پژوهش و سازندگی
در زراعت و باغبانی
شماره ۶۳، تابستان ۱۳۸۳

تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی با استفاده از برنامه‌ریزی کسری ،مطالعهٔ موردی استان کرمان

• **ولی بریم نژاد**، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی کرج و • **سعید یزدانی**، عضو هیأت علمی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت : مرداد ماه ۱۳۸۲ تاریخ پذیرش : تیرماه ۱۳۸۳

چکیده

پایداری شامل جنبه‌های اجتماعی- اقتصادی و زیستی و بوم‌شناسی می‌باشد. این مقاله درصدد کمی نمودن پایداری در آب بر اساس تئوریهای اقتصادی می‌باشد. هدف این مقاله محاسبهٔ شاخص‌هایی برای پایداری در بخش کشاورزی استان کرمان در آلترناتیوها و سیاستهای مختلف می‌باشد. مدل استفاده شده دراین مقاله، برنامه‌ریزی کسری است که یک روش برنامه‌ریزی غیرخطی می‌باشد. این نوع برنامه‌ریزی ما را قادر می‌سازد که آلترناتیوهای مختلف را بدون دادن هرگونه وزن، مقایسه و بررسی نماییم که این خاصیت برای اندازه‌گیری پایداری لازم می‌باشد. این مقاله به صورت تئوری و تجربی کاربرد این روش را برای محاسبهٔ پایداری نشان می‌دهد و در پایان شاخصهایی برای پایداری محاسبه می‌نماید. استفاده از این روش می‌تواند راهنمایی برای مدیریت هنجاری برنامه‌ریزان باشد.

کلمات کلیدی: پایداری، کشاورزی، آب، برنامه‌ریزی ریاضی، برنامه‌ریزی کسری

Pajouhesh & Sazandegi No:63 pp: 2-16

Sustainability analysis in water resources management in agricultural sector using fractional programming , case study: Kerman province

By: Vali Borimnejad, Islamic Azad University of Karaj and Saeid Yazdani, University of Tehran

Sustainability has include socio-economic and bio-ecological dimensions or attributes. This paper presents a conceptual framework for quantifying sustainability in water on the basis of economic theory. The conceptual model is implemented using fractional programming, which is a nonlinear programming method. Fractional programming enables multi-attribute performance to be assessed without having to specify any prior weights for the various attributes; it has many advantages for the measurement of sustainability. The paper demonstrates theoretically and empirically that nonlinear programming methods allow the potential for improvements in sustainability to be accurately assessed and can provide normative guidance for management.

Keywords: Sustainability, Agriculture, Water, Mathematical programming, Fractional programming.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

از شروع تفکرات اقتصادی و محیطی، پایداری به عنوان یک مفهوم طرح‌ریزی پدیدار گردید و به طور وسیع برای برنامه‌ریزی و توسعهٔ جوامع بکاررفت. در ادبیات تخصصی برنامه‌ریزی، مباحث 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 برروی این تکامل تأثیرگذار گردید و از این‌رو نیاز برای انتقال به یک دنیای پیشرفته نیز شناخته شد(۱۰). در دهه ۱۹۷۰، اقتصاد دانان 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(۱۰). در انتهای دهه ۱۹۸۰، حدود ۳۰ نفر متخصص در امر طراحی اکولوژیکی و اجتماعی، یک هفته از وقت خود را بر روی طراحی کلمهٔ پایدار (Sustainable) صرف نمودند و به این نتیجه رسیدند که پایداری به معنی جواب‌های مختلف برای نواحی گوناگون می‌باشد. در ادبیات اولیه تصور بر این بود که پایداری ضرورتاً یک بحث نظری می‌باشد. پایداری از مفاهیم اقتصادی ناشی شد و اولین دفعه، اقتصاددانان به جوامع پایدار توجه نمودند (۹).

در سال ۱۹۸۷، کمیسیون برانتلند با انتشار گزارش آیندهٔ مشترک ما بحث پایداری را وارد سیاستهای بین‌المللی نمود. اگرچه به نحوهٔ نام‌گذاری آن تا اندازه‌ای انتقاد وارد شد اما با این حال این گزارش، اولین تعریف معتبر درمورد توسعهٔ پایدار را ارائه داد. بر اساس این گزارش، در توسعهٔ پایدار یک جامعه بایستی مطمئن شویم که احتیاجات نسل امروز تأمین گردد؛ بدون اینکه توانایی نسلهای آتی برای رسیدن به احتیاجاتشان از بین برود. در توسعهٔ پایدار لازم است که به همهٔ نیازهای اساسی دست یابیم و فرصتها را به گونه‌ای تمدید نماییم تا بتوانیم، آرمانهای افراد برای رسیدن به یک زندگی بهتر را تحقق بخشیم (۱۳). از دید برنامه‌ای، بیتلی تعاریف پویاتری در مورد پایداری آتی یک جامعه ارائه داد که این تعاریف با سه مبنای ساده آغاز می‌شود:

جوامع پایدار، جوامعی برابرنگر و منصف می‌باشند، تنشهای جوامع پایدار مفهوم همگانی دارد و جوامع پایدار کلیهٔ هزینه‌های اجتماعی و محیطی را درتصمیمات بخش‌عمومی و خصوصی مشارکت می‌دهند (۸).

در اواسط دهه ۱۹۹۰، خط فکری طرح‌ریزان امر پایداری به طرف مباحث اجتماعی سوق داده شد و به مرور دیدگاه محققین در این‌زمینه به یکدیگر مرتبط گردید. دیدگاه برنامه‌ریزان معمولاً نسبت به اقتصاددانان و اکولوژیستها دارای ابهام کمتری می‌باشد، زیرا آنها بیشتر تمرکز خود را در حیطه‌های سیاستی متمرکز می‌نمایند. به خاطر وجود بحث پایداری در سطوح محلی، ملی و جهانی، ادبیات مربوط به مباحث پایداری در این زمینه غنی می‌باشد. ادبیات برنامه‌ریزی در زمینهٔ پایداری دارای محدودهٔ وسیعی از مباحثات می‌باشد (از کنترل جمعیت، معیارهای اجتماع و حفاظت منابع تا مباحث عمومی در مورد فرایند برنامه‌ریزی و نقش جدید اطلاعات و دانش) حرکت پایداری به طور سریع به سمت خط فکری و سیاستهای توسعه‌ای جامعه می‌باشد.

در این میان، توجه به امر پایداری و مدیریت منابع آب (در محدودهٔ حفاظت منابع بحث پایداری) به عنوان یک منبع بسیار حیاتی، در سالهای اخیر از موضوعی فرعی، به مسأله‌ای محوری و پراهمیت تبدیل شده است. این تحول حاصل آگاهی و باور محافل ملی و بین‌المللی به واقعیت‌های زمان است. واقعیت این است که منابع طبیعی چون آب، هوا، انرژی، خاک و گونه‌های زیستی واقعاً محدودند و تولید دوباره و احیاء این منابع، بسیار پرهزینه‌تر و طولانی‌تر از حفاظت آنهاست. حال آنکه انسان از مدتها پیش به جای استفاده از درآمدهای حاصل از سرمایه‌های طبیعی، اصل سرمایه را مصرف کرده است. مدیریت تأمین و توسعه منابع آب به عنوان یک عامل پویا و مؤثر در جهت سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و ایجاد امکانات لازم برای بهره‌گیری از منابع آب، از سالها پیش شکل گرفته و توجه عمده خود را به توسعهٔ منابع آب، موضوعات زیست محیطی، سیاسی، حقوقی و سازمانی معطوف کرده است (۶). در این بین، بخش کشاورزی بعنوان بزرگترین مصرف‌کنندهٔ آب، نقش ویژه‌ای در این برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری دارد. برای رسیدن به توسعهٔ کشاورزی، ایجاد تحول و نوسازی در آن از ضروریات میباشد. عواملی همچون بازار، تکنولوژی یا فن‌آوری روزآمد، دسترسی به مواد و وسایل لازم در بخش کشاورزی باید دچار تحول و نوسازی شوند. لیکن با تغییر نگرش از عوامل فرابخشی به درون بخشی، مشخص می‌شود که فاکتورهایی از درون بخش کشاورزی تأثیرات مهمی بر روند تحول و نوسازی بخش و مخصوصاً توسعه کشاورزی خواهند داشت. آب و خاک به عنوان دو مقولهٔ عمده از جملهٔ این عوامل می‌باشند. اگرچه دو عامل مذکور تا حدودی لازمهٔ جدایی‌ناپذیر رویش گیاهان هستند؛ اما نگاه ما به این دو مقوله و مشخصاً آب از جنبهٔ اهمیت حیاتی آن برای بخش کشاورزی (خصوصاً در شرایط اقلیمی ایران) است (۴).

ایران از جمله کشورهایی است که با میزان متوسط بارندگی ۲۵۰ میلیمتر درسال، در مقابل ۷۵۰ میلیمتر میانگین جهانی سالانه باران، جزء کشورهای خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود. توزیع زمانی و مکانی بارندگی در کشور نیز بسیار نامناسب است و به دلیل شرایط خاص جوی، در بیشتر سالهای گذشته با خشکسالی مواجه بوده است (۵). به گونه‌ای که در حال حاضر بیشتر استانهای کشور در معرض کم آبی شدید قرار دارند که این موضوع در منطقهٔ شرق کشور که منطقه‌ای خشک و بارندگی آن کم می‌باشد، نمایان‌تر است و این امر لزوم توجه بیشتر به موضوع مدیریت آب و استفاده بهتر از آن را می‌طلبد (۲). هرچند مالکیت و برنامه‌ریزی در مورد آب سابقه‌ای تاریخی دارد اما در توسعهٔ پایدار اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی حال و آینده کشور، دسترسی به آب به اندازه‌ای حیاتی است که متولیان امور کشور ناگزیر از اتخاذ برنامه‌ای استراتژیک و مدون در مورد آب می‌باشند تا فعالیتها و توسعه اقتصادی کشور بر مبنای آن صورت گیرد. حصول این هدف مستلزم بررسی و تعیین مطالعات و بررسیهای دقیق مهندسی منابع آب و خاک از یک طرف و توسعه اصولی فناوری و تحقیقات مدیریت منابع آب و خاک از طرف دیگر می‌باشد تا با رعایت آنها برنامه‌های مطلوب تدوین و اجرا گردند (۵).

محققین معتقدند که ۱۰ تا ۵۰ درصد آب مصرفی در کشاورزی، ۴۰ تا ۹۰ درصد آب مصرفی در صنعت و حدود ۳۰ درصد آب مصرفی شهرها را می‌توان کاهش داد بدون آنکه به اصل هدف لطمه‌ای وارد شود (۱). بنابراین سازماندهی مناسب توسط مدیریت تقاضا و تنظیم الگوی مصرف آب به صورت پایدار راهگشای تعدیل در ائتلاف آب است.

با توجه به این مفاهیم نظری، متخصصین امر محیط باید بر روی

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱: ناحیهٔ اول

ترکیب کشت	گندم	نخود	ذرت	سیب‌زمینی	عدس	گوجه‌فرنگی	خیار	جو	جمع
زمین مورد استفاده	۴۲۰۰	۴۴۰	۱۴۵	۵۸۰	۱۰۵	۱۸۰	۷۵	۱۲۵۰	۶۹۷۵
آب مورد نیاز برای هر هکتار	۵۷۰۰	۴۴۲۰	۸۰۸۰	۹۴۲۰	۴۷۱۰	۱۲۰۳۰	۴۴۱۰	۵۷۰۰	

مأخذ: ۳ و ۷

× واحد زمین هکتار و واحد آب مورد نیاز، مترمکعب در هکتار می‌باشد

مقادیری از منابع که در یک دنیای آتی مطلوب و بر اساس پایداری بایستی وجود داشته باشد، متمرکز گردند. این آینده، باید پرنعمت و ثروتمند باشد کـه با وجـود کمیابی منابع، به منابـع محلی فراوان اتکا نمایـد. به علاوه، اسـتفاده از منابع بایسـتی به صورتی باشـد که بتوان آنهـا را احیاء نمود. بنابراین بایستی سیستم‌های طبیعی را مجدداً زنده نمود و عرضه، کیفیت و کمیـت منابع را قابل اعتماد کرد. در این زمینه فعالیتهای اقتصادی و دیگر فعالیت‌ها را نیز باید متناسـب با هدف پایداری نمود. همانطور که فرهنگ، جغرافیا، اقتصاد محلی و نیازهای اساسـی انسان نیز تعیین‌کننده می‌باشند. از طرفی عرضه این منابع و تولیدات خدمات بایسـتی برای هر شـخص به صورت مساوی باشد. سیستم‌های استفاده شده در تولید و خدمات بایستی

جدول۲:حل مسألهٔ برنامه‌ریزی کالیبره با راندمان ۳۵ درصد

	متغیر تصمیم	جواب	هزینهٔ واحد یا سود	سهم کل	هزینهٔ کاهش‌یافته	وضعیت پایه‌ای	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
۱	ذرت	۱۴۵	۳۵۴۷۰۴	۵۱۴۳۲۰۸۰	۰	basic	۰	M
۲	جو	۱۲۵۰	۵۴۴۷۹	۶۸۰۹۸۷۵۰	۰	basic	۰	M
۳	خیار	۷۵	۴۰۴۱۲	۳۰۳۰۹۰۰	۰	basic	۰	M
۴	سیب‌زمینی	۵۸۰	۴۰۳۰۶۰	۲۳۳۷۷۴۸۰۰	۰	basic	۰	M
۵	عدس	۱۰۵	۱۳۰۸۳۵	۱۳۷۳۷۶۸۰	۰	basic	۰	M
۶	گندم	۴۲۰۰	۸۵۴۱۰/۸۳	۳۵۸۷۲۵۵۰۰	۰	basic	۰	M
۷	گوجه‌فرنگی	۱۸۰	۳۳۳۷۱	۶۰۰۶۷۸۰	۰	basic	۰	M
۸	نخود	۴۴۰	۱۲۶۲۸	۵۵۵۶۳۲۰	۰	basic	۰	M
۹	آب	۱۲۱۸۱۷۴۰۰	۰	۰	۰	basic	-۰/۹۷۰۹	۰
۱۰	کود	۳۱۷۲۱۹۵	۰	۰	۰	basic	-۱۸/۸۱۹۷	۰
۱۱	نیروی‌کار	۴۵۱۸۱۱/۴	۰	۰	۰	basic	-۹۶/۴۴۸	۰
	حداکثر تابع هدف			۷۴۰۳۶۲۸۰۰				
	محدودیت	سمت چپ	جهت	سمت راست	کمبود یا مازاد	قیمت سایه‌ای	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
۱	زمین ذرت	۱۴۵	<=	۱۴۵	۰	۳۵۴۷۰۴	۰	M
۲	زمین جو	۱۲۵۰	<=	۱۲۵۰	۰	۵۴۴۷۹	۰	M
۳	زمین خیار	۷۵	<=	۷۵	۰	۴۰۴۱۲	۰	M
۴	زمین سیب‌زمینی	۵۸۰	<=	۵۸۰	۰	۴۰۳۰۶۰	۰	M
۵	زمین عدس	۱۰۵	<=	۱۰۵	۰	۱۳۰۸۳۵	۰	M
۶	زمین گندم	۴۲۰۰	<=	۴۲۰۰	۰	۸۵۴۱۰/۸۳	۰	M
۷	زمین گوجه‌فرنگی	۱۸۰	<=	۱۸۰	۰	۳۳۳۷۱	۰	M
۸	زمین نخود	۴۴۰	<=	۴۴۰	۰	۱۲۶۲۸	۰	M
۹	آب	۰	<=	۰	۰	۰	M	۱۲۱۸۱۷۴۰۰
۱۰	کود	۰	<=	۰	۰	۰	M	۳۱۷۲۱۹۵
۱۱	نیروی‌کار	۰	<=	۰	۰	۰	M	۴۵۱۸۱۱/۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

www.SID.ir

منعطف باشند و برای تغییر، رشد، خلاقیت و آزمایش همیشه آماده باشند. درحالیکه سیستم‌های تولید و توزیع بایستی تا حد ممکن کارا باشند که این نکته بیشتر یک مفهوم بلندمدت می‌باشد و سرانجام اینکه جامعهٔ آینده بایستی روشنفکر باشد و نسبت به مسائل بی‌طرفانه قضاوت نماید.(۱۲).

بر این اساس می‌توان فرضیه این مطالعه را چنین مطرح کرد که از منابع آب در بخش کشاورزی استفادهٔ پایدار نمی‌شود.

در این مطالعه سعی داریم راهبردهایی جهت بهینه‌سازی مدیریت مصرف آب در جهت استفادهٔ پایدار از این نهاده در بخش کشاورزی در استان کرمان به دست آوریم. پس می‌توان اهداف این تحقیق را به صورت زیر بیان نمود.

۱-محاسبهٔ شاخصهای پایداری منابع آب در بخش کشاورزی استان کرمان

۲-تعیین الگوی کشت زراعی منطقه با توجه به میزان مصرف پایدار آب

۳-تعیین الگوی کشت زراعی منطقه با توجه به سناریوهای مختلف

روش تحقیق

وضعیت جغرافیایی و اقلیمی استان کرمان

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 نصف النهار گرینویچ قرارگرفته است. این استان با دربرگرفتن حدود یازده درصد از مساحت کل کشور بخش وسیعی از نیمکره جنوب شرقی فلات مرکزی ایران را می‌پوشاند و بدان واسطه کلیه فعل و انفعالات پیچیده و خشن طبیعی مربوط به شرایط آب و هوایی خشک و شدیداً کویری را داراست و پس از استان خراسان دومین استان پهناور کشور محسوب می‌شود از آنجایی که دو سوم این سرزمین را کوهها می‌پوشاند، وجود گستره وسیع ارتفاعات از نفوذ و تسلط کامل شرایط کویری بر پهنه کرمان تا حد قابل ملاحظه‌ای کاسته است.

رودخانه های استان عبارتند از:

هلیل‌رود، نساء، آدوری، تهرود، گراغان، دهبکری درشهرستان بم، سیرچ، شهداد، چهارفرسخ، راور، قدرونی در شهرستان کرمان، شور در شهرستان جیرفت، آب بخشا، لاله‌زار، چاری در شهرستان بردسیر، تنگوییه درسیجان، دهنه راویز در رفسنجان و گیودری که ازکوههای پاریز در سیرجان سرچشمه می‌گیرد. این استان، 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 زیرزمینی بوده و می‌باشد.

ازنظر تقسیمات آب‌شناسی، این محدوده، در چهار حوزه آبریز اصلی کشور قرار دارد که عبارتند از:

حوزه آبریز باتلاق بافت، حوزه آبریز باتلاق گاوخونی، حوزه آبریز حاشیه کویرلوت و حوزه آبریز جازموریان

کاربرد برنامه‌ریزی‌ریاضی برای مدلسازی پایداری

برای مدل‌سازی 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 می‌باشد و این امر می‌تواند به دلایل زیر باشد:

جدول۳: حل مدل برنامه‌ریزی خطی با توجه به نتایج مدل کالیبره با راندمان ۳۵ درصد

	متغیر تصمیم	جواب	هزینهٔ واحد یا سود	سهم کل	هزینهٔ کاهش‌یافته	وضعیت پایه‌ای	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
۱	ذرت	۵۲۷۶/۶۸	۳۵۴۷۰۴	۱۸۷۱۶۵۹۰۰۰	۰	basic	۳۵۴۷۰۴	M
۲	جو	۰	۵۴۴۷۹	۰	-۱۹۵۷۶۴/۷	at bound	M	۲۵۰۲۲۵/۷
۳	خیار	۰	۴۰۴۱۲	۰	-۱۵۳۱۸۰/۲	at bound	M	۱۹۳۵۹۲/۲
۴	سیب‌زمینی	۰	۴۰۳۰۶۰	۰	-۱۰۴۵۹/۱۷	at bound	M	۴۱۳۵۱۹/۲
۵	عدس	۰	۱۳۰۸۳۵	۰	-۷۵۹۲۴/۵۹	at bound	M	۲۰۶۷۵۹/۶
۶	گندم	۰	۸۵۴۱۰	۰	-۱۶۴۸۱۴/۸	at bound	M	۲۵۰۲۲۵/۷
۷	گوجه‌فرنگی	۰	۳۳۳۷۱	۰	-۴۹۴۷۲۱	at bound	M	۵۲۸۰۹۱/۹
۸	نخود	۰	۱۲۶۲۸	۰	-۱۸۱۳۹۴/۴	at bound	M	۱۹۴۰۲۲/۴
		حداکثر تابع هدف		۱۸۷۱۶۵۹۰۰۰				
	محدودیت	سمت چپ	جهت	سمت راست	کمبود یا مازاد	قیمت سایه‌ای	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
۱	زمین	۵۲۷۶/۶۸	<=	۶۹۷۵	۱۶۹۸/۳۲	۰	۵۲۷۶/۶۸	M
۲	آب	۱۲۱۸۱۷۴۰۰	<=	۱۲۱۸۱۷۴۰۰	۰	۱۵/۳۶۴۵	۰	۱۲۹۳۸۷۴۰۰
۳	کود	۲۸۹۶۶۰۰	<=	۳۱۷۲۱۹۵	۱۸۵۵۹۵	۰	۲۹۸۶۶۰۰	M
۴	نیروی کار	۳۴۲۹۸۴/۱	<=	۴۵۱۸۱۱/۴	۱۰۸۸۲۷/۳	۰	۳۴۲۹۸۴/۱	M

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Archive of SID
www.SID.ir

۱ - به خاطر قیمتهای نسبی نهاده‌ها و ستاده‌ها، کشاورزان هزینه‌های مربوط به مدیریت منابع آب را حداقل می‌نمایند.

۲ -کشاورزان به خاطر قیود زمانی و دسترسی آب و دیگر نهاده‌های کلیدی از بدست‌آوردن یک سطح مطلوب از راندمان آب ناتوان می‌باشند.

۳ -یکی دیگر از عللی که کشاورزان قادر نیستند مدیریت بهینهٔ آب را بکارگیرند این است که زمان انتقال آب بر اساس تناوبهای مختلف تعیین می‌گردد و عدم اعتماد به عرضهٔ مداوم آب یا انعطاف‌پذیری بسیار کمی وجود دارد. کشاورزان ممکن است که خاکهای زراعی مختلفی داشته باشند که آنها را مجبور می‌نماید که از تانکر یا آبیاری قطره‌ای استفاده نمایند اما به خاطر کمبود سرمایه و قیمت پائین محصولات زراعی قادر به سرمایه‌گذاری در این سیستمها نمی‌باشند. در برخی مواقع عدم وجود اطلاعات کافی، باعث می‌شود که کشاورزان از بکاربردن روشهای پیشرفتهٔ آبیاری محروم گردند(۱۱).

بر همین اساس و بر پایهٔ مطالعات انجام گرفته توسط محققین، برنامه‌ریزی ریاضی ابزاری مناسب برای مطالعه و تحلیل سیستمهای کشاورزی می‌باشد. با آغاز استفاده از مدلهای برنامه‌ریزی خطی، تحقیق در عملیات یک محدوده بزرگ از مدلهای تئوریک معتبر ارائه می‌دهد. برای استفاده وسیع از چنین مدلهایی و استفاده از آنها بایستی به چند نکته توجه نماییم.

۱-محققین قادر باشند که ساختار ریاضی مسائل واقعی را فرموله نمایند.

۲-در برنامه‌ریزی خطی برای حل مدلها الگوریتم مناسبی مانندالگوریتم سیمپلکس وجوددارد.

۳- وجود کارهای تجربی نشان میدهند که مدلها میتوانند جوابهای مناسبی برای مسائل دنیای واقعی داشته باشند .

۴-برای حل این مدلها و کاربرد الگوریتم ابزارهای مناسبی وجود دارد.

نکته‌ای که 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 چند نکته ضروری می‌باشد.

الف. لحاظ کردن خصوصیات غیرخطی و نا مطمئن ریسکی در مدلها

ب. لحاظ کردن تصمیمات پیچیده و همچنین محاسبه افزایش تعداد معیارهای تصمیم

این خصوصیت را می‌توان در مدلهای برنامه‌ریزی تنها از طریق فرمهای تابعی و پیچیده (غیرخطی) و یک افزایش در تعداد توابع هدف نشان داد

جدول ۴: حل مدل برنامه‌ریزی کسری با راندمان ۳۵ درصد در ناحیهٔ ۱

	سطح هدف	متغیر تصمیم	جواب	هزینهٔ واحد یا سود	سهم کل	هزینهٔ کاهش‌یافته	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)	
۱	درآمد ناخالص	ذرت	۵۴۲۰/۷۳	۳۵۴۷۰۴	۱۹۲۲۷۵۳۴۰۸	۰	۲۵۸۱۴۰/۲۲	۵۳۴۴۹۷/۸۸	
۲	درآمد ناخالص	جو	۰	۵۴۴۷۹	۰	-۱۷۷۳۰۲/۱۳	M	۲۳۱۷۸۱/۱۳	
۳	درآمد ناخالص	خیار	۰	۴۰۴۱۲	۰	-۳۵۱۰۶۰/۵۶	M	۳۹۱۴۷۲/۵۶	
۴	درآمد ناخالص	سیب‌زمینی	۰	۴۰۳۰۶۰	۰	-۱۹۱۲۵۴/۳۴	M	۵۹۴۳۱۴/۳۸	
۵	درآمد ناخالص	عدس	۰	۱۳۰۸۳۵	۰	-۴۲۷۱۵/۶۸	M	۱۷۳۵۵۰/۶۹	
۶	درآمد ناخالص	گندم	۰	۸۵۴۱۱	۰	۱۶۳۴۶۹/۰۶	M	۲۴۸۸۸۰/۰۶	
۷	درآمد ناخالص	گوجه‌فرنگی		۳۴۱۸۵۲	۹۸۲۷۱۷۴۴	۰	۲۲۶۸۶۰/۱۶	۱۸۸۸۱۱۶/۸۸	
۸	درآمد ناخالص	نخود	۰	۹۲۴۵۸	۰	-۳۱۸۳۴۰/۹۱	M	۴۱۰۷۹۸/۹۱	
۹	آب	ذرت		۲۳۰۸۶	۱۲۵۱۴۲۸۹۶	۰	M	M	
۱۰	آب	جو	۰	۱۶۲۸۶	۰	۷۱۱/۵۸	M	M	
۱۱	آب	خیار	۰	۱۲۶۰۰	۰	-۱۵۴۹۹/۷۹	M	M	
۱۲	آب	سیب‌زمینی	۰	۲۶۹۱۴	۰	-۱۱۲۹/۳۲	M	M	
۱۳	آب	عدس	۰	۱۳۴۵۷	۰	۱۵۷۱/۲۱	M	M	
۱۴	آب	گندم	۰	۱۶۲۸۶	۰	-۲۲۸/۶۶	M	M	
۱۵	آب	گوجه‌فرنگی	۲۸۷/۴۷	۳۴۳۷۱	۹۸۸۰۵۸۶	۰	M	M	
۱۶	آب	نخود	۰	۱۲۶۲۸	۰	-۱۳۰۸۵/۷۲	M	M	
				حداکثر مقدار هدف درآمد ناخالص	۲۰۲۱۰۲۵۱۵۲	نسبت دو مقدار (شاخص پایداری)	۱۵		
				حداقل مقدار هدف آب	۱۳۵۰۲۳۴۸۸				

	محدودیت	طرف سمت چپ	جهت	طرف سمت راست	کمبود یا مازاد	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	قیمت سایه‌ای هدف ۱	قیمت سایه‌ای هدف ۲
۱	زمین	۵۷۰۸/۲	<=	۶۹۷۵	۱۲۶۶/۸	۵۷۰۸/۲	M	۰	۰
۲	کود	۳۱۷۲۱۹۵	<=	۳۱۷۲۱۹۵	۰	۴۷۲۷۰۴/۲۵	۳۹۳۴۲۳۴/۷۵	۵۸۳/۳۱	۳۳/۳۹
۳	نیروی کار	۴۵۱۸۱۱/۳۸	<=	۴۵۱۸۱۱/۴۱	۰	۳۶۴۲۹۸	۱۵۲۱۸۰۱/۷۵	۳۷۷/۷۳	۶۴/۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵: حل مدل برنامه‌ریزی کسری در راندمان ۳۵ درصد با فرض استفاده از همهٔ زمین موجود (سیاست اول)

	سطح هدف	متغیر تصمیم	جواب	هزینهٔ واحد یا سود	سهم کل	هزینهٔ کاهش‌یافته	Allowable (Min. c(j	Allowable (Max. c(j	
۱	درآمد ناخالص	ذرت	۴۳۱۹/۶۸	۳۵۴۷۰۴	۱۵۳۲۲۰۸۱۲۸	۰	۲۴۷۵۱۴/۷۸	۷۹۹۸۰۳/۸۱	
۲	درآمد ناخالص	جو	۰	۵۴۴۷۹	۰	-۱۴۸۳۲۴/۲۲	M	۲۰۲۸۰۳/۲۲	
۳	درآمد ناخالص	خیار	۰	۴۰۴۱۲	۰	-۳۶۰۴۱۸/۰۳	M	۴۰۰۸۳۰/۰۳	
۴	درآمد ناخالص	سیب‌زمینی	۰	۴۰۳۰۶۰	۰	-۲۴۷۷۸۹/۹۲	M	۶۵۰۸۴۹/۹۴	
۵	درآمد ناخالص	عدس	۲۴۸۹/۰۴	۱۳۰۸۳۵	۳۲۵۶۵۳۸۲۴	۰	-۸۷۸۰۶/۴۴	۳۱۸۰۵۳/۵۶	
۶	درآمد ناخالص	گندم	۰	۸۵۴۱۱	۰	-۱۳۸۵۰۸/۷۸	M	۲۲۳۹۱۹/۷۸	
۷	درآمد ناخالص	گوجه‌فرنگی	۱۶۶/۲۸	۳۴۱۸۵۲	۵۶۸۴۲۱۰۸	۰	۲۰۱۴۵۱/۳۹	۳۵۹۷۳۴۲/۲۵	
۸	درآمد ناخالص	نخود	۰	۹۲۴۵۸	۰	-۳۳۱۳۵۷/۱۶	M	۴۲۳۸۱۵/۱۶	
۹	آب	ذرت	۴۳۱۹/۶۸	۲۳۰۸۶	۹۹۷۲۴۱۶۰	۰	M	M	
۱۰	آب	جو	۰	۱۶۲۸۶	۰	-۲۹۴/۳۲	M	M	
۱۱	آب	خیار	۰	۱۲۶۰۰	۰	-۱۵۱۵۵/۵۹	M	M	
۱۲	آب	سیب‌زمینی	۰	۲۶۹۱۴	۰	-۹۰۴۹/۷۷	M	M	
۱۳	آب	عدس	۲۴۸۹/۰۴	۱۳۴۵۷	۳۳۴۹۵۰۳۸	۰	M	M	
۱۴	آب	گندم	۰	۱۶۲۸۶	۰	-۱۱۴۶/۷۷	M	M	
۱۵	آب	گوجه‌فرنگی	۱۶۶/۲۸	۳۴۳۷۱	۵۷۱۵۱۰۵	۰	M	M	
۱۶	آب	نخود	۰	۱۲۶۲۸	۰	-۱۲۶۰۶/۹۴	M	M	
	حداکثر مقدار هدف درآمد ناخالص				۱۹۱۴۷۰۴۰۰۰	نسبت دو مقدار (شاخص پایداری)	۱۳/۷۸		
	حداقل مقدار هدف آب				۱۳۸۹۳۴۳۰۴				

	محدودیت	طرف سمت چپ	جهت	طرف سمت راست	کمبود یا مازاد	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	قیمت سایه‌ای هدف ۱	قیمت سایه‌ای هدف ۲
۱	زمین	۶۹۷۵	=	۶۹۷۵	۰	۵۷۰۸/۲	۸۷۱۳/۰۸	-۸۳۹۲۸/۵۹	۳۰۸۷/۱۵
۲	کود	۳۱۷۲۱۹۵	<=	۳۱۷۲۱۹۵	۰	۱۹۱۱۱۵۳	۳۹۲۳۸۳۲	۷۲۰/۱۸	۲۸/۳۶
۳	نیرویکار	۴۵۱۸۱۱/۴۱	<=	۴۵۱۸۱۱/۴۱	۰	۴۰۲۸۷۹/۳۴	۱۵۲۱۸۰۱/۷۵	۴۷۷/۱	۶۰/۷۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

(۱۰). برنامه‌ریزی کسری[1] یکی از این مدلهای برنامه‌ریزی می‌باشد. این نوع برنامه‌ریزی، عمومی‌ترین روش در برنامه‌ریزی ریاضی و ادبیات تحقیق در عملیات[2] می‌باشد که شامل مدلهایی است که اهداف آنها خارج قسمت دوتابع می‌باشند. سناریوهایی که می‌توان تکنیک برنامه‌ریزی کسری را به کاربرد دقیقاً همان سناریوهایی هستند که برنامه‌ریزی‌خطی و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاری[3] MCDM مانند برنامه‌ریزی هدف چندگانه MOP[4] و برنامه‌ریزی هدف در مورد آنها استفاده می‌شوند. این سناریوها بیشتر مربوط به مباحث طرح‌ریزی کشاورزی – اکوسیستم و مدیریت منابع می‌باشد(۱۱).

اگر:

x: بردار متغیرهای تصمیم باشد که معمولاً در برنامه‌ریزی ریاضی تعریف می‌گردد،

X: مجموعه جوابهای ممکن[5] برای حل مسأله است. بنابراین ساختار ریاضی یک برنامه کسری را می‌توان به این صورت فرمول -۱ نوشت :

Archive of SID
www.SID.ir

$$Maximise: r(x) = \frac{n(x)}{d(x)} \qquad (1)$$
$$s.t: \quad x \in X \quad x \geq 0$$

فرض کنیم که d(x) در X مثبت باشد در این حالت وقتی مجموعه X یک چندوجهی غیرتهی باشد و به زیر مجموعه Rn محدود گردد، می‌توان آنرا به عنوان یک قیدخطی درنظرگرفت. در این حالت مسألهٔ (۱) به صورت فرمول ۲ درمی‌آید:

$$Maximise: r(x) = \frac{n(x)}{d(x)} \qquad (2)$$
$$s.t: \quad A(x) \leq C \quad x \geq 0$$

که A می‌تواند یک ماتریس واقعی $n * m$ می‌باشد و $C \in \Re_m$.

یکی از اهـداف ما در این مطالعه، معرفی تکنیک برنامه‌ریزی کسـری به عنوان یک ابزار برای مدیریت سیسـتمهای کشاورزی است. برنامه‌ریزی

جدول ۶: حل مدل برنامه‌ریزی کسری در راندمان ۳۵ درصد با فرض وجود محصولات استراتژیک (گندم، سیب‌زمینی، ذرت و جو)

	سطح هدف	متغیر تصمیم	جواب	هزینهٔ واحد یا سود	سهم کل	هزینهٔ کاهش‌یافته	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)	
۱	درآمد ناخالص	ذرت	۱۴۵	۳۵۴۷۰۴	۵۱۴۳۲۰۸۰	۰	M	M	
۲	درآمد ناخالص	جو	۱۲۵۰	۵۴۴۷۹	۶۸۰۹۸۷۵۲	۰	M	M	
۳	درآمد ناخالص	خیار	۰	۴۰۴۱۲	۰	-۱۵۱۸۱۷/۴۲	M	۱۹۲۲۲۹/۴۲	
۴	درآمد ناخالص	سیب‌زمینی	۵۸۰	۴۰۳۰۶۰	۲۳۳۷۷۴۸۰۰	۰	M	M	
۵	درآمد ناخالص	عدس	۵۸۹/۷۴	۱۳۰۸۳۵	۷۷۱۵۸۹۳۶	۰	۸۷۵۸۲/۵۳	۳۴۱۸۵۲	
۶	درآمد ناخالص	گندم	۴۲۰۰	۸۵۴۱۱	۳۵۸۷۲۶۲۰۸	۰	M	M	
۷	درآمد ناخالص	گوجه‌فرنگی	۲۱۰/۲۶	۳۴۱۸۵۲	۷۱۸۷۷۰۰۸	۰	۱۳۰۸۳۵	۹۹۲۷۳۹/۳۱	
۸	درآمد ناخالص	نخود	۰	۹۲۴۵۸	۰	-۴۲۴۲۳/۱۳	M	۱۳۴۸۸۱/۱۳	
۹	آب	ذرت	۱۴۵	۲۳۰۸۶	۳۳۴۷۴۷۰	۰	M	M	
۱۰	آب	جو	۱۲۵۰	۱۲۲۸۶	۲۰۳۵۷۵۰۰	۰	M	M	
۱۱	آب	خیار	۰	۱۲۶۰۰	۰	-۶۹۴۱/۸۳	M	M	
۱۲	آب	سیب‌زمینی	۵۸۰	۲۶۹۱۴	۱۵۶۱۰۱۲۰	۰	M	M	
۱۳	آب	عدس	۵۸۹/۷۴	۱۳۴۵۷	۷۹۳۶۱۶۲/۵	۰	M	M	
۱۴	آب	گندم	۴۲۰۰	۱۶۲۸۶	۶۸۴۰۱۲۰۰	۰	M	M	
۱۵	آب	گوجه‌فرنگی	۲۱۰/۲۶	۳۴۳۷۱	۷۲۲۶۷۶۶/۵	۰	M	M	
۱۶	آب	نخود	۰	۱۲۶۲۸	۰	-۱۲۳۰/۰۱	M	M	
	هدف حداکثر مقدار درآمد ناخالص				۸۶۱/۰۶۷/۷۷۶/۰۰	شاخص پایداری	۷		
	هدف حداقل مقدار آب				۱۲۲/۸۷۹/۲۱۶/۰۰				
	محدودیت	طرف سمت چپ	جهت	طرف سمت راست	کمبود یا مازاد	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	قیمت سایه‌ای هدف ۱	قیمت سایه‌ای هدف ۲
۱	زمین	۶۹۷۵	<=	۶۹۷۵	۰	۶۴۶۲/۹۸	۷۷۵۶/۳۴	۹۸۸۰۳/۱۳	۱۰۲۸۲/۳
۲	کود	۲۹۷۳۹۴۴/۲۵	<=	۳۱۷۲۱۹۵	۱۹۸۲۵۰/۷۷	۲۹۷۳۹۴۴/۲۵	M	۰	۰
۳	نیروی کار	۴۵۱۸۱۱/۴۱	<=	۴۵۱۸۱۱/۴۱	۰	۳۸۸۶۵۰	۶۲۸۹۷۰	۷۰۲/۴۵	۶۹/۶۲
۴	ذرت	۱۴۵	=	۱۴۵	۰	۰	۷۷۵/۴۶	۲۱۰۲۴۱/۴۱	۸۲۷۸/۳۶
۵	جو	۱۲۵۰	=	۱۲۵۰	۰	۰	۱۸۵۳/۶۱	-۸۱۲۰۲/۹۴	۲۳۴۸/۶۲
۶	سیبزمینی	۵۸۰	=	۵۸۰	۰	۰	۸۷۳/۷۷	۲۳۸۲۲۶/۲۵	۱۰۰۸۷/۳۷
۷	گندم	۴۲۰۰	=	۴۲۰۰	۰	۰	۴۸۰۴/۶۴	-۵۰۶۲۲/۱۶	۲۳۱۳/۸۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

www.SID.ir

کسری، می‌تواند یک راه منطقی در مورد مسائل مربوط به پایداری سیستمها باشد(۱۱).

نتایج و بحث

مدل‌بندی برنامه‌ریزی ریاضی برای تعیین میزان مصرف بهینهٔ آب از دید پایداری ومحاسبهٔ شاخصهای پایداری

بر اساس مطالعات صورت گرفته برای محاسبه و نظارت بر مبحث پایداری بایستی ابتدا نسبتهایی را به عنوان شاخص مورد نظر قرار داد و سپس این نسبتها را در وضعیتهای مختلف و روندهای گوناگون محاسبه نمود تا تغییرات آنها را به عنوان حرکت به سوی پایداری و یا ناپایداری مورد ارزیابی قرار داد. انتخاب این شاخص‌ها می‌تواند بر اساس شاخص‌های موجود در مطالعات انجام گرفته باشد. به عنوان مثال یکی از شاخص‌هایی که به وسیلهٔ MAF در مورد بحث آبیاری توصیه شده است، سود هر واحد آب استفاده شده (واحد پول به مترمکعب) می‌باشد. از دیگر مسایلی که در مورد مبحث آبیاری در بخش کشاورزی از اهمیت به سزایی برخوردار است، تأثیر افزایش راندمانهای آبیاری بر روی شاخص‌های آبیاری و میزان ذخیرهٔ آب می‌باشد. یکی دیگر از مسایل مورد بررسی در مبحث پایداری توجه به سیاستهای دولت در جهت پایداری و یا عدم پایداری می‌باشد.

لذا در جهت رسیدن به این هدف، دشت کرمان به عنوان پیلوت تحقیق انتخاب گردید. برمبنای مطالعات میدانی صورت گرفته در دشت کرمان، تناوبهای موجود در مناطق مختلف این دشت به گونه‌ای است که می‌توان آن را به سه ناحیهٔ مجزا تفکیک نمود. این نواحی هر کدام دارای محصولاتی هستند که از نظر نیاز آبی تا اندازه‌ای با یکدیگر تفاوت دارند. پس از تفکیک این دشت به سه ناحیه، با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و ریاضی، در این مقاله تلاش خواهد شد شاخصهایی برای پایداری در راندمانهای مختلف و در سیاستهای گوناگون در ناحیهٔ اول محاسبه گردد.

نظر به محدودبودن ذخیرهٔ سفره‌های آب زیرزمینی در این منطقه، هدف ما این است که با توجه به الگوی کشت رایج در هر یک از مناطق دشت کرمان، مقدار آب مورد نیاز برای هر الگوی کشت را با توجه به راندمان موجود در منطقه محاسبه نماییم. لذا با توجه به اینکه راندمان غالب در این منطقه ۳۵ درصد است، این راندمان را به عنوان یکی از راندمان‌های مورد بررسی و همچنین راندمان ۷۵ درصد را بعنوان راندمان شاهد درنظر می‌گیریم:

راندمان ۳۵ درصد

الف- برنامه‌ریزی کالیبره

هدف ما در این بخش محاسبهٔ میزان آب مورد نیاز برای الگوی کشت ناحیهٔ اول با توجه به راندمان ۳۵ درصد در آبیاری می‌باشد.

- مسألهٔ برنامه‌ریزی کالیبره با راندمان ۳۵ درصد

$$\max .GM :$$

$$354704x_1+54479x_2+40412x_3+403060x_4+130835x_5+85410x_6+33371x_7+12628x_8$$

$$S.t :$$

$$1)x_1 \le 145$$
$$2)x_2 \le 1250$$
$$3)x_3 \le 75$$
$$4)x_4 \le 580$$
$$5)x_5 \le 105$$
$$6)x_6 \le 4200$$
$$7)x_7 \le 180$$
$$8)x_8 \le 440$$

$$9)23086x_1+16286x_2+12600x_3+26914x_4+13457x_5+16286x_6+34371x_7+12628x_8-w \le 0$$

$$10)566x_1+363.36x_2+585x_3+958x_4+268x_5+392.35x_6+362x_7+671x_8-f \le 0$$

$$11)65x_1+52.5x_2+133x_3+94x_4+45.6x_5+53x_6+346x_7+51.36x_8-l \le 0$$

تابع هدف: حداکثر کردن درآمد ناخالص

تعریف متغیرها: x_1: ذرت، x_2: جو، x_3 خیار، x_4: سیب‌زمینی، x_5: عدس، x_6: گندم، x_7: گوجه‌فرنگی، x_8: نخود، w آب،f کود، l نیروی‌کار

تعریف محدودیتها: محدویت ۱تا۸: محدودیت زمین، محدودیت ۹: محدودیت آب، محدودیت ۱۰: محدودیت کود،محدودیت ۱۱: محدودیت نیروی انسانی

نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی کالیبره بیانگر این مطلب است که با الگوی فعلی کشت در ناحیهٔ اول، میزان آب موجود در راندمان ۳۵ درصد ۱۲۱۸۱۷۴۰۰ مترمکعب می‌باشد.

ب- مسألهٔ برنامه‌ریزی خطی با استفاده از مقادیر برنامه‌ریزی کالیبره در راندمان ۳۵ درصد

پس از حل مدل کالیبره، مقادیر لازم آب، کود و نیروی کار برای ناحیهٔ ۱ به دست آمدند. با قراردادن این مقادیر در مسألهٔ برنامه‌ریزی خطی به عنوان محدودیت، در پی آن هستیم که الگوی کشت بهینه برای حداکثر نمودن سود را بدون توجه به آب بدست آوریم.

$$\max .GM = 354704x_1+54479x_2+40412x_3+403060x_4+130835x_5+85410x_6+33371x_7+12628x_8$$

$$S.t :$$

$$1)x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8 \le 6975$$

$$2)23086x_1+16286x_2+12600x_3+26914x_4+13457x_5+16286x_6+34371x_7+12628x_8 \le 121817400$$

$$3)566x_1+363.36x_2+585x_3+958x_4+268x_5+392.35x_6+362x_7+671x_8 \le 3172195$$

$$4)65x_1+52.5x_2+133x_3+94x_4+45.6x_5+53x_6+346x_7+51.36x_8 \le 451811$$

تابع هدف:حداکثر کردن درآمد ناخالص

تعریف متغیرها: x_1: ذرت، x_2: جو، x_3 خیار، x_4: سیب‌زمینی، x_5: عدس، x_6: گندم، x_7: گوجه‌فرنگی، x_8: نخود،

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷: حل مسألهٔ برنامه‌ریزی کالیبره با راندمان ۷۵ درصد

	متغیر تصمیم	جواب	هزینهٔ واحد یا سود	سهم کل	هزینهٔ کاهش‌یافته	وضعیت پایه‌ای	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
۱	ذرت	۱۴۵	۳۵۴۷۰۴	۵۱۴۳۲۰۸۰	۰	basic	۰	M
۲	جو	۱۲۵۰	۵۴۴۷۹	۶۸۰۹۸۷۵۰	۰	basic	۰	M
۳	خیار	۷۵	۴۰۴۱۲	۳۰۳۰۹۰۰	۰	basic	۰	M
۴	سیب‌زمینی	۵۸۰	۴۰۳۰۶۰	۲۳۳۷۷۴۸۰۰	۰	basic	۰	M
۵	عدس	۱۰۵	۱۳۰۸۳۵	۱۳۷۳۷۶۸۰	۰	basic	۰	M
۶	گندم	۴۲۰۰	۸۵۴۱۰/۸۳	۳۵۸۷۲۵۵۰۰	۰	basic	۰	M
۷	گوجه‌فرنگی	۱۸۰	۳۳۳۷۱	۶۰۰۶۷۸۰	۰	basic	۰	M
۸	نخود	۴۴۰	۱۲۶۲۸	۵۵۵۶۳۲۰	۰	basic	۰	M
۹	آب	۵۶۸۴۱۶۰۰	۰	۰	۰	basic	-۲/۰۸۰۵	۰
۱۰	کود	۳۱۷۲۱۹۵	۰	۰	۰	basic	-۱۸/۸۱۹۷	۰
۱۱	نیروی‌کار	۴۵۱۸۱۱/۴	۰	۰	۰	basic	-۹۶/۴۴۸	۰
		حداکثر تابع هدف		۷۴۰۳۶۲۸۰۰				
	محدودیت	سمت چپ	جهت	سمت راست	کمبود یا مازاد	قیمت سایه‌ای	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
۱	زمین ذرت	۱۴۵	<=	۱۴۵	۰	۳۵۴۷۰۴	۰	M
۲	زمین جو	۱۲۵۰	<=	۱۲۵۰	۰	۵۴۴۷۹	۰	M
۳	زمین خیار	۷۵	<=	۷۵	۰	۴۰۴۱۲	۰	M
۴	زمین سیب‌زمینی	۵۸۰	<=	۵۸۰	۰	۴۰۳۰۶۰	۰	M
۵	زمین عدس	۱۰۵	<=	۱۰۵	۰	۱۳۰۸۳۵	۰	M
۶	زمین گندم	۴۲۰۰	<=	۴۲۰۰	۰	۸۵۴۱۰/۸۳	۰	M
۷	زمین گوجه‌فرنگی	۱۸۰	<=	۱۸۰	۰	۳۳۳۷۱	۰	M
۸	زمین نخود	۴۴۰	<=	۴۴۰	۰	۱۲۶۲۸	۰	M
۹	آب	۰	<=	۰	۰	۰	M	۵۶۸۴۱۶۰۰
۱۰	کود	۰	<=	۰	۰	۰	M	۳۱۷۲۱۹۵
۱۱	نیروی‌کار	۰	<=	۰	۰	۰	M	۴۵۱۸۱۱/۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

تعریف محدودیتها: محدویت ۱: محدودیت زمین؛محدودیت ۲: محدودیت آب؛محدودیت ۳: محدودیت کود؛محدودیت ۴: محدودیت نیروی‌انسانی

نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی خطی نشان می‌دهد که الگوی کشت بهینه برای بدست آوردن حداکثر سود، ۵۲۷۷ هکتار ذرت می‌باشد که با این مقدار کشت ذرت ۱۸۷۱۶۵۹۰۰۰ تومان سود حاصل می‌گردد. این در حالی است که به دست‌آوردن این مقدار سود باعث مصرف کل آب موجود در منطقه می‌گردد زیرا نهادهٔ آب، نهادهٔ محدودکنندهٔ ما برای کسب حداکثر سود می‌باشد.

ج- مدل برنامه‌ریزی کسری با راندمان ۳۵٪

هدف ما در این قسمت این است که همزمان با حداکثر نمودن سود، میزان آب مصرفی را نیز حداقل نماییم. به این خاطر از مدل برنامه‌ریزی کسری استفاده می‌نماییم. مدل برنامه‌ریزی کسری با راندمان ۳۵ درصد به صورت زیر فرموله می‌گردد:

$$Max: \left\{\frac{35470x_1+54479x_2+40412x_3+403060x_4+130835x_5+85410x_6+341852x_7+92458x_8}{23086x_1+16286x_2+12600x_3+26914x_4+13457x_5+16286x_6+34371x_7+12628x_8}\right\}$$

$$S.t:$$

$$1)x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8 \le 6975$$

$$2)566x_1+363.36x_2+585x_3+958x_4+288x_5+392.35x_6+362x_7+671x_8 \le 3172195$$

$$3)65x_1+52.5x_2+133x_3+94x_4+45.6x_5+53x_6+346x_7+51.36x_8 \le 451811$$

www.SID.ir

تابع هدف: کارا نمودن نسبت درآمدناخالص به استفاده از آب

تعریف متغیرها: x_1: ذرت، x_2: جو، x_3 خیار، x_4: سیب‌زمینی، x_5: عدس، x_6: گندم، x_7: گوجه‌فرنگی، x_8: نخود،

تعریف محدودیت‌ها: محدویت ۱: محدودیت زمین؛ محدودیت ۲: محدودیت کود؛ محدودیت ۳: محدودیت نیروی‌انسانی

هدف ازبرآورد برنامه‌ریزی کسری، محاسبهٔ شاخص پایداری استفاده ازآب در سطح راندمان ۳۵ درصد می‌باشد.

نتایج حاصل از حل مسألهٔ برنامه‌ریزی کسری در راندمان ۳۵ درصد نشان داد که با الگوی کشت ذرت و گوجه‌فرنگی در این منطقه، شاخص پایداری (نسبت درآمد ناخالص به استفاده از آب) دراین راندمان برابر با ۱۵ می‌باشد. همانطور که از جدول مشخص است، در این نسبت کشت، میزان زمین ما مازاد است (به اندازهٔ ۱۲۶۶/۸ هکتار).

سیاست اول: فرض می‌نماییم که سیاست دولت این است که از تمام زمین موجود درمنطقه استفاده نماید (در راندمان ۳۵ درصد)

$$S.t:$$

$$1)x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8=6975$$

$$2)566x_1+363.36x_2+585x_3+958x_4+268x_5+392.35x_6+362x_7+671x_8\le 3172195$$

$$3)65x_1+52.5x_2+133x_3+94x_4+45.6x_5+53x_6+346x_7+51.36x_8\le 451811$$

بر اساس یافته‌های جدول، درصورت استفاده از همهٔ زمین موجود مقدارشاخص پایداری از ۱۵ به ۱۳/۷۸ کاهش می‌یابد. ضمن اینکه با استفاده از همهٔ زمین موجود علاوه بر ذرت و گوجه‌فرنگی، عدس نیز به الگوی کشت ما اضافه خواهد شد.

سیاست دوم: فرض می‌نماییم سیاست دولت این است که محصولات اساسی مانند گندم، سیب‌زمینی، ذرت و جو به اندازهٔ الگوی کشت فعلی در مدل وجود داشته باشند.

$$\text{Min}:\left\{\frac{35470x_1+54479x_2+40412x_3+403060x_4+130835x_5+85410x_6+341852x_7+92458x_8}{23086x_1+16286x_2+12600x_3+26914x_4+13457x_5+16286x_6+34371x_7+12628x_8}\right\}$$

جدول ۸: حل مدل برنامه‌ریزی خطی با توجه به نتایج مدل کالیبره با راندمان ۷۵ درصد

	متغیر تصمیم	جواب	هزینهٔ واحد یا سود	سهم کل	هزینهٔ کاهش‌یافته	وضعیت پایه‌ای	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
۱	ذرت	۵۲۹۵/۹۷	۳۵۴۷۰۴	۱۸۷۸۵۰۰۰۰۰	۰	basic	۳۴۴۴۳۰/۲	M
۲	جو	۰	۵۴۴۷۹	۰	-۱۹۶۶۸۵/۷	at bound	M	۲۵۱۱۶۴/۷
۳	خیار	۰	۴۰۴۱۲	۰	-۱۵۳۹۱۰/۱	at bound	M	۱۹۴۳۲۲/۱
۴	سیب‌زمینی	۰	۴۰۳۰۶۰	۰	-۱۲۰۲۲/۶۷	at bound	M	۴۱۵۰۸۲/۷
۵	عدس	۰	۱۳۰۸۳۵	۰	-۷۶۷۰۶/۳۴	at bound	M	۲۰۷۵۴۱/۳
۶	گندم	۰	۸۵۴۱۰/۸۳	۰	-۱۶۵۷۵۳/۸	at bound	M	۲۵۱۱۶۴/۷
۷	گوجه‌فرنگی	۰	۳۳۳۷۱	۰	-۴۹۶۷۱۸/۷	at bound	M	۵۳۰۰۸۹/۶
۸	نخود	۰	۱۲۶۲۸	۰	-۱۸۲۱۲۳/۸	at bound	M	۱۹۴۷۵۱/۸
		حداکثر تابع هدف		۱۸۷۱۶۵۹۰۰۰				
	محدودیت	سمت چپ	جهت	سمت راست	کمبود یا مازاد	قیمت سایه‌ای	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
۱	زمین	۵۲۹۵/۹۷	<=	۶۹۷۵	۱۶۷۹/۰۳	۰	۵۲۹۵/۹۷	M
۲	آب	۵۶۸۴۱۶۰۰	<=	۵۶۸۴۱۶۰۰	۰	۳۳/۰۴۸	۰	۶۰۱۵۴۰۱۰
۳	کود	۲۹۹۷۵۱۷	<=	۳۱۷۲۱۹۵	۱۷۴۶۷۸/۴	۰	۲۹۹۷۵۱۷	M
۴	نیروی کار	۳۴۴۲۳۷/۸	<=	۴۵۱۸۱۱/۴	۱۰۷۵۷۳/۶	۰	۳۴۴۲۳۷/۸	M

مأخذ: یافته‌های تحقیق

د- برنامه‌ریزی کسری در راندمان ۳۵ درصد
با فرض استفاده از همهٔ زمین موجود

$$\text{Min}:\left\{\frac{35470x_1+54479x_2+40412x_3+403060x_4+130835x_5+85410x_6+341852x_7+92458x_8}{23086x_1+16286x_2+12600x_3+26914x_4+13457x_5+16286x_6+34371x_7+12628x_8}\right\}$$

$$S.t:$$

$$1)x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8=6975$$

$$2)566x_1+363.36x_2+585x_3+958x_4+268x_5+392.35x_6+362x_7+671x_8\le 3172195$$

$$3)65x_1+52.5x_2+133x_3+94x_4+45.6x_5+53x_6+346x_7+51.36x_8\le 451811$$

Archive of SID
www.SID.ir

$$4)x_1 = 145$$
$$5)x_2 = 1250$$
$$6)x_4 = 580$$
$$7)x_5 = 4200$$

همانطور که مشخص است با اعمال این سیاست مقدار شاخص پایداری به عدد ۷ می‌رسد. در این الگوی کشت، میزان مصرف آب ۱۲۲۸۷۹۲۱۶ مترمکعب می‌باشد. در این حالت، الگوی کشت ما شامل ذرت، جو، سیب‌زمینی، عدس، گندم و گوجه‌فرنگی می‌باشد.

راندمان ۷۵٪

الف- برنامه‌ریزی کالیبره با راندمان ۷۵درصد

هدف ما در این بخش محاسبهٔ میزان آب مورد نیاز برای الگوی کشت ناحیهٔ اول با توجه به راندمان ۷۵ درصد در آبیاری می‌باشد.
مسألهٔ برنامه‌ریزی کالیبره با راندمان ۷۵درصد

$$\max .GM = 354704x_1 + 54479x_2 + 40412x_3 + 403060x_4 + 130835x_5 + 85410x_6 + 33371x_7 + 12628x_8$$

$$S.t:$$
$$1)x_1 \le 145$$
$$2)x_2 \le 1250$$
$$3)x_3 \le 75$$
$$4)x_4 \le 580$$
$$5)x_5 \le 105$$
$$6)x_6 \le 4200$$
$$7)x_7 \le 180$$
$$8)x_8 \le 440$$
$$9)10733x_1 + 7600x_2 + 5880x_3 + 12560x_4 + 6280x_5 + 7600x_6 + 16040x_7 + 5893x_8 - w \le 0$$
$$3)566x_1 + 363.36x_2 + 585x_3 + 958x_4 + 268x_5 + 392.35x_6 + 362x_7 + 671x_8 \le 3172195$$
$$4)65x_1 + 52.5x_2 + 133x_3 + 94x_4 + 45.6x_5 + 53x_6 + 346x_7 + 51.36x_8 \le 451811$$

تابع هدف: حداکثر کردن درآمد ناخالص

تعریف متغیرها: x_1: ذرت، x_2: جو، x_3 خیار، x_4: سیب‌زمینی، x_5: عدس، x_6: گندم، x_7: گوجه‌فرنگی، x_8: نخود، w آب،f کود، l نیروی‌کار

تعریف محدودیتها: محدودیت۱تا۸ : محدودیت زمین،محدودیت ۹: محدودیت آب، محدودیت ۱۰: محدودیت کود، محدودیت ۱۱: محدودیت نیروی‌انسانی

نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی کالیبره بیانگر این مطلب است که با الگوی فعلی کشت در ناحیهٔ اول، میزان آب مورد نیاز در راندمان ۷۵ درصد ۵۰۸۴۱۶۰۰ مترمکعب می‌باشد.

ب- مسألهٔ برنامه‌ریزی خطی با استفاده از مقادیر برنامه‌ریزی کالیبره در راندمان ۷۵ درصد

پس از حل مدل کالیبره، مقادیر لازم آب، کود و نیروی کار برای ناحیهٔ ۱ بدست آمدند. با قراردادن این مقادیر در مسألهٔ برنامه‌ریزی خطی به عنوان محدودیت، در پی آن هستیم که الگوی کشت بهینه برای حداکثر نمودن سود را بدون توجه به آب بدست آوریم.

$$\max .GM = 354704x_1 + 54479x_2 + 40412x_3 + 403060x_4 + 130835x_5 + 85410x_6 + 33371x_7 + 12628x_8$$

$$S.t:$$
$$1)x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 \le 6975$$
$$2)10733x_1 + 7600x_2 + 5880x_3 + 12560x_4 + 6280x_5 + 7600x_6 + 16040x_7 + 5893x_8 \le 50841600$$
$$3)566x_1 + 363.36x_2 + 585x_3 + 958x_4 + 268x_5 + 392.35x_6 + 362x_7 + 671x_8 \le 3172195$$
$$4)65x_1 + 52.5x_2 + 133x_3 + 94x_4 + 45.6x_5 + 53x_6 + 346x_7 + 51.36x_8 \le 451811$$

تابع هدف: حداکثر کردن درآمد ناخالص

تعریف متغیرها: x_1: ذرت، x_2: جو، x_3 خیار، x_4: سیب‌زمینی، x_5: عدس، x_6: گندم، x_7: گوجه‌فرنگی، x_8: نخود،

تعریف محدودیتها: محدویت ۱: محدودیت زمین؛محدودیت ۲: محدودیت آب؛ محدودیت ۳: محدودیت کود؛محدودیت ۴: محدودیت نیروی‌انسانی

نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی خطی نشان می‌دهد که الگوی کشت بهینه برای بدست آوردن حداکثر سود، ۵۲۹۵ هکتار ذرت می‌باشد که با این مقدار کشت ذرت ۱۸۷۱۶۵۹۰۰۰ تومان سود حاصل می‌گردد. این در حالی است که بدست آوردن این مقدار سود باعث مصرف آبی به اندازهٔ ۵۶۸۴۱۶۰۰مترمکعب می‌گردد. در اینجا نهادهٔ آب، نهادهٔ محدودکنندهٔ ما برای کسب حداکثر سود می‌باشد.

ج- مدل برنامه‌ریزی کسری با راندمان ۷۵٪

هدف ما در این قسمت این است که همزمان با حداکثر نمودن سود، میزان آب مصرفی را نیز حداقل نماییم. به این خاطر از مدل برنامه‌ریزی کسری استفاده می‌نماییم. مدل برنامه‌ریزی کسری با راندمان ۳۵ درصد به صورت زیر فرموله می‌گردد:

$$\max: \left\{\frac{354704x_1 + 54479x_2 + 40412x_3 + 403060x_4 + 130835x_5 + 85410x_6 + 341852x_7 + 92458x_8}{10733x_1 + 7600x_2 + 5880x_3 + 12560x_4 + 6280x_5 + 7600x_6 + 16040x_7 + 5893x_8}\right\}$$

$$S.t:$$
$$1)x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 \le 6975$$
$$2)566x_1 + 363.36x_2 + 585x_3 + 958x_4 + 268x_5 + 392.35x_6 + 362x_7 + 671x_8 \le 3172195$$
$$3)65x_1 + 52.5x_2 + 133x_3 + 94x_4 + 45.6x_5 + 53x_6 + 346x_7 + 51.36x_8 \le 451811$$

تابع هدف: کارا نمودن نسبت درآمدناخالص به استفاده از آب

تعریف متغیرها: x_1: ذرت، x_2: جو، x_3 خیار، x_4: سیب‌زمینی، x_5: عدس، x_6: گندم، x_7: گوجه‌فرنگی، x_8: نخود،

تعریف محدودیتها: محدویت ۱: محدودیت زمین؛ محدودیت ۲: محدودیت کود؛ محدودیت ۳: محدودیت نیروی‌انسانی

هدف از برآورد برنامه‌ریزی کسری، محاسبهٔ شاخص پایداری استفاده از آب در سطح راندمان ۷۵ درصد می‌باشد.

نتایج حاصل از حل مسألهٔ برنامه‌ریزی کسری در راندمان ۷۵ درصد نشان داد که با الگوی کشت ذرت و گوجه‌فرنگی در این منطقه، شاخص پایداری (نسبت درآمد ناخالص به استفاده از آب) دراین راندمان برابر با ۳۲/۲ می‌باشد. همانطور که از جدول مشخص است، در این نسبت کشت میزان زمین ما مازاد است (به اندازهٔ ۱۲۶۶/۸هکتار).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۹: حل مدل برنامه‌ریزی کسری با راندمان ۷۵ درصد در ناحیهٔ ۱

	سطح هدف	متغیر تصمیم	جواب	هزینهٔ واحد یا سود	سهم کل	هزینهٔ کاهش‌یافته	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)	
۱	درآمد ناخالص	ذرت	۴۵۲۰/۷۳	۳۵۴۷۰۴	۱۹۲۲۷۵۳۴۰۸	۰	۲۵۸۱۴۰/۲۲	۵۳۴۴۹۷/۸۸	
۲	درآمد ناخالص	جو	۰	۵۴۴۷۹	۰	-۱۷۷۳۰۲/۱۳	M	۲۳۱۷۸۱/۱۳	
۳	درآمد ناخالص	خیار	۰	۴۰۴۱۲	۰	-۳۵۱۰۶۰/۵۶	M	۳۹۱۴۷۲/۵۶	
۴	درآمد ناخالص	سیب‌زمینی	۰	۴۰۳۰۶۰	۰	-۱۹۱۲۵۴/۳۴	M	۵۹۴۳۱۴/۳۸	
۵	درآمد ناخالص	عدس	۰	۱۳۰۸۳۵	۰	-۴۲۷۱۵/۶۸	M	۱۷۳۵۵۰/۶۹	
۶	درآمد ناخالص	گندم	۰	۸۵۴۱۱	۰	-۱۶۳۴۶۹/۰۶	M	۲۴۸۸۸۰/۰۶	
۷	درآمد ناخالص	گوجه‌فرنگی		۳۴۱۸۵۲	۹۸۲۷۱۷۴۴	۰	۲۲۶۸۶۰/۱۶	۱۸۸۸۱۱۶/۸۸	
۸	درآمد ناخالص	نخود	۰	۹۲۴۵۸	۰	-۳۱۸۳۴۰/۹۱	M	۴۱۰۷۹۸/۹۱	
۹	آب	ذرت		۱۰۷۳۳	۵۸۱۸۰۶۶۰	۰	M	M	
۱۰	آب	جو	۰	۷۶۰۰	۰	۳۸۴/۹۹	M	M	
۱۱	آب	خیار	۰	۵۸۸۰	۰	-۷۱۹۷/۰۵	M	M	
۱۲	آب	سیب‌زمینی	۰	۱۲۵۶۰	۰	-۵۱۲۳/۶۸	M	M	
۱۳	آب	عدس	۰	۶۲۸۰	۰	۷۵۱/۱۹	M	M	
۱۴	آب	گندم	۰	۷۶۰۰	۰	-۷۹/۴۷	M	M	
۱۵	آب	گوجه‌فرنگی		۱۶۰۴۰	۴۶۱۰۹۹۸	۰	M	M	
۱۶	آب	نخود	۰	۵۸۹۳	۰	-۶۰۵۶/۵۶	M	M	
	حداکثر مقدار هدف درآمد ناخالص				۲۰۲۱۰۲۵۱۵۲	نسبت دو مقدار (شاخص پایداری)	۳۲/۲		
	حداقل مقدار هدف آب				۶۲۷۹۱۶۵۶				
	محدودیت	طرف سمت چپ	جهت	طرف سمت راست	کمبود یا مازاد	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	قیمت سایه‌ای هدف ۱	قیمت سایه‌ای هدف ۲
۱	زمین	۵۷۰۸,۲	<=	۶۹۷۵	۱۲۶۶/۸	۵۷۰۸/۲	M	۰	۰
۲	کود	۳۱۷۲۱۹۵	<=	۳۱۷۲۱۹۵	۰	۴۷۲۷۰۴/۲۵	۳۹۳۴۲۳۴/۷۵	۵۸۳/۳۱	۱۵/۵
۳	نیروی کار	۴۵۱۸۱۱/۳۸	<=	۴۵۱۸۱۱/۴۱	۰	۳۶۴۲۹۸	۱۵۲۱۸۰۱/۷۵	۳۷۷/۷۳	۳۰/۱۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

د- سیاست اول: فرض می‌نماییم که سیاست دولت این است که از تمام زمین موجود درمنطقه استفاده نماید (در راندمان ۷۵ درصد)

برنامه‌ریزی کسری در راندمان ۷۵ درصد با فرض استفاده از همهٔ زمین موجود

$$\text{Max}: \left\{ \frac{35470x_1 + 54479x_2 + 40412x_3 + 403060x_4 + 130835x_5 + 85410x_6 + 341852x_7 + 92458x_8}{10733x_1 + 7600x_2 + 5880x_3 + 12560x_4 + 6280x_5 + 7600x_6 + 16040x_7 + 5893x_8} \right\}$$

$$S.t:$$

$$1) x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 = 6975$$

$$2) 566x_1 + 363.36x_2 + 585x_3 + 958x_4 + 268x_5 + 392.35x_6 + 362x_7 + 671x_8 \le 3172195$$

$$4) 65x_1 + 52.5x_2 + 133x_3 + 94x_4 + 45.6x_5 + 53x_6 + 346x_7 + 51.36x_8 \le 451811$$

براســاس یافته‌های جدول، درصورت اســتفاده از همهٔ زمین به الگوی کشــت ما، عدس نیــز اضافه می‌گردد بــا وضعیت موجود، مقدار شــاخص پایداری از ۳۲/۲ به ۲۹/۶۱ کاهش می‌یابد.

ه- سیاست دوم: فرض می‌نماییم سیاست دولت این است که محصولات اساسی مانند گندم، سیب‌زمینی، ذرت و جو به اندازهٔ الگوی کشت فعلی در مدل وجود داشته باشند.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱۰: حل برنامه‌ریزی کسری در راندمان ۷۵ درصد با فرض استفاده از همهٔ زمین موجود

	سطح هدف	متغیر تصمیم	جواب	هزینهٔ واحد یا سود	سهم کل	هزینهٔ کاهش‌یافته	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)	
۱	درآمد ناخالص	ذرت	۴۳۱۹/۶۸	۳۵۴۷۰۴	۱۵۳۲۲۰۸۱۲۸	۰	۲۴۷۵۱۴/۷۸	۷۹۹۸۰۳/۸۱	
۲	درآمد ناخالص	جو	۰	۵۴۴۷۹	۰	-۱۴۸۳۲۴/۲۲	M	۲۰۲۸۰۳/۲۲	
۳	درآمد ناخالص	خیار	۰	۴۰۴۱۲	۰	-۳۶۰۴۱۸/۰۳	M	۴۰۰۸۰۳/۰۳	
۴	درآمد ناخالص	سیب‌زمینی	۰	۴۰۳۰۶۰	۰	-۲۴۷۷۸۹/۹۲	M	۶۵۰۸۴۹/۹۴	
۵	درآمد ناخالص	عدس	۲۴۸۹/۰۴	۱۳۰۸۳۵	۳۲۵۶۵۳۸۲۴	۰	۸۷۸۰۶-/۴۴	۳۱۸۰۵۳/۵۶	
۶	درآمد ناخالص	گندم	۰,۰۰	۸۵۴۱۱	۰	-۱۳۸۵۰۸/۷۸	M	۲۲۳۹۱۹/۷۸	
۷	درآمد ناخالص	گوجه‌فرنگی	۱۶۶/۲۸	۳۴۱۸۵۲	۵۶۸۴۲۱۰۸	۰	۲۰۱۴۵۱/۳۹	۳۵۹۷۳۴۲/۲۵	
۸	درآمد ناخالص	نخود	۰	۹۲۴۵۸	۰	-۳۳۱۳۵۷/۱۶	M	۴۲۳۸۱۵/۱۶	
۹	آب	ذرت	۴۳۱۹/۶۸	۱۰۷۳۳	۴۶۳۶۳۱۳۶	۰	M	M	
۱۰	آب	جو	۰	۷۶۰۰	۰	-۱۲۴/۶۱	M	M	
۱۱	آب	خیار	۰	۵۸۸۰	۰	-۷۰۳۲/۴۹	M	M	
۱۲	آب	سیب‌زمینی	۰	۱۲۵۶۰	۰	-۴۱۲۹/۴۶	M	M	
۱۳	آب	عدس	۲۴۸۹/۰۴	۶۲۸۰	۱۵۶۳۱۱۸۴	۰	M	M	
۱۴	آب	گندم	۰	۷۶۰۰	۰	-۵۱۸/۴۲	M	M	
۱۵	آب	گوجه‌فرنگی	۱۶۶/۲۸	۱۶۰۴۰	۲۶۶۷۰۸۲/۲۵	۰	M	M	
۱۶	آب	نخود	۰	۵۸۹۳	۰	-۵۸۲۷/۶۶	M	M	
	حداکثر مقدار هدف درآمد ناخالص				۱۹۱۴۷۰۴۰۰۰	نسبت دو مقدار (شاخص پایداری)	۲۹/۶۱		
	حداقل مقدار هدف آب				۶۴۶۶۱۴۰۴				
	محدودیت	طرف سمت چپ	جهت	طرف سمت راست	کمبود یا مازاد	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	قیمت سایه‌ای هدف ۱	قیمت سایه‌ای هدف ۲
۱	زمین	۶۹۷۵	=	۶۹۷۵	۰	۵۷۰۸/۲	۸۷۱۳/۰۸	-۸۳۹۲۸/۵۹	۱۴۷۵۹۵
۲	کود	۳۱۷۲۱۹۵	<=	۳۱۷۲۱۹۵	۰	۱۹۱۱۱۵۳	۳۹۲۳۸۳۲	۷۲۰/۱۸	۱۳/۰۹
۳	نیروی‌کار	۴۵۱۸۱۱/۴۱	<=	۴۵۱۸۱۱/۴۱	۰	۴۰۲۸۷۹/۳۴	۱۵۲۱۸۰۱/۷۵	۴۷۷/۱	۲۸/۳۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

$$S.t:$$

$$1)x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8=6975$$

$$2)566x_1+363.36x_2+585x_3+958x_4+268x_5+392.35x_6+362x_7+671x_8\le 3172195$$

$$4)65x_1+52.5x_2+133x_3+94x_4+45.6x_5+53x_6+346x_7+51.36x_8\le 451811$$

همانطور که مشخص است با اعمال این سیاست مقدار شاخص پایداری به عدد ۱۴ می‌رسد. در این الگوی کشت، میزان مصرف آب ۵۷۳۳۷۱۹۶ متر مکعب می‌باشد.

خلاصه و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از حل برنامه‌ها و سیاست‌های مختلف، در راندمانهای مختلف آبی در ناحیهٔ اول نشان می‌دهد که بدون اعمال هرگونه سیاست و تنها جهت بدست آوردن مقادیر کارایی از نسبتهای درآمد ناخالص به آب، شاخص پایداری برابر با ۱۵ می‌باشد. این شاخص در راندمان ۳۵٪ حاصل می‌گردد. در حالیکه اگر راندمان آبیاری را با استفاده از روشهای افزایش‌دهندهٔ راندمان (از جملهٔ آبیاری تحت فشار) به ۷۵٪ افزایش دهیم، مقدار این شاخص از ۱۵ به ۳۲/۲ افزایش می‌یابد. با توجه به این نکته

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱۱: حل مدل برنامه‌ریزی کسری در راندمان ۷۵ درصد با فرض وجود محصولات استراتژیک (گندم، سیب‌زمینی، ذرت و جو)

	سطح هدف	متغیر تصمیم	جواب	هزینهٔ واحد یا سود	سهم کل	هزینهٔ کاهش‌یافته	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)	
۱	درآمد ناخالص	ذرت	۱۴۵	۳۵۴۷۰۴	۵۱۴۳۲۰۸۰	۰	M	M	
۲	درآمد ناخالص	جو	۱۲۵۰	۵۴۴۷۹	۶۸۰۹۸۷۵۲	۰	M	M	
۳	درآمد ناخالص	خیار	۰	۴۰۴۱۲	۰	-۱۵۱۸۱۷/۴۲	M	۱۹۲۲۲۹/۴۲	
۴	درآمد ناخالص	سیب‌زمینی	۵۸۰	۴۰۳۰۶۰	۲۳۳۷۷۴۸۰۰	۰	M	M	
۵	درآمد ناخالص	عدس	۵۸۹/۷۴	۱۳۰۸۳۵	۷۷۱۵۸۹۳۶	۰	۸۷۵۸۲/۵۳	۳۴۱۸۵۲	
۶	درآمد ناخالص	گندم	۴۲۰۰	۸۵۴۱۱	۳۵۸۷۲۶۲۰۸	۰	M	M	
۷	درآمد ناخالص	گوجه‌فرنگی	۲۱۰/۲۶	۳۴۱۸۵۲	۷۱۸۷۷۰۰۸	۰	۱۳۰۸۳۵	۹۹۲۷۳۹/۳۱	
۸	درآمد ناخالص	نخود	۰	۹۲۴۵۸	۰	-۴۲۴۲۳/۱۳	M	۱۳۴۸۸۱/۱۳	
۹	آب	ذرت	۱۴۵	۱۰۷۳۳	۱۵۵۶۲۸۵	۰	M	M	
۱۰	آب	جو	۱۲۵۰	۷۶۰۰	۹۵۰۰۰۰	۰	M	M	
۱۱	آب	خیار	۰	۵۸۸۰	۰	-۳۲۳۹/۶۳	M	M	
۱۲	آب	سیب‌زمینی	۵۸۰	۱۲۵۶۰	۷۲۸۴۸۰۰	۰	M	M	
۱۳	آب	عدس	۵۸۹/۷۴	۶۲۸۰	۳۷۰۳۵۸۱/۷۵	۰	M	M	
۱۴	آب	گندم	۴۲۰۰	۷۶۰۰	۳۱۹۲۰۰۰۰	۰	M	M	
۱۵	آب	گوجه‌فرنگی	۲۱۰/۲۶	۱۶۰۴۰	۳۳۷۲۵۳۳	۰	M	M	
۱۶	آب	نخود	۰	۵۸۹۳	۰	-۵۷۴/۱۴	M	M	
				هدف حداکثر مقدار درآمد ناخالص	۸۶۱۰۶۷۷۷۶	شاخص پایداری	۱۴		
				هدف حداقل مقدار آب	۵۷۳۳۷۱۹۶				
	محدودیت	طرف سمت چپ	جهت	طرف سمت راست	کمبود یا مازاد	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	قیمت سایه‌ای هدف ۱	قیمت سایه‌ای هدف ۲
۱	زمین	۶۹۷۵	<=	۶۹۷۵	۰	۶۴۶۲/۹۸	۷۷۵۶/۳۴	۹۸۸۰۳/۱۳	۴۷۹۸/۴۶
۲	کود	۲۹۷۳۹۴۴/۲۵	<=	۳۱۷۲۱۹۵	۱۹۸۲۵۰/۷۷	۲۹۷۳۹۴۴/۲۵	M	۰	۰
۳	نیروی‌کار	۴۵۱۸۱۱/۴۱	<=	۴۵۱۸۱۱/۴۱	۰	۳۸۸۶۵۰	۶۲۸۹۷۰	۷۰۲/۴۵	۳۲/۴۹
۴	ذرت	۱۴۵	=	۱۴۵	۰	۰	۷۷۵/۴۶	۲۱۰۲۴۱/۴۱	۳۸۲۲/۶۹
۵	جو	۱۲۵۰	=	۱۲۵۰	۰	۰	۱۸۵۳/۶۱	-۸۱۲۰۲/۹۴	۱۰۹۵/۸۲
۶	سیب‌زمینی	۵۸۰	=	۵۸۰	۰	۰	۸۷۳/۷۷	۲۳۸۲۲۶/۲۵	۴۷۰۷/۴۸
۷	گندم	۴۲۰۰	=	۴۲۰۰	۰	۰	۴۸۰۴/۶۴	-۵۰۶۲۲/۱۶	۱۰۷۹/۵۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق

که صورت شاخص (درآمد ناخالص) بدون تغییر باقی مانده است، افزایش شاخص ناشی از کاهش در مخرج آن یعنی استفادهٔ کمتر از آب می‌باشد. حال اگر دولت یا مدیر سیاستی خاص را جهت الگوی کشت منطقه درنظر گرفت، در این حالت شاخص پایداری تفاوت می‌کند. به عنوان نمونه دولت تصمیم می‌گیرد که به دلایلی، کلیهٔ زمینهای کشاورزی منطقه تحت کشت قرار گیرند. در این‌صورت همانگونه که مشخص است، در راندمان ۳۵٪، شاخص پایداری ۱۳/۷۸ و در راندمان ۷۵٪، ۲۹/۶۱ می‌باشد. سیاست دیگری که دولت می‌تواند اعمال نماید این است که با توجه به نیاز کشور، برنامه‌ریزیهای انجام‌شده در زمینهٔ الگوی کشت بایستی به گونه‌ای باشد که محصولات استراتژیکی مانند گندم، جو، ذرت و سیب‌زمینی در این الگوی کشت وجود داشته باشد. اعمال این سیاست، منجر به کاهش شاخص پایداری شده است، به گونه‌ای که در راندمان ۳۵٪ این شاخص برابر با ۷ و در راندمان ۷۵٪، برابر با ۱۴ می‌باشد. نکتهٔ قابل توجه در کاهش این شاخص این است که صورت کسر ما یعنی درآمد ناخالص کاهش شدیدی در این سیاست داشته است. در حالی‌که مخرج کسر، یعنی مصرف آب، نیز کاهش داشته است که این امر نشان از کاهش مصرف آب با اجرای این سیاست

www.SID.ir

داشـــته است، گرچه شـــاخص پایداری نیز کاهش یافته است. در این حالت تصمیم‌گیری با سیاست‌گذاران و متخصصینی است که بایستی بین افزایش شـــاخص پایداری ناشی از افزایش درآمد و کاهش شاخص پایداری ناشی از کاهـــش درآمد و کاهش مصرف آب با توجه به میزان آب موجود در منطقه تصمیم‌گیری نمایند که این سیاستها در چارچوب برنامه‌های مختلف دولت می‌تواند تفاوت داشـــته باشد. به عنوان مثال اگر هدف برنامه‌های توسعه‌ای خودکفایـــی در زمینـــهٔ گندم باشـــد، می‌توان به نحوی طرح‌ریـــزی کرد که محصول گندم در همهٔ الگوهای کشت وجود داشته باشد.

به هرحال سیاســـتگذاران، بایســـتی به گونه‌ای برنامه‌ریـــزی نمایند که ضمن درنظرداشـــتن نیازهای برنامه‌ای، توجه خاصـــی نیز به حفظ و ارتقاء شاخصهای پایداری داشته باشند.

پاورقی ها

1-Fractional programming

2-Operational Research

3-Multi criteria Decision Making

4-Multiple objective programming

5-Feasible

منابع مورد استفاده

۱- پوســـتل، س. ۱۳۷۳، آخرین واحد، آب مایه حیات، ترجمه وهاب‌زاده و علیزاده، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

۲-ســـیدان، ه. ۱۳۸۰، صادرات آب یا آبرســـانی به مناطق خشک، نشریه خراسان، ۱۳۸۰/۳/۱۰.

۳ - فرشـــی، ع. ا و همـــکاران. ۱۳۷۶، برآورد آب مورد نیـــاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول، وزارت کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب نشر آموزش کشاورزی

۴-قاسم‌زاده مجاوری، ف. ۱۳۷۹، اقتصاد آب: پیش شرط اقتصاد سبز، اقتصاد سبز، سال اول، اردیبهشت ماه.

۵-کشـــاورز، ع. و صـــادق‌زاده، ک. ۱۳۸۰،مدیریت مصرف آب در بخش کشـــاورزی، نشریه شکرشکن، شماره۵۷: ۳۸-۳۲

۶-محمـــودی، س. ۱۳۷۸، مدیریت تقاضا و مدیریت تأمین و توســـعه منابع آب دو محور اساسی توسعه پایدار در بخش آب، آب و محیط زیست، شمارهٔ ۱۸، ۹-۶.

۷-وزارت جهاد کشـــاورزی، ۱۳۸۱، پرسشـــنامه هزینه تولید محصولات کشاورزی، اداره کل آمار و اطلاعات.

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

9-Boulding, K. E.1966;The economics of the coming spaceship earth,in Daly, Herman E. and Kenneth N. Townsend, eds. (1993), Valuing the Earth: Economics, Ecology, Ethics.

10- Lane, M. 1999, Environmentalism and Sustainability, University of Ausuin, Texas.

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

12-Milbraith, L.1989;Envisioning a sustainable future. Buffalo, New York: SUNY Press.

13-World Commission on Environment and Development.1987;Our common future. Oxford: Oxford University Press.

Archive of SID

www.SID.ir