یادداشت فنی

بررسی موردی انتخاب محل و نوع تصفیه‌خانه آب به‌روش AHP

آرش شاه‌منصوری[۱] محمد سلمان صباحی[۲] رضا رضایی آدریانی[۳]
علی لطفی[۴] احمد خدادادی دربان[۵]

(دریافت ۸۹/۱/۳۰ آخرین اصلاحات دریافتی ۹۰/۱۲/۱ پذیرش ۹۰/۱۲/۳)

چکیده

عوامل متعددی در انتخاب محل تصفیه‌خانه آب و فاضلاب تأثیرگذارند. هر کدام از این عوامل به شرایط محل بستگی داشته و بار وزنی متفاوتی در روند تصمیم‌گیری خواهند داشت. هدف از این تحقیق بررسی کاربرد روش آنالیز سلسله مراتبی به‌منظور انتخاب نوع و مکان تصفیه‌خانه آب بود. در مرحله نخست دو گزینه که شامل ساخت تصفیه‌خانه در یک نقطه و یا ساخت تصفیه‌خانه‌های محلی در چندین نقطه بود، مورد ارزیابی قرار گرفت. گزینه‌ها بر اساس میزان مطلوبیت با چهار پارامتر ارزشیابی شدند که نتایج، تصفیه‌خانه متمرکز را به‌عنوان گزینه مطلوب‌تر معرفی کرد. در مرحله دوم، تعیین محل تصفیه‌خانه با در نظر گرفتن چهارده گزینه برای مکان‌های متفاوت انجام شد. به دلیل اهمیت اقتصادی این انتخاب، شاخصی به‌نام شاخص ارزش معرفی گردید و برای مکان‌های منتخب مورد محاسبه قرار گرفت و گزینه نهایی بر اساس این شاخص انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: تصفیه‌خانه آب، انتخاب محل تصفیه‌خانه، روش AHP، شاخص ارزش

The Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in the Selection of Type and Location of Water Treatment Plant

Arash Shahmansouri [1] *Mohammad Salman Sabahi [2]* *Reza Rezaei Adryani [3]*
Ali Lotfi [4] *Ahmad Khodadadi Darban [5]*

(Received Apr. 19, 2010 Revised Feb. 20, 2012 Accepted Feb. 22, 2012)

Abstract

Several factors affect the selection of water and wastewater treatment plants' location. Each factor, depends on the site situation, has different weight in decision making process. The object of this study was to investigate the application of analytic hierarchy process (AHP) in the selection of type and location of water treatment plant. In the first step of the study, two alternatives, including building a centralized treatment plant and domestic plants for different places, were assessed. Alternatives were ranked with four parameters from their preference point of view. Results suggested that the centralized water treatment plant was the more preferred choice. In the second step, selection of the plant location was performed using fourteen parameters for different locations. Because of the importance of economic issues in site selection, an index named "value index" was defined and calculated for each location. The final decision was made based on this index.

Keywords: Water Treatment, Site Selection Plant, AHP Method, Value Index.

۱- دانشجوی دکترای مهندسی عمران- محیط زیست، دانشگاه کلارکسون (نویسنده مسئول)
(۰۳۱۱) ۶۶۸۳۵۶۷ arash.shahmansouri@gmail.com
۲- دانشجوی دکترای مهندسی عمران - محیط زیست، دانشگاه تهران و عضو کمیته ملی آبیاری و زهکشی وزارت نیرو
۳- مدیر عامل شرکت آب منطقه‌ای ایلام
۴- مدیر عامل شرکت جامع‌کار سپاهان، اصفهان
۵- دانشیار گروه عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

1. Ph.D. Student of Civil and Environmental Eng., Clarkson University, New York (Corresponding Author) (+98 311) 6683567 arash.shahmansouri@gmail.com
2. Ph.D. Student of Civil and Environmental Eng., Tehran University and Member of Irrigation and Drainage Committee, Ministry of Energy, Tehran
3. Managing Director of Regional Water Co., Ilam
4. Managing Director of Jame-Kare Sepahan, Isfahan
5. Assoc. Prof. of Civil Eng., Tarbiat Modares University, Tehran

۱- مقدمه

مکان‌یابی از جمله مسائلی است که به‌دلیل معیارهای اقتصادی و رشد جمعیت برای بهینه کردن محل پروژه صورت می‌گیرد. از جمله پروژه‌های مکان‌یابی، پروژه‌هایی است که در زمینه پیدا کردن محل مناسب برای دفن زباله انجام شده است. به‌عنوان مثال سنر و همکاران[1] در سال ۲۰۰۶ با استفاده از روند سلسله‌مراتبی تحلیلی[2] و نرم‌افزار GIS گزینه‌های مختلف محل دفن مواد زائد را بررسی کرده‌اند[۱]. ماهلر[3] و دیلما[4] در سال ۲۰۰۳ با استفاده از منطق فازی و آنالیز، ارزش گزینه‌های مناسب برای محل دفن بهداشتی مورد بررسی قرار داده‌اند[۲]. در زمینه انتخاب مکان مناسب برای تصفیه‌خانه آب به‌وسیله مقایسه ارزش معیارهای موجود تاکنون تحقیقات زیادی صورت نگرفته است. این تحقیق به بررسی محل مناسب برای تصفیه‌خانه آب می‌پردازد.

یکی از مسائلی که در مورد تصفیه‌خانه‌های آب به‌خصوص در مواردی که گستردگی طرح زیاد است، کمتر مورد توجه قرار گرفته است، پراکندگی و تعدد تصفیه‌خانه‌ها است. با توجه به تغییرات کیفی آب در مسیر انتقال به نقاط مصرف، در طرحهایی که نقاط مصرف پراکنده هستند، بحث در مورد انتخاب یک تصفیه‌خانه به‌صورت متمرکز یا احداث واحد پیش‌تصفیه به‌همراه چندین واحد تصفیه تکمیلی مناسب است.

از آنجا که در انتخاب گزینه مناسب در دو مرحله انتخاب نوع و انتخاب مکان تصفیه‌خانه، گزینه‌های مختلفی وجود دارد، مسئله حاضر به نوعی تصمیم‌گیری چندشاخصه[5] و یا تصمیم‌گیری چندمعیاره[6] خواهد بود. بنابراین در این تحقیق برای انتخاب گزینه‌های مناسب از روش AHP استفاده شد و روش تصمیم‌گیری چندشاخصه به‌منظور امتیازدهی و نهایتاً انتخاب گزینه‌های مطلوب به‌کار رفت. روش AHP روشی است که امکان بررسی اقتصادی و غیراقتصادی و کمّی - کیفی گزینه‌ها را فراهم می‌کند[۳]. با استفاده از AHP وزن‌دهی‌های مختلف به عناصر به یک وزن نهایی تبدیل شده که بر اساس آن تصمیم‌گیری صورت می‌گیرد.

۲- ابزارها و روش مورد استفاده

روش وزن‌دهی فاکتورهای تصمیم‌گیری در مورد مکان احداث تصفیه‌خانه آب و همچنین نوع تصفیه‌خانه، روش مقایسه‌ای دو به دو[7] خواهد بود[۴]. مراحل زیر بیانگر روند به‌کار رفته در روش AHP است[۵].

۲-۱- مرحله اول: تشکیل ماتریس جفتی مقایسه‌ای

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \vdots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, n \qquad (۱)$$

در ماتریس زوجی اهمیت عناصر بر هم به این صورت است که عدد ۱ برای زمانی که اهمیت عنصر A و B یکسان باشد، عدد ۳ در مواقعی که عنصر A بر B ارجح باشد، عدد ۵ برای زمانی که ارجحیت عنصر A بر B زیاد باشد، عدد ۷ برای ارجحیت خیلی زیاد A بر B و ۹ برای ارجحیت بسیار زیاد A بر B به‌کار می‌رود.

۲-۲- مرحله دوم: نرمال کردن ماتریس تصمیم‌گیری

در این حالت هر عدد بر جمع مقادیر ستون مربوطه تقسیم می‌شود. سپس مقدار متوسط سطرها محاسبه شده و به‌این صورت وزن‌های مورد نظر تصمیم‌گیرنده به‌دست می‌آید. به‌این ترتیب دستگاه A با n عدد وزنی w_1 تا w_n به‌دست می‌آید.

۲-۳- مرحله سوم: انجام آنالیز سازگاری

$$A \times w_i = \lambda_{max} \times w_i \quad i = 1, 2, \dots, n \qquad (۲)$$

و شاخص سازگاری از رابطه زیر به‌دست می‌آید

$$CI = \frac{\lambda_{max} - 1}{n - 1} \qquad (۳)$$

که در این روابط

A ماتریس جفتی مقایسه‌ای، λ_{max} مقدار ویژه اصلی، w_i مقادیر وزنی و n تعداد گزینه‌های مقایسه شده است.

۳- معرفی مکان طرح

هدف پروژه، تأمین آب دراز مدت برای ۲ شهر، ۴۴ روستا و تعدادی از صنایع برای قسمتی از استان ایلام بود. دبی آب خام ورودی به تصفیه‌خانه برابر ۹۵۱ لیتر در ثانیه بود. آبگیری توسط یک کانال که از آب دریاچه سد کرخه تغذیه می‌شد، انجام گردید. طول خط لوله انتقال آب از ابتدا تا انتهای پروژه در حدود ۷۰ کیلومتر بود.

۴- روش کار

تصمیم‌گیری در این طرح در دو گام مجزا انجام شد:

۴-۱- گام اول

در گام اول به شناخت خصوصیات و شاخصهای تحقیق پرداخته شد

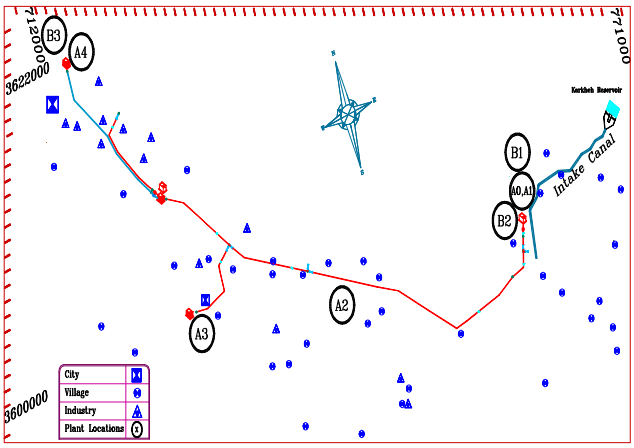
---

[1] Sener et al.
[2] Analytic Hierarchy Process (AHP)
[3] Mahler
[4] Delima
[5] Multi Attributes Decision Making
[6] Multi Criteria Decision Making
[7] Pair wise Comparisons

که می‌تواند با کیفیت آب در ارتباط باشد. شاخصهای متفاوت در طرح حاضر شامل گستردگی جغرافیایی نقاط مصرف و وجود صنایع به‌عنوان گروهی از مصرف‌کنندگان آب بود. تأثیر گستردگی جغرافیایی بر مسائل کیفی، شامل تغییر در کیفیت آب در انتقال به نقاط دوردست و تأثیر بر چگونگی راهبری با توجه به تنوع فرایند در صورت احداث تصفیه‌خانه‌های پراکنده به‌صورت تصفیه‌خانه‌های کوچک، متوسط و بزرگ در نقاط مختلف طرح است. با توجه به این موارد، گزینه‌های پیشنهاد شده در گام اول بر ایجاد تصفیه‌خانه‌هایی به‌صورت پراکنده و یا ایجاد یک تصفیه خانه به‌شکل متمرکز بود.

۴-۱-۱- بررسی گزینه ها

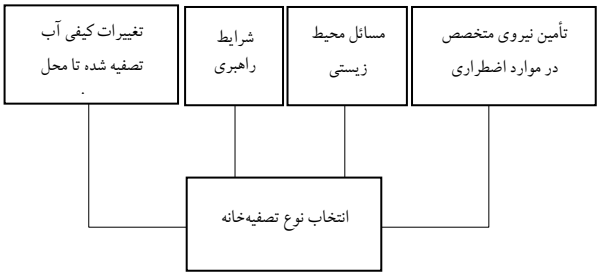
گزینه اول، اجرای تصفیه‌خانه آب در یک محل به‌صورت متمرکز است و گزینه دوم، اجرای یک تصفیه‌خانه متمرکز به‌منظور پیش‌تصفیه و ۴ تصفیه‌خانه پراکنده به‌منظور تصفیه تکمیلی است(گزینه‌های A_0 تا A_4 در شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت گزینه‌ها و نقاط مصرف شهری، روستایی و صنعتی در مسیر طرح

۴-۱-۲- بررسی و بحث پارامترها

برای انتخاب نوع تصفیه‌خانه، چندین پارامتر در نظر گرفته شده که در شکل ۲ آمده است.



شکل ۲- عوامل مؤثر در انتخاب نوع تصفیه‌خانه

الف- تغییرات کیفی آب تصفیه شده تا محل مصرف

زمان طولانی انتقال باعث رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های بعضاً بی‌خطر در لوله می‌شود. این میکروارگانیسم‌ها باعث ایجاد طعم و بو در آب می‌شوند. به همین دلیل پیشنهاد می‌شود انتقال آب تصفیه شده در کمترین مساحت ممکن انجام گیرد. گزینه دوم در این مورد دارای مزیت بیشتری نسبت به گزینه اول است.

ب- شرایط راهبری

بررسی فرایندهای لازم در مورد دو گزینه نشان می‌دهد که از اشکالات احداث تصفیه‌خانه به‌صورت پراکنده، متنوع بودن نوع فیلتراسیون مستقر در سه نوع تصفیه‌خانه مورد نیاز مجتمع‌های روستایی و شهرهای واقع در طرح (تصفیه‌خانه‌های کوچک، متوسط و بزرگ) است.

ج- مسائل محیط زیستی

مسائل محیط زیستی مرتبط شامل دفع پساب و ایمنی محل تصفیه‌خانه است. با بررسی گزینه‌ها مشخص می‌شود که دفع پساب تصفیه‌خانه (لجن و آب همراه با مواد شیمیایی) و عوارض احتمالی گاز کلر در صورت اجرای متمرکز تصفیه‌خانه مشکلات کمتری را ایجاد خواهد کرد.

د- تأمین نیروی متخصص در موارد اضطراری

با توجه به فاصله محل آبگیری تا شهرهای طرح، در صورت اجرای گزینه متمرکز در نزدیکی محل آبگیری، تأمین نیروهای متخصص دارای مشکلاتی است. با این حال، در صورت نزدیک بودن محل تصفیه‌خانه به محل آبگیر، نیروهای متخصص می‌توانند از دو استان مجاور طرح انجام شود. نزدیکی دو تصفیه‌خانه به شهرهای طرح از مزیتهای گزینه پراکنده محسوب می‌شود.

۴-۱-۳- آنالیز گزینه‌ها

در تحلیل گزینه‌ها، در ابتدا با روش AHP ارزش پارامترها نسبت به یکدیگر نرمال شد (جدول ۱). ضریب ناهمگونی در این قسمت برابر ۰/۰۲ است. در ادامه گزینه اول و دوم، با در نظر گرفتن هر یک از پارامترهای نرمال شده، مقایسه شدند. با توجه به جدول ۲ ملاحظه می‌شود که گزینه احداث تصفیه‌خانه متمرکز دارای امتیاز بیشتری است.

جدول ۱- پارامترهای مؤثر در آنالیز تعدد تصفیه‌خانه‌ها و ارزش نرمال شده هر پارامتر

پارامتر	ارزش نرمال شده
تغییرات کیفی آب تصفیه شده تا محل مصرف	۰/۴۶۹
شرایط راهبری	۰/۱۶۶
مسائل محیط زیستی	۰/۲۹۷
تأمین نیروی متخصص در موارد اضطراری	۰/۰۶۸
ضریب ناهمگونی	۰/۰۲

جدول ۲- امتیاز گزینه‌ها در آنالیز تعدد تصفیه‌خانه‌ها

گزینه	امتیاز هر گزینه
تصفیه‌خانه متمرکز	۰/۵۳۶
تصفیه‌خانه پراکنده	۰/۴۶۴

۴-۲-گام دوم

در گام دوم با توجه به انتخاب نوع تصفیه‌خانه به‌صورت متمرکز، انتخاب محل تصفیه‌خانه با در نظر گرفتن سه گزینه و با توجه به چهارده پارامتر کیفی تأثیرگذار و بررسی شاخص ارزش هر یک از سه گزینه انجام شد و بررسی کیفی و اقتصادی گزینه‌ها به‌کمک روش AHP صورت گرفت.

۴-۲-۱- انتخاب گزینه‌ها

در ارزیابی اولیه با استفاده از تکنیک رد یا قبول[1]، تعداد ۵ گزینه انتخاب شد. در مرحله دوم ارزیابی، پس از مشاهدات و بررسی مطالعات پایه طرح، با ترکیب و تعدیل گزینه‌ها و پس از تجزیه و تحلیل نهایی، سه گزینه نهایی به‌شرح زیر طرح شد (گزینه‌های B_1 تا B_3، شکل ۱).

الف- گزینه اول (B_1)

در این گزینه محل احداث تصفیه‌خانه، ارتفاعات بالادست محل آبگیر است. در این گزینه، آب در مسیری به طول ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ متر تا محل تصفیه‌خانه در کد ارتفاعی ۱۹۲ متر پمپاژ می‌شود. امکان انتقال ثقلی آب به مخازن تعداد محدودی از روستاها در این گزینه ممکن است.

ب- گزینه دوم (B_2)

محل احداث تصفیه‌خانه در این گزینه، پایین دست محل آبگیر است. آب پس از طی مسافت ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر به تصفیه‌خانه وارد شده و کد ارتفاعی آب در مخزن آب پاک ۱۶۰ متر است. شیب زمین در جهت ساخت تصفیه‌خانه است. امکان انتقال ثقلی آب به مخازن روستایی ممکن نیست.

ج- گزینه سوم(B_3)

محل احداث تصفیه‌خانه در محل مخزن بزرگ‌ترین شهر طرح است که فاصله این شهر تا محل آبگیری در حدود ۶۰ کیلومتر است. در این گزینه میزان تغییرات کیفی آب تا محل مصرف گروه زیادی از مصرف‌کنندگان کمتر خواهد بود.

۴-۲-۲- مهم‌ترین شاخصهای مؤثر

چهارده شاخص مؤثر در انتخاب محل تصفیه‌خانه به‌صورت زیر تعیین شد(شکل ۳):

الف- زمین‌شناسی محدوده

گزینه‌های مطرح شده B_1 تا B_3 اختلافاتی در زمین‌شناسی و جنس خاک منطقه دارند که می‌تواند بر تصمیم‌گیری محل تصفیه‌خانه تأثیرگذار باشد. گزینه‌های B_1 و B_3 دارای خصوصیات زمین‌شناسی مناسب‌تر هستند.

ب- کیفیت آب خام ورودی به تصفیه‌خانه

از لحاظ کیفیت آب خام ورودی به تصفیه‌خانه، گزینه‌های B_1 و B_2 با توجه به فاصله یکسان از محل آبگیری دارای اختلافی نیستند. در گزینه B_3 تغییر کیفیت آب خام در مسیر انتقال آب خام تا محل تصفیه‌خانه وجود دارد.

ج- تغییرات کیفی آب تصفیه شده تا محل مصرف

با توجه به فاصله مخزن آب پاک تصفیه‌خانه تا محلهای مصرف در بین گزینه‌های مورد بررسی، گزینه B_3 دارای مزیت بیشتری است و گزینه‌های B_1 و B_2 همانند یکدیگر هستند.

د- شرایط راهبری و تأمین نیروی متخصص در موارد اضطراری

تأمین نیروی متخصص در گزینه B_3 سهولت بیشتری دارد. با این‌حال در گزینه‌های B_1 و B_2 امکان تأمین نیروی متخصص در موارد اضطراری از دو استان همجوار وجود دارد.

ه- مسائل محیط زیستی

امکان دفع پساب تصفیه‌خانه (لجن و آب همراه با مواد شیمیایی) و عوارض احتمالی گاز کلر، در نقاط دور از مناطق مسکونی، هم به لحاظ فنی و اجرایی ساده‌تر و هم از نظر هزینه ارزان‌تر است. در این مورد گزینه‌های B_1 و B_2 به‌دلیل موقعیت تصفیه‌خانه دارای شرایط بهتری نسبت به گزینه B_3 است. امکان دفع پساب با توجه به شرایط توپوگرافی و نزدیکی به آبهای سطحی در گزینه B_2 نسبت به گزینه B_1 بهتر است.

و- خطر عوامل طبیعی

احتمال وقوع سیل و زلزله در گزینه‌های مختلف یکسان است.

ض- زمین برای توسعه و تغییر کاربری زمین

در گزینه B_2 وجود زمین‌های کشاورزی، در گزینه اول کوهستانی بودن منطقه و در گزینه B_3 نزدیکی به شهر دهلران، امکان ایجاد اشکال در توسعه تصفیه را به‌وجود می‌آورد. با توجه به اینکه کاربری زمین در گزینه B_2 در حال حاضر کشاورزی است، این گزینه از مطلوبیت کمتری در مورد تغییر کاربری زمین برخوردار است. با بررسی‌های به عمل آمده، به ترتیب گزینه‌های B_1، B_3 و B_2 از این نظر دارای اولویت هستند.

[1] Pass/Fail

ح- امکان تصرف زمین

جدا از مسائل اقتصادی که در تعیین شاخص ارزش لحاظ شده‌اند. گزینه‌ها در این مورد تفاوتی ندارند.

ط- توپوگرافی زمین تصفیه‌خانه

به‌دلیل داشتن اختلاف ارتفاع کافی بین ابتدا و انتهای زمین تصفیه‌خانه، گزینه‌ها وضعیت یکسانی وجود دارند. در گزینه B_1 و B_3 تأمین آب تصفیه‌خانه مستلزم پمپاژ آب تا محل احداث این واحد است اما شرایط توپوگرافی مناسب است.

ی- راههای دسترسی

در گزینه B_2 احداث مسیر به طول کمتر از ۱۰۰۰ متر لازم است. در این گزینه، احداث راه در مسیری تقریباً هموار انجام می‌شود و مشکلات اجرایی نسبت به گزینه اول کمتر است. در گزینه B_1 نیز احداث راه در طول بیشتر از ۱۰۰۰ متر لازم است. این مسیر دارای حالت کوهستانی بیشتری بوده و امکان مشکلات اجرایی در آن بیشتر است. اصلاح مسیر موجود دسترسی به کانال نیز در هر دو گزینه لازم است. در گزینه B_3، دسترسی به تصفیه‌خانه‌ها دارای مشکلات کمتری است اما مستلزم ساخت راههای دسترسی محلی است.

ک- منابع انرژی

با توجه به خطوط انتقال برق موجود در منطقه، از این لحاظ کلیه گزینه‌ها دارای امتیاز یکسانی هستند.

ل- سطح آب زیرزمینی

به‌لحاظ سطح آبهای زیرزمینی، کلیه گزینه‌های مختلف دارای شرایط یکسانی هستند.

م- امکان تأمین آب به مناطق بین راه

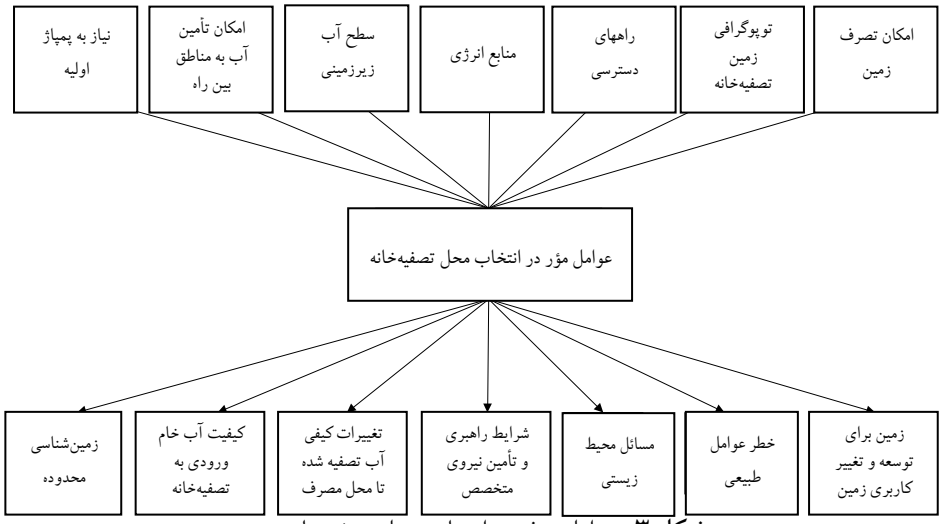
در صورت احداث تصفیه‌خانه در محل گزینه‌های B_1 و B_2، امکان تأمین آب مناطق بین راهی وجود دارد. همچنین در صورت تغییر نیاز آبی مناطقی از طرح می‌توان انشعابات لازم را احداث کرد. نکته دیگری که در این گزینه‌ها مناسب است، تأمین آب صنایع بین راه است. با توجه به امکان تغییر محل احداث صنایع پیش‌بینی شده، این گزینه‌ها دارای شرایط مطلوب‌تر و مناسب‌تر نسبت به گزینه B_3 هستند. در گزینه سوم تأمین آب مناطق بین راه مستلزم پمپاژ دوباره آب در خلاف جهت پمپاژ اولیه است.

ن- نیاز به پمپاژ اولیه

گزینه B_1 و B_3 نیاز به پمپاژ اولیه دارند. در این مورد، به ترتیب گزینه‌های B_2، B_1 و B_3 دارای اولویت هستند.

۴-۲-۳- تعیین مطلوبیت هر گزینه

در این مرحله، درصد اهمیت نرمال شده برای شاخصهایی که در گزینه‌های مختلف ارزش متفاوتی داشتند با نرم‌افزار EXPERT CHOICE مشخص شد و نمره‌دهی به این پارامترها پس از بحث در مورد هرکدام با در نظر گرفتن کلیه جوانب تأثیرگذار و با توجه به طرح حاضر صورت گرفت. درصد اهمیت شاخصهای کیفی مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. پس از تعیین بار وزنی و اهمیت شاخصها نسبت به یکدیگر، گزینه‌های مختلف محل تصفیه‌خانه در مورد هر پارامتر با نرم‌افزار، بررسی و نمره‌دهی شد و عدد به‌دست آمده به‌عنوان مطلوبیت گزینه، نام‌گذاری گردید که نشان‌دهنده مناسب بودن عملکرد هر گزینه از نظر شاخصهای کیفی مؤثر بود. مطلوبیت و مطلوبیت نرمال شده هر یک از گزینه‌ها در جدول ۴ آورده شده است. ضریب ناهمگونی کلی در ارزیابی تمامی گزینه‌ها با در نظر گرفتن ۹ پارامتر مؤثر بالا ۰/۰۳ بود. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، گزینه دوم دارای مطلوبیت نرمال بالاتری نسبت به سایر گزینه‌ها است.



شکل ۳- عوامل مؤثر در انتخاب محل تصفیه‌خانه

جدول ۳- ارزش نرمال شده پارامترها

پارامتر	ارزش نرمال شده
زمین‌شناسی	۰/۰۷۸
کیفیت آب خام ورودی به تصفیه‌خانه	۰/۰۲۵
تغییرات کیفی آب تصفیه شده تا محل مصرف	۰/۰۶۹
شرایط راهبری	۰/۱۱۵
مسائل محیط زیستی	۰/۲۲۰
زمین برای توسعه و تغییر کاربری زمین	۰/۱۹۷
راههای دسترسی	۰/۰۳۲
امکان تأمین آب به مناطق بین راه	۰/۲۴۴
نیاز به پمپاژ اولیه	۰/۰۱۹
ضریب ناهمگونی	۰/۰۴

جدول ۴- مطلوبیت نرمال شده گزینه‌ها

گزینه	امتیاز هر گزینه
گزینه اول B_1	۰/۳۶
گزینه دوم B_2	۰/۳۷۷
گزینه سوم B_3	۰/۲۶۴

۴-۲-۴- تعیین شاخص ارزش و انتخاب گزینه نهایی

به‌منظور وارد کردن هزینه طرح به‌عنوان یکی از پارامترهای تأثیرگذار در تصمیم‌گیری، ارزش‌گذاری نهایی هر گزینه با در نظر گرفتن شاخص ارزش انجام شد. شاخص ارزش عددی، بدون بعد است که امکان مرتب کردن کارکردها را می‌دهد. به‌طور کلی شاخص ارزش بزرگ‌تر از ۱، نشانهٔ ارزش خوب است و شاخص ارزش کوچک‌تر از ۱ می‌تواند نشانهٔ وجود کارکرد یا جزئی باشد که نیاز به اصلاح و تغییر دارد. تعریف این شاخص به‌صورت زیر است

$$\text{Value index} = \frac{\%I}{\%C} \qquad (۴)$$

که در این رابطه

Value index شاخص ارزش، I% اهمیت نسبی متوسط یکی از اجزا و C% هزینهٔ نسبی متوسط هریک از اجزا است. هزینه اجرای هر گزینه با توجه به پروژه‌های مشابه و در نظر گرفتن طرح اولیه مناسب به‌منظور واحدهای فرایندی، هزینه زمین، هزینه پمپاژ و هزینه عملیات خاکی هر گزینه انتخاب شد. برای تعیین هر یک از هزینه‌ها میانگین هزینه‌های برآورد شده توسط هفت نفر در نظر گرفته شد

$$\%C = \frac{(\%C_1 + \%C_2 + \cdots \%C_n)}{n} \qquad (۵)$$

که در این رابطه

$\%C_i$ برآورد هزینهٔ مصرف شده توسط تک تک اجزا و n تعداد اجزا است. در بین گزینه‌های با شاخص ارزش بالاتر از ۱، گزینه دوم دارای شاخص بزرگ‌تر است که نشان‌دهنده مناسب‌تر بودن این گزینه است (جدول ۵).

جدول ۵- شاخص ارزش گزینه‌های بررسی شده طرح

گزینه	گزینه اول	گزینه دوم	گزینه سوم
مطلوبیت نرمال (٪)	۳۶	۳۷/۷	۲۶/۴
هزینه نرمال (٪)	۳۱/۱	۳۱/۶	۳۷/۳
شاخص ارزش	۱/۱۶	۱/۱۹	۰/۷

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به گستردگی نقاط مصرف در این طرح، از روش AHP در دو مرحله به‌منظور انتخاب نوع (تعدد) و مکان تصفیه‌خانه استفاده شد. در مرحله اول به‌منظور یافتن متمرکز بودن یا پراکنده بودن تصفیه‌خانه از ۴ پارامتر استفاده شد که در نهایت گزینه احداث تصفیه‌خانه متمرکز پیشنهاد گردید. در مرحله بعدی به‌منظور یافتن مکان مناسب برای تصفیه خانه متمرکز ابتدا سه گزینه انتخاب شد و به‌منظور انتخاب گزینه نهایی از ۱۴ پارامتر تأثیرگذار استفاده و با ارزش‌گذاری توسط نرم‌افزار EXPERT CHOICE ارزش نرمال شده پارامترهای انتخابی محاسبه گردید. با توجه به اولویت گزینه‌ها در مورد پارامترهای مختلف، گزینه‌های مختلف، نمره‌دهی و گزینه مطلوب‌تر انتخاب شد. در انتها به‌دلیل تأثیر فاکتورهای اقتصادی، انتخاب مکان نهایی با بررسی شاخص ارزش گزینه‌های مختلف انجام شد.

۶- مراجع

1- Sener, B., Suzen, M.L., and Doyuran, V. (2006). "Landfill site selection by using geographic information systems." *J. of Environ. Geology*, 49, 376-388.

2- Mahler, C.F., and Sant'Anna De Lima, G. (2003). "Applying value analysis and fuzzy logic to select areas for installing waste fills." *J. of Environmental Monitoring and Assessment*, 84, 129-140.

3- Onut, S., and Soner, S. (2007). "Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment." *J. of Waste Management*, 28, 1552-1559.

4- Rangone, A. (1996). "An analytical hierarchy process framework for comparing the overall performance of manufacturing departments." *Int. J. of Operations and Production Management,* 16(8), 104-119.

5- Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill, New York.