

تخصیص بهینه منابع آب در سطح حوضه مطالعه موردی: حوضه گرگانرود

محمدعلی غلامی سفیدکوهی

استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
magholamis@yahoo.com

چکیده

با توجه به پتانسیل منابع آب و خاک، نیروی انسانی، مسائل اجتماعی و سایر عوامل دخیل در تولید محصول، انتخاب الگوی کشت بهینه جهت دستیابی به حداکثر سود به ازاء مصرف یک متر مکعب آب در سطح یک حوضه، از مسائل اساسی مدیریت بر منابع آب به شمار می‌رود. از آنجائی که هدف از تخصیص مناسب منابع آب، دستیابی به حداکثر سود می‌باشد، بنابراین بهترین جواب ممکن (انتخاب الگوی کشت مناسب) از طریق بهینه‌سازی قابل حصول می‌باشد. هدف از این تحقیق بهینه‌سازی الگوی کشت زراعی در حوضه گرگانرود است. از اینرو با توجه به مصرف واقعی گیاهان (مستخرج از تصاویر سنجنده MODIS)، پتانسیل منابع آب (سطحی و زیرزمینی) و در نظر داشتن سیاست‌های کلان بخش آب و خاک استان گلستان (قیودات)، تابع هدف ماکزیمم سازی گردید. در ادامه شاخص سودمندی اقتصادی آب ورودی به اراضی محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که اگر چه مابین مقدار این شاخص در کل حوضه و متوسط جهانی فاصله زیادی وجود دارد اما، در تمامی شهرستان‌ها افزایش اندکی نسبت به سال مبنا دارد، بطوریکه میزان متوسط این شاخص در کل حوضه از 706 ریال به ازاء مصرف یک متر مکعب آب به 840 ریال افزایش داشته است.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، بهینه‌سازی شبکه‌های آبیاری، حوضه گرگانرود

1- مقدمه

کشاورزی اصلی ترین و مهمترین منبع تامین مواد غذایی دنیا محسوب می‌شود. از این رو نقش بسزائی در ایجاد تعادل در امنیت غذایی، اجتماعی و حتی سیاسی کشورهای جهان دارد. در طی دهه‌های گذشته، کشاورزی با نوسانات زیادی در میزان سطح زیر کشت و عملکرد محصولات روبرو بوده است. بر اساس گزارشهای ارائه شده توسط سازمان جهانی خواربار و مواد غذایی (FAO)، از اوایل دهه 60 میلادی اراضی کشاورزی در سطح جهان با افزایش 12 درصدی به 1/5 میلیارد هکتار در حال حاضر رسیده است که 11 درصد از سطح کره زمین را تشکیل می‌دهد. در طول همین مدت جمعیت جهان نیز بیش از دو برابر شده است. به همین دلیل، در طول فاصله زمانی مذکور، سرانه اراضی کشاورزی بیش از 40 درصد کاهش یافته بطوریکه سرانه آن از 0/43 هکتار در سال 1962 به 0/23 هکتار در سال 2003 رسیده است (احسانی و خالدی، 1382).

اگر چه در طول همین مدت با افزایش عملکرد در واحد سطح، کمبود حاصل از کاهش سرانه سطح زیر کشت جبران گردیده ولی تهدیدهای زیاد دیگری علاوه بر افزایش سریع جمعیت شامل محدودیت منابع آب، مدیریت ضعیف، رقابت شدید

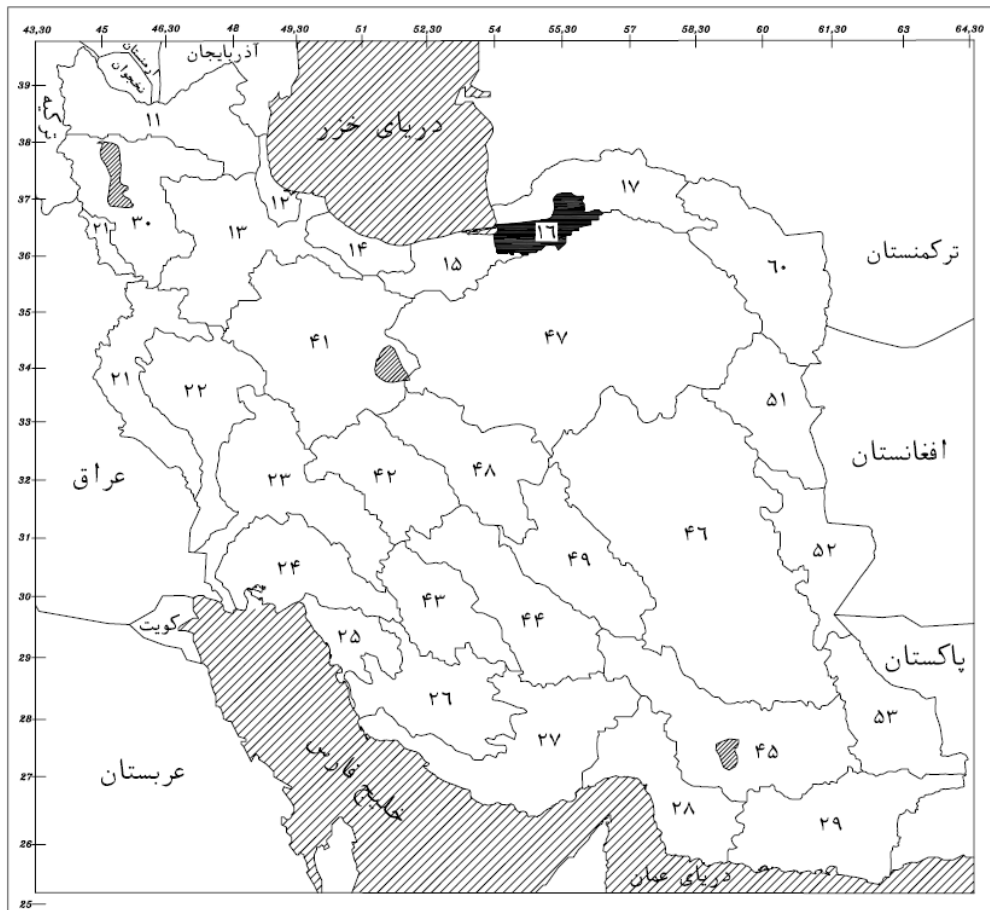
استفاده از منابع آب در بخشهای صنعت، شرب، محیط زیست با بخش کشاورزی، همچنان پایداری کشاورزی و امنیت غذایی را به مخاطره می اندازد که در صورت عدم مهار آنها ممکن است انسان‌ها، آینده‌ای سخت و طاقت فرسا را تجربه کنند. بر اساس گزارش سازمان ملل، با نرخ رشد جمعیت کنونی، ایران تا سال 2050 میلادی جزء 10 کشور اول پر جمعیت جهان خواهد بود. بر این اساس میزان سرانه آب تجدید پذیر کشور نیز از میزان حدود 13000 متر مکعب در سال 1300 به حدود 1850 متر مکعب در سال 1385 تقلیل یافته و در صورت ادامه این روند، وضعیت در آینده به مراتب نامناسب تر خواهد شد. بنابراین رشد جمعیت، توسعه و بهبود سطح بهداشت و گسترش بخش‌های کشاورزی و صنعت و مواردی از این دست، پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه بوده و این امر موجب زیاد شدن شکاف میان عرضه و تقاضای این ماده ارزشمند در آینده خواهد شد. از طرفی رقابت سنگین بر سر محل‌های مصرف آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، باعث ایجاد حساسیت بیشتر در بخش کشاورزی شده و توجه جدی به مبانی برنامه‌ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آن را اجتناب ناپذیر می‌نماید.

به نظر می‌رسد یکی از مهمترین و موثرترین راهکارهای مقابله با بحران آب، افزایش کارایی(راندمان) آبیاری به همراه استفاده حداکثر از مقدار آب مصرفی در بخش کشاورزی بعنوان مصرف کننده عمده آب جهت نیل به بالاترین سطح بهره‌وری آب می باشد. بطور کلی بهره‌وری¹ به میزان و چگونگی استفاده از نهاده‌ها در فرآیند تولید ستاده‌ها طی یک دوره و محدوده جغرافیایی مشخص جهت دستیابی به اهداف تعیین شده ارتباط دارد. بنابراین ارتقای سطح بهره‌وری هدفی ارزشمند بوده که می تواند نتایجی همچون افزایش رشد اقتصادی، استفاده بهینه از منابع، افزایش سودآوری را به همراه داشته باشد. برای دستیابی به یک موفقیت پایدار در جهت بهبود بهره‌وری، لازم است فرایندی را به عنوان چرخه بهره‌وری که شامل مراحل چهارگانه اصلی پایش، تحلیل، برنامه‌ریزی و بهبود را طراحی کرد. پر واضح است که هر یک از اجزاء چهارگانه به تنهایی قادر نیستند تا هدف چرخه را برآورد سازند. بنابراین نقش مدیریت هوشمند به عنوان هماهنگ کننده این سیستم جهت بهبود شرایط بهره‌وری ضروری است تا بتواند با ارائه راهکارهای مناسب مجموعه را به هدف اصلی رهنمون سازد. هدف از این مقاله، ارائه الگوی کشت بهینه محصولات منتخب در حوضه گرگانرود، و مقایسه شاخص سودمندی اقتصادی آب ورودی به اراضی در حالت بهینه و شرایط موجود در سال مبنا می باشد.

2- موارد و روش انجام تحقیق

2-1- محدوده مطالعاتی

محدوده مورد مطالعه شامل حوضه آبریز گرگانرود بوده که از شمال به حوضه آبریز اترک، از جنوب به حوضه آبریز اصلی کویر مرکزی، از جنوب غرب به حوضه آبریز قره‌سو و از غرب به دریای خزر محدود می‌شود. مساحت حوضه 11594 کیلومتر مربع بوده که 48 درصد سطح استان گلستان را تشکیل می‌دهد. وسعت ناحیه دشتی محدوده حوضه که دارای کاربری زراعی، مسکونی و تا حدودی مرتع می‌باشد، حدود 4726 کیلومتر مربع است و مابقی سطح که در ارتفاعات قرار دارد توسط جنگل پوشیده می باشد. متوسط بارندگی سالانه در این حوضه در ناحیه دشت حدود 505 میلی متر است که بطور متوسط طی 62 روز در سطح حوضه اتفاق می‌افتد. متوسط دمای سالانه در دشت حدود 17 درجه سانتی‌گراد می باشد. همچنین میزان تبخیر از سطح آزاد آب در ناحیه دشت حدود 940 میلی متر است. اقلیم محدوده مطالعاتی متنوع بوده و از اقلیم معتدل مرطوب تا خشک سرد در حال تغییر می باشد(شرکت آب منطقه‌ای گلستان، 1388).



شکل (1): موقعیت حوضه گرگانرود با کد 16 در کشور

2-2- مشخصات منابع آب

بر اساس آمار آبدهی درازمدت، متوسط سالانه آب ورودی از ارتفاعات به دشت معادل 727 میلیون متر مکعب، میزان مصرف آب سطحی حدود 528/9 میلیون متر مکعب (که تماماً" در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد)، و حجم آب خروجی از حوضه معادل 542/92 میلیون متر مکعب برآورد شده است. همچنین میزان کل مصرف سالانه آب زیرزمینی در حوضه معادل 1155/4 میلیون متر مکعب می باشد که سهم بخش کشاورزی، شرب و صنعت به ترتیب معادل 26/7، 990/6 و 134/1 میلیون متر مکعب می باشد. بر این اساس و با توجه به معادله عمومی بیلان هیدروکلیماتولوژی و بیلان آب زیرزمینی، تفاوت ورودی‌ها و خروجی‌های محدوده حدود 21/41- میلیون متر مکعب در سال می‌باشد که این میزان از طریق اضافه برداشت از ذخایر ثابت آبخوان صورت می‌گیرد (شرکت آب منطقه‌ای گلستان، 1388).

2-3- مشخصات کشاورزی

عمده محصولات حوضه شامل گندم، جو، برنج، پنبه و سویا می باشد که به ترتیب دارای سطح کشت 58، 10/5، 9، 2/7 و 7/8 درصد می باشند که بعنوان گیاه منتخب در تحقیق، در نظر گرفته شده اند. سایر محصولات شامل کلزا، سیب زمینی، ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای، آفتابگردان، حبوبات و ... سطحی معادل 12 درصد از کل را تشکیل می‌هند که با توجه دقت تصاویر مورد استفاده و ابعاد زمین‌های تحت کشت، مورد بررسی قرار نگرفت (غلامی و همکاران، 1388).

2-4- انتخاب سال مبنا

شرط اصلی در انتخاب این سال کامل بودن آمار و اطلاعات مورد نیاز جهت تحقیق بود چرا که هر چه اطلاعات مورد نیاز در مورد عوامل تاثیر گذار بر شرایط کشاورزی بیشتر باشد (ضمن لحاظ دقت آنها)، خروجی آن دقیق تر خواهد بود. بر این اساس و با توجه به امکان دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای در هر زمان، وجود یا عدم وجود اطلاعات و آمار زمینی مبنای تصمیم‌گیری جهت انتخاب سال پایه قرار گرفت. با توجه به وجود آمار زمینی گره‌های مصرف آب (سطحی و زیرزمینی) در سال زراعی 82-1381 از یک طرف و وجود نتایج حاصل از سرشماری عمومی کشاورزی² سال 1382 از طرفی دیگر، باعث شد تا بتوان با اطمینان سال زراعی 82-1381 را بعنوان سال مبنا انتخاب کرد (غلامی و همکاران، 1388).

2-5- میزان تبخیر-تعرق واقعی

پس از تولید نقشه‌های سری زمانی ضریب گیاهی بر اساس شاخص گیاهی NDVI و نقشه‌های تبخیر-تعرق مرجع، میزان تبخیر-تعرق واقعی گیاهان منتخب طی فصل رشد (ET_{CRS}) در سال مبنا تولید شد. نتایج نشان می‌دهد که تبخیر-تعرق واقعی برآورد شده با روش سنجش از دور گیاه گندم، جو، برنج، پنبه و سویا به ترتیب دارای خطای 1/9، 0/6، 1/2، 3/7 و 1/1 درصد نسبت به تبخیر-تعرق مورد نیاز برآورد شده به روش پنمن - مانتیث - فائو می‌باشد (غلامی و همکاران، 1388).

2-6- شاخص سودمندی اقتصادی آب ورودی به اراضی³

این شاخص معرف درآمد خالص به ازاء واحد آب تحویلی به محدوده مورد نظر می‌باشد. با توجه به در دسترس بودن اطلاعات ماهواره‌ای و زمینی در محدوده هر شهرستان (9 شهرستان موجود در این حوضه)، لذا سود حاصل از تولید در محدوده هر شهرستان بعنوان مبنا در نظر گرفته شد. بر این اساس، برای محاسبه این شاخص از رابطه زیر استفاده گردید.

$$WP_{\text{Inflow}} = \frac{\sum_{i=1}^5 (B_i - C_i)}{I + P_E} \quad (1)$$

WP_{Inflow} - شاخص سودمندی اقتصادی آب ورودی به محدوده (ریال بر متر مکعب)

I - آب آبیاری مصرف شده در محدوده (متر مکعب)

P_E - بارندگی موثر (MCM)

B_i - درآمد ناخالص ناشی از تولید گیاه i در هر محدوده (ریال)

C_i - هزینه تولید گیاه i در هر محدوده (ریال)

جهت امکان مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیقات انجام شده در سایر کشورها، میزان این شاخص بر حسب دلار بر متر مکعب با در نظر داشتن نرخ تسعیر 10000 ریال نیز محاسبه و ارائه گردید.

2-7- بهینه‌سازی

پس از ارزیابی شرایط موجود حوضه در سال مبنا (غلامی و همکاران، 1388)، مشخص شد که شاخص‌های ارزیابی نسبت به متوسط جهانی و در برخی موارد نسبت به موارد مشابه داخلی، از روند مناسبی برخوردار نیستند. از اینرو در گام اول ممکن است سوالات زیر مطرح گردید.

- با توجه به پتانسیل منابع آب و خاک موجود در هر یک از شهرستان‌ها، جهت دستیابی به حداکثر سود به ازاء مصرف یک متر مکعب آب، سطح تحت کشت گیاهان منتخب در این شهرستان‌ها چه میزان باشد؟

2 - سرشماری عمومی کشاورزی بصورت ده ساله انجام می‌پذیرد و "آبادی" بعنوان کوچکترین واحد جغرافیایی است.

3- Productivity of Water (inflow)

- آیا امکان دستیابی به متوسط جهانی شاخص‌های عملکرد بر اساس الگوی مدیریت مصرف و تولید کنونی وجود دارد؟
 بمنظور پاسخ به سوالات فوق، از بهینه‌سازی خطی برای دستیابی به بهترین جواب ممکن با توجه به هدف تعیین شده و محدودیت‌های موجود، استفاده شد. در تعریف محدودیت‌ها نیز تلاش گردید تا قیودات و تابع هدف کاملاً واقعی و مطابق با سیاست‌های کلان بخش آب و خاک استان گلستان (سند بالادستی) باشد. از این رو از نظرات مسئولین جهاد کشاورزی استان در مورد نظام ترکیب الگوی کشت استان (سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، 1386)، استفاده شد.
 معرفی صحیح اجزاء مدل بمنظور دستیابی به جواب بهین از میان تمام فضای جواب‌های شدنی، اصلی‌ترین بخش مدل‌های بهینه‌سازی محسوب می‌گردد. از اینرو جهت روشن شدن بهتر موضوع، در ادامه سه بخش اصلی مدل برنامه‌ریزی خطی شهرستان علی‌آباد، از میان 9 شهرستان، تشریح می‌شود. برای معرفی تابع هدف و قیودات به نرم افزار LINDO، سطح زیر کشت هر یک از محصولات منتخب بعنوان متغیر تصمیم در نظر گرفته شد.

X_1 - گندم X_2 - جو X_3 - برنج X_4 - پنبه X_5 - سویا

همانطوریکه پیشتر ذکر شد، هدف از بهینه سازی، به حداکثر رساندن سود به ازاء مصرف یک متر مکعب آب می‌باشد. بنابراین ضرایب هر یک از متغیرهای تصمیم در تابع هدف، سود حاصل از عملکرد (تولید) هر یک از محصولات در واحد هکتار می‌باشد. قید اول بیان کننده کمیت مصرف آب می‌باشد. ضریب هر یک از متغیرهای تصمیم در این قید، معرف میزان آب مورد مصرفی واقعی در واحد هکتار هر یک از گیاهان منتخب بوده که از طریق سنجش از دور (ET_{CRS}) محاسبه گردید (غلامی و همکاران، 1388). طرف راست این قید، میزان آب تحویلی به این شهرستان می‌باشد (آب منطقه‌ای گلستان، 1384). حداکثر مساحت قابل کشت، حداقل و حداکثر سطح مجاز قابل کشت هر گیاه در محدوده شهرستان نیز در قید دوم الی 12 تعریف شد (سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، 1386).

Max 3514X₁+1568X₂+18507X₃+4403X₄+9759X₅

Subject To

- 1 4129X₁+2835X₂+11032X₃+6795X₄+6862X₅<=243000000
- 2 X₁+X₂+X₃+X₄+X₅<=43600
- 3 X₁>=20000
- 4 X₁<=25000
- 5 X₂>=0
- 6 X₂<=400
- 7 X₃>=2600
- 8 X₃<=7600
- 9 X₄>=400
- 10 X₄<=1900
- 11 X₅>=8500
- 12 X₅<=13500

END

4- نتایج و بحث

4-1- انتخاب الگوی کشت بهینه در شرایط نرمال

در جدول (1) سطح زیر کشت محصولات آبی با هدف تخصیص بهینه منابع آب و دستیابی به حداکثر سود به ازاء مصرف یک متر مکعب در هر یک از شهرستانهای واقع در حوضه گرگانرود ارائه شد. همچنین با توجه به رابطه (1) شاخص سودمندی اقتصادی آب ورودی به اراضی (محدوده هر شهرستان) در حالت بهینه محاسبه و نتایج در جدول (2) ارائه گردید. مقایسه شاخص اخیر در حالت بهینه و سال مبنا (غلامی و همکاران، 1388) نشان می‌دهد که مقدار این شاخص در تمامی شهرستان‌ها افزایش اندکی نسبت به سال مبنا دارد، بطوریکه میزان متوسط این شاخص در کل حوضه از 706 ریال به ازاء یک متر مکعب آب به 840 ریال (0/08 دلار) افزایش داشته است.

مقایسه شاخص اخیر با متوسط جهانی آن (0/18 دلار بر متر مکعب) همچنان نشان از پایین بودن این شاخص حتی در حالت الگوی کشت بهینه دارد. به نظر می‌رسد که تنها دلیل عمده آن در حوضه مورد تحقیق، عدم کشت گیاهان با تولید (عملکرد) بالا است. عبارتی دیگر ضرایب موزون متغیرهای تصمیم در تابع هدف (درآمد خالص در واحد هکتار هر یک از

محصولات) پایین می‌باشد. این مهم با مقایسه آمار سطح زیر کشت در محدوده هر شهرستان طی چند سال اخیر و سطح بهینه محاسبه شده نیز مشهود است چرا که سطح زیر کشت محصولات منتخب طی سالهای مختلف، دارای اختلاف معنی دار با حالت بهینه نیست. بطور نمونه، نمودار (1) سطح زیر کشت محصولات منتخب طی سالهای اخیر و حالت بهینه را در کل حوضه نشان می‌دهد.

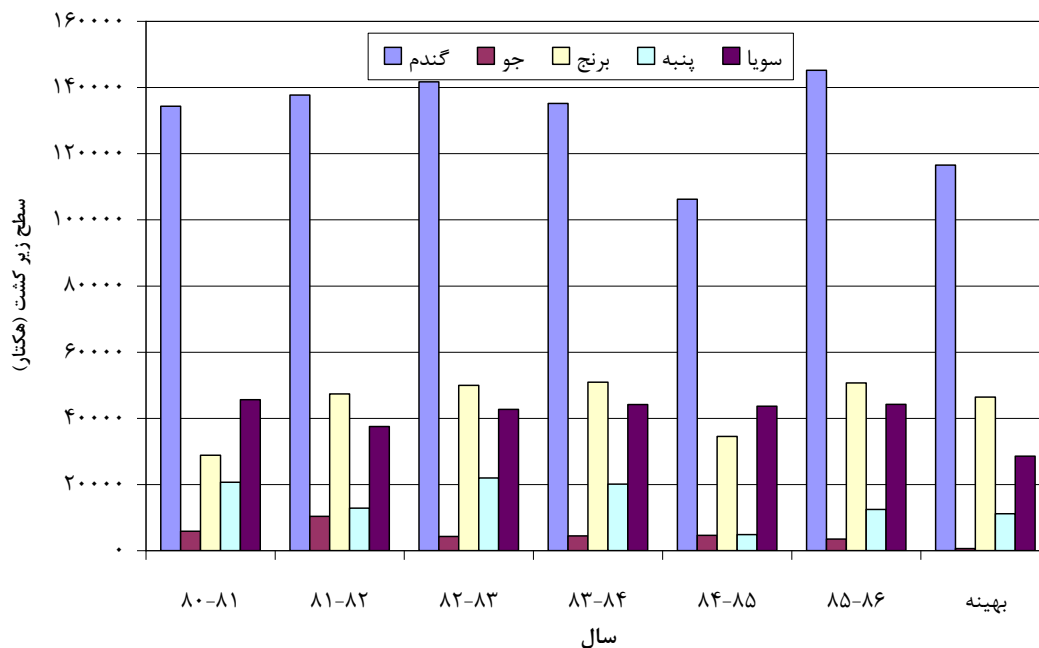
با توجه به امکان تغییر شرایط حاکم بر قیودات و عدم ایستا بودن پیش فرضها، تصمیم‌گیری‌ها نیز دچار تغییر خواهد شد. بنابراین بررسی آثار تغییر متغیرها بر جواب بهین در غالب تحلیل حساسیت انجام شد تا بتوان از این طریق رفتار پویای آن، مورد مطالعه قرار گیرد. نتایج این تحلیل شناسائی متغیرهای حساس و غیر حساس جهت تخمین مناسب جواب بهین می‌باشد. از اینرو با انجام تحلیل حساسیت دامنه تغییرات ضرایب متغیرهای تابع هدف، دامنه تغییرات طرف راست تابع محدودیت‌ها را به شرط عدم تغییر جواب بهین، تعیین شد. همچنین از نتایج دیگر این تحلیل، تعیین هزینه‌های کاهش یافته⁴ یک متغیر غیر پایه‌ای جهت استفاده در تابع هدف بود. جدول (3) مقدار هزینه‌های کاهش یافته ضرایب غیر پایه‌ای را به تفکیک هر شهرستان، نشان می‌دهد.

جدول (1): سطح زیر کشت بهینه محصولات آبی در سال مبنا - هکتار

شهرستان	گندم	جو	برنج	پنبه	سویا	جمع
علی آباد	20000	0	7600	400	10763	38763
رامیان	14526	0	5500	1374	4500	25900
آزاد شهر	6500	0	5500	50	2672	14722
مینودشت	10000	0	6500	0	6546	23046
گنبد	23000	500	5337	2500	0	31337
کلاله	5300	0	1279	0	1500	8079
آق قلا	19000	100	6735	5250	100	31185
گرگان	15000	0	6659	50	2500	24209
بندر ترکمن	3200	0	1300	1500	0	6000
کل حوضه	11652 6	600	46410	11124	28581	20324 1

جدول (2): شاخص سودمندی اقتصادی آب ورودی به اراضی در حالت الگوی کشت بهینه

شهرستان	بارندگی موثر به ازاء سطح زیر کشت (MCM)							آب تحویلی	
	گندم	جو	برنج	پنبه	سویا	جمع	(MCM)	(R/m ³)	شاخص (\$/m ³)
علی آباد	79.0	0.0	9.7	0.8	22.0	111.5	243.0	896	0.09
رامیان	45.9	0.0	5.4	2.3	8.1	61.8	162.6	926	0.09
آزاد شهر	24.3	0.0	6.7	0.1	5.0	36.0	110.3	1092	0.11
مینودشت	42.1	0.0	9.3	0.0	12.8	64.1	154.2	850	0.09
گنبد	72.7	1.4	5.3	4.3	0.0	83.7	176.5	635	0.06
کلاله	17.9	0.0	1.4	0.0	2.3	21.7	43.9	711	0.07
آق قلا	81.8	0.4	9.7	9.1	0.2	101.1	183.8	721	0.07
گرگان	65.8	0.0	9.4	0.1	6.1	81.4	146.4	971	0.10
بندر ترکمن	10.8	0.0	1.3	2.8	0.0	14.9	36.8	755	0.08
کل حوضه	440.3	1.8	58.2	19.5	56.4	576.2	1257.5	840	0.08



نمودار (1): سطح زیر کشت محصولات منتخب طی سالهای اخیر و سطح بهینه در کل حوضه

جدول (3): مقدار هزینه های کاهش یافته ضرایب غیر پایه ای

شهرستان	گندم	جو	برنج	پنبه	سویا
علی آباد	0	2464	0	0	0
رامیان	0	1510	0	0	0
آزاد شهر	0	2169	0	0	0
مینودشت	0	356	0	684	0
گنبد	0	0	0	0	3079
کلاله	0	1417	0	4284	0
آق قلا	0	0	0	0	0
گرگان	0	3933	0	0	0
بندر ترکمن	0	769	0	0	329

4-2- سطح زیر کشت بهینه با فرض افزایش یا کاهش میزان آب تحویلی

الف- افزایش 20 درصدی میزان آب تحویلی

در این حالت فرض می شود که میزان آب برداشتی در محدوده هر شهرستان، 20 درصد نسبت به سال نرمال افزایش خواهد یافت. مقایسه نتایج نشان از افزایش 10 درصدی سطح زیر کشت محصولات آبی در ازاء افزایش 20 درصدی آب تحویلی دارد که بطور متوسط باعث افزایش سطح زیر کشت سویا، پنبه، برنج و گندم به ترتیب معادل 19، 16 و 5 درصد در کل حوضه خواهد شد. همچنین علیرغم افزایش 20 درصدی آب تحویلی، سطح زیر کشت محصول جو افزایش نیافته است. در این حالت میزان شاخص سودمندی اقتصادی آب ورودی به اراضی در کل حوضه، از 840 ریال به ازاء مصرف یک متر مکعب آب در حالت بهینه، به 928 ارتقاء یافته است.

ب- کاهش 20 درصدی میزان آب تحویلی

در این حالت فرض می‌شود که میزان آب برداشتی در محدوده هر شهرستان 20 درصد نسبت به سال نرمال کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از کاهش 20 درصدی آب تحویلی نسبت به سال مبنا نشان می‌دهد که در این حالت سطح زیر کشت محصولات منتخب در حوضه حدود 15 درصد کاهش داشته است و عمده کاهش سطح مربوط به سویا، برنج، پنبه و جو به ترتیب 31، 30، 29 و 3 درصد می‌باشد. قابل ذکر است که سطح زیر کشت جو حدود 17 درصد افزایش داشته است که این افزایش سطح در شهرستان بندرترکمن صورت گرفته است. همچنین مقایسه مقدار شاخص سودمندی اقتصادی آب ورودی به اراضی، نشان از کاهش حدود 159 ریال به ازاء مصرف یک متر مکعب آب نسبت به حالت بهینه در کل حوضه دارد.

5- نتیجه گیری و پیشنهادها

در این نوشتار الگوی زراعی و ترکیب بهینه کشت گیاهان منتخب مطابق با اطلاعات و آمار موجود در سال مبنا، به تفکیک هر یک از شهرستان‌های واقع در محدوده تعیین شد. شاخص سودمندی اقتصادی آب ورودی به اراضی در حالت بهینه، نشان از بهبود اندک این شاخص در تمامی شهرستان‌ها نسبت به سال مبنا دارد. همچنین علیرغم بهینه‌سازی انجام شده، این شاخص‌ها با متوسط جهانی فاصله نسبتاً زیادی دارند. به نظر می‌رسد پایین بودن سود حاصل از عملکرد (تولید) در واحد هکتار، یکی از موانع بزرگ در جهت دستیابی به متوسط شاخص‌های گفته شده می‌باشد.

تحلیل حساسیت در دو حالت افزایش و کاهش 20 درصدی آب تحویلی نیز انجام شد. نتایج در حالت اول (افزایش) نشان از افزایش 10 درصدی سطح زیر کشت گیاهان آبی دارد. همچنین میزان شاخص سودمندی اقتصادی آب ورودی به اراضی در کل حوضه، از 840 ریال به ازاء متر مکعب آب در حالت بهینه، به 928 ارتقاء یافته است. نتایج در حالت دوم (کاهش 20 درصد آب تحویلی) نشان می‌دهد که بطور کلی در این حالت سطح زیر کشت گیاهان منتخب در حوضه حدود 15 درصد کاهش داشته است. همچنین مقایسه میزان شاخص سودمندی اقتصادی آب ورودی به اراضی، نشان از کاهش حدود 159 ریال به ازاء متر مکعب آب در کل حوضه نسبت به حالت بهینه در سال مبنا دارد.

ملاحظه می‌گردد که ارزش افزوده تولید محصول در اغلب محصولات به ازاء مصرف یک متر مکعب آب بسیار پایین بوده و در بعضی از مواقع هزینه‌های تمام شده تامین و توزیع آب را نیز پاس‌خگو نیست. لذا ضروری است به همراه سرمایه‌گذاری در تامین و توزیع آب و بهبود سامانه‌های آبیاری، نسبت به ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی اقدامات اساسی بعمل آید. از اینرو راهبردهای زیر را بمنظور بهبود بهره‌وری آب، پیشنهاد می‌نماید.

- بهبود گونه‌های گیاهی از طریق اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی
- تغییر الگوی کشت و جایگزینی گیاهان پر درآمد و مصرف کننده کم آب
- بهبود عملیات زراعی شامل مدیریت بهتر منابع خاک، بهبود حاصلخیزی خاک، کنترل آفات و امراض
- کاربرد روش‌های نوین آبیاری بمنظور افزایش راندمان

6- منابع

احسانی، م و خالدی، ه، 1382. بهره‌وری آب کشاورزی. چاپ اول. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی، 109 ص.
سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، 1386. نظام ترکیب و الگوی کشت استان گلستان.
شرکت آب منطقه‌ای گلستان، 1388. مطالعات اطلس منابع آب حوضه گرگانرود.
غلامی سفیدکوهی، م و میرلطیفی، م، 1388. بهینه‌سازی عملکرد اراضی کشاورزی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات مزرعه‌ای، مطالعه موردی حوضه گرگانرود. پایان نامه دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.