اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال ۲۷، شمارهٔ ۱۰۷، پاییز ۱۳۹۸

DOL: 10.30490/aead.2020.252701.0

بهینه‌یابی الگوی کشت محصولات زراعی شهرستان ری با توجه به مخاطره

محمد بهادری[۱]، رامتین جولایی[۲]، فرشید اشراقی[۳]، اعظم رضایی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۴

چکیده

در مطالعهٔ حاضر، الگوی بهینهٔ کشت محصولات زراعی شهرستان ری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی (متعارف) و همچنین، با لحاظ درجات مختلف مخاطره با استفاده از مدل‌های مخاطره‌ای موتاد، تارگت موتاد و موتاد پیشرفته تعیین شد. داده‌های مورد نیاز به روش میدانی و

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (mbahadori07@yahoo.com)

۲. نویسنده مسئول و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (joolaie@gau.ac.ir)

۳. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (f_eshraghi@yahoo.com)

۴. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (arezaee@gau.ac.ir)

از طریق تکمیل ۱۴۹ پرسشنامه از بهره‌برداران شهرستان ری و آمار و اطلاعات مدیریت جهاد کشاورزی، سازمان و ادارات ذی‌ربط در این شهرستان طی پنج سال زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ جمع‌آوری شد. نتایج حاصل از مدل برنامه‌ریزی خطی نشان داد که در مقایسه با وضعیت فعلی، به‌کارگیری الگوی بهینه کشت بازده برنامه‌ای را ۶/۶۹ درصد افزایش می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از برآورد مدل‌های مخاطره‌ای مؤید آن بود که بین مخاطره و بازده برنامه‌ای رابطهٔ مثبت وجود دارد؛ علاوه بر این، مدل‌های مخاطره‌ای در بالاترین سطح مخاطره، نتایجی مشابه با برنامه‌ریزی خطی دارند و الگوی ارائه‌شده از طریق مدل برنامه‌ریزی خطی در بالاترین حد ممکن از مخاطره است.

طبقه‌بندی JEL: C61, G32
کلیدواژه‌ها: الگوی بهینه کشت، برنامه‌ریزی خطی، مخاطره، ری (شهرستان).

مقدمه

تولید در بخش کشاورزی، پیوسته در شرایط ناپایدار و دشوار قرار دارد و از این‌رو، فعالیت تولیدی در این بخش همواره با مخاطره همراه است (۴). کشاورزان با مجموعه‌ای از انواع مخاطرات در قیمت، عملکرد محصولات و منابع مواجه‌اند که همگی درآمد آنها را از یک سال به سال دیگر بی‌ثبات می‌کنند. نوع و شدت مخاطرات پیش روی کشاورزان بر حسب نظام بهره‌برداری کشاورزی آنها و ترتیبات ساختاری، اقلیمی و سیاسی متفاوت است. اگرچه مخاطرات در کشاورزی همهٔ نقاط جهان شایع است، اما تحمل آنها به‌ویژه برای کشاورزان خرده‌پای کشورهای در حال توسعه سخت‌تر است (۹). بنابراین، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای واحدهای کشاورزی در شرایط عدم قطعیت و مخاطره صورت می‌گیرد و برای رسیدن به توسعه کشاورزی، منطقی به نظر می‌رسد که در برنامه‌ریزی‌ها، سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌ها در ارتباط با واحد کشاورزی، موضوع مخاطرات دخالت داده شده و بدان توجه

شود. تعیین الگوی بهینهٔ کشت از یک سو و دخالت دادن مخاطره برای واقعی‌تر کردن آن از سوی دیگر، اقداماتی در راستای کمک به توسعه واحد کشاورزی و تحقق اهداف برنامه‌های کشاورزی به‌شمار می‌روند (۳). مدل‌های برنامه‌ریزی مخاطره‌ای، علاوه بر بررسی گرایش کشاورزان به مخاطره، الگوی بهینه کشت را هم با در نظر گرفتن مخاطرات آن تعیین می‌کند(۱۲). بنابراین، لازم است در تعیین الگوی بهینهٔ کشت محصولات، مدل‌های برنامه‌ریزی مخاطره‌ای نیز مورد توجه قرار گیرد.

شهرستان ری در زمینهٔ زراعت بسیار فعال بوده و ۲۴/۷ درصد از کل سطح زیر کشت و همچنین، ۲۵/۴ درصد از تولید کل محصولات زراعی استان تهران را به خود اختصاص داده است. هرچند، شهرستان ری از نظر زراعت در استان تهران جایگاهی مناسب دارد، ولی بروز نوسان‌های شدید قیمت فروش محصولات زراعی در سال‌های اخیر کشاورزان منطقه را با مشکل نبود ثبات درآمد مواجه کرده و موجب افزایش نوسان درآمد بین کشاورزان شده است. همچنین، نبود ثبات درآمد به سردرگمی کشاورزان منطقه در انتخاب محصول مناسب برای کشت در مزارع این شهرستان انجامیده است. از این‌رو، در مطالعهٔ حاضر، نوسان‌های مربوط به درآمد (مخاطره درآمدی) که خود، نوسان‌های مربوط به قیمت نهاده و محصول و نوسان‌های مربوط به عملکرد را پوشش می‌دهد، به‌عنوان شاخص مخاطره در نظر گرفته شده است.

مطالعات نسبتاً زیادی با استفاده از این مدل‌های برنامه‌ریزی به تحلیل تصمیمات کشاورزان با در نظر گرفتن تأثیر مخاطره پرداخته‌اند. در این مطالعات، از روش‌های مختلف شامل برنامه‌ریزی مخاطره‌ای درجه دو، موتاد، تارگت موتاد، موتاد پیشرفته، مخاطره به‌صورت محدودیت در مدل، مدل فوکوس لاس و... استفاده شده است (۶)؛ همچنین، الگوهای بهینه متفاوتی با درجات مختلف مخاطره با استفاده از مدل‌های مخاطره‌ای ارائه شده و در بسیاری از این موارد، نتایج این الگوها با نتایج حاصل از برنامه‌ریزی خطی (متعارف) مقایسه و بررسی شده است. در پی، برخی از این مطالعات داخلی و خارجی و نیز نتایج آنها بحث و بررسی می‌شود:

ضیا (۲۱) الگوی بهینه کشت محصولات منطقه پنجاب پاکستان را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی (متعارف) و همچنین، با لحاظ درجات مختلف مخاطره با استفاده از مدل مخاطره‌ای تارگت موتاد تعیین کرد. نتایج حاکی از آن بود که بین مخاطره و بازده برنامه‌ای رابطهٔ مثبت وجود دارد؛ و نتایج حاصل از برنامه‌ریزی خطی بیانگر بالاترین حد ممکن مخاطره بود. همچنین، در این مطالعه، مقایسه‌ای بین مدل موتاد و تارگت موتاد انجام شد و نتایج نشان داد که در سطح درآمد مورد انتظار یکسان، مدل تارگت موتاد نسبت به مدل موتاد مخاطره کمتری را ارائه می‌دهد.

یومو (۲۰) به تعیین الگوی بهینهٔ کشت با توجه به مخاطره در مزارع دشت‌های سیلابی در ایالت آکواآیبوم نیجریه پرداخت و با استفاده از مدل تارگت موتاد، برنامه‌های زراعی با درجات مختلف مخاطره را ارائه داد. نتایج حاصل از مدل تارگت موتاد نشان داد که کشاورزان در سطح بهینهٔ تولید عمل نمی‌کنند؛ و مقدار بازده حداکثرشده مربوط به نتایج حاصل از برنامه‌ریزی خطی بود؛ همچنین، ترکیب محصولات نشاسته‌ای، ذرت و کدو کمترین میزان مخاطره و همه ترکیبات سبزیجات دارای بیشترین میزان مخاطره بودند.

اولارینده و همکاران (۱۳) به بررسی الگوی کشت کشاورزان در برخورد با مخاطره در نیجریه با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی و مدل تارگت موتاد پرداختند. نتایج نشان داد که موجودی کشاورزان و حداکثرسازی سود محصولات زراعی ناکارآ بوده و مقدار مخاطره در مزارع بزرگ‌تر بیشتر است. در این بررسی، برنامه‌های زراعی پایدار که مخاطره را کاهش می‌دهد و می‌تواند سود ناخالص را تضمین کند، پیشنهاد شده است.

اوساکی و اوتاویو (۱۴) به بهینه‌یابی الگوی کشت غلات با توجه به مخاطره در منطقه سوریسو برزیل پرداختند. در این مطالعه، با استفاده از مدل مخاطره‌ای موتاد، الگوهای کشت متفاوتی با درجات مختلف مخاطره ارائه و رابطه بین مخاطره و بازده بررسی شد؛ نتایج بیانگر آن بود که بین مخاطره و بازده رابطه مستقیم وجود دارد. همچنین، نتایج نشان داد که الگوی تولید موجود در منطقه برای بهره‌برداران بازده مناسب و مخاطره پایین را به همراه دارد.

اودو و همکاران (۱۹)، با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی و مدل تارگت موتاد، به بهینه‌یابی الگوی کشت محصولات زراعی ایالت آکواآیبوم نیجریه پرداختند. نتایج نشان دادکه سرمایه تنها منبع محدود در منطقه مورد مطالعه است و بازده برنامه‌ای کنونی کشاورزان بهینه نیست. همچنین، این پژوهشگران با استفاده از مدل تارگت موتاد، برنامه‌های زراعی فراوانی با مخاطره پایین‌تر از برنامه‌ریزی خطی ارائه کردند.

کاسوا و همکاران (۱۰)، با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی و مدل مخاطره‌ای موتاد پیشرفته، به تحلیل الگوی بهینه بهره‌برداری تلفیقی محصولات زراعی و باغی با توجه به مخاطره تولید در کشور کنیا پرداختند. آنها ابتدا با استفاده از برنامه‌ریزی خطی، الگوی بهینه کشت محصولات و سپس، با استفاده از مدل موتاد پیشرفته و تغییر ضریب مخاطره‌گریزی، الگوهای متفاوت دیگری را ارائه کردند. نتایج حاکی از آن بود که الگوی برنامه‌ریزی خطی با الگوی برنامه‌ریزی مخاطره‌ای موتاد پیشرفته در سطح ضریب مخاطره‌گریزی صفر برابر بوده و همچنین، مخاطره تولید محصولات بر تصمیم‌گیری کشاورزان منطقه تأثیرگذار است و آنها به دنبال حداقل‌سازی مخاطره‌اند.

فتح‌الرحمن و همکاران (۵)، با استفاده از مدل تارگت موتاد، به تعیین بازده بهینه حاصل از کشت سبزیجات گلخانه‌ای با توجه به مخاطره، محدودیت‌های فنی و زیست‌محیطی در کشور امارات متحده عربی پرداختند. در این مطالعه، پنج الگوی کشت با درجات مختلف مخاطره و مقادیر متفاوت بازده ارائه شد و نتایج بیانگر آن بود که بین مخاطره و بازده برنامه‌ای رابطه مستقیم وجود دارد. در الگوهای ارائه شده با افزایش سطوح مخاطره و بازده برنامه‌ای، مقادیر تولید گوجه فرنگی و فلفل افزایش و مقدار تولید خیار کاهش یافته است.

درخشان و همکاران (۳)، به‌منظور تعیین الگوی بهینه کشت محصولات کشاورزی و باغی در شهرستان نی‌ریز، از الگوهای برنامه ریزی خطی و دو الگوی مخاطره‌ای موتاد و تارگت موتاد استفاده کردند. نتایج الگوی موتاد نشان داد که با افزایش سطح درآمد انتظاری، میزان حداقل‌شدهٔ مخاطره یا تابع هدف افزایش می‌یابد و نتایج الگوی تارگت موتاد نیز بیانگر آن بود که سطح زیر کشت پنبه و هندوانه کاهش یافته و به سمت محصولات با درآمد بالاتر

رفته است؛ این یافته‌ها نشان می‌دهد که تولید محصولات یادشده توأم با مخاطره است. همچنین، در بالاترین مخاطره درآمدی ممکن، نتایج ارائه‌شده از طریق هر سه مدل برابر است.

حسن‌شاهی (۷)، با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی مخاطره‌ای درجهٔ دو، تارگت موتاد و موتاد پیشرفته، حدود شصت الگوی بهینهٔ کشت محصولات زراعی شهرستان ارسنجان را ارائه کرد. نتایج حاکی از آن بود که بین مخاطره و بازده برنامه‌ای رابطه مستقیم وجود دارد؛ همچنین، نتایج مدل‌های مخاطره‌ای درجهٔ دو و تارگت موتاد در بالاترین سطح مخاطره و مدل موتاد پیشرفته در سطح درجه مخاطره‌گریزی صفر برابر با نتایج مدل برنامه‌ریزی خطی است.

اکبری و همکاران (۱)، با استفاده از برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی مخاطره‌ای درجهٔ دو و برنامه‌ریزی مخاطره‌ای موتاد، به تعیین الگوی بهینهٔ کشت محصولات زراعی استان همدان پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که در بالاترین سطح مخاطره، جواب مدل‌های برنامه‌ریزی درجه دوم و موتاد با مدل برنامه‌ریزی خطی یکسان بوده و محصولات گندم آبی، چغندر قند و سیب‌زمینی پرمخاطره‌ترین و آفتابگردان کم‌مخاطره‌ترین محصول استان به‌شمار می‌روند؛ همچنین، گندم دیم به مخاطره واکنشی نشان نداد و محصولی با درجهٔ مخاطره‌پذیری خنثی بود.

حسن‌شاهی (۸)، با تغییراتی در مدل برنامه‌ریزی خطی و با استفاده از روش مدل‌سازی ایجاد گزینه‌ها (MGA)، مدل‌های موتاد و تارگت موتاد، ضمن ارائه الگوهای شبه‌بهینه زراعی شهرستان ارسنجان، به اولویت‌بندی طرح‌های زراعی بر اساس مخاطره آنها پرداخته و نتیجه گرفته است که با کاهش ده درصدی در درآمد از سطح بهینه می‌توان طرح‌های زراعی متفاوت بر اساس مخاطره ارائه داد و همچنین، مدل تارگت موتاد به‌طور نسبی طرح‌های زراعی با مخاطره پایین‌تر را ارائه می‌دهد. علاوه بر این، مدل برنامه‌ریزی خطی در این مطالعه هیچ الگوی زراعی با مخاطره کمتر از مدل تارگت موتاد را ارائه نداد.

تقی‌زاده و همکاران (۱۷)، با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی و مدل تارگت موتاد، به تحلیل الگوی کشت بهینهٔ مزرعه‌ای در دشت دهگلان استان کردستان با توجه به مخاطره و محدودیت آب پرداختند. نتایج بیانگر آن بود که الگوی بهینهٔ کشت حاصل از مدل تارگت موتاد در بالاترین سطح مخاطره برابر با نتایج حاصل از مدل برنامه‌ریزی خطی است.

بهادری و حسینی (۲) الگوی بهینهٔ کشت محصولات زراعی شهرستان نکا را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی (متعارف) و همچنین، با لحاظ درجات مختلف مخاطره، با بهره‌گیری از مدل‌های مخاطره‌ای درجهٔ دوم و موتاد تعیین کردند. نتایج حاصل از برآورد هر دو مدل مخاطره‌ای مؤید آن بود که بین مخاطره و بازده برنامه‌ای مزرعه رابطهٔ مثبت و مستقیم وجود دارد. علاوه بر این، مدل‌های مخاطره‌ای در بالاترین سطح مخاطره ممکن نتایجی مشابه با الگوی بهینهٔ کشت به‌دست آمده از برنامه‌ریزی خطی داشتند. به دیگر سخن، الگوی ارائه‌شده از طریق مدل برنامه‌ریزی خطی در بالاترین حد ممکن مخاطره بود.

بررسی مطالعات پیش‌گفته نشان می‌دهد که مدل‌های مخاطره‌ای برنامه‌های زراعی گوناگون را با درجات مختلف مخاطره ارائه می‌دهند. همچنین، نتایج مطالعات مؤید آن است که بین مخاطره و بازده برنامه‌ای رابطهٔ مثبت وجود دارد و با افزایش مخاطره، بازده برنامه‌ای نیز افزایش می‌یابد. از آنجا که در مدل برنامه‌ریزی خطی (متعارف)، بازده برنامه‌ای حداکثر می‌شود، الگوی ارائه‌شده از طریق این مدل در بالاترین حد ممکن مخاطره و پایین‌ترین درجه مخاطره‌گریزی است. افزون بر این، مدل‌های مخاطره‌ای برنامه‌های کشت با مخاطره کمتر از مدل برنامه‌ریزی خطی ارائه می‌دهند؛ پس، این مدل‌ها حداقل‌کننده مخاطره‌اند و نتایج حاصل از آنها می‌تواند به تصمیم‌گیری کشاورزان کمک کند.

هدف کلی مطالعهٔ حاضر تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی شهرستان ری طی پنج سال زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی (متعارف) و همچنین، با لحاظ درجات مختلف مخاطره با استفاده از مدل‌های مخاطره‌ای موتاد، تارگت موتاد و موتاد پیشرفته است.

مبانی نظری و روش تحقیق

همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، نتایج مدل برنامه‌ریزی خطی (متعارف) در بالاترین حد ممکن مخاطره است و مدل‌های مخاطره‌ای، برنامه‌های کشت با مخاطره کمتر نسبت به مدل

برنامه‌ریزی خطی را ارائه می‌دهند. در مطالعهٔ حاضر، برای به‌دست آوردن برنامه‌های زراعی با حداکثر و حداقل مخاطره و ضریب مخاطره‌گریزی و مقایسهٔ آنها، از برنامه‌ریزی خطی و مدل‌های برنامه‌ریزی مخاطره‌ای موتاد، تارگت موتاد و موتاد پیشرفته استفاده شده است. دلیل انتخاب این سه مدل برنامه‌ریزی مخاطره‌ای وجود پژوهش‌های نظری و علمی فراوان و توانایی امتحان کردن ترکیبات بهینه حاصل از تغییرات در بازده انتظاری، مخاطره و ضریب مخاطره‌گریزی است.

در مطالعهٔ حاضر، محصولات عمده شهرستان ری شامل گندم آبی، جو آبی، ذرت علوفه‌ای، یونجه آبی، سبزیجات و گل کلم بررسی شدند. این محصولات حدود ۹۸ درصد از کل سطح زیر کشت محصولات زراعی منطقه طی پنج سال زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. سطح زیر کشت محصولات زراعی مورد مطالعه شهرستان ری طی پنج سال زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ (واحد: هکتار)

سال زراعی	۱۳۹۰-۱۳۸۹	۱۳۹۱-۱۳۹۰	۱۳۹۲-۱۳۹۱	۱۳۹۳-۱۳۹۲	۱۳۹۴-۱۳۹۳
گندم آبی	۱۲۳۵۸	۹۷۵۰	۱۶۸۲۰/۷	۹۹۳۸/۷	۱۱۴۵۰
ذرت علوفه‌ای	۸۲۳۳/۸	۸۹۰۰	۵۹۵۵/۶	۹۲۷۲/۱	۸۶۵۰
جو آبی	۶۹۵۲/۵	۶۹۵۰	۸۹۰۱/۱	۷۱۰۰	۸۵۰۰
یونجه آبی	۴۱۶۵/۷	۴۴۰۰	۱۳۵۷/۸	۵۳۲۳/۳	۳۵۰۰
سبزیجات	۳۲۰۰	۳۱۴۰	۳۱۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰
گل کلم	۴۰۰	۴۵۰	۵۳۰	۶۲۰	۷۰۰

مأخذ: مدیریت جهادکشاورزی شهرستان ری

برنامه‌ریزی خطی

همان‌گونه که از نام این شیوه پیداست، تمام روابط موجود در مسئله را باید بتوان به‌صورت توابع خطی درآورد. مدل برنامه‌ریزی خطی در حالت حداکثرسازی بدین صورت است:

$$\text{Max} \quad Z=\sum_{j=1}^{n} c_j X_j \qquad (۱)$$

ST.

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq b_i \qquad i=1,2,3,\ldots,m \qquad (۲)$$

$$X_j \geq 0 \qquad j=1,2,3,\ldots,n \qquad (۳)$$

در رابطه (۱)، Z تابع هدف است که سود ناخالص کل را حداکثر می‌کند، c_j ضریب تابع هدف (سود ناخالص پیش‌بینی‌شده برای یک واحد از jامین فعالیت مزرعه) و X_j متغیر تصمیم (سطح jامین فعالیت مزرعه) است.

رابطه (۲) موجودی منابع یا محدودیت فنی را بیان می‌کند. a_{ij} ضرایب فنی (مقدار استفاده هر واحد فعالیت jام از منبع iام)، b_i مقدار در دسترس iامین منبع و m تعداد منابع محدودکننده است.

رابطه (۳) نیز محدودیت غیرمنفی بودن متغیرها را نشان می‌دهد و n تعداد فعالیت‌هاست. تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی در مطالعهٔ حاضر به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Max} \quad Z = \sum_{j=1}^{6} \bar{c}_j X_j \qquad j=1,2,3,\ldots,n \qquad (۴)$$

که در آن، $\bar{c}_j$ میانگین سود ناخالص محصول j طی دورهٔ پنج ساله است. همچنین، محدودیت‌های فنی در مطالعهٔ حاضر عبارت‌اند از: زمین زراعی، منابع آبی، نیروی کار، سموم، کودهای شیمیایی، ماشین‌آلات، و سرمایه.

محدودیت زمین زراعی بیانگر آن است که مجموع اراضی اختصاص‌یافته به فعالیت‌های زراعی نمی‌تواند بیش از کل اراضی زراعی موجود در منطقه باشد. این محدودیت به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{6} X_j \leq TL \qquad (۵)$$

در رابطهٔ (۵)، X_j متغیر تصمیم (سطح زیر کشت محصول jام) وTL کل زمین موجود برای کشت محصولات زراعی در شهرستان ری بر حسب هکتار است. در سمت چپ، محدودیت ضریب هر متغیر تصمیم یک در نظر گرفته می‌شود و سمت راست کل زمین زراعی در دسترس منطقه را نشان می‌دهد.

با استفاده از محدودیت منابع آبی، نیاز آبی محصولات با احتساب بازدهی آبیاری، براساس تقویم زراعی برای ماه‌های مختلف محاسبه و به‌عنوان ضریب فنی وارد مدل شد.

$$\sum_{j=1}^{6} W_{ij} X_j \leq TW_i \qquad \text{for } (i = 1,2,\dots,12) \qquad (۶)$$

W_{ij} مقدار آب مورد نیاز فعالیت jام در ماه iام بر حسب متر مکعب در هکتار و TW_i میزان کل آب موجود در بخش کشاورزی منطقه در ماه iام بر حسب متر مکعب است. مقادیر آب مورد نیاز محصولات با استفاده از نرم‌افزار NETWAT و اطلاعات مربوط به میزان کل آب موجود در بخش کشاورزی از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان ری به‌دست آمده است.

محدودیت نیروی کار برابر است با:

$$\sum_{j=1}^{6} La_{ij} X_j \leq TLa_i \qquad \text{for } (i = 1,2,\dots,12) \qquad (۷)$$

La_{ij} برابر با تعداد نیروی کار مورد نیاز فعالیت jام در ماه iام بر حسب نفر- روز کار در هکتار و TLa_i کل کارگر موجود در بخش کشاورزی در ماه iام است. این محدودیت نیز مانند محدودیت منابع آبی برای تمام ماه‌های سال به‌صورت جداگانه در مدل وارد شد. تعداد نیروی کار مورد نیاز هر فعالیت با پرسشگری از کشاورزان منطقه و محاسبهٔ متوسط آن از طریق اطلاعات جمع‌آوری‌شده به‌عنوان ضرایب فنی بر حسب نفر- روز کار در هکتار برای هر محصول وارد مدل شد. همچنین، اطلاعات مربوط به تعداد کل کارگر موجود در بخش کشاورزی منطقه از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان ری دریافت شده است.

در مطالعهٔ حاضر، سموم به دو دسته علف‌کش و حشره‌کش تقسیم شده‌اند. محدودیت سموم مصرفی برای محصولات زراعی مختلف به‌صورت رابطه زیر در مدل اعمال شد:

$$\sum_{j=1}^{6} S_{sj} X_j \leq TS_s \qquad \text{for } (s = 1,2) \qquad (۸)$$

S_{sj} میزان سم sام مورد نیاز محصول jام در هر هکتار بر حسب لیتر و TS_s کل سم موجود در یک سال زراعی بر حسب لیتر است. مقدار سموم مورد نیاز هر محصول با پرسشگری از کشاورزان منطقه و محاسبه متوسط مصرف سموم توسط بهره‌برداران منطقه بر حسب لیتر در هکتار برای هر محصول به‌دست آمد و به‌عنوان ضریب فنی وارد مدل شد. همچنین، به‌دلیل موجود نبودن اطلاعات مربوط به کل سم توزیعی بین کشاورزان، مدل کالیبره شده و مقادیر کل سموم علف‌کش و حشره‌کش تخمین زده شده است.

در ادامه، کودهای شیمیایی فسفات و اوره در مدل وارد شده است. محدودیت کود شیمیایی مصرفی برای محصولات به‌صورت رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{6} F_{fj} X_j \leq TF_f \qquad \text{for } (f = 1,2) \qquad (۹)$$

F_{fj} بیانگر میزان کود شیمیایی مورد نیاز برای محصول jام در هر هکتار بر حسب کیلوگرم و TF_f میزان کل کود شیمیایی fام موجود در منطقه در یک سال زراعی بر حسب کیلوگرم است. مقدار کودهای مورد نیاز هر محصول با پرسشگری از کشاورزان منطقه و محاسبه میانگین کودهای مصرفی کشاورزان بر حسب کیلوگرم در هکتار برای هر محصول به‌دست آمد و به‌عنوان ضریب فنی وارد مدل شد. همچنین، مقادیر مربوط به کل کودهای توزیعی بین کشاورزان منطقه از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان ری دریافت شده است.

محدودیت ماشین‌آلات به‌صورت رابطه (۱۰) ارائه می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{6} t_{ij} X_j \leq Tt_i \qquad \text{for } (i = 1,2,\dots,12) \qquad (۱۰)$$

که در آن، t_{ij} میزان ساعت کار ماشین‌آلات مورد نیاز فعالیت jام درماه iام برای هر هکتار زمین و Tt_i کل ماشین‌آلات کشاورزی موجود در ماه iام بر حسب ساعت است. اطلاعات جمع‌آوری شده دربارهٔ ماشین‌آلات برای هر مرحله تولید محصول در پرسشنامه بر حسب هزینه بوده و از این‌رو، با استفاده از متوسط هزینه هر ساعت، این هزینه‌ها به واحد ساعت در هکتار تبدیل شده است؛ و با استفاده از تقویم زراعی، زمان مورد نیاز هر عملیات برای ماه‌های مختلف محاسبه

شده و به‌عنوان ضریب فنی وارد مدل شده است. مقدار سمت راست مدت زمان استفاده از ماشین‌آلات بر حسب ساعت است که با داشتن تعداد و نیز متوسط بازدهی کاری هر کدام بر حسب ساعت قابل محاسبه بوده و این اطلاعات هم از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان ری دریافت شده است.

محدودیت سرمایه برای j‌محصول (j=1,2,3,…,n) به‌صورت رابطه (۱۱) بیان می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{6} C_j X_j \leq TC \qquad (۱۱)$$

C_j هزینه متغیر تولید هر محصول در هکتار و TC کل سرمایه موجود است.

سمت چپ این محدودیت نشان‌دهندهٔ این است که کشت هر هکتار از محصولات مختلف به چه مقدار سرمایه نیاز دارد که بدین منظور، هزینه‌های متغیر هر کدام از محصولات در این قسمت لحاظ شده است. سمت راست این محدودیت نیز کل سرمایه نقدی در دسترس بهره‌برداران را نشان می‌دهد (۳). هزینه‌های متغیر هر محصول با استفاده از متوسط مقادیر حاصل از پرسشنامه‌های هزینه تولید تکمیل‌شده از کشاورزان محاسبه شده و به‌عنوان ضرایب فنی محدودیت سرمایه وارد مدل شد. از آنجا که نمی‌توان کل سرمایه این بخش را برآورد کرد، مدل کالیبره و سرمایه مورد نیاز تخمین زده شده است.

مدل‌های مخاطره‌ای

مدل‌های برنامه‌ریزی مخاطره‌ای، مخاطره را در پارامترهای مدل نشان می‌دهند. ملاحظات مخاطره‌ای معمولاً با این فرض لحاظ شده‌اند که پارامترهای مخاطره‌ای با حتمیت شناخته شده و بیشتر به‌صورت توزیع احتمال معرفی می‌شوند. معمولاً بخشی از کار مدل‌سازی یافتن چنین توزیع احتمالی است که به حد کافی به توزیع واقعی نزدیک است و ارزیابی پاسخ کشاورزان بدین پارامتر مخاطره‌ای به‌شمار می‌رود. در مدل‌های برنامه‌ریزی مخاطره‌ای، مخاطره در ضرایب تابع هدف، ضرایب فنی و ضرایب سمت راست به‌طور جداگانه یا با هم وارد می‌شود.

برنامه‌ریزی مخاطره‌ای درجه دوم بر این اساس قرار دارد که تابع مطلوبیت را می‌توان بر مبنای میانگین یا ارزش انتظاری (E) و واریانس (V) بیان کرد. در این مدل، مخاطره از طریق واریانس درآمد رویدادهای گوناگون تخمین زده می‌شود. تابع مطلوبیت مجموعه‌ای از ارزش انتظاری و واریانس متغیر تصادفی است. از این‌رو، این مدل E-V نامیده می‌شود (۱۵). در کل، توزیع درآمد یک برنامه مزرعه از طریق توزیع کل سود ناخالص تعیین می‌شود. بدین ترتیب، واریانس کل سود ناخالص (و بنابراین، درآمد مزرعه) یا همان مخاطره در برنامه‌ریزی مخاطره‌ای درجه دو برابر است با:

$$V=\sum_j \sum_k X_j X_k \sigma_{jk} \qquad (۱۲)$$

X_j و X_k سطح j و kامین فعالیت مزرعه را نشان داده و σ_{jk} کوواریانس سود ناخالص بین jامین و kامین فعالیت است (وقتی که $j=k$ باشد، σ_{jk} واریانس خواهد بود).

هیزل استفاده از تخمین‌های واریانس را بر اساس میانگین مطلق انحراف (MAD) نمونه پیشنهاد کرد. اگر اطلاعات نمونه و روش‌های کلاسیک برای تخمین واریانس‌ها و کوواریانس‌های نمونه مورد استفاده قرار گرفته باشند، واریانس تخمین درآمد در مدل برنامه‌ریزی درجه دو به‌صورت رابطه (۱۳) درمی‌آید:

$$\hat{V} = \sum_j \sum_k X_j X_k \left[\left(\frac{1}{T} - 1\right) \sum_{t=1}^{T} [c_{jt} - \bar{c}_j][c_{kt} - \bar{c}_k]\right] \qquad (۱۳)$$

در این رابطه، $t=1,\ldots,T$ بیانگر T مشاهده نمونه و c_{jt} سود ناخالص jامین فعالیت در tامین سال بوده، که میانگین سود ناخالص نمونه معادل $\bar{c}_j$ است.

با جمع کردن بر حسب t و فاکتورگیری، واریانس تخمین برابر خواهد بود با:

$$\hat{V} = (1/T - 1) \sum_t [\sum_j c_{jt} X_j - \sum_j \bar{c}_{jt} X_j]^2 = (1/T - 1) \sum_t [Y_t - \bar{Y}]^2 \qquad (۱۴)$$

یعنی، واریانس درآمد مزرعه برای یک برنامه خاص تولیدی را می‌توان به‌صورت یک شکل جمع‌سازی‌شده از واریانس و کوواریانس‌های هر فعالیت یا به‌صورتی ساده‌تر از طریق محاسبه درآمد مزرعه (Y_t) متناظر با هر مشاهده در مورد سود ناخالص فعالیت‌ها و تخمین واریانس

متغیر تصادفی منفرد به‌دست آورد. چنین تغییر شکلی این امکان را پدید می‌آورد که تخمین‌زنندهٔ MAD واریانس Y مورد استفاده قرار گیرد. تخمین‌زنندهٔ MAD عبارت است از:

$$\tilde{V}=F\left\{(1/T)\sum_t\left|\sum_j c_{jt}X_j-\sum_j \bar{c}_j X_j\right|\right\}^2=F\{(1/T)\sum_t|Y_t-\bar{Y}|\}^2 \qquad (۱۵)$$

که در آن، عبارتی که در کروشه قرار گرفته MAD نمونه و F ضریبی ثابت است که MAD نمونه را با واریانس جامعه مرتبط می‌کند. به‌طور مشخص، رابطهٔ $F=\frac{T\pi}{2(T-1)}$ برقرار است که در آن، π یک ضریب ریاضی ثابت است.

نکته قابل توجه در مورد تخمین‌زنندهٔ MAD این است که اگر در یک مدل برنامه‌ریزی درجه دو، در تابع هدف به‌جای حداقل کردن واریانس رابطه بالا جانشین شود، آنگاه یک مدل برنامه‌ریزی خطی می‌تواند حاصل شود.

انحراف درآمد مزرعه از میانگین آن در سال t در صورتی که مثبت باشد، با Z_t^+ و در صورتی که منفی باشد، با Z_t^- نشان داده می‌شود (۹):

$$Z_t^+-Z_t^-=\sum_j c_{jt}X_j-\sum_j \bar{c}_j X_j \qquad (۱۶)$$

Z_t^+ و Z_t^- هر دو غیرمنفی بوده و بنابراین، مقدار مطلق انحراف در درآمد را از میانگین اندازه می‌گیرند. همچنین، در هر سال، فقط یکی از آنها می‌تواند بزرگ‌تر از صفر باشد، چراکه در یک زمان، انحراف نمی‌تواند هم مثبت و هم منفی باشد.

$$\sum_t\left(Z_t^++Z_t^-\right) \qquad (۱۷)$$

این رابطه مجموع ارزش‌های مطلق انحراف در درآمد را برای یک برنامه مزرعه اندازه می‌گیرد؛ بنابراین، تخمین‌زنندهٔ MAD واریانس برابر می‌شود با:

$$\tilde{V}=F\left\{(1/T)\sum_t\left[Z_t^++Z_t^-\right]\right\}^2 \qquad (۱۸)$$

از آنجا که $\frac{F}{T^2}$ عددی ثابت برای یک برنامه مزرعه معین است، می‌توان $\frac{F}{T^2}$ را بر $\tilde{V}$ تقسیم کرد تا رابطه زیر حاصل شود:

$$W=\left(T^2/F\right)\tilde{V}=\left\{\sum_t\left[Z_t^++Z_t^-\right]\right\}^2 \qquad (۱۹)$$

همچنین، از آنجا که درجه‌بندی برنامه‌های مزرعه بر اساس $W^{\frac{1}{2}}$ است، برای درجه‌بندی برنامه‌های مزرعه بر اساس W، می‌توان ریشه دوم W را محاسبه کرد. در آن صورت، مدل برنامه‌ریزی خطی زیر را به‌جای مدل برنامه‌ریزی درجه دو می‌توان نوشت (۹):

$$\text{Min} \quad W^{\frac{1}{2}} = \sum_{t=1}^{T} (Z_t^+ + Z_t^-) \qquad (۲۰)$$

S.t.

$$\sum_{j=1}^{n} (c_{jt} - \bar{c}_j) X_j - Z_t^+ + Z_t^- = 0 \qquad \forall t \qquad (۲۱)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \bar{c}_j X_j = E \qquad (۲۲)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq b_i \qquad \forall i \qquad (۲۳)$$

$$X_j, Z_t^+, Z_t^- \geq 0 \qquad \forall j,t \qquad (۲۴)$$

این مدل می‌تواند برای به‌دست آوردن مجموعه کارآی E-V از برنامه‌های زراعی از طریق برنامه‌ریزی خطی پارامتریک حل شود. در رابطه (۲۱)، انحراف از میانگین بازده فعالیت‌ها در هر سال به‌صورت محدودیت در مدل وارد می‌شود. در رابطه (۲۲)، E کل بازده انتظاری مدیر مزرعه از اجرای الگوی کشت را نشان می‌دهد. همچنین، a_{ij} ضریب فنی و b_i میزان نهاده در دسترس منبع iام است. اکنون با تغییر درآمد انتظاری کل می‌توان به الگوهای گوناگون دست یافت.

مدل موتاد را به‌صورت فشرده نیز می‌توان نوشت. از آنجا که باید مجموع منفی انحرافات درآمد از میانگین $\sum_t Z_t^-$ همیشه برابر با مجموع مثبت انحرافات درآمد از میانگین $\sum_t Z_t^+$ باشد، کافی است که یکی از این دو مجموع را حداقل کرده و برای به‌دست آوردن $W^{\frac{1}{2}}$ نتیجه را در عدد دو ضرب کرد. در اینجا، انحرافات منفی انتخاب شده و مدل موتاد فشرده با توجه به انحرافات منفی به‌صورت زیر است (۱۵):

$$\text{Min} \quad 0.5\, W^{\frac{1}{2}} = \sum_{t=1}^{T} Z_t^- \qquad (۲۵)$$

$$\sum_{j=1}^{n} (c_{jt} - \bar{c}_j) X_j - Z_t^+ + Z_t^- = 0 \qquad \forall t \qquad (۲۶)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \bar{c}_j X_j = E \qquad (۲۷)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq b_i \qquad \forall i \qquad (۲۸)$$

$$X_j, Z_t^- \geq 0 \qquad (۲۹)$$

مدل تارگت موتاد حالتی از برنامه‌ریزی ریاضی است که مخاطره را وارد تصمیم‌گیری‌های مربوط به برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های مزرعه کرده، مجموعه‌ای از برنامه‌های متعدد را ارائه می‌کند (۷). در مدل تارگت موتاد، بازده‌ها به‌صورت مجموع بازده‌های انتظاری فعالیت‌ها ضرب در سطح فعالیت آنها اندازه‌گیری می‌شود. مخاطره نیز به‌صورت مجموع انتظاری انحرافات منفی از جواب نتایج حاصل از یک سطح درآمد هدف اندازه‌گیری می‌شود. مخاطره به‌صورت پارامتریک تغییر می‌کند و بدین طریق، مرز کارآی مخاطره بازده شکل می‌گیرد. به لحاظ ریاضی، مدل تارگت موتاد بدین صورت است (۱۸):

$$\text{Max} \quad E(Z) = \sum_{j=1}^{n} \bar{c}_j X_j \qquad (۳۰)$$

ST.

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq b_i \qquad \text{for } (i=1,2,3,\ldots,m) \text{ and } (j=1,2,3,\ldots,n) \qquad (۳۱)$$

$$T - \sum_{j=1}^{n} c_{rj} X_j - Y_r \leq 0 \qquad \text{for } r = ۱,۲,۳,\ldots,s \qquad (۳۲)$$

$$\sum_{r=1}^{s} p_r Y_r = \lambda \qquad \lambda = M \rightarrow 0 \qquad (۳۳)$$

$$X_j, Y_r \geq 0 \qquad (۳۴)$$

در این روابط، $E(Z)$ بازده انتظاری برنامه، $\bar{c}_j$ سود ناخالص مورد انتظار برای هر واحد از محصول (بازده انتظاری فعالیت j)، X_j متغیر تصمیم (سطح jامین فعالیت مزرعه)، a_{ij} ضریب فنی (مقدار استفاده هر واحد فعالیت jام از منبع iام)، b_i مقدار در دسترس iامین منبع، m تعداد منابع محدودکننده، n تعداد فعالیت‌ها، T سطح بازده هدف، c_{rj} سود ناخالص فعالیت jام در سال r، Y_r انحرافات منفی از میانگین سود ناخالص برای هر سال، s تعداد سال‌ها، p_r احتمال وقوع برای سال rام، λ پارامتر ثابت مخاطره که از صفر تا یک، مقدار بزرگ تغییر می‌کند، و M یک عدد بزرگ است. در این مدل، رابطه (۳۰) بازده انتظاری محصولات را حداکثر و رابطه (۳۱)

محدودیت منابع را در مدل لحاظ می‌کند. رابطه (۳۲) بازده طرح را در وضعیت یا سال r مشخص می‌کند. اگر این بازده کمتر از T هدف باشد، این اختلاف از طریق متغیر Y_r به رابطه (۳۳) منتقل می‌شود. رابطه (۳۳) نیز مجموع انحرافات از میانگین را بعد از وزن‌دهی، بر اساس احتمال وقوع آنها (p) اندازه‌گیری می‌کند. تعداد سال‌های مورد بررسی در مطالعهٔ حاضر پنج سال است، که سال‌های زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ را دربرمی‌گیرد ($\bar{c}_j = \frac{\sum c_{rj}}{5}$ و $p_r = \frac{1}{5}$).

در مدل موتاد پیشرفته، هزینه‌های مخاطره (به‌صورت تابعی از ضریب مخاطره) از مجموع سود ناخالص یا بازده کسر می‌شود. شکل کلی مدل موتاد پیشرفته به‌صورت زیر است(۷):

$$\text{Max} \quad Z=\sum_{j=1}^{n} \bar{c}_j X_j - \theta\sigma \qquad (۳۵)$$

ST.

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}X_j \leq b_i \qquad \text{for } (i=1,2,3,\dots,m) \text{ and } (j=1,2,3,\dots,n) \qquad (۳۶)$$

$$\sum_{j=1}^{n}(c_{jt} - \bar{c}_j)X_j + Z_t^- \geq 0 \qquad \forall t \qquad (۳۷)$$

$$\sum Z_t^- - \text{TND} = 0 \qquad (۳۸)$$

$$\Psi.\,\text{TND} - \sigma = 0 \qquad (۳۹)$$

که در آن، متغیرهای $\bar{c}_j$، c_{jt}، Z_t^-، a_{ij} و b_i مانند قبل تعریف می‌شوند. σ یک تقریب از انحراف معیار درآمد، TND انحرافات منفی کل از میانگین بازده (سود)، θ ضریب مخاطره‌گریزی، Ψ تبدیل منسوب به فیشر، که TNDرا به تقریبی از انحراف معیار تبدیل می‌کند، i تعداد منابع تولید مورد استفاده و t تعداد سال‌های مورد مطالعه است.

در این مدل، بازده مورد انتظار منهای هزینه‌های مخاطره (ضریب مخاطره‌گریزی ضرب در تقریبی از انحراف معیار بازده) حداکثر می‌شود (۷).

با توجه به روابط (۳۸) و (۳۹):

$$\Psi.\,\text{TND} = \sigma \qquad (۴۰)$$

$$\sum Z_t^- = \text{TND} \qquad (۴۱)$$

$$\sigma = \Psi \sum Z_t^- \qquad (۴۲)$$

با جایگزین کردن رابطهٔ (۴۲) در رابطه (۳۵)، مدل بیان‌شده به‌صورت زیر تغییر خواهد کرد:

$$\text{Max} \quad Z=\sum_{j=1}^{n} \bar{c}_j X_j - \theta\Psi \sum Z_t^- \qquad (۴۳)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}X_j \leq b_i \qquad \text{for } (i=1,2,3,\dots,m) \text{ and } (j=1,2,3,\dots,n) \qquad (۴۴)$$

$$\sum_{j=1}^{n}(c_{jt} - \bar{c}_j)X_j + Z_t^- \geq 0 \qquad \forall t \qquad (۴۵)$$

$$\sum Z_t^- - TND = 0 \qquad (۴۶)$$

$$X_j . Z_t^- \geq 0 \qquad (۴۷)$$

از آنجاکه T=5 و مقدار $\Psi = \left(\frac{2\pi}{T(T-1)}\right)^{\frac{1}{2}}$ است، در نتیجه، در مطالعهٔ حاضر، $\Psi = \left(\frac{\pi}{10}\right)^{\frac{1}{2}}$ است. همچنین، مقدار θ مشابه مطالعات داخل و خارج کشور بین ۰ تا ۲/۲ منظور شده است.

جامعه آماری مورد مطالعه کل کشاورزان شهرستان ری بود که به فعالیت زراعی مشغول بودند. با توجه به خصوصیات جامعه آماری مورد مطالعه و نیاز تحقیق، برای انتخاب نمونه، از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. بر این اساس، حجم نمونه از روابط زیر محاسبه شد:

$$n=\frac{N\sigma^2}{(N-1)D+\sigma^2} \qquad (۴۸)$$

$$D=\frac{B^2}{4} \qquad (۴۹)$$

در این روابط، n تعداد نمونه، N تعداد کشاورزان شهرستان، σ^2 واریانس صفت (سود ناخالص محصولات مورد بررسی) و B کران خطای برآورد است. تعداد کل افراد جامعه آماری برابر با ۲۶۷۴ نفر بود که با استفاده از روابط (۴۸) و (۴۹)، حجم نمونه برابر با ۱۴۹ نفر تعیین شد.

برای برآورد مدل‌های برنامه‌ریزی خطی، موتاد، تارگت موتاد و موتاد پیشرفته، از برنامهٔ LINGO 14.0 استفاده شده است.

نتایج و بحث

نتایج مدل برنامه‌ریزی خطی

با توجه به هدف حداکثرسازی سود ناخالص محصولات زراعی و همچنین، محدودیت‌های فنی لحاظ‌شده در مدل، الگوی بهینه کشت محصولات زراعی شهرستان ری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی (متعارف) به‌دست آمده که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. مقایسه سطح زیر کشت فعلی و بهینه محصولات زراعی شهرستان ری

محصول	سطح فعلی (هکتار)	سطح بهینه (هکتار)	مقدار تغییرات (هکتار)	درصد تغییرات
گندم آبی	۱۱۴۵۰	۱۷۵۲۴/۶۸	۶۰۷۴/۶۸	۵۳/۰۳
ذرت علوفه‌ای	۸۶۵۰	۷۹۷۸/۷۶	-۶۷۱/۲۴	-۸
جو آبی	۸۵۰۰	۰	-۸۵۰۰	-۱۰۰
یونجه آبی	۳۵۰۰	۲۷۰۰/۵۱	-۷۹۹/۴۹	-۲۲/۸۴
انواع سبزی	۳۰۰۰	۵۰۴۸/۸۰	۲۰۴۸/۸۰	۶۸
گل کلم	۷۰۰	۷۴۷/۲۰	۴۷/۲۰	۶/۷۴
مجموع	۳۸۵۰۰	۳۳۹۹۹/۹۵	-۱۸۰۰/۰۴	-۵/۰۳
بازده برنامه‌ای (میلیون ریال)	۴۱۳۱۱۱/۴۰	۴۴۰۷۴۵/۹۰	۲۷۶۳۴/۵۰	۶/۶۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج بیانگر آن است که با توجه به محدودیت‌های پیش روی کشت در سودآورترین برنامهٔ زراعی، سطح زیر کشت محصولات گندم آبی و گل کلم در حالت بهینه نسبت به حالت فعلی به‌ترتیب ۵۳/۰۳ و ۶/۷۴ درصد افزایش یافته است. همچنین، سبزیجات در حالت بهینه‌یابی نسبت به حالت فعلی ۶۸ درصد افزایش در سطح زیر کشت داشته و بیشترین افزایش سطح زیر کشت مربوط به سبزیجات است. محصولات یونجه آبی و ذرت علوفه‌ای پس از بهینه‌یابی با کاهش سطح زیر کشت مواجه شده‌اند. سطح زیر کشت یونجه آبی ۲۲/۸۴ درصد و ذرت علوفه‌ای ۸ درصد کاهش یافته است. همچنین، بیشترین کاهش سطح زیر کشت مربوط به محصول جو آبی بوده که به‌طور کامل، از مدل بهینه حذف شده است. علاوه بر این، در مدل

بهینه، ۵/۰۳ درصد از زمین زیر کشت نرفته است، ولی با وجود این، مقدار بازده برنامه‌ای با اجرای الگوی بهینه ۶/۶۹ درصد نسبت به الگوی فعلی افزایش یافته است.

یکی از نتایج مهمی که از حل مدل برنامه‌ریزی خطی به‌دست می‌آید، مفهومی با عنوان «قیمت سایه‌ای» است. قیمت سایه‌ای برای یک محدودیت بیانگر تغییرات مقدار تابع هدف به ازای افزایش یک واحد به مقدار سمت راست آن محدودیت است (۱۶). در مطالعهٔ حاضر، نتایج مؤید آن است که مهم‌ترین محدودیت‌ها در بخش زراعت شهرستان ری محدودیت آب و سرمایه بوده و این محدودیت‌ها نقشی بسیار مهم در نحوه تعیین سطح زیر کشت محصولات در این شهرستان دارند، زیرا با حل مدل برنامه‌ریزی خطی، قیمت سایه‌ای محدودیت آب مربوط به ماه‌های خرداد و آذر به‌ترتیب ۲/۳۸ و ۳/۷۵ هزار ریال و همچنین، محدودیت سرمایه ۱۸۹/۸۸ هزار ریال به‌دست آمد. برای نمونه، به ازای افزایش یک متر مکعب آب به مقدار سمت راست محدودیت آب در خرداد ماه، مقدار تابع هدف ۰/۲۳۸ افزایش می‌یابد و در مورد سایر محدودیت‌ها نیز به همین صورت تفسیر انجام می‌شود. همچنین، در مطالعهٔ حاضر، قیمت سایه‌ای سایر محدودیت‌ها برابر با صفر به‌دست آمد، که نشان‌دهندهٔ عدم تأثیر تغییرات در این محدودیت‌ها در میزان سود بخش زراعت این شهرستان با توجه به شرایط و قیود موجود است.

نتیجه مهم دیگری که از حل مدل برنامه‌ریزی خطی به‌دست می‌آید، مفهومی با عنوان «هزینه فرصت» است. هزینه فرصت به بالاترین عایدی‌ای گفته می‌شود که بر اثر تولید کالایی خاص به میزان معین، از دست رفته باشد. به بیان دیگر، هزینه فرصت یک تصمیم، ارزش مربوط به بهترین انتخاب است که بر اثر این تصمیم‌گیری از دست رفته است (۱۱). با حل مدل برنامه‌ریزی خطی، هزینه فرصت برای محصول جو آبی ۹۳۰۴۷۲ ریال و برای سایر محصولات برابر با صفر به‌دست آمد. می‌توان نتیجه گرفت که در صورت کشت یک هکتار از محصول جو آبی در چارچوب الگوی بهینه کشت، بخش زراعی شهرستان به اندازه ۹۳۰۴۷۲ ریال سود از دست می‌دهد.

بنابراین، نتایج برنامه‌ریزی خطی در مطالعهٔ حاضر نشان می‌دهد که استفاده کنونی از منابع بهینه نبوده و امکان افزایش بازده برنامه‌ای در مدل وجود دارد. در ارتباط با فعالیت‌های

زراعی، با توجه به یافته‌های تحقیق، با تخصیص مجدد منابع، امکان افزایش سود تا ۶/۶۹ درصد وجود دارد.

نتایج مدل‌های مخاطره‌ای

در مدل موتاد، با تغییر پارامتر بازده انتظاری (E)، الگویی بهینه در سطح مشخصی از مخاطره به‌دست می‌آید. در مطالعهٔ حاضر، الگوی بهینه کشت با استفاده از مدل مخاطره‌ای موتاد در هشت سطح بازده انتظاری به‌دست آمده، که نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. نتایج مدل موتاد

الگوی ارائه شده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
بازده انتظاری (میلیون‌ریال)	۳۸۰۰۰۰	۳۹۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰	۴۱۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰	۴۳۰۰۰۰	۴۴۰۰۰۰	۴۴۰۷۴۵/۹۰
گندم آبی (هکتار)	۰	۵۵۱۲/۴۸	۱۱۱۸۲/۴۳	۱۲۶۷۸/۱۶	۱۴۱۷۳/۹۰	۱۵۶۶۹/۶۳	۱۷۱۶۵/۳۷	۱۷۵۲۴/۶۸
ذرت علوفه‌ای (هکتار)	۶۶۷۵/۴۷	۶۶۷۵/۴۷	۶۷۲۰/۷۰	۷۰۱۷/۳۹	۷۳۱۴/۰۹	۷۶۱۰/۷۹	۷۹۰۷/۴۸	۷۹۷۸/۷۶
جو آبی (هکتار)	۱۰۰۵۴/۴۷	۵۴۴۱/۹۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
یونجه آبی (هکتار)	۰	۰	۹۳/۷۰	۷۰۸/۴۸	۱۳۲۳/۲۶	۱۹۳۸/۰۴	۲۵۵۲/۸۲	۲۷۰۰/۵۱
انواع سبزی (هکتار)	۸۲۴۱/۶۴	۸۲۴۱/۶۴	۸۱۳۰/۸۵	۷۴۰۳/۹۹	۶۶۷۷/۱۳	۵۹۵۰/۲۷	۵۲۲۳/۴۱	۵۰۴۸/۸۰
گل کلم (هکتار)	۰	۰	۲۸/۵۳	۲۱۵/۶۹	۴۰۲/۸۶	۵۹۰/۰۳	۷۷۷/۱۹	۷۴۷/۲۰
مجموع انحرافات (میلیون‌ریال)	۳۱۶۸۲۰	۳۳۸۷۳۲	۳۶۱۴۳۲	۳۸۴۳۲۶	۴۰۷۲۲۲	۴۳۰۱۱۷	۴۵۳۰۱۲	۴۵۷۰۸۴
مخاطره (میلیون‌ریال)	۶۳۳۶۴	۶۷۷۴۷	۷۲۲۸۶	۷۶۸۶۵	۸۱۴۴۴	۸۶۰۲۳	۹۰۶۰۲	۹۱۴۱۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

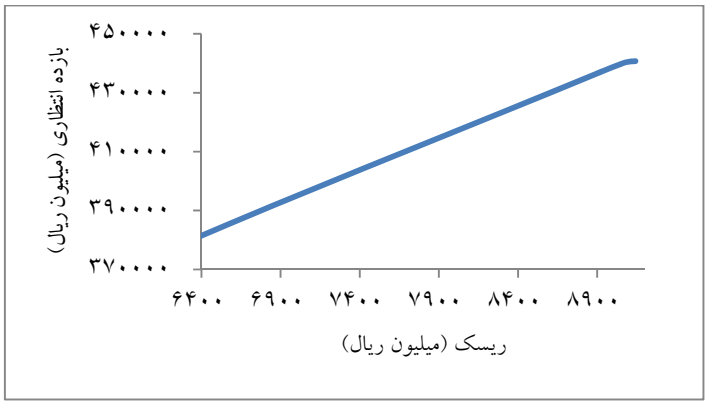
همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، هشت الگوی بهینه کشت با تغییر بازده انتظاری ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که با افزایش بازده انتظاری، مجموع انحرافات از بازده هدف و به‌دنبال آن، میانگین انحرافات از بازده هدف (مخاطره) نیز افزایش می‌یابد. نتایج آخرین الگو در بالاترین سطح مخاطره همان نتایج حاصل از برنامه‌ریزی خطی و بازده مورد هدف برابر با مقدار حداکثرسازی‌شدهٔ سود با استفاده از برنامه‌ریزی خطی (متعارف) است و در سطح بالاتر بازده انتظاری، مدل قابل حل نخواهد بود. این موضوع بیانگر آن است که مدل برنامه‌ریزی خطی بالاترین مخاطره ممکن را در جواب‌های خود لحاظ می‌کند و دارای انعطاف لازم نیست.

براساس جدول ۳، در سطح مخاطره ۶۳۳۶۴ میلیون ریال الگوی کشت محصولات زراعی شهرستان ری می‌تواند شامل محصولات ذرت علوفه‌ای، جو آبی و سبزیجات باشد و با افزایش مخاطره و رسیدن آن به سطح ۶۷۷۴۷ میلیون ریال محصول گندم آبی وارد مدل می‌شود. از سطح مخاطره ۷۲۲۸۶ میلیون ریال تا بالاترین سطح ممکن مخاطره که برابر با ۹۱۴۱۷ میلیون ریال است، محصول جو آبی از مدل حذف می‌شود و جای خود را به محصولات گل کلم و یونجه آبی می‌دهد. همچنین، نتایج حاصل از مدل موتاد مؤید آن است که با افزایش مخاطره، سطح زیر کشت محصولات گندم آبی، ذرت علوفه‌ای و یونجه آبی رو به افزایش و سطح زیر کشت محصولات جو آبی و سبزیجات رو به کاهش خواهد گذاشت. سطح زیر کشت محصول گل کلم نیز با افزایش مخاطره تا ۹۰۶۰۲ میلیون ریال افزایش یافته و پس از آن، در بالاترین سطح مخاطره کاهش می‌یابد.

اگر محصولی با افزایش مخاطره سطح زیر کشت آن کاهش یابد، بدین معنی است که کشاورزان از کشت این محصول در شرایط مخاطره گریزانند. از این‌رو، تنها کشاورزان مخاطره‌پذیر در شرایط مخاطره به کشت این محصولات اقدام خواهند کرد که از سایر محصولات پرمخاطره‌ترند. با توجه به این موضوع، می‌توان گفت که به‌طور کلی، محصولات

جو آبی و سبزیجات پرمخاطره‌ترین و محصولات گندم آبی، ذرت علوفه‌ای و یونجه آبی کم‌مخاطره‌ترین محصولات زراعی شهرستان ری به‌شمار می‌روند.

مرز کارآیی مخاطره و بازده که از مدل موتاد به‌دست آمده است، در نمودار ۱ مشاهده می‌شود.



نمودار ۱. مرز کارآیی مخاطره و بازده با استفاده از مدل موتاد

با توجه به نتایج بیان شده و نمودار (۱)، با افزایش مخاطره یا میانگین انحرافات از بازده هدف، بازده طرح (E) تا رسیدن به حداکثر بازده برنامه‌ای حاصل از برنامه‌ریزی خطی افزایش یافته و بین مخاطره و بازده طرح رابطهٔ مثبت وجود دارد.

در مدل تارگت موتاد، با در نظر گرفتن یک مقدار بازده هدف (T) و همچنین تغییر در مقدار انحرافات منفی انتظاری از بازده هدف (مخاطره)، طرح‌های بهینه گوناگونی در سطوح مختلف بازده برنامه‌ای به دست می‌آید. با توجه به اینکه در مدل تارگت موتاد بازده هدف را می‌توان به طور دلخواه در نظر گرفت، در این مطالعه دستیابی به بازده هدف ۴۳۰۰۰۰ میلیون ریال، در هشت سطح مختلف مخاطره مورد بررسی قرار گرفت. در جدول (۴)، نتایج حاصل از مدل تارگت موتاد ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج مدل تارگت موتاد به ازای T=۴۳۰۰۰۰ (میلیون ریال)

مخاطره (میلیون‌ریال)	۴۱۲۵۷۰	۴۱۲۸۰۰	۴۱۳۰۰۰	۴۱۳۳۰۰	۴۱۳۷۰۰	۴۱۴۰۰۰	۴۱۴۱۰۱	۴۱۴۳۰۰
گندم آبی (هکتار)	۱۷۲۰۴/۶۲	۱۷۲۵۲/۶۹	۱۷۲۹۴/۴۹	۱۷۳۵۷/۱۹	۱۷۴۴۰/۷۹	۱۷۵۰۳/۴۹	۱۷۵۲۴/۶۸	۱۷۵۲۴/۶۸
ذرت علوفه‌ای (هکتار)	۷۹۱۵/۲۷	۷۹۲۴/۸۱	۷۹۳۳/۱۰	۷۹۴۵/۵۴	۷۹۶۲/۱۲	۷۹۷۴/۵۶	۷۹۷۸/۷۶	۷۹۷۸/۷۶
جو آبی (هکتار)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
یونجه آبی (هکتار)	۲۵۶۸/۹۶	۲۵۸۸/۷۲	۲۶۰۵/۹۰	۲۶۳۱/۶۷	۲۶۶۶/۰۳	۲۶۹۱/۸۰	۲۷۰۰/۵۱	۲۷۰۰/۵۱
انواع سبزی (هکتار)	۵۲۰۴/۳۴	۵۱۸۰/۹۸	۵۱۶۰/۶۷	۵۱۳۰/۲۰	۵۰۸۹/۵۷	۵۰۵۹/۱۰	۵۰۴۸/۸۰	۵۰۴۸/۸۰
گل کلم (هکتار)	۷۸۲	۷۷۶/۷۷	۷۷۲/۲۳	۷۶۵/۴۱	۷۵۶/۳۲	۷۴۹/۵۰	۷۴۷/۲۰	۷۴۷/۲۰
مجموع انحرافات (میلیون‌ریال)	۲۰۶۲۸۵۰	۲۰۶۴۰۰۰	۲۰۶۵۰۰۰	۲۰۶۶۵۰۰	۲۰۶۸۵۰۰	۲۰۷۰۰۰۰	۲۰۷۰۵۰۷	۲۰۷۱۵۰۰
بازده برنامه‌ای (میلیون ریال)	۴۴۰۲۶۰/۱۰	۴۴۰۳۳۳/۱۰	۴۴۰۳۹۶/۵۰	۴۴۰۴۹۱/۷۰	۴۴۰۶۱۸/۶۰	۴۴۰۷۱۳/۷۰	۴۴۰۷۴۵/۹۰	۴۴۰۷۴۵/۹۰

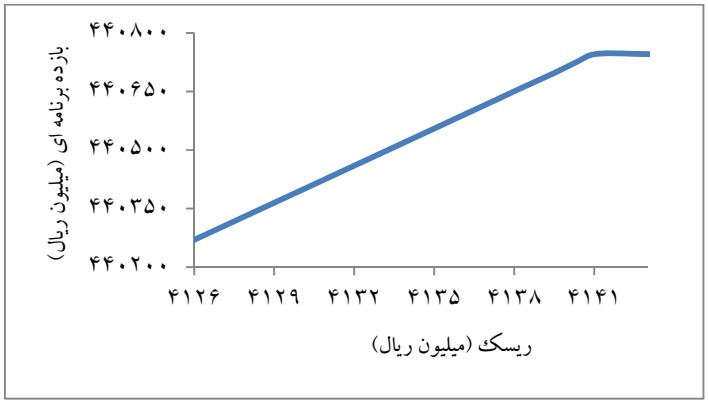
مأخذ: یافته‌های پژوهش

در جدول ۴، با افزایش مخاطره (λ) در یک مقدار بازده هدف (T) ثابت، بازده برنامه‌ای (E) و مجموع انحرافات منفی مطلق $\left(\sum_{r=1}^{s} Y_r\right)$ افزایش می‌یابد و تا λ مرزی این حالت ادامه پیدا می‌کند. اما در سطح مخاطره بالاتر (با افزایش λ)، میزان انحرافات مطلق افزایش می‌یابد، ولی بازده برنامه‌ای و نتایج مدل تغییری نمی‌کنند. این همان جواب برنامه‌ریزی خطی (متعارف) است که حداکثر بازده برنامه‌ای در آن برابر با ۴۴۰۷۴۵/۹۰ میلیون ریال بوده و حداکثر مخاطره را برای کشاورز به همراه دارد.

با توجه به جدول ۴، با افزایش مخاطره سطح زیر کشت محصولات گندم آبی، ذرت علوفه‌ای و یونجه آبی افزایش می‌یابد و این محصولات از سایر محصولات کم‌مخاطره‌ترند. سطح زیر کشت محصولات گل کلم و سبزیجات با افزایش مخاطره، کاهش می‌یابد و

محصولاتی پرمخاطره‌تر از سایر محصولات به‌شمار می‌روند. همچنین، در تمام سطوح مخاطره، محصول پر مخاطره جو آبی وارد الگو نمی‌شود و این در حالی است که سطح زیر کشت فعلی این محصول در شهرستان ری ۸۵۰۰ هکتار است.

مرز کارآیی مخاطره و بازده که از حل مدل تارگت موتاد به‌دست آمده، به‌صورت نمودار ۲ نمایش داده شده است.



نمودار ۲. مرز کارآیی مخاطره و بازده با استفاده از مدل تارگت موتاد

همان‌گونه که نمودار ۲ نشان می‌دهد، با افزایش میزان مخاطره بازده طرح تا رسیدن به حداکثر بازده برنامه‌ای حاصل از برنامه‌ریزی خطی افزایش می‌یابد و پس از آن، دیگر تغییری پیدا نمی‌کند. نتایج حاکی از آن است که بین مقدار مخاطره و بازده برنامه‌ای طرح رابطهٔ مثبت وجود دارد. در بالاترین سطح مخاطره، به ازای هر واحد افزایش در آن، بازده برنامه‌ای بدون تغییر می‌ماند و نتایج مدل با مدل برنامه‌ریزی خطی برابر می‌شود.

در مدل موتاد پیشرفته با تغییر ضریب مخاطره‌گریزی در محدوده مشخص، الگوهای زراعی متفاوتی ارائه می‌شود. همچنین، مقدار مخاطره در این مدل برابر با σ در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از مدل موتاد پیشرفته در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵. نتایج مدل موتاد پیشرفته

ضریب مخاطره‌گریزی	۰	۰/۵	۱/۶	۲/۲
بازده برنامه‌ای (میلیون ریال)	۴۴۰۷۴۵/۹۰	۴۴۰۲۵۹/۴۰	۳۸۱۴۱۴/۴۰	۳۷۹۰۶۴/۴۰
گندم آبی (هکتار)	۱۷۵۲۴/۶۸	۱۷۲۰۴/۱۶	۰	۰
ذرت علوفه ای (هکتار)	۷۹۷۸/۷۶	۷۹۱۵/۱۸	۶۶۷۵/۴۷	۶۶۷۵/۴۷
جو آبی (هکتار)	۰	۰	۱۰۹۵۴/۴۵	۹۴۵۹/۱۵
یونجه آبی (هکتار)	۲۷۰۰/۵۱	۲۵۶۸/۷۷	۰	۰
انواع سبزی (هکتار)	۵۰۴۸/۸۰	۵۲۰۴/۵۶	۸۲۴۱/۶۴	۸۲۴۱/۶۴
گل کلم (هکتار)	۷۴۷/۲۰	۷۸۲/۰۵	۰	۰
مجموع انحرافات (میلیون ریال)	۲۲۸۵۴۲۵	۲۲۶۸۰۲۷	۱۵۹۶۳۶۸	۱۵۷۵۹۸۵
مخاطره (میلیون ریال)	۱۲۸۰۵۲۴	۱۲۷۰۷۷۵	۸۹۴۴۴۵	۸۸۳۰۲۴

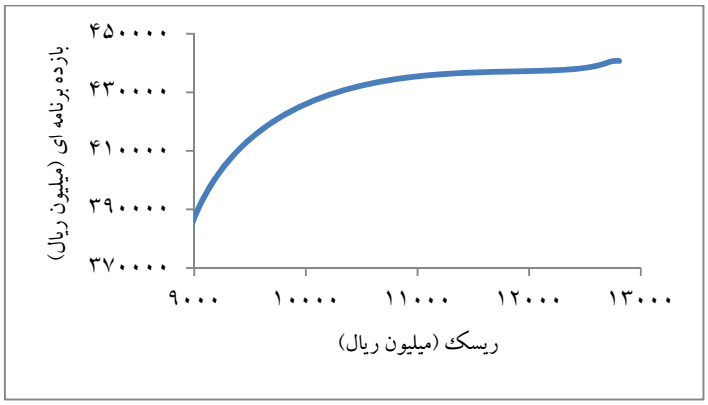
مأخذ: یافته‌های پژوهش

در جدول ۵، چهار الگوی بهینه کشت با تغییر ضریب مخاطره‌گریزی ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که با افزایش ضریب مخاطره‌گریزی، بازده برنامه‌ای و مخاطره کاهش می‌یابند. همچنین، در سطح ضریب مخاطره‌گریزی صفر (بالاترین سطح مخاطره)، نتایج الگو همان نتایج حاصل از برنامه‌ریزی خطی (متعارف) است و بازده برنامه‌ای برابر با مقدار حداکثرسازی‌شدهٔ سود با استفاده از برنامه‌ریزی خطی است.

با توجه به جدول ۵، با افزایش ضریب مخاطره‌گریزی و کاهش مخاطره، سطح زیر کشت محصولات گندم آبی، ذرت علوفه‌ای و یونجه آبی کاهش می‌یابد و این محصولات از سایر محصولات کم‌مخاطره‌ترند. سطح زیر کشت سبزیجات نیز در سطوح پایین مخاطره افزایش می‌یابد و این محصول پرمخاطره است. همچنین، محصول جو آبی در سطوح بالای مخاطره از مدل حذف شده و محصولی با مخاطره بالا به‌شمار می‌رود. محصول گل کلم نیز در سطوح مخاطره پایین وارد مدل نشده است، ولی در سطح مخاطره ۱۲۷۰۷/۷۵ و درجه مخاطره‌گریزی ۰/۵ وارد مدل شده و در بالاترین سطح مخاطره، سطح زیر کشت آن دوباره

کاهش یافته است. نتایج بیانگر آن است که روند تغییرات سطح زیر کشت گل کلم در سطوح مختلف مخاطره در مدل موتاد پیشرفته شبیه مدل موتاد است.

مرز کارآیی مخاطره و بازده که از حل مدل موتاد پیشرفته به‌دست آمده، به‌صورت نمودار ۳ نمایش داده شده است.



نمودار ۳. مرز کارآیی مخاطره و بازده با استفاده از مدل موتاد پیشرفته

با توجه به نتایج پیش‌گفته و نمودار ۳، با کاهش ضریب مخاطره‌گریزی و افزایش مخاطره، بازده طرح تا رسیدن به حداکثر بازده برنامه‌ای حاصل از برنامه‌ریزی خطی (ضریب مخاطره‌گریزی صفر) افزایش می‌یابد و بین مخاطره و بازده طرح رابطهٔ مثبت وجود دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج برنامه‌ریزی خطی در مطالعهٔ حاضر نشان می‌دهد که استفاده کنونی از منابع بهینه نیست و امکان افزایش بازده برنامه‌ای تا ۶/۶۹ درصد در مدل وجود دارد. همچنین، با وارد کردن مخاطره در بهینه‌یابی الگوی کشت منطقه، این نتیجه به‌دست آمد که بین درآمد کشاورزان و مخاطره رابطه مثبت وجود دارد. مدل‌های مخاطره‌ای در بالاترین سطح مخاطره ممکن و نیز درجه مخاطره‌گریزی صفر نتایجی مشابه با الگوی بهینه کشت به‌دست آمده از

برنامه‌ریزی خطی (متعارف) دارند. به عبارت دیگر، الگوی ارائه‌شده از طریق مدل برنامه‌ریزی خطی در بالاترین حد ممکن از مخاطره است. از آنجا که مدل‌های مخاطره‌ای موتاد، تارگت موتاد و موتاد پیشرفته برنامه‌های کشت با مخاطره کمتری را نسبت به مدل برنامه‌ریزی خطی ارائه می‌دهند، حداقل‌کنندهٔ مخاطره محسوب می‌شوند و نتایج حاصل از آنها می‌تواند به تصمیم‌گیری کشاورزان کمک کند. این نتایج با مطالعات ضیا (۲۱)، اولارینـد و همکاران (۱۳)، اودو و همکاران (۱۹)، کاسوا و همکاران (۱۰)، اکبری و همکاران (۱)، درخشان و همکاران(۳)، حسن‌شاهی (۷)، تقی‌زاده و همکاران (۱۷) و بهادری و حسینی (۲) مطابقت دارد. همچنین، با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مخاطره و کاهش ضریب مخاطره‌گریزی، سطح زیر کشت محصولات گندم آبی، ذرت علوفه‌ای و یونجه آبی در مدل‌های موتاد، تارگت موتاد و موتاد پیشرفته به‌طور منظم افزایش می‌یابد و این محصولات کم‌مخاطره‌تر از سایر محصولات به‌شمار می‌روند. همچنین، با افزایش مخاطره، سطح زیر کشت سبزیجات در هر سه مدل مخاطره‌ای کاهش می‌یابد و پرمخاطره محسوب می‌شود. نتایج حاصل از مدل موتاد، تارگت موتاد و موتاد پیشرفته نیز بیانگر آن است که محصول جو آبی نیز پرمخاطره است. در مدل موتاد و موتاد پیشرفته، سطح زیر کشت محصول گل کلم تا افزایش سطحی از مخاطره، افزایش و پس از آن، در سطوح مخاطره بالاتر، کاهش می‌یابد؛ ولی در مدل تارگت موتاد، سطح زیر کشت آن به‌طور منظم کاهش می‌یابد، بیانگر آنکه این محصول پرمخاطره است. در مطالعات یومو (۲۰)، درخشان و همکاران (۳) و اکبری و همکاران (۱)، محصولات پرمخاطره و کم‌مخاطره به همین شکل از هم تفکیک شده‌اند. همچنین، با مقایسهٔ نتایج حاصل از مدل موتاد و تارگت موتاد در مطالعهٔ حاضر مشاهده می‌شود که مدل تارگت موتاد الگوهای زراعی با مخاطره پایین‌تر را نسبت به مدل موتاد ارائه می‌دهد و این نتیجه با مطالعهٔ ضیا (۲۱) و حسن‌شاهی(۸) مطابقت دارد.

با توجه به نتایج تحقیق، پیشنهادهای زیر را می‌توان ارائه کرد:

۱. فعالیت ترویجی و تشویق کشاورزان منطقه به اقدامات کاهنده خطر مانند بیمهٔ محصولات زراعی به‌ویژه محصولات با مخاطره بالاتر مانند جو آبی، سبزیجات و گل کلم؛
۲. مرتب‌سازی برنامه‌های زراعی حاصل از مدل‌های حداقل‌کنندهٔ مخاطره بر اساس توزیع درآمد کشاورزان و کمک به تصمیم‌گیری آنها با استفاده از نتایج آن؛ و
۳. گسترش حمایت‌های دولت در راستای کاهش مخاطره کشاورزان از جمله گسترش سیاست قیمت تضمینی.

منابع

1. Akbari, N., Zahedi Keyvan, M. and Zahedi Keyvan, M. (2009). Risk determination of cultivated crops in Hamadan province using mathematical programming with attention to risk and uncertainty conditions. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 16(64): 63-82. (Persian)
2. Bahadori, M. and Hosseini, S.T. (2018). Optimization of cropping pattern due to risk in Neka County. 11th Biennial Conference on Iranian Agricultural Economy, Karaj. Iranian Agricultural Economics Society, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. (Persian)
3. Derakhshan, M., Mohammadi, H. and Shirzadi Jahromi, M.H. (2007). Determining optimal pattern of integrated production of agricultural and horticultural crops with emphasis on production risk in Fars province. *Agroecology Journal*, 3(3): 23-36. (Persian)
4. Eshraghi, F., Kheiri, N. and Hassanpoor, E. (2015). Application of Monte Carlo simulation in evaluating agricultural production risk (case study: Gorgan County). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 46(2): 375-383. (Persian)
5. Fathelrahman, E., Gheblawi, M., Muhammad, S., Dunn, E., Ascough, J.C. and Green, T.R. (2017). Optimum returns from greenhouse vegetables under water quality and risk constraints in the UAE. *Sustainability,* 9(5): 1-11.

6. Hassan-Shahi, M. (2006). Farming decision making under risk conditions: a case study of Arsanjan County. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 14(54): 161-178. (Persian)
7. Hassan-Shahi, M. (2008). The optimum pattern of growing crops in risky conditions (application of Target-Motad, Advanced Motad, Linear Grade 2 planning models): a case study in Arsanjan, Fars. *Journal of Economic Research*, 43(1): 71-84. (Persian)
8. Hassan-Shahi, M. (2010). Economic priority of crop patterns in Shiraz (MGA, Motad and Target-Motad methods). *Journal of Economic Studies*, 1(1): 33-44. (Persian)
9. Hazell, P.B.R. and Norton, R.D. (1986). Mathematical programming for economic analysis in Agriculture. New York: MacMillan.
10. Kaseva, D.M., Mulwa, R.M. and Irungu, P. (2017). Analysis of optimal agroforestry enterprise mix under production risk in Mbooni West district, Kenya. *African Journal of Agricultural Economics and Rural Development,* 5(1): 525-531.
11. Mehregan, M.R. (2005). Opration research (linear programming and its applications). Tehran: Academic Book Publication. (Persian)
12. Mohammadi, H. and Torkamani, J. (2001). Application of the goal programming and Target Motad combination model in corn producers technology adoption: a case study in Fars province. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 9(33): 205-233. (Persian)
13. Olarinde, L.O., Manyong, V.M. and Okoruwa, V.O. (2008). Analyzing optimum and alternative farm plans for risk averse grain crop farmers in Kaduna State, Northern Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(1): 28-35.
14. Osaki, M. and Otavio, M. (2014). Optimization model of agricultural production system in grain farms under risk, in Sorriso, Brazil. *Agricultural Systems*, 127: 178-188.
15. Sabouhi, M. (2012). Application of mathematical programming in agricultural economics with a focus on using the Excel software. The University of Zabol and Noor-e Elm Publications. (Persian)
16. Soltani, Gh., Zibaei, M. and Kehkha, A.A. (1999). Application of mathematical programming in agriculture. Tehran: Agricultural Research, Education and Extension Organization Publications. (Persian)
17. Taghizadeh, S., Navid, H., Fellegari, R. and Fakheri Fard, A. (2013). 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). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(1): 71-84. (Persian)

18. Taur, L.W. (1983). Target MOTAD. *American Journal of Agricultural Economics*, 65(3): 606-610.
19. Udo, U.J., Onyenweaku, C.E., Igwe, K.C. and Salimonu, K.K. (2015). Formulating optimal farm plans with child farm labour reduction for arable crop farmers in Akwa Ibom State, Nigeria: an application of Linear Programming and T-Motad models. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics and Sociology*, 7(1): 1-13.
20. Umoh, G.S. (2008). Programming risks in wetlands farming: evidence from Nigerian floodplains. *Journal of Human Ecology*, 24(2): 85-92.
21. Zia, S.M. (1997). A trade-off between expected returns and risk among farmers of rice-wheat zone of Punjab, Pakistan. *Journal of Economic Cooperation among Islamic Countries*, 18(4):155-170.