Summer 2021, Vol 11 (2): 318-331 Adv. Appl. Geol. OPEN ACCESS

Using multi-criteria approaches to landfill location (Study area: Birjand City)

Hamid Kardan Moghaddam[1*], Hossein Kardan Moghaddam[2]

1- Department of Water Resources Study and Research, Water Research Institute, Tehran, Iran
2- Department of Computer Engineering, Birjand University of Technology, Birjand, Iran

Keywords: Landfill, Criterion, ANP, Entropy, Modeling

1-Introduction

Today, in addition to the classic architectural approach to the city, there is a need for a new perspective in which citizens (not just governments and administrators) have the right to choose. A vision that explains the interactions of urban dwellers with the urban environment and interacts with their constituents (Kardan Moghaddam et al., 2016). Proper use of natural resources to promote a high standard of living is conducive to sustainable growth, and proper use of productive resources and proper recycling will have an essential role in influencing the growth and health of a society. One of the current environmental problems concerning population growth and development is the discussion of waste and landfills. Waste as a source of high volume production and low recyclability has the potential for landfill problems (Liu et al., 2018).

2- Material and methods

This study investigated the appropriate landfill site of Birjand in the east of the country as a strategic area. Studies on water resources monitoring of Birjand plain in 2011 showed that the volume of waste produced in Birjand, according to field surveys and analysis, provided a waste production rate of 800 to 900 grams per day. The study and sampling of urban waste in the design area to optimize the landfill site and analyze the sampling showed that waste of food, debris, residual material waste, building waste, and an individual share in the constituent parts (Chen et al., 2010), contains municipal waste. All useful parameters for landfill selection have been evaluated and categorized based on numerous studies in this area to locate the landfill and develop a general algorithm for natural resource management with the landfill approach.
For this purpose, while introducing four main criteria for analysis, two methods of ANP and entropy were used for an appropriate location in the GIS environment. The four criteria of the natural environment, geological and hydrogeological conditions, the status of economic factors, and mode of operation of the area were selected as the main criteria in locating.

3- Results and discussion

The weighting of each layer is calculated based on the role of the layer inside it and its impact on the landfill. According to the ANP method, the highest weight is related to the natural environment parameter (B1), which has 37% weight, and the lowest weight is the economic condition (B3) with 17% weight. In the ANP method, prioritization of 4 main criteria in terms of weighting is similar to the ANP method, but their weight values were calculated differently. Weighting was done for the sub-criteria by the above two methods. After weighting the main criteria and sub-criteria for landfill location, the intra-group ranking of each parameter was performed by entropy and ANP methods. These four criteria were applied to the GIS environment, taking into account 15 modeling sub-criteria, and finally, five suitable locations using the ANP method and four suitable methods for entropy method were presented. The results presented by the entropy method show that the four sections are suitable for landfills, and these four sections are located in the north and northwestern part of the city due to different characteristics, especially the permeability and type of geological formations. The area is less prone to

*Corresponding author: hkardan@ut.ac.ir
DOI: 10.22055/AAG.2020.33092.2108
Received 2020-03-30
Accepted 2020-06-12

ISSN: 2717-0764
CC BY NC

landfill due to low slope, less development than the south side. Also, the results of the ANP method showed that there are five selected areas in the western part and two areas in the eastern part of the city. Although the eastern boundaries are far from the city, there is a potential for contamination due to underdevelopment.

4- Conclusion

Due to the potential of floods, the permeability of geological formations, distance to the aquifer, distance to groundwater resources, erodibility, and other factors affecting landfills, all the proposed sites are located in the northern part of the city and aquifer. The distribution of the selected sites with the two entropy and ANP methods shows that the ANP method is more distant than the entropy method. The two locations A4 and A5, are more distant than the other selected sites and are more distant from the Birjand and Birjand aquifers. According to the results, the selected locations' distribution by the entropy and ANP methods showed that the ANP method is more distant than the entropy method, and the two A4 and A5 positions are more distant than the other Darya selected sites than the Birjand aquifer.

References

Chen, Y.C., Lien, H.P., Tzeng, G.H., 2010. Measures and evaluation for environment watershed plans using a novel hybrid MCDM model. Expert systems with applications 37(2), 926-938.

Kardan Moghaddam, H., Kardan Moghaddam, H., Yarifard, A.A., Kabirirad, S., 2016. Use of GIS in applying Fuzzy, Boolean and AHP algorithms in landfill site selection (municipal landfill location study). International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS), 14(2).

Liu, K.M., Lin, S.H., Hsieh, J.C., Tzeng, G.H., 2018. Improving the food waste composting facilities site selection for sustainable development using a hybrid modified MADM model. Waste management 75, 44-59.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Kardan Moghaddam, H., Kardan Moghaddam, H., 2021. Using multi-criteria approaches to landfill location (Study area: Birjand City). Adv. Appl. Geol. 11(2), 318-331.

DOI: 10.22055/AAG.2020.33092.2108
url: https://aag.scu.ac.ir/article_15869.html?lang=en

CC BY NC

استفاده از رویکردهای چندمعیاره جهت مکان‌یابی دفن زباله (منطقه مورد مطالعه: شهر بیرجند)

حمید کاردان مقدم*

پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب، موسسه تحقیقات آب، تهران، ایران

حسین کاردان مقدم

گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی کامپیوتر و صنایع، دانشگاه صنعتی بیرجند

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۳

**h.kardan@wri.ac.ir*

چکیده

استفاده صحیح از منابع طبیعی جهت ارتقاء سطح زندگی باعث رشد و به مفهوم کلان توسعه پایدار می‌گردد. استفاده صحیح از منابع تولیدی و بازیافت صحیح آنها نقش مهمی در رشد و سلامت یک جامعه خواهد داشت. یکی از مشکلات فعلی محیط زیست با توجه به رشد جمعیت و توسعه، بحث زباله و مکان دفن آن است. پتانسیل استفاده از زباله با توجه به استمرار زیاد تولید، ولی با قابلیت بازگردانی کم، مشکلات زیادی در دفن را دارد. در این مطالعه مکان‌یابی مناطق مناسب دفن زباله شهر بیرجند به عنوان یک منطقه استراتژیک، مورد ارزیابی قرار گرفته است. بدین منظور ضمن معرفی ۴ معیار اصلی جهت تحلیل از دو روش چندمعیاره ANP و آنتروپی جهت مکان مناسب در محیط GIS استفاده گردید. ۴ معیار محیط زیست طبیعی، شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی، وضعیت عوامل اقتصادی و نحوه بهره برداری منطقه به عنوان معیارهای اصلی در مکان‌یابی انتخاب گردید. این ۴ معیار با در نظرگیری ۱۵ زیرمعیار مدلسازی را در محیط GIS رتبه‌بندی و در نهایت ۵ مکان مناسب با استفاده از روش ANP و ۴ روش مناسب برای روش آنتروپی ارائه گردید. به منظور آنالیز خطای انتخابی پراکنش مکانی این نقاط در محیط GIS مورد تحلیل قرار گرفت و براساس فاصله نسبت به شهر آنالیز گردید. پراکنش مکان‌های انتخابی با دو روش آنتروپی و ANP نشان داد که روش ANP پراکنش فاصله‌ای بیشتری نسبت به روش آنتروپی دارد و دو موقعیت A4 و A5 نسبت به سایر مکان‌های انتخابی داریا فاصله بیشتری نسبت به آبخوان و شهر بیرجند دارد.

کلمات کلیدی: *دفن زباله، معیار اصلی، ANP، آنتروپی، مدلسازی*

مقدمه

امروزه علاوه بر نگرش کلاسیک معماری به شهر، نیاز به دیدگاهی جدید است که در آن ساکنان شهروند (نه تنها حکومت‌ها و مدیران) حق انتخاب داشته باشند. دیدگاهی که روابط شهرنشینان را باهم و با محیط شهری تبیین نماید و اجزای سازنده محیط با آنان در تعامل قرار دهد (Kardan Moghaddam et al., 2016). مشکلات متعدد در خصوص مدیریت جوامع سبب پیچیدگی در تصمیم‌گیری شده است. رشد جمعیت، توسعه اقتصادی و صنعتی شدن اگرچه سبب پیشرفت و آبادانی شده است اما مشکلات و پیامدهایی را نیز به همراه دارد. یکی از مهمترین پیامدهای توسعه، ایجاد حجم زیادی از زباله‌های خانگی است که با تولید روزانه‌ی آن سبب ایجاد حجمی بیش از توان اکولوژیک یک منطقه است (Moghaddam et al., 2020). حجم بیش از توان اکولوژیک در یک منطقه سبب تاثیر بر اکوسیستم منطقه شده و اثرات مخربی را بر سیستم‌های بهداشتی دارد. ارتباط بین اجزاء و مولفه‌های یک اکوسیستم سبب می‌شود تا شکل‌گیری هر جزء بر اجزای مختلف بصورت دینامیک اثر گذارد. شناسایی و ارتباط بین این اجزاء می‌تواند در جهت‌دهی و مدیریت سیستم موثر و کارا باشد. امروزه با توسعه‌های مختلف سبب شده تا درک اجزای یک سیستم با استفاده از ابزارهای مختلف نظیر سیستم اطلاعات جغرافیایی راحت‌تر شود. یکی از مهمترین اثرات دفن زباله، ایجاد شیرابه‌ها می‌باشد که با توجه به حجم بالا و ظرفیت تولید مستمر می‌تواند بر دو بخش منابع آب و خاک اثر مستقیم داشته باشد. آلودگی‌های محیط زیست از نظر منظر منطقه‌ای، بو و غیره از یک طرف و قابلیت انحلال کم از طرف دیگر سبب می‌شود تا شیرابه‌ها وارد منابع آب سطحی یا زیرزمینی شود. شیرابه‌ها به عنوان منبع آلاینده‌ی نقطه‌ای بصورت مستمر با نفوذ آب در خاک و رسیدن آن به منابع آب زیرزمینی سبب انتقال این آلاینده‌ها به عنوان یک منبع آلودگی با چگالی بالا و متراکم (DNAPL) می‌شود. این منابع آلودگی با توجه به چگالی بیش از آب شیرین در عمق سفره‌ی آب زیرزمینی نفوذ کرده و سبب تجمع توده‌ای در آبخوان می‌شود. احیاء آبخوان در این شرایط با توجه به سطح و حجم آلودگی زمانبر و هزینه‌بردار است. لذا کنترل ورود آلاینده‌ها می‌تواند یکی از مهمترین اقدامات عملی در این خصوص باشد. بدین منظور شناسایی محل انتقال شیرابه‌ها به آبخوان یا انتخاب محل مناسب جهت دفن زباله سبب می‌شود تا اکوسیستم طبیعی منطقه کمترین صدمه را ببیند. اگرچه محققین زیادی درخصوص معیارهای موثر بر مکان دفن زباله تحقیق کرده‌اند اما استاندارد بین‌المللی در این خصوص وجود ندارد (Chen et al., 2010).

براساس مطالعات Liu و همکاران (۲۰۱۸) با جمع‌بندی مطالعات مختلفی که بر مکان‌یابی دفن زباله انجام شده بود سه بعد اصلی محیط زیست، اقتصادی و اجتماعی را معرفی داشتند. پارامترهای فیزیکی، اقلیمی و منابع آبی از جمله مهمترین پارامترها جهت مکان مناسب دفن زباله در اکثر منابع ذکر شده‌اند و ارزیابی شیرآبه‌های زباله بر وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی از مهمترین تهدیدهای فعلی می‌باشد. این پژوهش ضمن معرفی پارامترهای موثر بر مکان دفن زباله از دو رویکرد ANP و آنتروپی جهت مکان مناسب دفن زباله استفاده می‌کند. ارزیابی مطالعات مختلف انجام شده در خصوص مکان‌یابی دفن زباله کمتر به تقسیم‌بندی معیارها و زیرمعیارها بصورت یکپارچه در قالب یک مدل مفهومی پرداخته است. همچنین دو رویکرد مکان‌یابی ANP و آنتروپی با توجه به متاثر بودن متقابل معیارها و زیرمعیارها می‌تواند جنبه پویایی را نشان دهد. تعیین و اهمیت پارامترهای موثر بر دفن زباله در رویکردها مختلف می‌تواند ابزار کارآمدی را در اختیار متولیان بحث محیط زیست جهت تصمیم‌گیری و کاهش اثرت مخرب بر پیرامون مناطق شهری داشته باشد.

مواد و روشها

مدل مفهومی جهت مکان‌یابی

این مطالعه با توجه به رشد جمعیت و توسعه‌های متعدد انجام شده در شهر بیرجند در شرق ایران که از ابعاد مختلف یک منطقه استراتژیک است انجام شده است. با توجه به روند رشد جمعیت، حجم بالای مهاجرت به علت خشکسالی به این شهر در سالهای اخیر و توسعه سیاسی در این منطقه، نیاز به ارزیابی محل مناسب دفن زباله‌های شهری با هدف حداقل تخریب محیط زیست و منابع آب مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور مکان‌یابی مناسب دفن زباله و ارزیابی مکان مناسب از یک مدل مفهومی بصورت شکل ۱ استفاده می‌شود. هدف این مطالعه ارزیابی مکان مناسب جهت دفن زباله با رعایت معیارهای زیست محیطی است. لذا از تلفیق روش‌های مکان‌یابی در محیط GIS با آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی جهت انتخاب مکان نهایی و مناسب استفاده گردید. این مکان علاوه بر داشتن معیارهای مختلف مکان دفن زباله، کمترین آسیب را از نظر کیفیت منابع آب زیرزمینی دارا است. مطالعات صورت گرفته روی پایش منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند در سال ۲۰۱۱ نشان داد که حجم زباله تولیدی در سطح شهر بیرجند با توجه به برداشت‌های میدانی و آنالیزهای ارائه شده میزان تولید زباله ۸۰۰ تا ۹۰۰ گرم در روز به ازاء هر نفر می‌باشد. بررسی و نمونه‌برداری از زباله‌های شهری در منطقه طرح به منظور ارائه راهکار در جهت بهینه نمودن محل دفن زباله انجام و تحلیل این نمونه برداری نشان داد که پسماندهای مواد غذایی، آشغال، خاکستر و مواد باقیمانده، ضایعات ساختمانی، زباله‌های ویژه سهم اصلی را در اجزاء تشکیل دهنده زباله شهری دارند.

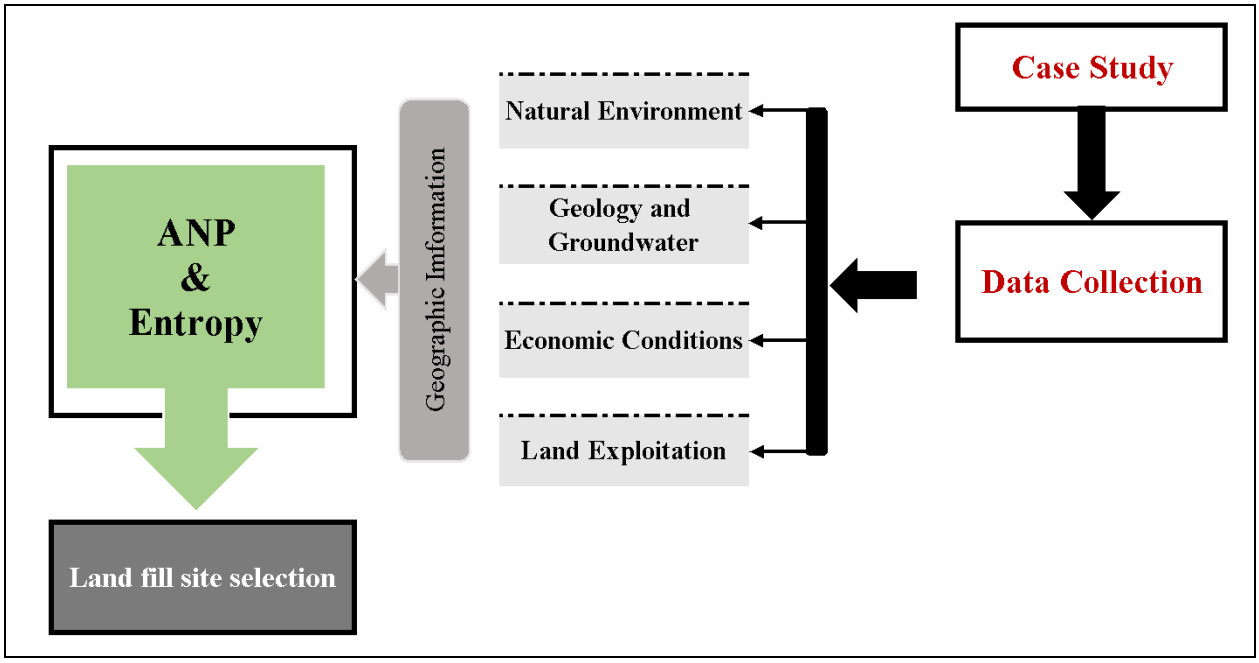
پارامترهای موثر بر دفن زباله

به منظور مکان‌یابی محل دفن زباله و تهیه یک الگوریتم کلی جهت مدیریت منابع طبیعی با رویکرد دفن زباله، کلیه پارامترهای موثر برای انتخاب محل دفن براساس مطالعات متعددی که در این زمینه صورت گرفته ارزیابی و دسته‌بندی شد (Tavares et al., 2011; Bottero et al., 2011; Khan and Faisal., 2008; Queiruga et al., 2008; Chang et al., 2008; Korucu and Erdagi., 2012; Banar et al., 2011; Ekmekçiog˘lu et al., 2010; Zamorano et al., 2008; Aragonés-Beltrán et al., 2010; Khadivi and Choudhary and Ghomi., 2012; Geneletti., 2010; Shankar., 2012; Seng et al., 2013; De Feo and De Gisi., 2010). از بین روش‌های مختلف دفن زباله دو روش دفن بهداشتی و تهیه کمپوست نیاز به یک مجموعه جهت دفن دارد که می‌بایست دارای شرایط محیطی خاصی باشد. این دو روش تابع شرایط مختلفی بوده ولی روش سوزاندن زباله‌های بیمارستانی معمولاً در محل بیمارستان‌ها انجام گرفته و نیاز به مکان کمتر حس می‌شود. جمع‌بندی مطالعات انجام شده در خصوص مکان‌یابی دفن زباله و اثرات زیست محیطی آن نشان می‌دهد که چهار معیار محیط زیست طبیعی، زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی، اقتصادی و نحوه بهره‌برداری از اراضی در مکان مناسب موثر است (Liu et al., 2018; Wang et al., 2018) این چهار معیار اصلی، به زیرمجموعه‌هایی تقسیم‌بندی می‌شود که هریک دارای ارزش خاصی نیز می‌باشد. در زیر چهار معیار اصلی و زیرمجموعه پارامترهای موثر بر مکان دفن زباله بیان شده است.

الف) معیار محیط زیست طبیعی

یکی از مهمترین و تاثیرگذارترین پارامترهای هواشناسی، باران است که با توجه به نقش تغذیه منابع آب و سیلاب در شرایط خاص در مکان دفن زباله و تاثیر بر تجزیه‌پذیری زباله حائز اهمیت است. در ماههای سرد، رطوبت ناشی از بارش در تجزیه پذیری ناقص، ایجاد بو و شیرابه‌های زباله حساس بوده و انتقال و پراکنش بو در مناطق پائین دست دفن زباله را ایجاد می‌کند. با توجه به شیرابه تولید شده در مناطق دفن زباله، شبکه آبراهه و رودخانه‌های منطقه از نظر پتانسیل سیلخیزی و حریم این منابع بسیار مهم می‌باشد. مشخص شدن پهنه‌های سیل‌گیر و داشتن حریم ۳۰۰ متر از بستر رودخانه‌ها بسیار مهم است (Alberta Environment Protection Agency, 2010). به منظور برآورد میزان سیلاب در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله از روابط تجربی در زیرحوضه‌های منتهی به دشت بیرجند استفاده گردید. روش‌های استدلالی، کریگر و فولر انتخاب گردید.

همچنین شیب اراضی در انتقال و نحوه جریانات آب سطحی و شیرابه زباله نقش مهمی را دارد که زیاد بودن میزان شیب یا مسطح بودن منطقه جهت دفن مناسب نبوده و وجود شیب کم که علاوه بر زهکشی منطقه سبب عدم تجمع شیرابه نیز گردد مناسب است. در شکل ۲ نمایی از منطقه با دیدگاه معیارهای محیط زیست طبیعی نمایش داده شده است.



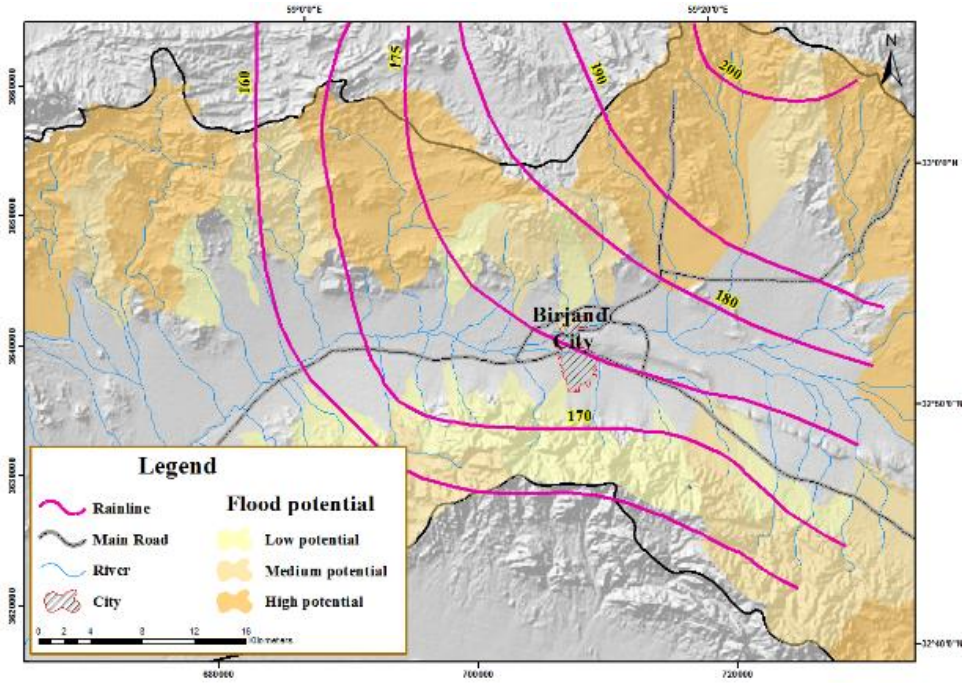
شکل ۱- مراحل انجام پژوهش.

Fig. 1. Stages of research.

ب) شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی

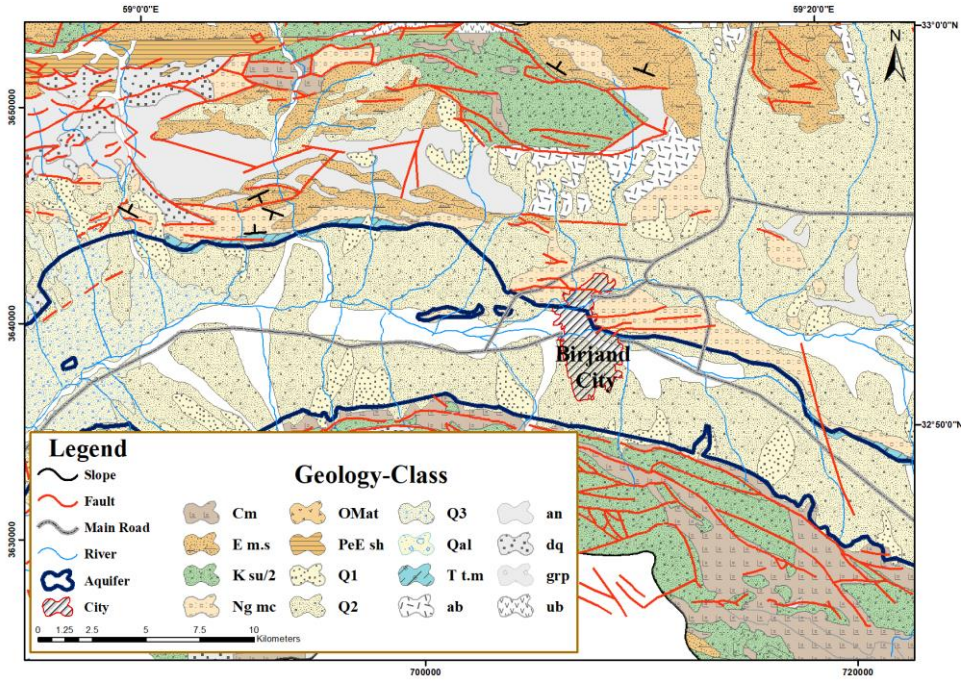
نفوذ شیرابه‌های ایجاد شده در عرصه‌های دفن زباله تاثیر شدیدی بر کیفیت منابع طبیعی محدوده گذاشته و سبب از بین رفتن محیط زیست و آلودگی منابع آب زیرزمینی می‌گردد. یکی از فاکتورهای مهم در اراضی دفن زباله، داشتن شرایط مناسب از نظر زمین‌شناسی و خاک منطقه است که از ابعاد مختلف می‌بایست مورد ارزیابی قرار گیرد. در مناطقی که سازندهای نفوذپذیر زمین‌شناسی قرار دارد احتمال انتقال و نفوذ شیرابه‌ها به منابع آب زیرزمینی بیشتر بوده که براین اساس سازندهای آبرفتی با نفوذپذیری نسبتاً بالا به عنوان ضعیف‌ترین نوع سازندها شناخته می‌شود. از بعد دوم نیز فرسایش در محدوده دفن زباله حائز اهمیت است بطوریکه فرسایش سبب انتقال باقیمانده مواد زباله و شیرابه به پائین‌دست می‌شود. رعایت حریم نسبت به خطواره‌های زمین‌شناسی بخصوص گسل‌ها و شکستگی‌های زمین، بسیار تاثیرگذار بوده و باعث عدم جابجایی و انتقال زباله و شیرابه می‌گردد که معمولاً حریم حداقل ۲۰۰ متری لحاظ می‌شود (Alberta Environment Protection Agency, 2010). براین اساس در شکل ۳ وضعیت زمین‌شناسی، گسل‌ها، جهت شیب و عوارض طبیعی متاثر منطقه ارائه شده است.

نشت و نفوذ شیرابه از پساب زباله‌های شهری یکی از مواد آلاینده‌های زیست محیطی است که بصورت آلودگی DNAPL ها وارد آبخوان می‌شود. آلودگی DNAPL با ورود به سفره‌ی آب زیرزمینی سبب تجمع الودگی در بالای سنگ بستر آبخوان شده و با پمپاژ آب جهت مصارف شرب و کشاورزی وارد چرخه زندگی انسان می‌شود. لذا محدوده دفن زباله از حیث فاصله تا سطح آب زیرزمینی و منابع آب زیرزمینی بخصوص چاه های بهره برداری بسیار حائز اهمیت است (Mansouri et al., 2013). بدین منظور در مناطقی که محل دفن زباله و منابع آب زیرزمینی در یک محدوده قرار دارند می‌بایست محل دفن در پایین دست منابع آب زیرزمینی، حداقل ۳۰ متر تا سطح آب زیرزمینی فاصله داشته و حریم ۳۰۰ متری از چاههای آب شرب با رعایت مسائل بهداشتی و ۱۰۰ متری نسبت به سایر منابع آب زیرزمینی ضروری است. در شکل ۴ خصوصیات هیدروژئولوژی منطقه نمایش داده شده است. کلاس‌بندی فرسایش اراضی براساس مطالعات انجام شده در منطقه با توجه به نوع سازندهای زمین‌شناسی، شیب زمین، سیلاب و سایر عوامل محیطی موثر انجام شده است. کلاس A بعنوان حساس‌ترین و فرسایش‌پذیرترین منطقه و کلاس D مقاوم‌ترین بخش در مقابل فرسایش می‌باشد.



شکل ۲- بررسی معیارهای پتانسیل سیلاب و بارش منطقه.

Fig. 2. Evaluation criteria for the flood and rain in the region.



شکل ۳- زمین‌شناسی منطقه و گسل‌ها.

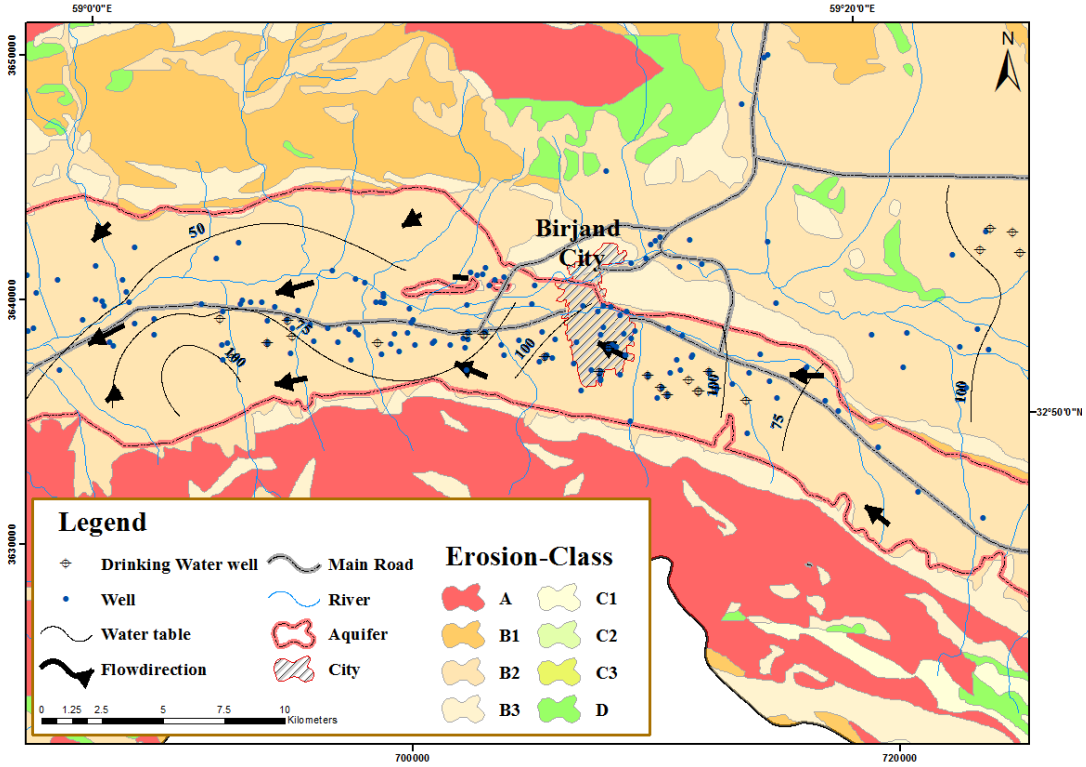
Fig. 3. Geology of the area and faults.

ج) وضعیت عوامل اقتصادی

عوامل اقتصادی در ارزش زمین، عمر مفید مکان دفن زباله و سیستم جابجایی خلاصه می‌شود. از لحاظ اقتصادی مناسب‌ترین محل می‌بایست ارزش قیمتی معادل ۵۰ درصد زمین‌های اطراف را داشته باشد و با توجه به میزان تولید زباله‌ی منطقه می‌بایست توان پذیرش حداقل ۱۵ سال زباله را داشته باشد. میزان و حجم تولید زباله ارتباط مستقیمی با جمعیت یک منطقه داشته و به منظور تامین عمر مفید می‌بایست براساس رشد جمعیت در دوره ۱۵ ساله، میزان تولید زباله برآورد گردد. براساس آخرین نرخنامه رشد جمعیت در منطقه و جمعیت فعلی شهر که حدود ۲۳۰۰۰۰ نفر است مطابق رابطه ۱ جمعیت برای سال ۲۰۳۴ برای رشد جمعیت ۲ و ۲/۵ درصد بین ۳۰۹۰۰۰ تا ۳۳۳۰۰۰ نفر برآورد می‌گردد (Jaramillo., 2003).

$$P_{2034} = p_{2019\,(1+r)^n}$$ (رابطه ۱)

در این رابطه P_{2034} : جمعیت در سال ۲۰۳۴، P_{2019} : جمعیت در سال ۲۰۱۹، r: نرخ رشد جمعیت (بین ۲ تا ۲/۵ درصد) و n: تعداد سال برای پیش بینی (۱۵ سال). همچنین میزان تولید زباله براساس تحقیقات میدانی، روزانه برای هر نفر بین ۸۰۰ تا ۹۰۰ گرم می‌باشد که با توجه به رشد جمعیت حداقل و حداکثر میزان زباله تولید در طی ۱۵ سال بصورت شکل ۵ برآورد می‌شود. همچنین داشتن راه‌های ارتباطی و داشتن حداقل فاصله از نظر مکان مناسب جهت دفن می‌تواند نقش مهمی در میزان هزینه‌های انتقال زباله تا محل دفن داشته باشد. با توجه به فعالیت‌های ثابت روزمره و تولید همیشگی، داشتن حداقل فاصله نقش مهمی در بحث اقتصادی دارد.

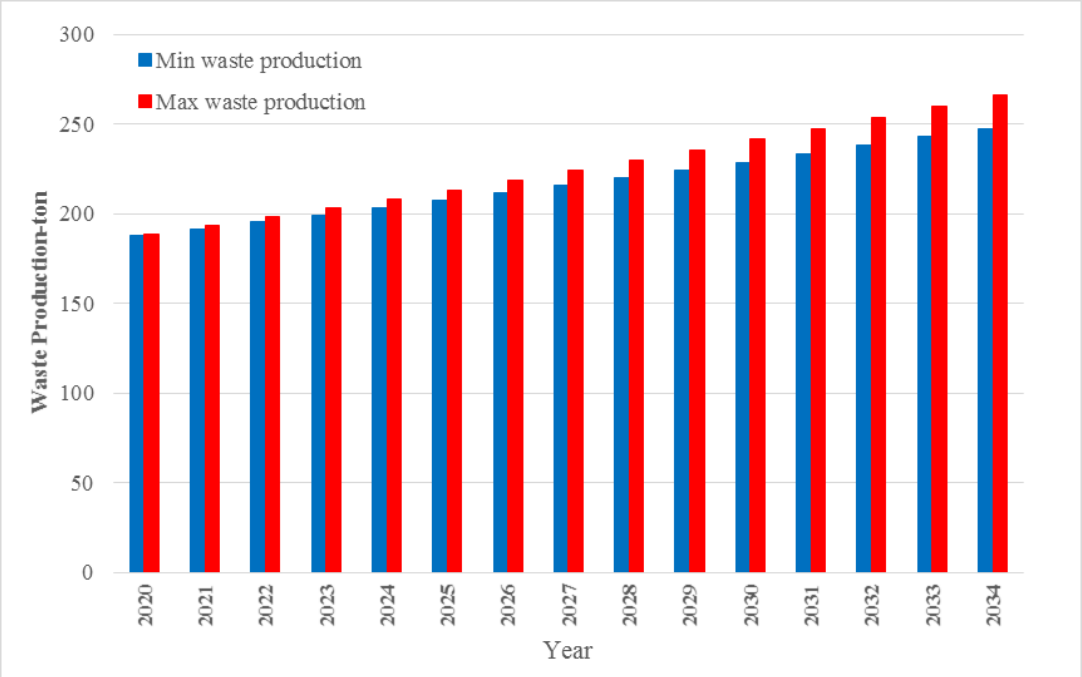


شکل ۴- خصوصیات هیدرولیک جریان آب زیرزمینی منطقه

Fig. 4. Hydraulic characteristics of groundwater flow of the area.

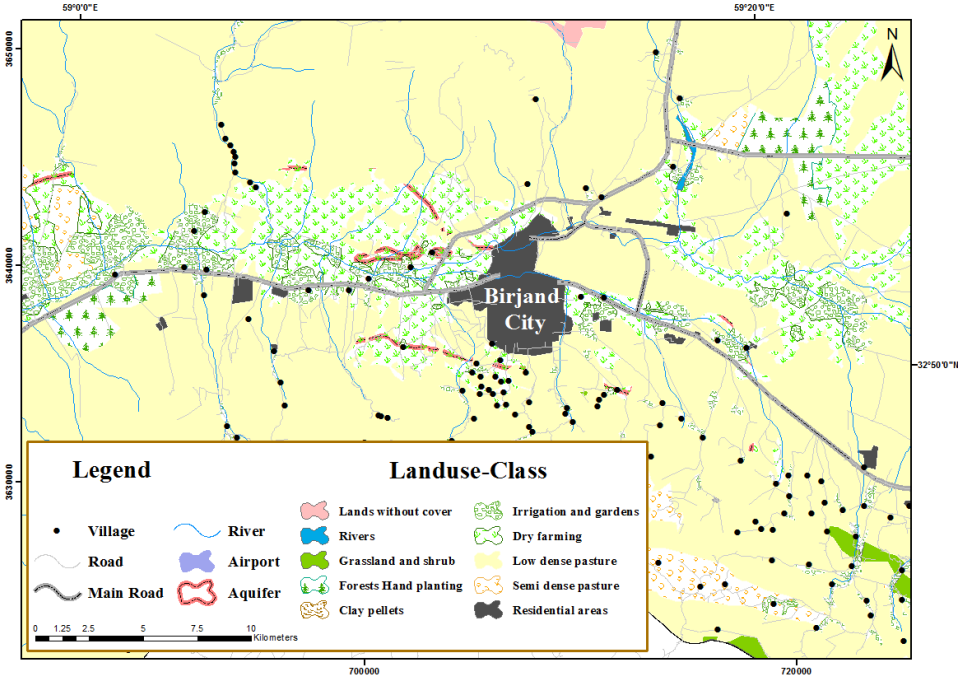
د) نحوه بهره‌برداری منطقه

کاربری اراضی به عنوان یکی از پارامترهای محیطی نیز می بایست از حیث آمایش زمین مدنظر قرار گیرد و کمترین تخریب را جهت آماده‌سازی می‌بایست داشته باشد لذا بهتر است مکان دفن زباله در اراضی مرتعی که فاقد بهره بردار خاصی است بنا شود. از نظر قابلیت بهره‌برداری و استفاده اراضی، محل دفن زباله می بایست نسبت به کاربری‌های مسکونی، تاریخی، فرودگاه و غیره حریم مناسب را رعایت کند. فاصله از مناطق مسکونی شهری و روستایی بین حداقل ۳ و حداکثر ۲۰ کیلومتر، فاصله حداقل ۸ کیلومتر تا فرودگاه، ۷۰۰ متر تا مراکز تاریخی و باستانی، ۳۰۰ متر از مراکز جمعیتی، هتل، رستوران، تأسیسات فرآوری خوراکی‌ها، مدارس و پارک‌های عمومی نیز از دیگر الزمات محل دفن زباله است. در شکل ۶ موقعیت عوارض تاثیرگذار برای دفن زباله نشان داده شده است.



شکل ۵- حداقل و حداکثر زباله تولید در طی ۱۵ سال آتی.

Fig. 5. Minimum and maximum waste generation over the next 15 years.

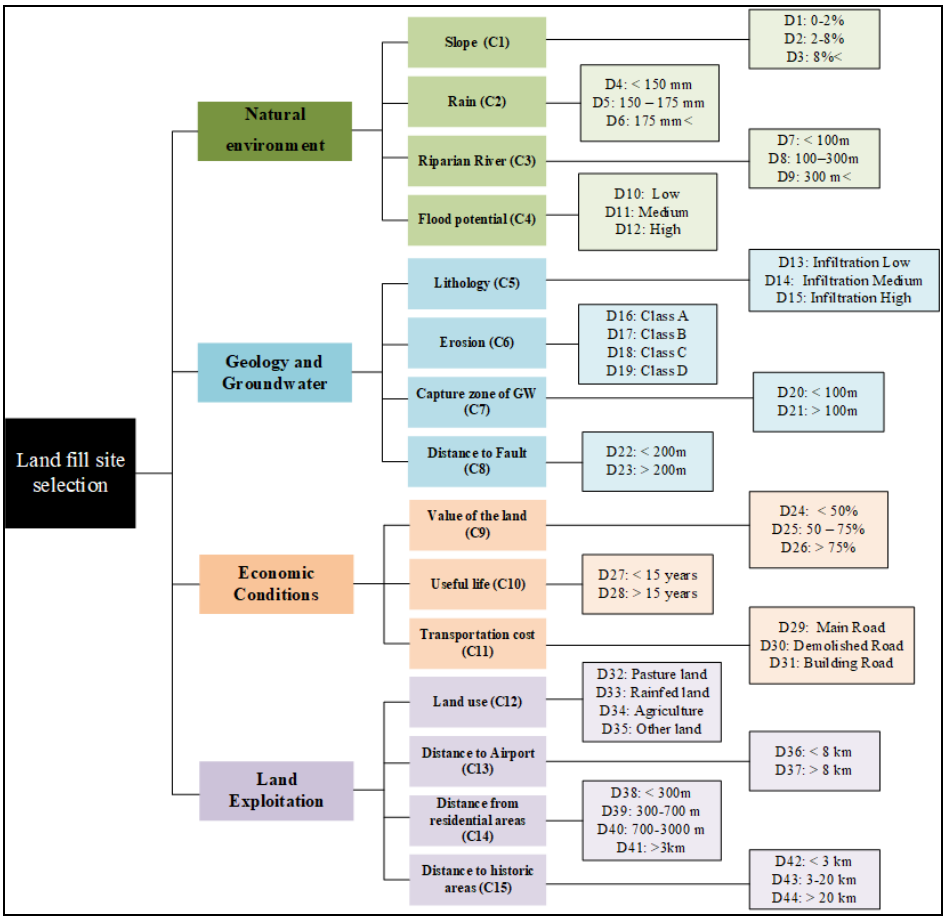


شکل ۶- عوارض تاثیرگذار جهت رعایت حریم در مکان‌یابی دفن زباله.

Fig. 6. Impressive effects for privacy in locating landfills.

با توجه به مشخص شدن پارامترهای مهم و تاثیرگذار در مکان دفن زباله، شکل ۷ نمودار درختی پارامترهای تاثیرگذار در محل دفن زباله نشان داده شده است. این نمودار درختی از ۴ معیار اصلی و ۱۵ زیرمعیار تشکیل شده است. معیارهای محیط زیست طبیعی، شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی، وضعیت عوامل اقتصادی و نحوه بهره‌برداری منطقه به عنوان معیارهای اصلی انتخاب شدند. هریک از این معیارها از مجموعه‌ای از زیرمعیارها با کلاس‌بندی مشخص تشکیل شده است که همانطور که مشخص است معیار محیط زیست شامل ۴ زیرمعیار شیب اراضی، میزان بارش، فاصله تا منابع آب سطحی و پتانسیل سیلاب در منطقه است. معیار شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولویکی براساس ۴ زیرمعیار سازندهای زمین‌شناسی، فرسایش، فاصله تا منابع آب زیرزمینی و فاصله تا گسل‌ها تفکیک

گردید. معیار عوامل اقتصادی براساس ۳ زیرمعیار ارزش زمین، هزینه انتقال و عمرمفید منطقه تقسیم گردید. کاربری اراضی، فاصله تا فرودگاه، مراکز تاریخی و سکونتگاه‌ها نیز ۴ زیرمعیار برای معیار نحوه بهره‌برداری مشخص شد. در نهایت کلاس‌بندی هر یک از این عوامل با توجه به مطالعات انجام گرفته و شرایط محیطی منطقه انجام گرفت که در شکل ۷ ارائه شده است.



شکل ۷- نمودار درختی پارامترهای موثر در مکان دفن زباله.

Fig. 7. Tree diagram of effective parameters in landfill.

مدلهای تصمیم‌گیری در خصوص مکان‌یابی مناسب دفن زباله

با توجه به پیچیدگی مسائل مرتبط با منابع طبیعی و عدم قطعیت‌های مرتبط با آن، استفاده از رویکردهایی که بتواند ابعاد مختلف و تاثیرگذار یک موضوع را بررسی و در تصمیم نهایی اعمال کند بسیار مهم و حائز اهمیت است. براین اساس از دو رویکرد مدل آنتروپی شانون و فرآیند تحلیل شبکه‌ای استفاده گردید.

الف) مدل آنتروپی شانون

این مدل برگرفته شده از تئوری اطلاعات است که اولین بار توسط کلود ال وود شانون در سال ۱۹۸۴ ارائه شد. آنتروپی یک رویکرد مدیریتی است که به منظور برخورد با بی‌نظمی، بی‌ثباتی، اغتشاش و عدم اطمینان موجود در یک سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yufeng and Fengxiant, 2009). تکنیک وزن‌دهی آنتروپی شانون یکی از مهمترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری کمّی است که می‌تواند در بسیاری از موارد تصمیم‌گیری گروهی و غیرگروهی به کار گرفته شود. برپا استفاده از این مدل، ابتدا می‌بایست ماتریس تصمیم‌گیری ایجاد شود. این ماتریس حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند برای ارزیابی بکار رود. مدل کلی آنتروپی بصورت رابطه ۲ بیان می‌شود.

$$E_j = -K.\sum_{n=1}^{m} P_{ij}.Ln\,P_{ij} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

در این رابطه Ej ارزش آنتروپی و Pij ماتریس تصمیم‌گیری است. این ماتریس بصورت رابطه ۳ بیان می‌شود. در این رابطه rij مقدار وزن هر یک از لایه‌ها است. ضریب K نیز با استفاده از رابطه ۴ و تعداد واحد کاری نیز با m نمایش داده می‌شود.

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{n=1}^{m} r_{ij}} \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

$$K = \frac{1}{Ln\ m}$$ (رابطه ۴)

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و برآورد مقدار Ej مقدار Vj که بیانگر درجه انحراف عدم اطمینان است از رابطه ۵ بدست می‌آید. در نهایت با استفاده از رابطه ۶ وزن هر معیار مشخص می‌شود.

$$V_j = 1 - E_j$$ (رابطه ۵)

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^{m} V_j}$$ (رابطه ۶)

ب) روش ANP

فرآیند تحلیل شبکه‌ای یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که مدل توسعه یافته روش تحلیل سلسله مراتبی است (Xu et al., 2015). در این مدل شبکه جایگزین سلسله مراتب شده و در تصمیم‌گیری شبکه‌ای و با وابستگی عناصر انجام می‌شود. در روش تحلیل سلسله مراتبی روابط بین سطوح تصمیم مختلف تصمیم‌گیری یک طرفه بوده سلسله مراتب با اهدافی در بالاترین سطوح و گزینه‌هایی در پایین‌ترین سطح بر اساس مفهوم پویا زنجیره مارکوف در نظر گرفته می‌شود (Chen et al., 2010). مزیت اصلی این روش سنجش سنجه‌های مختلف براساس روابط آنها بوده که تجزیه و تحلیل شبکه‌ای با مقیاس اندازه‌گیری نسبی مبتنی بر مقایسات زوجی انجام می‌شود. فرآیند تحلیل شبکه‌ای به روش ANP در ۴ مرحله ساخت مدل و ساختار شبکه‌ای، تشکیل ماتریس مقایسه دودویی، برآورد وزن نسبی و کنترل سازگاری، تشکیل سوپر ماتریس و تبدیل آن به سوپر ماتریس حد و انتخاب گزینه برتر انجام می‌گیرد.

نتایج و بحث

تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها

به منظور وزن‌دهی ۴ معیار اصلی و ۱۵ زیرمعیار که در مکان دفن زباله موثر و تاثیرگذار هستند از یک ماتریس که مستخرج از ترکیب ۳۰ پرسشنامه است استفاده شد. این پرسشنامه‌ها توسط متخصصین و کارشناس این حوزه تکمیل و مورد تحلیل قرار گرفت. انتخاب وزن برای معیارها و زیرمعیارها با توجه به درجه اهمیت و مقدار تاثیر هر یک از عناصر، تعیین می‌شود. پرسشنامه بصورت تلفیق جدول ۱ و ۲ در اختیار متخصصان قرار گرفت و با امتیازدهی بین ۰ تا ۱۰ تکمیل گردید. پس از تکمیل با استفاده از آنالیز آماری، وزن معیارها و زیرمعیارها محاسبه شد. در جدول ۱ وزن‌دهی معیارهای اصلی و زیرمعیارها با دو روش آنتروپی و ANP تعیین شده است.

جدول ۱- وزن معیارها و زیرمعیارها برای سه روش وزن‌دهی.

Table 1. Weight of criteria and sub-criteria for three weighting methods.

Criteria	ANP	Entropy	Factor	ANP	Entropy
Natural Environment (B1)	37%	39%	Slope (C1)	14%	17%
			Rain (C2)	18%	14%
			Riparian river (C3)	28%	31%
			Flood potential (C4)	40%	38%
Geology and Groundwater (B2)	25%	27%	Lithology (C5)	32%	35%
			Erosion (C6)	18%	11%
			Capture zone of GW (C7)	39%	42%
			Distance to fault (C8)	11%	12%
Economic Conditions (B3)	17%	14%	Value of the land (C9)	62%	61%
			Useful life (C10)	29%	27%
			Transportation cost (C11)	9%	12%
Land Exploitation (B4)	21%	20%	Land use (C12)	25%	31%
			Distance to airport (C13)	15%	21%
			Distance from residential areas (C14)	45%	45%
			Distance to historic areas (C15)	15%	3%

وزن‌دهی به هریک از لایه‌ها براساس نقشی که در داخل آن لایه و تاثیر آن در مکان دفن زباله دارد انجام گرفته است محاسبه شده است. براساس روش ANP، بیشترین وزن مربوط به پارامتر محیط زیست طبیعی(B1) می‌باشد که وزن ۳۷ درصد را دارا می‌باشد و کمترین وزن مربوط به پارامتر شرایط اقتصادی (B3) با وزن ۱۷٪ است. در روش ANP اولویت‌بندی ۴ معیار اصلی از نظر وزن‌دهی مشابه روش ANP است اما مقادیر وزنی آنها متفاوت محاسبه شد. همچنین وزن‌دهی با دو روش فوق برای زیرمعیارها نیز انجام گرفت.

پس از وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارهای اصلی جهت مکان‌یابی دفن زباله، رتبه‌دهی درون گروهی هریک از پارامترها نیز با روش آنتروپی و ANP انجام گرفت. براین اساس با توجه به کلاس‌بندی انجام شده در هر پارامتر و ماهیت هر پارامتر از نظر موجودیت رتبه‌دهی بصورت جدول ۲ انجام گرفت.

جدول ۲- رتبه‌دهی پارامترهای موثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی.

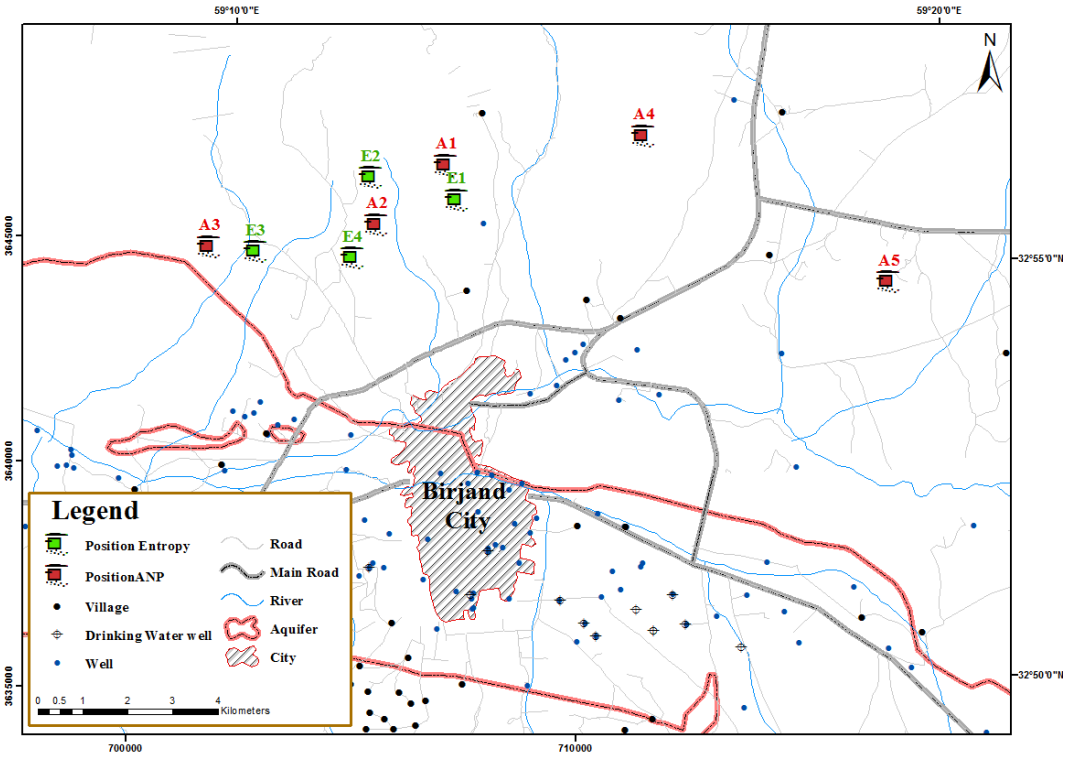
Table 2. Estimating effective parameters in groundwater resource potential.

Factors	Class	ANP	Entropy	Sub-Factors	Class	ANP	Entropy
Slope (C1)	< 2%	45%	55%	Value of the land (C9)	< 50%	70%	64%
	2-8%	37%	34%		50-75%	25%	24%
	8% <	18%	11%		75% <	5%	12%
Rain (C2)	< 150mm	55%	48%	Useful life (C10)	< 15 years	20%	17%
	150-175 mm	38%	33%		> 15 years	80%	83%
	> 175mm	7%	19%	Transportation cost (C11)	Main road	25%	17%
Riparian river (C3)	< 100m	10%	7%		Demolished road	50%	66%
	100-300 m	35%	26%		Building road	25%	17%
	> 300m	55%	67%	Land use (C12)	Pasture	70%	78%
Flood potential (C4)	Low	65%	68%		Rain-fed	5%	2%
	Medium	25%	22%		Agriculture	2%	3%
	High	10%	10%		Other land	23%	18%
Lithology (C5)	Infiltration low	70%	83%	Distance to airport (C13)	< 8km	12%	9%
	Infiltration medium	25%	15%		> 8km	88%	91%
	Infiltration high	5%	2%	Distance from residential areas (C14)	< 300m	0%	0%
Erosion (C6)	Class A	0%	0%		300-700m	5%	2%
	Class B	5%	13%		7000-3000m	16%	12%
	Class C	30%	25%		> 3 km	79%	86%
	Class D	65%	62%	Distance to historic areas (C15)	<3	3%	6%
Capture zone of GW (C7)	< 100m	0%	0%		3-20	11%	9%
	> 100m	100%	100%		20<	%86	85%
Distance to fault (C8)	< 200m	0%	0%				
	> 200m	100%	100%				

تعیین مکان مناسب با استفاده از روش ANP و آنتروپی

با توجه به وزن و رتبه‌های تعیین شده برای مکان‌یابی با دو روش آنتروپی و ANP، در محیط نرم‌افزار GIS پهنه‌بندی معیارهای بدست آمده انجام و محدوده‌های مناسب جهت دفن زباله مشخص گردید. نتایج ارائه شده با روش آنتروپی نشان می‌دهد که چهار بخش بعنوان مناطق مناسب جهت دفن زباله است که این چهار بخش با توجه به خصوصیات مختلف بخصوص بحث نفوذپذیری و نوع سازندهای زمین‌شناسی در بخش شمال و شمال غرب شهر واقع شده است. این منطقه با توجه به شیب عمومی کم، توسعه یافتگی کمتر نسبت به ضلع جنوبی قابلیت بیشتری جهت دفن زباله دارد. همچنین بررسی نتایج حاصل از روش ANP نیز نشان داد که ۵ محدوده منتخب جهت مکان‌یابی در بخش غربی و دو محدوده در بخش شرقی شهر قرار دارد. اگرچه فاصله محدوده‌های شرقی نسبت به شهر زیاد است اما احتمال آلودگی ناشی از دفن زباله با توجه به عدم توسعه این منطقه وجود دارد. در شکل ۸ محدوده‌های مناسب جهت دفن زباله به روش ANP و روش آنتروپی نمایش داده شده است.

با توجه به پتانسیل سیلاب، نفوذپذیری سازندهای زمین‌شناسی، فاصله تا آبخوان، فاصله تا منابع آب زیرزمینی، فرسایش پذیری و سایر عوامل موثر بر مکان دفن زباله کلیه موقعیت‌های پیشنهادی با دو روش در بخش شمالی شهر و آبخوان قرار گرفته است. پراکنش مکان‌های انتخابی با دو روش آنتروپی و ANP نشان می‌دهد که روش ANP پراکنش فاصله‌ای بیشتری نسبت به روش آنتروپی دارد. دو موقعیت A4 و A5 نسبت به سایر مکان‌های انتخابی فاصله بیشتری داشته و این دو مکان نسبت به آبخوان بیرجند و شهر بیرجند فاصله بیشتری دارد. در جدول ۳ موقعیت مکان‌های انتخابی و فاصله تا نزدیک‌ترین راه ارتباطی اصلی و شهر بیرجند برای دو روش ارائه شده است.



شکل ۸- محدوده‌های مناسب جهت دفن زباله با روش ANP و روش آنتروپی.

Fig. 8. Suitable areas for waste disposal by ANP and Entropy.

جدول ۳- موقعیت مکان‌های انتخابی با دو روش ANP و آنتروپی.

Table 3. Location of selected sites by ANP and entropy methods.

Location Methods	Name of location	UTM X	UTM Y	Distance to Birjand city-km	Distance to main road- km
ANP	A1	707116	3646570	4.8	1.6
	A2	705575	3645250	3.8	0.7
	A3	701858	3644760	5.6	1
	A4	711515	3647221	6.2	1.5
	A5	716947	3643975	8.5	1
Entropy	E1	707355	3645793	3.5	0.9
	E2	705444	3646296	4.7	0.8
	E3	702887	3644645	5	0.7
	E4	705054	3644505	3.3	0.6

نتیجه‌گیری

مکان‌یابی یا تعیین یک مکان مناسب می‌بایست از جنبه‌های مختلف، پتانسیل بهره‌برداری را در طول عمر مفید با کمترین اثرات بر محیط زیست را داشته باشد. با توجه به اهمیت و نقش آلاینده‌های ناشی از دفن زباله، معیارهای مختلفی در انتخاب مکان دفن موثر هستند. مطالعات مختلفی در زمینه مکان‌یابی دفن زباله و اثرات آن در کشور انجام گرفته است اما بررسی موضوعی این مطالعات نشان می‌دهد که معمولاً از یک مدل مفهومی جهت تدوین پارامترهای مشخص برای مکان‌یابی دفن زباله استفاده نشده است. مدل مفهومی ارائه شده علاوه بر ارائه پارامترهای موثر بر دفن زباله، رویکردهای مدل تصمیم‌گیری و نقش پارامترها را بخوبی روشن می‌سازد. مدل مفهومی ارائه شده در برگیرنده ۴ معیار اصلی و ۱۵ زیرمعیار است که با توجه به مطالعات مختلف انجام گرفته شده در کشور می‌تواند در بیشتر مناطق کشور مورد استفاده قرار گرفته شود. Yousefi و همکاران (2013)؛ Jalalian و Dadgar (2014)، Yamani و Alizadeh (2018)، Hejazi (2016)، Ganbari و همکاران

(2017) و Hemmati و Hejazi (2020) مجموعه‌ای از مطالعات انجام گرفته شده هستند که از پارامترهای مختلفی بدون در نظر گرفتن یک چارچوب برای مکان‌یابی و تصمیم‌گیری استفاده کردند. اما با ارائه روشهای مختلف جهت مکان‌یابی و نقش پارامترهای مختلف را بر مکان دفن زباله مورد بحث قرار دادند. در این مطالعه جهت مکان‌یابی دفن زباله و ارزیابی این مکان‌یابی از دو روش آنتروپی و ANP استفاده شد. براساس مطالعات مختلف انجام شده چهار معیار اصلی محیط طبیعی، زمین‌شناسی و آب زیرزمینی، شرایط اقتصادی و بهره‌برداری از اراضی و ۱۵ زیر معیار جهت مکان‌یابی انتخاب گردید. پس از وزن‌دهی معیارها با دو روش مکان‌یابی، ۵ مکان مناسب با روش ANP و ۴ مکان مناسب با روش آنتروپی در بخش شمالی شهر بیرجند انتخاب گردید. پراکنش مکانی در روش ANP نسبت به روش آنتروپی بیشتر بوده و دو مکان A4 و A5 در بخش شمال شرق شهر با فاصله نسبت به سایر مکان‌ها انتخاب شدند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مکان‌یابی دفن زباله می‌بایست با توجه به توسعه‌های مختلف جوامع شهری هر چندسال، بصورت مهندسی بروزرسانی شود و آماده‌سازی مکان‌های مناسب در سالیان آتی بعنوان یک ابزار در اختیار تصمیم‌گیران قرار گیرد.

منابع

Alberta Environment Protection Agency, 2010. Standards for landfills in Alberta, Government of Alberta.

Aragonés-Beltrán, P., Pastor-Ferrando, J.P., García-García, F., Pascual-Agulló, A., 2010. An analytic network process approach for siting a municipal solid waste plant in the metropolitan area of Valencia (Spain). Journal of Environmental Management 91(5), 1071-1086.

Bottero, M., Comino, E., Riggio, V., 2011. Application of the analytic hierarchy process and the analytic network process for the assessment of different wastewater treatment systems. Environmental Modelling & Software 26(10), 1211-1224.

Chang, N.B., Parvathinathan, G., Breeden, J.B., 2008. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. Journal of Environmental Management 87(1), 139-153.

Chen, Y.C., Lien, H. P., Tzeng, G.H., 2010. Measures and evaluation for environment watershed plans using a novel hybrid MCDM model. Expert Systems With Applications 37(2), 926-938.

Choudhary, D., Shankar, R., 2012. An STEEP-fuzzy AHP-TOPSIS framework for evaluation and selection of thermal power plant location: A case study from India. Energy 42(1), 510-521.

Chitsazan, M., Akhtari, Y., 2009. A GIS-based DRASTIC Model for Assessing Aquifer Vulnerability in Kherran Plain, Khuzestan, Iran. Water Resources Management 23, 1137–1155.

De Feo, G., De Gisi, S., 2010. Using an innovative criteria weighting tool for stakeholders involvement to rank MSW facility sites with the AHP. Waste Management 30(11), 2370-2382.

Ekmekçioğlu, M., Kaya, T., Kahraman, C., 2010. Fuzzy multicriteria disposal method and site selection for municipal solid waste. Waste management 30(8-9), 1729-1736.

Ganbari, S., Shayan, M., Dehban nejad, A., 2017. Ahwaz municipal solid waste sanitary burial location using software models and software Arc GIS Visual PROMETHEE. Territory journal 14 (53), 109-124. (In Persian).

Geneletti, D., 2010. Combining stakeholder analysis and spatial multicriteria evaluation to select and rank inert landfill sites. Waste Management 30(2), 328-337.

Hejazi, S.A., 2016. Landfill Site Selection Using Spatial Information Technologies and AHP: A Case Study of Marageh, Iran. Journal of Geography and Planning 19(54), 105-125. (In Persian).

Hemmati, F., Hejazi, S.A., 2020. Positioning appropriate site for Lighvan village landfill using analytic network (ANP). Journal of Geography and Planning. (In Persian).

Jalalian, H., Dadgar, H., 2014. The location analysis of rural waste sanitary Case: Vill of Qaleh Dareh-C in Makoo County. Journal Space Economy & Rural Development 2(6), 97-114 (In Persian).

Jaramillo, J., 2003. Guidelines for the design, construction and operation of manual sanitary landfills, Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Science.

Kardan Moghaddam, H., Kardan Moghaddam, H., Yarifard, A.A., Kabirirad, S., 2016. Use of GIS in applying Fuzzy, Boolean and AHP algorithms in landfill site selection (municipal landfill location study). International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS), 14(2).

Khadivi, M.R., Ghomi, S.F., 2012. Solid waste facilities location using of analytical network process and data envelopment analysis approaches. Waste management 32(6), 1258-1265.

Khan, S., Faisal, M.N., 2008. An analytic network process model for municipal solid waste disposal options. Waste management 28(9), 1500-1508.

Korucu, M.K., Erdagi, B., 2012. A criticism of applications with multi-criteria decision analysis that are used for the site selection for the disposal of municipal solid wastes. Waste Management 32(12), 2315-2323.

Liu, K. M., Lin, S. H., Hsieh, J. C., Tzeng, G. H., 2018. Improving the food waste composting facilities site selection for sustainable development using a hybrid modified MADM model. Waste Management 75, 44-59.

Mansouri, B., Moussavi, S. P., Salehi, K., Salehi, J., Kardan-Moghaddam, H., Mahmoodi, M., Etebari, B., 2013. Assessment of Birjand flood plain water quality by physico-chemical parameters analysis in Iran. Journal of Advances in Environmental Health Research, 1(2), 101-111.

Moghaddam, H.K., Kivi, Z.R., Bahreinimotlagh, M., Moghddam, H.K., 2020. Evaluation of the groundwater resources vulnerability index using nitrate concentration prediction approach. Geocarto International 1-15.

Seng, B., Hirayama, K., Katayama-Hirayama, K., Ochiai, S., Kaneko, H., 2013. Scenario analysis of the benefit of municipal organic-waste composting over landfill, Cambodia. Journal of Environmental Management 114, 216-224.

Tavares, G., Zsigraiová, Z., Semiao, V., 2011. Multi-criteria GIS-based siting of an incineration plant for municipal solid waste. Waste Management 31(9-10), 1960-1972.

Wang, Y., Li, J., An, D., Xi, B., Tang, J., Wang, Y., Yang, Y., 2018. Site selection for municipal solid waste landfill considering environmental health risks. Resources, Conservation and Recycling 138, 40-46.

Xu, P., Chan, E.H., Visscher, H.J., Zhang, X., Wu, Z., 2015. Sustainable building energy efficiency retrofit for hotel buildings using EPC mechanism in China: analytic Network Process (ANP) approach. Journal of Cleaner Production 107, 378-388.

Yamani, M., Alizadeh, S., 2018. Optimal Location of Landfill for Solid Waste in Hashtgerd area using Analytical Hierarchy Process (AHP) and Geographic Information System (GIS). Scientific-Research Quarterly of Geographical Data 24 (96), 79-90 (In Persian).

Yousefi, Z., Gharanjik, A.M., Amanpour, B., Adeli, M., 2013. Selection of Solid Waste Landfill Site Using Remote Sensing and Geographical Information System: A Case Study in Gonbad-e Qabus. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences 23 (1), 105-114 (In Persian).

Yufeng, S., Fengxiang, J., 2009. Landslide stability analysis based on generalized information entropy. In 2009 International Conference on Environmental Science and Information Application Technology 2, 83-85.

Zamorano, M., Molero, E., Hurtado, A., Grindlay, A., Ramos, A., 2008. Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology. Journal of Hazardous Materials 160(2-3), 473-481.

© 2021 Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).