

## تغییر الگوی کشت بهینه با توجه به ریسک و محدودیت‌های جدید اعمالی شرکت آب منطقه‌ای

### استان کردستان (مطالعه موردی مزرعه 200 هکتاری در دشت دهگلان)

سپیده تقی زاده<sup>1\*</sup>، حسین نوید<sup>2</sup>، رضا فعله گری<sup>3</sup>، احمد فاخری فرد<sup>4</sup>

تاریخ دریافت: 90/4/27 تاریخ پذیرش: 91/9/13

1- دانشجوی دکتری گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

2- دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

3- مدرس موسسه آموزش عالی ایرانمهر

4- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

\* مسئول مکاتبه Email: [sepide\\_taghizade@yahoo.com](mailto:sepide_taghizade@yahoo.com)

#### چکیده

با توجه به نامناسب بودن پراکندگی زمانی و مکانی ریزش‌های جوی در ایران و پایین بودن راندمان آبیاری در کشاورزی، آب به عنوان محدود کننده‌ترین عامل تولید در کشاورزی مطرح می‌باشد. به علت گستردگی پهنه‌ی مرزی کشورمان و تنوع اقلیمی مناطق گوناگون، رسیدن به الگوی کشت مناسب که از آن بتوان حداکثر بهره‌برداری را از عوامل و نهاده‌های تولید به‌ویژه عامل محدود کننده‌ی آب به‌دست آورد ضرورتی انکار ناپذیر است. دشت دهگلان دارای 802 حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق می‌باشد که با مشکل افت سطح آب زیرزمینی روبه‌رو بوده است. استفاده بی‌رویه از منابع آب و خشک‌سالی سال‌های اخیر، شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان را برآن داشته است که جهت حفظ منابع آبی، محدودیت‌هایی برای جلوگیری از اضافه برداشت آب چاه‌ها اعمال نماید. مدل موتاد- هدف، حالتی از برنامه‌ریزی ریاضی است که ریسک را وارد تصمیم‌گیری‌های مربوط به برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های مزرعه می‌کند. ویژگی اصلی این مدل آن است که ریسک به وسیله‌ی انحراف منفی از یک مقدار بازده (درآمد ناخالص)، به صورت مجموع حاصلضرب بازدهی- های انتظاری فعالیت‌های جداگانه محاسبه می‌شود. در این مطالعه، به تجزیه تحلیل الگوی کشت بهینه در شرایط ریسک و در نظر گرفتن محدودیت اعمالی شرکت آب منطقه‌ای کردستان، در سال زراعی 88-1387 پرداخته شده است. نتایج حاصل نشان داد در صورتی که زارع از الگوی کشت بهینه در زمان اعمال محدودیت آب استفاده کند در حداکثر ریسک تنها 2000 هزار ریال نسبت به حالتی که محدودیت آب اعمال نشده است، زیان خواهد دید.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت بهینه، دشت دهگلان، ریسک، مدل موتاد- هدف، منابع آب.

## Changing of Optimum Cropping Pattern Analysis Considering Risk Factor and New Limitations of Kurdistan Regional Water Company (Case study: 200 Hectares of Farm Area in Dehgolan Field)

Sepideh Taghizadeh<sup>1\*</sup>, Hossein Navid<sup>2</sup>, Reza fellegari<sup>3</sup>, Ahmad Fakheri fard<sup>4</sup>

Received: July 18, 2011 Accepted: December 3, 2012

<sup>1</sup>PhD Student, Dep of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

<sup>2</sup>Assoc Prof, Dep of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

<sup>3</sup>Teacher, Iran mehr Institute for Higher Education, Ghorveh, Iran

<sup>4</sup>Prof, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

\* Corresponding author: E-mail: [sepide\\_taghizade@yahoo.com](mailto:sepide_taghizade@yahoo.com)

### Abstract

Considering to insufficient distribution of time and spatial of atmospheric raining and the low efficiency of agricultural irrigation, water is the most limiting factor in agricultural production in Iran. Due to extent of border zone and diversity of different climatic regions in our country, reaching a suitable cultivation model that it can bring maximum utilization of production factors and inputs particularly water as the limiting factor is an undeniable necessary. Dehgolan field has 802 deep and semi deep wells which have the problem of the water surface falling. Surplus usage of water resource and droughts in recent years impelled Kurdistan Province Regional Water Company to exert limitations for preventing excessive water extraction from wells. Target-Motad is a kind of mathematical programming model which interferes risk in decisions for planning farm activities. The main feature of this model is that the risk is calculated by negative deviation of a determined efficiency (gross revenue), as total product of the expected efficiencies for separate activities. In this study, the analysis of optimum cropping pattern in risk condition and considering exertive limitations is considered. Results show that if the farmers use the optimum cropping pattern in water limitation period, there will be only 2000 thousand Rial loss in comparison with the state which there is no water limitation.

**Keywords:** Dehgolan Field, Optimum Cropping Pattern, Risk, Target-Motad model, Water resource

### مقدمه

توسعه به خصوص ایران در بخش کشاورزی، اقتصاد این کشورها بطور چشمگیری وابسته به کشاورزی است. برای حفظ منابعی پایدار در کشاورزی انتخاب یک الگوی کشت بهینه که در آن علاوه بر داشتن شرط حداکثر درآمد ممکن برای کشاورز به استفاده صحیح و اصولی از منابع نیز توجه شود ضروری است. آب

رشد روز افزون جمعیت و محدودیت منابع موجود، بشر را وادار ساخته است تا با مدیریت صحیح منابع موجود و تخصیص بهینه منابع محدود به نیازهای نامحدود بشری به بهترین نحو ممکن پاسخ دهد. به سبب فعالیت جمع کثیری از جمعیت کشورهای در حال

اجتماعی - سیاسی و مخاطرات بهداشتی به‌بار آورد (بی‌نام 1388). جدول 1 تفاوت مصرف آب را برای سه محصول در ایران و متوسط جهانی را نشان می‌دهد (منوچهری 1386).

جدول 1- مقایسه آب مصرفی محصولات کشاورزی در ایران و جهان

مصرف جهان	مصرف ایران	
(M <sup>3</sup> /ha)	(M <sup>3</sup> /ha)	
4500-6500	6400	گندم
7000-10500	17900	محصولات جالیزی
5500-7500	10000-14000	چغندر

یکی از اهداف بلند مدت مدیریت راهبردی آب کشور تعادل برقرار کردن بین تقاضای آب موجود با کمترین هزینه ممکن می‌باشد (بی‌نام 1386). به طور کلی، علاوه بر مدیریت باروری خاک، دو استراتژی عمده زراعی شناخته شده برای افزایش بهره‌وری مصرف آب عبارتند از: مدیریت آب و خاک و مدیریت الگوی کشت (وندرن و همکاران 2000). در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه تعیین الگوی بهینه کشت با در نظر گرفتن منابع آب موجود انجام شده است. به‌عنوان مثال صفوی و همکاران (2010) با استفاده از برنامه‌ریزی دینامیک فازی به برنامه ریزی مطلوب کشت محصولات با توجه به محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه نجف آباد اصفهان که از مناطق نسبتاً کم آب ایران محسوب می‌شود پرداختند. ادیمو و همکاران (2010) و ادیمو و اتینو (2010) برای به حداکثر رساندن سود خالص کل و میزان تولید محصولات کشاورزی با به حداقل رساندن مجموع آب آبیاری مورد استفاده در آفریقای جنوبی که یکی از کشورهای کم آب جهان می‌باشد از مدل برنامه‌ریزی کشت بهینه چند منظوره<sup>1</sup> و تک منظوره<sup>2</sup> به همراه الگوریتم دیفرانسیل تکاملی<sup>1</sup>

مهمترین فاکتور برای حفظ تولیدات کشاورزی و تغذیه انسان می‌باشد (استر و همکاران 2006). تولیدات کشاورزی در سراسر دنیا با توجه به کمیت و کیفیت مقدار آب در دسترس برای آبیاری محدود می‌شود (تیاگی و همکاران 2005). افزایش تولید محصولات کشاورزی برای تامین غذای لازم برای جمعیت در حال رشد در جهان و به خصوص در بسیاری از کشورهای در حال توسعه فشار زیادی به منابع آبی آورده است (والس و بتچلر 1997). بنابراین نگرشی جدید در خصوص مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی ضروری بنظر می‌رسد. کمبود آب به صورت بالقوه یک موضوع بسیار پر تنش در عرصه سیاست است (آلن 2001). سیاست آبی کشورها در زمینه مدیریت منابع آب کشاورزی عمدتاً شامل تهیه یک برنامه زمانی برای عرضه آب موجود در دوره‌های مختلف کشت گیاهان و تخصیص مناسب آب در طی دوره رشد می‌باشد (حورایی و ازیز 2001). در اوریسا (هندوستان)، دولت منطقه به منظور توسعه پایدار استراتژی‌های مدیریت پایدار آب و زمین در مناطق مرطوب، به برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب مطابق الگوی کشت تولید محصول پرداخته است (ستی و همکاران 2006). کشور ایران با متوسط نزولات جوی 260 میلی‌متر در سال از کشورهای خشک جهان و دارای منابع آب محدود است. با توجه به رشد جمعیت در ایران، سرانه منابع آب تجدیدشونده سالانه که در سال 1335 هفت‌هزار مترمکعب بوده، در سال 1375 به دو هزار مترمکعب کاهش یافته و پیش‌بینی می‌شود که تا سال 1400 به حدود 800 مترمکعب کاهش یابد که پایین‌تر از مرز کم آبی (هزار مترمکعب) می‌باشد. با توجه به تقسیم‌بندی سازمان ملل متحد، در سال مزبور ایران نه تنها شرایط تنش و فشار ناشی از کمبود آب را تجربه خواهد کرد، بلکه وارد شرایط کمیابی شدید آب می‌گردد. در سال‌های خشک، از هم‌اکنون شاهد کمبود و بحران آب هستیم که می‌تواند خسارات اقتصادی، تنش‌های

<sup>1</sup>Multi-objective crop planning model

<sup>2</sup>Single-objective crop planning model

بتواند بیشترین درآمد را از مصرف هزینه ثابتی برای زارع داشته باشد و یا کمترین هزینه ایجاد یک درآمد ثابت را در بر داشته باشد، اهمیت ویژه‌ای دارد (ترکمانی و عبدشاهی 1379). علاوه بر این فعالیت در بخش کشاورزی به علت اتکای زیاد به طبیعت و وابستگی آن به عوامل و شرایط جوی و محیطی، فعالیتی همراه با ریسک محسوب شده و علاوه بر آن کشاورزان با مجموعه‌ای از انواع ریسک و نااطمینانی در قیمت محصولات مواجه‌اند که درآمد آن‌ها را بی ثبات می‌کند (ویس 1991). ترکمانی (1996) از تحقیقات خود نتیجه گرفت که شدت ریسک با سطح توسعه کشورها معمولاً رابطه منفی دارد، بطوری که در کشورهای جهان سوم تحمل ریسک ناشی از عوامل اقتصادی و طبیعی برای کشاورزان سخت‌تر است. راندهیر و کریشنامورسی (1993) به این نتیجه رسیدند که کشاورزان اکثراً یک درآمد مطمئن، هرچند پایین را، به درآمد بالا و بی ثبات ترجیح می‌دهند. لین و همکاران (1974) و پاریس (1979) دریافتند که بی توجهی به ریسک در مدل قدیمی برنامه ریزی خطی مزرعه اغلب باعث نتایجی شده که با آنچه کشاورزان در عمل انجام می‌دهند متفاوت است. به منظور رفع این مشکل و توجه به عامل ریسک، در برنامه بهینه مزرعه مدل‌های متعددی ارائه و استفاده شده است، که از آن جمله می‌توان به برنامه‌ریزی غیر خطی، مدل فوکوس-لاس<sup>4</sup>، مدل ریسک نهایی محدود شده، مدل موتاد<sup>5</sup>، مدل موتاد پیشرفته و مدل موتاد هدف<sup>6</sup>، اشاره نمود. مدل موتاد-هدف در دو دهه اخیر برای تعیین الگوی بهینه کشت بطور گسترده استفاده شده است، بطوری که محققینی چون حورایی و ازیز (2001) برای تعیین الگوی کشت بهینه تحت شرایط کم‌آبی، کهخا و همکاران (2005) برای تحلیل ریسک در مزارع استان فارس با استفاده از

استفاده کردند. نتایج تحقیقات نشان داد که استفاده از مدل کشت بهینه تک منظوره می‌تواند نتایج بهتری نسبت به استفاده از مدل کشت چندمنظوره ارائه دهد. زایدینگ و همکاران (2010) به منظور مدیریت منابع آب کشاورزی لیانگ‌ژو، استان گانسو (در شمال غرب چین) با استفاده از برنامه‌ریزی خطی چندمنظوره فازی<sup>2</sup> به برنامه‌ریزی کشت بهینه منطقه پرداختند. نتایج به دست آمده از تحقیق نشان داد که راه‌حل‌های ارائه شده توسط برنامه‌ریزی خطی چندمنظوره فازی در مقایسه با برنامه‌ریزی خطی چندمنظوره می‌تواند رضایت بیشتری در تصمیم‌گیران با در نظر گرفتن اولویت‌های مدیریت در برنامه ایجاد کند و در برنامه‌ریزی و ارائه راه‌حل‌های جایگزین برای پشتیبانی تصمیم‌گیری بهتر مورد استفاده قرار گیرد. مین‌اودین و همکاران (1997) به ارائه مدل برنامه ریزی آبیاری ماهانه به منظور تعیین الگوی بهینه کشت با در نظر گرفتن منابع آب‌های زیرزمینی موجود در ساکھاتایی<sup>3</sup> تایلند پرداختند. در مدل دو هدف، حداکثر کردن سود خالص اقتصادی و حداکثر استفاده بهینه از منابع آب موجود مورد توجه قرار داشتند. جهت تعیین الگوی کشت با توجه به محدودیت منابع از دهه 1960 تاکنون بطور وسیعی از برنامه ریزی خطی استفاده شده است. هدف برنامه ریزی خطی به حداکثر رساندن تابع‌هدف با در نظر گرفتن تعدادی از محدودیت‌ها (منابع) و متغیرهای تصمیم (فعالیت‌ها) بطور همزمان می‌باشد (چیذری و قاسمی 1378). غلامی (1382) با استفاده از برنامه ریزی خطی به تعیین تناوب زراعی بهینه با هدف تعیین الگوی بهینه تناوب زراعی برای به دست آوردن درآمدخالص و مقایسه آن باوضع موجود، در مزرعه‌ای 110 هکتاری در شهرستان بجنورد پرداخت. در تولید محصولات کشاورزی بدست آوردن ترکیبی از محصولات که

4Focus- Loss.

5MOTAD

6Target MOTAD

<sup>1</sup>Differential evolution algorithm<sup>2</sup>Fuzzy multi-objective linear programming<sup>3</sup>Sukhothai

اوقات زارع در تصمیم‌گیری، کمترین درآمد مورد انتظار را جهت رفع نیازهای ضروری خود و خانواده خویش، بازپرداخت وام و همچنین حفظ موقعیت اقتصادی خویش در نظر می‌گیرد، اما بجای حداقل نمودن واریانس درآمد هر سطح از درآمد انتظاری، به دنبال حداکثر کردن درآمد انتظاری خویش در هر سطح مشخص از واریانس درآمد می‌باشد. به عبارت دیگر هر زارع سعی می‌کند تا با توجه به درجه ریسک یا خطر پذیری خویش، به حداکثر نمودن درآمد انتظاری خود بپردازد. بر این اساس تاور (1983) مدل موتاد-هدف را ارائه نمود که در آن درآمد مورد انتظار هر طرح به شرط محدودیت روی انحرافات کل از یک هدف درآمدی ثابت، ماکزیمم می‌گردد. به عبارت دیگر، در این مدل ریسک بجای انحرافات منفی از میانگین، برحسب انحرافات منفی از یک هدف درآمدی ثابت اندازه‌گیری می‌شود. مزیت مدل موتاد-هدف بر مدل موتاد در این است که میانگین درآمد، نیازهای اساسی خانوار زارع را به طور کامل تامین نمی‌کند در حالی که درآمدهای هدف این قابلیت را دارا می‌باشد (ترکمانی و عبدشاهی 1379). بنابراین می‌توان گفت مدل موتاد-هدف، حالتی از برنامه ریزی ریاضی است که ریسک را وارد تصمیم‌گیری‌های مربوط به برنامه ریزی برای فعالیت-های مزرعه می‌کند. تابع مطلوبیت فرض شده برای مدل موتاد-هدف به شکل زیر است:

$$U = a + bz + c \min(z - t) \quad [1]$$

که در آن  $t$  و  $z$  سطح درآمد هدفاند. از آنجا که تابع مطلوبیت بالا، صعودی و مقعر در  $z$  (و شکسته شده در  $t$ ) است، پس فرد موردنظر ریسک‌گریز است. می‌توان به بیان دیگر نیز تابع مطلوبیت را به صورت رابطه 2 تعریف کرد:

$$z \leq T \quad \text{اگر } U(z) = a + bz + c(z - t) \quad [2]$$

$$U = a + bz \quad \text{اگر } z > T \quad [3]$$

روش‌های برنامه‌ریزی ریسکی و دانشور کاخکی و همکاران (2009) برای الگوی کشت دانه‌های روغنی از مدل موتاد هدف استفاده کرده‌اند. دشت دهگلان (ئیلان) در استان کردستان واقع است و از طرف شرق به دشت قروه و از سه طرف دیگر به ارتفاعات محدود شده و دارای وسعتی در حدود 627 کیلومتر مربع با شیب ملایم به طرف شمال و شرق گسترش یافته است. دهگلان از نظر کشاورزی غنی و دارای 159963 هکتار اراضی دیم و 14485 هکتار آبی می‌باشد و از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق برای تامین آب این دشت استفاده می‌شود.

هدف پژوهش حاضر بررسی نهاده‌های تولید بخصوص محدودیت جدی آب و استفاده از روش برنامه ریزی توام با ریسک در طراحی الگوی کشت زراعی برای یک مزرعه 200 هکتاری در روستای بلبان آباد است. همچنین مقایسه‌ای بین الگوی کشت بهینه قبل و بعد از محدودیت منابع آب اعمال شده توسط شرکت آب منطقه‌ای کردستان، انجام شده و زیان وارده محاسبه گردیده است.

#### مبانی نظری روش تحقیق

مدل موتاد تقریبی خطی از روش برنامه‌ریزی درجه دوم توام با ریسک (QRP)<sup>1</sup> است که نخستین بار توسط هیزل در سال 1971 ارائه گردید (فروتن 1381). در این روش، جهت تعیین ریسک هر طرح، به جای واریانس درآمد از حداقل انحرافات مطلق (MAD)<sup>2</sup> بازده محصولات از میانگین استفاده می‌گردد. حداقل شدن مجموع انحرافات منفی بازده ناخالص فعالیت‌ها در هر سال از میانگین بازده‌های آن، بر این فرض استوار است که زارع ترجیحات خود را با توجه به میانگین درآمد انتظاری و واریانس درآمد طرح‌های مختلف درجه بندی می‌کند (تاور 1983). در حالی که بعضی

1 Quadratic Risk Programming

2. Mean Absolute Deviation

برای آزمون مبادلات ریسک - بازده<sup>1</sup> نسبت به سایر روش‌ها پذیرفتنی‌تر است (سلطانی و همکاران 1378).

$$\begin{aligned} \text{Maximize } E(z) &= \sum_{i=1}^n G_i X_i \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j &\leq b_i \\ T - \sum_{j=1}^n G_{hi} X_j - Y_h &\leq 0 \\ \sum_{h=1}^c P_h Y_h &= I \\ X_j, Y_h &\geq 0 \\ (h=1,2,\dots,s) \end{aligned} \quad [4]$$

#### مواد و روش‌ها

دشت دهگلان دارای 802 حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق می‌باشد. خاک‌های این منطقه مانند خاک‌های استان کردستان جوان بوده و مراحل پیدایش خاک را بطور کامل سپری نکرده و چون اکثر این خاک‌ها در تپه ماهورها پدید آمده‌اند دارای زهکشی طبیعی خوبی بوده و خطر از نظر شوری آن را تهدید نمی‌کند. معیشت 60 درصد ساکنین این دشت از بخش‌های کشاورزی تامین می‌شود. در شکل 1 موقعیت جغرافیایی این منطقه مشاهده می‌شود. از مهمترین محصولات کشاورزی دشت دهگلان می‌توان به گندم، جو، سیب زمینی، کلزا و یونجه اشاره نمود. از مشکلات این دشت که ادامه روند فعالیت‌های کشاورزی در آن را متوقف ساخته است تشدید روند افت سطح آب‌های زیرزمینی و کاهش حجم ذخایر آبی این منطقه است. براساس آخرین آمار و اندازه گیری‌های انجام شده‌ی ماهانه، چاه‌های مشاهده‌ای در دهگلان 8 متر نسبت به سال پایه مطالعات (77-1376) افت سطح آب داشته اند (بی نام، 1387). استفاده بی رویه از منابع آب و خشکسالی سال‌های اخیر شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان را برآن داشته است که جهت حفظ منابع آبی، محدودیت‌هایی برای

که در آن c و b و a ضرایب تابع و بزرگتر از صفر، درآمد مورد هدف و z متغیر تصادفی می‌باشد. این تابع، تصمیم گیرنده‌ای را توصیف می‌کند که نسبت به بازده کمتر از T ریسک گریز است، اما نسبت به بازده بالاتر از T بی‌اعتناست (کرباسی 1379)). این مدل را به طور خلاصه به صورت رابطه 4 می‌توان نمایش داد.

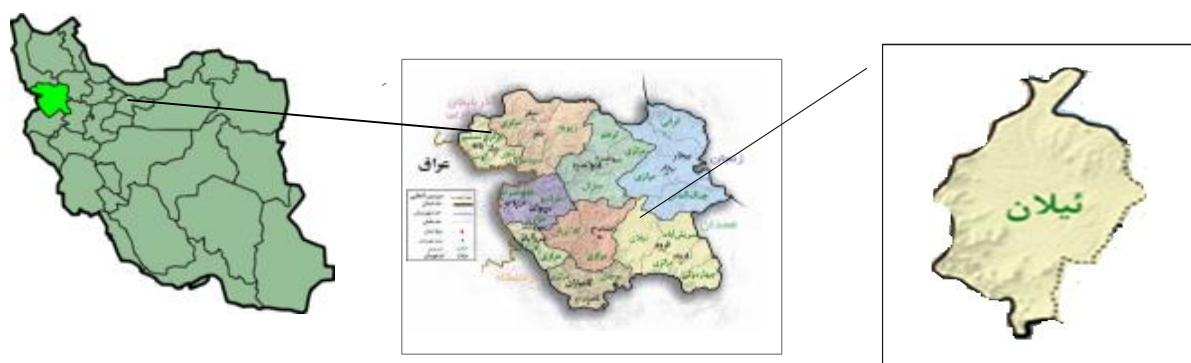
که در آن E(z) بازده برنامه‌های انتظاری،  $G_i$  بازده انتظاری فعالیت J ام، X متغیر تصمیم،  $P_h$  احتمال وقوع پیشامد در حالت یا سال h و  $\lambda$  پارامتر ریسک است. مقدار T نیز درآمد خالص کل یا همان هدف مورد انتظار و Y میانگین انحراف از هدف است (خلیلیان و موسوی 1383). در این فرمول تابع هدف، بازده مورد انتظار را حداکثر می‌کند. معادله 1 محدودیت‌های تکنیکی را لحاظ می‌نماید و معادله 2 درآمد رادرحالت ریسک اندازه‌گیری می‌کند و در صورتی که کمتر از T باشد، از طریق Y مربوط، به معادله 3 انتقال می‌یابد. معادله 3 نیز مجموع انحرافات منفی را بعد از وزن دادن، براساس احتمال وقوع آنها (P) اندازه‌گیری می‌کند.

این فرمول بندی، مجموعه جواب‌های کارای  $\lambda$  (ریسک) و E (بازده) را برای مقدار معینی از درآمد هدف ایجاد می‌کند. از آنجا که مدل موتاد-هدف، تابع هدف و محدودیت‌های خطی دارد با الگوریتم برنامه ریزی خطی قابل حل است. چون کشاورزان یا تصمیم گیرندگان اغلب تمایل دارند بازده خود را حداکثر کنند، استفاده از مدل موتاد-هدف می‌تواند بسیار مفید باشد. از جمله امتیازات مهم دیگر مدل، این است که پاسخ‌های آن از نوع تصادفی درجه دوم (SSD) است، یعنی برای تصمیم گیرندگان ریسک گریز به طور تصادفی، کارا هستند. روش موتاد-هدف این نقص را دارد که در آن  $\lambda$  و T هر دو باید مشخص شوند، اگرچه اینکار امکانپذیر و برطرف شدنی است. از سوی دیگر، مدل موتاد-هدف

درآمد انتظاری کل طرح در هر سطح مشخص از ریسک می‌باشد. مدل موجود شامل پنج محدودیت مربوط به موجودی منابع قابل دسترس می‌باشد که عبارتند از محدودیت‌های زمین، آب، سرمایه، نیروی کار و ماشین-آلات که محدودیت‌های آب، نیروی کار و ماشین‌آلات به چند بخش که بیانگر زمان‌های بحرانی نیاز محصولات به این منابع است، تقسیم شده‌اند. برای مثال محدودیت آب در منطقه در سه زمان حساس یعنی اوایل پاییز (5 مه‌رتا 15 آبان)، اواخر بهار (15 اردیبهشت تا آخر خرداد) و اوایل تابستان (آتیر تا 15 مرداد) مشاهده گردید که دلیل آن نوع کشت غالب منطقه بوده است. همچنین محصول جو به علت مصرف آن به عنوان

جلوگیری از اضافه برداشت آب چاه‌ها اعمال نماید. یکی از راهکارهایی که شرکت برای این منظور ارائه کرده است، خرید و نصب کنتورهای هوشمند آب و برق است که در طول شبانه روز دبی آب برداشتی را کنترل می‌کند. هدف از نصب این کنتورها کاهش آب مصرفی کشاورزان به 30 درصد مقدار فعلی می‌باشد.

محدودیت‌های در نظر گرفته برای مزرعه شامل زمین، آب (پاییزه، بهار، تابستانه)، ماشین‌آلات (پاییزه و بهار)، سرمایه و نیروی کار می‌باشد. این پژوهش در دو مرحله انجام گرفت. الف- استفاده از مدل برنامه‌ریزی توام با ریسک، بدون در نظر گرفتن محدودیت اعمالی شرکت آب منطقه‌ای کردستان. ب-



شکل 1- موقعیت جغرافیایی دشت دهگلان (نیلان) استان کردستان

غذای دام در الگوی کشت قرار می‌گیرد و مدیر مزرعه حداقل 20 هکتار را برای تغذیه دام به کاشت این محصول اختصاص می‌دهد. ضرایب مربوط به این محدودیت‌ها بیانگر نیاز یک هکتار کشت هر محصول به این منابع می‌باشد و اعداد سمت راست هر یک بیانگر حداکثر منابع در دسترس می‌باشد. محدودیت‌های مربوط به سال‌های اول تا هفتم نیز شامل درآمد ناخالص هر فعالیت در سال‌های مختلف می‌باشد. در مدل موتاد- هدف، که ضرایب آن در جدول شماره 2 آمده است، محدودیت‌های منابع نسبت به مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی تغییری نکرده است. اما از آنجا که هدف مدل حداکثر کردن کل بازده انتظاری طرح است.

استفاده از مدل برنامه‌ریزی توام با ریسک، با در نظر گرفتن محدودیت اعمالی شرکت آب منطقه‌ای کردستان.

الف- تعیین الگوی کشت با مدل‌های توام با ریسک و تعیین اثر ریسک بر تصمیم‌گیری

براساس مدل موتاد- هدف ارائه شده در قسمت قبل، الگوی بهینه کشت با توجه به ریسک تولید تعیین گردید. همانطور که در جدول 2 مشاهده می‌شود، متغیرهای تصمیم در مدل موتاد- هدف در برگیرنده پنج متغیر، بترتیب فعالیت‌های کشت گندم، جو، ذرت علوفه-ای، سیب زمینی و کلزا مربوط به سالهای 88 - 1382 می‌باشند. در مدل موتاد- هدف، هدف حداکثر کردن

منفی در احتمال وقوع آنهاست که همان ریسک طرح محسوب می‌شود. لذا در مدل موتاد- هدف می‌توان با تغییر پارامترهای بازده هدف (T) در سال‌های مختلف

لذا مقادیر بازده انتظاری هر رشته فعالیت در تابع هدف وارد شده است. از طرفی با فرض احتمال یکسان برای وقوع در سالهای مختلف، مقدار  $P_h = \frac{1}{7}$  قرار داده شده است.  $\lambda$  نیز نمایانگر مجموع حاصل ضرب انحرافات

جدول 2- ماتریس موتاد- هدف

	گندم	جو	یونجه	سیب زمینی	کلزا	سال 1	سال 2	سال 3	سال 4	سال 5	سال 6	سال 7	طرف راست
تابع هدف	1000	720	880	3100	800	0	0	0	0	0	0	0	<b>Max</b>
بازده انتظاری	0	0	0	0	0	0/14	0/14	0/14	0/14	0/14	0/14	0/14	= <b><math>\lambda</math></b>
زمین	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	$\leq$ 200
آب پاییزه (M <sup>3</sup> )	1400	1100	500	100	300	0	0	0	0	0	0	0	$\leq$ 245800
آب بهاره (M <sup>3</sup> )	3700	2500	4610	500	1000	0	0	0	0	0	0	0	$\leq$ 236500
آب تابستانه (M <sup>3</sup> )	700	0	7400	6504	4000	0	0	0	0	0	0	0	$\leq$ 291600
ماشین آلات پاییزه (ساعت)	4.1	4	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	$\leq$ 300
ماشین آلات بهاره (ساعت)	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	$\leq$ 400
سرمایه	500	400	280	2500	480	0	0	0	0	0	0	0	$\leq$ 100000
نیروی کار	5	5	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	$\leq$ 1890
جو	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\geq$ 20
سال اول	896.5	1700	875	-257.7	800	1	0	0	0	0	0	0	$\geq$ <b>T</b>
سال دوم	699.1	600	630	4952	606.82	0	1	0	0	0	0	0	$\geq$ <b>T</b>
سال سوم	652.98	532.17	510.77	3140	572.7	0	0	1	0	0	0	0	$\geq$ <b>T</b>
سال چهارم	433	532	450	513	495	0	0	0	1	0	0	0	$\geq$ <b>T</b>
سال پنجم	475.1	504.9	432.14	784.24	412.49	0	0	0	0	1	0	0	$\geq$ <b>T</b>
سال ششم	388	471.5	390.1	1925	380.7	0	0	0	0	0	1	0	$\geq$ <b>T</b>
سال هفتم	377.16	414.6	380	1037	340	0	0	0	0	0	0	1	$\geq$ <b>T</b>

محسوب می‌شود. لذا در مدل موتاد- هدف می‌توان با تغییر پارامترهای بازده هدف (T) در سال‌های مختلف

است.  $\lambda$  نیز نمایانگر مجموع حاصل ضرب انحرافات منفی در احتمال وقوع آنهاست که همان ریسک طرح



ب- جدول 4 مربوط به حالتی است که محدودیت منابع آب شرکت منطقه‌ای اعمال نشده است. براساس نتایج حاصله از برنامه در درآمد انتظاری 65000000 تومان و ریسک 80000000 تومان یونجه با اعمال محدودیت آب کمتر کاشته می‌شود. با افزایش ریسک رفته رفته کاشت یونجه کم شده و در سود حداکثر به صفر می‌رسد. دلیل این کم شدن آب مورد نیاز یونجه است که نسبت به محصولات دیگر بالاتر است.

از طرفی کشاورز با ریسک‌پذیری می‌تواند به سود بیشتری دست یابد. در  $T=90000$  تا ریسک 2600000 تومان و  $T=6500000$  تا ریسک 9500 با افزایش ریسک سود بیشتر خواهد شد و در نهایت به 118459 می‌رسد. بعد از این نقطه با هر میزان ریسک، سود ثابت خواهد ماند. با افزایش  $\lambda$  مشاهده می‌شود که سطح زیرکشت محصول گندم بالا می‌رود، درحالی که سطح زیرکشت یونجه و جو پایین می‌آید. محصول سیب‌زمینی نیز با افزایش ریسک تغییر چندانی در الگوی کشت ندارد. نکته قابل ذکر این است که سطح زیر کشت محصول کلزا با اعمال محدودیت آب و افزایش ریسک ابتدا افزایش و سپس و در ریسک بیشینه صفر می‌شود.

طبق جدول 4 که مربوط به الگوی بهینه کشت بدون در نظر گرفتن محدودیت آب است؛ کشاورز در شرایط موجود 10 هکتار کلزا زیر کشت می‌برد اما با افزایش ریسک سطح زیر کشت کلزا کاهش و به صفر می‌رسد. طبق نتایج در پرسش‌نامه‌ای که توسط کشاورزان تکمیل کردند دلیل کاشت کلزا را حمایت دولت (کود، کاشت، برداشت، خرید تضمینی، وام کم- بهره) بود.

همچنین در وضع موجود کشاورز اقدام به کشت 30 هکتار گندم می‌کند که در ریسک پایین نزدیک مدل تخمینی الگوی کشت بدون محدودیت است، اما با اعمال محدودیت جدید آب، مقدار سطح زیر کشت در ریسک

و ریسک طرح  $(\lambda)$ ، به طرح‌های بهینه مختلفی در سطوح گوناگون ریسک و بازده دست یافت. اضافه بر آن، با ثابت نگهداشتن یکی از پارامترها برای مثال  $T$  و تغییر پارامتر دیگر مثلاً  $\lambda$ ، می‌توان طرح‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کرد. به این منظور، ابتدا بازده انتظاری در حد معینی ثابت شد و سپس با افزایش ریسک طرح (افزایش  $\lambda$  از صفر تا عددی بزرگ) الگوهای بهینه آزمون گردید و الگوهای بهینه فراوانی به دست آمده که جهت مقایسه، 6 طرح آن در جدول 3 ارائه گردیده است. مدل برنامه ریزی خطی را می‌توان با حذف سطرهای سوم و چهارم مدل موتاد- هدف به دست آورد. با حذف محدودیت و به مدل برنامه‌ریزی خطی ساده دست یافتیم.

## نتایج و بحث

الف- نتایج مربوط به آنالیز مدل موتاد در جدول 3 نشان داده شده است. طبق جدول در  $T=6500000$  با افزایش مقدار ریسک از 0 تا 8000000 تومان، سطح زیر کشت محصولات تغییر می‌کند و سود نیز افزایش می‌یابد. ولی با افزایش ریسک از 9500000 تومان، سطح زیر کشت ثابت و سود نیز در مقدار 117580000 تومان تثبیت می‌شود. طبق شکل 3 شیب نمودار تا ریسک 9500000 تومان تند است، در ادامه ملایم‌تر می‌شود و در نهایت در سود 117580000 تومان ثابت می‌شود. در  $T=9000000$  با افزایش مقدار ریسک از 0 تا 21500000 تومان، سطح زیر کشت محصولات تغییر می‌کند و سود نیز افزایش می‌یابد. ولی با افزایش ریسک از 26000000 تومان، سطح زیر کشت ثابت و سود نیز در مقدار 117580000 تومان تثبیت می‌شود که این مقدار بالاترین سودی که در هر درآمد انتظاری و در مقادیر مختلف ریسک با این نهاده‌ها، می‌توان بدست آورد. طبق شکل 2 شیب نمودار تا ریسک 26000000 تومان تند است، در ادامه ملایم تر می‌شود و در نهایت در سود 117580000 تومان ثابت می‌شود.

### نتیجه گیری

طبق ماده 17 قوانین آب در برنامه چهارم توسعه مرتبط با صنعت آب به منظور ایجاد تعادل بین تغذیه و برداشت سفره‌های آب زیرزمینی در دشت‌های با تراز منفی، دولت مکلف است با تجهیز منابع مالی مورد نیاز و تمهیدات سازه‌ای و مدیریتی، مجوزهای بهره‌برداری در این دشت‌ها را براساس مصرف معقول [موضوع ماده (19) قانون توزیع عادلانه آب] که با روش‌های نوین آبیاری و تغییر الگوی کشت قابل دسترس است، اصلاح نماید به طوری که تا پایان برنامه چهارم تراز منفی سفره‌های آب زیرزمینی بیست و پنج درصد (25%) بهبود یابد. اساسی‌ترین رمز موفقیت در الگوی کشت، همدلی و همکاری کشاورزان است. همکاری کشاورزان نیز در گروی سود معقول و بهینه می‌باشد. در این پژوهش سعی شد که کشاورزان با اعمال محدودیت آب کمترین زیان اقتصادی را متحمل شوند. نتایج در این پژوهش نشان داد که می‌بایستی محصول یونجه با توجه به مصرف بالای آب از الگوی کشت خارج و جای خود را به محصول گندم بدهد. گزینش محصولاتی که از نظر اقلیمی با شرایط منطقه سازگاری کامل داشته و از نظر اقتصادی نیز دارای مزیت بوده و نسبت به محدودیت‌ها و امکانات موجود نیز قابلیت مدیریت سهولتری داشته باشد می‌تواند به کشاورزان در جایگزین کردن یونجه کمک کند. همچنین برای مصرف کمتر آب اولویت‌دهی به گیاهان پاییزه به‌منظور استفاده از بارندگی‌های پاییز، زمستان و بهار سالانه می‌تواند مفید باشد. از طرفی با توجه به شرایط فعلی مدیریت هدفمند یارانه‌ها در راستای تحقق الگوی کشت می‌تواند در موفقیت اجرای برنامه الگوی کشت نقش متمیزی داشته باشد و فعالیت‌های بخش کشاورزی را در جهت به حداکثر رساندن بهره‌وری و بازدهی تولید هدایت کند.

کم به 16 هکتار و در ریسک و سود بیشینه به 48 هکتار می‌رسد.

در جدول شماره 5 به مقایسه روش برنامه ریزی خطی با مدل موتاد- هدف پرداخته شده است. با توجه به نتایج، مشاهده می‌شود هنگامی که ریسک در بالاترین میزان خود قرار دارد، در هر دو مدل (با محدودیت وبدون محدودیت) جواب بدست آمده در درآمدهای انتظاری گوناگون با جواب برنامه ریزی خطی برابر است. بنابراین می‌توان گفت مدل برنامه ریزی خطی حالت خاصی از مدل‌های برنامه‌ریزی توام با ریسک است که بالاترین ریسک را دارد. به عبارت دیگر، مدل برنامه ریزی خطی، الگویی ارائه می‌دهد که ریسک آن در بالاترین حد ممکن است. این امر به دلیل فرض‌های این نوع مدل همچون ثابت ماندن قیمت محصولات، هزینه‌ها و خطی بودن روابط میان متغیرهاست (ترکمانی 1375).

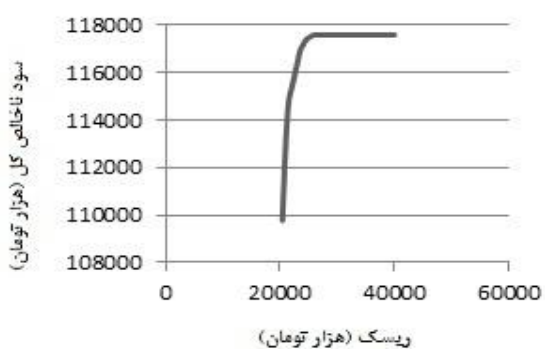
در مجموع با توجه به جداول 3 و 4 می‌توان گفت که اگر از نهاده‌ها در جهت الگوی بهینه کشت استفاده شود علاوه بر افزایش سود در مزرعه مورد نظر، به دلیل استفاده مناسب از منابع کمیاب به خصوص آب، محدودیت‌های اعمالی تاثیر زیادی بر میزان سطح زیر کشت محصولات در سطوح ریسکی پایین نخواهد داشت و تنها اگر کشاورز حاضر به انجام ریسک‌های بالا در تولید باشد، و حداکثر درآمد ممکن را بخواهد محدودیت‌های اعمالی آب می‌تواند موجب کاهش سود کل به مقدار 205 هزار تومان گردد که با توجه به اثرات مفید این طرح در حفظ منابع آب زیرزمینی این مقدار کاهش سود توجیه‌پذیر به نظر می‌رسد. بنابراین راهکار شرکت مبنی بر خرید و نصب کنتورهای هوشمند آب و برق که در طول شبانه روز دبی آب برداشتی را کنترل می‌کند، برای حفظ و توسعه وضعیت کشاورزی در منطقه دهگلان کاری منطقی و سودمند به نظر می‌رسد.

جدول 3- الگوی بهینه کشت با در نظر گرفتن محدودیت آب اعمالی شرکت آب منطقه‌ای (هزار تومان)

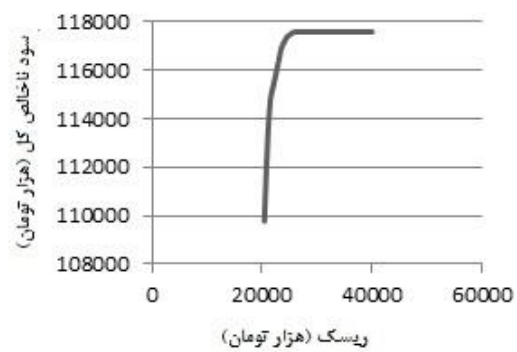
T= 90000	T= 90000	T= 90000	T= 65000	T=65000	T= 65000	درآمد انتظاری
$\lambda=26000$	$\lambda=21500$	$\lambda=20400$	$\lambda=9500$	$\lambda=8000$	$\lambda=7450$	ریسک
48	16.8	3	48	25	16.2	گندم
20	31	58.9	20	21.9	32.01	جو
0	15.9	14.8	0	13	15.9	یونجه
17.8	16	16	17.8	16.1	16.07	سیب زمینی
0	14	2	0	16.8	14.2	کلزا
117580	114780	109769	117580	116662	114666	بازده طرح

جدول 4- الگوی بهینه کشت بدون در نظر گرفتن محدودیت آب اعمالی شرکت آب منطقه‌ای (هزار تومان)

T= 90000	T= 90000	T= 90000	T= 65000	T=65000	T= 65000	وضع موجود	درآمد انتظاری
$\lambda=26000$	$\lambda=21500$	$\lambda=20400$	$\lambda=9500$	$\lambda=8000$	$\lambda=7450$	-	ریسک
38.1	21.9	3.9	38.1	33.4	22	30	گندم
20	27	45	20	20	26.1	20	جو
21	30	33	21.2	24	30	20	یونجه
15.24	15	15	15.24	15	15	14	سیب زمینی
0	3.7	0	0	2.3	3.7	10	کلزا
118459	117042	113224	118459	117054	117054	100000	بازده طرح



شکل ۳- رابطه ریسک و سود ناخالص کل با در نظر گرفتن محدودیت آب اعمالی در درآمد انتظاری ۹۰۰۰۰ (هزار تومان)



شکل ۴- رابطه ریسک و سود ناخالص کل با در نظر گرفتن محدودیت آب اعمالی در درآمد انتظاری ۶۵۰۰۰ (هزار تومان)

جدول 5- مقایسه برنامه ریزی خطی با روش موتاد- هدف

موتاد- هدف بدون در نظر گرفتن محدودیت اعمالی آب	برنامه ریزی خطی بدون در نظر گرفتن محدودیت اعمالی آب	موتاد- هدف با در نظر گرفتن محدودیت اعمالی آب	برنامه ریزی خطی با در نظر گرفتن محدودیت اعمالی آب	رشته فعالیت
38.1	38.1	48	48	گندم
20	20	20	20	جو
21	21	0	0	ذرت
15.24	15.24	17.8	17.8	سیب زمینی
0	0	0	0	کلزا
118459	118459	117580	117580	بازده طرح

## پیشنهادهای

- 5- کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری اقتصادی و حفظ منابع پایه
- 6- کشت گیاهان کم توقع و ارقام گیاهان زودرس پرمحصول
- 7- بالا بردن سطح آگاهی کشاورزان در مورد پایداری منابع آب برای سهولت پذیرش کنتورهای هوشمند آب.
- 8- معرفی محصولات و اریته های جدید توسط جهاد کشاورزی با نیاز آبی کمتر و سود مناسب برای قرار گرفتن در الگوی کشت و حذف محصول یونجه.
- 9- ایجاد صنایع تبدیلی و ساخت سردخانه برای کاهش ریسک و امکان کشت محصولات دیگر.

سیاست‌های زیر می‌تواند به تولید بهینه با میزان آب در دسترس کمک کند:

- 1- افزایش سطح کشت در محیط‌های کنترل شده همانند گلخانه‌ها، کشت‌های زیرپلاستیک و ... و استفاده از گیاهانی که دوره‌ی رشد آن کوتاه و تطابق بیشتری با پراکنش بارندگی منطقه داشته باشند در کشت بهاره.
- 2- استقرار سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی
- 3- استقرار تسطیح لیزری در اراضی آبیاری سطحی
- 4- استقرار اراضی آبیاری تحت فشار به ویژه قطره‌ای در اراضی زراعی و باغی

## منابع مورد استفاده

- بی‌نام 1386، سند چشم اندازه توسعه ایران.
- بی‌نام، 1387. گزارش سالانه شرکت آب منطقه‌ای کردستان.
- بی‌نام 1388. گزارش سازمان مدیریت منابع آب ایران.
- ترکمانی ج، 1375. تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت، کاربرد روش برنامه ریزی مطلوبیت انتظاری مستقیم، ص 152 تا 165 چکیده مقالات اولین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زابل.

- ترکمانی ج و عبدشاهی ع، 1379. استفاده از روش برنامه ریزی ریاضی چند دوره ای در تعیین الگوی بهینه کشاورزان، فصلنامه علمی- پژوهشی اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هشتم، شماره 32، صفحه‌های 35 تا 55.
- خلیلیان ص و موسوی س، 1383. ارزیابی ریسکی کاربرد سیستم های آبیاری تحت فشار : مطالعه موردی شهرستان شهرکرد، صفحه‌های 85 تا 90 مجموعه مقالات اولین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشکده فنی دانشگاه تهران.
- چیزی ا و قاسمی ع، 1378. کاربرد برنامه ریزی ریاضی در تعیین الگوی کشت محصولات زراعی. فصلنامه علمی- پژوهشی اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هفتم، شماره 28، صفحه‌های 61 تا 76.
- سلطانی غ، زیبایی م و کهخا ع، 1378. کاربرد برنامه ریزی خطی در کشاورزی. نشر سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.
- فروتن ا، 1381، برنامه ریزی ریاضی برای تحلیل اقتصادی در کشاورزی (ترجمه)، انتشارات اجد تهران.
- غلامی م، 1382. تعیین تناوب زراعی بهینه با استفاده از برنامه ریزی خطی، مطالعه موردی: مزرعه 110 هکتاری در شهرستان بجنورد. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، سال دهم، شماره 1، صفحه‌های 17 تا 24.
- کرباسی ع، 1379. بررسی اقتصادی سیستم‌های آبیاری تحت فشار: مطالعه موردی استان خراسان. رساله دکتری رشته اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
- منوچهری غ، 1372. مسائل مربوط به الگوی مصرف آب، بولتن کمیسیون آب. صفحه‌های 4 تا 6.
- Adeyemo J, Otieno F. 2010. Differential evolution algorithm for solving multi-objective crop planning model. *Agricultural Water Management*. 97 (2010) 848–856.
- Adeyemo J, Bux F, Otieno F. 2010. Differential evolution algorithm for crop planning: Single and multi-objective optimization model. *International Journal of the Physical Sciences*. 5 (10): 1592-1599.
- Allan J.A. 2001. *The middle east water question: Hydropolitics and the Global Economy*. I.B. Tauris & Co. Ltd., London, UK, 382 pp.
- Anonymous, 2007. Report of The working group on risk management in agriculture for the eleventh five year plan in India.
- Daneshvar K M, Youssefzade S and GhodratiAzadi H, 2009. Investigation the substitution capability of oilseeds in cropping pattern. *American Journal of Applied Sciences*. 6 (12): 1995-2000.
- Haouari M, Azaiez M.N. 2001. Theory and methodology optimal cropping patterns under water deficits. *European Journal of Operational Research*. 130: 133-146.
- Kehkha A, Soltani Mohammadi Gh and Villano R, 2005. Agricultural risk analysis in the Fars province of Iran: A risk-programming approach. University of New England, Working Paper Series in Agriculture & Resource Economics 1-16.

- Lin W, Dean G and Moore C, 1974. An empirical test of utility versus profit maximization in agricultural production. *American Journal of Agricultural Economics*. 56: 497-508.
- Mainuddin M, Das Gupta A, Onta P.R.1997. Optimal crop planning model for an existing groundwater irrigation project in Thailand. *Agricultural Water Management*. 33: 43-62 .
- Oster J.D, Clothier B.E, Wichelns D. 2006. History of agricultural water management. *Agricultural Water Management*. 86: 1-8.
- Paris Q, 1979. Revenue and cost uncertainty, generalized mean-variance and linear complementarity problem. *American Journal of Agricultural Economics*. 61: 268-275.
- Randhir OT and Krishnamoorthy S, 1993. Optimal crop planning under production risk in tankfed south India Sarms. *Indian Journal of Agricultural Economics*. 48: 678-687.
- Safavi H.R, Alijanian M.A. 2010. Optimal crop planning and conjunctive use of surface water and groundwater resources using Fuzzy dynamic programming. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Doi. 10.161/ASCE-IR/1943-4774.0000300.
- Sethi L. N, Panda S. N, Nayak M. K. 2006. Optimal crop planning and water resources allocation in a coastal groundwater basin, Orissa, India. *Agricultural of Water Management*. 83: 209-220.
- Tauer LM, 1983. Target MOTAD. *American Journal of Agricultural Economics*. 65: 606-610.
- Torkamani J, 1996. Decision criteria in risk analysis: An application of stochastic dominance with respect to a function. *Iran Agricultural Research*. 15: 1-18.
- Tyagi N.K, Agrawa A. l., Sakthivadivel R., Ambast S.K. 2005. Water management decisions on small farms under scarce canal water supply: A case study from NW India. *Agricultural Water Management*. 70: 180-195.
- Vanduivenbouden N, Pala M, Studer C, Biolders L, Beukes, D.j. 2000. Cropping systems and crop complementarity in dryland agriculture to increase soil water use efficiency: a review. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 48: 213-236.
- Vieth RG, 1991. An evaluation of selected decision in northern Thailand. *Journal of Agricultural and Applied Economics*. 28 (2): 381-391.
- Wallace J.S., Batchelor C.H. 1997. Managing water resources for crop production. *Phil. Trans. R. Soc. London B* .352: 937-947.
- XieTing Z, ShaoZhong K. FuSheng L, Lu Zh, Ping G. 2010. Fuzzy multi-objective linear programming applying to crop area planning. *Agricultural Water Management*. 98: (1). 134-142.