دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مدیریت آبیاری در ایران، چالش‌ها و چشم‌اندازها

دوازدهمین همایش

چهارشنبه و پنجشنبه
۵ و ۶ اسفند ماه ۱۳۸۸

عنوان مقاله:

تعیین الگوی کشت بهینه شبکه آبیاری ورامین با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی

نویسندگان :

احمد غفاری[۱]، علی اصغر منتظر[۲] و محمد علی رحیمی جمنانی[۳]

چکیده

الگوی کشت محصولات زراعی به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای طراحی شبکه‌های آبیاری است که ارتباط مستقیمی با بهره‌برداری از منابع آب و خاک دارد. الگوی کشت در شرایط متفاوت بهره‌برداری دستخوش تغییرات زیادی در نوع و تراکم کشت می‌شود. که عمده دلایل آن؛ تغییر در ارزش اقتصادی محصولات، تغییر در مقدار کمّی آب قابل تأمین در دوره‌های مختلف آبی، تغییر در مدیریت مزارع، پیشرفت سریع تکنولوژی و به تبع آن مکانیزاسیون کشاورزی، تغییر در سیاست‌های کلان ملی- منطقه‌ای در بخش کشاورزی و نارسایی و ناکامی‌های موجود در مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری می‌باشد. تحقیق حاضر با هدف تعیین الگوی کشت بهینه‌ی شبکه‌های آبیاری با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process - AHP) انجام شد. معیارهای انتخاب نوع کشت (هشت معیار) در چهار گروه اقتصادی، منابع آب و خاک، پارامترهای اقلیمی و عوامل گیاهی طبقه‌بندی گردید. وزن کلی معیارها بر مبنای اطلاعات جمع‌آوری شده، مطالعات میدانی و اطلاعات موجود در ۳۰ پرسشنامه تکمیل شده توسط صاحب‌نظران، متولیان و بهره‌برداران شبکه‌های آبیاری، تعیین شد. این مطالعه موردی برای پنج منطقه مختلف از شبکه آبیاری دشت ورامین با مساحت حدودی هر منطقه ۱۰۰۰۰ هکتار انجام شد. نتایج مدل نشان داد که اولویت‌بندی محصولات الگوی منطقه به صورت زیر می‌باشد:

جو> گندم>پنبه> ذرت= صیفی‌جات>یونجه= سبزیجات

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان، ۰۹۳۵۳۹۱۴۹۶۶، رایانامه: Ghafari_19@yahoo.com

۲- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، ۰۹۱۲۴۹۱۵۷۳۲، رایانامه: *Almontaz@ut.ac.ir*

۳- کارشناس ارشد مهندسین مشاور آب و خاک تهران، ۰۹۳۷۱۶۹۶۷۳۷، رایانامه: *Mali_jam@yahoo.com*

مـقدمه

محدودیت منابع آب، عملکرد پایین بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری، افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به این منبع حیاتی لزوم برنامه‌ریزی مناسب به منظور استفاده بهینه از منابع آب را در مناطق خشک و نیمه خشک جهان نمایان می‌سازد. در برخورد نظام‌مند و سیستماتیک با منابع آب، موضوع برنامه‌ریزی و مدیریت، به عناصر مختلفِ وابسته به هم تقسیم گردیده و ارتباط بین آنها تعیین می‌شود. در این راستا می‌بایست تمام عوامل کمّی و کیفی تأثیرگذار در نظر گرفته شوند که در این صورت برنامه‌ریزی از پیچیدگی‌های خاصی برخوردار خواهد بود. در چنین مواقعی، استفاده از شیوه‌های بهینه‌سازی چند متغیره، امکان دستیابی به بهترین گزینه ممکن را با توجه به هدف تعیین شده و قیدهای موجود فراهم می‌نماید.

الگوی کشت به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای طراحی شبکه‌های آبیاری مطرح می‌باشد؛ که ارتباط این الگو در مراحل اولیه طراحی با توجه به شرایط زمانی و مکانی، با در نظر گرفتن سیاست‌های کلان در بخش کشاورزی پیشنهاد گردیده و مبنای طراحی ساختار فیزیکی شبکه آبیاری قرار می‌گیرد. تعیین الگوی بهینه‌ی کشت یک منطقه می‌تواند بر اساس اهداف مختلفی صورت گیرد. هدف کشاورزان ، حداکثر نمودن سودآوری اقتصادی است، در حالی که سیاست کشور در اقتصاد، حداکثر نمودن سودآوری اجتماعی، بهره‌وری نهاده‌های مختلف به خصوص منابع محدود آبی و در صدد دستیابی به خودکفایی می‌باشد. اهداف فوق‌الذکر در سطوح خرد و کلان، لزوماً با یکدیگر هم جهت نمی‌باشند و چه بسا در بسیاری موارد در تضاد با یکدیگر قرار می‌گیرند. برای تعیین الگوی کشت بهینه هر منطقه، باید اهداف خرد و کلان اقتصادی منطقه‌ای و مجموعه‌ای از عوامل مؤثر و محدودیت‌های موجود در انتخاب را که از نوع متغیرهای کمّی و کیفی گسسته می‌باشند، مورد توجه قرار داد.

تحقیقات متعددی نیز در این زمینه به انجام رسیده است که ذیلاً به برخی از مهمترین آنها اشاره می‌گردد. افراسیابی و پیرایی (۱۳۷۵) در تحقیقی برای آشنایی مدیران، یکی از روش‌های پیشرفته برنامه‌ریزی، تحت عنوان تکنیک برنامه‌ریزی خطی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی خطی منطقه مورد بررسی نشان داد که سطح درآمد در الگوی کشت بهینه بالاتر از سطح درآمد در الگوی کشت موجود است. اسدپور و همکاران (۱۳۸۴) نظریه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه‌سازی الگوی کشت را برای یک دشت در زیر حوزه هراز مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که با ایجاد انعطاف در آرمان‌ها در مدل فازی، منابع به نحو بهتری تخصیص می‌یابند و سطح زیر کشت توسعه پیدا می‌کند. منتظر و لطفی (۲۰۰۸) یک مدل برنامه‌ریزی غیر خطی به منظور تعیین الگوی کشت بهینه و تخصیص آب در سطح شبکه‌های آبیاری بر اساس توابع تولید و یکنواختی پخش آب ارائه دادند. یافته‌های تحقیق نشان داد، با اجرای الگوی کشت بهینه و اعمال مناسب کم آبیاری می‌توان شاخص بهره‌وری شبکه آبیاری و ارزش اقتصادی واحد آب مصرفی را در دوره‌های مختلف آبی در حد مناسبی تثبیت نمود. منتظر و رحیمی خوب (۲۰۰۸) یک مدل بهینه‌سازی غیرخطی را برای تخصیص بهینه آب و الگوی کشت تحت شرایط منابع آبی محدود و کافی توسعه دادند. آنها سود خالص حجم آب تخصیص داده شده برای محصولات آبی را به عنوان تابع هدف در نظر گرفته و برای حل آن از بسته نرم افزاری MS Excel Solver استفاده کردند. دهقانیان و شاهنوشی (۱۳۷۳) در زمینه تعیین الگوی کشت بهینه با بهره‌گیری از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی در راستای برآورد تابع تقاضای معیاری نهاده آب به این نتیجه رسیدند که در فصل تابستان و بهار، تغییرات قیمت و بهای آب به مراتب تأثیر

بیشتری بر مقدار مصرف آن دارد. شعبانی محمدکاظم به منظور بهینه‌سازی مصرف آب و الگوی کشت در شبکه آبیاری سد درودزن به کمک برنامه‌ریزی ریاضی در کشاورزی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) از تکنیک کم‌آبیاری استفاده کرده است. نتایج که الگوی کشت بهینه در فصل اول گندم و در فصل دوم ذرت دانه‌ای و برنج می‌باشد و سایر گیاهان به نسبت‌های کمتری وارد برنامه بهینه می‌شوند. کیپ کوریر و همکاران (۲۰۰۲) یک مدل بهینه‌سازی را که شامل رقابت محصولات در یک فصل برای منطقه‌ای که تحت آبیاری و کشت می‌باشد را گسترش دادند. این مدل توسط بسته نرم افزاری عمومی CSUDP برای موقعیت‌های کنونی در تونس حل شده است. زهرایی و اسلامی (۱۳۸۵) یک مدل الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی الگوی کشت اراضی کشاورزی با در نظر گرفتن اولویت‌های تخصیص آب و محدودیت‌های منابع آب ارائه دادند. نتایج مدل در مطالعه موردی انجام شده در دشت ورامین نشان دهنده ضرورت افزایش سطح زیر کشت خیار و گوجه فرنگی و کاهش قابل ملاحظه سطح زیر کشت گندم بوده است. به منظور در نظر گرفتن استراتژیک بودن گندم، گزینه‌هایی نیز با در نظر گرفتن حداقل سطح زیر کشت گندم به میزان ۴۰٪ سطح زیر کشت کل شبکه نیز در نظر گرفته شد. هاورایی و عزیز (Haourai and Azaiez, 2001) یک مدل برنامه‌ریزی خطی را به منظور تعیین الگوی کشت بهینه تحت شرایط کم آبی در مناطق خشک پیشنهاد کردند. در روند اجرای این الگو ، دو مورد مشخص شد: اول از میان محصولات فصلی و سالیانه کدام محصولات برای داشتن حداکثر سود کاشته شود و دوم چه مقدار زمین و آب به هر محصول اختصاص داده شود. شیام و چوهان (1992) در مطالعه تخصیص بر اساس الگوی برنامه‌ریزی کشت بهینه بر روی زمین‌های کانال گولاوار هندوستان، از روش برنامه‌ریزی ریاضی برای بیشینه کردن بازده خالص کل در راستای تخصیص نواحی زیر کشت فعالیت‌های زراعی ، استفاده کردند. در این بررسی ، ساعات جاری شدن آب در کانال اصلی، ظرفیت حمل کانال‌ها، تناوب زراعی، نواحی کشت در دسترس و مقدار آب، در مدل در نظر گرفته شد. نتایج این مطالعه نشان داد که در مقایسه با الگوی موجود و سطح درآمدها، به کارگیری الگوی کشت بهینه می‌تواند ۱۰٪ بازده خالص کل را افزایش دهد. اکرت و وانگ (Eckert and Wang, 1992) برای تعیین الگوی کشت بهینه، زمین تخصیص داده شده به هر محصول را ثابت فرض کردند و با هدف حداکثر نمودن عملکرد محصول در جهت تأمین آب مورد نیاز برنامه‌ریزی و به این منظور از روش آبیاری کامل استفاده کردند. منتظر و بهبهانی (Montazar and Behbahani, 2007) در انتخاب یک سیستم آبیاری بهینه از مدل AHP استفاده کردند. آنها با استفاده از معیارهای فیزیکی، اقتصادی-اجتماعی و محیطی موثر در راندمان آبیاری این مدل را پیشنهاد کردند. به این صورت که ۱۵ متغیر در سیستم‌های آبیاری و ۸ متغیر در زیر سیستم‌های آبیاری مورد آنالیز قرار گرفت. مدل در سه منطقه با محصول‌های گندم، چغندرقند و انگور ارزیابی شد. سه روش آبیاری میکرو، نواری و فارو بهترین روش‌های انتخابی برای سه منطقه مختلف بودند. فرآیند AHP به عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری موثر در انتخاب سیستم آبیاری که یک تصمیم‌گیری پایدار و پایا است ظاهر شد. نتایج به دست آمده از مدل با نتایج ارزیابی مزرعه‌ای و دو روش وزنی دیگر مقایسه و دیده شد به دلیل اینکه چند متغیره‌های ناسازگار نیز در مدل در نظر گرفته می‌شوند و نتیجه نهایی دارای کیفیت بالاتر و سازگاری کلی در فرآیند تصمیم‌گیری می‌باشد، مدل با روش مزرعه‌ای مطابقت بیشتری دارد و به واقعیت نزدیک‌تر است. مزیت دیگر مدل این است که تصمیم گیرنده می‌تواند یک مقایسه مفهومی کلی از ترکیب‌های مختلف تصمیم را داشته باشد.

روش تحلیل سلسله مراتبی، یکی از مناسب‌ترین شیوه‌های انجام تحلیل‌های چند معیاره در حالت گسسته

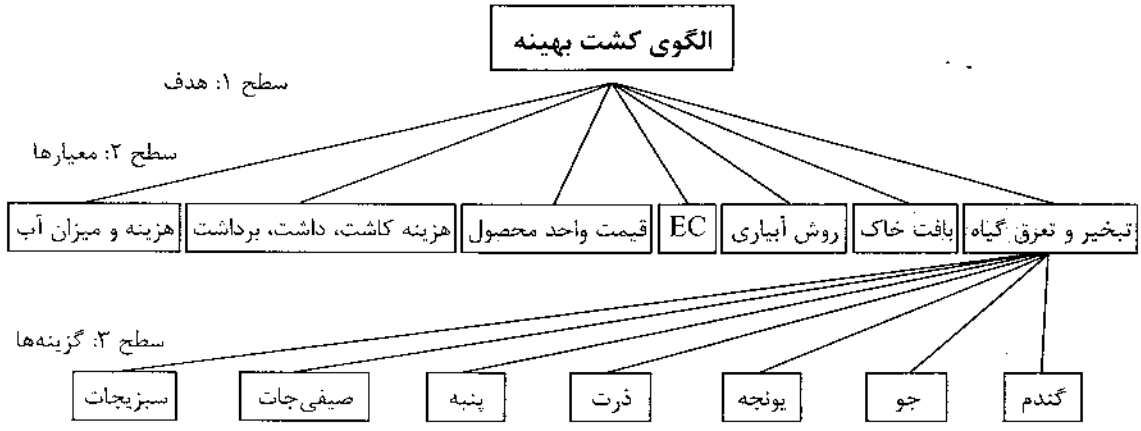
می‌باشد که در سال ۱۹۹۴ توسط ساتی (Saaty) توسعه یافته و از آن در مطالعات علوم مختلف استفاده گردیده است. این روش می‌تواند عوامل کمّی و کیفی را به صورت سیستماتیک در مدل تصمیم‌گیری وارد نماید. به این ترتیب که نخست ساختار مساله تصمیم‌گیری طراحی شده، سپس گزینه‌های مختلف بر اساس معیارهای مطرح در تصمیم‌گیری با هم مقایسه گردیده و در نهایت اولویت انتخاب هر یک از آنها مشخص می‌شود. در مجموع این روش در مسائل رتبه‌بندی، انتخاب، ارزیابی و پیش‌بینی که همگی نیازمند تصمیم‌گیری هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین ترتیب استفاده از روش AHP، امکان مهیا نمودن ابزاری فراگیر به منظور ارزیابی شاخص‌های فرآیند درونی به عنوان فاکتورهای موثر در تعیین الگوی کشت بهینه را فراهم می‌نماید. نتیجه نهایی AHP انتخاب یک گزینه بهینه در بین گزینه‌های تصمیم است. روش AHP در مطالعات مختلفی پیرامون ارزیابی و تصمیم گیری موضوعات آب و سامانه‌های آبیاری مورد استفاده قرار گرفته است که در زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

۱. ارزیابی و مقایسه بهره‌وری آب تعدادی از شبکه‌های آبیاری کشور
۲. ارزیابی شبکه‌های آبیاری برای تعین مقدار عملکرد و تعیین ضرائب اهمیت شاخص‌ها
۳. ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های طبیعی روش در حوزه آبخیز سد طالقان
۴. انتخاب بهترین نقطه حوضه آبخیز برای احداث مخازن به منظور کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری
۵. انتخاب سیستم بهینه آبیاری با توجه به عوامل فیزیکی، سیاسی- اقتصادی و زیست محیطی موثر بر راندمان آبیاری
۶. به صورت کمی در آوردن اثرات بهبود مدیریت و سخت افزارها در اجرای پروژه‌های آبیاری

نرم افزار مورد استفاده در این مدل، نرم افزار Expert Choice می‌باشد. این نرم افزار یک ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری چندمعیاره بر اساس روش AHP می‌باشد که دارای توانایی‌های زیادی بوده و علاوه بر امکان طراحی نمودار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری و طراحی سوالات، تعیین ترجیحات و اولویت‌ها و محاسبه وزن نهایی، قابلیت تحلیل حساسیت تصمیم‌گیری نسبت به تغییرات در پارامترهای مساله را نیز دارا می‌باشد. این نرم‌افزار همچنین در بسیاری از موارد از نمودارها و گراف‌ها برای ارائه نتایج و عملکردها استفاده می‌کند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، مجموعه عوامل مختلف مؤثر بر انتخاب الگوی کشت بهینه در چهار گروه عوامل اقتصادی، منابع آب و خاک، اقلیمی، و گیاه تقسیم‌بندی شدند. عوامل اقتصادی عبارتند از: هزینه آب، هزینه کاشت، داشت و برداشت و قیمت واحد محصول. عوامل مربوط به منابع آب و خاک عبارتند از: مقدار کمّی آب در دسترس از منابع سطحی و زیرزمینی، هدایت الکتریکی آب، بافت خاک و روش آبیاری. عوامل اقلیمی مورد نظر عبارت می‌باشند از: مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل، بارش، درجه - روز دمای منطقه، وضعیت حداکثر و حداقل دما. و نهایتاً عوامل گیاهی عبارت خواهند بود از: ضریب گیاهی (Kc) ، ضریب پاسخگویی گیاه به کم‌آبیاری و بازه زمانی کشت. ساختار تحلیل سلسله مراتبی دارای سه سطح بوده که عبارتند از: سطح هدف که انتخاب بهینه‌ی نوع محصول می‌باشد، سطح عوامل مؤثر بر انتخابِ نوع محصول یا سطح معیارها و نهایتاً سطح گزینه‌های انتخاب (محصولات الگوی کشت) که شامل محصولات استراتژیک و الگوی کشت منطقه می‌باشند. (شکل شماره۱)



شکل شماره ۱: سطوح مختلف تصمیم‌گیری

به منظور وزن‌دهی به معیارها و گزینه‌ها، از روش مقایسه زوجی (Pairwise Comparison) استفاده شد. عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن نسبی آنها محاسبه می‌گردد. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص شد. در این تحقیق، برای محاسبه وزن‌های عناصر هر سطح نسبت به سطح بالاتر خود، از روش بردار ویژه که مؤثرترین شیوه در یافتن عناصر هر سطح می‌باشد، استفاده شد.

برای وزن‌دهی به فاکتورها و عوامل مؤثر فوق‌الذکر، پرسشنامه‌هایی در سه سطح تهیه گردید که توسط ۳۰ نفر از متخصصین و صاحب‌نظران، متولیان منطقه‌ای و بهره‌برداران محلی تکمیل، و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یکی از مزایای تحلیل سلسله مراتبی، توانایی کنترل میزان سازگاری تصمیم است. برای هر ماتریس، حاصل تقسیم شاخص ناسازگاری، به شاخص ناسازگاریِ ماتریسِ تصادفی هم بُعد آن ماتریس، معیار مناسبی برای قضاوت در مورد ناسازگاری است که آن را نرخ ناسازگاری می‌گویند. چنانچه این عدد کوچکتر از ۰/۱ باشد، سازگاری سیستم قابل قبول است. در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدید نظر نمود. در این پژوهش، برای هر یک از ماتریس‌های تصمیم، میزان ناسازگاری توسط نرم افزار Expert Choice محاسبه و پس از ارزیابی، تصحیحات لازم صورت گرفت. مدلِ توسعه یافته در سطح پنجاه هزار هکتار از اراضی شبکه آبیاری دشت ورامین اجرا و مورد ارزیابی قرار گرفت.

مطالعه بر روی شبکه آبیاری دشت ورامین انجام گرفت. این شبکه یکی از مناطق عمده ی کشاورزی در استان تهران با وسعتی حدود پنجاه هزار هکتار، دارای خاک مستعد کشاورزی حاصل از رسوبات رود جاجرود می‌باشد. البته از سال ۱۳۴۶ پس از احداث سد لتیان، رسوبگذاری جاجرود از بین رفته و تنها $\frac{۱}{۸}$ ذخیره‌ی آب آن به آبیاری دشت اختصاص یافته است. محصولات اصلی زراعی منطقه گندم، جو، یونجه، ذرت، صیفی‌جات، سبزیجات و پنبه است. میزان کشت دیم در منطقه ناچیز بوده و عمدتاً کشت آبی انجام می‌گیرد. این دشت دارای مساحتی بالغ بر صد و سی هزار هکتار می‌باشد. منابع آبی این منطقه شامل آب زیرزمینی (چشمه و چاه) و آب سطحی می‌باشد.

از نظر خاک شناسی PH خاک این دشت حدود ۸-۷ می‌باشد که جزء قوی‌ترین خاک‌ها به حساب می‌آید. میانگین بارندگی سالانه منطقه حدود ۱۰۰ میلی متر است که به همراه گرمای مناسب از لحاظ کشاورزی شرایط مساعدی برای رشد محصولات فراهم می‌نماید.

جدول (۱): کل آب سطحی ورودی به دشت ورامین از سمت شمال دشت (m^3/s) (سال ۱۳۸۸)

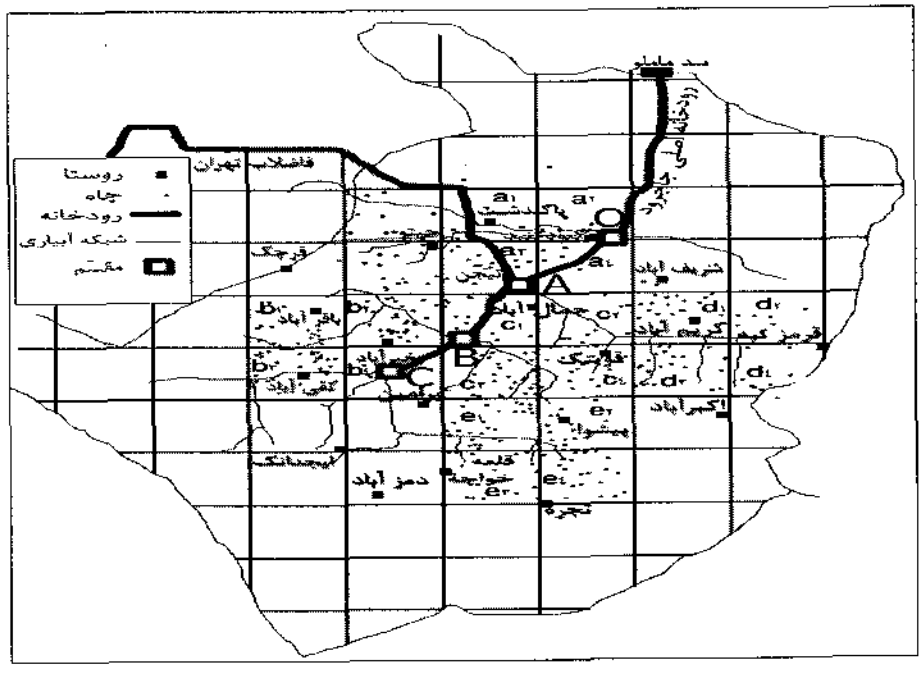
ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بند انحرافی (جاجرود)	0	205	170	70	17	23
کانال تهران	28.5	19	1	5.2	20	0

جدول (۲) : کل آب زیرزمینی قابل استحصال در منطقه مورد مطالعه (سال ۱۳۸۸)

منطقه	A	B	C	D	E
دبی (Lit/s)	685	1060	2770	1740	2100

قابلیت محیطی دیگر در شهرستان ورامین نزدیکی به شهر تهران، بزرگترین بازار مصرف ایران است. که همین موضوع، نقش بسیار مهمی را در توسعه کشاورزی و صنعت ایفا می‌نماید.

محدود کردن منابع آبی شهرستان، عدم کشاورزی صنعتی و تداوم کشت و زرع سنتی زیان‌های فراوانی برای دشت ورامین به همراه داشته است. مشکل دیگر عدم سرمایه گذاری کلان در بخش کشاورزی است که باعث افزایش قیمت تمام شده کالا و پایین بودن تولید خواهد شد. هنگامی که آب سطحی کفاف مصارف کشاورزی را ندهد، کشاورزان به استفاده از چاه روی می‌آورند و مشکل عمده بعدی، بهره‌برداری بی رویه از سفره‌های آب زیرزمینی است که باعث پایین افتادن سطح سفره‌های آب زیرزمینی (که در حاصلخیزی نقش حیاتی دارند) می‌شود.



شکل شماره ۲: آب سطحی و تراکم چاه‌ها

منطقه مورد مطالعه، در شکل شماره ۲ نمایش داده شده است. جهت سهولت در انجام محاسبات و برنامه‌ریزی الگوی کشت، این منطقه به ۵ ناحیه تقسیم بندی شد؛ که به ترتیب عبارتنداز: ناحیه شمالی: A، ناحیه غربی:B، ناحیه مرکزی:C، ناحیه شرقی: Dو ناحیه جنوبی:E و در ادامه ی کار هریک از این ناحیه‌ها نیز به چهار زیر ناحیه، مجزا تقسیم گردید ($A:a_1,a_2,a_3,a_4$) . پارامترهای مختصات مکانی نقطه مورد نظر، دبی چاه-چشمه، قنات و رودخانه، PH آب، EC آب و سطح زیر کشت از طریق مطالعات صحرایی در قالب طرح آماربرداری از منابع آبی دشت ورامین، زیر نظر سازمان آب منطقه‌ای استان تهران به دست آمد.

سایر مشخصات آب و خاک منطقه مانند بافت و اسیدیته و... که میانگینی از شاخص‌های مورد نظر است، در جدول زیر گویای ویژگی‌های هیدرو-مورفولوژی منطقه می‌باشد.

جدول (۳): داده‌های موجود در مناطق پنجگانه

ناحیه	زیر ناحیه	sum Q (LIT\S)	(avg) EC	(avg) PH	بافت	تعداد منابع آبی (چاه)
A	a1	69	660	7	لوم لای	2
	a2	11.8	703.3	7.2	لوم	3
	a3	500.5	382.5	7.6	لوم لای	20
	a4	103.5	336.6	7.6	لوم	6
B	b1	251.95	1554	7.6	لوم	15
	b2	449.4	1071	7.2	لوم	39
	b3	334.3	1763	7.9	لوم	29
	b4	25.5	1103	7.8	لوم	3
C	c1	769.5	515.9	7.5	لوم	22
	c2	565.5	740.7	7.9	لوم	14
	c3	763.5	792.9	7.9	لوم	24
	c4	672.4	825.8	7.7	لوم ماسه‌ای	24
D	d1	876.6	818.9	7.6	لوم رسی	28
	d2	206	1230	7.9	لوم	7
	d3	381.5	747.5	7.3	لوم	20
	d4	274.5	946.6	7.6	لوم ماسه‌ای	12
E	e1	589.3	893.2	6.8	لوم رسی	30
	e2	383.7	824.5	7.4	لوم	13
	e3	638.4	1369	7.2	لوم رس ماسه‌ای	30
	e4	485.9	848.6	7.3	لوم	25

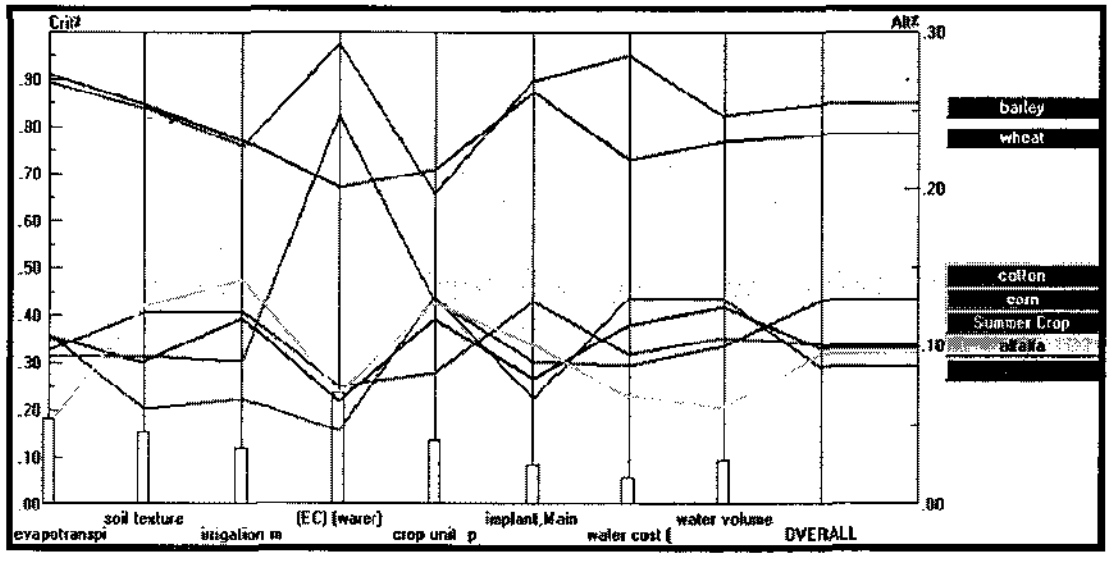
نتایج و بحث

پارامترهایی که در این تحقیق استفاده گردید عبارتند از: تبخیر تعرق گیاه، بافت خاک، روش آبیاری، شوری آب (EC)، قیمت واحد محصول، هزینه کاشت،داشت،برداشت، هزینه آب و میزان آب؛ که توسط مدل AHP دو به دو با هم مقایسه گردیده و اولویت بندی شده اند. به علت اینکه خاک متعادل کننده PH می‌باشد؛ تاثیر این معیار در این مطالعه در نظر گرفته نشده است. اثر هر کدام در تعیین الگوی کشت بهینه با توجه به وزنی گه از مقایسه دودویی آنها در AHP بدست آمده است در نظر گرفته شده است (جدول۴) . همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود ((EC آب با وزن ۲۳ درصد بیشترین وزن و هزینه آب با ۴،۸ درصد کمترین وزن را در تعیین الگوی کشت بهینه به خود اختصاص داده اند.

جدول (۴): مقایسات دودویی محصولات مختلف با توجه به معیارها و وزن نهایی معیارها در مدل

			RW						
ردیف	معیارها	وزن	گندم	جو	یونجه	صیفی‌جات	ذرت	سبزیجات	پنبه
1	آب (EC)	0.229	0.2	0.29	0.07	0.07	0.08	0.05	0.25
2	تبخیر و تعرق	0.175	0.27	0.27	0.05	0.11	0.1	0.11	0.09
3	بافت خاک	0.147	0.25	0.25	0.13	0.09	0.12	0.06	0.09
4	قیمت واحد محصول	0.127	0.21	0.2	0.13	0.12	0.08	0.13	0.13
5	روش آبیاری	0.112	0.23	0.23	0.14	0.12	0.12	0.07	0.09
6	حجم آب	0.085	0.23	0.25	0.06	0.13	0.11	0.13	0.1
7	هزینه کاشت، داشت، برداشت	0.078	0.26	0.27	0.1	0.08	0.13	0.07	0.09
8	هزینه آب	0.048	0.22	0.29	0.07	0.11	0.1	0.13	0.09

در شکل (۳) روی محور افقی، به ترتیب معیارهای تبخیر و تعرق، بافت خاک، روش آبیاری، Ec، قیمت واحد محصول، هزینه کاشت،داشت،برداشت، هزینه آب و حجم آب آمده است. وزن نهایی معیارها (Criteria) در تعیین الگوی کشت بر روی محور عمودی سمت چپ و وزن نهایی گزینه‌ها (Alternative) بر روی محور عمودی سمت راست شکل نمایش داده شده است. نمودارهای ستونی نشان دهنده وزن معیارهای مختلف در تعیین الگوی کشت بهینه و هر کدام از خطوط منحنی مربوط به یک محصول خاص می‌باشد.



شکل شماره۳: وزن معیارها و اولویت کشت محصولات

همانطور که در شکل (۳) و در جدول (۴) مشاهده می‌شود (EC) آب بیشترین تاثیر را در تعیین الگوی کشت دارد. یکی از مشکلات کشاورزی در نواحی خشک و نیمه خشک شوری آب می‌باشد (سادات نوری و همکاران- لامسال و همکاران) . در مناطقی که شوری آب بالاست گیاهان مقاومتر به شوری در کشت اولویت دارند.

تبخیر و تعرق (نیاز آبی) در کشت محصولات در اولویت دوم قرار دارد. در مناطق نیمه خشک که تبخیر و تعرق بالا و مقدار آب در دسترس کمتر است، گیاهانی کشت می‌گردند که نیاز آبی پایین تری داشته باشند. بافت خاک در کشت بعضی گیاهان از اهمیت ویژه ای برخوردار است. ولی گیاهانی هستند که در هر بافت خاکی کشت گردند به خوبی رشد کرده و محصول خود را تولید می‌نمایند. در اکثر موارد محصولاتی که قیمت بالاتری دارند بیشتر کشت می‌گردند و این امر در بعضی موارد باعث تولید مازاد بر نیاز و افت قیمت می‌گردد. اولویت‌بندی محصولات الگوی منطقه به قرار زیر مشخص گردید (جدول ۵):

جو> گندم>پنبه> ذرت= صیفی جات>یونجه= سبزیجات

جدول (۵): الگوی کشت پیشنهادی منطقه توسط مدلAHP، (به ترتیب)

محصولات	وزن (درجه اهمیت) %
جو	0.26
گندم	0.23
پنبه	0.13
ذرت	0.10
صیفی جات	0.10
یونجه	0.09
سبزیجات	0.09

منابع

۱- اسدپور، ح.، خلیلیان، ص. و پیکانی، غ. ۱۳۸۴ . نظریه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه‌سازی الگوی کشت. اقتصاد کشاورزی و توسعه. ویژه‌نامه بهره‌وری و کارایی. شماره ۳۰۹ . صفحات۳۳۸-۳۰۷.

۲- جولایی، ر.، چیذری، ا. ح. ۱۳۸۳ . مدیریت الگوی کشت محصولات زراعی سه شهرستان مرکزی استان فارس در یک مدل چند منطقه‌ای، رساله دوره دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۳- شعبانی، م. ک.، هنر، ت. ۱۳۸۵. مدیریت بهینه در مصرف آب و الگوی کشت در شبکه آبیاری و زهکشی درودزن با استفاده از سیستم اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) ، پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه شیراز.

۴- زهرایی، ب.، اسلامی، ع. ۱۳۸۵. بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی- روش الگوریتم ژنتیک و برنامه‌ریزی خطی، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵- منتظر، ع. ا. و لطفی، م.۱۳۸۷. توسعه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی الگوی بهینه کشت و تخصیص منابع آب شبکه‌های آبیاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۱-سال دوم-۱۳۷۸ .

6- Bekele Shiferaw , V.RatnaReddy ,SuhasP.Wani. 2008. Watershed externalities, shifting cropping patterns and Groundwater depletion in Indian semi-arid villages: The Effect of alternative water pricing policies.ELSEVIER (2008)

7- Montazar, A., Behbahani, S.M. (2007) . Development of an optimised irrigation system selection model using analytical hierarchy process. J. Biosystems engineering. 97: 125-137.

8- Montazar, A., Rahimikob, A. 2008. Optimal water productivity of irrigation networks in arid and semi-arid regions. Irrig. and Drain. 57: 411-423.

9- Jena, J.K., Ayyappan, S., Aravindakshan, P.K. 2001. Comparative evaluation of production performance invaried Cropping patterns of Carp polyculture systems. Central Institute of Fresh water Aquaculture, Kausalyaganga, Bhubaneswar 751002, India.

10- Kipkorir, E.C., Ssahli, A., Raes, D. 2002. Mios: a decision tool for determination of optimal irrigated cropping pattern of a multicrop system under water scarcity constants. Journal of Agricultural Water Management, ASCE 51, 155-166.

11- Sabouhi, M., Soltani, G.H. 2005. Optimization of Cropping Patterns at Basin Level by Considering Social Profit and Net Virtual Water Import: A case study of khorasan district. J. Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour., Vol. 12, No. 43 (A) , Spring 2008, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.