مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیست و یکم، شماره چهارم (پیاپی ۸۳)،زمستان ۰۳، ص ص ۶۹-۵۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

طراحی مدل بهینه‌یابی تلفیقی برنامه‌ریزی آرمانی وزنی و ماتریس بهره‌وری برای تعیین الگوی بهینه کشت در اراضی قنات قصبه گناباد

صدیقه صفری[۱]، علیرضا پویا[۲]*، مصطفی کاظمی[۳]
۱- کارشناسی ارشد، رشته مدیریت صنعتی- گرایش تولید، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران
۲- استاد،گروه مدیریت، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران
۳-استاد،گروه مدیریت، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

رسید مقاله: ۲۵ اسفند ۱۴۰۲
پذیرش مقاله: ۷ مرداد ۱۴۰۳

چکیده

وابستگی کشاورزی در ایران به استفاده از آب‌های زیرزمینی، مدیریت این منبع مهم را به امری ضروری بدل می‌کند. بهره‌برداری بهینه از منابع آبی مخصوصا در مناطق کویری، در راستای حفظ آبخوان‌ها و حداکثرسازی سود برای کشاورزان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در همین راستا هدف از این تحقیق، توسعه یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی وزنی در تعیین الگوی بهینه‌ی کشت محصولات زراعی و باغی در اراضی مربوط به قنات قصبه گناباد است. برای انجام این تحقیق، از داده‌های سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ قنات قصبه گناباد استفاده شد. به کمک این داده‌ها تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از روش چندهدفه آرمانی وزنی به وسیله نرم‌افزار Lingo طراحی و حل شد. هدف حداکثرسازی سود و حداقل کردن ریسک با توجه به آنالیز داده‌های موجود تحقق می‌یابد، ولی سطح اشتغال در مدل نسبت به وضع موجود، کاهش و مصرف آب نیز افزایش داشته است. با توجه‌به این نتایج چغندر، پسته و سرگوم که دارای مصرف آب زیادی در هر هکتار هستند، برای رسیدن به هدف حداقل‌سازی مصرف آب باید کم‌تر کشت شوند و سطح زیر کشت ارزن که دارای ریسک زیادی در هر هکتار است جهت حداقل کردن ریسک باید کاهش یابد. علاوه براین مشخص شد که کشت محصولات گندم و جو برای حداقل‌سازی مصرف آب باید بیش‌تر از میزان موجود باشد به این دلیل که دارای مصرف آب کمی در هر هکتار هستند. همچنین، زعفران و انگور نیز جهت کاهش ریسک و مصرف آب باید کم‌تر کاشته شوند.

کلمات کلیدی: الگوی بهینه کشت، برنامه‌ریزی آرمانی، روش تصمیم‌گیری چندهدفه ، سود، منابع آب.

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: alirezapooya@gmail.com

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

۱ مقدمه

درهمه کشورها محصول کشاورزی دارای اهمیت است. پیش از انقلاب صنعتی، سهم محصول‌های کشاورزی در مقابل تمام کالاهای قابل مبادله زیاد بود، اما بعد از انقلاب صنعتی و پیدایش نتایج و دست‌آوردهای آن، سهم کالاهای صنعتی نسبت به محصول‌های کشاورزی در جهان زیاد شد. همین‌طور در کشورهای زیادی مخصوصا کشورهای در حال توسعه ، سهم زیادی از اقدامات اقتصادی در قسمت کشاورزی تمرکز دارد و اقتصاد این کشورها به شدت به این بخش تکیه دارد. کمبود در تولیدات کشاورزی و مواد غذایی و همچنین رشد جمعیت توجه به قسمت کشاورزی در کشور را تاکید می‌کند[۱].

بهینه‌سازی در تولید یکی از روش‌های کمی در مدیریت و تصمیم‌گیری است که مؤثر و ساده می‌باشد. در این کار از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده می‌شود[۲]. از طرفی روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی کلاسیک مخصوصا برنامه‌ریزی کلاسیک خطی به‌خاطر نیاز داشتن به داده‌ها و اطلاعات قطعی و دقیق در تعداد زیادی از تصمیم‌گیری‌ها در دنیای واقعی توانایی ارایه نتایج قابل قبول را ندارد.

محصول‌های کشاورزی در تولید از یک الگو پیروی می‌کنند تا محصولاتی با تناوب و شرایطی تولید کنند. مساله مهم میزان بهینه بودن این الگو است. به‌خاطر همین موضوع در کشاورزی همیشه نیاز به یک فعالیت مستمر تعیین الگوی بهینه کشت وجود دارد و نداشتن الگوی بهینه، برای کشاورزی مضر بوده و منجر به ضرر می‌شود[۳].

همچنین کشور ایران از لحاظ جغرافیایی در نقاط خشک و نیمه‌خشک کره زمین قرار دارد. مهم‌ترین و ارزان‌ترین منابع آب، منابع آب زیرزمینی هستند که نقش مهمی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایفا می‌کند. بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع خسارت‌های را به‌دنبال داشته است [۴]. خسارت‌هایی مثل نشست زمین و ترک برداشتن اراضی، کاهش تحکیم زمین، حرکت آب‌های شور[۵]. برهمین اساس با توجه به آسیب‌پذیری‌های مطروحه، تلاش برای احیا و پایداری این منابع ارزشمند از اهمیت فراوانی برخوردار است [۶]. یکی از فعالیت‌های اقتصادی خیلی مهم در هر کشوری، کشاورزی است که سهم مهم و زیادی در تولید ناخالص داخلی هر کشور با تامین غذای افراد آن کشورها دارد. گروه کشاورزی بعد از گروه‌های صنایع و معادن و خدمات در رتبه‌سوم اهمیت از نظر اثرگذاری مستقیم بر اقتصاد ملی قرار دارد[۷]. از آنجایی که کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک به منابع آب زیر زمینی وابسته است باید از منابع محدود و ابزار و وسایل تولید در این صنعت به بهترین شکل ممکن استفاده شود تا با کاهش مصرف این منابع، سود و رفاه هر کشاورز نیز زیاد شود. پس تعیین الگوی بهینه کشت از مسایل مهم و اساسی مربوط به برنامه‌ریزی در تولید محصولات کشاورزی می‌باشد.

مطالعه پیش رو تحت عنوان «طراحی مدل بهینه‌یابی تلفیقی برنامه ریزی آرمانی وزنی و ماتریس بهره‌وری برای تعیین الگوی بهینه کشت در اراضی قنات قصبه گناباد» با استفاده از روش چندهدفه آرمانی وزنی به توسعه یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی وزنی در تعیین الگوی بهینه‌ی کشت محصولات زراعی و باغی در اراضی مربوط به قنات قصبه گناباد می‌پردازد. وسعت اراضی مربوط به گندم، جو، ارزن، ینجه، سرگوم، چغندر، سبزی، پسته،

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

زعفران، انگور، انار، انجیر، زردآلو، بادام، هلو، سیب و گلابی‌می‌باشد. هدف چگونگی پراکندگی این اراضی بین این محصولات برای کسب حداکثر سود، حداقل ریسک و حداکثر سطح اشتغال می‌باشد.

در ادامه بعد از مطرح کردن بیان مساله و پیشینه تحقیق مفصل به روش پژوهش پرداخته شده و در انتها به بحث و نتیجه‌گیری اشاره می‌شود.

۲ بیان مساله

استان خراسان رضوی با هفت درصد مساحت کشور از مناطق خشک و کم آب ایران است. بنابراین بهره‌برداری بهینه از منابع آبی مخصوصا در شهرستان‌های جنوبی استان از جمله گناباد، جهت دستیابی به توازن بیلان آبی و حفظ آبخوان‌ها، همچنین حداکثر سود برای کشاورزان منطقه حایز اهمیت است. همان‌طور که اشاره شد یکی از روش‌های مناسب برای بالابردن بهره‌وری آب، اصلاح کردن الگوی کاشت محصول‌ها با توجه کردن به معیارهای اقتصادی در مناطق مختلف است. از آنجا که عمده منابع آبی شهرستان گناباد را قنوات تشکیل می‌دهد و قنات جهانی قصبه که مهم‌ترین این قنوات است، با وجود آنکه از دبی بالایی برخوردار است اما دارای نظام کشت بهینه و مناسبی نیست و این موضوع باعث بروز خسارات زیادی می‌گردد. از جمله این خسارات می‌توان به هدر رفتن آب، عدم ثمردهی مناسب محصولات زراعی و باغی و در نتیجه عدم سود اقتصادی و درآمد کم کشاورزان اشاره کرد. با توجه به این موضوع، در این پژوهش تلاش می شود با ارایه الگوی زراعی مبتنی بر استفاده بهینه از منابع آبی در اراضی مربوط به قنات قصبه گناباد، این مساله مورد بررسی قرار گیرد.

۳ پیشینه تحقیق

مطالعات زیادی در حوزه کشاورزی برای مدیریت منابع آبی و تعیین الگوی بهینه کشت انجام شده است. اسامه و همکاران[۴] برای تعیین الگوی بهینه کشت در مصر یک مدل بهینه‌سازی خطی برای به حداکثر رساندن بازده خالص سالانه از سه منطقه قدیمی مصر تهیه کردند. برای حل مدل از روش سیمپلکس در نرم‌افزار اکسل استفاده کردند. هائو و همکاران [۶] برای بهینه‌سازی الگوی کاشت یک مدل بهینه‌سازی الگوی کشت کشاورزی با در نظر گرفتن عدم قطعیت در دسترس بودن آب و پتانسیل صرفه‌جویی در مصرف آب در آینده، با هدف به حداکثر رساندن سود خالص کشاورزی برای هر واحد آب آبیاری تهیه کردند. شریدار و همکاران [۸] برای بهینه‌سازی الگوی برداشت با استفاده از الگوی برنامه‌نویسی خطی برای منطقه فرماندهی مارکندیا با هدف حداکثرسازی سود خالص از مدل LP[1] و نرم‌افزار Lingo استفاده کردند. زارع و کوچ [۹] برای بهینه‌سازی الگوی کشت در منطقه‌ای در شهر کرمانشاه در غرب ایران و در حاشیه رودخانه قره‌سو با هدف به حداکثر رساندن سود خالص کشاورزان از برنامه‌ریزی خطی LP استفاده کردند. دقیقی و همکاران [۱۰] برای تعیین الگوی بهینه کشت در دشت ارجان استان فارس برای افزایش درآمد و کاهش مصرف آب از برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند. العبدالقادر و همکاران [۱۱] برای بهینه‌سازی الگوی کشت در عربستان سعودی با هدف به حداکثر رساندن بازده

[1] Linear programming

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

خالص سالانه بخش کشاورزی در عربستان سعودی و اطمینان از تخصیص کارآمد منابع آب کمیاب و زمین‌های زراعی در بین محصولات رقابتی، از برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند. برای حل مدل نیز از نرم‌افزار Lingo استفاده کردند. سینگه و همکاران [۱۲] برای الگوی برداشت بهینه با هدف حداکثر بازده خالص از برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند. مانوس و همکاران [۱۳] برای رسیدن به بهینه‌سازی پایدار محصولات کشاورزی مدلی را طراحی کردند که با توجه به تکنیک‌های چندهدفه حل می‌شود. اشتیاق حسن و همکاران [۱۴] الگوی بهینه کشت با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی در بخش قاضی خان پنجاب را با هدف حداکثر تولید و درآمد تعیین کردند.

لاله‌زاری و همکاران [۱۵] با استفاده از یک الگوریتم ژنتیکی به عنوان یک روش بهینه‌سازی چندرده، یک مساله زیست شناختی در تخصیص آب به مناطق کشاورزی را در مزرعه آزمایشی واقع در دشت باغ‌ملک ، استان خوزستان ، ایران در نظر گرفته‌اند. ضیایی و صبوحی صابونی [۱۴] برای رسیدن به هدف بهینه‌سازی الگوی کشت در شهرستان نیشابور از روش برنامه‌ریزی آرمانی برای تعیین الگوی بهینه‌ی کشت استفاده کرده‌اند. زمانی، قادرزاده و مرتضوی [۱۵] برای مشخص کردن الگوی کشت با تأکید بر مصرف بهینه‌ی انرژی و کشاورزی پایدار در شهرستان سقز استان کردستان اهداف و آرمان‌های متعدد با اهمیت و اولویت‌های متفاوتی را در نظر گرفتند. شیرزادی لسکوکلایه، صبوحی صابونی و جلالی [۱۶] برای مشخص کردن الگوی کشت دشت کاشمر از روش برنامه‌ریزی چندمعیاره از طریق روش ویکور استفاده کردند. لطیف زاده، مختاران، لطیف زاده و حمزه [۱۲] الگوی بهینه کشت برای مدیریت مصرف آب کشاورزی در حوزه شبکه آبیاری عقیلی-گتوند مشخص شد که برای دست‌یابی به اهداف مدل، یک مدل برآورد نیاز آبی و یک مدل برنامه‌ریزی خطی تلفیق و مورد استفاده قرار گرفت.

جداول ۱ و ۲ مندرج در پیوست شامل جمع‌بندی پیشینه و مصاحبه با خبرگان (کارشناسان جهاد کشاورزی گناباد و هیئت امنای قنات قصبه گناباد) موضوع جهت تعیین اهداف و محدودیت‌های مساله می‌باشند. نتایج نشان می‌دهد که با توجه به بررسی پیشینه پژوهش و اعمال نظر کارشناسان جهت کم یا اضافه کردن اهداف و محدودیت‌های مستخرج از بررسی پیشینه با توجه به شناختی که از مورد مطالعه داشتند اهداف و محدودیت‌ها همانطور که در سطر اخر جداول فوق مشاهده می‌شود انتخاب شدند. در پژوهش حاضر هدف حداقل کردن ریسک با حداکثرسازی سود، حداکثرسازی سطح اشتغال و حداقل کردن مصرف آب به عنوان اهداف مدل و همچنین محدودیت‌های نیاز آبی گیاه، سرمایه، استفاده از ماشین آلات، برطرف‌کننده تقاضای محلی، زمین و سطح زیرکشت به عنوان محدودیت‌های مساله در نظر گرفته شدند که در سایر پژوهش‌ها این اهداف و محدودیت‌ها کنار هم دیده نمی‌شوند. همچنین منبع آبی در نظر گرفته شده در تمام مطالعات گذشته آب چاه، سد یا رود بودند ولی منبع آب در پژوهش حاضر قنات می‌باشد که به‌طور پیوسته و دائم آب از آن خارج می‌شود و امکان کنترل برداشت یا توقف خروج آب و ذخیره‌سازی آن نیست. همچنین باید به این نکته اشاره کرد که در پژوهش‌های گذشته برای حل مساله از مدل‌های خطی، LP و بعضا تک هدفه استفاده کرده‌اند اما در پژوهش حاضر با توجه به وجود اهداف مختلف از روش آرمانی وزنی و تلفیق آن با ماتریس pay-off استفاده شده‌است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

٤ روش پژوهش

٤-١ مواد و روش‌ها

قنات قصبه گناباد که از شاهکارهای آبی در جهان می‌باشد، از دو رشته‌ی اصلی و همچنین شش شاخه‌ی فرعی تشکیل شده است. مادرچاه قنات در دامنه‌ی شمالی سیاه کوه واقع شده و خروجی کنونی آن در محله‌ای معروف به نام قصبه‌ی شهر قرار دارد. طول این قنات بیش از ۳۳ کیلومتر است و عمق مادرچاه اصلی آن با در نظر گرفتن شیب زمین تقریبا ۳۰۰ متر [۱۰] و میزان آب دهی آن تقریبا ۱۵۰ لیتر در ثانیه می‌باشد.

با توجه به بررسی پیشینه تحقیقات موجود و اعمال نظر کارشناسان جهاد کشاورزی گناباد سطح زیرکشت محصولات به عنوان متغیر تصمیم مساله، حداکثرسازی سود، حداکثرسازی سطح اشتغال، حداقل‌سازی مصرف آب و حداقل‌سازی ریسک به عنوان اهداف مساله و میزان آب مصرفی محصولات، سرمایه، استفاده از ماشین‌آلات، تقاضا، زمین و سطح زیرکشت محصولات نیز به عنوان محدودیت‌های مساله در نظر گرفته شدند.

با توجه به این موضوع که مساله دارای اهداف مختلف و درجاهایی متضاد است پس روش آرمانی برای حل مساله برگزیده شده و چون در بحث‌های مربوط به کشاورزی اهداف دارای اهمیت‌های متفاوت هستند پس از روش آرمانی وزنی استفاده شده است که برای تعیین وزن‌ها در این تحقیق از ماتریس pay-off [۱۶] استفاده شده است. دلیل استفاده از این ماتریس برای مشخص کردن وزن‌ها این است که با این روش اهمیت وزن‌ها نسبت به هم با توجه به شرایط موجود در مورد مطالعه مشخص می‌شود و به طور محض فقط اعمال نظر کشاورز تعیین کننده اهمیت اهداف نیست. در این مطالعه داده‌ها از آمار موجود در جهاد کشاورزی گناباد استخراج شده‌است که داده‌های مربوط به تقاضا از میانگین تولید ۵ سال گذشته به‌دست آمده است.

٤-٢ مدل‌سازی

آرمان‌ها، مجموعه‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم استفاده شده در مدل تعیین الگوی کشت در ادامه کاملا شرح داده شده‌است. آرمان‌ها شامل: حداکثرسازی سود، حداقل‌سازی مصرف آب، حداکثرسازی سطح اشتغال و حداقل سازی ریسک هستند. مشخصه‌های مجموعه به این صورت که، p بیانگر مجموعه مربوط به محصول p، i بیانگر مجموعه مربوط به آرمان i و t بیانگر مجموعه مربوط به دوازده ماه سال می‌باشند. متغیرهای تصمیم تحقیق در پژوهش به این صورت تعریف می‌شوند: X_p سطح زیر کشت محصول p (متر مکعب)، d_i انحرافات مثبت برای آرمانi و b_i انحرافات منفی برای آرمانi هستند. جدول ۱ نیز نشان‌دهنده تعریف پارامترهای تحقیق است.

جدول ۱. تعریف پارامترهای تحقیق

ردیف	پارامتر	شرح
۱	Np	مقدار سود محصول p در هر هکتار
۲	Lp	تعداد نیروی کار مورد نیاز محصول p در هر هکتار
۳	Wp	آب مورد نیاز محصول p در هر هکتار بر حسب متر مکعب
۴	R	ریسک هر محصول در هر هکتار

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

۵	$W'p,t$	آب مورد نیازمحصول p در ماه t در هر هکتار بر حسب متر مکعب
۶	$TW't$	کل آب در دسترس برای آبیاری گیاهان در ماه t
۷	Ip	سرمایه لازم برای محصول p در هر هکتار بر حسب تومان
۸	TI	کل سرمایه لازم در سال زراعی بر حسب تومان
۹	Bp	مقدار تقاضا از محصول p
۱۰	TA	کل اراضی موجود در منطقه برای کشاورزی بر حسب هکتار
۱۱	Mp	ساعت ماشین‌آلات مورد نیاز برای کشت یک هکتار p
۱۲	TM	کل ساعات در دسترس ماشین‌آات
۱۳	Zi	مقدار مربوط به آرمان i
۱۴	$X'p$	بردار مربوط به سطح زیرکشت محصولاتp
۱۵	Yp	میزان عملکرد محصول p
۱۶	Ge	وزن آرمان e

اهداف پژوهش به صورت زیر هستند:

$$\max Z۱ = \sum NpXp \qquad (۱)$$

رابطه [۱] نشان‌دهنده هدف بیشینه کردن سود ناشی از محصولات در هر هکتار از اراضی قنات قصبه گناباد است.

$$\max Z۲ = \sum LpXp \qquad (۲)$$

رابطه [۲] نشان‌دهنده هدف بیشینه کردن سطح اشتغال در هر هکتار از اراضی مربوط به قنات قصبه گناباد است.

$$\min Z۳ = \sum WpXp \qquad (۳)$$

رابطه [۳] هدف کمینه کردن مصرف آب در هر هکتار از اراضی مربوط به قنات قصبه گناباد را نشان می‌دهد.

$$\min Z۴ = \sum R * Xp \qquad (۴)$$

رابطه [۴] هدف کمینه کردن ریسک در هر هکتار از اراضی قنات قصبه گناباد را نشان می‌دهد. $R = X'p[\mathrm{cov}]$ ریسک محصول p را نشان می‌دهد [۱۶]. $[\mathrm{cov}]$ ماتریس واریانس کوواریانس سود حاصل از کشاورزی در پنج سال زراعی گذشته مربوط به اراضی قنات قصبه گناباد است.

۳-٤ مدل چندهدفه آرمانی وزنی الگوی کشت:

$$\min G۱\frac{d۱}{f۱} + G۲\frac{d۲}{f۲} + G۳\frac{b۳}{f۳} + G۴\frac{b۴}{f۴} \qquad (۵)$$

رابطه [۵] تابع هدف می‌باشد که نشان دهنده کمینه کردن انحرافات نامطلوب از اهداف به کار برده شده‌است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

f۱ مقدار مطلوب سود ناخالص که با حل برنامه‌ریزی تک هدفه با در نظر گرفتن هدف حداکثر نمودن سود ناخالص، f۲ مقدار مطلوب سطح اشتغال که با حل برنامه‌ریزی تک هدفه با در نظر گرفتن هدف حداکثر نمودن سطح اشتغال، f۳ مقدار مطلوب آب مصرفی که با حل برنامه‌ریزی تک هدفه با در نظر گرفتن هدف حداقل نمودن میزان مصرف آب و f۴ مقدار مطلوب ریسک که با حل برنامه‌ریزی تک هدفه با در نظر گرفتن هدف حداقل نمودن میزان ریسک محاسبه شده‌اند.

$$\sum_{۱}^{p} NpXp - d۱ + b۱ = f۱ \qquad (۶)$$

رابطه [۶] محدودیت آرمانی سود می‌باشد.

$$\sum_{۱}^{p} LpXp - d۲ + b۲ = f۲ \qquad (۷)$$

رابطه [۷] نشان دهنده محدودیت آرمانی سطح اشتغال می‌باشد.

$$\sum_{۱}^{p} WpXp - d۳ + b۳ = f۳ \qquad (۸)$$

رابطه [۸] نشان‌دهنده محدودیت آرمانی مصرف آب می‌باشد.

$$\sum_{۱}^{p} Ri * Xp - d۴ + b۴ = f۴ \qquad (۹)$$

رابطه [۹] نشان‌دهنده محدودیت آرمانی ریسک می‌باشد.

$$\sum_{۱}^{p} W' p,t * Xp \le TW' t \qquad (۱۰)$$

رابطه [۱۰] نشان‌دهنده محدودیت نیاز آبی گیاه است. آب استفاده شده در هر ماه برای آبیاری گیاهان در سطح زیر کشت Xp نمی‌تواند از آب در دسترس در همان ماه تجاوز کند.

$$\sum_{۱}^{p} Ip * Xp \le TI \qquad (۱۱)$$

رابطه [۱۱] نشان‌دهنده محدودیت سرمایه است. مجموع سرمایه مورد نیاز برای محصولات در سطح زیر کشت X_p باید برابر یا کوچک‌تر از کل سرمایه در دسترس برای کشاورزی باشد.

$$\sum_{۱}^{p} Mp * Xp \le TM \qquad (۱۲)$$

رابطه [۱۲] نشان‌دهنده محدودیت استفاده از ماشین‌آلات است. به این دلیل که حرکت زیاد ماشین آلات باعث تخریب و سفت شدن لایه‌های خاک می‌شود و همچنین هزینه به همراه دارد پس استفاده از آن باید برابر یا کمتر از میزان استفاده موجود باشد.

$$XpYp \ge Bp \qquad (۱۳)$$

رابطه [۱۳] نشان‌دهنده محدودیت برطرف کننده تقاضا است. عملکرد گیاهان در سطح زیر کشت Xp حداقل باید برطرف کننده تقاضا باشد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

$$\sum_{۱}^{p} Xp \le TA \qquad (۱۴)$$

رابطه [۱۴] نشان‌دهنده محدودیت زمین است. مجموع سطح زیر کشت محصولات مختلف باید برابر یا کمتر از کل زمین‌های کشاورزی در دسترس در حوزه قنات قصبه گناباد باشد.

$$\sum_{۱}^{p} Xp \ge ۰ \qquad (۱۵)$$

رابطه [۱۵] نشان‌دهنده محدودیت سطح زیرکشت است. سطح زیر کشت محصولات نمی‌تواند منفی باشد.

Gi در تابع هدف مدل آرمانی وزن هر هدف است که با استفاده از ماتریس pay-off به این صورت به دست آمده است که ابتدا مدل را برای هر هدف به صورت تک هدفه حل و بقیه اهداف با نتایج حاصل از هر مدل تک هدفه محاسبه گردید و به این صورت fij محاسبه شد و ماتریس pay-off شکل زیر تشکیل شد.

جدول ۲. ماتریس بهره‌وری(منبع:۱۳)

مقادیر واقعی موجود	ریسک	مصرف آب	اشتغال	سود	اهداف
$f۱$	$f۱۴$	$f۱۳$	$f۱۲$	$f۱۱$	**سود**
$f۲$	$f۲۴$	$f۲۳$	$f۲۲$	$f۲۱$	**اشتغال**
$f۳$	$f۳۴$	$f۳۳$	$f۳۲$	$f۳۱$	**مصرف آب**
$f۴$	$f۴۴$	$f۴۳$	$f۴۲$	$f۴۱$	**ریسک**

سپس برای به‌دست آمدن وزن هر آرمان مدل آرمانی زیر حل شد[۱۳]:

$$\min \sum_{n=۱}^{۴} \frac{di + bi}{fi}$$

$$s.t.$$

$$\sum_{j=۱}^{۴} Wifij - di + bi = fi, i = ۱,۲,۳,۴ \qquad (۱۶)$$

$$\sum_{j=۱}^{۴} Wj = ۱$$

٤-٤ بحث در یافته‌های پژوهش

مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای مشخص کردن وزن‌ها حل و نتایج به صورت زیر حاصل شد:

وزن هدف حداکثرسازی سود ۰/۷، وزن هدف حداکثرسازی سطح اشتغال ۰/۳، وزن هدف حداقل‌سازی مصرف آب ۰ و وزن هدف حداقل‌سازی ریسک نیز ۰ شدند.

درباره وزن مربوط به هدف مصرف آب باید این نکته را بازگو کرد که چون مقادیر مربوط به هدف مصرف آب حاصل از بهینه کردن هر هدف، در بهترین وضعیت قرار دارد و آب در سال جاری به اندازه کافی موجود بوده است، وزن مربوط به هدف مصرف آب صفر شده است.

پس از اعمال وزن‌ها و حل مدل برنامه‌ریزی آرمانی وزنی نتایج زیر حاصل شد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

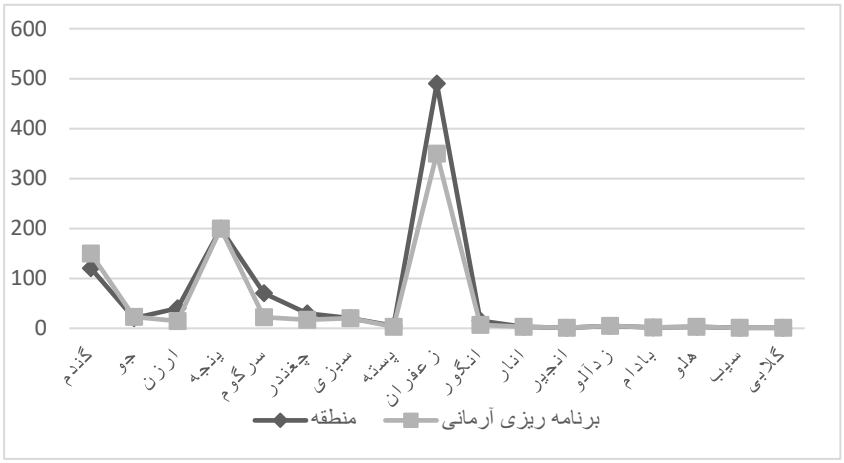
جدول۳. نتایج حاصل از مدل (مترمکعب)

محصولات	سطح زیر کشت منطقه	سطح زیر کشت حاصل از برنامه ریزی آرمانی
گندم	۱۲۰	۱۴۹/۶۵
جو	۲۰	۲۳/۱۲۵
ارزن	۴۰	۱۴/۴
ینجه	۲۰۰	۲۰۰
سرگوم	۷۰	۲۲/۵
چغندر	۳۰	۱۶/۸۷۵
سبزی	۲۰	۲۰
پسته	۵	۳/۲۰۰۵۶
زعفران	۴۹۰	۳۵۰
انگور	۱۵	۶/۷
انار	۳	۳
انجیر	۱	۱
زدآلو	۵	۵
بادام	۲	۲
هلو	۳	۳
سیب	۱	۱
گلابی	۱	۱
مجموع سطح زیر کشت	۱۰۲۶	۸۲۲/۴۵۰۵۶

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌کنید، مجموع سطح زیرکشت محصولات با توجه به وجود محدودیت‌های سخت برطرف‌کننده تقاضا و نیاز آبی گیاه در منطقه و در نتیجه کوچک شدن فضای موجه برای جواب، کاهش داشته است. مجموع سطح زیر کشت در منطقه ۱/۳ برابر مجموع سطح زیر کشت در برنامه‌ریزی آرمانی است. سطح زیرکشت محصول گندم در برنامه‌ریزی آرمانی ۲۹/۶۵ هکتار و جو ۳/۱۲۵ هکتار بیش‌تر از سطح موجود و سطح زیر کشت ارزن ۲۵/۶ هکتار، سرگوم ۴۷/۵ هکتار، چغندر ۱۳/۱۲۵ هکتار، پسته ۱/۸ هکتار ، زعفران ۱۴۰ هکتار و انگور ۸/۳ هکتار کم‌تر از سطح موجود می‌باشند و مابقی محصولات دارای سطح زیرکشت مساوی هستند. می‌توان این اختلافات را روی شکل زیر مشاهده کرد:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]



شکل ۱. مقایسه سطح زیرکشت موجود و سطح زیرکشت حاصل از برنامه‌ریزی آرمانی

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، مجموع سطح زیرکشت محصولات کاهش داشته است. مجموع سطح زیر کشت در منطقه ۱/۳ برابر مجموع سطح زیر کشت در برنامه‌ریزی آرمانی است. سطح زیرکشت محصول گندم و جو در برنامه‌ریزی آرمانی بیش‌تر از سطح موجود و سطح زیر کشت ارزن ، سرگوم ، چغندر ، پسته ، زعفران و انگور کم‌تر از سطح موجود می‌باشند و مابقی محصولات دارای سطح زیرکشت مساوی هستند.
برای‌مقایسه بهتر، مقادیر اهداف در سطح زیر کشت برابر برای وضع موجود و برنامه‌ریزی آرمانی با هم مقایسه می‌شوند. چگونگی برقراری شرایط مقایسه به این صورت است که ابتدا بررسی شد سطح زیرکشت موجود چند برابر سطح زیرکشت حاصل از برنامه‌ریزی آرمانی است. سپس مقادیر وضع موجود اهداف بر آن عدد تقسیم شدند و با مقادیر حاصل از برنامه‌ریزی آرمانی مقایسه شدند که در جدول ۴ مشاهده می‌شود:

جدول ٤. مقایسه مقدار توابع هدف در وضع موجود و برنامه‌ریزی آرمانی

	سود ناخالص(میلیارد ریال)	سطح اشتغال(* $۱۰^{۳}$)	مصرف آب(* $۱۰^{۵}$)	ریسک(* $۱۰^{۱۸}$)
وضع موجود	۲۱۰/۸۳	۹۲/۲۹	۴۳	۱۶۲/۶۶
برنامه‌ریزی آرمانی	۲۱۷/۹۹	۸۸/۹۹	۴۷	۸۱/۳۳

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، میزان سود و میزان مصرف آب در برنامه‌ریزی آرمانی نسبت به وضع موجود بیش‌تر است و میزان سطح اشتغال و ریسک در برنامه‌ریزی آرمانی نسبت به وضع موجود کمتر است.

درصد تغییر اهداف در منطقه با مقدارهای حاصل از برنامه‌ریزی آرمانی به این صورت است که میزان سود برنامه‌ریزی آرمانی ۰/۰۴ درصد بیش‌تر از منطقه، سطح اشتغال ۰/۰۴ درصد کمتر از منطقه، مصرف آب ۰/۰۹ درصد بیش‌تر از منطقه و ریسک ۰/۴ درصد کمتر از منطقه می‌باشد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

برای بررسی این موضوع که آیا مدل فوق نسبت به وزن حساس هست یا خیر به هدف حداقل کردن مصرف آب وزن یک و به بقیه اهداف وزن صفر را اختصاص داده و مدل حل شده‌است که نتایج در جدول ۵ در کنار نتایج مدل اصلی و وضع موجود ذکر شده‌اند:

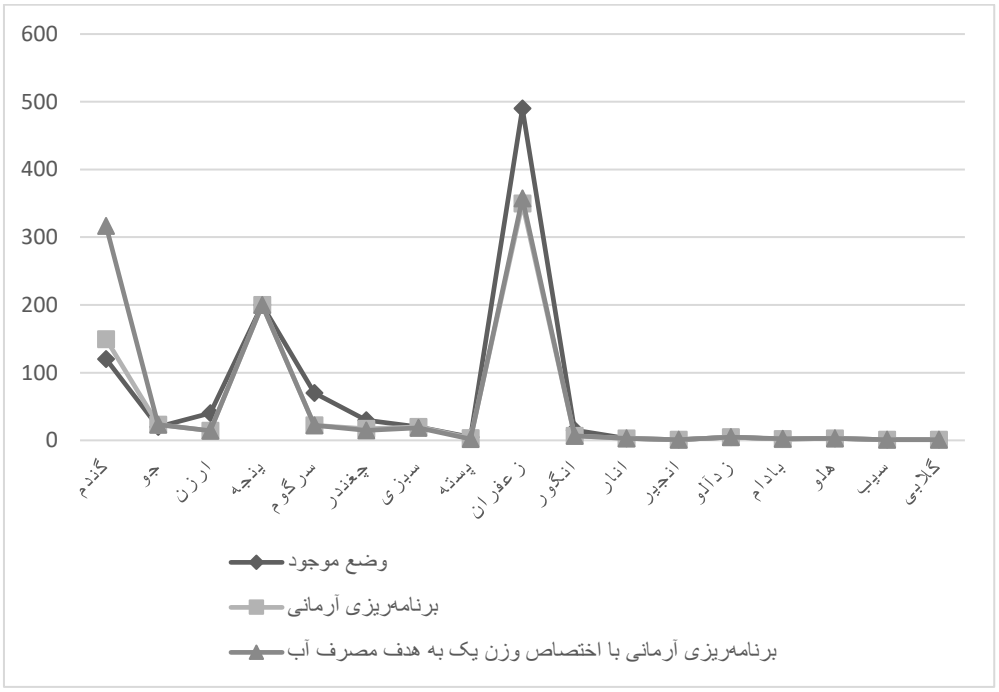
جدول۵ مقایسه سطح زیرکشت موجود با مدل آرمانی اصلی و مدل آرمانی زمانی که هدف حداقل کردن مصرف آب وزن یک دارد (مترمکعب)

محصول	وضع موجود	مدل اصلی	مدل با اختصاص وزن یک به هدف حداقل کردن مصرف آب
گندم	۱۲۰	۱۴۹/۶۵	۳۱۶/۷۰۴۳
جو	۲۰	۲۳/۱۲۵	۲۳/۱۲۵
ارزن	۴۰	۱۴/۴	۱۴/۴
ینجه	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
سرگوم	۷۰	۲۲/۵	۲۲/۵
چغندر	۳۰	۱۶/۸۷۵	۱۴/۹۲۰۰۵
سبزی	۲۰	۲۰	۱۸/۳۳۴
پسته	۵	۳/۲۰۰۵۶	۲
زعفران	۴۹۰	۳۵۰	۳۵۷/۳۰۸
انگور	۱۵	۶/۷	۶/۷
انار	۳	۳	۳
انجیر	۱	۱	۱
زدآلو	۵	۵	۵
بادام	۲	۲	۲/۶
هلو	۳	۳	۳
سیب	۱	۱	۱
گلابی	۱	۱	۱

همان‌طور که مشاهده می‌شود سطح زیرکشت محصولاتی مثل بادام، زعفران و گندم که مصرف آب کمتری دارند نسبت به مدل اصلی کمی بیشتر شده و سطح زیرکشت محصولاتی مثل پسته، سبزی، چغندر که مصرف آب بیشتری دارند نسبت به مدل اصلی کمتر شده‌است. برای بهتر نشان دادن نتایج شکل ۲ رسم شده است:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

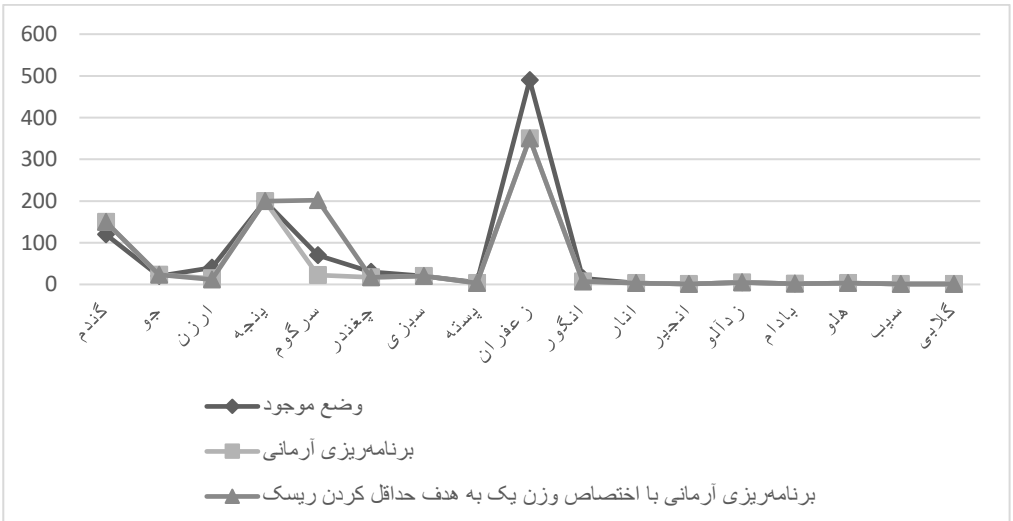
[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]



شکل ۲. مقایسه سطح زیرکشت موجود با سطح زیرکشت برنامه‌ریزی آرمانی اصلی و سطح زیرکشت برنامه‌ریزی آرمانی زمانی که هدف حداقل کردن مصرف آب وزن یک دارد

با توجه به شکل ۲ سطح زیرکشت محصولاتی مثل بادام، زعفران و گندم نسبت به مدل اصلی بیشتر شده و سطح زیرکشت محصولاتی مثل پسته، سبزی، چغندر نسبت به مدل اصلی کمتر شده‌است.

سپس به هدف حداقل کردن ریسک وزن یک و به بقیه اهداف وزن صفر اختصاص داده و مدل حل شده‌است. نتایج حاکی از آن است که سطح زیرکشت محصول ارزن که ریسک بیش‌تری دارد نسبت به مدل اصلی کمی کمتر و سطح زیرکشت محصول سرگوم که ریسک کمتری دارد نسبت به مدل اصلی بیش‌تر شده است. برای نشان دادن نتایج، شکل ۳ رسم شده است:

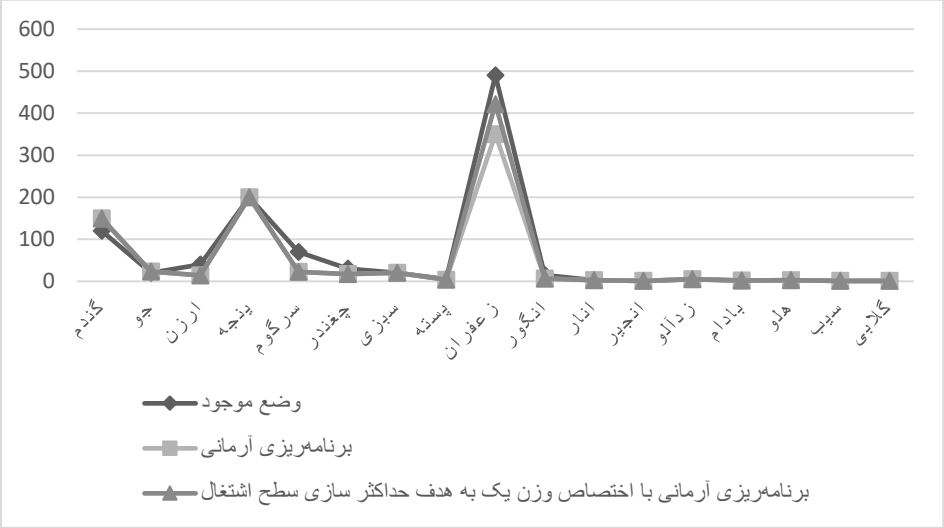


شکل۳. مقایسه سطح زیرکشت موجود با سطح زیرکشت برنامه‌ریزی آرمانی اصلی و سطح زیرکشت برنامه‌ریزی آرمانی که هدف حداقل کردن ریسک وزن یک دارد

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

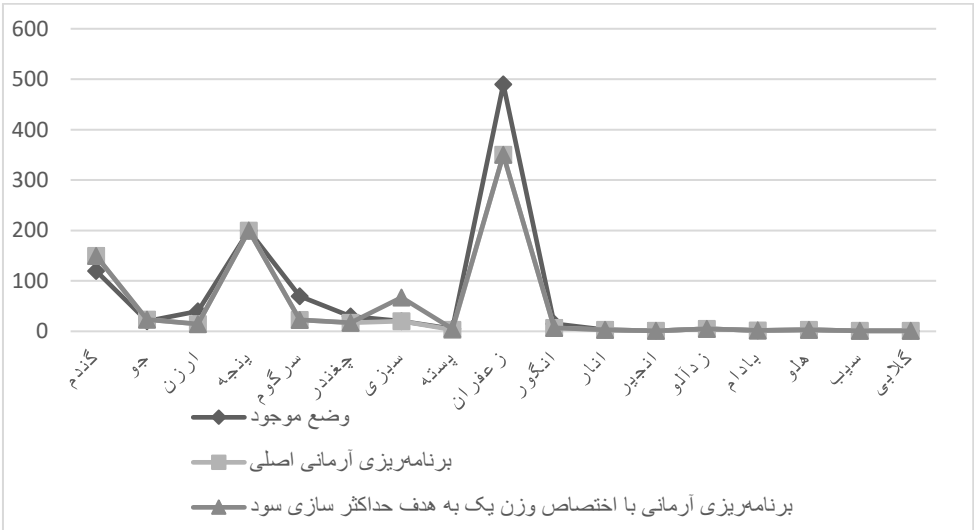
[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

سپس به هدف حداکثر کردن سطح اشتغال وزن یک و به بقیه اهداف وزن صفر را اختصاص داده و مدل حل شده‌است. نتایج حاصل به این صورت است که سطح زیرکشت محصول پسته و زعفران که نیاز به سطح اشتغال بیش‌تری دارد نسبت به مدل اصلی کمی بیش‌تر شده است. برای بهتر نشان دادن نتایج، شکل ۴ رسم شده است:



شکل ٤. مقایسه سطح زیرکشت موجود با سطح زیرکشت برنامه‌ریزی آرمانی اصلی و سطح زیرکشت برنامه‌ریزی آرمانی که هدف حداکثر کردن سطح اشتغال وزن یک دارد

در انتها به هدف حداکثر کردن سود وزن یک و به بقیه اهداف وزن صفر را اختصاص داده و مدل حل شده‌است. نتایج نشان‌دهنده این امر است که سطح زیرکشت محصول پسته و زعفران که نیاز به سطح اشتغال بیش‌تری دارد نسبت به مدل اصلی کمی بیش‌تر شده است. برای بهتر نشان دادن نتایج، شکل ۵ رسم شده است:



شکل ۵. مقایسه سطح زیرکشت موجود با سطح زیرکشت برنامه‌ریزی آرمانی اصلی و سطح زیرکشت برنامه‌ریزی آرمانی که هدف حداکثر کردن سود وزن یک دارد

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

پس از حل مدل آرمانی مربوط به تعیین وزن اهداف، وزن‌های حاصله به این صورت است که سود وزن ۰/۷، سطح اشتغال وزن ۰/۳ و مصرف آب و ریسک وزن ۰ را گرفته‌اند. درباره‌ی وزن مربوط به هدف مصرف آب باید این نکته را بازگو کرد که چون مقادیر مربوط به هدف مصرف آب حاصل از بهینه کردن هر هدف، در بهترین وضعیت قرار دارد و آب در سال جاری به اندازه کافی موجود بوده است، وزن مربوط به هدف مصرف آب صفر شده است.

پس از حل مدل، جهت بررسی عملکرد و مقایسه خروجی با آنچه در شرایط واقعی وجود دارد، رفتار مدل بررسی شد. میزان سود برنامه‌ریزی آرمانی ۰/۰۴ درصد بیش‌تر از منطقه، سطح اشتغال ۰/۰۴ درصد کمتر از منطقه، مصرف آب ۰/۰۹ درصد بیش‌تر از منطقه و ریسک ۰/۵ درصد کمتر از منطقه می‌باشد. در نتیجه تحقق چهار هدف با هم امکان‌پذیر نیست. یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد که با ایجاد تغییر در الگوی کشت می‌توان هدف حداقل کردن ریسک و حداکثر کردن سود را محقق کرد.

در مقایسه با تحقیقات پیشین، مدل در پژوهش‌های اسامه و همکاران [۵]، هائو و همکاران [۷]، شریدار و همکاران [۱۷]، زارع و همکاران [۱۸]، دقیقی و همکاران [۱۹]، العبدالقادر و همکاران [۲۰] و سینگه و همکاران [۲۱] به صورت تک هدفه و خطی می‌باشد اما مدل در پژوهش حاضر چندهدفه و آرمانی است. با توجه به مطالب فوق می‌توان گفت پژوهش حاضر نسبت به پژوهش های انجام شده دارای برتری نسبی است. همچنین به دلیل شباهت‌هایی که مدل با مدل‌های تحقیقات گذشته دارد ساختار مرتبط این پژوهش با بقیه پژوهش‌ها در این زمینه حفظ می‌شود. با این همه اما این تحقیق با محدودیت‌هایی همراه بوده است.

۵ نتیجه‌گیری و ارایه پیشنهادها

پس از حل مدل آرمانی مربوط به تعیین وزن اهداف، وزن‌های حاصله به این صورت است که سود وزن ۰/۷، سطح اشتغال وزن ۰/۳ و مصرف آب و ریسک وزن ۰ را گرفته‌اند. درباره‌ی وزن مربوط به هدف مصرف آب باید این نکته را بازگو کرد که چون مقادیر مربوط به هدف مصرف آب حاصل از بهینه کردن هر هدف، در بهترین وضعیت قرار دارد و آب در سال جاری به اندازه کافی موجود بوده است، وزن مربوط به هدف مصرف آب صفر شده است.

پس از حل مدل، جهت بررسی عملکرد و مقایسه خروجی با آنچه در شرایط واقعی وجود دارد، رفتار مدل بررسی شد. میزان سود برنامه‌ریزی آرمانی ۰/۰۴ درصد بیشتر از منطقه، سطح اشتغال ۰/۰۴ درصد کمتر از منطقه، مصرف آب ۰/۰۹ درصد بیشتر از منطقه و ریسک ۰/۵ درصد کمتر از منطقه می‌باشد. در نتیجه تحقق چهار هدف با هم امکان‌پذیر نیست. یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد که با ایجاد تغییر در الگوی کشت میتوان هدف حداقل کردن ریسک و حداکثر کردن سود را محقق کرد. همچنین این نکته را باید بازگو کرد که برنامه‌ریزی آرمانی در مجموع سطح زیرکشت کمتر نسبت به وضع موجود انجام می‌شود و می‌توان برای زمین‌های باقیمانده نیز برنامه‌ریزی کرد و نتایج بهتری را شاهد بود.

همچنین از آنجایی که یکی از مشکلات جدی در منطقه مورد مطالعه خرده‌مالکی کشاورزها است؛ باید به

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

این نکته توجه کرد که کشاورزهایی که قطعه‌های خیلی کوچک از اراضی را در اختیار دارند که اکثرا این زمین‌ها به صورت منفصل از هم قرار گرفته و امکان انتقال آب در جوی‌های گلی و یا سنتی سخت فراهم می‌شود و فرصت و امکان اجرا کردن طرح‌های مکانیزاسیون کشاورزی، آبیاری نوین وجود ندارد. با فرض تعاونی بودن اراضی و کشت اشتراکی باید به سمت یکپارچه‌سازی اراضی و ایجاد تغییر در نظام بهره‌برداری و تبدیل خرده‌مالکی به عمده‌مالکی پیش رفت.

همان‌طور که پیش‌تر نیز به آن اشاره شد، اهداف این پژوهش شامل حداکثرسازی سود و سطح اشتغال و همچنین حداقل‌سازی مصرف آب و ریسک می‌باشد.علاوه بر این محدودیت‌های لحاظ‌شده شامل محدودیت نیاز آبی گیاه، سرمایه، برطرف کننده تقاضای محلی، ماشین‌آلات، زمین و سطح زیر کشت هستند. با توجه به نتایج حاصل از دادن وزن یک به هر هدف به صورت مجزا و حل مدل آرمانی برای هر کدام، نتیجه می‌گیریم که به دلیل نزدیک بودن جواب‌ها به هم پس منطقه موجه مدل خیلی کوچک می‌باشد و قدرت مانور روی آن کم شده چون محدودیت‌های سختی در منطقه وجود دارد پس نتایج خیلی به هم نزدیک می‌شوند. ازین رو بهتر است که پژوهش به صورت چند دوره‌ای یا فازی حل و نتایج با پژوهش حاضر مقایسه گردد. همچنین می‌توان از نظریه بازی‌ها برای تعیین وزن هر هدف استفاده و نتایج با تحقیق حاضر مقایسه شود.

پیوست‌ها

جدول الف. اهداف مستخرج از ادبیات و منابع آن‌ها

	حداکثرسازی سود	حداقل‌سازی مصرف آب	حداکثرسازی سطح اشتغال	حداقل کردن مصرف کود شیمیایی	حداقل کردن مصرف سموم شیمیایی	حداقل کردن استفاده از ماشین‌آلات	حداکثر کردن تولید	حداکثر کردن بازده برنامه‌ای	حداقل کردن شوری آب	حداکثر کردن درآمد	حداقل کردن انرژی مصرفی کشاورزی	حداقل کردن ریسک
ضیایی و همکاران		•	•	•		•	•	•				
زمانی و همکاران			•	•	•			•			•	
رنجبر نائینی و همکاران												
لسکوکلا یه و همکاران	•	•		•					•	•		
لطیف	•											

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

زاده و همکاران												
اسامه و همکاران	•											
هائو و همکاران	•											
شریدار و همکاران	•											
زارع و همکاران	•											
دقیقی و همکاران	•											
العبدالقاد ر و همکاران									•			
سینگه و همکاران									•			
مانوس و همکاران				•					•			
اشتیاق حسن و همکاران							•				•	
لاله‌زاری و همکاران	•								•			
پژوهش حاضر	•	•	•									•

جدول ب. محدودیت‌های مستخرج از ادبیات و منابع آن‌ها

	آب	توسعه منابع آب تجدیدناپذیر (قنات)	زمین	سرمایه	وام	نیاز آبی گیاه	بیلاز	نیروی انسانی	ماشین آلات	حیوانات	هزینه بذر	هزینه کود	هزینه قایت	تناوب زراعی	نیروی کار	تبخیر و تعرق	درآمد	خودکفایی در محصولات و رفع نیازهای محلی
ضیایی و همکار	•			•	•									•				

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

ان																		
زمانی و همکاران																		
رنجبر نائینی و همکاران																		
لسکوکلایه و همکاران	.																	
لطیف زاده و همکاران	.																	
اسامه و همکاران	.																	.
هائو و همکاران	.																	.
شریدا ر و همکاران	.																	
زارع و همکاران	.																	
دقیقی و همکاران	.																	
العبدالقادر و همکاران	.																	
سینکه و همکاران	.																	
مانو س و همکاران																		
اشتیاق حسن و همکاران																		
لاله‌زاری و همکار	.																	

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

ان																		
پژوهش حاضر																		

منابع

[1] Zahdikivan, M. (1386). Determining the optimal pattern of planting agricultural products in a farm, a stochastic mathematical programming approach. Master's Thesis, Department of Economics, Economic Sciences Orientation, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Isfahan University.

[2] Ahmadi, M. (1377). Determining the composition of production factors and examining the relative advantages of agriculture in Khorasan. Scientific Quarterly - Agricultural Economics and Development Research, 5)19(, 75-84

[3] Pajohande, E. Moghadasi, R. Yazdani, S. Asadpoor, H. (1390). Determining the optimal pattern of cultivation in Dasht Naz Sari company with multiple objectives.

[4] Izadi, A., Davari, K., Alizadeh, A., (2007). Application of combined data model in water level forecasting. Iran Irrigation and Drainage Journal, 2. [In Persian]

[5] Osama, S., Elkholy, M., and Kansoh, R. M. (2017). Optimization of the cropping pattern in Egypt. Alexandria Engineering Journal.

[6] Shahidi, M., Talebi Hosseinabad, F., (2015). Getting to know the basic concepts in the water resources system. Journal of water and sustainable development. [In Persian]

[7] Hao, l., Su, X., and Singh, V. p. (2018). Cropping pattern optimization considering uncertainty of water availability and water saving potential. Int J Agric & Biol Eng.

[8] Ranjber Naini, S., Garshasbi, P., Chatersimab, Z., (2016). Comparison of the role of canals, wells and springs in draining underground aquifers. Abkhan and Qanat magazine, first volume. [In Persian]

[9] Niko, M., Omidar, M., Henr, T., Sepaskhah, A., (2016). Development of a fuzzy model for optimization of cultivation pattern and water allocation based on the theory of cooperative games, case study: Ardebihesht canal of Darudzen Fars irrigation network. Journal of Water and Soil Sciences. [In Persian]

[10] Alipour, A., Davari, K., (2018). Determining the optimal cultivation pattern with the aim of groundwater sustainability. Mashhad: Journal of water research in agriculture. [In Persian]

[11] Hosni Saadi, M., Golkar, A., (2015). Identification and evaluation of cultivation pattern criteria from the point of view of water efficiency. Iranian water management think tank. [In Persian]

[12] Latifzadeh, Sh., Mokhtaran, R., Latifzadeh, L., Hamzeh, S., (2010). Determining the optimal cultivation pattern in the direction of managing agricultural water consumption in the area of Aghili-Gatund irrigation network. Water Engineering Quarterly. [In Persian]

[13] Hosseini, S., Jahandehe, Z., (2015). The challenges of criminal protection of canals. Energy law studies. [In Persian]

[14] Ziyai, S., Sabohi Sabouni, M., (2007) Optimizing the cropping pattern using fuzzy ideal planning with the limit of permissible variations approach: a case study of Neishabur city. Agricultural Economics. [In Persian]

[15] Zamani, A., Qadirzadeh, H., Mortazavi, S., (2012) Determining the cultivation pattern with an emphasis on optimal energy consumption and sustainable agriculture, "case study of Saqez city, Kurdistan province". Agricultural knowledge and sustainable production. [In Persian]

[16] Shirzadi Leskokalaye, S., Sabohi Saboui, M., Jalali, A., (2012). Determining the cultivation pattern of the Kashmir plain based on maintaining the quality of underground water resources. Journal of Economics and Agricultural Development. [In Persian]

[17] Shreedhar, R., Hiremath, C., and Shetty, G. (2015). Optimization of Cropping pattern using Linear Programming Model for Markandeya Command Area. International Journal of Scientific and Engineering Research

[18] Zare, M., and Koch, M. (2014). Optimization of Cultivation Pattern for Maximizing Farmers' Profits under Land- and Water Constraints by Means of Linear-Programming: An Iranian Case Study. Bundesanstalt für Wasserbau.

[19] Daghighi, A., Nahvi, A., and Kim, U. (2017). Optimal Cultivation Pattern to Increase Revenue and Reduce Water Use: Application of Linear Programming to Arjan Plain in Fars Province. Agriculture.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]

[20] Alabdulkader, A. M., Al-Amoud, A. I., and Awad, F. S. (2012). Optimization of the cropping pattern in Saudi Arabia using a mathematical programming sector model. Agric. Econ. – Czech.
[21] Singh, D. K., Jaiswal, C. S., Reddy, K. S., Singh, R. M., and Bhandarkar, D. M. (2001). Optimal cropping pattern in a canal command area. Agricultural Water Management.
[22] Manos, B., Bournaris, T., Papathanasiou, J., and Chatzinikolaou, P. (2008). Evaluation of tobacco cultivation alternatives under the EU common agricultural policy (CAP). Journal of Policy Modeling.
[23] Ishtiaq, H., Muhammad Arif, R., and Izhar Ahmed, K. (2005). Use of Linear Programming Model to Determine the OptimumCropping Pattern, Production and Income Level: A Case Studyfrom Dera Ghazi Khan Division. Journal of agriculture and social sciences.
[24] Lalehzari, R., Asce, S., Boroomand Nasab, S., and Moa, H. (2016). Multiobjective Management of Water Allocation to Sustainable Irrigation Planning and Optimal Cropping Pattern. Journal of Irrigation and Drainage Engineering.
[25] Manos, B., Bournaris, T., Papathanasiou, J., and Chatzinikolaou, P. (2008). Evaluation of tobacco cultivation alternatives under the EU common agricultural policy (CAP). Journal of Policy Modeling.
[26] Ebrahimi Louyeh, A. (1387). Consequences of Groundwater Over- Exploitation (Case Study: Rafsanjan Plain). Iran-Water Resources Research. [In Persian].
[27] Khaledi, k., Kazemi, H., Shahmoradifard, M. (1397). Explaining the real position of Iran's agriculture sector in the national economy by focusing on the added value of agriculture business. Agricultural economy and development. [In Persian].
[28] Hadith Kavand, Alireza Sargazi, Sayeda Siddiqa Ahmadzadeh, Mahmoud Sabouhi. Determining the agricultural program using the mathematical planning model (case study of Borujerd city). Operations research in its applications. 1392; 10 (1) URL: http://jamlu.liau.ac.ir/article-1-568-fa.html [In Persian].
[29] Mostafa Mardani, Mehdi Babaei, Mahmoud Sabohi, Elahe Asmani. Determining the optimal pattern of cultivation using fuzzy ideal planning, case study: Razavi Khorasan province. Operations research in its applications. 1392; 10 (1) URL: http://jamlu.liau.ac.ir/article-1-569-fa.html [In Persian].

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2145]