



بررسی الگوی کشت و قیمت سایه‌ای آب مجازی با استفاده از مدل موتاد- با هدف سناریوی میانگین مصرف (مورد مطالعه: منطقه میانکاله)

آتنا عطایی^۱

زهرا عابدی^۲✉

معصومه شجاعی^۳

مصطفی پناهی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۷

چکیده

زمینه و هدف: هدف از پژوهش حاضر بررسی الگوی کشت و قیمت سایه‌ای آب مجازی با استفاده از مدل موتاد- با هدف سناریوی میانگین مصرف می‌باشد.

روش: این مطالعه یک تحقیق کاربردی بود. جامعه آماری تحقیق حاضر منطقه میانکاله می‌باشد. پنج محصول که سطح زیر کشت بالاتری در این منطقه را به خود اختصاص داده‌اند به عنوان محصولات انتخابی در نظر گرفته شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد در حالی که با افزایش انحرافات انتظاری از درآمد هدف، سطح زیر کشت بهینه سویا و ذرت علوفه‌ای کاهش یافته است، سطح زیر کشت بهینه ذرت دانه‌ای، شالی و کلزا افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری: با توجه به وجود ارزش سایه‌ای برای زمین در اکثر سناریوها می‌توان زمین را به عنوان محدودکننده-ترین عامل تولید در نظر گرفت. نهاده نیروی کار (فصل تابستان) در حالات اول تا سوم معنی همین میزان افزایش بازده ناخالص مزرعه به ازای یک نفر-روز کار افزایش در میزان نیروی کار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، قیمت سایه‌ای، آب مجازی، مدل موتاد- با هدف، میانگین مصرف.

طبقه بندی JEL: Q56, Q15, Q25

۱. گروه مدیریت محیط‌زیست - اقتصاد محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران. 0068574606@iaui.ac.ir

۲. گروه مدیریت محیط‌زیست - اقتصاد محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران. (نویسنده مسئول). Z.abedi123@iaui.ac.ir

۳. گروه مدیریت محیط‌زیست - اقتصاد محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران. shojaee.75@gmail.com

۴. گروه مدیریت محیط‌زیست - اقتصاد محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران. m.panahi@iaui.ac.ir



۱- مقدمه

در سرتاسر جهان منابع آب شیرین طی دهه‌های گذشته، به دلیل تغییرات آب و هوایی، افزایش جمعیت و توسعه فعالیت‌های اقتصادی و در نتیجه آن‌ها افزایش تقاضا در آب، کمیاب‌تر شده‌اند. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ تقریباً ۳/۵ میلیارد نفر در دنیا در معرض بحران آب قرار خواهند داشت. از این میان کمتر از ۱/۲ میلیارد نفر به آب سالم دسترسی خواهند داشت. همچنین تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۴.۵ میلیارد نفر در معرض صدمات و زیان‌های ناشی از کمبود و آلودگی منابع آب قرار خواهند داشت. این شرایط رقابت در زمینه‌ی منابع آب جهانی را افزایش داده و بهره‌برداری از منابع آب به چالشی اساسی بدل خواهد شد. لذا برنامه‌ریزی منابع آب جایگاه خود را در روابط سیاسی، اقتصادی و اجتماعی حاکم بر ملت‌ها و دولت‌ها خواهد یافت. شرایط جدید منابع و مصارف آب شیوه‌های نو در برنامه‌ریزی منابع آب را طلب می‌کند. در این راستا مفاهیم و شاخص‌های متعددی توسعه‌یافته یا در حال توسعه است که از جمله‌ی آن می‌توان به آب مجازی اشاره کرد. آب مجازی مفهومی جدید در مدیریت منابع آب است، درواقع مفهوم آب مجازی نگرشی جدید به مصارف غیرمستقیم و پنهان آب در چرخه‌ی تولید و ارائه‌ی خدمات به نسل بشر است. این مفهوم نخستین بار در سال ۱۹۹۳ توسط آلن^۱ مطرح شد.

ایران به‌عنوان کشوری با آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک بخش قابل‌توجهی از منابع آب خود را در بخش کشاورزی به کار می‌گیرد. این سهم، بخش کشاورزی را به‌عنوان مصرف‌کننده عمده آب مطرح می‌سازد. رشد سریع جمعیت مهم‌ترین عامل کاهش سرانه آب تجدیدشونده کشور در قرن گذشته بوده است. جمعیت ایران در طی این هشت دهه، از حدود ۸ میلیون نفر در سال ۱۳۰۰ به ۷۸ میلیون نفر تا پایان سال ۱۳۹۲ رسیده است (نظمی، ۲۰۱۵). بر این اساس میزان سرانه آب تجدیدپذیر سالانه کشور از میزان حدود ۱۳۰۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۰۰ به حدود ۱۴۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۹۲ تقلیل یافته و در صورت ادامه این روند، وضعیت در آینده به‌مراتب بدتر خواهد شد. منابع آب تجدید پذیر کل ایران به ۸۰ میلیارد مترمکعب بالغ می‌گردد (شیرزادی، ۲۰۱۷).

بخش کشاورزی در ایران و جهان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب می‌باشد اما برخلاف میانگین جهانی که نشانگر تخصیص ۷۰ درصد از کل منابع آب مصرفی به بخش کشاورزی است در ایران و باوجود قرار گرفتن کشور در منطقه‌ای خشک این نسبت ۹۳ درصد است. اگر بخواهیم میزان هدررفت آب در مرحله آبیاری محصولات کشاورزی را به دست آوریم عدد ۸۲ میلیارد مترمکعب را در عدد ۰/۶۵ ضرب کرده که حاصل عددی بزرگ‌تر از ۵۳ میلیارد مترمکعب می‌باشد. زمانی عمق بحران را بهتر درک خواهیم کرد که بدانیم این عدد معادل ۱۰۰ برابر ذخیره آب یک سد معمولی آن‌هم در زمانی که از آب پر است می‌باشد (خامتی^۲، ۲۰۱۷).

مسائل ناظر بر تجارت و محیط‌زیست خصلت چندبعدی و پیچیده‌ای دارند. صرف‌نظر از آنکه مسائل زیست‌محیطی مشکلات متعددی را برای استفاده از منابع طبیعی یک کشور مطرح می‌سازند، می‌توان گفت که مسائل فوق‌الذکر بر هزینه‌های تولید، الگوی تجارت، مکان‌یابی فعالیت‌های صنعتی و سرانجام منافع حاصل از تجارت اثرگذار خواهند بود. از دهه ۱۹۷۰ به بعد، این واقعیت از اهمیت فراوانی در حوزه‌های تجارت بین‌الملل

¹ J.A Allen² Khemti

برخوردار شد؛ زیرا بسیاری از کشورهای صنعتی در این راستا برنامه‌های کنترلی مهمی را برای بهبود شرایط زیست‌محیطی خود آغاز کردند. همچنین طی این دوره جهانی شدن اقتصاد به مثابه یک سیاست توسعه‌ای رواج یافت. اثرات زیست‌محیطی اقدامات به عمل آمده در زمینه سیاست‌های تجاری نگرانی‌هایی را نیز به همراه داشته است که برخی از آن‌ها در کنفرانس سازمان ملل در استکهلم درباره توسعه و تجارت مطرح گردید. توجه به این نگرانی‌ها ناشی از توجه به این واقعیت است که جهانی شدن اقتصاد اثرات مثبت و منفی بر روی کیفیت محیط زیست داشته است. این نگرانی‌های زیست‌محیطی در توافق‌نامه‌های تجاری از جمله توافق‌نامه عمومی تعرفه و تجارت و توافق‌نامه تجارت آزاد در آمریکا شمالی مطرح شده‌اند. طرفداران حفاظت از محیط زیست و هواداران تجارت آزاد به طور یکسان توجه خود را معطوف به چنین مسائلی نموده‌اند. برای بررسی این نگرانی‌ها، باید پیوندهای پیچیده موجود میان تجارت بین‌الملل و کیفیت محیط زیست مشخص گردد. در بسیاری مطالعات حوزه محیط زیست از متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به عنوان جانشینی برای بیان اثر تجارت بر محیط زیست استفاده شده است (امین رشتی ۱۳۹۱).

همچنین رقابت در مسائل تجاری باعث شده کشورهای استانداردهای متفاوتی را جهت زیست‌محیطی اتخاذ نمایند. این کشورها اصولاً استانداردهای زیست‌محیطی پایینی دارند و از جهت قوانین و ضوابط زیست‌محیطی چسبیده به پایین هستند و چیزی ندارند که آن‌ها را کاهش دهند (پورتر، ۱۹۹۹).

با نگاهی نظام‌مند به بخش کشاورزی لزوم استفاده از روش‌های نوین و کارای برنامه‌ریزی، به گونه‌ای که بتوان کلیه عوامل مشابه و متضاد اثرگذار بر سیاست‌های بخش و آثار مختلف اقتصادی و غیراقتصادی آن را در مدل‌های مجزا برای زیر بخش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار داد، مشخص می‌شود. یکی از مهم‌ترین منابع هدر رفت ذخایر آبی در زمینه تولیدات زیربخش‌های کشاورزی به‌ویژه در زیربخش زراعت مرتبط با انتخاب و تعیین الگوهای نامتناسب تولید و استفاده از روش‌های مدیریت سنتی در این حوزه است؛ عبارت بالا از منظر علم اقتصاد زمانی به وقوع می‌پیوندد که بهره‌وری ناشی از تولید و عملکرد مدیران واحدهای زراعی در سطح مزارع تحت اختیار آنان دارای تفاوت فراوانی از بیشینه تولید و عملکرد قابل استحصال آن‌ها باشد و محدودیت‌های مرتبط با میزان مصرف آب در الگوهای برنامه‌ریزی آنان اعمال نگردد (ناصری، ۲۰۱۷). لذا، توجه بیش‌ازپیش به روش‌های بهینه برنامه‌ریزی در مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی به‌ویژه در زیربخش زراعت نیازمند مراجعه به منابع و روش‌های نوین تحقیقاتی مرتبط و انجام مطالعات موردی است. بهره‌گیری از روش‌های بهینه‌سازی تولید یکی از مؤثرترین روش‌های علمی در زمینه انجام مدیریت و برنامه‌ریزی در حوزه تولیدات بخش کشاورزی به شمار می‌رود که علاوه بر تعیین و برآورد اهداف اقتصادی، زمینه پرداخت مناسب و هم‌زمان به اولویت‌های مربوط به بهره‌وری مصرف آب برای مدیران واحدهای کشاورزی را فراهم می‌نماید. در این رابطه، استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی به روش ریاضی یکی از گسترده‌ترین روش‌های کارای موجود در زمینه بهینه‌سازی‌های مورد نیاز برنامه ریزان محسوب می‌شود (آدسینا و اتارا^۱، ۲۰۱۶). الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی از دیرباز مورد توجه مدیران و پژوهشگران و به‌ویژه اقتصاددانان در حوزه

¹ Adsina, & Otara

تصمیم‌سازی‌های مرتبط با زیربخش‌های مختلف بخش کشاورزی و به‌صورت خاص در مورد زیربخش زراعت قرار داشته است. با توجه به قرارگیری محدودیت‌های متعدد و بعضاً متقابل و متضاد در موعد انجام برنامه‌ریزی‌های زیربخش زراعت، استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی چند معیاره که توسط چارنز و کوپر^۱ ابداع شد، به‌منظور تسهیل بهره‌وری و دستیابی هدفمند به اهداف متنوع اقتصادی و غیراقتصادی همچون اهداف سودافزایی و توجه به جنبه‌های بهره‌وری بیشتر از منابع آبی تولیدات این بخش از سوی پژوهشگران بسیار مورد توصیه و تأکید قرار داشته است.

با گذشت زمان و بسط تئوری‌های اقتصادی کشورهای جهان به‌واسطه عدم تکافوی منابع داخلی تمایل شدیدی به جذب سرمایه‌های خارجی پیدا کرده‌اند. از دهه ۱۹۷۰ رشد سرمایه‌گذاری کالاهایی مزیت نسبی بالاتری داشتند افزایش یافت و این میزان دو برابر رشد تجارت کالاها و خدمات بوده است (غفاری، ۲۰۱۳). سرمایه‌گذاری بعنوان یکی از مهمترین عوامل رشد و توسعه اقتصادی هر کشور به شمار می‌رود. از میان زمینه‌های سرمایه‌گذاری در بخش‌های مختلف اقتصادی، سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی از اهمیت و جایگاه خاصی برخوردار است (قربانی و همکاران، ۱۴۰۰).

بنابراین، در زمینه تدوین الگوهای بهینه تولید در مزارع کشاورزی با در نظر قرار دادن اهداف مرتبط با بهره‌وری و راندمان مصرف آب، تاکنون مطالعات متعددی در داخل و خارج از کشور انجام شده است که در بسیاری از آن‌ها با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی چند معیاره نتایج قابل‌توجهی گزارش شده است. نورزاد و مرادی (۱۳۹۷) با به‌کارگیری روش برنامه‌ریزی خطی به تعیین آب‌بها و تخصیص آب در اراضی زیر سد درودزن فارس و تعیین قیمت سایه‌ای پرداخت و به این نتیجه رسید که بازده نهایی آب در منطقه بسیار بالاتر از آب‌بهای دریافتی و هزینه تولید و توزیع آب بوده و تغییر الگوی کشت و افزایش بازده آبیاری، درآمد کشاورز را می‌افزاید. این محقق در مطالعه‌ای دیگر نرخ‌گذاری و بازپرداخت هزینه را دارای هدف‌های مختلفی ازجمله استفاده کارآمد از آب، تقویت بنیه مالی بخش آب، توزیع درآمد و ایجاد انگیزه برای کشاورزان می‌داند. وی همچنین افزایش منافع کشاورزان در نتیجه مصرف آب مطمئن را عاملی در تعیین حد بالای آب‌بها و مالیات بر درآمد می‌داند و به‌منظور افزایش کارایی سیستم قیمت‌گذاری و تخصیص آب، دخالت کشاورزان در تعیین مقدار آب تخصیصی خود در قیمت‌های مختلف و مبادله آب تخصیصی میان همدیگر را لازم می‌داند.

تهامیپور و همکاران (۱۳۹۴) الگوی تجارت آب مجازی استان گیلان را موردبررسی قرار دادند. برای این منظور از جدول داده- ستانده گسترش‌یافته استفاده نمودند. نتایج نشان داد که استان گیلان به ترتیب با خالص صادرات ۲۱۲ و ۸۱۱ میلیون مترمکعب آب در سطح کل فعالیت‌های اقتصادی و بخش کشاورزی صادرکننده خالص آب مجازی می‌باشد و در بخش صنعت واردکننده خالص آب مجازی است.

حسنشاهی (۱۳۸۷) در مقاله خود با عنوان الگوی بهینه (اقتصادی) محصولات زراعی در شرایط وجود ریسک کاربرد مدل‌های موتاد هدف، موتاد پیشرفته، برنامه‌ریزی خطی و درجه‌دو، الگوی بهینه کشت محصولات برای

¹ Charnes and Cooper

شهرستان ارسنجان را با مدل هدف-موتاد تعیین کرده و سپس نتایج را با نتایج حاصل از مدل‌های موتادپیشرفته، برنامه‌ریزی خطی و درجه‌دو مقایسه کرد. نتایج حاکی از این بود که بین ریسک و بازده رابطه مستقیم وجود دارد. همچنین با افزایش ریسک سطح زیر کشت گندم و گوجه‌فرنگی افزایش و ذرت کاهش می‌یابد.

نصیری (۲۰۱۷)، زید^۱ (۲۰۲۰) در زمینه قیمت‌گذاری آب در کشاورزی آبی معتقد است که قیمت‌گذاری آب با توجه به دیدگاه‌های مختلف در مورد آب (که یک نیاز انسانی، یک ضرورت مالی، یک ضرورت اجتماعی و یکی از منابع طبیعی راهبردی و دارای ارزش اقتصادی و مالی است) بسیار مشکل است. او بر این باور است که اگر هزینه‌های تصفیه، تنظیم، تعمیر و نگهداری و جایگزینی تسهیلات سیستم آب از طریق مصرف‌کنندگان مستقیم آب تأمین نشود، انگیزه‌های برای حفاظت از منابع آبی و استفاده منطقی از آب وجود نخواهد داشت. درنهایت او چنین نتیجه‌گیری می‌کند که سازوکار قیمت‌گذاری آب به‌گونه‌ای است که تأثیر معنی‌داری در کارایی آبیاری ندارد و این وضعیت می‌تواند استفاده بیش‌ازحد آب را تشویق کند و منجر به کاهش کارایی استفاده از آب گردد. آنوروا^۲ (۲۰۱۹) قیمت‌گذاری آب در ترکیه را موردبررسی قرار دادند. آن‌ها در مطالعه خود با ارائه این تصویر که مدیریت تقاضا و اصلاحات بخش آب ترکیبی از مدیریت شاخص‌های اقتصادی و غیراقتصادی (شامل انتقال مدیریت آب از انحصارات دولتی به اتحادیه‌های مصرف‌کنندگان آب، تشویق مشارکت بخش خصوصی، توسعه بازارهای آب و معرفی حقوق آب قابل‌مبادله به‌منظور قیمت‌گذاری آب برای پایداری مدیریت تقاضای آب) می‌باشد، هدف نهایی از اصلاحات بخش آب را تشویق تلاش‌های حفاظت آب، کارایی استفاده از آب و حداقل کردن ضایعات آب و برابری و بهبود دسترسی به منابع آبی و اطمینان از پایداری بلندمدت سیستم‌های آبیاری و برنامه عرضه آب آشامیدنی در مناطق شهری و روستایی معرفی می‌نماید. وایستر^۳ (۲۰۱۹) در مورد قیمت‌گذاری آب آبیاری در کشورهای درحال توسعه بیان می‌دارد که قوانین آب در بیشتر کشورهای درحال توسعه بر نقش قیمت آب و دریافت آن از بهره‌برداران جهت جبران هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری و احتمالاً قسمتی از هزینه‌های سرمایه‌ای پروژه استوار است. آن‌ها نشان می‌دهند که استفاده‌کنندگان از آب فقط ۲۹ درصد از هزینه‌های کل را می‌پردازند و هدف‌های مهم نظام قیمت‌گذاری، برابری در توزیع آب و ایجاد کارایی در آبیاری است. ایسولویچ و گوتمان^۴ (۲۰۱۶) در مطالعه خود تحت عنوان مدلی برای بهینه‌سازی قیمت و استفاده آب مجازی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیان می‌کنند که کمیابی آب نخستین مسئله برای مصارف مختلف می‌باشد و همچنین اظهار دارند که قیمت آب می‌تواند به‌عنوان ابزاری در جهت تخصیص رضایت‌بخش بشمار رود، ایشان در این تحقیق مدلی را جهت تخصیص آب به مناطق مختلف شهری، کشاورزی در نظر گرفته‌اند. در این مدل محصولاتی انتخاب می‌شوند که علاوه بر افزایش سطح آبیاری، سود ممکن را نیز حداکثر نمایند.

با افزایش کمیابی آب در ایران مفهوم آب مجازی به یک موضوع مهم در مطالعات مدیریت منابع آب تبدیل شده است. تجارت جهانی کالاها یک جریان بین‌المللی از آب مجازی را به وجود می‌آورد. کشورهایی کم آب

¹ Zeyd

² Anrova

³ Vayster

⁴ Eeslovich & Gutman

می‌توانند با واردات محصولات آب بر نظیر مواد غذایی، آبی را که برای تولیدان نیاز است در بخش‌های دیگر مصرف کنند. هدف از پژوهش حاضر بررسی الگوی کشت و قیمت سایه‌ای آب مجازی با استفاده از مدل موتاد- با هدف سناریوی میانگین مصرف می‌باشد.

۱-۱- سازوکارهای قیمت‌گذاری و بازار آب در ایران

استفاده از سازوکارهای اقتصادی و بازار محور، از مؤلفه‌های مهمی است که می‌تواند برای بهبود و ارتقای حکمرانی آب، در همه کشورهای جهان به کار گرفته شود؛ مانند اعطای انواع یارانه‌های هدف‌دار، اخذ مالیات و عوارض و قیمت‌گذاری و ایجاد یا تقویت سازوکارهای بازار رقابتی. تجربه نشان داده است که استفاده صحیح از این تدابیر، می‌تواند تأثیرهای درخور توجهی در تغییر و اصلاح رفتارهای کنشگران در مسیر تحقق هدف‌های برنامه‌ای داشته باشد. آب در سطح خانوار، مزرعه، بازرگانی و صنایع، نقش زیادی ایفا می‌کند. صرف‌نظر از اینکه آب به‌عنوان نهاده برای تولید یا مصرف در خانه در نظر گرفته شود، رگه‌هایی از ملاحظات اقتصادی همراه آن است. ارزش آب در مصارف مختلف بسیار متفاوت است. ضمن آنکه ارزش آب در هر نوع مصرفی با توجه به موقعیت مکانی، فصل و شرایط کمیابی آب تغییر می‌کند. برای درک کامل تصمیمات مربوط به مصرف آب، باید درباره بخش‌های اقتصادی که مردم در آن‌ها کار و زندگی می‌کنند، مطالعه شود. باید دریافت خوبی از سیاست‌های کلان، هزینه‌ها و دسترسی به سایر نهاده‌هایی که بر تصمیمات گرفته‌شده در این بخش‌ها تأثیرگذار است، داشت (علیزاده ۱۳۹۷). در تطبیق مبانی نظری علوم اقتصادی با ویژگی‌های منحصربه‌فرد آب، توضیح داده می‌شود که چرا نهاد بازار قادر به لحاظ کردن کامل آثار اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و زیست‌محیطی در برقراری پاسخ‌گویی به نیازها، ایجاد تعادل‌ها و حل مسائل نیست. سیالیت و تحرک‌پذیری آب و قابلیت استفاده مجدد و مکرر، مطرح‌بودن کیفیت غیربازاری و زیست‌محیطی، موضوع انحصار طبیعی عرضه خدمات به دلیل اقتصاد مقیاس و داشتن ویژگی‌های منبع مشترک (مشاع)، حیاتی و بی‌بدیل‌بودن آب (بدون جایگزین) و ضرورت دخالت‌های دولت و اقدامات جمعی، از مؤلفه‌های درخور توجه در این بحث به شمار می‌روند. در نتیجه نظر به ویژگی‌های منحصربه‌فرد آب، اجماع وسیعی در سطح جهان شکل گرفت که تکیه بر نهاد بازار و سازوکارهای اقتصادی، به‌تنهایی قادر به حل مسئله آب نخواهد بود. از طرف دیگر اگر نتوان بر اساس منطق اقتصادی، قیمت واقعی آب و خدمات مرتبط را از استفاده‌کننده آن دریافت کرد، میان ارزش استحصال آب و هزینه پرداختی، فاصله‌ای ایجاد می‌شود که به آن «رانت» می‌گویند. ایجاد رانت‌های زیاد -با صدور مجوز بهره‌برداری از منابع طبیعی یا اجرای طرح‌های عمرانی- باعث دامن‌زدن به رفتارهای رانت‌جویانه در جامعه می‌شود. رانت‌خواهی منابع را از فعالیت‌های مولد دریغ و در خدمت رأی‌آوری و منویات مجموعه‌های تصمیم‌گیری بلندمرتبه قرار می‌دهد تا منابع کشورها به سمت نوعی سیاست توزیعی منحرف شود که سرانجام به کاهش چشمگیر رفاهی و هزینه‌های اجتماعی می‌انجامد. این فرایند به ظرفیت‌های اقتصادی - اجتماعی هر جامعه‌ای که دچار این عارضه است، آسیب‌های جدی می‌زند. در نتیجه حل مشکل آب در گرو یک رویکرد جامع شده است که لازم است در آن علاوه بر ضوابط و اصول اقتصادی، ضوابط زیست‌محیطی، عوامل فنی، اجتماعی و نهادی نیز در نظر گرفته شود. به تبع چنین توجیه نظری در حوزه آب در اغلب کشورها، با ایجاد و

گسترش تشکیلات مدیریتی مختلف دولتی، عمومی کردن مالکیت منابع آب و سرمایه‌گذاری‌های گسترده‌ای که دولت‌ها در زمینه اجرا و بهره‌برداری طرح‌های توسعه منابع آب انجام داده‌اند، بخش عمده تصمیمات مربوط به مدیریت منابع آب و تخصیص منابع آب، در قالب سازوکارهای برنامه‌ای و تصمیم‌گیری‌های اداری و سیاسی اخذ و اجرا می‌شود؛ اما نارسایی‌هایی که در سایه سیطره این نوع مدیریت دولتی بروز کرده است، نظیر بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب استحصال، تأخیر در اجرای طرح‌های مکمل نظیر شبکه‌های آبیاری و زهکشی و تجهیز مزارع و دامن‌زدن به رفتارهای رانت‌جویانه، مجدداً راهکارهای اصلاحی غیرمتمرکز را به لحاظ تقویت سازوکارهای اقتصادی و اجتماعی، مدنظر قرار داده است (صیوحی و همکاران، ۱۳۹۶).

۱-۲- قیمت‌گذاری آب

قیمت‌گذاری درست می‌تواند یکی از روش‌های غیرمستقیم در جهت تحقق هدف‌های برنامه‌ای، نظیر تأمین منابع مالی یا کاهش تقاضا و مصرف آب، باشد. در استفاده از این سیاست، توجه به آثار مالی و اقتصادی قیمت بر میزان مصرف و کارایی آب و همچنین مدیریت آثار زیست‌محیطی و حفاظت از آب برای نسل‌های آینده و از نظر اقتصاد سیاسی تأثیر بر رفتارهای رانت‌جویانه مدنظر است. درباره آثار اقتصادی و زیست‌محیطی، قیمت‌گذاری آب و میزان تأثیرگذاری آن به تحویل حجمی آب و سازوکار قیمت‌گذاری و کارآمدی مدیریت مالی نهاد مسئول بستگی دارد. از نظر تصدی سرمایه‌گذاری‌ها، هم‌اکنون در کشور ما سه نوع نظام بهره‌برداری از منابع آب وجود دارد:

- ۱) نظام خودگردان: بدین ترتیب که مصرف‌کننده مستقیماً خود آب را استحصال می‌کند و هزینه‌های مالی استحصال آب را هم به‌طور کامل می‌پردازد؛ اما توجه به تفاوت هزینه آن‌ها با مراجعه‌کنندگان به بازار محلی آب، نشان از رانت زیاد بوده و پدیده رانت‌جویی کاملاً مشاهده می‌شود.
- ۲) بازار محلی آب: بدین ترتیب که بخشی یا همه نیاز مصرف‌کننده از طریق خرید آب مازاد سایر حقابه‌داران و بهره‌برداران از منابع آب تأمین می‌شود.

۳) کارگزاران دولتی: مصرف‌کنندگان نیازهای خود را از شرکت‌های وابسته به دولت تأمین می‌کنند. با در نظر گرفتن وزن هر کدام از این نظام‌ها، موضوعیت و چگونگی سیاست‌های قیمتی برای آن قسمت، مشخص می‌شود. عمده برداشت از منابع آبی ایران از آب‌های زیرزمینی است؛ مثلاً اگر صد میلیارد مترمکعب آب در سال برداشت می‌شود، حدود ۶۰ میلیارد مترمکعب از منابع آب زیرزمینی و ۲۰-۳۰ میلیارد هم به شیوه‌های سنتی از چشمه‌ها و نه‌رهای سنتی است؛ بنابراین در محدوده طرح‌های دولتی، ما حدود ۲۰ میلیارد مترمکعب آب داریم که «ترخ‌گذاری» می‌شود. این اطلاعات نشان می‌دهد که بحث «ترخ‌گذاری» آب در قوانین کشور روی چه نوع نظام بهره‌برداری آب اثر دارد؛ بنابراین کشور عمدتاً تحت تأثیر شرایطی از نظام بهره‌برداری آب است که خود بهره‌برداران مسئول تأمین امکانات و هزینه‌های مالی استحصال آب هستند؛ یعنی خود آن‌ها یا چاه می‌خرند، یا مجوز می‌گیرند و چاه حفر و تجهیز می‌کنند و بهره‌برداری انجام می‌دهند. درباره بخش کشاورزی و صنعت نیز همین وضعیت وجود دارد؛ یعنی با توجه به شرایط و سهم منابع مختلف آب در تأمین نیازهای کشاورزی، بخش مهمی از مصارف، از طریق آب زیرزمینی و ایستگاه‌های پمپاژ تأمین می‌شود که هزینه‌های انرژی، سهم مهمی را

در بهره‌برداری از منابع به خود اختصاص می‌دهد. سؤالی که پیش می‌آید این است که آیا اصلاح قیمت انرژی نمی‌تواند تأثیر بیشتری (نسبت به قیمت‌گذاری آب) بر مدیریت مصرف آب کشاورزی داشته باشد؟ در صورتی که پاسخ مثبت باشد، مهم‌ترین عاملی که طبق قوانین موجود اخذ نرخ آب به لحاظ اقتصادی در ساختار نظام بهره‌برداری می‌تواند اثر بگذارد، «هزینه انرژی» است که تحت تأثیر یارانه سنگینی قرار دارد. دلیل آن این است که برخلاف تصور رایج، بخش عمده هزینه مالی استحصال آب کشور، به وسیله بخش خصوصی پرداخت می‌شود و طبق قوانین موجود، حقی برای اخذ رقم قابل توجه و انگیزه‌ساز تحت عنوان «نرخ آب» توسط شرکت‌های متصدی خدمات وجود ندارد؛ بنابراین رفتار مصرف‌کننده بخش کشاورزی تحت تأثیر سایر سیاست‌های اقتصادی (به جز بخش آب) است که ارتباط مستقیمی با نرخ‌گذاری دولتی آب ندارد (رجب‌زاده، ۱۴۰۱). مسئله اصلی در مدیریت اقتصادی منابع آبی در هر کشور و منطقه‌ای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب می‌باشد که در برقراری این تعادل قیمت یا ارزش آب مانند قیمت هر کالا و نهاده دیگری نقش تعیین‌کننده‌ای بر عهده دارد و اگر این قیمت به درستی تعیین گردد، انتظار می‌رود که بسیاری از مسائل موجود در مدیریت منابع آب برطرف گردد. یکی دیگر از مسائل موجود در مدیریت منابع آب تخصیص بهینه آن بین بخش‌ها و مصارف مختلف است. این مسئله با افزایش جمعیت و تقاضا برای آب از یک سو و کاهش عرضه آب شیرین از سوی دیگر روبه‌روز حادتر می‌شود. لذا می‌توان میزان آن را مانند کالاهای دیگر به عهده بازار گذاشت ولی از لحاظ تاریخی بهره‌برداری از منابع آب در کشور به گونه‌ای شکل گرفته است که باعث شده، بازار مناسبی برای این نهاده توسعه پیدا نکند تا بتواند قیمت اقتصادی آب را معین و مبنای معامله قرار دهد. به همین دلیل در عمل تخصیص آب بین بهره‌برداران در اکثر نقاط کشور تحت مدیریت دولت و غالباً بر اساس ضوابط سیاسی اجتماعی بجای معیارهای اقتصادی صورت می‌گیرد، لیکن این نوع مدیریت منابع آب منجر به تخصیص غیر بهینه آن در سطح کشور شده است که برای رهایی از این مشکل تغییر در نحوه مدیریت منابع آب از مدیریت بر مبنای عرضه به مدیریت بر مبنای تقاضا با ملاک قرار دادن ارزش اقتصادی آن لازم به نظر می‌رسد. در این راستا اصلاح نظام قیمت‌گذاری آب به عنوان یکی از کارآمدترین ابزارهای مدیریت تقاضا می‌تواند مفید واقع شود. مسئله‌ای که در حال حاضر بخش مدیریت منابع آب با آن مواجه است، این است که قیمت‌ها و هزینه‌های اخذشده از مصرف‌کنندگان بابت منابع آبی همیشه کمتر از هزینه کل عرضه آن است. این مهم بیان می‌کند که تقریباً در همه مناطق آبیاری ناکارایی عظیمی در بخش آب وجود دارد که نیاز به افزایش قیمت آب احساس می‌شود. اخیراً کمیته جهانی آب شدیداً قیمت‌گذاری منابع آب را بر اساس هزینه کل تأمین آن توصیه می‌کند.

۳-۱- روش‌های مختلف اجرای سیستم‌های قیمت‌گذاری آب

اجرای سیستم قیمت‌گذاری مؤثر در راستای صرفه‌جویی و استفاده بهینه نیاز به سیستم جامعی است که ضوابط قانونی (نهادی) اجرایی و اقتصادی بایستی در آن لحاظ گردد. تصمیمات راجع به قیمت‌گذاری منابع آبی به‌طور معمول بر مبنای ملاک‌های قانونی، اداری و مالی بوده است تا ملاحظات اقتصادی. آب به عنوان یک نهاده تولیدی همانند سایر نهاده‌های تولیدی دارای تقاضا می‌باشد، در نتیجه دارای ارزشی است که با توجه به نوع مصرف

آن و ارزش محصول تولیدی از طرف تقاضاکنندگان جهت خرید، ابراز تمایل می‌گردد. اگر بازار کاملی برای این نهاده وجود داشته باشد، قیمت شکل گرفته در آن همان بهایی است که خریداران (مصرف‌کنندگان) تمایل به پرداخت و عرضه‌کنندگان نیز مایل به فروش آن هستند. لیکن زمانی که چنین بازاری وجود ندارد و دولت عرضه‌کننده عمده اصلی آن است معمولاً مبنای قیمت‌گذاری خود را همان ارزشی قرار می‌دهد که مصرف‌کنندگان حاضرند بر اساس شرط حداکثرسازی سود بپردازند. در حال حاضر ملاک تعیین آب‌بها در بخش کشاورزی بر اساس قانونی است که در تاریخ ۱۴-۶-۱۳۹۶ در مجلس شورای اسلامی به تصویب رسیده است. بر مبنای این قانون متوسط آب‌بها در کانال‌های سنتی یک درصد ارزش محصول برداشت‌شده، در شبکه‌های مدرن سه درصد و در شبکه‌های تلفیقی مدرن و سنتی دو درصد ارزش محصول برداشت شده است (عطایی و همکاران، ۱۳۹۵).

۴-۱- قیمت سایه‌ای آب

اصول تعیین قیمت یک حامل انرژی بر اساس دخالت قیمت سایه‌ای به سال ۱۹۳۱ برمی‌گردد. یعنی زمانی که هارولد هاتلینگ (Hotelling, 1931) مبنای تعیین قیمت یک کالا را ارائه داد. از نظر هاتلینگ قیمت یک کالا قابل‌تولید در بازار بر اساس منطق بازار رقابتی از برابری $P=MC$ و یا براساس منطق بازار انحصاری از برابری $MR=MC$ تعیین می‌شود. از نظر هاتلینگ این منطق تعیین قیمت مربوط به کالایی خواهد بود که امکان تولید مجدد و بدون محدودیت آن وجود داشته باشد. اما کالایی مانند انرژی دارای این محدودیت است که مصرف آن در این دوره دارای هزینه فرصت عدم امکان استفاده در زمان آینده برخوردار است (اسماعیلی نیا، ۱۳۸۹). چنانچه انرژی در هر دوره‌ای از زمان مورد استفاده قرار گیرد، دارای یک هزینه فرصت است. هزینه فرصت استفاده از انرژی در آینده، عدم بهره‌مندی از آن در حال حاضر است. از این دیدگاه هزینه نهایی انرژی با هزینه فرصت متعارف هر کالا در اقتصاد متفاوت می‌باشد.

از نظر هاتلینگ هزینه نهایی هر واحد انرژی شامل دو بخش است. بخش اول، شامل هزینه نهایی متعارف که دربرگیرنده هزینه نهایی تولید بوده است. بخش دوم، شامل هزینه نهایی (User Cost) استفاده از انرژی بوده که از نظر هاتلینگ هزینه بهره‌مندی همان هزینه فرصت یا رانت کمیابی و یا قیمت سایه است. از نظر هاتلینگ قیمت هر واحد انرژی از دو جز تشکیل می‌شود. بدین ترتیب

$$P=MC+U \quad (\text{اسماعیل نیا، ۱۳۸۹})$$

۵-۱- آب مجازی

آب مجازی مقدار آبی است که یک کالا و یا یک فرآورده کشاورزی، طی فرآیند تولید، آن را مصرف می‌نماید تا به مرحله تکامل برسد و مقدار آن معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از شروع تا پایان می‌باشد. با توجه به کمبود منابع آب قابل‌دسترس، مفهوم آب مجازی می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای مهم در مدیریت آب از دیدگاه صرفه‌جویی در میزان و نحوه مصرف آبی و نیز بحث تجارت آب مجازی مطرح باشد ایران جزء ۱۰ کشور اول جهان از لحاظ خالص واردات آب مجازی می‌باشد؛ اما هنوز واردات و صادرات محصولات کشاورزی با هدف

تجارت آب مجازی در ایران صورت نمی‌گیرد. کشور ایران دارای اقلیمی خشک و نیمه‌خشک است. متوسط بارندگی سالانه در ایران در حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که تقریباً یک‌سوم متوسط بارندگی جهانی بوده و درعین حال، میزان تبخیر از سطح آن، ۳ برابر متوسط دنیا می‌باشد. از کل منابع آب قابل استحصال در کشور، حدود ۹۴ درصد آن در بخش کشاورزی، ۵ درصد در بخش شرب و بهداشت و تنها ۱ درصد در بخش صنعت مصرف می‌شود. کمبود آب، اصلی‌ترین عامل محدودکننده تولید در بخش کشاورزی می‌باشد. این در حالی است که نتایج تحقیقات مختلف بیانگر آن است که در این بخش، آب به شکل‌های مختلف و به میزان زیادی تلف می‌شود، به نحوی که بازده کل آبیاری در ایران بین ۳۳ تا ۳۷ درصد متغیر است. ارزش، کشورهای کم (کالای اقتصادی) با توجه به کمبود منابع آب و ارزش بالای آب به‌عنوان یک جهت تعیین راهبردهای تولید کشاورزی و صنعتی خود برگزیده‌اند. (آب مجازی) آب مفهوم جدیدی را به نام مقدار آبی است که یک کالا و یا یک فرآورده کشاورزی، طی فرآیند تولید، آن را مصرف (آب مجازی) درواقع می‌نماید تا به مرحله تکامل برسد و مقدار آن معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از لحظه شروع تا پایان می‌باشد (قزوینیان و همکاران، ۱۳۹۹).

صفت (مجازی) در این تعریف بدان معنی است که بخش عمده آب مصرف‌شده طی فرایند تولید، در محصول نهایی، وجود فیزیکی ندارد. نکته مهم آن است که صفت مجازی برای نخستین بار (آب مجازی) است. واژه (واقعی) نیست، بلکه آب مجازی، آب کاملاً (غیرواقعی) به معنای توسط آن در سال ۱۹۹۳ مطرح شد و به‌عنوان آبی که در کالاها و یا محصولات لحاظ می‌شود و از تجارت آب بین‌المللی محصولات غذایی به دست می‌آید، تعریف گردید. به دنبال این تعاریف، مفهوم پدید آمد؛ بدین معنی که کشورهای واردکننده کالاهای کشاورزی، در حقیقت منابع آب را از کشورهای صادرکننده خریداری می‌کنند. تجارت آب مجازی، یک معیار و ابزار اساسی در محاسبه مصرف واقعی آب یک کشور می‌باشد. این امر در طی ۴۰ سال اخیر به‌طور دائم در حال افزایش بوده، به‌طوری‌که در حدود ۱۵ درصد آب مورد مصرف در جهان، به‌صورت آب مجازی در حال صادرات است که از این میان ۶۷ درصد آن مرتبط با تجارت جهانی محصولات کشاورزی می‌باشد. مطالعات نشان داده است که در طی سال‌های اخیر، گندم به‌تنهایی ۳۰ درصد حجم تجارت آب مجازی بین کشورها را به خود اختصاص داده است و به دنبال آن، سویا و برنج به ترتیب با ۱۷ و ۱۵ درصد قرار دارند. مناطقی که در جهان، صادرکننده عمده آب مجازی هستند شامل آمریکای شمالی، آمریکای جنوبی، کشورهای آسیای جنوب شرقی و استرالیا می‌باشند. از میان این کشورها نیز آمریکا و کانادا بزرگ‌ترین صادرکنندگان آب مجازی هستند. مناطق عمده واردکننده آب مجازی نیز شامل مناطق آسیای جنوبی و مرکزی، غرب اروپا، آفریقای شمالی و خاورمیانه می‌باشند. دلیل این امر، آن است که این مناطق از نظر جمعیت، بزرگ‌ترین مناطق بوده و تقاضای آب در آن‌ها بسیار بالا است. در کشور ما با توجه به کمبود منابع آب سطحی و نیز برداشت بیش‌ازحد منابع آب زیرزمینی و وضعیت بحرانی بیشتر دشت‌های کشاورزی و همچنین وضعیت تنوع اقلیمی موجود، استفاده از آب مجازی می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب کنترلی، به‌ویژه برای مقابله با بحران کم‌آبی، به کار گرفته شود. با استفاده از کاربرد مفهوم آب مجازی در مدیریت بهینه منابع آبی کشور و ارائه الگوهای مناسب کاشت و بهره‌برداری، می‌توان ضمن صرفه‌جویی مناسب در مصرف منابع محدود آب‌های سطحی و زیرزمینی در بخش کشاورزی، منافع اقتصادی کاربران را نیز تأمین نمود. امنیت غذایی، حفاظت محیط‌زیست و بالا بردن

کیفیت محصولات زراعی، از دیگر عوامل مشوق استفاده از آب مجازی می‌باشند. ضمن این‌که انتقال آب مجازی بسیار ارزان تر از انتقال آب حقیقی است و به طرح‌های بزرگ مانند احداث مخازن و سدها، احداث خطوط انتقال آب، انحراف آب از حوضه‌ای به حوضه دیگر، که جملگی دارای هزینه‌های سنگینی می‌باشند، نیاز ندارد؛ بنابراین، مفهوم نوپای آب مجازی و رویکرد جدید آن در بخش مدیریت آب، توجه پژوهشگران زیادی را به خود جلب نموده است (افشار و همکاران، ۱۳۹۹).

هو کسترا و هانگ برای کمی کردن میزان آب مجازی، از رهیافت پایه‌ای ضریب تجارت بین‌المللی محصولات زراعی (سال/تن) با توجه به محتویات آب مجازی مرتبط با آن (تن/مترمکعب) استفاده نمودند. آن‌ها در تحقیقات خود، تجارت آب مجازی را در نقاط مختلفی از جهان مورد بررسی قرار دادند. حدادین روشی را برای اندازه‌گیری آب نهفته در واردات کالاهای کشاورزی ارائه نموده است. وی با انجام این مطالعه در کشور اردن، بیان نمود که آب‌های خارجی، به‌عنوان بخش مهمی از آب در دسترس در کشورهای خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردند (افشار و همکاران، ۱۳۹۹).

در این پژوهش اولین بار است که به تجارت آب مجازی و قیمت سایه‌ای آب در منطقه حفاظت‌شده میانکاله پرداخته می‌شود.

فرضیه‌های تحقیق

- الگوی کشت فعلی محصولات زراعی منطقه میانکاله با در نظر گرفتن محدودیت آب بهینه نیست.
- با لحاظ کردن ریسک قیمت سایه‌ای آب تغییر می‌کند.
- در میانکاله محدودکننده‌ترین نهاد تولید آب نیست.
- صادرات آب مجازی در منطقه دارای ارزش قابل توجهی است.
- میزان ارزش آب مجازی در منطقه قابل محاسبه می‌باشد.
- میزان ارزش آب مجازی در قیاس با میزان آب مصرفی در میانکاله قابل برآورد می‌باشد.

۲- روش‌شناسی

سیستم‌های مختلف تولید محصولات کشاورزی موجب شده تا واحدهای کشاورزی در عصر حاضر بر اساس قواعد و اصول اقتصاد تجارت هدایت و رهبری شوند، که لازمه آن نیز برخورداری از اطلاعات و علی‌الخصوص اطلاعات مالی و حسابداری می‌باشد. در این میان و در چهارچوب نظام ترویج، استفاده از اطلاعات بهای تمام‌شده محصولات تولیدی برای استفاده واحدهای کشاورزی، در امر تصمیم‌گیری ضروری و حیاتی است (فرقاندوست حقیقی و همکاران، ۱۳۹۰).

تحقیق حاضر مطالعه‌ای کاربردی است که برای مسائل اجرایی (در بخش محیط‌زیست و کشاورزی) به کار گرفته می‌شود. جامعه آماری تحقیق حاضر منطقه میانکاله می‌باشد. منطقه میانکاله با مساحت ۶۸ هزار هکتار از سال ۱۳۴۸ به‌عنوان منطقه حفاظت‌شده تعیین شد و هم‌اکنون با عنوان پناهگاه حیات‌وحش، تالاب بین‌المللی و

ذخیره‌گاه طبیعی زیست‌کره تحت حفاظت محیط‌زیست قرار دارد. جامعه آماری این تحقیق اراضی کشاورزی منطقه میانکاله در شرق استان مازندران می‌باشد. پنج محصول (کلبا، کنجد، پنبه، برنج و گندم) که سطح زیر کشت بالاتری در این منطقه را به خود اختصاص داده‌اند به‌عنوان محصولات انتخابی در نظر گرفته شد. این منطقه در ۵۴ کیلومتری شرق شهرستان ساری (مرکز استان مازندران) در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه و عرض ۳۶ درجه و ۴ دقیقه واقع شده است. از لحاظ راه‌های ارتباطی از جنوب و غرب به شهرستان بهشهر و از شرق به پناهگاه حیات‌وحش میانکاله منتهی می‌گردد. این منطقه در زمینه کشاورزی - تهیه و تولید بذر اصلاح‌شده - باغداری - دامپروری و فعالیتهای مشابه و صنایع جنبی در حال فعالیت می‌باشد. کل اراضی شرکت زراعی کشت و صنعت مازندران شامل ۳۱۰۰ هکتار بوده که ۲۶۷۸ هکتار از زمین‌ها در قالب ۲۳ مزرعه قابل کشت و مابقی اراضی را کانال‌های آبرسانی و زهکش‌ها و جاده‌های ارتباطی بین مزارع به طول حدود ۵۰ کیلومتر و زهکش‌ها به طول ۱۷۰ کیلومتر و سایر تأسیسات، ساختمان اداری، انبارها و ساختمان کمپوست را تشکیل می‌دهد.

۱-۲- مدل هدف موتاد

فرم کلی و خلاصه‌شده مدل هدف - موتاد به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} \text{Maximize: } E(R) &= \sum_j C_j X_j \\ \text{s.t: } \sum_j A_{kj} X_j &\leq B_k \\ T - \sum_j C_j X_j - Z_j &\leq 0 \Rightarrow \sum_j C_j X_j + Z_j \geq T \\ \sum_j P_j Z_j &= \lambda \\ X_j, b_j, Z_j &\geq 0 \end{aligned}$$

به‌طوری‌که:

C_j : سود ناخالص مورد انتظار برای هر واحد (هکتار) از محصول j

X_j : سطح زیر کشت محصول j

A_{kj} : منبع k موردنیاز برای یک واحد محصول j

B_k : مقدار در دسترس از منبع k

Z_j : انحراف از هدف به سمت پایین برای هر حالت طبیعت t

T : سطح درآمد هدف

$$P_j = 1/6$$

λ : پارامتر ثابت ریسک از صفر تا یک مقدار بزرگ تغییر می‌کند و j نشانگر تعداد فعالیت‌های کشاورزی در منطقه است.

(مدل برنامه‌ریزی خطی نیز با حذف سطرهای سوم و چهارم مدل فوق به دست می‌آید؛ یعنی محدودیت‌های $T - \sum_j C_j X_j - Z_j \leq 0 \Rightarrow \sum_j C_j X_j + Z_j \geq T$ و $\sum_j P_j Z_j = \lambda$) توابع هدف و محدودیت‌های مورد استفاده به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

۲-۲- تابع هدف

$$\text{Max: } E(R) = \sum C_j X_j, i = 1, \dots, 6$$

C_j : میانگین درآمد ناخالص محصول i در طی دوره ۸ ساله

۱ - محدودیت زمین (هکتار)

$$\sum_j X_j \leq \text{LAND}, j = 1, \dots, 6$$

که در آن X_j متغیر مربوط به سطح زیر کشت محصول j ام است. LAND مساحت اراضی بخش میانکاله، که هم‌کنون برای کشاورزی در اختیار است.

$$\sum_j L_j X_j \leq \text{LABOURE}, j = 1, \dots, 6 \text{ (ساعت)}$$

۲ - محدودیت نیروی کار (ساعت) که در آن L_j نشان‌گر تعداد موردنیاز از نیروی کار برای هر هکتار از محصول j و LABOURE ، میزان نیروی کار موجود است.

$$\sum_j F_j X_j \leq F \text{ (کیلوگرم)}$$

۳ - محدودیت کود (کیلوگرم) که در آن F_j ، نشان‌گر میزان کود موردنیاز برای هر هکتار محصول j ام است F میزان کود موجود می‌باشد.

$$\sum_j T_j X_j \leq T \text{ (ساعت)}$$

۴ - محدودیت تراکتور (ساعت) که در آن T_j میزان ساعت تراکتور موردنیاز برای هر هکتار محصول j و T تراکتور موجود (برحسب ساعت)

$$\sum_j CO_j X_j \leq \text{CO} \text{ (ساعت)}$$

۵ - محدودیت کمباین (ساعت) که در آن CO_j میزان کمباین موردنیاز برای هر هکتار محصول j ام و CO میزان کمباین موجود (برحسب ساعت) است.

$$\sum_j W_j X_j \leq W \text{ (لیتر)}$$

۶ - محدودیت آب (لیتر) که در آن W_j میزان آب سالانه موردنیاز برای هر هکتار محصول j و W میزان آب در دسترس سالانه (لیتر) است.

$$\sum_j C_j X_j \leq C \text{ (ریال)}$$

۷ - محدودیت سرمایه (ریال) که در آن C_j میزان سرمایه موردنیاز برای زراعت نوع j و C میزان سرمایه در اختیار زارع است.

تکنیک‌های برنامه‌ریزی مورد استفاده در این پژوهش برای تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی منطقه به ترتیب: مدل برنامه‌ریزی خطی (LP) و برنامه‌ریزی موتاد-هدف می‌باشند.

در این تحقیق فرض شده است که عوامل مهم و اساسی ایجادکننده ریسک و نبود قطعیت در بخش زراعت منطقه میانکاله به نحوی سود خالص دریافتی کشاورزان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. برای مثال، خشک‌سالی، سرمازدگی، نوسان‌های قیمت محصولات و ... به نحوی بر سطح کشت و میزان تولید محصولات و در نتیجه میزان سود کشاورزان تأثیر گذارند.

در این پژوهش سطح زیر کشت محصولات زراعی در استان به‌عنوان متغیرهای تصمیم مورد استفاده قرار گرفته است. این محصولات عبارت‌اند از: سویا، ذرت دانه‌ای، شالی، ذرت علوفه‌ای، گندم و کلزا.

همچنین مهم‌ترین محدودیت‌های پیش روی بخش زراعت منطقه مورد بررسی عبارت‌اند از: محدودیت زمین زراعی، محدودیت آب، محدودیت سرمایه، محدودیت نیروی کار، محدودیت کودشیمیایی شامل؛ کود-فسفات،

پتاسه، اوره، میکرو، مایع مغذی و بیولوژیک، محدودیت تراکتور و محدودیت سموم دفع آفات نباتی شامل؛ حشره-کش، قارچ‌کش، علف‌کش، کنه‌کش و روغن ولک.

۳-۲- وضعیت سطح زیر کشت محصولات مختلف در منطقه میانکاله

پیش از پرداختن به نتایج الگوی موتاد-هدف و بررسی ارزش نهاده آب کشاورزی، الگوی کشت غالب منطقه، سطح زیرکشت و عملکرد محصولات در هریک از فصول مورد مطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است، همان گونه که مشاهده می‌شود، علیرغم اینکه الگوی کشت غالب استان مازندران گرایش به تولید شالی دارد، اما در منطقه میانکاله تولید گندم، بیشتر مورد تأکید قرار گرفته است. پس از گندم سطح زیر کشت سویا به مساحت ۸۱۹ هکتار نسبت به سایر محصولات بیشتر بوده است.

جدول ۱- اطلاعات مربوط به محصولات زراعی منطقه میانکاله در سال زراعی

سویا		ذرت دانه‌ای		شالی	
سطح (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	سطح (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	سطح (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
۸۱۹	۲۴۲۵/۷	۳۹۹	۵۷۱۴/۴	۱۷۹	۴۶۲۸/۴
ذرت علوفه‌ای		گندم		کلزا	
سطح (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	سطح (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	سطح (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
۷۴۰	۳۸۸۱۷/۸	۱۲۳۴	۴۷۹۱/۶	۵۵۳	۲۸۸۷/۷

منبع : یافته‌های پژوهشگر

۴-۲- محاسبه ارزش اقتصادی آب در الگوی رایج منطقه

در این قسمت می‌خواهیم برای الگوی کشت فعلی و قبل از هر نوع بهینه سازی الگوی کشت میزان Ewv را محاسبه کنیم. جدول ۲ نشان‌دهنده آیت‌های متفاوت و مورد نیاز برای این محاسبه (مانند درآمد کل یا کل هزینه بدون هزینه آب و ...) می‌باشد.

جدول ۲- اطلاعات مربوط به درآمد، هزینه کل (با لحاظ کردن و بدون لحاظ کردن هزینه آب) و مصرف آب محصولات زراعی منطقه (سال ۹۹-۹۸)

محصول	سویا	ذرت دانه‌ی	شالی	ذرت علوفه‌ای	گندم	کلزا
سطح زیر کشت (هکتار)	۸۱۹	۳۹۹	۱۷۹	۷۴۰	۱۲۳۴	۵۵۳
درآمد در هکتار (تومان)	۱۳۵۹۳۶۲۲/۸	۱۵۴۲۸۸۸۰	۶۱۰۰۹۹۵۰۸/۴	۱۹۹۱۱۶۷	۱۵۹۸۴۷۷۷/۶	۱۷۴۶۱۹۲۲
درآمد کل ^۱ (تومان)* (TR)	۱۱۱۳۳۱۷۷۰۷۳	۶۱۵۶۱۲۳۱۲۰	۱۰۹۳۶۸۱۲۰۰۴	۱۴۷۹۳۴۶۳۵۸۰	۱۹۷۲۵۲۱۵۵۵۸	۹۶۵۶۴۴۲۸۱۱
هزینه متوسط (تومان)	۱۱۷۰۲۷۸۹/۶۵	۱۳۲۳۴۵۵۰/۴	۳۱۶۱۶۶۰۰/۴	۱۳۹۷۴۴۰۸	۸۷۶۸۶۲۸	۹۳۱۲۸۳۲/۵
هزینه آب در هر هکتار (تومان)	۳۳۳۳۳۰	۱۱۵۵۰۰۰	۴۴۰۰۰۰	۷۷۰۰۰۰	۵۷۸۴۰	۶۱۴۶۵
هزینه در هر هکتار بدون هزینه آب (تومان)	۶۵۱۱۳۶۹۴/۵۹	۱۲۰۷۹۵۵۰/۴	۳۱۱۷۶۶۰۰/۴	۱۳۲۰۴۴۰۸	۸۷۱۰۷۸۸	۹۲۵۱۳۶۷/۵
کل هزینه بدون هزینه آب ^۲ (تومان) (TC')	۹۳۱۱۵۸۷۴۵۳	۴۸۱۹۷۴۰۶۱۰	۵۵۸۰۶۱۱۴۷۲	۹۷۷۱۲۶۱۹۲۰	۱۰۷۴۹۱۱۲۳۹۲	۵۱۱۶۰۰۶۲۲۸
مصرف آب در هکتار (مترمکعب)	۵۵۰۰	۳۰۰۰	۱۳۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰	۳۰۰
کل مصرف آب ^۳ (مترمکعب) (TUW)	۴۵۰۴۵۰۰	۱۱۹۷۰۰۰	۲۳۲۷۰۰۰	۳۷۰۰۰۰۰	۳۷۰۲۰۰	۱۶۵۹۰۰

منبع: یافته‌های پژوهشگر

با توجه به اطلاعات جدول فوق خواهیم داشت:

$$\Sigma TR = 72401234146$$

$$\Sigma TC' = 45348320074$$

$$\Delta = \Sigma TR - \Sigma TC'$$

$$\Delta = 27052914072$$

¹ Total Revenue

² Total Cost (without water cost)

³ Total Utilization Ofwater

$$\Sigma TUW = 12264600$$

$$EVW = \Delta / \Sigma TUW$$

$$EVW = 2205/772228$$

تفسیر EVW: مقدار ۲۲۰۵ ریال برای این شاخص بیانگر این مطلب است که هر واحد مترمکعب آب در الگوی حال حاضر منطقه می‌تواند این میزان ارزش پولی را در مجموع کشت‌های مختلف برای زارع ایجاد کند.

۳- یافته‌ها

۳-۱- نتایج الگوی برنامه‌ریزی خطی (LP)

پس از محاسبه مقادیر سود ناخالص هر یک از رشته فعالیت‌های کشت محصولات زراعی منطقه، برای بدست آوردن الگوی بهینه در شرایط حداکثر ریسک، از الگوی برنامه‌ریزی خطی (LP) استفاده می‌شود. همانگونه که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، سطح زیر کشت بهینه سویا در این حالت ۶۶۵/۵ هکتار است که کاهش سطح زیر کشت نسبت به حالت فعلی را پیشنهاد می‌کند. در خصوص ذرت دانه‌ای این مقدار به ۶۰۲/۵ هکتار می‌رسد. سطح زیر کشت شالی برای رسیدن به مقدار بهینه در الگوی برنامه‌ریزی خطی بیش از ۳ برابر مقدار فعلی است. همچنین سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای در حالت بهینه کمتر از نصف این مقدار در شرایط فعلی است. مقدار سطح کشت بهینه برای گندم ۱۱۰۶/۷ هکتار می‌باشد که بیش از ۱۰۰ هکتار کاهش را نشان می‌دهد و در نهایت در خصوص محصول کلزا سطح بهینه کشت افزایش بیش از ۲ برابری را نشان می‌دهد. همچنین سطح درآمد فعالیت‌های زراعی در حالت برنامه‌ریزی خطی نسبت به شرایط فعلی ۱۳۲۳۱۹۰۱ هزار تومان افزایش را نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه سطح زیر کشت و درآمد محصولات زراعی منطقه میانکاله در سال زراعی ۹۸ با حالت بهینه

(LP)

محصول	سطح زیر کشت فعلی (هکتار)	سطح زیر کشت بهینه (هکتار)
سویا	۸۱۹	۶۶۵/۵
ذرت دانه‌ای	۳۹۹	۶۰۲/۵
شالی	۱۷۹	۵۶۸/۷
ذرت علوفه‌ای	۷۴۰	۳۲۹/۵
گندم	۱۲۳۴	۱۱۰۶/۷
کلزا	۵۵۳	۱۱۲۷/۳
سطح درآمد (هزار تومان)	۲۵۵۶۵۲۹۹	۳۸۵۰۲۲۷۰

منبع: یافته‌های پژوهشگر

با توجه به نتایج حاصل از خروجی بسته نرم‌افزاری LINDO می‌توان در خصوص نوع و میزان نهاده‌های محدودکننده اظهار نظر نمود. همان‌گونه که در جدول (۴) ملاحظه می‌شود، نهاده زمین در فصل بهار ارزش سایه‌ای

برابر با ۱۵۵۵/۷ هزار تومان دارد که با توجه به آن درمی‌یابیم؛ در صورتی که یک هکتار به موجودی زمین در فصل بهار افزوده شود، به میزان ۱۵۵۵/۷ هزار تومان به بازدهی ناخالص مزرعه افزوده خواهد شد، همچنین قیمت سایه‌ای زمین در فصل پاییز ۶۵۹۴/۲ هزار تومان است؛ اما در خصوص فصل تابستان، قیمت سایه‌ای وجود ندارد که علت این امر نیز کمبود نیروی کار در فصل تابستان است، اگرچه علف‌کش نیز در فصل پاییز محدودکننده است اما کمبود این نهاده صرفاً باعث هدایت الگوی بهینه به سمت محصولی که علف‌کش کمتری مصرف می‌کند، می‌گردد.

جدول ۴- قیمت سایه‌ای نهاده‌های مختلف (هزار ریال) در حالت برنامه‌ریزی خطی (LP)

نهاده	قیمت سایه‌ای (هزار تومان)
زمین (بهار)	۱۵۵۵/۷
زمین (تابستان)	۰
زمین (پاییز)	۶۵۹۴/۲
نیروی کار (تابستان)	۲۶۰
ماشین‌آلات (بهار)	۲۱/۵
علف‌کش (پاییز)	۳۱۱

منبع: یافته‌های پژوهشگر

با استفاده از جدول (۵) و (۶) نیز می‌توان ضرایب فنی تابع هدف و همچنین موجودی منابع تولید را تحلیل حساسیت نمود که برای مثال در صورتی که ضریب تابع هدف سویا را به میزان ۳۰۳/۳ واحد (هزار تومان) افزایش و یا به میزان ۷۳۸/۹ واحد کاهش دهیم در میزان سود قابل‌دستیابی از الگوی برنامه‌ریزی خطی تأثیری ندارد.

جدول ۵- تحلیل حساسیت ضرایب فنی تابع هدف (سود ناخالص فعالیت‌های زراعی) در مدل برنامه‌ریزی خطی (LP)

محصول	میزان قابل‌کاهش	میزان قابل‌افزایش
سویا	۷۳۸/۹	۳۰۳/۳
ذرت دانه‌ای	۳۰۳/۳	۱۴۰۷/۲
شالی	۱۳۸۳۹/۳	۸۳۱۹۴/۶
ذرت علوفه‌ای	۴۴۴۲/۴	۵۳۲۲/۸
گندم	۳۹۵۶/۵	۹۳۲/۹
کلزا	۹۳۲/۹	۹۸۹۱/۳

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۶- تحلیل حساسیت موجودی منابع (RSH) در مدل برنامه‌ریزی خطی (LP)

نهاده	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش	نهاده	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش
زمین (بهار)	۱۸۰/۰۷۳۱	بی‌نهایت	پتاس (پاییز)	۵۵۸۱۵	بی‌نهایت
زمین (تابستان)	۷۰/۷۹۱۶۲	بی‌نهایت	میکرو (بهار)	۶۱۲۲۸/۰۷	بی‌نهایت
زمین (پاییز)	۱	۲۹۸/۲۵۷۳	میکرو (تابستان)	۵۵۸۱۵	بی‌نهایت
نیروی کار (بهار)	۲۰۵۷۷/۳۲	بی‌نهایت	میکرو (پاییز)	۶۱۲۲۸/۰۷	بی‌نهایت
نیروی کار (تابستان)	۲۳۵۴/۷۰۶	۳۷۶/۸۶۹۶	مغذی (بهار)	۱۱۵۸۷۰/۴	بی‌نهایت
نیروی کار (پاییز)	۱۲۶۳۷/۸	بی‌نهایت	مغذی (تابستان)	۶۶۹۷۵	بی‌نهایت
آب (بهار)	۳۰۸۴۵۷۴	۱۷۱۴/۸۹۷	مغذی (پاییز)	۲۲۳۱/۹۷	بی‌نهایت
آب (تابستان)	۱۴۱۸۸۸۲	بی‌نهایت	بیولوژیک (بهار)	۲۷۰/۱۶۴	بی‌نهایت
آب (پاییز)	۲۵۶۵۳۰	بی‌نهایت	بیولوژیک (تابستان)	۱۷۸۶	بی‌نهایت
ماشین (بهار)	۸۵۰۷/۷۲	۲۰۲۱۴۹/۳	بیولوژیک (پاییز)	۱۱۱۸	بی‌نهایت
ماشین (تابستان)	۲۶۲۸/۹۹۱	بی‌نهایت	حشره کش (بهار)	۹۶۰/۵۸۳۳	بی‌نهایت
ماشین (پاییز)	۲۸/۸۹۳۳۳	۲۶۳۸/۲۹۸	حشره کش (تابستان)	۸۹۷	بی‌نهایت
سرمایه (بهار)	۶۹۲۹۷۰۴	بی‌نهایت	حشره کش (پاییز)	۷۰۱/۵۱۳۴	بی‌نهایت
سرمایه (تابستان)	۹۹۵۷۶۰۵	بی‌نهایت	قارچ کش (بهار)	۱۰۱۸/۲۴۱	بی‌نهایت
سرمایه (پاییز)	۳۷۵۳۱۱۰	بی‌نهایت	قارچ کش (تابستان)	۰/۱۶۶۶۶۷	بی‌نهایت
اوره (بهار)	۳۸۳۰۳/۹	بی‌نهایت	قارچ کش (پاییز)	۵۵۹	بی‌نهایت
اوره (تابستان)	۱۷۱۱۰۳/۹	بی‌نهایت	علف کش (بهار)	۴۷۹/۷۹۱۶	بی‌نهایت
اوره (پاییز)	۷۸۲۶۳/۳۴	بی‌نهایت	علف کش (تابستان)	۱۱۹۱/۳۳۳	بی‌نهایت
فسفات (بهار)	۶۱۱۴۷/۳۲	بی‌نهایت	علف کش (پاییز)	۳۶۴۴/۳۲۴	۲
فسفات (تابستان)	۷۸۰۴۷/۳۹	بی‌نهایت	کنه کش (بهار)	۷۸/۸۵۴۱۹	بی‌نهایت
فسفات (پاییز)	۵۵۸۱۵	بی‌نهایت	کنه کش (تابستان)	۲۷۴۷/۳۴۸	بی‌نهایت
پتاس (بهار)	۶۱۴۲۹/۵۵	بی‌نهایت	روغن و لک (بهار)	۵۵۹	بی‌نهایت
پتاس (تابستان)	۵۸۵۳۵/۵۴	بی‌نهایت			

منبع: یافته‌های پژوهشگر

با توجه به اطلاعات مربوط به درآمد، هزینه کل (با لحاظ کردن و بدون لحاظ کردن هزینه آب) و مصرف آب محصولات زراعی منطقه در سناریوی برنامه‌ریزی خطی خواهیم داشت:

$$\sum TR = 97.05481690$$

$$\sum TC' = 56997245981$$

$$\Delta = \Sigma TR - \Sigma TC'$$

$$\Delta = ۴۰۰۵۷۵۵۵۷۰۹$$

$$\Sigma TUW = ۱۵۱۷۹۷۹۷$$

$$EVW = \Delta / \Sigma TUW$$

$$EVW = ۲۶۳۸/۸۷۲۹۵۱$$

تفسیر EVW: مقدار ۲۶۳۸ تومان برای این شاخص بیانگر این مطلب است که هر واحد مترمکعب آب در این الگو می‌تواند به این میزان ارزش در مجموع کشت‌های مختلف برای زارع ایجاد کند.

۳-۲- نتایج مدل موتاد- هدف سناریوی میانگین

پس از مشاهده نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل برنامه‌ریزی خطی، به‌منظور تغییر میزان ریسک و مشاهده تأثیر آن بر الگوی بهینه، انحراف معیار سود ناخالص برای فعالیت‌های زراعی به‌کاررفته در سه سناریوی میانگین، ماکزیمم و مینیمم، تغییر داده می‌شود. در سناریوی میانگین، درآمد هدف را برابر با میانگین درآمدهای بازه زمانی موردبررسی در نظر می‌گیریم. در جدول (۷) و (۸) نتایج حاصل از به‌کارگیری ۳ حالت سناریوی میانگین در مدل موتاد- هدف و همچنین قیمت سایه‌ای نهاده‌های کمیاب نشان داده شده است:

جدول ۷- نتایج الگوی موتاد-هدف برای محصولات شرکت زراعی میانکاله (سناریوی میانگین)

برنامه مزرعه	I*	II**	III**	IV***	سطح زیرکشت فعلی
E ₁ (هزار تومان)	۶۲۵۶۰	۶۲۱۵۶۰	۶۲۵۵۶۰/۵	۳۸۵۰۲۲۷۰	-----
E ₂ (هزار تومان)	۹۰۸۶۱۵۰	۹۲۶۱۵۰	۳۲۵۱۶۰/۷	۳۸۵۰۲۲۷۰	-----
E ₃ (هزار تومان)	۱۳۰۶۵۵۱	۱۶۰۶۵۵۱	۵۶۹۴۴۳۵/۱	۳۸۵۰۲۲۷۰	-----
سویا (هکتار)	۸۲۱/۳	۷۹۰/۱	۶۵۵/۴	۶۶۵/۵	۸۱۹
ذرت دانه‌ای (هکتار)	۴۴۶/۷	۴۷۷/۹	۶۰۲/۶	۶۰۲/۵	۳۹۹
شالی (هکتار)	۳۱۱/۷	۵۶۶/۹	۳۲۳/۷	۵۶۸/۷	۱۷۹
ذرت علوفه‌ای (هکتار)	۶۵۷/۳	۳۳۴/۱	۶۴۵/۲	۳۲۹/۵	۷۴۰
گندم (هکتار)	۱۳۸۴/۵	۱۱۱۵/۲	۱۱۰۶/۷	۱۱۰۶/۷	۱۲۳۴
کلزا (هکتار)	۸۴۹/۵	۱۱۱۸/۸	۱۱۲۷/۳	۱۱۲۷/۳	۵۵۳

منبع: یافته‌های پژوهشگر

همان‌گونه که در جدول (۷) مشاهده می‌شود؛ درحالی‌که با افزایش انحرافات انتظاری از درآمد هدف، سطح زیرکشت بهینه سویا و ذرت علوفه‌ای کاهش یافته است، سطح زیر کشت بهینه ذرت دانه‌ای، شالی و کلزا افزایش یافته است. این مسئله نشان می‌دهد که با وجود افزایش سود به ازای افزایش انحرافات انتظاری از درآمد هدف، کشت ذرت دانه‌ای، شالی و کلزا فعالیت‌های پرخطر و کشت سویا و ذرت علوفه‌ای فعالیت‌های با قطعیت بالاتری است.

جدول ۸- قیمت سایه‌ای نهاده‌های مختلف (هزار تومان) در سناریوی میانگین

IV	III	II	I*	نهاده
۱۵۵۵/۷	۱۵۰۰۸	۱۵۰۰۸	۱۵۵۵/۷	زمین (بهار)
-----	۴۶۹۳	۴۶۹۳	۴۶۹۳	زمین (تابستان)
۶۵۹۴/۲	۱۲۹۳۰/۲	۹۳۷۳/۷	۶۵۹۴/۲	زمین (پاییز)
۲۱/۵	-----	-----	۲۱/۵	ماشین (بهار)
۲۶۰	۴۰۱	۴۰۱	۴۰۱	نیروی کار (تابستان)
۳۱۱	-----	-----	۳۱۱	علف‌کشی (پاییز)

منبع: یافته‌های پژوهشگر

نتایج حاصل از جدول (۸) نشان می‌دهد؛ نهاده زمین در فصل بهار ارزش سایه‌ای برابر با ۱۵۵۵/۷ هزار تومان دارد که با توجه به آن درمی‌یابیم؛ در صورتی که یک هکتار به موجودی زمین در فصل بهار افزوده شود، به میزان ۱۵۵۵/۷ هزار تومان به بازدهی ناخالص مزرعه افزوده خواهد شد، ضمن اینکه این میزان در حالت برنامه‌ریزی خطی (حالت چهارم) مشابه مقدار فوق است. در مقابل ارزش سایه‌ای زمین در دو سناریوی دیگر حدود ۱۵۰۰۸ هزار ریال می‌باشد. ارزش سایه‌ای نهاده زمین در فصل تابستان ۴۶۹۳ هزار تومان (مربوط به همه حالت‌ها) می‌باشد و بیشترین میزان ارزش سایه‌ای نهاده زمین در فصل پاییز، ۱۲۹۳۰/۲ هزار تومان (مربوط به حالت سوم) می‌باشد. با توجه به وجود ارزش سایه‌ای برای زمین در اکثر سناریوها می‌توان زمین را به‌عنوان محدودکننده‌ترین عامل تولید در نظر گرفت.

نهاده نیروی کار (فصل تابستان) در حالات اول تا سوم ارزش سایه‌ای برابر با ۴۰۱ هزار تومان و در قسمت چهارم به میزان ارزش سایه‌ای ۲۶۰ هزار تومان دارد که به معنی همین میزان افزایش بازده ناخالص مزرعه به ازای یک نفر-روز کار افزایش در میزان نیروی کار می‌باشد. ارزش سایه‌ای برای نهاده ماشین‌آلات (بهار) ۲۱/۵ هزار تومان و علف‌کشی (پاییز) ۳۱۱ هزار تومان می‌باشد که مربوط به حالت اول و چهارم (برنامه‌ریزی خطی) است. با استفاده از جدول (۹) تا (۱۴) نیز می‌توان ضرایب فنی تابع هدف و همچنین موجودی منابع تولید را تحلیل حساسیت نمود.

جدول ۹- تحلیل حساسیت ضرایب فنی تابع هدف (سود ناخالص فعالیت‌های زراعی) مدل موتاد-هدف (سناریو

میانگین-I)

میزان قابل افزایش	میزان قابل کاهش	محصول
۳۰۳/۳	۷۳۸/۹	سویا
۱۴۰۷/۲	۳۰۳/۳	ذرت دانه‌ای
۸۳۱۹۴/۶	۲۳۴۶۶/۳	شالی
۵۳۲۲/۸	۴۴۴۲/۴	ذرت علوفه‌ای

محصول	میزان قابل کاهش	میزان قابل افزایش
گندم	۳۹۵۶/۵	۹۳۲/۹
کلزا	۹۳۲/۹	۹۸۹۱/۳

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۱۰- تحلیل حساسیت موجودی منابع (RSH) در مدل موتاد-هدف (سناریو میانگین-I)

نهاده	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش	نهاده	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش
زمین (بهار)	۰/۰۰۰۴۵۲	۹۹/۷۸۶۶۲	پتاس (پاییز)	۵۵۸۱۵	بی نهایت
زمین (تابستان)	۱۲۰/۳۵۶۶	۲۱/۳۳۱۴۹	میکرو (بهار)	۶۱۲۲۶/۶۹	بی نهایت
زمین (پاییز)	۴۹	۹۷/۸۶۱۵۷	میکرو (تابستان)	۶۹۴۹۸/۸	بی نهایت
نیروی کار (بهار)	۲۰۵۷۷/۹۴	بی نهایت	میکرو (پاییز)	۶۶۹۷۵	بی نهایت
نیروی کار (تابستان)	۷۰۱۱/۱	۳۷۶/۸۶۹۶	مغذی (بهار)	۲۲۳۱/۹۴۹	بی نهایت
نیروی کار (پاییز)	۱۲۶۳۷/۸	بی نهایت	مغذی (تابستان)	۲۱۰۲/۸	بی نهایت
آب (بهار)	۳۰۸۴۶۲۸	بی نهایت	مغذی (پاییز)	۱۷۸۶	بی نهایت
آب (تابستان)	۱۶۰۵۱۰۰	بی نهایت	بیولوژیک (بهار)	۱۱۱۸	بی نهایت
آب (پاییز)	۲۵۶۵۳۰	بی نهایت	بیولوژیک (تابستان)	۸۱۹	بی نهایت
ماشین (بهار)	۲۵۵۲/۹۳۴	۰/۲۸۲۸۸۷	بیولوژیک (پاییز)	۸۹۷	بی نهایت
ماشین (تابستان)	۳۶۵۵/۹۹	بی نهایت	حشره کش (بهار)	۳۲۲۳/۴۳۴	بی نهایت
ماشین (پاییز)	۲۸/۸۹۳۳۳	بی نهایت	حشره کش (تابستان)	۳۹/۶	بی نهایت
سرمایه (بهار)	۶۹۲۹۶۸۷	بی نهایت	حشره کش (پاییز)	۸/۱۶۶۶۶۷	بی نهایت
سرمایه (تابستان)	۶۳۲۰۴۶۹	بی نهایت	قارچ کش (بهار)	۵۵۹	بی نهایت
سرمایه (پاییز)	۳۷۵۳۱۱۰	بی نهایت	قارچ کش (تابستان)	۴۰۹	بی نهایت
اوره (بهار)	۳۸۲۹۹/۵۵	بی نهایت	قارچ کش (پاییز)	۱۱۹۱/۳۳۳	بی نهایت
اوره (تابستان)	۱۲۷۸۲۷	بی نهایت	علف کش (بهار)	۳۶۴۴/۳۷۷	بی نهایت
اوره (پاییز)	۷۸۲۶۳/۳۴	بی نهایت	علف کش (تابستان)	۵۹۷/۸	بی نهایت
فسفات (بهار)	۶۱۱۲۵/۴۱	بی نهایت	علف کش (پاییز)	۷۸۷/۳۲۷۶	۱۰/۴۸۱۲۶
فسفات (تابستان)	۶۲۵۳۱	بی نهایت	کنه کش (بهار)	۵۵۹	بی نهایت
فسفات (پاییز)	۵۵۸۱۵	بی نهایت	کنه کش (تابستان)	۲۰۵/۵	بی نهایت
پتاس (بهار)	۶۱۴۲۹/۲۳	بی نهایت	روغن و لک (بهار)	۵۶۳/۲۷۵۵	بی نهایت
پتاس (تابستان)	۵۰۹۱۱	بی نهایت			

منبع: یافته‌های پژوهشگر

با توجه ب اطلاعات مربوط به درآمد، هزینه کل (با لحاظ کردن و بدون لحاظ کردن هزینه آب) و مصرف آب محصولات زراعی منطقه میانکاله در سناریو میانگین-I خواهیم داشت:

$$\Sigma TR = ۸۷۲۰۵۸۳۶۴۸۱$$

$$\Sigma TC' = ۵۳۰۴۹۵۴۹۶۴۰$$

$$\Delta = \Sigma TR - \Sigma TC'$$

$$\Delta = ۳۴۱۵۶۲۸۶۸۴۱$$

$$\Sigma TUW = ۱۳۸۶۶۰۶۷$$

$$EVW = \Delta / \Sigma TUW$$

$$EVW = ۲۴۶۳/۳۰۰۲۸۸$$

تفسیر EVW: مقدار ۲۴۶۳ تومان برای این شاخص بیانگر این مطلب است که هر واحد مترمکعب آب در این الگو می‌تواند به این میزان ارزش در مجموع کشت‌های مختلف برای زارع ایجاد کند.

جدول ۱۱- تحلیل حساسیت ضرایب فنی تابع هدف (سود ناخالص فعالیت‌های زراعی) مدل موتاد- هدف

(سناریو میانگین-II)

محصول	میزان قابل کاهش	میزان قابل افزایش
سویا	بی‌نهایت	۳۰۳/۳
ذرت دانه‌ای	۳۰۳/۳	بی‌نهایت
شالی	۲۳۴۶۶/۳	۸۳۱۹۴/۶
ذرت علوفه‌ای	۴۴۴۲/۴	۲۳۴۶۶/۳
گندم	بی‌نهایت	۹۳۲/۹
کلزا	۹۳۲/۹	بی‌نهایت

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۱۲- تحلیل حساسیت موجودی منابع (RHS) در مدل موتاد-هدف (سناریو میانگین-II)

نهاده	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش	نهاده	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش
زمین (بهار)	۱/۳۱۸۷۷۲	۲/۸۱۱۱۹۵	پتاس (پاییز)	۵۵۸۱۵	بی‌نهایت
زمین (تابستان)	۳/۲۷۶۹۱۲	۲۱/۳۳۱۴۹	میکرو (بهار)	۶۹۳۳۲/۳۵	بی‌نهایت
زمین (پاییز)	۲۲۳/۲۴۹	۲/۸۷۹۷۵۶	میکرو (تابستان)	۶۹۴۹۸/۸	بی‌نهایت
نیروی کار (بهار)	۱۶۹۲۳/۱۶	بی‌نهایت	میکرو (پاییز)	۶۶۹۷۵	بی‌نهایت
نیروی کار (تابستان)	۷۰۸/۸۴۱۱	۶۰/۹۶۳۱۵	مغذی (بهار)	۲۳۵۶/۶۵۲	بی‌نهایت
نیروی کار (پاییز)	۱۲۵۱۹/۴	بی‌نهایت	مغذی (تابستان)	۲۱۰۲/۸	بی‌نهایت
آب (بهار)	۲۷۷۲۸۷۱	بی‌نهایت	مغذی (پاییز)	۱۷۸۶	بی‌نهایت

نهاده	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش	نهاده	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش
آب (تابستان)	۱۶۰۵۱۰۰	بی نهایت	بیولوژیک (بهار)	۱۱۱۸	بی نهایت
آب (پاییز)	۲۵۶۵۳۰	بی نهایت	بیولوژیک (تابستان)	۸۱۹	بی نهایت
ماشین (بهار)	۱۷۶۰/۴۹۹	۰/۲۸۲۸۸۷	بیولوژیک (پاییز)	۸۹۷	بی نهایت
ماشین (تابستان)	۳۶۵۵/۹۹	بی نهایت	حشره کش (بهار)	۳۶۹۱/۰۸۱	بی نهایت
ماشین (پاییز)	۹۹/۸۴۶۸۷	بی نهایت	حشره کش (تابستان)	۳۹/۶	بی نهایت
سرمایه (بهار)	۷۰۳۳۴۳۳	بی نهایت	حشره کش (پاییز)	۱۰/۳۱۱۵۷	بی نهایت
سرمایه (تابستان)	۶۳۲۰۴۶۹	بی نهایت	قارچ کش (بهار)	۵۵۹	بی نهایت
سرمایه (پاییز)	۳۷۵۷۷۷۹	بی نهایت	قارچ کش (تابستان)	۴۰۹	بی نهایت
اوره (بهار)	۶۳۸۶۳/۵۶	بی نهایت	قارچ کش (پاییز)	۱۱۸۲/۷۵۴	بی نهایت
اوره (تابستان)	۱۲۷۸۲۷	بی نهایت	علف کش (بهار)	۳۳۳۲/۶۲۱	بی نهایت
اوره (پاییز)	۷۸۶۹۲/۳۱	بی نهایت	علف کش (تابستان)	۵۹۷/۸	بی نهایت
فسفات (بهار)	۷۲۳۴۸/۶۳	بی نهایت	علف کش (پاییز)	۲۵/۷۳۸۸۹	بی نهایت
فسفات (تابستان)	۶۲۵۳۱	بی نهایت	کنه کش (بهار)	۵۵۹	بی نهایت
فسفات (پاییز)	۵۵۸۱۵	بی نهایت	کنه کش (تابستان)	۲۰۵/۵	بی نهایت
پتاس (بهار)	۶۳۲۹۹/۷۷	بی نهایت	روغن و لک (بهار)	۵۰۰/۹۲۴۳	بی نهایت
پتاس (تابستان)	۵۰۹۱۱	بی نهایت			

منبع: یافته‌های پژوهشگر

با توجه به اطلاعات مربوط به درآمد، هزینه کل (با لحاظ کردن و بدون لحاظ کردن هزینه آب) و مصرف آب محصولات زراعی منطقه در سناریو میانگین-II فوق خواهیم داشت:

$$\Sigma TR = ۸۸۱۵۸۲۴۷۳۳۹$$

$$\Sigma TC' = ۵۳۴۳۴۷۲۴۷۵۶$$

$$\Delta = \Sigma TR - \Sigma TC'$$

$$\Delta = ۳۴۷۲۳۵۲۲۵۸۳$$

$$\Sigma TUW = ۱۳۸۸۴۹۴۲$$

$$EVW = \Delta / \Sigma TUW$$

$$EVW = ۲۵۰۰/۸۰۴۲۹۵$$

تفسیر EVW: مقدار ۲۵۰۰ تومان برای این شاخص بیانگر این مطلب است که هر واحد مترمکعب آب در این الگو می‌تواند به این میزان ارزش در مجموع کشت‌های مختلف برای زارع ایجاد کند.

جدول ۱۳- تحلیل حساسیت ضرایب فنی تابع هدف (سود ناخالص فعالیت‌های زراعی) مدل موتاد- هدف (سناریو میانگین-III)

محصول	میزان قابل کاهش	میزان قابل افزایش
سویا	۷۳۸/۹	۳۰۳/۳
ذرت دانه‌ای	۳۰۳/۳	۱۴۰۷/۲
شالی	۱۳۸۳۹/۳	۸۳۱۹۴/۶
ذرت علوفه‌ای	۴۴۴۲/۴	۵۳۲۲/۸
گندم	۳۹۵۶/۵	۹۳۲/۹
کلزا	۹۳۲/۹	۹۸۹۱/۳

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۱۴- تحلیل حساسیت موجودی منابع (RHS) در مدل موتاد-هدف (سناریو میانگین-III)

نهاد	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش	نهاد	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش
زمین (بهار)	۰/۵۸۳۰۰۳	۳/۵۱۴۵۰۷	پتاس (پاییز)	۵۵۸۱۵	بی‌نهایت
زمین (تابستان)	۱۰۸/۲۰۲۶	۲۶۹/۰۶۶۳	میکرو (بهار)	۷۱۳۵۸/۵۲	بی‌نهایت
زمین (پاییز)	۱۳۴/۵۵۶۴	۳/۱۱۹۲۹۶	میکرو (تابستان)	۶۷۷۳۱/۸۳	بی‌نهایت
نیروی کار (بهار)	۱۶۰۱۰/۸۳	بی‌نهایت	میکرو (پاییز)	۶۶۹۷۵	بی‌نهایت
نیروی کار (تابستان)	۶۳۰۳/۱	۷۶۸/۹۶۳۱	مغذی (بهار)	۲۳۸۷/۸۲۳	بی‌نهایت
نیروی کار (پاییز)	۸۸۰۳/۰۴۳	بی‌نهایت	مغذی (تابستان)	۲۰۹۰/۶۹۸	بی‌نهایت
آب (بهار)	۲۶۹۴۹۴۲	بی‌نهایت	مغذی (پاییز)	۱۷۸۶	بی‌نهایت
آب (تابستان)	۱۷۰۱۹۲۱	بی‌نهایت	بیولوژیک (بهار)	۱۱۱۸	بی‌نهایت
آب (پاییز)	۲۵۶۵۳۰	بی‌نهایت	بیولوژیک (تابستان)	۸۱۹	بی‌نهایت
ماشین (بهار)	۲۲۰۰/۹۴۶	بی‌نهایت	بیولوژیک (پاییز)	۸۹۷	بی‌نهایت
ماشین (تابستان)	۳۷۴۱/۳۱۳	بی‌نهایت	حشره کش (بهار)	۳۸۰۷/۹۶۳	بی‌نهایت
ماشین (پاییز)	۲۳۲۶/۹۶۹	بی‌نهایت	حشره کش (تابستان)	۴۹۹/۴۹۷۴	بی‌نهایت
سرمایه (بهار)	۷۰۵۹۳۶۶	بی‌نهایت	حشره کش (پاییز)	۷۷/۶۳۶۹۱	بی‌نهایت
سرمایه (تابستان)	۶۱۸۹۶۰۶	بی‌نهایت	قارچ کش (بهار)	۵۵۹	بی‌نهایت
سرمایه (پاییز)	۳۹۰۴۳۳۴	بی‌نهایت	قارچ کش (تابستان)	۴۰۹	بی‌نهایت
اوره (بهار)	۷۰۲۵۳/۷۹	بی‌نهایت	قارچ کش (پاییز)	۹۱۳/۴۵۲۴	بی‌نهایت

نهاده	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش	نهاده	مقدار قابل کاهش	مقدار قابل افزایش
اوره (تابستان)	۱۲۶۷۳۷/۸	بی نهایت	علف کش (بهار)	۳۲۵۴/۶۹۲	بی نهایت
اوره (پاییز)	۹۲۱۵۷/۳۸	بی نهایت	علف کش (تابستان)	۶۴۶/۲۱۰۳	بی نهایت
فسفات (بهار)	۷۵۱۵۴/۱	بی نهایت	علف کش (پاییز)	۸۳۳/۶۴۲۹	بی نهایت
فسفات (تابستان)	۶۲۲۸۸/۹۵	بی نهایت	کنه کش (بهار)	۵۵۹	بی نهایت
فسفات (پاییز)	۵۵۸۱۵	بی نهایت	کنه کش (تابستان)	۲۰۵/۵	بی نهایت
پتاس (بهار)	۶۳۷۶۷/۳۵	بی نهایت	روغن و لک (بهار)	۴۸۵/۳۳۸۳	بی نهایت
پتاس (تابستان)	۵۰۹۷۱/۵۱	بی نهایت			

منبع: یافته‌های پژوهشگر

با توجه به اطلاعات مربوط به درآمد، هزینه کل (با لحاظ کردن و بدون لحاظ کردن هزینه آب) و مصرف آب محصولات زراعی منطقه در سناریو میانگین-III خواهیم داشت:

$$\Sigma TR = ۸۸۳۹۹۹۳۲۰۹۹$$

$$\Sigma TC' = ۵۳۵۲۸۰۳۲۰۴۱$$

$$\Delta = \Sigma TR - \Sigma TC'$$

$$\Delta = ۳۴۸۷۱۹۰۰۰۵۸$$

$$\Sigma TUW = ۱۳۵۷۳۲۲۲$$

$$EVW = \Delta / \Sigma TUW$$

$$EVW = ۲۵۶۹/۱۶۸۹۱۶$$

تفسیر EVW: مقدار ۲۵۹۶ تومان برای این شاخص بیانگر این مطلب است که هر واحد مترمکعب آب در این الگو می‌تواند به این میزان ارزش در مجموع کشت‌های مختلف برای زارع ایجاد کند.

نتایج نشان داد درحالی‌که با افزایش انحرافات انتظاری از درآمد هدف، سطح زیرکشت بهینه سویا و ذرت علوفه‌ای کاهش یافته است، سطح زیر کشت بهینه ذرت دانه‌ای، شالی و کلزا افزایش یافته است. این مسئله نشان می‌دهد که با وجود افزایش سود به ازای افزایش انحرافات انتظاری از درآمد هدف، کشت ذرت دانه‌ای، شالی و کلزا فعالیتی پرخطر و کشت سویا و ذرت علوفه‌ای فعالیتی با حتمیت بالاتر است.

همچنین در صورتی که یک هکتار به موجودی زمین در فصل بهار افزوده شود، به میزان ۱۵۵۵/۷ هزار تومان به بازدهی ناخالص مزرعه افزوده خواهد شد، ضمن اینکه این میزان در حالت برنامه‌ریزی خطی (حالت چهارم) مشابه مقدار فوق است. با توجه به وجود ارزش سایه‌ای برای زمین در اکثر سناریوها می‌توان زمین را به عنوان

محدودکننده‌ترین عامل تولید در نظر گرفت. نهاده نیروی کار (فصل تابستان) در حالات اول تا سوم معنی همین میزان افزایش بازده ناخالص مزرعه به ازای یک نفر-روز کار افزایش در میزان نیروی کار می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری و بحث

نتایج بیانگر آن است که الگوی بهینه در اکثر سناریوها کاهش سطح زیرکشت سویا و افزایش سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای را پیشنهاد می‌کند. به عبارت دیگر در فصل بهار با وضعیت فعلی مصرف نهاده‌ها، تولید بهینه محصول سویا از حالت فعلی کمتر است و تولید بهینه ذرت دانه‌ای از حالت فعلی بیشتر است.

الگوی بهینه تمام سناریوهای طراحی شده، افزایش سطح زیر کشت شالی و کاهش سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای را پیشنهاد می‌دهد که با توجه به الگوی منطقه که کشت غالب آن شالی می‌باشد، منطقی به نظر می‌رسد. همچنین الگوهای بهینه در فصل پاییز، افزایش سطح زیرکشت کلزا را در تمام سناریوها نشان می‌دهد که می‌تواند به عنوان کشت جایگزین شالی محسوب شود.

نهاده زمین در تمام حالت‌های مورد بررسی ارزش سایه‌ای فراوانی دارد که بدین ترتیب می‌توان زمین را محدودکننده‌ترین نهاده تولید به شمار آورد. پس از زمین، می‌توان از نیروی کار و فرآورده‌های اولیه کشاورزی و ماشین‌آلات به عنوان دیگر عامل محدودکننده در فعالیتهای زراعی نام برد.

با توجه به محدودیت زمین در فصل بهار، مشخص است که این نهاده از اهمیت قابل توجهی در منطقه برخوردار است، لذا رعایت الگوی کشت بهینه علاوه بر دستیابی زارع به حداکثر سود اقتصادی منجر به مصرف بهینه این نهاده مهم خواهد شد. با توجه به کمبود نهاده زمین در منطقه پیشنهاد می‌شود که الگوی زراعی فعلی مورد تجدیدنظر قرار گرفته و نهاده زمین که قیمت سایه‌ای بالایی نیز دارد (۱۵۰۰۸ هزار تومان)، به زیر کشت محصولی که از منفعت بالاتر برخوردار است، رود.

همچنین با توجه به قیمت سایه‌ای موردنظر پیشنهاد می‌گردد سیاست‌هایی اتخاذ شود که تغییرات کاربری به حداقل خود کاهش یابد، چراکه تغییرات کاربری اراضی منجر به محدودیت بیشتر زمین در منطقه می‌شود. همچنین با فراهم شدن سایر نهاده‌ها و استفاده از نهاده‌هایی مانند؛ آب، نیروی کار، سرمایه و ماشین‌آلات پیشنهاد می‌گردد، زمین‌هایی که بلااستفاده مانده‌اند چنانچه امکان دارد به کشت محصولات موردنظر اختصاص یابند.

با توجه به محدودیت نیروی کار استفاده بهینه از این عامل تولید در فعالیتهای بهینه ضروری خواهد بود. در این راستا از آنجایی که اکثر نیروی کار و فرآورده‌های اولیه کشاورزی از بین روستائیان بوده و همچنین با توجه به مهاجرت روستائیان از روستا به شهر، پیشنهاد می‌گردد سیاست‌هایی اتخاذ شود که در بلندمدت این مهاجرت از روستا به شهر کنترل شده و کاهش یابد.

با توجه به ماهیت فصلی بودن کشاورزی، نیروی کار کشاورزی در بخشی از سال بیکار می‌ماند. این امر خود منجر به خروج نیروی کار، از بخش کشاورزی به بخش صنعت و کاهش نیروی کار در بخش کشاورزی می‌شود. لذا توصیه می‌شود با توجه به محدودیت این عامل تولید، با سیاست‌هایی نظیر ایجاد کارخانه‌های فرآوری محصولات کشاورزی از خروج بیشتر نیروی کار جلوگیری به عمل آید.

پیشنهاد دیگر استفاده از انواع بیمه است که نتایج بسیار مطلوبی در کاهش ریسک خواهد داشت، نظیر بیمه عوامل تولید. این نوع بیمه به‌ویژه در ماشین‌آلات و منابع آبی در نهایت منجر به کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی خواهد شد.

همچنین ملاحظه می‌شود با افزایش سطح ریسک، میزان ارزش اقتصادی نهاده آب در همه سناریوها با افزایش قابل‌تأملی روبرو می‌شود. بدین ترتیب اگر بتوان برای زارع محیط و امکانات و شرایطی را فراهم کرد که برای تولید محصولات خود با احتمال نوسان ریسک کمتری مواجه شود، در الگوی زراعی با میزان نهاده‌های مشخص دارای ارزش‌آفرینی بیشتری برای نهاده آب خواهیم بود. به عبارت دیگر همان‌طور که از کنه مدل برنامه‌ریزی موتاد-هدف برمی‌آید، کشاورزی که حاضر است بخشی از درآمد خود را به‌طور ذهنی با میزان اطمینان بیشتر در قبال درآمد معین، معاوضه نماید، پس به راحتی می‌توان با اصول ترویجی و مشاوره‌ای وی را در جهت رسیدن به این اطمینان و معاوضه درآمد در راهکارهایی همچون بیمه محصول و یا افزایش کیفیت محصولات جهت ارائه در بورس کالا، ترغیب نمود.

فهرست منابع

- اسماعیل نیا، علی اصغر، (۱۳۸۹)، تعیین قیمت گاز صادراتی ایران بر اساس قیمت سایه با رویکرد برنامه‌ریزی خطی، فصلنامه اقتصاد مالی، ۴(۲)، ۴۰-۱.
- افشار بشکلو، نسرين، زرافشانی، کیومرث، فرهادی بانسوله، بهمن، (۱۳۹۹) پهنه‌بندی شهرستان استان کرمانشاه بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصولات عمده زراعی، مجله آب‌و خاک، ۳۴(۲)، ۲۸۷-۳۰۰.
- امین رشتی، ناریس، معرفتی، رقیه، (۱۳۹۱)، اثر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر عملکرد زیست‌محیطی در کشورهای منتخب، فصلنامه علوم اقتصادی، ۶(۲۱)، ۲۰۷-۱۸۵.
- حسن‌شاهی، مرتضی، (۱۳۸۷)، الگوی بهینه (اقتصادی) محصولات زراعی در شرایط وجود ریسک (کاربرد مدل‌های هدف - موتاد، موتاد پیشرفته، برنامه‌ریزی خطی و درجه ۲) مطالعه موردی شهرستان ارسنجان، مجله تحقیقات اقتصادی، دانشگاه تهران، ۴۳(۱).
- رجب‌زاده، فائزه، پذیرا، ابراهیم، (۱۴۰۱)، مدیریت زهاب‌های حاصل از آبیاری زراعت نیشکر در دشت خوزستان، نشریه علمی مدیریت آب در کشاورزی، ۹(۱)، ۱۱۹-۱۳۴.
- صیوحی، محمود، زارع، شجاعت، محمدی، حمید، (۱۳۹۶)، شبیه‌سازی توسعه سیستم‌های مدرن آبیاری بر تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی خراسان رضوی، نشریه علمی اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۱(۲)، ۱۷۹-۱۹۵.
- عطایی، مهدی، مقدسی، رضا، تهامی پور، مرتضی، (۱۳۹۵)، تعیین روش مناسب قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی: مطالعه موردی استان فارس، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۴(۴)، ۱۹۹-۲۲۳.
- علیزاده، محمد، مطلبی، معصومه، فرجی دیزجی، سجاد، (۱۳۹۷)، برآورد اقتصاد سایه و فرار مالیاتی با در نظر گرفتن عوامل رفتاری، نشریه مطالعات اقتصادی کاربردی، ۷(۲۷)، ۱۴۱-۱۶۷.

- قربانی، مجید، محمودی، ابوالفضل، شوکت فدائی، محسن، خالدی، محمد، (۱۴۰۰)، ارائه مدل بهینه اقتصادی سرمایه گذاری در بخش کشاورزی استان مازندران با استفاده از مدل تصمیم گیری چند معیاره، (۳)۱۵، ۱۴۷-۱۱۷.
- قزوینیان، حمیدرضا، فرزین، سعید، کرمی، حجت، موسوی، سید فرهاد، (۱۳۹۹)، بررسی اثر استفاده از لایه‌های پلی استایرن بر کاهش تبخیر مخازن ذخیره آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی شهر سمنان)، مجله آب و توسعه پایدار، ۷(۲)، ۴۵-۵۲.
- فرقاندوست حقیقی، کامبیز، جلیل پور صابر جوی، حسین، حاجی لو، جعفر، (۱۳۹۰)، ارائه الگوی مناسب بهای تمام‌شده محصولات آجیلی (گردو و بادام)، فصلنامه اقتصاد مالی، ۵(۱۷)، ۸۹-۱۱۹.
- نورزاد، رضا، مرادی، فاطمه، (۱۳۹۷)، تعیین قیمت سایه‌ای منابع در بخش کشاورزی، تحقیقات اقتصادی کشاورزی، (۴۸)، ۸۱-۹۶.
- تهامی پور، مرتضی، صلاح، عباس، عرب مازار، عباس، (۱۳۹۴)، الگوی تجارت آب مجازی در فعالیت‌های اقتصادی استان گیلان: کاربرد جدول داده - ستانده گسترش‌یافته، فصلنامه علوم محیطی، ۳، ۳۵-۵۰.
- Adsina, G., & Otara, H. (2016). Valuation of Irrigation Water in South-Western Iran Using a Hedonic Pricing Model. *Applied Water Science*, 1, 119-124. (In Persian)
- Allan, J. A. (1993). Fortunately, there are substitutes for water; otherwise, our hydro political futures would be impossible, In:: ODA, **priorities for water resources allocation and management**, London:: ODA.
- Amir Rashti, N. (2012). **The effect of foreign direct investment on environmental performance in selected countries**.
- Anrova, F. (2019). Normative, positive and econometric mathematical programming as tools for incorporation of multi-functionality in agricultural policy modelling. *Agriculture. Ecosystems and Environment*, 120, 70-81.
- Eeslovich, D., Gutman, E. (2016). Pricing of irrigation water under alternative charging methods:: Possible shortcomings of a volumetric approach. **Agricultural Water Management**, 97(11), 1795-1805.
- Farkhandoost Haghighi, K. (2013). **providingProviding a model for calculating the cost of nut products (walnuts and almonds)**
- Ghaffari, F. (2013). **Investigating the impact of foreign capital on the economic growth of some countries in the MENA region**.
- Khemti, B. (2017). Optimizing cropping patterns at the watershed level with an emphasis on social benefits and net virtual water import:: a case study of Khorasan region. **Agricultural Sciences and Techniques, and Natural Resources**. (In Persian)
- Nasiri, M. (2017). Determining the price of water and examining the final yield of agricultural water, water, and development. **Water Affairs Quarterly of the Ministry of Energy**, (17).
- Nasiri, S. (2017). Pricing method and agricultural water demand of pistachio orchards in Rafsanjan city. **Agricultural Economics and Development Quarterly**, 26, 26-38. (In Persian)
- Nazmi, B. (2015). Optimizing the cropping pattern in Kazeroon region using linear programming method, **6th Iranian Agricultural Economics Conference**. (In Persian)

- Shirzadi, M. (2017). Determining water prices and examining the value of the final yield of agricultural water, water, and development. **Water Affairs Quarterly of the Ministry of Energy**, (9). (In Persian)
- Vayster, G. (2019). Irrigation water pricing between governmental policies and farmers' perception:: Implications for green-houses horticultural production in Teboulba (Tunisia). **Agricultural Economics Review**, 11(2), 44, 44-54.
- Zeyd, D. (2020). Supply-side methods. In a **primer on non-market valuation**, 2nd edition, eds. Champ, P., K Boyle and T. Brown. Kluwer Academic Publisher, Norwell, MA.



Abstract

Studying the Pattern of Cultivation and the Shadow Price of Virtual Water using the Mutad Model with the Aim of the Mean Consumption Scenario (Case Study: Miankaleh Region)

Atena Ataee¹
Zahra Abedi²
Masoomeh Shojaei³
Mostafa Panahi⁴

Received: 19/ October /2025 Accepted: 18/ December /2025

Abstract

Goal: This research investigates the cultivation pattern and shadow price of virtual water using the Target MOTAD model of the average consumption scenario.

Method: This research was an applied study. The statistical population of this research was the Miankaleh region. Five products, which accounted for higher areas under cultivation in this region, were regarded as selected products.

Findings: Results suggested that while with the increase of expected deviation from the target income, the optimal area under cultivation of soybeans and forage corn decreased, the area under cultivation of flint corn, rice paddy, and canola increased.

Conclusion: Considering the shadow value of land in most scenarios, land can be regarded as the most limiting factor of production. The input of workforce (summer season) in states one to three indicates the increased level of gross return in the farmland for an increase in one single-day worker in the workforce

JEL classification: Q56, Q15, Q25

Keywords: cultivation pattern, shadow price, virtual water, Target MOTAD model, average consumption

¹ .Department of Environmental Management - Environmental Economics, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.0068574606@iau.ir

² . Department of Environmental Management - Environmental Economics, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.(Corresponding author). Z.abedi123@iau.ac.ir

³ . Department of Environmental Management - Environmental Economics, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran. shojaei.75@gmail.com

⁴ . Department of Environmental Management - Environmental Economics, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.m.panahi@iau.ac.ir