

بهینه‌سازی کاربری اراضی با توجه به منابع آب مصرفی با برنامه‌ریزی خطی (مطالعه موردی: شهرستان یزد)

۱- رضوان اسدی، کارشناسی ارشد آب‌خیزداری و عضو انجمن آب‌خیزداری ایران
rezvanasadi76@yahoo.com

۲- حسین ملکی‌نژاد، دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد

۳- احمد فتاحی، استادیار دانشگاه منابع طبیعی و کویرشناسی اردکان

دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۰۹

پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۱۵

چکیده

بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه های آبخیز با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و با توجه به منابع محدود آب، یکی از روش‌های مدیریتی مناسب برای رسیدن به پایداری منظور رسیدن به بیشترین سود است. هدف از این پژوهش، تعیین کاربری بهینه برای شهرستان یزد، با توجه به شرایط برداشت فعلی آب می‌باشد. مصرف کنندگان اصلی آب شهرستان، بخش‌های کشاورزی، فضای سبز، خانگی و صنایع هستند. بخش عمده‌ای از آب مورد نیاز این بخش‌ها را منابع زیر زمینی تأمین می‌کنند. مساحت کاربری‌های کشاورزی، فضای سبز، مسکونی، صنعتی (واحدهای مورد بررسی) در سال ۹۰ به ترتیب ۷۲۱۲/۳، ۸۰۴/۳، ۳۵۲۵/۳ و ۳۳۵/۸ هکتار بوده است. مدل نویسی در محیط نرم افزار لیندو انجام گرفت. تابع هدف برای مساله به صورت مینیمم کردن میزان آب اختصاصی در واحد سطح هر کاربری تعریف گردید. محدودیت‌های مورد بررسی به دو دسته محدودیت‌های مربوط به مساحت کاربری‌ها و محدودیت‌های مربوط به آب مورد نیاز هر کاربری تقسیم شدند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مساحت‌های فعلی کاربری‌ها، با توجه به آب مصرفی در آنها بهینه نیستند. در صورتی که راندمان‌های فعلی برداشت آب در مقادیر آب تخصیصی به کاربری‌ها لحاظ گردد، مساحت بعضی از کاربری‌ها به خصوص بخش کشاورزی، برای رفع تنش آبی وارده بر گیاهان تا ۴۰٪ کمتر از مساحت‌های موجود این کاربری‌ها در شهرستان به دست آمدند.

واژگان کلیدی: برنامه ریزی خطی، بهینه سازی، کاربری اراضی، لیندو.

مقدمه

(Clarck, 1996). برای دستیابی به این توسعه در بخش منابع طبیعی و کشاورزی، مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی مناسب کاربری اراضی لازم است (Molhotra, 1980). کاربری اراضی و میزان آب مصرفی و نوع مصرف بر روی واحد‌های مختلف زمین را می‌توان با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی بهینه کرد. از این رو با استفاده از مفهوم بهینه سازی که در واقع دستیابی به مناسب‌ترین مقدار خروجی یک سامانه با توجه به محدودیت‌های حاکم بر آن می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت بهینه‌سازی منابع آب و خاک یکی از راهکارهای مناسب برای حفاظت از این منابع است که به

یکی از مشکلات بشر در آستانه قرن ۲۱، بحران زیست محیطی و تخریب منابع طبیعی است. منابع موجود به لحاظ محدودیت بشر را به چاره اندیشی برای مبارزه با این روند وادار نموده است. بنابر این جهت بهره‌برداری با صرفه اقتصادی و مستمر از سرزمین، مدیریت منابع، لازم و ضروری است (Ebrahemi, 2001). در این راستا توسعه پایدار و استفاده بهینه از منابع طبیعی یکی از یافته‌های انسان در دهه اخیر بوده (Hasanzadeh, 2001) که آن را استفاده موثر از منابع موجود بدون آسیب رساندن به دارایی‌ها و منابع نسل‌های آینده تعریف نموده‌اند

افزایش حوزه آبخیز برآوردهای خوبی از تصمیم بهینه ارائه نماید. برای این منظور ابتدا یک نمایش ANN از مکان سنجی هیدرولوژیکی از حوزه آبخیز محاسبه و سپس یک دستورالعمل ANN اصلاح شده برای یافتن نمایش کشت برای سطح حوزه آبخیز ارائه شده است که این نمایش‌ها می‌تواند جهت تولید تصمیم‌های قابل توجیه مدیریت کاربری اراضی مورد استفاده قرار گیرد.

Haouari & Azaiez (2001)، الگوهای بهینه کشت را تحت شرایط کمبود آب مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه از یک روش برنامه‌ریزی خطی جهت تخصیص آب و زمین استفاده شده است. یک مدل با سیاست اجرایی بهینه برای هر کشاورز با داشتن میزان مشخص آب تعریف شده و سپس به منظور تخصیص کارای آب بین کشاورزان، مدل برنامه‌ریزی بهینه کشت برای کل منطقه مشخص گردیده است. نتایج، انتخاب محصولات پرسود را پیشنهاد داده است.

هدف از این پژوهش، بهینه‌سازی کاربری اراضی شهرستان یزد با توجه به منابع آب تخصیصی به آنهاست.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

شهرستان یزد با مساحت حدود ۲۴۷۹ کیلومتر مربع در بخش مرکزی استان بین عرض‌های جغرافیایی ۳۱ تا ۳۲ و طول جغرافیایی ۵۴ تا ۵۵، در دره‌ای وسیع و خشک و محصور بین رشته کوه‌های شیرکوه و خرائق قرار گرفته است. این شهرستان از شمال به شهرستان اردکان و از شرق به شهرستان بافق و از جنوب به شهرستان تفت و از غرب به استان اصفهان محدود گشته است. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری در سال ۱۳۹۰، شهرستان یزد از دو بخش مرکزی و زارچ، ۴ شهر با نام‌های حمیدیا، شاهدهیه، زارچ و یزد و ۴ دهستان محمدآباد، فهرج، فجر و اله آباد تشکیل شده است.

مدیران آبخیز و تصمیم‌گیران این اختیار را می‌دهد تا از بین گزینه‌های مختلف کاربری اراضی، بهترین تصمیم اتخاذ کنند (Ridel, 2003).

بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد کاربرد برنامه‌ریزی خطی در راستای بهینه‌سازی مدیریت منابع حوزه‌ها به ندرت مورد استفاده قرار گرفته است که در این میان می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد:

Jaleli & Sadeghi (2006)، مطالعاتی را در حوزه آبخیز بریموند در شهرستان سرپل ذهاب در استان کرمانشاه به منظور تعیین مناسب‌ترین کاربری اراضی شامل باغ، کشت آبی، کشت دیم و مرتع، جهت کمینه‌سازی فرسایش خاک و بیشینه‌سازی سود انجام داده‌اند. نتایج به دست آمده از تحقیق، ضمن معرفی کاربری بهینه اراضی حوزه آبخیز بریموند، میزان کاهش فرسایش خاک و افزایش سود سالانه را به ترتیب ۷/۷۸٪ و ۱۱۸/۶۲٪ ارائه نمود.

Shabani (2006)، جهت مدیریت بهینه در مصرف آب و الگوی کشت در شبکه آبیاری وزهکشی درودزن از برنامه‌ریزی خطی استفاده کرد. نتایج نشان داد که چنانچه کل دوره رشد محصول در نظر گرفته شود، استراتژی آبیاری کامل انتخاب می‌شود، اگر مدل در شرایط دوره‌های مختلف رشد گیاه مورد بررسی قرار گیرد، می‌توان از تکنیک کم آبیاری در دوره‌های مختلف رشد استفاده کرد.

Nikkami (2002)، مطالعه‌ای را در خصوص بهینه‌سازی مدیریت فرسایش خاک در یکی از زیر حوزه‌های آبخیز دماوند و کاربرد آن به منظور کاهش تأثیرات محیطی و اقتصادی فرسایش خاک انجام داد. نتایج تحقیق ارائه شده بر کاهش ۵ درصدی تولید رسوب و افزایش ۱۳۴ درصدی سود سالانه در منطقه مورد مطالعه دلالت دارد.

Kralisch & Becksteink (2003)، بهینه‌سازی چند منظوره کاربری اراضی را با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) در کشور آلمان مورد بررسی قرار دادند. این تحقیق برای مسائل مدیریت حوزه‌های آبخیز یک روش مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی معرفی نموده که قادر است در فضای مسائل پیچیده و در حال

n متغیر است. الگوریتم سمپلکس در حقیقت فرایند حلی قدم به قدم و تکراری است که در آن یک رویه سیستماتیک آنقدر تکرار می‌شود تا سرانجام به جواب مطلوب برسد (Karamoz & Krachyan, 2002). با توجه به گسترش علم و فن آوری، همچنین پارامترهای متعدد دخیل، به جای انجام مراحل به صورت دستی می‌توان از نرم افزارهای مناسبی که در این رابطه گسترش یافته‌اند استفاده نمود که از جمله این نرم افزارها می‌توان به نرم افزار LINGO، LINDO، TORA و QSB و ... اشاره نمود.

در این تحقیق برای مدل نویسی نرم افزار LINDO مورد استفاده قرار گرفته است. لیندو ابزاری ساده برای بهره‌گیری از قدرت برنامه‌ریزی خطی و غیر خطی در فرموله کردن مسائل خیلی بزرگ به صورت مختصر و تجزیه و تحلیل آنهاست.

برای به کارگیری برنامه‌ریزی خطی به عنوان یک روش ریاضی برای حل مسائل به یک سری اطلاعات اولیه نیاز است که این اطلاعات در مجموعه ورودی‌ها به صورت زیر دسته‌بندی می‌شود:

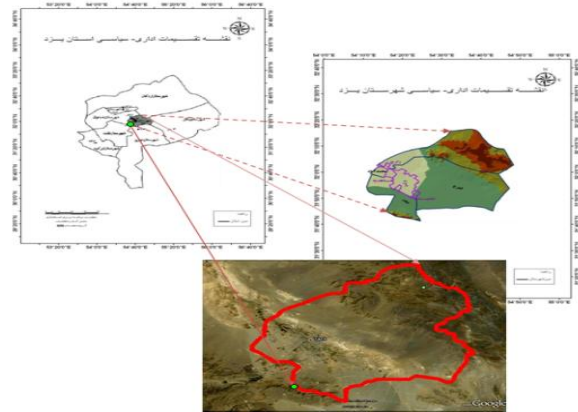
متغیرهای تصمیم: متغیرها عموماً بیانگر مواد خام، کیفیت عوامل دخیل در عملیات، میزان دارایی‌ها، منابع و اشکال متغیرها هستند. متغیرهای تصمیم را با حروف لاتین مانند x ، y و z نشان می‌دهند.

تابع هدف: هدف ترکیب موزونی از متغیرها برای رسیدن به حد بهینه است. تابع هدف رابطه ای است ریاضی، که بر حسب متغیرهای تصمیم نوشته می‌شود و هدف مساله را بیان می‌کند و تصمیم گیرنده به کمک تکنیک‌های شناخته شده مختلف، سعی در حداکثر نمودن (maximize) یا حداقل نمودن (minimize) تابع هدف دارد (Karamoz & Krachyan, 2002).

محدودیت‌ها: یکسری محدودیت‌ها در ترکیب‌های متنوعی از متغیرها هستند و تعدد آنها متناسب با نوع مساله است. قیود با علامت \geq یا \leq مشخص می‌شوند.

تعیین متغیرهای تصمیم مساله

برای انجام بهینه‌سازی کاربری اراضی شهرستان با توجه به میزان آب اختصاصی به آنها ۴ کاربری که عمده



شکل ۱- نقشه تقسیمات اداری- سیاسی شهرستان یزد

از آنجایی که در این پژوهش به بهینه کردن کاربری‌ها با توجه به آب مصرفی آنها توجه شده است بنابراین به تشریح کاربری‌هایی که عمده مصرف کننده آب شهرستان هستند پرداخته می‌شود که شامل بخش‌های کشاورزی، فضای سبز، مسکونی و صنعتی است. مساحت این کاربری‌ها به ترتیبی که گفته شد برابر است با $۷۲۱۲/۳$ ، $۸۰۴/۳$ ، $۳۳۵/۸$ ، $۳۵۲۵/۳$.

برای بخش صنعتی، بخش‌های بهره‌برداری شده ۴ واحد شامل شهرک صنعتی، فولاد آلیاژی، منطقه ویژه اقتصادی و صنایع لاستیک مورد بررسی قرار گرفته است.

منابع تأمین کننده آب شهرستان

شهرستان از لحاظ منابع سطحی بسیار ضعیف است در نتیجه منابع آب زیرزمینی نقش بسیار مهمی را در تأمین آب شهرستان خواهند داشت. منابع تأمین کننده آب زیرزمینی شهرستان در سال ۱۳۹۰ از ۵۳۷ حلقه چاه با حجم تخلیه ۹۹/۴۲ میلیون مترمکعب و ۱۰ قنات با حجم تخلیه ۶/۳۵ میلیون متر مکعب تشکیل شده است. مجموع آب زیرزمینی برداشت شده در سال آبی ۹۱-۱۳۹۰ برابر با $۱۰۵/۷۷$ میلیون متر مکعب بوده است که از این مقدار ۸۶٪ به بخش کشاورزی، ۷٪ بخش شرب و بهداشت و ۷٪ به بخش صنعت شهرستان اختصاص یافته است.

معرفی مدل

روش سمپلکس یا به طور دقیق‌تر الگوریتم سمپلکس شیوه‌ای برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی با

طریقه نوشتن تابع هدف برای مساله

تابع هدف برای مساله به صورت مینیمم کردن میزان آب اختصاصی در واحد سطح هر کاربری تعریف شده است. مقادیر مساحت کاربری ها و حجم آب تخصیصی به آنها در جدول ۱ آمده است.

مصرف کننده آب هستند در نظر گرفته و هر کاربری با یک حرف لاتین نامگذاری شد.

۱- کشاورزی (A) ۲- فضای سبز (E) ۳-

مسکونی (U) ۴- صنعتی (I)

جدول ۱- مساحت کاربری ها و حجم آب اختصاصی به آنها

نام کاربری ها	کشاورزی	فضای سبز	مسکونی	صنعتی
مساحت (ha)	۷۲۱۲/۳	۸۰۴/۳	۳۵۲۵/۳	۳۳۵/۸
حجم آب تخصیصی (m ³)	۸۴۲۳۱۸۷۶	۱۰۴۸۹۷۴۹	۴۱۵۸۳۴۴۸	۵۲۸۲۹۳۰
حجم آب به ازای واحد سطح کاربری (m ³ /ha)	۱۱۶۷۸/۹۲	۱۳۰۴۲/۰۸۶	۱۱۷۹۵/۷	۱۵۷۳۲/۳۷

شکل کلی تابع هدف به صورت زیر می باشد:

$$\text{Min} (11678.92 A + 13042.086 E + 11795.7 U + 15732.37 I)$$

جمله نرم افزارهای پر کاربرد در محاسبه نیاز آبی گیاهان نرم افزارهای CROPWAT، OPTIWAT، NETWAT و ... هستند.

برای محاسبه آب مورد نیاز گیاهان لازم است که ابتدا تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET₀) برآورد شود. تبخیر- تعرق یک سطح بدون کمبود آب، تبخیر- تعرق گیاه (سطح) مرجع یا تبخیر- تعرق مرجع نامیده شده و با ET₀ نشان داده می شود. پارامترهای هواشناسی تنها عوامل مؤثر بر تبخیر تعرق گیاه مرجع می باشند. بعد از برآورد تبخیر و تعرق مرجع لازم است که ضریب گیاهی (KC) در مقدار به دست آمده اعمال گردد تا نیاز آبی گیاه به دست آید (Farshi, et al. 1997).

در این پژوهش از نرم افزار NETWAT استفاده شده است. این نرم افزار نیاز آبی گیاهان مختلف را برای دشت- های موجود در هر استان برآورد می نماید. طرح نیاز خالص آبیاری محصولات باغی و زراعی ایران (NETWAT) از مجموعه طرح های پروژه ملی بهینه سازی مصرف آب کشاورزی ایران می باشد که توسط سازمان هواشناسی کشور و وزارت جهاد کشاورزی انجام شده است.

در این طرح از داده های مربوط به تاریخ کاشت و برداشت و طول دوره رشد محصولات زراعی و باغی و ضرایب گیاهی آنها بر اساس مطالعات صحرائی انجام شده بر روی کلیه دشت های کشاورزی کشور (۶۲۰ دشت) استفاده شده است. برای محاسبات نیاز آبی، روش فائو-

طریقه نوشتن محدودیت ها

برای اجرای مدل ۸ محدودیت در نظر گرفته شده است. چهار محدودیت اول مربوط به مساحت مورد استفاده کاربری های مورد مطالعه و چهار محدودیت دوم مربوط به آب مورد نیاز و آب تخصیص یافته به کاربری های تحت بررسی است. طرف چپ چهار محدودیت اول نوع کاربری ها و طرف راست آنها مساحت هر کاربری در شهرستان قرار گرفته است. طرف چپ چهار محدودیت دوم میزان آب مورد نیاز هر کاربری به ازای واحد سطح آن کاربری و طرف راست آنها کل آب تخصیصی برای هر کاربری با اعمال راندمان های آن بخش قرار گرفته است. با توجه به این که در طرف چپ چهار محدودیت دوم آب مورد نیاز هر بخش نسبت به واحد سطح کاربری ها قرار گرفته است، لازم است که آب مورد نیاز برای کاربری های تحت بررسی محاسبه گردد.

برآورد آب مورد نیاز بخش کشاورزی

برای تعیین آب مورد نیاز بخش کشاورزی از فرمول ها و نرم افزارهای متعددی می توان استفاده کرد. اساس کار اغلب نرم افزارها روش فائو-پنمن-مانتیت می باشد. از

پنمن-مانتیت در دوره های ده روزه و ماهانه به کار گرفته شده است که در نتیجه تبخیر و تعرق، باران موثر و نیاز خالص آبیاری در هر دوره، ماه و فصل زراعی محاسبه شده است.

تعیین آب مورد نیاز بخش فضای سبز

تعیین آب مورد نیاز بخش کشاورزی به دلیل مشخص بودن گیاهان و سطح زیر کشت هرکدام قابل انجام است. در بخش فضای سبز آنچه مسلم است این که گونه‌ها در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و تفکیک آنها از هم و برآورد سطح زیر کشت هر گیاه تقریباً غیر ممکن است. بنابراین تا به حال نرم افزاری که بتواند آب مورد نیاز این بخش را برآورد نماید به طور خاص طراحی نشده است. در این پژوهش برای تعیین آب مورد نیاز این بخش بدین صورت عمل شد که ابتدا تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از نرم افزار کراپ وات (CROP WAT)، برآورد گردید. کراپ وات، یک سیستم پشتیبان است که توسط بخش آب و خاک سازمان فائو برای برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری ایجاد شده است (Farshi & et al. 1997).

تبخیر و تعرق گیاه مرجع به ویژگی‌های اقلیمی و هواشناسی تحت بررسی بستگی دارد که از جمله این پارامترها می‌توان به دمای کمینه، دمای بیشینه، سرعت باد، رطوبت هوا و ساعات آفتابی در ماه‌های مختلف سال نام برد. در این مطالعه از آمار هواشناسی و اقلیمی ۱۰ ساله (۹۰-۱۳۸۰) شهرستان یزد استفاده و متوسط هر پارامتر برای دوره مورد مطالعه برآورد گردید که در جدول ۲ آمده است. بر اساس مطالعات انجام گرفته و بررسی گزارشات سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرستان مشخص شد که برای بخش فضای سبز و با شرایط ترکیب گیاهان چمنی و درختچه‌ای یک ضریب گیاهی متوسط در نظر گرفته می‌شود که بین ۰/۸ تا ۰/۹ متغیر است (مطالعات طرح آبرسانی فضای سبز یزد).

میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع و ضریب گیاهی در ماه‌های مختلف سال برای بخش فضای سبز در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- مشخصات اقلیمی شهرستان یزد در ماه‌های مختلف دوره آماری ۹۰-۱۳۸۰ (سازمان هواشناسی استان یزد) و تبخیر و تعرق مرجع

ماه	دمای کمینه °C	دمای بیشینه °C	رطوبت %	سرعت باد km/day	ساعات آفتابی hr	باران موثر (mm)	kc	ET _o mm/day
فروردین	۱۲/۱	۲۵/۶	۳۰	۱۰۷	۸/۳	۴/۵	۰/۸۱	۳/۸
اردیبهشت	۱۸	۳۲/۱	۲۳	۱۲۲	۹/۶	۲/۴	۰/۸۳	۴/۸
خرداد	۲۳/۴	۳۲/۸	۱۵	۱۲۰	۱۱/۲	۰	۰/۸۵	۶
تیر	۲۶/۷	۳۳/۶	۱۴	۱۱۷	۱۰/۹	۰	۰/۹	۶/۵
مرداد	۲۴/۱	۳۹/۱	۱۴	۱۱۰	۱۱/۴	۰	۰/۹	۶
شهریور	۲۰/۷	۳۵/۹	۱۷	۹۹	۱۰/۷	۰	۰/۹	۴/۸
مهر	۱۵/۵	۳۰/۹	۲۱	۷۵	۱۰	۰/۵	۰/۸۸	۳/۴
آبان	۸/۹	۲۳	۳۶	۷۶	۸/۱	۱/۳	۰/۸۶	۲/۱
آذر	۳	۱۶	۴۷	۷۰	۶/۹	۷/۵	۰/۸۳	۱/۵
دی	۰/۲	۱۲/۸	۴۸	۶۴	۷/۲	۱۰/۱	۰/۸	۱/۳
بهمن	۱/۹	۱۵	۴۷	۸۴	۷/۳	۷/۶	۰/۸	۱/۸
اسفند	۷	۲۱/۵	۳۰	۹۰	۸/۳	۹/۵	۰/۸	۲/۵

$$\frac{150 \times 865}{1000} = 54.75$$

(۱)

تعیین آب مورد نیاز بخش صنعت

صنایع مختلف نیازمند حجم آب متفاوتی هستند و تعیین میزان آب مورد نیاز صنایع مختلف کاری بس دشوار و زمان‌بر است. بررسی‌های انجام گرفته در رابطه با صنایع نشان از مصرف تقریباً بهینه آب در این بخش دارد گرچه ممکن است که در بخش‌هایی از آن تلفاتی نیز دیده شود. از این رو، در این پژوهش میزان آب مورد نیاز صنایع برابر با آب اختصاص یافته به آنها با کسر راندمان انتقال، در نظر گرفته شده است.

جدول ۳ مقادیر آب مورد نیاز در واحد سطح کاربری‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقادیر آب مورد نیاز و مساحت کاربری‌های مورد بررسی

نوع کاربری	کشاورزی	فضای سبز	مناطق مسکونی (خانگی)	صنعتی
آب مورد نیاز (m ³)	۵۸۳۶۶۸۵۸	۸۳۲۲۳۳۳/۳۹	۳۱۹۰۱۸۳۹/۵	۴۳۰۵۵۸۷/۹۵
مساحت کاربری (ha)	۷۲۱۲/۳	۸۰۴/۳	۳۵۲۵/۳	۳۳۵/۸
آب مورد نیاز واحد سطح کاربری (m ³ /ha)	۸۰۹۲/۶۸	۱۰۳۴۷/۳	۹۰۴۹/۳۹	۱۲۸۲۱/۸

(Mostafavi, 2000). در صورت حفظ این راندمان، میزان آبی که لازم است تا نیاز واقعی گیاهان را فراهم کند از فرمول زیر به دست می‌آید:

آب مورد نیاز

$$A \leq 7212.3$$

(۴)

که برابر است با ۱۳۸۹۶۸۷۰۹ متر مکعب.

آنچه در این جا مسلم است این که، حجم آب لازم برای تأمین نیاز گیاهان کمتر از آب اختصاص یافته به اعمال راندمان به این بخش است لذا بایستی محدودیت اول که مربوط به کاربری کشاورزی است به صورت کمتر مساوی در نظر گرفته شود.

$$A \leq 7212.3$$

برای برآورد آب مورد نیاز در این بخش لازم است که مقادیر به دست آمده ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق مرجع اعمال شود، و در نهایت مساحت فضای سبز در آن ضرب شود. عدد به دست آمده حجم آب مورد نیاز بخش فضای سبز بر حسب متر مکعب به دست خواهد داد.

تعیین آب مورد نیاز بخش خانگی

آبی که به بخش خانگی اختصاص می‌یابد عمدتاً به مصرف شرب و بهداشت خواهد رسید. بر اساس مطالعات انجام گرفته و گزارش‌های مختلف موجود در کتاب‌های مربوط به مصرف آب، سرانه آب مورد نیاز هر فرد در روز برابر با ۱۵۰ لیتر می‌باشد (Mostafaepour & et al, 2010). برای تبدیل این عدد به متر مکعب در سال از فرمول زیر استفاده شده است:

برای نوشتن محدودیت‌ها لازم است که راندمان کل هر بخش در حجم آب تخصیصی به آن بخش اعمال شود.

راندمان آبیاری در بخش کشاورزی

بر اساس یک تعریف ساده راندمان کلی یک سیستم آبیاری (Ei) که به آن راندمان آبیاری نیز گفته شود. درصدی از مقدار آب تأمین شده برای مزرعه است که بتواند مفید واقع گردد (Hasheminia, 2003).

به طور کلی راندمان آبیاری در ایران به دلیل روش‌های نامناسب آبیاری (عمدتاً غرقابی) و کیفیت نامناسب آب و ... کم و حدود ۳۲٪ است به خصوص این که این راندمان در مناطق پر آب کشور کمتر نیز می‌شود. بر اساس مطالعات انجام گرفته و گزارش‌های جهاد کشاورزی استان و پایان‌نامه‌هایی با موضوعیت تعیین راندمان آبیاری، نشان داده شده است که راندمان آبیاری در استان یزد نسبت به استان‌های پر آب کشور، تقریباً بالاتر است و این راندمان در محدوده دشت یزد - اردکان به ۴۲٪ می‌رسد

اعمال راندمان در بخش فضای سبز

برای بخش فضای سبز نیز همانند بخش کشاورزی می‌توان راندمان آبیاری در نظر گرفت. سطح وسیعی از فضای سبز شهرستان با استفاده از روش‌های غرقابی آبیاری می‌شوند. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های بارانی و قطره‌ای متداول‌تر شده‌اند. بر اساس گزارش‌های سازمان پارک‌ها و فضای سبز راندمان آبیاری بخش فضای سبز در استان حدود ۵۰٪ می‌باشد (گزارش طرح شبکه آبرسانی فضای سبز یزد، ۱۳۹۰). حجم آب بخش فضای سبز با اعمال راندمان موجود ۵۰٪ برابر با ۴۶۸۴۷۳۶ متر مکعب به دست می‌آید که این حجم آب، از آب مورد نیاز گیاهان کمتر است لذا لازم است که محدودیت کاربری فضای سبز نیز به صورت کوچک‌تر مساوی در نظر گرفته شود. $E \leq 804.3$

اعمال راندمان در بخش خانگی (مسکونی)

در این بخش نیز همانند بخش‌های قبلی می‌توان راندمان را دخیل نمود. بر اساس گزارشات سازمان آب و فاضلاب استان، میزان هدر رفت آب در شبکه‌های انتقال و توزیع آب برابر با ۱۸/۵٪ می‌باشد در نتیجه می‌توان راندمان انتقال را محاسبه نمود که برابر با ۸۱/۵٪ خواهد شد. در صورت اعمال روش‌های مناسب، مدیریت و تعمیر و بازنگری تأسیسات و شبکه‌ها می‌توان راندمان را در این بخش بالاتر برد. همچنین گزارش‌های شرکت آب و فاضلاب نشان می‌دهد که سرانه مصرف هر فرد در شهرستان (به طور متوسط در سال ۹۰) حدود ۱۶۰ لیتر در روز است در حالی که متوسط آب مورد نیاز هر فرد در روز برابر با ۱۵۰ لیتر در روز می‌باشد در نتیجه می‌توان

راندمان مصرف را نیز برای این بخش برآورد کرد که تقریباً برابر با ۹۴٪ خواهد بود.

با اعمال این مقادیر در حجم آب تخصیصی به این بخش، حجم آبی که به طور موثر مورد استفاده واقع می‌شود برابر با ۳۱۹۰۳۴۶۳ متر مکعب می‌باشد. از آنجایی که این مقدار اندکی بیش از حجم آب مورد نیاز است می‌توان محدودیت کاربری برای این بخش به صورت بزرگ‌تر مساوی نوشت:

$$U \geq 3535.3$$

اعمال راندمان در بخش صنعت

در این بخش نیز همانند کاربری خانگی (مسکونی) راندمان انتقال برابر با ۸۱/۵٪ است. از آنجایی که در بخش صنعت تعیین راندمان مصرف با مشکلاتی همراه و وقت گیر است و قبلاً نیز گفته شد، راندمان مصرف آب در محاسبات دخیل نشده است و چون آب مورد نیاز در این بخش برابر با آب تخصیصی به آنها با اعمال راندمان انتقال در نظر گرفته شده است لازم است محدودیت کاربری اراضی به صورت بزرگ‌تر مساوی نوشته شود.

$$I \geq 335.8$$

اگر راندمان مصرف در صنایع مشخص باشد و در مقادیر حجم آب اعمال گردد ممکن است که حجم آب مورد نیاز بیش از آب تخصیصی شود در نتیجه بایستی محدودیت کاربری را به صورت کوچک‌تر مساوی نوشت. فرم کلی محدودیت‌ها در شکل ۲ آمده است.

```

min 11678.92 A + 13042.086 E + 11795.72 U + 15732.37 I
SUBJECT TO
A<=7212.3
E<=804.3
U>=3525.3
I>=335.8
8092.68A>=35377367.92
10347.3E>=5244674.89
9049.39U>=31903463.58
12821.88I>=4305567.95
    
```

شکل ۲- تابع هدف و محدودیت‌ها در شرایط فعلی و راندمان‌های موجود

نتیجه‌گیری و بحث

کلیاتی در رابطه با قسمت اول خروجی مدل:

بعد از نوشتن محدودیت‌ها و تابع هدف در صورتی که خطایی از لحاظ نوشتاری در آنها وجود نداشته باشد نرم افزار شروع به حل مساله می‌کند. صفحه گزارش نتایج در چند بخش طبقه‌بندی شده است که به در ادامه به شرح آن پرداخته شده است. قسمت اول جواب شامل ۴ بخش است:

بخش اول تعداد تکرارهای مدل برای رسیدن به جواب بهینه را نشان می‌دهد. بخش دوم OBJECT VALUE یا مقدار بهینه تابع هدف را نشان می‌دهد. بخش سوم از سه ستون تشکیل شده است. در ستون اول نام متغیرهای مورد بررسی آمده است. ستون دوم که با نام VALUE مشخص شده است نشان دهنده مقادیر بهینه برای هر یک از متغیرهای مورد بررسی با توجه به محدودیت‌های نوشته شده است.

ستون سوم با نام REDUCSED COST (هزینه کاهش) نشان داده شده است که نمایانگر ضریب متغیر در سطر صفر جدول بهینه است آنچه مشخص است این که هزینه کاهش یافته هر متغیر پایه بایستی برابر صفر باشد. بخش چهارم در ۳ ستون طبقه بندی شده است. ستون

اول شماره سطر هر محدودیت را مشخص می‌کند. ستون دوم با نام SLACK OR SURPLUS مشخص گردیده است. این ستون مقادیر متغیرهای کاهش یا افزایشی برای رسیدن به مقدار بهینه را تعیین می‌کند به عبارتی کمبود یا مازاد محدودیت مورد بررسی برای رسیدن به مقدار بهینه‌اش را نشان می‌دهد (مقدار متغیر کمکی و اصلی در جدول بهینه).

ستون سوم نمایانگر DUAL PRICES یا قیمت سایه ای محدودیت هاست. قیمت سایه مقداری است که اگر سمت راست محدودیت، یک واحد اضافه شود، به آن اندازه جواب بهینه، بهبود می‌یابد (با فرض این که این تغییرات باعث از دست رفتن پایه بهینه فعلی نمی‌شوند). اگر بعد از یک تغییر در طرف راست محدودیت، پایه فعلی دیگر بهینه نماند، قیمت‌های سایه محدودیت‌ها ممکن است تغییر کند.

نتایج مدل بهینه سازی کاربری‌ها با توجه به منابع آب تخصیصی به آنها:

در شکل ۳ گزارش نتایج به دست آمده از اجرای مدل در شرایط برداشت فعلی با راندمان‌های موجود نشان داده شده است.

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 5

      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)  0.1045241E+09

      VARIABLE            VALUE            REDUCED COST
      A             4371.529297            0.000000
      E             506.883453            0.000000
      U             3525.482178            0.000000
      I              335.800049            0.000000

      ROW  SLACK OR SURPLUS  DUAL PRICES
      2)   2840.770752            0.000000
      3)    297.416565            0.000000
      4)     0.182270            0.000000
      5)     0.000054            0.000000
      6)     0.000000           -1.443146
      7)     0.000000           -1.260434
      8)     0.000000           -1.303482
      9)     0.000000           -1.226994

NO. ITERATIONS= 5

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

      VARIABLE            CURRENT            OBJ COEFFICIENT RANGES
      COEF            ALLOWABLE            ALLOWABLE
                        INCREASE            DECREASE
      A             11678.919922            INFINITY            11678.919922
      E             13042.085938            INFINITY            13042.084961
      U             11795.719727            INFINITY            11795.719727
      I             15732.370117            INFINITY            15732.371094

      ROW            CURRENT            RIGHTHAND SIDE RANGES
      RHS            ALLOWABLE            ALLOWABLE
                        INCREASE            DECREASE
      2             7212.299805            INFINITY            2840.770752
      3             804.299988            INFINITY            297.416565
      4             3525.300049            0.182270            INFINITY
      5             335.799988            0.000054            INFINITY
      6             35377388.000000            22989448.000000            35377388.000000
      7             5244875.000000            3077458.500000            5244875.000000
      8             31903464.000000            INFINITY            1649.433105
      9             4305888.000000            INFINITY            0.696000
  
```

شکل ۳- خروجی بهینه‌سازی در شرایط برداشت فعلی با راندمان‌های موجود

مقادیر بهینه برای متغیرها در جدول ۵ نشان داده شده است.

Objective value یا مقدار بهینه تابع هدف برای این مسئله ۱۰۴۵۳۴۱۰۰ متر مکعب به دست آمده است. تعداد تکرارهای مدل برای رسیدن به جواب بهینه در این مسئله برابر با ۵ تکرار است.

جدول ۵- مقادیر بهینه به دست آمده برای کاربری‌ها

VARIABLE	VALUE (ha)	REDUCED COST (ha)
A	4371.53	0
E	506.88	0
U	3525.48	0
I	335.8	0

شود که هر سطر با شماره‌ای مشخص شده و نتایج دو پارامتر SLACK OR SURPLUS و DUAL PRICES آمده است. در بخش قبلی به تشریح مفاهیم عبارات پرداخته شد.

مساحت بخش کشاورزی ۴۳۷۱/۵۳ هکتار، بخش فضای سبز ۵۰۶/۸۸ هکتار، بخش مسکونی ۳۵۲۵/۴۸ هکتار و مساحت بخش صنعت ۳۳۵/۸ هکتار برآورد گردید. REDUCE COST یا هزینه کاهشی برای تمامی متغیرها برابر با صفر شده است که نشان دهنده وارد شدن در جواب بهینه است. همان طور که قبلاً نیز ذکر گردید با ورود به جواب بهینه هزینه کاهشی هر متغیر پایه برابر با صفر خواهد شد. در قسمت بعدی از خروجی مشاهده می-

نتایج بخش SLACK OR SURPLUS (متغیر کمکی) مدل نتایج این بخش در جدول ۶ آمده است.

جدول ۶- نتایج بخش SLACK OR SURPLUS و DUALPRICES

ROW	SLACK OR SURPLUS (ha)	DUAL PRICES (m ³)
1	2840.77	0
2	297.42	0
3	0.18	0
4	0	0

ROW	SLACK OR SURPLUS (m ³)	DUAL PRICES (m ³)
5	0	-1.44
6	0	-1.26
7	0	-1.303
8	0	-1.23

دوم بر اساس مساحت موجود کاربری بخش فضای سبز نوشته شده است. با توجه به جواب بهینه برای این بخش که معادل ۵۰۶/۸۸ هکتار می باشد مقدار مازادی برابر با ۲۹۷/۴۲ هکتار نسبت به مساحت اولیه وجود دارد که با توجه به میزان آب موجود در این بخش با اعمال راندمان فعلی، لازم است از مقدار اولیه کسر گردد تا حالت بهینه برقرار شود. مقدار SLACK OR SURPLUS برای محدودیت سوم ۰/۱۸ برآورد گردیده است با توجه به مساحت بهینه به دست آمده در این بخش که معادل ۳۵۲۵/۴۸ هکتار است، کسری معادل ۰/۱۸ هکتار در این

با توجه به جواب بهینه به دست آمده برای بخش کشاورزی که معادل ۴۳۷۱/۵۳ هکتار است، پارامتر SLACK OR SURPLUS برای این محدودیت برابر ۲۸۴۰/۷۷ هکتار برآورد شده است، به این مفهوم که نسبت به مساحت اولیه و با توجه به سایر محدودیت‌ها و میزان آب موجود با توجه به راندمان فعلی در این بخش، لازم است که ۲۸۴۰/۷۷ هکتار از مقدار اولیه کسر گردد، یعنی در برای رسیدن به حالت بهینه مقداری مازاد مساحت وجود دارد. به عبارتی این عدد نمایانگر متغیر کمکی است که به نامعادله اضافه می‌گردد تا به معادله تبدیل شود. محدودیت

بخش وجود دارد که با توجه به آب موجود، با اعمال راندمان فعلی در این بخش می تواند به مقدار اولیه اضافه شود تا به مقدار بهینه اش برسد.

با توجه به این که مقدار بهینه برای بخش صنعت $335/8$ هکتار به دست آمده است در نتیجه مقدار SLACK OR SURPLUS برای این محدودیت برابر صفر است. دلیل این امر برابر گرفتن حجم آب تخصیصی با اعمال راندمان در این بخش با آب مورد نیاز است. در صورتی که اگر حجم آب مورد نیاز بیش از آب تخصیصی باشد لازم است که مساحت اولیه کسر گردد و بر عکس آن نیز برای موقعی که حجم مورد نیاز کمتر از آب تخصیصی با اعمال راندمان فعلی باشد، صادق است. مقدار SLACK OR SURPLUS برای محدودیت های پنجم تا هشتم که بیانگر میزان آب مورد نیاز به ازای سطح هر کاربری نسبت به کل آب موجود با اعمال مقادیر راندمان هستند برابر با صفر است.

قیمت سایه ای محدودیت هفتم و هشتم به ترتیب برابر با $1/303$ - و $1/22$ - است که همانند موارد قبلی تفسیر می شود. محدودیت هفتم برای بخش خانگی (مسکونی) و محدودیت هشتم مربوط به بخش صنعتی است.

کلیاتی در رابطه با آنالیز حساسیت مدل (قسمت دوم خروجی)

تحلیل حساسیت عبارتست از: تحلیل و بررسی چگونگی تغییر پارامترهای یک مدل برنامه ریزی خطی و ارزیابی تاثیر آن در جواب بهینه. تحلیل حساسیت نشان می دهد که ضرایب تابع تا چه میزان می توانند افزایش یا کاهش یابند بدون اینکه پایه بهینه مسئله (مجموعه متغیرهای غیر صفر) عوض شود.

در گزارش، حداکثر افزایش مجاز و حداکثر کاهش مجاز برای پارامترها نشان داده می شود یعنی پارامترهای ما به چه میزان می توانند افزایش و کاهش پیدا کنند به طوری که جوابها همچنان بهینه باقی بماند. تحلیل حساسیت شامل دو بخش است، یکی مربوط به ضرایب تابع هدف و دیگری مربوط به محدودیتها، که در هر کدام به تفکیک مقدار واقعی و مقادیر کاهش و افزایش قید شده است. در بخش قبلی، قسمت اول جوابها در گزارش نهایی نرم افزار مورد بررسی قرار گرفت. بخش دوم مربوط به آنالیز حساسیت ضرایب و مقادیر است که در این بخش بدان پرداخته خواهد شد.

بخش اول از قسمت دوم، آنالیز حساسیت ضرایب تابع هدف را نشان می دهد که از ۴ ستون تشکیل شده است. ستون اول، نام متغیرهای مورد آنالیز را مشخص کرده است و ستون دوم، ضرایب متغیرها در تابع هدف را نشان می دهد. ستون سوم، میزان افزایش قابل قبول و ستون

نتایج بخش DUAL PRICES (هزینه کاهشی)

DUAL PRICES یا قیمت سایه ای همان طور که قبلاً نیز ذکر گردید مقداری است که اگر سمت راست محدودیت، یک واحد اضافه شود، به آن اندازه جواب بهینه، بهبود می یابد. طرف راست محدودیت ها با نماد RHS مشخص شده است. قیمت های سایه ای محدودیت های اول تا چهارم به دلیل وجود مقادیر مازاد و یا کسری در جواب بهینه برابر صفر است در واقع این بیانگر این مساله است که با اضافه کردن به موجودی منابع این محدودیتها (RHS) در جواب بهینه تغییری به وجود نخواهد آمد.

محدودیت های پنجم تا هشتم قیمت سایه ای منفی دارند. همان طور که گفته شد قیمت سایه ای میزان بهبود جواب بهینه را به ازای یک واحد مازاد در منبع نشان می دهد از آنجایی که برای محدودیت های پنجم تا هشتم قیمت سایه ای منفی به دست آمده است و تابع هدف به صورت مینیمایز کردن آب تعریف شده است در نتیجه بهبود در تابع هدف بر اساس این محدودیتها به صورت معکوس است و میزان مصرف آب را به اندازه قیمت سایه ای افزایش می دهد، در صورتی که این اعداد مثبت بودند میزان مصرف آب، به اندازه قیمت سایه ای تعریف شده در هر کاربری کاهش می یافت.

مقادیر تا چه حد امکان افزایش یا کاهش برای‌شان وجود دارد بدون این که قیمت‌های سایه‌ای به دست آمده را تغییر دهند. تغییر در قیمت سایه‌ای باعث تغییر در جواب بهینه خواهد شد.

تحلیل نتایج آنالیز حساسیت مدل نویسی (برداشت و راندمان فعلی)

آنالیز ضرایب تابع هدف

نتایج بخش آنالیز حساسیت ضرایب مدل، در جدول ۷ آمده است

چهارم، میزان کاهش قابل قبول ضرایب تابع هدف را بیان می‌دارند. می‌توان گفت که ستون سوم و چهارم، یک بازه قابل قبولی برای تغییر ضرایب تابع هدف تعیین می‌کنند که تغییرات در این بازه، فرم کلی تابع را بر هم نخواهد زد و مقادیر بهینه را تغییر نخواهد داد، تنها تغییری که ایجاد خواهد شد، تغییر در مقدار کل جواب بهینه است، چرا که با تغییر ضرایب، مقادیر بهینه کاربری‌های به دست آمده در ضرایب جدید ضرب خواهند شد و جواب نهایی تغییر خواهد کرد. بخش دوم، آنالیز حساسیت مقادیر سمت راست محدودیت‌ها را نشان می‌دهد به این مفهوم که این

جدول ۷- نتایج آنالیز حساسیت مقادیر تابع هدف مدل در حالت اول

VARIABLE	CURRENT COEF (m ³ /ha)	ALLOWABLE INCREASE (m ³ /ha)	ALLOWABLE DECREASE (m ³ /ha)
A	11678.92	INFINITY	11678.92
E	13042.08	INFINITY	13042.08
U	11795.72	INFINITY	11795.72
I	15732.37	INFINITY	15732.37

(بین ۰ تا ∞)، داشته باشد بدون این که در ترکیب بهینه اولیه تغییری ایجاد شود، به شرط ثابت بودن بقیه ضرایب. ضرایب تابع هدف در بخش مسکونی و صنعتی نیز همانند دو ضریب قبلی، می‌توانند تا بی‌نهایت افزایش و کاهشی به اندازه ضریب موجود این کاربری‌ها در تابع هدف (بین ۰ تا ∞) داشته باشند.

آنالیز حساسیت مقایر سمت راست محدودیت‌ها

در این بخش بازه قابل قبولی، برای تغییر مقادیر سمت راست محدودیت‌ها تعریف شده است. توضیحات بیشتر در بخش‌های قبلی داده شد. نتایج آنالیز حساسیت مقادیر سمت راست مدل در جدول ۸ آمده است.

دامنه قابل قبول تغییرات ضرایب تابع هدف برای کاربری‌های مختلف به شرح زیر است:

ضریب کاربری کشاورزی در تابع هدف که برابر با ۱۱۶۷۸/۹۲ متر مکعب در هکتار است، می‌تواند افزایشی تا بی‌نهایت و کاهشی تا ۱۱۶۷۸/۹۲ متر مکعب در واحد سطح (بین ۰ تا ∞) داشته باشد، که در صورت ثابت بودن بقیه ضرایب و مقادیر سمت راست محدودیت‌ها ترکیب بهینه قبلی برای کاربری‌ها تکرار خواهد شد.

ضریب تابع هدف در بخش فضای سبز که برابر با ۱۳۰۴۲/۰۸ متر مکعب در هکتار است می‌تواند افزایشی تا بی‌نهایت و کاهشی تا ۱۳۰۴۲/۰۸ متر مکعب در هر هکتار

جدول ۸- نتایج آنالیز حساسیت مقادیر سمت راست بهینه‌سازی

ROW	RHS (ha)	ALLOWABLE INCREASE (ha)	ALLOWABLE DECREASE (ha)
1	7212.3	INFINITY	2840.77
2	804.3	INFINITY	297.42
3	3525.3	0.18	INFINITY
4	335.8	0	INFINITY
ROW	RHS (m ³)	ALLOWABLE INCREASE (m ³)	ALLOWABLE DECREASE (m ³)
5	35377388	22989448	35377388
6	5244875	3077458.5	5244875
7	31903464	INFINITY	1649.43
8	4305588	INFINITY	0.69

RHS = منبع سمت راست محدودیت ها.

RHS محدودیت پنجم، میزان کل آب اختصاص یافته با اعمال راندمان در بخش کشاورزی را نشان می‌دهد که می‌تواند به این منبع تا 22989448 متر مکعب افزوده گردد و تا 35377388 متر مکعب از آن کاسته شود (بازه ۰ تا 58366836 متر مکعب)، بدون این که قیمت‌های سایه‌ای محدودیت‌ها را تغییر دهد. قیمت سایه‌ای این محدودیت برابر $1/44$ - است، در نتیجه به ازای هر واحد که در این بازه به منبع اضافه شود، مصرف آب بهینه به اندازه $1/44$ واحد افزایش می‌یابد در نتیجه جواب بهینه کل تغییر خواهد کرد.

RHS محدودیت ششم میزان کل آب اختصاصی با اعمال راندمان در بخش فضای سبز را نشان می‌دهد که می‌تواند تا 3077458 متر مکعب به آن افزوده گردد و تا 5244875 متر مکعب از آن کاسته شود (بازه ۰ تا 8322333 متر مکعب)، (بدون ایجاد تغییر در قیمت سایه‌ای). قیمت سایه‌ای این محدودیت برابر با $1/26$ - است در نتیجه به ازای هر واحد مازاد به منبع در بازه تعیین شده مصرف آب را به اندازه قیمت سایه‌ای اش افزایش می‌دهد. RHS محدودیت هفتم میزان کل آب اختصاصی به بخش خانگی (مسکونی) با اعمال راندمان را نشان می‌دهد که می‌تواند افزایشی تا بی‌نهایت داشته باشد و از این منبع می‌توان تا $1649/43$ متر مکعب کسر نمود (بین $31901814/57$ تا ∞ متر مکعب)، (بدون ایجاد تغییر در قیمت سایه‌ای). قیمت سایه‌ای این محدودیت برابر با $1/3$ - است که در نتیجه اضافه کردن هر واحد به منبع آب این محدودیت در بازه مجاز، مصرف آب را به این اندازه افزایش می‌دهد.

RHS محدودیت هشتم میزان کل آب اختصاصی با اعمال راندمان، در واحدهای صنعتی مورد بررسی را نشان می‌دهد، که می‌تواند افزایشی تا بی‌نهایت داشته باشد و از این منبع می‌توان تا $0/69$ متر مکعب کسر نمود (بازه 4305588 تا ∞ متر مکعب)، بدون این که قیمت سایه‌ای محدودیت‌ها را تغییر دهد اما مصرف آب بهینه کل را تغییر خواهد داد.

RHS محدودیت اول، مساحت کل اراضی باغی و زراعی تحت کشت بخش کشاورزی را نشان می‌دهد که از این منبع تا $2840/77$ هکتار می‌تواند کاسته شود. میزان افزایش سطح برای این منبع تا بی‌نهایت تعیین گردیده است، (بازه $4371/3$ تا ∞ هکتار) بدون این که قیمت سایه‌ای محدودیت‌ها را تغییر دهد و چون قیمت سایه‌ای این محدودیت برابر صفر است، تغییر در این بازه تأثیری در جواب بهینه نخواهد داشت. تغییر در قیمت سایه‌ای می‌تواند پایه بهینه مساله را تغییر دهد.

RHS محدودیت دوم، مساحت کل بخش فضای سبز موجود شهرستان را نشان می‌دهد که از این منبع می‌تواند تا $297/42$ هکتار کاسته شود و یا تا بی‌نهایت افزایش یابد (بازه $506/88$ تا ∞ هکتار)، بدون این که در قیمت سایه‌ای محدودیت‌ها تغییری ایجاد شود. قیمت سایه‌ای این محدودیت نیز صفر است پس تغییر در بازه تعریف شده جواب بهینه را تغییر نخواهد داد.

RHS محدودیت سوم، مساحت کل موجود بخش مسکونی را نشان می‌دهد که به این منبع می‌تواند تا $0/18$ هکتار افزوده گردد و یا آن را تا بی‌نهایت کاهش داد و چون مقادیر منفی برای مساحت تعریف شده نیست، حداکثر مقداری که مساحت کاربری می‌تواند کاهش یابد برابر با $3525/48$ هکتار است (بازه ۰ تا $3525/48$ هکتار)، بدون این که قیمت‌های سایه‌ای محدودیت‌ها را تغییر دهد. قیمت سایه‌ای این محدودیت برابر صفر است و تغییر در این بازه باعث تغییر در جواب بهینه نخواهد شد.

RHS محدودیت چهارم، مساحت کل بخش بهره‌برداری شده چهار واحد صنعتی را نشان می‌دهد می‌تواند کاهشی تا بی‌نهایت نسبت به مساحت اولیه این کاربری داشته باشد، توضیح بخش قبل در اینجا نیز صدق می‌کند، یعنی حداکثر مقداری که مساحت این بخش می‌تواند کاهش یابد برابر با $335/8$ هکتار است و میزان افزایش به دست آمده برای این منبع برابر با صفر است. تغییر در بازه تعریف شده برای این محدودیت یعنی بین ۰ تا $335/8$ هکتار به دلیل قیمت سایه‌ای صفر، تغییری در جواب بهینه کل نخواهد داشت.

نمایش گرافیکی مدل

از آنجایی که در این مساله بیش از دو متغیر وجود دارد در نتیجه نمی‌توان منطقه بهینه را بر روی یک دستگاه مختصات عادی نشان داد. برای ترسیم منطقه جواب، متغیرها به صورت دو به دو با یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند. مدل نویسی به طور مجدد در محیط نرم افزار WIN QSB انجام گرفت. این نرم افزار، برخی از توانایی‌های لیندو را داراست از جمله ویژگی‌های شاخص این نرم افزار، نمایش گرافیکی محدودیت هاست. منطقه جواب برای هر دو متغیر به صورت تفکیک شده در شکل-های ۵ تا ۱۰ نشان داده شده است. متغیرهای C1 تا C8، محدودیت‌های مورد بررسی را برای هر کاربری به ترتیبی که قبلاً گفته شد نشان می‌دهد.

قسمت هاشور خورده نشان دهنده منطقه جواب است. منطقه جواب از محل اتصال محدودیت‌های نوشته شده برای دو کاربری مورد بررسی تشکیل شده است که برای مدل‌های نوشته شده به صورت چهار ضلعی است. نقطه بهینه می‌تواند هر کدام از رئوس این چهار ضلعی باشد. از آنجایی که تابع هدف مساله به صورت مینیمایز کردن آب تعریف شده است، لازم است که مقادیر به دست آمده برای هر گوشه در تابع هدف جاگذاری گردد. در نهایت مقداری که از همه کمتر بود به عنوان جواب بهینه انتخاب می‌شود، که در این گراف‌ها پایین‌ترین گوشه، نقطه جواب بهینه است و با رنگ سفید نشان داده شده است. C1، C2، C3، C4 محدودیت‌های مربوط به مساحت کاربری‌های کشاورزی، فضای سبز و مسکونی و صنعتی هستند و C5، C6، C7، C8 محدودیت‌های مربوط به آب مورد نیاز و آب تخصیصی به کاربری‌های مورد بررسی هستند.

نتیجه‌گیری

برای دستیابی به این توسعه در بخش منابع طبیعی و کشاورزی، مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی مناسب کاربری اراضی لازم است. بر اساس تابع هدف و محدودیت‌هایی که نوشته شد مساحت بهینه برای کاربری‌ها تعیین گردید و بازه قابل قبولی برای تغییر منابع مورد استفاده تعریف شد. مساحت به دست آمده بخش کشاورزی، کمتر از مساحت تحت کشت موجود در شهرستان برآورد گردید. با

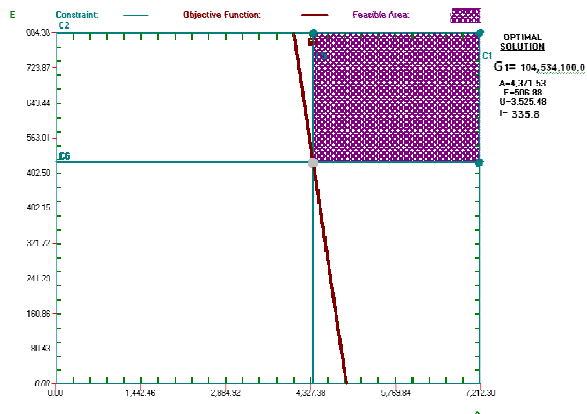
توجه به این که محدودیت مربوط به این کاربری، بر اساس حجم آب مورد نیاز در واحد سطح و حجم آب تخصیصی به این بخش نوشته شده است، در نتیجه کسری مساحت نسبت به حالت فعلی، نشان از تنش آبی وارده بر گیاهان دارد، یعنی با توجه به راندمان فعلی برداشت آب تنها می‌توان مساحت بهینه به دست آمده را مورد کشت قرار داد و مازاد آن تنش آبی را افزایش خواهد داد.

مساحت‌های به دست آمده بخش فضای سبز، نیز کمتر از مساحت موجود این کاربری در شهرستان برآورد گردید. موارد گفته شده در بخش کشاورزی برای این بخش نیز صدق می‌کند، یعنی این کمبود نشان از تنش آبی شدید وارده به گیاهان فضای سبز دارد. در صورتی که بتوان راندمان آبیاری را در این دو بخش افزایش داد علاوه بر حفظ مساحت‌های موجود می‌توان در صورت نیاز به افزایش سطح این کاربری‌ها پرداخت و یا مقدار زیادی آب را ذخیره نمود و به کاربری‌هایی که نیاز اساسی‌تری دارند مانند بخش شرب و بهداشت تخصیص داد. مساحت بخش مسکونی تقریباً برابر با مساحت موجود این بخش در شهرستان برآورد گردید. در صورتی که بتوان هدر رفت آب در شبکه‌های انتقال را کاهش داد، کاربران بیشتری می‌توانند از حجم آب مازاد به دست آمده استفاده کنند. مساحت بخش صنعتی، برابر با مساحت موجود این کاربری برآورد گردید. دلیل این امر برابر در نظر گرفتن آب مورد نیاز با آب مصرفی با اعمال راندمان انتقال در این بخش است. در صورتی که راندمان مصرف واحدهای صنعتی، وارد محاسبات گردد و آب مورد نیاز بیش از آب مصرفی به دست آید، مساحت بهینه این کاربری کمتر از مساحت موجود به دست خواهد آمد.

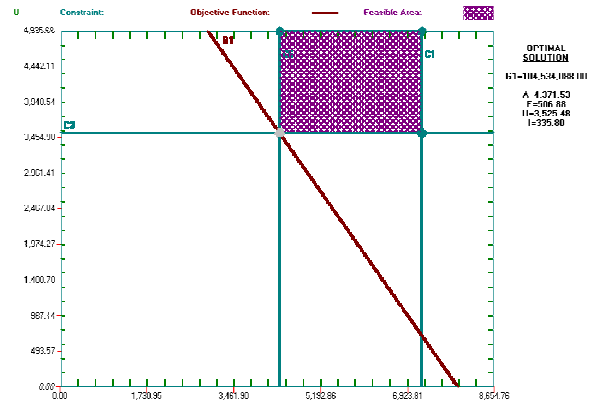
با توجه به این که سالانه از سطح آب سفره‌های زیر زمینی کاسته می‌شود، لازم است که بهره‌برداری‌ها بر اساس شرایط تعادل صورت پذیرد. برای حفظ مساحت‌های موجود لازم است کارایی آب در هر بخش بالاتر رفته و یا در صورتی که راندمان‌های برداشت فعلی آب هم‌چنان ادامه یابد، برای رفع تنش وارده بر هر بخش، مساحت‌های اضافی باید کسر گردد که چندان منطقی به نظر نمی‌رسد. آنالیز حساسیت، بازه‌ای را برای تغییر ضرایب تابع هدف و منابع سمت راست هر محدودیت تعیین می‌کند، که تغییر

در کاربری‌ها، در این بازه باشد می‌توان از این مدل بهره برد.

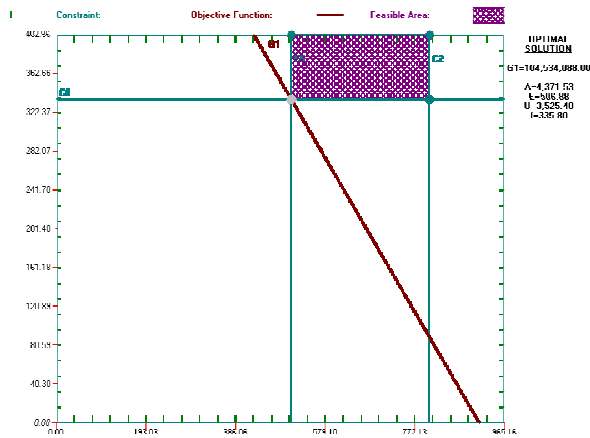
در این بازه پایه بهینه مساله را بر هم نخواهد زد، و در صورتی که در سال‌های بعدی تغییرات حجم آب مصرفی



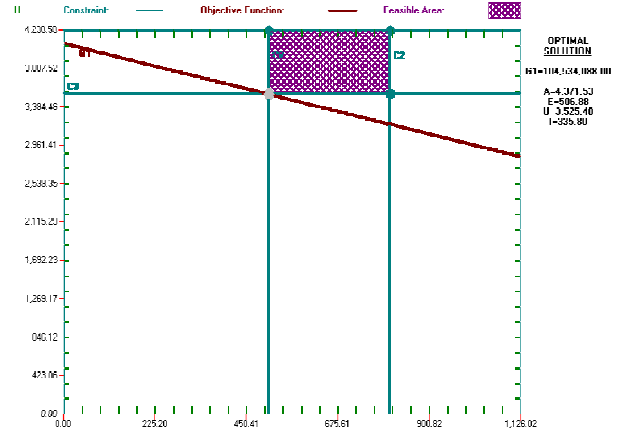
شکل ۵ - نمایش گرافیکی محدودیت‌ها و منطقه جواب کاربری کشاورزی و فضای سبز



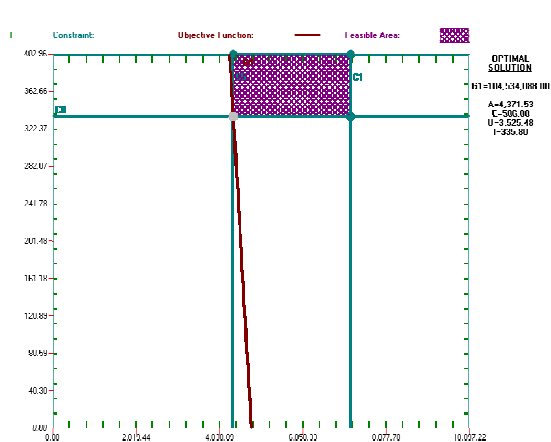
شکل ۴ - نمایش گرافیکی محدودیت‌ها و منطقه جواب کاربری کشاورزی و مسکونی



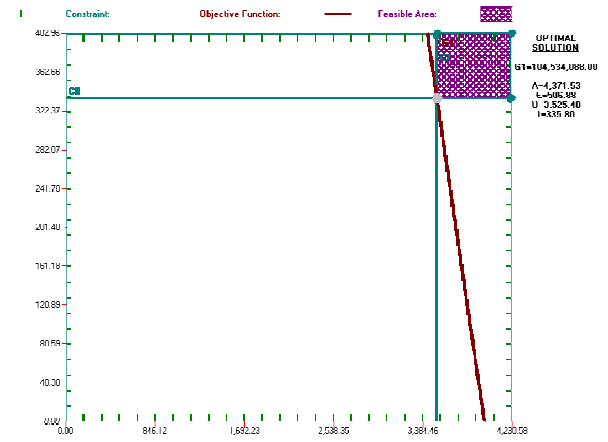
شکل ۷ - نمایش گرافیکی محدودیت‌ها و منطقه جواب کاربری فضای سبز و صنعتی



شکل ۶ - نمایش گرافیکی محدودیت‌ها و منطقه جواب کاربری فضای سبز و مسکونی



شکل ۹ - نمایش گرافیکی محدودیت‌ها و منطقه جواب کاربری کشاورزی و صنعتی



شکل ۸ - نمایش گرافیکی محدودیت‌ها و منطقه جواب کاربری صنعتی و مسکونی

References

- [1] Clark, D. 1996. The future urban world. *Global City* 46 (5): 582
- [2] Ebrahimi, M. 2001. Evaluation of four empirical model for estimating sediment basin Valley Ghanbar Le Parsabad. Abstracts of the National Conference of land management, soil erosion, Sustainable Development Arak.
- [3] Farshi, A., Shariati, M., Jarollahi, R., Ghaemi, M., Shahabifar, M., Tolae, M. 1997. An estimate of water requirements of main field crops and orchards in Iran. Vol 1: field crops, *Agricultural Extension and Education*
- [4] Farshi, A., Shariati, M., Jarollahi, R., Ghaemi, M., Shahabifar, M., Tolae, M. 1997. An estimate of water requirements of main field crops and orchards in Iran. Vol 2: orchards, *Agricultural Extension and Education*.
- [5] Hasheminia, S.M. 2004. Water Management in agriculture. Ferdowsi Univ. press, 535 p.
- [6] Hassanzadeh, M. 2001. Role in informing effective land management, soil erosion and sustainable development. *Proceedings of the National Conference of land, soil erosion, Sustainable Development*, pp. 93-85, Arak.
- [7] Haouari, M. and M. N. Azaiez (2001), Optimal cropping patterns under water deficit, *European Journal of Operational Research*, 130: 133-146.
- [8] Jalili, Kh. Sadeghi, Nik Kami, 2005, Optimization of land use in the watershed to minimize soil erosion using linear programming, case study Brymvnd Watershed, in *Kermanshah, Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, year I, No. IV (a)
- [9] Karamoz, M.R., Krachyan, R. 2000. Water resources planning and quality management systems, central Amir Kabir University (Tehran Polytechnic)
- [10] Kralisch, M.F. and Beckstein, C. 2003. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 5, 100-67
- [11] Malhotra, R.C. 1980. Environmental management, integrated rural development. PP: 61-170. In: V. Vichit-Vad Kan. et.al (Eds.), *Reading in Invironmental Management*. Asian and Specific Dev. Inst., UN.
- [12] Mostafavi, S.A. 2000. Assessment of agricultural water use Efficiency in Yazd-Ardakan subbasin. press 90 p.
- [13] Nikkani, D. 2002. Optimize the management of soil erosion in Damavand watershed *Journal Research and development* 54, 82-89
- [14] Riedel, C. 2003. Optimizing Land Use Planning for Mountainous Regions using LP and GIS towards Sustainability. *Journal of Soil Conservation*. USA, 34(1): 121-124.
- [15] Shabani, M. 2006. Impact of land management on soil erosion reduction (Case Study: Fars Kharstan catchment), Watershed thesis, Islamic Azad University, Science and Research, Tehran, press, 180.
- [16] Water supply scheme of landscaping Yazd. 2011. Report of the Working Group approved a provincial regulation, water Halil. Yazd, the parks and green spaces.

Optimize the use of agricultural and land scaping Yazd city regarding water resources in the current harvest and water table desline condition linear programming

1- R. Asadi, M.Sc. Student Watershed and Iran Watershed Association.

rezvanasadi76@yahoo.com

2- H. Malekinezhad, Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Desert Yazd University.

3- A. Fatahi, Assistant Professor, Natural Resources and Desert, Ardakan University.

Received: 31 Oct 2013

Accepted: 05 May 2014

Abstract

Sustainable development and efficient use of natural resources is one of the findings of the past decade to achieve this, the development of agriculture and natural resources is required land use management and proper planning. The purpose of this research is to optimize the use of agricultural and green space Yazd city regarding water resources allocated to them, in terms of water current harvest conditions and comparison water table desline condition in harvest resources. Much of the volum needed water provide from underground sources. Area of agricultural and landscaping of the city, in 2011 were respectively to 7212.3, 804.3 ha. Programming models was doing in Lindo software. The objective function to minimize amount of water per unit area uses .Two categories of limitations was defined, that contains limitations relating to the area of land and limitations required water for each user. The results show that current area of land use, according to the water in them is not optimal. Area of land use in current harvesting determain 4371, 506.88 acers and with regard to the drop in water table in volume water users obtained respectively 3627.9, 452.75 ha.

Keywords: liner programming, optimization, land use, Lindo.