

A study on application of analytic hierarchy process in selecting the most appropriate wastewater treatment for rural areas (Case Study Soleimani Village - Firoozeh)

B. Heidari

M.Sc. of Water and Wastewater Engineering, Institute of Higher Education Lamei Gorgani, Gorgan, Iran.

M. Mehdi-Nejad

* Associate Professor, Environmental Health Research Centre, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran. (Corresponding Author).

Email:hmNejad@yahoo.com

A.A. Najafpour

Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

A. Zafarzadeh

Assistant Professor, Environmental Health Research Centre, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran.

H. Elahi

M.Sc. of Environmental Engineering, Khorasan Razavi Rural Water & Wastewater Company, Mashhad, Iran.

RECEIVED: 10 April 2016

ACCEPTED: 7 June 2016

ABSTRACT

Background & Objective: The issues of environmental engineering, due to its technical, environmental, social and economic factors are complicated. So, it is difficult to determine which variables are more effective. The purpose of this study was to investigate the effective variables by using AHP and choose the best method of wastewater treatment (Soleimani Village).

Materials & Methods: This is a descriptive study with applying approach. By using AHP is the preferred choices were determined. This method was evaluated by using software Expert Choice. In this regard, after considering the factors affecting or affected by, 3 criteria and 15 sub-criteria, and then the analytic hierarchy process were used. Then, the wastewater treatment processes were prioritized. The processes are constructed wetland systems, rotating biological discs, extended aeration with floating Media and activated sludge. They were based on technical criteria, economic, efficient of treatment process, sub-criteria, weighting and prioritization.

Results: The results showed that weight scores of constructed wetland, rotary biological disc, extended aeration with floating Media and activated sludge were 0.36, 0.28, 0.2 and 0.15, respectively. Therefore, the treatment of choice in rural areas was constructed wetland treatment.

Conclusions: The results show economic criteria are more effective to make the final decision. By the way, the technical criteria were also considered (e.g., ease of operation and construction, etc.) It can be concluded that the wetland method is the best alternative for Soleimani village.

Keywords: Analytic hierarchy process, wastewater treatment, rural areas

► **Citation:** Heidari B, Mehdi Nejad M, Najafpour A.A, Zafarzadeh A, Elahi H. study on application of analytic hierarchy process in selecting the most appropriate wastewater treatment for rural areas (Case Study Soleimani Village - Firoozeh). *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2016;2 (1) :29-37.

کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی در انتخاب مناسب‌ترین فرآیند تصفیه فاضلاب برای مناطق روستایی (مطالعه موردی روستای سلیمانی - فیروزه)

چکیده

زمینه و هدف: تصمیم‌گیری در مسائل مهندسی محیط زیست به‌خاطر وجود عوامل فنی، زیست - محیطی، اجتماعی و اقتصادی بسیار کار پیچیده‌ای است و پیدا کردن مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار، یکی از دغدغه‌های پژوهشگران بوده است. استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، به‌طور گسترده‌ای به منظور انتخاب مهم‌ترین متغیرها در بهینه‌سازی روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب رو به افزایش است. لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی متغیرهای تأثیرگذار با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و انتخاب بهترین روش تصفیه فاضلاب (روستای سلیمانی) انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی - تحلیلی با رویکرد کاربردی در سال ۱۳۹۴ در روستای سلیمانی از توابع شهرستان فیروزه در استان خراسان رضوی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین گزینه برتر انجام شد. این روش با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice مورد ارزیابی قرار گرفت. در این راستا پس از در نظر گرفتن عوامل مؤثر و متأثر، ۳ معیار و ۱۵ زیرمعیار انتخاب و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، فرآیندهای تصفیه فاضلاب شامل لجن فعال، دیسک‌های بیولوژیکی چرخان، هوادهی با بستر گسترده و وتلند زیرسطحی اولویت‌بندی شد.

یافته‌ها: نتایج وزن‌دهی در روش‌های وتلند، دیسک‌های بیولوژیکی چرخان، هوادهی با بستر گسترده و لجن فعال به‌ترتیب ۰/۳۶، ۰/۲۸، ۰/۲ و ۰/۱۵ به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: در حال حاضر برای مناطق روستایی معیارها و محدودیت‌های اقتصادی، بیشترین تأثیر را بر روی تصمیم‌گیری نهایی دارند. از میان گزینه‌های مورد بررسی، روش وتلند زیرسطحی مناسب‌ترین روش تصفیه فاضلاب برای منطقه می‌باشد.

نوع مقاله: مقاله تحقیقی

کلیدواژه‌ها: تحلیل سلسله مراتبی، تصفیه فاضلاب، جوامع روستایی

بتول حیدری

کارشناس ارشد آب و فاضلاب، موسسه آموزش عالی لامعی گرگانی، گرگان، ایران.

محمدهادی مهدی‌نژاد

* دانشیار، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران. (نویسنده مسئول)
Email: hmnejad@yahoo.com

علی اصغر نجف‌پور

دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

علی ظفرزاده

استادیار، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران.

حجت الله الهی

کارشناس ارشد محیط زیست، شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان رضوی، مشهد، ایران.

◀ **استناد:** حیدری ب، مهدی‌نژاد م ه، نجف‌پور ع الف، ظفرزاده ع، الهی ح. کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی در انتخاب مناسب‌ترین فرآیند تصفیه فاضلاب برای مناطق روستایی (مطالعه موردی روستای سلیمانی - فیروزه). *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. بهار ۱۳۹۵؛ ۲(۱): ۲۹-۳۷.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۸

مقدمه

(۷). کریمی و همکاران (۲۰۱۱) انتخاب بهترین فرآیند تصفیه را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس فازی انجام دادند (۸). هادی‌پور و همکاران (۲۰۱۵) از روش تصمیم‌گیری چند معیاره (MACM) برای انتخاب بهترین روش برای استفاده مجدد از پساب استفاده کردند که بر اساس مطالعه آن‌ها، بهترین روش تغذیه آب زیرزمینی می‌باشد (۹). در مطالعه کومینو و همکاران (۲۰۱۱) با مقایسه دو روش تحلیل شبکه ای و تحلیل سلسله مراتبی، به انتخاب مناسب‌ترین روش تصفیه فاضلاب برای کارخانه پنی‌رسازی پرداختند که برای این منظور از دو نرم افزار Expert Choice و Super DECision استفاده شد (۱۰). اگرچه مطالعات زیادی در مورد استفاده از انواع روش‌های تصمیم‌گیری در انتخاب یک روش تصفیه فاضلاب انجام گرفته است، اما بررسی جامع که تمام محدودیت‌های موجود در مناطق روستایی ایران را مورد بررسی قرار دهد، بسیار کم می‌باشد. این مقاله برای اولین بار کاربرد روش AHP فازی را با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice برای انتخاب گزینه مناسب در مناطق روستایی بیان کرد و به مقایسه روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب برای روستای سلیمانی واقع در شهرستان نیشابور پرداخت. ارزیابی گزینه با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند متغیره MACM می‌باشد، انجام شد و سپس با استفاده از نرم افزار Expert Choice مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به وزن‌دهی انجام گرفته، مناسب‌ترین گزینه برای روستای سلیمانی انتخاب شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه توصیفی تحلیلی با رویکرد کاربردی در سال ۱۳۹۴ در روستای سلیمانی از توابع شهرستان فیروزه در استان خراسان رضوی انجام گرفت. فاصله این روستا از شهرستان نیشابور ۴۰ کیلومتر است. بر اساس مطالعات انجام شده، جمعیت ساکن این روستا در سال ۱۴۱۵ به حدود ۲۹۳۱ نفر خواهد رسید. روستای سلیمانی از نظر آب‌وهوایی دارای اقلیمی خشک می‌باشد. به منظور

ایجاد تصفیه خانه‌های فاضلاب در مناطق روستایی اغلب با سرمایه‌گذاری‌های قابل توجه و هزینه‌های بهره‌برداری چشم‌گیر همراه است. انتخاب بهترین فرآیند تصفیه معمولاً پیچیده بوده و قطعیت زیادی ندارد (۱). در روستاها و مناطق مختلف با توجه به شرایط ویژه هر منطقه، روش مناسب تصفیه فاضلاب می‌تواند متفاوت باشد (۲). در سال‌های گذشته مطالعات و مدل‌های بهینه‌سازی زیادی برای یافتن بهترین گزینه تصفیه فاضلاب ارائه شده است که بیشتر آنها تنها هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری را مورد توجه قرار داده‌اند، اما هر گزینه با حداقل هزینه، ممکن است بهترین گزینه نباشد (۳). تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) یک امر ضروری و مهم در بسیاری از فعالیت‌ها و زمینه‌های مختلف علمی است که شامل پیدا کردن گزینه ارجح از بین یک مجموعه از گزینه‌های موجود می‌باشد (۴). یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند متغیره، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP است. روش تحلیل سلسله مراتبی یک روش سازگار با معیارها و اهداف چندگانه در تصمیم‌گیری است (۵). مطالعات مختلفی در زمینه کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در اولویت‌بندی گزینه‌های سیستم‌های تصفیه فاضلاب صورت گرفته است. ژنگ و همکاران (۲۰۰۷) به منظور انتخاب بهترین فرآیند تصفیه، از روش‌های AHP و تحلیل رابطه خاکستری (GRA) به صورت توأمان استفاده کردند (۶). در مطالعه دباغیان و همکاران (۱۹۹۹)، یک روش سیستماتیک برای انتخاب بهترین گزینه در تصفیه فاضلاب صنایع آب‌کاری که حاوی فلزات سنگین می‌باشد، معرفی شد؛ بدین صورت که در این روش پس از استفاده از نظرات کارشناسان، مشاوران و آب‌کاران به کمک روش تحلیل سلسله مراتبی AHP، بهترین گزینه انتخاب شد. در این مطالعه چهار گزینه برای تصفیه فاضلاب حاوی فلزات سنگین معرفی شد که توسط سه پارامتر اصلی: اقتصادی، فنی و کاربردی؛ زیست محیطی و اجتماعی که هر کدام شامل زیر پارامترهای دیگری می‌باشند، با یکدیگر مقایسه و بهترین فرآیند تصفیه انتخاب شد.

حداقل مربعات، روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش بردار ویژه و روش های تقریبی می باشد.

روش بردار ویژه

$$W_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n a_{ij} W_j \quad (1)$$

دستگاه معادلات فوق را به صورت زیر می توان نوشت:

$$A.W = \lambda.W \quad (2)$$

که A همان ماتریس مقایسات زوجی، W بردار وزن و λ یک اسکالر است. وزن نهایی هر گزینه در یک فرآیند سلسله مراتبی از مجموع حاصل ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه ها به دست می آید.

محاسبه نرخ ناسازگاری: اگر عناصر ماتریس مقدار کمی از حالت سازگاری فاصله بگیرد، مقدار ویژه آن نیز مقدار کمی از حالت سازگاری خود فاصله خواهد گرفت. یک مقدار ویژه برابر N بوده (بزرگ ترین مقدار ویژه) و بقیه آن ها برابر صفر هستند. بنابراین در این حالت می توان نوشت (۱۵):

$$A.W = n.W \quad (3)$$

در حالتی که ماتریس مقایسه زوجی A ناسازگار باشد، $\max \lambda$ کمی از N فاصله می گیرد که می توان نوشت:

$$A.W = \lambda \max.W \quad (4)$$

$$\lambda \max - n \quad (5)$$

و شاخص ناسازگاری برابر است با:

$$I.I = \frac{\lambda \max - n}{n - 1} \quad (6)$$

بدین ترتیب نرخ ناسازگاری از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$I.R = \frac{I.I}{I.I.R} \quad (7)$$

در این مطالعه با استفاده از روش AHP، به اولویت بندی و انتخاب بهترین گزینه تصفیه برای روستای سلیمانی پرداخته شد. ساختار سلسله مراتبی در شکل ۱ ارائه شده است. انتخاب بهترین فرآیند، به عنوان هدف اصلی در سطح ۱ سلسله مراتبی، ۴ گزینه تصفیه در سطح ۴ و معیارها و زیر معیارهای انتخاب در سطوح

شناسایی گزینه های مناسب تصفیه فاضلاب در جوامع روستایی برای منطقه مورد مطالعه به شرکت آب و فاضلاب روستایی استان خراسان رضوی مراجعه و با استفاده از تجربه کارشناسان خبره این شرکت ۴ گزینه مطلوب و رایج در مناطق روستایی محدوده استان انتخاب شد که شامل: ۱- صفحات بیولوژیکی چرخان (RBC) ۲- و تلندهای مصنوعی (زمین هایی هستند که در بخشی از سال یا کل سال مرطوب می باشند) ۳- راکتور بیوفیلیمی با بستر متحرک (MBBR) و ۴- لجن فعال متعارف بودند (۱۲، ۱۱).

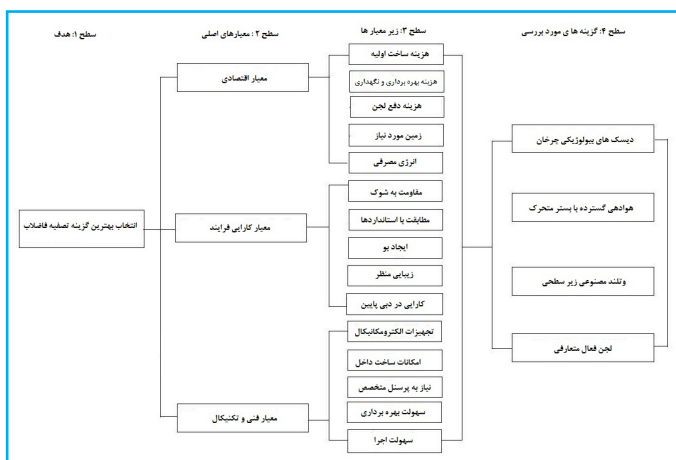
وزن دهی و ارزیابی اهمیت نسبی گزینه ها، یکی از مهم ترین و دشوارترین مراحل تصمیم گیری است که می تواند عدم قطعیت قابل توجهی در فرآیند تصمیم گیری ایجاد کند (۱۳). بنابراین در یک فرآیند تصمیم گیری این مسئله که تصمیم گیر بر اساس برآوردهای ذهنی خود به هر یک از گزینه ها وزن W_i را اختصاص داده و آنها را مستقیماً در محاسبه گزینه برتر استفاده کند، امری اشتباه است. بلکه وزن گزینه ها باید با استفاده از روش های مناسب محاسبه و سپس با استفاده از یک روش مناسب گزینه برتر انتخاب شود. روش های متعددی وجود دارند که می توانند وزن نسبتاً دقیق شاخص ها و یا گزینه ها را محاسبه کنند. یک روش عمومی در اندازه گیری یک شاخص کیفی با مقیاس فاصله ای، استفاده از مقیاس دوقطبی فاصله ای است (جدول ۱).

جدول ۱. مقیاس فاصله ای

Equally preferred	Moderately preferred	Strongly preferred	Very strongly preferred	Extremely preferred	قضاوت شفاهی
۱	۳	۵	۷	۹	مقدار عددی

روش AHP: یکی از کارآمدترین تکنیک های تصمیم گیری چند متغیره، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP است که اولین بار توسط ساعتی (۱۹۸۰) مطرح شد (۱۴) که بر اساس مقایسه های زوجی بنا نهاده شده است. محاسبه وزن در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در دو قسمت جداگانه زیر مورد بحث قرار می گیرد: وزن نسبی، وزن نهایی. روش های محاسبه وزن نسبی شامل: روش

معیارهای زیست محیطی و شرایط آب‌وهوایی از جمله عواملی هستند که به صورت جداگانه تأثیر خود را در عوامل دیگر نشان می‌دهند و از تأثیر مجدد این عوامل در تصمیم‌گیری نهایی اجتناب شده است. به عنوان مثال شرایط آب‌وهوایی خود را در مقدار دبی فاضلاب و کیفیت آن نشان داده است که این مورد در عملکرد سیستم در دبی‌هایی پایین و راندمان حذف پارامترهای اصلی مورد بررسی قرار گرفت. بعد از تعیین معیارها و محدودیت‌های تأثیرگذار بر روی تصمیم‌گیری، فرم‌های ماتریس مقایسات زوجی در اختیار جامعه آماری که در این مطالعه ۵ نفر از کارشناسان شرکت آب و فاضلاب روستایی از واحدهای مطالعات و بهره‌برداری بودند، قرار گرفت. داده‌های حاصل وارد نرم‌افزار Expert Choice شد و انجام مقایسات زوجی معیارها و محاسبه نرخ ناسازگاری توسط این نرم‌افزار صورت گرفت. مجموعه کاملی از مقالات و مطالعات مربوط به AHP را می‌توان در سایت <http://www.expertchoice.com> مشاهده و مطالعه کرد (۱۹).



شکل ۱. معیارها و زیر معیارها در درخت تصمیم‌گیری

یافته‌ها

در این مطالعه وزن‌دهی به هر کدام از معیارهای اصلی و زیر معیارها به صورت جداگانه در ماتریس‌های زوجی مربوطه توسط کارشناس انجام شد و سپس با وارد کردن اطلاعات در نرم‌افزار Expert Choice، وزن نسبی معیارها نسبت به هدف اصلی

و ۳ قرار گرفتند. روش‌های مختلفی برای انتخاب معیارها در ارزیابی طرح‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال ساتی (۱۹۹۹) و کنی و رایفا (۱۹۹۳) روش‌هایی را ارائه کردند (۱۶، ۱۷). میلر و همکاران (۲۰۰۷) توصیه کردند که حداکثر 7 ± 2 معیار در هر شاخه قرار داده شود (۱۸). در این مطالعه متناسب با شرایط مسأله، معیارها مطابق جدول ۲ انتخاب شدند.

جدول ۲. معیارهای اصلی تصمیم‌گیری چند متغیره

عنوان معیارهای اصلی	معیار اقتصادی	معیار کارآیی فرآیند	معیار فنی
علامت اختصاری	C1	C2	C3

جدول ۳. زیر معیارهای تصمیم‌گیری

عنوان	زیر معیارها
A1: manufacturing cost	هزینه‌های سرمایه‌ای
A2: M&O cost	هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری
A3: cost of disposal	هزینه دفع لجن
A4: land requirement	زمین مورد نیاز
A5: energy cost	انرژی مصرفی
A6: organic & hydraulic shock resist	مقاومت به شوک هیدرولیکی و آلی
A7: environmental standard	توانایی تأمین استاندارد محیط زیستی
A8: odor	ایجاد بو
A9: beautiful landscape	زیبایی منظر
A10: performance at low flow	کارایی در دبی‌های کم
A11: electro equipment Needs	تجهیزات الکترومکانیکال
A12: manufacturing facility in	امکانات ساخت داخلی
A13: expert needs	نیاز به پرسنل متخصص
A14: ease of operation	سادگی بهره‌برداری و نگهداری
A15: ease of construction	سهولت اجرا

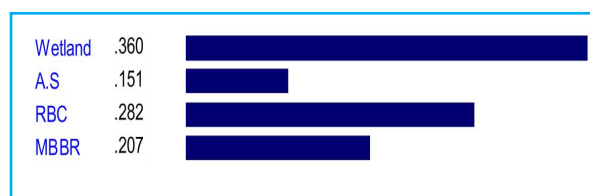
جدول ۴. گزینه‌های تصمیم‌گیری برای روستای سلیمانی

عنوان روش‌های تصفیه فاضلاب روستایی	علامت اختصاری
لجن فعال	D1: A.S
دیسک بیولوژیکی چرخان	D2: RBC
هوادهی گسترده با مدیا شناور	D3: MBBR
نیزار زیر سطحی	D4: Wetland

که انتخاب بهترین گزینه مناسب برای تصفیه فاضلاب روستای سلیمانی بود و همچنین وزن نسبی شاخص‌های مربوط به هر معیار نسبت به معیار مربوطه محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است. در این جدول وزن‌های محاسبه شده هر معیار برای گزینه‌های مختلف و نرخ ناسازگاری و قابل قبول بودن و معنی‌دار بودن هر ماتریس مقایسات زوجی نشان داده شده است.

جدول ۵. جمع‌بندی نتایج ماتریس مقایسات زوجی از نظر کارشناسان مربوطه و نرخ ناسازگاری آن

شاخص‌ها	درجه اهمیت با توجه به ویژگی‌های روستای سلیمانی		سپتیک و وتلند (D1)	لجن فعال متعارف (D2)	RBC (D3)	MBBR (D4)	نرخ ناسازگاری
معیار اقتصادی	C1	۰/۶۰۳					۰/۰۷
هزینه‌های سرمایه‌ای	A1	۰/۳۷	۱	۰/۱۶۹	۰/۴	۰/۱	۰/۰۵
هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری	A2	۰/۱۶۹	۱	۰/۱۲۷	۰/۳	۰/۰۷	۰/۰۴
هزینه دفع لجن	A3	۰/۰۵۵	۱	۰/۰۷	۰/۳۶	۰/۱۱	۰/۰۹
زمین مورد نیاز	A4	۰/۳۲۶	۰/۰۶۳	۰/۲۶۸	۱	۰/۴۳	۰/۰۸
انرژی مصرفی	A5	۰/۷۹	۱	۰/۰۷۷	۰/۵	۰/۱۱۶	۰/۰۵
معیار کارایی فرآیند	C2	۰/۳۱۵					۰/۰۲
مقاومت به شوک هیدرولیکی و آلی	A6	۰/۳۲۴	۱	۰/۱۴۴	۰/۲۶۸	۰/۲۶۸	۰/۰۰۳۹
توانایی تأمین استاندارد محیط زیستی	A7	۰/۴۳۹	۰/۰۸۷	۰/۶۳	۰/۲۹	۱	۰/۰۵
ایجاد بو	A8	۰/۰۹۹	۰/۰۸۷	۰/۶۳	۰/۲۹	۱	۰/۰۵
زیبایی منظر	A9	۰/۰۳۸	۰/۰۸۷	۰/۶۳	۰/۲۹	۱	۰/۰۵
کارایی در دبی‌های کم	A10	۰/۰۹۹	۰/۱	۰/۳۱	۱	۰/۵۵	۰/۰۰۳
معیار فنی	C3	۰/۰۸۲					۰/۰۳
تجهیزات الکترومکانیکال	A11	۰/۰۹۴	۱	۰/۱۴۸	۰/۲۲۶	۰/۰۹۷	۰/۰۲
امکانات ساخت داخل	A12	۰/۰۸۳	۱	۰/۱۲۴	۰/۲۶۷	۰/۰۸۴	۰/۰۳
نیاز به پرسنل متخصص	A13	۰/۳۱۸	۱	۰/۱۱۵	۰/۲۱۷	۰/۱۱۱	۰/۰۰۱۷
سادگی بهره‌برداری و نگهداری	A14	۰/۳۱۸	۱	۰/۱۳۷	۰/۲۲۵	۰/۰۸۳	۰/۰۲
سهولت اجرا	A15	۰/۱۸۵	۱	۰/۲۴	۰/۵۶	۰/۱۴۴	۰/۰۱



نمودار ۱. وزن نهایی گزینه‌های تصفیه فاضلاب برای منطقه مورد

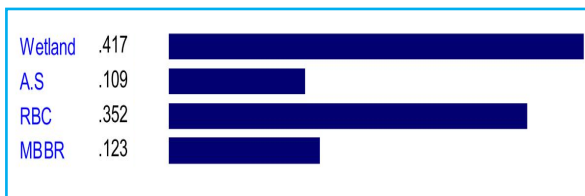
مطالعه (Overall Inconsistency = ۰/۰۴)



نمودار ۲. اولویت‌بندی گزینه‌ها بر اساس معیار کارایی فرآیند

(Overall Inconsistency = ۰/۰۲)

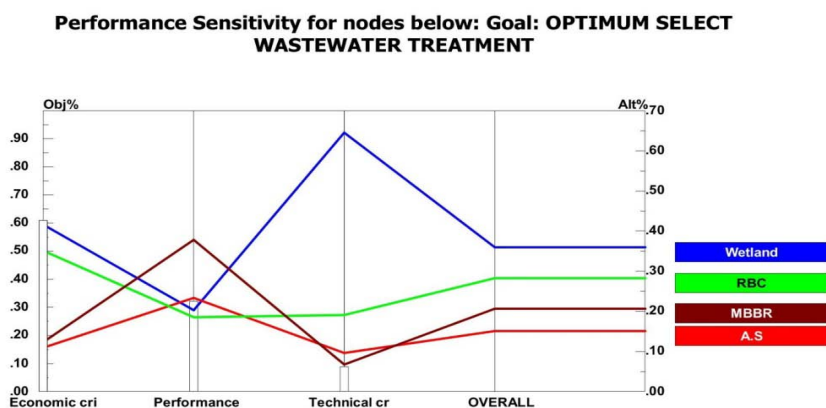
یکی از مزایای مهم فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، اندازه‌گیری و کنترل سازگاری هر ماتریس و تصمیم است. محدوده قابل قبول ناسازگاری در هر سیستم به تصمیم گیرنده بستگی دارد، اما در حالت کلی ساعتی پیشنهاد می‌کند که اگر ناسازگاری تصمیم بیشتر از ۰/۱ باشد، بهتر است تصمیم‌گیرنده در قضاوت‌های خود تجدید نظر کند (۱۶). اولویت‌بندی فرآیندهای مختلف تصفیه نسبت به هر یک از معیارهای اصلی به ترتیب در نمودارهای ۲ تا ۴ و اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها نسبت به هدف اصلی در نمودار ۱ ارائه شده است.



نمودار ۴. اولویت‌بندی گزینه‌ها بر اساس معیار اقتصادی
(Overall INcoNsisteNcy = ۰/۰۶)



نمودار ۳. اولویت‌بندی گزینه‌ها بر اساس معیار فنی
(Overall INcoNsisteNcy = ۰/۰۳)



نمودار ۵. نمودار تحلیل حساسیت

بحث

سیستم‌ها به دبی‌های پایین می‌باشد که این مشکل در دیگر روش‌های تصفیه کمتر مشاهده می‌شود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که برای مناطق روستایی، روش‌های تصفیه طبیعی علی‌رغم محدودیت‌های ذکر شده در بخش مواد و روش، بسیار مناسب‌تر از روش‌هایی مانند RBC می‌باشند. در این مطالعه برای اولین بار با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، مزایا و معایب هر یک از این روش‌ها برای مناطق روستایی شناسایی و به صورت صحیح وزن‌دهی و در تصمیم‌گیری نهایی منظور گردید که برای این منظور از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد. در ادامه بر اساس سه معیار اصلی و زیر معیارهای مربوطه، گزینه مناسب برای روستای سلیمانی مشخص گردید. با توجه به وزن‌های ۰/۳۶، ۰/۲۸، ۰/۲ و ۰/۱۵ که به ترتیب برای روش‌های Wetland، MBBR، RBC و AS به دست آمد، روش وتلند زیرسطحی در روستای سلیمانی در اولویت بالاتری قرار گرفت. از وزن‌های به دست آمده برای هر یک از معیارها و زیرمعیارها

در این مطالعه از فرآیند AHP فازی به منظور بهبود روش‌های جاری برای تعیین گزینه برتر استفاده شد. مطالعات قبلی نیز تأثیر این روش را بر بهینه‌سازی انتخاب گزینه‌ها نشان داده‌اند، به عنوان مثال در مطالعه اوینگ و همکاران (۲۰۱۵)، از روش تحلیل سلسله مراتبی و وزن دهی چند بعدی (MDS) به طور هم‌زمان برای انتخاب گزینه برتر از میان ۵ روش تصفیه فاضلاب طبیعی استفاده شد. در این مطالعه نیز معیار اقتصادی بیشترین وزن (۰/۶) را در تصمیم‌گیری نهایی به خود اختصاص داد (۲۰). با این حال مطالعات اندکی وجود دارد که با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی، تمام جوانب و محدودیت‌های مناطق روستایی را مورد بررسی قرار داده باشد. در این مطالعه سعی بر این بود تا با استفاده از روش AHP، تمام محدودیت‌ها و امکانات مناطق روستایی با وزنی مناسب بر روی تصمیم‌گیری نهایی اعمال گردد. یکی از مشکلات روش‌های تصفیه طبیعی مانند وتلندها، حساسیت این

خود را معمولاً در معیارهای فنی و اقتصادی نشان می‌دهند و این مشکلات با همپوشانی امتیاز دیگر معیارها نیز قابل چشم‌پوشی نمی‌باشند، گزینه مناسبی برای مناطق روستایی در ایران و به‌ویژه در روستای سلیمانی نمی‌باشد.

از جمله محدودیت‌های این مطالعه، انجام پژوهش بر روی داده‌های قبلی و پروژه‌های اجرا شده در روستاهای مختلف شرکت آب و فاضلاب روستایی بود که اطلاعات لازم جهت انجام تحقیق از آن استخراج و برآیند آن در تحقیق استفاده شد. پیشنهاد می‌شود برای کسب اطلاعات دقیق‌تر، تصفیه خانه‌های موردنظر به صورت پایلوت ایجاد و سپس با استفاده از داده‌های حاصل، گزینه‌ها به صورت مستندتر و دقیق‌تر مورد ارزیابی قرار گیرند.

نتیجه‌گیری

روش‌های تصفیه طبیعی مانند وتلندهای زیرسطحی برای مناطق روستایی با توجه به برآیند معیارهای فنی، اقتصادی و زیست محیطی، مناسب‌ترین روش می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت گزینه‌ها نسبت به معیارهایی که از وزن بالاتری در آن گزینه برخوردار هستند، حساس‌تر می‌باشند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شرکت آب و فاضلاب روستایی استان خراسان رضوی و مسئولین کنترل کیفی این شرکت و تمام افرادی که به هر نحو ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

مشخص گردید که جهت اجرای یک تصفیه‌خانه فاضلاب باید معیارهای با اولویت بیشتر مدنظر قرار گرفته شود و تصمیمات بر اساس آن اتخاذ گردد، اما این بدان معنا نیست که بتوان مستقیماً از نتایج این تحقیق برای موارد مشابه دیگر استفاده کرد، زیرا انتخاب مناسب‌ترین روش برای تصفیه فاضلاب هر منطقه به عوامل متعددی بستگی دارد و به این ترتیب در روستاها و مناطق مختلف با توجه به شرایط ویژه هر منطقه، روش مناسب تصفیه فاضلاب می‌تواند متفاوت باشد. به عنوان مثال ممکن است زمین در یک روستا بسیار حائز اهمیت باشد، در نتیجه وزن زیادی را به خود اختصاص دهد و در یک روستای دیگر به دلیل نداشتن مشکل در مورد تهیه زمین، این گزینه وزن کمی داشته باشد. از نمودار تحلیل حساسیت چنین برداشت می‌شود که گزینه تصفیه فاضلاب به روش وتلند زیرسطحی نسبت به معیارهای فنی از حساسیت بالایی برخوردار است؛ این بدان معنا است که کارشناسان امتیاز بیشتری را به زیر معیارهای آن تخصیص داده‌اند. هم‌چنین روش وتلند زیرسطحی نسبت به معیارهای کارایی فرآیند دارای کمترین حساسیت می‌باشد که نشان‌دهنده این است که دیگر روش‌ها نسبت به روش وتلند دارای کارایی بیشتری می‌باشند. معمولاً از بین این فناوری‌ها، سیستم برکه تثبیت و وتلند، بیشتر برای کشورهای در حال توسعه توصیه می‌شود. هم‌چنین سیستم برکه تثبیت به عنوان یکی از مناسب‌ترین و ارجم‌ترین روش‌های تصفیه فاضلاب شهری در نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان در نظر گرفته شده است (۲۱). لجن فعال به‌خاطر مشکلاتی که

References:

1. Karimi A, Mehrdadi N, Hashemian SJ, Bidhendi GN, Tavakoli R. Selection of optimal wastewater treatment process using AHP method. *Journal of Water and Wastewater*. 2000;4.
2. Nasiri A, Mortazavi H. The process of selecting projects for village wastewater treatment Amirabad Kaftar. *tehran university*. 2012.
3. Rossman LA. Synthesis of waste treatment systems by implicit enumeration. *Journal of Water Pollution Control Federation*. 1980;148-60.
4. Ellis KV, Tang SL. Wastewater treatment optimization model for developing world. I: Model development. *Journal of Environmental Engineering*. 1991;117(4):501-18.
5. Tang SL, Ellis KV. Wastewater treatment optimization model for developing world. II: Model testing. *Journal of Environmental Engineering*. 1994;120(3):610-24.
6. Zeng G, Jiang R, Huang G, Xu M, Li i. Optimization of wastewater treatment alternative selection by hierarchy grey relational analysis *Journal of environmental management*. 2007;82(2):250-9.
7. Dabaghian MR, Hashemi H, Ebady T. Technical, economic and environmental assessment methods for waste water

- treatment in electroplating industries using AHP method. Environmental Science and Technology. 1999.
8. Karimi AR, Mehrdadi N, Hashemian SJ, Nabi-Bidhendi GR, Tavakkolimoghaddam R. Using of the fuzzy TOPSIS and fuzzy AHP methods for wastewater treatment process selection. International journal of academic research. 2011;3(1):737-45.
 9. Hadipour A, Rajaei T, Hadipour V, Seidirad S. Multi-criteria decision-making model for wastewater reuse application: a case study from Iran. Desalination and Water Treatment. 2015:1-8.
 10. Bottero M, Comono E, Riggio V. Application of the analytic hierarchy process and the analytic network process for the assessment of different wastewater treatment systems. Environmental Modelling & Software. 2011;26(10):1211-24.
 11. Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. Metcalf & Eddy, Inc. 1998.
 12. EPA, Development OoRa. Design Manual: Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment. Available at :<http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/designpdf>. 1988.
 13. Hajkiewicz S, Young M, Macdonald DH. Supporting decisions: understanding natural resource management assessment techniques. 2000.
 14. Saaty TL. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation. New York: McGraw Hill. 1980.
 15. Asgharpour MJ. Multi Criteria Decision Making. Tehran: Tehran University Press. 1390.[Persian].
 16. Saaty TL. Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world. RWS publications, . 1999.
 17. Keeney RL, Raiffa H. Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs. Cambridge university press. 1993.
 18. Erwin RM, Miller J, Reese JG. Poplar Island Environmental Restoration Project: challenges in water bird restoration on an island in Chesapeake Bay. Ecological Restoration. 2007;25(4):256-62.
 19. Dey PK, Ramcharan EK. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. Journal of environmental management. 2008;88(4):1384-95.
 20. Ouyang X, Guo F, Shan D, Yu H, Wang J. Development of the integrated fuzzy analytical hierarchy process with multidimensional scaling in selection of natural wastewater treatment alternatives. Ecological Engineering. 2015;74:438-47.
 21. Alipoor MR, Alidadi H, Najafpoor AA, Peiravi R, Rahmatiyar H. The Evaluation of the Performance of Stabilization Ponds in the Wastewater Treatment Plant of Olang Mashhad, 2011-2012. Journal of Research in Environmental Health. 2015;1(1):60-8.