نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵، ص. ۲۰۶-۱۸۸

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 30, No. 3, Fall 2016, p. 188-206

تدوین الگوی منطقه‌ای کشت محصولات زراعی و باغی در استان اصفهان: رویکرد برنامه‌ریزی ساختاری چند هدفه

مصطفی مردانی[1*]- علیرضا نیکویی[2]- سامان ضیائی[3]- محمود احمدپور[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۲۳

چکیده

اهمیت و ضرورت برنامه‌ریزی منطقه‌ای کشت را می‌توان ناشی از لزوم استفاده بهینه از ظرفیت‌های تولید منطقه‌ای و ارائه راهکارهایی جهت نیل به توازن عرضه و تقاضا در تصمیم‌گیری‌ها و تخصیص منابع تولید کشاورزی دانست. مطالعه حاضر به معرفی الگوی فراگیر برنامه‌ریزی منطقه‌ای کشت محصولات کشاورزی پرداخته که یکی از زیر مجموعه‌های رویکرد برنامه‌ریزی ساختاری چند هدفه (MOSP) بوده و اهداف متفاوتی همچون اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی به صورت مجزا و توأم مورد توجه قرار گرفته است. محدوده مطالعاتی عبارت از اراضی قابل کشت زراعی و باغی در محدوده تقسیمات سیاسی-جغرافیائی ۲۳ شهرستان واقع در استان اصفهان در سال ۱۳۹۳ بود. نتایج نشان داد که در گروه‌های اصلی غلات و علوفه کاهش محسوسی در سطح زیرکشت بهینه مدل چند هدفه به ترتیب به میزان ۳۲ و ۵۸ درصد رخ داده است. افزایش سطح زیرکشت گروه محصولات باغی به میزان ۳۸ درصد در الگوی بهینه مدل چند هدفه از دیگر موارد مهم در تحلیل نتایج بود. در مجموع جهت نیل به اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی ذکر شده در این مطالعه در قالب یک برنامه‌ریزی چند هدفه کاهش ۳۷ درصدی سطح زیرکشت در استان اصفهان اجتناب‌ناپذیر است. دست‌آوردهای این اقدام کاهش مصرف آب آبیاری به میزان ۱۰ درصد، افزایش سود ناخالص به میزان ۲۴ درصد و افزایش تولید به میزان ۱۰ درصد می‌باشد. با توجه به اینکه در طرح برنامه‌ریزی ساختاری الگوی کشت اهدافی متفاوت و گاهاً متضاد مورد نظر بوده و ایجاد مصالحه بین اهداف مورد نظر در مدل برنامه‌ریزی ساختاری چند هدفه امکان‌پذیر است، لذا استفاده از آن برای تصمیم‌گیرندگان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، استان اصفهان، برنامه‌ریزی ساختاری چند هدفه، برنامه‌ریزی منطقه‌ای

مقدمه

تعیین الگوی بهینه کشت هر منطقه از دیرباز جزو وظایف ذاتی وزارتخانه‌های مسئول کشاورزی و از آرزوهای دیرینه دست‌اندرکاران بخش کشاورزی بوده و از دهه پنجاه تاکنون در قوانین متعدد مورد تأکید قرار گرفته است (۳۰). اگر چه در هر برهه‌ای از زمان متناسب با اطلاعات موجود اقداماتی صورت گرفته ولی کامل و جامع نبوده است. در مجموع به نظر می‌رسد الگوی کشت فعلی کشور متأثر از اقدامات گذشته و عمدتا بر پایه منابع آب و خاک موجود و بعضاً مزیت‌های اقتصادی می‌باشد و با توجه به تغییر شرایط آب و هوایی و اقتصادی به دلیل قابل رقابت نبودن تولید برخی از محصولات با چالش‌هایی مواجه می‌شود که نیاز به تغییر الگوی سالانه کشت می‌باشد (۲۸).

در منابع مختلف تعاریف متفاوتی از الگوی کشت ارائه شده است که بعضاً قسمتی از اهداف الگوی کشت را پوشش داده و یا اینکه موضوعات دیگری مانند تناوب زراعی و یا ترکیب کشت را به جای الگوی کشت معرفی کرده است. از دیدگاه مانوس و همکاران (۲۷) الگوی کشت بر مبنای برنامه‌ریزی منطقه‌ای به تعیین نظام کشت مبتنی بر شرایط اقلیمی، بهره‌برداری بهینه از منابع و عوامل تولید متناسب با پتانسیل‌های منطقه‌ای و مزیت اقتصادی با رعایت اصول تولید محصولات کشاورزی و ملاحظات زیست محیطی در راستای سیاست‌های کلان کشور و تأمین امنیت غذایی می‌پردازد (۲۷).

در تعریف فوق اشاره به پتانسیل‌های منطقه‌ای در استفاده از عوامل تولید، نگرشی متفاوت از تعیین الگوی کشت و چگونگی ارتباط مناطق مختلف برای تولید محصولات کشاورزی می‌دهد. اهمیت و ضرورت برنامه‌ریزی منطقه‌ای کشت را می‌توان ناشی از لزوم استفاده بهینه از ظرفیت‌های تولید منطقه‌ای و ارائه راهکارهایی جهت نیل به توازن عرضه و تقاضا در تصمیم‌گیری‌ها و تخصیص منابع تولید

۱، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیاران اقتصاد کشاورزی، دانشگاه زابل (*- نویسنده مسئول: Email: Mostafa.korg@yahoo.com)
۲- استادیار اقتصاد کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

کشاورزی دانست. بنابراین، افزایش یا کاهش سطح زیرکشت محصولات مختلف کشاورزی در مناطق مختلف باید با توجه به محدودیت منابع و همچنین زمین‌های حاصلخیز کشاورزی صورت گیرد و این مسأله لزوم طراحی یک مدل فراگیر الگوی کشت محصولات کشاورزی را آشکار می‌کند (۲۰ و ۳۷).

توجه بیش از حد به رفاه اقتصادی کشاورزان در دهه‌های اخیر منجر به غفلت از پیامدهای مخرب زیست محیطی و اجتماعی شده است. به همین دلیل خلأ استفاده از مدل‌های کارآمدی که بتوانند بطور همزمان تمام جوانب اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را تأمین نمایند، بطور محسوس قابل مشاهده بود (۲۵ و ۲۹). الگوهای برنامه‌ریزی مختلف مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی[1] یا برنامه-ریزی ریاضی[2] قادر به بررسی اثر تصمیمات مختلف کاربردهای شهری، صنعتی، کشاورزی و زیست محیطی منابع تولید کشاورزی می‌باشند (۴۰ و ۴۱). در این میان، الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی به شکل گسترده‌تری مورد استفاده قرار گرفته‌اند (برای نمونه، (۱۶، ۲۶ و ۳۴)). تصمیم‌گیری در شرایطی که چند هدف ویژه در پیش روی مدیران واحدهای مختلف قرار دارد، علاوه بر ابزار تصمیم‌گیری، نیازمند اطلاعات متنوع و مختلفی می‌باشد. ساز و کار یک نظام مدیریتی بر اساس چنین اطلاعاتی و اهداف چندگانه در طول زمان و مکان‌های مختلف، کار ساده‌ای نیست و نیازمند روشی است که بتواند بر اساس مجموعه‌ای از اطلاعات موجود و آرمان‌های متفاوتی که در پیش روی مدیران واحدهای کشاورزی وجود دارد، وی را در جهت اتخاذ یک تصمیم منطقی راهنمایی کند (۵). در ادبیات علمی بهینه‌سازی، نوع مدل تصمیم‌گیری مناسب در چنین شرایطی به یکی از روش‌های چند معیاری[3]، چند هدفی[4]، اهداف متقابل[5] و چند خصلتی[6] طبقه‌بندی می‌شود. وجه مشترک تمامی این روش‌ها، آن است که یک توافق کامل در خصوص یک هدف ویژه ساده بدست نمی‌آید. از این جهت، استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی در ارائه الگوی کشت بهینه از مزیت‌های قابل توجهی برخوردار است و به همین دلیل، در مطالعات مختلف از آن استفاده شده است (۵ و ۱۴). با استفاده از الگوی‌های برنامه ریزی تک هدفه و یا چند هدفه، تحقق هدف افزایش بهره‌وری از طریق تأمین حداکثر بازده ناخالص (۱۱، ۲۲ و ۳۳)، حداقل‌سازی مصرف آب آبیاری (۳-۵)، حداقل‌سازی ریسک (۱، ۱۱، ۱۴، ۲۳، ۳۵ و ۳۸) و با توجه به اهمیت نگرش زیست محیطی به مصرف نهاده‌های آب، کود شیمیایی و سموم شیمیایی، بهینه‌سازی الگوی مصرف این نهاده‌ها معطوف گردیده (۳، ۱۰، ۲۴، ۳۳ و ۳۹) انجام پذیرفته است.

برنامه‌ها برای مقاصد متنوعی تنظیم می‌شوند و به فراخور هر وضعیت به گونه‌ای متناسب با آن شکل می‌گیرند (۲ و ۱۳). از این دیدگاه برنامه‌ریزی الگوی کشت را می‌توان به سه قالب کلی برنامه استراتژیک[7]، برنامه ساختاری[8] و یا برنامه عملیاتی[9] تقسیم‌بندی کرد (۲۷). برنامه استراتژیک تبیین کننده یک خط و مشی کلی برای الگوی کشت بوده و عمدتاً در سطوح بالای برنامه‌ریزی صورت می‌گیرد. برنامه ساختاری پس از تعیین برنامه‌های استراتژیک، در راستای تعیین ارجاعات مکانی در مقیاس‌های بزرگ (به عنوان مثال تا سطح استان، شهرستان و یا واحدهای هیدرولوژیکی) است. عمده مطالعاتی نیز که در گذشته در مورد الگوی کشت توسط مشاورین مختلف، کارشناسان بخش اجرا و یا دانشجویان انجام شده، در این مقیاس انجام شده است (به عنوان نمونه: (۱، ۷، ۹، ۲۷ و ۲۸)).

بارزترین مطالعه‌ای که از برنامه‌ریزی ساختاری در جهت تعیین الگوی کشت استفاده شده می‌توان به مطالعه جولایی و همکاران (۲۰) که به ارائه یک مدل برنامه‌ریزی چند منطقه‌ای پرداخته و این مدل را در سه شهرستان استان فارس بکار گرفتند، اشاره کرد. مدل پیشنهادی آنان و توانایی تمایز منابع مشترک و غیر مشترک را داشت. نتایج حل مدل چند منطقه‌ای نشان داد که با کابرد این مدل می‌توان سود کل را نسبت به وضع موجود ۲/۰۳ درصد افزایش داد. نمونه‌ای بارز از مشکلاتی که در مطالعه آنان وجود دارد این است که تنها به بررسی سه شهرستان واقع در استان فارس پرداخته شده و بعلت گستردگی برنامه‌ریزی منطقه‌ای جهت حل مدل از روش تجزیه بندر استفاده شده که این روش بسیار زمان‌بر و پیچیده است. همچنین، در مطالعه مانوس و همکاران (۲۷) به طراحی یک مدل برای تعیین الگوی کشت مناطق شمالی مصر پرداخته و از مدل‌های برنامه‌ریزی ساختاری چند هدفه (MOSP)[10] جهت حل آن استفاده کرده‌اند. نتایج کلی حاصل از این مطالعه بیانگر توانایی بیشتر مدل‌های چندهدفه نسبت به مدل‌های تک هدفه بود. در این مطالعه نیز مانند مطالعه جولایی و همکاران (۱۶) بعلت گستردگی مدل، از ده منطقه تحت واقع در شمال مصر تنها به بررسی چهار منطقه پرداخته شده است.

در یک برنامه عملیاتی امکان تعمیم نتایج به دست آمده از الگوی مزارع نماینده برای بهره‌برداران زراعی و باغی محدوده مطالعاتی وجود دارد. مجموعه برنامه‌های یاد شده در سطوح مختلف، ناقض یکدیگر نبوده بلکه به دلیل محدودیت‌های اطلاعاتی، هزینه‌ای، اعتباری و فنی (تعداد زیاد متغیرها و حجم زیاد اطلاعات)، مکمل یکدیگر

1- Geographical information system (GIS)
2- Mathematical programming (MP)
3- Multi criteria
4- Multi objective
5- Competing objective
6- Multi attribute

7- Strategic plan
8- Structural plan
9- Implementation plan
10- Multi-objective structural planning (MOSP)

می‌باشند. آنچه در مطالعه جاری انجام شد، ارائه یک برنامه ساختاری به تفکیک تقسیمات سیاسی استان بوده است. نتایج حاصل از این مطالعه قابلیت کاربرد برای تدوین یک برنامه عملیاتی (به عنوان قیود تعیین کننده حداکثر و حداقل تولید هر منطقه) را خواهد داشت. استفاده از این نوع برنامه‌ریزی در مطالعات فتحی و زیبایی (۱۲) برای تعیین الگوی کشت، استراتژی و روش آبیاری بهینه در جهت پایداری منابع آب فیروزآباد فارس، مجیدی و همکاران (۲۵) برای تعیین الگوی کشت بهینه همسو با مدیریت منابع آب در دشت مشهد چناران و موسوی و اکبری (۳۲) برای بررسی الگوی کشت بهینه و تأثیر آن بر مدیریت منابع آبی در منطقه مرودشت مشاهده می‌شود. البته به لحاظ تعریفی که در مورد برنامه‌ریزی عملیاتی مطرح شد، مشکل عمده موجود در این مطالعات عدم تعمیم نتایج مزارع نماینده به کل مزارع می‌باشد.

استان اصفهان با بیش از ۱۰۷ هزار کیلومتر مربع مساحت و تنوع جغرافیایی خود متشکل از ارتفاعات، اراضی پایکوهی و دشت‌ها بوده بر اساس آخرین تقسیمات کشوری در سال ۱۳۹۲ شامل ۲۳ شهرستان، ۱۰۷ شهر و ۱۲۷ دهستان می‌باشد (۱۸). بخش کشاورزی در استان اصفهان به عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی می‌باشد. بر اساس آمارنامهٔ کشاورزی منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۳-۹۲ استان اصفهان با ۲۷۵۲۶۹ هکتار مجموع اراضی آبی و دیم کشت شده، ۲/۱۶ درصد از سطح اراضی کل کشور را شامل شده است و از این حیث، رتبهٔ هفدهم را در بین استان‌های کشور به خود اختصاص داده است. بررسی میزان تولید محصولات سالانه در سال مورد بررسی نشان می‌دهد که استان اصفهان از نظر مقدار تولید محصولات زراعی سالانه آبی در رتبهٔ هفتم کل کشور قرار می‌گیرد. استان اصفهان با داشتن ۳/۱۴ درصد سطح باغات کشور، جایگاه هشتم را در بین سایر استان‌ها در بر می‌گیرد. این در حالی است که تولید حدود ۳۹۴ هزار تنی محصولات باغی که باعث تخصیص سهم ۲/۲ درصدی تولید کل کشور برای این محصولات به استان اصفهان شده است، جایگاه استان اصفهان را با رتبهٔ چهاردهم در بین استان‌های کشور قرار داده است. همچنین، استان اصفهان با قرارگیری در منطقه خشک و نیمه خشک مرکزی یکی از استان‌های کم آب ایران است که همواره تحت تأثیر پدیده خشکسالی بوده است. گسترش اراضی تحت آبیاری از طریق احداث و توسعه شبکه‌های آبیاری و توسعه صنایع در استان اصفهان حجم قابل ملاحظه‌ای از منابع آب استان به ویژه رودخانه زاینده رود را مصرف می‌نماید (۳۱). بررسی آمار فوق مشخص می‌کند که این استان به لحاظ ایجاد برنامه زراعی مدون و منعطف نیازمند بازنگری است.

مواد و روش‌ها

اهمیت و ضرورت تحلیل‌های منطقه‌ای که خاستگاه آن برنامه‌ریزی ساختاری است را می‌توان ناشی از لزوم تعادل و توازن منطقه‌ای و ارائه راهکارهایی جهت نیل به توازن و عدم تمرکز در تصمیم‌ها و تخصیص منابع دانست (۴۲). در مطالعه حاضر سعی در مدل‌سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی استان اصفهان با توجه به خصوصیات برنامه‌ریزی ساختاری شده است. دستیابی به اهداف اصلی الگوی کشت با توجه به تعریفی که از آن در قسمت قبل شد، مستلزم توجه به اهداف متفاوت و گاهاً متضادی چون حداکثرسازی سود ناخالص (هدف اقتصادی)، حداقل‌سازی هزینه استفاده از کود و سم (هدف زیست محیطی)، حداقل‌سازی مصرف آب آبیاری (هدف زیست محیطی) و حداکثرسازی استفاده از نیروی‌کار (هدف اجتماعی) است. همچنین، برنامه‌ریزی الگوی کشت در مقیاس تقسیمات سیاسی مانند شهرستان و استان منجر به باز شدن مبحث نوعی از برنامه‌ریزی شده که بتواند از یکسو پاسخگوی دورنمای ملی (برنامه‌ریزی استراتژیک) و از سوی دیگر قابلیت ایجاد راهبردهای مختلف برای برنامه‌های عملیاتی را داشته که نتیجه این امر به تهیه یک برنامه‌ریزی ساختاری منتهی می‌گردد. ادغام این دو مسئله با یکدیگر منجر به الگوسازی در قالب یک برنامه‌ریزی ساختاری چندهدفه (MOSP) می‌گردد.

واضح است که معیارهای اندازه‌گیری در اهداف مذکور کاملاً متفاوت است. بعنوان نمونه هدف حداکثرسازی سود که با واحد پولی اندازه‌گیری شده متفاوت از هدف حداقل‌سازی آب آبیاری با واحد حجمی است. استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی چندهدفه مستلزم استفاده از روش‌هایی جهت همگون‌سازی (متجانس کردن) معیارهای اندازه‌گیری در اهداف متفاوت می‌باشد. در مطالعه حاضر جهت متجانس کردن اهداف از مدل برنامه‌ریزی غیر خطی فازی چند هدفه برگرفته از مطالعهٔ جانز و بارنز (۱۹) استفاده شده که شکل عمومی این الگو به صورت زیر می‌باشد:

$$Max: \lambda = \left[\sum_{j=1}^{M} w_j \lambda_j^{\ P}\right]^{\frac{1}{P}} \quad (۱)$$

S. t.

$$\lambda_j(Z_j^{Max} - Z_j^{Min}) + Z_j(x^*) \le Z_j^{Max} \quad When \quad Z_j^{Min} is \ best \quad (۲)$$

$$Z_j(x^*) - \lambda_j(Z_j^{Max} - Z_j^{Min}) \ge Z_j^{Min} \quad When \quad Z_j^{Max} is \ best \quad (۳)$$

$$A_{hi} x_i \le b_h \quad (۴)$$

$$x_i \ge 0 \quad (۵)$$

$$0 \le \lambda \le 1 \quad (۶)$$

i= 1, 2, … , n t= 1, 2, 3 j= 1,2, … , 4 h = 1, 2, …. , q

در روابط بالا، x_i سطح زیر کشت محصول i ام و λ_j مسافت تا حد آرمانی هدف j ام عبارت از متغیرهای تصمیم الگو هستند که بایستی مقادیری بهینه آنها پس از حل آن به دست آیند.

رابطه (۱) تابع هدف الگو می‌باشد که در آن λ جمع موزون

(مرکب) آرمانی اهداف مورد نظر در این مطالعه است که هدف حداکثر کردن آن است. در این رابطه، w_j وزن هدف j ($\sum_{j=1}^{M} w_j = 1, w_j \geq 0$) و P عامل تعادلی اهداف است. این عامل به نوعی درجه جانشینی بین اهداف را مشخص می‌کند. در حالت P برابر ۱، بیشترین درجه جانشینی و در حالت P برابر ۳، اهداف از کمترین درجه جانشینی برخوردارند. روابط ۲ و ۳ تابع عضویت اهداف یاد شده در الگوی مطالعه را مشخص می‌کنند. در این روابط، $Z_j^{\min}$ و $Z_j^{\max}$ به ترتیب حداقل و حداکثر هدف j ام، $Z_j(x^*)$ مقدار بهینه هدف و x^* جواب بهینه است و اختلاف $Z_j^{\min}$ و $Z_j^{\max}$ را با عنوان حد تحمل تعریف می‌کنند. مجموع روابط (۱) تا (۳) مشروط بر محدودیت‌های فنی در قالب رابطه (۴) در نظر گرفته می‌شوند. در این رابطه، A_{hi} ضریب فنی i امین محصول برای h امین محدودیت (منابع تولید) و b_h، موجودی h امین محدودیت (منابع تولید) در الگو می‌باشد. محدودیت‌های الگو شامل محدودیت زمین، آب و محدودیت‌های خاص روش حل مقید برنامه‌ریزی چند هدفی (شامل محدودیت سطح بازده برنامه‌ای مشخص و میزان معین از مصرف آب) است.

پس از مشخص شدن الگوی مورد استفاده برای بهینه‌سازی فعالیت‌ها در چارچوب تأمین آرمان‌های یاد شده، بایستی محدودیت‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری برای رسیدن به اهداف مشخص در هر گزینه را مشخص کرد. به طور کلی، این یک فرآیند ذهنی است که کاملاً مشخص و مستند نیست و وابسته به ترجیحات و دانش تصمیم گیرنده است. برای در نظر گرفتن دانش و ترجیحات تصمیم گیرنده، وزن‌هایی بر حسب اهمیت اهداف رقیب به آنها داده می‌شود (۸). با فرض اینکه $n \in [1, N]$ و N مناطق (شهرستان‌ها) و $j \in [1, M]$ که j شماره معیار (هدف) مورد نظر را مشخص می‌کند و همچنین، Z_j^n مقداری است که معیار j برای بهره‌بردار n اختیار می‌کند، آنگاه روش کار برای به دست آوردن تابع عضویت شاخص j را برای منطقه n در شرایطی که کمترین مقدار شاخص به عنوان حد آرمانی در نظر گرفته می‌شود (در اینجا، مصرف آب و مصرف کود شیمیائی) را می‌توان بصورت زیر تعریف نمود (۶):

$$\lambda_j(n) = \begin{cases} 1 & if \quad Z_j^n \leq Z_j^{\min}, \\ \dfrac{Z_j^{\max} - Z_j^n}{Z_j^{\max} - x_j^{\min}} & if \quad Z_j^{\min} \leq Z_j^n \leq Z_j^{\max}, \\ 0 & if \quad Z_j^n \geq Z_j^{\max}, \end{cases} \qquad (۷)$$

که در آن تابع $\lambda_j(n)$ درجه برخورداری nامین بهره‌بردار را نسبت به معیار j اندازه‌گیری می‌کند. به همین ترتیب اگر بیشترین مقدار اهداف به عنوان حد آرمانی تعریف می‌شود (در اینجا، بازده برنامه‌ای و اشتغال) تابع عضویت $\lambda_j(n)$ بصورت زیر تعریف خواهد شد:

$$\lambda_j(n) = \begin{cases} 1 & if \quad Z_j^n \geq Z_j^{\max} \\ \dfrac{Z_j^n - Z_j^{\min}}{Z_j^{\max} - Z_j^{\min}} & if \quad Z_j^{\min} \leq Z_j^n \leq Z_j^{\max} \\ 0 & if \quad Z_j^n \leq Z_j^{\min} \end{cases} \qquad (۸)$$

توابع یاد شده توابعی افزایشی از درجه برخورداری الگو بوده و مقادیری بین صفر و یک اختیار می‌کنند. این توابع عضویت برای رتبه‌بندی اهداف مد نظر بهره‌برداران مطالعه جاری استفاده شد. در این مطالعه با استفاده از روش میانگین وزن هندسی برای توابع عضویت اهداف مناطق بصورت زیر تعیین گردید (۸):

$$\lambda(i) = \sum_{i=1}^{M} w_j \lambda_j(i) \qquad (۹)$$

مقادیر وزن اهداف باید بین حداکثر و حداقل باشد و بر این اساس وزن اهداف بصورت زیر تعریف می‌گردد (۸):

$$w_j = \ln(\frac{1}{\lambda_j}) / \sum_{j=1}^{M} \ln(\frac{1}{\lambda_j}) \qquad (۱۰)$$

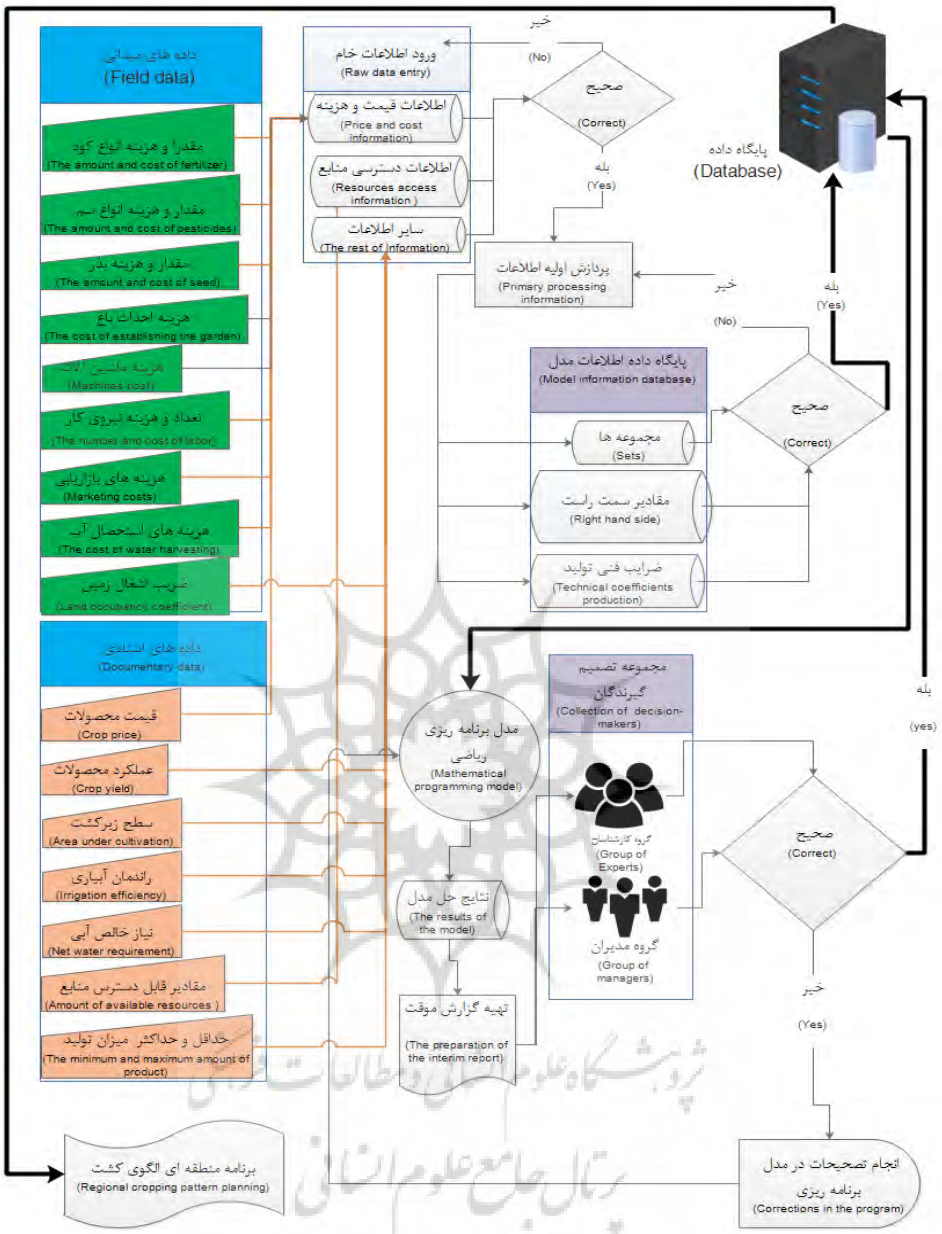
در روابط فوق w_j تابعی معکوس از میانگین سطح اهداف نسبت به هدف j است. تابع لگاریتمی نیز بیانگر آن است که اولویت هر الگوی بهینه تابعی غیرخطی از اهداف مورد استفاده می‌باشد.

به دلیل غیر خطی بودن تابع مسافت مرکب آرمانی مطالعه جاری، از روش برنامه‌ریزی غیر خطی[1] برای حل آن استفاده خواهد شد. به این ترتیب، با توجه به فازی سازی اهداف مطالعه و تلاش در جهت تحقق یک آرمان کلی بر اساس حداکثر کردن مقدار تابع مسافت مرکب آرمانی آن‌ها، ساختار مدل تصمیم‌گیری به شکل یک مدل برنامه‌ریزی غیر خطی فازی چند هدفه[2] که امکان مصالحهٔ چند هدف هدف را بطور توأم، مشروط بر محدودیت منابع فراهم می‌نماید طراحی شد.

تحقق اهداف این مطالعه با توجه به حجم بالای اطلاعات ورودی و همچنین تعداد زیاد معادلات و متغیرها نیازمند انجام یک فرآیند گسترده و پی در پی می‌باشد (شکل ۱). در این فرآیند سه جزء اصلی پایگاه داده‌ها، الگوی برنامه‌ریزی و در نهایت مجموعه تصمیم‌گیرندگان وجود دارد که ارتباط به هم پیوسته‌ای بین اجزاء آن ملاحظه می‌شود.

کلیه اطلاعات لازم که به دو شیوه مطالعات پیمایشی و اسنادی جمع‌آوری شده در پایگاه داده ذخیره شد. سپس این داده‌های خام جهت استفاده در الگوی برنامه‌ریزی مورد پردازش قرار گرفتند.

1- Non-linear programming (NLP)
2- Multi objective fuzzy non-linear programming (MOFNLP)



شکل ۱- شمای کلی فرآیند تهیه برنامه‌ریزی منطقه‌ای کشت

Figure 1- Overview of the process of cultivation regional planning

الگوریتم‌های ریاضی الگوی برنامه‌ریزی منطقه‌ای مورد استفاده در محیط بسته نرم‌افزاری GAMS توسعه داده شد (ضمیمه: مدل ریاضی مورد نظر برای حل مسأله الگوی کشت منطقه‌ای استان اصفهان).

این الگو، به طور مستقیم با پایگاه داده‌ها جهت دریافت داده‌های پردازش شده و همچنین بارگذاری نتایج حاصله از حل الگو در ارتباط کامل بود. روش بهینه‌سازی انتخاب شده برای حل این الگو عبارت از CONOPT3 بود که یک بهینه‌ساز برای حل مسائل برنامه‌ریزی غیر خطی بزرگ مقیاس است. CONOPT3 بر اساس روش گرادیان کاهش یافته عمومی (GRG)[1] عمل نموده و در نرم‌افزار GAMS

1- Generalized reduced gradient

توسط شرکت مشاوره و توسعه ARKI در کشور دانمارک راه‌اندازی و توسعه داده شده است (۱۵).

مجموعه محدودیت‌های مدل به سه قسمت اصلی محدودیت‌های منابع تولید (آب آبیاری، زمین و سایر نهاده‌ها)، محدودیت‌های اقتصادی و محدودیت‌های حداکثر و حداقل سطح زیرکشت و تقاضای محصولات کشاورزی می‌باشد. متغیرهای تصمیم در این مدل ریاضی بسیار زیاد بوده که مهمترین آن‌ها متغیر سطح زیرکشت، میزان آب آبیاری، هزینه تولید کل، هزینه استحصال و بهره‌برداری از آب آبیاری و سود ناخالص می‌باشد. اهداف مورد نظر در این مطالعه که بر اساس مطالعات اخیر انتخاب شده‌اند نیز شامل حداکثرسازی سود ناخالص (اقتصادی)، حداقل‌سازی هزینه استفاده از کود و سم (زیست محیطی)، حداقل‌سازی مصرف آب آبیاری (زیست محیطی) و حداکثرسازی استفاد از نیروی کار (اجتماعی) می‌باشد. شایان ذکر است که وزن‌های در نظر گرفته شده جهت حل الگوی برنامه‌ریزی چند معیاره با استفاده از نظرات کارشناسان و خبرگان بخش کشاورزی و به شیوه تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1] برآورد گردیدند (۲۱). همچنین، جهت ورود گیاهان چند ساله به مدل، معادل هزینه و درآمد یکنواخت سالانه آن‌ها محاسبه و در مدل دخالت داده شد. از طرف دیگر به منظور جلوگیری از کاهش سطوح باغات استان، طبق مشورتی که با کارشناسان هر شهرستان صورت پذیرفت و بر اساس اینکه افزایش سطوح و نوسازی باغات در چند سال گذشته در دستور کار سازمان جهاد کشاورزی استان بوده است، قید شماره ۱۳ برای محصولات باغی معادل سطح جاری هر شهرستان در نظر گرفته شد، به گونه‌ای که سطوح باغات از سطوح جاری کمتر نخواهد شد.

اطلاعات مربوط به هزینه تولید و درآمد محصولات کشاورزی از طریق تکمیل ۲۳ پرسشنامه استاندارد سازمان جهاد کشاورزی به تفکیک محصولات زراعی و باغی توسط کارشناسان هر شهرستان در سال ۱۳۹۳ جمع آوری گردید[2]. سایر اطلاعات نیز از سازمان‌ها و ادارات دولتی اعم از سازمان جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، شرکت میراب زاینده رود و سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان دریافت گردید.

در الگوی مورد نظر در مرحله اول حداقل نیازهای خود مصرفی محصولات تولیدی شهرستان‌ها بر اساس اطلاعات و آمار مرتبط با تقاضای شهرستانی از طریق مطالعات اسنادی برآورد شد. همچنین، به منظور جلوگیری از انحراف الگو به سمت محصولاتی که می‌توانند تقاضای کافی در استان برای آنها نباشد (مثلا گیاهان داروئی)، حداکثر تقاضای استانی بر اساس مطالعات اسنادی و مصاحبه با کارشناسان شهرستانی و خبرگان استان، برآورد شد. این دو گروه اطلاعات، به عنوان قیودی با استفاده از معادله‌های شماره ۲۷ و ۲۸ تحت عنوان " مجموعه محدودیت‌های حداقل و حداکثر تقاضا برای محصولات کشاورزی" در مدل اعمال شد (ضمیمه). این مجموعه معادلات قابلیت اعمال در سطح استان مثلاً مجموع نیاز کارخانجات داروئی استان به گیاهان داروئی به عنوان قید حداکثر و هم در سطح شهرستان مثلا حداقل نیاز واحدهای دامپروری شهرستان به علوفه تولیدی مزارع، را دارا می‌باشند. در مرحله دوم، پس از به دست آوردن نتایج اولیه، این نتایج در قالب یک کارگاه آموزشی-عملی با حضور کارشناسان شهرستانی و کشاورزان منتخب، جهت واسنجی نتایج، ارائه شد و قیود در نظر گرفته شده بر اساس خروجی نقطه نظرات جلسه، مورد بازنگری قرار گرفت. در مرحله سوم نتایج حاصل از الگوی نهائی استان با مسئولین کشاورزی استان، مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به فراگیر بودن مدل ارائه شده در این مطالعه، امکان ارائه نتایج هم به صورت کلی (استانی) و هم منطقه‌ای (شهرستانی) وجود دارد. بعبارت دیگر، پس از حل مدل مورد نظر، نتایج به صورت شهرستانی ارائه شده و در مجموع الگوی کشت استان نیز قابل استخراج است. البته باید دقت داشت که این مدل برای تک تک شهرستان‌ها اجرا نشده است؛ بلکه به صورت مجموع و در آن واحد برای کلیه شهرستان‌ها اجرا شده است. جدول ۱ سطح زیرکشت جاری و بهینه گروه اصلی محصولات کشاورزی استان اصفهان به تفکیک اهداف مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به اهمیت هر یک از اهداف که توسط کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان و با استفاده از روش AHP جمع‌بندی شده، وزن‌های در نظر گرفته شده جهت حل مدل برنامه‌ریزی چند هدفه برای حداکثرسازی سود ناخالص، حداکثرسازی استفاده از نیروی کار، حداقل‌سازی مصرف کود شیمیایی و آفت‌کش و حداقل‌سازی مصرف آب آبیاری به ترتیب ۰/۳، ۰/۰۵، ۰/۱۵ و ۰/۵ می‌باشد. اولویت‌بندی در وزن‌دهی به اهداف مطالعه حاضر، مشابه اولویت‌بندی آرمان‌ها در برنامه‌ریزی فازی آرمانی در مطالعه مردانی و همکاران (۲۸) برای خراسان رضوی بوده که نشان‌دهنده بحرانی بودن وضعیت منابع آب در هر دو استان اصفهان و خراسان رضوی است. ملاحظه می‌شود که در گروه غلات کاهش سطح زیرکشت به طور محسوسی در کلیه الگوهای ارائه شده در

1- Analytic hierarchy process

۲- لازم به ذکر است که، مبنای تکمیل پرسشنامه مذکور توسط کارشناسان هر شهرستان براساس تکمیل همین نوع پرسشنامه برای تعداد بهره برداران زراعی و باغی وارد شده در جمعیت نمونه طرح هزینه تولید محصولات زراعی و باغی که از روش نمونه گیری سیستماتیک صورت پذیرفته، می باشد و جمع بندی نتایج در پرسشنامه نهائی هر شهرستان، وارد شده و با مکاتبه رسمی مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان جهت استفاده در این تحقیق، از طریق سازمان جهاد کشاورزی استان در اختیار محققین قرار گرفته است.

مدل‌ها نسبت به الگوی جاری نمایان است. این کاهش سطح زیرکشت در دو الگوی حداقل مصرف آب آبیاری و حداقل مصرف آفت‌کش و کود شیمیایی بسیار شدید بوده و باعث کاهش سطح زیرکشت از ۱۵۴۷۷۲ هکتار در الگوی جاری به ۲۴۸۲۹ و ۳۰۳۳۳ هکتار به ترتیب در الگوهای مذکور شده است. در مصالحه‌ای که بین تمام اهداف مطالعه وجود دارد (الگوی چند هدفه)، کاهش ۳۲ درصدی سطح زیرکشت گروه غلات ملاحظه می‌شود (کاهش از سطح زیرکشت الگوی جاری به ۱۰۵۲۱۱ هکتار در الگوی چند هدفه). در گروه محصولات علوفه‌ای نیز اتفاقی مشابه به گروه غلات رخ داده است؛ بطوری که سطح زیرکشت این گروه از محصولات کاهش شدید ۵۸ درصدی را تجربه کرده است. این امر به دلیل نیاز خالص آبی زیاد این محصولات که به طور متوسط ۹۳۰۰ متر مکعب در هکتار بوده که از سایر گروه محصولات بیشتر است. کاهش سطح زیرکشت گروه اصلی غلات و علوفه در مناطق مختلف استان اصفهان در مطالعات صبوحی و مردانی (۳۵) نیز نمایان است. بررسی الگوی چندهدفه در سایر گروه اصلی محصولات نشان دهنده افزایش سطح زیرکشت این محصولات با درصدهای متفاوت است. اهم این افزایش سطح زیر کشت در الگوی چند هدفه مربوط به محصولات باغی به میزان ۳۸ درصد بوده است. بطور کلی سطح زیرکشت کل در استان اصفهان از ۳۳۲۸۰۹ هکتار در الگوی جاری به ۲۴۸۹۹۵ هکتار در الگوی چند هدفه نزول پیدا کرده است (کاهشی ۳۷ درصدی).

جدول ۱- سطح زیر کشت گروه اصلی محصولات کشاورزی در استان اصفهان به تفکیک اهداف مورد مطالعه (واحد: هکتار)

Table 1- Area under cultivation of agricultural products of Isfahan province separation of the objectives of the study

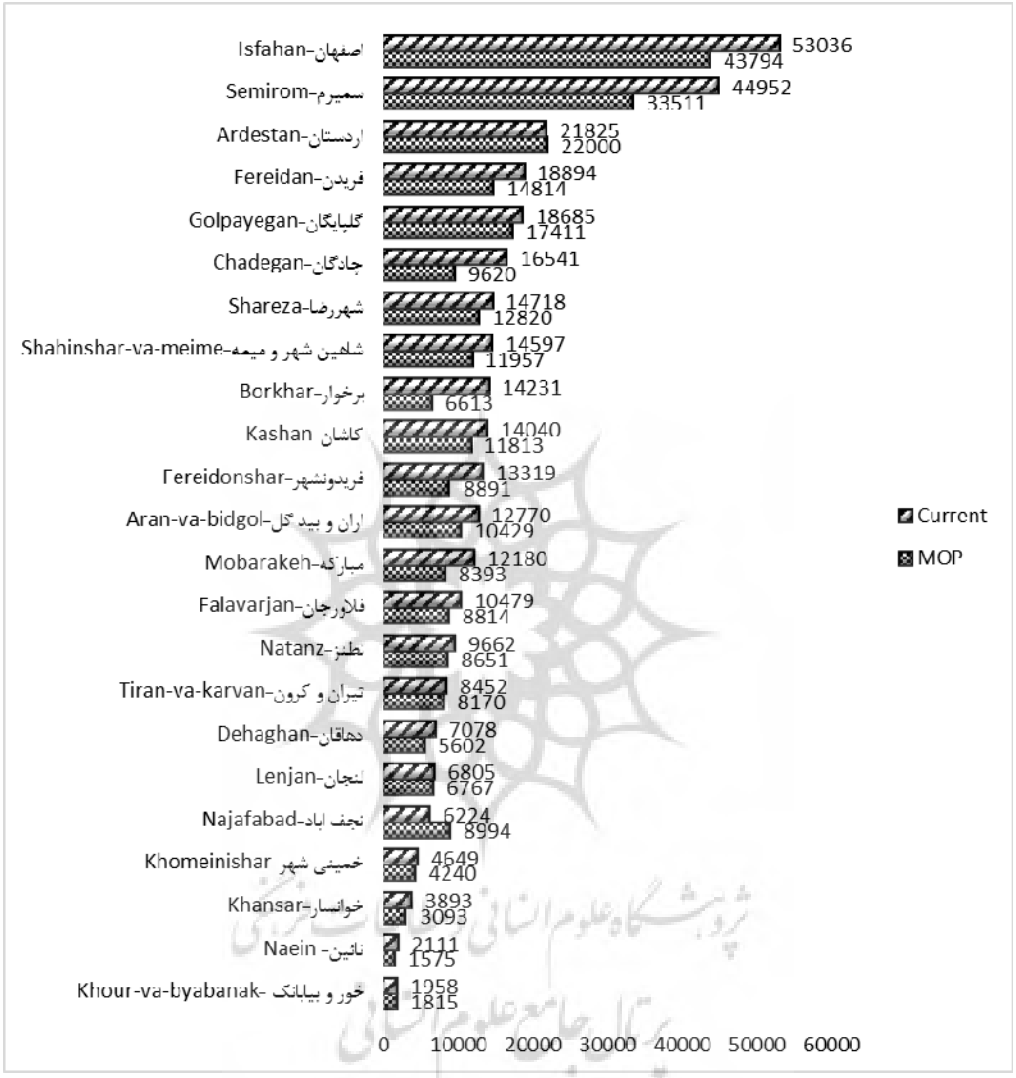
گروه محصولات زراعی Crop group products	چندهدفه Multi objective	حداکثرسازی نیروی کار Maximizing Labour	حداقل‌سازی مصرف آفت‌کش و کود شیمیایی Minimizing use of pestiside and fertilizer	حداقل‌سازی مصرف آب Minimizing use of water	حداکثرسازی سود ناخالص Maximizing gross margin	جاری Current
غلات Cereals	105211	139532	30333	24829	137153	154772
علوفه Forage	20712	19790	26331	16003	19598	48861
صیفی Kitchengarden	25789	26429	527	1365	8887	8098
صنعتی Industrial	14289	15495	26802	7091	17640	7248
سبزی Vegetable	36637	45385	20262	20540	26071	23378
دارویی Pharmaceutical	4549	7375	-	-	10766	1930
حبوبات Beans	21755	27579	10711	6652	8277	10962
باغی Horticultural	125264	118249	117303	138789	153632	77560
مجموع Total	248995	399834	232269	215269	382024	332809

مأخذ: یافته های تحقیق

Source: Research findings

شکل ۳ سطح زیرکشت کل در شهرستان‌های استان اصفهان را در الگوی جاری و مدل برنامه‌ریزی چند هدفه نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در تمامی شهرستان‌ها به جز شهرستان‌های نجف‌آباد و اردستان سطح زیرکشت کل در مدل چند هدفه کمتر از الگوی کشت جاری می‌باشد. بیشترین سطح زیرکشت مربوط به شهرستان اصفهان با وسعت ۵۳۰۳۶ و ۴۳۷۹۴ هکتار به ترتیب در الگوی جاری و مدل چند هدفه می‌باشد. شهرستان سمیرم در رتبه دوم سطح زیرکشت کل قرار داشته و مقدار آن در الگوی جاری ۴۴۹۵۲ هکتار و در الگوی

بهینه مدل چند هدفه ۳۳۵۱۱ هکتار می‌باشد. کمترین سطح زیرکشت کل در الگوی جاری مربوط به شهرستان‌خور و بیابانک (۱۹۵۸ هکتار) و در الگوی بهینه چند هدفه مربوط به شهرستان نائین (۱۵۷۵ هکتار) می‌باشد. بیشترین کاهش سطح زیرکشت کل محصولات کشاورزی در الگوی بهینه چند هدفه نسبت به الگوی جاری مربوط به شهرستان برخوار است؛ به بطوری که سطح زیرکشت کل از ۱۴۲۳۱ هکتار در الگوی جاری به ۶۶۱۳ هکتار در الگوی بهینه مدل چند هدفه کاهش یافته (کاهش ۵۳ درصدی) و این نتیجه دور از انتظار نیست. دلیل این امر محدودیت شدید منابع آب در شهرستان برخوار بوده که جزء شهرستان‌های گرم و خشک استان اصفهان محسوب می‌گردد.



شکل ۳- سطح زیر کشت کل در شهرستان‌های استان اصفهان در الگوی جاری و برنامه ریزی چند هدفه

Figure 3- The total cultivated area in the cities of Isfahan province in the current pattern and multi-objective planning

جدول ۲ درصد تغییرات برنامه‌ریزی منطقه‌ای چند هدفه پیشنهادی نسبت به نتایج ترکیب کشت جاری گروه اصلی محصولات استان اصفهان را ارائه می‌دهد. حداکثر تغییر در الگوی کشت منطقه‌ای برای گروه اصلی غلات مربوط به شهرستان‌های فریدونشهر، خوانسار و نائین به میزان ۲۲ درصد افزایش و شهرستان‌های اردستان و آران و بیدگل به ترتیب به میزان ۹۸ و ۹۵ درصد کاهش می‌باشد. در بین گروه‌های اصلی محصول کمترین افزایش مربوط به غلات بوده که نتیجه‌ای متضاد نسبت به مطالعه سخدری و صبوحی (۳۶) در شهرستان نیشابور را نشان می‌دهد. نکته قابل توجه در این جدول کاهش بیش از ۹۰ درصدی سطح زیر کشت گروه اصلی علوفه در ۱۱ شهرستان است. در این گروه حداکثر افزایش سطح زیرکشت مربوط به شهرستان آران و بیدگل به مقدار ۵۴ درصد

می‌باشد. در گروه اصلی صیفی بیشترین افزایش سطح زیرکشت مربوط به شهرستان مبارکه با میزان ۳۲۹ درصد است. این افزایش در دو محصول گوجه فرنگی و خیار بسیار محسوس بوده که علت عمده آن عملکرد در هکتار این دو محصول در این شهرستان و همچنین مجاورت آن با شهرستان اصفهان جهت عرضه به بازار و به تبع آن قیمت مناسب این دو محصول است. افزایش ۴۳۶ درصد گروه محصولات صنعتی در شهرستان نائین از موارد مهم بوده که با توجه به منابع آب بسیار محدود این شهرستان مسئله در خور توجهی جهت ترویج این نوع از محصولات اعم از کنجد و آفتابگردان می‌باشد. دو شهرستان نجف‌آباد و مبارکه به ترتیب با میزان ۳۱۲ و ۲۰۸ درصد افزایش در سطح زیرکشت، تنها شهرستان‌هایی هستند که از نظر گروه محصول دارویی می‌بایست مورد توجه قرار گیرند. تعداد ۸ شهرستان از نظر کشت گروه محصول حبوبات از الگوی کشت حذف شده (کاهش ۱۰۰ درصدی سطح زیرکشت) و تنها شهرستان تیران و کرون در این گروه محصول افزایش چشمگیر ۲۱۳ درصدی (بیشتر مربوط به کشت محصول زیره سبز است) را تجربه نموده است. افزایش سطح زیرکشت باغات میوه تنها در چهار شهرستان اردستان (بسیار ناچیز)، اصفهان، نجف‌آباد و کاشان رخ داده است. بیشترین افزایش سطح زیرکشت مربوط به شهرستان نجف‌آباد به میزان ۴۳۲ درصد است. سطح زیرکشت وسیع باغات میوه در این شهرستان در سال‌های گذشته مؤید این نتیجه به لحاظ فنی می‌باشد. عدم استفاده صحیح و پایدار از منابع آب و تخریب باغات میوه به سبب نزدیکی این شهرستان به مرکز اصفهان جهت ساخت و سازهای مسکونی، تجاری و ویلایی باعث کاهش سطح زیرکشت باغات میوه در این شهرستان شده است (۱۸).

نتایج حاصل از بررسی جدول ۲ حاکی از اختلاف زیاد الگوی کشت در مدل چند هدفه نسبت به سطح زیرکشت جاری است. پذیرش این نتایج در قالب یک برنامه‌ریزی ساختاری با توجه به اینکه عمده مناطق کشاورزی استان اصفهان به دلیل برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های آب زیرزمینی در دشت‌های ممنوعه آبی قرار گرفته، مطلبی درو از ذهن نیست. همچنین مطالعات مختلفی که در چند سال گذشته در حوزه زاینده رود صورت گرفته نشان دهنده این مطلب است که تعادل بخشی بیلان منابع آب با مصارف کشاورزی، فقط از طریق توسعه سامانه‌های آب اندوز امکان پذیر نمی‌باشد (۱۷). با این وصف، جهت مقابله با این معضل، در آینده باید از سطح زیرکشت محصولات کشاورزی استان کاسته شده و در عوض، با تغییراتی که در الگوی کشت استان صورت می‌گیرد، به سوی افزایش بهره‌وری استفاده از منابع آب به شدت کمیاب در استان، تغییر استراتژی داده شود.

جدول ۳ مقادیر آب آبیاری، سود ناخالص کل، هزینه تولید کل، سود خالص و تولید کل برای کشت محصولات کشاورزی در استان اصفهان را به تفکیک مدل‌های مورد بررسی گزارش می‌دهد. میزان مصرف آب آبیاری در کلیه الگوها به جز الگوی معرفی شده در حداکثرسازی بکارگیری نیروی کار با مقادیر متفاوتی کاهش یافته است. کمترین میزان کاهش آب مربوط به مدل با هدف حداکثرسازی سود ناخالص با کاهش مقدار مصرف آب آبیاری از ۴۴۴۳ میلیون متر مکعب در الگوی جاری به ۴۴۳۸ میلیون متر مکعب در این مدل حاصل شده است (۰/۱ درصد کاهش). بیشترین میزان این کاهش نیز مربوط به مدل با هدف حداقل‌سازی مصرف آب آبیاری با کاهشی در حدود ۴۲ درصد می‌باشد. همانطور که از بررسی جدول ۱ و ۳ مشخص است، محدود کننده‌ترین عامل در الگوی کشت منطقه‌ای چند هدفه نهاده آب آبیاری می‌باشد. علت این امر تأثیرپذیری بسیار زیاد نتایج مدل چند هدفه نسبت به مدل حداقل‌سازی مصرف آب آبیاری بوده که خود بعلت وزن بیشتر این هدف است. سود ناخالص کل در کلیه الگوهای معرفی شده افزایش داشته و این افزایش در مدل حداکثرسازی سود ناخالص مقدار بیشتری (افزایش ۶۲ درصدی) را نشان می‌دهد. تولید کل نیز در دو مدل حداکثرسازی و در مدل چند هدفه افزایش و در دو مدل حداقل‌سازی کاهش یافته است.

جدول ۲- تغییرات برنامه‌ریزی منطقه ای چند هدفه پیشنهادی نسبت به نتایج الگوی کشت جاری گروه اصلی محصولات کشاورزی استان اصفهان (واحد: درصد)

Table 2- The change of proposed multi-objective regional planning to the results of the current cropping pattern of main group of agricultural products in Isfahan province (Percent)

نام شهرستان City Name	باغی Horticultural	حبوبات Beans	دارویی Pharmaceutical	سبزی Vegetable	صنعتی Industrial	صیفی Kitchen garden	علوفه Forage	غلات Cereals
اران و بید گل Aran-va-bidgol	0	-	-	-100	-97	151	54	-95
اردستان Ardestan	2	-99	-	-100	378	131	0	-98
اصفهان	95	-	-	438	-100	148	-69	-75

Isfahan	0	-	-	-	-100	289	34	5
تیران و کرون Tiran-va-karvan	۰	-	-	243	-	77	-96	6
چادگان Chadegan	۰	213	-	-76	-	-	-95	21
خمینی شهر Khomeinishar	0	-	-	-87	227	43	-92	-77
خوانسار Khansar	۰	-	-	405	-	-	-96	22
خور و بیابانک Khor-va-biabanak	0	-	-	-100	۱۲۶	-	12	-30
دهاقان Dehaghan	۰	-100	-	-100	-	105	-98	18
سمیرم Semirom	0	10	-	146	-100	-	-79	-71
شاهین شهر و میمه Shahinshar-va-meimeh	۰	-	-	-100	163	115	-67	11
شهرضا Shahreza	۰	-100	-	-100	-100	213	-94	15
فریدن Feridan	۰	-	-	65	-	-	-100	6
فریدونشهر Feridonshahr	۰	-100	-	-100	-100	321	-56	22
فلاورجان Falavarjan	0	-100	-	45	-	-100	-94	5
گلپایگان Golpayegan	۰	-100	-	-100	-100	۲۳۱	-85	10
لنجان Lenjan	0	-100	-	-13	-100	109	-97	2
مبارکه Mobarakeh	0	-100	208	78	379	339	-95	-82
نائین Naein	۰	-	-	-100	436	-	-67	22
نجف اباد Najafabad	432	-	312	175	-	217	-3	-77
نطنز Natanz	۰	-	-	-100	-	135	43	-18
کاشان Kashan	177	-40	-	-100	-100	132	-94	-63
حداکثر Maximum	432	213	312	438	436	329	54	22
حداقل Minimum	0	-100	208	-100	-100	-100	-100	-98

مأخذ: یافته های تحقیق

Source: Research findings

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۳- برخی از متغیرهای مهم در تعیین الگوی کشت استان اصفهان به تفکیک اهداف مورد مطالعه

Table 3- Some of the important variables in estimating the croping pattern of Isfahan province separation of the objectives of the study

شرح Description	چندهدفه Multi objective	حداکثر نیروی کار Maximizing Labour	حداقل مصرف آفت‌کش و کود شیمیایی Minimizing use of pestiside and fertilizer	حداقل مصرف آب Minimizing use of water	حداکثر سود ناخالص Maximizing gross margin	جاری Current
آب آبیاری (هزار متر مکعب) Irrigation water (1000 m^3)	4051869	4458325	3157752	2587052	4438156	4442684
سود ناخالص کل (میلیون ریال) Total profit (million Rials)	38587060	36197127	32785587	33379970	46451164	35770593
سود خالص کل (میلیون ریال) Total gross margin (million Rials)	21156059	19532179	17382075	17641306	27633750	17016119
هزینه تولید کل (میلیون ریال) Total production costs (millionRials)	17431001	16664948	15403512	15738664	18817414	18754474
تولید کل (تن) Total production (tone)	4243292	4424085	2658565	2594968	4128758	3942143

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ۴ فهرستی از هزینه‌های کشت محصولات کشاورزی در استان اصفهان را به تفکیک اهداف مورد مطالعه و نوع هزینه ارائه می‌دهد. هزینه احداث در این جدول مربوط به هزینه تأمین احداث باغات می‌باشد. بیشترین هزینه در الگوی کشت جاری مربوط به تأمین نیروی کار بوده که مقداری معادل ۳۸۶۵ میلیارد ریال را به خود اختصاص داده که چیزی در حدود ۲۱ درصد از کل هزینه‌های کشت است. هزینه بهره‌برداری از آب آبیاری در این الگو با مقدار ۳۶۳۱ میلیارد ریال در رتبه دوم قرار گرفته است. در مدل حداکثرسازی سود ناخالص و چند هدفه هزینه بهره‌برداری از آب آبیاری در رتبه نخست قرار دارد. سهم هزینه‌ای بهره‌برداری از آب آبیاری در مدل چند هدفه چیزی در حدود ۱۹ درصد می‌باشد. کمترین هزینه در مدل چند هدفه مربوط به هزینه تأمین کود شیمیایی با مقدار ۸۰۸ میلیارد ریال بوده که حدود ۵ درصد از کل هزینه‌های کشت را شامل می‌شود.

جدول ۵ میزان مقادیر متغیرهای مختلف به ازای یک هکتار کشت محصولات کشاورزی در استان اصفهان را ارائه می‌دهد. ملاحظه می‌شود که میزان نیاز خالص آبی در مدل حداقل‌سازی مصرف آب آبیاری کمترین میزان (۵/۰۲ هزار متر مکعب در هکتار) و در مدل حداقل مصرف آفت‌کش و کود شیمیایی بیشترین مقدار (۶/۱ هزار متر مکعب در هکتار) را به خود اختصاص داده است. هزینه تولید کل در هکتار در کلیه الگوهای معرفی شده در مدل‌ها کاهش یافته است. کمترین کاهش در هزینه تولید کل در هکتار مربوط به مدل حداکثرسازی نیروی کار بود و علت آن افزایش هزینه‌های مربوط به نیروی کار به ازای کشت هر هکتار از محصولات کشاورزی است. سود ناخالص در هکتار نیز در کلیه مدل‌های تحت بررسی نسبت به الگوی جاری افزایش داشته است. تعداد نیروی کار در مدل‌های حداقل‌سازی کاهش و در سایر مدل‌ها افزایش را نشان می‌دهد.

جدول ۶ میزان مقادیر متغیرهای مختلف به ازای یک هزار متر مکعب آب آبیاری در استان اصفهان را ارائه می‌دهد. متغیرهای میزان سود ناخالص و تولید کل به ازای هزار متر مکعب آب آبیاری در الگوی معرفی شده در مدل حداقل‌سازی مصرف آب از سایر مدل‌ها بیشتر بوده است. میزان سود ناخالص به ازای آب مصرفی در مدل چند هدفه اختلاف محسوسی نسبت به الگوی جاری داشته و مقدار آن را از ۳/۸ به ۵/۲ تن به ازای هزار متر مکعب آب آبیاری افزایش داده است. در مورد متغیر تولید این میزان بسیار کم و میزان آن ۰/۱ تن می‌باشد (میزان تولید از ۴/۲ تن در الگوی جاری به ۴/۳ تن در الگوی چند هدفه رسیده است).

جدول ٤- هزینه تولید محصولات کشاورزی در استان اصفهان به تفکیک نوع هزینه و اهداف مورد مطالعه (میلیون ریال)

Table 4– Agricultural crops production cost in Isfahan province separation of the cost type and objectives of the study

نوع هزینه Costs	چندهدفه Multi objective	حداکثر نیروی کار Maximizing Labour	حداقل مصرف افت کش و کود شیمیایی Minimizing use of pesticide and fertilizer	حداقل مصرف آب Minimizing use of water	حداکثر سود ناخالص Maximizing gross margin	جاری Current
احداث Construction	1020862	721465	1202439	1320733	1179719	1073251
بازاررسانی Marketing	1698359	1480764	1531749	1657252	1768364	1760744
بذر، نشاء یا نهال Seeds, seedlings or saplings	876970	597748	1044974	1143697	971531	877728
سایر Others	1037760	743608	1137520	1249888	1163467	1056999
کود حیوانی Manure	956429	660215	1140074	1255157	1087649	981181
کود شیمیایی Fertilizer	808844	516543	1003578	1095644	903236	796768
ماشین آلات Machinery	2974178	2944854	2095930	2232608	3214344	3224834
دفع آفات Disposal of pests	1436579	1137349	1374028	1529864	1593367	1486899
نیروی کار Labor	3237168	3585159	2379773	2630502	3326405	3865139
بهره‌برداری از آب آبیاری Use irrigation water	3383850	3350956	2493449	2549606	3609329	3630936
کل Total	17431001	16664948	15403512	15738664	18817414	18754474

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ٥- شاخص‌های میزان متغیرهای مختلف در هکتار به تفکیک اهداف مورد مطالعه

Table 5- Indices of the different variables per ha separation of the objectives of the study

شرح Description	چندهدفه Multi objective	حداکثر نیروی کار Maximizing Labour	حداقل مصرف افت کش و کود شیمیایی Minimizing use of pesticide and fertilizer	حداقل مصرف آب Minimizing use of water	حداکثر سود ناخالص Maximizing gross margin	جاری Current
نیاز خالص آبی (هزار متر مکعب در هکتار) Net water requirement (1000 m^3 per ha)	5.1	5.2	6.1	5.02	5.2	6.1
هزینه (میلیون ریال در هکتار) Cost (Million Rial per ha)	26.9	27	23.4	26.8	25.7	27.7
سود ناخالص (میلیون ریال در هکتار) Gross margin(Million Rial per ha)	40.9	29.7	45.7	52.8	42.7	21.4
تعداد نیروی کار (نفر–روز کار) Labor (Man-day)	22.1	23.5	10.2	10.3	14.6	14.5

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ٦- شاخص‌های میزان متغیرهای مختلف به ازای مصرف هزار متر مکعب آب آبیاری به تفکیک اهداف مورد مطالعه

Table 6- Indices of the different variables per ha separation of the objectives of the study

شرح Description	چندهدفه Multi objective	حداکثر نیروی کار Maximizing Labour	حداقل مصرف افت کش و کود شیمیایی Minimizing use of pesticide and fertilizer	حداقل مصرف آب Minimizing use of water	حداکثر سود ناخالص Maximizing gross margin	جاری Current
سود ناخالص (میلیون ریال به ازای هزار مترمکعب) Gross margin(Million Rial per 1000 m^3)	5.2	4.4	5.5	6.8	6.2	3.8
تولید (تن به ازای هزار مترمکعب) Production (tone per 1000 m^3)	4.3	3.7	4.9	6.1	4.2	4.2

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

میزان کشت محصولات کشاورزی در یک منطقه باید با توجه به منابع موجود، قیمت محصولات، هزینه‌های تولید، عملکرد محصول، نیاز کشور و سیاست‌های درست انجام شده و تصمیم‌گیری در انتخاب گیاهان زراعی یا باغی مناطق مختلف بر اساس زیر ساخت‌های موجود، مسائل اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی و سطح تکنولوژی با حفظ منابع پایه تولید در جهت تأمین نیازهای اساسی کشور باشد. در مطالعه حاضر به طراحی مدل برنامه‌ریزی منطقه‌ای کشت برای شهرستان‌های موجود در استان اصفهان پرداخته شده که در آن اهداف گوناگون مد نظر قرار گرفته و سپس با استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیر خطی فازی چند هدفه برگرفته از مطالعهٔ جانز و بارنز (۱۰) مطالعه‌ای بین این اهداف بر قرار شد. نتایج نشان داد که در گروه‌های اصلی غلات و علوفه کاهش محسوسی در سطح زیرکشت رخ داده است. با توجه به این موضوع پیشنهاد می‌شود که سیاست‌های کلی ترویجی در استان اصفهان به سمت کاهش سطح زیرکشت این محصولات و افزایش سطح زیرکشت محصولاتی شود که در مدل‌ها بعنوان محصولات مناسب کشت (صیفی، سبزی، دارویی و باغی) معرفی شده‌اند. برای این منظور استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیر خطی فازی چند هدفه بعلت برقراری مصالحه بین اهداف متفاوت، پیشنهاد می‌شود. با توجه به اینکه در اکثر شهرستان‌ها (۲۱ شهرستان)، مدل چند هدفه کاهش سطح زیرکشت کل را نشان می‌دهد، اتخاذ سیاست‌هایی در جهت نیل به این هدف الزامی است وبا توجه به اینکه طبق نتایج حاصله محدود کننده‌ترین عامل برنامه‌ریزی کشت منطقه‌ای در استان اصفهان آب آبیاری است، برای کاهش سطح زیرکشت شهرستان‌ها پیشنهاد می‌شود که از سیاست‌های کاهش آب در دسترس (مانند نصب کنتور هوشمند و حذف چاه‌های بدون مجوز) برای کشاورزان استان استفاده شود. استفاده از فعالیت‌های ترویجی مناسب در شهرستان‌های مستعد کشت گروه محصولات اعم از شهرستان نجف‌آباد (باغی و دارویی)، شهرستان نائین (صنعتی) و شهرستان مبارکه (صیفی) توصیه می‌گردد.

منابع

1- Bagheri M., and Moazezi F. 2010. Determining the cropping pattern: Application of possibility method. Journal of Agricultural Economics Research 2:38-44. (In Persian)

2- Bartel S., Janssen G. Underground spatial planning – Perspectives and current research in Germany. Tunnelling and Underground Space Technology.

3- Bartolini F., Bazzani GM., Gallerani V., Raggi M., and Viaggi D. 2007. The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: An analysis based on farm level multi-attribute linear programming models. Agricultural System 93:90-114.

4- Bender MJ., and Simonovic SP. 2000. A fuzzy compromise approach to water resource systems planning under uncertainty. Fuzzy Sets and Systems 115:35-44.

5- Berbel J., and Gomez-Limon JA. 2000. The impact of water-pricing policy in Spain: An analysis of three irrigated areas. Agricultural Water Management 43:219-38.

6- Berenger V., and Verdier-Chouchane A. 2007. Multidimensional measures of well-being: Standard of living quality of life across countries. World Development 35:1259- 76.

7- Biswas A., and Pal BB. 2005. Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system. Journal of Omega 33:391-8.

8- Chiappero ME. 1996. Standard of living evaluation based on Sen's Approach: Some methodological suggestions. Notizie di Politeia 12: 37–53.

9- Cid-Garcia NM., Bravo-Lozano AG., and Rios-Solis YA. 2014. A crop planning and real-time irrigation method based on site-specific management zones and linear programming. Computers and Electronics in Agriculture 107:20-8.

10- De Koeijer TJ., Wossink GAA., Smitc AB., Janssens SRM., Renkema JA., and Struike PC. 2003. Assessment of the quality of farmers' environmental management and its effects on resource use efficiency: a Dutch case study. Agricultural System 78:85-103.

11- Doppler W., Salman AZ., Al-Karablieh EK., and Wolf HP. 2002. The impact of water price strategies on the allocation of irrigation water: the case of the Jordan Valley. Agricultural Water Management 55:171-82

12- Fathi F., and Zibaei M. 2012. Water Resources Sustainability using Goal Programming Approach in optimizing Crop Pattern, Strategy and Irrigation Method. Iran-Water Resources Research 8:10-9. (In Persian)

13- Francesch-Huidobro M., Dabrowski M., Tai Y., Chan F., and Stead D. Governance challenges of flood-prone delta cities: Integrating flood risk management and climate change in spatial planning. Progress in Planning.

14- Francisco SR., and Mubarik A. 2006. Resource allocation tradeoffs in Manila's peri-urban vegetable production systems: An application of multiple objective programming. Agricultural System 87:147–68.

15- GAMS/CONOPT3. 2010. Bagsvaerdvej 246A, DK-2880 Bagsvaerd, Denmark: ARKI Consulting and Development.

16- Gohar AA., and Ward FA. 2010. Gains from expanded irrigation water trading in Egypt: An integrated basin approach. Ecological Economics 69:2535-48.

17- Governor of Isfahan Province. 2014. Trans-sectional studies of water resources in land use planning and preparing the development plan of the Isfahan province .

18- Jehad-Keshavarzi Organization. 2013. Office of Statistics and Information Technology unpublished results .

19- Jones D., and Barnes EM. 2000. Fuzzy composite programming to combine remote sensing and crop models for decision support in precision crop management. Agricultural Systems 56:137–58.

20- Joulaei R., Azar A., and Chizari H. 2005. Several regional planning models and its application in agriculture, Case Study of Fars Province. Agriculture economics and development 13:87-125. (In Persian)

21- Karami E. 2006. Appropriateness of farmers' adoption of irrigation methods: The application of the AHP model. Agricultural Systems 87:101-19. (In Persian)

22- Kemal SF., and Altin M. 2004. Irrigation scheduling and optimum cropping pattern with adequate and deficit water supply for mid-size farm of Harran Plain. Pakistan Journal of Biological Sciences 8:1414-8.

23- Kumar B. 1995. Trade-off between Return and Risk in Farm Planning: MOTAD and Target MOTAD Approach. Indian Journal of Agricultural Economics 50:193-9.

24- Latinopoulos D., and Mylopoulos Y. 2005. Optimal allocation of land and water resources in irrigated agriculture by means of goal programming: Application in Loudias River basin. Global Nest Journal 7:264-73.

25- Majidi N., Alizade A., and Ghorbani M. 2011. Determining The Optimum Cropping Pattern In Same Direction With Water Resources Management Of Mashhad-CHenaran Plain. Journal of Water and Soil 25:776-85. (In Persian)

26- Maneta MP., Torres M., Wallender WW., Vosti S., and Kirby M. 2009. Water demand and flows in the Sao Francisco River Basin (Brazil) with increased irrigation. Agricultural Water Management 96:1191-200.

27- Manos B., Papathanasiou J., Bournaris T., and Voudouris K. 2010. A multicriteria model for planning agricultural regions within a context of groundwater rational management. Journal of Environmental Management 91:1593-600.

28- Mardani M., Babaei M., Sabouhi M., and Asemani E. 2013. Determine the optimal cropping pattern using fuzzy goal programming Case Study in Khorasan Razavi province. Journal of Operations Research and Applications 36:66-74. (In Persian)

29- Meyer A., Estrella R., Jacxsens P., Deckers J., Rompaey A., and Orshoven J. 2013. A conceptual framework and its software implementation to generate spatial decision support systems for land use planning. Land Use Policy

35:271-82.

30- MihanKhah N., Chizari A., and Khalilian S. 2012. Determination of optimal extraction from Kor river environmental flow, Doroudzan dam. Journal of Agricultural Economics and Development (Agricultural Sciences And Technology) 3:415-24. (In Persian)

31- Mirzavand M., and Imani R. 2016. Determining the optimal cropping pattern based on virtual water concept and economic profitability for water crisis prevention: A case study of Kashan plain, Isfahan province, Iran. International Bulletin of Water Resources and Development 3:51-9. (In Persian)

32- Mousavi N., and Akbari MR. 2014. Surveying optimal cropping pattern and its impact on water resources management case study Marvdasht-Karbala. Water Resources Engineering 22:101-10. (In Persian)

33- Nikouei A., and Ward FA. 2013. Pricing irrigation water for drought adaptation in Iran. Journal of Hydrology 503:29-46.

34- Pulido-Velazquez M., Andreu J., and Sahuquillo A. 2006. Economic optimization of conjunctive use of surface water and groundwater at the basin scale. Journal of Water Resources Planning and Management 132: 454-67.

35- Sabouhi M., and Mardani M. 2013. Application of Robust Optimization Approach for Agricultural Water Resource Management under Uncertainty. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 139:571-81.

36- Sakhdari H., and Sabouhi M. 2012. Application of Meta-Goal Programming in determining the optimal cropping pattern, Case study: Neyshabor city. Journal of Agricultural Economics and Development (Agricultural Sciences and Technology) 26:150-8.

37- Sherbiny N., and Zaki M. 1974. Programming for agricultural development: The case of Egypt. American Journal of Agricultural Economics 74:114-21.

38- Suresh KR., and Mujumdar PP. 2004. A fuzzy risk approach for performance evaluation of an irrigation reservoir system. Agricultural Water Management 69:159-77.

39- Ten Berge HFM., Van Ittersum MK., Rossing WAH., Van de Ven GWJ., Schans J., and Sanden PACM. 2000. Farming options for The Netherlands explored by multi-objective modeling. European Journal of Agronomy 13:263–77.

40- Ward FA. 2007. Decision support for water policy: a review of economic concepts and tools. Water Policy 9:1-31.

41- Ward FA., and Lynch TP. 1996. Integrated river basin optimization: modeling economic and hydrologic interdependence. Water Resources Bulletin 32:1127-37.

42- Zoppi C., and Lai S. 2015. Determinants of land take at the regional scale: a study concerning Sardinia (Italy). Environmental Impact Assessment Review 55:1-10.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ضمیمه (مدل ریاضی مورد نظر برای حل مسأله الگوی کشت منطقه‌ای استان اصفهان)

ضمیمه موجود در مطالعه حاضر جهت درک هر چه بهتر مدل جبری الگوی منطقه‌ای کشت معرفی شده فراهم شده است. در این قسمت ابتدا به معرفی محدودیت‌های مدل پرداخته شده و بعد از آن توابع هدف معین می‌گردند.

مجموعه محدودیت مربوط به مقدار زمین قابل دسترس

در این مجموعه محدودیت مقدار کل زمین تخصیص داده‌شده به محصولات نباید از کل زمین قابل کشت برای هر شهرستان (در هر منطقه) و در هر ماه بیشتر باشد.

$$\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I} LandSch_{jm}^{d2} Land_Cl_V_{j}^{d2} \le LandRHS^{d2} \qquad \forall d2, m \qquad (۱۱)$$

که در آن $d2 \in \{1,2,...,D2\}$ مجموعه مربوط به سطح دوم تقسیمات سیاسی (شهرستان)، $j \in \{1,2,...,J1\}$ مجموعه مربوط به محصولات، $m \in \{1,2,...,12\}$ مجموعه مربوط به ماه‌های سال، $Land_Cl_V_{j}^{d2}$ متغیر مربوط به مقدار زمین تخصیص داده شده به محصول jدر شهرستان d2، $LandSch_{jm}^{d2}$ ضریب اشغال زمین برای محصول j، ماه m در شهرستان d2، $LandRHS^{d2}$ مقدار زمین قابل کشت در شهرستان d2 می‌باشند. استفاده از ضریب اشغال زمین در هر ماه در این رابطه باعث جلوگیری از تداخل و یا بدون استفاده ماندن زمین‌های زراعی با طول دوره رشد کمتر از ۱۲ ماه می‌شود. بعنوان نمونه در محصولات باغی تمام ۱۲ ماه از سال ضریب اشغال زمین یک بوده و در مقابل برای محصول زارعی ارزن بسته به منطقه (شهرستان) بین ۳ تا ۴ ماه از سال یک و در بقیه ماه‌ها صفر در نظر گرفته شده است.

مجموعه محدودیت‌های مربوط به حداکثر و حداقل مقدار زمین

در این مجموعه محدودیت حداکثر و حداقل مقدار زمین جهت کشت هر محصول در هر شهرستان ارائه شده است.

$$\sum_{j=1}^{J} Land_Cl_V_{ji}^{d2} \le Land_Cl_Max_{j}^{d2} \qquad \forall d2, j \qquad (۱۲)$$

$$\sum_{j=1}^{J} Land_Cl_V_{ji}^{d2} \ge Land_Cl_Min_{j}^{d2} \qquad \forall d2, j \qquad (۱۳)$$

حداکثر و حداقل سطح زیر کشت به ترتیب با نمادهای $Land_Cl_Max_{j}^{d2}$ و $Land_Cl_Min_{j}^{d2}$ می‌باشد.لازم به ذکر است که از محدودیت ۱۳ جهت کنترل سطح زیرکشت محصولات باغی نیز استفاده شده است. به این مفهوم که سطح زیرکشت محصولات باغی ارائه شده در مدل نباید از سطح زیر کشت این محصولات در حال حاضر کمتر شود.

مجموعه محدودیت‌های مربوط به آب آبیاری

در این مجموعه محدودیت‌ها به موازنه سطوح متفاوت میزان مصرف آب آبیاری به تفکیک ماه، شهرستان، محصول و منابع آبی پرداخته شده است. در این میان توجه به عدم انحراف مدل از مقدار آب قابل دسترس برای منابع و ماه‌های مختلف مد نظر قرار گرفته است.

$$Water_Cl_jim_V_{jm}^{d2} = (NetWater\,\mathrm{Re}q_{jm}^{d2} / WaterEff_{j}^{d2}) Land_Cl_V_{j}^{d2} \qquad \forall d2, j, m \qquad (۱۴)$$

$$Water_Cl_jim_V_{jm}^{d2} \le WaterRHS_{m}^{d2} \qquad \forall d2, m \qquad (۱۵)$$

در این مجموعه محدودیت $Water_Cl_jim_V_{jm}^{d2}$متغیر مربوط به مقدار آب تخصیص داده شده در ماه m برای شهرستان d2، $WaterEff_{j}^{d2}$ راندمان آبیاری برای محصول jدر شهرستان d2، $NetWater\,\mathrm{Re}q_{jm}^{d2}$ مقدار آب خالص مورد نیاز برای کشت یک هکتار ازمحصول jدر ماه m برای شهرستان d2 و $WaterRHS_{m}^{d2}$ مقدار آب قابل دسترس در ماه m برای شهرستان d2 می‌باشند.ملاحظه می‌شود که نیاز ناخالص آبیاری برای هر محصول کشاورزی در هر شهرستان از تقسیم نیاز خالص آبیاری بر راندمان آن حاصل می‌شود. این مهم در رابطه ۱۴ محاسبه شده و در سطح زیرکشت بهینه آن محصول ضرب شده که حاصل آن مقدار آب ناخالص مورد نیاز برای هر شهرستان در هر ماه و برای هر

محصول است. سپس در رابطه ۱۵ محدودیتی جهت جلوگیری از انحراف این مقدار از میزان آب قابل دسترس در هر ماه و برای هر شهرستان تعبیه شده است.

مجموعه محدودیت‌های مربوط به نهاده‌های تولید

در این مجموعه محدودیت‌ها به عدم انحراف میزان استفاده از هر نهاده کشاورزی از مقدار قابل درسترس این نهاده‌ها توجه شده است.

$$Input_V_k^{d2} = \sum_{j=1}^{J} InputAMT_{jk}^{d2} Land_Cl_V_j^{d2} \qquad \forall d2, k \tag{۱۶}$$

$$Input_V_k^{d2} \le InputRHS_k^{d2} \qquad \forall d2, k \tag{۱۷}$$

که در آن $k \in \{1,2,...,K\}$ مجموعه مربوط به گروه نهاده‌های تولید بوده که در مطالعه حاضر شامل نیروی‌کار، انواع کود شیمیایی، کود حیوانی، انواع آفت‌کش و حشره‌کش، بذر (بذر، نشاء و نهال) و ماشین آلات می‌باشد. $Input_V_k^{d2}$ متغیر مربوط به مقدار نهاده تولید تخصیص داده شده از نوع k در شهرستان d2، $InputAMT_{jk}^{d2}$ مقدار مورد نیاز از نهاده تولید نوع k برای کشت یک هکتار از محصول j در شهرستان d2 و $InputRHS_k^{d2}$ مقدار قابل در دسترس از نهاده تولید نوع k در شهرستان d2 می‌باشد.

مجموعه محدودیت‌های اقتصادی

در این مجموعه‌ها به ترتیب به هزینه بهره‌برداری از آب آبیاری (رابطه ۱۸)، هزینه استحصال آب آبیاری (رابطه ۱۹)، هزینه نهاده‌های کشاورزی (رابطه ۲۰)، هزینه کل تولید (رابطه ۲۱)، قیمت محصولات کشاورزی (رابطه ۲۲)، سود خالص محصولات برای هر هکتار (رابطه ۲۳)، کل سود خالص محصولات (رابطه ۲۴)، سود ناخالص محصولات کشاورزی (رابطه ۲۵) و در نهایت حداقل میزان سود مورد انتظار (رابطه ۲۶) پرداخته شده است.

$$WaterAppCost_V_j^{d2} = WaterAppCost_j^{d2} Land_Cl_V_j^{d2} \qquad \forall d2, j \tag{۱۸}$$

$$WaterExCost_V^{d2} = WaterExCost^{d2} \sum_{m=1}^{M} Water_Cl_w_V_m^{d2} \qquad \forall d2, \tag{۱۹}$$

$$InputCost_V_{jk}^{d2} = Input\,\mathrm{Pr}ice_{jk}^{d2}\ InputAMT_{jk}^{d2} Land_Cl_V_j^{d2} \qquad \forall d2, j, k \tag{۲۰}$$

$$Cost_Cl_V_j^{d2} = \sum_{k=1}^{K} InputCost_V_{jk}^{d2} + WaterAppCost_V_j^{d2} \qquad \forall d2, j \tag{۲۱}$$

$$Crop\,\mathrm{Pr}ice_V_j^{d1d2} = Crop\,\mathrm{Pr}iceCoA_j^{d1d2} \qquad \forall d1, d2, j \tag{۲۲}$$

$$CropBenefit_V_j^{d1d2} = Crop\,\mathrm{Pr}ice_V_j^{d1d2}\ CropYield_j^{d2} \qquad \forall d1, d2, j \tag{۲۳}$$

$$Benefit_Cl_V_j^{d1d2} = CropBeneft_V_j^{d1d2}\ Land_Cl_V_j^{d2} \qquad \forall d1, d2, j \tag{۲۴}$$

$$NetBenefit_Cl_V^{d2} \ge \sum_{d1=1}^{D1} NetBenifit\,Crrent^{d1d2} \qquad \forall d2 \tag{۲۵}$$

$$NetBenefit_Cl_V^{d2} = \sum_{d1=1}^{D1}\sum_{j=1}^{J} Benefit_Cl_V_j^{d1d2} - Cost_Cl_V_j^{d2} - \sum_{w=1}^{W} WaterExCost^{d2} \qquad \forall d2 \tag{۲۶}$$

معرفی نمادهای مجموعه معادلات اقتصادی به شرح زیر می‌باشد:

$WaterAppCost_V_j^{d2}$: متغیر مربوط بهزینه بهره‌برداری از آب برای کشت محصول jدر شهرستان d2، $WaterExCost_V^{d2}$: متغیر مربوط به هزینه استحصال آب در شهرستان d2، $InputCost_V_{jk}^{d2}$: متغیر مربوط بهزینه نهاده تولید از نوع k برای کشت محصول j در شهرستان d2، $Cost_Cl_V_j^{d2}$: متغیر مربوط به کل هزینه تولید برای کشت محصول j در شهرستان d2،

$CropPrice_V_j^{d1d2}$: متغیر مربوط به قیمت محصول j در استان d1 و شهرستان d2، $CropBenefit_V_j^{d1d2}$: متغیر مربوط به سود خالص برای کشت یک هکتار از محصول j در شهرستان d2، $Benefit_Cl_V_j^{d1d2}$: متغیر مربوط به سود خالص کل برای کشت محصول j در استان d1 و شهرستان d2، $NetBenefit_Cl_V^{d2}$: متغیر مربوط به سود ناخالص کل در شهرستان d2، $WaterExCost^{d2}$: هزینه استحصال یک مترمکعب آب آبیاری در شهرستان d2، $WaterAppCost_j^{d2}$: هزینه بهره‌برداری آب آبیاری برای کشت یک هکتار از محصول j در شهرستان d2، $InputPrice_{jk}^{d2}$: قیمت نهاده تولید از نوع k برای کشت یک هکتار از محصول j، در شهرستان d2، $CropPriceCoA_j^{d1d2}$: قیمت محصول j در استان d1 و شهرستان d2، $CropYield_j^{d2}$: عملکرد در هکتار محصول j در شهرستان d2.

مجموعه محدودیت‌های حداقل و حداکثر تقاضا برای محصولات کشاورزی

در این مجموعه محدودیت میزان تولید هر محصول نباید از مقدار حداکثر و حداقل تقاضای آن انحراف پیدا کند.

$$\sum_{j=1}^{J} Land_Cl_V_j^{d2} CropYeild_j^{d2} \le Demand_d2_Max_j^{d1d2} \qquad \forall d1, d2, j \tag{۲۷}$$

$$\sum_{j=1}^{J} Land_Cl_V_j^{d2} CropYeild_j^{d2} \ge Demand_d2_Min_j^{d1d2} \qquad \forall d1, d2, j \tag{۲۸}$$

نمادهای مربوط به حداکثر و حداقل تقاضا هر شهرستان برای هر محصول به ترتیب $Demand_d2_Max_j^{d1d2}$ و $Demand_d2_Min_j^{d1d2}$ می‌باشد.

توابع هدف مدل تدوین الگوی کشت منطقه‌ای

اهداف متفاوتی از مدل الگوی کشت ارائه شده می‌توان متصور شد. بعلت انعطاف در مدل معرفی شده و تقابل این مدل با تصمیم‌گیرندگان درگیر در آن، به راحتی می‌توان به اهداف متفاوت فکر کرد. اهداف متفاوت اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی در مدل مورد نظر گنجانده شده و در ادامه شرح داده شده است.

حداکثر سازی سود ناخالص حاصل از فعالیت‌های کشاورزی برای کلیه مناطق تحت بررسی از اهداف اقتصادی که به صورت زیر فرموله می‌شود:

$$Max: Object\,Profit_V = \sum_{d2=1}^{D2} NetBenefit_Cl_V^{d2} \tag{۲۹}$$

که در آن $Object\ Profit_V$ متغیر تابع هدف و مربوط به سود ناخالص کل در الگو می‌باشد.

حداقل سازی آب آبیاری کلیه مناطق تحت بررسی یکی از اهداف زیست محیطی می‌باشد.

$$Min: ObjectWater_V = \sum_{d2=1}^{D2}\sum_{j=1}^{J}\sum_{m=1}^{M} Water_Cl_jim_V_{jm}^{d2} \tag{۳۰}$$

که در آن $ObjectWater_V$ متغیر تابع هدف و مربوط به آب آبیاری کل در الگو می‌باشد.

حداقل سازی هزینه انواع کود شیمیایی و آفت‌کش و به تبع آن کاهش مقدار مصرف آنها یکی دیگر از اهداف زیست میحطی بوده که فرم جبری توابع هدف به صورت زیر است:

$$Min: ObjectPse\&Fert_V = \sum_{d2=1}^{D2}\sum_{j=1}^{J} InputCost_V_{jk}^{d2} \qquad \forall k = \{\text{pesticide, fertilizer}\} \tag{۳۱}$$

که در آن $ObjectPse\ \&\ Fert_V$ متغیر تابع هدف و مربوط به هزینه کل انواع کود شیمیایی و آفت کش در الگو می‌باشد.

از اهداف اجتماعی مورد نظر در سیاست‌های هر کشور به خصوص کشورهای در حال توسعه ایجاد اشتغال می‌باشد. حداکثر سازی تعداد نیروی‌کار در تولید محصولات کشاورزی را می‌توان به عنوان یکی از اهداف اجتماعی در نظر گرفت. فرم جبری این هدف به صورت زیر فرموله می‌شود:

$$Max: Object\text{Labor}_V = \sum_{d2=1}^{D2}\sum_{j=1}^{J} InputAMT_{jk}^{d2} \qquad \forall k = \{\text{Labor}\} \tag{۳۲}$$

که در آن $Object\ \text{Labor}\ _V$ متغیر تابع هدف و مربوط به تعداد نیروی کار در الگو می‌باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی