نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۰، ص. ۷۸۵-۷۷۶

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.4, Sep-Oct 2011, p. 776-785

تعیین الگوی کشت بهینه همسو با مدیریت منابع آب دشت مشهد–چناران

نجمه مجیدی[1*]– امین علیزاده[2]– محمد قربانی[3]

تاریخ دریافت:۸۹/۱/۲۹
تاریخ پذیرش:۹۰/۴/۱۳

چکیده

با توجه به نامناسب بودن پراکندگی زمانی و مکانی ریزش های جوی در ایران و پایین بودن راندمان آبیاری درکشاورزی، 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 به‌کارگیری 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 زیرکشت محصولاتی چون چغندرقند، حبوبات و آفتابگردان به دلیل مصرف بالای آب و داشتن بازده برنامه‌ای کمتر، از الگوی کشت حذف شدند. الگوهای تقریباً بهینه حاصل از برنامه ریزی ایجاد گزینه‌ها 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 اهمیّت تداوم استفاده از منابع آب و حفاظت از این منبع با ارزش چنین برداشت اضافی توصیه نمی شود. با توجه به نتایج، به‌کارگیری الگو های 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 گزینه‌ها، دشت مشهد–چناران

مقدمه

آب یکی از مهم ترین عوامل رشد وتوسعه 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 برسرتصاحب منابع آب شیرین منطقه صورت خواهد گرفت. ایران نیز از یک طرف به دلیل کم بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی ومکانی، 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 روز به روز با افزایش تقاضای آب مواجه می باشد (۷). پایین رفتن سطح سفره های آب زیرزمینی وبحرانی شدن وضعیت آب در بیش از ۱۲۰ دشت از دشت های مستعد کشورکه هرساله 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

۱و۲– 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

دارد (۱۳). به رغم سرمایه گذاری‌های 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 شهر نشینی و سرانجام بروز پدیده خشکسالی در سال های اخیر، آلودگی و نابودی بسیاری از منابع آبی کشورهمچنان ادامه دارد. در نتیجه، عرضه آب در برخی از مناطق نتوانسته است پاسخگوی تقاضای فزاینده‌ی 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 نظرمی رسد که کمبودمنابع 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 وبه تدریج مثبت می گردد. قادری و همکاران (۱۱) با استفاده از نتایج مدل زمان و مکان، برداشت بهینه از منابع آبهای 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 واز طرفی بهره برداری بهینه ازمنابع انجام می گیرد. نتایج مطالعات چیذری و قاسمی (۸) نشان داد که الگوی مورد استفاده ی واحد مورد مطالعه دارای توجیه اقتصادی نبوده و به‌کارگیری الگوی پیشنهادی سبب افزایش سود وکاهش هزینه های تولید وصرفه جویی در مصرف آب می شود. باقریان و همکاران (۳) نتیجه گرفتند که به‌کارگیری مدل‌های بهینه ضمن افزایش سودآوری، مقداری از زمین‌های 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 موردمطالعه وجوددارد، به‌طوریکه مقادیر بهینه‌ی الگوی کشت برای محصولات مختلف زراعی با پیشنهاد جدید مدل می توانند درآمد 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 ونهاده ها به نحو مطلوب‌تری 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 صبوحی (۵) با مقایسه‌ی بازده آب در الگوی کشت فعلی 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 می‌رود. مصرف آب در بخش کشاورزی ۹۵۷ میلیون متر مکعب میباشد که از این میزان حدود ۱۲ درصد مربوط به آب‌های سطحی و ۸۸ درصد مربوط به آب‌های 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 پدیده‌ی ریسک است وهدف آن حداکثر کردن سود فعالیت هاست. لذا این روش تمام جواب‌های غیر بهینه را حذف میکند تا بهترین جواب موجه که به ازای آن مطلوب‌ترین مقدار تابع هدف ایجاد میشود (جواب بهینه)، به دست آید. در حالی‌که روش الگوسازی ایجادگزینه ها این امکان را فراهم می‌کند که طیف وسیعی از جواب‌های قابل قبول در محدوده‌ی 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[1] با فراهم کردن جواب‌هایی 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 جواب‌ها 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 بهینه‌ی کشت و تأثیر آن بر مقادیر مصرف آب است.

1 -Modeling to Generate Alternative

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 °۳۵ تا ´۰۴ °۳۷ 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 هریررود) برابر ۳۹۱ متر در محدوده مطالعاتی آق دربند و حداکثر آن ۳۲۴۹ متر در قله بینالود در غرب محدوده مطالعاتی مشهد قرار دارد. محدوده‌ی 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 هزینه‌ها، مصارف نهاده‌ها (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:

$$\text{Min } Z = C'X \qquad (۱)$$

St.

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

$$X \geq 0;$$

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 (جدول۱). 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 (j = 7% , 5%)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:

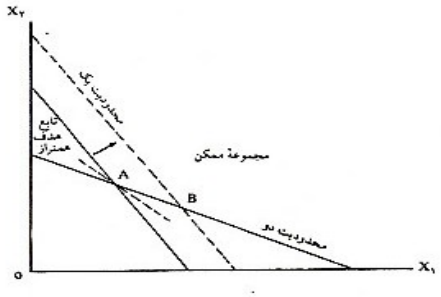
Min Z

St.

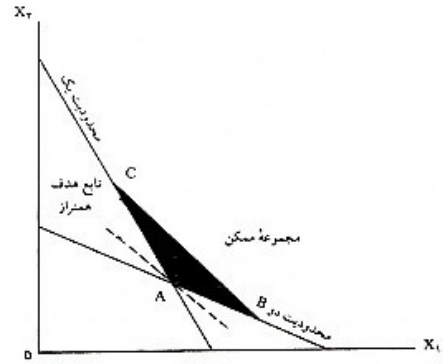
$$C'X \leq (1+j)\,Z^*; \qquad (۳)$$

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

تابع هدف این مرحله تنها 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 می‌گیرند. این عمل تا مرحله ای تکرار می شود که در یک سطح از j ، جواب‌های غیر صفردیگر تغییر نکنند. سپس سطح دیگری از j انتخاب میشود این کار (تغییر مقدارj) تا وقتی تکرار می‌شود 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 های۱ 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.



شکل۱- تحلیل حساسیت منابع در برنامه ریزی ریاضی (۳)



شکل۲- 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

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

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

که در آن :

X_i: فعالیت iام (i=1,2,…,17)

CW_i: آب مصرفی هر هکتار از محصول iام (مترمکعب)

متغیرهای تصمیم (فعالیت ها)

رشته فعالیت های موجود که با اندیس i در الگوی برنامه ریزی خطی مشخص شدند شامل ۱۷محصول عمده‌ی 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)، چغرقند (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:

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

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.

محدودیت نیروی کار

$$\sum_{i=1}^{17} LM_i . X_i \le LM_t \qquad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^{17} LF_i . X_i \le LF_t \qquad (۷)$$

LM_i و LM_t : به ترتیب کل نیروی کار مرد و نیروی کار مورد نیاز هر هکتار محصول iام (نفر– روز)

LF_iو LF_t به ترتیب کل نیروی کار زن و نیروی کار مورد نیاز هر هکتار محصول iام (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.

$$\sum_{i=1}^{17} TVC_i . X_i \le TCA_t \qquad (۸)$$

TVC_i[1]: هزینه های متغیر تولید برای هر هکتار محصولiام (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.

$$\sum_{i=1}^{17} GM_i . X_i \ge GM_t \qquad (۹)$$

GM_t[2]: بازده برنامه ای کل (میلیون ریال)

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

$$GM_i = TR_i - TVC_i \qquad (۱۰)$$

TR_i[3] : درآمد کل هرهکتار از محصولiام (میلیون ریال)

$$TR_i = Y_i . P_i \qquad (۱۱)$$

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

P_i: قیمت بازاری هر محصول (تومان)

1 -Total Variable Cost

2 -Gross Margin

3 -Total Revenue

محدودیت ماشین آلات

بـه منظـور اسـتفاده از ماشـین آلات در مراحـل کاشـت، داشـت، برداشت، برآوردی از هزینه این نهـاده مـی توانـد از پرداخـت هزینـه اضافی جهت به کارگیری آن جلوگیری کند.

$$\sum_{i=1}^{17} M_i.X_i \le M_t \qquad (۱۲)$$

M_i: میزان کاربری ماشین آلات مورد نیاز بـرای تولیـد هـر هکتـار از محصولiام (میلیون ریال در هکتار)

M_t: کل ماشین آلات در دسترس (میلیون ریال)

محدودیت کود شیمیایی

یکی دیگر از نهاده های تولیـد، اسـتفاده از کـود هـای شـیمیایی (فسفات، ازت، پتاس) است، که فرم کلی این محدودیت را مـی تـوان در این رابطه نشان داد.

$$\sum_{i=1}^{17} F_i.X_i \le F_t \qquad (۱۳)$$

F_i و F_t : به ترتیب کل کود موجود در دسترس (۵۰کیلوگرم) و مقـدار کود موردنیاز برای هر هکتار محصول iام (۵۰کیلوگرم بر هکتار)

محدودیت سموم شیمیایی

یکی از محدودیت هایی که کشاورزان با آن مواجه هستند سـموم شیمیایی است، لذا برآورد مقدار آن از استفاده بی رویه از ایـن نهـاده، جلوگیری خواهد کرد.

$$\sum_{i=1}^{17} PE_i.X_i \le PE_t \qquad (۱۴)$$

PE_tو PE_i : کل سموم شیمیایی قابل دسترس کشاورزان (لیتر) و مقدار مورد نیاز سموم شـیمیایی بـرای هـر هکتـار از محصـولiام (لیتـر در هکتار)

محدودیت تناوب زراعی

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

$$\sum_{i=1}^{17} (-1)^i.X_i \le 0 \qquad (۱۵)$$

محدودیت غیر منفی

در مدل برنامه ریزی خطی معمـولی، متغیرهـای تصـمیم گیـری، سطح زیر کشت محصولات هستند بر حسب هکتـار و بنـابراین نمـی توانند مقادیر منفی داشته باشند.

$$X_1, X_2, ..., X_{17} \ge 0 \qquad (۱۶)$$

ضرایب فنی این مطالعه در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول۱- میزان نهاده های مورد نیاز برای هر هکتار از محصولات موجود در الگوی کشت فعلی (ضرایب فنی)

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

مأخذ: یافته های تحقیق

نتایج و بحث

برنامه ریزی خطی

بعد از گردآوری اطلاعات مورد نیاز، با توجه به محدودیت ها و قیدهای مسئله، الگوی برنامه ریزی خطی و الگوی ایجاد گزینه ها (MGA) برای کمینه کردن مصرف آب، تعیین شد. این الگوها به گونه ای طراحی شده که کل سطح زیر کشت برابر مقدار موجود آن باشد. همانطور که از جدول۲ پیداست حبوبات، چغندرقند، آفتابگردان از مدل حذف شدند چرا که محصولات آب‌بر و کم بازده 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 می یابد (هزینه فرصت با ضرایب تابع هدف، واحد یکسانی دارد). در مورد بقیه محصولات، حداکثر تفاوت مربوط به یونجه و میوه های سر درختی است که دو محصول آب بر 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 جدول۳ 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 می توان با تغییراتی در الگوی کشت، میزان آب مصرفی را به اندازه ۱۳۰۶۱۰۱۰۰ متر مکعب کاهش داد. جدول۴ 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 می توان این مازاد را درفعالیت های دیگرجذب کرد. میزان ماشین آلات 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 می یابد. در مورد سموم اگر به اندازه یک واحد به موجودی این منبع افزوده گردد میزان آب مصرفی به اندازه ۲۷۳ متر مکعب کاهش می یابد. نکته قابل تأمل، میزان سرمایه گذاری است که به اندازه ۱۵ درصد نسبت به شرایط فعلی کاهش یافته و نشان می دهد با صرف هزینه کمتر، می توان مصرف آب را کاهش داد.

جدول۲-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
پیاز	۱۳۰۰	۱۸۰۰	۰	۳۸
سیب زمینی	۱۶۰	۲۰۰	۰	۲۵
گوجه فرنگی	۶۶۰۰	۸۰۰۰	۰	۲۱
حبوبات	۱۸۰	۰	۳۳۶/۴۱	-۱۰۰
ذرت علوفه ای	۲۴۰۰	۳۲۴۰	۰	۳۵
چغندرقند	۵۲۰۰	۰	۱۳۸۰۹	-۱۰۰
کلزا	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۰	0
میوه های سردرختی	۲۵۰۰۰	۱۵۴۰۰	۰	-۳۸
زعفران	۹۵۰	۱۱۰۰	۰	۱۶
خربزه	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: یافته های تحقیق

جدول۳- مقایسه آب مصرفی الگوی بهینه و موجود کشت (مترمکعب)

وضعیت	آب مصرفی	بازده برنامه ای
الگوی فعلی	۹۵۷۰۰۰۰۰۰	۲۰۵۷۳۹۴/۳
الگوی بهینه	۸۲۶۳۸۹۹۰۰	۲۰۵۷۳۹۵
درصد تغییرات	-۱۴	۰/۰۰

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول٤-مقادیر نهاده های مصرف شده و میزان مازاد آن بر حسب (هکتار، نفر- روز، ۵۰کیلوگرم، لیتر، میلیون ریال)

نهاده های تولید	میزان نهاده موجود	میزان نهاده مصرف شده	مقدار مازاد	درصد	قیمت سایه ای
زمین	۱۱۸۰۰۰	۱۱۸۰۰۰	۰	۰	۳۵۷۰
نیروی کار مرد	۲۰۰۰۰۰۰	۱۸۴۶۱۷۳	۱۶۱۵۸۳	۸	۰
نیروی کار زن	۱۸۰۰۰۰۰	۱۶۴۶۰۲۴	۱۵۹۷۹۳	۹	۰
سرمایه	۱۷۵۳۶۱۸	۱۴۸۵۴۳۱	۲۶۸۱۸۷	۱۵	۰
ماشین آلات	۳۴۱۲۴۱	۳۳۱۵۱۵/۷	۱۰۰۳۵/۵	۳	۰
کود	۱۳۴۶۷۲۹	۱۳۳۰۱۰۹	۱۶۶۲۰	۱/۲	۰
سم	۸۸۰۰۰۰	۸۸۰۰۰۰	۰	۰	-۲۷۸

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول۵- جواب های تقریباً بهینه برای الگوی بهینه کشت (هکتار- میلیون مترمکعب)

	J=5%				J=7%				
فعالیت ها	الگوی بهینه	MGA1	MGA2	MGA3	MGA1	MGA2	MGA3	MGA4	MGA5
گندم	۴۴۰۰۰	۴۶۰۰۰	۴۲۵۰۰	۴۷۰۰۰	۴۴۰۰۰	۴۲۰۰۰	۴۴۳۹۷	۴۲۳۹۵	۴۴۵۰۰
جو	۳۲۱۰۰	۲۸۰۰۰	۳۲۱۰۰	۲۶۹۰۰	۲۷۰۰۰	۳۰۴۴۵	۲۷۸۰۰	۳۰۹۰۵	۲۷۸۰۰
یونجه	۲۷۱۰	۵۳۱۵	۲۶۳۰	۵۹۰۰	۶۰۰۰	۴۰۰۰	۶۰۰۰	۳۸۷۴	۶۰۰۰
پیاز	۱۸۰۰	۱۸۰۰	۱۸۳۰	۲۰۱۰	۲۰۰۰	۲۲۰۰	۱۸۰۰	۱۸۰۰	۱۸۵۰
سیب زمینی	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۳۰	۰	۲۰۰	۰	۲۰۰	۰
گوجه فرنگی	۸۰۰۰	۸۰۰۰	۸۰۰۰	۷۹۵۰	۷۴۰۰	۸۰۰۰	۷۱۳۰	۸۰۰۰	۷۱۰۰
حبوبات	۰	۲۰۰	۰	۲۶۰	۲۴۰	۰	۱۶۰	۰	۲۴۰
ذرت علوفه ای	۳۲۴۰	۳۲۴۰	۲۰۸۴	۳۲۴۰	۳۲۵۰	۱۶۰۰	۳۲۴۰	۱۵۹۱	۳۲۵۰
چغندرقند	۰	۲۴۵۱	۰	۲۴۸۰	۲۸۸۵	۰	۲۹۰۰	۰	۲۷۶۰
کلزا	۱۴۰۰	۱۰۰۰	۱۴۰۰	۱۰۰۰	۱۴۰۰	۱۳۰۰	۱۱۴۷	۱۴۰۰	۱۳۹۰
میوه های سردرختی	۱۵۴۰۰	۱۲۱۳۶	۲۳۷۷۹	۱۱۱۲۸	۱۳۵۰۰	۲۴۳۹۰	۱۳۸۰۰	۲۴۳۷۰	۱۳۸۱۰
زعفران	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۱۵	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۱۱۴۰	۱۱۰۵	۱۱۰۰
خربزه	۶۰۰۰	۵۶۹۷	۰	۵۹۰۰	۶۰۰۰	۰	۵۹۵۰	۰	۶۰۰۰
خیار	۵۴۰	۵۴۰	۵۴۰	۵۶۰	۵۴۰	۵۴۰	۵۴۰	۵۴۰	۵۴۰
آفتابگردان	۰	۲۲۰	۳۰۰	۰	۲۰۰	۲۱۵	۰	۳۲۵	۰
پسته	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰
انگور	۹۰۰	۹۰۰	۹۰۰	۹۰۰	۹۰۰	۹۰۰	۹۰۰	۹۰۰	۹۰۰
آب مصرفی	۸۲۶/۴۹	۸۶۷/۷	۸۶۷/۷	۸۶۷/۷	۸۸۴/۲۳	۸۸۴/۲۳	۸۸۴/۲۳	۸۸۴/۲۳	۸۸۴/۲۳

مأخذ: یافته های تحقیق

الگوسازی ایجاد گزینه ها

همانطور که قبلاً اشاره شد مدل MGA برای ایجاد گزینه هـایی اسـت کـه در محـدوده ی قابـل قبـول از جـواب بهینـه قـرار دارنـد؛ درجدول۵، گزینه های مختلف در ۲ سطح اغماض ۵ و ۷ درصد برای جواب بهینه ایجاد شده است که برای افـزایش ۵ درصـد مصـرف آب نسبت به حالت بهینه سه گزینه و برای افزایش ۷ درصد نسبت به آن،

پنج گزینه ی مختلف حاصل شد. گزینه های اول (MGA_1) با کمینه کردن مجموع متغیرهایی که در حل بهینه، غیر صفر بودند ایجاد شدند و گزینه های بعدی با حداقل کردن مجموع مقادیر غیر صفر قبلی بوجود آمده اند. طبق این جدول در هر سطح از j ، مقدار آب مصرفی یکسان است؛ و در همه الگوها محصولاتی چون حبوبات، چغندرقند، خربزه و آفتابگردان به طور متناوب حذف شدند. بازده برنامه ای این گزینه ها 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 سرمایه گذاری را افزایش خواهد داد.

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

نتیجه گیری

پیشنهادها

بهینه سازی الگوی کشت برای بهره برداری پایدار از منابع آب و همچنین استفاده از مدل‌هایی با قابلیت انعطاف و ارایه‌ی الگوهای مختلف پیشنهاد می گردد.

جدول٦- مقایسه میزان نهاده های مصرف شده و بازده برنامه ای مدل‌سازی ایجاد گزینه ها با حالت بهینه بر حسب (هکتار، نفر- روز، ۵۰ کیلوگرم، لیتر، میلیون ریال)

		j=5%				j=7%			
نهاده ها	الگوی بهینه	MGA_1	MGA_2	MGA_3	MGA_1	MGA_2	MGA_3	MGA_4	MGA_5
زمین	۱۱۸۰۰۰	۱۱۷۳۹۹	۱۱۷۹۷۸	۱۱۷۲۱۲	۱۱۷۰۱۵	۱۱۷۴۹۰	۱۱۷۵۰۴	۱۱۸۰۰۰	۱۱۷۸۴۰
نیروی کار مرد	۱۸۴۶۱۷۳	۱۸۸۱۳۳۳	۱۹۲۱۲۱۲	۱۸۷۶۵۴۷	۱۹۱۵۳۱۲	۱۹۴۵۵۹۱	۱۹۲۰۸۲۱	۱۹۴۵۵۹۱	۱۹۲۰۸۲۱
نیروی کار زن	۱۶۴۶۰۲۴	۱۸۰۰۰۰۰	۱۵۹۴۹۴۵	۱۸۰۰۰۰۰	۱۷۸۶۹۹۸	۱۶۰۳۸۰۷	۱۷۷۳۶۲۴	۱۶۰۳۸۰۷	۱۷۷۳۶۲۴
سرمایه	۱۴۸۵۴۳۱	۱۴۶۹۰۷۷	۱۷۱۴۴۶۱	۱۴۴۵۷۹۸	۱۴۹۸۳۷۳	۱۷۳۴۳۴۸	۱۵۰۵۴۲۶	۱۷۳۴۳۴۸	۱۵۰۵۴۲۶
ماشین آلات	۳۳۱۵۱۵/۷	۳۴۰۵۰۰۹۰	۳۳۸۶۴۶۹۰	۳۴۰۳۸۸۰	۳۴۰۵۰۹۰	۳۳۸۷۸۲۹	۳۴۰۵۱۰۰	۳۳۸۷۸۲۹۰	۳۴۰۵۰۱۰۰
کود	۱۳۳۰۱۰۹	۱۳۲۶۷۹۲	۱۳۴۶۷۹۲	۱۳۲۵۴۶۶	۱۳۳۱۱۹۵	۱۳۴۶۷۲۹	۱۳۳۴۵۱۲	۱۳۴۶۷۲۹	۱۳۳۴۵۱۲
سم	۸۸۰۰۰۰	۸۸۰۰۰۰	۸۸۰۰۰۰	۸۸۰۰۰۰	۸۸۰۰۰۰	۸۸۰۰۰۰	۸۸۰۰۰۰	۸۸۰۰۰۰	۸۸۰۰۰۰
بازده برنامه ای	۲۰۵۷۳۹۵	۲۰۵۷۷۱۰/۱	۲۰۶۱۰۴۲	۲۰۷۳۲۵۹/۱	۲۰۷۹۵۳۰/۴	۲۰۹۱۰۹۹/۸	۲۰۵۷۵۶۷/۹	۲۰۵۷۶۴۱/۲	۲۰۵۹۹۶۰/۱

مأخذ: یافته های تحقیق

منابع

۱- اسدی ه. و سلطانی غ. ۱۳۷۹. بررسی حاشیه ایمنی و تعیین الگوی کشت بهینه فعالیت های زراعی با بهره گیری از روش برنامه ریزی خطی، اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هشتم، شماره ۳۱، صفحات۸۶-۷۱.

۲- اسدپور ح.، حسنی مقدم م. و احمدی غ.ر. ۱۳۸۶. طراحی یک مدل تصمیم گیری چند هدفه به منظور تعیین الگوی بهینه کشت، اقتصاد و کشاورزی، ویژه نامه ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران،صفحات ۶۵-۵۳.

۳- باقریان ع.، صالح ا. و پیکانی غ.ر. ۱۳۸۶. بهینه سازی الگوی کشت در منطقه کازرون با استفاده از روش برنامه ریزی خطی، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، مشهد.

۴- ترکمانی ج. و صداقت ر. ۱۳۷۸. تعیین الگوی بهینه تلفیق باغداری و زراعت: کاربرد روش مدلسازی ایجاد گزینه ها، اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هفتم، شماره ۲۸، صفحات۳۴-۷.

۵- ترکمانی ج. و صبوحی م. ۱۳۸۶. تعیین استراتژی های غالب (Non-inferior Set) با لحاظ کردن ریسک در روش برنامه ریزی چند هدفه: مطالعه موردی زارعین شهر فسا، علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره اول(ب)، صفحات۴۷۲-۴۶۱.

۶- دشتی ق. ۱۳۷۴. سیاست قیمت گذاری و تقاضای آب کشاورزی در ایران، مجموعه مقالات کنفرانس منطقه ای مدیریت منابع آب، اصفهان.

۷- چیذری ا. و قاسمی ع. ۱۳۷۸. کاربرد برنامه ریزی ریاضی در تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی، اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هفتم، شماره ۲۸، صفحات ۶۱-۷۶.

۸- خالدی ه. و آل یاسین م. ۱۳۷۹. عرضه و تقاضای آب در جهان از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۵، سناریو ها 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، شماره۴، صفحات۲۷-۱.
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: Acase study in iran, China Agricultural Review, 1 (4): 478-484.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.4, Sep-Oct 2011, p. 776-785

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۰، ص. ۷۸۵-۷۷۶

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

N. Majidi[1*]- A. Alizadeh[2]- M. Ghorbani[3]
Received:18-4-2010
Accepted:4-7-2011

Abstract

In refrence to un 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 worthful resource, so extra utilization doesn't recommend. In refrence 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