نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال پنجم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶

Vol.5, No.2, Summer 2017

۱۹-۳۳

برنامه‌ریزی کشت محصولات کشاورزی با استفاده از روشهای بهینه‌سازی مکانی

هادی اسمعیل پوراسطرخی[*1]، محمد کریمی[2]، عباس علیمحمدی سراب[3]، کامران داوری[4]

۱- کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

۲- استادیار گروه سیستم اطلاعات مکانی- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

۳- دانشیار گروه سیستم اطلاعات مکانی- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

۴- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی- دانشکده کشاورزی- دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۵/۳۰

چکیده

افزایش جمعیت و محدود بودن اراضی کشاورزی قابل استفاده، بر اهمیت برنامه ریزی صحیح جهت استفاده از زمین و بهینه سازی الگوی کشت می‌افزاید. مدلسازی کشت محصولات بر اساس مدل رستری ساده تر و متداولتر است. بنابراین غالباً واحد برنامه ریزی کشاورزی به‌صورت پیکسل تعریف شده است. از طرفی در حال حاضر کشاورزان، کشت های خود را در قطعاتی که مالکیت آنها مشخص است انجام می‌دهند و با توجه به ماهیت مکانی بودن معیارها، به نظر می‌رسد استفاده از یک مدل برداری (قطعه مبنا) شیوه مناسبی به‌منظور بررسی اثر این متغیرها و مشخص نمودن الگوی کشت باشد. این تحقیق با هدف برنامه‌ریزی کشت محصولات‌کشاورزی به صورت قطعه مبنا با استفاده از برآورد نیازآبی و روشهای بهینه‌سازی مکانی انجام گرفت. مدلسازی در قالب سه مدل توسعه یافت. در مدل اول، نیازآبی محصولات کشاورزی برای قطعات با استفاده از آمار ایستگاههای هواشناسی همجوار برآورد شده است. در مدل دوم، تناسب قطعات کشاورزی با استفاده از دو گروه معیارهای اقلیمی و ویژگیهای زمین تعیین شده است. در مدل سوم، بهینه سازی الگوی کشت با در نظر گرفتن بالاترین سود و کمترین آب مصرفی در منطقه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی انجام شده است. بررسی نتایج نشان داد به دلیل کمبود آب در منطقه، کشت همزمان تمامی قطعات ممکن نیست و در هر سال زراعی حدود ۴۰درصد از قطعات به‌صورت آیش باقی می‌مانند. همچنین در حالت بهینه سطح زیر کشت محصولاتی مانند سیب‌زمینی، یونجه و آفتابگردان به دلیل مصرف بالای آب و قرار گرفتن دوره رشد آنها در فصول بهار و تابستان، از الگوی کشت حذف شدند و محصولات گندم و جو سطح زیر کشت بیشتری نسبت به سایر محصولات به خود اختصاص دادند.

کلید واژه‌ها: نیازآبی، تناسب اراضی، الگوی کشت بهینه، برنامه‌ریزی خطی، GIS .

* نویسنده مکاتبه کننده: گروه نقشه برداری – دانشکده فنی و مهندسی- دانشگاه بجنورد

تلفن: ۰۹۱۵۳۸۴۵۱۶۹

Email : hsmailpour90@gmail.com

۱- مقدمه

افزایش جمعیت و محدود بودن اراضی کشاورزی قابل استفاده، همچنین تغییرات سریع جوامع و توسعه کاربریها، بر اهمیت برنامه ریزی صحیح جهت استفاده از زمین و بهینه سازی الگوی کشت می‌افزاید. در کشور ما به دلیل رشد روزافزون جمعیت و گسترش صنایع گوناگون، از امکان گسترش سطح زیر کشت به مرور زمان کاسته می‌شود و در نتیجه نیاز شدیدی به استفاده بهینه از اراضی کشاورزی موجود احساس می‌شود. همچنین تخصیص بهینه منابع آب، بخصوص در بخش کشاورزی که بزرگترین مصرف کننده آب در ایران است ضروری می‌باشد. زیرا آبیاری بیش از اندازه زمین‌های کشاورزی باعث شوری خاک و در نتیجه کاهش در میزان بهره‌وری مزارع می‌گردد و آبیاری با آب کمتر از نیاز آبی گیاهان، باعث افت شدید عملکرد محصولات می‌شود [۲،۱ و ۳].

تعیین و اجرای الگوی کشت مناسب گستره‌های کشاورزی یکی از شیوه‌های ارتقای بهره‌وری آب در سطح این گستره ها بوده که به همین دلیل مورد توجه محققین متعددی قرار گرفته است. در ادامه به نتایج کار تعدادی از این محققین اشاره می‌گردد. از مدل F.A.O[1] می توان به‌عنوان جامع‌ترین مدل ارزیابی تناسب در بخش کشاورزی نام برد [۴، ۵، ۶ و ۷]، که در ایران نیز به‌کار گرفته شده است [۸، ۹، ۱۰ و ۱۱]. روش منطق فازی از دیگر روشهای متداول در خصوص ارزیابی تناسب اراضی می باشد [۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶]. در تحقیقی که توسط فرهادی [۱۷] در منطقه برخوار و شاهین شهر و میمه در استان اصفهان انجام شد، با استفاده از برنامه‌ریزی چند هدفه، میزان مساحت مورد نیاز محصولات کشاورزی در سطح واحدهای همگن مدیریتی-محیطی تعیین شده است. در این تحقیق، متغیرهای تصمیم، محصولات کشاورزی در نظر گرفته شده و اهداف بیشینه نمودن سود خالص و کمینه نمودن هزینه تولید، برای کشاورزان این بخش تعیین شده‌اند. در ادامه تحقیق فوق توسط پیله فروشها [۲]، مدلی دو سطحی برای تخصیص محصولات کشاورزی در محیط سیستم اطلاعات مکانی (GIS) توسعه یافته است. در سطح اول، تخصیص دو کاربری کشاورزی و سکونتگاه با لحاظ نمودن افزایش و کاهش مساحت کاربری کشاورزی مدلسازی شده است. در سطح دوم، ابتدا با در نظر گرفتن مراحل مختلف رشد هر محصول و با بهره‌گیری از یک سیستم استنتاجگر فازی، تناسب هر پیکسل برای محصولات مختلف محاسبه شده است. سپس با تعریف واحدهای همگن مدیریتی- محیطی به‌عنوان واحدهای تقاضا و استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی وزنی، تقاضای محصولات مختلف تعیین شد.در نهایت با تعامل تناسب و تقاضای تعیین شده و همچنین توالی کشت محصولات انتخابی، نوع محصول کشاورزی در مناطق تخصیص یافته به کاربری کشاورزی در بازه زمانی برنامه ریزی به تفکیک پیکسل تعیین گردید. سلطانی و همکاران [۱۸] در منطقه بردسیر کرمان تحقیقی را انجام داده اند که هدف آن پیدا کردن الگوی کشت بهینه بر اساس ماکزیمم کردن تولید محصولات و درآمد خالص و همچنین مینیمم کردن نیروی انسانی، آب و استفاده از ماشین آلات کشاورزی می‌باشد. برای این منظور از مدل برنامه‌ریزی هدفمند فازی استفاده شده و نتایج حاصل از آن با مدلهای برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی هدفمند مقایسه شده است. نتایج بیانگر این هستند که مدل برنامه‌ریزی هدفمند فازی بهترین و ماکزیمم سود خالص را به‌دست آورده است. در تحقیقی دیگر که توسط محدث و غزالی[۱۹] برای حوضه اترک در ایران انجام شد، از یک مدل برنامه ریزی ریاضی چند هدفه به‌صورت فازی در طرح توسعه کشاورزی

[1] Food and Agriculture Organization

استفاده نموده‌اند. این مدل با تمرکز بر روی رسیدن به سه هدف به‌طور همزمان یعنی، ماکزیمم نمودن سود، حداکثر نمودن اشتغال و حداقل نمودن فرسایش با در نظر گرفتن ۸۸ محدودیت کار می کند. نتایج حاصل از مدل نشان می‌دهد که در مقایسه با ساختار فعلی برداشت، اجرای بهینه الگوی کشت می تواند سود و اشتغال را حداکثر و فرسایش خاک را به میزان قابل توجهی کاهش دهد.

در تحقیقی که توسط لطیف زاده و همکاران[۲۰] برای استان خوزستان انجام شد، هدف حداکثر نمودن سود، تخمین آب مورد نیاز در دوره‌های زمانی مختلف، بهینه کردن الگوی کشت و افزایش بهره‌وری مصرف آب در سطح زیر کشت ۱۶۰۰۰ هکتاری اراضی شبکه آبیاری عقیلی- گتوند می باشد. برای رسیدن به این اهداف از تلفیق یک مدل بیو فیزیک (برآورد نیاز آبی) و یک مدل اقتصادی (برنامه ریزی خطی) استفاده گردید. در تحقیقی که توسط چهرقانی[۳] انجام‌شده، هدف بهینه‌سازی سطح زیر کشت هر محصول بر اساس آب مورد نیاز گیاه وآب موجود در منبع می‌باشد که در آن چند گیاه کشت شده در منطقه ورامین در نظر گرفته شده و با تو جه به پارامترهای موثر بر آنها بهینه‌سازی بر روی این محصولات صورت گرفته و خروجی آن سطح بهینه شده محصولات می‌باشد.

شعبانی [۲۱] به‌منظور بهینه‌سازی مصرف آب و الگوی کشت در شبکه آبیاری درودزن از برنامه‌ریزی خطی و GIS استفاده نموده است. نتایج این تحقیق نشان داد که الگوی کشت بهینه در فصل اول گندم و در فصل دوم ذرت دانه‌ای و برنج می‌باشد و سایر گیاهان به نسبت کمتری وارد برنامه بهینه می‌شوند. باقریان و همکاران [۲۲] نتیجه گرفتند که به‌کارگیری مدلهای بهینه ضمن افزایش سودآوری، مقداری از زمین‌های زراعی را بدون استفاده می‌گذارد که بیانگر آن است الگوی بهینه کشت می‌تواند سود بیشتری را بامقدار زمین کمتری ارایه دهد. مسائل بهینه‌سازی چند هدفه از دیگر روش‌های متداول در خصوص بهینه‌سازی الگوی کشت و برنامه‌ریزی محصول می‌باشد [۲۳، ۲۴ ،۲۵ و ۲۶].

در تعیین الگوی کشت شبکه‌های آبیاری، عوامل کمی و کیفی متعدد و متنوعی وجود داشته که این عوامل وابستگی زیادی به مکان دارند و ممکن است یکسری از این عوامل برای دو قطعه‌ای که کنار هم قرار دارند تفاوت داشته باشد که موجب تغییر الگوی کشت می‌شود. با توجه به اینکه در غالب تحقیقات انجام شده، واحد برنامه‌ریزی به صورت پیکسل تعریف شده است[۲۴ و ۲]. از طرفی در حال حاضر کشاورزان، کشت‌های مورد نظر خود را در قطعاتی که مالکیت آنها مشخص است انجام می‌دهند و همچنین با توجه به ماهیت مکانی بودن معیارها، به نظر می‌رسد استفاده از یک مدل برداری (قطعه مبنا) شیوه مناسبی به‌منظور بررسی اثر این متغیرها و مشخص نمودن الگوی کشت باشد. در این صورت ارزیابی تناسب برای هر قطعه به‌صورت جداگانه صورت می‌گیرد و کشاورز با آگاهی از میزان تناسب قطعه مورد نظر برای محصولات مختلف، اقدام به کشت نموده و قادر به برآورد کلی از میزان سود، هزینه و نیازآبی محصولات برای این قطعه می‌باشد[۲۷]. تحقیق حاضر با هدف برنامه‌ریزی کشت محصولات مختلف کشاورزی به‌صورت قطعه مبنا با استفاده از برآورد نیاز آبی و روشهای بهینه‌سازی مکانی برای شبکه آبیاری برخوار واقع در جنوب شهرستان برخوار و شاهین شهر و میمه تعریف و انجام گردید.

۲- مواد و روش‌ها

در این بخش به معرفی منطقه مورد مطالعه داده‌ها و مدل استفاده شده پرداخته می‌شود.

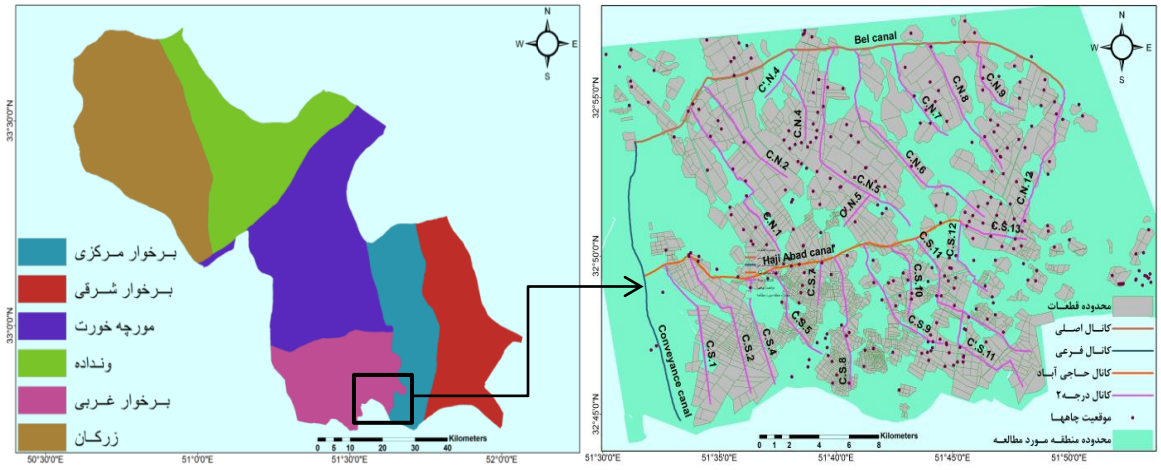
۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، اراضی زیر دست شبکه آبیاری واقع در جنوب شهرستانهای برخوار و

شاهین شهر و میمه در استان اصفهان می‌باشد. و از نظر موقعیت جغرافیایی در طول جغرافیایی "۵۱°۳۱'۳۳ تا "۵۱°۵۳'۳۶ شرقی و عرض جغرافیایی "۳۲°۴۴'۱۷ تا "۳۲°۵۷'۲۶ شمالی واقع شده است(شکل (۱)). منطقه مساحتی بالغ بر ۳۴۰۰۰ هکتار، اراضی کشاورزی داشته و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا بین ۱۵۴۰ تا ۱۶۱۰ متر می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه منطقه، ۲۷۲ میلیمتر، میانگین سالانه دما معادل ۱۲.۷ درجه سانتیگراد و دارای آب و هوای سرد و خشک می‌باشد [۲۸].

محصولات اصلی زراعی این منطقه شامل گندم، جو، ذرت، آفتابگردان و یونجه می‌باشد. همچنین در منطقه محصولات دیگری مانند سیب‌زمینی در سطح بسیار کم کشت می‌شوند. میزان کشت دیم در منطقه ناچیز بوده و عمدتا به صورت کشت آبی انجام می گیرد [۲۹]. منابع اصلی آب سطحی منطقه، شبکه آبیاری برخوار می‌باشد که از سد چادگان سرچشمه می‌گیرد. بخشی از آب مورد نیاز منطقه نیز از سفره‌های زیر زمینی که از طریق چاههای عمیق و نیمه عمیق موجود استحصال می‌گردد، تامین می‌شود (شکل (۱)).

در این تحقیق از نقشه کاداستر زراعی منطقه برای بهینه‌سازی الگوی کشت استفاده شده است و برنامه‌ریزی برای هر قطعه به صورت جداگانه صورت گرفته و کشاورز می تواند در هر ماه از سال زراعی به‌ازای هر محصول نیاز آبی و میزان درآمد حاصل از محصولات را برای هر قطعه مشاهده نماید. ضمن اینکه خروجی برنامه به صورتی است که برای هر قطعه بهترین کشت و بالاترین سود مشخص است (شکل (۱)). نوع و سطح زیر کشت رایج محصولات زراعی در منطقه مورد مطالعه بر اساس آمار اعلام شده از سوی سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان بین سالهای ۱۳۹۰-۱۳۸۶ تعیین شد. همچنین میزان آب قابل استحصال از شبکه آبیاری برخوار و میزان آبدهی چاههای منطقه برای سال ۱۳۸۵ از تحقیق انجام شده توسط فرهادی استخراج گردید [۱۷].



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان برخوار و شاهین شهر و میمه (الف) و نقشه شبکه آبیاری، موقعیت قطعات و چاههای منطقه (ب)

۲-۲- ایجاد بانک اطلاعاتی و لایه‌های مورد نیاز

برای ایجاد مدیریت بهینه، یک پایگاه داده آبیاری شامل لایه های اطلاعاتی خاک، اقلیم و گیاه در محیط GIS تشکیل شد. متغیرهای مکانی مورد نظر، نیاز آبی محصولات، مشخصات خاک و اطلاعات هواشناسی نظیر دما و بارش می‌باشند که برای محاسبه الگوی کشت بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه اطلاعات هواشناسی و همچنین تبخیر- تعرق مرجع

به‌صورت نقطه‌ای بوده و فقط در ایستگاههای هواشناسی حاوی اطلاعات می‌باشند، لازم است با استفاده از روشهای درونیابی این اطلاعات را برای کل منطقه محاسبه نماییم که در این تحقیق از نرم‌افزارArcGIS9.3 و روش درونیابی IDW[1] به‌دلیل گستردگی و پراکندگی کم ایستگاههای هواشناسی در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است.

در تشکیل لایه گیاه، پارامترهایی مانند، تاریخ کاشت و برداشت، ضریب گیاهی (KC) محصولات برای هر ماه از سال زراعی مد نظر قرار گرفت. با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده، ضریب گیاهی به‌روش فائو در چهار مرحله رشد گیاه تعیین و با استفاده از داده‌های هواشناسی نزدیکترین ایستگاه هواشناسی، ضریب گیاهی محاسبه و تصحیح شد [۳۰]. بعد از تعیین میزان تبخیر- تعرق مرجع و ضریب گیاهی برای قطعات، با استفاده از رابطه (۶) نیاز آبی محصولات برای قطعات در هر ماه تعیین می‌گردد که هدف اصلی زیر مدل اول می‌باشد (شکل (۳)).

در مرحله بعد، تعیین تناسب زمین برای محصولات کشاورزی مد نظر قرار گرفت. به‌منظور نیل به این مهم، ابتدا نقشه‌های معیار برای پارامترهای متغیر با زمان نظیر دما، بارش و تبخیر-تعرق برای هر ماه از سال زراعی و برای پارامترهای ثابت در زمان نظیر شیب، بافت و عمق خاک تولید گردید. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS9.3 و با مقایسه نیازهای رویشی محصولات که از جداول سایس و همکاران[۳۱] استخراج گردید و خصوصیات موجود قطعات، تناسب محصولات مختلف در منطقه تعیین و نقشه تناسب قطعات در چهار کلاس تناسب به ازای هر محصول تهیه گردید (شکل (۲)).

۲-۳- مدل‌های بهینه‌سازی

به‌طور کلی مدل‌های تخصیص آب و زمین از دو بخش تابع هدف و محدودیت ها تشکیل شده‌اند که تابع هدف بر اساس هدف مورد نظر در مساله حداکثر و یا حداقل می‌گردد [۲۷]. برنامه ریزی خطی جزء روشهای کلاسیک بهینه سازی می باشد. این روش یکی از روشهای بهینه سازی است که روابط بین متغیرها کاملا متناسب و مستقیم باشد. به عبارتی تابع هدف و توابع قید، توابعی خطی از متغیرهای طراحی باشند. در این مقاله تابع هدف به‌صورت زیر ارائه شده است.

$$Z = \sum_i \sum_j NI(i,j) \times X(i,j) \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$NI(i,j) = I(i,j) - C(i,j) \quad \text{رابطه (۲)}$$

در روابط فوق، Z : مجموع سود خالص از قطعات (میلیون ریال)، i :شماره مربوط به قطعات (۱۹۵۹, ... ,۲, ۱ = i)، j : نوع محصول کشت شده در هر قطعه(۱۱, ... ,۲, ۱ = j)، NI(i, j) : سود خالص هر قطعه به ازای هر محصول (میلیون ریال)، X(i, j) :بردار مربوط به متغیرهای تصمیم، I(i, j) : میزان درآمد ناخالص از هر قطعه به ازای هر محصول (میلیون ریال)، C(i, j) : میزان هزینه تمام شده در هر قطعه به ازای هر محصول (میلیون ریال).

۲-۳-۲- متغیرهای تصمیم

متغیرهای تصمیم که با اندیس j در الگوی برنامه‌ریزی خطی مشخص شدند شامل یازده سیستم کشت می‌باشند که به ترتیب عبارتند از: گندم (۱= j)، سیب زمینی (۲= j)، ذرت (۳= j)، جو (۴= j)، یونجه (۵= j)، آفتابگردان (۶= j)، گندم- ذرت (۷= j)، گندم- آفتابگردان (۸= j)، جو- ذرت (۹= j)، جو- آفتابگردان (۱۰= j)، آیش (۱۱= j).

۲-۳-۳- محدودیت ها

- **محدودیت آب**

به‌دلیل نبود اطلاعات کافی از میزان دبی خروجی ماهیانه شبکه آبیاری، محدودیت آب به‌صورت سالانه در سطح منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. مطابق با رابطه (۳)، کل آب مورد نیاز برای آبیاری

[1] Inverse distance weighting

منطقه، نباید بیشتر از آب در دسترس باشد.

رابطه (۳)

$$\left(\sum_i \sum_j \sum_k WR(i,j,k) \times X(i,j)\right) \leq WA_T$$

در رابطه فوق، k : تعداد ماههای سال (۱۲, ... ,۲, ۱= k)، WA_T : حجم کل آب قابل استحصال (متر مکعب). $X(i,j)$: بردار مربوط به متغیرهای تصمیم، $WR(i,j,k)$: نیاز آبی ناخالص هر قطعه به ازای هر محصول در هر ماه (متر مکعب) می‌باشد که مقدار آن از رابطه (۴) به‌دست می‌آید:

رابطه (۴) $$WR(i,j,k) = \frac{IN(i,j,k)}{E_a} \times S_i$$

که در آن، E_a :راندمان کاربرد آب در مزرعه، و برای این تحقیق برابر با ۵۵٪ در نظر گرفته شده است، S_i : معرف مساحت هر قطعه، $IN(i,j,k)$: نیاز آبی خالص هر قطعه به ازای هر محصول در هر ماه (mm) که مقدار آن از رابطه (۵) محاسبه می‌گردد:

رابطه (۵) $$IN(i,j,k) = ET_c(i,j,k) - P_k$$

در رابطه فوق، P_k : بارندگی موثر در ماه k ام (mm) می‌باشد که برابر ۸۰ درصد بارش در هر ماه در نظر گرفته شده است (استفاده از روش درصدی محاسبه باران موثر [32].، $ET_c(i,j,k)$: تبخیر- تعرق محصول j ام در ماه k ام به ازای هر قطعه (mm) که از رابطه (۶) به‌دست می‌آید:

رابطه (۶) $$ET_c(i,j,k) = K_c \times ET_o(i,k)$$

که در آن، $ET_o(i,k)$: تبخیر- تعرق مرجع که به ازای هر قطعه در هر ماه متغیر است (mm)، K_c : ضریب گیاهی. در این تحقیق تبخیر- تعرق مرجع به روش پنمن- مونتیث فائو، با استفاده از داده های هواشناسی ایستگاههای مجاور محاسبه گردید و سپس با استفاده از ضرایب گیاهی سازمان خوار و بار جهانی ارائه شده توسط آلن و همکاران، مقادیر تبخیر- تعرق پتانسیل گیاهان زراعی محاسبه گردید.

- **محدودیت تولید**

مقدار حداقل و حداکثر تولید برای محصولات مورد مطالعه، براساس متوسط میزان تولید در منطقه در ۱۰ سال اخیر می‌باشد که برای کارایی بیشتر مدل و رسیدن به بهترین جواب، میزان تولید محصولات حداکثر می‌تواند تا ۳۰ درصد افزایش و یا کاهش نسبت به متوسط ۱۰ سال گذشته داشته باشد (رابطه (۷)):

رابطه (۷)

$$W_L(j) \leq \sum_i \sum_j P(i,j) \times X(i,j) \leq W_U(j)$$

در رابطه فوق، P(i, j) : میزان تولید هر محصول در هر قطعه (تن)، W_L : میزان حداقل برداشت محصول j در سطح منطقه (تن)، W_U : میزان حداکثر برداشت محصول j در سطح منطقه (تن). میزان عملکرد هر قطعه به ازای هر محصول با استفاده از نقشه تناسب به دست آمده از نرم‌افزار آرک جی آی اس نسخه ۹٫۳ محاسبه شده و در نهایت با ضرب آن در مساحت هر قطعه، میزان تولید در آن قطعه ((P(i, j)) به‌دست آمده است، همچنین برای سیستم‌های دو کشتی ابتدا میزان عملکرد هر قطعه به ازای هر محصول محاسبه شده و با در نظر گرفتن قیمت هر محصول میزان درآمد حاصل از آنها محاسبه و با هم جمع شده است و در نهایت به‌عنوان درآمد حاصل از این دو محصول در این قطعه به‌صورت مستقیم در تابع هدف قرار گرفته است (در تابع فوق J=1:6 می‌باشد).

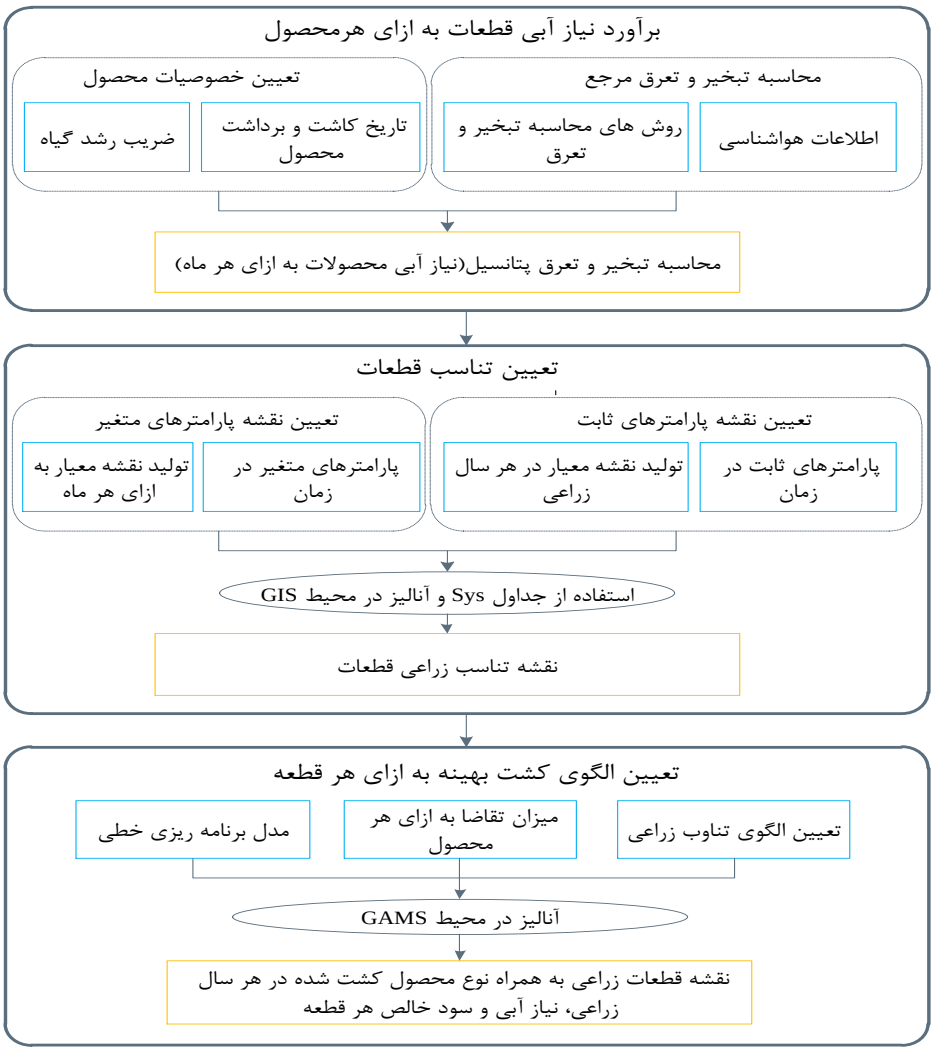
- **محدودیت تناوب زراعی**

بیانگر این است که تمامی قطعات منطقه در سالهای زراعی اول و دوم زیر کشت قرار گیرند یعنی اگر در سال اول ۳۵٪ از قطعات به دلیل نبود آب کافی به‌صورت آیش در نظر گرفته شد، برای سال دوم زراعی این ۳۵٪ باید زیر کشت قرار گیرد و یکسری دیگر از قطعات به‌عنوان آیش در نظر گرفته شود (رابطه (۸)). همچنین برای محصول یونجه که جزء محصولات چند ساله می باشد قیدی در نظر گرفته شده که در سالهای زراعی بعدی، قطعاتی که در آن یونجه کشت شده است به‌صورت یونجه باقی بماند؛ یعنی اگر در سال اول قطعه‌ای یونجه کشت شده است با توجه به اینکه در این منطقه یونجه شش ساله است، برای پنج سال بعدی این قطعات باید بدون تغییر یونجه کشت شوند.

رابطه (۸) $(\sum_i \sum_j AR(i) \times X(i,j)) \leq \%35 \times AR_T$

در این رابطه، $AR(i)$: مساحت قطعات زراعی (هکتار)، AR_T: مجموع مساحت قطعات (هکتار).

در ادامه، با توجه به اینکه ممکن است در سالهای زراعی مختلف، الگوی کشت توسط برنامه ریزان بخش کشاورزی به دلیل ترسالی و خشکسالی (تغییرات بارندگی در سالهای متوالی) تغییر کند و یا بخواهند نتایج کار را با محدودیت‌های مختلف در نظر بگیرند، مدل با سه سناریو با محدودیت‌های مختلف اجرا می‌گردد.



شکل ۲: مراحل کلی انجام تحقیق

۳- نتایج و بحث

- **سناریوی اول: بررسی نتایج بهینه‌سازی بدون در نظر گرفتن محدودیت**

نتایج بهینه‌سازی شده توسط برنامه‌ریزی خطی در شرایط عدم محدودیت (رفع محدودیت‌های منطقه) در جدول (۱) ارائه شده است. با توجه به جدول مشخص می‌گردد که یکسری از محصولات در این سال زراعی کشت نشده و چون هدف در این سناریو تنها ماکزیمم کردن سود است فقط محصولاتی کشت خواهند شد که میزان درآمد خالص آنها بالاتر باشد. ولی با توجه به محدودیت فروش و نیاز منطقه به

محصولات دیگر و همچنین محدودیت آب در منطقه، از لحاظ عملی امکان اجرای این گزینه مشکل بوده و توصیه می‌شود تصمیم‌گیری‌ها برگرفته از شرایط واقعی منطقه باشد. نقشه الگوی‌کشت بهینه شده تحت سناریو اول در محیط نرم‌افزار آرک جی آی اس نسخه ۹٫۳، به‌صورت شکل(۴- الف) خواهد شد.

جدول ۱: نتایج حاصل از سناریو اول

نوع محصول	تعداد قطعات کشت شده	نیاز آبی خالص قطعات (متر مکعب)	سطح زیر کشت هر محصول (هکتار)	سود خالص (میلیون‌ریال)
گندم	۰	۰	۰	۰
جو	۰	۰	۰	۰
ذرت	۰	۰	۰	۰
یونجه	۶	۳۷۷۲۳۰۸٫۲۶۴	۲۳۸٫۰۴۹	۸۹۲۸
سیب زمینی	۰	۰	۰	۰
آفتابگردان	۰	۰	۰	۰
گندم-ذرت	۱۷۴۳	۵۱۷۴۱۱۹۰۶٫۴	۲۶۶۳۲٫۵۵۳	۲۰۱۷۰۱۳
گندم-آفتابگردان	۲۱۰	۱۳۹۳۷۱۵۱۸٫۵	۷۲۹۰٫۰۷۷	۴۳۱۴۱۷
جو-ذرت	۰	۰	۰	۰
جو-آفتابگردان	۰	۰	۰	۰
آیش	۰	۰	۰	۰
جمع کل	۱۹۵۹	۶۶۰۵۵۵۷۳۳٫۲	۳۴۱۶۰٫۶۸۰	۲۴۵۷۳۵۸

- **سناریوی دوم: بررسی نتایج بهینه‌سازی با در نظر گرفتن محدودیت آب**

نتایج بهینه‌سازی شده توسط برنامه‌ریزی خطی در شرایط محدودیت آب در جدول (۲) ارائه شده است. پارامتری که در بهینه‌سازی الگوی کشت از اهمیت زیادی برخوردار است، محدودیت منابع آب در دسترس می‌باشد زیرا در صورت کمبود آب در یکی از مراحل کشت، میزان عملکرد محصول افت خواهد کرد. در اجرای مدل تحت سناریو دوم نیز، یکسری از محصولات در سال زراعی اول کشت نمی‌شوند و میزان درآمد خالص نسبت به سناریو اول، کاهش ۶۴ درصدی داشته است. این درحالی است که میزان آب مصرفی نسبت به سناریو اول حدود ۷۲ درصد کاهش پیدا کرده است. برای اینکه میزان درآمد در سالهای مختلف زراعی متعادل بوده و همچنین کمبود منابع آبی باعث کاهش راندمان تولید نشود، لازم است تا یکسری از قطعات زیر کشت قرار نگیرند که برای رسیدن به این هدف، ٪(۴۰- ۳۵) از قطعات در هر سال به‌صورت آیش باقی می‌مانند و این قطعات برای سال دوم کشت می‌شوند. نقشه الگوی‌کشت بهینه شده تحت سناریو دوم در محیط نرم‌افزار آرک جی آی اس نسخه ۹٫۳، به‌صورت شکل (۴- ب) خواهد شد.

جدول ۲: نتایج حاصل از سناریو دوم

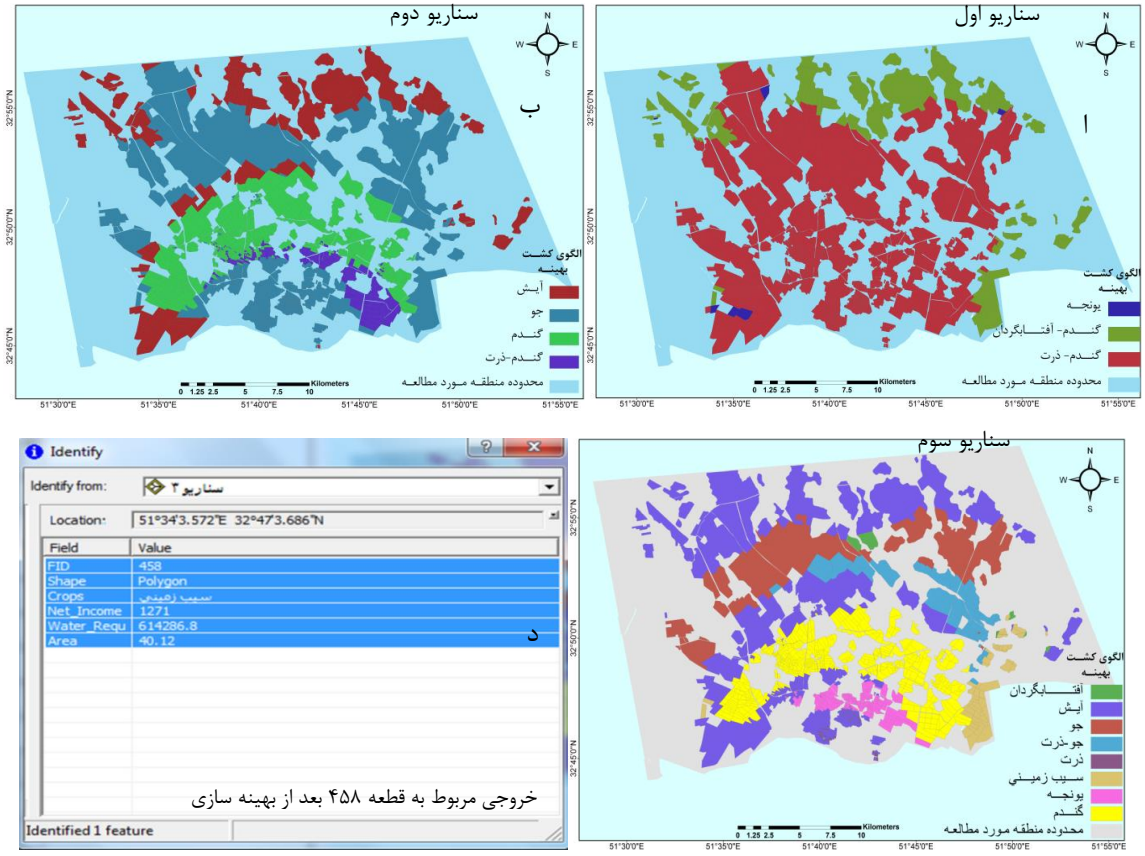
نوع محصول	تعداد قطعات کشت شده	نیاز آبی خالص قطعات (متر مکعب)	سطح زیر کشت هر محصول (هکتار)	سود خالص (میلیون‌ریال)
گندم	۵۷۸	۶۶۶۵۱۹۹۵٫۴۸	۷۶۳۷٫۳۶	۲۸۸۷۵۴
جو	۱۰۰۸	۸۱۵۴۶۶۵۷٫۱۲	۱۶۳۰۴٫۶۷	۴۶۱۹۵۷
ذرت	۰	۰	۰	۰
یونجه	۰	۰	۰	۰
سیب زمینی	۰	۰	۰	۰
آفتابگردان	۰	۰	۰	۰
گندم-ذرت	۱۵۰	۳۱۸۰۱۲۹۵٫۸۳	۱۷۱۸٫۵۵	۱۳۶۴۲۶
گندم-آفتابگردان	۰	۰	۰	۰
جو-ذرت	۰	۰	۰	۰
جو-آفتابگردان	۰	۰	۰	۰
آیش	۲۲۳	۰	۸۵۰۰٫۱۰	۰
جمع کل	۱۹۵۹	۱۷۹۹۹۹۹۴۸٫۴	۳۴۱۶۰٫۶۸۰	۸۸۷۱۳۷

- **سناریوی سوم: بررسی نتایج بهینه‌سازی با در نظر گرفتن محدودیت آب و محدودیت الگوی کشت**

نتایج بهینه‌سازی شده توسط برنامه ریزی خطی تحت سناریو سوم در جدول (۳) ارائه شده است. با مطالعات صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه، مشخص شد که طی سالهای ۱۳۹۰- ۱۳۸۶، تمامی محصولات مورد مطالعه هر سال در این منطقه کشت شده‌اند [۱۷]. بر این اساس و با توجه به متوسط سطح زیر کشت فعلی هر محصول، یکسری محدودیت در نظر گرفته شده است تا تمامی محصولات هر ساله، در منطقه مورد مطالعه کشت شوند. در این سناریو محدودیت منابع آبی عاملی است که موجب می شود مساحت تحت آیش، حدود ۴۰٪ کل مساحت منطقه مورد مطالعه شود و در مقایسه با سناریو اول و دوم، به‌دلیل کشت محصولات با نیاز آبی بالا، مساحت تحت آیش افزایش پیدا کرده است. نقشه الگوی‌کشت بهینه شده تحت سناریو سوم در محیط نرم‌افزار آرک جی آی اس نسخه ۹٫۳، به‌صورت شکل(۴- ج) خواهد شد. خروجی حاصل از بهینه‌سازی به گونه‌ای است که به ازای هر قطعه، نوع محصول کشت شده در آن، میزان سود خالص حاصل از آن (میلیون ریال) و نیاز آبی خالص آن قطعه (متر مکعب) مشخص بوده و براساس این اطلاعات کشاورز قادر خواهد بود تا برنامه‌ریزی دقیق‌تری برای کشت قطعه مورد نظر خود داشته باشد. به‌عنوان نمونه، خروجی حاصل از سناریو سوم برای قطعه ۴۵۸ در شکل (۴- د) ارائه شده است که نوع محصول کشت شده در آن سیب‌زمینی، میزان سود حاصل از آن برابر ۱۲۷۱ میلیون ریال، نیاز آبی خالص آن برابر ۶۱۴۲۸۶٫۸ میلیون متر مکعب در سال و مساحت آن برابر ۴۰٫۱۲ هکتار می‌باشد.

جدول ۳: نتایج حاصل از سناریو سوم

نوع محصول	تعداد قطعات کشت شده	نیاز آبی خالص قطعات (متر مکعب)	سطح زیر کشت هر محصول (هکتار)	سود خالص (میلیون‌ریال)
گندم	۶۱۸	۵۵۰۷۷۵۳۴٫۸۹	۶۴۷۴٫۵۰	۲۴۴۷۸۹
جو	۱۸۰	۳۵۷۵۴۱۳۰٫۴۸	۶۷۹۳٫۴۶	۲۱۰۱۵۶
ذرت	۳۴	۷۲۴۶۵۴٫۲۴	۶۴٫۴۳	۲۶۹۷
یونجه	۱۸۱	۱۹۹۴۱۲۸۹	۱۳۲۷٫۳۳	۷۸۲۲۷
سیب زمینی	۶۰	۱۹۳۳۸۴۹۰٫۰۷	۱۲۷۷٫۰۴	۴۰۴۶۷
آفتابگردان	۷	۳۴۴۷۷۲۹٫۵۳	۲۵۹٫۷۵	۸۵۶۴
گندم-ذرت	۰	۰	۰	۰
گندم-آفتابگردان	۰	۰	۰	۰
جو-ذرت	۸۸	۴۵۷۱۶۰۲۵٫۸۴	۲۷۳۷٫۲۰	۱۹۸۳۹۹
جو-آفتابگردان	۰	۰	۰	۰
آیش	۷۹۱	۰	۱۵۲۲۶٫۹۸	۰
جمع کل	۱۹۵۹	۱۷۹۹۹۹۸۵۴	۳۴۱۶۰٫۶۸	۷۸۳۲۹۹



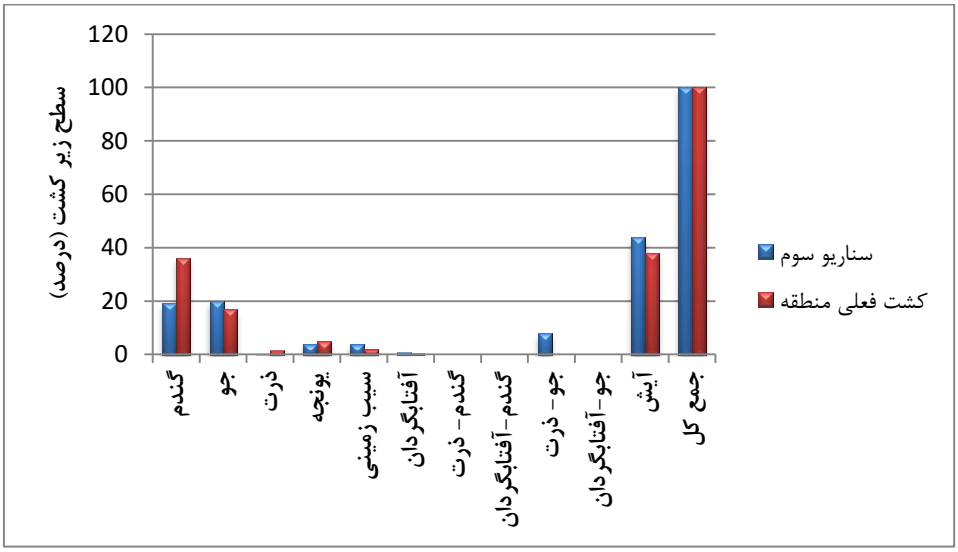
شکل۴: نقشه الگوی کشت بهینه شده حاصل ازسناریوها

۳-۱- ارزیابی نتایج حاصل از سه سناریو

- درسناریو اول، هیچ محدودیتی برای منطقه در نظر گرفته نشد و میزان درآمد حاصل از این سناریو به مراتب بیشتر از سناریوهای دیگر بود ولی بسیاری از محصولات به دلیل سود کم از چرخه کشت حذف شدند. در سناریو دوم، محدودیت آب منطقه مد نظر قرار گرفت که خروجی حاصل از این سناریو، نشان داد که به دلیل کمبود منابع آبی در منطقه، یکسری از قطعات، تحت کشت قرار نگرفته و به‌صورت آیش در نظر گرفته شده اند. نقشه حاصل از این سناریو نیز به صورتی بود که یکسری از محصولات، زیر کشت قرار نگرفته است و تنها آن دسته از محصولات که نیاز آبی کمتری دارند، کشت شده‌اند و میزان درآمد نسبت به حالت اول، حدود ۶۴٪ کاهش پیدا کرده است.در سناریو سوم، با توجه به تناوب الگوی کشت منطقه، یکسری محدودیتها برای محصولات در نظر گرفته شد تا تمامی محصولات زیر کشت قرار گیرند که این عامل موجب شد، به‌دلیل کمبود آب، حدود ۴۰٪ از اراضی کشاورزی منطقه تحت آیش قرار گیرند و این قطعات برای سال دوم زراعی کشت شوند.
- با توجه به اینکه هدف در سناریو اول ماکزیمم نمودن سود می‌باشد، الگوریتم محصولی را برای قطعات انتخاب می‌کند که از لحاظ مکانی بالاترین سود را داشته باشند یعنی به ازای هر قطعه، محصولی که درجه تناسب بالایی دارد به‌عنوان محصول هدف انتخاب می‌شود. زیرا هر چه درجه تناسب بالاتر باشد، میزان عملکرد قطعه برای آن محصول بیشتر و به تبع آن میزان درآمد برداشتی بالاتر خواهد رفت. در سناریو دوم علاوه بر ماکزیمم نمودن سود، محدودیت آب نیز در نظر گرفته شده است و این عامل سبب می‌شود الگوریتم علاوه بر درآمد، محدودیت آب را نیز در نظر بگیرد. لذا الگوریتم آن دسته از قطعات را که از لحاظ مکانی تبخیر- تعرق مرجع کمتر (نیازآبی پایین‌تر) و درجه تناسب بالاتری داشته باشند را انتخاب می‌کند. در سناریو سوم، محدودیت سطح زیر کشت محصولات نیز مدنظر قرار گرفت که این عامل سبب شد میزان درآمد نسبت به سناریو اول و دوم به‌ترتیب ۶۸٪ و ۱۲٪ کاهش داشته باشد.
- با مقایسه نتایج حاصل از این سه سناریو، مشخص شد که در منطقه مورد مطالعه به‌دلیل کمبود آب، محصولات با نیاز آبی کم مانند گندم و جو کشت می‌شوند و سطح زیر کشت سایر محصولات نسبت به این دو، پایین‌تر می‌باشد (جدول (۴)، شکل (۵)). مقایسه سطح زیر کشت محصولات منطقه بین سالهای ۱۳۹۰- ۱۳۸۶ و خروجی حاصل از مدل، صحت مدل ارائه شده را تایید می‌نماید (شکل (۶)).

جدول۴: مقایسه سطح زیرکشت محصولات به ازای سه سناریو مختلف (درصد)

نوع محصول	گندم	جو	ذرت	یونجه	سیب زمینی	آفتابگردان	گندم- ذرت	گندم- آفتابگردان	جو- ذرت	جو-آفتابگردان	آیش	جمع کل
سناریو اول	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۷۸	۲۱	۰	۰	۰	۱۰۰
سناریو دوم	۲۲	۴۸	۰	۰	۰	۰	۵	۰	۰	۰	۲۵	۱۰۰
سناریو سوم	۱۹	۲۰	۰٫۲	۴	۴	۰٫۸	۰	۰	۸	۰	۴۴	۱۰۰



شکل ۵: مقایسه سطح زیرکشت محصولات حاصل از سناریو سوم با سطح زیر کشت فعلی منطقه

۴- نتیجه‌گیری

- نتیجه حاصل از پیاده‌سازی مدل و مقایسه نتایج حاصل از سه سناریو، نشان داد که منطقه مورد مطالعه، برای کشت همزمان تمامی قطعات با کمبود آب مواجه است و از نظر عملی کشت همزمان تمامی قطعات امکان‌پذیر نمی‌باشد. به همین دلیل مدل با استفاده از سه سناریو متفاوت اجرا شد تا میزان تاثیرگذاری محدودیت‌ها در میزان درآمد کل نشان داده شود.
- در حالت بهینه بدون محدودیت سطح زیر کشت، محصولاتی مانند سیب‌زمینی، یونجه و آفتابگردان به‌دلیل مصرف بالای آب و قرار گرفتن دوره رشد آنها در فصول بهار و تابستان، از الگوی کشت حذف شدند و محصولات گندم و جو به‌دلیل قرار گرفتن دوره رشد آنها در فصول پاییز، زمستان و اوایل بهار، سطح زیر کشت بیشتری نسبت به سایر محصولات به خود اختصاص دادند.
- به‌صورت کلی می‌توان گفت، تناسب منطقه مورد مطالعه برای محصولات گندم، جو و ذرت بالا می‌باشد و حدود ۹۰درصد از قطعات در کلاس‌های بسیار مناسب و مناسب قرار گرفته‌اند. عامل محدود کننده در اکثر قطعات، بافت خاک بوده که باعث شده است یکسری از قطعات در کلاس‌های نامناسب و تقریبا مناسب قرار گرفته و میزان عملکرد محصولات کاهش یابد.
- یکسری از معیارهایی که می‌توانند تاثیر زیادی بر روی نتایج به‌دست آمده داشته باشند عبارتند از، محدودیت ماهانه آب، کود شیمیایی، شیب، نیروی کار، فاصله قطعات از شبکه آبیاری، سطح زیر کشت. که در این تحقیق به دلیل دسترسی نداشتن به داده های موجود مورد استفاده قرار نگرفت، لذا پیشنهاد می‌شود این معیارها در تحقیقات آتی به‌عنوان یکسری محدودیت در نظر گرفته شوند.
- با توجه به اینکه در غالب تحقیقات انجام شده، واحد برنامه‌ریزی به‌صورت پیکسل تعریف شده است [۲، ۱۷، ۲۳، ۲۴، ۲۵ و ۲۶] و از طرفی در حال حاضر کشاورزان، کشت‌های مورد نظر خود را در قطعاتی که مالکیت آنها مشخص است انجام می‌دهند و با توجه به ماهیت مکانی بودن معیارها، به نظر می‌رسد استفاده از یک مدل برداری (قطعه مبنا) شیوه مناسبی

به‌منظور بررسی اثر این متغیرها و مشخص نمودن الگوی کشت باشد. در این صورت ارزیابی تناسب برای هر قطعه به‌صورت جداگانه صورت گرفته و کشاورز با آگاهی از میزان تناسب قطعه مورد نظر برای محصولات مختلف، اقدام به کشت نموده و قادر به برآورد کلی از میزان سود، هزینه و نیازآبی محصولات برای این قطعه می‌باشد.

- مدل پیشنهادی در این تحقیق مستقل از تعداد محصولات و معیارهای ارائه شده است. در صورتی‌که بخواهیم جهت بالاتر بردن دقت ارزیابی تناسب، تعداد معیارهای تاثیر گذار به‌خصوص را افزایش داده و یا برای منطقه دیگری از آن استفاده نماییم، قابلیت انعطاف داشته و با اعمال تغییرات مورد نظر می‌توان از این روش استفاده نمود.

۵- پیشنهاد برای سیاست گذاری

هدف اصلی این تحقیق، تدوین یک الگوی برنامه‌ریزی به‌منظور تخصیص بهینه منابع در زمینه زراعت محصولات کشاورزی منطقه زیر دست شبکه آبیاری برخوار بوده است. به‌طور کلی نتایجی که از این مطالعه به‌دست آمد نشان می‌دهد که کشاورزان از منابع در دسترس، استفاده بهینه نکرده و در رابطه با فعالیتهای زراعی ایشان، قابلیت افزایش سود با تخصیص مجدد منابع وجود دارد. اجرای مدلهای بهینه نشان دهنده آن است که استفاده از زمینهای زراعی موجود در فصول مختلف می تواند به‌نحو بهتری انجام گیرد. زیرا اجرای مدلهای بهینه ضمن افزایش سودآوری، مقداری از زمینهای زراعی را بدون استفاده می‌گذارد که بیانگر آن است که الگوی بهینه کشت می‌تواند سود بیشتری را با مقدار زمین کمتری ارائه دهد. بنابراین چنانچه محدودیتهای منطقه از جمله آب کاهش یابد، امکان افزایش سطح زیر کشت و سودآوری وجود خواهد داشت. از آنجا که توسعه خدمات زیر بنائی در کاهش محدودیتهای منابع تاثیر بسزائی دارد، توجه به این امر در خصوص استفاده بهینه از منابع برای افزایش سودآوری فعالیتهای زراعی منطقه می‌تواند موثر باشد.

مراجع

[1] M. Moghaddasi, S. Morid, Sh. Araghinejad, "Optimization of Water Allocation During Water Scarcity Condition Using Non-Linear Programming, Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization (Case Study)", Journal of Iran-Water Resources Research, Volume 4, No. 3, pp. 1-13, 2009 (persian).

[2] P. Pileforooshha, "Allocation of Agricultural Aroducts Using Multi-objective Decision Making and Fuzzy Logic", M.Sc. Thesis in Civil-Surveying Engineering. Faculty of Geodesy and Geomatics. K.N. Toosi University of Technology, 1391 (persian).

[3] A. Chahraghani, "Dam Irrigation Network Management Using GIS Spatial Analysis", M.Sc. Thesis in Civil-Surveying Engineering. Faculty of Geodesy and Geomatics. K.N. Toosi University of Technology, 1386 (persian).

[4] T.R.N. Ahamed, K.G. Rao, J.S.R. Murthy, "GIS-based Fuzzy Membership Model for Crop-land Suitability Analysis", Agricultural Systems 63, pp. 75-95, 2000.

[5] F.A.O, A Framework for Land Evaluation, F.A.O soils bull, pb No 32, Rome, 1976.

[6] S. Kalogirou, "Expert Systems and GIS: an Application of Land Suitability Evaluation, Computers", Journal of Environment and Urban Systems 26, pp. 89–112, 2002.

[7] I. Sante-Riveira, R. Crecente-Maseda, D. Miranda-Barros, "GIS-based Planning Support System for Rural Land-use Allocation", Journal of computers and electronics in agriculture 63, pp. 257-273, 2008.

[8] M. FarajZadeh, R. Mirza Bayati, "Feasibility of Prone Areas for Saffron Cultivation in

Neyshabur Plain Using GIS", Journal of Modares (humanities) 11, pp. 67-91, 2007 (persian).

[9] M.H. Masih Abadi, S. Mahmoodi, E. Pazira, "Evaluation of Land Suitability for the Selected Products in Minab Region", Journal of Soil and Water science, Special issue on soil survey and land evaluation, pp. 31-46, 2001 (persian).

[10] A. Mohammadi, A. Pashaei Avval, S.A. Mosavati, S. Sadeghi, "Qualitative Land SuitabilityEvaluation for the Main Agronomic Crops in Gonbad-e-Kavous, Northeast-Iran", Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (Special issue, Agronomy and Plant Breeding) 14, pp. 99-111, 2008 (persian).

[11] J. Mohammadi, J. Givi, "Land Suitability Evaluation for Irrigated Wheat in Falavarjan Region Using Fuzzy Set Theory", Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 5, pp. 103-115, 2001 (persian).

[12] S. Baja, D. M. Chapman, D. Dragovich, "A Conceptual Model for Defining and Assessing Land Management Units Using a Fuzzy Modeling Approach in GIS Environment", Environmental Management 29(5):pp. 647-661, 2002.

[13] S. Hartati, A. Harjoko, I. S. Sitanggang, "Evaluating Land Suitability Using Fuzzy Logic Method", Proceedings of The International Conference 2003 on Mathematic and Its Aplication . Univ GadjahMada, 14-17 Juli 2003.

[14] A. Keshavarzi, F. Sarmadian, A. Heidari, M. Omid, "Land Suitability Evaluation Using Fuzzy Continuous Classification (A Case Study: Ziaran Region)", Modern Applied Science 4(7), pp. 1-10, 2010.

[15] D. Kurtener, H. A. Torbert, E. Krueger, "Evaluation of Agricultural Land Suitability: Application of Fuzzy Indicators", Computational Science and Its Applications–ICCSA , Springer: pp. 475-490, 2008.

[16] F .Qiu, B. Chastain, Y. Zhou, C. Zhang, H. Sridharan, "Modeling Land Suitability/Capability Using Fuzzy Evaluation". GeoJournal: pp. 1-16, 2013.

[17] B. Farhadi Bansouleh, "Development of a Spatial Planning Support System for Agricultural Policy Formulation Related to Land and Water Resources in Borkhar & Meymeh District, Iran", Ph.D. Thesis, International Institutefor Geo-information Science & Earth Observation (ITC),Enschede,Wageningen Universiteit, 2009.

[18] J .Soltani, A. Karbasi, and S. Fahimifard, "Determining Optimum Cropping Pattern UsingFuzzy Goal Programming (FGP) Model", African Journal of Agricultural Research 6(14): pp. 3305-3310, 2011.

[19] SA. M, M. Mohd Ghazali, "Application of the Fuzzy Approach for Agricultural Production Planning in a Watershed, a Case Study of the Atrak Watershed, Iran", American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci 3(4): pp. 636-645, 2008.

[20] Sh. Latifzadeh, R. Mokhtaran, L. Latifzadeh, S. Hamze, "Determine Optimal Crop Pattern To Manage Agricultural Water Use in Irrigation Networks Aghili – Gatond", Journal of Water Engineering, No 1, pp. 53-59, 1389 (persian).

[21] M.K. Shabani, "Optimal Management of Water and Cropping Patterns in Doroudzan Irrigation and Drainage Network Using Geographic Information System (GIS)", Thesis in Irrigation and Drainage Field, Shiraz Univesity, 1385 (persian).

[22] A. Bagherian, I. Saleh, Gh. Paykani, "Farming Optimization and Derivation of Normative Demand Function of Water (Case Study: Kazeroun Region)", Iran Agricultural Economics Conference, No 6, 1386 (persian).

[23] J. Adeyemo, and F. Otieno, "Differential Evolution Algorithm for Solving Multi-Objective Crop Planning Model", Agricultural Water Management 97(6): pp.848-856, 2010.

[24] W. Gomaa, N. Harraz , and A. ElTawil, “Crop Planning and Water Management”, A Survey Proceedings of the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering, 2011.

[25] R. Sarker, and T. Ray, “An Improved Evolutionary Algorithm for Solving Multi-Objective Crop Planning Models”, Computers and Electronics in Agriculture 68(2): pp. 191-199, 2009.

[26] D. G. Regulwar, and J. B. Gurav, “Fuzzy Approach Based Management Model for Irrigation Planning”. J Water Resour Prot 2: pp. 545-554, 2010.

[27] H. Esmailpour Estakhi, “Agricultural Crops Cultivation Planning by Water Needs Computation and Spatial Optimization Techniques”. M.Sc. Thesis in Civil-Surveying Engineering. Faculty of Geodesy and Geomatics. K.N. Toosi University of Technology, 1392 (persian).

[28] APERI, “Comprehensive Studies for Agricultural Development Provincial Synthesis (Esfahan Province) ”, Jame Iran Consulting Engineers 1386 (persian).

[29] Jihad-e-Agriculture.http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx? CategoryID=390244a4-8a6a-4689-b661-e 96 d 3dfe4251, 2016.

[30] R. G.Allen, L. S. Pereira, D. Raes , and M. Smith, “Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements-FAO Irrigation and Drainage”, paper 56. FAO, Rome 300: 6541, 1998.

[31] C. Sys, E. Van Ranst, J. Debaveye , and F. Beernaert, “Land Evaluation Part III, Crop Requirements”, Agricultural publication-No 7, General Administration for Development Cooperation, Brussels, 1993.

[32] M. Firooz, H. Ghamarnia and SH. Nasiri, “Estimates of Effective Rainfall and Water Requirements for Rice Cultivation in the Plains of Mazandaran”, Geographical Research Quarterly- No 54:pp.59-76, 1384(persian)

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.5, No.2, Summer 2017

Planning of Agricultural Crops Cultivation Using Spatial Optimization Methods

Hadi Esmailpour Estarkhi [1*], Mohamad Karim [2], Abbas AlimohammadiSarabi [3], Kamran Davari [4]

1- MSc Student- Department of Geospatial Information Systems (GIS)- Faculty of Geodesy and Geomatics, K.N. Toosi University of Technology
2- Assistant Professor- Department of Geospatial Information Systems (GIS)- Faculty of Geodesy and Geomatics, K.N. Toosi University of Technology
3- Associate Professor- Department of Geospatial Information Systems (GIS)- Faculty of Geodesy and Geomatics, K.N. Toosi University of Technology
4- Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Population growth, limited usable agricultural lands, rapid changes in societies and land uses development, highlights the importance of proper planning for land use and cropping pattern optimization. The present study was carried out for agricultural crops cultivation planning using water requirement estimation and spatial optimization methods. The model was programmed into three sub-models. The objective of the first sub-model, was assessingthe crops water requirement. For this purpose, the meteorological observations collected from 16 high quality meteorological sites for a 20- year period (1985-2005). Objective of the second sub-model, was determining the land suitability for agricultural crops. To achieve this goal six criteria were considered. The criteria classified into two groups including climatic parameters and land characteristics. Finally objective of the third sub-model was cropping pattern Optimization by considering the maximum benefit and minimum consumable water in study region. In order to reach to this target, linear programming was used. Result of linear programming showed that due to water shortages in the region, Simultaneous cultivation of all parcel is not possible and about 40 percent of the parcel to remained fallow, in each year separately. Also in the optimal state surface of products such as potato, alfalfa and sunflower due to high water consumption, exposure of the growing season in spring and summer and having lower gross margin were removed from the cropping pattern and wheat and barley crops constituted area under cultivation more than other products.

Key words: Water requirement, Landsuitability, Optimal cropping pattern,Linear programming, GIS.

Correspondence Address: Surveying Group, Faculty of Engineering, Univercity of Bojnourd, Bojnourd, North Khorasan Province, Iran
Tel : +98 9153845169
Email : hsmailpour90@gmail.com