اشتغال به استفاده از آب شاخص برابر با ٠/٢٦٥ به دست آمد. محصولاتی که از حل مدل به دست آمده بیانگر این مساله است که در شرایط کمینه کردن آب مصرفی با کاشت محصولاتی مثل برنج، گوجه‌فرنگی، یونجه و آفتابگردان می‌توان به بیش‌ترین درآمد ناخالص و هم‌چنین بیش‌ترین اشتغال نیروی کار در واحد سطح دست یافت.

سناریوی دوم: محاسبه‌ی شاخص پایداری با فرض وجود محصولات استراتژیک (گندم، جو، ذرت و چغندرقند)

سناریوی دوم با توجه به اهمیت محصولات گفته شده در منطقه بررسی شد. با فرض این که این محصولات اساسی به اندازه‌ی مقادیر سطح زیر کشت فعلی در مدل وجود داشته باشد که مقادیر سطح زیر کشت آن‌ها به عنوان محدودیت مدل در نظر گرفته می‌شود. نتایج حاصل از حل مدل در جدول (٥) آمده است.

$$\text{Max } Z = (Z_1, Z_2)$$

S.t:

$$1)\ x_1 = 64000$$
$$2)\ x_2 = 12600$$
$$3)\ x_3 = 25500$$
$$4)\ x_4 = 850$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$5)1x_1+1x_2+1x_3+1x_4+1x_5+1x_6+1x_7+1x_8+1x_9+1x_{10}\le 135000$$

$$6)600x_1+400x_2+800x_3+400x_4+500x_5+500x_6+1250x_7+750x_8+600x_9+550x_{10}\le 11814000($$

جدول (۵). مقادیر حاصل از برنامه‌ریزی کسری (سناریوی دوم)

محصول	بیش‌ترین درآمد	بیش‌ترین اشتغال	کم‌ترین آب مصرفی
گندم	٦٤۰۰۰	٦٤۰۰۰	٦٤۰۰۰
جو	۱۲٦۰۰	۱۲٦۰۰	۱۲٦۰۰
ذرت	۲۵۰۰۰	۲۵۰۰۰	۲۵۰۰۰
برنج	۰	۰	
کلزا	۰	۰	۰
آفتابگردان	۰	۰	
گوجه‌فرنگی	۰	۱۲۵۲۷/٦۰	۰
سیب‌زمینی	۰	۰	۰
چغندرقند	۸۵۰	۸۵۰	۸۵۰
یونجه	۲۸٤۷۱/۸۳۰	۰	۰
مقادیر تابع هدف	٦۱۹۳۹۷٤۰۰	۸۳۹۷۳۵۱۰	۱۱٦۸۵۰۰۰۰۰
شاخص‌ها $\frac{Max}{Min}$ (پایداری آب)	۰/۵۳۰= شاخص درآمد به مصرف آب		۰/۰۷۲= شاخص اشتغال به مصرف آب

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در جدول (۵) با محاسبه‌ی برنامه‌ریزی خطی بیش‌ترین درآمد ناخالص با محدودیت زمین و کود و هم‌چنین با قرار دادن سطح زیر کشت فعلی این محصولات؛ گندم ٦٤۰۰۰ هکتار، جو ۱۲٦۰۰ هکتار، ذرت علوفه‌ای و دانه‌ای ۲۵۰۰۰ هکتار و چغندرقند ۸۵۰ هکتار در محدودیت مدل مقادیر الگوی کشت بهینه به دست می‌آید. افزون بر محصولات اساسی در الگوی کشت بهینه، محصول یونجه ۲۸٤۷۱/۸۳۰ هکتار است که با وجود این محصولات میزان ٦۱۹۳۹۷٤۰۰ سود حاصل می‌شود و هم‌چنین با محاسبه‌ی بیش‌ترین اشتغال، الگوی کشت بهینه ۱۲۵۲۷/٦۰ گوجه‌فرنگی است که با این مقادیر بیشینه اشتغال ۸۳۹۷۳۵۱۰ است. در شرایط کمینه کردن آب مصرفی الگوی کشت بهینه مقادیر محصولات استراتژیک است که با مصرف

Archive of SID

www.SID.ir

۱۱٦۸۵۰۰۰۰۰ متر مکعب میزان آب است. در این حالت افزون بر وجود محصولات اساسی، محصولاتی هم‌چون یونجه برای افزایش درآمد و گوجه‌فرنگی برای بیشینه اشتغال برای دست‌یابی به هدف‌های یاد شده است.

همان طور که در جدول (۵) دیده می‌شود، برای محاسبه‌ی شاخص پایداری از نسبت مقادیر دو هدف درآمد ناخالص به آب، شاخص برابر با ۰/۵۳۰ و هم‌چنین از نسبت دو مقدار اشتغال به استفاده از آب شاخص برابر با ۰/۰۷۲ به دست آمد. محصولاتی که از حل مدل به دست آمده بیانگر این مساله است که در شرایط کمینه کردن آب مصرفی، افزون بر محصولات اساسی با کاشت محصولاتی مثل گوجه‌فرنگی و یونجه می‌توان به بیش‌ترین درآمد ناخالص و هم‌چنین بیش‌ترین اشتغال نیروی کار در واحد سطح دست یافت. گفتنی است که استان فارس در تولید گوجه‌فرنگی در کشور دارای مقام اول است.

با مقایسه‌ی دو جدول (٤) و (۵)، متوجه می‌شویم که با اضافه کردن محصولات استراتژیک، میزان آب مصرفی بیش‌تر شده است. همان طور که در گذشته هم گفته شد با افزایش آب مصرفی اندازه‌ی شاخص، کاهش یافته به صورتی که شاخص درآمد ناخالص به آب مصرفی از ۳/۰٦ به ۰/۵۳۰ و شاخص میزان اشتغال به آب مصرفی از ۰/۲٦٤۹ به ۰/۰۷۲ کاهش یافته است. البته با راه‌های مدیریت بهینه‌ی مصرف آب می‌توان میزان آب مصرفی را کاهش داد و میزان این دو شاخص را افزایش داد.

نتیجه‌گیری و پیش‌نهادها

از نکات بارز در ارتباط با کشاورزان این شهرستان، تمایل به مصرف زیاد کودهای شیمیایی (ازته، فسفاته و مایع) برای افزایش عمل‌کرد است که این روند مصرف در بلندمدت به ساختمان خاک و نیز با نفوذ به آب‌های زیرزمینی آسیب می‌رساند. در شهرستان مرودشت با الگوی کشت گوجه‌فرنگی، برنج، آفتابگردان و یونجه شاخص درآمد ناخالص به استفاده از آب ۳/۰٦ و شاخص اشتغال به استفاده از آب ۰/۲٦۵ محاسبه شد و نیز با احتساب محصولات استراتژیک هم‌چون گندم، جو ، ذرت و چغندرقند شاخص درآمد ناخالص به استفاده از آب

Archive of SID

www.SID.ir

۰/۵۳۰ و شاخص اشتغال به استفاده از آب ۰/۰۷۲ به دست آمد که نسبت به حالت قبل کاهش داشته است. همان‌طور که مشخص است با افزایش این نسبت‌ها، در جهت پایداری سیستم کشاورزی حرکت می‌شود؛ زیرا از یک طرف مقادیر درآمد ناخالص و اشتغال بیشینه شده و از طرف دیگر مقدار استفاده از آب به کم‌ترین میزان رسیده است. سیاست‌گذاران نیز بایستی هم‌گام با برنامه‌ریزی بر اساس الگوی کشت کشاورزان به حفظ و افزایش شاخص‌های پایداری در راستای کشاورزی پایدار نیز توجه خاصی داشته باشند. برای افزایش این شاخص‌ها با توجه به نتایج به دست آمده از شاخص‌های پایداری، موارد زیر پیش‌نهاد می‌شود:

۱. به کارگیری فن‌آوری‌های جدید آبیاری برای کاهش میزان آب مصرفی و افزایش شاخص‌های پایداری.

۲. کاهش میزان کود مصرفی در جهت کاهش خسارت‌های زیست‌محیطی.

۳. لحاظ کردن محصولات استراتژیک در الگوی کشت همراه با افزایش راندمان آبیاری.

٤. واردن گردن گوجه‌فرنگی و یونجه در الگوی کشت برای افزایش دو شاخص پایداری.

منابع

اسلامی، م. و صدرالاشرافی، م. (۱۳۸۳). مدیریت مصرف و بهره‌برداری منابع آب: مطالعه‌ی موردی دشت بهاباد، یزد. *مجله‌ی علوم کشاورزی*، ۱۰(٤): ۳۷-۲۹.

بریم‌نژاد، و. و یزدانی، س. (۱۳۸۳). تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی با استفاده از برنامه‌ریزی کسری: مطالعه‌ی موردی استان کرمان. *پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی*، (٦۳): ١٦-۲.

بریم‌نژاد، و. (۱۳۸۵). برنامه‌ریزی کسری، ابزاری برای اندازه‌گیری شاخص‌های کمی پایداری در بخش کشاورزی. *فصل‌نامه‌ی اقتصاد کشاورز ی و توسعه*،(٥٤): ١٩٦-۱۷۹.

جهاد کشاورزی شهرستان مرودشت. پرسش‌نامه‌ی هزینه‌ی تولید محصولات کشاورزی سال زراعی (١٣٨٦-١٣٨٥).

Archive of SID

www.SID.ir

کشاورز، ع. و صادق‌زاده، ک. (۱۳۸۰). مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی. *نشریه‌ی شکرشکن*، (۵۷): ۳۸-۳۲.

Bartolini, F., Bazzani, G. M., Gallerani, V., Raggi, M. and Viaggi, D. (2007). the impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: An analysis based on farm level multi-attribute linear programming models. *Agricultural Systems*, 93: 90-114.

Beatley, T. (1995b). Planning and Sustainability: The elements of a new (Improved) paradigm. *Journal of Planning Literature*, 9(4): 95-383.

Berbel, J. and Gomez-limon, J. A. (2000). the impact of water-pricing policy in Spain: An analysis of three irrigated areas. *Agriculture Water Management*, 43: 219-238.

Canway, G. R. and Barbier, E. B. (1990). After the Green Revolution. *Sustainable Agriculture for Development.* Earthscan, London.

Chaturvedi, M.C. (2001). Sustainable development of Indian's water: some policy issues. *Water Policy*, 3: 297-320.

Dutta, D. and Tiwari, R. (1992). Multi objective linear fractional programming-A fuzzy set theoretic approach. *Fuzzy Set and Systems*, 52: 39-45.

Hansen, J. W. (1996). Is agricultural sustainability a useful concept? *Agricultural Systems*. 50(1): 117-143.

Lal, R. (1991). Soil structure and sustainability. *Journal of sustainable agriculture*, 1: 67-92.

Lara, p. and Stancu-Minasian, I. (1999). Fractional Programming: A tool for the assessment of sustainability. *Agricultural Systems*, 69: 131-141.

Latinopoulos, D. and Mylopoulos, Y. (2005). optimal allocation of land and water resources in irrigated agriculture by means of Goal Programming: Application in Loudias River basin. *Global Nest Journal*, 7: 264-273.

Lee, Y. and Huang, C. M. (2007). Sustainability index for Taipei. *Environment Impact Assessment Review*, 27: 505-521.

Oron, G. and Gillerman, L. (2008). Membrane technology for advanced waste water reclamation for sustainable agriculture production. *Desalination*, 218: 170-180.

Seaman, J., Flichman, G., Scardigo, A. and Steduto, P. (2006). Analysis of nitrate pollution control in the irrigated agriculture of Apulia Region (Southern Italy): A bio-economic modeling approach, *Agricultural System*s, Article in press.

Archive of SID

www.SID.ir

Tantaway, S. F. (2007). Using feasible Directions to solve linear fractional programming problems. *Australian Journal of Basic* A*pplied Science*, 1(2): 109-114.

Wilson. J., Tyedmers, P. and Pelot, R. (2007). Contrasting and comparing sustainable development indicator metrics. *Ecological Indicators*, 7: 299-314.

World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). Our common future. Oxford: Oxford University Press.

Yale Center for Environmental Law and Policy. (2005). Environmental Sustainability Index.

Archive of SID

www.SID.ir