فصلنامه علوم محیطی، دوره بیست و یکم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲

۴۷-۶۴

مقاله پژوهشی

بررسی و تحلیل حساسیت ریسک مراکز دفن زباله بر آلودگی منابع پذیرنده آب استان خراسان شمالی

صادق پرتانی[۱]* و آسیه نوروزی[۲]

[۱] گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران
[۲] گروه پژوهشی اکولوژی انسانی شهری کارگشا، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵

پرتانی، ص. و آ. نوروزی. ۱۴۰۲. بررسی و تحلیل حساسیت ریسک مراکز دفن زباله بر آلودگی منابع پذیرنده آب استان خراسان شمالی. فصلنامه علوم محیطی. ۲۱(۱): ۴۷-۶۴.

سابقه و هدف: آلودگی منابع پذیرنده آب در محل‌های دفن پسماند، مهمترین خطر دفن زباله‌ها بر محیط زیست است. از این رو این پژوهش با دربرگیری شناخت ویژگی‌های منابع و آلاینده‌ها و محیط‌های تحت تاثیر آلودگی و نوع آن، ریسک اکولوژیکی (جامعه انسانی، فون و فلور طبیعی) را شناسایی نموده و تاثیرات آنها را با اولویت‌بندی جامع بررسی کرده است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه کاربردی تلفیقی، طی یک فرآیند گام به گام و مرحله‌ای و با استفاده از اطلاعات و آمار موجود (از نظر زمانی و پهنه مکانی تحت تاثیر) شامل نمونه‌هایی از غلظت عناصر و ترکیبات شیمیایی و فیزیکی آلاینده با منشا پسماند شهری و فعالیت‌های ناشی از دفن زباله، تمامی انواع ریسک‌هایی که باید به آن‌ها واکنش نشان داد شناسایی و سهم هریک از موثرها، اثرات و متأثرها بدست آمد. برنامه Axure RP برای ترسیم نمودارهای محاسبات سطح ایمنی، خطر و بعد و فاصله آنها و تحلیل ریسک مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد ریسک اکولوژیک منابع پذیرنده در اطراف مرکز دفن بجنورد به عنوان مرکز منتخب استان خراسان شمالی در دامنه ریسک اکولوژیک کم قرار گرفته است. ریسک بیولوژیک ناشی از فلزات سنگین در حد متوسط بوده، و ریسک چرخه غذایی انسانی و پوشش جانوری و گیاهی در رتبه کم و بدون تهدید برای چرخه غذایی می‌باشد. شاخص ریسک آلودگی عوامل موثر در محاسبه برای خاکچال بجنورد با شرایط اجرایی جاری معادل Rm=٪۸۱ برآورد شد. وضعیت این ریسک در دامنه بالای خطرات و در مرز مخاطرات قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری: با توجه به شناسایی و تحلیل انواع ریسک در اطراف خاکچال بجنورد، نقشه‌های هم‌ریسک، هم‌خطر و هم‌ایمن ترسیم شد که در نتیجه آن کانون‌های آسیب‌پذیر شناسایی و جهت کنترل و حفاظت از آن‌ها برنامه‌ریزی صحیح می‌تواند صورت گیرد. در واقع طراحی نقشه هم‌ریسک و منابع بالقوه و بالفعل آلودگی، نوع آلاینده و محیط هدف و تحت تاثیر با در نظر گرفتن دامنه زمانی می‌تواند مدیریت

* Corresponding Author: *Email Address*. s_partani@ub.ac.ir
http://dx.doi.org/10.48308/envs.2023.1222
http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1402.21.1.15.1

کیفی منابع را به‌شدت ارتقا داده و بانک اطلاعاتی موجود در کشور و استان را تکمیل وآماده برنامه‌ریزی‌های بلندمدت نماید.

واژه‌های کلیدی: منابع پذیرنده آب، خاکچال بجنورد، آلودگی ناشی از پسماند، نقشه هم‌ریسک، نقشه هم‌خطر.

مقدمه

آب مهمترین نیاز انسان برای زیستن است که علاوه بر سطح زمین در زیر زمین نیز وجود دارد و نگهداری از آن بسیار اهمیت دارد. بهره‌گیری نامناسب از آن ممکن است موجب آلوده شدن و در نتیجه زیان‌بخش بودن آن شود که بسیار خطرناک خواهد بود. از طرفی توسعه انسانی به‌ویژه در قرن بیستم دلیل عمده‌ی تغییر در الگوی استفاده از زمین و در نتیجه‌ی آن برهم خوردن توازن کلی کره زمین بوده است. با توسعه شهرها و بهبود وضع بهداشت عمومی، ارتقای سطح زندگی، گسترش فرهنگ مصرف‌گرایی در میان مردم، گسترش روز افزون مراکز صنعتی، کارگاه‌ها و کارخانه‌های تولیدی گوناگون روزانه میلیون‌ها تن پسماند نیز وارد فضای عمومی شهرها می‌گردد (Emrani *et al*., 2011). از طرفی با توجه به رشد روزافزون تولید پسماندها و همچنین مشکلات سیستم مدیریت پسماند، امروزه منطقی‌ترین و ضمنا کم هزینه‌ترین روش برای دفع پسماندهای شهری، دفن بهداشتی آن است (Janfada, 2019). مواد زائد جامد شهری دفن شده در زمین حاوی درصد بالایی آب هستند، چنانچه آب‌های سطحی نیز به درون آن نفوذ یابد در اثر فعل و انفعالات شیمیایی و بیولوژیکی که در درون خاکچال رخ می‌دهد نهایتا شیرابه‌ای تولید می‌شود که حاوی نوعی فاضلاب با ترکیبات پیچیده و آلاینده‌های سطح بالا می‌باشد. نفوذ شیرابه آلوده به تهدیدی جدی برای آلودگی آب‌های زیرزمینی و یک موضوع مهم زیست محیطی در سراسر جهان تبدیل شده است. اگر عملیات دفع زباله به همین صورت ادامه پیدا کند آسیب‌های محیط‌زیستی جبران ناپذیری به زیست‌بوم وارد خواهد شد(Gheybi *et al*., 2021).

Ma *et al*. (2022) یک پایگاه داده جهانی در مورد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شیرابه محل دفن زباله از ادبیات دانشگاهی شامل ۱۲۵۱ قطعه داده از ۲۳۶ استان یا شهر در ۵۱ کشور ایجاد کرده‌اند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که شیرابه محل دفن در کشورهای درحال توسعه با هوای خشک و مناطق استوایی مرطوب حاوی غلظت‌های بالاتری از COD و BOD_5 می‌باشد و علاوه بر این،در سایر مناطق اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، نیتروژن آمونیاکی، آهن، کلرید و فلزات سنگین به‌ویژه آرسنیک، کادمیوم، نیکل و منگنز آلاینده‌های غالب در آب‌های زیرزمینی و سطحی بودند. وجود فلزات سنگین مانند آرسنیک، سیانید و کروم در آب‌های زیرزمینی، این آب‌ها را جهت مصارف آشامیدن و آبیاری، نامطلوب می‌نماید (Pande, 2015).

این در حالی است که تا چند دهه پیش تصور می‌شد شیرابه‌ی تولید شده از زباله در کف محل‌های دفن، پس از نفوذ به لایه‌های طبیعی زمین توسط خاک و جریان آب زیرزمینی کاملا تصفیه شده و خطری برای آلودگی منابع آب زیرزمینی ندارد. می‌توان گفت علیرغم اینکه طبیعت از توان خودپالایی معینی برخوردار است لیکن با افزایش آلاینده‌ها این خاصیت از آن سلب شده است (Mirkazehi and Rezaei, 2019).

این مسئله زمانی اهمیت خود را نشان می‌دهد که بدانیم آب‌های زیرزمینی نقش موثری را در تامین نیاز آبی شهرستان‌های مختلف در سراسر جهان دارند و با توجه به حرکت کند آب‌های زیرزمینی، منابع آلاینده فرصت بیشتری جهت انحلال و ایجاد آلودگی در آن‌ها خواهند داشت (Azizi *et al*., 2021). لذا اهمیت شناخت این آلودگی‌ها و جلوگیری از نشت و انتشار آن‌ها در آب‌های زیرزمینی از بحث‌های مهم در پایش آلودگی‌های

زیست‌محیطی می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه بررسی و شناسایی پتانسیل منابع آلاینده‌ی آبی و خاکی مرتبط با مراکز دفن زباله و ارزیابی ریسک ناشی از آن انجام گرفته است.

ارزیابی ریسک فرآیندی است که احتمال سوءاثر یک عامل (شـیمیایی، فیزیکـی)، فرآیندهای صنعتی، تکنولوژی و یا فرآیندهای طبیعی را به صورت کمی یا کیفی بررسی میکنـد (Molak, 1996). فرآیند ارزیابی ریسک می‌تواند هم برای مناطق آلوده شده و هم برای مناطقی که پتانسیل آلودگی برای آن‌ها پیش بینی می-شود مورد استفاده قرار گیرد. اساسی‌ترین فعالیت در مدیریت ریسک و ارزیابی ریسک، انجام ارزشیابی و مدل سازی آن است (Alshuwaikhat, 2005). هدف از ارزیابی ریسک، حفظ محیط‌زیست است که سلامتی انسان و سایر جانداران در گرو آن است (Mazlomi *et al*., 2019). روش های متنوعی برای برای ارزیابی ریسک زیست‌محیطی وجود دارد که هر یک بسته به محیط مورد مطالعه استفاده می‌شوند و تا حدودی با استفاده از آن‌ها می‌توان از شدت ریسک‌ها و به تبع از خسارت‌ها و زیان‌های وارده کاست (Alikhani and Abdolahi, 2019) .

تاکنون مطالعات زیادی در ایران و خارج از کشور در مورد ارزیابی اثرات محیط‌زیستی ناشی از دفن پسماند انجام شده است. در ایران به دلیل استاندارد نبودن محل دفن مواد زائد در اغلب نقاط شهری کشور، شیرابه‌ی تولیدی موجبات آلودگی آب را فراهم نموده است (Rezae and Maleki, 2009). در پژوهشی در همدان با هدف ارزیابی اثرات زیست محیطی دفن پسماند با روش ماتریس ارزیابی سریع (RIAM)و با استفاده از بازدیدهای میدانی و جمع‌آوری اطلاعات از منابع متعدد گزینه دفن حال حاضر همدان را براساس اجزای محیط‌زیستی (فیزیکی- شیمیایی، بیولوژیکی- اکولوژیکی، اجتماعی- فرهنگی و اقتصادی- عملیاتی) مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج مطالعه ادامه دفن به شیوه کنونی از لحاظ بهداشتی غیر قابل قبول و ادامه روند کنونی با آسیب‌های محیط‌زیستی شدید همراه است .(Kakaei and Bakhtiyari, 2016)

همچنین در پژوهش دیگری آن‌ها با هدف ارزیابی ریسک ورود شیرابه حاوی فلزات سنگین ناشی از پسماندهای خطرناک به آب زیرزمینی در محل دفن ابتدا مقادیر فلزات سنگین (Cu Pb, Ni, و Cd) را با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری و سپس با مدل IWEM[1] ریسک ورود فلزات سنگین از طریق شیرابه به آب زیرزمینی ارزیابی شد. نهایتا مشخص شد احتمال خطر ناشی از نفوذ شیرابه به آب زیرزمینی زیاد است و استفاده از مدل IWEM و انتخاب پوشش مناسب برای جلوگیری از نفوذ شیرابه به آب زیزرزمینی امری ضروری است (Kakaei *et al*., 2016). Azizi *et al*. (2017) با استفاده از مدل‌های ریاضی و عددی برای تشریح شرایط کنونی و پیش‌بینی آلودگی آب‌های زیرزمینی اطراف مراکز دفن پسماند در آینده، و برای اندازهگیری سرعت حرکت آلودگی، مسیر حرکت و شبیه‌سازی فرآیند انتقال شیرابه تولیدی در خاکچال شهر سان انجلو آمریکا به چاه آب شرب پایین دست از مدل های MT3DMS و MODFLOW، MODPATH استفاده کردند. مشخص شد در زمینه مکان‌یابی محل دفن پسماندها و بررسی نشت شیرابه به آب‌های زیرزمینی، می‌توان با استفاده از مدل‌های عددی، مسیر و سرعت حرکت آلودگی را پیش‌بینی و تصمیم‌های مدیریتی جهت کاهش زمان و مسافت رسیدن آلودگی به آب‌های زیرزمینی اتخاذ نمود.

Javahershenas *et al*. (2022) نیز در تحقیق خود گزارش کردند، منابع آب سطحی و زیرزمینی اطراف محل خاکچال لاهیجان از نظر فیزیکی و شیمیایی آلوده بوده و آثار دفن زباله در منطقه تموشل لاهیجان در حوزه آب های سطحی و زیرزمینی مشهود است. Alidadi *et al*. (2018) در تحقیق مشابهی تعداد ۴حلقه چاه (۳حلقه چاه در پایین دست محل دفن و ۱حلقه چاه در بالادست محل دفن) زباله مشهد- نیشابور انتخاب، نمونه‌برداری در سال

۹۳به مدت یک سال انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که از نظر هدایت الکتریکی، سختی، کدورت، کل جامدات محلول، تفاوت معنا داری بین چاه‌های مورد مطالعه اطراف محل دفن زباله وجود دارد اما در مقایسه با استانداردهای ملی، پارامترهای شیمیایی مورد بررسی در اکثر موارد در محدوده مجاز بودند.

(Abdulrafiu *et al.*, 2017) در شهر لاگوس نیجریه که پیامدهای بهداشتی و زیست محیطی دفن مواد زائد را با استفاده از مدل DRASTIC مورد بررسی قرار دادند نشان داد، برآورد آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی و خطرات مربوط به سلامتی به عمق آب، فاصله چاه تا محل دفن، توپوگرافی و محتوای خاک منطقه بستگی دارد.

جهت کنترل و کاهش این آلودگی‌ها لازم است از نحوه توزیع و پراکندگی این آلودگی‌ها اطلاعات کاملی در اختیار داشت. مکان دفن پسماند در شهر بجنورد به دلیل طراحی نامناسب و براساس یک تصمیم‌گیری اشتباه در ارتفاعات سازند آهکی تیرگان در شمال شهر بجنورد واقع است. لیتولوژی کربناته این تشکیلات باعث ایجاد پتانسیل مناسب آب زیرزمینی در این منطقه شده و پرآب‌ترین چشمه‌های منطقه ازین تشکیلات سرچشمه می‌گیرند عمق آب زیرزمینی در محدوده خاکچال تقریبا ۱۵متر بوده و با توجه به جهت کلی جریان آب زیرزمینی به سمت شمال شرق (که خاکچال در این موقعیت قرار گرفته است)، افزایش جهت شیب هیدرولیکی به این مکان، عبور آبراهه‌های سطحی و مسیل‌های موجود در محدوده حوضه آبریز دشت بجنورد از این محدوده و در نهایت پیوستن به رود اترک و نیز تغییر و کاهش کیفیت آب زیرزمینی منطبق با جهت جریان آن به سمت شمال و شمال شرق آبخوان بجنورد، می‌توان تاثیرات مستقیم و غیر مستقیم مرکز دفن را برکیفیت و کمیت آب‌های زیزرمینی پیش بینی نمود. لذا پایش متوالی و متناوب در مناطق مجاور دفنگاه باباموسی می‌تواند تصویر روشنی از وضعیت لحظه‌ای منطقه مورد نظر بدست دهد و بر اساس نتایج حاصل تصمیمات لازم اتخاذ گردد.

مطالعه حاضر به منظور ارزیابی و شناسایی ریسک‌های ناشی از نشت شیرابه خاکچال اصلی شهر بجنورد با تمرکز بر آثار سوء آن بر منابع آب زیرزمینی و تحلیل حساسیت این منابع آب در منطقه مورد مطالعه انجام شد. و به دنبال الگوریتمی جهت پیاده‌سازی در تمامی خاکچال‌های استان می‌باشد. دستیابی به نقشه‌های هم‌خطر، هم‌ایمن و هم‌ریسک هدف اصلی این پژوهش بوده و انواع ریسک‌های محتمل مدنظر قرار گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

تقسیم‌بندی منابع آلاینده مورد مطالعه

برای بررسی منابع تولید پسماند پارامترهای زیادی باید مورد توجه قرار گیرد تا در بررسی و محاسبه ریسک آلاینده مورد نظر باشد. برخی از آمار و اطلاعات در این بخش نه تنها به‌روز، که حتی در دسترس نمی‌باشد لیکن با این وجود با مذاکره، گفتمان و مصاحبه (غیررسمی) از مسئولین امر در استان طبقات اولویتی و آمار و اعداد در مقیاس نسبی-ترتیبی قابل استفاده برای بررسی اولویت‌ها بوده است. در شرح خدمات این مطالعات منابع آلاینده با تاکید بر منابع آلاینده پسماند شهری در نظر گرفته شده است لیکن در این برای اینکه بستری مناسب برای مطالعات آتی باشد سایر منابع نیز در بررسی و اولویت‌بندی و طبقه‌چینی مورد توجه قرار گرفته است. اولویت‌بندی منابع آلاینده استان خراسان شمالی در این پژوهش بر اساس ظرفیت کمی بستر پذیرش و حجم آلاینده تولیدی مراکز دفن و همچنین اهمیت محل‌های پذیرنده با توجه به موقعیت جغرافیایی، حریم منابع آب‌های زیرزمینی، حریم شهری، تعارضات اجتماعی و حریم مناطق مسکونی و بهداشت اجتماعی و محیط‌زیست منابع طبیعی انجام گرفته و به ترتیب مراکز دفن شهرستان بجنورد، شهرستان شیروان، شهرستان اسفراین و گرمه و جاجرم، در نظر گرفته شده است. با توجه به

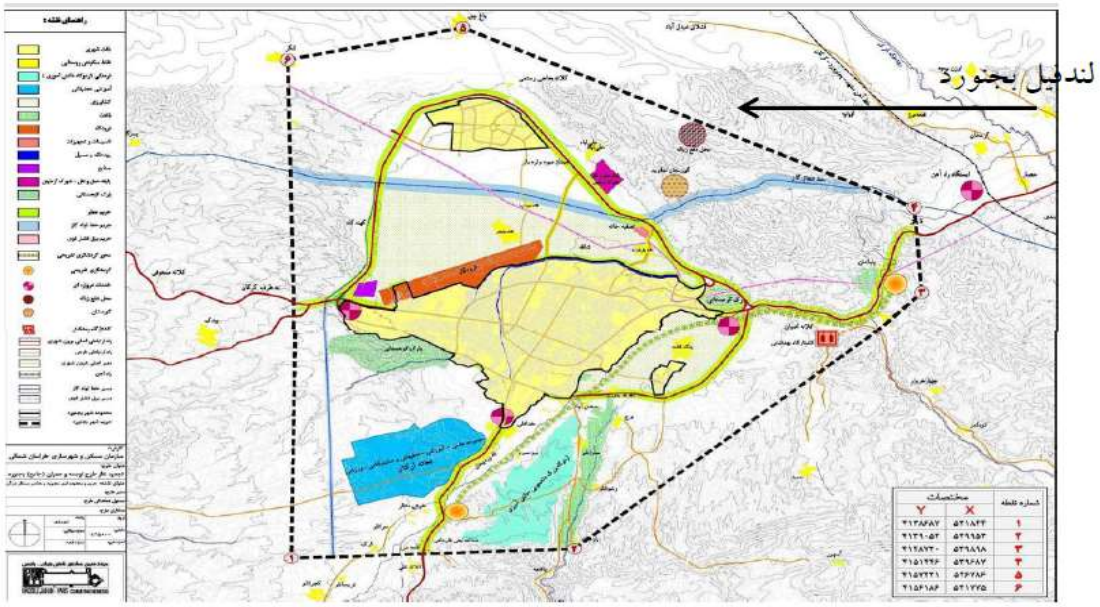
شرایط فیزیولوژیکی، اقلیمی و توپوگرافی و شرایط خاک منطقه به بررسی امکان آلودگی آب‌های زیرزمینی اطراف مراکز اصلی دفن زباله و همچنین ارزیابی ریسک آلودگی خاکچال اصلی شهر بجنورد به عنوان خاکچال منتخب پرداخته شده است. تحلیل ریسک‌ها نیز بر اساس بررسی تقابل آثار و تضارب واکنش‌ها و کنش‌های محیطی با تمرکز بر آلودگی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی محیط در مدیای خاک و آب مورد بررسی قرار گرفته است.

معرفی مرکز دفن شهر بجنورد

محل دفن فعلی پسماند شهر بجنورد که در ارتفاعات سازند آهکی تیرگان در شمال شهر بجنورد واقع گردیده و utm آن ۵۳۲۹۶۰/۶۰ و ۴۱۵۲۴۸/۹ می باشد از سال ۱۳۷۲ به عنوان خاکچال اصلی شهر بجنورد مورد استفاده قرار گرفته است.

فاصله‌ی هوایی این خاکچال از محدوده شهر بجنورد ۳۵۰۰ متر و در محدوده‌ی ممنوعه (۵ کیلومتر) از نظر مکانیابی است . فاصله آن از نزدیکترین روستا (علی آباد) ۲۶۰۰ می باشد. فاصله دفن گاه فعلی تا روستای کلاته باقر خان ۲۹۰۰ متر است.

فاصله این خاکچال ازنزدیک ترین منبع آب زیر زمینی شهر بجنورد ۲/۵ کیلومتر است. برآورد می‌شود در طی این ۲۶ سال حدود یک میلیون تن زباله به این دفنگاه منتقل شده باشد. این خاکچال در اراضی تیپ کوهستان با ارتفاع ۱۲۵۸ متر از سطح دریا و ۱۸۸ متر از شهر بجنورد قرار گرفته است. راه دسترسی به این خاکچال جاده‌ای فرعی به طول ۴ کیلومتر و متشکل از ۲ کیلومتر راه آسفالته و ۲ کیلومتر جاده خاکی با شیب‌هایی نزدیک به ۱۰۰ درصد می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت خاکچال باباموسی در محدوده مطالعاتی

Fig. 1- Babamousa Landfill site location

معرفی مولفه‌های عامل موثر و تحت تاثیر در محدوده مورد مطالعه

ارزیابی ریسک جامع برای خاکچال بجنورد برای محیط فیزیکی و شیمیایی و تنها منابع آب کارستی در بخش محیط پذیرنده انجام گرفته است. لذا در این راستا مطالعات عامل موثر محدود به فعالیت‌های جاری شامل حفاری ترانشه، حمل و نقل در محدوده مرکز دفن، تخلیه بار، جابجایی و دپو، پوشش روزانه (با تناوب هفته‌ای)، پوشش نهایی (با تناوب ماهانه) که متاسفانه عملیات کف‌سازی، عایق و زهکش شیرابه، پوشش روزانه، جمع‌آوری و تخلیه گاز و پوشش نهایی، ایزولاسیون تردد با استفاده از فنس‌کشی موثر و مرزهای ثابت در آن دیده

نشده است. در خصوص محیط پذیرنده و آسیب‌پذیر تنها بستر کارستی مورد توجه قرار گرفته است.

در خصوص حوزه تاثیر دامنه جغرافیایی تاثیر در سه دامنه محدوده اجرا در سایت دفن، محدوده شهری تحت پوشش و محدوده استان و در خصوص دامنه زمانی تاثیر و تداوم اثر کوتاه مدت (کمتر از سه ماه)، میان (بین سه ماه تا سه سال) و بلند مدت (بین دوسال تا ده سال) در نظر گرفته شده است. قطعیت و احتمال اثر نیز با توجه به ویژگی‌های مدفن مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. زمان ظهور اثر نیز با دو توصیف فوری و بعد از شش ماه (با توجه به فرآیند فاز اسیدی) و مؤخر مورد توجه بوده است. میزان و شدت آلودگی متصور یا محتمل نیز با دامنه تغییرات سه گانه در نظر گرفته شده است. در جدول ۱ این مولفه‌ها معرفی شده است.

جدول۱- مولفه‌های عامل تاثیر در ارزیابی ریسک محدوده مورد مطالعه

Table 1. Effective parameters in risk assessment in study area

اندیکاتور Indicator F_j	مولفه عامل موثر Effective Factor	سطح کمی شده فرآیند اثر ناشی از عامل موثر (i) Quantified levels of effective factors' impacts		
		سطح اول Level #1	سطح دوم Level #2	سطح سوم Level #3
1	دامنه جغرافیایی (فیزیکی) Spatial Domain	محدوده سایتLandfill	محدوده شهریCity	محدوده شهرستانCounty
		1	3	5
2	دامنه زمانی (تداوم) Temporal Domain	تا سه ماهup to 3 month	سه تا ۳۶ ماه(3-36 month)	۲۴ تا ۱۲۰ ماه(24-120 month)
		1	3	5
3	زمان ظهور اثر Initiation Time	بیش از شش ماه (موخر) After 6 month	بعد از شش ماهAfter 6 month	فوراImmediately
		1	3	5
4	سطح احتمال یا قطعیت Uncertainty	<30%	30%-75%	>75%
		1	3	5
5	شدت تأثیر Intensity	کم (قابل برگشت) Reversable	متوسط Medium	بسیار زیاد (غیرقابل برگشت) Irreversible
		1	3	5
	امتیازات ریسک کلی Overal Risk No.	1	243	3125
	امتیازات نرمال شده Normalized Risk No.	1	60	100
	معادله تعدیل ریسک نرمال Modfied Risk No.	معادله (۲) Eq. 2		معادله (۳) Eq. 3

$$R = \prod_{j=1}^{5} \quad (۱)$$

$$Rm = 20 \times \left[2 + \left(\frac{R - 243}{2883}\right) \times 2\right] \qquad 243 < R \leq 3125 \quad (۲)$$

$$Rm = 20 \times \left[1 + \left(\frac{R - 1}{242}\right) \times 2\right] \qquad R \leq 243 \quad (۳)$$

جدول ۲- کمی‌سازی اثرات به تفکیک فعالیت‌های جاری موثر
Table 2. Quantifying the impacts in each effective activities

فعالیت Activity	ویژگی‌های اثرات ناسازگار و منفی در ارزیابی ریسک آلودگی آبهای کارستی Negative impacts characteristics in Karstic ground water					
	دامنه جغرافیایی (فیزیکی) Spatial Domain	دامنه زمانی (تداوم) Temporal Domain	زمان ظهور اثر Effects' innitiation time	سطح احتمال یا قطعیت Uncertainty	شدت تأثیر Intensty	ماهیت سازگاری اثر Compatibility of Impatcs
حفاری و ترانشه Excavation	1	1.5	2	1.1	1	منفیNegative
حمل و نقل سایت Transportation	1	1.4	1	1	1	منفیNegative
تخلیه پسماند Discharge	1	1.4	1.6	1.65	1.3	منفیNegative
جابجایی و دپو Depletion	1.5	1.9	1.2	1.57	1.9	منفیNegative
پوشش روزانه Daily Cover	2.5	2.7	2.8	3.05	2.78	منفیNegative
پوشش نهایی Final Cover	2	2	3.9	3.18	3.1	منفیNegative

لذا کلیه اعداد محاسبه شده بر اساس جدول ۲ و معادله (۱) با دو معادله دیگر متناسب با دامنه قابل قبول ورودی تعدیل شده است. شاخص ریسک آلودگی عوامل موثر در محاسبه برای خاکچال کنونی بجنورد با شرایط اجرایی جاری معادل R_m=81% برآورد شده است. لذا وضعیت این ریسک در دامنه بالای خطرات و در مرز مخاطرات قرار گرفته است.

ارزیابی ریسک اکولوژیک محیطی

یکی از مهم‌ترین عناصری که در اثر دفن پسماند مخلوط و تفکیک نشده شهری در محیط نشت و نفوذ می‌کند فلزات سنگین می‌باشد، لذا ریسک اکولوژیک ناشی از خاکچال بجنورد در این منطقه نیز با شاخص هاکانسون محاسبه شده است. عناصر سنگین در نمونه‌های خاک برداشت شده از پایین دست محل دفن توسط دستگاه ICP-OES برداشت شده در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. هاکانسون شاخص ریسک اکولوژیک (RI) را در سال ۱۹۸۰ بر اساس نتایج مطالعه روی آلودگی رسوبات سطحی تعدادی از دریاچه‌های سوئد ارائه کرد. این شاخص به صورت زیر است.

$$RI = \sum_{i=1}^{m} Er \quad (۴)$$

$$Er = Tr \times Cf \quad (۵)$$

$$cf = \frac{c_s}{c_n} \quad (۶)$$

جدول ۳- مقادیر غلظت کل فلزات سنگین، میزان مواد آلی (TOM) و کربنات آن‌ها در ایستگاه برداشت شده از خاک‌های سطحی خاکچال
Table 3. Concentration of heavy metals, total organic maters and carbonates in sampling site

متغیر ها Variables	میانگین Mean	میانگین جهانی رسوبات $World\ Sediment_{mean}$	میانگین پوسته زمین $Crest_{mean}$
Cu(mg/kg)	13.4	33	50
Zn(mg/kg)	101	95	75
Pb(mg/kg)	41.7	19	14
Cd(mg/kg)	0.53	0.17	0.2
Mn(mg/kg)	812.1	770	950
Fe(mg/kg)	40517.2	41000	41000
TOM	0.032	---	---
Carbonate	0.054	---	---

در روابط بالا RI شاخص ریسک اکولوژیک کل، Er مقدار ریسک اکوژیک هر یک از عناصر، Cs مقدار غلظت عناصر محرک یا آلاینده در نمونه، Cn مقدار غلظت عنصر در زمینه و Tr میزان سمیت پیشنهاد شده از سوی هاکانسون برای هر یک از عناصر است. مقادیر Tr توصیه شده بر اساس هاکانسون برای فلزات کادمیوم، مس، سرب و روی به ترتیب برابر ۳۰، ۵، ۵ و ۱ هستند. نتایج حاصل از محاسبه شاخص ریسک اکولوژیک در یک نقطه نمونه برداشت شد، وضعیت ریسک اکولوژیک در محدوده نقطه نمونه برداشت شده از واحدهای تکمیل شده در عمق ۵۰ سانتیمتری، در دامنه ریسک اکولوژیک کم قرار داد.

ارزیابی ریسک دسترسی بیولوژیکی

روش‌های استخراج‌کننده‌های تک‌مرحله‌ای توسط EDTA وگلایسین فقط میزان بخش دسترس‌پذیر خاک را می‌توانند تخمین بزنند ولی نمی‌توانند میزان خطر و ریسکی که برای گیاه و انسان را دارند، تعیین کنند. (Jamshii *et al*., 2015) شاخص BRAI را برای ارزیابی میزان خطر فلزات سنگین و عناصر سمی توسعه دادند. این شاخص بر اساس دسترس‌پذیری فلزات سنگین برای گیاهان و انسان بر اساس روش استخراج تک‌مرحله‌ای ایجاد شده است.

$$BRAI = \frac{\sum_{i=1}^{n} B_{di}}{\sum_{i=1}^{n} TE_i} \qquad (۷)$$

در این معادله، n بیانگر تعداد فلزات است، TE بیانگر اثر سمیت است که مقدار آن مس، سرب، روی و کادمیوم به ترتیب عبارت اند از:۱/۲، ۱/۴، ۲/۸، ۶/۵ و Bdi رتبه دسترسی زیستی هر یک از عناصر در محل نمونه‌برداری است که از رابطه زیر بدست آمده است:

$$Bdi = SEi \times TEi \qquad (۸)$$

$$SEi = (Bi/TCi) \times 100 \qquad (۹)$$

SEi بیانگر پتانسیل نشت بخش زیست‌دسترس‌پذیر برای فلزات جذب شده است. Bdi برابر مقدار فلز جذب شده به وسیله استخراج کننده وTCi برابر غلظت کل آن فلز است. برای SEi ارزش‌گذاری‌هایی به ترتیب از یک تا ده صورت می‌گیرد. با استفاده از نتایج تحقیق Jamshidi-Zanjani and saeedi (2015) میزان خطر فلزات سنگین سرب، روی،کادمیوم و مس برای گیاهان و انسان که میزان دسترسی زیستی و انسانی آن‌ها به کمک استخراج‌کننده‌های EDTA و گلایسین شبیه‌سازی شدند، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. شاخص SE و شاخص BRAI برای نقطه کانونی مورد بررسی به ترتیب ۳۹ (مرز درجه ۳ و ۴) و ۱/۸۹ در رده متوسط محاسبه شده است. لذا در مجموع با توجه به وضعیت غلظت در نقطه مورد بررسی این ریسک در حد متوسط بوده است اما اعلام نظر قطعی مستلزم یک برنامه‌ریزی دقیق برای پایش نقاط معرف سایت دفن در دوره‌های مختلف می‌باشد.

ارزیابی ریسک چرخه غذایی انسان

در این نوع از ریسک، از ضریب مواجهه، ضریب تماس و نیمه‌عمر بیوشیمیایی آلاینده‌های محتمل منتشر شده در مرکز دفن استفاده می‌شود. برای افرادی که در معرض ترکیبات آلاینده غیرتنفسی قرار می‌گیرند، میزان مواجهه با توجه به مقدار، تکرار، راه و طول مدت مواجهه تعیین می‌شود. وجود عامل انتقال (جریان آب و فرسایش و نفوذ به سفره، یا هوا شامل باد و ریزگردها) یکی دیگر از عوامل ورود به فرآیند محاسبه ریسک چرخه غذایی انسان است. نوع، میزان و تراکم کاربری اراضی و نوع محصول (قابلیت استفاده غذایی مستقیم یا غیرمستقیم)، از دیگر عوامل موثر در محاسبه ریسک چرخه غذایی انسان است. ضریب مخاطره (HR) متناسب با پوشش کاربری اراضی در حریم تحت تأثیر و تراکم و نوع آن بین یک تا پنج تعیین می‌شود. زمانی‌که نتایج حاصل از نمونه‌برداری و پایش هوا در دسترس نباشد، ضریب مواجهه می‌تواند از طریق شاخص‌های مواجهه (ER) و با استفاده از رابطه زیر بدست آید:

$$ER = [(EI)_1 \times (EI)_2 \times \dots (EI)_n]^{\frac{1}{n}} \qquad (۱۰)$$

پس از تعیین ضریب مخاطره (HR) و ضریب مواجهه (ER)، ضریب ریسک ورود آلاینده‌ها به چرخه غذایی (RR) طبق

رابطه زیر بدست می‌آید. علت جذر گرفتن از نتیجه حاصل، بدست آوردن یک عدد در محدوده یک تا پنج است.

$$RR = \sqrt{HR \times ER} \qquad (11)$$

میزان ریسک آلودگی چرخه غذایی انسان ناشی از دفن پسماند در خاکچال بجنورد برابر با ۲/۲۶ می‌باشد. که با توجه به جدول ۴در رتبه کم طبقه‌بندی شده است.

جدول ۴-رتبه بندی ریسک آلودگی چرخه غذایی انسان ناشی از تماس ورود آلاینده از منبع مرکز دفن

Table 4. Prioritization human food cycle pollution risk based on landfill source

ضریب ریسک Risk Coeficient	0-1.7	1.7-2.8	2.8-3.5	3.5-4.5	4.5-5.0
رتبه Priority	ناچیز Negligible	کم Low	متوسط Medium	زیاد High	خیلی زیاد Very High

ارزیابی ریسک چرخه غذایی[۲] پوشش جانوری و گیاهی

در خصوص ریسک چرخه غذایی پوشش جانوری و گیاهی در محل مورد مطالعه، چنانچه حریم و مرزهای غیرقابل ورود پستانداران و جوندگان سطحی کاملا مسدود شود، تنها زنجیره غذایی جوندگان زیرسطحی، میکروارگانیسم‌ها و پرندگان مورد توجه قرار می‌گیرد که عامل اصلی در انتقال در زنجیره غذایی پوشش جانوری پرندگان خواهند بود .نتایج محاسبه ریسک چرخه غذایی برای محدوده مورد مطالعه با عدد ۳۹ از ۱۰۰ در رتبه کم قرار گرفته است و لذا می‌توان اظهار کرد که تهدید جدی برای چرخه غذایی مطرح نیست.

جدول ۵- محاسبه ریسک‌های ناشی از فعالیت‌های دفن پسماند شهری در خاکچال منتخب

Table 5. Risk assessment of solid waste filling in selected landfill

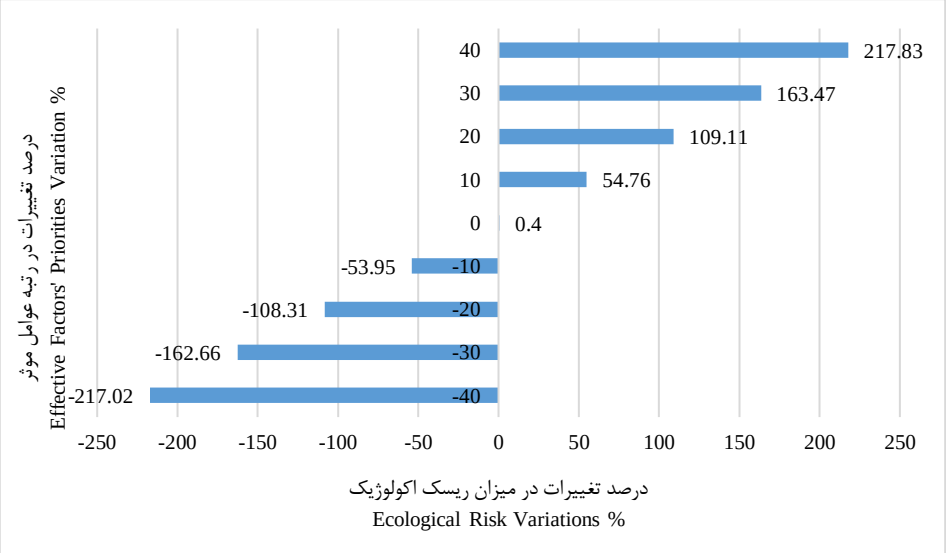
نوع شاخص ریسک Risk Assesment Type	مقدار شاخص ریسک از Risk Indicator	طبقه ریسک (رتبه پتانسیل خطر) Risk Priority
ریسک عمومی آلودگی آب در شرایط فعالیت‌های جاری Water Pollution Risk	R_{wp}=-155	پرخطر (زیاد در بلند مدت) Very High
اکولوژیک محیطی Ecological Risk Index	RI=133	کم Low
ریسک دسترسی بیولوژیکی Bioavailablity Rsk Assesment Index	SE=39 BRAI=1.89	متوسط Medium
ریسک چرخه غذایی انسان Human Food Cycle Risk	RR=2.26	کم Low
ریسک چرخه غذایی پوشش جانوری و گیاهی Biosphere Food Cycle Risk Ides	R_{FC}=39 (از ۱۰۰)	کم Low
ریسک آلاینده‌های نوظهور Emerent Pollutant Risk	-	غیرقابل محاسبه با داده‌های موجود N.A.

نتایج و بحث

تحلیل حساسیت منابع آلاینده و منابع آب در معرض خطر و برآورد ریسک اکولوژیکی

آنالیز حساسیت روشی برای تغییر دادن در ورودی‌های یک مدل به صورت سازمان‌یافته است که بتوان تاثیرات این تغییرها را در خروجی مدل پیش‌بینی کرد. متغیر وابسته فقط تحت تاثیر یک متغیر مستقل قرار ندارد بلکه تعداد زیادی متغیرهای شناخته شده و شناخته نشده‌ای وجود دارند که متغیر وابسته را تحت تاثیر قرار می‌دهند که این متغیرها نیز ممکن است تحت تاثیر یک دسته از متغیرهای دیگر باشند. بنابراین تشخیص اینکه کدام متغیر می‌تواند تاثیر بیشتری بر متغیر وابسته بگذارد چالش برانگیز می‌شود. با توجه به کیفی یا کمی بودن روابط بین متغیرها روش‌های تحلیل زیادی نیز وجود دارد که هر کدام به اقتضای مسئله پژوهش، نوع رابطه بین متغیرها جواب قابل قبولی را

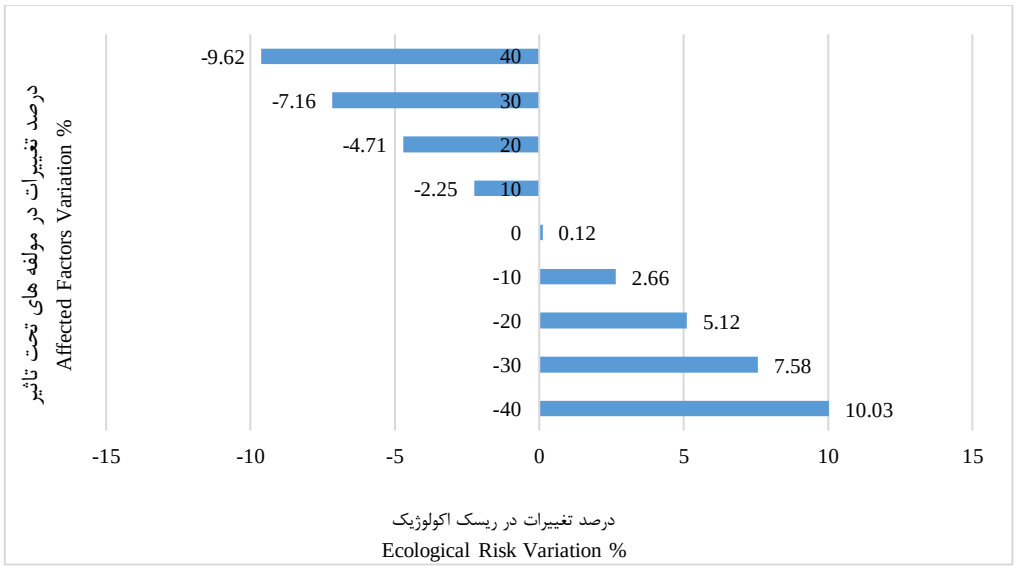
ارائه می‌دهند. مقادیر پارامتری و فرضیات هر مدل در معرض تبدیل و تغییر و خطا هستند. آنالیز حساسیت در سطح وسیعی بررسی‌کننده این پتانسیل‌های تغییر و خطا و مشکلات ناشی از آن‌ها روی نتایج حاصل از مدل می‌باشد. در این پژوهش حساسیت رابطه استفاده شده برای محاسبه ریسک در راستای بومی سازی معادله برای کاربرد در استان مورد بررسی قرار گرفته تا سهم تأثیر و عوامل تعیین شده توسط این معادله با وضعیت کنونی و ویژگی‌های بستر پذیرنده و تحت تأثیر یکسان شود.



شکل ۲- تحلیل حساسیت کمی ریسک اکولوژیک در مقابل تغییرات عوامل موثر

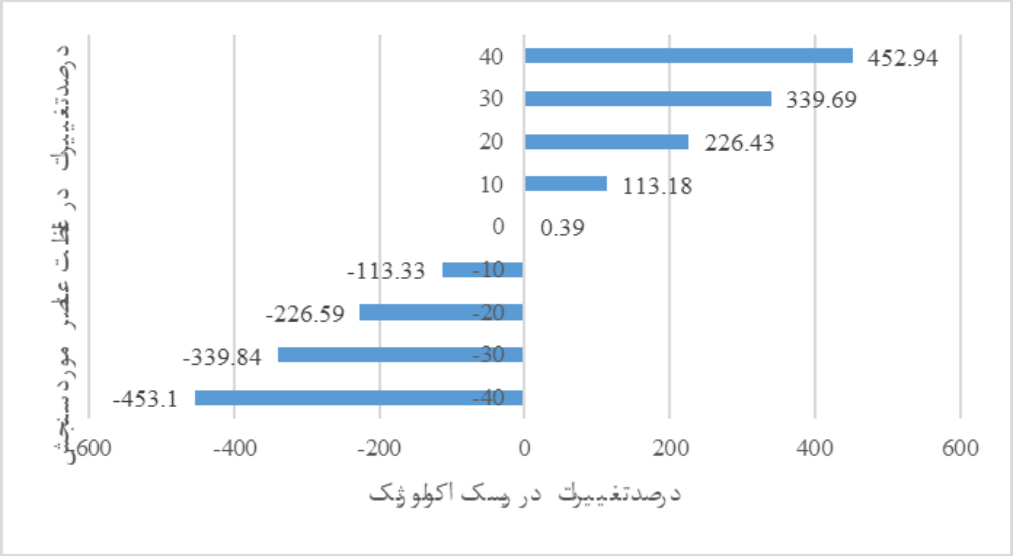
Fig. 2- Sensitivity analysis of ecological risk vs. effective factors

همانطور که مشاهده می‌شود، مولفه‌های تحت تاثیر دارای حساسیت بسیار کمی (با توجه به نوع حساسیت اکوسیستمی بستر اجرایی) در محاسبات ریسک اکولوژیک داشته این درحالی است که شکل ۲، تاثیرپذیری عددی را در روابط ریسک اکولوژیک برای عوامل موثر که شامل فعالیت‌های اجرایی نیز می‌شود، تا پنج برابر یا ۵۰۰٪ نیز نشان می‌دهد. لذا می‌توان تاثیر تغییر در مدیریت اجرایی و عوامل موثر را بر کاهش ریسک اکولوژیک در منطقه مورد مطالعه تشخیص داد.



شکل ۳- تحلیل حساسیت کمی ریسک اکولوژیک در مقابل تغییرات مولفه‌های تحت تاثیر

Fig. 3- Sensitivity analysis of ecological risk vs. affected factors



شکل ۴- تحلیل حساسیت کمی ریسک اکولوژیک در مقابل تغییرات غلظت عناصر سنگین

Fig. 4- Sensitivity analysis of ecological risk vs. heavy metal concentration variation

شکل ۳، نمایشی از تاثیر میزان غلظت عناصر مورد سنجش که غالبا فلزات سنگین بوده‌اند را با حساسیت بالا نشان می‌دهد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که حساسیت ریسک و آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه به فعالیت‌های اجرایی و جاری و کیفیت خاک (آلوده شده ناشی از فعالیت‌های مرکز دفن) بسیار بالا است. از آنجایی که انواع مختلف ریسک و سایر شاخص‌ها نیز این موضوع را تایید می‌کنند لذا در مدیریت کاهش ریسک، مدیریت فعالیت‌های اجرایی دارای اولویت بالاتری می‌باشد.

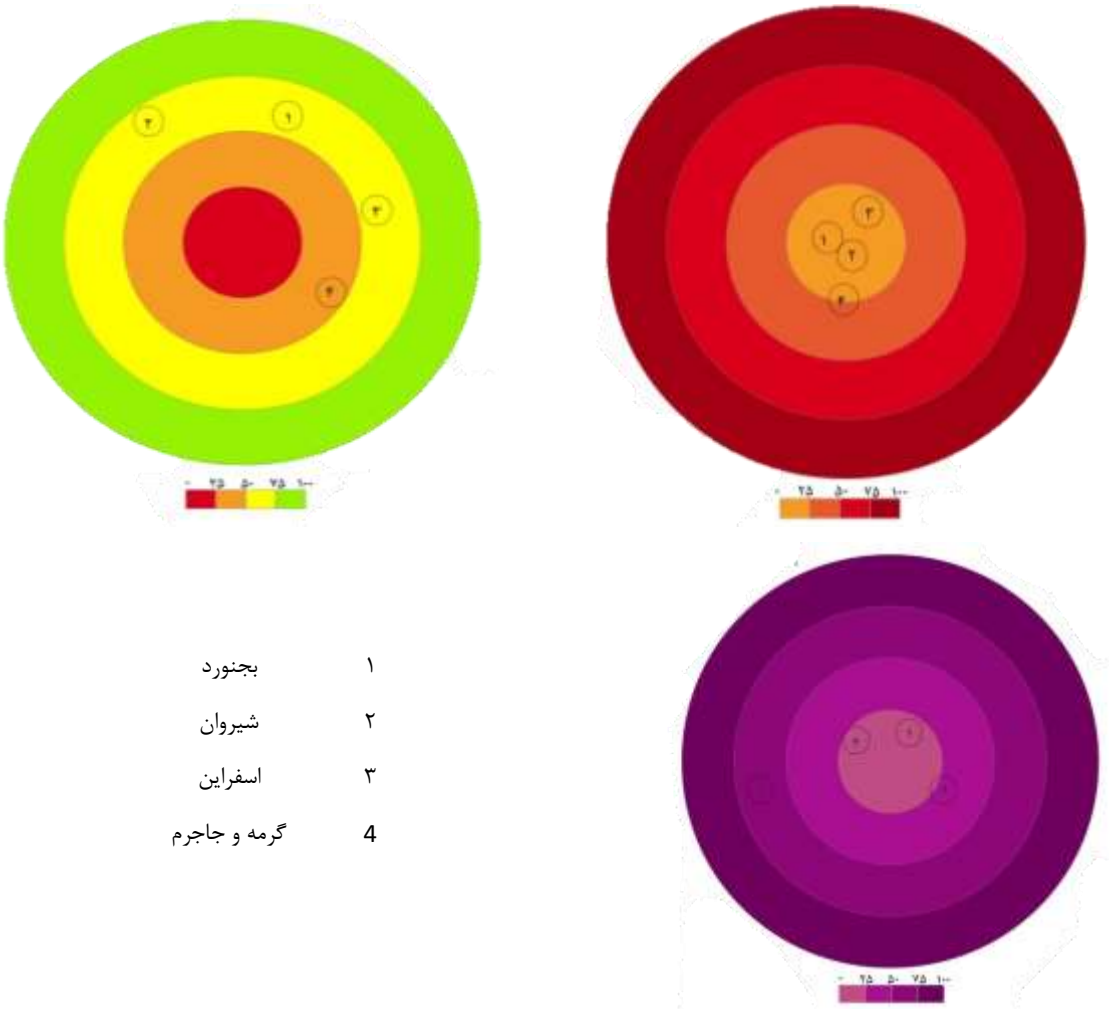
تحلیل فاصله ریسک

دستیابی به نقشه‌های هم‌خطر، هم‌ایمن و هم‌ریسک به عنوان اهداف اصلی این پژوهش در نظر گرفته شده است که به عنوان یک پژوهش کاربردی تلفیقی می‌تواند تحولی در برنامه‌های توسعه پایدار استان خراسان شمالی باشد. نکته بسیار مهم در این پژوهش، حضور و دفن غیر استاندارد اجرایی پسماندهای بهداشتی و بیمارستانی خصوصا در دوره همه‌گیری بیماری کرونا می‌باشد که رتبه تاثیر فرآیند و امتیاز اثر فرآیند غلط یا ضعیف اجرایی رابه شدت افزایش داده و منجر به افزایش مخاطرات محتمل شده‌است.

طراحی نقشه هم‌ریسک و منابع بالقوه و بالفعل آلودگی، نوع آلاینده و محیط هدف و تحت تاثیر با در نظر گرفتن دامنه زمانی می‌تواند مدیریت کیفی منابع را به‌شدت ارتقا داده و بانک اطلاعاتی موجود در کشور و استان را تکمیل وآماده برنامه‌ریزی‌های بلندمدت نماید.

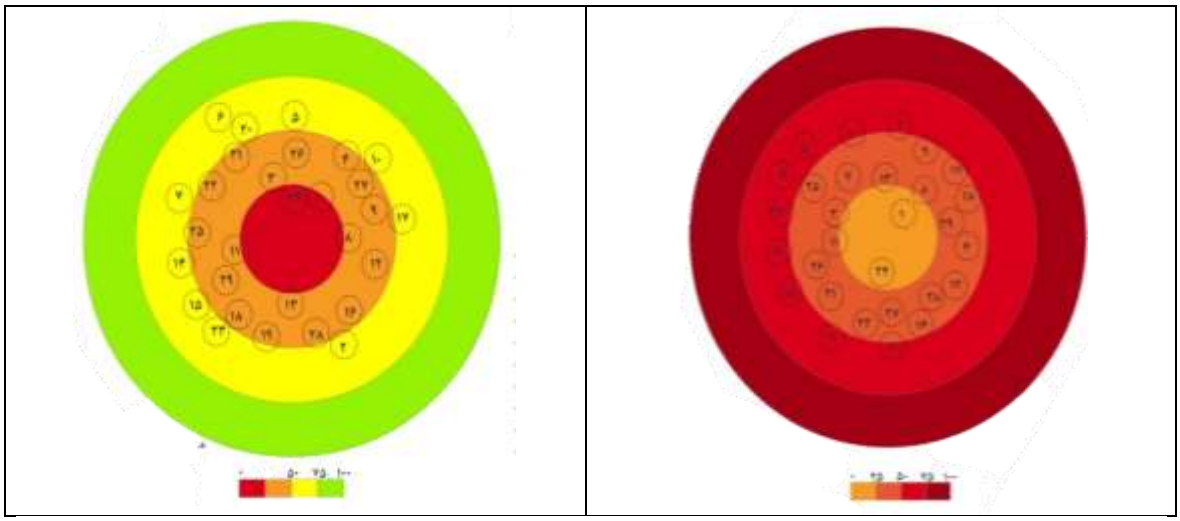
با توجه به اثر پذیری‌های شناخته‌شده در مراکز دفن نمونه مطالعه موردی، اولویت‌ها بر اساس ریسک عمومی آلودگی، بستر مولفه‌های تحت تاثیر، عوامل موثر و فرآیند تاثیر و جمعیت و وضعیت تولید پسماند شهری (شامل نرخ تولید و ترکیبات) آن دیاگرام‌های تحلیل فاصله ریسک و اولویت‌های بررسی و ارزیابی اولیه از روش تحلیل فاصله برای هرگروه تهیه شده است. برنامه Axure RP برای ترسیم نمودارهای محاسبات سطح ایمنی، خطر و بعد و فاصله آن‌ها و تحلیل ریسک مورداستفاده قرار گرفت.

نمودارهای تحلیل فاصله هم‌خطر با طیف رنگ قرمز، نمودارهای تحلیل فاصله هم‌ایمن با طیف رنگ سبز و نمودارهای تحلیل فاصله هم ریسک با طیف رنگ بنفش تهیه شده است. بافرهای فاصله هم در دامنه ۲۵ واحدی برای محاسبات نرمالایز شده بی‌بعد بین صفر تا صد تعیین شده است. تحلیل‌ها بر مبنای اعداد و ارقام ثبت شده در بازرسی و پایش انجام شده در بهار ۹۹ انجام شده است.



شکل ۵- نمودار تحلیل فاصله برای دامنه فیزیکی خاکچال بجنورد. الف: تحلیل فاصله و نقشه هم ایمن (سبز) ب: تحلیل فاصله و نقشه هم خطر (قرمز). ج: تحلیل فاصله و نقشه هم ریسک (بنفش)

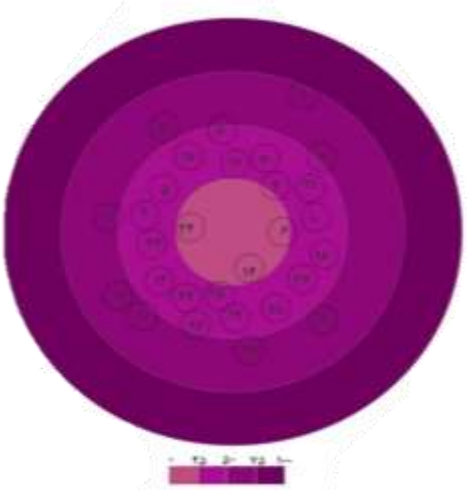
Fig. 5- Distance analysis in spatial domain a) iso-safety (green) b) Iso-danger (red) c) Iso-risk (purple)



شکل ۶- نمودارهای تحلیل فاصله برای مولفه‌های تاثیر پذیر خاکچال بجنورد. الف: تحلیل فاصله و نقشه هم ایمن(سبز). ب: تحلیل فاصله و نقشه هم خطر(قرمز). ج: تحلیل فاصله و نقشه هم ریسک(بنفش)

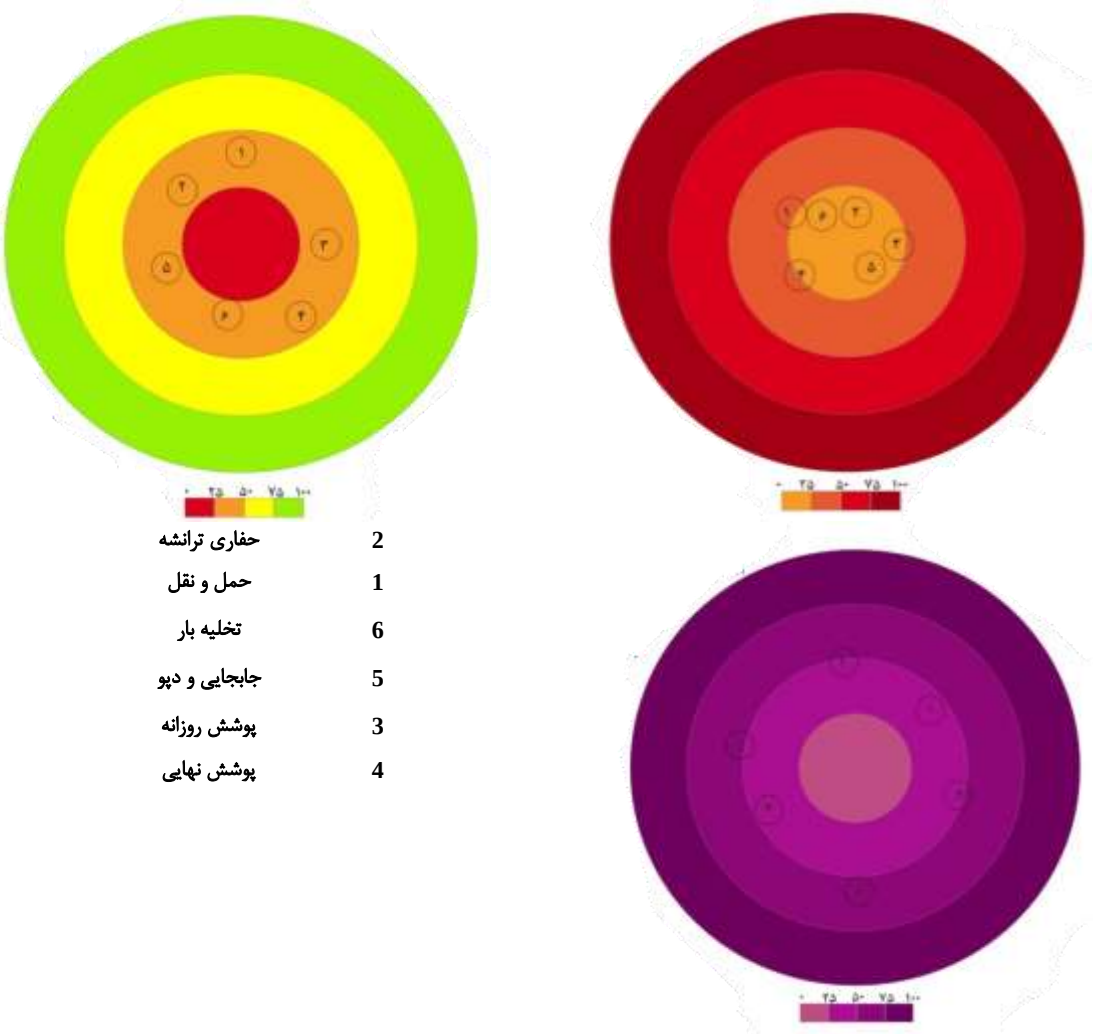
Fig. 6- Distance analysis in affected parameters of landfill a) iso-safety (green) b)Iso-danger (red) c) Iso-risk (purple)

۱	خاک سطحی	۱۵	کاربری جاری اراضی حاشیه
۳	جوندگان	۱۶	خاک زیرسطحی
۴	تبادلات خاک و اتمسفر	۱۷	فرآیندهای شیمیایی آب
۵	خزندگان	۱۸	مجاری آب سطحی
۶	معابر تردد	۱۹	فرآیند نفوذ
۷	گردشگری بومی	۲۰	اکوسیستم انسانی
۸	پرندگان محلی	۲۱	پوشش گیاهی ناحیه
۹	اکولوژی سایت	۲۲	منابع آب سطحی
۱۰	بافت خاک	۲۳	چرخه غذایی دام و انسان
۱۱	رواناب سطحی	۲۴	پوشش زمین
۱۲	آب زیرزمینی	۲۵	پستانداران محدوده
۱۳	آلودگی هوا در محدوده مستقیم	۲۶	چالاب هیدرولوژی
۱۴	مانایی پسماند مدفون	۲۷	تبادلات آب و خاک



ادامه شکل ۶- نمودارهای تحلیل فاصله برای مولفه‌های تاثیر پذیر خاکچال بجنورد. الف: تحلیل فاصله و نقشه هم ایمن(سبز). ب: تحلیل فاصله و نقشه هم خطر(قرمز). ج: تحلیل فاصله و نقشه هم ریسک(بنفش)

Fig. 6 Cont. Distance analysis in affected parameters of landfill a) iso-safety (green) b)Iso-danger (red) c) Iso-risk (purple)



2	**حفاری ترانشه**
1	**حمل و نقل**
6	**تخلیه بار**
5	**جابجایی و دپو**
3	**پوشش روزانه**
4	**پوشش نهایی**

شکل۷- نمودارهای تحلیل فاصله برای فعالیت‌های اجرایی خاکچال. الف: تحلیل فاصله و نقشه هم ایمن (سبز). ب: تحلیل فاصله و نقشه هم خطر (قرمز). ج: تحلیل فاصله و نقشه هم ریسک (بنفش)

Fig. 7- Distance analysis of executive activities in landfill a) iso-safety (green) b) iso-danger (red) c) iso-risk (purple)

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ریسک اکولوژیک منابع پذیرنده در اطراف مرکز دفن بجنورد به عنوان مرکز منتخب استان خراسان شمالی در دامنه ریسک اکولوژیک کم قرار گرفته است. ریسک بیولوژیک ناشی از فلزات سنگین در حد متوسط بوده، و ریسک چرخه غذایی انسانی و پوشش جانوری و گیاهی در رتبه کم و بدون تهدید برای چرخه غذایی می‌باشد. Mester *et al.* (2021)درباره خطرات مکان‌های دفن بدون کنترل مهندسی و آلودگی آب‌های زیرزمینی تحت تاثیر پسماند جامد، پژوهشی انجام دادند. مشخص گردید در بین ریسک‌های ژئولوژیکی، آب زیرزمینی پرخطرترین است. آن‌ها بیان کردند جنس خاک کف عمق آب زیرزمینی، غلظت عناصر موجود در شیرابه و نزولات جوی تاثیر چشمگیری در ریسک‌پذیری آلودگی منابع آب زیرزمینی دارند. در پروژه حاضر در فاز دفن عمده آثار منفی به آلودگی خاک اختصاص دارد. حوزه منابع آب یکی از مولفه‌های اثرپذیر بوده و از آنجایی که محیط پذیرنده و مورد مطالعه در سازندهای کارستی گسترده شده بود، لذا مقدار ریسک محیط پذیرنده در خصوص آلودگی ناشی از مرکز دفن بستر متاثر از شیرابه تولیدی و نفوذی به زیرسطح و لیتوسفر می‌باشد. شاخص ریسک آلودگی عوامل موثر در محاسبه برای خاکچال بجنورد با شرایط اجرایی جاری معادل R_m=81% برآورد شد. وضعیت این ریسک در دامنه بالای خطرات و در مرز مخاطرات قرار گرفته است. Kakaei *et al.* (2016) در مطالعه مشابهی ریسک ورود فلزات سنگین به آب‌های زیر زمینی را در خاکچال شهر همدان بررسی کردند. در شرایطی که احتمال خطر ناشی از ورود شیرابه به آب‌های زیرزمینی بالاست، با استفاده از مدل IWEM می‌توان پوشش ژئوسنتیک را بهترین پوشش برای جلوگیری از نفوذ شیرابه انتخاب کرد. در خاکچال بجنورد نیز با توجه به سازند آهکی بستر در نظر گرفتن پوشش مناسب جهت کاهش نشت شیرابه ضروری است. در خصوص فعالیت‌های موثر نیز عملکرد اجرایی در خصوص پوشش روزانه و نهایی از بیشترین فعالیت‌های موثر بر افزایش میزان ریسک آلودگی منابع آب در نظر گرفته شده است. و کیفیت آب سطحی بیشترین تاثیرپذیری را در سایت مورد بررسی دارد.

بنابر نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر به طور کلی فرآیند ارزیابی ریسک اثر آلایندگی ناشی از دفن بر منابع آب، یک فرآیند مرحله‌ای و گام‌به‌گام زمانی است. بررسی انواع ریسک برای شناسایی سهم عوامل موثر و شناسایی محیط‌های پذیرنده بیشترین تاثیر و آلودگی در چنین مطالعاتی باید مورد اولویت قرار گیرد.

با توجه به اثر پذیری‌های شناخته‌شده در مرکز دفن نمونه مطالعه موردی، اولویت‌ها بر اساس ریسک عمومی آلودگی، بستر مولفه‌های تحت تاثیر، عوامل موثر و فرآیند تاثیر و جمعیت و وضعیت تولید پسماند شهری (شامل نرخ تولید و ترکیبات) آن دیاگرام‌های با عنوان نقشه تحلیل فاصله ریسک و اولویت‌های بررسی و ارزیابی اولیه ارائه شده است. در این مرحله از روش تحلیل فاصله برای هر گروه از مولفه‌ها و عوامل و بسترهای فیزیکی استفاده شده است. برنامه Axure RP برای ترسیم نمودارهای محاسبات سطح ایمنی، خطر و بعد و فاصله آن‌ها و تحلیل ریسک مورداستفاده قرار گرفته است.

پی‌نوشت‌ها

[1] Industrial Waste Management Evaluation Model
[2] Food Cycle

منابع

Abdulrafiu, O., Majolagbe, Adeyi A., Oladele O., Adewale O. A. and Oluwapelumi O., 2017. Pollution vulnerability and health risk assessment of groundwater around an engineering Landfill in Lagos, Nigeria. Chemistry International. 3(1), 58-68.

Alidadi, H., Asghar, A., Etemadi, S., Mohebrad, B. and Dehghan, A., 2018. Investigating the removal of COD and TKN by the process of anaerobic co-digestion of Mashhad's landfill leachate and cow dung. Journal of Research in Environmental Health. (3, 4). (In Persian with English abstract).

Alikhani M. and Abdolahi E., 2019 . Hazardous contaminants of landfills. Geography. Geography and Environmental Hazards, 12(1), 43-51 (In Persian with English abstract).

Alshuwaikhat, H.M., 2005. Strategic environmental assessment can help solve environmental impact assessment failures in developing countries. Environmental Impact Assessment Review. 25(4), 307–17.

Azizi, M., Siuki, A.K and Dastorani, M., 2017. Evaluation of groundwater pollution caused by leakage o f leachate produced landfill using numerical model. Journal of Research in Environmental Health. 3. (In Persian with English abstract).

Azizi, F., Navinpour A., Moghimi E., 2021. Pollution of underground water sources in the downstream areas of the landfill in Sarab Qanbar, Kermanshah. New Findings of Applied Geology. 15(30), 16-29 . (In Persian with English abstract).

Gheybi, M., Chehreghani, S., Azimi Youshanlouie, M. and Darvishi Qulunji, Z., 2022. Environmental impact assessment EIA of landfill of municipal waste, Urmia city utilizing rapid assessment matrix method (RIAM). Environmental Sciences.13(4), 39-52 - .(In Persian with English abstract).

Jamshidi Zanjani, A. and Saidi, M., 2012. Assessment of pollution and qualitative zoning of surface sediments of Anzali lagoon based on the results of heavy metal pollution indicators. Ecology. 39, 157-170.

Janfada, A., 2019. Investigating the level of contamination of the landfill on underground water (a case study of the city's landfill Orumieh. Saba Higher Education Institute, 73-74.

Javahershenas, M., Nabizadeh, R., Alimohammadi, M. and Mahvi, A.H., 2022. The effects of Lahijan landfill leachate on the quality of surface and groundwater resources. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 102(2), 558-574. (In Persian with English abstract).

Kakaei, K., Bakhtiari, A.R. and Gholamalifard, M., 2016a. Risk assessment of ground waters pollution by heavy metals of Hamadan landfill leachate and appropriate cover recommendation. Journal of Research In Environmental Health. 2, 38-46 (In Persian with English abstract).

Kakaei, K. and Riyahi Bakhtiari, A., 2016. Investigation Status of Solid Wastelandfill by Method of Rapid Impacts Assessment Matrix in Environmental Impact (RIAM) in Hamadan. Iranian Journal of Research in Environmental Health. Summer 2016 b;2 (2): 173-181. (In Persian with English abstract).

Ma, S., Zhou, C., Pan, J., Yang, G., Sun, C., Liu, Y. and Zhao, Z., 2022. Leachate from municipal solid waste landfills in a global perspective: Characteristics, influential factors and environmental risks. Journal of Cleaner Production. 333, 130234.

Mester, T., Szabó, G., Sajtos, Z., Baranyai, E., Szabó, G. and Balla, D., 2022. Environmental Hazards of an Unrecultivated Liquid Waste Disposal Site on Soil and Groundwater. Water. 14(2), 226.

Mirkazehi, & Rezaei., 2019. The study of heavy metals in dust settling in Khash city landfill. Environmental Science Studies. 4(1), 1179-1184. (In Persian with English abstract).

Molak, Vlasta., 1996. Fundamentals of risk analysis and risk management / Vlasta Molak. P. cm. Includes bibliographical references and index.,. ISBN 1-56670-130-914.–17.

Omrani, Q., Javed, A.H. and Ramadan-Ali, A., 2013. Investigating the location criteria of the waste transfer station in the ۲۲ area of Tehran metropolis in terms of air and leachate environmental considerations. Journal of Environmental Science and Technology. 2(5), 147-160. (In Persian with English abstract).

Pande G, S. a. A. A. S., 2015. Impacts of leachate percolation on ground water quality: A case study of Dhanbad city. Global NEST Journal. 17(1), 162-174.

Rezaie, R., Mlaleki, A., Safari, M. and Ghavami, A., 2010. Assessment of chemical pollution of groundwater resources in downstream regions of Sanandaj landfill. SJKU. 15 (3), 89-98.(In Persian with English abstract)

Environmental Sciences Vol.21 / No.1 / Spring 2023

47-64

Original Article

Investigating the risk sensitivity of landfill centers on the pollution of water-receiving sources in North Khorasan Province

Sadegh Partani[1*] and Asiye Noruzi[2]

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Bojnord University, Bojnord, Iran
[2] Kargosha Research Group of Urban Human Ecology, Tehran, Iran

Received: 2022.07.27 Accepted: 2023.03.06

Partani, S. and Noruzi, A., 2023. Investigating the risk sensitivity of landfill centers on the pollution of water-receiving sources in North Khorasan Province. Environmental Sciences. 21(1): 47-64.

Introduction: Pollution of water-receiving sources in waste disposal sites is the most important risk of waste disposal on the environment. Therefore, this research has estimated the ecological risk (human society, natural flora and fauna) considering the characteristics of sources and pollutants, and its type. The risk analysis has examined their effects with a comprehensive prioritization.

Material and methods: In this integrated applied study, during a step-by-step process and using available information and statistics (in terms of time and spatial area affected), including examples of the concentration of elements and chemical and physical compounds of pollutants with the origin of waste Urban and waste disposal activities, all types of risks were identified and the contribution of each of the effective, effects and affected was obtained. Axure RP program was used to draw diagrams of safety level calculations, risk and dimension and their distance and risk analyses.

Results and discussion: The results showed that the ecological risk of receiving resources around Bojnord Burial Center as the selected center of North Khorasan Province is in the range of low ecological risk. The biological risk caused by heavy metals is moderate, and the risk for the human food cycle and animal and plant cover is low and without threat to the food cycle. The pollution risk index of the effective factors in the calculation for the Bojnoord landfill with current implementation conditions was estimated as Rm=81%. The status of pollution risk index is on the verge of very high risk with potential environmental dangers.

[*] Corresponding Author: *Email Address*. s_partani@ub.ac.ir

Conclusion: According to the identification and analysis of the types of risk around the Bojnord landfill, equal risk and equal safety maps were drawn, as a result of which vulnerable centers could be identified and proper planning can be done to control and protect them. In fact, the design of the co-risk map and the potential and actual sources of pollution, the type of pollutant and the target and affected environment, taking into account the time domain, can greatly improve the quality management of resources and complete the existing database in the country and province and prepare for long-term planning.

Keywords: Water receiving sources, Bojnoord landfill, Waste pollution, Co-risk map.