Arch

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹
۱۶۳-۱۸۰
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.16875.3223

بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی (مطالعه موردی: حوضه آبریز قره‌سو)

مریم مفتاح‌هلقی[۱]، *خلیل قربانی[۲]، علی کرامت‌زاده[۳] و میثم سالاری‌جزی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰٤/۱٦؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٦/۲۳

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به رشد روزافزون تقاضای آب در بخش‌های مختلف ازیک‌طرف و کاهش بارش و عدم توازن مکانی و زمانی آن از طرف دیگر کمبود آب یکی از مشکلات اساسی کشاورزان مناطق مختلف است. برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی نیز موجب کاهش قابل‌توجه تراز سطح سفره‌های آب زیرزمینی می شود. برنامه‌ریزی جهت استفاده بهینه از منابع آب موجود با معرفی الگوی کشت مناسب با در نظر گرفتن سود حداکثری و مصرف حداقلی آب ضروری است. بنابراین در این پژوهش ضمن مقایسه دو روش برنامه‌ریزی خطی متعارف و برنامه‌ریزی آرمانی، الگوی کشت بهینه و میزان برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی در شهرستان‌های گرگان و کردکوی واقع در استان گلستان (که بخش اعظمی از آن‌ها در حوضه آبریز قره‌سو قرار گرفته است) ارایه شده است.

مواد و روش‌ها: حوضه آبریز قره‌سو واقع در استان گلستان به‌علت دارا بودن بخش مهمی از اراضی کشاورزی و هم‌چنین قطب مهم کشاورزی استان، به‌عنوان منطقه مطالعاتی در این پژوهش در نظر گرفته شده است. پس از تهیه اطلاعات مربوط به سطح زیرکشت، هزینه تولید و قیمت فروش محصولات عمده کشاورزی برآورد گردید. هم‌چنین نیاز خالص آبیاری با لحاظ راندمان آبیاری و با استفاده از نرم‌افزار NETWAT محاسبه شد. با استفاده از اطلاعات مربوط به پتانسیل برداشت آب زیرزمینی، الگوی کشت بهینه و میزان برداشت بهینه آب زیرزمینی با دو روش برنامه‌ریزی خطی متعارف و آرمانی با در نظر گرفتن محدودیت بازار فروش و هم‌چنین لحاظ کردن آرمان‌های افزایش سود و کاهش مصرف آب تعیین و با یکدیگر مقایسه گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با لحاظ الگوی کشت بهینه پیشنهادی حاصل از مدل برنامه‌ریزی خطی متعارف می‌توان مصرف آب را در دو شهرستان گرگان و کردکوی به‌ترتیب ۱۹/٦ و ۸/۸ درصد کاهش و سود حاصل از تولید محصولات کشاورزی را در شهرستان‌های گرگان و کردکوی به‌ترتیب ۱۲/٦ و ۱۰/٤ درصد افزایش داد. مدل برنامه‌ریزی خطی متعارف کاشت محصولاتی مانند گندم، برنج، سیب‌زمینی و ذرت علوفه‌ای را در شهرستان گرگان و

* مسئول مکاتبه: ghorbani.khalil@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

محصولات گندم، برنج، سویای بهاره دیم و پنبه تابستانه در شهرستان کردکوی را پیشنهاد می‌دهد درصورتی‌که مدل برنامه‌ریزی آرمانی، الگوی کشت بهینه را با افزایش ۵ درصد سود در هر دو شهرستان، همراه با کاهش ٤٦ و ٤٧ درصد مصرف آب به‌ترتیب در دو شهرستان گرگان و کردکوی ارائه می‌دهد. نتایج مدل برنامه‌ریزی آرمانی نشان داد که بیش‌ترین کشت در شهرستان گرگان باید گندم، برنج، گوجه‌فرنگی، کلزا و در شهرستان کردکوی گندم، برنج و سویای بهاره دیم باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج مدل برنامه‌ریزی خطی متعارف و آرمانی جهت معرفی الگوی کشت بهینه در شهرستان‌های گرگان و کردکوی نشان داد که الگوی فعلی کشت در وضعیت بهینه نیست. با استفاده از نتایج این پژوهش می‌توان مصرف آب را در دو شهرستان گرگان و کردکوی کاهش داد و این کاهش مصرف آب نه‌تنها با کاهش سود بلکه با افزایش سود در هر دو شهرستان نیز همراه خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: سطح زیرکشت، سود کشاورزی، مدیریت آب کشاورزی، نیاز آبیاری، نرم‌افزار LINGO

مقدمه

کمبود بارش و محدودیت منابع آب سطحی کشاورزان را ناگزیر به استفاده از منابع آب سطحی و زیرزمینی به‌صورت تلفیقی می‌کند (۲۰). برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به‌دلیل برهم زدن تعادل بین برداشت و تغذیه سبب تشدید افت تراز آب زیرزمینی می‌شود (۷). مقادیر برداشت یا پمپاژ فعلی از منابع در ماه‌های مختلف سال در منطقه ساوجبلاغ بیش‌تر از مقدار بهینه برداشت می‌باشد؛ بنابراین برای پرهیز از آسیب به سفره آب‌های زیرزمینی لازم است سیاست‌های مدیریت منابع آب و مدیریت عرضه و تقاضای آب با هم موردتوجه قرار گیرند (۲۱).

در مدیریت منابع آب تأمین آب بخش کشاورزی از اهمیت بیش‌تری نسبت به سایر بخش‌ها برخوردار است؛ بنابراین بهینه‌سازی الگوی کشت تأثیر زیادی بر مدیریت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی دارد (۱۷). یکی از روش‌های بهینه‌سازی الگوی کشت استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی نظیر برنامه‌ریزی خطی[1] متعارف، برنامه‌ریزی آرمانی و ... است.

برنامه‌ریزی خطی دارای یک هدف اولیه است که باید حداقل و یا حداکثر شود. در برنامه‌ریزی خطی امکان تخطی از محدودیت‌ها وجود ندارد (١٦). در نظر گرفتن تنها یک معیار برای تعیین استراتژی مطلوب از جمله ضعف‌های برنامه‌ریزی خطی می‌باشد که سبب ارائه رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی[2] به‌عنوان راه‌حل مناسب با در نظر گرفتن اهداف چندگانه مطرح گردید. این مدل به‌دلیل امکان دستیابی هم‌زمان به چندهدف بر مبنای اولویت از انعطاف‌پذیری بیش‌تری در تصمیم‌گیری‌های واقعی در واحدهای اقتصادی برخوردار است (٤، ١٢ و ١٤).

ایده برنامه‌ریزی آرمانی ابتدا توسط چارنز و کوپر (١٩٦١) و سپس توسط ایجیری (١٩٦٥) ارائه گردید ایجیری موضوع برنامه‌ریزی آرمانی را به تصمیم‌گیری‌های مالی و مدیریت کشاند. اس. ام. لی در دهه ۷۰ برنامه‌ریزی آرمانی را به عرصه مدیریت و علوم کاربردی وارد کرد (٦). در برنامه‌ریزی آرمانی یک آرمان مطرح شده و سعی می‌شود نتایج بهینه‌سازی به آن آرمان مشخص نزدیک شود (١٤).

1- Linear programming

2- Goal programming

www.SID.ir

Archive of SID

در حقیقت مفهوم پایه برنامه‌ریزی آرمانی این است که آیا آرمان مدنظر قابل‌دستیابی است یا خیر.

کرامت‌زاده و همکاران (۲۰۰٦) با استفاده مدل برنامه‌ریزی خطی ضمن تعیین الگوی کشت بهینه در اراضی پایین‌دست سد بارزوی شیروان به تعیین ارزش اقتصادی آب نیز پرداخته‌اند. در این مقاله با ارائه یک الگوی برنامه‌ریزی آرمانی به بهینه‌سازی روند تولیدات کشاورزی و تعیین ارزش اقتصادی آب در سه منطقه زیر سد بارزوی شیروان واقع در استان خراسان شمالی اقدام شده است. در این پژوهش ابتدا پنج هدف اساسی مشخص و پس از تعیین الگوی کشت بهینه، از طریق تحلیل حساسیت قیمت سایه‌ای آب به‌عنوان ارزش اقتصادی آب محاسبه شده است. براساس نتایج حاصله بالاترین و پایین‌ترین ارزش اقتصادی آب در ماه‌های مهر و فروردین به‌ترتیب معادل ۲۲۷۷ و ٥٦ ریال برآورد شده است (۱۳).

جعفری و همکاران (۲۰۰۸) به تعیین الگوی کشت مناسب به‌منظور مقابله با کم‌آبی و بحران آب در حوزه آبخیز رودخانه قره‌چای در محدوده استان همدان پرداختند و نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که الگوی بهینه در مقایسه با الگوی موجود به‌میزان ۸/۱٦ درصد ارزش‌افزوده اقتصادی بیش‌تر ایجاد کرده و به‌میزان ۳۸/۲۷ درصد آب کم‌تری مصرف می‌کند (۱۰).

ویوکاناندا و ویسواناتان (۲۰۰٦) به بهینه‌سازی الگوی کشت برای طرح آبیاری بارنا با استفاده از رویکردهای برنامه‌ریزی خطی و آرمانی پرداختند و سپس نتایج حاصل از این دو روش را با یکدیگر مقایسه کردند نتایج نشان داد که در روش برنامه‌ریزی آرمانی مقدار بازده خالص بیش‌تر و مصرف آب کم‌تر از روش برنامه‌ریزی خطی است؛ بنابراین بهترین روش بهینه‌سازی الگوی کشت رویکرد آرمانی است (۲۲).

میرکریمی و همکاران (۲۰۱٦) به مدیریت الگوی کشت محصولات زراعی با تأکید بر ملاحظات زیست‌محیطی پرداختند. در این پژوهش روش برنامه‌ریزی آرمانی برای تعیین الگوی بهینه کشت در یک مطالعه موردی در شهرستان آمل اجرا شد. نتایج حاصل نشان داد که به‌کارگیری روش برنامه‌ریزی آرمانی در بهینه‌سازی اهداف و تخصیص منابع بر الگوی کشت فعلی منطقه و همچنین الگوی کشت بهینه خطی برتری نسبی دارد (۱۵).

زارع مهرجردی و همکاران (۲۰۱۵) به کاربرد برنامه‌ریزی آرمانی در مدیریت تخصیص منابع آب در شهر یزد با استفاده از بسته نرم‌افزار WinQSB پرداختند. نشان دادند که با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی می‌توان مصرف آب را در بخشه‌ای صنعت، کشاورزی و شرب را به‌ترتیب ۳۰ و ۳۲ درصد کاهش داد که با توجه به آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی کمک شایانی به پایداری منابع آب، به‌میزان ٤۰، ۸٤ و ۸۲ منطقه می‌باشد (۲۳).

دهمرده قالنو و همکاران (۲۰۱٦) به بهینه‌سازی الگوی کشت برای مدیریت منابع آب سیستان از طریق تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی در محیط برنامه‌نویسی GAMS پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که سود خالص کشاورزی به‌میزان ٦٤/۳ درصد افزایش خواهد یافت درحالی‌که کل مصرف آب در بخش کشاورزی به‌میزان ۲/۳ کاهش خواهد یافت (۵).

بنابراین با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی می‌توان سود را نسبت به شرایط فعلی با کاهش مصرف آب، افزایش داد، به‌عبارتی‌دیگر برنامه‌ریزی آرمانی این امکان را به کشاورز می‌دهد که بتواند هم‌زمان با در نظر گرفتن محدودیت آب موجود درآمد اقتصادی خود را نیز حداکثر کند (۲).

کلبعلی و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در حوضه قره‌سو استان گلستان پرداختند. در الگوی بهینه کشت ارائه شده، میزان سود ناخالص کشاورزان منطقه موردمطالعه در دوره ۲۰٤۰-۲۰۱۱ از ۱۳۸٦ میلیارد

www.SID.ir

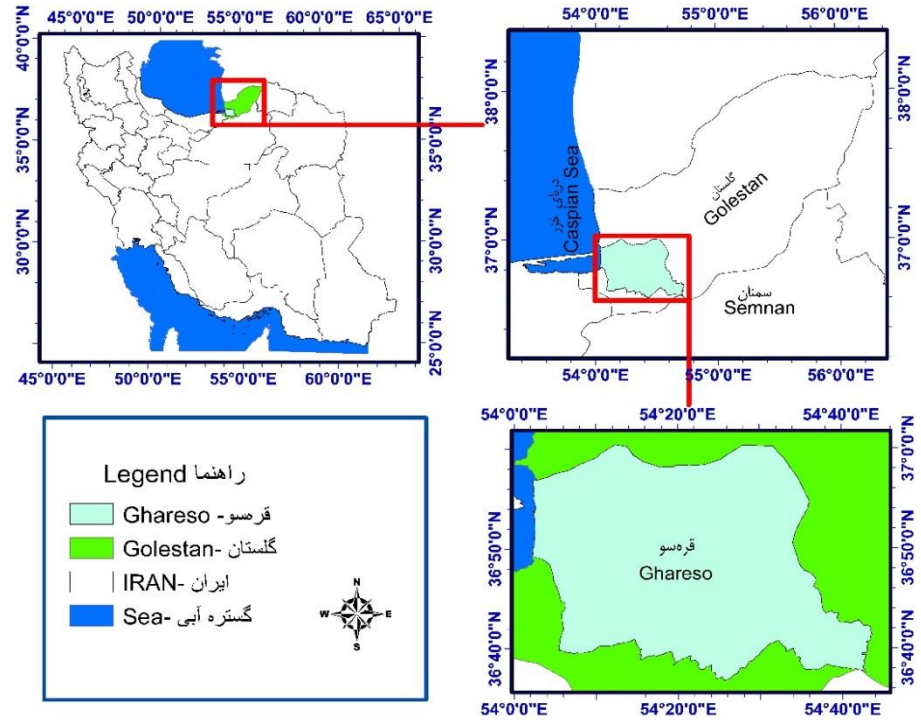
Archive of SID

ریال به ۱۹۹۱ میلیارد ریال نسبت به سال پایه افزایش می‌یابد. پیشنهاد می‌شود با توجه به این‌که نتایج مدل برنامه‌ریزی آرمانی اهداف متضادی را در برگرفته است، از نتایج آن به‌عنوان یک راهنما برای مدیران تصمیم‌گیرنده استفاده شود (۱۱).

کمبود آب در حوضه آبریز قره‌سو از مسائل مهمی است که منطقه را با بحران جدی روبه‌رو کرده است. با توجه به این‌که درصد زیادی از جمعیت این منطقه کشاورز می‌باشند برنامه‌ریزی جهت استفاده بهینه از منابع آب با در نظر گرفتن سود حداکثری ضروری است و در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی: شهرستان‌های گرگان و کردکوی واقع در غرب استان گلستان که بخش اعظمی از آن‌ها در حوضه آبریز قره‌سو واقع شده‌اند، به‌عنوان منطقه مطالعاتی در نظر گرفته شده‌اند (شکل ۱). این دو شهرستان ۲۳ درصد اراضی استان را شامل می‌شود. این شهرستان‌ها دارای اقلیم مدیترانه‌ای و نیمه‌مرطوب و در بخش‌های شمالی اقلیمی نیمه‌خشک دارند. نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به این دو شهرستان، ایستگاه هواشناسی همدیدی هاشم‌آباد گرگان می‌باشد. متوسط بارش سالانه در این ایستگاه ۵۵۰ میلی‌متر و متوسط سالانه دما نیز ۱۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۹). پتانسیل آب‌های سطحی و زیرزمینی در شهرستان گرگان به‌ترتیب ۹۷ و ۲۶۵ میلیون مترمکعب و در شهرستان کردکوی به‌ترتیب ۴۹ و ۱۸۹ میلیون مترمکعب می‌باشد. منابع تأمین آب در شهرستان گرگان از چاه‌ها و رودخانه‌ها است که سهم چاه‌ها در تأمین آب بسیار بیش‌تر از منابع آب‌های سطحی است (۹). آب شرب کردکوی، بندرترکمن و گمیشان از آبخوان کردکوی تأمین می‌شود که بعضی از چاه‌های این آبخوان شور شده‌اند و این پدیده در حال گسترش است. سطح آب و کیفیت آب در بخش‌های شرقی و غربی آبخوان تفاوت‌های چشمگیری دارند (۳).



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی واقع در استان گلستان.

Figure 1. Geographical location of the study area in Golestan province.

www.SID.ir

Archive of SID

در این پژوهش اطلاعات موردنیاز شامل سطح زیرکشت، هزینه تولید، قیمت فروش محصولات در سال ۱۳۹۶ و متوسط چندین ساله پتانسیل منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی از سازمان‌های جهاد کشاورزی، مرکز آمار ایران و آب منطقه‌ای استان گلستان تهیه شد. با استفاده از نرم‌افزار NETWAT نیاز خالص آبیاری برای منطقه موردمطالعه برآورد شد. بر اساس مطالعات حسام و کیانی (۲۰۱٤) راندمان آبیاری با روش آبیاری سطحی که روش غالب آبیاری در منطقه می‌باشد، به‌طور متوسط ۰/۳۸ برای محصولات غالب منطقه نتیجه شده است (۸).

روش انجام کار: پس از تهیه داده‌های موردنیاز، دو روش برنامه‌ریزی خطی متعارف و برنامه‌ریزی آرمانی جهت افزایش سود و کاهش مصرف آب مورداستفاده قرار گرفت.

برنامه‌ریزی خطی: برنامه‌ریزی خطی دارای یک هدف اولیه است که باید حداقل یا حداکثر شود. به‌عبارتی‌دیگر برنامه‌ریزی خطی دارای ساختاری با یک هدف است که به دنبال بهینه کردن آن است. در مدل‌سازی برنامه‌ریزی خطی تنها یک هدف مدنظر قرار می‌گیرد که در صورت وجود چند هدف، یکی از آن‌ها در تابع هدف آورده می‌شود و بقیه در قالب محدودیت‌ها نمایش داده می‌شود. مشکل دیگری که در برنامه‌ریزی خطی وجود دارد عدم انعطاف‌پذیری مدل است. حتی اگر یک هدف در محدودیت قرار گیرد امکان تخطی از آن هرگز میسر نخواهد بود (۱٦).

برنامه‌ریزی آرمانی: در بعضی از مسائل رعایت تمامی محدودیت‌ها حتی باوجود یک هدف، موجب می‌شود که مسئله فاقد جواب باشد؛ بنابراین برنامه‌ریزی آرمانی یکی از مهم‌ترین مدل‌های برنامه‌ریزی چندهدفه و رویکردی است که به کمک آن می‌توان بر مشکل یک هدفه بودن مدل فائق شد (۱٦).

در برنامه‌ریزی آرمانی به‌جای تحقق یک نتیجه بهینه برای یک هدف خاص، تلاش می‌شود که سطح رضایت‌بخشی از چند آرمان مدنظر قرار گیرد.

مدل برنامه‌ریزی خطی متعارف و آرمانی در پژوهش حاضر طی مراحل زیر صورت گرفته است (٤):

۱) تعریف متغیرهای تصمیم: متغیرهای تصمیم در این پژوهش شامل X_{ij} سطح زیرکشت محصولات می‌باشد که اندیس j مربوط به محصولات غالب منطقه از جمله گندم، برنج، سویا، سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای، پنبه، کلزا، گوجه‌فرنگی، جو و اندیس i مربوط به دو شهرستان گرگان و کردکوی می‌باشد.

۲) تعیین محدودیت‌های مدل: محدودیت‌های مدل برنامه‌ریزی خطی شامل محدودیت زمین زراعی و محدودیت منابع آب می‌باشد. محدودیت‌های برنامه‌ریزی آرمانی شامل دو دسته محدودیت‌های معمول برنامه‌ریزی خطی و محدودیت‌های برنامه‌ریزی آرمانی می‌باشد. این محدودیت‌ها عبارت‌اند از:

الف) محدودیت زمین زراعی: در منطقه مطالعاتی امکان کشت مجدد محصولاتی هم‌چون پنبه تابستانه علاوه بر محصولات اصلی منطقه وجود دارد؛ بنابراین محدودیت زمین زراعی به سه دسته طبق روابط زیر تقسیم شده است:

$$\sum_{i=1}^{14} X_{ij} \leq TX_{ij} \quad \text{For j=1,2} \qquad (۱)$$

$$X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{18} + X_{19}$$

$$-X_{11} - X_{110} + X_{112} \leq 0 \qquad (۲)$$

$$X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} - X_{21}$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$-X_{29} - X_{210} - X_{211} - X_{212} \leq 0 \qquad (۳)$$

که در آن، X_{ij} سطح زیرکشت محصول j ام در منطقه i و TX_{ij} مجموع سطح زیرکشت منطقه می‌باشد.

ب) محدودیت منابع آبی

$$\sum_{i=1}^{12} W_{ij}X_{ij} \leq TW \; for \; j = 1.2 \qquad (٤)$$

که در آن، W_{ij} نیاز ناخالص آبیاری محصول j ام در ماه i ام و TW مقدار مجموع پتانسیل آب سطحی و زیرزمینی (میلیون مترمکعب) در منطقه j ام می‌باشد.

در منطقه مطالعاتی به‌طورمعمول مقدار آب موردنیاز در شش‌ماهه اول سال آبی (مهر تا فروردین) با توجه به کم بودن نیاز آبیاری محصولات، توسط آب‌های سطحی و در شش‌ماهه دوم سال آبی (فروردین تا مهر) توسط آب‌های زیرزمینی و عموماً از طریق چاه‌ها تأمین می‌گردد.

ج) محدودیت بازار فروش محصولات کشاورزی: با توجه به این‌که الگوی کشت پیشنهادی نباید موجب برهم زدن تعادل میان عرضه و تقاضا و در پی آن افت قیمت محصولات کشاورزی شود، لازم است محدودیتی بر این مبنا به مدل مربوطه وارد شود؛ که این محدودیت‌ها با استفاده از میانگین سطح زیرکشت ۵ ساله منطقه مطالعاتی به‌دست می‌آید.

$$X_{ij} \leq X_m \qquad (۵)$$

X_m میانگین سطح زیرکشت ۵ ساله محصولات می‌باشد.

۳) تعیین مدل واسنجی و به‌دست آوردن مقادیر موردنظر در شرایط موجود منطقه: مدل واسنجی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی برای شرایط موجود منطقه تعیین شده است. در این مدل مقادیر سطح زیرکشت منطقه به‌صورت ورودی به مدل وارد شده و مقادیر سود و مصرف آب در شرایط فعلی منطقه محاسبه شده است. مقدار آب مصرفی در کل دو شهرستان برابر ۳۵۸ میلیون مترمکعب و سود حاصل از فروش محصولات برابر ۵۷۲۰ میلیارد ریال می‌باشد.

٤) تعیین آرمان‌ها: با توجه به شرایط منطقه می‌توان آرمان‌های متفاوتی را برای امور کشاورزی در نظر گرفت که این آرمان‌ها عموماً توسط مدیران و تصمیم‌گیران منطقه تعیین می‌شود. سطوح مختلف آرمان در پژوهش حاضر از طریق مصاحبه حضوری با متخصصان در نظر گرفته شده‌اند. در این پژوهش دو آرمان مدنظر قرار گرفته است که این دو آرمان در دو شرایط وجود و عدم وجود محدودیت بازار فروش مورد بررسی قرار گرفته اند.

محدودیت‌های آرمانی، دارای متغیرهای انحرافی مثبت d+ و منفی d- هستند که هدف، حداقل کردن این انحرافات از آرمان موردنظر است (۱۸). انحرافات از آرمان‌ها توسط مدل بهینه‌سازی می‌شود. به‌گونه‌ای که انحرافات منفی از آرمان سود و انحرافات مثبت از آرمان مصرف آب کمینه می‌شوند.

الف) آرمان افزایش سود:

$$\Sigma \; GM_{ij}X_{ij} + d1_{-} - d1_{+} = \text{GP} \qquad (٦)$$

ب) آرمان کاهش مصرف آب

$$\Sigma \; W_{ij}X_{ij} + d2_{-} - d2_{+} = GW_1 \qquad (۷)$$

$$\Sigma \; W_{ij}X_{ij} + d3_{-} - d3_{+} = GW_2 \qquad (۸)$$

که در آن‌ها، GM_{ij} سود محصول j ام در منطقه i، GP آرمان سود و GW آرمان مصرف آب می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

سطوح مدنظر از هر هدف توسط آرمان‌ها نشان داده می‌شوند که به همراه محدودیت‌های سیستمی به‌عنوان محدودیت به مدل وارد می‌شوند. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، افزایش سود ۵ درصدی نسبت به شرایط فعلی (مدل واسنجی) در هر دو شهرستان و کاهش ٤٦ و ٤٧ درصدی مصرف آب به‌ترتیب در دو شهرستان گرگان و کردکوی نسبت به شرایط فعلی (مدل واسنجی) به‌عنوان آرمان در نظر گرفته شده‌اند.

جدول ۱- مقدار آرمان‌های موردنظر با احتساب α درصد تغییر در شرایط موجود منطقه (مدل واسنجی).

Table 1. Intanded goals amount with considering α present changes in existing zone conditions.

آرمان Goal	سود Profit	مصرف آب گرگان Gorgan Water Consumption	مصرف آب کردکوی Kordkuy Water Consumption
نسبت (α) Ratio (α)	0.05	0.45	0.45
انحراف از آرمان Deviation from Goal	$d1_-$	$d2_+$	$d3_+$

۵) تعیین متغیرهای انحرافات مثبت و منفی از آرمان: متغیرهای انحرافات مثبت و منفی بسته به این‌که هرگونه انحرافات مثبت و یا منفی از آرمان موردنظر موردقبول می‌باشد به‌صورت dk_+ و dk_- تعریف می‌شوند.

٦) تابع هدف: تابع هدف، با کمینه کردن انحرافات از آرمان شکل می‌گیرد. در این پژوهش هدف کمینه کردن انحراف منفی از آرمان سود و همچنین کمینه کردن انحرافات مثبت از آرمان مصرف آب در هر دو شهرستان گرگان و کردکوی می‌باشد.

$$Min\ d1_- + d2_+ + d3_+ \qquad (۹)$$

نتایج و بحث

در پژوهش حاضر با استفاده از برنامه‌ریزی خطی متعارف و برنامه‌ریزی چندهدفه آرمانی به بهینه‌سازی الگوی کشت دو شهرستان گرگان و کردکوی در دو حالت لحاظ کردن محدودیت بازار فروش و بدون لحاظ کردن محدودیت بازار فروش پرداخته شده است. با توجه به این‌که اگر تولید محصولی در منطقه بیش‌تر از نیاز مصرف‌کنندگان باشد، سبب برهم‌زدن توازن عرضه و تقاضا شده و درنهایت سبب کاهش قیمت و سود می‌شود بنابراین در بعضی از سناریوها سطح زیرکشت بعضی از محصولات محدودشده و نتایج حاصل مقایسه گردیده است.

نتایج بهینه‌سازی با برنامه‌ریزی خطی متعارف: ابتدا الگوی کشت بهینه با استفاده از برنامه‌ریزی خطی متعارف تعیین شد. همان‌طور که در جدول‌های ۲ و ۳ ملاحظه می‌شود، با این روش کاشت محصولات گندم، برنج، سیب‌زمینی در گرگان و گندم، برنج، سویای بهاره دیم و پنبه تابستانه در کردکوی پیشنهاد شد. در این مرحله سطح زیرکشت سیب‌زمینی در شهرستان گرگان ۱۲/۵ هزار هکتار پیشنهاد شد، که این مقدار برای شهرستان گرگان زیاد می‌باشد و سبب برهم‌زدن توازن عرضه و تقاضا و در نهایت کاهش سود کشاورز می‌شود، بنابراین برای بار دوم الگوی کشت منطقه با در نظر گرفتن این محدودیت‌ها موردبررسی قرار گرفت به‌گونه‌ای که سطح زیرکشت

www.SID.ir

Archive of SID

سیب‌زمینی در شهرستان گرگان به ٦ هزار هکتار محدود شد که این مقدار با توجه به متوسط سطح زیرکشت چندساله سیب‌زمینی در شهرستان گرگان در نظر گرفته شد. پس از اعمال این محدودیت مدل کاشت ذرت علوفه‌ای را نیز پیشنهاد می‌دهد.

جدول ۲- سطح زیرکشت محصولات شهرستان گرگان در شرایط فعلی و نتایج برنامه‌ریزی خطی.

Table 2. Gorgan crops acreage in current and linear programming conditions.

با لحاظ کردن محدودیت بازار (هکتار) With considering market constraints (ha)	بدون لحاظ کردن محدودیت بازار (هکتار) Without considering market constraints (ha)	سطح زیرکشت منطقه (هکتار) Cultivated area (ha)	محصول Crop
31465	29464	20786	گندم wheat
0	0	3923	برنج دانه بلند مرغوب High quality long grain rice
12584	11980	5884	برنج دانه بلند پر محصول High yielding long grain rice
0	0	8970	سویای آبی Watery soybean
6000	12585	4705	سیب‌زمینی potato
3980	0	2754	ذرت علوفه‌ای Forage corn
0	0	2587	پنبه cotton
0	0	2105	کلزا rapeseed
0	0	1864	گوجه‌فرنگی tomato
0	0	453	جو آبی Watery barley
233	258	290	مصرف آب (میلیون مترمکعب) Water consumption (mcm)
5270	5384	4680	سود (میلیارد ریال) Profit (Billion Rials)

با توجه به این‌که الگوی کشت نتیجه شده در روش برنامه‌ریزی خطی در شهرستان کردکوی با میانگین الگوی کشت چندساله این شهرستان مطابقت دارد. سطح زیرکشت محصولات این شهرستان محدود نشده، در روش خطی فقط سطح زیرکشت محصولات گرگان محدود شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- سطح زیرکشت محصولات شهرستان کردکوی در شرایط فعلی و نتایج برنامه‌ریزی خطی.

Table 3. Kordkuy crops acreage in current and linear programming conditions.

بدون لحاظ کردن محدودیت بازار (هکتار) Without considering market constraints (ha)	سطح زیرکشت منطقه (هکتار) Cultivated area (ha)	محصول Crop
9987	10810	گندم wheat
0	1623	برنج دانه بلند مرغوب High quality long grain rice
4365	2435	برنج دانه بلند پر محصول High yielding long grain rice
0	1040	سویای آبی Watery soybean
336	369	پنبه cotton
0	321	کلزا rapeseed
0	263	جو آبی Watery barley
5286	368	سویای بهاره دیم Rainfed spring soybean
62	68	مصرف آب (میلیون مترمکعب) Water consumption (mcm)
1161	1050	سود (میلیارد ریال) Profit(Billion Rials)

الگوی کشت فعلی منطقه به مدل واسنجی که حاوی داده‌های شرایط فعلی کشت منطقه از جمله آب و اراضی موجود است وارد شد و همان‌طور که در جدول‌های ۲ و ۳ ملاحظه می‌شود، مشخص شد که مقدار مصرف آب در منطقه ۳۵۹ میلیون مترمکعب و سود ۵۷۳۰ میلیارد ریال است. که با استفاده از برنامه‌ریزی خطی متعارف مصرف آب ۱۰/۵ درصد کاهش یافته و به ۳۲۱ میلیون مترمکعب می‌رسد و مقدار سود نیز ١٤ درصد افزایش و به مقدار ٦٥٤٠ میلیارد ریال می‌رسد. از طرفی اگر محدودیت بازار فروش لحاظ شود مصرف آب ۱۷/۸ درصد نسبت به شرایط فعلی منطقه کاهش و به عدد ۲۹۵ میلیون مترمکعب و سود ۱۲ درصد افزایش و به عدد ٦٤٣٠ میلیارد ریال می‌رسد. بنابراین مقادیر ۳۷/٦۹ میلیون مترمکعب آب مازاد در منطقه محاسبه شده است که این مقدار با لحاظ محدودیت بازار فروش ٦۳/۹۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در حالتی که محدودیت بازار فروش در نظر گرفته شده است مقدار سود کاهش یافته است که این امر به‌دلیل این می‌باشد که در مدل با توجه به تابع هدف که بیشینه کردن سود می‌باشد، اولویت انتخاب محصول، با محصولاتی است که سود بیش‌تری دارند. بنابراین با محدود شدن محصولات پرسود مدل به‌سمت محصولاتی که سود کم‌تری دارند می‌رود. از

www.SID.ir

Archive of SID

طرفی دیگر مقدار مصرف آب با لحاظ کردن محدودیت بازار فروش کاهش یافته است. این امر به‌دلیل آن است که مدل به سمت انتخاب محصول ذرت علوفه‌ای که نیاز آبیاری آن نسبت به سیب‌زمینی کم‌تر می‌باشد رفته است.

در پژوهشی که احمدی و همکاران (۲۰۱۷) در استان گلستان انجام داده‌اند به بررسی الگوی بهینه کشت محصولات زراعی اراضی زیر سد کوثر در استان گلستان در سال زراعی ۱۳۹٤-۱۳۹۳ با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی با هدف حداکثرسازی سود با نرم‌افزار LINGO پرداخته شده است. نتیجه گرفتند که محصولات گندم آبی، جو دیم، سیب‌زمینی نخودفرنگی و برنج (کشت تک‌محصولی) باید حذف سوند و محصولات کلزا ۱۲۱٦٪ باقلا ۵۰٤٪، ذرت ۲۱٪ و سویا ٤/۲٪ افزایش و (برنج کشت بعد از محصولات پاییزه) ۵۱ ٪ و گندم دیم ۸۲٪ کاهش را نسبت به الگوی کشت موجود نشان می‌دهد. هم‌چنین طبق نتایج به‌دست‌آمده بازده برنامه‌ای ٪۱۵ افزایش را نسبت به وضع موجود نشان می‌دهد (۱). نتایج آن‌ها در حوضه مجاور حوضه قره‌سو صورت گرفته است. که به کاهش کشت گندم نسبت به شرایط فعلی توصیه شده ولی با توجه به این‌که گندم در استان گلستان محصولی استراتژیک بوده و به‌صورت تضمینی از کشاورز خریده می‌شود در پژوهش حاضر کاهش کشت گندم نسبت به شرایط فعلی نتیجه نشد.

نتایج بهینه‌سازی برنامه‌ریزی آرمانی: الگوی کشت بهینه در منطقه با استفاده از برنامه آرمانی همان‌طور که در جدول‌های ٤ و ۵ ملاحظه می‌گردد تعیین شد و کاشت محصولات گندم و گوجه‌فرنگی در گرگان و گندم، برنج، سویای بهاره آبی در کردکوی پیشنهاد شد که مقدار سطح زیرکشت گندم پیشنهادی در گرگان برابر ٤۰/۹ هزار هکتار و گوجه‌فرنگی ۱۳ هزار هکتار است که این مقدار بیش از ظرفیت این شهرستان بوده و باید محدودیت بازار فروش اعمال شود پس از لحاظ شدن این محدودیت مدل کاشت گندم، برنج، گوجه‌فرنگی و کلزا در گرگان و گندم، برنج و سویای بهاره در کردکوی را پیشنهاد داد. علت این نتایج این است که با توجه به شرایط آب و هوایی مناطق مطالعاتی نیاز آبیاری گندم و کلزا ناچیز بوده بنابراین مدل برای تحقق آرمان مصرف آب گندم، کلزا و سویا دیم را پیشنهاد می‌دهد. از طرفی علت انتخاب گوجه‌فرنگی و برنج دانه بلند پر محصول توسط مدل آرمانی آن است که گوجه‌فرنگی بالاترین عملکرد (۵۵۸۰۰ تن در هکتار) و سود حاصل از فروش (۲۵٦ میلیون ریال) در بین محصولات را دارا می‌باشد که این انتخاب مدل به‌علت تحقق آرمان سود می‌باشد. علاوه برآن برنج دانه بلند پر محصول نیز بعد از گوجه‌فرنگی دارای بیش‌ترین سود (۲٤۰ میلیون ریال در هر هکتار) می‌باشد. در مدل آرمانی با توجه به الگوی پیشنهادی، مقدار مصرف آب ۱٤۲ میلیون مترمکعب و سود ٦۰۰۰ میلیارد ریال می‌باشد که اگر محدودیت بازار لحاظ شود مقدار مصرف آب نسبت به شرایط فعلی ٤٦/۷ درصد کاهش و برابر ۱۹۱ میلیون مترمکعب و سود نیز ۵ درصد افزایش و برابر ٦۰۰۰ میلیارد ریال خواهد شد. با توجه به این‌که ٦۳/۹۰ میلیون مترمکعب آب (معادل ۱۷/۸ درصد) در منطقه مازاد بوده بنابراین در مدل آرمانی مقدار کاهش مصرف آب نسبت به مدل واسنجی خطی منطقه ۲۸/۹ درصد می‌باشد. نتایج روش برنامه‌ریزی آرمانی نشان داد که در برنامه‌ریزی آرمانی در شرایط بهینه مقدار مصرف آب برای شهرستان گرگان با لحاظ کردن محدودیت بازار فروش ۱۵۵ میلیون مترمکعب و بدون

www.SID.ir

Archive of SID

در نظر گرفتن محدودیت بازار ۱۳۳ میلیون مترمکعب و در کردکوی با لحاظ کردن محدودیت بازار ۳۶ میلیون مترمکعب و بدون لحاظ کردن محدودیت بازار ۹ میلیون مترمکعب می‌باشد که این نتایج بیانگر آن است که در کردکوی امکان کشت محصولات به‌صورت دیم نیز وجود دارد.

کلبعلی و همکاران (۲۰۱۹) به بهینه‌سازی الگوی کشت در حوضه آبریز قره‌سو پرداختند و نتایج این پژوهش نشان داد باید الگوی کشت منطقه به حذف پنبه و افزایش جو و برنج تغییر کند (۱۱). در پژوهش حاضر با توجه به ضرورت تعادل بخشی منابع آب افزایش کشت برنج به مقدار قابل‌توجهی نسبت به شرایط فعلی نتیجه نشد. هم‌چنین در این پژوهش نیز مانند پژوهش حاضر در قسمت برنامه‌ریزی آرمانی کشت پنبه نتیجه نشد. البته همان‌طور که گفته شد با توجه به استراتژیک بودن محصول پنبه لازم است به این مهم پرداخته شود.

جدول ٤- سطح زیرکشت محصولات شهرستان گرگان در شرایط فعلی و نتایج برنامه‌ریزی آرمانی.

Table 4. Gorgan crops acreage in current and goal programming conditions.

با لحاظ کردن محدودیت بازار (هکتار) With considering market constraints (ha)	بدون لحاظ کردن محدودیت بازار (هکتار) Without considering market constraints (ha)	سطح زیرکشت منطقه (هکتار) Cultivated area (ha)	محصول Crop
30000	40943	20786	گندم wheat
0	0	3923	برنج دانه بلند مرغوب High quality long grain rice
8998	0	5884	برنج دانه بلند پر محصول High yielding long grain rice
0	0	8970	سویای آبی Watery soybean
0	0	4705	سیب‌زمینی potato
0	0	2754	ذرت علوفه‌ای Forage corn
0	0	2587	پنبه cotton
10031	0	2105	کلزا rapeseed
5000	13086	1864	گوجه‌فرنگی tomato
0	0	453	جو آبی Watery barley
155	133	290	مصرف آب (میلیون مترمکعب) Water consumption (mcm)
4953	5063	4680	سود (میلیارد ریال) Profit(Billion Rials)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- سطح زیرکشت محصولات شهرستان کردکوی در شرایط فعلی و نتایج برنامه‌ریزی آرمانی.

Table 5. Kordkuy crops acreage in current and goal programming conditions.

با لحاظ کردن محدودیت بازار (هکتار) With considering market constraints (ha)	بدون لحاظ کردن محدودیت بازار (هکتار) Without considering market constraints (ha)	سطح زیرکشت منطقه (هکتار) Cultivated area (ha)	محصول Crop
9987	9987	10810	گندم wheat
0	0	1623	برنج دانه بلند مرغوب High quality long grain rice
2308	0	2435	برنج دانه بلند پر محصول High yielding long grain rice
0	0	1040	سویای آبی Watery soybean
0	0	369	پنبه cotton
0	0	321	کلزا rapeseed
0	0	263	آبی جو Watery barley
7679	9987	368	سویای بهاره دیم Rainfed spring soybean
36	9	68	مصرف آب (میلیون مترمکعب) Water consumption (mcm)
1056	946	1050	سود (میلیارد ریال) Profit(Billion Rials)

با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گلستان مجموع پتانسیل آب سطحی و زیرزمینی در شهرستان گرگان ۳۶۲ و در شهرستان کردکوی ۲۲۸ میلیون مترمکعب می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مقدار مصرف آب در مدل کم‌تر از مقدار و پتانسیل موجود در منطقه می‌باشد. با توجه به این‌که عدد به‌دست‌آمده در بهینه‌سازی در هر دو روش برنامه‌ریزی خطی و آرمانی صرفاً مربوط به بخش کشاورزی می‌باشد بنابراین طبیعتاً مقدار پتانسیل آب موجود در منطقه بیش‌تر از این مقدار می‌باشد و از طرفی برای حفظ پایداری و تعادل آبخوان لازم است سالانه مقداری آب در سفره آب زیرزمینی ذخیره شود تا در درازمدت سبب افت سطح آب زیرزمینی و عدم تعادل آبخوان نشود.

در جدول‌های ٦ و ٧ میزان تغییرات سطح زیرکشت محصولات نسبت به شرایط فعلی منطقه برحسب درصد نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، بیش‌ترین تغییرات در شهرستان گرگان با استفاده از برنامه‌ریزی خطی مربوط به محصول سیب‌زمینی بوده است که علت آن سود بالاتر آن نسبت به نیمی از محصولات می‌باشد. اما در برنامه‌ریزی آرمانی بیش‌ترین تغییرات مربوط به گوجه‌فرنگی است. محصول گوجه‌فرنگی دارای سود

www.SID.ir

Archive of SID

۲/۵ برابر سیب‌زمینی و مصرف آب تنها ٦ درصد بیش‌تر از گوجه‌فرنگی است. در شهرستان گرگان می‌توان گفت گوجه‌فرنگی انتخاب بهتری نسبت به سیب‌زمینی است؛ بنابراین این مسأله را می‌توان به‌عنوان یکی از ضعف‌های برنامه‌ریزی تک‌هدفه خطی در نظر گرفت. هم‌چنین در شهرستان کردکوی بیش‌ترین درصد تغییرات مربوط به سویای بهاره دیم می‌باشد، که علت انتخاب آن این است که این محصول دارای بیش‌ترین سود در بین محصولات دیم می‌باشد.

جدول ٦- درصد تغییرات الگوی کشت به‌دست آمده با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و آرمانی نسبت به شرایط موجود در شهرستان گرگان.

Table 6. Percentage of changes in the crop pattern with using goal and linear programming in current conditions in Gorgan city.

برنامه‌ریزی آرمانی Goal programming	برنامه‌ریزی آرمانی Goal programming	برنامه‌ریزی خطی Linear programming	برنامه‌ریزی خطی Linear programming	محصول Crop
با لحاظ کردن محدودیت بازار With considering market constraints	بدون لحاظ کردن محدودیت بازار Without considering market constraints	با لحاظ کردن محدودیت بازار With considering market constraints	بدون لحاظ کردن محدودیت بازار Without considering market constraints	
44	97	51	42	گندم wheat
-100	-100	-100	-100	برنج دانه بلند مرغوب High quality long grain rice
53	-100	114	104	برنج دانه بلند پرمحصول High yielding long grain rice
-100	-100	-100	-100	سویای آبی Watery soybean
-100	-100	28	167	سیب‌زمینی potato
-100	-100	45	-100	ذرت علوفه‌ای Forage corn
-100	-100	-100	-100	پنبه cotton
377	-100	-100	-100	کلزا rapeseed
168	602	-100	-100	گوجه‌فرنگی tomato
-100	-100	-100	-100	جو آبی Watery barley

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- درصد تغییرات الگوی کشت به‌دست‌آمده با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و آرمانی نسبت به شرایط موجود در شهرستان کردکوی.

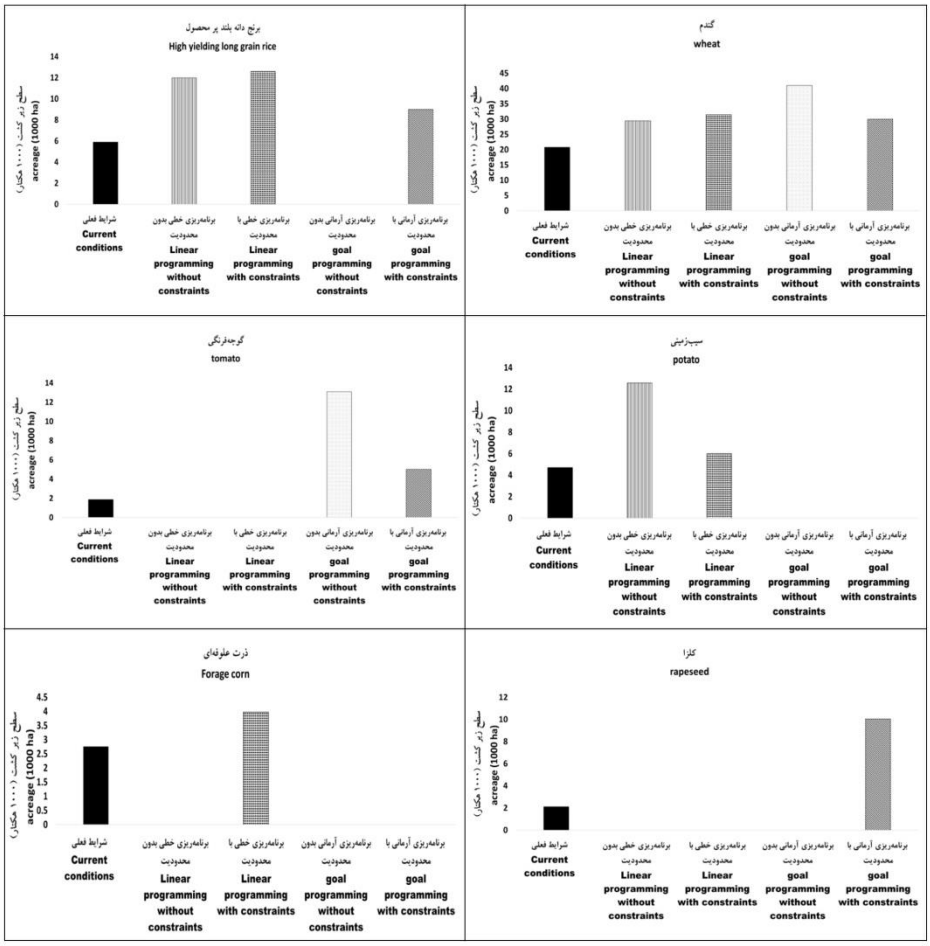
Table 6. Percentage of changes in the crop pattern with using goal and linear programming in current conditions in Kordkuy city.

برنامه‌ریزی آرمانی Goal programming	برنامه‌ریزی آرمانی Goal programming	برنامه‌ریزی خطی Linear programming	برنامه‌ریزی خطی Linear programming	محصول Crop
با لحاظ کردن محدودیت بازار With considering market constraints	بدون لحاظ کردن محدودیت بازار Without considering market constraints	با لحاظ کردن محدودیت بازار With considering market constraints	بدون لحاظ کردن محدودیت بازار Without considering market constraints	
-8	-8	-8	-8	گندم wheat
-100	-100	-100	-100	برنج دانه بلند مرغوب High quality long grain rice
-5	-100	79	79	برنج دانه بلند پرمحصول High yielding long grain rice
-100	-100	-100	-100	سویای آبی Watery soybean
-100	-100	-9	-9	پنبه cotton
-100	-100	-100	-100	کلزا rapeseed
-100	-100	-100	-100	جو آبی Watery barley
1989	2617	1338	1338	سویای بهاره دیم Rainfed spring soybean

از طرفی دیگر مهم‌ترین تفاوتی که در دو روش برنامه‌ریزی خطی متعارف و آرمانی به چشم می‌خورد که در شکل‌های ۲ و ۳ نیز ملاحظه می‌گردد مربوط به انتخاب محصول پنبه توسط برنامه‌ریزی خطی و عدم انتخاب آن توسط برنامه‌ریزی آرمانی می‌باشد. کاشت پنبه به‌علت مصرف مقدار زیادی آب (۱۰۰۰۰ مترمکعب در هر هکتار) و درعین‌حال عملکرد پایین آن توسط مدل بهینه‌سازی پیشنهاد نمی‌شود. البته چون پنبه جزو محصولات استراتژیک منطقه می‌باشد لازم است با استفاده از فناوری‌های نوین آبیاری به رفع این مشکل پرداخت. ضمناً رستمی مسکوپایی و همکاران (۲۰۱۵) استفاده از، ماشین‌آلات پیشرفته و با در اختیار قرار دادن کود و بذر کافی و به‌موقع به کشاورزان برای دست‌یابی به این مهم پیشنهاد دادند (۱۹).

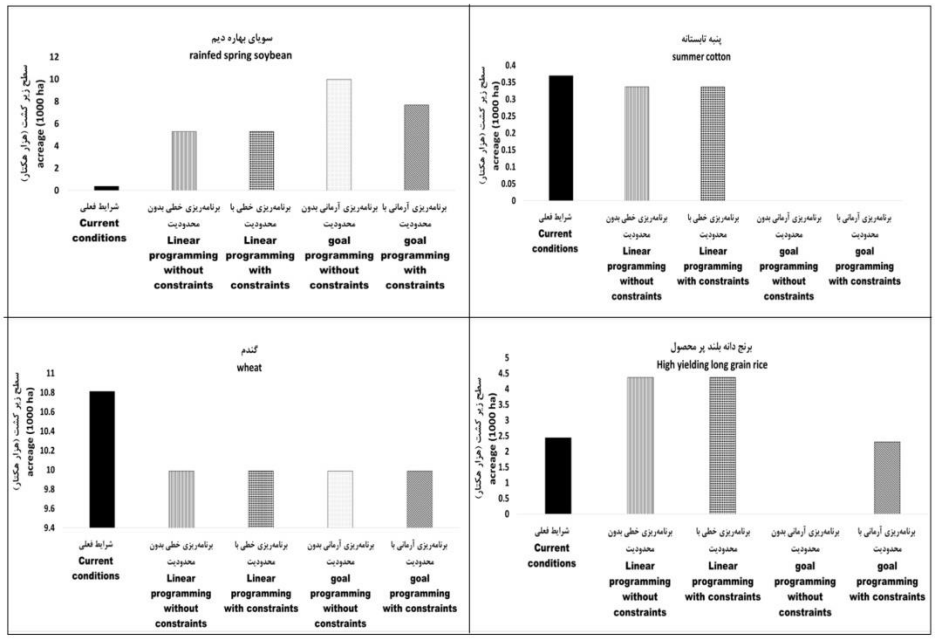
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- مقایسه الگوی کشت در شرایط فعلی و بهینه در شهرستان گرگان.

Figure 2. Comparing of crop pattern in current optimum situation in Gorgan.



شکل ۳- مقایسه الگوی کشت در شرایط فعلی و بهینه در شهرستان کردکوی.

Figure 3. Comparing of crop pattern in current optimum situation in Kordkuy.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به کمبود منابع آب لازم است تا مصارف آب به‌ویژه در بخش کشاورزی بهینه گردد. پژوهش حاضر نشان داد که الگوی کشت در مناطق مطالعاتی بهینه نبوده و بنابراین به بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از دو روش برنامه‌ریزی خطی متعارف و آرمانی پرداخته شد و نتایج حاصل نشان داد که با استفاده از برنامه‌ریزی خطی متعارف می‌توان مصرف آب را در دو شهرستان گرگان و کردکوی به‌ترتیب ۱۹/٦ و ۸/۸ درصد کاهش و سود حاصل از تولید محصولات کشاورزی را در شهرستان‌های گرگان و کردکوی به‌ترتیب ۱۲/٦ و ۱۰/٤ درصد افزایش داد. از طرفی با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی می‌توان ٤٦ درصد در گرگان و ٤۷ درصد در کردکوی مصرف آب را کاهش و هم‌زمان ۵ درصد سود حاصل از کشاورزی را افزایش داد. به‌طوری‌که ملاحظه می‌گردد در برنامه‌ریزی آرمانی سود به مقدار کم‌تری نسبت به برنامه‌ریزی آرمانی افزایش‌یافته است. علت آن این است که برنامه‌ریزی خطی تنها به دنبال افزایش سود است. ولی برنامه‌ریزی آرمانی، آرمان افزایش سود و کاهش مصرف آب را به‌طور هم‌زمان در نظر گرفته است. هم‌چنین در برنامه‌ریزی آرمانی مقدار کاهش مصرف آب بسیار چشمگیرتر از برنامه‌ریزی خطی نتیجه شده است. در برنامه‌ریزی خطی با توجه به تک‌هدفه بودن آن کاهش مصرف آب به‌عنوان هدف وارد نشده و فقط محدودیت منابع آب موجود به‌عنوان محدودیت در مدل وارد شده است که این امر توجیه‌کننده این اختلاف می‌باشد. بنابراین با توجه به عوامل ذکرشده می‌توان نتیجه گرفت که برنامه‌ریزی آرمانی در این پژوهش نتایج بهتری را ارائه کرده است.

منابع

1.Ahmadi, Z., Joulaee, R., Kabousi, K., and Keramatzadeh, A. 2017. Optimization of Crop Pattern by Using Linear Programming (case study: Downstream lands of Kosar Golestan Dam). First International Conference on Applied Research in Agriculture, Natural Resources and Environment. (In Persian)

2.Amirnejad, H., and Bahmanpouri S. 2008. Integrate Environmental and Economic Objectives for Agricultural Uses in Determining Optimal Cropping Pattern; Case Study: Beiza Plain Fars Province. J. Agric. Econ. Res. 5: 2. 117-131. (In Persian)

3.Basaki, M. 2010. Quantitative and qualitative study of groundwater resources in the Kordkuy region. Master's Thesis. Shahrood University of Technology. Shahrood, 103p. (In Persian)

4.Chizari, A.H., Sharzehei, Gh.A., and Keramatzadeh, A. 2006. Determination of the Economic Value of the Irrigation Water Using Goal Programming Approach (Case Study of Shirvan Barzo Dam). J. Econ. Res. 40: 4. 39-66. (In Persian)

5.Dahmardeh Ghaleno, M.R., Sheikh, V., Sadoddin, A., and Sabouhi Sabouni, M. 2016. Optimal Cropping Pattern for Water Resources Management in Sistan Region of Iran using Goal Programming Method. Ecopersia. 4: 4. 1555-1567.

6.Eslami Bidgoli, Gh., and Talangi, A. 1999. Ideal Planning Models for Selecting Optimal Portfolio. Fin. Res. J. 4: 13. 50-71. (In Persian)

7.Fathi, F., and Zibaei, M. 2012. Water Resources Sustainability using Goal Programming Approach in optimizing Crop Pattern, Strategy and Irrigation Method. Iran-Water Resources Research. 8: 1. 10-19. (In Persian)

8.Hesam, M., and Kiani, A.R. 2014. Evaluation of Irrigation Efficiency on Some Farms in Golestan Province. Iran. J. Irrig. Drain. 8: 2. 336-343. (In Persian)

9.Hosseinpour, S., Dehghani, A.A., Zahiri, A.R., Shoriyan, M., and Meftah Halghi, M. 2016. Urban water management using water resources planning MODSIM model. J. Water Soil Cons. 22: 5. 153-169. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

10.Jafari, A.M., Rezvani, S.M., and Fallah, A. 2008. Proper cropping pattern to deal with dehydration and water crisis in the Ghareh Chay River Basin: Case study in Hamadan province. Third Conference on Water Resources Management, Tabriz, Iran. Iran Water Resources Sciences and Engineering. Tabriz University. (In Persian)
11.Kalbali, E., Ziaee, S., Mardani Najafabadi, M., and Zakerinia, M. 2019. Assessment of Climate Change Impacts on Optimum Cropping Pattern: A Case Study of Ghareso Basin in Golestan Province. J. Iran-Water Resour. Res. 15: 3. 258-271. (In Persian)
12.Kenneth, E.B., and Bartlett, E.T. 1975. Resource Allocation through Goal Programming J. Range Manage. 28: 6. 442-447.
13.Keramatzadeh, A., Chizari, A.H., and Mirzaei, A. 2006. Determining the Economic Value of Irrigation Water Through: Optimal Cropping Pattern for Integrated Farm and Horticulture. J. Agric. Econ. Develop. 14: 54. 35-60. (In Persian)
14.Lee, S.M. 1972. Goal programming for decision analysis. Auerbach Publishers in Philadelphia. 2: 2. 172-180.
15.Mirkarimi, Sh., Joolaie, R., Eshraghi, F., and Shirani Bidabadi, F. 2016. Cropping Pattern Management of Crops with Emphasis on Environmental Considerations (Case Study: Amol Tonship). J. Environ. Sci. Technol. 18: 2. 225-263. (In Persian)
16.Momeni, M. 2014. New Topics in Operation Research. Moalef. Press, 312p. (In Persian)
17.Mousavi, S.N., Mobseri, M., and Akbari, S.M. 2011. The Effects of Optimum Cropping Pattern Water Consumption, Income and Rural Poverty: A Case Study of Kazeroon Region. J. Agric. Econ. Deve. 25: 2. 219-226. (In Persian)
18.Nader, H., and Sabouhi Sabouni, M. 2011. Determination of Optimum Water Allocation in Mahabad Dam: Application of Lexicographic Goal Programming. J. Agric. Econ. Res. 3: 3. 1-16. (In Persian)
19.Rostami Meskoupaee, F., Karamatzadeh, A., Jolaee, R., and Kashiri, H. 2015. Economical survey of inputs application in Gorgan's cotton production. Iran. J. Cotton Res. 3: 1. 31-15. (In Persian)
20.Shaabani, M.K., Honar, T., and Zibaei, M. 2008. Optimal Management of Irrigation Water Allocation and Cropping Pattern Utilizing Conjunctive Use of Surface and Subsurface Water Resources. J. Water Soil Sci. 12: 44. 53-68. (In Persian)
21.Shirzadi Laskou Kalayeh, S., and Sabouhi Sabouni, M. 2009. Application of Multi Objective Programming in Surface and Groundwater Resources Management in the Savojbolagh Region. 3: 2. 83-98. (In Persian)
22.Vivekanandan, N., and Viswanathan, K. 2007. Optimization of multi-objective cropping pattern using linear and goal programming approaches. MAUSAM. 58: 3. 323-334.
23.Zare Mehrgerdi, M., Mohseni, S., and Vaseghi, A. 2015. Application of goal programming in water resource allocation management (Case study of Yazd city). The 13th National Conference on Irrigation and Reduction of Evaporation, Kerman, Shahid Bahonar University of Kerman. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(1), 2020
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.16875.3223

Crop pattern optimization by using goal programming (Case study: Gharesu basin)

M. Meftah Halaghi[1], *Kh. Ghorbani[2], A. Keramatzadeh[3] and M. Salarijazi[3]

[1]M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,
[2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,
[3]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 07.07.2019; Accepted: 09.14.2019

Abstract

Background and Objectives: Considering the growing demand for water in different sectors in one hand and reducing precipitation and its spatial and temporal imbalances, on the other hand, the water scarcity is one of the main problems of farmers in different regions. Excessive harvesting of groundwater resources also significantly reduces the groundwater level in aquifers. Planning for optimal utilization of existing water resources by introducing suitable cropping pattern with maximum benefit and minimum water consumption is necessary. Therefore, in this study, along with comparing two methods of conventional linear programming and goal programming, optimal cropping pattern and optimum harvesting rate of groundwater resources in Gorgan and Kordkoy cities in Golestan province (most of them located in the Gharehsou-Sou basin) is presented.

Materials and Methods: The Ghareh-Sou watershed in Golestan province is considered a study area because it has an important part of province's agricultural land and it is an agricultural hub. After providing information about the area of cultivation, the cost of production and the price of sales of major agricultural products were estimated. Also, net irrigation demand was calculated considering irrigation efficiency using NETWAT software. Using information on the potential of groundwater harvesting, the optimal cropping pattern and groundwater harvesting rate, considering market constraints and the goals of increasing profits and reducing water use, is determined in both linear and goal programming and then the results were compared.

Results: The results showed that considering the optimal pattern resulted in conventional linear programming, water consumption in Gorgan and Kordkuy could be reduced by 19.6 and 8.8 percent, respectively and the profit from agricultural production in Gorgan and Kordkuy cities will experience increase an equal to 12.6 and 10.4 percent. The conventional linear planning suggests the products such as wheat, rice, potatoes and forage corn in Gorgan city and wheat, rice, rainfed spring soybean and summer cotton in Kordkuy while the goal programming suggests the optimized cropping pattern with an increase of 5 percent in profit and with a 45 percent reduction in water consumption. The results of goal programming showed that the most cropping in Gorgan city should be wheat, rice, tomato, and rapeseed while it should be wheat, rice, and rainfed spring soybean in Kordkuy.

Conclusion: The outcomes of conventional linear and goal programming for determination of optimal cropping pattern in Gorgan and Kordkuy cities showed there is no optimal cropping pattern in the current condition. Using the results of the study can reduce water consumption in two cities of Gorgan and Kordkuy and this decrease in water consumption will not only decrease profits but also increase profits in both cities.

Keywords: Agricultural profits, Agricultural water management, Cultivation area, Irrigation requirement, LINGO software

* Corresponding Author; Email: ghorbani.khalil@yahoo.com

www.SID.ir