

## تعیین الگوی کشت بهینه همسو با مدیریت منابع آب

### دشت مشهد-چناران

نجمه مجیدی<sup>۱\*</sup> - امین علیزاده<sup>۲</sup> - محمد قربانی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۱۳

#### چکیده

با توجه به نامناسب بودن پراکنندگی زمانی و مکانی ریزش های جوی در ایران و پایین بودن راندمان آبیاری در کشاورزی، آب به عنوان محدود کننده ترین عامل تولید در کشاورزی مطرح می باشد. در مقاله حاضر الگوی کشت فعلی دشت مشهد-چناران مورد بررسی قرار گرفته و با جمع آوری داده های مربوط به سال ۱۳۸۸، با هدف کاهش مصرف آب، الگوی کشت بهینه و تقریباً بهینه تعیین شد. جهت دستیابی به این هدف از برنامه ریزی خطی و برنامه ریزی ایجاد گزینه ها استفاده شد. نتایج برنامه ریزی خطی نشان داد در الگوی کشت بهینه، علیرغم به کارگیری تمام سطح زیر کشت موجود و کسب بازده برنامه ای مشابه الگوی فعلی، میزان مصرف آب کاهش یافته است که ناشی از ترکیب جدید محصولات در نظام تولید می باشد. همچنین در حالت بهینه سطح زیر کشت محصولاتی چون چغندر قند، حبوبات و آفتابگردان به دلیل مصرف بالای آب و داشتن بازده برنامه ای کمتر، از الگوی کشت حذف شدند. الگوهای تقریباً بهینه حاصل از برنامه ریزی ایجاد گزینه ها نشان دادند حتی با افزایش ۵ و ۷ درصد در مقدار آب مصرفی نسبت به حالت بهینه، تنها حداکثر ۱/۵ درصد بازده برنامه ای افزایش یافته است که به لحاظ اهمیت تداوم استفاده از منابع آب و حفاظت از این منبع با ارزش چنین برداشت اضافی توصیه نمی شود. با توجه به نتایج، به کارگیری الگوهای بهینه سازی در تدوین الگوی کشت در دشت توصیه می شود.

**واژه های کلیدی:** الگوی کشت بهینه، مدیریت منابع آب، برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی ایجاد گزینه ها، دشت مشهد-چناران

#### مقدمه

روز به روز با افزایش تقاضای آب مواجه می باشد (۷). پایین رفتن سطح سفره های آب زیرزمینی و بحرانی شدن وضعیت آب در بیش از ۱۲۰ دشت از دشت های مستعد کشور که هر ساله به این تعداد اضافه می شود، یکی از بزرگترین مشکلات بخش کشاورزی است. کشاورزی به عنوان یکی از محورهای اساسی توسعه اقتصادی است. اهمیت کشاورزی در توسعه اقتصادی سبب شده است که افزایش تولید و درآمد کشاورزان در ایران همواره مورد توجه سیاستمداران قرار داشته باشد. بهره برداران کشاورزی مجریان اصلی برنامه ها و سیاستهای پیشنهادی در سطح مزرعه اند و میزان پذیرش و استقبال آنها از سیاستها و برنامه های جدید نقش تعیین کننده ای در موفقیت این برنامه ها دارد. این در حالی است که کشاورزان در تصمیم گیری برای کشت محصولات زراعی به هدفهای مختلفی چون حداکثر کردن درآمد خالص، حداقل کردن هزینه، استفاده حداکثر از نیروی کار خانوادگی و دستیابی به سطوح مشخصی از درآمد برای تأمین حداقل نیاز ضروری خانواده خویش توجه می کنند. در حال حاضر قسمت اعظم مصارف آب استحصالی کشور به بخش کشاورزی اختصاص

آب یکی از مهم ترین عوامل رشد و توسعه کشورهاست. کمبود آب آشامیدنی از یک سو، و نیاز روز افزون به غذا از سوی دیگر، منابع آب موجود را با بحران جدی مواجه کرده است. خاورمیانه از جمله مناطقی می باشد که به شدت با مشکل محدودیت منابع آب شیرین مواجه است به طوری که بسیاری از کارشناسان پیش بینی می کنند که در آینده درگیری های فراوانی بر سر تصاحب منابع آب شیرین منطقه صورت خواهد گرفت. ایران نیز از یک طرف به دلیل کم بودن ریزش های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی، در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد و از طرف دیگر، به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش های اقتصادی

۱- دانشجوی دکتری و استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه

فردوسی مشهد

(\*) نویسنده مسئول: (Email:majidi\_najmeh@yahoo.com)

۳- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

ناخالص مزرعه رابه ازای هر هکتار تا مبلغ ۳۳۶۱۰۰ ریال افزایش دهند. نتایج تحقیقات منصوری و همکاران (۱۴) نشان داد که با استفاده از یک مدل برنامه ریزی ریاضی، تصمیم گیری برای کشاورزان در شرایط نامناسب زیست محیطی تسهیل می گردد، شرایط الگوی کشت به طور نسبی بهبود می یابد و از منابع و نهاده ها به نحو مطلوب تری بهره برداری می گردد. غلامی (۱۰) علاوه بر شناسایی منابع محدود کننده تر در الگو، با تحلیل حساسیت مسئله نشان داد که بازده برنامه ای پیشنهادی انعطاف پذیری بسیار خوبی دارد. ترکمانی و صوحی (۵) با مقایسه ی بازده آب در الگوی کشت فلی و الگوی کشت پیشنهادی اظهار داشتند که زارعین میتوانند از آب استفاده مناسب تری داشته باشند. ترکمانی و صداقت (۴) نشان دادند رعایت الگوهای بهینه و به نسبت بهینه موجب افزایش چشمگیری در بازده برنامه ای بهره برداران خواهد داشت. دشت مشهد-چناران از مناطق مهم کشت محصولات زراعی در استان خراسان به شمار می رود. مصرف آب در بخش کشاورزی ۹۵۷ میلیون متر مکعب میباشد که از این میزان حدود ۱۲ درصد مربوط به آب های سطحی و ۸۸ درصد مربوط به آب های زیر زمینی است. لذا این دشت با افت بیش از ۱/۲ متر سطح آب زیرزمینی در سال، جزء دشت های بحرانی محسوب میشود (۱۳). با توجه به این مهم، در این مطالعه تلاش شده با ارایه الگوی کشت مبتنی بر کاهش آب مصرفی در دشت مشهد-چناران، با در نظر داشتن افزایش سود و حفظ سطح اشتغال، و با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی، این مسأله مورد بررسی قرار گیرد. بطور متداول در ارایه الگوی بهینه کشت از روش های بهینه سازی قطعی مانند برنامه ریزی خطی معمولی استفاده می شود که از فرضیات این برنامه، بی تفاوتی بهره برداران نسبت به پدیده ی ریسک است و هدف آن حداکثر کردن سود فعالیت هاست. لذا این روش تمام جواب های غیر بهینه را حذف میکند تا بهترین جواب موجه که به ازای آن مطلوب ترین مقدار تابع هدف ایجاد میشود (جواب بهینه)، به دست آید. در حالی که روش الگوسازی ایجادگزینه ها این امکان را فراهم می کند که طیف وسیعی از جواب های قابل قبول در محدوده ی جواب بهینه برای تصمیم گیرندگان وجود داشته باشد تا از میان این برنامه ها برنامه ای که علاوه بر لحاظ کردن امکانات و محدودیت ها، بتواند اهداف آنها را تأمین کند، انتخاب شود. MGA<sup>۱</sup> با فراهم کردن جواب هایی که در سطوح قابل اغماضی از سطح بهینه میتواند دامنه ای از گزینه های قابل قبولی را ارایه دهد که امکان جایگزینی آنها با یک جواب خاص برای مسئله، وجود دارد. به این ترتیب مجموعه ای از جواب ها پیش روی تصمیم گیرندگان وجود خواهد داشت (۴). با توجه به مطالبی که در مقدمه بیان شد هدف این تحقیق، تعیین الگوی بهینه و تقریباً بهینه ی کشت و تأثیر آن بر مقادیر مصرف آب است.

درد (۱۳). به رغم سرمایه گذاری های قابل ملاحظه ی انجام شده در بخش آب، به دلایلی همچون بالا رفتن هزینه استحصال هر متر مکعب آب از منابع آبی جدید در کشور، برداشت بی رویه از برخی منابع آب موجود، عدم تغذیه مناسب سفره های آب سطحی و زیر زمینی، رعایت نشدن اصول مربوط به نگهداری و حفاظت از منابع آب و خاک کشور، رشد بخش صنعت و توسعه شهرنشینی و سرانجام بروز پدیده خشکسالی در سال های اخیر، آلودگی و نابودی بسیاری از منابع آبی کشور همچنان ادامه دارد. در نتیجه، عرضه آب در برخی از مناطق نتوانسته است پاسخگوی تقاضای فزاینده ی آن باشد، به گونه ای که آب به کالای رقابتی برای مصارف مختلف تبدیل شده است که این محدودیت با توجه به مصرف ۹۰ درصدی بخش کشاورزی بیشتر جلوه میکند (۶).

لذا به نظری می رسد که کمبود منابع آب، علاوه بر کند کردن روند توسعه کشاورزی، باعث خسارات و زیان هایی نیز در آینده خواهد شد. پیاده سازی نظام بهره وری آب کشاورزی در ساختار مدیریت آب کشور، یکی از راهکارهای توصیه شده می باشد. لذا برای جلوگیری از بحران، باید به سمت مدیریت تقاضای آب از جمله به سمت تغییر در الگوی کشت حرکت کرد. مطالعات مختلفی در ایران در مورد استفاده از برنامه ریزی ریاضی برای بهینه سازی در زمینه های مختلف از جمله مدیریت منابع آب و تعیین الگوی بهینه کشت صورت گرفته است. مطالعه عباسی و قدمی (۹) نشان داد که با وجود کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی، سود خالص حاصل از الگوی ارایه شده، روند افزایشی دارد. همچنین بیلان منفی در دشت تعدیل شده و به تدریج مثبت می گردد. قادری و همکاران (۱۱) با استفاده از نتایج مدل زمان و مکان، برداشت بهینه از منابع آب های سطحی و زیرزمینی را مشخص کرده اند. کوپایی و قربانی (۱۲) معتقدند جیره های بهینه تقریبی، مکمل جیره های بهینه است که هزینه ثابتی را در بر دارد و گزینه های گوناگونی را ایجاد میکند. اسدی و سلطانی (۱) نشان دادند که کاربرد الگوی بهینه کشت، تا اندازه درخور ملاحظه ای درآمد زارعان را افزایش می دهد و از طرفی بهره برداری بهینه از منابع انجام می گیرد. نتایج مطالعات چیدری و قاسمی (۸) نشان داد که الگوی مورد استفاده ی واحد مورد مطالعه دارای توجیه اقتصادی نبوده و به کارگیری الگوی پیشنهادی سبب افزایش سود و کاهش هزینه های تولید و صرفه جویی در مصرف آب می شود. باقریان و همکاران (۳) نتیجه گرفتند که به کارگیری مدل های بهینه ضمن افزایش سودآوری، مقداری از زمین های زراعی را بدون استفاده می گذارد که بیانگر آن است که الگوی بهینه کشت می تواند سود بیشتری را با مقدار زمین کمتری ارایه دهد. اسدپور و همکاران (۲) معتقدند که امکانات بالقوه و بالفعل برای بهبود دسترسی به اهداف مدیریت بخش کشاورزی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد، به طوریکه مقادیر بهینه ی الگوی کشت برای محصولات مختلف زراعی با پیشنهاد جدید مدل می توانند درآمد

## مواد و روش ها

حوضه آبریز کشف رود ایران، با وسعت ۱۶۵۷۰ کیلومتر مربع در شمال و شمال شرق خراسان رضوی در طول جغرافیایی ۳۷° تا ۳۵° و عرض شمالی ۲۲° ۵۸' و ۳۶° ۶۰' واقع شده و یکی از سه زیرحوضه ی آبریز قره قوم می باشد. حداقل ارتفاع حوضه آبریز مورد مطالعه در جنوب شرق منطقه (در محل پیوستن رودخانه کشف رود به رودخانه هریرود) برابر ۳۹۱ متر در محدوده مطالعاتی آق دربند و حداکثر آن ۳۲۴۹ متر در قله بینالود در غرب محدوده مطالعاتی مشهد قرار دارد. محدوده ی مطالعاتی مشهد-چناران با وسعت ۹۹۰۹ کیلومتر مربع معادل ۵۹/۲ درصد از کل حوضه آبریز کشف رود را شامل می شود، در این محدوده، دشت مشهد-چناران با وسعتی معادل ۳۳۱۹ کیلومتر مربع واقع گردیده که بزرگترین دشت حوضه آبریز کشف رود محسوب می شود.

اطلاعات مورد نیاز این مطالعه اعم از هزینه ها، مصارف نهاده ها (کود، سم، نیروی کار، ماشین آلات) در سال ۱۳۸۸ از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسشنامه به روش نمونه گیری ساده از ۱۰ کشاورز نماینده و همچنین سازمان جهاد کشاورزی گردآوری شده است. برای تعیین الگوی بهینه در ابتدا از برنامه ریزی خطی معمولی در نرم افزار QSB استفاده شد، فرم کلی برنامه ریزی خطی که در اینجا هدف، حداقل کردن مصرف آب است به این شکل می باشد:

$$\text{Min } Z = C'X \quad (۱)$$

St.

$$AX \geq \text{or } \leq B; \quad (۲)$$

$$X \geq 0;$$

که  $Z$  مقدار تابع هدف و قابل محاسبه است.  $B$  مقدار منابع در دسترس،  $C'$  ضرایب تابع هدف که در اینجا میزان آب مصرفی محصولات است.  $X$  متغیرهای تصمیم که محصولات کشت شده در الگو است.  $A$  ماتریس ضرایب فنی متغیرها یا میزان مصرف هر منبع در تولید یک واحد از هر فعالیت (محصول) است (جدول ۱). در مرحله بعد برای بدست آوردن الگوی تقریباً بهینه با اعمال سطوح قابل اغماض ( $j$ ) در مقدار بهینه تابع هدف  $Z^*$  یا همان مینیمم آب مصرفی، این ردیف به محدودیت های قبلی اضافه می شود و هدف مینیمم کردن مجموع فعالیت هایی است که در حل برنامه ریزی خطی، غیرصفر بودند. در واقع مقدار تابع هدف با سطوح قابل اغماض (۵٪، ۷٪) افزایش یافت تا علیرغم پذیرش ریسک (افزایش آب مصرفی نسبت به حالت بهینه)، اثرات آن بر دیگر محدودیت ها و همچنین سود حاصل از آن بررسی شود. لذا فرم برنامه ریزی ایجاد گزینه ها به این حالت است:

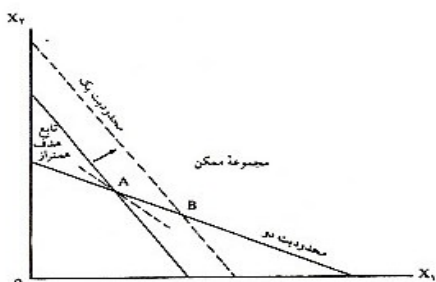
$$\text{Min } Z$$

St.

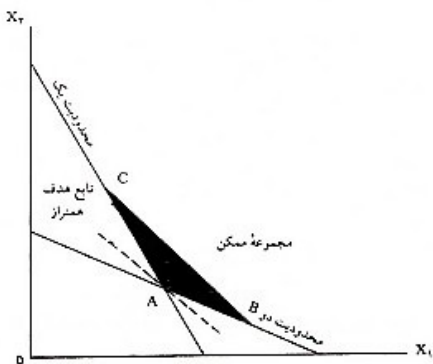
$$C'X \leq (1+j) Z^*; \quad (۳)$$

$$AX \geq 0 \text{ or } \leq 0; \quad X \geq 0;$$

تابع هدف این مرحله دارای ضرایب صفر و یک است، به گونه ای که متغیرهایی (سطح زیر کشت محصولات) که در حل بهینه غیر صفر بودند، ضریب ۱ را می گیرند. این عمل تا مرحله ای تکرار می شود که در یک سطح از  $j$ ، جواب های غیر صفر دیگر تغییر نکنند. سپس سطح دیگری از  $j$  انتخاب میشود این کار (تغییر مقدار  $j$ ) تا وقتی تکرار می شود که سناریوهای کافی ایجاد گردد و همچنین مقدار این سطوح قابل اغماض از سوی سیاستمداران و تصمیم گیرندگان قابل قبول باشد. حال به منظور روشن ساختن مسئله، در اینجا با رسم شکل های ۱ و ۲ به تفاوت بین برنامه ریزی خطی و الگوی ایجاد گزینه ها می پردازیم. در ادامه، پارامترهای ورودی یعنی متغیرهای تصمیم، محدودیت ها، و ضرایب فنی مرتبط با ساختار برنامه ریزی خطی توضیح داده میشود.



شکل ۱- تحلیل حساسیت منابع در برنامه ریزی ریاضی (۳)



شکل ۲- بیان گرافیکی الگوسازی ایجادگزینه ها (۳)

برنامه ریزی خطی اولیه در یک مسئله نسبت بین دو محدودیت را روی حداقل منابع قابل دسترس به حداقل می رساند. جواب برنامه ریزی خطی اولیه، با تابع هدف همتراز در نقطه  $A$  داده شده است. برای تعدیل منابع قابل دسترس مربوط به محدودیت یک، تحلیل حساسیت جواب بهینه ممکن است با حرکت این محدودیت صورت

### محدودیت نیروی کار

$$\sum_{i=1}^{17} LM_i \cdot X_i \leq LM_t \quad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^{17} LF_i \cdot X_i \leq LF_t \quad (۷)$$

$LM_t$  و  $LM_i$ : به ترتیب کل نیروی کار مرد و نیروی کار مورد نیاز هر هکتار محصول آم (نفر- روز)

$LF_t$  و  $LF_i$ : به ترتیب کل نیروی کار زن و نیروی کار مورد نیاز هر هکتار محصول آم (نفر- روز) به دلیل تفاوت در مقادیر نیروی کار زن و مرد و کارایی متفاوت آنها برای هر محصول، دو ردیف محدودیت برای این نهاده در نظر گرفته شده است.

### محدودیت سرمایه

که شامل کل هزینه های متغیر برای تولید هر واحد از محصولات است و چون در تصمیم گیری کشاورز برای انتخاب محصول مؤثر است در این مطالعه لحاظ شد.

$$\sum_{i=1}^{17} TVC_i \cdot X_i \leq TCA_t \quad (۸)$$

$TVC_i$ : هزینه های متغیر تولید برای هر هکتار محصول آم (میلیون ریال)

$TCA_t$ : کل سرمایه نقدی موجود (میلیون ریال)

### محدودیت بازده برنامه ای

برای حفظ حداقل سطح سود خالص الگوی موجود ای محدودیت وارد مدل گردید.

$$\sum_{i=1}^{17} GM_i \cdot X_i \geq GM_t \quad (۹)$$

$GM_t$ : بازده برنامه ای کل (میلیون ریال)

$GM_i$ : بازده برنامه ای هر هکتار محصول آم (میلیون ریال)، که از رابطه زیر بدست می آید:

$$GM_i = TR_i - TVC_i \quad (۱۰)$$

$TR_i$ : درآمد کل هر هکتار از محصول آم (میلیون ریال)

$$TR_i = Y_i \cdot P_i \quad (۱۱)$$

$Y_i$ : عملکرد هر محصول در واحد سطح (کیلوگرم بر هکتار)

$P_i$ : قیمت بازاری هر محصول (تومان)

پذیرد. در این مورد، جواب از A به B تغییر میکند.

نظریه اساسی در الگوسازی ایجاد گزینه ها که در نمودار ۲ آمده است، به صورت قابل توجهی متفاوت است. ناحیه بالایی مجموعه ممکن، در داخل سطح اغماض ویژه ای از جواب بهینه مورد بررسی قرار گرفته است. در این نمودار در داخل مجموعه ممکن، جوابهای داخلی به صورت ناحیه سایه دار مشخص شده اند. زمانی که مجموعه سطوح اغماض مورد بررسی قرار گیرد، نقطه C به عنوان یک جواب جایگزین ظاهر می شود (۳).

### تابع هدف

$$MinZ = \sum_{i=1}^{17} CW_i \cdot X_i \quad (۴)$$

که در آن:

$X_i$ : فعالیت آم ( $i=1,2,\dots,17$ )

$CW_i$ : آب مصرفی هر هکتار از محصول آم (مترمکعب)

### متغیرهای تصمیم (فعالیت ها)

رشته فعالیت های موجود که با اندیس i در الگوی برنامه ریزی خطی مشخص شدند شامل ۱۷ محصول عمده ای کشت شده می باشند که به ترتیب عبارتند از: گندم ( $i=1$ )، جو ( $i=2$ )، یونجه ( $i=3$ )، پیاز ( $i=4$ )، سیب زمینی ( $i=5$ )، گوجه فرنگی ( $i=6$ )، حبوبات ( $i=7$ )، ذرت علوفه ای ( $i=8$ )، چغرنفند ( $i=9$ )، کلزا ( $i=10$ )، میوه های سردرختی ( $i=11$ )، زعفران ( $i=12$ )، خربزه ( $i=13$ )، خیار ( $i=14$ )، آفتابگردان ( $i=15$ )، پسته ( $i=16$ )، انگور ( $i=17$ ).

### محدودیت ها

#### محدودیت سطح زیر کشت

مجموع سطح زیر کشت محصولات با سطح کل دشت برابر است:

$$\sum_{i=1}^{17} X_i = A_t \quad (۵)$$

$A_t$ : کل سطح زیر کشت موجود (هکتار)

همچنین با توجه به اهداف مدل و کارایی بیشتر آن و شرایط اجتماعی سطح زیر کشت محصولات حداکثر می تواند تا ۳۰ درصد افزایش یابد جز گندم که به دلیل خود کفایی نمی تواند کمتر از مقدار موجود باشد و همچنین سهم محصولات آب بر که فقط محدودیت حداکثر گونه دارد.

1 - Total Variable Cost

2 - Gross Margin

3 - Total Revenue

جلوگیری خواهد کرد.

$$\sum_{i=1}^{17} PE_i \cdot X_i \leq PE_i \quad (14)$$

PE<sub>i</sub> و PE<sub>i</sub>: کل سموم شیمیایی قابل دسترس کشاورزان (لیتر) و مقدار مورد نیاز سموم شیمیایی برای هر هکتار از محصول آم (لیتر در هکتار)

#### محدودیت تناوب زراعی

تناوب میتواند نقش مهمی در کنترل آفات و بیماریها و همچنین جلوگیری از پایین آمدن راندمان محصول داشته باشد. یک راه برای وارد کردن تناوب به این گونه است که:

$$\sum_{i=1}^{17} (-1)^i \cdot X_i \leq 0 \quad (15)$$

#### محدودیت غیر منفی

در مدل برنامه ریزی خطی معمولی، متغیرهای تصمیم گیری، سطح زیر کشت محصولات هستند بر حسب هکتار و بنابراین نمی توانند مقادیر منفی داشته باشند.

$$X_1, X_2, \dots, X_{17} \geq 0 \quad (16)$$

ضرایب فنی این مطالعه در جدول ۱ گزارش شده است.

#### محدودیت ماشین آلات

به منظور استفاده از ماشین آلات در مراحل کاشت، داشت، برداشت، برآوردی از هزینه این نهاده می تواند از پرداخت هزینه اضافی جهت به کارگیری آن جلوگیری کند.

$$\sum_{i=1}^{17} M_i \cdot X_i \leq M_i \quad (12)$$

M<sub>i</sub>: میزان کاربری ماشین آلات مورد نیاز برای تولید هر هکتار از محصول آم (میلیون ریال در هکتار)  
M<sub>i</sub>: کل ماشین آلات در دسترس (میلیون ریال)

#### محدودیت کود شیمیایی

یکی دیگر از نهاده های تولید، استفاده از کود های شیمیایی (فسفات، ازت، پتاس) است، که فرم کلی این محدودیت را می توان در این رابطه نشان داد.

$$\sum_{i=1}^{17} F_i \cdot X_i \leq F_i \quad (13)$$

F<sub>i</sub> و F<sub>i</sub>: به ترتیب کل کود موجود در دسترس (۵۰ کیلوگرم) و مقدار کود مورد نیاز برای هر هکتار محصول آم (۵۰ کیلوگرم بر هکتار)

#### محدودیت سموم شیمیایی

یکی از محدودیت هایی که کشاورزان با آن مواجه هستند سموم شیمیایی است، لذا برآورد مقدار آن از استفاده بی رویه از این نهاده،

جدول ۱- میزان نهاده های مورد نیاز برای هر هکتار از محصولات موجود در الگوی کشت فعلی (ضرایب فنی)

| M           | PE   | F          | LM      | LF      | GM          | TVC         | P       | Y       | CW      | ترکیب کشت فعلی   |
|-------------|------|------------|---------|---------|-------------|-------------|---------|---------|---------|------------------|
| میلیون ریال | لیتر | ۵۰ کیلوگرم | نفر-روز | نفر-روز | میلیون ریال | میلیون ریال | تومان   | کیلوگرم | مترمکعب |                  |
| ۲/۲         | ۱۰   | ۱۰         | ۱۰      | ۰       | ۵/۷۴        | ۶/۸۶        | ۲۸۰     | ۴۵۰۰    | ۵۰۰۰    | گندم             |
| ۲/۶         | ۳    | ۱۰         | ۱۰      | ۰       | ۱/۱۷۵       | ۶/۲۵        | ۱۶۵     | ۴۵۰۰    | ۴۰۰۰    | جو               |
| ۵.۳         | ۰    | ۱۰         | ۲۰      | ۰       | ۲۸/۵        | ۱۰/۵        | ۲۶۰     | ۱۵۰۰۰   | ۱۶۰۰۰   | یونجه            |
| ۶/۵         | ۷    | ۱۵         | ۲۵      | ۱۷۵     | ۷۹/۶        | ۵۰/۴        | ۲۶۰     | ۶۵۰۰۰   | ۷۰۰۰    | پیاز             |
| ۶           | ۷    | ۱۴         | ۲۰      | ۶۵      | ۳۷/۰۵       | ۲۸/۹۵       | ۲۲۰     | ۳۰۰۰۰   | ۱۰۰۰۰   | سیب زمینی        |
| ۵/۵         | ۸    | ۱۵         | ۳۲      | ۱۰۰     | ۶۳/۰۸       | ۲۶/۲        | ۱۵۰     | ۶۰۰۰۰   | ۱۵۰۰۰   | گوجه فرنگی       |
| ۱/۲         | ۴    | ۱۴         | ۱۵      | ۷۵      | ۸/۵         | ۱۴          | ۹۰۰     | ۲۵۰۰    | ۸۰۰۰    | حبوبات           |
| ۵/۲         | ۲    | ۱۶         | ۱۰      | ۰       | ۱۰۰/۱۵      | ۹/۸۵        | ۲۰۰     | ۵۵۰۰۰   | ۱۱۰۰۰   | ذرت علوفه ای     |
| ۶/۲         | ۱۰   | ۱۵         | ۴۲      | ۸۰      | ۳/۵         | ۲۶/۵        | ۵۰      | ۶۰۰۰۰   | ۱۸۰۰۰   | چغندر قند        |
| ۲           | ۷    | ۷          | ۵       | ۸       | ۲/۱         | ۵/۹         | ۴۰۰     | ۲۰۰۰    | ۴۰۰۰    | کلزا             |
| ۳           | ۱۰   | ۱۵         | ۳۰      | ۱۵      | ۲۶/۵        | ۳۴          | ۵۵۰     | ۱۱۰۰۰   | ۱۲۵۰۰   | میوه های سردرختی |
| ۱/۷۴        | ۷    | ۶          | ۱۵      | ۳۵      | ۷۵          | ۹           | ۲۸۰۰۰۰۰ | ۳       | ۳۵۰۰    | زعفران           |
| ۱/۴۸        | ۱۲   | ۱۳         | ۲۵      | ۳۰      | ۱۶/۱        | ۷/۷         | ۱۴۰     | ۱۷۰۰۰   | ۸۰۰۰    | خریزه            |
| ۲/۷         | ۵    | ۵          | ۲۴      | ۴۵      | ۶۰/۷۶       | ۱۴/۲۴       | ۳۰۰     | ۲۵۰۰۰   | ۱۰۰۰۰   | خیار             |
| ۱/۵۸        | ۱۰   | ۳          | ۵       | ۱۰      | ۰/۱         | ۶/۲         | ۴۲۰     | ۱۵۰۰    | ۸۵۰۰    | آفتابگردان       |
| ۴/۳         | ۱۰   | ۱۰         | ۳۰      | ۲۵      | ۵۵/۳        | ۱۴/۹        | ۵۴۰۰    | ۱۳۰۰    | ۱۰۰۰۰   | پسته             |
| ۴/۵         | ۱۰   | ۹          | ۳۰      | ۲۰      | ۵۵          | ۲۵          | ۴۰۰     | ۲۰۰۰۰   | ۷۰۰۰    | انگور            |

مأخذ: یافته های تحقیق

## نتایج و بحث

### برنامه ریزی خطی

بعد از گردآوری اطلاعات مورد نیاز، با توجه به محدودیت‌ها و قیدهای مسئله، الگوی برنامه ریزی خطی و الگوی ایجاد گزینه‌ها (MGA) برای کمینه کردن مصرف آب، تعیین شد. این الگوها به گونه‌ای طراحی شده که کل سطح زیر کشت برابر مقدار موجود آن باشد. همانطور که از جدول ۲ پیداست حبوبات، چغندرقد، آفتابگردان از مدل حذف شدند چرا که محصولات آب‌بر و کم‌بازده بودند. هزینه‌ی فرصت آنها به ترتیب ۳۳۶/۴۱، ۱۳۸۰۹، ۵۵۳۷ متر مکعب است؛ یعنی اگر لازم باشد که یک واحد از هر کدام از این محصولات در الگوی کشت وارد شود به اندازه هزینه فرصت آنها مقدار مصرف آب افزایش می‌یابد (هزینه فرصت با ضرایب تابع هدف، واحد یکسانی دارد). در مورد بقیه محصولات، حداکثر تفاوت مربوط به یونجه و میوه‌های سردختی است که دو محصول آب‌بر هستند. لذا سطح زیر کشت آن‌ها در الگوی بهینه کاهش یافته است. سطح زیر کشت بقیه محصولات نسبت به حالت فعلی افزایش داشته است. طبق نتایج حاصل از مدل، سطح زیر کشت محصول کلزا تغییری نکرده است؛ چون این محصول از یک طرف دارای محدودیت قانونی است و نباید از الگو حذف شود و از طرفی کشاورزان تمایلی به افزایش سطح

زیرکشت آن، ندارند. مقایسه آب مصرفی الگوی بهینه و الگوی فعلی در جدول ۳ نشان می‌دهد که میزان آب مصرفی در الگوی بهینه به اندازه ۱۴ درصد کاهش یافته است این در حالیست که طبق همین جدول، میزان بازده برنامه ای (GM) ثابت مانده است. پس می‌توان با تغییراتی در الگوی کشت، میزان آب مصرفی را به اندازه ۱۳۰۶۱۰۱۰۰ متر مکعب کاهش داد. جدول ۴ مقادیر مصرف شده و مازاد عوامل تولید را در الگوی کشت بهینه نشان می‌دهد که طبق آن، نیروی کار به اندازه ۹ درصد نسبت به قبل کاهش یافته که قابل توجه نیست و می‌توان این مازاد را در فعالیت‌های دیگر جذب کرد. میزان ماشین‌آلات و کود به کار گرفته شده به میزان کمی کاهش یافته و کل سم موجود مصرف شده است. این در حالیست که کل سطح زیر کشت استفاده شده است. براساس قیمت سایه ای آن اگر یک واحد به این منبع اضافه شود، میزان آب مصرفی به اندازه ۵۷۰۳ متر مکعب افزایش می‌یابد. در مورد سموم اگر به اندازه یک واحد به موجودی این منبع افزوده گردد میزان آب مصرفی به اندازه ۲۷۳ متر مکعب کاهش می‌یابد. نکته قابل تأمل، میزان سرمایه گذاری است که به اندازه ۱۵ درصد نسبت به شرایط فعلی کاهش یافته و نشان می‌دهد با صرف هزینه کمتر، می‌توان مصرف آب را کاهش داد.

جدول ۲-مقایسه الگوی بهینه و الگوی فعلی کشت (هکتار)

| وضعیت           | الگوی فعلی | الگوی بهینه | هزینه فرصت | درصد تغییرات |
|-----------------|------------|-------------|------------|--------------|
| گندم            | ۳۶۰۰۰      | ۴۴۰۰۰       | ۰          | ۲۲           |
| جو              | ۲۴۰۰۰      | ۳۲۱۰۰       | ۰          | ۳۴           |
| یونجه           | ۴۴۴۹       | ۲۷۱۰        | ۰          | -۳۹          |
| پياز            | ۱۳۰۰       | ۱۸۰۰        | ۰          | ۳۸           |
| سیب زمینی       | ۱۶۰        | ۲۰۰         | ۰          | ۲۵           |
| گوچه فرنگی      | ۶۶۰۰       | ۸۰۰۰        | ۰          | ۲۱           |
| حبوبات          | ۱۸۰        | ۰           | ۳۳۶/۴۱     | -۱۰۰         |
| ذرت علوفه ای    | ۲۴۰۰       | ۳۲۴۰        | ۰          | ۳۵           |
| چغندرقد         | ۵۲۰۰       | ۰           | ۱۳۸۰۹      | -۱۰۰         |
| کلزا            | ۱۴۰۰       | ۱۴۰۰        | ۰          | ۰            |
| میوه‌های سردختی | ۲۵۰۰۰      | ۱۵۴۰۰       | ۰          | -۳۸          |
| زعفران          | ۹۵۰        | ۱۱۰۰        | ۰          | ۱۶           |
| خریزه           | ۵۰۰۰       | ۶۰۰۰        | ۰          | ۲۰           |
| خیار            | ۴۰۰        | ۵۴۰         | ۰          | ۳۵           |
| آفتابگردان      | ۲۴۳        | ۰           | ۵۵۳۷       | -۱۰۰         |
| پسته            | ۴۵۵        | ۶۰۰         | ۰          | ۳۲           |
| انگور           | ۷۰۰        | ۹۰۰         | ۰          | ۲۹           |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳- مقایسه آب مصرفی الگوی بهینه و موجود کشت (مترمکعب)

| وضعیت        | آب مصرفی  | بازده برنامه ای |
|--------------|-----------|-----------------|
| الگوی فعلی   | ۹۵۷۰۰۰۰۰  | ۲۰۵۷۳۹۴/۳       |
| الگوی بهینه  | ۸۲۶۳۸۹۹۰۰ | ۲۰۵۷۳۹۵         |
| درصد تغییرات | -۱۴       | ۰/۰۰            |

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۴- مقادیر نهاده های مصرف شده و میزان مازاد آن بر حسب (هکتار، نفر- روز، ۵۰ کیلوگرم، لیتر، میلیون ریال)

| نهاده های تولید | میزان نهاده موجود | میزان نهاده مصرف شده | مقدار مازاد | درصد | قیمت سایه ای |
|-----------------|-------------------|----------------------|-------------|------|--------------|
| زمین            | ۱۱۸۰۰۰            | ۱۱۸۰۰۰               | .           | .    | ۳۵۷۰         |
| نیروی کار مرد   | ۲۰۰۰۰۰            | ۱۸۴۶۱۷۳              | ۱۶۱۵۸۳      | ۸    | .            |
| نیروی کار زن    | ۱۸۰۰۰۰            | ۱۶۴۶۰۲۴              | ۱۵۹۷۹۳      | ۹    | .            |
| سرمایه          | ۱۷۵۳۶۱۸           | ۱۴۸۵۴۳۱              | ۲۶۸۱۸۷      | ۱۵   | .            |
| ماشین آلات      | ۳۴۱۲۴۱            | ۳۳۱۵۱۵/۷             | ۱۰۰۳۵/۵     | ۳    | .            |
| کود             | ۱۳۴۶۷۳۹           | ۱۳۳۰۱۰۹              | ۱۶۶۲۰       | ۱/۲  | .            |
| سم              | ۸۸۰۰۰۰            | ۸۸۰۰۰۰               | .           | .    | -۲۷۸         |

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۵- جواب های تقریباً بهینه برای الگوی بهینه کشت (هکتار- میلیون مترمکعب)

| فعالیت ها        | الگوی بهینه | J=7%   |        |        |        | J=5%  |       |       |      |
|------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|
|                  |             | MGA5   | MGA4   | MGA3   | MGA2   | MGA1  | MGA3  | MGA2  | MGA1 |
| گندم             | ۴۴۰۰        | ۴۲۳۹۵  | ۴۴۳۹۷  | ۴۲۰۰۰  | ۴۴۰۰۰  | ۴۷۰۰۰ | ۴۲۵۰۰ | ۴۶۰۰۰ |      |
| جو               | ۳۲۱۰۰       | ۳۰۹۰۵  | ۲۷۸۰۰  | ۳۰۴۴۵  | ۲۷۰۰۰  | ۲۶۹۰۰ | ۳۲۱۰۰ | ۲۸۰۰۰ |      |
| یونجه            | ۲۷۱۰        | ۳۸۷۴   | ۶۰۰۰   | ۴۰۰۰   | ۶۰۰۰   | ۵۹۰۰  | ۲۶۳۰  | ۵۳۱۵  |      |
| پياز             | ۱۸۰۰        | ۱۸۰۰   | ۱۸۰۰   | ۲۲۰۰   | ۲۰۰۰   | ۲۰۱۰  | ۱۸۳۰  | ۱۸۰۰  |      |
| سیب زمینی        | ۲۰۰         | ۲۰۰    | .      | ۲۰۰    | .      | ۲۳۰   | ۲۰۰   | ۲۰۰   |      |
| گوجه فرنگی       | ۸۰۰۰        | ۸۰۰۰   | ۷۱۳۰   | ۸۰۰۰   | ۷۴۰۰   | ۷۹۵۰  | ۸۰۰۰  | ۸۰۰۰  |      |
| حبوبات           | .           | .      | ۱۶۰    | .      | ۲۴۰    | ۲۶۰   | .     | ۲۰۰   |      |
| ذرت علوفه ای     | ۳۲۴۰        | ۱۵۹۱   | ۳۲۴۰   | ۱۶۰۰   | ۳۲۵۰   | ۳۲۴۰  | ۲۰۸۴  | ۳۲۴۰  |      |
| چغندر قند        | .           | .      | ۲۹۰۰   | .      | ۲۸۸۵   | ۲۴۸۰  | .     | ۲۴۵۱  |      |
| کلزا             | ۱۴۰۰        | ۱۴۰۰   | ۱۱۴۷   | ۱۳۰۰   | ۱۴۰۰   | ۱۰۰۰  | ۱۴۰۰  | ۱۰۰۰  |      |
| میوه های سردرختی | ۱۵۴۰۰       | ۲۴۳۷۰  | ۱۳۸۰۰  | ۲۴۳۹۰  | ۱۳۵۰۰  | ۱۱۱۲۸ | ۲۳۷۷۹ | ۱۲۱۳۶ |      |
| زعفران           | ۱۱۰۰        | ۱۱۰۵   | ۱۱۴۰   | ۱۱۰۰   | ۱۱۰۰   | ۱۱۰۰  | ۱۱۱۵  | ۱۱۰۰  |      |
| خریزه            | ۶۰۰۰        | .      | ۵۹۵۰   | .      | ۶۰۰۰   | ۵۹۰۰  | .     | ۵۶۹۷  |      |
| خیار             | ۵۴۰         | ۵۴۰    | ۵۴۰    | ۵۴۰    | ۵۴۰    | ۵۶۰   | ۵۴۰   | ۵۴۰   |      |
| آفتابگردان       | .           | ۳۲۵    | .      | ۲۱۵    | ۲۰۰    | .     | ۳۰۰   | ۲۲۰   |      |
| پسته             | ۶۰۰         | ۶۰۰    | ۶۰۰    | ۶۰۰    | ۶۰۰    | ۶۰۰   | ۶۰۰   | ۶۰۰   |      |
| انگور            | ۹۰۰         | ۹۰۰    | ۹۰۰    | ۹۰۰    | ۹۰۰    | ۹۰۰   | ۹۰۰   | ۹۰۰   |      |
| آب مصرفی         | ۸۲۶/۴۹      | ۸۸۴/۲۳ | ۸۸۴/۲۳ | ۸۸۴/۲۳ | ۸۸۴/۲۳ | ۸۶۷/۷ | ۸۶۷/۷ | ۸۶۷/۷ |      |

مأخذ: یافته های تحقیق

در جدول ۵، گزینه های مختلف در ۲ سطح اغماض ۵ و ۷ درصد برای جواب بهینه ایجاد شده است که برای افزایش ۵ درصد مصرف آب نسبت به حالت بهینه سه گزینه و برای افزایش ۷ درصد نسبت به آن،

#### الکوسازی ایجاد گزینه ها

همانطور که قبلاً اشاره شد مدل MGA برای ایجاد گزینه هایی است که در محدوده ی قابل قبول از جواب بهینه قرار دارند؛

علیرغم نتایج بهتر و قابل انعطاف‌تر در مدل‌سازی ایجاد گزینه‌ها، در این مطالعه با توجه به مطالبی که بیان شد، اجرای این الگو توصیه نمی‌شود؛ هر چند این نوع برنامه ریزی، در انتخاب مناسب‌تر و همسو با هدف مطالعه مفید بوده است.

### پیشنهادها

بهینه‌سازی الگوی کشت برای بهره‌برداری پایدار از منابع آب و همچنین استفاده از مدل‌هایی با قابلیت انعطاف و ارزیابی الگوهای مختلف پیشنهاد می‌گردد.

پنج گزینه‌ی مختلف حاصل شد. گزینه‌های اول ( $MGA_1$ ) با کمینه کردن مجموع متغیرهایی که در حل بهینه، غیر صفر بودند ایجاد شدند و گزینه‌های بعدی با حداقل کردن مجموع مقادیر غیر صفر قبلی بوجود آمده‌اند. طبق این جدول در هر سطح از  $z$ ، مقدار آب مصرفی یکسان است؛ و در همه الگوها محصولاتی چون حبوبات، چغندرقد، خربزه و آفتابگردان به طور متناوب حذف شدند. بازده برنامه‌ای این گزینه‌ها تقریباً مساوی است و این نشان می‌دهد افزایش میزان مصرف آب به اندازه ۵ و ۷ درصد، توجیه اقتصادی ندارد و حتی نیاز به هزینه سرمایه‌گذاری را افزایش خواهد داد.

### نتیجه‌گیری

جدول ۶- مقایسه میزان نهاده‌های مصرف شده و بازده برنامه‌ای مدل‌سازی ایجاد گزینه‌ها با حالت بهینه بر حسب (هکتار، نفر-روز، ۵۰ کیلوگرم، لیتر، میلیون ریال)

|           |           | j=7%      |           |           |           |         | j=5%      |             |                 |  |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|-------------|-----------------|--|
| $MGA_5$   | $MGA_4$   | $MGA_3$   | $MGA_2$   | $MGA_1$   | $MGA_3$   | $MGA_2$ | $MGA_1$   | الگوی بهینه | نهاده‌ها        |  |
| ۱۱۷۸۴۰    | ۱۱۸۰۰۰    | ۱۱۷۵۰۴    | ۱۱۷۴۹۰    | ۱۱۷۰۱۵    | ۱۱۷۳۱۲    | ۱۱۷۹۷۸  | ۱۱۷۳۹۹    | ۱۱۸۰۰۰      | زمین            |  |
| ۱۹۲۰۸۲۱   | ۱۹۴۵۵۹۱   | ۱۹۲۰۸۲۱   | ۱۹۴۵۵۹۱   | ۱۹۱۵۳۱۲   | ۱۸۷۶۵۴۷   | ۱۹۲۱۲۱۲ | ۱۸۸۱۳۳۳   | ۱۸۴۶۱۷۳     | نیروی کار مرد   |  |
| ۱۷۷۳۶۲۴   | ۱۶۰۳۸۰۷   | ۱۷۷۳۶۲۴   | ۱۶۰۳۸۰۷   | ۱۷۸۶۹۹۸   | ۱۸۰۰۰۰۰   | ۱۵۹۴۹۴۵ | ۱۸۰۰۰۰۰   | ۱۶۴۶۰۲۴     | نیروی کار زن    |  |
| ۱۵۰۵۴۲۶   | ۱۷۳۴۳۴۸   | ۱۵۰۵۴۲۶   | ۱۷۳۴۳۴۸   | ۱۴۹۸۳۷۳   | ۱۴۴۵۷۹۸   | ۱۷۱۴۴۶۱ | ۱۴۶۹۰۷۷   | ۱۴۸۵۴۳۱     | سرمایه          |  |
| ۳۴۰۵۰۱۰۰  | ۳۳۸۷۸۲۹۰  | ۳۴۰۵۱۰۰   | ۳۳۸۷۸۲۹   | ۳۴۰۵۰۹۰   | ۳۴۰۳۸۸۰   | ۳۳۸۶۴۶۰ | ۳۴۰۵۰۹۰   | ۳۳۱۵۱۵/۷    | ماشین آلات      |  |
| ۱۳۳۴۵۱۲   | ۱۳۴۶۷۲۹   | ۱۳۳۴۵۱۲   | ۱۳۴۶۷۲۹   | ۱۳۳۱۱۹۵   | ۱۳۲۵۴۶۶   | ۱۳۴۶۷۹۲ | ۱۳۲۶۷۹۲   | ۱۳۳۰۱۰۹     | کود             |  |
| ۸۸۰۰۰۰    | ۸۸۰۰۰۰    | ۸۸۰۰۰۰    | ۸۸۰۰۰۰    | ۸۸۰۰۰۰    | ۸۸۰۰۰۰    | ۸۸۰۰۰۰  | ۸۸۰۰۰۰    | ۸۸۰۰۰۰      | سم              |  |
| ۲۰۵۹۹۶۰/۱ | ۲۰۵۷۶۴۱/۲ | ۲۰۵۷۵۶۷/۹ | ۲۰۹۱۰۹۹/۸ | ۲۰۷۹۵۳۰/۴ | ۲۰۷۳۲۵۹/۱ | ۲۰۶۱۰۴۲ | ۲۰۵۷۷۱۰/۱ | ۲۰۵۷۳۹۵     | بازده برنامه‌ای |  |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

### منابع

- اسدی ه. و سلطانی غ. ۱۳۷۹. بررسی حاشیه‌ایمی و تعیین الگوی کشت بهینه فعالیت‌های زراعی با بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی خطی، اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هشتم، شماره ۳، صفحات ۸۶-۷۱.
- اسدیپور ح.، حسنی مقدم م. و احمدی غ.ر. ۱۳۸۶. طراحی یک مدل تصمیم‌گیری چند هدفه به منظور تعیین الگوی بهینه کشت، اقتصاد و کشاورزی، ویژه‌نامه ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، صفحات ۶۵-۵۳.
- باقریان ع.، صالح ا. و بیکانی غ.ر. ۱۳۸۶. بهینه‌سازی الگوی کشت در منطقه کازرون با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، مشهد.
- ترکمانی ج. و صداقت ر. ۱۳۷۸. تعیین الگوی بهینه تلفیق باغداری و زراعت: کاربرد روش مدلسازی ایجاد گزینه‌ها، اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هفتم، شماره ۲۸، صفحات ۳۴-۷.
- ترکمانی ج. و صبحی م. ۱۳۸۶. تعیین استراتژی‌های غالب (Non-inferior Set) با لحاظ کردن ریسک در روش برنامه‌ریزی چند هدفه: مطالعه موردی زارعین شهر فسا، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره اول (ب)، صفحات ۴۷۲-۴۶۱.
- دشتی ق. ۱۳۷۴. سیاست قیمت‌گذاری و تقاضای آب کشاورزی در ایران، مجموعه مقالات کنفرانس منطقه‌ای مدیریت منابع آب، اصفهان.
- چیدری ا. و قاسمی ع. ۱۳۷۸. کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی، اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هفتم، شماره ۲۸، صفحات ۶۱-۷۶.
- خالدی ه. و آل یاسین م. ۱۳۷۹. عرضه و تقاضای آب در جهان از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۵، سناریو‌ها و مسایل، نشریه شماره ۳۴ کمیته ملی آبیاری



- و زهکشی ایران.
- ۹- عباسی ع. و قدمی م. ۱۳۸۵. تأثیر بهینه سازی الگوی کشت در کاهش مصرف آب و افزایش درآمد، هفتمین کنفرانس دو سالانه اقتصاد کشاورزی ایران.
- ۱۰- غلامی م. ر. ۱۳۸۲. تعیین تناوب زراعی بهینه با استفاده از برنامه ریزی خطی: مطالعه موردی مزرعه ۱۱۰ هکتاری در شهرستان بیرجند، علوم کشاورزی. بهره برداری بهینه از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی دشت تهران-شهریار، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، اصفهان.
- ۱۱- کوپاهی م. و قربانی م. ۱۳۷۶. مقایسه جیره غذایی تحقیقاتی-تولیدی گوسفند پرواری، روستا و توسعه، شماره ۴، صفحات ۲۷-۱.
- ۱۲- مهندسین مشاور طوس آب، معرفی حوضه آبریز کشف رود، ۱۳۸۷.
- 13- Manouri H., Kohansal.M.R., Khadem Ghousi. M.F. 2009. Introducing a lexicographic goal programming for environmental conservation program in farm activities: A case study in iran, China Agricultural Review, 1 (4): 478-484.

Archive of SID



## Determining The Optimum Cropping Pattern In Same Direction With Water Resources Management Of Mashhad-CHenaran Plain

N. Majidi<sup>1\*</sup> - A. Alizadeh<sup>2</sup> - M. Ghorbani<sup>3</sup>

Received:18-4-2010

Accepted:4-7-2011

### Abstract

In reference to an appropriate time and place dispersal of precipitation in Iran and having low efficiency in agriculture, water as the most limitative factor in agriculture is discussing. In this study, the existing pattern of Mashhad-CHenaran plain is considering and with gathering data related to 1388, with target of decrease in water consuming, optimum and nearly optimum cropping pattern was determined. In order to reach to this target, we used linear programming and modeling to generate alternatives. Related result which were reached from linear programming showed that use of all under cropping area and also reaching gross margin like existing pattern, the amount of water consuming had been decreased which is resulted from new compound of yields in production system. Also in the optimal state surface of products such as sugar beet, beans and sunflower due to high water consumption and having lower gross margin were removed from the cropping pattern. Also nearly optimum pattern showed that even an increase of 5% and 7% in amount of consuming water rather than optimum position, only at most 1.5% gross margin had been increased, that because of importance using continuous of water resource and protection of this worthwhile resource, so extra utilization doesn't recommend. In reference to result, using making optimum patterns in codifying cropping pattern in plain are recommended.

**Keywords:** Optimal Cropping Pattern, Water Resources Management, Lineare programming, Nearly optimal programming

1,2- PhD Student and Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(\*-Corresponding Author Email: majidi\_najmeh@yahoo.com)

3- Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad