فصلنامه علوم محیطی، دوره نوزدهم، شماره ۳، پائیز ۱۴۰۰

۵۳-۷۰

مکان یابی لندفیل شهری با تلفیق معیارهای محیط زیستی و اقتصادی - اجتماعی در شهرستان نایین و تخمین گازهای خروجی احتمالی از آن

محمدعرفان کاغذچی، سعید پورمنافی* و رضا پیکان پور فرد

دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲

کاغذچی، م.ع.، س. پورمنافی و ر. پیکان پور فرد. ۱۴۰۰. مکان یابی لندفیل شهری با تلفیق معیارهای محیط زیستی و اقتصادی - اجتماعی در شهرستان نایین و تخمین گازهای خروجی احتمالی از آن. فصلنامه علوم محیطی. ۱۹(۳): ۵۳-۷۰

سابقه و هدف: افزایش بی‌رویه جمعیت و به‌دنبال آن افزایش شهرنشینی منجر به افزایش تولید انواع پسماند در منطقه‌های شهری گردیده است. اگرچه دفن آخرین گزینه در مدیریت پسماندهای جامد شهری می‌باشد؛ اما در کشورهای در حال توسعه، دفن، یک روش معمول مدیریت پسماندهای جامد شهری می‌باشد. دفن پسماند در محل‌های دفن از طریق فرایندهای بی‌هوازی طبیعی سبب تولید بیوگاز و شیرابه می‌شود که نوع و میزان آن‌ها به حجم، رطوبت و جنس پسماند بستگی دارد. تولید شیرابه حاصل از پسماند در محل‌های دفن می‌تواند منجر به خطرهای بهداشتی، خسارت به گیاهان، آلودگی آب‌های زیرزمینی و انتشار بوهای نامطبوع شود. مطالعه حاضر با هدف مکان‌یابی دقیق لندفیل در شهرستان نائین با استفاده از تلفیق پارامترهای اقتصادی - اجتماعی با پارامترهای محیط زیستی و نیز تخمین میزان گاز منتشرشده به‌منظور ارزیابی توان برای دست‌یابی انرژی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه به‌منظور وزن دهی معیارها از مدل AHP استفاده شد و برای درجه‌بندی اولویت‌ها از مقیاس ۹ کمیتی ال‌ساعتی استفاده گردید. در این پژوهش ابتدا با استفاده از پارامترهای محیط زیستی به مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری در شهرستان نایین پرداخته شد؛ پس از ارزیابی توان منطقه برای کاربری‌های مدنظر که با استفاده از روش WLC به‌دست آمد با استفاده از روش TOPSIS بر مبنای پارامترهای اقتصادی - اجتماعی به اولویت‌بندی و انتخاب بهترین موقعیت مکانی پرداخته شد. در نهایت میزان گاز خروجی از لندفیل در دو حالت نبود و دارای بازچرخانی شیرابه نیز به‌منظور بررسی توان لندفیل جهت بازیافت انرژی مدل‌سازی شد.

نتایج و بحث: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تمام منطقه‌های پیشنهادی برای ایجاد لندفیل، شامل آن دسته از پیکسل‌هایی می‌باشند که مطلوبیت آن‌ها در نقشه‌های ترکیب خطی وزن‌دار از ۰/۸ بیشتر بوده است. در نقشه نهایی اولویت‌بندی گزینه‌ها، ۹ گزینه شناسایی گردید که مناسب‌ترین موقعیت مکانی با بیشترین درصد مطلوبیت به‌عنوان بهترین مکان برای ایجاد لندفیل می‌باشد. موقعیت مکانی انتخاب شده دارای نزدیک‌ترین فاصله ممکن به سه شهر پر جمعیت این شهرستان است. این موقعیت مکانی در فاصله ۲۴ کیلومتری نایین قرار دارد. همچنین ظرفیت این موقعیت مکانی چندین برابر نیاز شهرستان نایین برای ۶۰ سال آینده است که در حدود ۸۵ هکتار می‌باشد و در صورت نیاز به زمین‌های اضافه‌تر، از سمت شمال غربی قابل تعریض است. برای سایر شهرها و روستاهای دارای جمعیت به‌نسبت زیاد که با

* Corresponding Author: *Email Address.* spourmanafi@iut.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.2021.35488

لندفیل انتخابی فاصله کمابیش زیادی دارند نیز می‌توان محل‌های جمع‌آوری پسماند موقت تعیین نمود تا در نهایت پسماندها به محل لندفیل اصلی انتقال داده شوند. همچنین محل دفن در فاصله ۲ کیلومتری جاده اصلی قرار گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که میزان کل گاز تولیدی تخمین زده‌شده در هر ترانشه در حالت دارای بازچرخانی شیرابه برابر با ۴۲۰۴/۳ تن و در حالت بدون بازچرخانی شیرابه برابر با ۴۴۴۸/۹ تن است که نشان می‌دهد که در صورت بازچرخش شیرابه، میزان کل گاز منتشرشده از لندفیل چیزی حدود ۶ درصد بیشتر از حالت بدون بازچرخانی است. اما با توجه به میزان پسماند تولیدی سالیانه نایین و نرخ رشد جمعیت بهتر است که تا حد امکان به سمت بیشترین میزان بازیافت و کمپوست و کمترین میزان دفن در زمین گام برداشته شود.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه نتایج حاصل از تلفیق هر دو نوع معیار (محیط زیستی و اقتصادی - اجتماعی) منجر به تعیین مطلوب‌ترین موقعیت مکانی شده که افزون بر رعایت ضوابط محیط‌زیستی ازلحاظ اقتصادی نیز کمترین هزینه را به‌دنبال داشته باشد. همچنین با توجه به میزان جمعیت کنونی، نرخ رشد جمعیت شهرستان نایین و میزان تولید سالانه پسماند می‌توان گفت که بازیافت مواد و تولید کمپوست نسبت به بازیافت انرژی و تولید بیوگاز صرفه اقتصادی بالاتری دارد.

واژه‌های کلیدی: پسماند، لندفیل، نایین، مکان‌یابی، بیوگاز

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت، رشد شهرنشینی و صنعتی شدن جوامع منجر به افزایش تولید انواع مواد زائد و آلاینده گردیده است. از آنجا که مواد زائد جامد شهری نقش بسیار مهمی را در بهداشت عمومی شهرها ایفاء می‌کنند، لزوم مدیریت صحیح این پسماندها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است(Hashemi *et al.*, 2020). روش‌های مختلفی نظیر بازیافت، تبدیل به کمپوست، سوزاندن و دفن در زمین برای دفع زباله‌ها پیشنهادشده است. اگرچه دفن آخرین گزینه در سلسله مراتب مدیریت پسماندهای جامد شهری می‌باشد اما با توجه به محدودیت‌های اقتصادی و تکنولوژیکی، محل‌های دفن بهداشتی همچنان به‌عنوان یکی از مرسوم‌ترین روش‌های دفع پسماند بویژه در کشورهای در حال توسعه به‌حساب می‌آید (Valizadeh, 2009).

دفن پسماند در محل‌های دفن از طریق فرآیندهای بی‌هوازی طبیعی موجب تولید بیوگاز و شیرابه می‌شود که نوع و میزان آن‌ها به حجم، رطوبت و جنس پسماند بستگی دارد (Zoghi and Saeidi, 2010). تولید شیرابه حاصل از پسماند در محل‌های دفن می‌تواند منجر به خطرهای بهداشتی، خسارت به گیاهان، آلودگی آب‌های زیرزمینی و انتشار بوهای نامطبوع شود (AhmadiBoyaghchi *et al.*, 2013). انتشار گازهای لندفیل ممکن است مشکل‌هایی نظیر انتشار ذرات معلق و انتشار بوی نامطبوع را برای سلامتی افرادی که در اطراف محل دفن زندگی می‌کنند، به‌وجود آورد. به‌طورکلی گازهای لندفیل شامل ۵۰ تا ۶۰ درصد دی اکسیدکربن و ۴۰ تا ۵۰ درصد متان است. سایر ترکیب‌ها نظیر ترکیب‌های آلی فرار حدود ۱ درصد حجمی گازهای خروجی را تشکیل می‌دهند که بخودی خود سمی و در مواردی نیز سرطان‌زا هستند (Scharff *et al.*, 2006). برخی از آن‌ها نظیر ونیل کلراید سرطان‌زا هستند و بر سلامت انسان تأثیر منفی دارند. بنابراین باوجود اثر گلخانه‌ای و آلایندگی گازهای خروجی لندفیل، برخی نظیر متان که درصد حجمی بالایی را در برمی‌گیرند، دارای پتانسیل بالایی در تولید انرژی می‌باشند (AhmadiBoyaghchi *et al.*, 2013).

مکان‌یابی بهینه محل‌های دفن بهداشتی پسماند یکی از موارد مهم و اساسی در رویکرد کلی مدیریت پسماند است (Hashemi *et al.*, 2020). محل انتخاب شده برای دفن پسماند باید مطابق مقررات دولتی باشد و درعین‌حال باید هزینه‌های اقتصادی، محیط زیستی، بهداشتی و اجتماعی را به حداقل برساند (Jafari *et al.*, 2017). درنتیجه مکان‌یابی بهینه و اصولی به‌منظور به حداقل رساندن آثار زیان‌آور دفن پسماند در محل‌های دفن، یکی از مهمترین

بخش‌های سیستم مدیریت مواد زائد جامد شهری می‌باشد. همچنین ضروری است تا پیش از احداث محل دفن و در هنگام مکان‌یابی به تخمین پتانسیل تولید بیوگاز لندفیل پرداخته شود تا در صورت نیاز، تمهیدات لازم به‌منظور بازیافت انرژی در نظر گرفته شود.

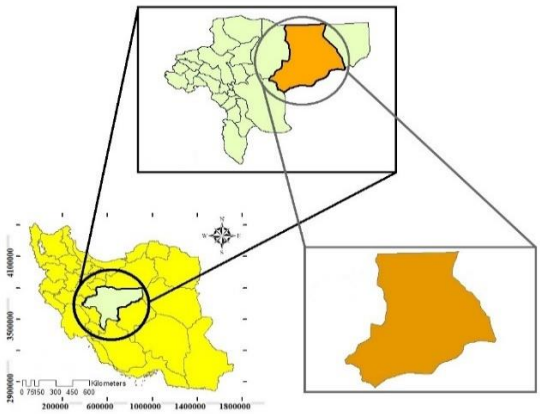
در مطالعه‌ای که توسط Hashemi *et al.* (2020) انجام شد به مکان‌یابی محل دفن پسماندهای صنعتی در شهرک صنعتی شمس آباد پرداخته شد. بدین منظور آن‌ها با استفاده ۱۰ پارامتر محیط زیستی و از روش ترکیب خطی وزن دار[1] به مکان یابی محل دفن پسماند پرداختند؛ در نهایت ۵ منطقه به‌عنوان مکان‌های مناسب برای دفن، مشخص و اولویت بندی شد. در مطالعه Peykanpour fard *et al.* (2020) به تلفیق ۴ روش روی‌هم گذاری فازی، فازی وزن‌دار، وزن‌دار بولیین و جمع وزنی بولیین به‌منظور مکان‌یابی محل دفن پسماند پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تلفیق منطق فازی و بولین، زمین‌های بهتری را برای ایجاد لندفیل نسبت به هر یک از روش‌ها بیان می‌کند. در مطالعه‌ای توسط Borna (2017) به مکان‌یابی صنایع در استان خوزستان پرداخته شد که در آن افزون بر پارامترهای محیط زیستی، از معیارهای اقتصادی - اجتماعی نیز استفاده گردید. تا افزون بر پتانسیل‌های مطلوب محیط زیستی به‌منظور کاهش اثرهای احتمالی، منطقه‌های انتخاب شده دارای توجیه اقتصادی نیز باشند. در نهایت سطح استان به ۴ کلاس ضعیف، متوسط، خوب و عالی از نظر قابلیت زمین‌های تقسیم و منطقه‌های مجاز برای مکان‌یابی صنایع مشخص شد. در مطالعه‌ای دیگر Khaleghibaranji (2017) به مکان‌یابی محل دفن پسماند جامد شهری شهرستان میانه با استفاده از GIS و تحلیل سلسله مراتبی پرداخت. بدین منظور با استفاده از روش فازی وزن‌دار به مکان‌یابی لندفیل پرداخت. که در نهایت ۵ منطقه به مساحت ۱۳۴۴۰ هکتار به‌عنوان مکان‌های مناسب برای دفن مشخص و اولویت بندی شد. در مطالعه انجام‌شده توسط Zoghi and Saeidi (2010)روی لندفیل سراوان واقع در بیست کیلومتری جاده رشت - تهران، به‌عنوان لندفیل بی‌هوازی در دو محیط خشک و مرطوب به‌وسیله نرم‌افزار لندجم مدل شد و میزان بیوگاز خروجی در سال‌های مختلف محاسبه شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد نرخ تولید بیوگاز در حالت مرطوب ۳.۵۸ برابر حالت خشک است. حداکثر متان، دی‌اکسید کربن و ترکیبات آلی فرار غیرمتان تولیدی در این لندفیل، در حالت مرطوب به‌ترتیب برابر ۳۲۱۱۰، ۱۱۷۰۰ و ۵۰۰ تن در سال و در حالت خشک به ترتیب برابر ۸۳۴۹، ۳۰۴۳ و ۱۳۰ تن در سال بود. AhmadiBoyaghchi *et al.* (2013) در تحقیقی به ارزیابی تولید آلاینده‌های محیط زیستی در لندفیل و تکنولوژی دست‌یابی انرژی در لندفیل آرادکوه با استفاده از مدل‌های ریاضی، میزان گازهای متان و دی‌اکسید کربن را در لندفیل جهت دست‌یابی انرژی محاسبه پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده توسط آن‌ها نشان داد بیشترین گاز متان و دی‌اکسید کربن تولیدشده در لندفیل آرادکوه به‌ترتیب ۶ و ۱۶ میلیون کیلوگرم در سال ۱۳۹۴ و کمترین مقدار به ترتیب ۰/۳ و ۰/۸ میلیون کیلوگرم در سال ۱۴۲۳ پیش‌بینی می‌شود، حجم کل گازهای تولیدشده در این لندفیل طی سی سال، ۲۱۳ میلیون مترمکعب است که ۲۷ درصد جرم آن را متان و ۷۳ درصد آن را گاز دی‌اکسید کربن تشکیل می‌دهد.

در بیشتر مطالعات انجام‌شده درزمینه‌ی مکان‌یابی لندفیل تنها به معیارهای محیط زیستی توجه شده و معیارهای اقتصادی - اجتماعی کمتر در نظر گرفته شده است. در نتیجه هدف از این مطالعه، بررسی کارایی تلفیق پارامترهای اقتصادی - اجتماعی و محیط زیستی در مکان‌یابی لندفیل می‌باشد؛ همچنین به ارزیابی میزان بیوگاز تولیدی و پتانسیل بازیافت انرژی لندفیل با استفاده از مدل لندجم در دو حالت دارای بازچرخانی شیرابه و بدون باز چرخانی شیرابه شهرستان نایین پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

معرفی محدوده مورد مطالعه:

شهرستان نایین واقع در شرق استان اصفهان به مرکزیت شهر نایین می‌باشد که محدوده آن در بین ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی جغرافیایی و در ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه عرض جغرافیایی قرار دارد. مرکز این شهرستان، به فاصله ۱۴۵ کیلومتری شمال شرق شهر اصفهان واقع شده است. شهرستان نایین از شمال به استان سمنان، از شرق به شهرستان خور و بیابانک، از غرب به شهرستان اردستان و اصفهان و از جنوب به استان یزد منتهی می‌شود (شکل ۱). این شهرستان با مساحتی برابر ۲۲۵۸۵۶۲ هکتار وسیع‌ترین شهرستان استان اصفهان است که در حال حاضر شامل دو بخش مرکزی و انارک، سه نقطه شهری به نام نایین، بافران و انارک و پنج دهستان شامل کوهستان به مرکزیت روستای بلان، بهارستان به مرکزیت روستای کجان، بافران به مرکزیت روستای بافران، لای سیاه به مرکزیت روستای هماآباد و چوپانان به مرکزیت روستای چوپانان می‌باشد (Statistical yearbook of Isfahan Province, 1395). آب و هوای این شهرستان براساس سنجه اقلیم بندی دومارتن[۲] دارای اقلیم فراخشک سرد است. این شهرستان دارای آب و هوای کویری است و اخلاف درجه حرارت شب و روز در فصل‌های سال کاملاً محسوس است. براساس بررسی‌های آماری بلندمدت، میانگین دمای سالانه این شهرستان ۱۸/۷ درجه سلسیوس، میانگین رطوبت نسبی ماهانه ۲۹ درصد و میانگین بارش سالانه در این شهرستان ۱۰۰.۸ میلی‌متر است. (Climate index of Naien County, 1394)



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی شهرستان نایین

Fig. 1- Map of the geographical location of Naein County

محاسبه جمعیت و میزان پسماند تولیدی در شهرستان نایین:

بنابر آمار رسمی به‌دست‌آمده وضعیت جمعیتی شهر نایین و منطقه‌های اطراف در سرشماری سال ۱۳۹۰، تعداد ۳۸۰۷۷ نفر در قالب ۱۲۱۴۲ خانوار بوده است (Statistical yearbook of Naien County, 1390). جمعیت نایین در سرشماری سال ۱۳۹۵، معادل ۳۹۲۶۱ نفر گزارش شده است (Statistical yearbook of Iran, 1395). با داشتن مقادیر جمعیت این دو سال و از طریق رابطه زیر می‌توان درصد نرخ رشد سالیانه جمعیت را محاسبه نمود.

$$r = \left(\sqrt[t]{\frac{P_t}{P_0}} - 1 \right) \times 100$$

که در آن t برابر است با تعداد سال‌های بازه زمانی و P_t و P_0 به ترتیب برابرند با مقادیر جمعیت در سال‌های n ام و n-1 ام. با توجه به این رابطه و مقادیر جمعیت در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ می‌توان درصد نرخ رشد سالیانه جمعیت در نایین را محاسبه نمود (Lotfi *et al.*, 2013).

$$\left(\sqrt[5]{\frac{39261}{38077}}-1\right)\times 100 = 0.61$$

حال مقادیر جمعیت در n سال بعد از جمعیت مبنا (جمعیت سال ۱۳۹۵) را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود (Vaghei *et al*., 2003).

$$P_{t+n} = P_t\left(1+\frac{r}{100}\right)^n$$

که در آن P_t برابر است با جمعیت نایین در سال مبنا (جمعیت سال ۱۳۹۵)، n فاصله سال مورد نظر تا سال مبنا می‌باشد، r درصد نرخ رشد سالیانه جمعیت و P_{t+n} جمعیت سال مورد نظر می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- مقادیر جمعیت پیش‌بینی شده برای شهرستان نایین بر مبنای نرخ رشد جمعیت

Table 1. Estimated population of Naein County based on population growth rate

سال Year	جمعیت Population	سال Year	جمعیت Population	سال Year	جمعیت Population	سال Year	جمعیت Population
1395	39261	1412	43537	1429	48279	1446	53538
1396	39501	1413	43803	1430	48574	1447	53864
1397	39741	1414	44070	1431	48870	1448	54193
1398	39984	1415	44339	1432	49168	1449	54523
1399	40228	1416	44609	1433	49468	1450	54856
1400	40473	1417	44881	1434	49770	1451	55191
1401	40720	1418	45155	1435	50073	1452	55527
1402	40968	1419	45431	1436	50379	1453	55866
1403	41218	1420	45708	1437	50686	1454	56207
1404	41470	1421	45987	1438	50995	1455	56550
1405	41723	1422	46267	1439	51306	1456	56895
1406	41977	1423	46549	1440	51619	1457	57242
1407	42233	1424	46833	1441	51934	1458	57591
1408	42491	1425	47119	1442	52251	1459	57942
1409	42750	1426	47406	1443	52570	1460	58296
1410	43011	1427	47696	1444	52890	-	-
1411	43273	1428	47987	1445	53213	-	-

محاسبه حجم پسماند تولیدی برای محاسبه حجم و تعداد ترانشه‌های دفن پسماند ضروری است؛ همچنین به کمک آن می‌توان محاسبه کرد که لندفیل مورد نظر تا چند سال ظرفیت پذیرش پسماند دارد. اما برای محاسبه حجم، ابتدا باید جرم پسماند تولیدی به ازای جمعیت در هر سال محاسبه گردد. برای محاسبه جرم پسماند تولیدی، سرانه تولید روزانه پسماند به ازای هر فرد به‌طور میانگین ۰/۴۷ کیلوگرم در نظر گرفته شده، بنابراین اکنون با داشتن میزان جمعیت هرسال و سرانه تولید روزانه پسماند هر نفر و نیز با استفاده از رابطه زیر می‌توان مقدار پسماند تولیدی در هرسال را برحسب ton/year محاسبه نمود (Abdolkhaninezhad *et al*., 2013).

$$\text{weight}_{ton/year} = P_{t+n}\times 0/47_{\text{kg}} \times 1000_{\text{ton}/\text{kg}} \times 365$$

که در آن P_{t+n} جمعیت سال مورد نظر می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲- جرم پسماند تولیدشده در هرسال برحسب تن برای شهرستان نایین

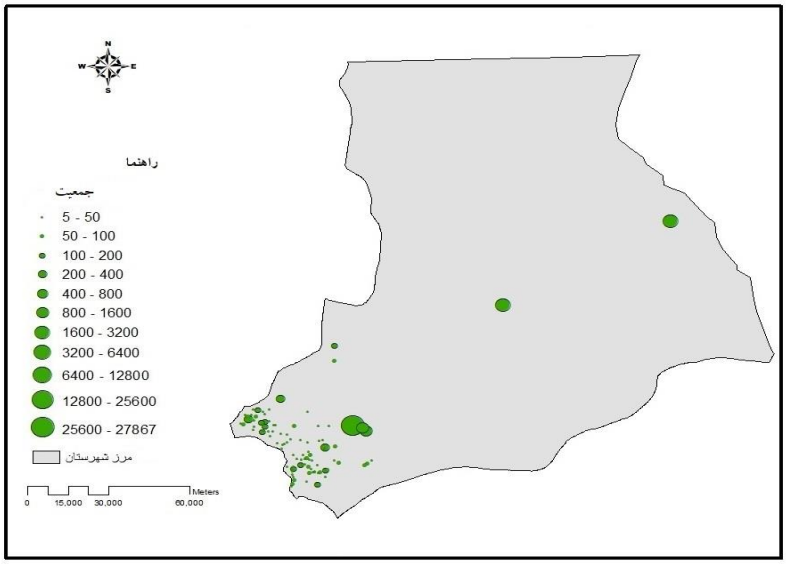
Table 2. Weight of the produced waste in each year (ton) in the Naein County

سال Year	جرم پسماند Waste weight	سال Year	جرم پسماند Waste weight	سال Year	جرم پسماند Waste weight	سال Year	جرم پسماند Waste weight
1395	6735.2	1412	7468.8	1429	8282.3	1446	9184.4
1396	6776.3	1413	7514.4	1430	8332.8	1447	9240.4
1397	6817.6	1414	7560.2	1431	8383.6	1448	9296.8
1398	6859.2	1415	7606.3	1432	8434.8	1449	9353.5
1399	6901.1	1416	7652.7	1433	8486.2	1450	9410.6
1400	6943.2	1417	7699.4	1434	8538.0	1451	9468.0
1401	6985.5	1418	7746.4	1435	8590.1	1452	9525.7
1402	7028.1	1419	7793.6	1436	8642.5	1453	9583.8
1403	7071.0	1420	7841.2	1437	8695.2	1454	9642.3
1404	7114.1	1421	7889.0	1438	8748.3	1455	9701.1
1405	7157.5	1422	7937.1	1439	8801.6	1456	9760.3
1406	7201.2	1423	7985.5	1440	8855.3	1457	9819.8
1407	7245.1	1424	8034.3	1441	8909.3	1458	9879.7
1408	7289.3	1425	8083.3	1442	8963.7	1459	9940.0
1409	7333.8	1426	8132.6	1443	9018.4	1460	10000.6
1410	7378.5	1427	8182.2	1444	9073.4	-	-
1411	7423.5	1428	8232.1	1445	9128.7	-	-

با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه تراکم دینامیکی پسماند می‌توان گفت که دانسیته پسماند شهری به‌طور متوسط ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب است. اکنون می‌توان با تقسیم جرم کل پسماند تولیدی در بازه زمانی (۱۴۰۰ تا ۱۴۶۰) بر دانسیته پسماند شهری، حجم پسماند تولیدی در هرسال را محاسبه کرد (Niknami and Hafezimoghadas, 2010).

$$\frac{511221.1}{0.35} = 1460631.83$$

که در آن میزان کل پسماند تولیدی برحسب ton/year برابر است با ۵۱۱۲۲۱/۱ و دانسیته پسماند برحسب ton/m^3 برابر است با ۰/۳۵که در نهایت حجم کل پسماند تولیدی از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۶۰ برابر است با ۱۴۶۰۶۳۱/۸۳ مترمکعب که از این مقدار بنابر مطالعات انجام شده حدود ۱۰ درصد آن یعنی ۱۴۶۰۶۳/۱۸۳مترمکعب قابل دفن در لندفیل است (Hasanvand *et al*., 2008).



شکل ۲- نقشه پراکندگی جمعیت شهرستان نایین

Fig. 2- Map of human population distribution in Naein County

محاسبه تعداد و ابعاد ترانشه‌های دفن:

با فرض احداث و بهره‌برداری از محل دفن در سال ۱۴۰۰ و پیش‌بینی پذیرش پسماند به مدت ۶۱ سال، باید مجموع حجم‌های پسماند قابل دفن از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۶۰ را به‌دست آورد تا حجم کل پسماند تولیدی در طی ۶۱ سال برآورد گردد. برای به‌دست آوردن مقادیر قابل دفن پسماند باید درصد جرم مواد قابل بازیافت و مواد آلی (قابل کمپوست) را از جمع کل پسماند تولیدی کم کرد. با توجه به مطالعات انجام‌شده در زمینه آنالیز فیزیکی و شیمیایی پسماند در ایران در صورت مدیریت مناسب چیزی در حدود ۹۰ درصد پسماند، قابل بازیافت و قابل کمپوست است و تنها در حدود ۱۰ درصد از آن قابل دفن است و باید دفن شود (Hasanvand *et al.*, 2008; Roshan *et al.*, 2017).

تمامی مقادیر مورد نیاز اعم از جمعیت هرسال (با توجه به نرخ رشد محاسبه‌شده)، کل پسماند تولیدی هرسال، ۱۰ درصد پسماند قابل دفن در هرسال و حجم ۱۰ درصد پسماند قابل دفن در نرم‌افزار Microsoft Excel محاسبه شده و در نهایت مقادیر مجموع برای سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۶۰ به‌دست آورده شد. مقدار کل پسماند قابل دفن در شهرستان نایین در طول این ۶۱ سال برابر با ۱۴۶۰۶۳/۱۸۳مترمکعب است. برای دفن مقدار پسماند تولیدی در طول ۶۱ سال شهرستان نایین به ۳ ترانشه به ابعاد ۱۶۰×۸۰ و عمق ۴ متر مورد نیاز است؛ که درمجموع این سه ترانشه دارای حجمی معادل ۱۵۳۶۰۰ مترمکعب هستند که بیشتر از ۱۴۶۰۶۳/۱۸۳مترمکعب حجم مورد نیاز است، با توجه به لزوم وجود لایه‌های ژئوممبران در کف و در میان پشته‌های پسماندهای تخلیه‌شده، حجم اضافی نیز به آن اختصاص پیدا می‌کند.

معیارهای انتخاب مکان مناسب برای دفن پسماند:

یکی از مهمترین موارد در مکان‌یابی محل دفن پسماند انتخاب پارامترهای محدودکننده است. با انتخاب درست پارامترهای محدودکننده می‌توان ریسک محیط زیستی و هزینه ساخت محل دفن را به حداقل رساند. معیارهای مورداستفاده در این مطالعه شامل دو گروه معیارهای محیط زیستی شامل ۹ معیار و معیارهای اقتصادی - اجتماعی شامل ۷ معیار می‌باشد. برای تهیه نقشه پوشش زمین‌های شهرستان نایین از داده‌های رقومی ماهواره (Landsat8_Level2) استفاده شد. دلیل استفاده از این سری لندست سهولت در استفاده و تصحیح شده بودن آن می‌باشد. برای ایجاد پرداکت‌ها و سنجه‌های مورد نیاز از برنامه Google Earth Engine استفاده شد. جهت ایجاد نقشه کاربری زمین‌های از نرم‌افزار ENVI ۵/۳ که یک نرم‌افزار جهت پردازش و تحلیل اطلاعات سنجش از دوری بویژه داده‌های ماهواره‌ای است، استفاده گردید. معیارهای محیط زیستی اصلی به ۲۳ زیرمعیار تقسیم می‌شود (جدول ۳). معیارهای اقتصادی - اجتماعی نیز شامل معیار عمق خاک، بافت خاک، فاصله از مراکز عمده جمعیتی، فاصله جاده‌ای (غیر مستقیم) از شهر، فاصله از جاده و وضعیت زهکش خاک می‌باشد. تمامی معیارها براساس ضوابط محیط زیستی مکان‌یابی لندفیل سازمان محیط‌زیست ایران طبقه‌بندی شد (Department of Environment of Iran, 1398).

جدول ۳- نوع معیارهای محیط زیستی و وزن هریک از آن‌ها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی

Table 3. Type of environmental criteria and their weight in the analytic hierarchy process

معیار Criteria	زیرمعیار Sub criteria	نوع تابع Function type	حد آستانه Threshold limit
منابع آبی Water resources	آبخوان (Groundwater aquifer)	افزایشی (Incremental)	۱۰۰۰ متر < مناسب Suitable> 1000 Meter
	قنات (Aqueduct)	افزایشی (Incremental)	
	چشمه (Spring)	افزایشی (Incremental)	
	رودخانه (River)	افزایشی (Incremental)	
	چاه (Well)	افزایشی (Incremental)	
پوشش زمین‌ها Land cover	تنوع زیستی (Biodiversity)	افزایشی (Incremental)	۱۰۰۰ متر < مناسب Suitable> 1000 Meter
	پوشش گیاهی (Vegetations)	افزایشی (Incremental)	

ادامه جدول ۳- نوع معیارهای محیط زیستی و وزن هریک از آن‌ها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی
Cont Table 3. Type of environmental criteria and their weight in the analytic hierarchy process

معیار Criteria	زیرمعیار Sub criteria	نوع تابع Function type	حد آستانه Threshold limit
زمین‌شناسی Geology	گسل (Fault)	افزایشی (Incremental)	۱۰۰۰ متر < مناسب Suitable> 1000 Meter
	شیب (Slope)	کاهشی (Decremental)	٪۲۰> مناسب Suitable<20 %
	نوع خاک (Soil type)	رتبه‌ای (Ranked)	درجه بندی براساس نوع خاک Grading based on soil type
	ساختار زمین‌شناسی (Geological structure)	رتبه‌ای (Ranked)	درجه بندی براساس ساختار زمین شناسی Grading based on geological structure
مراکز مسکونی Residential centers	شهر (City)	متقارن (Symmetric)	۱۰۰۰متر< مناسب < ۳۰۰۰ متر 3000 Meter > Suitable >1000 Meter
	روستا (Village)	افزایشی (Incremental)	۱۰۰۰متر< مناسب < ۳۰۰۰ متر 3000 Meter > Suitable >1000 Meter
	مراکز توریستی و فرودگاه (Tourist centers and airports)	افزایشی (Incremental)	۸۰۰۰ متر < مناسب Suitable > 8000 Meter
منطقه‌های حفاظت شده Protected areas	پارک ملی (National park)	افزایشی (Incremental)	۱۰۰۰ متر < مناسب Suitable> 1000 Meter
	منطقه حفاظت‌شده (Protected area)	افزایشی (Incremental)	
	پناهگاه حیات‌وحش (Wildlife refuge)	افزایشی (Incremental)	
راه‌ها Ways	جاده اصلی (Main road)	متقارن (Symmetric)	۳۰۰ متر< مناسب < ۱۰۰۰ متر 1000 Meter > Suitable> 300 Meter
	جاده فرعی (Side road)	متقارن (Symmetric)	
راه‌آهن Railway	راه‌آهن (Railway)	افزایشی (Incremental)	۱۰۰۰ متر < مناسب Suitable> 1000 Meter
منطقه‌های صنعتی Industrial areas	منطقه‌های صنعتی (Industrial areas)	افزایشی (Incremental)	۱۰۰۰ متر < مناسب Suitable> 1000 Meter
	کارخانه (Factory)	افزایشی (Incremental)	
معادن Mines	معادن (Mines)	افزایشی (Incremental)	۱۰۰۰ متر < مناسب Suitable> 1000 Meter

۱-۲-مدل تحلیل سلسله مراتبی[۳]:

روش سلسله مراتبی در سال ۱۹۸۰ توسط توماس ال ساعتی ارائه گردید (Ying *et al*., 2007). به‌طور خاص AHP برای ساختاردهی به فرایند تصمیم‌گیری متأثر از چند فاکتور متعدد طراحی شده است. در تجزیه تحلیل‌ها می‌توان یک مسئله را به چندین زیرمسئله که با توجه به سطح‌های سلسله مراتبی سازمان یافته‌اند تقسیم کرد که هر سطح با مجموعه‌ای از معیارها یا ویژگی‌های مرتبط با زیرمسئله مشخص می‌شود. سطح‌های بالای سلسله مراتب معرف هدف مسئله است و سطح‌های میانی معرف فاکتورهای مرتبط با سطح‌های بالایی است و سطح‌های آخر شامل راه‌حل‌ها یا فعالیت‌های در نظر گرفته شده هنگام رسیدن به هدف می‌باشد (Bottero *et al*., 2013).

AHP اجازه می‌دهد فاکتورها باهم مقایسه شوند و اهمیت تک‌تک فاکتورها با توجه به نسبت اثری که در حل مسئله دارند، مشخص شود و لیستی از راه‌حل‌های در نظر گرفته‌شده به‌دست آید. آنالیزها براساس سه اصل بنیادی شکستن مسئله، مقایسه دوبه‌دو از راه‌حل‌های مسئله و سنتز اولویت‌ها توسعه یافته است. اولین مرحله آنالیز شامل تقسیم مسئله تصمیم‌گیری به سطح‌های مختلف است به این صورت که هیرارشی به‌وجود آمده در بین آن‌ها حالت یک‌سویه دارد. تجزیه از بالا به پایین انجام می‌شود، از هدف شروع می‌شود و به معیار، زیر معیار و سپس به راه‌حل‌های نهایی ختم می‌شود (Bottero *et al*., 2013). در این مطالعه، جهت تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد.

۲-۲- تعیین مطلوبیت زمین‌های منطقه:

به منظور وزن‌دهی پارامترهای مورد استفاده در فرآیند مکان‌یابی بهینه لندفیل، از روش ترکیب خطی وزن‌دار استفاده شده است. نقشه نهایی این روش به‌صورت منطقه‌های مطلوب بین ۰ تا ۱ قرار می‌گیرند و هرچه به ۱ نزدیک‌تر باشد، مطلوبیت بیشتر است. معادله روش ترکیب خطی وزن‌دار به‌صورت زیر است.

$$S = \sum_{n}^{i=1} W_i \cdot X_i \times C_j$$

که در آن S: تناسب برای هر کاربری، Wi: وزن فاکتور i که با استفاده از روش AHP تعیین می‌گردد، Xi: فاکتور i شامل فاکتورهای مورد بررسی و Cj: لایه‌های محدودیت که شامل نقشه‌های بولین[۴] هستند (Kamyab and Salman Mahini, 2010)

۲-۳- رتبه‌بندی براساس نزدیکی به حد ایده‌آل[۵]:

این روش، یک متد تصمیم‌گیری قوی و فنی است که اولین بار به‌وسیله یون و هوانگ در سال ۱۹۹۳ مطرح شد. در این روش براساس نزدیکی به میزان ایده‌آل گزینه‌ها را رتبه‌بندی می‌کنیم. بدین ترتیب که هرچه یک گزینه به حد ایده‌آل نزدیک‌تر باشد و از ضد ایده‌آل دورتر باشد ارزش بیشتری می‌گیرد (Mehri and Mahini, 2016). این روش در زمانی که تصمیم‌گیری براساس چندین سنجه کمی و کیفی انجام می‌شود بسیار مفید است. در این روش گزینه‌ای ایده آل است که ترکیبی از بهترین مقادیر قابل دست‌یابی به همه معیارها را داشته باشد و همچنین بدترین گزینه، گزینه‌ای است که ترکیبی از بدترین مقادیر قابل دست‌یابی همه معیارها را داشته باشد (HajehForoosh, 2008). در استفاده از این روش مطلوبیت هر سنجه باید به‌طور یکنواخت افزایش یا (کاهشی) باشد یعنی بهترین ارزش موجود از یک سنجه، نشان دهنده ایده‌آل بودن و بدترین ارزش موجود از آن مشخص کننده ایده‌آل منفی خواهد بود. همچنین به‌دلیل سادگی الگوریتم، روش مناسبی است (JabalAmeli *et al*., 2007).

۲-۴- مدل‌سازی میزان بیوگاز تولید شده در هر ترانشه دفن با استفاده از مدل لندجم[۶]:

در این مطالعه، برای تخمین میزان بیوگاز (متان و دی اکسید کربن) تولیدی و تعیین پتانسیل لندفیل جهت بازیافت انرژی از نرم افزار LandGEM (3/02) استفاده شد. پارامترهای ورودی این نرم افزار شامل نرخ تولید متان، پتانسیل تولید متان، شرایط محیطی و آب و هوایی لندفیل، درصد تولید متان، سال تأسیس لندفیل، ظرفیت لندفیل و میزان تولید زباله در هر سال می‌باشد. با توجه به شرایط اقلیمی و میزان بارش، نایین از نظر سنجه دومارتن در منطقه خشک قرار می‌گیرد. اما به‌منظور مقایسه دو حالت بدون سیستم بازچرخانی شیرابه و دارای سیستم باز چرخانی شیرابه، نرخ تولید متان و پتانسیل تولید متان[۷] براساس استاندارد سازمان محیط زیست آمریکا و در حالت اینونتوری[۸]، در دو محیط خشک و مرطوب برای لندفیل، لحاظ گردید. برای مقادیر پسماند ورودی در هر سال نیز از مقادیر محاسبه شده در جدول (۱) استفاده شد. این مدل با استفاده از معادله نرخ تجزیه درجه اول به تخمین میزان متان تولیدی می‌پردازد و با استفاده از میزان متان تولیدی و درصد محتوای متان، دی اکسید کربن تولیدی نیز قابل محاسبه است (Alexander *et al*., 2005)

$$Q_{CH_4} = \sum_{i-1}^{n} KL_0 \left(\frac{M_i}{10}\right) e^{-Kt_{ij}}$$

$$Q_{CO_2} = Q_{CH_4} \times \left\{ \left| \frac{1}{P_{CH_4}/100} \right| - 1 \right\}$$

که در آن Q_{CH_4} میزان متان تولیدی سالیانه در طول مدت محاسبه، i برابر یک سال افزایش زمان، n اختلاف سال مورد نظر برای محاسبه تولید بیوگاز و سال تأسیس محل دفن پسماند، L_0 پتانسیل ظرفیت تولید متان بر حسب (m^3/Mg)، K نرخ تولید متان برحسب ($year^{-1}$)، j برابر با افزایش زمان ۰/۱ ساله، M_i پسماند دفن شده در سال i ام بر حسب مگاگرم، t_{ij} سن قسمت j ام از جرم M_i وارد شده در سال i ام برحسب دهم سال، Q_{CO_2} میزان متان

تولیدی سالیانه در طول مدت محاسبه و P_{CH_4} درصد محتوی متان می‌باشد (Alexander *et al*., 2005). با این روش می‌توان اختلاف زمان تجزیه کامل زباله و اختلاف میزان بیوگاز تولیدی در هر دو حالت دارای سیستم بازچرخانی شیرابه و بدون بازچرخانی شیرابه را تخمین و مقایسه نمود (Pelt *et al*., 1998; Zoghi and Saeidi 2010).

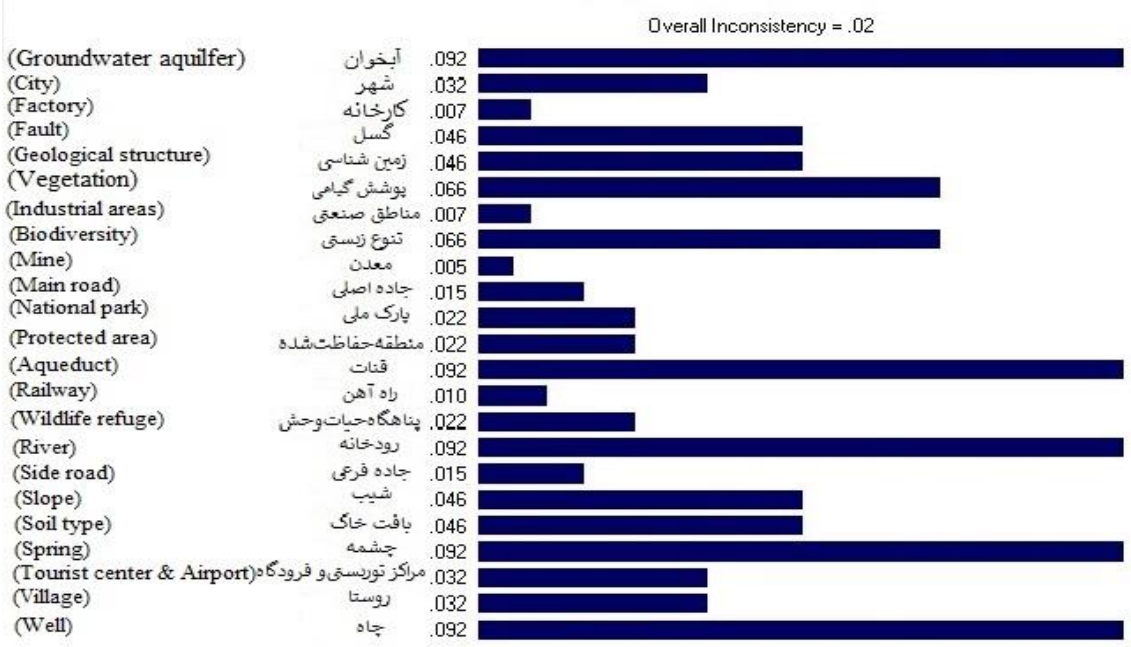
نتایج و بحث

وزن‌های مربوط به معیارها و زیرمعیارها توسط ۱۵ نفر از خبرگان مشخص شد. روش AHP یک ماتریس است که در سطر و ستون ماتریس، فاکتورها مورد بررسی قرار می‌گیرند و اهمیت فاکتور موجود در سطر نسبت به فاکتور موجود در ستون با ارزش‌هایی در محدوده بین ۱ تا ۹ مشخص می‌شود (Bottero *et al*., 2013). در این روش هرچه از ۱ به ۹ نزدیک‌تر می‌شویم اهمیت فاکتور بیشتر می‌شود (جدول ۴). در این ماتریس نمایه توافق باید کمتر از ۰/۱ باشد تا محاسبات مورد قبول واقع شود (Peykanpour Fard *et al*., 2020). پس از محاسبه وزن اولیه معیارها و زیرمعیارها، این وزن‌ها وارد نرم‌افزار Expert choice گردید و وزن نهایی هر یک از پارامترها برآورد شد که در شکل (۳)، وزن‌های مربوطه قابل مشاهده است.

جدول ۴- مقیاس نه کمیتی ال ساعتی مورد استفاده در مقایسه‌های زوجی

Table 4. L-Satty numerical scale used in paired comparisons

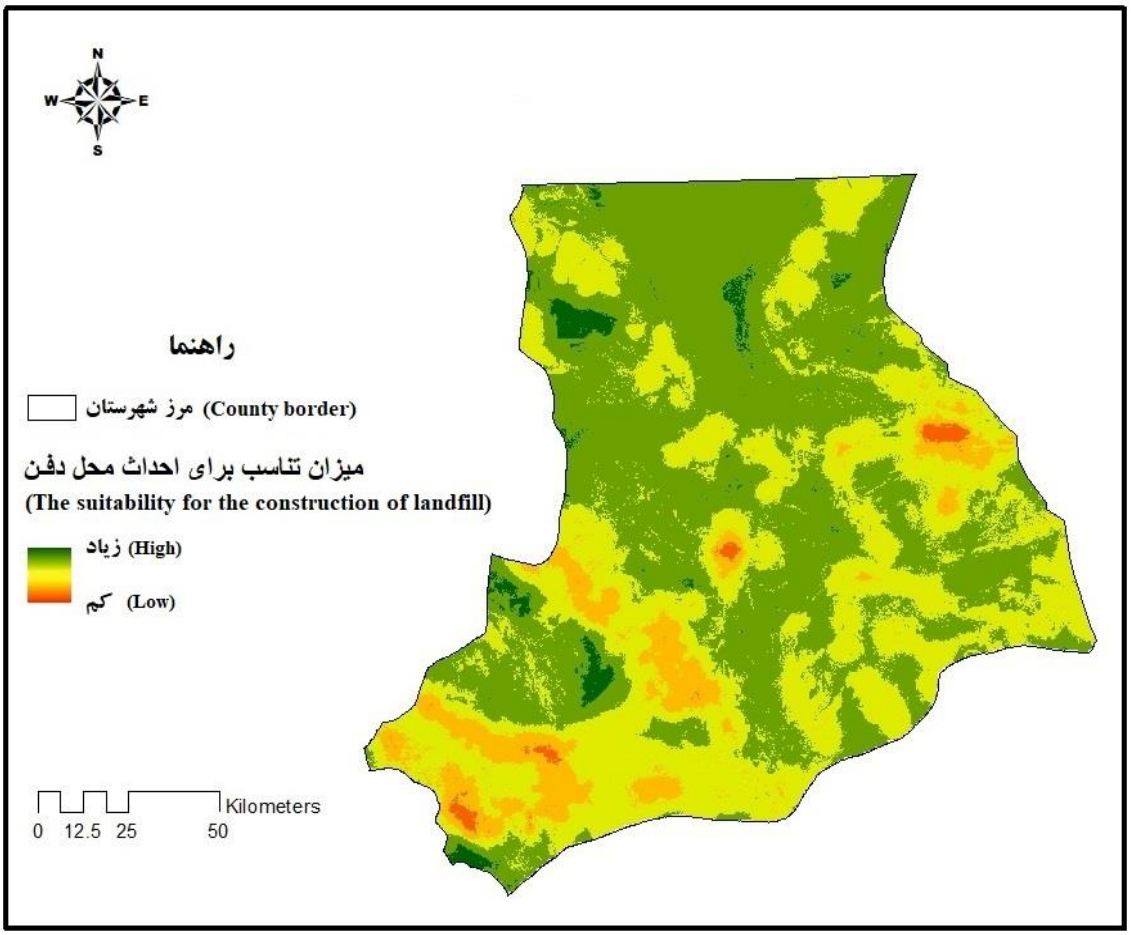
مقادیر عددی Numerical values	سطح ارجحیت Preference level
9	کاملاً ارجح (Extremely preferred)
7	ارجحیت خیلی شدید (Very strongly preferred)
5	ارجحیت شدید (Strongly preferred)
3	ارجحیت متوسط (Moderately preferred)
1	ارجحیت یکسان (Equally preferred)
8 ،6 ،4 ،2	مقادیر مابین سطوح ارجحیت (Values between preference levels)



شکل ۳- خروجی وزن‌دهی زیرلایه‌ها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی

Fig. 3- Weighting output in the analytic hierarchy process

تمامی اطلاعات پایه از قبیل سطح سفره آب زیرزمینی، فاصله از چاه، فاصله از قنات و پارمترهای مرتبط در جدول (۳) به روش فازی کلاس بندی شده‌اند. سپس هریک از آن‌ها وزن‌دهی شد تا یک سلسله مراتب از اولویت‌ها شکل گیرد (شکل ۳). در در این مرحله، لایه‌ها با روش فازی وزن‌دار روی‌هم گذاری شده و نقشه نهایی تهیه شد (شکل ۴). در این شکل، نقشه میزان مطلوبیت تناسب زمین‌ها به‌منظور احداث لندفیل بین ۰ تا ۱ نشان داده شد؛ که هرچه این عدد به ۱ نزدیکتر باشد، از مطلوبیت بیشتری برخوردار است. نتایج حاصل از ترکیب خطی وزنی نشان داد که تمام منطقه‌های پیشنهادی برای ایجاد لندفیل، شامل آن دسته از پیکسل‌هایی می‌باشند که مطلوبیت آن‌ها در نقشه‌های ترکیب خطی وزن‌دار از ۰/۸ بیشتر بوده است.

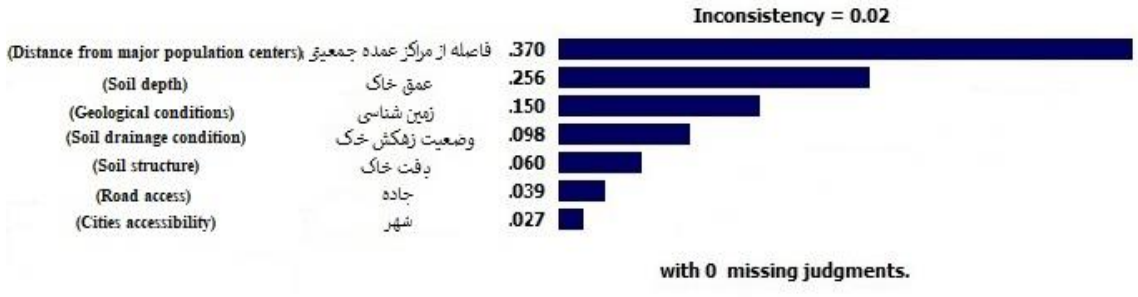


شکل ۴- نقشه تناسب زمین‌ها برای احداث محل دفن بر مبنای پارامترهای محیط زیستی
Fig. 4- Land suitability map for landfill construction based on environmental criteria

برای اولویت‌بندی بهترین گزینه در روش TOPSIS از روش مقایسه زوجی استفاده گردید؛ که معیارهای اقتصادی - اجتماعی و ضرایب مربوط به آن در شکل ۵ آورده شده است. باتوجه به داده‌های جمعیتی سالنامه آماری شهرستان نایین، نقشه پراگندگی جمعیتی[۹] این شهرستان ترسیم شد (شکل ۲)؛ پس از تهیه نقشه پراکندگی جمعیت نایین، مشخص شد که مراکز عمده جمعیتی نایین تنها در سه شهر نایین، چوپانان و بافران قرار دارد. در این میان، شهر نایین به تنهایی ۷۱ درصد از جمعیت کل شهرستان را در بر می‌گیرد، با توجه به این موضوع می‌توان گفت که توزیع جمعیت در تمامی قسمت‌های شهرستان نایین یکسان نیست، به‌همین دلیل این معیار از بیشترین میزان اهمیت برخوردار است. بنابر نظر کارشناسان، داده عمق خاک از نظر اهمیت پس از

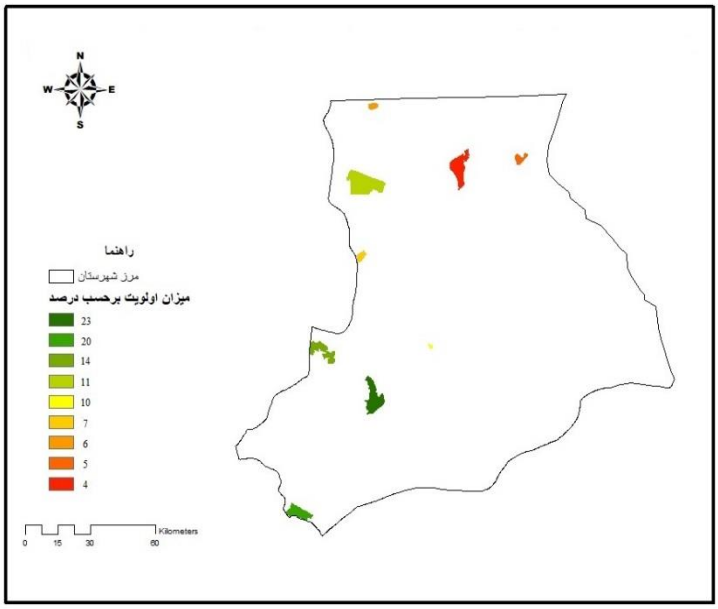
فاصله از مرکز عمده جمعیت در جایگاه دوم قرار می‌گیرد، چرا که گود برداری در منطقه‌های با عمق کم خاک می‌تواند هزینه سنگینی به‌دنبال داشته باشد (شکل ۵).

در نقشه نهایی اولویت‌بندی گزینه‌های محل دفن لندفیل، ۹ گزینه شناسایی شد که مناسب‌ترین موقعیت مکانی با ۲۳ درصد به‌عنوان بهترین مکان برای ایجاد لندفیل می‌باشد (شکل ۶). موقعیت مکانی مناسب انتخاب شده دارای نزدیک‌ترین فاصله ممکن به سه شهر پر جمعیت این شهرستان است. این موقعیت مکانی در فاصله ۲۴ کیلومتری نایین قرار دارد. این منطقه با فرودگاه نایین نیز بیش از ۱۲ کیلومتر فاصله داشته که از این لحاظ مشکل مزاحمت پرندگان را برای فرودگاه بوجود نمی‌آورد. همچنین ظرفیت این موقعیت مکانی، چندین برابر نیاز شهرستان نایین برای ۶۰ سال آینده است که در حدود ۸۵ هکتار است و در صورت نیاز به زمین‌های اضافه‌تر، از سمت شمال غربی قابل تعریض است. برای سایر شهرها و روستاهای دارای جمعیت به‌نسبت زیاد که با لندفیل انتخابی فاصله کمابیش زیادی دارند نیز می‌توان محل‌های جمع‌آوری پسماند موقت تعیین نمود تا در نهایت پسماندها به محل لندفیل اصلی انتقال داده شوند. همچنین محل دفن در فاصله ۲ کیلومتری جاده اصلی قرار گرفته است.



شکل ۵- نوع معیارهای اقتصادی - اجتماعی و وزن هریک از آن‌ها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی

Fig. 5- Type of socio-economic criteria and their weight in the analytic hierarchy process

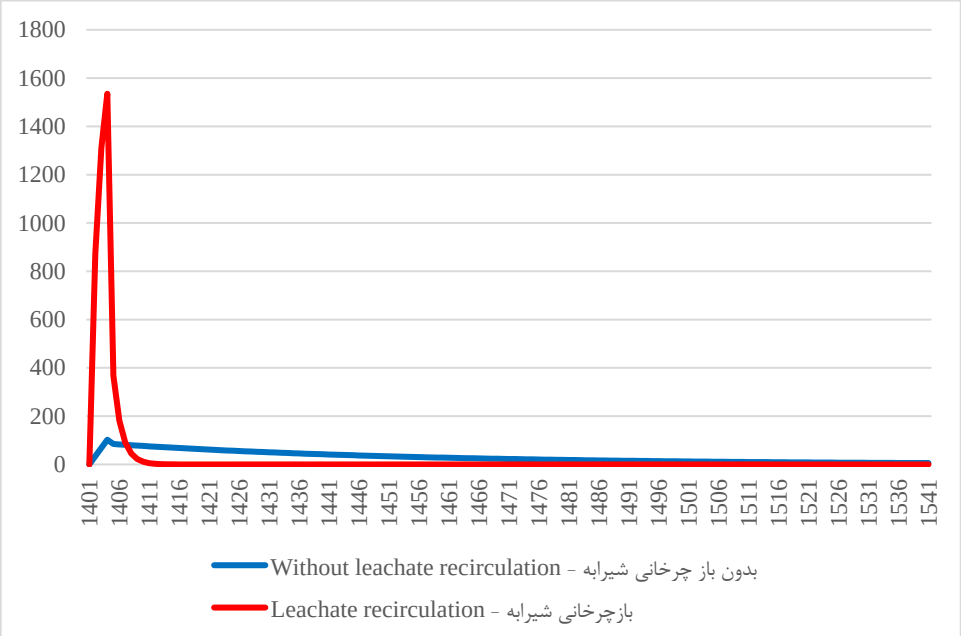


شکل ۶- نقشه اولویت بندی موقعیت‌های مکانی با استفاده از روش TOPSIS بر مبنای معیارهای اقتصادی - اجتماعی

Fig. 6- Spatial locations priority map using TOPSIS method based on socio-economic criteria

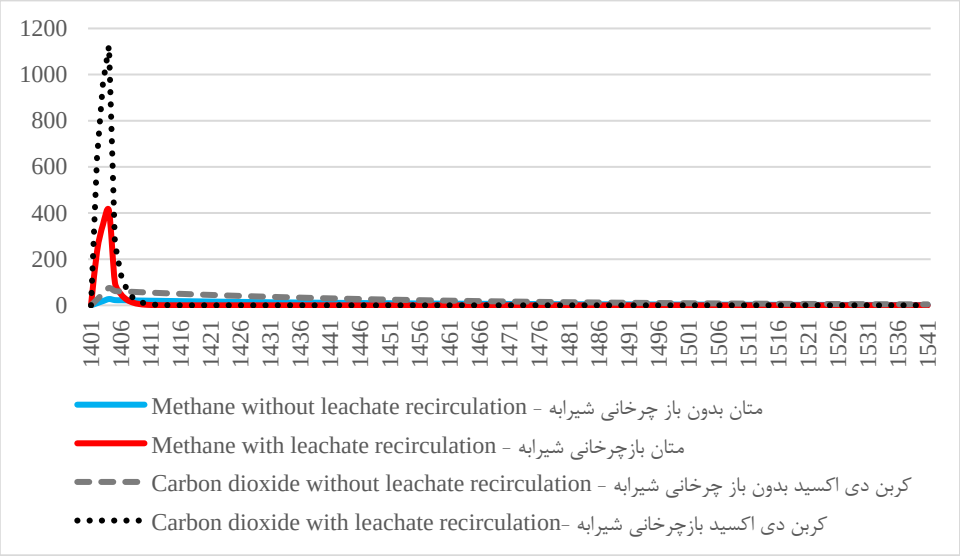
در نهایت با استفاده از مدل لندجم میزان انتشار متان، کربن دی اکسید و کل بیوگاز خروجی از لندفیل در دو حالت دارای بازچرخانی شیرابه و بدون بازچرخانی شیرابه پیش‌بینی شد. با توجه به این که در در این مطالعه به‌منظور احداث محل دفن، سه ترانشه هم‌حجم برای پسماندهای شهری لحاظ شد این مدل سازی تنها برای یکی از ترانشه‌ها انجام شد. پتانسیل تولید کل بیوگاز و متان و دی اکسید کربن تولید شده به ترتیب در شکل‌های ۷ و ۸ آورده شد.

با توجه به محاسبات انجام شده، نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که میزان کل گاز تولیدی تخمین زده شده در هر ترانشه در حالت دارای بازچرخانی شیرابه برابر با ۴۲۰۴/۳ تن و در حالت بدون بازچرخانی شیرابه برابر با ۴۴۴۸/۹ تن است. که این بدین معنی است که حجم کل بیوگاز تولیدی لندفیل در حالت دارای بازچرخانی شیرابه چیزی در حدود ۶ درصد بیشتر از حالت بدون بازچرخانی شیرابه است. نتایج حاصل از نمودارهای انتشار گویای آن است که در حالت دارای بازچرخانی شیرابه کمابیش حجم عمده‌ای از گازهای تولیدی در ۱۰ سال اول انتشار پیدا می‌کنند و در بقیه سال‌ها میزان انتشار بسیار ناچیز خواهد بود؛ اما در حالت بدون بازچرخانی شیرابه این انتشار تاحدودی تدریجی بوده و بسته به نوع مواد دفن شده بین ۴۰ الی ۵۰ سال به طول می‌انجامد و به‌صورت کاملاً تدریجی از انتشار گازها کاسته می‌شود. دلیل این اختلاف این است که هنگامی که سایت دارای بازچرخش شیرابه باشد، با افزایش رطوبت، شرایط را برای تجزیه بهتر و سریع‌تر توده پسماند مهیا کرده‌ایم. به‌طور کلی میزان کلیه گازها در طول زمان و با افزایش سن لندفیل کاهش یافته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در صورت نیاز جهت بازیافت انرژی و بهره برداری از گازهای لندفیل بهتر است برنامه‌ریزی‌هایی جهت باز چرخانی شیرابه و لوله گذاری انجام شود و از این گاز جهت تأمین انرژی محل دفن استفاده گردد. در غیر این صورت باید تنها از سیستم جمع‌آوری شیرابه، سیستم‌های پایش آلودگی هوا و لوله‌های جمع‌آوری گاز استفاده نمود و گاز خروجی لندفیل بهتر است سوزانده شود تا در صورت امکان بتواند بخشی از انرژی مورد نیاز در محل دفن را تأمین کند و از اثرهای نامطلوب گازهایی نظیر متان و سایر گازهای آلاینده نیز کاسته شود.



شکل ۷- مقایسه میزان کل بیوگاز تولیدی لندفیل (تن/ سال) در هر سال در دو حالت بدون و دارای سیستم بازچرخانی شیرابه

Fig. 7- Comparison of the total amount of landfill biogas produced in each year (ton/year) in two cases with and without the leachate recirculation system



شکل ۸- مقایسه میزان متان و دی‌اکسید کربن تولیدی لندفیل (تن/ سال) در هر سال در دو حالت بدون و دارای سیستم بازچرخانی شیرابه

Fig. 8- Comparison of the amount of methane and carbon dioxide produced by landfill each year (ton/year) in two cases with and without the leachate recirculation system

نتیجه‌گیری

در بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه مکان‌یابی لندفیل تنها از پارامترهای محیط زیستی استفاده شده و کمتر به پارامترهای اقتصادی - اجتماعی توجه شده است. (Hashemi *et al.* 2020; Khaleghi baranji 2017; Peykanpour fard *et al.* 2020). در این مطالعه سعی شده تا به نحوی پارامترهای اقتصادی - اجتماعی مؤثر بر تعیین محل دفن نیز در مکان‌یابی سهیم باشند تا موقعیت مکانی انتخاب شده افزون بر دارا بودن شرایط محیط زیستی لازم برای محل دفن از لحاظ اقتصادی نیز کمترین هزینه را به‌دنبال داشته باشد به‌طوریکه موقعیت مکانی انتخاب شده از نظر فاکتورهای اقتصادی و اجتماعی نیز در مطلوب تریت حالت ممکن قرار گیرد. نتایج حاصل از تخمین بیوگاز منتشر شده نشان می‌دهد که میزان کل گاز تولیدی در هر ترانشه در حالت دارای بازچرخانی شیرابه برابر با ۴۲۰۴/۳ تن و در حالت بدون بازچرخانی شیرابه برابر با ۴۴۴۸/۹ تن است. که در صورت دست‌یابی بیوگاز و بازیافت انرژی، حالت دارای سیستم بازچرخانی شیرابه به‌دلیل میزان بیوگاز تولیدی بیشتر نسبت به حالت بدون بازچرخانی شیرابه و نیز اینکه حجم بالایی از گاز در مدت زمان کوتاه‌تری انتشار می‌یابد، مزیت بالاتری دارد. اما به‌طور کلی با توجه به میزان جمعیت کنونی، نرخ رشد جمعیت شهرستان نایین و میزان تولید سالانه پسماند می‌توان گفت که بازیافت مواد و تولید کمپوست نسبت به بازیافت انرژی و تولید بیوگاز صرفه اقتصادی بالاتری دارد. در نتیجه بهتر است تا حد امکان مواد قابل بازیافت و قابل کمپوست جداسازی شده و دفن نشوند.

سپاسگزاری:

این مقاله حاصل پژوهش نویسندگان بوده و با حمایت دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. بدین‌وسیله از تمامی افرادی که در به انجام رسیدن این پژوهش کمک‌رسانی کرده‌اند، تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

[1] Weighted Linear Combination (WLC)
[2] De Martonne
[3] Analytic Hierarchy Process (AHP)
[4] Boolean Logic
[5] TOPSIS
[6] Landfill Gas Emissions Model (LandGEM)
[7] Potential Methane Generation Capacity (Lo)
[8] Inventory
[9] Demographic distribution

منابع

Abdolkhaninezhad, T., Manori, M. and bakhoda, M.A., 2013. Necessity of selecting optimal location models of urban landfills for land management and sustainable development. Journal of Environmental Science and Technology. 19, 341-351. (In Persian with English abstract).

Ahmadi Boyaghchi, F., Khanpour, N. and Ashrafi, M., 2013. Emission rate assessment in landfill and energy generation technologies (case study: Aradkooh landfill). Journal Of Environmental Science. 39, 23-32. (In Persian with English abstract).

Alexander, A., Burklin, C.E. and Singleton A., 2005. Landfill Gas Emissions Model (LandGEM). Version3.02 User's Guide. U.S. EPA-600/R-05/047.

Borna, R., 2017. Location of industries using AHP in GIS, Case study: Khuzestan province. Scientific - Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR). 103, 162-174.

Bottero, M., Comino, E., Duriavig, M., Ferretti, V. and Pomarico, S., 2013. The application of a Multicriteria Spatial Decision Support System (MCSDSS) for the assessment of biodiversity conservation in the Province of Varese (Italy). Land Use Policy. 30, 730-738.

Department of Environment of Iran., 1398. Applicable technical conditions in the design of landfills for ordinary and special waste. Tehran: Department of Environment. (In Persian with English abstract).

Statistical yearbook of Naein county, 1390. Deputy of the Organization of Statistics and Information of Iran.,Isfahan Province Management and Planning Organization. (In Persian with English abstract).

Statistical yearbook of Iran country, 1395. Deputy of the organization of Statistics and Information of Iran., Management and Planning Organization. (In Persian with English abstract).

Statistical yearbook of Isfahan province, 1396. Deputy of the organization of Statistics and Information of Iran., Isfahan Province Management and Planning Organization. (In Persian with English abstract).

Hajeh Foroosh, S., 2008. Multivariate Assessment Methods, Support for Spatial Analysis and Planning (Case Study of Ghomishloo Wildlife Sanctuary). Master Thesis, Islamic Azad University, Ahvaz Research Sciences Branch. (In Persian with English abstract).

Hasanvand, M.S., Nabizade, R. and Heidari, M., 2008. Analysis of municipal solid waste in Iran. Journal of Health and Environment. 1, 9-18. (In Persian with English abstract).

Hashemi, Z., Rafiee, R. and Moeinaddini, M., 2020. Site selection of Industrial Wastes Landfill Case Study: Shams Abad Town, Tehran Province. Journal of Environmental Science Studies. 5, 2413-2419. (In Persian with English abstract).

JabalAmeli, M.S., Rezaeifar, A. and ChaeiBakhshLangroodi, A., 2007. Project risk rating using a multi-criteria decision process. Journal of the Faculty of Engineering. 7, 863-871. (In Persian with English abstract).

Jafari, K. Mazloumi bajestani, A. Hafezi moghaddas, N. and Ghazi, A., 2017.Landfill Siting for Municipal Waste: A Case Study in Ardebil. Journal of Engineering Geology. 11, 103-132. (In Persian with English abstract).

Kamyab, H.R. and Salman mahini, A.R., 2010. Remote Sensing and Geographic Information Systems Applied with Idrisi Software. Mehr Mahdis Press, pp. 226.

Khaleghi baranji, F., 2017. Locating municipal solid waste landfills using GIS and analytic hierarchy process AHP Mianeh City, East Azarbaijan. Journal of Environmental Geology. 48, 27-42. (In Persian with English abstract).

Lotfi, S., Kheirkhah, Z. and Oshnooi, A., 2013. An analysis of population change and urban employment (Case study of Sari). Journal of Zagros Landscape Geography and Urban Planning. 18, 143-157. (In Persian with English abstract).

Mehri, A. and Mahini, A., 2016. Comparison of the efficiency of TOPSIS raster and MOLA methods in land use planning (Case identified: Hablehrood watershed). Journal of Geography and Urban Planning. 19, 123-142. (In Persian with English abstract).

Meteorological Organization of Iran., 1394. Climate index of Naien county in 1394. Isfahan Meteorological Department. (In Persian with English abstract).

Niknami M. and HafeziMoghadas N., 2010. Location of municipal waste landfill in Golpayegan city using GIS system. Journal of Geotechnical Geology. 6, 57-66. (In Persian with English abstract).

Pelt, R., White, C., Blackard, A., Bass, R. L., Burklin, C., Heaton, R. E., Reisdorph, A. and Thorneloe, S. A., 1998. User's Manual Landfill Gas Emissions Model. US Environmental Protection Agency Contract, 68-D1.

Peykanpour fard, R., Pourmanafi, S. and Kaghazchi, M.E., 2020. Optimal location of landfill in Naien County using the combination of fuzzy logic and Boolean logic in GIS. Iranian Journal of Research in Environmental Health. 6, 260-274. (In Persian with English abstract).

Roshan, S., Kouh Kan, M., SaeidianRad, A. and Pazooki, M., 2017. Analysis of municipal solid waste in Iran. Environmental Science Studies. 2, 409-508. (In Persian with English abstract).

Scharff, H. and Joeri, J., 2006. Applying guidance for methane emission estimation for landfills. Journal of Waste Management. 26, 417-429.

Taheri, M., Hamidian, A.H., Khazaei, M., KardanMoghadam, V. and Khazaei, A., 2014. Quantitative study of hospital waste Sample study: Hospitals under the auspices of Tabriz University of Medical Sciences. Journal of the School of Management and Medical Information. 2, 102-112. (In Persian with English abstract).

Vaghei, Y., Beladi, S. and FaridRohani, M,R., 2003. Provide a way to estimate the rate of population variable growth. Journal of Humanities Al-Zahra University. 45, 261-280. (In Persian with English abstract).

Valizadeh, K., 2009. Comparison of Boolean overlay index and fuzzy logic methods for hazardous Material disposal center site selection. Journal of Geographic Space. 9, 9-24.

Ying, X., Guang-Ming, Z., Gui-Qiu, C., Lin, T., Ke-Lin, W. and Dao-You, H., 2007. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality—A case study of Hunan Province, China. Ecological Modeling. 209, 97-109.

Zoghi, M.J. and Saeidi, M., 2010. Effect of moisture on pollutant production rate in landfills and control of exit pollutants using cap. Journal of Environmental Science. 54, 27-34. (In Persian with English abstract).

Environmental Sciences Vol.19 / No.3 / Autumn 2021

53-70

Urban landfill site selection with combined environmental and socio-economic criteria in Naein County and estimation of its possible emitted biogas

Mohammad Erfan Kaghazchi, Said Pourmanafi* and Reza Peykanpour Fard

Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Received: 2020.12.06 Accepted: 2021.02.12

Kaghazchi, M.E., Pourmanafi, S. and Peykanpour Fard, R., 2021. Urban landfill site selection with combined environmental and socio-economic criteria in Naein County and estimation of its possible emitted biogas. Environmental Sciences. 19(3): 53-70

Introduction: The uncontrolled increase in population and the subsequent increase in urbanization have led to an increase in the production of various types of waste in urban areas. Although landfilling is the last choice in municipal solid waste management, it is still a common method for municipal solid waste management in developing countries. Due to natural anaerobic processes, landfilling in landfills causes the production of biogas and leachate, the type and amount of each depend on the volume, humidity, and type of waste. Leachate production in landfills can lead to health hazards, damage to plants, groundwater pollution, and the release of unpleasant odors. The aim of this study was to accurately locate the municipal landfill in Naein County by combining socio-economic and environmental parameters and also estimating the amount of emitted gas to evaluate the potential for energy recycling.

Material and methods: In this study, the AHP model was used to weight the criteria and L Satty quantitative scale was used to grade the priorities. For selecting the best spatial locations for landfills, first the location of municipal landfills in Naein County was chosen using environmental parameters. The potential of the area for the intended uses was evaluated by the WLC method, then using the TOPSIS method, spatial locations were prioritized based on socio-economic parameters and then the best spatial location was selected. Finally, the amount of emitted gas from the landfill in two conditions with and without leachate recycling was also modeled to investigate the potential of the landfill for energy recycling.

* Corresponding Author: *Email Address.* spourmanafi@cc.iut.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.2021.35488

Results and discussion: The results of this study showed that all the proposed regions for constructing landfills include the pixels with more than 0.8 usefulness in weighted linear composition maps. In the final options prioritization map, nine locations were identified, and the most suitable spatial location with the highest percentage of desirability was determined as the best place for constructing a landfill. The selected spatial location had the closest possible distance to the three most populous cities of the county. This location was located 24 km away from Naein. Also, the capacity of this location was several times more than the need of Naein County in the next 60 years, which is about 85 hectares, and if additional lands are needed, it can be expanded to the northwest. For other towns and villages with relatively large populations that are relatively far from the selected landfill, temporary waste collection sites can also be designated until the waste is eventually transferred to the main landfill site. The selected landfill location was also located 2 km from the main road. The results showed that the total amount of estimated emitted gas in each trench with leachate recirculation was equal to 4204.3 tons and without leachate recirculation was equal to 4448.9 tons. This indicates that if the leachate recirculates system is used, the total amount of gas emitted from the landfill will be about 6% higher than without recirculation. However, considering the amount of annual production waste in Naein and the rate of population growth, it is better to take steps towards the maximum amount of recycling and composting and the least amount of landfill as much as possible.

Conclusion: In this study, the results of combining both types of criteria (environmental and socio-economic) have led to the determination of the most desirable spatial location, which in addition to complying with environmental criteria from an economic point of view had the lowest cost. Also, according to the current population, the population growth rate of Naein County and the annual production of waste, it can be concluded that material recycling and composting production are more economic than energy recycling and biogas production.

Keywords: Waste, Landfill, Naein, Site selection, Biogas.