Journal of Environment and Water Engineering
ISSN: 2476-3683

مجله محیط زیست و مهندسی آب
شابک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳

بررسی الگوی کشت و بهترین روش آبیاری با روش AHP برای استفاده از پساب شهری اراک

امیر مرادی‌نژاد

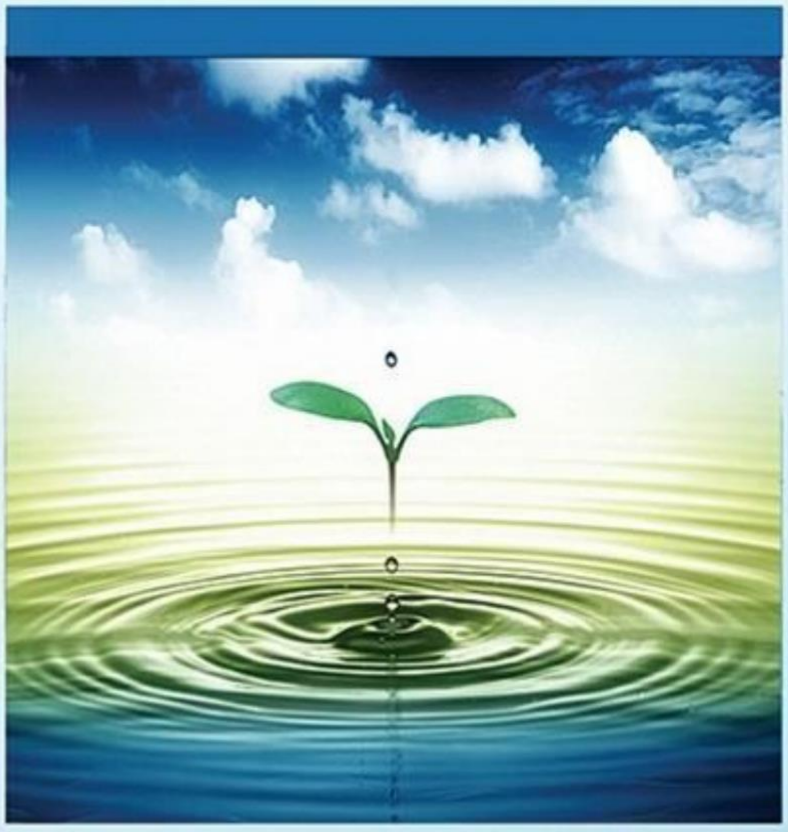
دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۱۵۹- ۱۴۸

Vol. 5(2), Summer 2019, 148 – 159

DOI: 10.22034/jewe.2019.156589.1292

Assessing the Crop Pattern and the Optimized Irrigation Methods using AHP Method for Municipal Wastewater Usage in Arak, Iran

Moradinejad A.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: مرادی‌نژاد ا. (۱۳۹۸). بررسی الگوی کشت و بهترین روش آبیاری با روش AHP برای استفاده از پساب شهری اراک. مجله محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۵، شماره ۲، صفحات: ۱۵۹–۱۴۸.

Citing this paper: Moradinejad A. (2019). Assessing the crop pattern and the optimized irrigation methods using AHP method for municipal wastewater usage in Arak, Iran. J. Environ. Water Eng., 5(2), 148–159. DOI: 10.22034/jewe.2019.156589.1292

بررسی الگوی کشت و بهترین روش آبیاری با روش AHP برای استفاده از پساب شهری اراک

امیر مرادی‌نژاد

استادیار، گروه تحقیقاتی حفاظت خاک و مدیریت آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش منابع طبیعی و کشاورزی استان مرکزی، اراک، ایران

***نویسنده مسئول:** amir_24619@yahoo.com

یادداشت فنی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۷/۰۸/۲۶] **تاریخ بازنگری: [۱۳۹۸/۰۲/۲۴]** **تاریخ پذیرش: [۱۳۹۸/۰۲/۳۱]**

چکیده

امروزه به‌علت شرایط کم‌آبی، تصفیه و بازچرخش فاضلاب‌ها، ارائه الگوی کشت و روش آبیاری مناسب، مهم‌ترین راه‌کار در توسعه مدیریت منابع آب می‌باشد و می‌تواند نقش مهمی در رابطه با مشکلات کم‌آبی ایفا نماید. هدف از این پژوهش تعیین کیفیت پساب فاضلاب شهر اراک به‌منظور استفاده آن در کشاورزی، تعیین الگوی کشت، و روش آبیاری مناسب با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بود. توسعه مدل در قالب دو زیرمدل صورت گرفت. هدف زیرمدل اول، تعیین الگوی کشت بهینه در سطح شبکه آبیاری و هدف زیرمدل دوم، انتخاب مناسب‌ترین روش آبیاری با استفاده از پساب بود. پژوهش حاضر از نوع توصیفی مقطعی بوده و نمونه‌برداری از پساب و انجام آزمایش‌ها جهت تعیین کیفیت پساب و مقایسه با استانداردها صورت گرفت. میانگین پارامترهای COD، BOD_5، و DO به‌ترتیب ۴۹/۶۵ و ۲۳/۲۶ و ۱/۹۳ mg/l و میانگین فلزات سنگین کادمیوم، مس و سرب به ترتیب ۰/۰۵۶۴و ۰/۰۸و ۰/۵۱۲ mg/l، میانگین کلیفرم کل و مدفوعی به ترتیب ۸۷۸/۸۸۲ و ۳۷۹/۵۵۸ در ml ۱۰۰ و میانگین تعداد تخم انگل در لیتر ۰/۵۲۴ به‌دست آمد. پساب به‌دست آمده با استاندارد سازمان محیط‌زیست ایران در زمینه استفاده مجدد در کشاورزی مطابقت داشت. بنابراین، بیش‌ترین عامل محدودکننده برای تعیین الگوی کشت، هدایت الکتریکی آب و خاک و سپس هزینه آب بود که بالاترین درصد وزن نسبی به آنها اختصاص داده شده است. در انتخاب بهترین سیستم آبیاری، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی، بالاترین وزن نسبی را به خود اختصاص دادند.

واژه‌های کلیدی: استفاده مجدد؛ تحلیل سلسله مراتبی؛ دشت فراهان؛ فاضلاب؛ کیفیت آب؛ کشاورزی.

۱- مقدمه

پساب حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری یک منبع عظیم آب است که می‌تواند در کشاورزی و فضای سبز استفاده شود. هدف کلی استفاده مجدد از فاضلاب در کشاورزی، بهینه‌سازی و حفظ موجودیت منابع آب از طریق برگشت‌دادن جریان‌های فاضلاب به زمین و استفاده منطقی از منابع آب شیرین است. از سوی دیگر، به‌دلیل تأمین آب برای کشاورزی، زمین‌های جدیدی را می‌توان زیر کشت برد و این امر در کنترل مهاجرت روستاییان به شهرها نقش اساسی خواهد داشت. Amjad et al. (2006) با بررسی امکانات و قابلیت‌های استفاده مجدد از فاضلاب شهری یزد نشان دادند که کیفیت پساب در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست برای استفاده مجدد در کشاورزی و آبیاری مطابقت دارد و برای آبیاری و کشاورزی مناسب است. Alaton et al. (2007) با مطالعه بر روی پساب چهار تصفیه‌خانه انتخابی در کشور ترکیه نشان دادند نتایج از نظر پارامترهای کنترلی متداول و غلظت فلزات سنگین مناسب است اما پساب تصفیه‌خانه‌های انتخابی از نظر میکروبی به‌ویژه کلیفرم‌های مدفوعی رضایت‌بخش نبوده است. Yang and Abbaspour (2007) با به‌کارگیری مدل برنامه‌ریزی شده خطی، پتانسیل استفاده مجدد را در شهر پکن تجزیه‌وتحلیل نمودند. نتایج مطالعه آنها عوامل مؤثر و کلیدی پتانسیل استفاده مجدد را ارزیابی نمود و پایه‌های اساسی این ارزیابی را در سایر شهرهای چین نیز فراهم نمود.

Almas et al. (2007) عملکرد برکه‌های تثبیت فاضلاب در شهر عدن را با آزمایش‌هایی بر روی پساب بررسی و نشان دادند که امکان استفاده از پساب برای آبیاری محدود وجود دارد. Nasseri et al. (2012) در مطالعه‌ای به بررسی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اردبیل جهت مصرف آبیاری کشاورزی پرداختند. آنها نشان دادند که پساب فوق به‌جز از نظر کلیفرم‌های کل و مدفوعی محدودیتی برای استفاده در کشاورزی ندارد. Alizadeh (2001) در پژوهش‌های خود نشان داد که آبیاری ذرت با فاضلاب تصفیه‌شده شهر مشهد به مدت ۲ سال، کاهش ۱۵۶٪ ظرفیت نفوذپذیری خاک را در مقایسه با زمان قبل از آغاز پژوهش به دنبال داشته است. Asadpour (2005) نظریه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه‌سازی الگوی کشت را برای یک دشت در زیرحوزه هراز مورد بررسی قرار داد. وی نتیجه گرفت که با ایجاد انعطاف در آرمان‌ها در مدل فازی، منابع موجود به‌نحو بهتری تخصیص یافته و سطح زیرکشت توسعه پیدا می‌کند. Shabani (2006) در پژوهش‌های خود در شبکه آبیاری درودزن، از برنامه‌ریزی خطی و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که الگوی کشت بهینه در فصل اول گندم، در فصل دوم ذرت دانه‌ای و برنج می‌باشد. سایر گیاهان به نسبت‌های کم‌تری وارد برنامه بهینه می‌شوند. Hussain et al. (2007) در بررسی عوامل مؤثر بر الگوی کشت Mha ۱/۷ از اراضی فاریاب آناتولی ترکیه گزارش نمود که با توجه به موجودیت آب‌آبیاری، کشاورزان می‌توانند در هر سال ۲ تا ۳ بار زمین را به کشت گیاهان مختلف اختصاص دهند. بررسی ایشان بیانگر آن است که فاکتور صرفه اقتصادی و بازاریابی آسان در تعیین الگوی کشت این منطقه از سایر عوامل مهم‌تر عمل نموده است. Okada et al. (2008) در مطالعه‌ای روی اثرات بهبود مدیریت و سخت‌افزار به‌منظور عملکرد مطلوب‌تر پروژه‌های آبیاری کار کردند. نتایج کار این پژوهش‌گران بیانگر کارایی مناسب این شیوه تحلیلی در برنامه‌ریزی‌ها و بهینه‌سازی‌های مربوط به شبکه‌های آبیاری است. Srdjevic and Jandric (2010) به انتخاب بهترین روش آبیاری از بین چهار روش آبیاری پشته‌ای، شیاری، آبپاشی، و آبیاری قطره‌ای پرداختند. معیارهایی که در AHP قطره‌ای با استفاده از تکنیک انتخاب بهترین سامانه در نظر گرفتند عبارت بودند از : چگالی محصول، شرایط رشد محصول، کیفیت آب، توپوگرافی زمین، میزان حساسیت به بیماری محصول، شیب زمین، نسبت نفوذ آب در خاک، و مهارت کارگر آبیاری. پس از ساخت سلسله مراتب و تشکیل ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی گزینه‌ها و معیارها نسبت به‌هم بر اساس نظر تصمیم‌گیرنده و محاسبه‌ی وزن نهایی، به‌ترتیب سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، آبپاشی، شیاری و پشته‌ای مناسب شناخته شدند. Mohammadian et al. (2009) برای انتخاب الگوی کشت بالقوه محصولات زراعی شهرستان تربت‌جام، از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده نموده‌اند. آنها الگوی کشت برتر شهرستان را به صورت گندم، خربزه، جو، چغندرقند، کلزا، گوجه‌فرنگی، زیره، هندوانه، یونجه و سیب‌زمینی با درصد مساحت مشخص، تعیین نمودند. هدف از

این پژوهش بررسی امکان استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اراک در کشاورزی، انتخاب بهترین الگوی کشت، و انتخاب بهترین روش آبیاری بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه موردمطالعه

این بررسی در اراضی کشاورزی مجاور خط انتقال پساب به کویر میقان در محدوده طول جغرافیایی ″۲۲٫۹۰ ۴۹ ° تا ″۹٫۱۹ ۵۰ ° ۴۹ و عرض جغرافیایی ″۲٫۴۹ ۶ ° ۳۴ تا ″۲۲٫۵۴ ۷ ° ۳۴ صورت گرفت (شکل ۱). تصفیه‌خانه فاضلاب اراک در ۱۰ km شمال شرق شهر قرار گرفته است. این تصفیه‌خانه با ظرفیت تصفیه فاضلاب ۱۰۵۰۰۰ نفر و پذیرش فاضلاب تعدادی از صنایع، حدود m^3/d ۷۵۰۰۰ پساب تصفیه شده دارد که به محیط‌زیست رها شده و در نهایت به دریاچه کویر میقان می‌ریزد. اراضی زیادی در روستاهای اطراف تصفیه‌خانه به‌صورت بایر می‌باشند که زیر کشت بردن آنها می‌تواند کمک مؤثری در اشتغال‌زایی داشته باشد.

شکل ۱- موقعیت تصفیه‌خانه نسبت به کویر میقان و محدوده اثرپذیری دشت فراهان

Fig. 1 The treatment location of the Meqan Desert and the effect range of Farahan Plain

۲-۲- روش کار

این مطالعه از نوع توصیفی-مقطعی بوده و نمونه‌برداری از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب به‌منظور تعیین پارامترهای موردنیاز تعیین کیفیت در دو فصل سرد پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و گرم بهار و تابستان ۱۳۹۲ به‌منظور تأثیر شرایط حداکثر و حداقل دمای محیط بر روی عملکرد تصفیه‌خانه و در نهایت کیفیت پساب به‌صورت ماهانه انجام گرفت. نمونه‌ها به‌صورت مرکب در فواصل زمانی ۶ h (چهار بار در شبانه‌روز) تهیه شده و پس از انجام حفاظت موردنیاز به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های مربوط به آزمایش‌های میکروبی در ظروف استریل برداشت و در دمای ۴ °C حفظ و به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌های مربوط به آزمایش فلزات سنگین با افزودن نیتریک اسید و رساندن pH به <۲، به آزمایشگاه منتقل شدند. هم‌چنین نمونه‌های آزمایش COD نیز با افزودن سولفوریک اسید و رساندن pH به <۲، به آزمایشگاه منتقل شدند. برخی پارامترها از قبیل اکسیژن محلول، دما و pH با دستگاه‌های پرتابل در محل تعیین مقدار شدند. کلیه آزمایش‌ها بر اساس روش‌های توصیه شده در کتاب استاندارد متد ۲۰۰۵ انجام گرفت. شکل (۲) مراحل نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌های پساب جهت ارسال به آزمایشگاه را نشان می‌دهد. برای تعیین خطرات بهداشتی شاخص‌های میکروبی (کلی‌فرم‌های کل و مدفوعی) و فلزات سنگین کادمیم، سرب و مس به لحاظ اهمیت بیش‌تر تعیین مقدار شدند. برای تعیین میزان مواد آلی پساب پارامترهای BOD_5 و COD اندازه‌گیری شدند. شاخص‌های آماری شامل میانگین و انحراف

معیار به دست آمد. تصمیم‌گیری در مورد قابلیت استفاده از پساب در گزینه‌های مختلف بر اساس نتایج آزمایش‌های صورت گرفته بر روی پساب و مقایسه با استانداردها انجام شد. تجزیه‌وتحلیل انجام شده بر اساس استانداردهای موجود شامل WHO (سازمان جهانی بهداشت)، EPA (آژانس حفاظت زیست‌محیط آمریکا)، IRNDOE (سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران)، NAS (آکادمی ملی علوم آمریکا)، FAO (سازمان جهانی خواروبار)، JORS (استاندارد محیط‌زیست اردن) و معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور بوده است.

شکل ۲- مراحل نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌های پساب جهت ارسال به آزمایشگاه

Fig. 2 Sampling and preparation steps for wastewater samples to be sent to the laboratory

۲-۳- توسعه و ارزیابی مدل در تعیین الگوی کشت

هدف زیرمدل اول، تعیین الگوی کشت بهتر در سطح شبکه آبیاری بود. به‌منظور تعیین نوع محصولات در الگوی کشت بهینه، مجموعه عوامل مؤثر در چهار گروه عوامل زیست-محیطی (هدایت الکتریکی آب و خاک)، اقتصادی-اجتماعی (هزینه آب، هزینه کاشت، داشت و برداشت، قیمت واحد محصول و نیاز منطقه به محصولات)، منابع آب و خاک (مقدار کمی آب، بافت خاک و روش آبیاری) و اقلیمی (مقدار تبخیروتعرق گیاه و میزان بارش) تقسیم‌بندی شدند (در مجموع ۱۰ عامل). در این زیرمدل ساختار AHP در تعیین رتبه‌بندی محصول در الگوی کشت بهتر دارای سه سطح در نظر گرفته شد که عبارت‌اند از: سطح یک یا سطح هدف که انتخاب بهتر نوع محصول می-باشد. سطح دو عوامل مؤثر در انتخاب نوع محصول یا سطح معیارها که عوامل مؤثر بر انتخاب نوع محصول کشت (عوامل ۱۰ گانه) بوده و در نهایت سطح سه یا سطح گزینه-های انتخابی که شامل محصولات الگوی کشت رایج منطقه می‌باشند (گندم، جو، یونجه، ذرت علوفه‌ای، سیب‌زمینی و چغندرقند). به‌منظور وزن‌دهی معیارها و گزینه‌ها، از روش مقایسه زوجی استفاده شد. عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به‌صورت زوجی مقایسه شده و وزن نسبی آنها محاسبه شد. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی برای هر گزینه به‌دست آمد.

۲-۴- انتخاب مناسب‌ترین روش آبیاری

در انتخاب روش آبیاری پارامترهای متعددی دخالت دارند که مهمترین آنها عبارت‌اند از: وضعیت اقلیمی، وضعیت توپوگرافی، مشخصات خاک، کیفیت آب آبیاری، شرایط تأمین انرژی، نوع محصول، زمینه‌های فرهنگی، وضعیت نیروی انسانی، وضعیت بهره‌برداری و نگهداری و بالاخره هزینه‌ها (در مجموع ۱۱ عامل). در زیرمدل دوم ساختار AHP در انتخاب مناسب‌ترین روش آبیاری دارای سه سطح در نظر گرفته شده است که عبارت‌اند از: سطح هدف که انتخاب مناسب‌ترین روش آبیاری می‌باشد. سطح دوم عوامل مؤثر در انتخاب نوع محصول یا سطح معیارها که عوامل مؤثر بر انتخاب نوع محصول کشت (عوامل ۱۱ گانه) بوده و

در نهایت سطح گزینه‌های انتخاب که شامل انواع سیستم-های آبیاری با توجه به شرایط منطقه می‌باشند (کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک، آب‌فشان دوار (سنتر پیوت)، آب-فشان خطی (لینیر)، قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی). همانند زیرمدل اول، به‌منظور وزن‌دهی معیارها و گزینه‌ها از روش مقایسه زوجی استفاده شد. بیش‌ترین عامل محدودکننده برای تعیین الگوی کشت و همچنین بهترین سیستم آبیاری، با بالاترین وزن نسبی انتخاب شد. آنچه که در قسمت امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری برای تعیین درجه تأثیر جزئیات هر پارامتر در خصوص انتخاب سیستم مناسب عنوان شد در واقع الگو و راهنمایی است که امکان بررسی کمی شرایط مختلف یک طرح مطالعاتی را از دیدگاه فنی، اجتماعی و اقتصادی فراهم نموده و به کمک آن سیستم آبیاری مناسب انتخاب می-شود. لازم به یادآوری است که در استخراج امتیازات از جداول مربوطه، نظر و برداشت کارشناس طراح از شرایط طرح نیز دخیل بوده و می‌تواند امتیاز هر پارامتر جزئی را تغییر دهد. مناطقی را که در آن سابقه استفاده از آبیاری تحت‌فشار وجود نداشته ولی زمینه‌های فرهنگی مساعد می‌باشد، کارشناس طرح می‌تواند در انتخاب سیستم‌های آبیاری آن را مدنظر قرار دهد و یا با توجه به اینکه معیار هزینه می‌تواند اثرات مهمی در تصمیم‌گیری داشته باشد، قضاوت مهندسی در انتخاب نوع سیستم باید مدنظر قرار گیرد. در نهایت سیستمی که بالاترین امتیاز را داشته باشد به‌عنوان سیستم مورد نظر برگزیده می‌شود.

۳- یافته‌ها و بحث

جداول (۱) و (۲) مقایسه کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اراک با استاندارد سازمان محیط‌زیست ایران در مورد استفاده مجدد در کشاورزی را نشان می‌دهد. طبق جداول (۱) و (۲) میانگین کلی‌فرم‌های کل و مدفوعی به‌ترتیب ۸۷۸/۹ و ۳۷۹/۶ در ml ۱۰۰ با انحراف معیار ۱۷/۲ و ۱۱/۴ بوده است. میانگین پارامترهای COD و BOD_5 به‌ترتیب ۴۹/۶ و mg/l ۲۳/۳ و انحراف معیار ۶/۱۲ و ۲/۱۹ بوده است. بنابراین، حدود توصیه شده ۱۰۰۰ کلی‌فرم کل و ۴۰۰ کلی‌فرم مدفوعی در ml ۱۰۰ می‌باشد. تخم انگل در نمونه‌های برداشت شده از پساب با میانگین ۰/۵ و انحراف معیار ۰/۱۱۳۴ کم‌تر از حد استاندارد می‌باشد. میانگین فلزات سنگین کادمیم، مس و سرب به‌ترتیب ۰/۰۵۶۴، ۰/۰۸ و mg/l ۵۱۳ / ۰ و انحراف معیار ۰/۰۱۴۷، ۰/۰۳۶۱ و ۰/۰۹۲۱ بوده که به‌جز کادمیم دو فلز دیگر مورد بررسی، با استاندارد سازمان محیط‌زیست در این زمینه مطابقت دارد.

جدول ۱- مقایسه کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اراک با استاندارد سازمان محیط‌زیست ایران

Table 1 Comparison of the quality of Arak sewage treatment wastewater with the standards of Iran's environmental organization

پارامتر	واحد	استاندارد	میانگین فصل سرد	انحراف معیار فصل سرد	میانگین فصل گرم	انحراف معیار فصل گرم	میانگین کل سال	انحراف معیار کل سال
COD	(mg/l)	200	48.41	5.20	52.6	7.44	49.6	6.12
BOD_5	(mg/l)	100	22.79	2.10	24.4	2.12	23.3	2.20
pH	-	6-8.5	7.63	0.24	7.4	0.36	7.5	0.30
DO	(mg/l)	2	1.94	0.12	1.9	0.16	1.9	0.13
کلی‌فرم کل	تعداد در ml ۱۰۰	1000	880.58	17.1	874.8	17.60	878.9	17.2
کلی‌فرم مدفوعی	تعداد در ml ۱۰۰	400	375.33	9.49	389.7	8.957	379.558	11.3
تخم انگل	تعداد در l	1<	0.508	0.121	0.06	0.086	0.524	0.11
سرب	(mg/l)	1	0.5	0.093	0.54	0.086	0.513	0.09
مس	(mg/l)	0.2	0.068	0.02	0.11	0.05	0.08	0.04
کادمیم	(mg/L)	0.05	0.058	0.014	0.05	0.017	0.056	0.015

مقادیر میانگین پارامترهای pH، کدورت و اکسیژن محلول در پساب به ترتیب ۷/۵۵، NTU ۲۱/۳۱ و mg/l ۵/۱۴ با انحراف معیار ۰/۳۰۴، ۱۰/۳ و ۱/۲ بوده است که همگی با استاندارد سازمان محیط‌زیست در این زمینه‌ها مطابقت داشته است. مطابق جدول (۲) مقادیر بر، کروم و روغن در

نمونه‌های آزمایشگاهی کمتر از استانداردها می‌باشد و از نظر این پارامترها مشکلی در کاربری‌های مختلف ندارد.

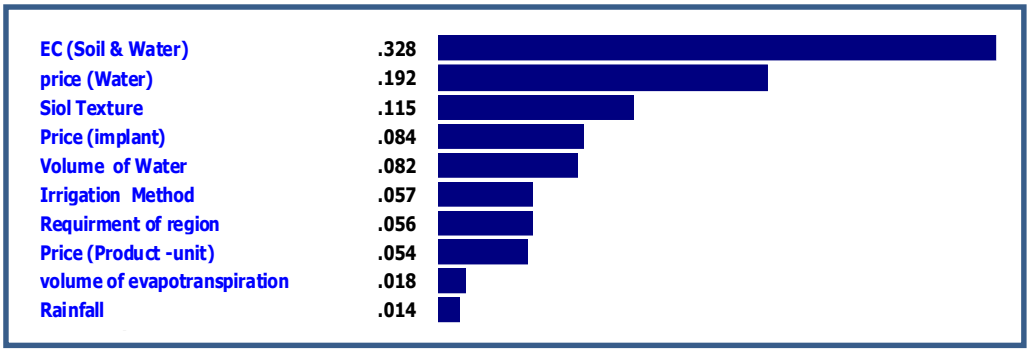
جدول ۲- مقایسه مقادیر مشاهداتی پارامترهای کیفی پساب با استانداردهای موجود

Table 2 Comparison of observed values of wastewater quality parameters with existing standards

ردیف	پارامتر mg/l	میزان مشاهداتی	حد استاندارد									
			کشاورزی							معاونت برنامه‌ریزی		
			WHO	EPA	IRNDOE	NAS	FAO	JS	کشاورزی	فضای سبز و تفرجگاهی	برگشت به آب‌های سطحی	تغذیه سفره زیرزمینی	مصارف صنعتی
۱	بر (B)	0	0.7	1	1	0	0.7	1	1	0.7	2	1	0
۲	روغن (Oil)	1<	0	0	10	0	0	0	10	0	10	10	10
۳	کروم (Cr)	0.1<	0.1	0.1	1	0.1	0.1	0.1	1	0	0.5	1	0

۳-۱- تعیین ضریب اهمیت معیارها

نتایج حاصل از اجرای مدل در اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر محصولات الگوی کشت بهینه در شکل (۳) آمده است. در این شکل همچنین وزن هر یک از معیارها در کشت هر محصول به صورت جداگانه نمایش داده شده است. با توجه به اینکه منطقه به‌وسیله آب‌های ثانویه یعنی پساب شهر اراک به صورت دوره‌ای مشروب می‌شود، مدل نیز بیشترین وزن را به معیار گروه اثرات زیست‌محیطی یعنی هدایت الکتریکی آب و خاک اختصاص داده است، لذا وزن این معیار در گیاهانی که نسبت به پساب حساس‌ترند بیشتر می‌باشد. این بدان معناست که با توجه به استفاده از پساب، گیاهانی که حساسیت بیشتری نسبت به تنش‌های زیست-محیطی دارند در اولویت کشت قرار نمی‌گیرند. همان‌طور که از شکل(۳) نشان می‌دهد، هدایت الکتریکی آب و خاک در تعیین الگوی کشت با وزن ۳۲/۸ ٪ بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص داده است. به‌علت رعایت اخلاق زیست-محیطی در منطقه و همچنین به دلیل رعایت استانداردهای زیست‌محیطی برای استفاده از پساب در امر کشاورزی، معیار هدایت‌الکتریکی آب و خاک که به‌عنوان یک پارامتر زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شود، همیشه به‌عنوان یک پارامتر محدود کننده است. از این‌رو هدایت‌الکتریکی آب و خاک در تعیین الگوی کشت منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اولویت دوم در میان معیارها، هزینه آب می‌باشد که در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد و دارای وزن ۱۹/۲ ٪ می‌باشد. با توجه به این که آب کشاورزی منطقه به‌وسیله پساب تأمین می‌شود از این‌رو قیمت تمام شده برای هر مترمکعب آبی که در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد از اهمیت خاصی برخوردار است.



شکل ۳- نمودار تفکیک اوزان معیارهای تعیین الگوی کشت بهینه با استفاده از مدل AHP

Fig. 3 The weighting separation scale of criteria for determining the optimal cropping pattern using the AHP model

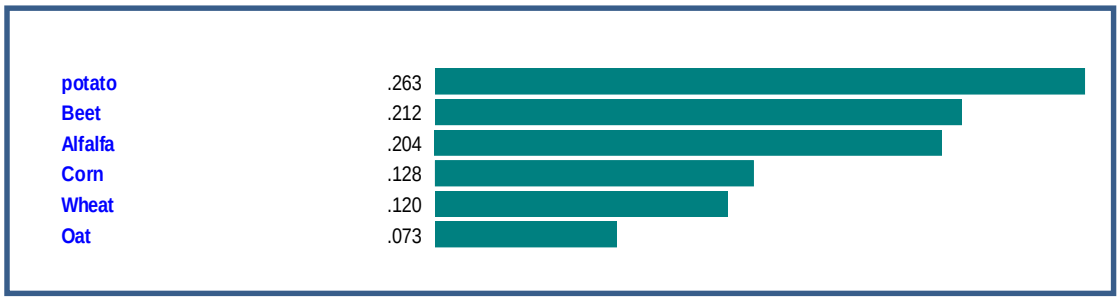
بافت خاک نیز به‌عنوان معیار بعدی در تعیین الگوی کشت بهینه با وزن ۱۱/۵ ٪ می‌باشد. با توجه به اینکه بافت خاک منطقه تغییرات زیادی ندارد و به‌طور کلی لومی- رسی تا لومی- رسی- سیلتی می‌باشد و برای کشت محصولات

منطقه مناسب می‌باشد، از این‌رو در کشت غالب گیاهان، الگوی کشت محدودیتی ایجاد نمی‌کند.

هزینه کاشت، داشت، و برداشت محصول با وزن ۸/۴٪ چهارمین معیار از نظر اهمیت در تعیین الگوی کشت در منطقه می‌باشد. هزینه‌های بالای ادوات کشاورزی و همچنین نیروی انسانی کشت بعضی محصولات را با محدودیت مواجه می‌کند. باید توجه نمود که امروزه قیمت نهاده‌های کشاورزی می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در اقتصاد کشاورزی داشته باشد و از این‌رو گیاهانی که در طول فصل رشد، به کود بیشتری نیاز داشته باشند و یا به آفات و بیماری‌ها حساسیت بیشتری نشان دهند، در رتبه‌بندی الگوی کشت از اولویت پایین‌تری برخوردار خواهند بود. حجم آب در تعیین الگوی کشت نیز با وزن ۸/۲٪ در اولویت پنجم قرار دارد. به علت ممنوعیت منطقه در برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های زیرزمینی و استفاده از پساب تصفیه شده شهر اراک به‌عنوان آب جانشین، حجم آب آبیاری موجود برای کشاورزی از اهمیت کمتری نسبت به معیارهای بالا برخوردار است. روش آبیاری در منطقه مورد مطالعه با وزن ۵/۷٪ در اولویت ششم قرار دارد. با توجه به اینکه روش‌های آبیاری در منطقه به نسبت توسعه خوبی دارد و کشاورزان منطقه با روش‌های آبیاری تحت‌فشار تا حدودی آشنا هستند، این معیار جایگاه ویژه‌ای را در بین معیارهای دیگر دارا می‌باشد. نیاز منطقه‌ای به محصولات الگوی کشت، با وزن ۵/۶٪ در بین معیارها اولویت هفتم را داراست. با توجه به وجود دامداری‌های متعدد و نیاز منطقه به کشت محصولاتی از قبیل یونجه و ذرت علوفه‌ای، این معیار نیز دارای ارزش خاص خود می‌باشد. قیمت واحد محصول با وزن ۵/۴٪ در بین معیارها اولویت هشتم را داراست. در منطقه مورد مطالعه محصولاتی که ارزش ریالی بالاتری دارند بیشتر کشت می‌شوند. این امر در بعضی موارد باعث تولید مازاد بر نیاز و افت قیمت می‌شود. به‌عنوان مثال چنانچه یک محصول در یک سال قیمت بالایی داشته باشد، کشاورزان به کشت آن محصول رغبت بیشتری نشان داده که در نتیجه تولید بیشتر از تقاضا شده و قیمت‌ها افت خواهد نمود. در سال بعد کشت این محصول را کاهش می‌دهند و دوباره افزایش قیمت به وقوع می‌پیوندد. در نتیجه کشت گیاهانی که ثبات قیمتی ندارند، در الگوی کشت اولویت پایین‌تری خواهند داشت. تبخیروتعرق گیاهی و میزان بارندگی در منطقه نیز هر کدام به ترتیب با وزن ۱/۸٪ و ۱/۴ ٪ در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

۳-۲- تعیین ضریب اهمیت گزینه‌ها

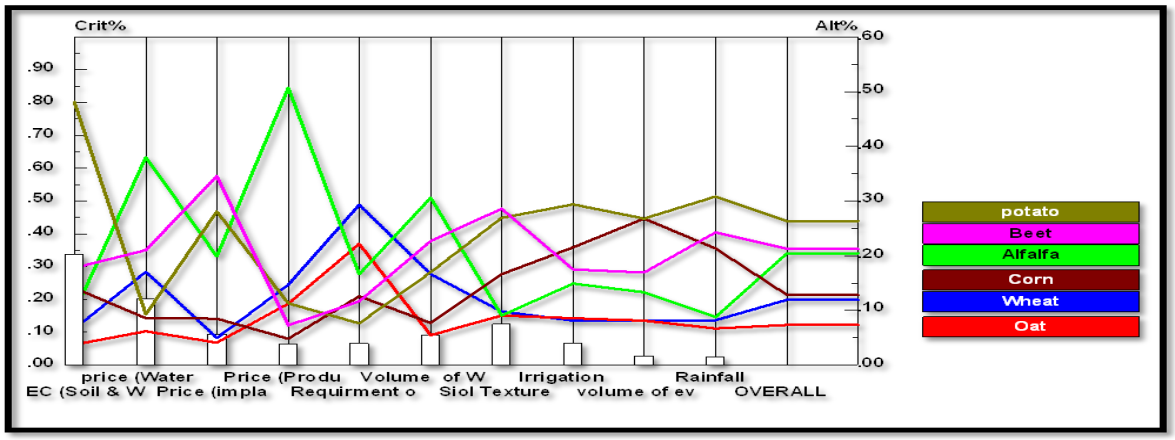
نتایج رتبه‌بندی گزینه‌های محصولات الگوی کشت و اولویت‌بندی آنها در شکل (۴) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل AHP، اولویت حساسیت کشت محصولات را نسبت به پساب در منطقه به ترتیب سیب‌زمینی با ۲۶/۳٪، چغندرقند با ۲۱/۲٪، یونجه با ۲۰/۴ ٪، ذرت با ۱۲/۸٪، گندم با ۱۲٪ و جو با ۷/۳٪ تعیین می‌نماید. از این‌رو اولویت کشت محصول برای تعیین الگوی کشت بهینه به ترتیب اولویت اول: جو؛ اولویت دوم: گندم؛ اولویت سوم: ذرت؛ اولویت چهارم: یونجه؛ اولویت پنجم: چغندرقند؛ اولویت ششم: سیب‌زمین می‌باشد.



شکل ۴- نمودار تفکیک اوزان گزینه‌های الگوی کشت بهینه با استفاده از مدل AHP

Fig. 4 Separation diagram of optimum cropping pattern options using AHP model

همچنین نتایج حاصل از مدل به‌صورت یکپارچه و توأماً (گزینه‌ها و معیارها) در شکل (۵) نشان داده شده است. در این شکل معیارهای مؤثر بر نوع محصولات کشت (گزینه‌ها) روی محور افقی، وزن نهایی معیارها در تعیین الگوی کشت (که به صورت نمودار ستونی در شکل (۵) ارائه شده است) بر روی محور عمودی سمت چپ و وزن نهایی گزینه‌ها بر روی محور عمودی سمت راست نمایش داده شده است.



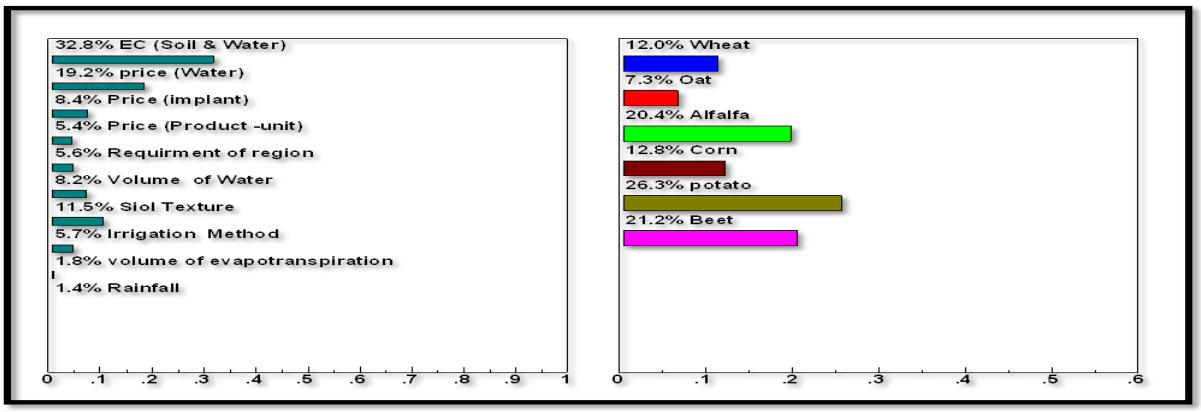
شکل ۵- وزن معیارها و اولویت محصولات الگوی کشت بهینه

Fig. 5 Weight of criteria and product priority of optimum cropping pattern

۳-۳- تحلیل حساسیت تغییر وزن معیارها

۳-۳-۱- تحلیل حساسیت دینامیک

در این تحلیل مطابق شکل (۶) نمودارهای میله‌ای افقی مشاهده می‌شود. با افزایش یا کاهش مقادیر باروگراف در محیط نرم‌افزار، تأثیر تغییرات معیارها بر رتبه‌بندی گزینه‌ها مشخص می‌شود. در ستون سمت چپ رتبه‌بندی بین معیارها دیده می‌شود که در مورد این پروژه، معیارهای ۱۰ گانه اشاره شده در بالا با وزن‌های مختلف دیده می‌شود.



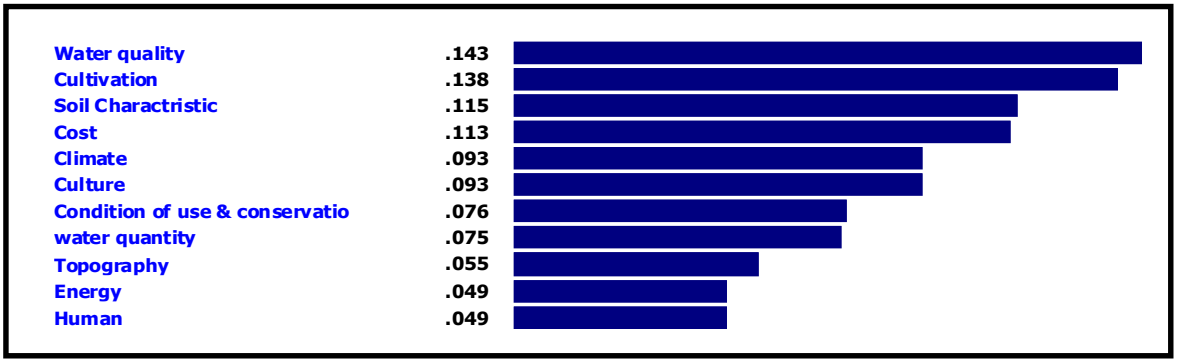
شکل ۶- نمودار تحلیل حساسیت دینامیک معیارها و گزینه‌های برای تعیین بهترین الگوی کشت

Fig. 6 Dynamic sensitivity analysis of criteria and options for determining the best crop pattern

۳-۳-۲-تعیین ضریب اهمیت معیارها

نتایج حاصل از اجرای مدل، در شکل (۷) ارائه شده است. همان‌طور که از شکل (۷) پیدا است، کیفیت آب در انتخاب بهترین سیستم آبیاری با وزن ۱۴/۳٪ بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. با توجه به استفاده از پساب در امر کشاورزی، معیار کیفیت آب آبیاری که به‌عنوان یک پارامتر زیست محیطی در نظر گرفته می‌شود، همیشه به‌عنوان یک پارامتر محدودکننده در نظر گرفته می‌شود. اولویت دوم در میان معیارها، نوع محصول می‌باشد که دارای وزن ۱۳/۸٪ می‌باشد. خصوصیات خاک نیز به‌عنوان معیار بعدی در انتخاب بهترین سیستم آبیاری با وزن ۱۱/۵٪ می‌باشد. معیار هزینه‌ها با وزن ۱۱/۳٪ چهارمین معیار از نظر اهمیت در انتخاب بهترین سیستم آبیاری در منطقه می‌باشد. باید توجه نمود که امروزه قیمت نهاده‌های کشاورزی مخصوصاً هزینه‌های بالای ادوات آبیاری می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در اقتصاد کشاورزی داشته باشد، از این رو معیار هزینه در انتخاب سیستم آبیاری برای کشاورزان دارای اهمیت می‌باشد. شرایط اقلیمی نیز در انتخاب بهترین سیستم آبیاری با وزن ۹/۳۴٪ در اولویت پنجم قرار دارد. زمینه‌های فرهنگی در منطقه مورد مطالعه با وزن ۹/۳۱ ٪ در اولویت ششم قرار دارد. با توجه به اینکه روش‌های آبیاری در منطقه نسبتاً توسعه خوبی دارد و کشاورزان منطقه با روش‌های آبیاری تحت فشار تا حدودی آشنا هستند این معیار جایگاه ویژه‌ای را در بین معیارهای دیگر دارا می‌باشد. وضعیت بهره‌برداری و نگهداری با وزن ۷/۶٪ در بین معیارها، اولویت هفتم را داراست. کمیت آب

آبیاری با وزن ۷/۵٪ در بین معیارها اولویت هشتم را داراست. در نهایت توپوگرافی، شرایط تأمین انرژی و وضعیت نیروی انسانی نیز در منطقه هر کدام به ترتیب با وزنهای ۵/۵٪، ۴/۹۵٪ و ۴/۵۰ ٪ در اولویت‌های بعدی قرار دارند.



شکل ۷- نمودار تفکیک اوزان معیارهای انتخاب بهترین سیستم آبیاری با استفاده از مدل AHP

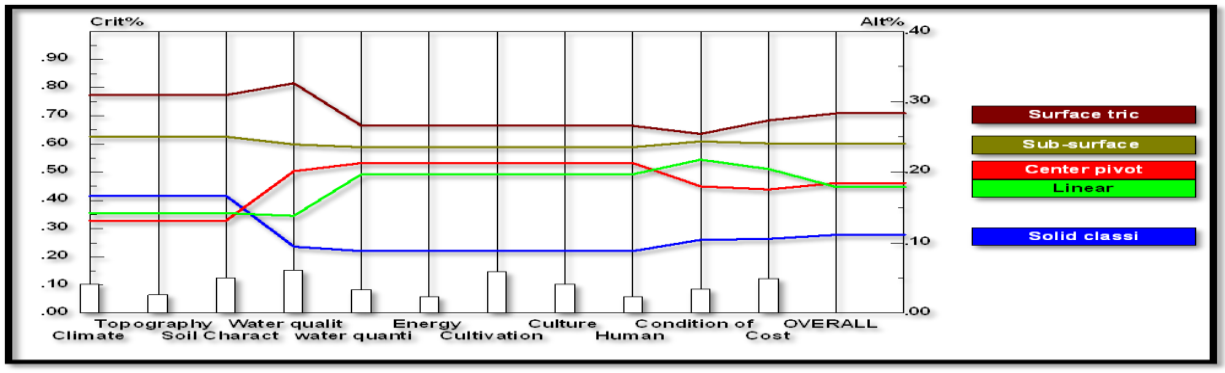
Fig. 7 Separation diagram of weights of criteria for selecting the best irrigation system using the AHP model

۳-۳-۳- ضریب اهمیت گزینه‌ها برای سیستم آبیاری

با توجه به ضرایب رتبه‌بندی، نتایج رتبه‌بندی گزینه‌های سیستم آبیاری و اولویت‌بندی آنها در شکل (۸) ارائه شده است. شکل (۸) نشان می‌دهد که مدل AHP، اولویت سیستم‌های مختلف آبیاری را نسبت به پساب در منطقه به ترتیب سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی با ۲۸/۴٪، سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با ۲۴/۱٪، سیستم آب-فشان دوار (سنتر پیوت) با ۱۸/۵٪، سیستم آب‌فشان خطی (لینیر) با ۱۷/۹٪ و سیستم کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک با ۱۱/۱٪ تعیین می‌نماید.

شکل ۸- نمودار تفکیک اوزان گزینه‌های انتخاب بهترین سیستم آبیاری با استفاده از مدل AHP

Fig. 8 Weighting diagram of the selection of the best irrigation systems using the AHP model



شکل ۹- وزن معیارها و اولویت سیستم‌های آبیاری تحت فشار

Fig. 9 Weight of criteria and priority of pressurized irrigation systems

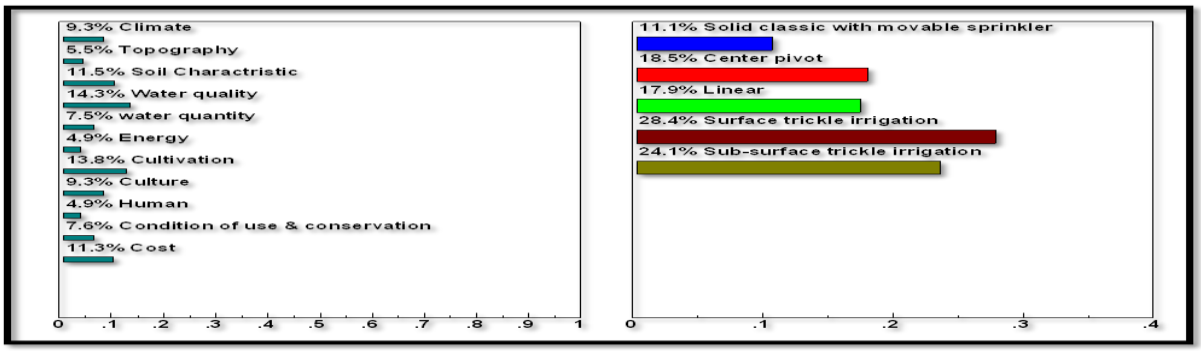
همچنین نتایج حاصل از مدل به‌صورت یکپارچه و توأماً (گزینه‌ها و معیارها) در شکل(۹) نشان داده شده است. در این شکل معیارهای مؤثر بر سیستم‌های مختلف آبیاری (گزینه‌ها) روی محور افقی، وزن نهایی معیارها در انتخاب بهترین سیستم آبیاری (که به صورت نمودار ستونی در شکل ارائه شده است) بر روی محور عمودی سمت چپ و

وزن نهایی گزینه‌ها بر روی محور عمودی سمت راست نمایش داده شده است.

۳-۴-تحلیل حساسیت نسبت به تغییر وزن معیارها

۳-۴-۱- تحلیل حساسیت دینامیک

در شکل (۱۰) با تحلیل نمودارهای میله‌ای افقی مشاهده می‌شود که با افزایش یا کاهش مقادیر باروگراف در محیط نرم‌افزار تأثیر تغییرات معیارها بر رتبه‌بندی گزینه‌ها مشاهده می‌شود. در ستون سمت چپ رتبه‌بندی بین معیارها دیده می‌شود که در زیر مدل دوم معیارهای ۱۱ گانه با وزن‌های مختلف دیده می‌شود. آنچه که در قسمت امتیازدهی به سیستم‌های مختلف آبیاری برای تعیین درجه تأثیر جزئیات هر پارامتر در خصوص انتخاب سیستم مناسب عنوان شد در واقع الگو و راهنمایی است که امکان بررسی کمی شرایط مختلف یک طرح مطالعاتی را از دیدگاه فنی، اجتماعی و اقتصادی فراهم نموده و به کمک آن سیستم آبیاری مناسب انتخاب می‌شود.



شکل ۱۰- تحلیل حساسیت دینامیک معیارها و گزینه‌های برای انتخاب بهترین سیستم آبیاری

Fig. 10 Dynamic sensitivity analysis criteria and options for selecting the best irrigation system

۴- نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق بررسی کیفیت پساب فاضلاب شهر اراک به‌منظور استفاده آن در کشاورزی، تعیین الگوی کشت و روش آبیاری مناسب با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) است. نتایج این تحقیق نشان داد:

۱- از نظر شیمیایی کاربرد پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اراک در کشاورزی از نظر پارامترهای مورد بررسی محدودیت ندارد. از نظر میکروبی با توجه به اینکه محصولاتی که با پساب آبیاری خواهد شد محصولات علوفه‌ای یا محصولاتی هستند که به صورت خام به مصرف انسان نمی‌رسند، امکان انتقال باکتری‌های بیماری‌زا ضعیف است.

۲- بیشترین عامل محدودکننده برای تعیین الگوی کشت هدایت الکتریکی آب و خاک و سپس هزینه آب است که بالاترین درصد وزن نسبی به آنها اختصاص داده شده است.

۳- در انتخاب بهترین سیستم آبیاری، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی، بالاترین وزن نسبی را به خود اختصاص دادند.

توصیه می‌شود تحقیقاتی روی عناصر موجود در محصولات برداشت شده با پساب به صورت جامع و دقیق انجام و نتایج در اختیار بهره‌برداران و مسئولین قرار گیرد. لازم است استفاده مجدد برنامه‌ریزی شده به صورت مدبرانه همراه با کنترل کیفی در مرحله تصفیه فاضلاب انجام شود.

Referances

Alaton I. A., Tanik A., Ovez S., Iskender G., Gure M. and Orhon D. (2007). Reuse potential of urban wastewater treatment plant effluents in Turkey: a case study on selected plants. Desal., 215(1),159-165.

Alizadeh A. (2001). Using reclaimed municipal wastewater for irrigation of corn. international workshop on wastewater reuse management. ICID-CIID. Seoul. Korea, 147-154.

Almas A. A. M. and Scholz M. (2007). Potential for wastewater reuse in irrigation: case study from Aden (Yemen). Int. J. Environ. Studies, 63(2), 131-142.

Amjad M., Salimi Saboor S. and Maghsoodloo B. (2006). Study the opportunities of reusing municipal wastewater of the city of Yazd. 9th National Congress on Environmental Health. Isfahan [In Persian].

Asadpour H., Khalilian C. and Paikani Gh. (2005). Theory and application of fuzzy ideal linear programming model in optimization of cropping pattern. Agri. Eco. Develop., SI (Product. Effic.), 13, 307-328 [In Persian].

Hussain I., Zakir H., Sial M. H., Waqar A. and Hussain M. F. (2007). Optimal cropping pattern and water productivity: A case of Punjab canal. J. Agron., 6, 526-533.

Mohammadian F., Shahnoushi N., Ghorbani M. and Aghel H. (2009). Choosing a potential crop pattern by using AHP analysis model (Case Study: Torbat-e-Jam Plain). Sustain. Agri. Sci., 1(19), 171-187 [In Persian].

Montazar A. and Behbahani S. M. (2007). Development of an optimised irrigation system selection model using analytical hierarchy process. J. Biosys. Eng., 97, 125-137 [In Persian].

Nasseri S., Sadeghi T., Vaezi F. and Nadafi K. (2012). Quality of Ardabil wastewater treatment plant effluent for reuse in agriculture. J. Health, 3(3), 73-80 [In Persian].

Okada H., Styles S. W. and Grismer M. E. (2008). Application of the analytic hierarchy process to irrigation project improvement: Part II. How professionals evaluate an irrigation project for its improvement. Agri. Water Manage., 95, 205 – 210.

Shabani M. K. (2006). Optimal water management and cropping pattern in droudzan irrigation and drainage network using geographic information system (GIS). Master Dissertation in Irrigation and Drainage, Shiraz University [In Persian].

Srdjevic B. and Jandric Z. (2010). Analytic hierarchy process in selecting the best irrigation method. Agri. Sys., 103(6), 350-358.

Yang H. and Abbaspour K. (2007). Analysis of wastewater reuses potential in Beijing. Desal., 212, 238-250.

Assessing the Crop Pattern and the Optimized Irrigation Methods Using AHP Method for Municipal Wastewater Usage in Arak, Iran

Amir Moradinejad*

Assist. Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran

*Corresponding author: amir_24619@yahoo.com

Original Paper
Received: November 17, 2018 **Revised:** May 14, 2019 **Accepted:** May 22, 2019

Abstract

Nowadays, the problem of water scarcity and wastewater treatment and reuse has made the proper crop cultivation pattern and irrigation method as the most important alternative in developing water resources management and could play a crucial role in meeting the water scarcity issues. The purpose of this study was to evaluate the quality of wastewater from Arak city wastewater treatment plant in order to use in agriculture and to determine the pattern of cultivation and appropriate irrigation method using AHP process. Development of model had two sub-models. The purpose of the first model was to determine optimal crop pattern at the irrigation network level and the purpose of the second model was to select the most appropriate method for irrigation using wastewater. In this descriptive cross-sectional study, wastewater sampling of the Arak wastewater treatment plant was conducted to determine the quality parameters of effluent and comparing them with the standard values. The mean COD, BOD_5 and DO parameters were 49.65, 23.26 and 1.93 mg/l respectively; the mean concentration of cadmium, copper, and lead was 0.0564, 0.08, and 0.0512 mg/l, which compliance with the standards set by Iran Environmental Protection Agency for wastewater reuse in agriculture. Total and fecal coliforms of the effluent were 877.882 and 379.558 per 100 ml. The mean number of parasite eggs was 0.52 per liter; hence, it is not recommended for agricultural irrigation. Therefore, the most limiting factor for determining the cultivation pattern is water and soil electrical conductivity followed by water cost, for which the highest Result showed that apart from total and focal coliforms, there is no limitation for re-use of the effluent in agricultural irrigation. In addition, the most limiting factor was determining the pattern of cultivation, the electrical conductivity of water and soil, followed by the cost of water, which had the highest relative weight percentage. In selecting the best irrigation systems, drip irrigation systems, surface and subsurface drip had the highest relative weight, respectively.

Keywords: Agriculture; Analytical Hierarchy Process; Farahan Plain; Water quality; Wastewater.