

ارزیابی آثار ریسکی کاربرد سیستمهای
آبیاری تحت فشار
مطالعه موردی شهرستان شهرکرد

دکترصادق خلیلیان*، سید حبیب الله موسوی*

چکیده

با توجه به آمار و ارقام موجود و مطالعات انجام گرفته در ایران به جرأت می‌توان گفت که آب کمیابترین عامل تولید محصولات کشاورزی است و توسعه بخش کشاورزی رابطه مستقیمی با کمیت و کیفیت منابع آب و نحوه مدیریت و استفاده از این منابع دارد. استفاده از سیستمهای آبیاری تحت فشار، به عنوان سیاستی جهت بهبود مدیریت تقاضای آب و افزایش بازده استفاده از آب، توانسته است تا حدی کمبود منابع آب را جبران کند. در مطالعه حاضر آثار ریسکی کاربرد

*به ترتیب: استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
و دانش آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی همین دانشگاه
e-mail: mosavish@yahoo.com

سیستمهای آبیاری تحت فشار، که تکنیکی جهت صرفه جویی در آب و افزایش کارایی هر واحد آب مصرفی است، بررسی شده است. در این مطالعه با استفاده از روشهای برنامه ریزی ریاضی ریسکی (الگوی تارگت موتاد) برای دو حالت استفاده و عدم استفاده از این نوع سیستمها، تحلیلهای مورد نظر صورت گرفته است. نتایج حاصل از مدلهای تخمینی نشان میدهد که به کارگیری این سیستمها باعث کاهش ریسک و در نهایت، افزایش نسبت بازده به ریسک شده است.

کلید واژه ها:

آبیاری تحت فشار، ریسک، برنامه ریزی ریاضی، تارگت موتاد

مقدمه

آب مهمترین و محدودکننده ترین نهاد تولیدی کشاورزی ایران شناخته شده است. متوسط بارندگی سالانه ایران، که به لحاظ اقلیمی در منطقه نیمه خشک قرار گرفته است (به جز نوار باریکی در شمال کشور که بارندگی مناسبی دارد)، حدود ۲۲۵ میلی متر است که از متوسط بارندگی در جهان (۸۶۰ میلی متر) بسیار کمتر است. همین میزان بارندگی نیز پراکنندگی بسیار نامتناسبی دارد، به طوری که ۵۰ درصد از آن در ۲۴ درصد مساحت کشور و ۵۰

اقتصادکشاورزی و توسعه، ویژه‌نامه بهره‌وری و کارایی، زمستان ۱۱۵
۱۳۸۴

درصد دیگر در ۷۶ درصد مساحت کشور روی می‌دهد
(موسوی، ۱۳۸۴).

از ۱۶۵ میلیون هکتار اراضی کشور حدود ۳۷ میلیون هکتار جهت کشت و زرع مناسب است. به دلیل محدودیت منابع آب فقط ۷/۸ میلیون هکتار از این اراضی به صورت فاریاب و ۶ میلیون هکتار دیگر به صورت دیم زیر کشت محصولات زراعی قرار گرفته و ۴/۵ میلیون هکتار دیگر به صورت آیش است. با توجه به شرایط اقلیمی خشک کشور و لزوم توسعه بخش کشاورزی به عنوان بخش تأمین کننده غذای جامعه، اهمیت بهره‌گیری از روشهای پیشرفته آبیاری و توجه به بهره‌وری هر واحد آب مصرفی در کشاورزی بیش از پیش نمایان شده است. بازده آبیاری در سیستمهای آبیاری تحت فشار بیش از ۷۰ درصد است که در مقایسه با بازده ۳۰ درصدی روشهای آبیاری سنتی نشاندهنده کاهش تلفات آب است. اهمیت این موضوع زمانی بیشتر روشن می‌شود که بدانیم با کاربرد سیستمهای آبیاری تحت فشار به ازای هر ۵ درصد افزایش بازده آبیاری در حدود ۴ میلیارد متر مکعب آب در سال صرفه جویی می‌شود؛ این یعنی اضافه شدن ۴۰۰ هزار هکتار به جمع اراضی آبی کشور. با این حال طبق آمار، کمتر از ۳ درصد اراضی کشور به سیستمهای آبیاری تحت فشار مجهزند (همان منبع).

بر این اساس، در این مطالعه تأثیر توسعه سیستمهای آبیاری تحت فشار بر ریسک درآمدی کشاورزان شهرستان شهرکرد بررسی شده است. منطقه مورد مطالعه دارای شرایط آب و هوایی سرد و خشک با متوسط بارندگی ۲۴۰ تا ۵۹۰ میلی‌متر در سال است. بسیاری از بخشهای این منطقه به علت نوع و زمان بارشهای جوی (غالب بارندگی به صورت برف و در فصلهای غیرزراعی روی می‌دهد) با مشکل کم آبی مواجه است (جغرافیای طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۸۱). نتایج و یافته‌های این مطالعه می‌تواند در سیاستگذاریها و خطی‌مشی کلی بخش کشاورزی و همچنین در برنامه‌های توسعه کشاورزی مورد توجه قرار گیرد.

کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در کشاورزی

در کشاورزی به دلیل پیچیدگی نظامهای زراعی، استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، به عنوان کاربردی‌ترین روش برای برنامه‌ریزی زراعی، پیشنهاد می‌شود (Hazell & et al., 1986). با توجه به ریسک آمیز بودن فرایند تولید محصولات کشاورزی، ملحوظ داشتن مسئله ریسک در هنگام برنامه‌ریزی برای نظامهای زراعی امری الزامی است. بی‌توجهی به این مسئله در مدلسازی نظامهای زراعی باعث می‌شود نتایج حاصل از مدل‌های به کار گرفته شده کمتر با واقعیتها انطباق داشته باشد و

در نتیجه، راه‌حلهای ارائه شده مبتنی بر این نتایج کمتر به تحقق هدفهای برنامه‌های کشاورزی منجر شود. در زمینه کاربرد ریسک و برنامه‌ریزی ریسکی در کشاورزی تحقیقاتی چند انجام گرفته‌است که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود:

ترکمانی و کلایی در سال ۱۳۷۸ در تحقیقی به مقایسه کارایی و کاربرد روشهای برنامه‌ریزی توأم با ریسک موتاد و تارگت موتاد پرداختند. مقایسه روشهای پیشگفته با مدل برنامه‌ریزی خطی نشان داد که در بالاترین ریسک ممکن نتایج سه مدل یکسان است. افزون بر آن با افزایش ریسک، الگوی برنامه‌ریزی توأم با مخاطره تمایل به جایگزین کردن محصولات پربازده به جای سایر محصولات پیدا می‌کند (ترکمانی و کلایی، ۱۳۷۸).

کرباسی در سال ۱۳۷۹ ضمن ارزیابی اقتصادی و مالی سیستمهای آبیاری تحت فشار در استان خراسان به بررسی آثار ریسکی استفاده از این سیستمها در ۸ سناریوی مختلف پرداخت و منطقه را با توجه به وضعیت مالکیت زمین به ۴ گروه تقسیمبندی کرد. در هر گروه دو طبقه کشاورزان سنتی و مدرن، که به ترتیب نشاندهنده استفاده‌کنندگان از سیستمهای سنتی و مدرن آبیاری بودند، به وسیله مدل برنامه‌ریزی موتاد هدف ارزیابی شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که در تمامی

گروه‌های یاد شده استفاده سیستم‌های آبیاری تحت فشار باعث کاهش چشمگیر ریسک شده است (کرباسی، ۱۳۷۹). آدسینا و همکاران در سال ۲۰۰۲ در منطقه ساوانا در افریقا به منظور ارزیابی ریسک، برنامه‌ریزی ساده ریسکی را به کار بردند تا آثار ریسکی قیمت و عملکرد را بر درآمد کشاورزان خرده پا در منطقه تعیین کند. این مطالعه نشان داده است که با در نظر گرفتن ریسک قیمت و عملکرد، احتمال افزایش درآمد کشاورزان وجود دارد (Adesina & et al., 2002).

مواد و روشها

در بسیاری از نوشته‌های مربوط به ریسک، معیارهای ریسک مشتمل بر شاخص‌های آماری پراکندگی، مانند انحراف معیار و واریانس درآمد مزرعه است. در این تحقیق ریسک و نبود حتمیت به یک مفهوم استفاده شده است. لذا استقرار ریسک برای یک طرح زراعی مشخص برابر با واریانس یا انحراف معیار درآمد آن طرح زراعی یا انحراف استاندارد درآمد طرح تعریف می‌شود.

معیار تصمیم میانگین- واریانس^۱ (E-V)

طبق این معیار فرض می‌شود که یک کشاورز بین طرح‌های زراعی مختلف، بر مبنای درآمد مورد انتظار و واریانس درآمد مربوط « v/y »، ارجحیت قائل است و از

1. efficient E,V Pairs

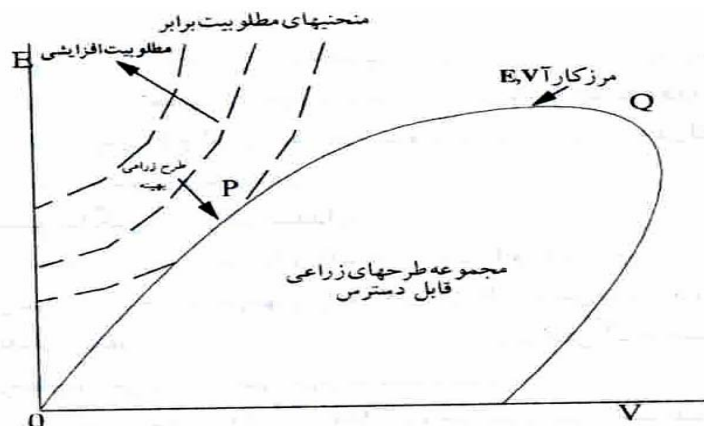
همین رو نیز معیار E-V نامگذاری شده است. اگر کشاورز دارای تابع مطلوبیت درجه دومی برای درآمد $U(y)$ باشد، قاعده تصمیم E-V از نظریه مطلوبیت مورد انتظار نتیجه خواهد شد. تابع مطلوبیت درجه دوم به دلیل دلالت داشتن بر افزایش ریسک‌گریزی مطلق^۱ قابل دفاع نیست و برخی از نظریه‌پردازان آن را رد کرده‌اند، ولی با این حال، هنوز این تابع قادر است یک تقریب درجه دوم عالی را برای توابع مطلوبتر فراهم کند. در صورتی که تابع مطلوبیت کشاورز به فرم نمایی^۲ $U(y)=1-e^{-\beta y}$ و y نیز دارای توزیع نرمال باشد، قاعده E-V قابل استنتاج خواهد بود. در این حالت:

$$E[u(y)] = E(y) - \frac{1}{2} \beta V(y)$$

در اینجا β پارامتر ریسک‌گریزی است. از آنجا که درآمد مزرعه، اغلب جمع متغیرهای ریسکی مستقل از هزینه و درآمد است، لذا با توجه به قضیه حد مرکزی^۳ باید y تقریباً دارای توزیع نرمال باشد. مدل E-V به‌رغم داشتن محدودیتهای نظری، دارای مزایای محاسباتی است. این مدل، چنانکه اشاره خواهد شد، با برنامه‌ریزی درجه دوم یا تکنیکهای برنامه‌ریزی خطی تقریبی حل شدنی است. در حالی که توابع مطلوبیت با ویژگیهای نظری برتر، اغلب مقادیر مورد انتظاری دارند که اندازه‌گیری عددی آنها را مشکل می‌سازد.

2. absolute risk aversion
3. exponential form
1. the central limit theorem

استفاده از توابع چند جمله ای درجه بالاتر نیز (که غالباً برای توابع مطلوبتر استفاده می‌شود) ممکن است منجر به ایجاد مسائل برنامه‌ریزی غیرمحدب شود. بنابراین با فرض تابع مطلوبیت مورد انتظار E-V برای یک کشاورز ریسک‌گریز، اگر منحنیهای مطلوبیت برابر^۱ در صفحه مختصات E-V رسم شود، نسبت به نیمساز ناحیه اول محدب خواهد بود (نمودار ۱). به عبارت دیگر در طول هر منحنی مطلوبیت برابر، کشاورز یک طرح با واریانس بالاتر را در صورتی ترجیح می‌دهد که درآمد مورد انتظار آن بیشتر باشد ($\partial E/\partial V > 0$). همچنین نرخ تغییرات E نسبت به V افزایشی است؛ یعنی $\frac{\partial^2 E}{\partial V^2} > 0$ (خلیلیان و همکاران، ۱۳۸۳).



نمودار ۱. طرح زراعی بهینه E-V

بنابراین، به طور منطقی انتخاب کشاورز به طرح‌هایی محدود می‌شود که برای سطوح معینی از درآمد، کمترین مقدار واریانس را دارند. از این رو تحلیلگر مزرعه باید مجموعه طرح‌های زراعی قابل دسترسی را مشخص کند که دارای کمترین مقدار واریانس برای هر سطح معینی از درآمد باشند. چنین طرح‌هایی، زوج‌های کارا E-V نامیده می‌شوند. آنها یک مرز کارا را در قسمت بالای مجموعه طرح‌های زراعی قابل دسترس تعیین می‌کنند. به فرض داشتن مجموعه‌ای از طرح‌های زراعی کارا، مقبولیت هر طرح ویژه برای یک کشاورز به ترجیحات آن در بین سطوح درآمدی مختلف و واریانس مربوط به آنها (که به وسیله تابع مطلوبیت E-V زارع مورد نظر توصیف می‌شود) بستگی دارد. هنگامی که تابع مطلوبیت زارع قابل محاسبه باشد، می‌توان طرحی را در نظر گرفت که تأمین‌کننده بیشترین مقدار مطلوبیت برای کشاورز باشد (سلطانی و همکاران، ۱۳۷۸).

مدلهای برنامه‌ریزی ریسکی^۱

اصولاً مدل‌های بسیاری وجود دارد که پژوهشگران برای محاسبه ریسک آنها را در نظر گرفته‌اند. انواع این

مدلها عبارتند از: مدل درجه دوم^۱، مدل ریسکی برنامه ریزی خطی تفکیک پذیر^۲، مدل برنامه ریزی خطی با محدودیت ریسک نهایی^۳، مدل برنامه ریزی موتاد^۴ (که تقریب خطی از مدلها درجه دوم است)، مدل تارگت-موتاد^۵، مدل برنامه ریزی چند هدفی مخاطره آمیز، مدل برنامه ریزی میانگین-جینی^۶ مدل برنامه ریزی ماکزیم کننده مطلوبیت^۷ و مدل مطلوبیت کارا^۸. در این تحقیق از میان مدلها فوق مدل تارگت موتاد انتخاب شد، زیرا که مطالعات بیشتری در سطح دنیا با کمک آن صورت گرفته است و انعطاف بیشتری در محاسبه مقدار ریسک دارد.

مدل برنامه ریزی تارگت - موتاد

مدل تارگت - موتاد (Tauer,1938) درآمد مورد انتظار (میانگین درآمد) را به شرط محدودیت روی انحرافات کل از یک هدف درآمدي ثابت ماکزیم می کند. به بیان دیگر در این مدل ریسک به صورت انحرافات منفی از هدف درآمدي ثابت اندازه گیری می شود. تابع مطلوبیت فرض شده برای مدل تارگت- موتاد به شکل زیر است:

-
2. quadratic programming model
 3. separable risk programming model
 4. the marginal risk constrained linear programming (MRCLP) model
 5. minimization of the total absolute deviation
 6. target – MOTAD model
 7. mean – Gini programming (MGP) model
 8. utility maximization programming (um) model
 9. utility – efficient programming

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

$$= a + bz \quad \text{اگر } z > T$$

در تابع بالا a و b و c ضرایب تابع و بزرگتر از صفر، T درآمد مورد هدف و Z متغیر تصادفی می‌باشد. این تابع، تصمیم‌گیرنده‌ای را توصیف می‌کند که نسبت به بازده کمتر از T ریسک‌گریز است اما نسبت به بازده بالاتر از T بی‌اعتناست (کرباسی، ۱۳۷۹). مدل برنامه‌ریزی خطی تارگت-موتاد فرم کلی زیر را دارد:

$$\text{Maximize } E(z) = \sum_{i=1}^n g_i x_i$$

$$1) \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i$$

$$2) T - \sum_{j=1}^n C_{hj} X_j - y_h \leq 0 \quad (h=1, \dots, S)$$

$$3) \sum_{h=1}^S P_h y_h = D$$

$$4) X_j, y_h \geq 0$$

که در آن $E(z)$ بازده برنامه‌های انتظاری، g_i بازده انتظاری فعالیت z ام، P_h احتمال وقوع پیشامد در حالت یا سال h و D پارامتر ریسک است. مقدار T نیز درآمد خالص کل یا همان هدف مورد انتظار و y میانگین انحراف از هدف است (خلیلیان و موسوی، ۱۳۸۳). در این فرمول تابع هدف، بازده مورد انتظار را حداکثر می‌کند. معادله ۱ محدودیتهای تکنیکی را لحاظ می‌نماید و معادله ۲ درآمد را در حالت S اندازه‌گیری می‌کند و در صورتی که کمتر از T باشد، از طریق y مربوط، به معادله ۳ انتقال می‌یابد. معادله ۳ نیز مجموع انحرافات منفی را

بعد از وزن دادن، بر اساس احتمال وقوع آنها (P) اندازه‌گیری می‌کند. این فرمولبندی، مجموعه جوابهای کارایی E و D را برای مقدار معینی از T ایجاد می‌کند. از آنجا که مدل تارگت موتاد تابع هدف و محدودیتهای خطی دارد با الگوریتم برنامه‌ریزی خطی قابل حل است. چون کشاورزان یا تصمیمگیرندگان اغلب تمایل دارند بازده خود را حداکثر کنند، استفاده از مدل تارگت - موتاد می‌تواند بسیار مفید باشد. از جمله امتیازات مهم دیگر مدل این است که پاسخهای آن از نوع تصادفی درجه دوم (SSD) است؛ یعنی برای تصمیمگیرندگان ریسک‌گریز به طور تصادفی کارا هستند. روش تارگت- موتاد این نقص را دارد که در آن T و D هر دو باید مشخص شوند، اگر چه این کار امکانپذیر و برطرف شدنی است. از سوی دیگر، مدل تارگت- موتاد برای آزمون مبادلات ریسک- بازده^۱ نسبت به سایر روشها پذیرفتنی‌تر است (سلطانی و همکاران، ۱۳۷۸).

فعالیتها، محدودیتها، میزان موجودی منابع و تابع

هدف^۲

با توجه به الگوهای کشت محصولات تحت سیستمهای آبیاری بارانی مشخص شد که فعالیتهای اصلی منطقه

1. risk-return

۲. آمار تولید و عملکرد سالانه از طرحهای آماری سازمان جهاد کشاورزی و بخش دیگر اطلاعات، مانند ضرایب فنی مدلها و نیاز آبی محصولات و موجودی منابع، مستقیماً از خود دو مزرعه تهیه شده است.

مورد مطالعه شامل کشت گندم، جو، چغندر قند، یونجه، شبدر و سیبزمینی است که همگی به صورت آبی کشت می‌شوند. بر این اساس، تابع هدف مدلها در راستای حداکثر کردن مجموع میانگین بازده خالص محصولات در طی پنج سال ۱۳۷۸-۸۲ در نظر گرفته شد. بررسی نمونه‌ها نشان می‌دهد که محدودیتهای مزارع مورد مطالعه شامل زمین، آب، سرمایه نقدی، نیازهای خودکفایی و تناوب زراعی است. سایر محدودیتهای نهاده‌ای مانند نیروی کار مورد استفاده در کشت هر یک از محصولات و میزان کود و سم مصرفی برای هر محصول، با توجه به الگوی کشت و قیمت بازاری هر یک از این نهاده‌ها، در سرمایه نقدی^۳ بازتاب یافته است.

این تحقیق در دو مزرعه مشابه در منطقه صورت گرفته است. در مجموع، کل اراضی مورد مطالعه ۹۰ هکتار بوده که به طور مساوی به دو بلوک ۴۵ هکتاری تقسیم شده است. لذا در طرف راست محدودیت شماره ۱ هر یک از مدلها به میزان ۴۵ هکتار موجودی خواهیم داشت. مابقی شرایط حاکم بر مزارع اعم از نحوه مدیریت و شرایط آب و هوایی و بازار محصولات، برای دو واحد یکسان فرض گردیده است. در مطالعه حاضر محدودیتهای جداگانه‌ای برای آب در هر دوره منظور شده است؛ زیرا برخی از محصولات در بعضی از ماه‌ها یا فصلهای سال به آب بیشتر

۳. محدودیت سرمایه نقدی حاصل جمع هزینه‌های نیروی کار، کود، سم و هزینه‌های حمل و نقل است.

و در ماه‌های دیگر به آب کمتر نیاز دارند. تلفیق این محدودیتها در يك مدل برنامه‌ریزی موجب می‌شود که موجودی آب در يك دوره به مصرف دوره دیگر برسد و نتایج غیر واقعی شود. به همین منظور برای آب ۱۳ محدودیت در فصلهای بهار، تابستان و پاییز در نظر گرفته شد. برای تعیین میزان موجودی آب در فصلهای بهار، تابستان و پاییز ابتدا میزان حجم آب استحصالی در هر ساعت محاسبه گردید و سپس با استفاده از متوسط کارکرد چاه آب به میزان ۲۳ ساعت در شبانه‌روز و ۳۰ روز در ماه، میزان موجودی منبع آب مزارع مورد مطالعه در هر دوره تعیین و نهایتاً اطلاعات مربوط به آب مصرفی در سطح مزرعه مشاهده و محاسبه شد. یادآوری می‌شود که سرمایه نقدي نیز ممکن است يك منبع محدودکننده برای کشاورزان باشد.

مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی

با استفاده از آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده برای مزارع مورد مطالعه، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی تارگت-موتاد ایجاد شد. بر این اساس در شرایط مشابه دو الگو ساخته شد: یکی مربوط به مزرعه دارای سیستم آبیاری تحت فشار و دیگری مربوط به مزرعه دارای سیستم آبیاری سنتی. مدل ارائه شده برای آبیاری سنتی به صورت زیر است:

$$\text{Max} \quad 152326.2X_1 + 115222.2X_2 + 264278.4X_3 + 377036.6X_4 + 3984282X_5 + 222006X_6$$

1. $1X_1+1X_2+1X_3+1X_4+1X_5+1X_6 \leq 45$;
2. $230427X_1+92672X_2+472423X_3+192848X_4+809768X_5+308422X_6 \leq 3000000$;
3. $1000X_2 \leq 37260$;
4. $1428X_2 \leq 37260$;
5. $1780X_1+1857X_2+3428X_4+1879X_6 \leq 37260$;
6. $1925X_1+2285X_2+3571X_4+3714X_5+1940X_6 \leq 37260$;
7. $2208X_1+2000X_2+2485X_3+3857X_4+3142X_5+2090X_6 \leq 37260$;
8. $2428X_1+2671X_3+3942X_4+3591X_5+2100X_6 \leq 37260$;
9. $2468X_1+2757X_3+4324X_4+4285X_5+2213X_6 \leq 37260$;
10. $2297X_1+2828X_3+4385X_4+4428X_5+2160X_6 \leq 37260$;
11. $2800X_3+4328X_4+4000X_5+2115X_6 \leq 37260$;
12. $2685X_3+4114X_4+3428X_5+1985X_6 \leq 37260$;
13. $2511X_3+3742X_4+3271X_5+1860X_6 \leq 37260$;
14. $2428X_3+3571X_4+3142X_5 \leq 37260$;
15. $2571X_1+4000X_2+4857X_3+2071X_4+2857X_5+3420X_6 \leq 111780$;
16. $247825X_1+223478X_2+236363X_3+454074X_4+3625275X_5+385716X_6+1y_1 \geq 8000000$;
17. $261641X_1+214502X_2+309138X_3+349973X_4+3871896X_5+331206X_6+1y_2 \geq 8000000$;
18. $85446X_1+81188X_2+275484X_3+402178X_4+4389583X_5+281756X_6+1y_3 \geq 8000000$;
19. $82437X_1-21817X_2+247794X_3+333088X_4+4158406X_5+56011X_6+1y_4 \geq 8000000$;
20. $81282X_1+78760X_2+252613X_3+345871X_4+3876295X_5+52242X_6+1y_5 \geq 8000000$;
21. $0.2y_1+0.2y_2+0.2y_3+0.2y_4+0.2y_5 < 100000$; 22. $-1X_1+1X_2-1X_3+1X_4-1X_5+1X_6 \leq 0$;
23. $X_1+2X_3+X_5+X_6 \geq 7$; 24. $X_1 \geq 3$; 25. $X_2 \geq 2$; 26. $X_3 \geq 0$; 27. $X_4 \geq 1$; 28. $X_5 \geq 0$; 29. $X_6 \geq 0$;
30. $Y_1 \geq 0$; 31. $Y_2 \geq 0$; 32. $Y_3 \geq 0$; 33. $Y_4 \geq 0$; 34. $Y_5 \geq 0$.

مدل ارائه شده برای استفاده از آبیاری تحت فشار نیز چنین است:

$$\text{Max } 175475.1X_1+133814.5X_2+303920.2X_3+433592.3X_4+4581935X_5+254594.1X_6$$

1. $1X_1+1X_2+1X_3+1X_4+1X_5+1X_6 \leq 45$;
1. $1X_1+1X_2+1X_3+1X_4+1X_5+1X_6 \leq 45$;
2. $207384X_1+83404X_2+425181X_3+173563X_4+728791X_5+277580X_6 \leq 5000000$;
3. $466X_2 \leq 37260$;

4. $666X_2 \leq 37260$;
5. $830X_1 + 866X_2 + 1600X_4 + 877X_6 \leq 37260$;
6. $898X_1 + 1066X_2 + 1666X_4 + 1733X_5 + 905X_6 \leq 37260$;
7. $1030X_1 + 933X_2 + 1160X_3 + 1800X_4 + 1466X_5 + 975X_6 \leq 37260$;
8. $1128X_1 + 1246X_3 + 1840X_4 + 1676X_5 + 980X_6 \leq 37260$;
9. $1133X_1 + 1286X_3 + 2026X_4 + 2000X_5 + 1106X_6 \leq 37260$;
10. $1072X_1 + 1320X_3 + 2046X_4 + 2066X_5 + 1008X_6 \leq 37260$;
11. $1306X_3 + 2020X_4 + 1866X_5 + 987X_6 \leq 37260$;
12. $1253X_3 + 1920X_4 + 1600X_5 + 926X_6 \leq 37260$;
13. $1160X_3 + 1746X_4 + 1526X_5 + 865X_6 \leq 37260$;
14. $1133X_3 + 1666X_4 + 1466X_5 \leq 37260$;
15. $1200X_1 + 1866X_2 + 2266X_3 + 966X_4 + 1333X_5 + 1596X_6 \leq 111780$;
16. $300887.2X_1 + 246677.3X_2 + 355508.7X_3 + 402468.9X_4 + 4452681X_5 + 380886.9X_6 + 1y_1 \geq 15000000$;
17. $284998.8X_1 + 256999.7X_2 + 271817.4X_3 + 522185.1X_4 + 4169066X_5 + 443573.4X_6 + 1y_2 \geq 15000000$;
18. $98262.9X_1 + 93366.2X_2 + 316806.6X_3 + 462504.7X_4 + 5048021X_5 + 324019.4X_6 + 1y_3 \geq 15000000$;
19. $94802.55X_1 - 18544.45X_2 + 284963.1X_3 + 383051.2X_4 + 4782167X_5 + 64412.65X_6 + 1y_4 \geq 15000000$;
20. $93474.3X_1 + 90574X_2 + 290504.9X_3 + 397751.7X_4 + 4457739X_5 + 60078.3X_6 + 1y_5 \geq 15000000$;
21. $0.2y_1 + 0.2y_2 + 0.2y_3 + 0.2y_4 + 0.2y_5 \leq 100000$; 22. $-1X_1 + 1X_2 - 1X_3 + 1X_4 - 1X_5 + 1X_6 \leq 0$;
23. $1X_1 + 2X_3 + 1X_5 + 1X_6 \geq 15$; 24. $X_1 \geq 3$; 25. $X_2 \geq 1$; 26. $X_3 \geq 1$; 27. $X_4 \geq 2$; 28. $X_5 \geq 2$;
29. $X_6 \geq 0$; 30. $Y_1 \geq 0$; 31. $Y_2 \geq 0$; 32. $Y_3 \geq 0$; 33. $Y_4 \geq 0$; 34. $Y_5 \geq 0$.

در این مدلها به ترتیب X_1 تا X_6 کشت گندم، جو، چغندر قند، یونجه، سیبزمینی و شدر و y_1 تا y_5 نیز به ترتیب میانگین انحرافات از هدف در هر سال زراعی است. همچنین سطر ۱ محدودیت زمین زراعی، سطر ۲ محدودیت هزینه های نقدی، سطر ۳ تا ۱۴ محدودیت آب در نیمه اول فروردین تا نیمه دوم شهریور، سطر ۱۵ محدودیت آب در پاییز و سطرهای ۱۶ تا ۲۰ محدودیتهای ریسکی را در طول دوره مورد مطالعه نشان می دهند. سطر ۲۱ نیز مجموع انحرافات منفی را بعد از وزن دادن، بر اساس احتمال

وقوع آنها اندازه‌گیری می‌کند و مابقی سطرهای مدل نیز شامل محدودیتهای تناوبی است.

نتایج مدل برنامه‌ریزی ریاضی تارگت موتاد در سیستمهای آبیاری سنتی

نتایج تخمین این مدل در جدول ۱ آورده شده است. در این جدول ترکیب کشت محصولات در سطوح مختلف ریسک، میزان ریسک محاسبه شده (V)، بازده انتظاری (E)، بازده انتظاری نهایی (ME)، ریسک نهایی (MV) و نسبت بازده به ریسک در هر حالت ریسکی محاسبه شده است. باید گفت که در اینجا بازده انتظاری همان مقدار تابع هدف مدل و بازده انتظاری نهایی تفاوت بازده انتظاری در دو حالت پی در پی است. چنانکه مشاهده می‌شود، سطح زیر کشت جو و یونجه بدون تغییر مانده ولی با افزایش در ریسک، سطح زیر کشت گندم زیاد و سطح زیر کشت چغندر قند کم شده است.

جدول ۱. مدل موتاد هدف در حالت آبیاری سنتی

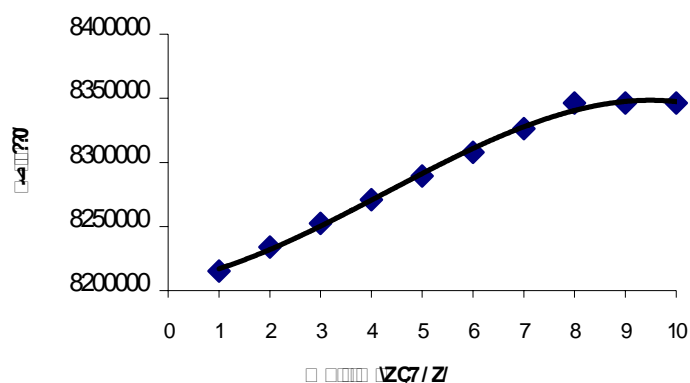
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۳/۱	۳/۵۵	۳/۶۷	۳/۹۸	۴/۳	۴/۶	۵/۳	گندم
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	جو
۱/۱۲	۰/۹۷	۰/۸	۰/۶۵	۰/۸۹	۰/۳۳	۰	چغندر قند
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	یونجه
۱/۷۱	۱/۷۲	۱/۷۲	۱/۷۲	۱/۷۳	۱/۷۴	۱/۷۴	سیبزمینی
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	شیدر
۸۲۱۵۳۲۸	۸۲۳۳۸۳۴	۸۲۵۲۳۴۰	۸۲۷۰۸۴۶	۸۲۸۹۳۵۲	۸۳۰۷۸۵۸	۸۳۴۶۴۳۲	E
۶۷۵۰۰	۶۸۰۰۰	۶۸۵۰۰	۶۹۰۰۰	۶۹۵۰۰	۷۰۰۰۰	۷۱۰۴۲	V
۱۸۵۰۶	۱۸۵۰۶	۱۸۵۰۶	۱۸۵۰۶	۱۸۵۰۶	۳۸۵۷۴	-	ME
۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۱۰۴۲	-	MV
۱۲۱/۷	۱۲۱	۱۲۰/۵	۱۱۹/۹	۱۱۹/۳	۱۱۸/۷	۱۱۷/۵	بازده به ریسک

مأخذ: یافته‌های تحقیق

علت افزایش سطح زیر کشت گندم را می‌توان ناشی از وجود قیمت تضمینی و علت کاهش سطح زیر کشت چغندر قند را، حتی با وجود قیمت تضمینی، می‌توان ناشی از نوسان موجود در عیار این محصول دانست (در منطقه برای این محصول انحصار خالص در خرید وجود دارد و قیمت نهایی با توجه به عیار محصول محاسبه می‌شود).

نمودار ۲ مرز کارایی E-V را برای حالت عدم استفاده از سیستمهای آبیاری بارانی نشان می‌دهد. مطابق این

شکل، وجود رابطه مثبت میان مقدار ریسک و درآمد تأیید می‌شود. در بالاترین سطح ریسک، به ازای هر واحد افزایش در ریسک، بازده برنامه‌ای بدون تغییر می‌ماند و نتایج مدل با مدل برنامه ریاضی ساده برابر می‌شود.



نمودار ۲. مرز کارای E-V برای مدل آبیاری سنتی

نتایج مدل تارگت موتاد در حالت استفاده از سیستمهای آبیاری تحت فشار

همانند قسمت قبل نتایج این مدل به صورت جدولی بدون شده است (جدول ۲). این جدول نیز حاوی اطلاعات به دست آمده از مدل همچون ترکیب کشت محصولات در سطوح

مختلف ریسک، بازده انتظاری، بازده انتظاری نهایی، ریسک نهایی و نسبت بازده به ریسک در هر حالت ریسکی است. در اینجا نیز محصول چغندر قند نسبت به تغییر در مقدار ریسک از خود واکنش نشان می‌دهد و در مدل یاد شده به شدت ریسکی است، لذا برای افزایش درآمد کشاورزان در سطوح بالای ریسک توصیه نمی‌شود. ولی برعکس این محصول، همانند حالت قبل، به علت حمایت‌های انجام شده در چند سال اخیر از کشت گندم، این محصول به صورت مطمئن و کم خطر در مدل ظاهر می‌شود و در شرایط ریسکی شدید نیز می‌تواند برای مزرعه مورد نظر سودمند باشد.

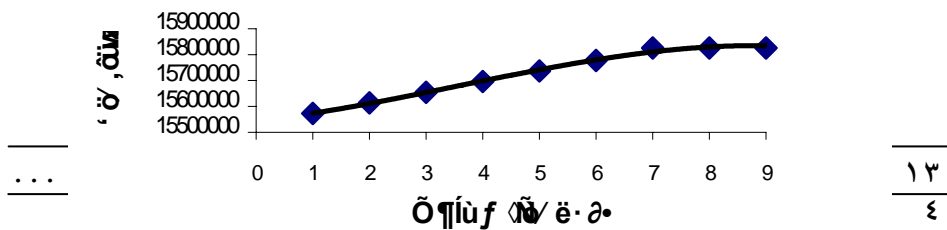
جدول ۲. مدل موتاد هدف در حالت استفاده از آبیاری تحت

فشار

۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۶/۵	۷/۱	۷/۷۲	۸/۳۲	۸/۹۳	۹/۵۳	۱۰/۲۳	گندم
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	جو
۲/۸۷	۲/۵۷	۲/۲۷	۱/۹۷	۱/۶۶	۱/۵۳	۱	چغندر
							قند
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	یونجه
۲/۷۴	۲/۷۴	۲/۷۵	۲/۷۵	۲/۷۵	۲/۸	۲/۸	سیبزم
							یني
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	شبدر
۱۵۵۷۲	۱۵۶۱۳	۱۵۶۵۴	۱۵۶۹۶	۱۵۷۳۷۱۷	۱۵۷۷۸	۱۵۸۲۵۷	E
۴۸۰	۶۵۰	۸۳۰	۰۰۰	۰	۳۵۰	۹۰	
۹۱۰۰	۹۲۰۰	۹۳۰۰	۹۴۰۰	۹۵۰۰۰	۹۶۰۰	۹۷۱۵۲	V
۰	۰	۰	۰		۰	۳/	
۴۱۱۷	۴۱۱۸	۴۱۱۷	۴۱۱۷	۴۱۱۸۰	۴۷۴۴	-	ME
۰	۰	۰	۰		۰		
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۱۵۲	-	MV
					۳/		
/۱	/۷	/۳	/۲	۱۶۵/۷	/۴	۱۶۲/۹	بازده به
۱۷۱	۱۶۹	۱۶۸	۱۶۶		۱۶۴		ریسک

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به ارقام محاسبه شده در جدول بالا نمودار ۳ برای نشان دادن مرز کارایی E-V الگویی حاصل از کاربرد آبیاری تحت فشار ترسیم گردیده است.



نمودار ۳. مرز کارای E-V برای مدل آبیاری تحت فشار

همان‌گونه که پیشتر گفته شد، وجود رابطه مثبت بین این دو پارامتر مشخص است. در اینجا نیز در بالاترین سطح ریسک محاسباتی، درآمد و یا بازده انتظاری مدل نسبت به ریسک غیر حساس می‌شود و لذا می‌توان گفت این رابطه مثبت بعد از نقطه حداکثر ریسک محاسبه شده دیگر وجود نخواهد داشت.

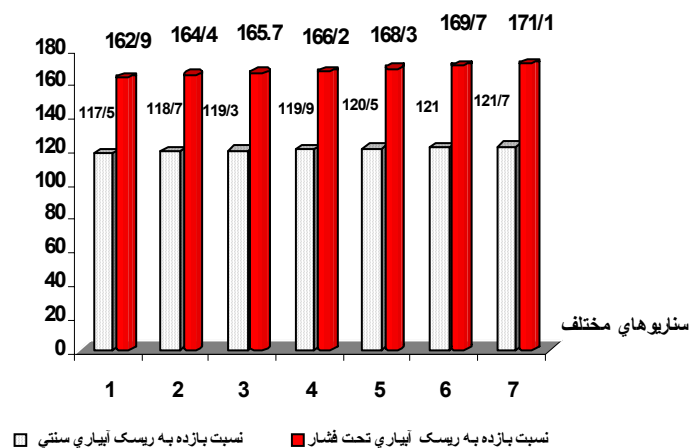
نتایج و پیشنهادها

با توجه به نتایج حاصل از مدل‌های به کار گرفته شده در دو مزرعه مورد مطالعه می‌توان گفت در تمامی سناریوها، استفاده از این سیستم‌ها باعث ایجاد تغییراتی در الگوی کشت دو مزرعه و درآمد و ریسک شده است. مهمترین نتایج به دست آمده به شرح زیر است:

- مزرعه‌ای که از سیستم‌های نوین آبیاری استفاده می‌کند دارای الگوی کشتی متفاوت با مزرعه دیگر است. در این مزرعه الگوی بهینه تمایل به جانشین کردن محصولات نقدی به جای سایر محصولات، و نهایتاً افزایش در بازده برنامه‌ای پیدا می‌کند.

- پس از محاسبه نسبت بازده به ریسک برای دو مزرعه نماینده مشاهده شد که در تمامی سطوح، این پارامتر برای حالت استفاده از سیستم آبیاری تحت فشار

بیشتر بوده است. این مسئله بیان می‌کند که استفاده از این روش آبیاری باعث کاهش در ریسک شده است. نمودار ۴ نیز این مطلب را به وضوح نشان می‌دهد.



نمودار ۴. مقایسه نسبت بازده به ریسک در دو حالت

- به کارگیری سیستمهای آبیاری تحت فشار از طریق افزایش عملکرد محصولات، افزایش سطح زیر کشت، کاهش استرس گیاهی، بهبود توزیع آب، افزایش کیفیت محصولات، کاهش هزینه‌های عملیات زراعی کاشت و داشت و برداشت، صرفه جویی در مصرف آب، صرفه جویی در مصرف کود و سم و ایجاد پتانسیلهای آبی برای افزایش درآمد مزارع، باعث کاهش ریسک و ایجاد ثبات درآمدی برای کشاورزان می‌گردد.

- با توجه به نتایج حاصل از مدلها مشاهده می‌شود که افزایش به نسبت خوبی در سطح زیر کشت بهینه مدل ایجاد شده است.

- مشاهده می‌گردد که در بالاترین سطح ریسک محاسباتی نتایج الگوی ریسکی با نتایج مدل برنامه ریزی ساده یکسان است. این مسئله بدین معناست که مدل‌های برنامه ریزی خطی ساده نیز مدل‌های ریسکی هستند و ریسک را تا حداکثر ممکن وارد الگوی کشت بهینه محاسباتی می‌کنند. از این رو استفاده از مدل‌های برنامه ریزی ساده در شرایطی همانند منطقه مورد مطالعه توصیه نمی‌شود.

- پیشنهاد می‌شود به منظور آشنایی کشاورزان شهرستان با این نوع فناوری‌های نوین فعالیت‌های بیشتری در منطقه صورت گیرد، چون با توجه به نتایج این مطالعه، کاستن از نوسان‌های درآمدی در کشاورزی به واسطه این فناوری‌ها می‌تواند در جهت توسعه کشاورزی منطقه و افزایش سطح درآمد کشاورزان و نهایتاً از بین رفتن فقر متمر ثمر واقع شود.

منابع

۱. ترکمانی، ج. و ع. کلایی (۱۳۷۸)، تأثیر ریسک بر الگوی بهینه کشت بهره‌برداران کشاورزی: مقایسه روش‌های برنامه‌ریزی توأم با ریسک MOTAD و Target

MOTAD، فصلنامه علمی پژوهشی اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هفتم، ۲۵: ۱-۷.

۲. جغرافیای طبیعی استان چهارمحال و بختیاری (۱۳۸۱)، شرکت چاپ و نشر کتب درسی ایران، چاپ سوم.

۳. خلیلیان، ص. و س. موسوی (۱۳۸۳)، ارزیابی ریسکی کاربرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار: مطالعه موردی شهرستان شهرکرد، مجموعه مقالات اولین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشکده فنی دانشگاه تهران.

۴. سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری (۱۳۸۰)، نتایج طرح‌های آماری استان چهارمحال و بختیاری، دفتر آمار و اطلاعات.

۵. سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری (۱۳۸۱)، بررسی و جمع‌بندی محصولات دائمی استان چهارمحال و بختیاری، دفتر آمار و اطلاعات.

۶. سلطانی، غ. و م. زیبایی و ا. کهخا (۱۳۷۸)، کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در کشاورزی، ناشر سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.

۷. کرباسی، علی‌رضا (۱۳۷۹)، بررسی اقتصادی سیستم‌های آبیاری تحت فشار: مطالعه موردی استان خراسان، رساله دکتری رشته اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

۸. موسوی، سید حبیب الله (۱۳۸۴)، ارزیابی اقتصادی طرح‌های آبیاری تحت فشار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

9. Adesina, A.A. and A.D. Ouattara (2002), Risk and agricultural system in northern Cote Ivories *Agricultural System*, 66:17-32

10. Hazel, P.B.R. and R.D. Norton (1986), Mathematical programming for economic analysis in agriculture, Collie Macmillan Publisher, London, U.K., 387P.

11. Tauer, L.W. (1938), Target MOTAD, *American Journal of Agricultural Economics*, 65:606-610
