اقتصادکشاورزي و توسعه، سال چهاردهم، شماره ۵۴، تابستان ۱۳۸۵

برنامه‌ریزي کسري، ابزاري براي اندازه‌گيري شاخصهاي كمّي پايداري در بخش كشاورزي

دکتر ولی بریم‌نژاد*

تاریخ دریافت:۸۴/۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۸۵/۱/۲۶

چکیده

در این مقاله ساختاری برای کمی کردن و تشخیص قیود مربوط به پایداری در نظامهای کشاورزی نشان داده شده است. برای یک نظام پویا،تصادفی و هدفمند، پایداری را به صورت توانایی برای ادامهٔ آینده تعریف می کنند. امروزه نکتهٔ مهم در پایداری این است که چگونه می توان از پایداری به عنوان یک معیار عملیاتی در مدیریت نظامهای کشاورزی استفاده کرد. در این باره برنامه‌ریزی کسری ابزاری است برای مطالعهٔ پایداری این نظامها. این روش بر پایهٔ تکنیکهای یک هدفی و چندهدفی پایه‌ریزی شده است. مقالهٔ کنونی روشی برای حل مسائل برنامه‌ریزی کسری خطی چندهدفی ارائه داده و سپس این روش را به صورت موردی برای استان کرمان فرمولبندی و حل کرده است.

کلیدواژه‌ها:

پایداری، بخش کشاورزی، برنامه‌ریزی کسری

---

* استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

e-mail:vali_borimnejad@kiau.ac.ir

مقدمه

توسعهٔ پایدار مفهوم جدیدی در سطح جهانی است که اولین بار با مفهوم پایداری محیطی آغاز شد. در سال ۱۹۸۷ وقتی که گزارش « آیندهٔمشترک‌ما» به وسیلهٔ کمیسیون جهانی محیط و توسعه منتشر شد، توسعه پایدار توجه جهانیان را به خود معطوف کرد و به عنوان یک موضوع سیاسی مهم قلمداد شد. برای اینکه یک توسعه، پایدار باشد، باید احتیاجات زمان حال را به دست بیاوریم بدون اینکه توانایی آیندگان برای تولید احتیاجاتشان از بین برود. این عبارت تعریف واضحی از هدف غایی پایداری ارائه می‌دهد اما در مورد اینکه توسعه پایدار چگونه باید باشد تعریف واضحی ارائه نمی‌کند (WCED,1987). در هر تعریف از توسعهٔ پایدار بهتر است آن را یک فرایند پویا درنظر بگیریم تا انتهای یک نقطه. هدف توسعهٔ پایدار بایدحرکت‌جهان‌به‌سمت‌آیندهٔ‌مطلوبتر همراه با سازگارکردن الگوهای توسعه،راهبردها،روشهاو گرایشهاباشد.توسعهٔ‌پایدارنشاندهندهٔ یک‌ساختارانعطاف‌پذیراست‌که‌درواکنش‌به‌تغییر وضعیتهاو افزایش علم قابلیت تغییردارد (Canadian International Development Agency, 1991).

در دو دههٔ گذشته توجه فزاینده‌ای به مفهوم پایداری کشاورزی شده است. جنبه‌های فلسفی، نظری و عملی مبتنی بر اصول محیطی پایداری به میزان زیادی بر علوم زراعی و اقتصادی بنا نهاده شده است. از زمان انتشار گزارش آیندهٔ مشترک ما (WCED,1987)، تعریفهای مختلفی از پایداری و توسعهٔ پایدار ارائه شده که هم جنبه‌های محیطی و هم جنبه‌های اجتماعی–اقتصادی را پوشش داده است. مفید بودن این تعریفها و مدیریت نظامها براساس مفهوم به میزان زیادی مورد مناقشه و انتقاد واقع گردیده است (Constanza and Patten,1995 Gatto,1995; ،Ludwig & et al., 1993). بعضی از محققان معتقدند که تعریف پایداری گمراه‌کننده است، زیرا پایداری بیشتر یک پیش‌بینی است تا تعریف. متخصصان نظامهای کشاورزی نیز این موضوع را منعکس کرده‌اند (Hansen, 1996). اما هدف اصلی ما این است که چگونه از پایداری به عنوان یک معیار عملیاتی در مدیریت نظامهای کشاورزی استفاده کنیم. در خصوص این وظیفه، برای ارزیابی پایداری باید به سه سئوال اصلی پاسخ داد: اول اینکه باید بر چه نظام یا زیرنظام و یا

خصوصیت نظام اصرار کرد؟ دوم برای چه مدت زمانی و سوم اینکه آن نظام یا زیرنظام و یا مشخصات نظام را چه وقت باید ارزیابی نمود؟ (Constanza and Patten, 1995). این موضوع به این معناست که اولاً نظام باید به طور کامل از راه اجزا و مرزهای خود تعریف، شناخته و مشخص شود. ثانیاً نظام باید به طول عمر انتظاری کامل خود برسد و ثالثاً یک ارزیابی دقیق (قطعی) از پایداری را می‌توان تنها بعد از وقوع، یعنی بعد از اینکه زمان برای مشاهدهٔ نتیجه سپری شد و پیش‌بینی متضمن واقعیت بود، به دست آورد. خاستگاه این سه سئوال به مورد نیاز بودن آنها در یک بررسی جامع بر می‌گردد که خارج از حوصلهٔ این مقاله است؛ بویژه اگر ما بخواهیم به موضوعات مربوط به ارزش قضاوتها و دیدگاه‌های جهانی و بازیگران دخیل در امر پایداری توجه کنیم (Lele and Norgaard, 1996).

در این بین، پیامدهای منطقی موضوع سوم آن است که اگر بخواهیم پایداری دارای یک مقدار پیش‌بینی کننده باشد، باید خصوصیات آن تصادفی و استوکاستیک باشد و ما مجبوریم پیش‌بینی پایداری را براساس احتمال بنا کنیم. اگرچه این مسائل اشکالات بسیار جدی‌دارد،دانشمندان کوششهایی‌درجهت‌مطالعهٔ پایداری نظامهای کشاورزی بر پایهٔ یک هدف انجام‌داده‌اند (Lara and Stancu-Minasian, 1999). به عنوان مثال هانسن، (Hansen, 1996) براین عقیده است که پایداری باید یک کمیت پیوسته باشد تا به وسیلهٔ یک معیار تلفیقی منحصربه فرد از یک محدوده از اجزای تشکیل‌دهندهٔ قابل حصول آن مشخص شود. این معیار منحصربه فرد اجازه می‌دهد فعالیتهای کارا را با یکدیگر مقایسه کنیم تا بتوانیم به یک معیار عمومی دست یابیم. اما یک معیار منحصربه فرد پایداری آن است که مشکلات حل نشدنی‌ای را نیز به همراه دارد. رسیدن به یک وفاق‌عمومی دربارهٔ اجزای تعیین‌کنندهٔ پایداری مشکل است. برای ترکیب عناصر تعیین‌کنندهٔ پایداری در یک معیار لازم است که بر اساس اهمیت نسبی هر کدام از آنها به آنها وزن دهیم؛ کاری که مشکلات اضافی به همراه خواهد داشت. به علاوه زمینه‌های متفاوت نیازمند وزنهای متفاوت نیز هست. به دلیل مسئلهٔ وزن‌دادن و با فرض وجود نبود حتمیت، ساختار دیگر روشهای پایداری برای نقش بازدارنده‌تر دانشمندان بررسی شده است. این ساختار بر این عقیده استوار است که جدا از کوشش برای تعریف

عبارت پایداری، برای ما ساده‌تر این است که فعالیتهای ناپایدار ایجاد کنیم. در واقع ما باید در درازمدت به وسیلهٔ خارج کردن علمی چیزی که می‌تواند نشاندهندهٔ ناپایداری باشد، بر تعریف مرزهای فضای پایداری متمرکز شویم (Fuentes, 1993).

بدون شک یکی از مفیدترین کمکهای پایداری، پر رنگ کردن نیاز به تفکر در مورد شرایط نسبی می‌باشد. هدف فقط حداکثرکردن صرف نیست بلکه حداکثر کردن محصول و حداقل کردن نهاده‌هاست (Monteith, 1990). در هر تفسیر از پایداری باید سطوح محصول یا شاخصهای اقتصادی با سطوح نهاده یا ستانده‌های نامطلوب مقایسه شود. رسالت پایداری ممکن است حداکثر کردن تولید در واحد فرسایش خاک، در واحد انرژی، در واحد تغییر در تمرکز نیترات در آبهای زیرزمینی، در واحد کاهش در میزان کربن آلی خاک یا در واحد میزان رادیواکتیویتهٔ فعال باشد. معیارهایی مثل رسیدن به سطح حداکثر محصول با یک سطح از نهاده‌ها یا استفاده از سطوح حداقل نهاده‌ها برای دستیابی به یک سطح مطلوب از محصول معیارهای قابل حصولی‌اند (Lal, 1991).

کاربردهای اخیر تکنیکهای تصمیم‌گیری چند معیاره[۱] برای مسائل پایداری را می‌توان در کارهای بعضی از محققان[۲] یافت. در این زمینه برنامه‌ریزی کسری چه چیز اضافی می‌تواند به‌همراه داشته باشد؟ توجه به دو نکته می‌تواند به این سئوال پاسخ دهد؛ اول اینکه از بحث قبل مشخص است وقتی‌مدیریت کمی نهاده‌ها و ستانده‌های نظام در یک ساختار مناسب هستند، نسبتها یک راه طبیعی و جامعتر برخورد با موضوعات وابسته به پایداری نظامهای کشاورزی به شمار می‌آیند و دوم اینکه برنامه‌ریزی کسری،مدیریت‌جوابهاراتسهیل‌می‌نماید. درکارهای‌تیواری‌وهمکاران(Tiwari &et al.,1999) در زمینهٔ تصمیم‌گیری چند معیاره و فریزر و کوردینا (Fraser and Cordina, 1999) در زمینهٔ کارایی میزان آب مورد نیاز واحدهای دام شیری، مسئلهٔ کارایی استفاده از آب یکی از گسترده‌ترین مسائل مربوط به

---

۱. multi criteria decision making

۲. Zander and Kachele 1999; Tiwari & et al., 1999; Kobrich and Rehman, 1998; laxminarayan & et al, 1995

پایداری است. یک نظام کشاورزی را تصور کنید که حداقل کردن استفاده از آب در آن موضوعی مهم می‌باشد. در این نظام سطوح مناسب درآمد ناخالص و اشتغال در مزارع، ستانده‌های اقتصادی و اجتماعی مورد نیاز برای حفظ نظام جمعیتی هستند. ما می‌توانیم یک مسئله را در یک زمینهٔ سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره با سه هدف: حداکثر کردن سطوح درآمد ناخالص و اشتغال و حداقل نمودن استفاده ازآب فرمولبندی کنیم و سپس در جستجوی مجموعهٔ جوابهای کارا باشیم. اما برای برخورد با این وضعیت می‌توانیم مسئله‌ای را فرمولبندی نماییم که نسبت درآمد ناخالص به استفاده از آب و نیز اشتغال به استفاده از آب را حداکثر کند. داشتن دو هدف به جای سه‌هدف سبب می‌شود که مجموعهٔ کارا (تعداد جوابها در مجموعه) در مسئلهٔ اولیه کوچکتر شود که این موضوع سبب ساده‌تر شدن فرایند تصمیم‌گیری (انتخاب یک جواب از مجموعهٔ کارا) می‌گردد. عموماً ارتباط مستقیمی بین تعداداهداف واندازهٔمجموعهٔ جوابهای کاراوجوددارد. بنابراین ترکیب اهداف به صورت نسبت، مدیریت جوابها را تسهیل می‌کند (Romero, and Rehman, 1989).

نظریه و روش تحقیق

اساس برنامه ریزی کسری

اگر d و n در معادلهٔ ۲ را به عنوان توابع (خطی به علاوه ثابت) تعریف کنیم و x را یک چندضلعی محدب به عنوان فرمول استاندارد LP معرفی نماییم، یک برنامه‌ریزی کسری خطی (LFP) خواهیم داشت:

$$Maximize: r(x)=\frac{a^t x+\alpha}{b^t+\beta} \qquad s.t.: \ A(x)\le C \ \ x\ge 0 \qquad (۱)$$
$$b\in R^n, C\in R^m, \alpha,\beta\in R$$

t نیز به معنی انتقال[1] است.

وقتی d(x) و n(x) توابع درجه‌دوم و x یک چندضلعی محدب باشد، نتایج مدل،

1. transposition

برنامه‌ریزی کسری درجه دوم نامیده می‌شود. در برنامه‌ریزی کسری مقعر n(x) تحت x و d(x) مقعر می‌باشد ولی قیود برنامه محدب‌است. به نحوی که x یک چند ضلعی محدب می‌باشد. شایبل (Schaible, 1976) این مدل را برنامه کسری مقعر- محدب نامیده است.

با استفاده از بعضی خصوصیات خاص این مدل می‌توان روش سیمپلکس را برای مسئله برنامه‌ریزی خطی کسری[1] به کار برد. روشهای زیادی برای حل و ساده کردن LFP وجود دارد که یکی از آنها استفاده از بسته‌های نرم‌افزاری استاندارد است.

فرمول برنامه ریزی کسری چند هدفی[2] به صورت زیر است:

$$eff.F(x)=\left\{\frac{n_1(x)}{d_1(x)},\frac{n_2(x)}{d_2(x)},\ldots,\frac{n_k(x)}{d_k(x)}\right\} \qquad (۲)$$

$$x \in X$$

که در آن eff نشان می‌دهد ما در جستجوی جوابهای کاراییم.

فرض کنیم که:

$$r_i(x)=\frac{n_i(x)}{d_i(x)} \qquad i=(1.2.3\ldots.q) \qquad (۳)$$

همان طور که در برنامه‌ریزی‌خطی چندهدفی[3] بیان شد، کارایی نقش محوری در MLFP بازی می‌کند. به دلایلی باید در اینجا دو مفهوم کارایی را که مهمند، توضیح داد (Lara and Stancu-Minasian,1999):

کارایی قوی[4] و کارایی ضعیف[5]

کارایی قوی منطبق بر مفهوم کارایی پارتو موجود در برنامه‌ریزی خطی چندهدفه است. یک جواب دارای کارایی قوی است، اگر ما نتوانیم جواب دیگری پیدا کنیم که دستاورد

---

1. linear fractional programming
2. MFP
3. Multiple objective linear programming (MOLP)
4. strong efficiency
5. weak efficiency

بهتری در یک هدف داشته باشد و در کنار آن نتیجه بدتری برای هدف دیگر نداشته باشد. مفهوم کارایی ضعیف اندکی متفاوت است؛ یک جواب دارای کارایی ضعیف است اگر ما نتوانیم جواب دیگری با دستاورد بهتر یا مساوی پیدا کنیم (برای تمام هدفها).

فرض کنیم که E_s مجموعه تمام نقاطی است که کارایی قوی دارند و E_w مجموعه تمام نقاطی است که کارایی ضعیف دارند، از تعریف بالا واضح است که $E_s \subset E_w$ است به این معنی که مجموعه نقاط دارای کارایی ضعیف یک مجموعه دارند که شامل نقاط قوی نیز هست. در مورد مجموعه‌های کارای MLFP یک زیر مجموعه از نقاط گوشه‌ای می‌تواند کارا باشد بدون اینکه کل مجموعه کارا باشد.

با جمعبندی مسائل گفته‌شده برای حل مسئله با معیارهای کسری ما احتیاج داریم که:

۱.یک ساختار نظری به وجود بیاوریم که به ما اجازه دهد عناصر مسئله پایداری را به دست آوریم.

۲.یک مدل قابل‌حل با الگوریتمهای مناسب برای‌حل در نرم‌افزارهای استاندارد برنامه‌ریزی کنیم.

ساختار نظری باید اجازه دهد ستانده مطلوب یک نظام کشاورزی در واحد نهاده مورد استفاده را حداکثر کنیم. در این زمینه مدلهای LFP و MLFP کافی می‌باشند و به مدل دیگری احتیاج نداریم.

به نظرمی‌رسد که الگوریتم مسئله LFP همانند الگوریتم سیمپلکس رفتار می‌کند. در این باره مسئله ما زمانی مشکل می‌شود که بیش از یک هدف کسری داشته باشیم. متأسفانه دراین حالت الگوریتمی برای محاسبهٔ کل مجموعه نقاط با کارایی قوی نداریم و این نکته‌ای است که توجه ما را بیشتر به خود معطوف کرده است. برای رسیدن به هدف خود، این مجموعه را جوابهای پایدارتر می‌نامیم.

روشهای حل برنامه‌ریزی کسری چندهدفی[1]

برای نشان‌دادن روشهای حل مدل MLFP که با الگوریتمهای خطی سازگار باشد، در ادامه، دو روش بحث خواهد شد. البته با رعایت خلاصه‌گویی، عناصر اصلی آن توضیح داده می‌شود و لذا برای آگاهی از جزئیات و اثبات نظریه‌ها باید به منابع اصلی رجوع کرد:

الف) روش نیکوفسکی و زولکیفسکی[2]

این دو محقق روشی برای به دست آوردن نقاط اکستریم کارای مسئله MLFP ارائه کرده‌اند. براساس منطق این روش، مسئله MLFP معادلهٔ ۲ را به این صورت در نظر می‌گیریم:

$$eff.F(x) = \{n_1(x), n_2(x), ..., n_q(x), -d_1(x), ..., -d_q(x)\} \quad x \in X \qquad (۴)$$

فرض می کنیم که E_1 مجموعه جوابهای کاربردی این مسئله باشد. حال، مسئله ۵ را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$eff.F(x) = \{n_1(x), n_2(x), ..., n_q(x), d_1(x), ..., d_q(x)\} \quad x \in X \qquad (۵)$$

فرض کنیم E_2 مجموعه جوابهای کاربردی این مسئله باشد. لذا مسئله ۶ را به صورت زیر درنظر می‌گیریم:

$$eff.F(x) = \{n_1(x), n_2(x), ..., n_q(x), -d_1(x), -d_{q_1+1}(x), ..., -d_q(x)\} \quad x \in X \qquad (۶)$$

فرض کنیم E_3 مجموعه جوابهای این مسئله باشد، حال روش به دست آوردن جوابهای کارای MLFP بر اساس نظریه زیر خواهد بود:

اگر $\quad r_i(x) > 0 \quad i = 1,2,...,q \quad x \in X \quad E_s \subset E_1$

اگر $\quad r_i(x) < 0 \quad i = 1,2,...,q \quad x \in X \quad E_s \subset E_1$

اگر $\quad r_i(x) > 0 \quad i = 1,2,...,h \quad x \in X \quad E_s$

$\quad r_i(x) > 0 \quad x \in X \quad i = h+1,...,q \quad E_s \subset E_3$

این روش در حل مسئله MLOP برای به دست‌آوردن مجموعه‌های کارا و سپس

1. MLFP
2. Nykowski and Zolkiewski

انتخاب زیرمجموعه E_s از این مجموعه مناسب است. یکی از معایب این روش این است که گرچه می‌توان جوابهای کارا (اکستریم)ی MLFP را محاسبه نمود اما درباره ارتباط و اتصال آنهانمی‌توان‌چیزی‌بیان‌کرد. درمسئله MLFP به دلیل‌نبودقانون مشخص برای مجموعه‌های کارا، به‌دست‌آوردن نقاط کارا باید بااحتیاط‌صورت‌گیرد(Nykowski and Zolkiewski, 1985).

ب) روش داتا - رائو - تیواری[1]

این روش بر اساس تغییر متغیرهای اصلی برای مسئله LFP بنا نهاده شده است. این تغییر به صورت زیراست:

$$y = \frac{1}{d(x)}x \quad \text{و} \quad t = \frac{\gamma}{d(x)}$$

y پارامتری است که معمولاً به سبب سادگی، عدد ۱ می‌پذیرد. با ایجاد تغییراتی در معادله ۱ می‌توان یک راه ساده برای حل برنامه خطی به دست آورد.

$$\begin{array}{ll} Maximise & a^T + \alpha t \\ s.t & Ay^t - ct \leq 0 \\ & b^T y + \beta t = 1 \\ & yt \geq 0 \end{array}$$

تابع هدف، شکل تغییریافته صورت کسر می‌باشد و شکل تغییر یافته مخرج کسر به عنوان یک قید در ناحیه قابل دسترس اضافه شده است. اساس این روش این است که اگر t' و y' یک جواب بهینه مسئله تغییریافته باشد، آنگاه $x = \frac{y}{t}$ یک جواب بهینه مسئله اولیه کسری است.

فرض می‌شود که در حالت یک هدفی کسری، بهینه مسئله LP با این تغییر به دست آید. حال آیا مجموعه کارای مسئله MOLP را با به کاربردن متغیرهای تغییریافته برای تمام اهداف در یک مسئله MLFP و همچنین مجموعه نقاط کارای این مجموعه را می‌توان به دست آورد.

---

1. Dutta-Rao-Tiwari

در تغییر MLFP به شکل حاضر باید به هرهدف یک قید اضافه نماییم. نتایج مسئله (با فرض فرمولهای استاندارد در معادلهٔ ۳) به این صورت است:

$$eff.F(x) = \{n_1(x), n_2(x), ..., n_q(x)\} \tag{۷}$$

$$
\begin{aligned}
& s.t: \\
& \quad Ay - ct \leq 0 \\
& \quad d_1(y) = r_1 \\
& \quad d_2(y) = r_2 \\
& \quad .. \\
& \quad .. \\
& \quad .. \\
& \quad d_q(y) = r_q \\
& \quad y, t \geq 0
\end{aligned}
$$

در اینجا رابطه یک به یک از یک مجموعهٔ کارا به مجموعهٔ دیگر وجود ندارد. به علاوه امکان دارد که مجموعهٔ قابل دسترس مسئله ۷ به ازای هر مقدار تهی باشد. داتا و همکاران (Dutta & et al., 1993b) نشان دادند که رابطه یک به یک در مجموعه قابل‌دسترس را می‌توان به دست‌آورد. بنابراین ما تنها یک محدودیت اضافه شده داریم:

MLFP اصلی به صورت زیر است:

$$eff.F(x) = \left\{\frac{n_1(x)}{d_1(x)}, \frac{n_2(x)}{d_2(x)}, ..., \frac{n_q(x)}{d_q(x)}\right\} \tag{۸}$$

$$s.t: \quad Ax \leq 0 \qquad\qquad x \geq 0$$

و مسئله تغییر یافته چنین است:

$$eff.F(x) = \{n_1(y), n_2(y), ..., n_q(y)\} \tag{۹}$$

$$
\begin{aligned}
& s.t: \\
& \quad Ay - ct \leq 0 \\
& \quad d_1(y) = r \\
& \quad y_1 t \geq 0
\end{aligned}
$$

آنها نظریه زیر را نیز اثبات کردند:

نظریه داتا رائو تیواری

جوابهای کارا برای مسئلهٔ ۹ برای مسئلهٔ ۸ نیز کارا خواهد بود. در نتیجه، برای حل مسئله ۸ باید تنها مسئله ۹ را حل کرد (یک MOLP استاندارد). این روش از نظر محاسباتی زحمت کمتری نسبت به روش نیکوفسکی و زولکیفسکی دارد و برای مسائلی با مخرج کسر متفاوت مناسب است (Dutta & et al., 1993b).

داده‌های مورد استفاده

داده‌های موردنیاز از منابع دولتی (محلی و ملی) مانند سازمان جهاد کشاورزی، سازمان آب منطقه‌ای و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمان، وزارت‌جهاد کشاورزی و مصاحبه با کارشناسان مدیریت و مرکز تحقیقات آب و خاک و مدیریت زراعت استان کرمان و از سیستمهای فنی و اقتصادی مزارع موردنظر ۱۳۸۱-۸۲ کسب شده‌است.

نتایج و بحث

در این بخش روشهای مورد اشاره در روش تحقیق برای مطالعهٔ یک نظام کشاورزی، که دارای دوازده فعالیت مختلف است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع، هدف، حداکثر کردن یک تابع مطلوبیت با سطوح مشخص درآمد ناخالص و اشتغال در زمینه میزان آب است. در این باره سطوح درآمد ناخالص و اشتغال با حداقل استفاده از آب حداکثر می‌شود. در این باره ما محدودیتهایی در زمینهٔ میزان زمین موجود و کود داریم.

جدول۱ نشاندهندهٔ سهم فعالیتها در معیارها و محدودیتهاست. این جدول مسئله را در یک ساختار برنامه‌ریزی چند هدفی فرمولبندی می‌کند. اما اگر بخواهیم جوابهایی به دست آوریم که سطوح درآمد ناخالص و اشتغال را در واحد استفاده از آب حداکثر کند، می‌توانیم مسئله را در یک ساختار برنامه‌ریزی کسری چندهدفی همانند زیر فرمولبندی کنیم:

$$eff:\left\{\frac{35470x_1+232229.2x_2+98837x_3+574790.86x_4+43105x_5+40412x_6}{23086x_1+18885x_2+10114x_3+21025x_4+33371x_5+12600x_6}\right\},$$

ادامه کسر: $$\frac{+403060x_7+130835x_8+85410.83x_9+341852x_{10}+92456x_{11}+320000x_{12}}{+23028x_7+13457x_8+17057x_9+33371x_{10}+12628x_{11}+20257x_{12}};$$

$$\frac{65x_1+50x_2+157x_3+52.5x_4+78x_5+133x_6+94x_7}{23086x_1+18885x_2 10114x_3+21028x_4+33371x_5+12600x_6+23028x_7}$$

ادامه کسر: $$\left\{\frac{+45.6x_8+53x_9+346x_{10}+51.36x_{11}+45x_{12}}{+13457x_8+17057x_9+33371x_{10}+12628x_{11}+20257x_{12}}\right\}$$

$$1)\ x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8+x_9+x_{10}+x_{11}+x_{12}=14637$$

$$2) 566x_1+219x_2+575x_3+363.36x_4+747x_5+585x_6+958x_7+268x_8$$
$$+392.35x_9+362x_{10}+671x_{11}+485x_{12}\le 6514190$$

برای استفاده از روش نیکوفسکی- زولکیفسکی، مسئلهٔ بیان‌شده درجدول ۱ مسئلهٔ برنامه‌ریزی خطی چندهدفی است که منطبق بر مسئلهٔ برنامه‌ریزی کسری چندهدفی نیز می‌باشد (حداقل کردن استفاده از آب همان حداکثر کردن منهای استفاده از آب است). در این روش مشخص است که یک مسئلهٔ برنامه‌ریزی کسری چندهدفی با دو هدف دارای منشأ یک مسئلهٔ برنامه‌ریزی خطی چندهدفی با چهارهدف می‌باشد. اما باید توجه کرد که برای استفاده از روش داتا- رائو- تیواری باید از مسئله‌ای استفاده کرد که مخرج آن یکسان باشد. بنابراین، در استفاده از مسئلهٔ برنامه‌ریزی خطی چندهدفی با چهار هدف، تنها سه هدف داریم. جدول ۲ نشاندهندهٔ نقاط کارای اکستریم به دست‌آمده از حل مسئلهٔ برنامه‌ریزی خطی چندهدفی است. این مسئله با استفاده ازنرم‌افزارهای wingulf و winqsb حل شده است. دو ستون‌آخر جدول۲ نشاندهندهٔ مقادیر محاسبه‌شدهٔ دوهدف کسری می‌باشد.

اگرچه نقاط A، B، C و D در مسئلهٔ برنامه‌ریزی خطی چندهدفی کارا هستند، اما نقطهٔ

C برای مسئلهٔ کسری ناکاراست. باید توجه کرد که نقطهٔ A بر نقطهٔ C برتری دارد، زیرا این نقطه دارای یک مقدار بالاتر در هر کدام از اهداف کسری می‌باشد. بنابراین اگر چه در یک ساختار برنامه‌ریزی خطی چندهدفی، نقطهٔ C باید یک جواب قابل انتخاب باشد، اما در مورد پایداری آن نقطه تردید وجود دارد، زیرا می‌توان جوابهایی با سهم بالاتر درآمد ناخالص و اشتغال در واحد استفاده از آب پیدا کرد. درحقیقت، نقطهٔ C از نظر فنی ناکاراست.

برای استفاده از روش داتا – رائو– تیواری نیاز داریم که مسئلهٔ کسری را به فضای y و t منتقل کنیم. این انتقال در زیر نشان داده‌شده‌است. به منظور رسیدن به یک مسئلهٔ عددی خوب، نیازمند انجام دادن بعضی ازعملیات‌ریاضی هستیم. ردیف استفاده ازآب مجموعه‌ای است که به عنوان یک محدودیت، معادل ۱۰۰۰ تعریف می‌شود:

$$eff\begin{Bmatrix} 354.7y_1+232.299y_2+98.837y_3+57.479y_4+43.105y_5+40.412y_6+403.06y_7 \\ +103.835y_8+85.410y_9+341.852y_{10}+92.456y_{11}+320y_{12},0.065y_1+0.05y_2 \\ +0.157y_3+0.052y_4+0.078y_5+0.133y_6+0.094y_7+0.045y_8+0.053y_9 \\ 0.346y_{10}+0.051y_{11}+0.045y_{11} \end{Bmatrix}$$

$$s.t:\ y_1+y_2+y_3+y_4+y_5+y_6+y_7+y_8+y_9+y_{10}+y_{11}+y_{12}-14637t\le 0$$

$$\begin{aligned}&0.566y_1+0.219y_2+0.575_3+0.363y_4+0.747y_5+0.585y_6+0.958y_7+0.268y_8\\&+0.392y_9+0.362y_{10}+0.0671y_{11}+0.484y_{12}-6514.19t\le 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&23.085y_1+18.885y_2+10.114y_3+21.028y_4+33.371y_5+12.6y_6+23.02y_7+13.457y_8\\&+17.057y_9+33.371y_{10}+12.628y_{11}+20.257y_{12}=1000\end{aligned}$$

این مسئله را نیز می‌توان با استفاده از نرم‌افزارهای ذکر شده حل کرد. در این حالت می‌توان نقاط A ، B و D جدول ۲ را به طور مستقیم به عنوان جوابهای کارای مسئله در فضای y و t به دست آورد.

جدول ۱

جدول ۲. نقاط کارای اکستریم

نقطه	الگوی کشت (هکتار)		درآمد ناخالص (۱۰ ریال)	اشتغال	استفاده از آب (مترمکعب)	نسبت‌درآمد ناخالص به آب	نسبت اشتغال به آب
A	عدس	پیاز	۱۶۴۴۹۲۷۷۴۴	۱۶۰۷۸۰۶/۱۳	۱۶۸۷۵۰۸۹۶	۹/۷۴۷	۰/۰۰۹۵
	۶۱۹۵/۷۲	۸۴۴۱/۲۸					
B	گوجه‌فرنگی	سیب‌زمینی	۵۱۲۸۵۲۶۸۴۸	۴۵۵۰۴۲۵	۴۶۷۳۵۵۸۴۰	۱۰/۹۷۳	۰/۰۰۹۷
	۱۲۵۹۷/۴۱	۲۰۳۹/۵۹					
C	گندم	خیار	۱۰۶۹۹۸۴۷۰۴	۱۰۹۶۰۷۷/۸۸	۲۳۱۸۱۷۶۵۹	۴/۶۱۵	۰/۰۰۴۷
	۱۰۶۳۳/۰۴	۴۰۰۳/۹۶					
D	گوجه‌فرنگی		۵۰۰۳۶۸۷۹۳۶	۵۰۶۴۴۰۲	۴۸۸۴۵۱۳۲۸	۱۰/۲۴۴	۰/۰۱۰
	۱۴۶۳۷						

مأخذ: یافته های تحقیق

یکی از وظایف تحلیلگر در مورد یک مسئلهٔ برنامه‌ریزی این است که برای تصمیم‌گیران محدوده‌ای از جوابهای پذیرفتنی فراهم آورد. وقتی که چند معیار مغایر هم در مسئلهٔ تصمیم وجود داشته باشد، مجموعه جوابهای کارا یک ابزار عملیاتی مناسب برای تصمیم‌گیر و حمایت از تصمیم وی است. اما انتخاب یک جواب از یک مجموعهٔ خیلی بزرگ از جوابهای کارا، عملی مشکل است. در یک مسئلهٔ یک معیاری، ترکیب معیارها در یک شکل کسری باعث به وجودآمدن توابعی می‌شود که یک تصمیم منحصربه فرد را ارائه می‌دهند؛ تصمیمی که این کسر را در یک ساختار پایداری معنیدار می‌کند (Nykowski and Zolkiewski, 1985). در مسائلی با بیش از دو معیار، کسری کردن می‌تواند راه مناسبی برای کاهش جوابهای کارا باشد. بنابراین برنامه‌ریزی کسری در کنار فایدهٔ نظری خود، از نظر عملی و کاربردی نیز فواید زیادی دارد. درباره دو روش توضیح داده شده

در این مقاله، واضح است که موانع محاسباتی روش داتا – رائو- تیواری کمتر از روش نیکوفسکی و زولکیفسکی است زیرا مدل برنامه‌ریزی محاسبه‌شده یک هدف کمتر دارد و ما می‌توانیم به طور مستقیم جوابهای کارایی قوی را با آن محاسبه کنیم. درحالی‌که در روش نیکوفسکی و زولکیفسکی مسئله را برای بیش از یک هدف محاسبه می‌کنیم که این امر یعنی مجموعه جوابهای کارای این مسئلهٔ برنامه‌ریزی خطی چند هدفی بزرگتر از روش داتا ـ رائو ـ تیواری است و ما برای به دست آوردن جوابهای کارای قوی باید از روش استقرا استفاده کنیم.

منابع

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

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

3.Constanza, C.;B.C.,Patten (1995), Defining and predicting sustainability, *Ecological Economics*, 15, 193 -196.

4.Dutta, D.; J.R., Rao; R.N.,Tiwari (1993b), A restricted class of multiobjective linear fractional programming problems, *European Journal of Operational Research*, 68 (3), 352 - 355.

5.Fraser, I.; C., Cordina (1999), An application of data envelopment analysis to irrigated dairy farms in Northern Victoria, Australia, *Agricultural Systems,* 59 (2), 267 - 282.

6.Fuentes, E.R. (1993), Scientific research and sustainable development, *Ecological Applications*, 3 (4): 576-577.

7.Gatto, M. (1995), Sustainability: is it a well defined concept?, *Ecological Applications*, 5 (4): 1181-1183.

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

9.Kobrich, C.; T., Rehman (1998), Sustainability, farming systems and the MCDM paradigm: typification of farming systems for modelling, In: Technical and Social Systems Approaches for Sustainable Rural Development, Junta de Andaluca, Consejera de Agriculturay Pesca, Sevilla, pp. 265-268.

10.Lal, R. (1991), Soil structure and sustainability, *Journal of Sustainable Agriculture,* 1, 67-92.

11.Lara, P. and I. Stancu-Minasian (1999), Fractional programming: a tool for the assessment of sustainability, *Agricultural Systems*, (69): 131-141.

12.Laxminarayan, P.G.; S.R., Johnson & A. Bouzaher (1995), A multi-objective approach to integrating agriculture and environmental policies, *Journal of Environmental Management*, 45: 365-378.

13.Lele , S. & R.B., Norgaard (1996), Sustainability and the scientist's burden, Conservation Biology, 10 (2): 354-365.

14.Ludwig, D.R.; R., Hilborn & C., Walters (1993), Uncertainty, resource exploitation and conservation: lessons from history, *Science*, 260, 17-36.

15.Monteith, J.L. (1990), Can sustainability be quantified?, *Indian Journal of Dryland Research and Development*, 5 (1): 1-5.

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

17.Romero, C. & T., Rehman (1989), Multiple criteria analysis for agricultural decisions, Elsevier, Amsterdam.

18.Schaible, S. (1976), Fractional programming I. Duality, *Management Science,* 22: 858-867.

19.Tiwari, D.N.; R., Loof & G.N., Paudyl (1999), Environmental economic decision making in lowland agriculture using multi-criteria analysis techniques, *Agricultural Systems,* 60 (1):99-112.

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

21.Zander, P. & H., Kachele (1999), Modelling multiple objectives of land use for sustainable development, *Agricultural Systems,* 59 (2): 311-325.