نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 6، جلد 10، بهمن - اسفند 1395، ص. 859-849

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 10, Jan.-Feb. 2017, p. 849-859

بهینه سازی بهره‌وری آب و کارایی انرژی در انتخاب الگوی کشت

محمد کریم زاده[1]، امین علیزاده[2*]، حسین انصاری[3]، محمد قربانی[4]، محمد بنایان اول[5]

تاریخ دریافت: 1395/3/25 تاریخ پذیرش: 1395/6/16

چکیده

در قرن حاضر تولید پایدار محصولات زراعی از اصلی‌ترین چالش‌های فرا روی بشر است. مقدار مصرف آب، انرژی و درآمد خالص به عنوان اجزا مهم پایداری نظام‌های کشاورزی از الویت ویژه و اهمیت خاصی برخوردار است. این مقاله با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی و چند هدفه با هدف حداکثرسازی سه شاخص سود ناخالص، بهره‌وری آب و کارایی انرژی به تعیین الگوی کشت مزارع کوچک مقیاس در محدوده مشهد- چناران پرداخته است. داده‌های مورد نیاز از طریق تکمیل 79 پرسشنامه به روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی شده در قطعات زراعی کمتر از 5 هکتار در سال زراعی 93-92 جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که تعیین الگوی کشت با استفاده از برنامه‌ریزی خطی با هدف بهره‌وری آب باعث کاهش 27 درصدی تقاضای آب کشاورزی در محدوده مطالعاتی شد. در الگوی کشت حاصله درآمد خالص کشاورزان 2/88 برابر خواهد شد و بهره‌وری انرژی نیز 28 درصد بهبود یافت. الگوی کشت مبتنی بر همزمانی سه هدف مذکور به روش‌های مقید و وزنی نسبت به نتایج مدل‌های برنامه‌ریزی خطی تنوع محصول بیش‌تری ولی موجب تشدید بحران کسری مخزن آبخوان محدوده طرح گردید. با توجه به شرایط محدودیت منابع آبی در منطقه و سیاست‌گذاری‌های کشور در بخش کشاورزی به ترتیب الگوهای کشت با اهداف بهره‌وری حداکثری آب و روش وزنی اهداف سه‌گانه پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، برنامه‌ریزی ریاضی، چندهدفه وزنی، مشهد-چناران

مقدمه

در ایران به دلایل مختلف مانند برداشت بی‌رویه از برخی منابع آب موجود، عدم تغذیه مناسب سفره‌های آب سطحی و زیرزمینی، بی-توجهی به اصول مرتبط با حفاظت منابع آب و خاک، رشد بخش صنعت و توسعه شهرنشینی، عدم توجه به الگوی کشت هر منطقه مبتنی بر منابع آب موجود و بروز پدیده خشکسالی، عرضه آب نتوانسته پاسخگوی تقاضای فزاینده آن باشد. ازاین رو پایداری منابع آب کشور بیش از هر چیز تحت تاثیر بهره‌برداری از منابع آب در بخش کشاورزی قرار می‌گیرد (کهنسال و سروری، 1392). محدودیت منابع آبی، رشد سریع جمعیت و نیاز به تولید بیش‌تر، سبب شده که بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌های مصرف‌کننده آب، تقاضای بیش‌تری برای مصرف داشته باشد. بنابراین مهم‌ترین چالش بخش کشاورزی در شرایط کنونی چگونگی تولید بیش‌تر غذا از آب کمتر است (زمانی و همکاران،1393). بی تردید استفاده کارآ از منابع، یکی از اهداف عمده کشاورزی پایدار است. در تمامی بوم نظام‌های زراعی اکولوژیک کاهش وابستگی سیستم به نهاده‌ها و مصرف انرژی و افزایش کارآیی انرژی نیز از اهداف اساسی به شمار می‌آید. بر همین اساس استفاده کارا از انرژی در کشاورزی یکی از اصول مورد نیاز کشاورزی پایدار محسوب می شود (De Jonge.,2004) . با توجه به اینکه انرژی در کشورهای در حال توسعه و به خصوص در بخش کشاورزی به صورت نا کارآ استفاده می‌شود کارآیی انرژی می‌تواند به عنوان یک هدف در برنامه‌ریزی مدیران واحدهای کشاورزی قرار گیرد (De Fraiture et al.,2008). به منظور بررسی کارایی اقتصادی و تکنیکی مصرف انرژی در تولید محصول کلزا در استان گلستان از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها استفاده گردید. کارایی انرژی در این مطالعه به صورت نسبت انرژی خروجی به ورودی محاسبه شده است. نتایج نشان داد میانگین کارایی در مزارع کلزا منطقه مورد مطالعه در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب 0/74 و 0/88 است (Mousavi Avval et al.,2011). در مطالعه‌ای واقع در مناطق شمال‌شرقی هند به منظور تعیین محصولاتی که همزمان از انرژی‌های موجود در روستا بیش‌ترین استفاده و حداکثر درآمد نقدی را

1- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
4- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
5- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی،دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: (Email : alizadeh@gmail.com

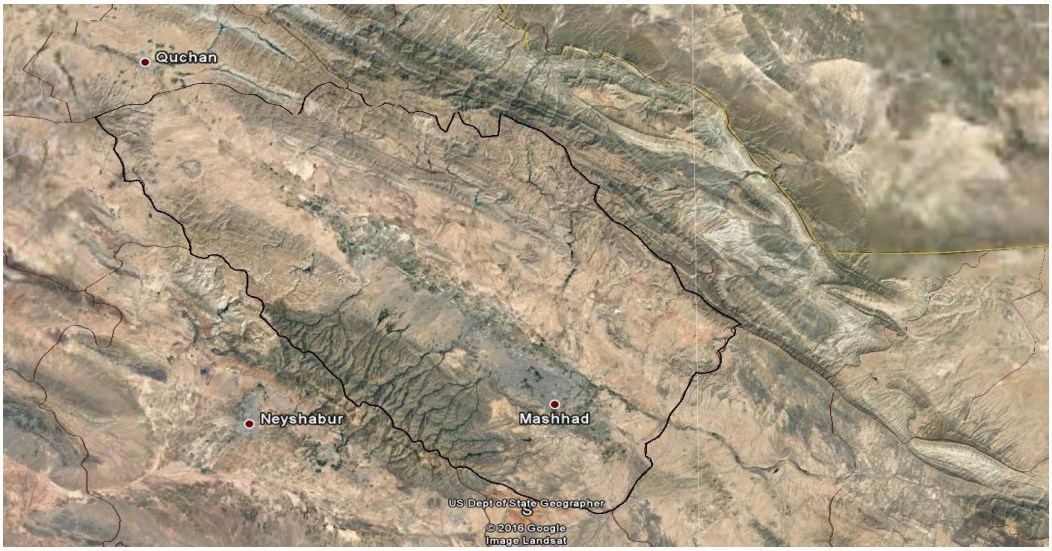
دارا هستند از برنامه‌ریزی آرمانی استفاده شد. نتایج نشان داد اگر تاکید بر روی حداکثر کردن تولید محصولاتی باشد که بیش‌تر انرژی مورد نیاز آن‌ها در خود روستا تامین می‌شود باید به سمت تولید محصولاتی که نهاده‌های آن‌ها در خود روستا تهیه می‌شود حرکت کرد (Thankappan et al.,2006). در تعیین الگوی کشت بهینه در شهرستان فریمان از روش‌های مختلف برنامه‌ریزی آرمانی محاسبه گردید و در این مطالعه استفاده بهینه از منابع آب زیرزمینی به عنوان شاخص پایداری در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از الگوی کشت بهینه میزان مصرف آب را تا 1/2 میلیون متر مکعب در منطقه مورد مطالعه کاهش خواهد داد (محمدیان و همکاران، 1389). به‌منظور تعیین الگوی بهینه کشت در یک مزرعه تحقیقاتی از برنامه‌ریزی آرمانی استفاده گردید. اهداف این مطالعه بررسی حداکثر کردن بازده برنامه‌ای و حداقل کردن نیروی کار به عنوان اهداف اقتصادی و حداقل کردن مصرف آب و کود شیمیایی به عنوان اهداف زیست محیطی بود (منصوری و کهنسال ،1386). در مطالعه‌ای 7 برنامه‌ریزی خطی ساده با توابع هدف حداکثر سود، حداقل هزینه، حداکثر نیروی کار، حداقل آب، حداکثر کالری، حداقل کود شیمیایی و حداکثر رتبه‌بندی استفاده و این مدل‌ها را با مدل‌های چندهدفه و چندهدفه فازی به کمک روش رتبه‌بندی مقایسه گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه فازی بهترین روش برای تخمین الگوی بهینه کشت می‌باشد (کهنسال و سروری، 1393). میرزایی و همکاران (1386) در مطالعه‌ای به تجزیه و تحلیل تخصیص بهینه آب و الگوهای کشت در دشت تجن با توجه به تغییرات درآمدهای انتظاری محصولات کشاورزی و افزایش قیمت آب با استفاده از برنامه‌ریزی خطی پرداختند. نتایج نشان داد که بهینه‌سازی الگوی کشت و تخصیص بهینه آب آبیاری به افزایش سود در بخش کشاورزی کمک قابل توجهی می‌کند. جواب‌های بهینه با درنظر گرفتن ریسک در سودهای ناخالص نشان داد که تقاضای آب نسبتا کشش‌پذیر است. سشی و همکاران نیز به بهینه‌سازی تخصیص منابع آب و الگوی کشت به‌صورت توام در منطقه بالاسور کشور هند پرداختند. برای اتخاذ سیاست‌های بلند مدت برای مدیریت پایدار زمین‌های کشاورزی و منابع آب موجود در منطقه از دو نوع برنامه‌ریزی خطی محدودیت تصادفی و برنامه‌ریزی قطعی استفاده و سه سناریو متفاوت انحراف از الگوی کشت (۲۰،۳۰و 40درصد انحراف) درنظر گرفته شد. نتایج نشان داد که 40 درصد انحراف از الگوی کشت فعلی برای ارضای حداقل نیاز غذایی بهینه است

(Sethi et al.,2006)امینی و همکاران (1390) از مدل مرکب برنامه‌ریزی چند هدفه و مدل‌های ساده برنامه‌ریزی خطی جهت طراحی الگوی کشت استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدل‌های مرکب برنامه‌ریزی چند هدفه در مقایسه با مدل های ساده برنامه‌ریزی خطی از قابلیت‌های بالاتری برای نشان دادن میزان پایداری نظام‌های زراعی برخوردار هستند. هویو و همکاران در دشت شمالی چین که یکی از نواحی بسیار مهم تولیدات کشاورزی در چین می‌باشد به بررسی روش‌هایی برای صرفه‌جویی آب کشاورزی و مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در محدوده آبیاری شی جی ژوانگ پرداختند. برای مشخص کردن نظریه کمبود آب، یک روش مدیریت منابع آب پایدار و انعطاف‌پذیر پیشنهاد شده است. نتایج مدل نشان داد که 29/2 درصد یا 15/9 میلی‌متر کاهش آبیاری می‌تواند مازاد تخلیه آب‌های زیرزمینی را در دشت متوقف کند. به علاوه 10 درصد کاهش در پمپاژ آب در کل بازیابی آب‌های زیرزمینی را تحریک خواهد کرد. نحوه آبیاری فعلی کشاورزان ناکارا است و منابع محدود آب را به هدر می‌دهد. بنابراین در طرح‌های مناسب آبیاری، کاهش عملکرد دانه در نتیجه صرفه‌جویی 39/2 درصد آب کشاورزی کمتر از 10 درصد خواهد بود (Hu et al., 2010). در طول دهه‌های اخیر برنامه‌ریزی‌های انجام شده جهت تخصیص منابع در کشاورزی به صورت تک هدفه وعمدتا بر روی حداکثرسازی درآمد کشاورزان و جنبه‌های اقتصادی فعالیت کشاورزی، بهره‌وری آب بوده است. به‌دلیل محدودیت منابع آب کشاورزی در نواحی خشک از جمله ایران، بسیاری از متخصصان معتقدند الگوی کشت با هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب برنامه‌ریزی گردد. در این مطالعه علاوه بر اهداف اقتصادی و توجه به بهره‌وری آب در کشاورزی هدف حداکثر کردن کارایی مصرف انرژی به منظور دست‌یابی به کشاورزی پایدار مد نظر قرار گرفت. در اکثر محدوده‌های مطالعاتی کشور میزان مصارف آب نسبت به منابع آب تجدیدپذیر بیش‌تر است و محدوده مطالعاتی مشهد- چناران در استان خراسان با داشتن 65692 هکتار سطح زیر کشت محصولات زراعی آبی (جدول 1) به عنوان قطب اصلی تولید کشاورزی در شرق کشور از این قاعده مستثنی نیست. لذا توجه به راهکارهای بهینه‌سازی الگوی کشت که خود منجر به بهره‌وری آب و کارایی انرژی در الگوی کشت سودآور شود ضروری به‌نظر می‌رسد. بدلیل اهمیت اهداف سه‌گانه مذکور در الگوی کشت در مزارع کوچک مقیاس در منطقه مطالعاتی با استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی خطی تک هدفه و همچنین روش‌های وزنی و مقید برنامه‌ریزی چند هدفه تعیین شد و نتایج با یکدیگر مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی مشهد-چناران به مساحت 9909 کیلومتر مربع اصلی‌ترین و گسترده‌ترین محدوده مطالعاتی حوضه آبریز کشف‌رود بوده که بزرگ‌ترین محدوده کشاورزی استان خراسان رضوی نیز محسوب می‌گردد. این محدوده مطالعاتی که به تنهایی حدود 60 درصد حوضه را تشکیل می‌دهد، از جنوب به محدوده‌های مطالعاتی نریمانی و سنگ بست، از غرب به محدوده مطالعاتی

نیشابور، از شرق به محدوده مطالعاتی کلات نادری و از شمال و شمال شرق به محدوده مطالعاتی قوچان- شیروان محدود می‌گردد. نقشه محدوده مطالعاتی در شکل 1 آورده شده است. برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی و عدم توجه کافی به بهره‌برداری پایدار باعث شده این دشت جزء دشت‌های بحرانی کشور محسوب شود (مدیریت بهم پیوسته منابع آب حوزه کشف رود، 1387).



شکل 1- محدوده مطالعاتی مشهد-چناران

جامعه آماری، نمونه‌برداری

در انجام این تحقیق در سال 93-92 ابتدا کل بهره‌برداران زراعی منطقه مورد مطالعه به سه گروه کوچک (A≤5 ha)، متوسط (5<A≤20ha) و بزرگ مقیاس (A>20ha) دسته‌بندی شدند و از بین بهره‌برداران کوچک مقیاس به روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای تعداد 79 بهره‌بردار انتخاب شد. برای پیدا کردن حجم نمونه تصادفی (n) از رابطه 1 استفاده گردید.

$$n=\frac{\sum_{i=1}^{L}(N_i\times\sigma_i^2)}{ND+\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{L}N_i\times\sigma_i^2\right)} \quad (1)$$

که در آن N : تعداد کشاورزان با مزارع کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس، N_i : تعداد واحدهای نمونه‌گیری در طبقه i ام، L : تعداد طبقات (سه طبقه)، σ_i^2 : واریانس صفت مورد مطالعه در طبقه i ام، $D=\frac{\beta^2}{4}$ که در آن β خطای مورد نظر تحلیل‌گر است $(\beta^2=0.09)$، در مرحله بعد با توجه به حجم نمونه کل به‌دست آمده از رابطه 1 حجم نمونه در هر طبقه با استفاده از رابطه 2 به‌دست می‌آید (Yamane., 1967).

$$n_i=n\left(\frac{N_i}{N}\right) \quad (2)$$

شاخص‌های ارزیابی اقتصادی، آب و انرژی

شاخص‌های انرژی و اقتصادی سیستم‌های کشاورزی به‌صورت رابطه‌های (3 -7) تعریف می‌شود.

$$\text{کارایی انرژی}=\frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} \quad (3)$$

$$\text{بهره وری انرژی}\left(\frac{Kg}{Mj}\right)=\frac{\text{عملکرد محصول اقتصادی}}{\text{انرژی ورودی}} \quad (4)$$

$$\text{بهره وری آب}\left(\frac{Kg}{m^3}\right)=\frac{\text{عملکرد محصول اقتصادی}}{\text{انرژی ورودی}} \quad (5)$$

$$\text{درآمد خالص}\left(\frac{Rial}{ha}\right)=\text{درآمد محصول}-\text{هزینه تولید} \quad (6)$$

$$\text{نسبت درآمد به هزینه}=\frac{\text{درآمد محصول}}{\text{هزینه تولید}} \quad (7)$$

الگوی برنامه‌ریزی ریاضی

لزوم توجه به مقوله بهره‌وری آب و کارایی انرژی به‌عنوان اهداف برنامه‌ریزی در تعیین الگوی کشت اقتصادی دلیلی بر استفاده از برنامه‌ریزی چند هدفه (*MOP*) در مطالعات گردید. بهینه‌سازی به‌صورت سیستمی مجموعه‌ای از هدف‌ها، بهینه‌سازی چند هدفی یا بهینه‌سازی برداری نامیده می‌شود. (Marler et al., 2004) شکل کلی الگوی یک برنامه‌ریزی چند هدفی را می‌توان به صورت رابطه 8 نوشت (Francisco et al., 2006) .

$$max: z(x)=\left(z_1(x), z_2(x), \ldots z_k(x), \ldots, z_k(x)\right) \quad (8)$$
$$z_1(x)=Z_1(x_1,x_2,\ldots,x_n),$$
$$z_2(x)=Z_2(x_1,x_2,\ldots,x_n),$$

$$z_k(x) = Z_k(x_1, x_2, \ldots, x_n),$$
$$z_k(x) = Z_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$
$$Subject\ to:\ x \in f,\ x \geq 0$$

که در آن Z بردار توابع هدف و Z_k توابع هدف انفرادی K ام، x_n متغیر تصمیم n ام و F مجموعه موجه است. در دانش-های گوناگون از روش‌های گوناگون برای حل یک الگوی بهینه-یابی چند هدفی استفاده می‌شود.

روش مقید در مقایسه با سایر روش‌های حل برنامه‌ریزی چند هدفی از مقبولیت بیش‌تری برخوردار است. این روش افزون بر این که امکان مدل‌سازی آسان‌تر را فراهم می‌کند امکان تلفیق با سایر روش‌ها مانند روش وزنی را نیز فراهم می‌نماید. هیمس به معرفی روشی به نام روش مقید پرداخت که می‌توان آن را تکاملی برای روش تابع هدف مقید نامید. در این روش هر بار یکی از توابع هدف بهینه شده و سایر توابع به عنوان تنگنا به مدل افزوده می‌شود. با تغییر در مقدار تنگنای سمت راست هر یک از هدف‌های مقید شده می‌توان به مجموعه‌ای از پاسخ‌های بهینه‌ی پارتو دست یافت. بنابراین شکل کلی یک مدل چند هدفی در حالتی که h امین هدف از مجموع K هدف بهینه و K-1 هدف باقی‌مانده به صورت تنگنا لحاظ می‌شود را می-توان به صورت رابطه 9 در نظر گرفت (Francisco et al., 2006).

$$max: z(x) = (z_1(x), z_2(x), \ldots z_h(x), \ldots, z_K(x)) \quad (9)$$

Subject to:

$$z_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) \geq b_1$$
$$z_2(x_1, x_2, \ldots, x_n) \geq b_2$$
$$z_{(h-1)}(x_1, x_2, \ldots, x_n) \geq b_{(h-1)}$$
$$z_{(h+1)}(x_1, x_2, \ldots, x_n) \geq b_{(h+1)}$$
$$Z_k(x_1, x_2, \ldots x_n) \geq b_k$$
$$x \in F,$$
$$x \geq 0$$

که b_j تنگنای سمت راست تابع هدف k-1 ام است.کوهن به معرفی رابطه‌ای پرداخت که به وسیله آن می‌توان به تنگناهای سمت راست حالت پارامتریک داد و به مجموعه‌ای از پاسخ‌های بهینه رسید(رابطه 10).

$$L_{jr} = n_j + t(r-1)^{-1}(M_j - n_j), \quad (10)$$
$$j = 1, 2, \ldots, h-1, h+1, \ldots, p;$$
$$t = 0, 1, 2, \ldots, (r-1),$$

که در آن L_{jr} متغیری معادل تنگنای سمت راست هدف، Mو n به ترتیب بهترین و بدترین مقدار برای هدف j است. تعیین بهترین مقدار برای هدف j ام به راحتی و با حل تابع هدف j ام به تنهایی و مشروط به تنگنای منابع به دست می-آید. اما برای محاسبه‌ی بدترین میزان هدف j می‌توان از ماتریس مبادله استفاده نمود. اگر پاسخ مسئله چند هدفی در این حالت یکسان باشد، آن پاسخ همان بهینه‌ی پارتو خواهد بود (Francisco et al., 2006) . اما در بیشتر موردها پاسخ واحدی به‌دست نیامده و با مجموعه‌ای از پاسخ‌های بهینه رو به رو می‌شویم که لزوم استفاده از روش‌های مکمل برای انتخاب یک هدف را ضروری می‌سازد.

به عنوان ایده‌ای از نقطه بهینه پارتو که تنها یک نقطه‌ی بهینه ارائه می‌کند، می‌توان از راه حل توافقی نام برد که در اصل فاصله اقلیدسی بین نقطه بهینه بالفعل و نقطه ایده‌آل را کمینه می‌کند. در عمل دسترسی به نقطه ایده‌آل ممکن نیست. بهترین کار تعیین پاسخی است که نزدیک‌ترین فاصله ممکن از نقطه ایده‌آل دارد. مشکل در برنامه‌ریزی توافقی تعریف واژه نزدیک‌ترین است(Marler et al., 2004) . این واژه بر کمینه کردن فاصله اقلیدسی بین دو نقطه دلالت داشته که به صورت رابطه 11 تعریف می‌شود.

$$ED = \left(\sum_{k=1}^{n} \left(z_j^* - z_j(x)\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

زلنی با توجه به این موضوع که واحدهای اندازه‌گیری در هدف‌های گوناگون ممکن است متفاوت باشند با تعریف درجه نزدیکی d_j بین هدف j ام و نقطه ایده‌آل بر اساس رابطه 12 پرداخت:

$$d_j = \frac{z_j^* - z_j(x)}{z_j^* - z_{*j}} \quad (12)$$

که z_j^* و z_{*j} به ترتیب بیش‌ترین و بدترین ارزش هدف j ام هستند. در روش برنامه‌ریزی توافقی باتوجه به درجه نزدیکی تعریف شده و درجه اهمیت هدف‌های گوناگون در مدل و رابطه مربوط به فاصله اقلیدسی دو نقطه می‌توان به رابطه 13رسید:

$$L_p(\delta, k) = \left\{\sum_{i=1}^{k} \left(\delta_j\ d_j\right)^p\right\}^{\frac{1}{p}} \quad (13)$$

که در آن δ_j وزن اختصاصی متناسب با درجه اهمیت هدف j ام است. برای $P=L$ بهترین روش توافقی یا نزدیک‌ترین راه حل به نقطه ایده‌آل به وسیله حل برنامه‌ریزی خطی زیر به-دست می‌آید (Romero et al., 1987) .

$$Min\ L_1 = \sum_{i=1}^{k} \frac{\delta_j \left(z_j^* - z_j(x)\right)}{z_j^* - z_{*j}} \quad (14)$$

که F مجموعه نقاط مورد تایید است. همچنین برای L_∞ بهترین راه حل توافقی از حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی زیر به-دست می‌آید (Romero et al., 1987):

$$\text{Min}\ \ L_\infty = d_\infty \quad (15)$$
$$\text{S.t}\ \ \frac{\delta_1[z_1^* - z_1(x)]}{z_1^* - z_{*1}} \leq d_\infty$$
$$\frac{\delta_k[z_k^* - z_1(x)]}{z_k^* - z_{*k}} \leq d_\infty$$
$$X \in F$$

که با یک الگوریتم غیرخطی قابل حل شدن است. یو ثابت کرد که L_1 و L_∞ زیر مجموعه‌ای از مجموعه کارا را ارائه می‌دهند که مجموعه توافقی نامیده شد. سایر پاسخ‌های توافقی بهینه در بین ماتریس L_1 و L_∞ قرار دارد. بنابراین پاسخ‌های ارائه شده به وسیله مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی ارائه شده حدود مجموعه توافقی را ارائه می‌کند. در برخی مطالعات، بسته به شمار پاس‌خهای برنامه‌ریزی، از روش‌های مکملی استفاده شده است. استورا و هریس پیشنهاد استفاده از روشی به منظور حذف پاسخ‌هایی که اختلاف معنی‌دار از پاسخ‌های مورد تائید روش را نداشتند ارائه کردند. روش مشابه تکنیک تحلیل خوشه‌ای است که مجموعه پاسخ‌ها را به گروه‌های نسبتا یکنواخت تقسیم می‌کند. ایده اصلی استفاده از این روش توسط مورس پیشنهاد شد(Francisco et al., 2006). روش تحلیل خوشه‌ای شامل روش‌های متعددی است. روش تحلیل خوشه‌ای سلسه مراتبی با تعیین فواصل بین تک تک عناصر آغاز می‌شود. همه عناصر انفرادی ابتدا به صورت مجزا در یک گروه قرار می‌گیرند. سپس عناصر نزدیک با یکدیگر ترکیب می‌شوند. برای تعریف نزدیک بودن از روش‌های متفاوتی استفاده می‌شود که معمول‌ترین روش استفاده از فاصله اقلیدسی است. پیش از به‌کارگیری این روش، داده‌ها نرمال‌سازی می‌شوند بدین ترتیب که هر متغیر میانگین صفر و انحراف معیار یک پیدا می‌کند. برای این کار هر عضو را از میانگین کم و بر انحراف معیار تقسیم می‌شود (Francisco et al., 2006).

محدودیت‌های مدل

تنگناهای در نظر گرفته شده در مدل شامل موارد ذیل است:

محدودیت زمین قابل کشت

محدودیت آب

محدودیت نهاده‌ها شامل کود و سم و بذر

محدودیت تناوب زراعی

محدودیت نامنفی بودن متغیرها

نتایج و بحث

مقادیر سطح زیر کشت و محصولات الگوی کشت فعلی در محدوده مطالعاتی مشهد-چناران در جدول 1 نشان داده شده است. جدول 1 بیانگر سطح کشت محصولات زراعی موجود در محدوده مطالعاتی مشهد بوده و نشان می‌دهد که گندم، جو، گوجه‌فرنگی و یونجه چهار محصول اصلی الگوی کشت منطقه مطالعاتی بوده و 81 درصد سطح کشت منطقه را پوشش می‌دهند. چهار محصول ذرت علوفه‌ای، خربزه، چغندرقند و پیاز نیز 13 درصد سطح الگوی کشت محدوده مورد مطالعه را تشکیل داده‌اند. بررسی سطح کشت محصولات مختلف الگوی کشت در سال93 نشان می‌دهد که محصول ذرت عمدتا در قطعات زراعی بزرگ مورد کشت قرار می‌گیرد و کشاورزان با مزارع کوچک مقیاس استقبال چندانی از محصول مذکور ندارند. با توجه به قرارگیری کلان شهر مشهد در محدوده مطالعاتی و بازار مصرف مناسب محصول شلغم، کشاورزان در مزارع کوچک تمایل زیادی به کشت محصول شلغم یافته‌اند و به همین علت در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مقادیر شاخص‌های ارزیابی محصولات الگوی کشت منطقه مورد مطالعه در جدول 2 آورده شده است.

جدول 1- سطح کشت محصولات زراعی موجود در محدوده مطالعاتی مشهد-چناران در سال 92 (هکتار)

ردیف	محصول	سطح زیر کشت	درصد سطح زیر کشت ازکل
1	گندم	24034	37
2	جو	19200	29
3	گوجه‌فرنگی	5933	9
4	یونجه	5812	9
5	ذرت علوفه‌ای	2902	4
6	خربزه	2926	4
7	چغندرقند	1656	3
8	پیاز	1157	2
9	خیار	1151	2
10	سیب‌زمینی	376	1
11	کلزا	549	1
12	شلغم	16	0
13	مجموع	65692	100

جدول 2- مقادیر درآمد و هزینه (سال 93-92) محصولات الگوی موجود و شاخص‌های بهره‌وری آب و کارایی انرژی

محصول	درآمد (هزار ریال)	هزینه (هزار ریال)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	کارایی انرژی	بهره‌وری انرژی
گندم	41064	15816	1/43	2/49	0/16
جو	37662	17845	2/11	1/91	0/11
پیاز	339765	112282	7/11	2/13	11/16
چغندرقند	143000	87092	4/1	4/29	4/19
گوجه‌فرنگی	140000	58682	2/85	0/37	4/63
خربزه	40000	19414	0/48	0/94	0/48
شلغم	104333	28019	2/3	4/54	2/34
یونجه	108000	32676	1/1	2/87	0/94

نتایج نشان می‌دهد که در بین محصولات الگوی کشت پیاز دارای بالاترین درآمد خالص و بهره‌وری آب بوده در حالی‌که بیش‌ترین کارایی انرژی به ترتیب متعلق به محصول چغندر قند و شلغم می‌باشد. پیاز بیش‌ترین درآمد در واحد سطح را دارد، در حالی‌که نسبت درآمد به هزینه در شلغم بیش‌ترین است. نتیجه قابل توجه در دو محصول گوجه‌فرنگی و خربزه به‌دست آمد که میزان انرژی دریافتی از محصول کم‌تر از انرژی صرف‌شده برای تولید است. به‌عبارت دیگر کارایی انرژی تولید گوجه‌فرنگی و خربزه کم‌تر از یک می‌باشد. نتایج مذکور نشان داد که اولویت انتخاب محصولات در الگوی کشت منطقه مورد مطالعه به هدف از تولید محصولات قابل کشت بستگی دارد. بررسی قیمت واحد محصولات نیز نشان داد در صورتی‌که بهره‌وری به مفهوم میزان محصول در واحد آب مصرفی باشد پیاز دارای بیش‌ترین بهره‌وری آب است در حالی‌که اگر شاخص بهره‌وری آب میزان درآمد به ازای واحد آب مصرفی می‌باشد گوجه فرنگی دارای بیش‌ترین بهره‌وری آب می‌باشد.

ضرایب فنی مدل در جدول 3 آورده شده است. با توجه به اهمیت بازده اقتصادی به‌عنوان مهم‌ترین هدف کشاورزان و لزوم توجه به بازده آب و انرژی در کشاورزی به عنوان اهداف کشاورزی پایدار مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی تک هدفه (Linear Programing ; LP) با حداکثر نمودن سه هدف درآمد خالص، بهره‌وری آب و کارایی انرژی اجرا و نتایج سطح زراعی محصولات الگوی پیشنهادی کشت در جدول 4 آورده شده است. جهت بهینه‌سازی همزمان اهداف فوق‌الذکر الگوی برنامه‌ریزی چند منظوره (Muti Objective Programing ; MOP) استفاده گردید. در ایجاد مجموعه کارا دو روش وزنی (Weighting Method) و مقید(Constraint Method) استفاده و نتایج در جدول 4 آورده شده است.

مقادیر جدول 4 نشان می‌دهد که در صورت هدف‌گذاری سود در تولید محصولات زراعی، الگوی کشت منطقه مورد مطالعه به کشت سه محصول پیاز، گوجه‌فرنگی و یونجه محدود خواهد شد و سطح زیر کشت منطقه باید به میزان 3564 هکتار نسبت به وضع فعلی کاهش یابد. جهت دست‌یابی به حد اکثر بهره‌وری آب از 8 محصول قابل کشت در منطقه فقط سه محصول جو، پیاز وگوجه‌فرنگی دارای بهره‌وری آب بالایی بوده و بقیه محصولات از الگوی پیشنهادی حذف خواهند شد. در صورتی‌که هدف در تولید محصولات دست‌یابی به حداکثر کارایی انرژی باشد از 8 محصول عمده در منطقه مورد مطالعه 5 محصول گندم، جو، چغندر قند، شلغم و یونجه با سطح تجمعی 10506 هکتار قابل کشت بوده و در این شرایط کم‌ترین کاهش سطح زیر کشت در مقایسه با وضع موجود ایجاد خواهد گردید. نتایج مدل‌های برنامه‌ریزی خطی نشان داد که در دست‌یابی به حداکثر سود و بهره‌وری آب گندم، خربزه و چغندرقند باید از الگوی موجود حذف شده و سطح کشت محصول پیاز چندین برابر خواهد شد. نتایج حاصل از الگوی برنامه‌ریزی چند هدفه به دو روش وزنی و مقیدسازی نشان داد که تنوع محصولات الگوی کشت پیشنهادی افزایش یافته و الگوی بهینه در انطباق بیش‌تر با وضع موجود قرار دارد. با توجه به تفاوت نتایج در نوع و سطوح کشت محصولات پیشنهادی الگوی کشت در مدل‌های مختلف اجرا شده مزیت نسبی نتایج از جنبه اقتصادی با یکدیگر مقایسه و نتایج آن در جدول 5 آورده شده است.

مقایسه نتایج اقتصادی مدل‌های مختلف برنامه‌ریزی ریاضی در پیشنهاد الگوی کشت در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که الگوی پیشنهادی در برنامه‌ریزی خطی با هدف سود حد اکثر دارای بیش‌ترین کاهش سطح زیر کشت نسبت به وضع موجود است. مقایسه اقتصادی نتایج حاصل از مدل‌های تک هدفه و چندهدفه نشان داد که الگوی پیشنهادی از مدل خطی با هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب ضمن کاهش 27 درصدی در میزان آب مصرفی باعث افزایش 2/88 برابری درآمد واحد سطح شده و سطح زیر کشت نسبت به وضع موجود 24 درصد کاهش می‌یابد.

جدول 3- مقادیر مورد نیاز عوامل محدود کننده در هر هکتار (ضرایب فنی)

محصول	آب (متر مکعب)	کود ازت (کیلوگرم)	کود فسفر (کیلوگرم)	کود پتاس (کیلوگرم)	کود دامی (کیلوگرم)	سم (کیلوگرم)	ماشین آلات (ساعت)	نیروی کارگری (ساعت)
گندم	3744	173	104	33	8460	1/75	12/65	4/93
جو	4170	226	126	41	3850	3/5	15	6/1
پیاز	11293	375	130	25	7000	2/5	8/1	150
چغندر	16826	366	366	0	3000	5/3	13/87	170
گوجه فرنگی	6006	135	150	0	200	17/5	12	117
خربزه	8448	100	0	0	35	5/33	4	32/42
شلغم	4800	325	100	67	0	0	6	76/73
یونجه	15693	75	87	0	3833	1/25	18	42

جدول 4- مقادیر سطح زیر کشت در الگوی فعلی و نتایج مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی خطی و چند هدفه (هکتار)

نام محصول	الگوی فعلی	برنامه‌ریزی خطی			برنامه‌ریزی چندهدفه	
		حداکثر سود	حداکثر بهره‌وری آب	حداکثر کارایی انرژی	وزنی	مقید
گندم	4246	0	0	4620	3210	3210
جو	3788	0	3260	2251	4182	4181
پیاز	218	4471	3523	0	1240	862
چغندر	271	0	0	1432	170	170
گوجه‌فرنگی	1148	611	1529	0	1875	1879
خربزه	420	0	0	0	0	0
شلغم	66	0	0	874	30	261
یونجه	841	2342	0	1329	921	1458
کل	10998	7424	8312	10506	11874	12267

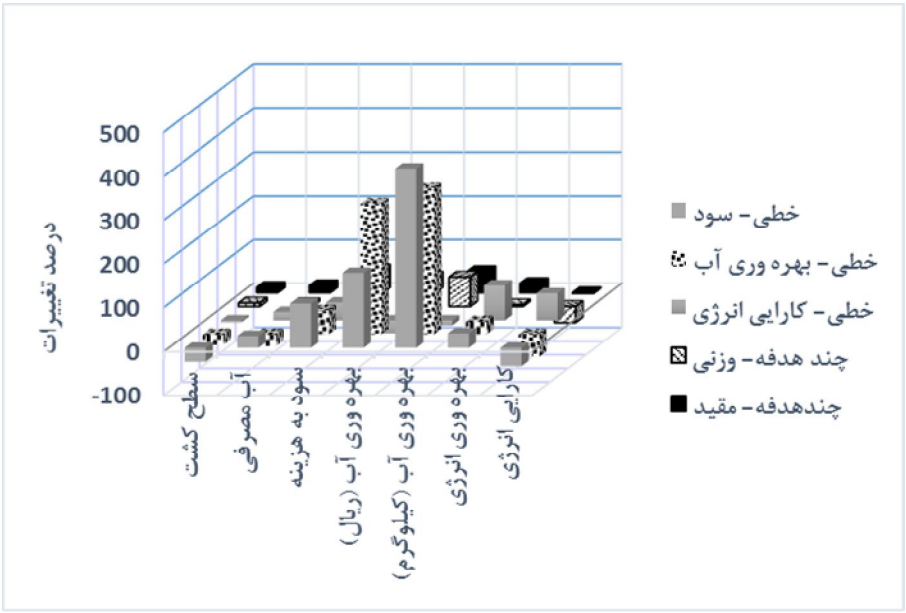
جدول5- تغییرات شاخصهای اقتصادی در الگوهای ریاضی با اهداف مختلف نسبت به وضع موجود

شاخص‌های اقتصادی	واحد	الگوی فعلی	هدف برنامه‌ریزی خطی			روش برنامه ریزی چند هدفه	
			حداکثر سود	حداکثر بهره‌وری آب	حداکثر کارایی انرژی	وزنی	مقید
درآمد خالص	میلیون ریال	406239	1430871	1172846	342189	686176	643894
نسبت درآمد خالص مدل به الگوی موجود		1	3/52	2/88	0/84	1/26	1/58
میزان آب مصرفی	میلیون م.م.	59/87	75/74	43/41	70/99	63/33	69/74
تغییرات میزان آب	درصد	0	+27	-27	+19	+6	+16
سطح زیر کشت	هکتار	10998	7424	8312	105060	11874	12267
تغییرات سطح زیر کشت	درصد	0	-32	-24	-4	+8	+12
نسبت درآمد به هزینه		1/67	3/34	2/57	2/33	2/67	2/56
تغییرات درآمد به هزینه	درصد	0	+100	+54	+40	+60	+53
درآمد واحد آب مصرفی	ریال در م.م.	6784	18893	27019	4820	10853	9232
تغییرات درآمد آب	درصد	0	+170	+298	-29	+59	+36

نتایج مشابه در تحقیقات کهنسال و زارع (1387) در تعیین الگوی بهینه کشت از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی و چندهدفه فازی کسری در افزایش بهره‌وری آب و بازده برنامه‌ای حاصل گردید. الگوی حاصل از نتایج مدل‌های برنامه‌ریزی چند هدفه دارای طیف محصول گسترده‌تری می‌باشد و در آمد خالص الگو نسبت به وضع موجود افزایش دارد ولی عملیاتی نمودن آن نیازمند افزایش 16 درصدی برداشت آب از آبخوان دشت می‌باشد. نتایج مشابه در بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از مدل برنامه‌ریزی چند هدفه توسط چیذری و قاسمی (1387)، بیات (1387) و ترکمانی و صبوحی (1386) در مناطق مختلف حاصل گردید که افزایش بهره‌وری آب و سود ناخالص در الگوی حاصل از مدل نسبت به الگوی موجود را به دنبال داشت. مقادیر شاخص‌های ارزیابی استفاده بهینه از آب و انرژی در نتایج مدل‌های مختلف برنامه‌ریزی ریاضی در جدول 6 آورده شده است.

جدول6- مقادیر شاخص‌های کارایی و بهره‌وری انرژی و بهره‌وری آب در الگوهای ریاضی و وضع موجود

مشخصه	واحد	الگوی فعلی	هدف برنامه‌ریزی خطی			برنامه‌ریزی چند هدفه	
			حداکثر سود	حداکثر بهره‌وری آب	حداکثر کارایی انرژی	وزنی	مقید
کارایی انرژی	_	2/8	1/6	1/36	4/51	1/78	2/72
تغییرات نسبت به وضع موجود	درصد	0	-42	-51	+61	-36	-2
بهره وری انرژی	Kg/mj	0/24	0/32	0/31	0/43	0/25	0/29
تغییرات نسبت به وضع موجود	درصد	0	+33	+29	+79	+4	+21
بهره وری آب	Kg/m3	2/03	10/34	8/8	1/8	3/39	3/03
تغییرات نسبت به وضع موجود	درصد	0	+409	+333	-11	+67	+49



شکل 2- نمودار مقادیر شاخص های زراعی، اقتصادی، آب و انرژی در الگوهای کشت پیشنهادی با مدل‌های مختلف برنامه‌ریزی

مقادیر جدول 6 نشان می‌دهد که الگوهای کشت پیشنهادی با اهداف غیر انرژی دارای کارایی انرژی پایین‌تری نسبت به الگوی موجود می‌باشند در حالی‌که بهره‌وری انرژی در کلیه الگوها نسبت به وضع موجود بهبود یافته است. این مقادیر بیان‌گر آن است که محصولات جایگزین در الگوی موجود دارای ماده خشک بیش‌تری نسبت به محصولات موجود بوده ولی ارزش کالری کم‌تری دارند. از جمله این محصولات پیاز و گوجه‌فرنگی می‌باشد که ارزش کالری غذایی آن‌ها ناچیز ولی در سبد مصرفی غذایی روزانه جایگاه ویژه‌ای دارند و از ارزش اقتصادی خوبی برخوردارند. بیش‌ترین میزان شاخص بهره‌وری آب در الگوی کشت با سود حداکثر حاصل خواهد شد در

حالی‌که بر اساس نتایج جدول 5 بیش‌ترین درآمد واحد آب مصرفی متعلق به الگوی حداکثر بهره‌وری آب است. شاخص بهره‌وری انرژی نتایج حاصل از این مدل نیز در رتبه دوم و پس از الگوی حداکثر کارایی انرژی واقع شده است که نشان‌دهنده بالا بودن بهره‌وری انرژی در الگوی پیشنهادی با هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب است. نتایج حاصل از برنامه‌ریزی ریاضی با اهداف و روش‌های مختلف در انتخاب الگوی کشت بر شاخص‌های سنجش مزیت اقتصادی، آب و انرژی در شکل 2 ترسیم شده است.

نمودار نشان می‌دهد که الگوی پیشنهادی در مدل برنامه‌ریزی خطی با هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب در بین مدل‌های برنامه-ریزی خطی دارای مزیت نسبی اقتصادی برای کشاورزان بوده و با افزایش بهره‌وری آب و انرژی شاخصه‌های کشاورزی پایدار را نیز برآورده می‌سازد. نه تنها بهره‌وری آب و انرژی بلکه نسبت سود به هزینه در واحد سطح زراعی افزایش می‌یابد. با اجرا و تداوم الگوی مذکور ضمن کاهش حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی کسری ذخیره آبخوان جبران می‌گردد. مزیت نسبی الگوهای مبتنی بر اهداف سه گانه اقتصادی آب و انرژی تنوع محصولات زراعی در الگو و تغییرات کم‌تر در سطوح محصولات وضع موجود می‌باشد. الگوهای کشت مبتنی بر بهینه‌سازی اهداف مختلف اگر چه موجب ارتقا نسبت سود به هزینه و بهره‌وری آب و انرژی خواهند شد ولی به‌دلیل افزایش نیاز تامین آب مصرفی سبب تشدید کسری ذخیره آبخوان می‌گردد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق شاخص‌های اقتصادی و بهره‌وری آب و کارایی انرژی محصولات الگوی کشت موجود منطقه مشهد- چناران اندازه-گیری گردید. با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی سه الگوی کشت جهت دست‌یابی به حداکثرسازی هر یک از اهداف سود، بهره-وری آب و کارایی انرژی حاصل گردید و به منظور دست‌یابی همزمان به سه هدف فوق از دو روش وزنی و مقید در برنامه‌ریزی چندهدفه استفاده گردید. نتایج نشان داد که الگوی کشت حاصل از برنامه‌ریزی خطی با هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب دارای بهره‌وری آب بالاتر و سود بیش‌تر بوده ولی از تنوع لازم محصولات الگوی کشت برخوردار نمی‌باشد. نتیجه حاصل از روش چند هدفه وزنی دارای مزیت نسبی بهره‌وری آب، کارایی انرژی و سود خالص در مقایسه با الگوی موجود منطقه می‌باشد و قابلیت اجرایی در کوتاه مدت را دارد. نتیجه حاصل از برنامه‌ریزی بر اساس بهره‌وری آب می تواند در سیاست‌های بلندمدت برنامه‌ریزان الگوی کشت قرار گیرد. با توجه به شرایط محدودیت منابع آبی در منطقه و سیاست‌گذاری‌های کشور در بخش کشاورزی به ترتیب الگوهای کشت با اهداف بهره‌وری حداکثری آب و روش وزنی اهداف سه گانه پیشنهاد می‌گردد.

منابع

امینی فسخودی،ع و نوری، ه. 1390 . ارزیابی پایداری و تعیین الگوی کشت سیستمهای زراعی بر اساس بهینه سازی بهره برداری از منابع آب و خاک با استفاده از الگوهای غیرخطی برنامه ریزی ریاضی . مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، شماره 55 . صفحه 109-99

بریم‌نژاد،و و یزدانی،س. 1383 . تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی با استفاده از برنامه‌ریزی کسری. مطالعه موردی استان کرمان، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره 2. صفحه16-63.

زمانی،ا، قادرزاده،ح، مرتضوی،س.ا. 1393. تعیین الگوی کشت با تاکید بر مصرف بهینه‌ی انرژی و کشاورزی پایدار مطالعه موردی شهرستان سقز استان کردستان. دانش کشاورزی و تولید پایدار دوره. 24. 1: 31- 43.

کهنسال،م.ر و فیروز زارع،ع. 1378. تعیین الگوی بهینه کشت همسو با کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه (مطالعه موردی استان خراسان شمالی) اقتصادکشاورزی و توسعه. 71-62

کهنسال،م.ر و سروری،ع.ا. 1392. تعیین الگوی بهینه کشت محصولات عمده زراعی استان خراسان رضوی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی و تابع عضویت هذلولی. اقتصادکشاورزی و توسعه. 82 :131 -151.

محمدیان،ف،، شاهنوشی،ن،، قربانی،م و عاقل،ح. 1389. تدوین الگوی زراعی پایدار در دشت فریمان تربت جام. اقتصاد کشاورزی. 2:1-42.

میرزایی،آ، کوپایی،م. و کرامت زاده،ح. 1386. اثر سیات گذاری قیمت آب بر تخصیص آب(مطالع موردی: دشت تجن مازندران). ششمین کنفرنس اقتصاد کشاورزی ایران. دانشگاه فردوسی مشهد

Cohon,J.L. 1978. Multi objective programming and planning. Academic Press, New York.

De Jonge,A. 2004. co-efficiency improvement of a crop protection product: the perspective of the crop protection industry. Crop Protection. 23.12: 1177-86.

De Fraiture,C., Giorgano,M., Jiao,Y. 2008. Biofuels and implications for agricultural water use: blue impacts of green energy. Water Policy.10:67-81

El-Ghonemy.,A.M.K. 2012. Water esalination systems powered by renewable energy sources: review. Renew Sustain Energy Rev. 16:1537-1556.

2765-2772.

Romero,C., Amador,F., Barco,A. 1987. Multiple Objectives in Agricultural Planning: A Compromise Programming Application. American Journal of Agricultural Economics,69-78 .

Sethi,L.N., Panda,S.N and Nayak,M.K. 2006. Optimal crop planning and water resources allocation in a coastal groundwater basin, Orissa, India. Journal of agricultural water management. 83:209-220

Thankappan,S., Midmore,P and Jenkins,T. 2006. Conserving energy in smallholder agriculture: Amulti-objective programming case-study of northwest India Ecological. Economics. 56: 190-208.

Yamane,T. 1967. Elementary sampling theory. 2nd edition. Prentice. New York

Erdal,G., Esengun,K., Erdal,H and Gunduz,O. 2007. Energy use and economical analysis of sugarbeet production in Tokat Province of Turkey, Energy 32:35–41.

Francisco,S.R and Mubarik,A. 2006. Resource allocation tradeoffs in Manila's peri-urban vegetable production systems: An application of multiple objective programming Agricultural System. 87: 147–158

Hu,Y., Paul Moiwo,J., Yang,Y., Han,S.h and Yang,Y. 2010. Agricultural water-saving and sustainable groundwater management in Shijiazhuang Irrigation District, North China Plain. Journal of Hydrology. 393: 219-232.

Marler,R.T., Arora,J.S. 2004. Survey of multi-objective optimization methods for engineering. Struct Multidisc Optim. 26: 369–395

Mousavi-Avval,S., Rafiee,A., Jafari,A and Mohammadi,A. 2011. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach, Energy. 36:

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 10, Jan.-Feb. 2017, p. 849-859

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 6، جلد 10، بهمن - اسفند 1395، ص. 859-849

Optimizing Water Productivity and Energy Efficiency in Selecting Crop Pattern

M. Karimzadeh[1], A. Alizadeh[2]*, H. Ansari[3] , M. Ghorbani[4], M. Banayan Aval[5]
Recived: Jun.14, 2016 Accepted: Avg.27, 2016

Abstract

Considering the importance of agriculture in developing countries, it is quite necessary to apply a programmed planning pattern based on different goals. His study used the linear and multi objective programming patterns following three main purposes such as maximizing the gross margin, water productivity and energy efficiency to determine the crop pattern of the small farms in Mashhad – Chenaran span. To gather data, a questionnaire was given to 79 farmers in farms below 5 hectare in planting year 92-93. The result showed that determining the crop pattern using a linear program aiming at water benefit will decrease water demand about 27 percent in this study zone. His will increase the income of the farmers and also the water benefit about 2/88 time and 28 percent respectively. The crop pattern based on three purposes mentioned above following weighting and constrained methods like linear programming patterns has a stable agricultural index . It also enjoys more variety of products than linear programming patterns but it will intensify the paucity of the storage aquifer in the study zone. With respect to the paucity of water sources in the district and the policies of the country in the realm of agriculture, the crop patterns aimed at maximized water productivity and weighting method, the triple purposes mentioned above is recommended.

Keywords: Energy, Mathematical Programing, Weighting Multi Objective, Mashhad-Chenaran

1 - ph.D Student of Water Engineering Department Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2 - Professor of Water Engineering Department Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad
3 - Associate Professor. of Water Engineering Department Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4 - Professor of Agricultural Economics Deparment, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
5 - Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(* - Corresponding Author Email : Alizadeh@gmail.com)