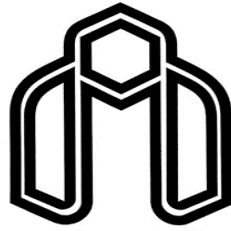


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی

مکان یابی محل دفن زباله های شهری در شرق استان مازندران

نگارنده: فاطمه حسین زاده

استاد راهنما

دکتر علی اکبر مومنی

استاد مشاور

دکتر رحیم باقری

تیر ۱۳۹۷

شماره: ۱۳۰۶۱  
تاریخ: ۹۷، ۷، ۸

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم فاطمه حسین زاده با شماره دانشجویی ۹۴۰۵۸۸۴ رشته زمین شناسی گرایش زیست محیطی تحت عنوان مکان یابی محل دفن زباله های شهری در شرق استان مازندران که در تاریخ ۹۷/۴/۲۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

| <input type="checkbox"/> مردود <input checked="" type="checkbox"/> قبول (با درجه: ... عالیج.....) |            |                     |                           |
|---|------------|---------------------|---------------------------|
| نوع تحقیق: <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/> عملی                 |            |                     |                           |
| امضاء   | مرتبه علمی | نام و نام خانوادگی  | عضو هیأت داوران           |
|   | استادیار   | دکتر علی اکبر مومنی | ۱- استاد راهنمای اول      |
|   | استادیار   | دکتر رحیم باقری     | ۲- استاد مشاور            |
|   | استادیار   | دکتر مهدی جعفرزاده  | ۳- نماینده تحصیلات تکمیلی |
|   | دانشیار    | دکتر غلامحسین کریمی | ۴- استاد ممتحن اول        |
|   | استادیار   | دکتر گیتی فرقانی    | ۵- استاد ممتحن دوم        |

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر ...  
تاریخ و امضاء و مهر دانشکده: ۹۷، ۷، ۸

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).



## تقدیم بہ

پدرم، اول استادم، کہ ہموارہ چتر مجتہدش بر سرم است؛ بزرگواری کہ الفبای زندگی را از او آموختم.

مادرم، بلندتکیہ گاہم، کہ دامن پر مهرش یگانہ پنہم است؛ مہربانی کہ عشق و رزیدن را از او آموختم.

و تقدیم بہ ہمسرمہر بانم حمیدرضا کہ بہ تازگی، ہمسفر راہ ہای نلییہ سودہ زندگی ام شدہ است و مانند کوبی استوار تکیہ گاہ من است،

کسی کہ وجود پر مهرش تمام آن چیزہی است کہ از زندگی می خواہم...

## تقدیر و شکر

شکر و سپاس خدای را که بزرگترین امید و یاور در لحظه لحظه زندگیست.

سپاس ویژه از راهبانی‌های صبورانه و بهرامی دلسوزانه‌ی استاد گران قدرم، جناب آقای علی اکبر مومنی که با کشاده رویی خویش مرا پذیرا بوده و همواره به ساگردی ایشان افتخار می‌کنم.

و هم چنین از برادر عزیز و دوست داشتیم امیر حسین، همراه همیشگی و پشتوانه‌ی زندگیم، صمیمانه سپاسگزارم.

## تعهدنامه

اینجانب فاطمه حسین‌زاده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی - گرایش زیست‌محیطی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه " مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهری در شرق استان مازندران " تحت راهنمایی آقای دکتر علی اکبر مومنی متعهد می‌شوم :

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « S h a h r o o d U n i v e r s i t y o f T e c h n o l o g y » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

## تاریخ

### امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

## چکیده

گسترش شهرها و افزایش جمعیت موجب افزایش تولید زباله‌های جامد در مناطق شهری شده است که یکی از مهم‌ترین منابع تهدیدکننده محیط‌زیست به شمار می‌رود. بنابراین، از نقطه نظر زیست‌محیطی مدیریت زباله نقش بسیار مهمی دارد. در حال حاضر دفن بهداشتی پسماند، مقرون به صرفه‌ترین سیستم دفع زباله‌های جامد است که تاثیر قابل توجهی بر کاهش آلودگی و هزینه‌های نظارت بر محیط‌زیست دارد. مهم‌ترین اهداف این تحقیق، اولاً ارزیابی اثرات لندفیل کنونی به‌شهر بر روی محیط‌زیست اطراف و ثانیاً مکان‌یابی جدید برای محل دفن زباله شرق استان مازندران می‌باشد. بدین منظور تعداد ۱۲ نمونه خاک سطحی از محل دفن زباله و زمین‌های کشاورزی اطراف آن جمع‌آوری شده و نمونه‌ها پس از آماده‌سازی جهت اندازه‌گیری ۳۵ عنصر توسط دستگاه ICP-OES، آنالیز شدند و از بین عناصر آنالیز شده، ۸ عنصر کبالت، روی، مس، آرسنیک، مولیبدن، کروم، نیکل و کادمیوم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج بدست آمده با ۴ استاندارد آلودگی مقایسه گردید. آنالیز آماری بر روی نتایج بدست آمده با استفاده از ماتریس پیرسون، ضریب غنی‌شدگی، فاکتور آلودگی و فاکتور بار آلودگی انجام گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که میانگین غلظت کبالت، کادمیوم، روی، مس، آرسنیک و نیکل در تمامی نمونه‌ها نسبت به استاندارد بالاتر بوده است. خاک‌های مورد مطالعه از نظر آلودگی انسان‌زاد در رده متوسط قرار داشته و از نظر غنی‌شدگی روند  $Cd > As > Zn > Cu > Ni > Co > Cr > Mo$  مشاهده گردید. همچنین به منظور ارزیابی تاثیر شیرابه لندفیل بر روی آلودگی فلزات سنگین آب زیرزمینی، تعداد ۱۱ نمونه آب از محل چشمه و چاه‌های اطراف لندفیل گرفته شد و توسط دستگاه ICP-MS آنالیز گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که آب زیرزمینی تحت تاثیر شیرابه لندفیل قرار نگرفته است. به منظور انتخاب مکان مناسب برای دفن زباله‌های جامد شهری در شرق استان مازندران، معیارهای متعددی از قبیل کاربری اراضی، کیفیت آب زیرزمینی، سطح آب زیرزمینی، نفوذپذیری، شیب، فاصله از مرکز تولید پسماند، فاصله از آب سطحی، جهت باد، فاصله

از جاده، بارش، منابع قرضه، لرزه‌خیزی و فاصله از گسل در نظر گرفته شده است. تمام لایه‌های اطلاعاتی معیارها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS رده‌بندی شدند. سپس برای وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده گردید. با تلفیق نتایج حاصل از سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، منطقه مورد مطالعه از نظر مستعد بودن برای دفن زباله به چهار گروه مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب پهنه‌بندی شدند. در نهایت، با در نظر گرفتن معیارهای زیست‌محیطی و اجرایی، پهنه مناسب جهت دفن زباله‌های جامد شهری پیشنهاد گردید.

**کلمات کلیدی:** مکان‌یابی، لندفیل، مازندران، سیستم اطلاعات جغرافیایی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی.



## لیست مقالات استخراج شده از پایان نامه

- ۱- بررسی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف لندفیل بهشهر (مجله یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، ۱۳۹۷)
- ۲- تاثیر شیرابه لندفیل بهشهر بر روی آلودگی آب‌های زیرزمینی (پنجمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، ۱۳۹۶).

## فهرست مطالب

### فصل اول (کلیات)

|    |  |
|----|--|
| ۲  | ۱-۱- مقدمه .....   |
| ۲  | ۲-۱- بیان مسأله .....  |
| ۵  | ۳-۱- ضرورت انجام تحقیق .....                                   |
| ۵  | ۴-۱- اهداف و مراحل تحقیق .....                                 |
| ۶  | ۵-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی ..... |
| ۶  | ۶-۱- شرایط اقلیمی منطقه .....                                  |
| ۷  | ۱-۶-۱- بارندگی .....   |
| ۹  | ۲-۶-۱- دما .....   |
| ۱۰ | ۳-۶-۱- تبخیر .....   |
| ۱۱ | ۴-۶-۱- جهت باد غالب .....                                      |
| ۱۱ | ۱-۴-۶-۱- گلباد ایستگاه امیرآباد (بهشهر) .....                  |
| ۱۲ | ۲-۴-۶-۱- گلباد ایستگاه ساری .....                              |
| ۱۳ | ۷-۱- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه .....                        |
| ۱۷ | ۸-۱- ژئومورفولوژی منطقه .....                                  |
| ۱۷ | ۹-۱- هیدروژئولوژی منطقه .....                                  |

### فصل دوم (مروری بر موضوع و تحقیقات پیشین)

|    |   |
|----|---|
| ۲۲ | ۱-۲- مقدمه .....                                  |
| ۲۲ | ۲-۲- تعریف طبقه‌بندی زباله‌های شهری .....         |
| ۲۲ | ۳-۲- انواع پسماند .....                           |
| ۲۲ | ۱-۳-۲- پسماندهای عادی .....                       |
| ۲۳ | ۲-۳-۲- پسماندهای پزشکی .....                      |
| ۲۳ | ۳-۳-۲- پسماندهای ویژه .....                       |
| ۲۳ | ۴-۳-۲- پسماندهای کشاورزی .....                    |
| ۲۳ | ۵-۳-۲- پسماندهای صنعتی .....                      |
| ۲۳ | ۴-۲- عناصر سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری ..... |
| ۲۴ | ۱-۴-۲- کاهش در مبدا .....                         |
| ۲۴ | ۲-۴-۲- پردازش .....                               |

|    |   |
|----|---|
| ۲۵ | ..... متراکم کردن ۱-۲-۴-۲                         |
| ۲۵ | ..... زباله سوز ۲-۲-۴-۲                           |
| ۲۶ | ..... خرد کردن و آسیاب کردن زائدات ۳-۲-۴-۲        |
| ۲۶ | ..... تفکیک زباله و بازیافت ۴-۲-۴-۲               |
| ۲۷ | ..... کمپوست ۵-۲-۴-۲                              |
| ۲۷ | ..... دفن بهداشتی زباله (لندفیل) ۳-۴-۲            |
| ۲۸ | ..... معیارهای مکان یابی محل دفن پسماند ۵-۲-۴-۲   |
| ۲۹ | ..... معیار زمین شناسی و ژئوتکنیکی ۱-۵-۲          |
| ۲۹ | ..... نفوذپذیری (لیتولوژی و خاک شناسی) ۱-۱-۵-۲    |
| ۳۰ | ..... فاصله از غسل ۲-۱-۵-۲                        |
| ۳۰ | ..... فاصله از منبع قرضه ۳-۱-۵-۲                  |
| ۳۱ | ..... لرزه خیزی ۴-۱-۵-۲                           |
| ۳۱ | ..... هیدروژئولوژی ۵-۱-۵-۲                        |
| ۳۲ | ..... معیارهای اقلیمی ۲-۵-۲                       |
| ۳۲ | ..... هیدرولوژی ۱-۲-۵-۲                           |
| ۳۲ | ..... بارندگی ۲-۲-۵-۲                             |
| ۳۲ | ..... جهت باد غالب ۳-۲-۵-۲                        |
| ۳۳ | ..... معیار توپوگرافی و ژئومورفولوژی ۳-۵-۲        |
| ۳۳ | ..... توپوگرافی ۱-۳-۵-۲                           |
| ۳۳ | ..... شیب ۲-۳-۵-۲                                 |
| ۳۴ | ..... معیارهای اجتماعی و اقتصادی ۴-۵-۲            |
| ۳۴ | ..... کاربری اراضی ۱-۴-۵-۲                        |
| ۳۴ | ..... فاصله از مراکز تجمع پسماند ۲-۴-۵-۲          |
| ۳۴ | ..... فاصله از مراکز خطوط انتقال نیرو ۳-۴-۵-۲     |
| ۳۵ | ..... فاصله از جاده ۴-۴-۵-۲                       |
| ۳۵ | ..... فاصله از مناطق شهری و روستایی ۵-۴-۵-۲       |
| ۳۵ | ..... معیارهای زیست محیطی ۵-۵-۲                   |
| ۳۶ | ..... مروری بر مطالعات مکان یابی انجام شده ۶-۲    |
| ۴۲ | ..... انواع لندفیل به لحاظ سیستم کنترل آلودگی ۷-۲ |
| ۴۲ | ..... لندفیل خود پالا ۱-۷-۲                       |

|    |   |
|----|---|
| ۴۳ | ..... لندفیل بهداشتی ۲-۷-۲                            |
| ۴۵ | ..... شیرابه ۸-۲                                      |
| ۴۵ | ..... تاثیر شیرابه در آلودگی خاک به فلزات سنگین ۱-۸-۲ |
| ۴۷ | ..... تاثیر شیرابه در آلودگی آب‌های زیرزمینی ۲-۸-۲    |

### فصل سوم (روش انجام تحقیق)

|    |  |
|----|--|
| ۵۰ | ..... مقدمه ۱-۳  |
| ۵۰ | ..... ارزیابی آلودگی لندفیل بر روی منابع آب و خاک ۱-۲-۳          |
| ۵۰ | ..... نمونه برداری خاک ۱-۲-۳                                     |
| ۵۱ | ..... نمونه برداری آب ۲-۲-۳                                      |
| ۵۲ | ..... آماده سازی نمونه خاک ۳-۲-۳                                 |
| ۵۵ | ..... آماده سازی نمونه آب ۴-۲-۳                                  |
| ۵۶ | ..... اندازه گیری pH نمونه های خاک ۵-۲-۳                         |
| ۵۶ | ..... اندازه گیری pH نمونه های آب ۶-۲-۳                          |
| ۵۶ | ..... مکان یابی لندفیل جدید برای دفن زباله های شرق مازندران ۳-۳  |
| ۵۶ | ..... سیستم اطلاعات جغرافیایی ۱-۳-۳                              |
| ۵۷ | ..... مراحل مکان یابی محل مناسب دفن پسماند در شرق مازندران ۲-۳-۳ |
| ۵۷ | ..... شناخت موضوع مورد مطالعه و اهمیت آن ۱-۲-۳-۳                 |
| ۵۸ | ..... جمع آوری اطلاعات، تعیین داده ها و پارامترهای موثر ۲-۲-۳-۳  |
| ۵۸ | ..... تهیه نقشه و لایه های مورد نظر جهت مکان یابی ۳-۲-۳-۳        |
| ۵۸ | ..... انتخاب الگوریتم های مناسب برای وزن دهی به هر لایه ۴-۲-۳-۳  |
| ۵۹ | ..... ایجاد سلسله مراتب ۱-۴-۲-۳-۳                                |
| ۵۹ | ..... محاسبه وزن ۲-۴-۲-۳-۳                                       |
| ۶۰ | ..... تلفیق لایه های وزن دهی شده و تهیه نقشه نهایی ۵-۲-۳-۳       |
| ۶۱ | ..... انتخاب محدوده مناسب و صحت سنجی آن ۶-۲-۳-۳                  |
| ۶۲ | ..... آزمایش دانه بندی به روش تر ۱-۶-۲-۳-۳                       |
| ۶۲ | ..... آزمایش حد روانی ۲-۶-۲-۳-۳                                  |
| ۶۳ | ..... آزمایش حد خمیری ۳-۶-۲-۳-۳                                  |

## فصل چهارم (مکان یابی محل دفن پسماندهای جامد شهری)

|     |   |
|-----|---|
| ۶۶  | ..... ۱-۴- مقدمه  |
| ۶۶  | ..... ۲-۴- نتایج و بحث ارزیابی آلودگی خاک   |
| ۷۵  | ..... ۳-۴- نتایج و بحث ارزیابی آلودگی آب  |
| ۷۷  | ..... ۴-۴- پارامترهای مورد استفاده در مکان یابی و وزن دهی به آنها                   |
| ۷۸  | ..... ۱-۴-۴- نفوذ پذیری   |
| ۷۹  | ..... ۲-۴-۴- فاصله از گسل   |
| ۸۰  | ..... ۳-۴-۴- منابع قرضه   |
| ۸۱  | ..... ۴-۴-۴- لرزه خیزی  |
| ۸۲  | ..... ۵-۴-۴- کیفیت آب زیرزمینی  |
| ۸۳  | ..... ۶-۴-۴- سطح آب زیرزمینی  |
| ۸۴  | ..... ۷-۴-۴- فاصله از آبراهه  |
| ۸۵  | ..... ۸-۴-۴- میزان بارش   |
| ۸۶  | ..... ۹-۴-۴- جهت باد غالب   |
| ۸۷  | ..... ۱۰-۴-۴- شیب منطقه   |
| ۸۹  | ..... ۱۱-۴-۴- کاربری اراضی  |
| ۹۰  | ..... ۱۲-۴-۴- فاصله از مرکز تجمع پسماند   |
| ۹۰  | ..... ۱۳-۴-۴- فاصله از جاده   |
| ۹۱  | ..... ۵-۴-۵- وزن دهی به شاخص ها و انجام مقایسات زوجی با استفاده از روش سلسله مراتبی |
| ۹۲  | ..... ۱-۴-۵-۱- انجام مقایسات زوجی   |
| ۹۸  | ..... ۲-۴-۵-۲- محاسبه نرخ ناسازگاری   |
| ۹۸  | ..... ۳-۴-۵-۳- هم پوشانی لایه های اطلاعاتی  |
| ۱۰۰ | ..... ۴-۴-۶- شناسایی و حذف مناطق ممنوعه   |
| ۱۰۱ | ..... ۷-۴-۷- انتخاب پهنه مناسب  |
| ۱۰۲ | ..... ۸-۴-۸- ارزیابی پهنه منتخب   |

## فصل پنجم (نتیجه گیری و پیشنهادها)

|     |                       |
|-----|-----------------------|
| ۱۰۸ | ..... ۱-۵- نتیجه گیری |
| ۱۱۰ | ..... ۲-۵- پیشنهادها  |

## فهرست جدول

- جدول ۱-۲- مزایا و معایب روش زباله‌سوزی ..... ۲۶
- جدول ۲-۲- مزایا و معایب دفن بهداشتی ..... ۲۹
- جدول ۳-۲- حریم‌های ممنوعه ارائه شده توسط کارشناسان ..... ۳۶
- جدول ۱-۳- حد آلودگی خاک برای ۸ فلز سنگین بر حسب ppm در استانداردهای مختلف ..... ۵۳
- جدول ۲-۳- اهمیت‌های محتمل برای مقایسه زوجی بین پارامترها ..... ۶۰
- جدول ۱-۴- نتایج غلظت فلزات سنگین موجود در خاک منطقه و pH آنها ..... ۶۷
- جدول ۲-۴- نتایج غلظت فلزات سنگین موجود در شیرابه منطقه و pH آن ..... ۶۸
- جدول ۳-۴- ماتریس همبستگی پیرسون بین فلزات سنگین و pH خاک‌های مورد مطالعه ..... ۷۱
- جدول ۴-۴- نتایج فاکتور غنی‌شدگی (EF) برای خاک‌های مورد مطالعه ..... ۷۲
- جدول ۵-۴- نتایج شاخص آلودگی (PI) و شاخص بار آلودگی (PLI) برای خاک‌های مورد مطالعه ..... ۷۵
- جدول ۶-۴- نتایج غلظت فلزات سنگین به همراه استانداردها بر حسب (ppb) ..... ۷۶
- جدول ۷-۴- رده‌بندی نفوذپذیری واحدهای زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ..... ۷۹
- جدول ۸-۴- رده‌بندی فاصله از گسل ..... ۸۰
- جدول ۹-۴- رده‌بندی منابع قرضه ..... ۸۱
- جدول ۱۰-۴- رده‌بندی شدت لرزه‌خیزی ..... ۸۲
- جدول ۱۱-۴- رده‌بندی منطقه بر اساس زیرمعیار کیفیت آب زیرزمینی ..... ۸۳
- جدول ۱۲-۴- رده‌بندی منطقه بر اساس عمق سطح آب زیرزمینی ..... ۸۴
- جدول ۱۳-۴- رده‌بندی منطقه بر اساس فاصله از آبراهه‌ها ..... ۸۵
- جدول ۱۴-۴- رده‌بندی منطقه بر اساس میزان بارندگی ..... ۸۶
- جدول ۱۵-۴- رده‌بندی منطقه بر اساس قرار گرفتن در جهت باد غالب ..... ۸۷
- جدول ۱۶-۴- رده‌بندی منطقه بر اساس معیار شیب ..... ۸۸
- جدول ۱۷-۴- رده‌بندی منطقه بر اساس کاربری اراضی ..... ۸۹
- جدول ۱۸-۴- رده‌بندی منطقه بر اساس فاصله از مرکز تجمع پسماند ..... ۹۰
- جدول ۱۹-۴- طبقه‌بندی محدوده بر مبنای فاصله از جاده ..... ۹۱
- جدول ۲۰-۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار کاربری اراضی ..... ۹۲

- جدول ۴-۲۱- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار کیفیت آب..... ۹۲
- جدول ۴-۲۲- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار سطح آب..... ۹۳
- جدول ۴-۲۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار نفوذپذیری..... ۹۳
- جدول ۴-۲۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار شیب..... ۹۳
- جدول ۴-۲۵- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های زیرمعیار فاصله از مرکز پسماند..... ۹۳
- جدول ۴-۲۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار فاصله از آبراه..... ۹۳
- جدول ۴-۲۷- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار جهت باد..... ۹۴
- جدول ۴-۲۸- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار فاصله از جاده..... ۹۴
- جدول ۴-۲۹- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار بارش..... ۹۴
- جدول ۴-۳۰- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار منابع قرضه..... ۹۴
- جدول ۴-۳۱- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار فاصله از غسل..... ۹۴
- جدول ۴-۳۲- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار لرزه خیزی..... ۹۴
- جدول ۴-۳۳- ماتریس مقایسه زوجی معیارها..... ۹۵
- جدول ۴-۳۴- رده‌بندی و وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی..... ۹۵
- جدول ۴-۳۵- نرخ ناسازگاری مربوط به معیار..... ۹۸
- جدول ۴-۳۶- حریم‌های مورد استفاده برای مناطق ممنوعه..... ۱۰۱

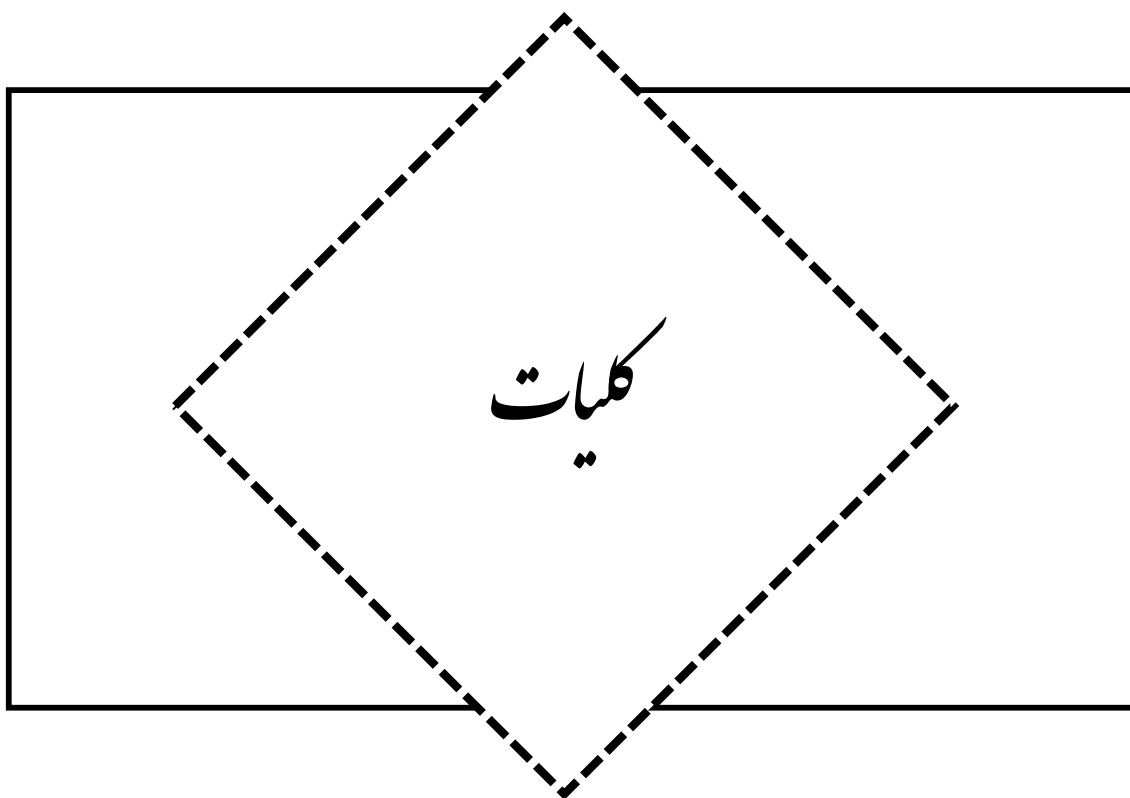
## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- قرارگیری منطقه بهشهر در مجاورت منطقه مسکونی ..... ۴
- شکل ۲-۱- دفع زباله و جاری بودن شیرابه تولیدی از آن در لندفیل بهشهر ..... ۴
- شکل ۳-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن ..... ۷
- شکل ۴-۱- میزان بارش در طول سال در شهرستان بهشهر ..... ۸
- شکل ۵-۱- میزان بارش در طول سال در شهرستان نکا ..... ۸
- شکل ۶-۱- تغییرات دما در ماه‌های مختلف در شهرستان بهشهر ..... ۹
- شکل ۷-۱- تغییرات دما در ماه‌های مختلف در شهرستان نکا ..... ۹
- شکل ۸-۱- متوسط تبخیر در شهرستان بهشهر در ماه‌های مختلف ..... ۱۰
- شکل ۹-۱- متوسط تبخیر در شهرستان نکا در ماه‌های مختلف ..... ۱۰
- شکل ۱۰-۱- گلباد باد غالب ایستگاه بهشهر، طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۹۵ ..... ۱۱
- شکل ۱۱-۱- گلباد باد غالب ایستگاه ساری، طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۵ ..... ۱۲
- شکل ۱۲-۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ..... ۱۷
- شکل ۱۳-۱- نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی شرق مازندران ..... ۱۹
- شکل ۱۴-۱- نقشه هم‌EC آب زیرزمینی شرق مازندران ..... ۲۰
- شکل ۱۵-۱- نقشه هم‌پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی شرق مازندران ..... ۲۰
- شکل ۱-۲- شکل شماتیک از یک لندفیل خود پالا ..... ۴۳
- شکل ۲-۲- شکل شماتیک از یک لندفیل بهداشتی پسماند ..... ۴۴
- شکل ۱-۳- موقعیت شهر بهشهر در نقاط منطقه نمونه‌برداری خاک ..... ۵۱
- شکل ۲-۳- موقعیت شهر بهشهر در نقاط منطقه نمونه‌برداری آب ..... ۵۲
- شکل ۳-۳- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ..... ۶۱
- شکل ۱-۴- غلظت فلزات سنگین در خاک‌های مورد مطالعه و مقایسه آن با حد آلودگی استاندارد های مختلف ..... ۶۹
- شکل ۲-۴- پراکندگی شاخص بار آلودگی خاک در منطقه مورد مطالعه ..... ۷۴
- شکل ۳-۴- نقشه پهنه بندی فلزات Al و Fe در نمونه‌های آب اطراف لندفیل بهشهر.. ۷۶
- شکل ۴-۴- غلظت Al و Fe در نمونه‌های آب زیرزمینی و شیرابه..... ۷۷
- شکل ۵-۴- نقشه پهنه‌بندی نفوذپذیری ..... ۷۹
- شکل ۶-۴- نقشه پهنه‌بندی فاصله از گسل ..... ۸۰
- شکل ۷-۴- نقشه پهنه‌بندی منابع قرضه ..... ۸۱



- شکل ۴-۸- نقشه پهنه‌بندی لرزه‌خیزی ..... ۸۲
- شکل ۴-۹- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی ..... ۸۳
- شکل ۴-۱۰- نقشه پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی ..... ۸۴
- شکل ۴-۱۱- نقشه پهنه‌بندی فاصله از آبراه ..... ۸۵
- شکل ۴-۱۲- نقشه پهنه‌بندی بارش ..... ۸۶
- شکل ۴-۱۳- نقشه پهنه‌بندی جهت باد ..... ۸۷
- شکل ۴-۱۴- نقشه بدست آمده از DEM منطقه مورد مطالعه ..... ۸۸
- شکل ۴-۱۵- نقشه پهنه‌بندی شیب ..... ۸۸
- شکل ۴-۱۶- نقشه پهنه‌بندی کاربری اراضی ..... ۸۹
- شکل ۴-۱۷- نقشه پهنه‌بندی فاصله از مرکز تجمع پسماند ..... ۹۰
- شکل ۴-۱۸- نقشه پهنه‌بندی فاصله از راه ..... ۹۱
- شکل ۴-۱۹- نقشه تلفیق لایه‌های اطلاعاتی ..... ۹۹
- شکل ۴-۲۰- نقشه هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی ..... ۱۰۰
- شکل ۴-۲۱- نقشه رده‌بندی شده حاصل از هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی ..... ۱۰۰
- شکل ۴-۲۲- نقشه حاصل از هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی و حذف مناطق ممنوعه ..... ۱۰۱
- شکل ۴-۲۳- موقعیت پهنه مناسب جهت دفن زباله‌های جامد شهری شرق مازندران .. ۱۰۲
- شکل ۴-۲۴- موقعیت پهنه منتخب ..... ۱۰۳
- شکل ۴-۲۵- تصویری از پهنه منتخب ..... ۱۰۴
- شکل ۴-۲۶- منحنی دانه‌بندی خاک ..... ۱۰۴
- شکل ۴-۲۷- منحنی حد روانی ..... ۱۰۴
- شکل ۴-۲۸- نمودار رده‌بندی یونیفاید خاک‌های ریزدانه و موقعیت قرارگیری خاک منطقه در این نمودار ..... ۱۰۵
- شکل ۵-۱- الف) نمایی از مقطع لندفیل پیشنهادی؛ ب) نمایی از پلان لندفیل پیشنهادی؛ ج) شکل شماتیک از کاربری لندفیل پس از اتمام دفن ..... ۱۱۱

# فصل اول



## ۱-۱- مقدمه

افزایش جمعیت، رشد صنایع و توسعه تکنولوژی در چند دهه گذشته، موجب افزایش تولید مواد زاید و جامد شده است. توجه به محیط‌زیست و موضوع مواد زائد جامد، مساله مهمی است که در سال‌های اخیر مورد توجه جهانیان قرار گرفته است. انسان و بسیاری از موجودات کره زمین، به شیوه‌های مختلف زباله‌ساز هستند، در نتیجه کنترل آن‌ها، تضمین در سلامت و بقای محیط‌زیست را به همراه دارد (عمرانی، ۱۳۷۷). در این فصل به بیان مسئله و موضوع تحقیق و اهداف تحقیق، لزوم اجرای تحقیق، خصوصیات منطقه مورد مطالعه پرداخته شده است.

## ۱-۲- بیان مسئله

با آغاز زندگی اجتماعی، بشر همواره درگیر با مشکلات خاص این نوع از زندگی بوده است. نیاز به وجود قوانین و مقررات اجتماعی، تامین نیازهای اولیه و ثانویه جوامع مانند آب، مسکن، غذا، از جمله این مشکلات است که به موازات آن معضلاتی نظیر تولید فاضلاب‌ها و پسماندها، آلودگی هوا، آب، خاک و غیره را به همراه دارد (عبدلی، ۱۳۷۲). در سال‌های اخیر، افزایش بی‌رویه جمعیت شهرها موجب تولید انواع پسماند در مناطق شهری شده است، به طوری که مدیریت پسماندهای شهری شامل: کاهش تولید پسماند، جمع‌آوری و حمل و نقل، انتقال، بازیافت و دفن زباله‌ها یکی از مهمترین دغدغه‌های مدیریت شهری می‌باشد. از بین این موارد، دفن پسماند در محل مناسب از مهمترین مراحل محسوب می‌شود چرا که دفن پسماند در کشورهای نظیر ایران یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها بوده و از طرفی دفن پسماندها در مکان‌های نامناسب می‌تواند اثرات سوئی بر محیط داشته باشد. از طرف دیگر در چرخه مدیریت پسماند، دفن پسماند ضروری است چرا که زباله‌هایی وجود دارند که ممکن است از طریق دیگر روش‌های مدیریت از بین نروند و ناگزیر باید دفن گردند. در صورت عدم توجه به این معضل آسیب‌های جدی از نظر زیست‌محیطی برای جانداران به وجود می‌آید. دفن غیراصولی زباله‌ها در اطراف شهرها، مقادیر زیادی شیرابه‌ی بسیار خطرناک حاوی

سموم، آلاینده‌های بیولوژیکی و فلزات سنگین، تولید می‌کند. دلیل اصلی توجه مجامع علمی به موضوع آلودگی شیرابه و تصفیه‌ی آن، خطر احتمالی آلوده شدن منابع آبی، خاک و تا حدودی هوا، توسط شیرابه و گازهای متصاعد شده از آن می‌باشد. تبعات خطرناک و مرگبار این آلودگی موضوعی بدیهی است، چرا که شیرابه، فاضلابی پیچیده با آلودگی بالا می‌باشد و منشأ این آلودگی حاصل از فعالیت‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در زباله‌های مراکز دفن و موازنه آب در این مراکز می‌باشد (Christensen and Cossu, 1992).

مهمترین فاکتوری که در دفن زباله‌های شهری می‌بایستی مدنظر قرار گیرد، انتخاب مکان مناسب جهت دفن می‌باشد. انتخاب محل مناسب برای دفن زباله در فرآیند برنامه ریزی شهری، یک مسئله حیاتی است، چرا که تاثیر زیادی در اقتصاد، محیط‌زیست و بهداشت منطقه دارد. از جمله مهمترین عوامل موثر بر انتخاب محل مناسب دفن پسماندها، در نظر گرفتن فاکتورهای هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، زمین‌شناسی زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی منطقه است. در شهرهای شمالی کشور به لحاظ شرایط خاص اقلیمی، جغرافیایی و زیست‌محیطی، فضاها و مکان‌های قابل دسترس برای دفن مواد زائد محدود است. لذا دفن زباله‌ها در اینگونه شهرها، همواره با مشکلات سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی فراوانی همراه بوده است (عمرانی، ۱۳۷۴). با توجه به نزدیکی شهرهای شمالی کشور، این پژوهش در نظر دارد تا مکان‌یابی برای دفن زباله‌های شهری شرق مازندران را ارزیابی نماید. این محدوده شامل شهرهای نکا، بهشهر و گلوگاه می‌باشد. دفن زباله‌های شهری در این مناطق در مکان‌های نامناسب و به صورت نامطلوب صورت می‌گیرد.

محل دفن زباله در شهرستان بهشهر، بدون در نظر گرفتن شرایط زیست‌محیطی و تأثیر بد زیباشناختی در مجاورت این شهر قرار دارد (شکل ۱-۱). از جمله اثرات زیست‌محیطی این لندفیل تولید بوی شدید، آلودگی بصری و محیطی و همچنین قرار گرفتن در حریم و حاشیه مسیر ورودی مکان تاریخی عباس آباد می‌باشد.

در حال حاضر با شروع بهره‌برداری از کارخانه کمپوست بهشهر در سال ۹۴، زباله‌های شرق مازندران به این مکان انتقال داده می‌شود و در آنجا مواد قابل بازیافت و غیرقابل بازیافت از هم تفکیک شده و زباله‌های

غیرقابل بازیافت دوباره به محل قدیمی بهشهر برده می‌شود. علی‌رغم کاهش مقدار زباله دفنی ناشی از بازیافت یا تبدیل آنها در کارخانه کمپوست، کماکان زباله غیرقابل بازیافت در این منطقه وجود داشته و لندفیل ذکر شده فعال است. به‌علاوه سیستم‌های مدیریت زباله در این لندفیل به صورت دفع بوده و زباله‌های دفن نشده در محیط رها هستند و پتانسیل تولید آلودگی را دارند (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۱- فرارگیری منطقه بهشهر در مجاورت منطقه مسکونی



شکل ۱-۲- دفع زباله و جاری بودن شیرابه تولیدی از آن در لندفیل بهشهر

### ۳-۱- ضرورت انجام تحقیق

با توجه به این مطلب که عملاً زباله‌ها در این منطقه دفع شده و در محیط رها هستند، به علت بالا بودن میزان بارش در منطقه و نفوذ آب‌های سطحی حاصل از بارندگی به این مکان، پتانسیل تولید شیرابه و آلوده کردن محیط اطراف در این مکان بالا می‌باشد. همچنین لندفیل ذکر شده بدون در نظر گرفتن اصول زیست‌محیطی، در حریم ممنوعه احداث شده است. بنابراین در مرحله اول می‌بایستی اثرات زیست‌محیطی این لندفیل ارزیابی شده و سپس مکان‌یابی برای محل لندفیل جدید انجام گردد تا محل‌هایی با کمترین مشکلات زیست‌محیطی جایگزین آن شود.

### ۴-۱- اهداف و مراحل تحقیق

هدف از این پژوهش بررسی وضعیت لندفیل بهشهر و تعیین مناسب‌ترین محل برای دفن پسماندهای جامد شهری در شرق استان مازندران می‌باشد.

به منظور دستیابی به این هدف، مراحل تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

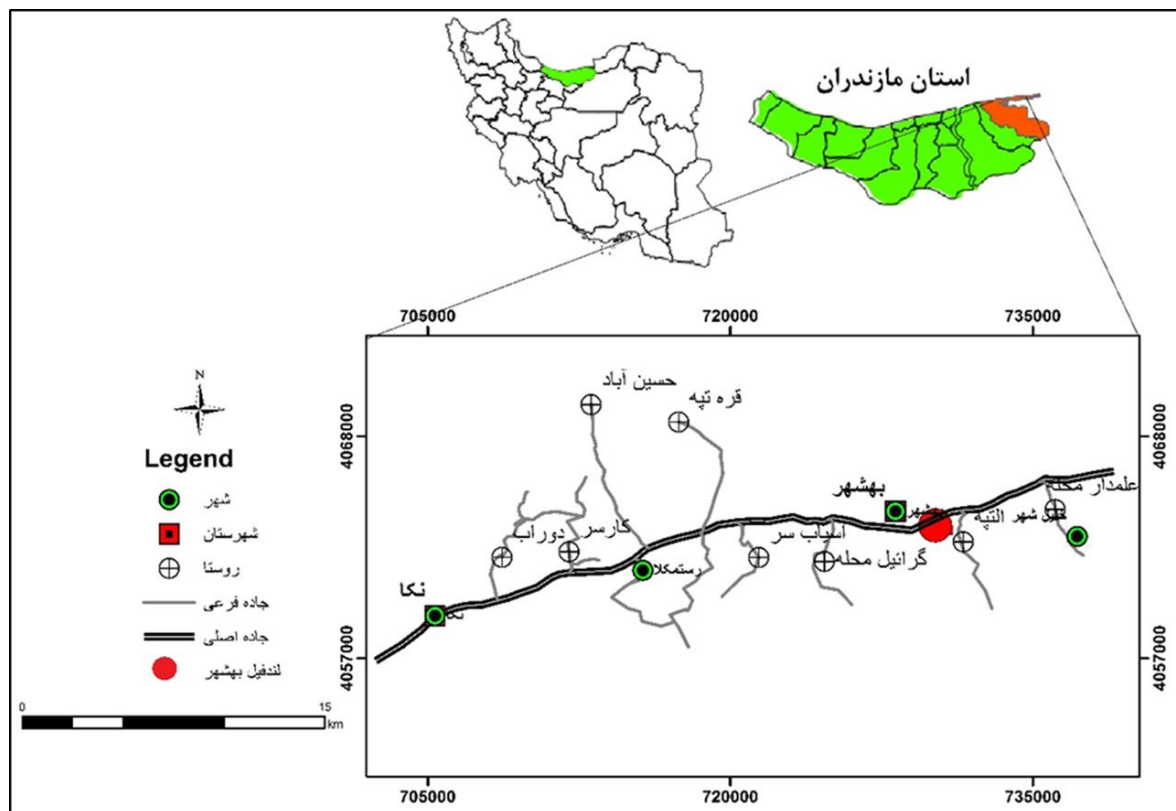
- ۱- ارزیابی وضعیت فلزات سنگین در منابع خاکی و آبی اطراف لندفیل بهشهر
- ۲- مطالعه منابع و بررسی جدیدترین روش‌های مکان‌یابی محل دفن پسماندها
- ۳- تعیین معیارها و محدودیت‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی در مکان‌یابی لندفیل‌های شهری
- ۴- گردآوری داده‌های مورد نیاز از نهادها و سازمان‌های مختلف جهت تهیه لایه‌های اطلاعاتی و نقشه‌های مورد نیاز
- ۵- آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی معیارها در محیط GIS
- ۶- رده‌بندی لایه‌های اطلاعاتی معیارها و انتخاب روش وزن‌دهی به پارامترها
- ۷- هم‌پوشانی و پهنه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی از نظر مستعد برای دفن زباله و انتخاب چند گزینه مناسب
- ۸- بازدید صحرایی و اعتبار سنجی منطقه انتخاب شده

### ۱-۵- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی

محدوده مورد مطالعه در شرق استان مازندران از بخش غربی شهرستان نکا آغاز شده و تا غرب گلوگاه ادامه دارد (شکل ۱-۳). شهرستان بهشهر و نکا به عنوان مرکز اصلی تولید زباله در این محدوده شناخته می‌شوند که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت. شهرستان بهشهر با مساحت ۳۶۷۰ کیلومترمربع، در شرق استان مازندران واقع شده است. این شهرستان در موقعیت جغرافیایی طول شرقی ۵۳ درجه و ۳۰ دقیقه الی ۵۳ درجه و ۳۴ دقیقه و عرض شمالی ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه الی ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه واقع است. حداقل ارتفاع در این محدوده ۱۵ متر و حداکثر ارتفاع آن ۸۶۳/۶ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد. از دیدگاه ریخت‌شناختی، این ورقه واحدهای ریخت‌زمین ساختی مهمی را در بر می‌گیرد که از جنوب به شمال عبارتند از: بلندی‌ها و دامنه‌های شمالی رشته کوه البرز، دشت خزر، خلیج گرگان، شبه جزیره میانکاله، جزیره آشوره و دریای خزر. شهرستان بهشهر شامل بخش مرکزی (شهر بهشهر) و هشت روستا با نام‌های قره تپه، حسین‌آباد، دوراب، کارسر، آسیاب سر، گرائیل محله، علمدار محله و التپه می‌باشد (شکل ۱-۱). شهرستان نکا با وسعت ۱۸۶۵ کیلومترمربع، در ۲۰ کیلومتری غرب بهشهر واقع شده است. این شهرستان در موقعیت جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است. شهرستان نکا شامل بخش مرکزی (شهر نکا) و روستاهای دوراب، زرن‌دین علیا و حسین‌آباد می‌باشد. شهر رستمکلا در ۸ کیلومتری غرب شهرستان بهشهر و خلیل‌شهر و گلوگاه در فاصله ۶ و ۲۵ کیلومتری شرق شهرستان بهشهر، از دیگر مراکز تولید زباله شرق مازندران می‌باشند.

### ۱-۶- شرایط اقلیمی منطقه

منطقه مورد مطالعه در شرق استان مازندران و در دامنه رشته کوه‌های البرز واقع شده است. بر اساس داده‌های موجود در سازمان هواشناسی، منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای معتدل و مرطوب می‌باشد.

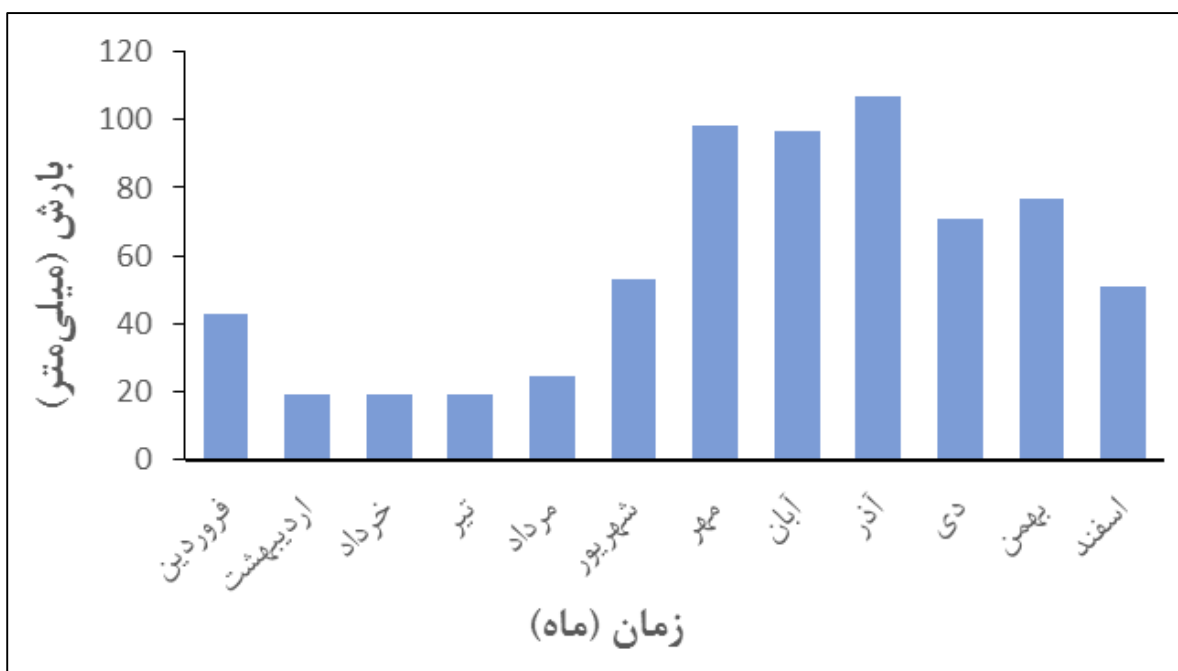


شکل ۱-۳- موقعیت منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن (برگرفته از نقشه راه‌های کشور)

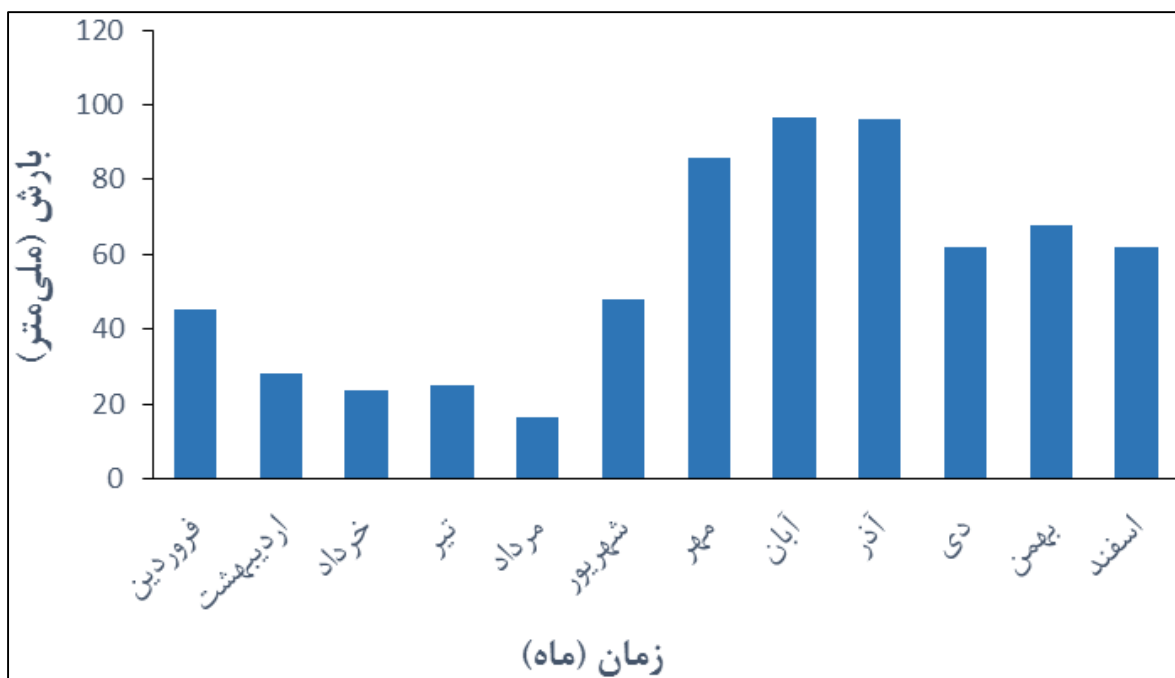
### ۱-۶-۱- بارندگی

متوسط بارندگی ۱۲ ساله (۱۳۸۳-۱۳۹۵) شهرستان بهشهر ۶۵۷/۸ میلی‌متر در سال می‌باشد. توزیع متوسط بارندگی در شهرستان بهشهر نشان می‌دهد که ۱۲/۳۷ درصد بارندگی‌ها مربوط به بهار، ۱۴/۷۷ درصد بارندگی‌ها مربوط به فصل تابستان، ۴۴/۷۷ درصد بارندگی‌ها مربوط به فصل پاییز و ۳۰/۱۶ درصد بارندگی‌ها مربوط به فصل زمستان می‌باشد (شکل ۱-۴). همچنین متوسط بارندگی ۱۵ ساله (سال ۱۳۸۰-۱۳۹۵) شهرستان نکا ۶۵۷/۱ میلی‌متر در سال می‌باشد. توزیع متوسط بارندگی در شهرستان نکا نشان می‌دهد که ۱۴/۷۶ درصد بارندگی‌ها مربوط به بهار، ۱۳/۶۲ درصد بارندگی‌ها مربوط به فصل تابستان، ۴۲/۴۱ درصد بارندگی‌ها مربوط به فصل پاییز و ۲۹/۲۰ درصد بارندگی‌ها مربوط به فصل زمستان می‌باشد (شکل ۱-۵).





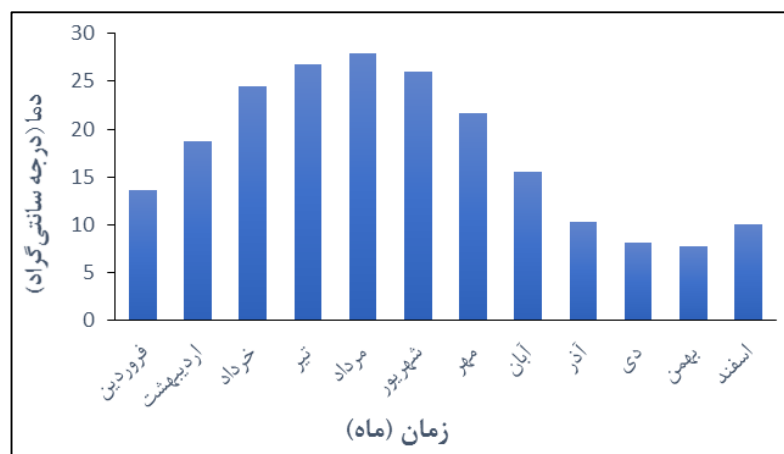
شکل ۱-۴- میزان بارش در طول سال در شهرستان بهشهر (سازمان هواشناسی استان مازندران، ۱۳۹۵)



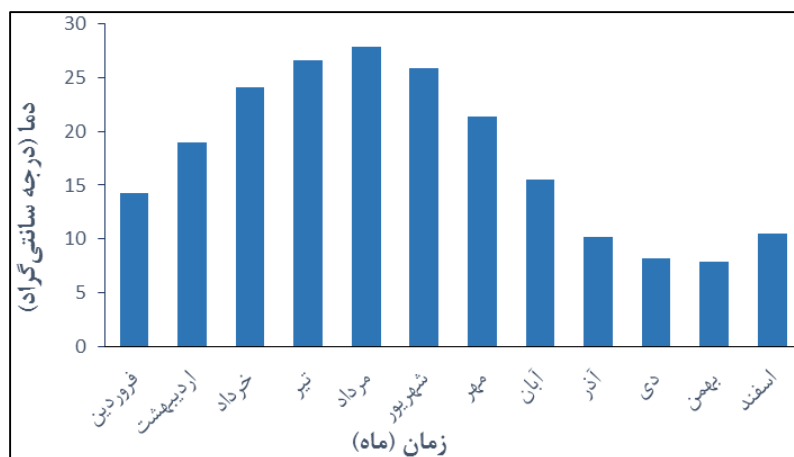
شکل ۱-۵- میزان بارش در طول سال در شهرستان نکا (سازمان هواشناسی استان مازندران، ۱۳۹۵)

### ۱-۶-۲- دما

بر اساس گزارش سازمان هواشناسی استان مازندران، میانگین دمای ۱۲ ساله (سال ۱۳۸۳-۱۳۹۵) ایستگاه هواشناسی بهشهر ۱۷ درجه سانتی‌گراد بوده که در مجموع نشان‌دهنده اقلیم معتدل و مرطوب منطقه است. بالاترین نوسانات دما در مرداد ماه با ۲۷/۹ درجه سانتی‌گراد و پایین‌ترین آن‌ها مربوط به بهمن ماه با ۷/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۱-۶). همچنین میانگین دمای ۱۷ ساله (سال ۱۳۷۹-۱۳۹۵) ایستگاه هواشناسی نکا ۱۷/۶ درجه سانتی‌گراد بوده است. بالاترین نوسانات دما در مرداد ماه با ۲۷/۹ درجه سانتی‌گراد و پایین‌ترین آن‌ها مربوط به بهمن ماه با ۷/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۱-۷).



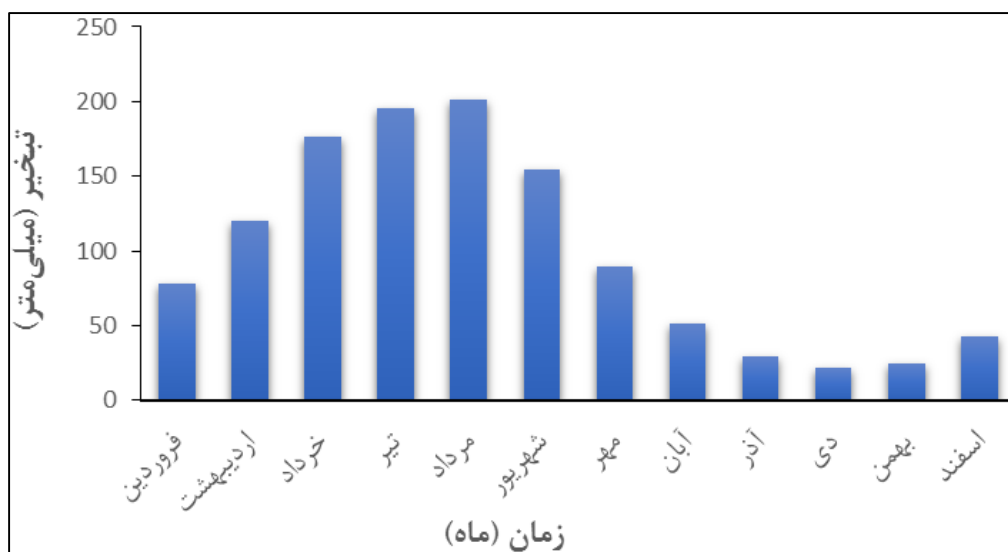
شکل ۱-۶- تغییرات دما در ماه‌های مختلف در شهرستان بهشهر (سازمان هواشناسی استان مازندران، ۱۳۹۵)



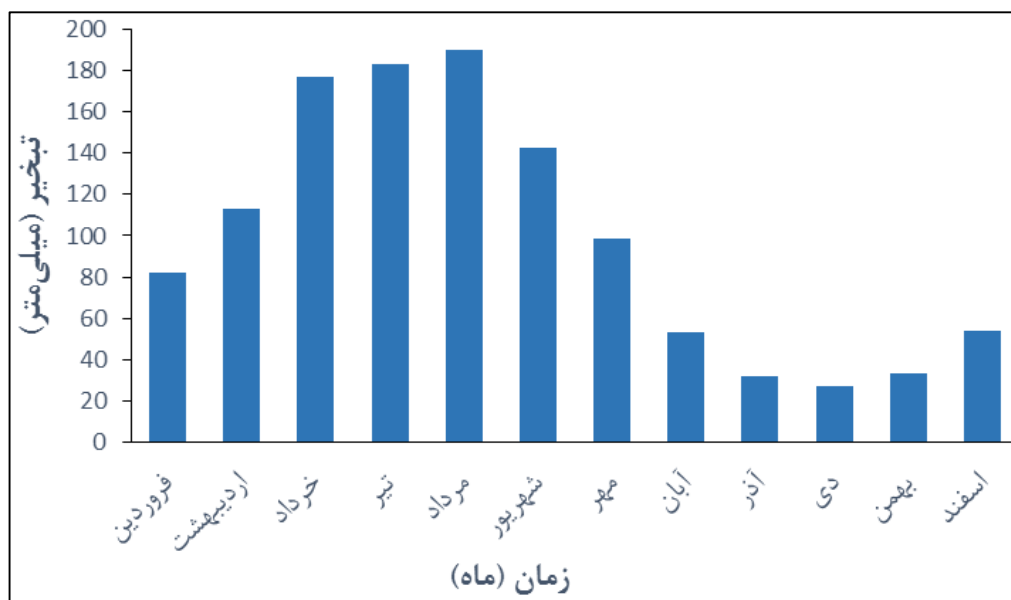
شکل ۱-۷- تغییرات دما در ماه‌های مختلف در شهرستان نکا (سازمان هواشناسی استان مازندران، ۱۳۹۵)

### ۱-۶-۳- تبخیر

بر اساس داده‌های سازمان هواشناسی استان مازندران، متوسط تبخیر ۱۲ ساله (سال ۱۳۸۳-۱۳۹۵) شهرستان بهشهر ۱۱۸۴/۱ میلی‌متر (شکل ۱-۸) و متوسط تبخیر ۱۵ ساله (سال ۱۳۸۰-۱۳۹۵) شهرستان نکا، ۱۱۸۱/۸ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۱-۹).



شکل ۱-۸- متوسط تبخیر در شهرستان بهشهر در ماه‌های مختلف (سازمان هواشناسی استان مازندران، ۱۳۹۵)



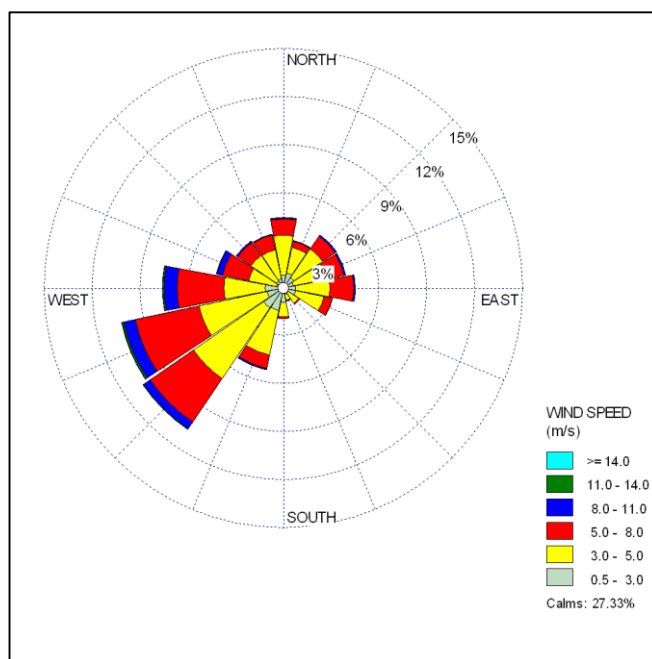
شکل ۱-۹- متوسط تبخیر در شهرستان نکا در ماه‌های مختلف (سازمان هواشناسی استان مازندران، ۱۳۹۵)

### ۱-۶-۴- جهت باد غالب

جهت باد به سمتی اشاره دارد که باد از آنجا می‌وزد. برای بررسی جهت غالب وزش باد در یک نقطه، از رسم گلباد استفاده می‌شود. گلبادها علاوه بر جهت‌های مختلف وزش باد، فراوانی متوسط سرعت هر جهت را نیز نشان می‌دهند.

### ۱-۶-۴-۱ گلباد ایستگاه امیرآباد (بهشهر)

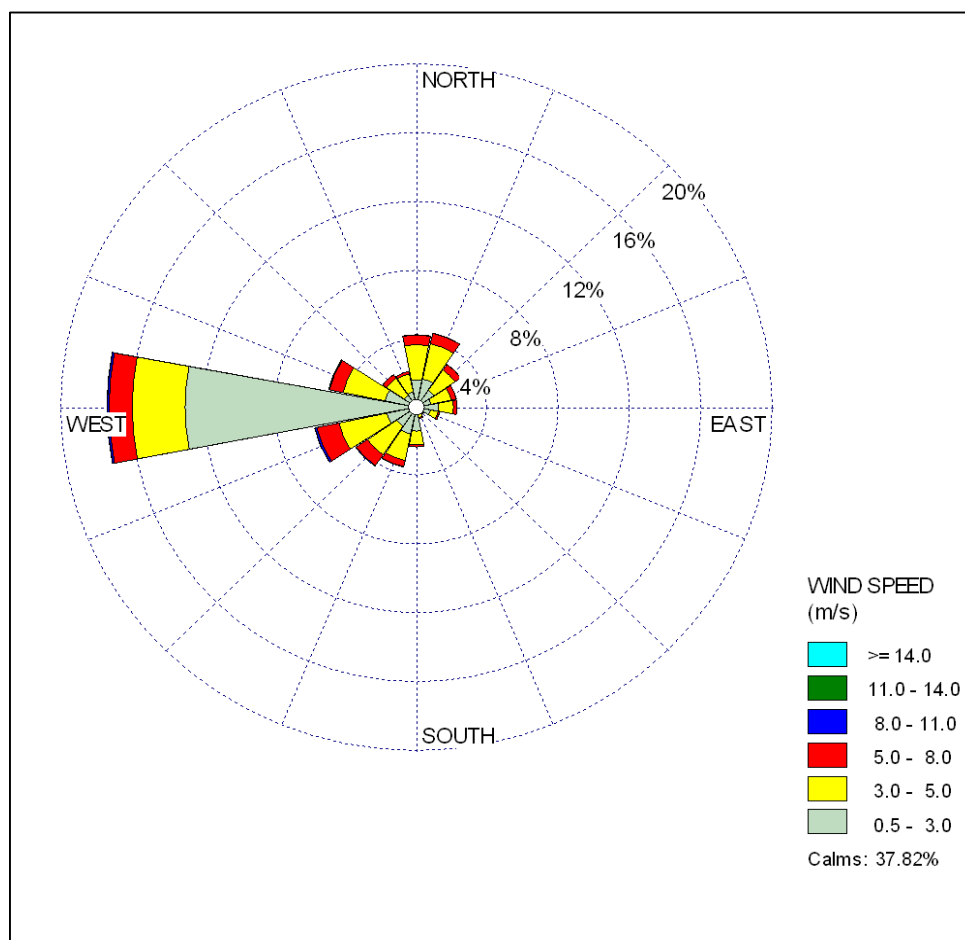
با توجه به شکل (۱-۱۰) بر اساس گزارش سازمان هواشناسی استان مازندران (۱۳۹۵)، از مجموع ۱۴۹ داده ماهانه طی دوره ۱۳ ساله، باد غالب (۱۱٪ کل بادها) ایستگاه امیرآباد، جنوب غربی (SW) می‌باشد. همچنین بررسی تغییرات سرعت بادها نشان می‌دهد که ۲ درصد باد با سرعت ۳-۰/۵ متر بر ثانیه، ۵ درصد باد با سرعت ۳-۵ متر بر ثانیه، ۳ درصد باد با سرعت ۵-۸ متر بر ثانیه و ۱ درصد باد با سرعت ۸-۱۱ متر بر ثانیه از طرف جنوب غربی می‌وزد. سرعت باد مسافتی است که باد در واحد زمان می‌پیماید که بر حسب متر بر ثانیه اندازه‌گیری می‌شود.



شکل (۱-۱۰) - گلباد باد غالب ایستگاه بهشهر، طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۹۵ (سازمان هواشناسی استان مازندران، ۱۳۹۵)

## ۱-۶-۴-۲- گلباد ایستگاه ساری

با توجه به این مطلب که شهرستان نکا در حد فاصل ساری و بهشهر قرار دارد و از آنجایی که در این شهرستان ایستگاه اندازه‌گیری باد وجود ندارد، از گلباد ساری نیز استفاده شده است تا میانگینی از آن‌ها برای شهرستان نکا در نظر گرفته شود. با توجه به شکل (۱-۱۱) بر اساس گزارش سازمان هواشناسی استان مازندران (۱۳۹۵)، از مجموع ۲۰۴ داده ماهانه طی دوره ۱۷ ساله، باد غالب (۱۷٪ کل بادها) ایستگاه ساری، غربی (W) می‌باشد. بررسی آماری تغییرات سرعت باد نشان می‌دهد که ۱۳ درصد باد با سرعت ۰/۵-۳ متر بر ثانیه، ۳ درصد باد با سرعت ۳-۵ متر بر ثانیه، ۱ درصد باد با سرعت ۵-۸ متر بر ثانیه و ۰/۲۵ درصد باد با سرعت ۸-۱۱ متر بر ثانیه از طرف غربی می‌وزد.



شکل ۱-۱۱- گلباد باد غالب ایستگاه ساری، طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۵ (سازمان هواشناسی استان مازندران، ۱۳۹۵)

## ۷-۱- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی در بخش مرکزی زون ساختمانی البرز قرار دارد. بخش شمالی این زون را البرز شمالی می‌نامند و از نظر موقعیت ساختمانی-رسوبی ایران، در زون گرگان-رشت قرار دارد (نبوی، ۱۳۵۵). این زون شامل مناطقی است که حاشیه دریای کاسپین را در سواحل ایران محدود کرده و در قسمت شمالی البرز قرار دارد. بخش اعظم آن به وسیله رسوبات کواترنری پوشیده شده است و به سمت شرق دارای لایه‌های ضخیم لس می‌باشد. قسمت اعظم این زون به نام منطقه فرونشست دریای کاسپین ذکر شده است. با توجه به شیست‌های جنوب گرگان، زمان پیدایش این زون را پرکامبرین تصور می‌کنند، گرچه این شیست‌ها را به حرکات کالدونین نیز نسبت داده‌اند. نتایج حفاری‌های متعدد رسوبات پلیوکواترنر، در نوار ساحلی دریای کاسپین، نشان‌دهنده دریای کم عمق، در اواخر سنوزوئیک می‌باشد. کهن‌ترین سنگ‌ها در این ناحیه، نهشته‌های سنگ آهک و سنگ آهک دولومیتی با سن ژوراسیک و جوان‌ترین واحد شامل نهشته‌های کواترنری است که در منطقه از گسترش قابل توجهی برخوردار است (نبوی، ۱۳۵۵). در ادامه واحدهای موجود در منطقه، مطابق با نقشه زمین‌شناسی (شکل ۱-۱۲) معرفی می‌گردند.

- **واحد Q<sup>1</sup>**: این واحد شامل یک مجموعه لس به رنگ قهوه‌ای-خاکستری روشن است. بیشترین گسترش این واحد بر روی واحد واریزه خرده سنگ و آهک‌های سازند لار مشاهده می‌شود.
- **نهشته‌های بادبزنی آبرفتی Q<sup>f1</sup>**: شامل نهشته‌های نسبتاً قدیمی‌تر و دور از منشاء بادبزنی‌های آبرفتی هستند که نسبتاً ریزدانه‌تر می‌باشند.
- **نهشته‌های بادزنی آبرفتی Q<sup>f2</sup>**: این واحد در بادبزنی‌های فعال‌تری قرار دارد که در جبهه کوهستان در حال شکل‌گیری هستند و شامل نهشته‌های نسبتاً جوان‌تر و نزدیک به منشاء می‌باشند.
- **واحد Q<sup>1</sup>**: همزمان با تشکیل آبرفت‌ها، نهشته‌های بادزنی در پای دامنه‌های منطقه به صورت لس تشکیل شده است. این واحد شامل بادزنی‌های سیلتی قهوه‌ای رنگ با دانه‌بندی یکنواخت است.

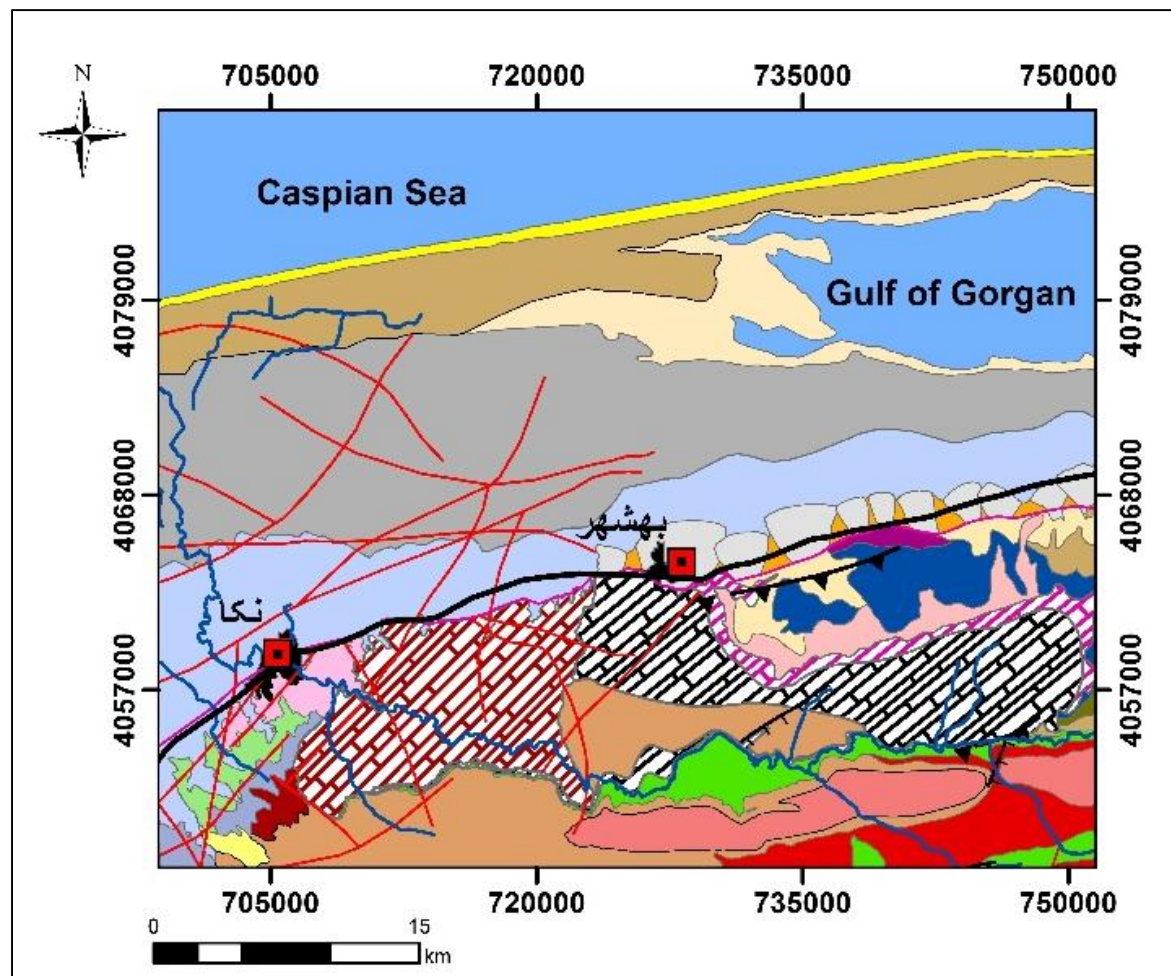
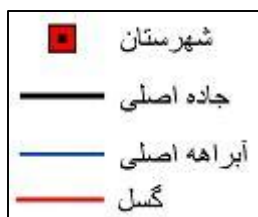
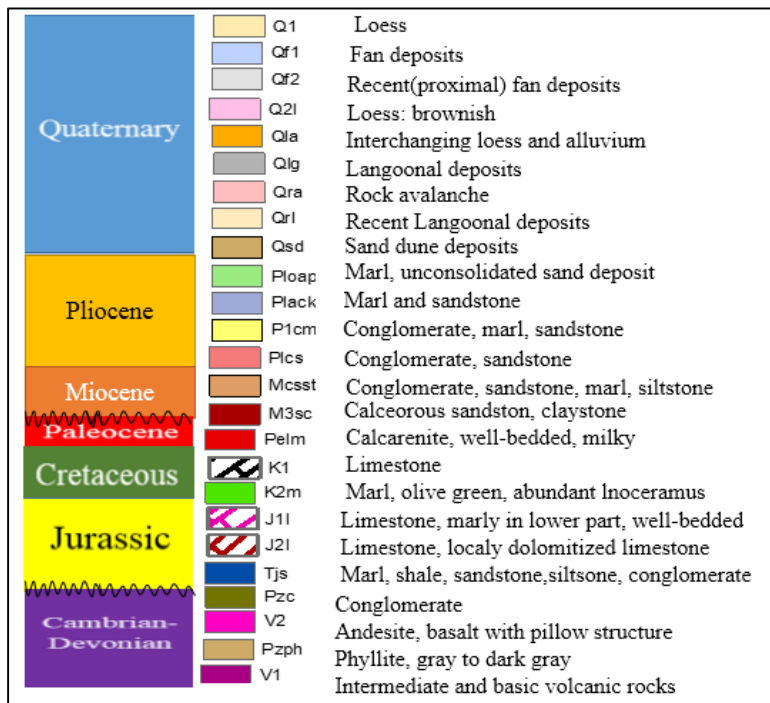
- **واحد Q<sup>Ia</sup>:** این واحد شامل تناوب متغیری از لس و نهشته‌های آبرفتی درشت‌دانه می‌باشد.
- **واحد Q<sup>Ig</sup>:** این واحد، نهشته‌های تالابی هستند که از رسوبات دانه‌ریز رس تشکیل شده است. رنگ این نهشته‌ها خاکستری تیره تا روشن می‌باشد.
- **واحد Q<sup>ra</sup>:** این واحد شامل یک پوشش نازک از خرده سنگ‌ها و قطعه سنگ‌هایی از جنس سنگ آهک‌های سازند لار و واحد سنگی کرتاسه زیرین می‌باشد.
- **واحد Q<sup>rl</sup>:** این واحد نهشته‌های کرانه‌ای هستند که شامل ماسه‌هایی است که به طور فعال در کرانه امروزین دریای خزر و خلیج گرگان نهشته می‌شوند.
- **واحد Q<sup>sd</sup>:** این واحد نهشته‌های تلماسه‌ای هستند که شامل ماسه‌هایی است که از دریای کاسپین منشا گرفته و در اثر وزش دائمی باد انتقال می‌یابند.
- **واحد PIO<sub>ap</sub>:** این واحد شامل رسوبات دریایی، مرکب از مارن‌های آبی، خاکستری تیره، سبز-آبی و رسوبات ماسه‌ای دانه ریز سخت نشده خاکستری و لایه‌های گراولی است. سن این واحد پلیوسن فوقانی است.
- **واحد pl<sup>ack</sup>:** این واحد شامل رسوبات آهکی، مارن‌های خاکستری روشن تا زرد، ماسه سنگ قرمز تا قهوه‌ای، کنگلومرا و لس می‌باشد. سن این واحد پلیوسن میانی تا پلیستوسن آغازی می‌باشد.
- **واحد P<sub>1</sub><sup>CM</sup>:** این واحد شامل تناوبی از لایه‌های ضخیم کنگلومرای، با گردشگی خوب که با سیمان آهکی به هم متصل می‌باشند. این واحد به صورت نامشخص در زیر رسوبات آهکی و مارنی پلیوسن پایانی قرار دارد.
- **واحد PI<sup>CS</sup>:** این واحد سنگی شامل توالی متنوعی از سنگ‌های آواری است. ماسه‌سنگ و کنگلومرا متوسط تا نازک لایه بخش عمده این توالی را شکل می‌دهد. این واحد متعلق به پلیوسن است.

- **واحد  $M^{csst}$** : این واحد شامل مجموعه‌ای از کنگلومرا، ماسه‌سنگ و کمی گلسنگ و مارن است که به طور عمده در جنوب رودخانه نکا تا جنوبی‌ترین بخش نقشه رخنمون دارد. این واحد متعلق به میوسن است.
- **واحد  $M_3^{sc}$** : این واحد از ماسه‌سنگ آهکی، بایو میکرایت قهوه‌ای خاکستری نازک لایه، گلسنگ قهوه‌ای تا قرمز نازک لایه و لایه‌های نازک مارن‌های سبز، خاکستری و قرمز تشکیل شده است. این واحد متعلق به میوسن پسین-پلیوسن است.
- **واحد  $Pe^{lm}$** : این واحد شامل سنگ آهک ماسه‌ای متوسط تا نازک لایه به رنگ کرم و نخودی است. این واحد متعلق به پالئوسن است.
- **واحد سنگی کرتاسه پایینی  $K_1$** : این واحد بلندترین برجستگی‌های بخش میانی نقشه را در گستره‌ای از جنوب بهشهر تا جنوب گلوگاه تشکیل می‌دهد. این واحد شامل آهک‌های میکرایتی، رسی و مارنی با رنگ‌های سفید، صورتی و زیتونی رنگ می‌باشد.
- **واحد سنگی مارنی کرتاسه بالایی  $K_2m$** : بخش بالایی از واحدهای سنگی کرتاسه بالایی شامل مارن‌های تقریباً یک‌دستی است که دارای نوعی لایه‌بندی مشخص هستند. همچنین ضخامت آن‌ها به سمت جنوب افزایش می‌یابد.
- **سازند لار  $J_1l$** : سازند لار شامل سنگ آهک‌های متوسط لایه تا توده‌ای است که در برخی قسمت‌ها دولومیتی هستند. وجود چرت سفید رنگ به صورت لایه‌های نازک نامنظم و نودول از ویژگی‌های مهم سازند لار است.
- **واحد  $J_2l$** : از لحاظ سنگی شامل سنگ آهک‌های میکرو اسپاری و بیومیکرو اسپاری توده‌ای و متراکم است. ضخامت این واحد بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر است.



- سازند شمشک  $TJ_s$ : این سازند از سنگ‌های آواری شامل مارن، ماسه‌سنگ، شیل خاکستری و کنگلومرا تشکیل شده است. این سازند متعلق به تریاس-ژوراسیک است.
- واحد  $P^{zc}$ : این واحد شامل کنگلومرای متوسط دانه‌ای است که اجزا آواری آن تا ۹۰ درصد از سنگ‌های آتشفشانی اسید و حدواسط تشکیل شده است. این واحد متعلق به دونین بالایی است.
- واحد  $V_2$ : سنگ‌های آتشفشانی دگرگون شده‌ای هستند و شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های حدواسط تا بازیک است که ترکیب آن‌ها از آندزیت تا بازالت تغییر می‌کند.
- واحد  $Pz^{ph}$ : این واحد از فیلیت تشکیل شده و رنگ آن به علت هوازدگی، سرخ و زرشکی است.
- واحد  $V_1$ : سنگ‌های آتشفشانی دگرگون شده‌ای هستند که ترکیبات متغیری از انواع بازیک تا حد واسط دارند.

بخش زیادی از منطقه مورد مطالعه توسط رسوبات کواترنری پوشانیده شده است. این رسوبات در بخش دامنه، عمدتاً از لس و رسوبات مخروط‌افکنه‌ای تشکیل شده‌اند. پس از عبور از منطقه دامنه، بخش زیادی از جلگه توسط رسوبات ریزدانه رسی پوشانیده شده است. در نهایت نوار مجاور ساحل از رسوبات ماسه‌ای تا سیلتی تشکیل شده است.



۱۲-۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (بر گرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ استان مازندران)

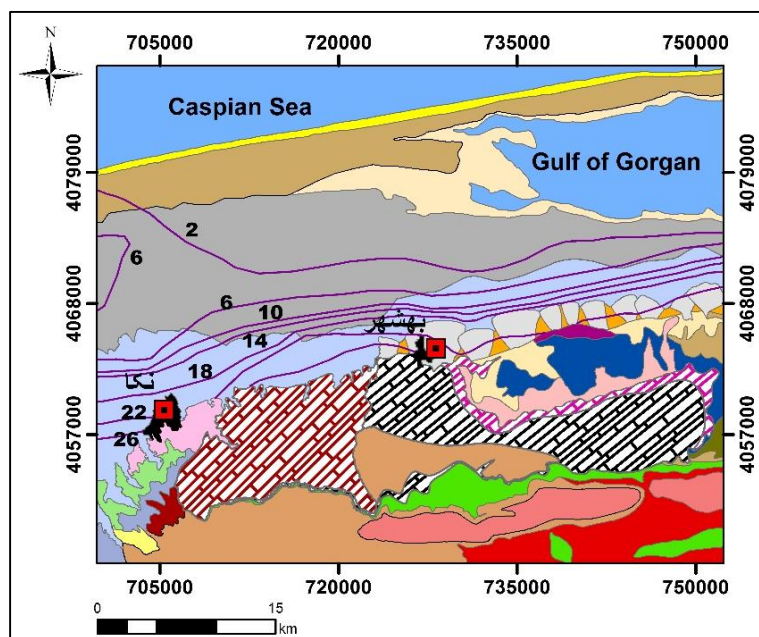
## ۱-۸- ژئومورفولوژی منطقه

ناهمواری‌های استان مازندران به گونه‌ای است که می‌توان آن‌ها را به دو قسمت جلگه‌ای و کوهستانی تقسیم نمود. امتداد و جهت رشته کوه‌های البرز، به صورت دیواری مرتفع در مسافتی طولانی، خط ساحلی و جلگه‌های کناره‌ای دریای مازندران را محصور کرده است. در محل تلاقی جلگه و کوهپایه‌های شمالی البرز، به علت شدت فرسایش و تراکم آبرفت، قسمتی از ناهمواری‌های قدیمی به وسیله رسوبات جدیدتر پوشیده شده و تنها در بعضی نقاط به صورت تپه ظاهر شده‌اند. در قسمت جلگه‌ای در سواحل جنوبی و شرقی دریای مازندران، تحت تاثیر نسیم دریا و بادهای محلی، تپه‌های ماسه‌ای ساحلی تشکیل شده و سدی طبیعی و کم ارتفاع بین دریا و جلگه پدید آورده‌اند. در این منطقه رودخانه‌های دائمی و فصلی، آب را از جنوب به شمال به سوی خلیج گرگان هدایت می‌کنند. مهم‌ترین رودخانه‌های ناحیه شامل رودخانه نکا، رودخانه متکازین و رودخانه پرکلا هستند. رودخانه نکا که بزرگ‌ترین رودخانه ناحیه می‌باشد، تنها رودخانه مهم طولی است که از خاور به باختر جریان دارد و از پیوستن رودخانه‌های عرضی تغذیه می‌شود.

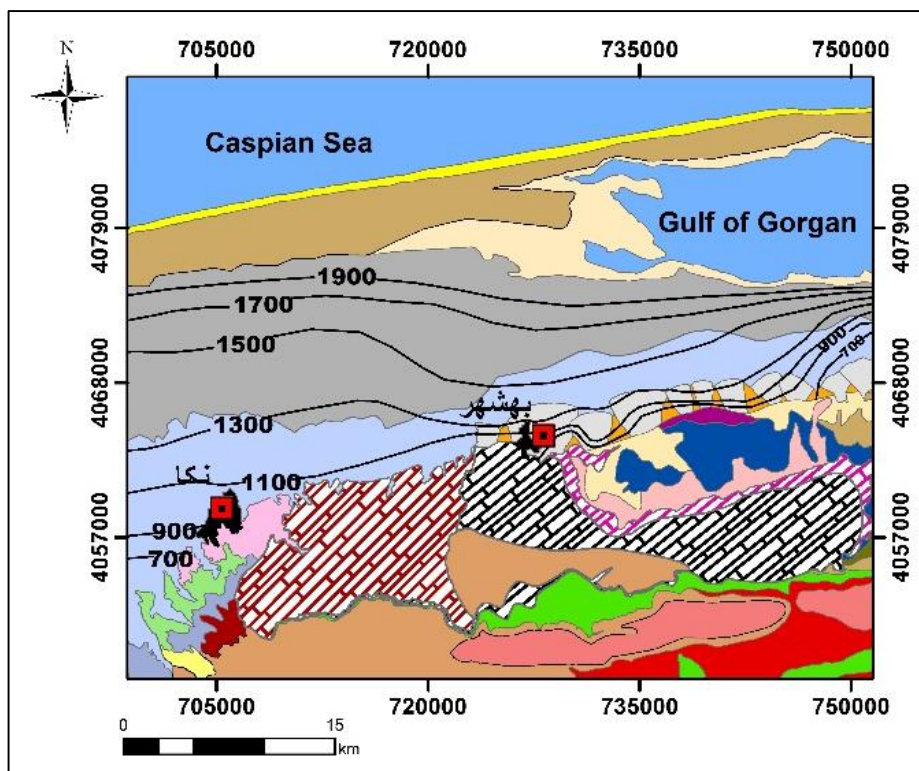
## ۱-۹- هیدروژئولوژی منطقه

هیدروژئولوژی یکی از پارامترهای مهم در بحث مکان‌یابی لندفیل می‌باشد. بدین منظور پس از تهیه داده‌های لازم از سازمان آب منطقه‌ای مازندران، اقدام به ارزیابی و تهیه نقشه‌های مربوط به آب زیرزمینی گردید. به منظور بررسی عمق سطح آب زیرزمینی و توزیع مکانی آن، نقشه هم‌عمق سطح آب زیرزمینی برای بهمن ماه سال ۱۳۹۰ ترسیم شده است (شکل ۱-۱۳). برای این منظور از عمق سطح آب زیرزمینی در ۳۸ حلقه چاه پیژومتری مربوط به سفره آب زیرزمینی سطحی استفاده شده است. بر اساس این نقشه مشاهده می‌شود که حداکثر عمق آب ۲۶ متر می‌باشد و به سمت شمال، عمق آب کم می‌شود تا در نهایت در خط ساحلی به سطح آب دریا نزدیک می‌شود.

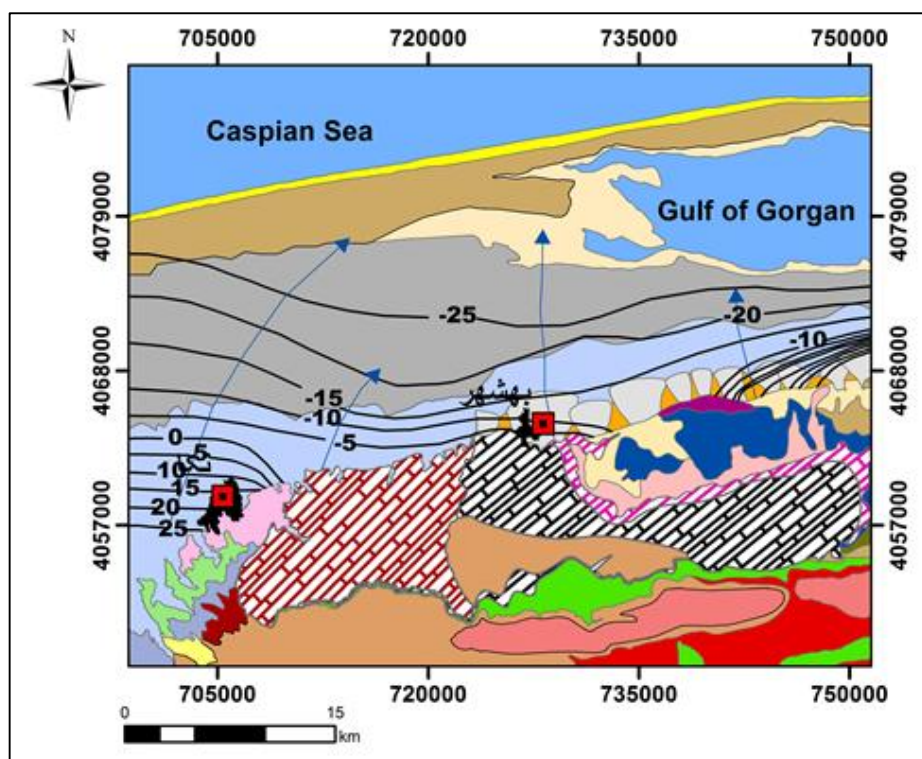
در شکل (۱-۱۴) نقشه هدایت الکتریکی سفره آب زیرزمینی در شرق مازندران ترسیم شده است. طبق این نقشه ملاحظه می‌گردد که حداقل مقدار هدایت الکتریکی در دشت حدود ۷۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر و حداکثر آن نزدیک به دریای کاسپین حدود ۱۹۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر است. به منظور ارزیابی جهت جریان آب زیرزمینی و وضعیت تغییرات گرادیان هیدرولیکی در منطقه، با توجه به مشخص بودن ارتفاع پیزومترها از سطح دریا و همچنین عمق سطح آب زیرزمینی در هر پیزومتر، سطح آب زیرزمینی نسبت به سطح آب‌های آزاد محاسبه شد و بر اساس این داده‌ها نقشه هم‌پتانسیل ترسیم گردید (شکل ۱-۱۵). بدین صورت که با کم کردن ارتفاع و سطح پیزومتر از عمق آب زیرزمینی، ارتفاع سطح ایستابی نسبت به سطح آب دریای آزاد در محل هر پیزومتر تعیین شده و با وصل کردن نقاط هم‌پتانسیل به هم، خطوط هم‌پتانسیل ترسیم گردید. جهت جریان آب زیرزمینی، عمود بر این خطوط هم‌پتانسیل بوده و همانطور که در شکل (۱-۱۵) دیده می‌شود، از جنوب به شمال و در بخش غربی به سمت شمال شرق می‌باشد. به علاوه همانطور که در شکل دیده می‌شود، از جنوب به شمال فاصله بین خطوط هم‌پتانسیل زیاد شده که این مطلب نشان دهنده کاهش گرادیان هیدرولیکی و در نتیجه کاهش سرعت حرکت آب زیرزمینی می‌باشد.



شکل ۱-۱۳- نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی شرق مازندران

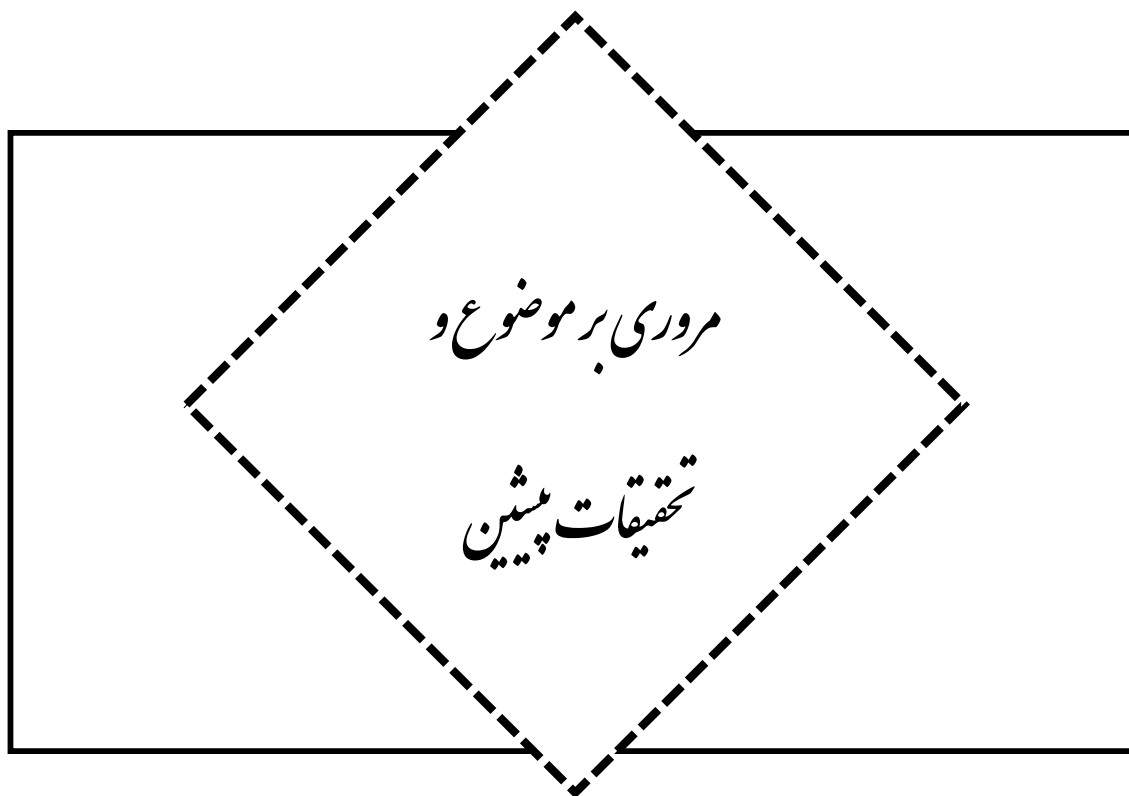


شکل ۱-۱۴- نقشه هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی شرق مازندران



شکل ۱-۱۵- نقشه هم‌پتانسیل و جهت جریان آب‌های زیرزمینی در شرق مازندران

# فصل دوم



## ۲-۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی کشورهای در حال توسعه، مدیریت مواد زائد جامد شهری است (Mujibor-Rahman et al., 2008). مواد زائد جامد شهری، شامل تمام مواد زائد حاصل از فعالیت‌هایی است که در شهر انجام می‌گیرد. این مواد از نظر منبع تولید و همچنین خواص فیزیکی و شیمیایی تنوع بسیار زیادی را در بر دارد. بخش‌های خانگی، تجاری، صنعتی و درمانی- بهداشتی هر کدام مواد زایدی با خصوصیات ویژه تولید می‌کنند. موضوع مدیریت پسماندها و یا فراتر از آن مدیریت چرخه مواد، یکی از محورهای اصلی و بسیار مهم توسعه پایدار است (غلامعلی فرد، ۱۳۸۵).

## ۲-۲- تعریف و طبقه‌بندی زباله‌های شهری

زباله‌های شهری به مواد جامد، مایع و گاز (غیر از فاضلاب) گفته می‌شود که به طور مستقیم و یا غیرمستقیم حاصل از فعالیت انسان بوده و از نظر تولیدکننده زائد تلقی می‌شود (سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۱۳۸۳).

## ۲-۳- انواع پسماند

پسماندها به پنج گروه تقسیم می‌شوند (پسماندهای عادی، پسماندهای پزشکی، پسماندهای ویژه، پسماندهای کشاورزی و پسماندهای صنعتی).

## ۲-۳-۱- پسماندهای عادی

به کلیه پسماندهایی از قبیل زباله‌های خانگی و نخاله‌های ساختمانی گفته می‌شود که به صورت معمول از فعالیت‌های روزمره انسان‌ها در شهرها، روستاها و خارج از آنها تولید می‌شود. لجن‌های حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و تخلیه چاه‌های فاضلاب خانگی در صورتی که خشک یا کم رطوبت باشند در دسته پسماندهای عادی قرار خواهند گرفت (عبدلی، ۱۳۷۲؛ غلامعلی فرد، ۱۳۸۵؛ مجلسی و نوری، ۱۳۷۱).

## ۲-۳-۲- پسماندهای پزشکی

پسماندهای پزشکی عموماً به هر گونه مواد زائد جامد یا مایع که طی تشخیص، درمان، ایمن سازی انسان‌ها و آزمایش‌های زیست‌شناختی حاصل می‌شوند اطلاق می‌گردد (عبدلی، ۱۳۷۲؛ غلامعلی فرد، ۱۳۸۵؛ مجلسی و نوری، ۱۳۷۱).

## ۲-۳-۳- پسماندهای ویژه

به کلیه پسماندهایی گفته می‌شود که به دلایل بالا بودن حداقل یکی از خواص خطرناک از قبیل سمیت، بیماری‌زایی، قابلیت انفجار یا اشتعال، خوردگی و مشابه آن، به مراقبت‌های ویژه نیاز داشته باشند. پسماندهای پزشکی و نیز بخشی از پسماندهای عادی، صنعتی و کشاورزی که نیاز به مدیریت خاص دارند، جزو پسماندهای ویژه محسوب می‌شود (عبدلی، ۱۳۷۲؛ غلامعلی فرد، ۱۳۸۵؛ مجلسی و نوری، ۱۳۷۱).

## ۲-۳-۴- پسماندهای کشاورزی

به پسماندهای ناشی از فعالیت‌های تولیدی در بخش کشاورزی از قبیل فضولات، لاشه حیوانات (دام، طیور و آبزیان) و محصولات کشاورزی فاسد یا غیر قابل مصرف گفته می‌شود (عبدلی، ۱۳۷۲؛ غلامعلی فرد، ۱۳۸۵؛ مجلسی و نوری، ۱۳۷۱).

## ۲-۳-۵- پسماندهای صنعتی

این نوع پسماندها به کلیه پسماندهای ناشی از فعالیت‌های صنعتی و معدنی شامل فلزات، مواد پلاستیکی، مواد شیمیایی و زباله‌های خطرناک، گفته می‌شود (حلم سرشت و دل‌پیشه، ۱۳۸۶؛ عبدلی، ۱۳۷۹).

## ۲-۴- عناصر سیستم مدیریت مواد زائد جامد شهری

تولید زباله امری اجتناب‌ناپذیر است. با این وجود برای داشتن محیط‌زیست سالم، لازم است زباله‌های تولید



شده از طریق فرایندهایی مانند کاهش در مبدا، پردازش (متراکم کردن، زباله‌سوزی، آسیاب کردن، بازیافت، کمپوست) و دفن، مدیریت گردد. در ادامه به توضیح هر یک از این مراحل به اختصار پرداخته می‌شود.

#### ۲-۴-۱- کاهش در مبدا

به طراحی، تولید، عرضه و استفاده از محصولات به نحوی که در پایان عمر مفید آن‌ها، منجر به کاهش کمیت و سمیت مواد زائد شود، کاهش در مبدا می‌گویند. امروزه کاهش در مبدا به عنوان گزینه نخست در سیستم‌های مدیریت مواد زائد جامد شهری مطرح است (Environmental Protection Agency, 1971). کاهش در مبدا از چارچوب سیستم مواد زائد جامد شهری و از محدوده وظایف شهرداری‌ها بسیار فراتر است. در این روش، هدف، کاهش حجم پسماندها و میزان سمیت آن‌ها از مبدا تولید شده می‌باشد. کاهش زباله و سمیت از مبدا در مراحل مختلف تولید، طراحی، ساخت و بسته‌بندی امکان‌پذیر است (Environmental Protection Agency, 1992).

#### ۲-۴-۲- پردازش

پردازش مواد زائد جامد عبارتست از انجام عملیات روی مواد زائد جامد به نحوی که در فرم فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی آن‌ها تغییراتی حاصل شود. انتخاب نوع پردازش به اهداف سیستم و روش‌های دفع نهایی مواد بستگی دارد. به هر حال هدف از پردازش بالا بردن کارایی سیستم و بازیافت مواد قابل استفاده است (داوودی و همکاران، ۱۳۹۵).

تکنیک‌های اصلی پردازش عبارتند از (عبدلی، ۱۳۷۲؛ حلم سرشت و دل‌پیشه، ۱۳۸۶):

- کاهش مکانیکی حجم (متراکم سازی)
- کاهش شیمیایی حجم (زباله سوزی)
- کاهش مکانیکی اندازه (خرد کردن)
- تفکیک مواد (جداسازی مکانیکی یا دستی)

- خشک کردن و آبگیری

## ۲-۴-۲-۱- متراکم کردن

در شرایط معمولی، مواد در محل دفن متراکم شده و به دانسیته ۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌رسد. برای رسیدن به این تراکم، باید مواد در لایه‌های نازک به ضخامت کمتر از ۶۰ سانتی‌متر پخش شده و چندین بار ماشین‌آلات سنگین از روی آن عبور کند. چندین فاکتور بر روی دانسیته مواد در محل دفن موثر است، این فاکتورها شامل ترکیب مواد، نوع تجهیزات مورد استفاده، روش عملیات و عمق محل دفن می‌باشد. مهم‌ترین فاکتور موثر بر روی دانسیته مواد در محل دفن، ترکیب زباله است. فاکتور مهم در پیش‌بینی دانسیته مواد، درصد رطوبت آن می‌باشد (عبدلی، ۱۳۷۲).

## ۲-۴-۲-۲- زباله‌سوز

نخستین کارخانه زباله‌سوز در سال ۱۸۷۰ در انگلیس احداث گردید ولی طی دو دهه اخیر تغییرات عمده‌ای جهت فناوری‌های جدید و احداث صنایع عظیم مرتبط با این فعالیت اتفاق افتاده است. به دلیل آن که پسماند ناشی از این فرآیند بسیار کم است، بخش عمده‌ای از مشکلات شهرها و بویژه کلان شهرها را به دلیل عدم نیاز به اراضی مناسب برای دفن بهداشتی زباله حل می‌کند (Chobanoglous et al., 1977). مشخصات مناسب زباله برای سوزاندن شامل ارزش حرارتی بالا (حداقل ۵۰۰۰ kJ/kg)، رطوبت پایین (حداکثر ۴۵٪)، کربن ثابت کمتر از ۱۵٪، مواد خنثی کمتر از ۳۵٪ و مواد آلی (فرار) بیش از ۴۰٪ می‌باشد. با توجه به این که رطوبت زباله‌های ایران ۶۵-۷۰ درصد و ارزش حرارتی کمتر از ۵۰۰۰ است، بنابراین زباله‌های کشور برای تبدیل به انرژی مناسب نیستند و فناوری زباله‌سوز با تبدیل انرژی انطباق با شرایط کشور ندارد. البته فناوری زباله‌سوزی با سوخت کمکی در شرایط ایران می‌تواند برای مناطقی نظیر شمال کشور به دلیل هزینه بالای زمین مناسب دفن مطلوب باشد (عبدلی، ۱۳۸۶). این روش در ایران تنها برای زباله‌های خطرناک بیمارستانی

بکار برده می‌شود. جدول (۱-۲) مزایا و معایب روش زباله‌سوزی را به اختصار نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- مزایا و معایب روش زباله‌سوزی (Sorum et al. 2004)

| مزایا  | معایب  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>نیاز به حداقل فضا</li> <li>کاهش حجم زباله‌ها تا ۹۰٪</li> <li>کاهش مسافت رفت و برگشت در مقایسه با دفن بهداشتی.</li> <li>تولید برق از حرارت حاصله</li> <li>از بین رفتن تمام مواد ارگانیکی با سوزاندن</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>بالا بودن سرمایه‌گذاری اولیه و مخارج جاری</li> <li>نیاز به محل دفن برای بقایای زباله سوخته</li> <li>مهم‌تر از همه آلودگی هوا (در صورت عدم مراقبت کافی).</li> <li>روش کاملی برای دفع زباله محسوب نمی‌شود زیرا نیاز به زمین برای دفع خاکستر همچنان وجود دارد.</li> <li>مواد فرار حاصل از اجزا، خطرناک مواد سوزاننده شده حاوی عناصر سمی فرار از قبیل جیوه، سرب، کادمیوم، کرم و روی می‌باشند که به شدت خاصیت خوردگی دارند.</li> </ul> |

#### ۲-۴-۲-۳- خرد کردن و آسیاب کردن زائدات

پسماندهای مواد غذایی و آشپزخانه را می‌توان توسط آسیاب کردن و تخلیه آن در سیستم دفع فاضلاب، دفع نمود. از این آسیاب‌ها در رستوران، سوپرمارکت‌ها، خانه‌ها و ترمینال‌ها می‌توان استفاده کرد (عبدلی، ۱۳۷۲).

#### ۲-۴-۲-۴- تفکیک زباله و بازیافت

بازیافت مواد زائد معمولاً به سایر روش‌های مدیریت پسماند، مقدم است زیرا علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه، انرژی و منابع طبیعی، آلودگی محیط را نیز کاهش می‌دهد. تقریباً تمام مواد زائد جامد قابل بازیافت و استفاده مجدد هستند. کاغذ، آلومینیوم و شیشه رایج‌ترین موادی هستند که بازیابی می‌شوند. لاستیک و مواد پلاستیکی نیز از جمله زوائد بسیار با ارزش هستند (عبدلی، ۱۳۷۲). ایجاد درآمد و استفاده از مواد بازیافتی زباله، کاهش حجم و وزن زباله و ایجاد تسهیلات جمع‌آوری، کاهش هزینه آلودگی‌های آب، خاک

و هوا، کاهش هزینه عملیات دفع زباله، جلوگیری از ورود مواد اولیه به کشور، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و مواد و حفاظت محیط‌زیست از مزایای بازیافت می‌باشد. این در حالیست که غیرمطلوب بودن کیفیت محصولات بازیافتی، استاندارد نبودن اجناس تولیدی، عدم آموزش کافی جهت بازیافت و غیربهداشتی بودن اجناس تولیدی به علت عدم رعایت بهداشت، از معایب این روش می‌باشد (Chobanoglous et al., 1977).

#### ۲-۴-۲-۵- کمپوست

کمپوست یکی از روش‌های بازیافت مواد و انرژی از زباله‌های فسادپذیر شهری است. فضولات انسانی و دامی، فضولات کشتارگاه و فاضلاب، مواد زاید صنایع غذایی و قسمت فسادپذیر زباله‌های خانگی، مواد اولیه‌ای هستند که در تهیه کمپوست مورد استفاده قرار می‌گیرند. زباله‌های خانگی بهترین گزینه جهت تهیه کود آلی برای فعالیت‌های کشاورزی می‌باشند. کمپوست حاصل از زباله‌های خانگی، بیش از ۵۰٪ مواد آلی دارد که موجب افزایش مواد مغذی خاک، افزایش جذب آب و ظرفیت نگهداری آب توسط خاک، تراکم خاک و افزایش pH خاک می‌گردد (Torabian and Mahjouri, 2003). افزایش خلل و فرج خاک، تهویه خاک، افزایش ظرفیت حفظ آب، به عنوان اصلاح کننده خاک در کشاورزی، کاهش فرسایش و چسبندگی خاک، ایمنی بیشتر، زمان کوتاه‌تر، درجه حرارت بالاتر و عدم بوی تعفن از مزایای تولید کمپوست بوده است. در حالیکه سرمایه‌گذاری اولیه بالا، جداسازی شیشه، فلزات و سایر مواد غیرقابل تجزیه بیولوژیکی، نداشتن بازار فروش مطمئن، ایجاد جلبک در محل‌های تهیه و تولید و تکثیر مگس‌ها از معایب این روش می‌باشد.

#### ۲-۴-۳- دفن بهداشتی زباله (لندفیل)

دفن آخرین مرحله از مدیریت پسماند می‌باشد. دفع زباله از هر طریقی که به انجام برسد، در نهایت پسماندی باقی خواهد گذاشت که لازم است دفن شود. در دهه ۱۹۵۰ با پیشقدم شدن آمریکا روش دفن در گودال‌ها و حفرات نزدیک محل زندگی جای خود را به دفن بهداشتی زباله داده که نوع بسیار پیشرفته‌ای از دفن

زباله در زمین می‌باشد که تقریباً تمام پارامترهای مهندسی در آن رعایت شده است و کمترین آسیب را بر محیط‌زیست اطراف وارد می‌کند (Chobanoglous et al., 1997). دفن بهداشتی عبارتست از تخلیه زباله داخل ترانشه، متراکم کردن آن و پوشاندن آن با خاک یا سایر مواد مناسب به روش کاملاً سیستماتیک، به نحوی که زباله کاملاً در در داخل کپسول محصور شود و امکان نفوذ شیرابه و گاز به اطراف سلول وجود نداشته باشد (Kjeldsen et al., 2002). دفن بهداشتی زباله نیازمند فضایی است که در عین رعایت کردن معیارهای زیست‌محیطی توانایی و ظرفیت لازم برای دفع و دفن را هم داشته باشد. باید توجه داشت که زباله مناسب‌ترین محیط زیست پرندگان، جوندگان و حشرات است. لایه پوششی به طور موثر از تماس حشرات، جوندگان، پرندگان و حیوانات دیگر با مواد زائد جلوگیری به عمل می‌آورد. همچنین از انتقال آب و هوا به درون مواد زائد جلوگیری می‌نماید (منوری، ۱۳۸۱). دفن بهداشتی با قدمتی بیش از ۷۰ سال در جهان هنوز به عنوان روشی متداول در کشورهای توسعه یافته و بخصوص کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود (فوادمرعی، ۱۳۸۴). برخی از مزایا و معایب دفن بهداشتی در جدول (۲-۲) قابل مشاهده است. انتخاب بهترین روش‌های دفع مواد شهری بسیار مهم است. فاکتورهای زیادی در این انتخاب دخالت دارند از جمله شرایط آب و هوایی و محلی، جنبه‌های بهداشت عمومی یا پتانسیل مخاطرات، جنبه‌های اقتصادی روش و رضایت‌مندی مردم. بنابراین برای انتخاب لندفیل می‌بایستی یک سری معیار را در نظر گرفت (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱؛ عمرانی، ۱۳۷۷).

## ۲-۵- معیارهای مکان‌یابی محل دفن پسماند

مکان انتخابی برای انجام عملیات دفن بهداشتی باید به گونه‌ای باشد که مخاطرات بهداشتی عمومی و اثرات سوء بر محیط‌زیست به حداقل برسد و بتوان آن را با حداقل هزینه مورد استفاده قرار داد. به منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی و هزینه تسهیلات و همچنین خطرات بهداشت عمومی، از بین عوامل گوناگون و تاثیرگذار، معمولاً معیارهای زیست‌محیطی، زمین‌شناسی، اقلیمی، ژئومورفولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی در

نظر گرفته می‌شود (Gorsevski et al., 2012; Donevska et al., 2012).

جدول ۲-۲- مزایا و معایب دفن بهداشتی (فرهادی، ۱۳۸۶)

| مزایا   | معایب  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• در جایی که زمین در دسترس می‌باشد معمولاً روش دفن بهداشتی، اقتصادی‌ترین روش دفع مواد زائد می‌باشد.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• در جوامع پر جمعیت ممکن است در فاصله نزدیک زمین مناسب جهت دفن مواد موجود نباشد.</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• در مقایسه با روش‌های دیگر دفع، سرمایه‌گذاری اولیه آن کمتر می‌باشد.</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• روش دفن بهداشتی اگر همراه با استانداردهای بهداشتی و روزانه انجام نگیرد، به روش غیر بهداشتی تلنبار در فضای باز تبدیل خواهد شد.</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• در مقایسه با روش‌های دیگر، دفن بهداشتی نوعی دفع نهایی می‌باشد.</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• اگر زمین‌های دفن بهداشتی در مجاورت مناطق مسکونی باشد ایجاد مزاحمت می‌کند.</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• در این روش انواع مواد زائد را می‌توان دفن بهداشتی نمود و به جداسازی مواد نیاز نمی‌باشد.</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• زمین‌های دفن تکمیل شده پس از مدتی نشست می‌کند. جهت احتمال نشست زمین تکمیل شده، ساختن ساختمان باید از طراحی خاصی برخوردار باشد.</li> </ul> |

## ۲-۵-۱- معیار زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی

معیارهای زمین‌شناسی ژئوتکنیکی جز معیارهای مهم مورد استفاده در مباحث پهنه‌بندی و مکان‌یابی بوده که دارای تنوع گسترده‌ای می‌باشند. در این پژوهش جهت مکان‌یابی محل دفن زباله شرق مازندران، از بین این معیارها، پارامترهای سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی، هیدروژئولوژی، منابع قرضه و گسل مورد استفاده قرار گرفته است.

## ۲-۵-۱-۱- نفوذپذیری (لیتولوژی و خاک‌شناسی)

شرایط زمین‌شناسی یکی از مهم‌ترین عوامل انتخاب محل مناسب جهت دفن پسماندهای جامد شهری می‌باشد. این معیار در حقیقت بیان‌کننده وضعیت تشکیلات زمین‌شناسی به لحاظ نفوذپذیری است که در واحدهای سنگی تابع جنس سازندها، وضعیت خردشدگی آن‌ها و در واحدهای خاکی تابع توزیع اندازه ذرات

و جنس آنها می‌باشد. سنگ‌شناسی واحدها به دلیل داشتن پتانسیل طبیعی در جلوگیری از گسترش آلودگی و انتقال آن، مورد توجه قرار می‌گیرد (Doerhoerfer and Sieber, 1998). در صورتی که جنس سنگ از پهنه‌های رسی و گلی (مانند شیل و مارن) تشکیل شده باشد، از نظر عدم نفوذ شیرابه بسیار مناسب می‌باشد (Alexakis and Sarris, 2014). هر سنگی که دارای درزه‌ها و شکاف‌های زیادی بوده و از تراوایی بالایی برخوردار باشد، از لحاظ قابلیت برای دفن پسماند جامد شهری مناسب نیست (Sener et al., 2011). خاک‌شناسی به عنوان یک پارامتر که ارتباط مستقیمی با زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه دارد، تاثیر بسیار مهمی در انتخاب محل دفن پسماندها دارد. مهم‌ترین ویژگی که در مطالعات مکان‌یابی بدان توجه می‌شود، ویژگی تراوایی و نفوذپذیری خاک می‌باشد. هر چه درصد شن در ساختار خاک منطقه بیشتر باشد، میزان نفوذپذیری آن نیز بیشتر می‌گردد و افزایش رس در خاک، میزان نفوذپذیری را کاهش می‌دهد (Arkoie, 2014). همچنین با افزایش رس در خاک، کلوئیدها به نحو موثری در تبادلات کاتیونی شرکت کرده و زمینه‌ساز پدیده فیلتراسیون جریان سیالی می‌گردد که از درون آن می‌گذرد (Mahdavi and Savarypour, 2007).

## ۲-۵-۱-۲- فاصله از گسل

علاوه بر جنس و نفوذپذیری واحدهای زمین‌شناسی، شرایط ساختمانی (مانند درزه و گسل‌ها) نیز فاکتور مهمی در انتخاب محل دفن پسماند می‌باشد. وقوع گسلش و لرزه‌های حاصل از زمین‌لرزه می‌تواند از یک سو باعث تخریب لندفیل به عنوان یک سازه مهندسی شده و از سوی دیگر گسل‌ها می‌توانند با افزایش نفوذپذیری منطقه، حرکت شیرابه را بیشتر کرده و سبب به مخاطره افتادن سلامت انسان‌ها و محیط‌زیست پیرامون لندفیل شوند (Jesus and Costa, 1997).

## ۲-۵-۱-۳- فاصله از منبع قرضه

هزینه‌های مصالح ساختمانی در طول ساخت و ساز لندفیل (خاک نفوذناپذیر برای کف لندفیل) و عملیات

دفن زباله (خاک دانه‌ریز برای پوشش روزانه زباله‌ها و پوشش نهایی) به نزدیکی محل دفن زباله به مکان مصالح ساختمانی بستگی دارد (Donevska et al., 2012). لذا هر چه فاصله منابع قرضه مناسب تا محل لندفیل کمتر باشد، شرایط بهتر بوده و هزینه کمتری برای احداث لندفیل لازم دارد.

#### ۲-۵-۱-۴- لرزه‌خیزی

مناطق ناپایدار به مناطقی گفته می‌شود که در اثر اجرای مدفن پسماندها امکان وقوع خطراتی مانند زمین‌لغزش‌ها و فروریختگی‌ها را افزایش می‌دهد. قابلیت آسیب‌پذیری سازه‌های محل دفن پسماندها در مناطقی که لرزه‌خیزی بالایی دارند، به دلیل وارد شدن نیروی دینامیکی ناشی از زلزله بالاست. بنابراین لرزه‌خیزی منطقه و گسل‌های فعال باید در مکان‌یابی مورد بررسی قرار گیرد.

#### ۲-۵-۱-۵- هیدروژئولوژی

توجه به آب‌های زیرزمینی در مکان‌یابی محل دفن پسماند بسیار مهم هستند. محل‌های دفن زباله پسماندهای شهری، به منزله یکی از تهدیدات عمده برای آب‌های زیرزمینی شناسایی شده است (Nagarajan et al., 2012). در صورت آلودگی آب‌های زیرزمینی توسط شیرابه‌های خروجی از محل دفن پسماند، خسارات جبران‌ناپذیری را وارد می‌سازد (Erosy and Bulut, 2009). مکان‌های نزدیک محل‌های دفن زباله، پتانسیل زیادی برای آلودگی آب‌های زیرزمینی دارند، زیرا در این‌گونه مناطق امکان آلودگی با شیرابه زیاد است (Nixon et al., 1997). به طور کلی در ارزیابی تاثیر آب زیرزمینی در مکان‌یابی لندفیل مواردی مانند عمق آب زیرزمینی، کیفیت آن و جهت جریان در نظر گرفته می‌شود. برای حفاظت از منابع آب زیرزمینی، محل دفن پسماند نباید در مناطقی که دارای آبخوان‌هایی کیفیت مناسب است واقع گردد. در نتیجه مناطقی که دارای آبخوان‌هایی بدون کیفیت یا شور هستند برای دفن پسماند مناسب می‌باشند (Uyan, 2014).



## ۲-۵-۲- معیارهای اقلیمی

بارش و جهت باد غالب از جمله پارامترهای اقلیمی هستند که در ارزیابی محل دفن می‌توان به آن‌ها اشاره کرد.

## ۲-۵-۲-۱- هیدرولوژی

یکی از پارامترهای دیگری که در مکان‌یابی محل دفن پسماند باید مورد توجه قرار گیرد وجود آب‌های سطحی (مانند دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و آبراهه‌ها) در منطقه می‌باشد (Kontos et al., 2005). بر اساس دستورالعمل اتحادیه اروپا به علت وجود احتمال خطر آلودگی آب، محل دفن پسماند نباید در نزدیکی منابع آب سطحی واقع شود و باید حریم مورد نظر اعمال شود (Donevska, 2012). همچنین برای جلوگیری از قرار گرفتن پسماندها در معرض فرسایش رودخانه‌ها و آبراهه‌های بزرگ، باید حریم مناسبی برای رودخانه‌های مئاندری و غیرمئاندری در نظر گرفته شود (Sener, 2004).

## ۲-۵-۲-۲- بارندگی

در مکان‌یابی محل دفن زباله، اگر محل مورد نظر دارای شیب تند و خاک پوششی قابل فرسایش باشد، وقوع باران شدید می‌تواند خسارات بسیاری به بار آورد و در صورتی که خاک محل مورد نظر به آسانی قابل فرسایش باشد، باید محل دفن مسطح و یا دارای شیب کم باشد. همچنین زهکشی اطراف زمین تا حد زیادی می‌تواند مسائل ناشی از باران شدید را کم کند (حیدرزاده، ۱۳۷۹).

## ۲-۵-۲-۳- جهت باد غالب

باد عامل جابه‌جایی ذرات معلق، انتشار بوی نامطبوع و نیز برخی زباله‌های سبک مانند کیسه‌های پلاستیکی می‌باشد (حلم‌سرشت و دل پیشه، ۱۳۸۶). بنابراین مناطق مسطح به دلیل نداشتن حفاظ طبیعی در هنگام وزش باد، برای دفن مناسب نیستند (Moeinaddini et al., 2010). لذا می‌بایستی محل لندفیل در راستای

باد غالب نسبت به مناطق مهم واقع نشده باشد.

## ۲-۵-۳- معیار توپوگرافی و ژئومورفولوژی

در احداث مکان دفن برای پسماند با توجه به شرایط و هزینه‌های احداث، توپوگرافی و شیب بسیار حائز اهمیت است که در ادامه توضیح داده شده‌اند.

### ۲-۵-۳-۱- توپوگرافی

توپوگرافی یکی از عوامل مهم در انتخاب محل دفن زباله‌ها است. نواحی کوهستانی برای محل دفن زباله مناسب نیستند، در حالی که گودال‌های عمیق دارای سیستم زهکشی برای جلوگیری از ورود آب‌های سطحی به داخل آن، به منظور محل دفن زباله مناسب می‌باشند (فتحی، ۱۳۸۶). تپه‌های مسطح یا کمی شیب‌دار در صورتی که در معرض سیلاب قرار نگیرد، مناسب‌ترین محل برای دفن زباله محسوب می‌شوند. ولی این مناطق برای کاربری‌های دیگری مانند کشاورزی و مسکونی نیز مناسب هستند و این امر موجب بالا رفتن قیمت این زمین‌ها می‌شود (Sener, 2004). سلامت سازه‌ها، جریان سیالات اطراف محل لندفیل، ظرفیت لندفیل، سیستم زهکشی، کنترل آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، دسترسی به محل دفن و عملیات‌های وابسته به آن، به پارامتر توپوگرافی وابسته است.

### ۲-۵-۳-۲- شیب

شیب زمین نیز نقش زیادی در میزان حرکت شیرابه و همچنین تاثیر زیادی در حرکت آب‌های سطحی به محل دفن دارد. مناطقی با شیب بیش از ۱۵٪ برای دفن پسماندها مناسب نمی‌باشد. همچنین مناطق با شیب زیاد، هزینه عملیات اجرایی احداث لندفیل را افزایش می‌دهند (Basak, 2005). این مناطق پتانسیل افزایش لغزش و ناپایداری لندفیل را خواهد داشت.

## ۲-۵-۴- معیارهای اجتماعی و اقتصادی

از معیارهای اقتصادی برای مکان‌یابی محل دفن پسماند می‌توان به کاربری اراضی، فاصله از مراکز تولید پسماند، فاصله از مراکز خطوط انتقال نیرو، فاصله از جاده و از معیارهای اجتماعی می‌توان به فاصله از مناطق شهری و روستایی و ایجاد ترافیک اشاره نمود که در ادامه توضیح داده می‌شود.

## ۲-۵-۴-۱- کاربری اراضی

یکی از عوامل مهم برای احداث دفن پسماند، انتخاب زمین مناسب می‌باشد. مناطقی که دارای زمین‌های کشاورزی، مسکونی، مراتع پر تراکم از نظر پوشش گیاهی و مناطق دارای جاذبه گردشگری، به دلیل آسیب‌ها و اثرات زیست‌محیطی، از مکان‌های نامناسب برای دفن هستند (Zamorano et al., 2009). در مکان‌یابی محل دفن زباله، استفاده و کاربرد فعلی زمین از شاخص‌های با اهمیت است و تاثیر بسیار زیادی بر روی هزینه پروژه خواهد داشت.

## ۲-۵-۴-۲- فاصله از مراکز تولید پسماند

نزدیک بودن محل دفن پسماند به مناطق مسکونی و مراکز تولید پسماند، سبب کاهش هزینه‌ها می‌شود (Donevska et al., 2012). همچنین میزان نزدیکی به مراکز تولید پسماند از منظر اثرات زیست‌محیطی و خطر آلودگی برای سلامت افراد جامعه نیز باید در نظر گرفته شود (Sharifi et al., 2009).

## ۲-۵-۴-۳- فاصله از مراکز خطوط انتقال نیرو

یکی از مواردی که باید در مطالعات مربوط به مکان‌یابی محل دفن زباله رعایت شود، فاصله کافی از خطوط انتقال نیرو و مخابرات می‌باشد (فتحی، ۱۳۸۶). در واقع محل لندفیل نباید فاصله زیادی از خطوط انتقال نیرو داشته باشد. چرا که معمولاً در محل لندفیل ساختمان‌هایی ساخته می‌شوند برای تفکیک زباله، پارکینگ ماشین آلات و نیروگاه تولید برق از زباله که نیاز به خطوط انتقال نیرو و به ویژه برق دارند. در صورتی که

محل لندفیل در فاصله زیادی از این خطوط باشد، انتقال آن‌ها به محل لندفیل هزینه قابل ملاحظه‌ای در بر خواهد داشت.

## ۲-۵-۴-۴- فاصله از جاده

یکی از فاکتورهای مهم برای انتخاب مکان لندفیل، فاصله محل دفن تا مرکز ثقل مواد جمع‌آوری شده می‌باشد. میزان هزینه‌های دسترسی به محل دفن زباله، به وجود جاده‌های نزدیک بستگی دارد. در نتیجه به منظور تسهیل در حمل و نقل و کاهش هزینه‌های جانبی، محل دفن زباله باید با حفظ حریم مناسب کمترین فاصله را از شبکه راه‌ها و مراکز تولید مواد زائد داشته باشد (Javaheri et al., 2006).

## ۲-۵-۴-۵- فاصله از مناطق شهری و روستایی

قرار گرفتن محل دفن زباله در نزدیکی مناطق شهری و روستایی ممکن است باعث ایجاد اثرات منفی زیست‌محیطی نظیر بو، گرد و غبار و سر و صدا بر روی این مناطق گردد (Donevska et al., 2012). به‌علاوه می‌تواند برای توسعه آتی شهر نیز مشکل آفرین باشد. احداث محل دفن پسماندها باعث بوجود آمدن ترافیک در منطقه می‌گردد. میزان این ترافیک بستگی به فاصله محل دفن پسماند از محل جمع‌آوری زباله‌ها و شیوه حمل و نقل دارد. برای کاهش این مزاحمت از راه‌های دسترسی برای رسیدن به محل دفن پسماند استفاده می‌گردد که کمتر توسط سایر مردم بهره گرفته می‌شود و همچنین از ترافیک کمتری نیز برخوردار باشد.

## ۲-۵-۵- معیارهای زیست‌محیطی

از مهم‌ترین معیارهای زیست‌محیطی، که در ارزیابی محل دفن پسماند می‌توان اشاره کرد، مناطق حفاظت شده و رعایت حریم مناطق حساس می‌باشد. در مکان‌یابی محل دفن زباله، حریم مناطق حفاظت شده باید رعایت شود. احداث لندفیل نباید سبب تخریب محیط‌زیست طبیعی، مناطق منحصر به فرد زیست‌محیطی

و مناظر زیبا شود (Kontos et al., 2005). مناطقی که می‌بایستی برای آن‌ها حریم در نظر گرفت و محل لندفیل در خارج از این حریم واقع شود در جدول (۲-۳) آورده شده است.

جدول ۲-۳- حریم‌های ممنوعه ارائه شده توسط کارشناسان (فواصل به متر)

| مطالعات انجام شده             | محیط شهری | گسل     | آبراهه فصلی | رودخانه دائمی | چاه، چشمه قنات | خطوط انتقال نیرو | شاهراه | راه شهری |
|-------------------------------|-----------|---------|-------------|---------------|----------------|------------------|--------|----------|
| Lolos, 1997                   | ۴۰۰       | -       | -           | ۱۶۰۰          | ۸۰۰            | -                | <۶۰۰   | <۳۰۰     |
| Cantwall, 1999                | ۵۰۰۰      | -       | ۵۰          | ۵۰۰           | ۱۰۰۰           | ۳۰               | ۲۰۰۰   | ۳۰       |
| Jesus, 1997                   | -         | ۶۰-۲۰۰۰ | -           | ۱۰۰           | ۳۶۵            | -                | ۳۰۰    | -        |
| Bagchi, 1994                  | -         | -       | -           | ۳۰-۹۰         | ۳۶۵            | -                | ۳۰۰    | -        |
| Tecinvent, 1994               | ۴۰۰       | -       | -           | ۶۰۰           | -              | -                | ۶۰۰    | ۳۰۰      |
| Chalkias and Stournaras, 1997 | ۵۰۰       | -       | -           | ۵۰۰           | -              | -                | -      | -        |
| Allen, 2001                   | ۱۵۰۰-۴۰۰  | ۶۰-۲۰۰۰ | ۳۰          | ۵۰-۲۰۰        | ۳۰۰-۱۰۰۰       | ۳۰               | ۳۰-۶۰۰ | ۳۰-۶۰۰   |
| Allen et al., 1997            | <۵۰۰۰     | -       | -           | -             | >۲۰۰۰          | -                | ۱۰۰۰   | -        |
| Basak, 2005                   | ۵۰۰۰      | -       | -           | -             | -              | -                | ۵۰۰    | ۱۰۰      |
| Pretty, 2008                  | ۱۶۰۰      | -       | -           | ۳۰۰           | -              | -                | -      | -        |

## ۲-۶- مروری بر مطالعات مکان‌یابی انجام شده

با توجه به اهمیت مسئله، در نقاط مختلف ایران و دنیا مطالعات متعددی درباره مکان‌یابی محل دفن پسماند انجام شده است. فتایی و آل‌شیخ (۱۳۸۸)، با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد در شهر گیوی، مرکز شهرستان کوثر را انجام دادند و نتیجه گرفتند که با ترتیب اولویت‌بندی دو محل برای دفن زباله‌های شهر گیوی مناسب است. زیاری

و همکاران (۱۳۹۱)، با استفاده از مدل AHP، مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهر جلفا را انجام دادند. براساس نتایج بدست آمده، از بین مناطقی که شرایط کاملاً مناسب برای دفن داشتند، زمین‌هایی با مساحت ۳۲ هکتار به بالا، بهترین مکان جهت دفن بهداشتی مواد زائد شهرستان جلفا انتخاب شدند.

امانیپور و همکاران (۱۳۹۲)، به منظور مکان‌یابی دفن پسماندهای شهر کرمانشاه، با در نظر گرفتن توپوگرافی، نوع کاربری‌های زمین، شیب زمین، سکونت‌گاه‌های روستایی اطراف شهر، گسل، آب‌های سطحی، معادن، کارخانه‌های اطراف شهر و فاصله مناسب از خود شهر کرمانشاه نتیجه گرفتند که ۵ مکان دارای شرایط مناسب دفن زباله می‌باشد. جهانشاهی و کیادلیری (۱۳۹۳)، با استفاده از مدل AHP، برای دفن زباله‌های شهر ملارد مکان‌یابی انجام دادند. در این پژوهش با وزن دادن به لایه‌ها و روی هم گذاری آن‌ها، شش منطقه مناسب جهت دفن زباله برای این شهر شناسایی نمودند.

بزرگمهر و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری در شهرستان تنکابن را انجام دادند. در این پژوهش ۹ لایه اطلاعاتی شامل لایه‌های فاصله از مناطق شهری و روستایی، سطح آب‌های زیرزمینی، فاصله از رودخانه، نوع خاک، بارش، فاصله از راه‌های ارتباطی، کاربری اراضی و شیب زمین کلاسه‌بندی و سپس وزن‌دهی شدند. بر اساس نتایج بدست آمده، ۳۴/۱۲ هکتار از کل شهرستان تنکابن که دارای اهمیت فوق‌العاده قوی می‌باشد به عنوان مکان مناسب انتخاب شد که ۰/۱۲ درصد منطقه را در اختیار دارد.

خامه‌چیان و همکاران (۲۰۱۱)<sup>۱</sup>، برای مدیریت پسماند زباله‌های استان زنجان، مکان‌یابی محل‌های مناسب دفن زباله را انجام دادند. بدین منظور آن‌ها از لایه‌های شیب زمین‌شناسی، توپوگرافی، پوشش گیاهی، قابلیت اراضی، مناطق حفاظت شده، شبکه‌های زهکشی، مناطق مسکونی و جاده‌ها استفاده نمودند و از طریق

---

<sup>1</sup> - Khamehchiyan et al

روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و فازی، به این لایه‌ها وزن داده و نهایتاً ۳ محل را به عنوان محل‌های مناسب برای دفن زباله‌های استان زنجان پیشنهاد نمودند.

چیت‌سازان و دهقان (۲۰۱۳)<sup>۲</sup>، جهت مدیریت پسماندهای جامد شهری در شهر رامهرمز، واقع در شرق استان خوزستان، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، اقدام به انتخاب محل مناسب برای دفن زباله نمودند. در این مطالعه از ۱۲ لایه اطلاعاتی شامل نقشه شیب، کاربری اراضی، خاک، عمق آب زیرزمینی و لایه‌های مربوط به فاصله از مرکز تولید پسماند، منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و شبکه جاده‌ها، استفاده کردند. بر اساس کار آن‌ها منطقه رامهرمز با توجه به مناسب بودنشان برای محل دفن زباله‌های جامد شهری به ۳ رده نامناسب، نسبتاً مناسب و مناسب تقسیم‌بندی شد.

احمدی و همکاران (۲۰۱۴)<sup>۳</sup> در پژوهشی، مکان مناسب برای دفن زباله‌های شهری آبادان انتخاب کردند. در این تحقیق از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای انتخاب محل دفن زباله‌های شهر آبادان استفاده شد. معیارهای به کار برده شده شامل مناطق مسکونی، اقتصادی، جغرافیایی و معیارهای اجتماعی بودند. هر کدام از این معیارها توسط روش AHP وزن‌دهی شدند. سپس مناطق نامناسب حذف شده و مناسب بودن مناطق باقی‌مانده با استفاده از ارزش هر معیار در محیط GIS مشخص گردید و سرانجام به صورت نقشه مناسب آماده شد. در نهایت قسمت شمالی منطقه مورد مطالعه به عنوان مناسب‌ترین محل دفن زباله انتخاب شد. فروغیان و اسلامی (۲۰۱۵)<sup>۴</sup>، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اقدام به مکان‌یابی محل دفن زباله در شهرستان شوش نمودند. در این پژوهش، مهم‌ترین معیارها که بیشترین تاثیر را در مکان‌یابی دفن زباله دارند از جمله معیارهای زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی شناسایی شدند و ۱۵ لایه اطلاعاتی به کار برده شد. سرانجام

---

2 - Chitsazan and Dehghan

3 - Ahmadi et al

4 - Foroughian and Eslami

پس از تهیه نقشه‌های نهایی پهنه‌بندی منطقه، برای دفن زباله‌های شهری، بخش غربی شهرستان شوش به عنوان محل مناسب جهت احداث لندفیل انتخاب شد.

اسکندری و همکاران (۲۰۱۵)<sup>۵</sup>، در تحقیق خود به مکان‌یابی محل دفن پسماند به وسیله کلاس‌بندی نقشه‌ها در شهر مرودشت استان فارس پرداختند. بعد از مشخص شدن معیارهای لازم جهت مکان‌یابی دفن پسماند، با استفاده از روش وزن‌دهی افزایشی ساده (SAW)، ۴ محدوده به‌دست آمد. برای بدست آوردن یک نقشه مناسب، محدوده به ۵ کلاس تقسیم‌بندی شد و با استفاده از نتایج به‌دست آمده از تلفیق نقشه‌ها و وزن‌دار کردن لایه‌ها، بهترین سایت از نظر بهره‌وری زمین انتخاب شد. بهرامی و همکاران (۲۰۱۶)<sup>۶</sup>، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، به مکان‌یابی محل دفن زباله جهت انتخاب مناسب‌ترین مکان در شبستر در ایران پرداختند. پس از تهیه لایه‌های عمق خاک، فاصله از مناطق مسکونی، جهت باد غالب و وزن‌دهی آن‌ها بهترین منطقه را جهت دفن زباله‌ها انتخاب کردند.

موضوع مکان‌یابی مناسب برای دفن زباله‌ها در بسیاری از کشورهای جهان مورد توجه محققین و مدیران شهری می‌باشد که در ادامه به ذکر چند مورد از آن‌ها پرداخته می‌شود. واستا و ناسوات (۲۰۰۲)<sup>۷</sup>، در پژوهشی با عنوان مکان‌یابی محل دفن زباله در اطراف رانسی بلژیک، با استفاده از GIS، با در نظر گرفتن معیارهایی چون زمین‌شناسی، گسل، شیب زمین، آب‌های سطحی، شبکه ارتباطی موجود و فاصله از فرودگاه را در نظر گرفتند. سرانجام با استفاده از وزن‌دهی به شاخص‌ها، از طریق مقایسه زوجی، ۴ محل مجزا در اندازه‌های مختلف را جهت دفن زباله این شهر ۸۰۰ هزار نفری انتخاب نمودند.

یسیلنکار و کتین (۲۰۰۵)<sup>۸</sup>، تحقیقی را بر روی مکان‌یابی سایت‌های مناسب برای دفن پسماند خطرناک با استفاده از معیارهای زمین‌شناسی، نقشه‌برداری، کاربری اراضی، و زلزله انجام دادند. این تحقیق در جنوب

---

<sup>5</sup> - Eskandari et al

<sup>6</sup> - Bahrami et al

<sup>7</sup> - Vastava and Nathawat

<sup>8</sup> - Yesilnacar and Cetin



شرقی آناتولی، منطقه‌ای که در آن شناخت منابع زمین برای کشاورزی و مدیریت آب بسیار مهم است، انجام گرفته است. نتایج این تحقیق در یک طبقه‌بندی ۵ تایی (۱= مطلوب تا ۵= نامطلوب) ارائه گردید.

چانگ و همکاران (۲۰۰۸)<sup>۹</sup>، در تحقیقی برای مکان‌یابی پسماند، معیارهای تصمیم‌گیری چند متغیره را در محیط GIS بکار بردند. این مطالعه در منطقه شهری هارلینگن در جنوب تگزاس انجام شده است. در این تحقیق با استفاده از وزن دهی به لایه‌ها و سپس تلفیق آن‌ها، مناطق مناسب برای دفن پسماند به ۵ طبقه تقسیم شدند. بر اساس ارزیابی نهایی سایت ۱ در حومه شهر هارلینگن به عنوان بهترین منطقه جهت دفن پسماند انتخاب شد.

دونوسکا و همکاران (۲۰۱۲)<sup>۱۰</sup>، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بر اساس معیارهای زیست‌محیطی مانند شیب، ارتفاع، هیدروژئولوژی، فاصله از رودخانه، فاصله از چشمه‌ها، کاربری اراضی، فاصله از گسل و معیارهای اقتصادی مانند فاصله از جاده‌ها و نزدیکی به مرکز جمعیت، به مکان‌یابی لندفیل در منطقه پولو در مقدونیه پرداختند. پس از تهیه نقشه‌ها و وزن‌دهی به لایه‌های منطقه مورد مطالعه، با توجه به درجه مناسب بودنشان برای احداث لندفیل جدید، به ۳ دسته نامناسب، نسبتاً مناسب و مناسب تقسیم‌بندی شدند. سرانجام مناسب‌ترین منطقه برای دفن زباله انتخاب شد.

آیدی و همکاران (۲۰۱۳)<sup>۱۱</sup>، برای به حداقل رساندن خطر زیست‌محیطی از سایت دفن زباله تونس از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده کردند. آن‌ها به منظور مکان‌یابی، ویژگی‌هایی از جمله ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه و کانال‌های آب، مناطق حفاظت شده، زون ساحلی، فاصله از جاده، مناطق مسکونی، ویژگی‌های خاک، تالاب، ضخامت لایه‌های نفوذناپذیر، عمق سطح ایستابی و نفوذپذیری را در نظر گرفتند.

---

<sup>9</sup> - Chang et al

<sup>10</sup> - Donevska et al

<sup>11</sup> - Aydi et al

پیناریال و آگوان (۲۰۱۳)<sup>۱۲</sup>، در پژوهشی با عنوان مکان‌یابی و طراحی سایت دفن زباله در آنکارا (ترکیه)، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با تهیه لایه‌های اطلاعاتی از قبیل شیب، پوشش گیاهی، فاصله از جاده، لرزه‌خیزی، معیارهای زیست‌محیطی و زمین‌شناسی به مکان‌یابی محل مناسب در شهر آنکارا پرداختند. سرانجام دو منطقه که دارای بالاترین رتبه‌بندی مناسب بودند به عنوان مناسب‌ترین محل برای دفن زباله انتخاب شدند. الکساکیس و ساریس (۲۰۱۴)<sup>۱۳</sup>، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به تجزیه و تحلیل محل دفن زباله در غرب کرت پرداختند. در این مطالعه از معیارهای زیست‌محیطی و انسان‌شناختی برای شناسایی مناسب‌ترین مکان‌ها برای دفن زباله در بخش غربی جزیره کرت یونان استفاده شد. نتایج نشان داد که ۷۵٪ زباله‌ها از نظر زیست‌محیطی، در مناطق بسیار نامناسب قرار دارند. یوان (۲۰۱۴)<sup>۱۴</sup>، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به انتخاب محل مناسب برای دفن زباله مواد زائد شهری در ترکیه پرداخت. وی بیان نمود که مدیریت نداشتن برای دفن زباله‌ها، می‌تواند مشکلات جدی بر کیفیت محیط‌زیست و سلامت انسان بوجود آورد و یکی از مهم‌ترین مراحل دفن زباله، انتخاب محل مناسب است.

منصف (۲۰۱۵)<sup>۱۵</sup>، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، به احداث مکان مناسب برای دفن زباله‌های جامد شهری در سواحل دریای سرخ پرداخت. بر اساس نتایج بدست آمده، به دلیل پایین بودن نفوذپذیری خاک و کمبود پوشش گیاهی، از بین ۱۵ سایت، ۲ سایت انتخاب شد. با توجه به مساحت سایت‌های انتخاب شده سایت اول تا ۱۰ سال قابل استفاده است و از سایت دوم، بعد از پر شدن سایت اول تا ۲ سال می‌توان استفاده کرد. ال بابا و کایاستا (۲۰۱۵)<sup>۱۶</sup> با استفاده از تجزیه و تحلیل تکنیک ارزیابی چند معیاره (MCPA) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به مکان‌یابی

---

<sup>12</sup> - Pinar Yal and Akgun

<sup>13</sup> - Alexakis and Sarris

<sup>14</sup> - Uyan

<sup>15</sup> - Monsef

<sup>16</sup> - El Baba and Kayastha

برای دفن پسماندهای جامد در نوار غزه در فلسطین پرداختند. در این پژوهش معیارهایی شامل نوع خاک، کاربری زمین، عمق آب زیرزمینی، فاصله از جاده و ارتفاع به کار برده شد. طبق نتایج بدست آمده ۵/۵ درصد از مساحت کل نوار غزه، جهت دفن زباله بسیار مناسب می‌باشد.

## ۲-۷- انواع لندفیل‌ها به لحاظ سیستم کنترل آلودگی

به طور کلی لندفیل‌ها به دو گروه خودپالا و بهداشتی تقسیم می‌شوند:

### ۲-۷-۱- لندفیل خود پالا

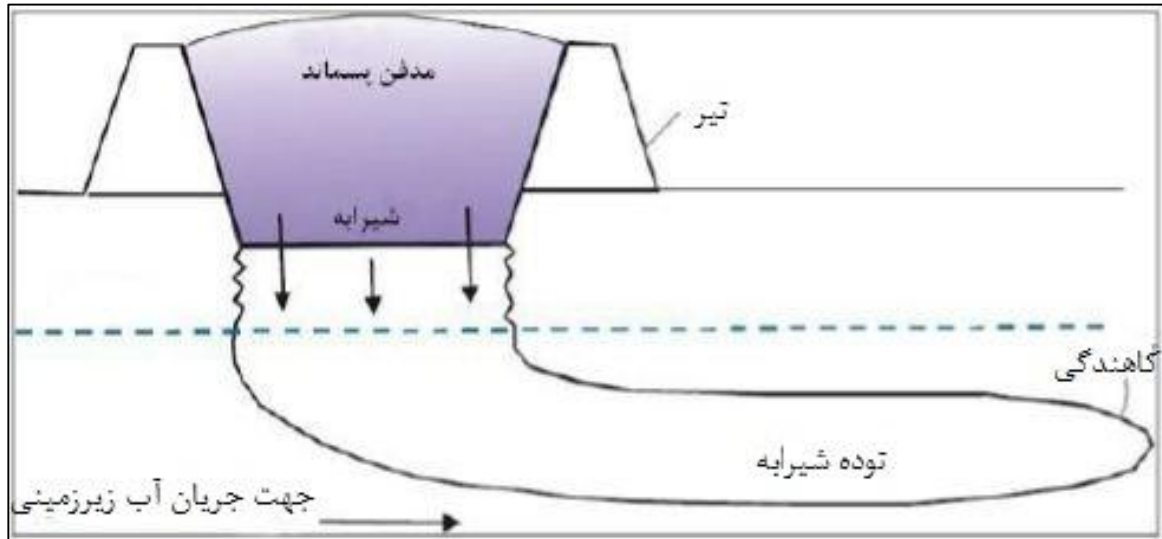
لندفیل‌هایی که طراحی می‌شوند تا به صورت طبیعی میزان آلاینده‌گی شیرابه را کاهش دهند، اصطلاحاً لندفیل‌های خودپالا نامیده می‌شوند. لندفیل‌های خودپالا با استفاده از فرآیندهای شیمیایی طبیعی خاک زیرین خود، در طول زمان غلظت شیرابه را کاهش می‌دهند. در حالی که لندفیل‌های بهداشتی طوری طراحی می‌شوند که از حرکت سیالات در داخل و بیرون از مدفن جلوگیری کنند. لندفیل‌های خودپالا طوری طراحی می‌شوند که حرکت سیالات را ترغیب می‌کنند (شکل ۲-۱). فرآیندهایی که در لندفیل خودپالا جهت کاهش شیرابه رخ می‌دهد شامل رقیق‌سازی، تصفیه، جذب سطحی، فرآیندهای بیولوژیکی، واکنش‌های ته‌نشینی و واکنش‌های تبادل آنیون و کاتیون می‌باشد. از آنجایی که این واکنش‌ها در زیر سطح آب زیرزمینی به شدت افزایش می‌یابند، بهترین موقعیت برای قرارگیری این گونه لندفیل‌ها بر اساس خصوصیات خاک‌شناسی به شرح زیر می‌باشد:

۱- خاک رس سیلتی در منطقه اشباع با ظرفیت تبدالی کاتیون- آنیون بالا در حدود  $30 \text{ mEq}/100\text{g}$

تا  $40$  و تراوایی  $(\text{cm}/\text{s})$   $10^{-5}$  تا  $10^{-6}$

۲- منطقه اشباع کم عمق ماسه‌ای حتی با تراوایی  $\text{cm}/\text{s}$   $10^{-4}$  و بیشتر

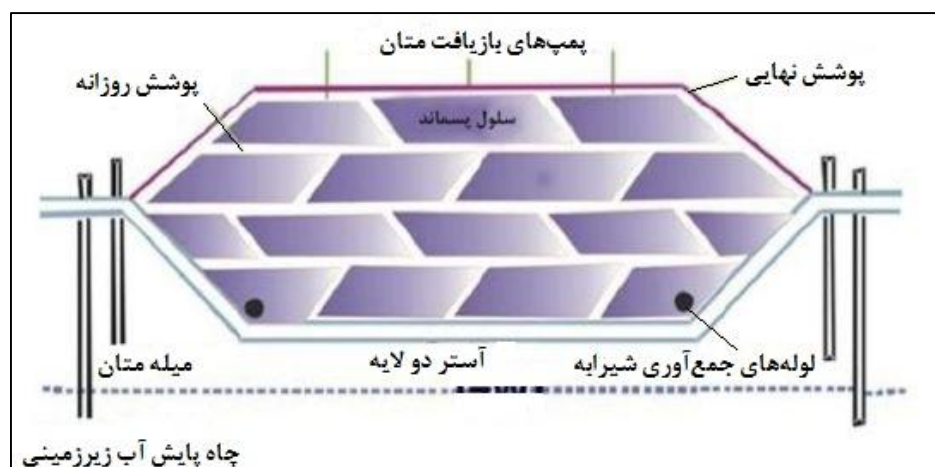
فواید لندفیل خودپالا نسبت به لندفیل‌های بهداشتی با آستر چند لایه، هزینه کمتر آن و تجزیه پسماندها به علت شرایط بهینه خاکی است که برای این لندفیل‌ها انتخاب می‌شود. این در حالی است که نیاز به مساحت زیادی از زمین برای تجزیه شیرابه، نیاز به فاصله خیلی زیاد از چاه‌های آب آشامیدنی و دید منفی جامعه نسبت به نبود حفاظت از لندفیل و اجازه آزادی به شیرابه، از معایب لندفیل خودپالا می‌باشد.



شکل ۲-۱- شکل شماتیک از یک لندفیل خودپالا

## ۲-۷-۲- لندفیل بهداشتی

لندفیلی است که بر اساس اصول مهندسی بنا شده و میزان تولید و انتشار آلودگی در آن کنترل می‌شود. بسیاری از محل‌های دفن پسماندها برای یک بازه زمانی ۲۰ تا ۳۰ ساله طراحی می‌شوند و بعد از آن نیز، به یک پایش ۳۰ ساله نیاز دارند تا از سلامت محیط اطمینان حاصل کرد. در این گونه لندفیل‌ها معمولاً یک آستر دو لایه جهت کنترل شیرابه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مرحله اجرایی دفن پسماندها، پسماندها در ضخامت کمی گسترش می‌یابند و به وسیله لایه پوششی روزانه پوشانده می‌شوند تا از هجوم حشرات، گسترش گرد و غبار، نفوذ باران و برف به لایه‌های زیرین و منظره بد پسماندها جلوگیری کند. در پایان عمر مدفن پسماند، لایه نهایی شامل خاک و لایه سنتتیکی اضافه می‌شود تا از نفوذ و فرسایش آن جلوگیری کند (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲- شماتیک از یک لندفیل بهداشتی پسماند

دفن بهداشتی در زمره اولین روش‌های رایج، اقتصادی و قابل قبول جهت دفن مواد زائد و جامد در اغلب کشورهای جهان شناخته شده است (Yang and James, 2006; Jolanta and Anna, 2008). بر اساس تجارب بدست آمده از گذشته در کشورهای پیشرفته و سایر جوامع، دفن بهداشتی در زمین اغلب به عنوان اقتصادی‌ترین راه حل در دراز مدت برای مشکل مواد زائد جامد شناخته شده است. خاک مهم‌ترین و گسترده‌ترین صافی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب‌ها، بازیافت‌کننده ضایعات و نیز دریافت‌کننده بسیاری از مواد می‌باشد. اما ظرفیت آن محدوده بوده و ممکن است بسیاری از مواد سمی و آلاینده‌ها که به خاک افزوده می‌گردند، از نظر تمرکز افزایش یافته و در نهایت به صورت تهدید جدی برای محیط‌زیست درآیند (Timur and Ozturk, 1999; Yun and Kyung, 2000). ترکیب شیرابه محل‌های دفن، بسته به طبیعت مواد زائد جامد، ویژگی‌های خاک و الگوی ریزش باران تغییر می‌کند (Claudio et al., 2006). طراحی سیستم جمع‌آوری شیرابه بستگی به نوع بستر مورد نیاز، کانال جمع‌آوری و زهکشی شیرابه، طراحی امکانات هدایت، جمع‌آوری و تصفیه مناسب شیرابه دارد. طراحی بستر باید برای به حداقل رساندن نفوذ شیرابه به داخل خاک‌های زیرسطحی و حذف آلودگی آب‌های زیرزمینی انجام شود. سیستم طراحی شده باید به صورتی باشد که خطرات احتمالی شیرابه تشکیل شده باعث آلوده نمودن آب و خاک منطقه نشود (پرنگ، ۱۳۹۱).

## ۲-۸- شیرابه

شیرابه به عنوان محصول نهایی تماس آب با مواد زائد جامد است. شیرابه می‌تواند حاوی مواد معلق یا محلول مرتبط با نوع زباله موجود در محل دفن باشد. علاوه بر این، شیرابه می‌تواند حاوی محصولات جانبی ناشی از واکنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی موجود در محل دفن باشد. سرعت تولید شیرابه، حجم شیرابه و ویژگی‌های آن بستگی به عوامل مختلفی مانند ترکیب مواد زائد جامد، اندازه ذرات، درجه فشردگی زباله، شرایط هیدرولوژیکی محل دفن، شرایط رطوبت و دمای محل دفن، سن دفن، نحوه اجرای دفن زباله و میزان بارندگی دارد. در محل دفن زباله با گذشت زمان، شرایط از حالت هوازی به حالت بی‌هوازی تغییر می‌یابد و در نتیجه امکان انجام واکنش‌های شیمیایی متفاوتی وجود دارد. شیرابه ناشی از جایگاه دفن زباله غیر خطرناک، اغلب شامل ترکیبات پیچیده مواد آلی، هیدروکلروکربن و فلزات سنگین می‌باشد که می‌تواند تهدیدی جدی برای آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی باشد (Claudio et al., 2006). محل‌های دفن زباله قابلیت تولید شیرابه را حتی پس از ده‌ها سال از خاتمه‌ی دفن زباله دارا هستند. در نتیجه باید توجه ویژه‌ای در خصوص مدیریت جایگاه‌های دفن زباله پس از پایان مراحل دفن به عمل آید. شیرابه مواد زائد جامد شهری از مواد شیمیایی خطرناک مختلفی تشکیل شده است. آلودگی آب‌های زیرزمینی با آلاینده‌ها باعث می‌شود این آب‌ها جهت استفاده خانگی قابل اطمینان نباشند. در آمریکا ۵۵۰۰۰ لندفیل وجود دارد که عامل ۷۵٪ از آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی است (فوادمرعشی، ۱۳۸۴). غلظت مواد در محل دفن زباله با افزایش عمق زیادتر می‌شود، زیرا آب نفوذ کرده به زباله‌های در هنگام حرکت، به سمت پایین با مواد زائد بیشتری در تماس خواهد بود. به عبارتی در جایگاه‌های عمیق تماس بین فاز جامد و مایع طولانی‌تر است که تولید شیرابه را افزایش می‌دهد (Chobanoglous et al., 1997).

## ۲-۸-۱- تاثیر شیرابه در آلودگی خاک به فلزات سنگین

یکی از گروه‌های آلاینده خطرناک موجود در شیرابه، فلزات سنگین بوده که می‌تواند تهدید زیست‌محیطی

جدی برای خاک‌های اطراف لندفیل و آب زیرزمینی داشته باشد (Bouzayani et al., 2014). مفهوم فلزات سنگین در منابع علمی متفاوت است. فلزات سنگین چگالی بالاتر از ۶ گرم بر سانتی متر مکعب دارند. در بیشتر متون علمی از این ویژگی برای تعریف فلزات سنگین استفاده شده است. کادمیوم، کبالت، مس، منگنز، نیکل، روی، قلع، جیوه و سرب معمولترین این فلزات می‌باشند. آلودگی فلزات سنگین در خاک نسبت به سایر محیط‌ها مانند هوا و آب، از شدت اهمیت بیشتری برخوردار است. فلزات در خاک‌ها به ندرت تحت تاثیر فرایندهایی چون تجزیه زیستی و شیمیایی قرار می‌گیرند و بدین علت زمان ماندگاری بالایی در خاک‌ها دارند (Alloway, 1995). دلیل اصلی و بنیادی توجه مجامع علمی به موضوع آلودگی شیرابه و تصفیه‌ی آن، خطر احتمالی آلوده شدن منابع آبی، خاک و تا حدودی هوا، توسط شیرابه و گازهای متصاعد شده از آن می‌باشد (Christensen et al., 1992). اثرات سو این عناصر در خاک و گیاه زمانی مشخص می‌گردد که غلظت آن‌ها از میزان معینی افزایش یابد که این افزایش بستگی به نوع فلز، نوع خاک، فعالیت‌های مختلف انسانی و زمان تجمع فلز دارد (Nasralla, 1984; Li et al., 2007). مطالعات متعددی جهت ارزیابی تاثیر محل دفن زباله بر روی آلودگی فلزات سنگین خاک‌های پیرامون لندفیل انجام شده است. الوویکانمی و تبال (۲۰۱۲)<sup>۱۷</sup>، از بررسی کیفیت خاک کشاورزی اطراف یک لندفیل نتیجه گرفت که ضایعات سمی و تجمع فلزات سنگین، بزرگترین خطر در سایت دفن زباله می‌باشد و سطح بالایی از آلودگی شیمیایی و میکروبی باعث بروز بیماری‌ها و تغییر در حاصلخیزی خاک منطقه شده است. نتایج بررسی لیو و همکاران (۲۰۱۳)<sup>۱۸</sup>، بر روی آلودگی خاک اطراف لندفیل شانگ‌های نشان داد که خاک‌های پیرامون لندفیل نسبت به خاک زمینه دارای مس، روی، کادمیوم و کروم بیشتری هستند و از شیرابه لندفیل متاثر شده است. مطالعه بوزایانی و همکاران (۲۰۱۴)<sup>۱۹</sup>، بر روی آلودگی خاک اطراف لندفیل پایتخت کشور تونس

---

<sup>17</sup> - Oluwakunmi and Tebal

<sup>18</sup> - Liu et al

<sup>19</sup> - Bouzayani et al

نشان داد که در اثر نشت شیرابه تمرکز فلزات نیکل، سرب، روی، کروم و مس اتفاق افتاده است. مطالعه آدامکوا و همکاران (۲۰۱۶)<sup>۲۰</sup>، بر روی آلودگی خاک پیرامون لندفیلی در جمهوری چک نشان داد که شیرابه لندفیل باعث افزایش غلظت برخی از فلزات سنگین نظیر کروم، مس و نیکل در خاک پیرامون لندفیل شده است.

## ۲-۸-۲- تاثیر شیرابه در آلودگی آب‌های زیرزمینی

مکان‌های نزدیک لندفیل، که به عنوان یکی از تهدیدهای اساسی منابع آب شناسایی شده‌اند، در بردارنده آلودگی‌هایی است که حتی اگر به مقدار کم به منابع آبی راه پیدا کنند، مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی آب‌ها را نامطلوب می‌نماید (Younsi, 2014). بنابراین لندفیل‌ها، پتانسیل زیادی برای آلودگی آب‌های زیرزمینی دارند، زیرا در این گونه مناطق، شیرابه تولید شده و امکان آلودگی محیط توسط شیرابه زیاد است (Nixon et al., 1997). رعایت نکردن موازین انتخاب محل دفن زباله، آماده‌سازی نامناسب و غیر علمی محل دفن و تکنیک دفن نامناسب، به تولید و انتشار شیرابه به لایه‌های زیرین محل دفن و حرکت آن به سمت پایین منجر می‌شود (Wagner and Bilitewski, 2009). مطالعات متعددی درباره بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی در نزدیکی اماکن دفن زباله در نقاط مختلف ایران و دنیا انجام شده است. خانلری و همکاران (۱۳۹۱)، تاثیر شیرابه‌های محل دفن زباله همدان بر آب‌های زیرزمینی را بررسی کردند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که طبق استاندارد آب آشامیدنی و استاندارد خروجی فاضلاب سازمان محیط‌زیست، کلیه نمونه‌های اخذ شده در آب زیرزمینی اطراف لندفیل آلوده هستند. مطالعه باغوند و همکاران (۱۳۹۴) بر روی آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی اطراف لندفیل تاکستان نشان داد، میزان غلظت فلزات سرب، کادمیوم و نیکل در نمونه‌های آب محدوده مطالعاتی در مقایسه با سایر آلاینده‌های مورد مطالعه بیشترین مقدار را نسبت به استاندارد بین‌المللی داشته است. عمادی و همکاران (۱۳۸۶)، به بررسی آلودگی آب‌های

---

20 - Adamcová et al



زیرزمینی در سمسکنده ساری بر اثر ورود شیرابه‌های حاصل از دفن زباله پرداختند و در نهایت نتیجه‌گیری کردند که شیرابه‌های حاصل از دفن در سالیان متمادی سبب آلودگی آب زیرزمینی بخش‌های پایین‌دست نیز شده است.

# فصل سوم

روش انجام تحقیق

### ۳-۱- مقدمه

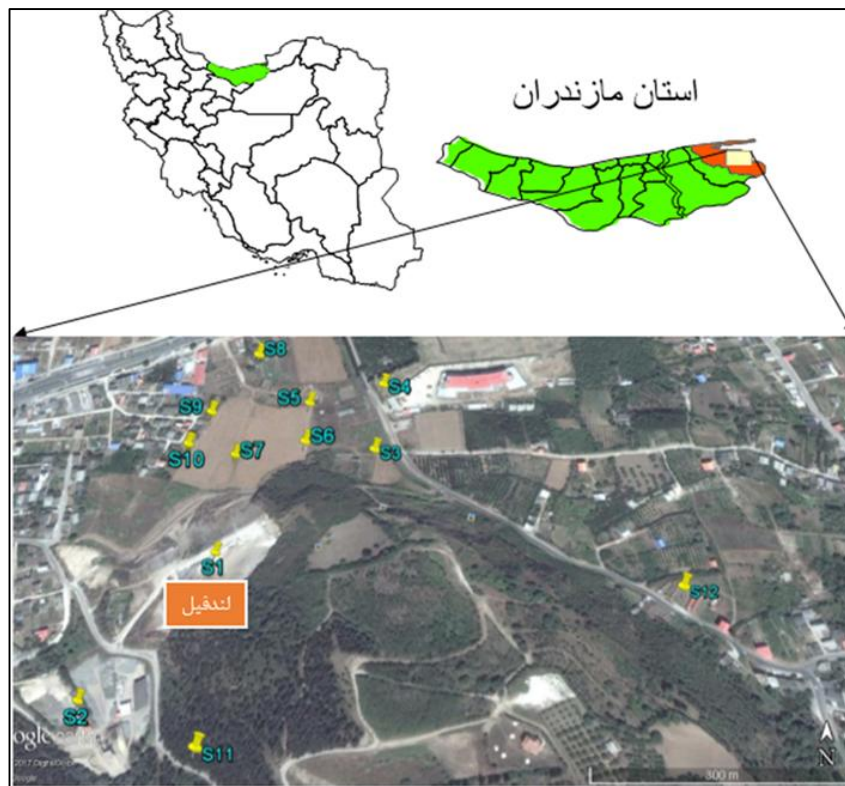
به منظور ارزیابی جامع از مدیریت پسماند در شرق استان مازندران، این تحقیق در دو مرحله انجام گردیده است که شامل ارزیابی وضعیت آلاینده‌گی لندفیل موجود در بهشهر و مکان‌یابی محل دفن پسماند می‌باشد. در ارتباط با ارزیابی آلودگی لندفیل موجود در بهشهر، پتانسیل آلودگی منابع خاک سطحی مجاور لندفیل و منابع آب زیرزمینی پایین دست مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به این مطلب که مکان‌یابی مناسب می‌تواند بسیاری از مشکلات مربوط به دفن پسماند را بر طرف نماید، شالوده اصلی این پژوهش، مکان‌یابی محل دفن زباله بر اساس معیارها و فاکتورهایی که بیشترین مطابقت را با شرایط منطقه مورد مطالعه داشته‌اند، بنا شده است که در ادامه به آن‌ها پرداخته خواهد شد.

### ۳-۲- ارزیابی آلاینده‌گی لندفیل بهشهر بر روی منابع آب و خاک

در ابتدا به منظور اثرات آلاینده‌گی شیرابه لندفیل موجود، به بررسی آلودگی منابع آبی و خاکی اطراف لندفیل پرداخته شد.

### ۳-۲-۱- نمونه‌برداری خاک

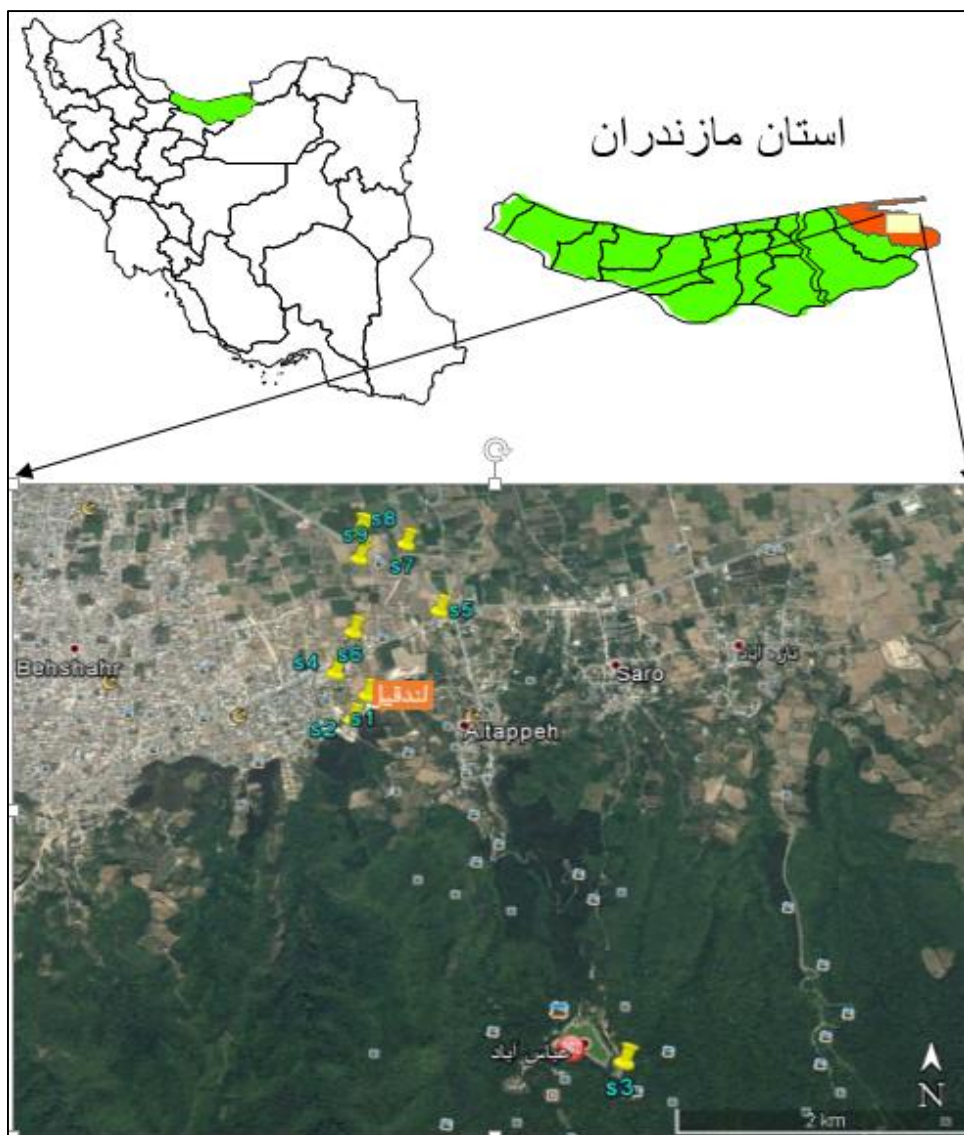
پس از تعیین محل‌های نمونه‌برداری با توجه به شکل (۳-۱)، ۱۲ نمونه خاک از محل لندفیل و زمین‌های کشاورزی اطراف از عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری توسط بیلچه گرفته شد. همانطور که در شکل (۱-۳) دیده می‌شود یک نمونه از محل لندفیل، ۹ نمونه از بخش‌های پایین دست لندفیل که پتانسیل آلوده شدن توسط شیرابه را داشته‌اند و ۲ نمونه از بالا دست لندفیل در زمین کشاورزی و جنگل به عنوان خاک زمینه و خاکی که از لندفیل متاثر نمی‌شود، گرفته شده است. قطعات قلوه‌سنگ از خاک جدا شده و نمونه‌ها پس از نام‌گذاری و مشخص کردن مختصات جغرافیایی محل نمونه‌گیری در کیسه‌های پلاستیکی ریخته شد و به آزمایشگاه منتقل گردید.



شکل ۳-۱- موقعیت شهر بهشهر در نقاط منطقه نمونه برداری خاک

### ۳-۲-۲ نمونه برداری آب

با توجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی در مناطق جلگه‌ای، احتمال آلوده شدن این منابع آبی توسط آلاینده‌های شیرابه وجود دارد. لذا با توجه به جهت جریان آب زیرزمینی بدست آمده برای منطقه، نمونه برداری آب از تعدادی چاه واقع در پایین دست محل لندفیل انجام گردید (شکل ۳-۲). به علاوه یک نمونه آب از محل چشمه عباس‌آباد واقع در بالادست لندفیل به عنوان شاهد آب سازندی و آبی که تحت تاثیر آلودگی لندفیل نبوده، گرفته شد. برای برداشت نمونه آب، از ظروف پلاستیکی ۱/۵ لیتری دارای درب مناسب استفاده گردید که پس از چند بار شستشو توسط آب مورد نظر، نمونه ۳-۵ دقیقه بعد از شروع پمپاژ از چاه، برداشت گردید. جهت افزایش دقت در ثبت ویژگی‌های کیفی آب، pH نمونه‌های آب در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. همزمان با برداشت هر نمونه، فرم مربوط به اطلاعات آن شامل مختصات جغرافیایی، نوع منبع آبی و مشخصات محلی نیز در محل نمونه برداری تکمیل گردید.



شکل ۳-۲- موقعیت شهر بهشهر در نقاط منطقه نمونه برداری آب

### ۳-۲-۳- آماده سازی نمونه های خاک

پس از برداشت نمونه ها، بسته بندی و برچسب گذاری آن ها در محل، نمونه ها به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه های خاک پس از خشک شدن در هوای آزاد اتاق از الک ۱۰ مش عبور داده شدند، سپس با استفاده از هاون عقیق پودر گردیدند و دوباره از الک ۲۰۰ مش عبور داده شدند. نمونه های پودر شده جهت انجام آنالیز شیمیایی توسط دستگاه ICP-OES به شرکت مطالعات مواد معدنی زرآرما ارسال گردید. با توجه به بررسی های انجام شده، نحوه آماده سازی نمونه ها برای آنالیز ICP-OES مطابق با روش پیشنهادی آژانس

حفاظت محیط‌زیست آمریکا (۱۹۹۶) بوده، به این صورت که ۱ گرم از هر یک از نمونه‌های خاک وزن و در بشر پلی‌اتیلنی قرار گرفته و با اضافه نمودن چند قطره اسید کلریدریک (HCl) و اسید فلئوئوریدریک (HF) به میزان ۷ سی‌سی، نمونه‌ها روی حمام آبی و در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تا مرحله نزدیک به خشک شدن حرارت داده شده‌اند. پس از سرد شدن نمونه‌ها، به هر کدام ۷ سی‌سی اسید نیتریک (HNO<sub>3</sub>) و اسید کلریدریک (HCl) به صورت تیزاب سلطانی (Aqua regia) اضافه گردیده و بر روی حمام آبی تا نزدیک خشک شدن حرارت داده شده است. پس از هضم شیمیایی کلیه نمونه‌ها و با افزودن مقداری آب مقطر و حرارت ملایم به هر یک از آن‌ها، محلولی کاملاً شفاف بدست آمده که این محلول توسط دستگاه ICP-OES مورد آنالیز قرار گرفته است. مزیت استفاده از این دستگاه، این است که قادر می‌باشد چندین فلز را به طور همزمان اندازه‌گیری نماید (Madrid et al. 2002). به‌علاوه جهت آگاهی از ترکیب شیرابه، یک نمونه از آن گرفته شد و با توجه به غلظت کمتر عناصر در آب، این نمونه توسط دستگاه ICP-MS که دارای حد تشخیص با غلظت کمتر و دقت بالاتری است، مورد آنالیز قرار گرفت. در این پژوهش ۳۵ عنصر در آزمایشگاه زرا‌زما تهران آنالیز گردید که با توجه به هدف پژوهش تنها نتایج ۸ فلز سنگین شامل کبالت، مس، روی، آرسنیک، مولیبدن، کروم، نیکل و کادمیوم بررسی شده است. با توجه به نبود استاندارد آلودگی خاک در کشور، نتایج بدست آمده با چهار استاندارد، شامل دو استاندارد آلودگی خاک کشور هلند و کانادا و دو استاندارد آلودگی خاک کشاورزی اتریش و آمریکا (جدول ۳-۱) مقایسه گردید.

جدول ۳-۱- حد آلودگی خاک برای ۸ فلز سنگین بر حسب ppm در استانداردهای مختلف

(Kabata-Pendis and Mukherjee, 2007., Vrom 2003)

| استاندارد                    | Co | Cu  | Zn  | As | Mo | Cr  | Ni  | Cd  |
|------------------------------|----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|
| استاندارد هلند               | ۹  | ۳۶  | ۱۴۰ | ۲۹ | ۳  | ۱۰۰ | ۳۵  | ۰/۸ |
| استاندارد کانادا             | ۱۰ | ۳۰  | ۶۰  | ۵  | ۲  | ۲۰  | ۲۰  | ۰/۵ |
| استاندارد خاک کشاورزی اتریش  | ۵۰ | ۱۰۰ | ۳۰۰ | ۵۰ | ۱۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۵   |
| استاندارد خاک کشاورزی آمریکا | ۲۰ | ۱۰۰ | ۲۲۰ | ۱۴ | ۴  | ۱۲۰ | ۳۲  | ۱/۶ |

برای ارزیابی نتایج آنالیز شیمیایی فلزات سنگین، بررسی‌های آماری زیر انجام گردید. در ابتدا برای مطالعه همبستگی غلظت عناصر اندازه‌گیری شده، ماتریس همبستگی پیرسون داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS v24 محاسبه شد. برای ارزیابی کمی آلودگی خاک پیرامون لندفیل از سه شاخص (شامل شاخص آلودگی تک عنصری و شاخص آلودگی کلی) نسبت به عناصر مورد مطالعه، استفاده شده که در ادامه معرفی می‌گردند.

#### ۱- ضریب غنی شدگی ( $EF^{21}$ )

این شاخص به منظور بررسی غنی شدگی و آلودگی طبیعی عناصر در خاک، با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد (Loska et al., 1997).

$$EF = \frac{\left(\frac{CM_1}{CR_1}\right)}{\left(\frac{CM_2}{CR_2}\right)} \quad \text{معادله ۱}$$

در این معادله EF بیانگر ضریب غنی شدگی،  $CM_1$  غلظت عنصر در خاک منطقه مورد مطالعه،  $CR_1$  غلظت عنصر مرجع در خاک منطقه،  $CM_2$  غلظت عنصر در نمونه شاخص به عنوان میانگین غلظت خاک منطقه (نمونه شماره ۱۱) و یا غلظت پوسته ای عنصر و  $CR_2$  غلظت عنصر مرجع در خاک زمینه و یا پوسته زمین می‌باشد. در این مطالعه از عنصر اسکاندیوم به عنوان عنصر مرجع استفاده شد است. این عنصر معمولاً در نرمال کردن داده‌ها بکار برده می‌شود چراکه عمدتاً از منابع لیتولوژیکی طبیعی حاصل شده و توزیع آن تحت تاثیر آلودگی‌های بشر زاد قرار نمی‌گیرد. عناصر مرجع پوسته زمین از نتایج مطالعات رودنیک و گائو<sup>۲۲</sup> (۲۰۰۳) استخراج گردید. در صورتی که فاکتور غنی شدگی بین ۰/۵ تا ۱/۵ باشد، غنی شدگی طبیعی و حد معمول در نظر گرفته می‌شود. چنانچه این شاخص از ۰/۵ کمتر باشد تهی شدگی و اگر از ۱/۵ بیشتر باشد غنی شدگی اتفاق افتاده است (Rudnick and Gao, 2003).

#### ۲- شاخص آلودگی (Pollution Index) PI

<sup>21</sup>- Enrichment Factor

<sup>22</sup> - Rudnick and Gao

این شاخص برای ارزیابی غنی شدگی فلزات سنگین در خاک آلوده نسبت به خاک زمینه در منطقه، به صورت زیر ارائه شده است.

$$PI_i = \frac{C_s^i}{C_n^i} \quad \text{معادله ۲}$$

در این رابطه  $PI_i$  بیانگر شاخص آلودگی فلز سنگین  $i$ ،  $C_s^i$  بیانگر غلظت فلز سنگین  $i$  در خاک آلوده شده و  $C_n^i$  بیانگر غلظت فلز سنگین  $i$  در خاک زمینه می‌باشد. لازم به ذکر است که ترکیب خاک شماره ۱۲ به عنوان زمینه برای خاک‌های کشاورزی و ترکیب خاک شماره ۱۱ به عنوان خاک زمینه برای خاک‌های غیر کشاورزی (خاک ۱ و ۲) در نظر گرفته شد. همچنین در ارزیابی از غلظت پوسته‌ای نیز استفاده شد. چنانچه  $PI < 1$ ، نشان دهنده آلودگی پایین،  $1 \leq PI < 3$  بیانگر آلودگی متوسط،  $3 \leq PI < 6$  بیانگر آلودگی بالا و  $PI \geq 6$  نشانه آلودگی خیلی بالا می‌باشد (Loska et al., 1997).

### ۳- شاخص بار آلودگی (Pollution Load Index) PLI

شاخص بار آلودگی به منظور تعیین درجه تمرکز فلزات سنگین در خاک متاثر شده از محیط، بکار برده می‌شود (Wang et al., 2010). این شاخص برای خاک‌های مورد مطالعه به صورت زیر محاسبه گردید.

$$PLI = \sqrt[8]{PI_{Cu} \times PI_{Zn} \times PI_{Co} \times PI_{Mo} \times PI_{Ni} \times PI_{Cd} \times PI_{As} \times PI_{Cr}} \quad \text{معادله ۳}$$

بر اساس مقدار  $PLI$ ، خاک از نظر آلودگی به چهار رده شامل خاک آلوده نشده ( $PLI < 1$ )، آلودگی متوسط ( $1 \leq PLI < 2$ )، آلودگی بالا ( $2 \leq PLI < 3$ )، آلودگی بسیار بالا ( $PLI > 3$ )، تقسیم می‌شود.

### ۳-۲-۴- آماده‌سازی نمونه‌های آب

نمونه‌های آب پس از نمونه‌برداری از فیلتر ۴۵ میکرون عبور داده شده و سپس چند قطره اسید نیتریک بسیار خالص (ultra pure) به نمونه‌ها اضافه کرده تا pH اسیدی شود. نمونه‌های آب در بطری‌های پلی‌اتیلن فشرده (HDPE) که با آب مقطر شست و شو گردیده، ریخته شده و جهت آنالیز به آزمایشگاه مطالعات مواد



معدنی زراآرما ارسال گردید. با توجه به غلظت کم بعضی از فلزات سنگین در آب، نمونه‌ها پس از آماده‌سازی، توسط دستگاه ICP-MS (آنالیز ۵۳ عنصره) آنالیز شدند. از بین عناصر آنالیز شده، ۱۱ عنصر روی، آهن، آلومینیوم، مس، آرسنیک، مولیبدن، منگنز، کروم، نیکل، باریم و کادمیوم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

### ۳-۲-۵- اندازه‌گیری pH نمونه‌های خاک

pH نمونه‌های خاک با استفاده از روش (Method 9045 USEPA) اندازه‌گیری شده است. به طور خلاصه مقدار ۲۰ گرم نمونه خاک، به بشر ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و سپس به آن ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده است. برای اختلاط بهتر، هر یک از ظرف‌های حاوی نمونه، با استفاده از دستگاه شیکر به مدت ۱۰ دقیقه تکان داده شده و پس از آن به مدت یک ساعت کنار گذاشته شد. پس از جداسازی فاز مایع از جامد، pH توسط دستگاه pH متر کالیبره شده، تعیین شدند.

### ۳-۲-۶- اندازه‌گیری pH نمونه‌های آب

pH نمونه‌های آب برداشت شده توسط pH سنج (R8232 interface AZ8601) با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد.

### ۳-۳- مکان‌یابی لندفیل جدید برای دفن زباله‌های شرق مازندران

فارغ از نتیجه آلاینده‌گی بر روی منابع آب و خاک، لندفیل موجود در منطقه ممنوعه احداث شده، لذا لازم است تا محل مناسب دیگری برای این منظور در نظر گرفته شود. جهت انجام پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه برای انتخاب محل جدید دفن پسماند از نرم‌افزارهای Arc GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

### ۳-۳-۱- سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) یکی از جامع‌ترین و تواناترین سیستم‌هایی است که در خدمت علوم

مختلف از جمله زمین‌شناسی قرار دارد. جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، به روزرسانی اطلاعات، تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی، مدیریت پایگاه داده‌ها، روی هم‌گذاری لایه‌های متعدد، ویرایش و سرعت عمل بالا و هزینه کم از جمله مزایای استفاده از این سیستم است که آن را از سایر نرم‌افزارهای مشابه متمایز کرده است (عظیمی حسینی و همکاران، ۱۳۸۹) و همچنین در ایجاد لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز و هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی، بسیار مفید واقع شده است (Gbanie et al., 2013).

### ۳-۲- مراحل مکان‌یابی محل مناسب دفن پسماند در شرق مازندران

- ✓ شناخت موضوع مورد مطالعه و اهمیت آن
- ✓ جمع‌آوری اطلاعات، داده‌ها و پارامترهای موثر
- ✓ آماده‌سازی داده‌ها
- ✓ تهیه نقشه و لایه‌های مورد نیاز جهت مکان‌یابی
- ✓ انتخاب الگوریتم‌های مناسب برای وزن‌دهی به هر لایه
- ✓ تلفیق لایه‌های وزن‌دهی شده
- ✓ نقشه‌های نهایی

### ۳-۲-۱- شناخت موضوع مورد مطالعه و اهمیت آن

قبل از انجام مراحل مکان‌یابی محل مناسب دفن پسماندهای شرق مازندران در محیط GIS، شناخت موضوع با توجه به موقعیت لندفیل فعلی و نیاز به احداث لندفیل جدید در اولویت می‌باشد. با توجه به مشکلات موجود در قرارگیری محل لندفیل و تاثیرات زیست‌محیطی بر روی شهر، شناخت دقیق و جامع موضوع و منطقه مورد مطالعه، به حل مشکلات و بدست آوردن نتایج بهتر کمک می‌کند.

### ۳-۳-۲- جمع‌آوری اطلاعات، داده‌ها و پارامترهای موثر

در این مرحله با توجه به ویژگی‌های منطقه و همچنین، طبق بررسی کارهای مشابه انجام شده در زمینه مکان‌یابی محل دفن پسماند، داده‌های مورد نیاز و عوامل موثر در مکان‌یابی محل مناسب دفن مشخص گردید. پارامترهای استفاده شده در این پژوهش شامل زمین‌شناسی و ژئوتکنیک (لرزه‌خیزی، گسل، نفوذپذیری، فاصله از منبع قرضه و هیدروژئولوژی)، اقلیمی (هیدرولوژی، بارندگی و جهت باد)، توپوگرافی و ژئومورفولوژی (شیب)، معیارهای اجتماعی و اقتصادی (کاربری اراضی، فاصله از مراکز تولید پسماند، فاصله از مراکز خطوط انتقال نیرو، فاصله از جاده، فاصله از مناطق شهری و روستایی) و معیارهای زیست‌محیطی می‌باشد. داده‌های مورد نیاز برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی از این پارامترها، با مراجعه به سازمان‌ها و نهادهای مختلف از جمله آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی، اداره راه و ترابری، محیط‌زیست، هواشناسی و برق و توانیر برای شهرستان‌های بهشهر و نکا تهیه گردید. همچنین نقشه‌های زمین‌شناسی و آیین‌نامه‌های موجود از طریق وب سایت‌های مربوطه جمع‌آوری گردید.

### ۳-۳-۲- تهیه نقشه و لایه‌های مورد نیاز جهت مکان‌یابی

پس از مرحله جمع‌آوری داده‌ها در مکان‌یابی، مرحله تهیه نقشه و لایه‌های مورد نیاز در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. در ابتدا تغییرات داده‌های موجود و یا محاسبه شده برای هر پارامتر در محدوده مورد مطالعه مشخص گردید. سپس این داده‌ها طبقه‌بندی شده و نقشه طبقه‌بندی شده برای استفاده در مکان‌یابی تهیه گردید.

### ۳-۳-۲- انتخاب الگوریتم‌های مناسب برای وزن‌دهی به هر لایه

هدف از وزن دادن به معیارها، بیان نمودن اهمیت هر معیار نسبت به معیار دیگر است. در این مرحله پس از مشخص شدن معیارهای مکان‌یابی محل مناسب دفن پسماند و طبقه‌بندی نقشه‌ها در رده‌های متفاوت،

باید با توجه به میزان اهمیت هر کدام از پارامترها در مکان‌یابی لندفیل، وزنی مشخص به آن‌ها داده شود. در این روش از روش وزن‌دهی AHP استفاده می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از سیستم‌های تصمیم‌گیری برای معیارهای چندگانه می‌باشد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که بر پایه دانش کارشناسی استوار است، توسط توماس ساعتی (۱۹۸۰) ارائه شده است. در این فرآیند می‌توان گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی پارامترها در را بوجود آورد. بی‌شک روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نقش مهمی در ارزش‌دهی فاکتورهای مختلف در مکان‌یابی محل دفن پسماند دارد (Aydi et al., 2013). AHP قضاوت محاسبات را تسهیل می‌نماید. همچنین این تکنیک میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که مزایای ممتاز آن در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد (قدسی‌پور، ۱۳۹۲). این فرآیند شامل ایجاد سلسله مراتب و محاسبه وزن می‌باشد.

### ۳-۳-۲-۴-۱- ایجاد سلسله مراتب

هرگاه از AHP به عنوان ابزار تصمیم‌گیری استفاده شود، در ابتدا برنامه‌ریز یک درخت سلسله مراتبی که بیان‌کننده مسئله مورد مطالعه است را فراهم کند. در این پژوهش درخت سلسله مراتبی با توجه به هدف پژوهش (مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شرق مازندران) تقسیم‌بندی شده است که شامل هدف، معیارها و زیر معیارها می‌باشد (شکل ۳-۳).

### ۳-۳-۲-۴-۲- محاسبه وزن

محاسبه وزن یکی از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد. در این مرحله برای محاسبه وزن عوامل در مکان‌یابی محل دفن پسماند، ابتدا ماتریس پارامترها تشکیل می‌شود. برای مقایسه اهمیت هر پارامتر نسبت به دیگر پارامترها بسته به درجه برتری از جدول زیر استفاده می‌گردد (جدول ۳-۲).

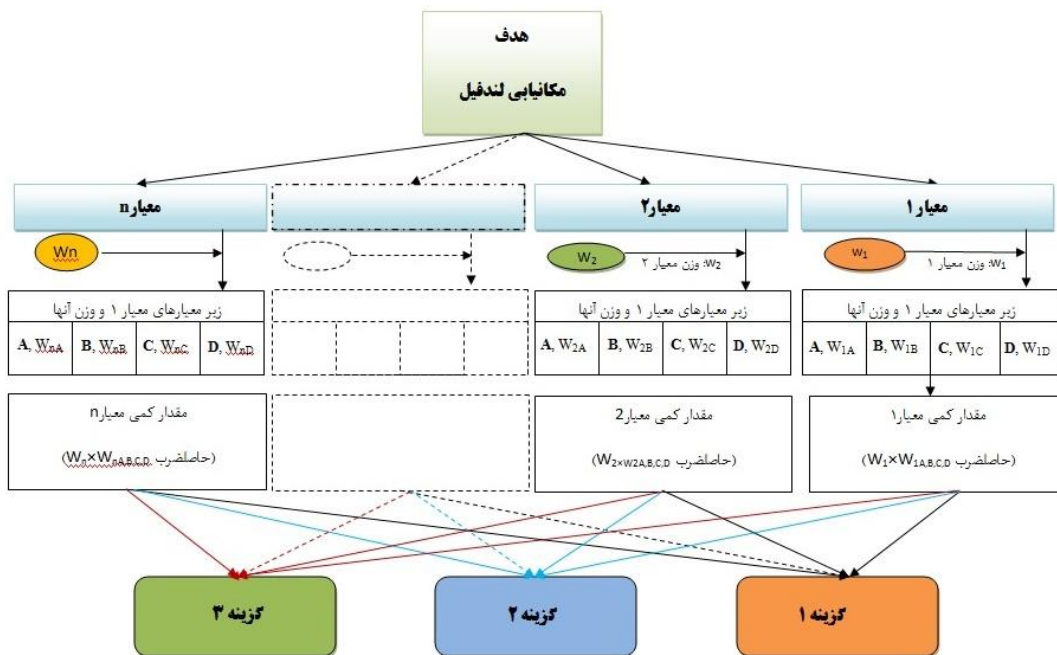
جدول ۳-۲- اهمیت‌های محتمل برای مقایسه زوجی بین پارامترها

| مقدار کمی اهمیت | توصیف اهمیت                          |
|-----------------|--------------------------------------|
| ۱               | اهمیت برابر                          |
| ۳               | اهمیت متوسط                          |
| ۵               | اهمیت قوی                            |
| ۷               | اهمیت بسیار قوی                      |
| ۹               | اهمیت فوق العاده قوی                 |
| ۲، ۴، ۶، ۸      | اهمیت‌های بینابین کلاس‌های اصلی بالا |

لازم به ذکر است یکی از اصول اصلی روش وزن دهی AHP اصل معکوس پذیری است. بدین معنی که اگر برتری پارامتر A نسبت به پارامتر B برابر X باشد، برتری پارامتر B نسبت به پارامتر A،  $\frac{1}{X}$  خواهد بود. اعداد متعلق به هر ستون ماتریس با یکدیگر جمع شده، سپس هر عضو ماتریس به جمع عوامل تقسیم می‌شود که حاصل آن بوجود آمدن اعداد به صورت نرمال شده می‌باشد. در آخر میانگین هر ردیف محاسبه می‌شود که عدد بدست آمده معرف وزن هر عامل می‌باشد.

### ۳-۳-۲-۵- تلفیق لایه‌های وزن دهی شده و تهیه نقشه نهایی

در این مرحله ابتدا نقشه‌های اصلاح شده عوامل موثر بر مکان‌یابی لندفیل تهیه شد. به این صورت که در ابتدا وزن هر زیر کلاس را با وزن پارامتر ضرب کرده و نقشه جدیدی تهیه گردید. در ادامه با جمع امتیازهای تمامی لایه‌های استفاده شده، نقشه نهایی تهیه شده است. برای درک بهتر و سریعتر این نقشه نیز بر اساس امتیازهای بدست آمده برای منطقه مورد مطالعه، کلاسه‌بندی جدیدی شامل ۴ رده A (مناسب)، B (نسبتاً مناسب)، C (نسبتاً نامناسب) و D (نامناسب) برای احداث لندفیل ایجاد گردید.



شکل ۳-۳- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

### ۳-۲-۶- انتخاب محدوده مناسب و صحت سنجی آن

پس از پهنه‌بندی منطقه، معمولاً چند منطقه در رده مناسب قرار خواهند گرفت که می‌بایستی از بین آن‌ها یک منطقه انتخاب گردد. بدین منظور از معیارهای زیست‌محیطی و معیارهای اجرایی نظیر مساحت محدوده مناسب و همخوانی آن با حجم زباله تولیدی استفاده می‌شود. در نهایت لازم است صحت سنجی پارامترهای استفاده شده برای پهنه منتخب، مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور پارامترهایی نظیر شیب، کاربری اراضی، فاصله از جاده یا خطوط انتقال نیرو، وضعیت حریم‌های زیست‌محیطی، با مشاهده صحرایی، اعتبار سنجی گردید. برای ارزیابی پارامترهای نفوذپذیری و منابع قرضه، یک چاهک ۱ متری در پهنه منتخب حفر شده و از آن نمونه خاک اخذ شده است. چنانچه رده خاک مطابق با رده‌بندی مهندسی یونیفاید مشخص گردد، رفتار کلی خاک و مطلوبیت آن به عنوان مصالح بستر و همچنین مطلوبیت آن برای منابع قرضه مشخص خواهد شد. بدین منظور لازم است آزمایش‌های دانه‌بندی و حدود آتبرگ جهت تعیین رده

خاک و پیش‌بینی رفتار فیزیکی و شیمیایی انجام گردد.

### ۳-۳-۲-۶-۱- آزمایش دانه‌بندی به روش تر

در این روش، جهت تعیین توزیع اندازه ذرات در خاک، به ترتیب از الک‌های مش ۲۰۰، ۱۰۰، ۶۰، ۴۰، ۳۰، ۸ و ۴ استفاده شده است. جهت تفکیک انواع ذرات ابتدا مقدار مشخصی از خاک جهت خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون قرار داده شد و سپس وزن گردید. سپس، الک‌ها را بر روی یکدیگر گذاشته و نمونه را روی الک بالایی (الک ۴) می‌ریزیم. با توجه به ریزدانه بودن خاک، احتمال چسبیدن ذرات رسی و تشکیل کلوخه خاک در نظر گرفته شد. لذا برای تعیین دانه‌بندی خاک از روش تر استفاده گردید. در این روش بجای تفکیک ذرات خاک با شیکر و تکان‌های مکانیکی، از آب استفاده می‌شود. در واقع آب باعث جدایش ذرات به هم چسبیده، شده و لذا تفکیک آن‌ها بهتر صورت می‌گیرد. خاک واقع بر روی الک‌ها را تا زمانی که آب خارج شده از الک‌ها زلال باشد شسته شده است. زلال شدن آب به این معنی است که ذرات عبوری از الک ۲۰۰ از محیط خارج شده است. در این مرحله خاک باقیمانده بر روی هر الک و در ظروف جداگانه برای خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت داخل آون قرار داده و سپس وزن شده است.

### ۳-۳-۲-۶-۲- آزمایش حد روانی

برای انجام این آزمایش ابتدا مقداری خاک را برداشته و توسط الک نمره ۴۰ الک کرده و بر روی تشتک پهن شده است. سپس به آرامی به آن آب اضافه کرده تا خاک کاملاً مرطوب شود و توسط دست و کاردک آن را کاملاً با آب مخلوط می‌کنیم تا رطوبت به صورت یکنواخت در آن پراکنده شده و به حالت گل در بیاید. بعد از اینکه خمیری از گل رس درست کردیم مقداری از نمونه را برداشته و داخل دستگاه کاسه‌گراند گذاشته و به صورت یکنواخت داخل کاسه دستگاه پخش می‌کنیم و سپس توسط شیارکش در وسط خمیر خاک یک شیار ایجاد می‌کنیم. شماره‌گر دستگاه کاسه‌گراند را صفر کرده و بعد شروع به چرخاندن دسته

کاسه گراند می‌نماییم. با چرخاندن دسته دستگاه، کاسه بالا آمده و از ارتفاع یک سانتی‌متری بر روی پایه پلاستیکی سقوط می‌نماید. عمل چرخش را طوری انجام می‌دهیم که در هر ثانیه کاسه دو بار بر روی پایه سقوط نماید. در اثر سقوط کاسه، دو دیواره جدا شده توسط شیارکش، به هم نزدیک شده و تمایل دارد که به هم متصل شوند. این عمل را آنقدر ادامه می‌دهیم تا دو قسمت خمیری که توسط شیارکش از هم جدا کردیم در طول ۱۲/۷ میلی‌متر به هم برسند. هنگامی که به هم رسیدند عدد شمارشگر دستگاه را خوانده و یادداشت می‌کنیم که این عدد باید در بازه ۱۵ تا ۳۵ ضربه قرار بگیرد. تعداد ضربات لازم برای بسته شدن شیار استاندارد، متناسب با درصد رطوبت خاک می‌باشد. در واقع با افزایش درصد رطوبت، به دلیل افزایش حالت روانی گل، به ضربات کمتری نیاز خواهد داشت. پس از مشخص شدن تعداد ضربات لازم برای بسته شدن شیار استاندارد، برای تعیین درصد رطوبت متناظر با آن تعداد ضربه، بلافاصله از گل داخل کاسه دستگاه مقداری برداشته و وزن می‌نماییم. در ادامه آن را به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۷ درجه قرار می‌دهیم. برای تعیین حد روانی حداقل این آزمایش ۳ بار باید تکرار شود و هر بار نسبت به مرحله قبل به رطوبت خاک افزوده شده و تعداد ضربات لازم کاهش خواهد یافت. در نهایت حد روانی برابر با درصد رطوبتی خواهد بود که شیار استاندارد ایجاد شده طی ۲۵ ضربه بسته شود. با پلات کردن نتایج تعداد ضربات در مقابل درصد رطوبت‌های متناظر با آن‌ها، می‌توان بهترین خط را از بین این سه نقطه عبور داده و با وصل نمودن خط عمودی که از تعداد ضربه ۲۵ می‌گذرد، در محل تلاقی این خط با خط برازش شده از بین نقاط می‌توان حد روانی را بدست آورد. همچنین می‌توان از معادله بدست آمده برای خط برازش شده نیز حد روانی را تعیین نمود.

### ۳-۲-۳-۶-۳- آزمایش حد خمیری

حد خمیری درصد رطوبتی است که در آن یک خاک چسبنده از حالت خمیری به حالت نیمه‌جامد تغییر می‌کند. هدف از انجام این آزمایش، تعیین درصد رطوبتی است که در رطوبتی بیشتر از آن، خاک به صورت



خمیری شکل پذیر در می آید. در این آزمایش مقداری گل را برداشته و بر روی سنگ صاف یا شیشه با دست شروع به فیتیله کردن آن می کنیم و آنقدر این کار را انجام می دهیم تا فیتیله ای به قطر  $\frac{1}{8}$  اینچ تهیه شود. در اثر تماس دست با فیتیله درست شده، گرمای دست باعث کاهش رطوبت گل شده تا به حد خمیری برسد. در این لحظه فیتیله شروع به ترک خوردن می نماید. درصد رطوبت خاک در این حالت برابر با حد خمیری خواهد بود. لذا نمونه ای که شروع به ترک خوردن نمود را وزن کرده، سپس برای خشک شدن در داخل آون قرار می دهیم و پس از خشک شدن دوباره آن را وزن می نماییم. با استفاده از معادله زیر درصد رطوبت را در هر دو آزمایش حد روانی و حد خمیری تعیین می نماییم.

$$\text{معادله (۱-۳)} \quad PL = \frac{\text{وزن خاک خشک} - \text{وزن خاک رطوبت}}{\text{وزن خشک}} \times 100 \Rightarrow \text{حد خمیری} = \frac{\text{وزن آب داخل نمونه}}{\text{وزن خاک خشک شده در آون}} \times 100$$

# فصل چهارم

مکان یابی محل دفن

پسماندهای جاد شهری

مهم‌ترین گام در احداث لندفیل، انتخاب محل مناسب به منظور دفن زباله است که در فرآیندی پیچیده و زمان‌بر است و به ارزیابی عوامل مختلف که در آن ویژگی‌های متعدد در نظر گرفته می‌شود، نیازمند است (Nazari et al., 2010). به طور کلی هدف از این پژوهش بررسی وضعیت دفن زباله به عنوان یکی از راهکارهای موثر مدیریت پسماند در شرق مازندران می‌باشد. این تحقیق در غالب بررسی وضعیت آلاینده‌های لندفیل بهشهر بر روی منابع آبی و خاکی اطراف آن از منظر فلزات سنگین و همچنین پهنه‌بندی مکان مناسب برای احداث لندفیل جدید در شرق مازندران می‌باشد که نتایج بدست آمده در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۴-۲- نتایج و بحث ارزیابی آلودگی خاک

نتایج آنالیز غلظت فلزات سنگین نمونه‌های خاک در جدول (۴-۱) نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین غلظت کبالت، مس و مولیبدن در ایستگاه شماره ۱ که در نزدیکترین فاصله به لندفیل (فاصله چند متری) قرار داشته، اندازه‌گیری گردید. این در حالی است که این ایستگاه دارای مقدار بالایی از سایر عناصر سنگین نسبت به اکثر ایستگاه‌ها بوده و نشان از متاثر شدن خاک این بخش از شیرابه تولیدی در لندفیل دارد. نتایج آنالیز ترکیب شیرابه در جدول (۴-۲) نشان داده شده است. علی‌رغم نمونه‌گیری در اردیبهشت ماه ۹۶ که قبل از آن بارش‌های زیادی اتفاق افتاده بوده و شیرابه نسبتاً رقیق بوده است، نتایج نشان می‌دهد شیرابه دارای درصد غلظت بالایی از برخی از فلزات سنگین نظیر مس، روی و آرسنیک می‌باشد. با توجه به نبود پوشش برای زباله‌های دفع شده و بارش بالای باران در منطقه، پیوسته شیرابه تولید شده و این شیرابه در محیط رها می‌باشد. این شیرابه در قسمت پایین دست وارد جوی آب زمین‌های کشاورزی می‌شود و این منبع آلودگی می‌تواند در آلوده کردن خاک‌های اطراف لندفیل نقش داشته باشد. نمونه‌های شماره ۴ و ۵ نیز درصد بالایی از فلزات سنگین را نشان داده و بیشترین غلظت عناصری مثل

روی، آرسنیک، کروم و نیکل در آنها اندازه‌گیری شده است. نتایج آنالیز فلزات سنگین ایستگاه‌های ۱۱ و ۱۲ واقع در زمین‌های جنگلی و کشاورزی بالادست لندفیل، به عنوان مرجع ترکیب خاک منطقه دارای غلظت نسبتاً بالایی از فلزات سنگین بوده و به نوعی نشان دهنده این مطلب است که بخش اصلی تمرکز فلزات سنگین در خاک‌های مورد مطالعه منشا طبیعی و زمین شناسی دارد و عمدتاً از شیل و مارن و آهک‌های منطقه حاصل شده‌اند.

جدول ۴-۱- نتایج غلظت فلزات سنگین موجود در خاک منطقه و pH آن‌ها

| شماره نمونه   | Co    | Cu    | Zn   | As   | Mo   | Cr    | Ni   | Cd   | pH   |
|---------------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|
| حد تشخیص      | ۱     | ۱     | ۱    | ۰/۵  | ۰/۵  | ۱     | ۱    | ۰/۱  | -    |
| غلظت پوسته ای | ۱۷/۳  | ۲۸    | ۶۷   | ۴/۸  | ۱/۱  | ۹۲    | ۴۷   | ۰/۰۹ | -    |
| S-1           | ۱۶    | ۴۳    | ۹۲   | ۱۰/۳ | ۰/۸۹ | ۶۸    | ۴۱   | ۰/۲۶ | ۸/۲۵ |
| S-2           | ۱۰    | ۳۱    | ۹۹   | ۶/۷  | ۰/۶۵ | ۶۱    | ۳۵   | ۰/۲۴ | ۸/۳۰ |
| S-3           | ۱۳    | ۳۳    | ۸۴   | ۹/۶  | ۰/۶۶ | ۶۸    | ۴۳   | ۰/۲۵ | ۷/۶۶ |
| S-4           | ۱۶    | ۳۳    | ۹۸   | ۱۱/۶ | ۰/۶۸ | ۷۹    | ۴۷   | ۰/۲۳ | ۷/۸۵ |
| S-5           | ۱۶    | ۳۴    | ۹۳   | ۱۲/۶ | ۰/۷۷ | ۸۰    | ۴۸   | ۰/۲۴ | ۸/۳۷ |
| S-6           | ۱۴    | ۳۰    | ۷۷   | ۸/۶  | ۰/۶۹ | ۶۸    | ۴۲   | ۰/۲۴ | ۸/۴۹ |
| S-7           | ۱۵    | ۳۲    | ۹۰   | ۹/۸  | ۰/۷۱ | ۷۲    | ۴۵   | ۰/۲۵ | ۷/۹۶ |
| S-8           | ۱۵    | ۳۳    | ۸۶   | ۸/۳  | ۰/۷۲ | ۷۴    | ۴۸   | ۰/۲۴ | ۸/۵۰ |
| S-9           | ۱۶    | ۳۳    | ۸۲   | ۹/۳  | ۰/۷۰ | ۸۰    | ۴۸   | ۰/۲۵ | ۸/۳۰ |
| S-10          | ۱۴    | ۳۱    | ۸۷   | ۹/۶  | ۰/۷۷ | ۷۱    | ۴۴   | ۰/۲۷ | ۷/۹۵ |
| S-11          | ۱۵    | ۲۹    | ۹۰   | ۸/۲  | ۰/۸۰ | ۷۴    | ۳۹   | ۰/۲۶ | ۷/۴۱ |
| S-12          | ۱۶    | ۲۷    | ۷۸   | ۸/۹  | ۰/۸۳ | ۷۴    | ۳۶   | ۰/۲۸ | ۷/۳۵ |
| Ave           | ۱۴/۶۷ | ۳۲/۴۱ | ۸۸   | ۹/۴۶ | ۰/۷۴ | ۷۲/۴۱ | ۴۳   | ۰/۲۵ | ۸/۰۳ |
| max           | ۱۶    | ۴۳    | ۹۹   | ۱۲/۶ | ۰/۸۹ | ۸۰    | ۴۸   | ۰/۲۸ | ۸/۵  |
| min           | ۱۰    | ۲۷    | ۷۷   | ۶/۷  | ۰/۶۵ | ۶۱    | ۳۵   | ۰/۲۳ | ۷/۳۵ |
| SD            | ۱/۷۷  | ۳/۸۹  | ۷/۰۶ | ۱/۵۶ | ۰/۰۷ | ۵/۶۹  | ۴/۵۷ | ۰/۰۱ | ۰/۴۰ |

به منظور تعیین آلاینده‌گی خاک نسبت به این فلزات، نتایج بدست آمده با ۴ استاندارد آلودگی خاک مقایسه و در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. بررسی تغییرات غلظت مس نشان می‌دهد که طبق استاندارد آلودگی خاک هلند، تمامی نمونه‌ها بجز نمونه‌های ۲، ۶، ۱۱ و ۱۲، آلوده می‌باشند. این در حالی است که

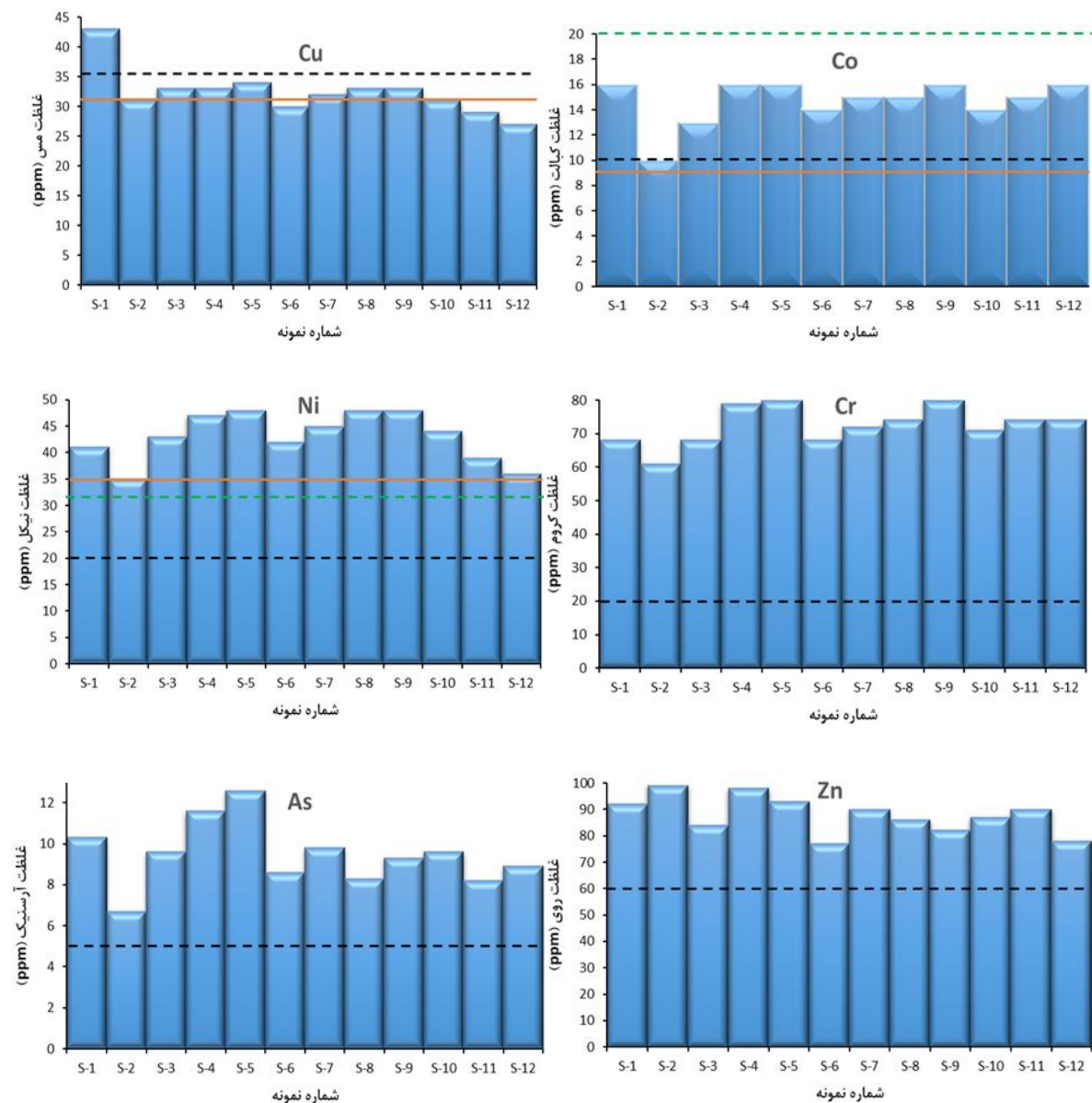
غلظت این فلز در نمونه های ۲ و ۶ در نزدیکی مرز آلاینده‌گی قرار دارند. مطابق با استاندارد آلودگی خاک کانادا تنها نمونه شماره ۱ که در مجاورت لندفیل است آلوده بوده و غلظت مس در بقیه خاک‌ها پایین‌تر از حد آلودگی این استاندارد می‌باشد. آلوده نبودن دو نمونه خاک بالادست و حداکثر آلودگی موجود در خاک مجاور لندفیل و غلظت بالای این عنصر در شیرابه نشان دهنده این مطلب است که احتمالاً بخشی از آلودگی خاک با فلز مس منشا شیرابه‌ای دارد. بررسی تغییرات غلظت کبالت نشان می‌دهد که از نظر استاندارد آلودگی خاک هلند همه نمونه‌ها آلوده بوده و از نظر استاندارد کانادا بجز نمونه ۲ که غلظت آن برابر با حد آلودگیست، مابقی نمونه‌ها آلوده می‌باشند. از نظر دو استاندارد آلودگی خاک کشاورزی هیچ کدام از نمونه‌ها آلوده نمی‌باشند. ارزیابی وضعیت آلودگی خاک‌های مورد مطالعه از نظر غلظت نیکل نشان می‌دهد که مطابق با استاندارد آلودگی خاک کانادا و استاندارد آلودگی خاک کشاورزی آمریکا تمامی نمونه‌ها آلوده می‌باشند. بر پایه استاندارد آلودگی خاک هلند بجز نمونه ۲ که غلظت نیکل آن در برابر با حد آلودگی است، مابقی نمونه‌ها آلوده می‌باشند.

جدول ۴-۲- نتایج غلظت فلزات سنگین موجود در شیرابه منطقه و pH آن

| فلزات سنگین | Co | Cu    | Zn    | As  | Mo   | Cr   | Ni  | Cd   | pH   |
|-------------|----|-------|-------|-----|------|------|-----|------|------|
| حد تشخیص    | ۱  | ۱     | ۱     | ۰/۱ | ۰/۱  | ۱    | ۱   | ۰/۱  | -    |
| شیرابه      | <۱ | ۶۳/۵۱ | ۱۰۴/۷ | ۲/۲ | <۰/۱ | ۳۴/۸ | ۲/۶ | <۰/۱ | ۷/۱۳ |

بررسی تغییرات غلظت عنصر کروم، روی و آرسنیک نشان می‌دهد که تمامی نمونه‌های آنالیز شده تنها از نظر استاندارد آلودگی خاک کشور کانادا آلوده بوده و مطابق با سه استاندارد دیگر خاک منطقه آلوده نمی‌باشد. دو فلز سنگین کادمیوم و مولیبدن موجود در خاک منطقه مطابق با هیچ کدام از استانداردها آلوده نمی‌باشد. نتایج pH اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک نشان داد که این پارامتر در دامنه ۷/۳۵-۸/۵۰ تغییر کرده و خاک منطقه از نوع قلیایی می‌باشد (جدول ۴-۱). این در حالی است که pH شیرابه ۷/۱۳ می‌باشد. قلیایی بودن خاک‌های منطقه مورد مطالعه عمدتاً به خاطر ترکیب شیمیایی سنگ منشا بوده و با

توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، سنگ‌های بالا دست عمدتاً ترکیب کربناته داشته که باعث قلیایی شدن خاک تولید شده از این سنگ‌ها می‌گردد. غلظت بالای کلسیم در نمونه‌های آنالیز شده تأیید کننده این مطلب می‌باشد.



شکل ۴-۱- غلظت فلزات سنگین در خاک‌های مورد مطالعه و مقایسه آن با حد آلودگی استاندارد های مختلف. خط نارنجی استاندارد خاک هلند، خط چین سیاه استاندارد کانادا و خط چین سبز استاندارد خاک کشاورزی آمریکا

جهت مطالعه رابطه بین عناصر، ماتریس همبستگی غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در خاک‌های مورد مطالعه تهیه شد (جدول ۳-۴). همانطور که در جدول (۳-۴) مشاهده می‌شود عنصر کبالت رابطه مستقیم معناداری با آرسنیک ( $r=0.64, p < 0.05$ ) و بخصوص با کروم ( $r=0.81, p < 0.01$ ) نشان می‌دهد. آرسنیک رابطه مستقیم معناداری با کروم ( $r=0.64, p < 0.05$ ) و نیکل ( $r=0.62, p < 0.05$ ) دارد. فلز مولیبدن و کروم به ترتیب با کادمیوم و نیکل رابطه مستقیمی با ضریب همبستگی  $0.68$  و  $0.05$  سطح معناداری  $0.05$  نشان می‌دهند. فلزات مس و روی رابطه معناداری با سایر فلزات از خود نشان نمی‌دهند. بررسی رابطه بین فلزات سنگین با pH نشان می‌دهد که تنها کادمیوم رابطه معکوس معناداری ( $r=0.59, p < 0.05$ ) با pH دارد. با توجه به نتایج این آنالیز، احتمالاً فلزات کبالت، نیکل، آرسنیک و کروم دارای منشا مشابهی هستند. از طرفی بخش قابل توجه‌ای از مولیبدن و کادمیوم نیز احتمالاً دارای منشا مشابهی هستند. مس و روی نیز به صورت محلی از لندفیل و جاده‌های موجود متاثر شده و در نمونه‌های که از این دو منشا فاصله دارند الگویی مشخص از خود نشان نمی‌دهند. نتایج شاخص‌های آلودگی محاسبه شده در جداول (۴-۴ و ۴-۵) آورده شده است. همانطور که در جدول (۴-۴) دیده می‌شود از نظر شاخص غنی‌شدگی، فلزات کبالت، مولیبدن، کروم و نیکل در تمامی نمونه‌ها در حد غنی‌شدگی طبیعی قرار دارند. این در حالیست که فلزات کادمیوم و آرسنیک در منطقه مورد مطالعه برای تمامی نمونه‌ها بیش از  $1/5$  بود و نشان دهنده رخداد غنی‌شدگی زیاد این فلزات در خاک منطقه است. هیچ کدام از فلزات در خاک‌های مطالعه شده فرایند تهی‌شدگی را نشان نمی‌دهند. غنی‌شدگی زیاد فلزات مس و روی تنها در نمونه‌های ۱ و ۲ که فاصله نزدیکی تا محل دفن زباله دارند، دیده شده و در مابقی نمونه‌ها در حد غنی‌شدگی متوسط قرار دارند. بررسی میانگین شاخص غنی‌شدگی در خاک‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که الگویی غنی‌شدگی به صورت  $Cd > As > Zn > Cu > Ni > Co > Cr > Mo$  می‌باشد. همچنین ارزیابی فاکتور غنی‌شدگی با استفاده از غلظت عناصر خاک زمینه بجای غلظت پوسته‌ای عناصر بیانگر این واقعیت است که آنومالی واضحی در نمونه‌های

گرفته شده مشخص نیست و مقدار این شاخص نزدیک ۱ بوده و عملاً بخش اصلی آلودگی خاک در این منطقه منشاء زمین شناسی دارد. با این وجود تغییرات اندک مشاهده شده می‌تواند در اثر تاثیرپذیری از نشت شیرابه لندفیل یا دیگر منابع آلاینده انسان‌زاد باشد.

جدول ۴-۳- ماتریس همبستگی پیرسون بین فلزات سنگین و اسیدیته خاک‌های مورد مطالعه

| عناصر | Co     | Cu    | Zn    | As    | Mo    | Cr    | Ni    | Cd     | pH |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----|
| Co    | ۱      |       |       |       |       |       |       |        |    |
| Cu    | ۰/۲۳   | ۱     |       |       |       |       |       |        |    |
| Zn    | -۰/۲۳  | ۰/۳۵  | ۱     |       |       |       |       |        |    |
| As    | *۰/۶۴  | ۰/۴۱  | ۰/۲۱  | ۱     |       |       |       |        |    |
| Mo    | ۰/۵۵   | ۰/۳۳  | -۰/۰۹ | ۰/۲۳  | ۱     |       |       |        |    |
| Cr    | **۰/۸۱ | -۰/۰۵ | -۰/۰۷ | *۰/۶۴ | ۰/۱۴  | ۱     |       |        |    |
| Ni    | ۰/۵۰   | ۰/۲۹  | ۰/۰۱  | *۰/۶۲ | -۰/۲۲ | *۰/۶۸ | ۱     |        |    |
| Cd    | ۰/۲۰   | -۰/۱۸ | -۰/۴۴ | -۰/۱۸ | *۰/۶۸ | -۰/۰۸ | -۰/۴۷ | ۱      |    |
| pH    | ۰/۱۳   | ۰/۴۳  | ۰/۱۰  | ۰/۰۳  | ۰/۲۵  | -۰/۰۹ | ۰/۴۳  | *-۰/۵۹ | ۱  |

\*p < 0.05; \*\*p < 0.01.

جدول (۴-۵) نتایج شاخص آلودگی (PI) و شاخص بار آلودگی (PLI) را برای غلظت فلزات سنگین موجود در خاک‌های مورد مطالعه، نشان می‌دهد. از آنجایی که در این شاخص‌ها غلظت نسبت به غلظت زمینه مقایسه می‌شود، می‌توان بیان نمود که میزان آلودگی مشاهده شده در این شاخص‌ها منشاء بشرزاد داشته چرا که آلودگی زمین‌زاد خود را در خاک زمینه نشان داده و اگر این شاخص‌ها از ۱ بیشتر باشند با توجه به نبودن معادن فلزی در منطقه مورد مطالعه آلودگی با منشا انسانی عامل آن خواهد بود. شاخص آلودگی کبالت بین ۱/۰۶ (نمونه ۱) تا ۰/۶۶ (نمونه ۲) متغیر بوده و میانگین آن در خاک‌های مورد مطالعه ۰/۹۱ است. برای این عنصر شاخص آلودگی تنها خاک محل لندفیل (نمونه شماره ۱) بیشتر از ۱ بوده و آلودگی متوسط را نشان می‌دهد. شاخص آلودگی مس در بازه ۱/۴۸ تا ۱/۰۷ به ترتیب برای نمونه شماره ۱ و ۲ متغیر است. میانگین شاخص آلودگی این عنصر ۱/۲۱ بوده و در تمامی نمونه‌ها آلودگی متوسط را نشان می‌دهد. این شاخص برای فلز روی در بازه ۱/۲۶ (نمونه ۴) تا ۰/۹۵ (نمونه ۸) با میانگین ۱/۱۰ می‌باشد. بجز نمونه شماره ۸ که دارای درجه آلودگی پایین است، بقیه نمونه‌ها آلودگی متوسط را نشان می‌دهند. قرارگیری



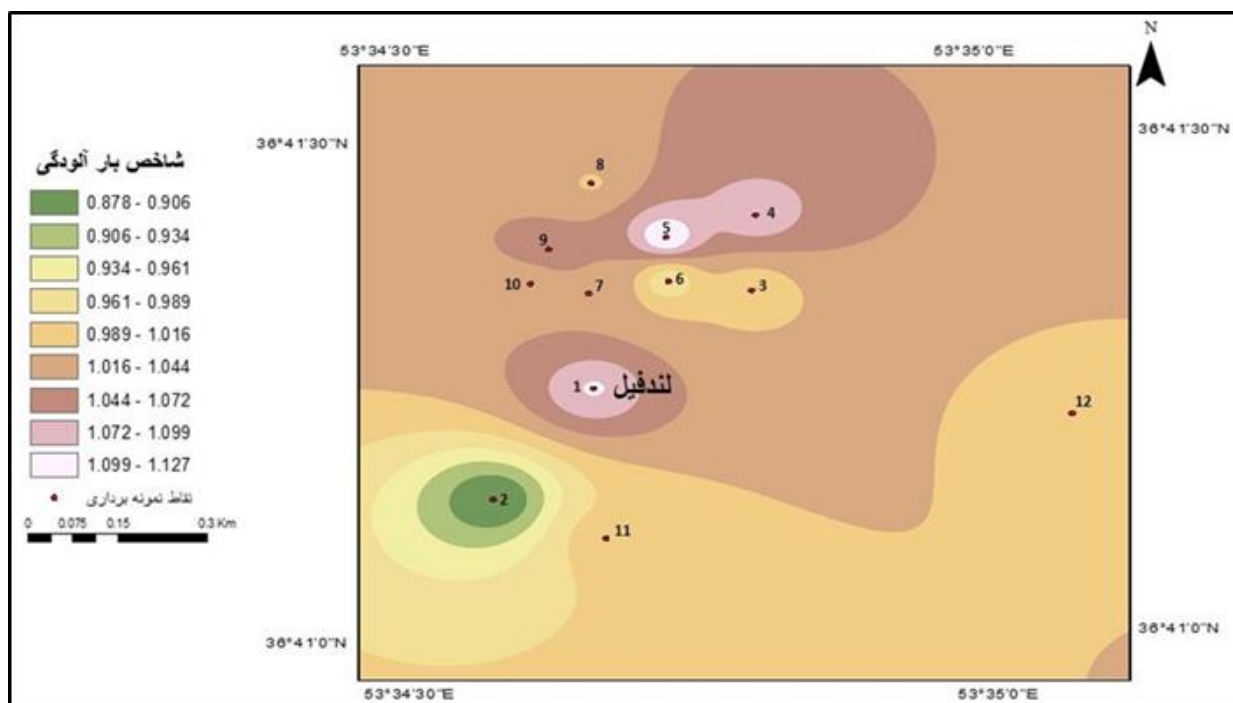
نمونه شماره ۴ در مجاورت جاده می‌تواند باعث افزایش این فلز در خاک این قسمت شده باشد. به علاوه مقدار این فلز در خاک محل لندفیل نیز مقدار بالایی است. وجود لامپ‌های فلورسانت، باتری، قوطی اسپری رنگی و آفت کش‌ها باعث افزایش روی و نیکل در شیرابه شده و بنابراین خاک متاثر از شیرابه نیز دارای مقدار بالایی از این دو عنصر خواهد بود.

جدول ۴-۴- نتایج فاکتور غنی‌شدگی (EF) برای خاک‌های مورد مطالعه

| شماره نمونه | غلظت مرجع    | Co   | Cu   | Zn   | As   | Mo   | Cr   | Ni   | Cd   |
|-------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| S-1         | خاک زمینه    | ۱/۲۴ | ۱/۷۴ | ۱/۲۰ | ۱/۴۷ | ۱/۳۰ | ۱/۰۸ | ۱/۲۳ | ۱/۱۷ |
|             | پوسته بالایی | ۱/۲۰ | ۱/۹۹ | ۱/۷۸ | ۲/۷۸ | ۱/۰۵ | ۰/۹۶ | ۱/۱۳ | ۳/۷۴ |
| S-2         | خاک زمینه    | ۰/۹۱ | ۱/۴۶ | ۱/۵۰ | ۱/۱۱ | ۱/۱۱ | ۱/۱۲ | ۱/۲۶ | ۱/۲۶ |
|             | پوسته بالایی | ۰/۸۷ | ۱/۶۷ | ۲/۲۲ | ۲/۱۰ | ۰/۸۹ | ۱/۰۰ | ۱/۱۲ | ۴/۰۱ |
| S-3         | خاک زمینه    | ۰/۹۶ | ۱/۲۷ | ۱/۰۴ | ۱/۳۰ | ۰/۹۲ | ۱/۰۲ | ۱/۲۳ | ۱/۰۷ |
|             | پوسته بالایی | ۰/۹۲ | ۱/۴۵ | ۱/۵۴ | ۲/۴۶ | ۰/۷۴ | ۰/۹۱ | ۱/۱۲ | ۳/۴۱ |
| S-4         | خاک زمینه    | ۱/۱۰ | ۱/۱۷ | ۱/۱۲ | ۱/۴۶ | ۰/۸۸ | ۱/۱۰ | ۱/۲۴ | ۰/۹۱ |
|             | پوسته بالایی | ۱/۰۵ | ۱/۳۴ | ۱/۶۶ | ۲/۷۵ | ۰/۷۰ | ۰/۹۸ | ۱/۱۴ | ۲/۹۱ |
| S-5         | خاک زمینه    | ۱/۰۴ | ۱/۱۴ | ۱/۰۱ | ۱/۵۰ | ۰/۹۴ | ۱/۰۶ | ۱/۲۰ | ۰/۹۰ |
|             | پوسته بالایی | ۱/۰۰ | ۱/۳۰ | ۱/۴۹ | ۲/۸۳ | ۰/۷۵ | ۰/۹۴ | ۱/۱۰ | ۲/۸۷ |
| S-6         | خاک زمینه    | ۱/۰۱ | ۱/۱۲ | ۰/۹۳ | ۱/۱۴ | ۰/۹۳ | ۱/۰۰ | ۱/۱۶ | ۱/۰۰ |
|             | پوسته بالایی | ۰/۹۷ | ۱/۲۸ | ۱/۳۷ | ۲/۱۴ | ۰/۷۵ | ۰/۸۸ | ۱/۰۷ | ۳/۱۹ |
| S-7         | خاک زمینه    | ۱/۰۶ | ۱/۱۷ | ۱/۰۶ | ۱/۲۶ | ۰/۹۴ | ۱/۰۳ | ۱/۲۲ | ۱/۰۲ |
|             | پوسته بالایی | ۱/۰۱ | ۱/۳۳ | ۱/۵۷ | ۲/۳۸ | ۰/۷۵ | ۰/۹۱ | ۱/۱۲ | ۳/۲۴ |
| S-8         | خاک زمینه    | ۱/۰۵ | ۱/۱۹ | ۱/۰۰ | ۱/۰۶ | ۰/۹۴ | ۱/۰۵ | ۱/۲۹ | ۰/۹۷ |
|             | پوسته بالایی | ۱/۰۰ | ۱/۳۶ | ۱/۴۸ | ۲/۰۰ | ۰/۷۵ | ۰/۹۳ | ۱/۱۸ | ۳/۰۸ |
| S-9         | خاک زمینه    | ۱/۱۳ | ۱/۲۰ | ۰/۹۶ | ۱/۲۰ | ۰/۹۲ | ۱/۱۴ | ۱/۳۰ | ۱/۰۱ |
|             | پوسته بالایی | ۱/۰۸ | ۱/۳۷ | ۱/۴۳ | ۲/۲۶ | ۰/۷۴ | ۱/۰۱ | ۱/۱۹ | ۳/۲۴ |
| S-10        | خاک زمینه    | ۱/۰۳ | ۱/۱۸ | ۱/۰۶ | ۱/۲۹ | ۱/۰۶ | ۱/۰۵ | ۱/۲۴ | ۱/۱۴ |
|             | پوسته بالایی | ۰/۹۸ | ۱/۳۵ | ۱/۵۸ | ۲/۴۳ | ۰/۸۵ | ۰/۹۴ | ۱/۱۴ | ۳/۶۵ |
| S-11        | خاک زمینه    | ۱    | ۱    | ۱    | ۱    | ۱    | ۱    | ۱    | ۱    |
|             | پوسته بالایی | ۰/۹۶ | ۱/۱۴ | ۱/۴۸ | ۱/۸۸ | ۰/۸۰ | ۰/۸۹ | ۰/۹۱ | ۳/۱۸ |
| S-12        | خاک زمینه    | ۱/۰۳ | ۰/۸۹ | ۰/۸۳ | ۱/۰۴ | ۱/۰۰ | ۰/۹۶ | ۰/۸۹ | ۱/۰۳ |
|             | پوسته بالایی | ۰/۹۸ | ۱/۰۲ | ۱/۲۳ | ۱/۹۶ | ۰/۸۰ | ۰/۸۵ | ۰/۸۱ | ۳/۳۰ |

دامنه تغییرات شاخص آلودگی فلز آرسنیک بین ۱/۴۱ تا ۰/۸۱ متغیر بوده و شاخص آلودگی میانگین این عنصر در خاک‌های آنالیز شده ۱/۱۱ بوده و بیانگر آلودگی متوسط خاک‌ها با این فلز خطرناک می‌باشد. فلز مولیبدن تنها در نمونه خاک محل لندفیل آلودگی متوسط ( $PI=1.11$ ) را نشان داده و در مابقی نمونه‌ها مقدار این شاخص کمتر از ۱ بوده و آلودگی پایینی را نشان می‌دهد. دامنه تغییرات شاخص آلودگی کروم در بازه ۱/۰۸ تا ۰/۸۲ متغیر بوده و میانگین آن در نمونه‌های خاک ۰/۹۷ می‌باشد. برای این عنصر نیز شاخص آلودگی در نمونه‌های ۴، ۵ و ۹ اندکی بیش از ۱ بوده و آلودگی متوسط را نشان داده و مابقی نمونه‌ها آلودگی پایینی را نشان می‌دهند. بررسی شاخص آلودگی نیکل نشان می‌دهد که نمونه شماره دو با کمترین میزان شاخص آلودگی، تنها نمونه‌ای است که مقدار شاخص آلودگی آن کمتر از ۱ ( $PI=0.89$ ) بوده و آلودگی پایینی را نشان می‌دهد. در نهایت برای فلز کادمیوم دامنه تغییرات این شاخص بین ۱ تا ۰/۸۸ متغیر بوده و تنها در نمونه خاک محل لندفیل، شاخص آلودگی درجه آلودگی متوسطی را نشان داده و مابقی نمونه‌ها در گروه آلودگی پایین قرار دارند. همانطور که دیده می‌شود برای اکثر فلزات سنگین در اغلب خاک‌ها، شاخص آلودگی اندکی بیش از ۱ بوده و نشان از آلودگی اندک انسان‌زاد این خاک‌ها دارد. با این وجود میانگین مقدار این شاخص در کل نمونه‌ها و برای تمامی فلزات برابر ۱/۰۴ می‌باشد و عملاً در حد آلودگی کم تا متوسط قرار دارد. بررسی تغییرات شاخص بار آلودگی نشان می‌دهد که تمرکز فلزات سنگین از منظر این شاخص در بازه ۱/۱۳ تا ۰/۹۶ متغیر است. میانگین این شاخص در خاک‌های آنالیز شده ۱/۰۳ بوده و نشان از آلودگی متوسط این خاک‌ها دارد. نمونه‌های شماره ۲، ۳ و ۶ در رده خاک‌های آلوده نشده قرار می‌گیرند. نمونه خاک شماره ۲ کمترین میزان آلودگی را نشان می‌دهد. دلیل امر این است که این محل خاک کشاورزی نبوده و بنابراین تحت تاثیر آلودگی انسان زاد ناشی از اضافه کردن انواع کود و سموم قرار نگرفته است. از طرفی علاوه بر نزدیکی به محل لندفیل نیز تحت تاثیر آلودگی شیرابه لندفیل قرار نگرفته است. توپوگرافی سایت لندفیل طوری است که شیرابه تولید شده از جوی موجود پیروی کرده و در ابتدا از

محل دیو مقداری به سمت غرب و سپس قبل از رسیدن به نزدیکی نمونه شماره ۲ به سمت شمال هدایت می‌شود و این نقطه تحت تاثیر مستقیم شیرابه نیست. از طرفی جهت غالب باد موجود در منطقه به صورت جنوب غرب-شمال شرق می‌باشد. لذا انتقال آلودگی فلزات سنگین رسوب داده شده ناشی از شیرابه از طریق باد نیز این نقطه را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد. همانطور که در شکل (۲-۴) دیده می‌شود، بیشترین آلودگی در محل لندفیل و نوار بین نمونه ۴ و ۵ دیده می‌شود. نمونه محل لندفیل تحت تاثیر آلودگی ناشی از شیرابه قرار داشته و با توجه به ترکیب شیرابه از منظر فلزاتی نظیر مس و آرسنیک آلودگی قابل توجه‌ای نسبت به سایر نقاط دارد. در مورد منشاء آلودگی نوار بین نمونه ۴ و ۵ می‌توان قرار گرفتن در مجاورت جاده منطقه توریستی و تفریحی عباس آباد و آلودگی ناشی از آن و همچنین واقع شدن در بخش پایینی زمین کشاورزی و انباشت آلودگی ناشی از کودهای داده شده به زمین (بخصوص کودهای فسفاته و کودهای حیوانی) حین آبیاری اشاره نمود.



شکل ۲-۴- پراکندگی شاخص بار آلودگی خاک در منطقه مورد مطالعه

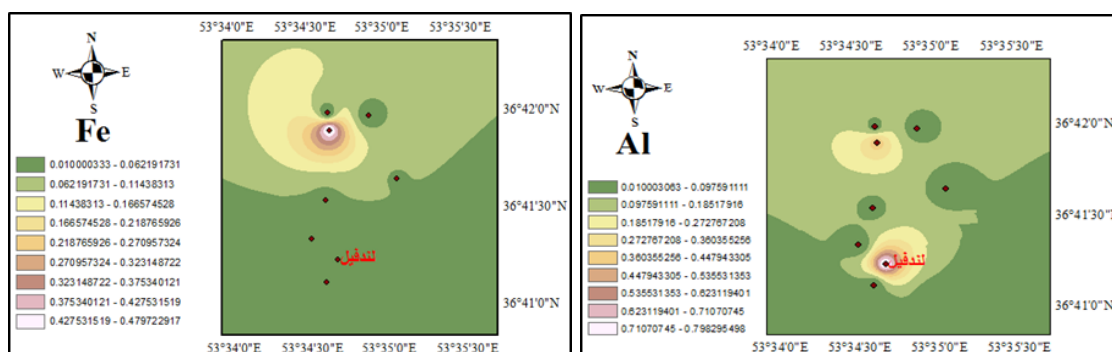
جدول ۴-۵- نتایج شاخص آلودگی (PI) و شاخص بار آلودگی (PLI) برای خاک‌های مورد مطالعه

| شماره نمونه | غلظت مرجع     | PI   |      |      |      |      |      |      |      | PLI  |
|-------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             |               | Co   | Cu   | Zn   | As   | Mo   | Cr   | Ni   | Cd   |      |
| S-1         | خاک زمينه     | ۱/۰۶ | ۱/۴۸ | ۱/۰۲ | ۱/۲۵ | ۱/۱۱ | ۰/۹۲ | ۱/۰۵ | ۱    | ۱/۱۰ |
|             | غلظت پوسته ای | ۰/۹۲ | ۱/۵۳ | ۱/۳۷ | ۲/۱۴ | ۰/۸۱ | ۰/۷۴ | ۰/۸۷ | ۲/۸۹ | ۱/۲۶ |
| S-2         | خاک زمينه     | ۰/۶۶ | ۱/۰۷ | ۱/۱۰ | ۰/۸۱ | ۰/۸۱ | ۰/۸۲ | ۰/۸۹ | ۰/۹۲ | ۰/۸۷ |
|             | غلظت پوسته ای | ۰/۵۸ | ۱/۱۱ | ۱/۴۸ | ۱/۳۹ | ۰/۵۹ | ۰/۶۶ | ۰/۷۴ | ۲/۶۷ | ۱    |
| S-3         | خاک زمينه     | ۰/۸۱ | ۱/۲۲ | ۱/۰۸ | ۱/۰۸ | ۰/۷۹ | ۰/۹۲ | ۱/۱۹ | ۰/۹۶ | ۰/۹۹ |
|             | غلظت پوسته ای | ۰/۷۵ | ۱/۱۸ | ۱/۲۵ | ۲    | ۰/۶  | ۰/۷۴ | ۰/۹۱ | ۲/۷۸ | ۱/۱۲ |
| S-4         | خاک زمينه     | ۱    | ۱/۲۲ | ۱/۲۶ | ۱/۳۰ | ۰/۸۲ | ۱/۰۶ | ۱/۳۰ | ۰/۸۸ | ۱/۰۹ |
|             | غلظت پوسته ای | ۰/۹۲ | ۱/۱۸ | ۱/۴۶ | ۲/۴۱ | ۰/۶۲ | ۰/۸۶ | ۱    | ۲/۵۵ | ۱/۲۳ |
| S-5         | خاک زمينه     | ۱    | ۱/۲۶ | ۱/۱۹ | ۱/۴۱ | ۰/۹۲ | ۱/۰۸ | ۱/۳۳ | ۰/۹۲ | ۱/۱۳ |
|             | غلظت پوسته ای | ۰/۹۲ | ۱/۲۱ | ۱/۳۹ | ۲/۶۲ | ۰/۷  | ۰/۸۷ | ۰/۰۲ | ۲/۶۷ | ۱/۲۷ |
| S-6         | خاک زمينه     | ۰/۸۷ | ۱/۱۱ | ۰/۹۹ | ۰/۹۶ | ۰/۸۳ | ۰/۹۲ | ۱/۱۶ | ۰/۹۲ | ۰/۹۶ |
|             | غلظت پوسته ای | ۰/۸۱ | ۱/۰۷ | ۱/۱۵ | ۱/۷۹ | ۰/۶۲ | ۰/۷۴ | ۰/۸۹ | ۲/۶۷ | ۱/۰۹ |
| S-7         | خاک زمينه     | ۰/۹۳ | ۱/۱۸ | ۱/۱۵ | ۱/۱۰ | ۰/۸۵ | ۰/۹۷ | ۱/۲۵ | ۰/۹۶ | ۱/۰۴ |
|             | غلظت پوسته ای | ۰/۸۷ | ۱/۱۴ | ۱/۳۴ | ۲/۰۴ | ۰/۶۴ | ۰/۷۸ | ۰/۹۵ | ۲/۷۸ | ۱/۱۷ |
| S-8         | خاک زمينه     | ۱    | ۱/۱۴ | ۰/۹۵ | ۱/۰۱ | ۰/۹۰ | ۱    | ۱/۲۳ | ۰/۹۲ | ۱/۰۱ |
|             | غلظت پوسته ای | ۰/۸۷ | ۱/۱۸ | ۱/۲۸ | ۱/۷۳ | ۰/۶۵ | ۰/۸۰ | ۱/۰۲ | ۲/۶۷ | ۱/۱۶ |
| S-9         | خاک زمينه     | ۱    | ۱/۲۲ | ۱/۱۱ | ۱/۰۴ | ۰/۸۴ | ۱/۰۸ | ۱/۳۳ | ۰/۸۹ | ۱/۰۵ |
|             | غلظت پوسته ای | ۰/۹۲ | ۱/۱۸ | ۱/۲۲ | ۱/۹۳ | ۰/۶۳ | ۰/۸۷ | ۱/۰۲ | ۲/۷۸ | ۱/۱۹ |
| S-10        | خاک زمينه     | ۰/۸۷ | ۱/۱۵ | ۱/۱۵ | ۱/۰۸ | ۰/۹۲ | ۰/۹۶ | ۱/۲۲ | ۰/۹۶ | ۱/۰۳ |
|             | غلظت پوسته ای | ۰/۸۱ | ۱/۱۱ | ۱/۳۰ | ۲    | ۰/۷  | ۰/۷۷ | ۰/۹۳ | ۳    | ۱/۱۷ |

#### ۴-۳- نتایج و بحث ارزیابی آلودگی آب

نتایج آنالیز فلزات سنگین نمونه‌های آب زیرزمینی در جدول (۴-۶) نشان داده شده است. بررسی این نتایج نشان می‌دهد که مطابق با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استاندارد ملی ۱۰۵۳، آب زیرزمینی بالا دست، شیرابه و چاه‌های پایین دست از منظر فلزات کادمیوم، مولیبدن، منگنز، مس، روی، کروم، نیکل، باریم و آرسنیک آلوده نیستند. بررسی نتایج نشان می‌دهد که فلز آلومینیوم تنها در چاه W-9 و بیش از حد استاندارد بوده است. این در حالی است که غلظت فلز آهن تنها در چاه W-9 از استانداردهای

ذکر شده تجاوز نموده است. با توجه به فاصله این چاه از محل لندفیل (شکل ۴-۳) و همچنین بالاتر بودن میزان آهن آن نسبت به شیرابه بعید است آلودگی مشاهده شده برای این چاه ناشی از شیرابه لندفیل باشد. به طور کلی می توان گفت که سطح آلودگی پایین شیرابه به دلیل رقیق شدگی و همچنین پالایش توسط رسوبات در طول مسیر موجب شده است که آب زیرزمینی تحت تاثیر آلودگی فلزات سنگین قرار نگیرد.

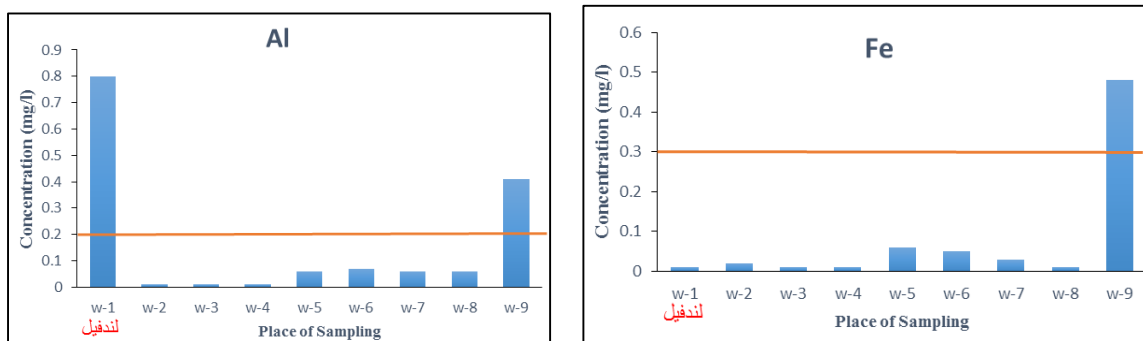


شکل ۴-۳- نقشه پهنه بندی فلزات Fe و Al در نمونه های آب اطراف لندفیل به شهر

جدول ۴-۶- نتایج غلظت فلزات سنگین به همراه استانداردها بر حسب (ppb)

| شماره ایستگاه        | pH    | Cu    | Zn    | Cr    | Ni   | Ba    | Fe   | Al   | As   | Mn    | Mo   | Cd   |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|
| W-1                  | ۷/۱۳  | ۶۳/۵  | ۱۰/۷  | ۳۴/۸  | ۲/۶  | ۳۸/۸  | ۱۰   | ۸۰۰  | ۲/۲  | <۰/۰۱ | <۰/۱ | <۰/۱ |
| W-2                  | ۷/۴۸  | ۶/۳۳  | ۳۴/۳۷ | ۷/۸۳  | ۳/۳۶ | ۷۹/۴۲ | ۲۰   | ۱۰   | <۰/۵ | <۰/۰۱ | <۰/۱ | <۰/۱ |
| W-3                  | ۸     | ۱/۸۶  | ۸/۲   | ۳/۸۶  | ۱/۸۷ | ۳۷/۶۸ | ۱۰   | ۱۰   | <۰/۵ | <۰/۰۱ | <۰/۱ | <۰/۱ |
| W-4                  | ۶/۹۹  | ۸/۹۵  | ۱۵/۳۶ | ۱۵    | ۲/۳  | ۱۲/۶۵ | ۱۰   | ۱۰   | <۰/۵ | <۰/۰۱ | <۰/۱ | <۰/۱ |
| W-5                  | ۷     | ۵۷/۴۳ | ۶۱/۵  | ۱۲/۴۶ | ۵/۶  | ۱۱/۱۶ | ۶۰   | ۶۰   | <۰/۵ | <۰/۰۱ | <۰/۱ | ۰/۵  |
| W-6                  | ۶/۹۶  | ۲/۳۷  | ۲۴/۰۷ | ۱۱/۹  | ۱/۹۵ | ۱۰/۵۸ | ۵۰   | ۷۰   | <۰/۵ | <۰/۰۱ | <۰/۱ | <۰/۱ |
| W-7                  | ۷/۱۲  | ۲/۳۳  | ۲۴/۰۱ | ۵/۸   | ۱    | ۱۰/۸۴ | ۳۰   | ۶۰   | <۰/۵ | <۰/۰۱ | <۰/۱ | <۰/۱ |
| W-8                  | ۶/۹۲  | ۳/۰۷  | ۱۱/۶۵ | ۳۵/۹۴ | ۱/۱  | ۲۳/۶۸ | ۱۰   | ۶۰   | <۰/۵ | <۰/۰۱ | <۰/۱ | <۰/۱ |
| W-9                  | ۶/۵۵  | ۴/۳۴  | ۱۸/۴۸ | ۴۸/۹۹ | ۵/۱۹ | ۷۷/۱۹ | ۴۸۰  | ۴۱۰  | ۲/۰۷ | ۰/۰۱  | <۰/۱ | <۰/۱ |
| استاندارد دفع شیرابه | ۵/۵-۹ | ۱۰۰۰  | ۲۰۰۰  | ۲۵۰۰  | ۲۰۰۰ | ۱۰۰۰  | ۳۰۰۰ | ۵۰۰۰ | ۱۰۰  | ۱۰۰۰  | ۱۰   | ۱۰۰  |
| استاندارد ملی ۱۰۵۳   | ۵/۵-۹ | ۱۰۰۰  | ۳۰۰۰  | ۵۰    | ۱۰۰  | ۷۰۰   | ۳۰۰  | ۲۰۰  | ۱۰   | ۴۰۰   | ۷۰   | ۳    |
| استاندارد جهانی WHO  | -     | ۲۰۰۰  | -     | ۵۰    | ۷۰   | ۷۰۰   | ۳۰۰  | ۲۰۰  | ۱۰   | ۵۰۰   | ۷۰   | ۳    |

مقدار مجاز فلزات سنگین موجود در فاضلابها بر اساس "خروجی استاندارد فاضلابها" سازمان حفاظت از محیط زیست در جدول (۴-۶) ارائه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده غلظت تمامی فلزات کمتر از حد مجاز استاندارد دفع شیرابه می باشد. با توجه به مقادیر pH در جدول استانداردها می توان دریافت میزان pH در تمامی نمونه ها در حد میزان توصیه شده استاندارد آب آشامیدنی بوده است. از این رو می توان برداشت کرد از منظر pH وضعیت کیفی نمونه های آب مطلوب است (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۴- غلظت Al و Fe در نمونه های آب زیرزمینی و شیرابه

برآیند مطالعات آلودگی آب و خاک اطراف لندفیل نشان می دهد که لندفیل بر روی منابع آب تاثیری نداشته و تاثیر آن بر روی منابع خاک نیز خیلی قابل توجه نبوده و زمین شناسی نقش بارزتری را ایفا می نماید. با این وجود مناسب نبودن محل سایت دفن فعلی و نیاز به مکان یابی برای سایت جدید به دلیل قرار گرفتن در حریم منطقه مسکونی (فاصله ۱۰۰ متر تا خانه)، اثر بوی بد لندفیل بر ساکنان منطقه التپه، بد منظر کردن جاده توریستی عباس آباد و منطقه التپه، تخریب جنگل و کوه برای ایجاد فضا جهت دفن زباله، محرز است.

#### ۴-۴- پارامترهای مورد استفاده در مکان یابی و وزن دهی به آنها

در این مطالعه از نقشه های کاربری اراضی، عمق سطح آب زیرزمینی، کیفیت آب زیرزمینی، لرزه خیزی، شیب، فاصله از گسل، فاصله از مرکز تولید پسماند، فاصله از جاده، جهت باد، منابع قرضه، فاصله از آبراه، میزان بارش و نقشه های زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی جهت تهیه نقشه پتانسیل نفوذ پذیری استفاده

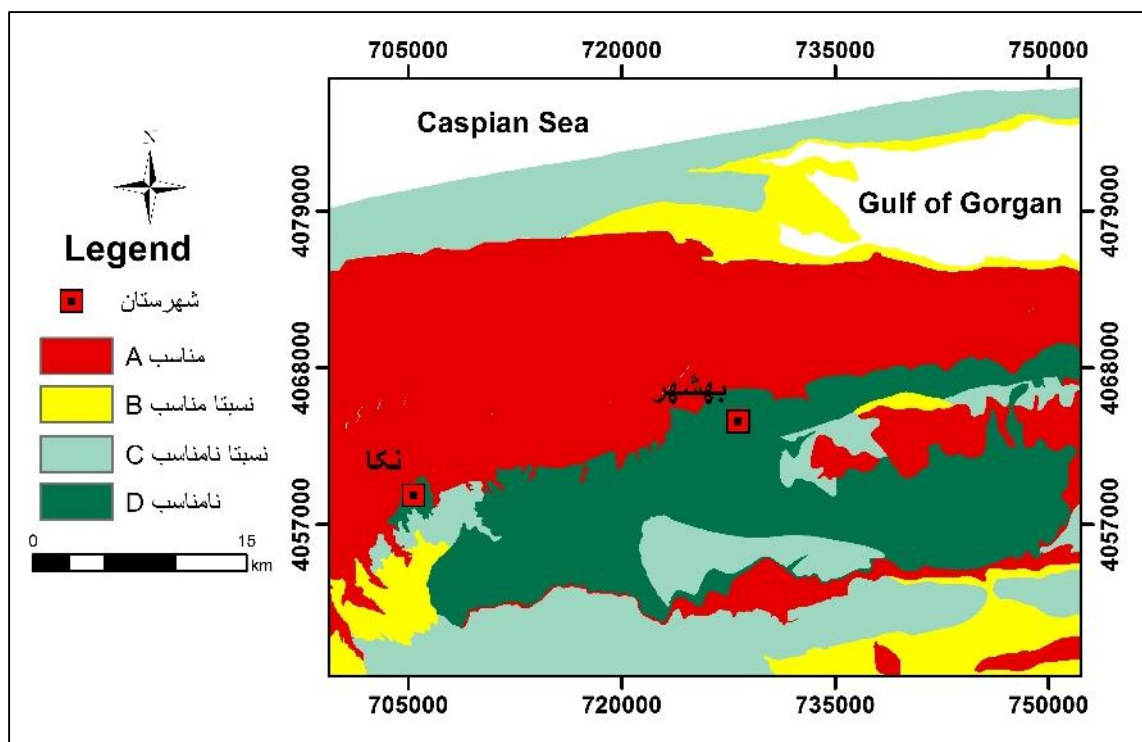
گردید. پس از آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر یک از این معیارها در محیط GIS، با توجه به میزان تاثیرگذاری هر معیار در مکان‌یابی، این لایه‌ها به رده‌های مناسب تا نامناسب تقسیم‌بندی شوند.

#### ۴-۴-۱- نفوذپذیری

پارامتر نفوذپذیری در مصالح زمین‌شناسی به متغیرهای زیادی وابسته است. در خاک‌ها و بخصوص خاک‌های درشت‌دانه، توزیع اندازه ذرات نقشی مهمی در نفوذپذیری خاک دارد. به طور کلی خاک‌های ریزدانه نفوذپذیری پایینی داشته و خاک‌های درشت‌دانه نفوذپذیری بالایی دارند. خاک‌های ریزدانه از یک‌سو با جذب شیرابه‌ها مانع از رسیدن آن‌ها به آب‌های زیرزمینی می‌شوند. از سوی دیگر، مانند یک فیلتر، شیرابه را تصفیه می‌کنند. مناطقی که دارای خاک‌های ضخیم و نفوذپذیری پایین هستند برای احداث لندفیل مناسب در نظر گرفته می‌شوند (Yazdani et al., 2015). با توجه به وجود نقشه زمین‌شناسی مهندسی بهشهر و مشخص بودن رده خاک‌های این منطقه، برای ارزیابی نفوذپذیری خاک‌ها از این نقشه استفاده گردید. در سنگ‌ها نفوذپذیری تابع پارامترهایی نظیر کانی‌شناسی، وضعیت تخلخل و به ویژه چگونگی توسعه سیستم‌های شکستگی و مشخصات آن‌ها می‌باشد. سنگ‌های ریزدانه با توجه به حضور رس با قابلیت تورم در اثر جذب آب و رفتار خمیری شکل، نفوذپذیری سنگ بکر پایینی دارد و از طرفی رفتار خمیری آن‌ها باعث می‌گردد که سیستم‌های شکستگی در آن‌ها توسعه نیابد. این در حالی است که سنگ‌های آهکی به دلیل پتانسیل خردشدگی و توسعه بازشدگی شکستگی‌ها به دلیل قابلیت انحلال، پتانسیل هدایت آب بالایی دارند. در این تحقیق وضعیت زمین‌شناسی از منظر نفوذپذیری به ۴ رده (جدول ۴-۷) تقسیم‌بندی شده است. نحوه رده‌بندی زمین‌شناسی منطقه از نظر نفوذپذیری در جدول (۴-۷) و نقشه توصیفی آن در شکل (۴-۵) ارائه شده است.

جدول ۴-۷- رده‌بندی نفوذپذیری واحدهای زمین‌شناسی مورد مطالعه

| رده | توصیف رده      | سنگ‌شناسی و بافت خاک                     |
|-----|----------------|--|
| A   | مناسب          | مارن، شیل، رس، فیلیت، سیلت رسی           |
| B   | نسبتاً مناسب   | ماسه‌سنگ آهکی، سیلت،                     |
| C   | نسبتاً نامناسب | شن، ماسه سیلتی، کنگلومرا، لس             |
| D   | نامناسب        | آهک و دولومیت خرد شده، رسوبات رودخانه‌ای |



شکل ۴-۵- نقشه پهنه‌بندی نفوذپذیری

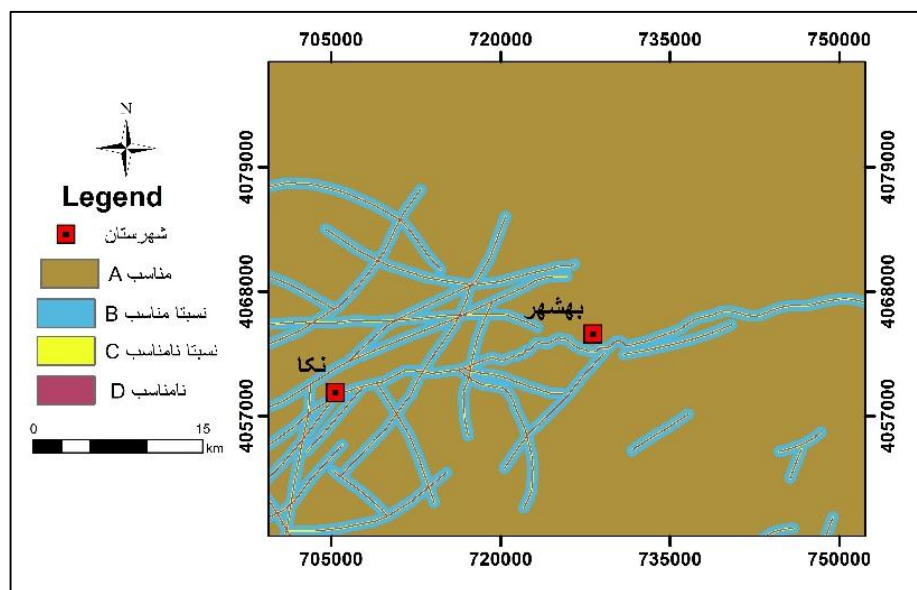
#### ۴-۲- فاصله از گسل

گسل‌های موجود در منطقه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بهشهر و نکا استخراج شده و پس از زمین مرجع کردن آن‌ها، محدود مورد مطالعه از نظر فاصله از گسل به چهار رده تقسیم‌بندی گردید. به این صورت که پس از اعمال حریمی به فاصله ۵۰۰ متر، به چهار رده (A) مناسب، (B) نسبتاً مناسب، (C) نسبتاً نامناسب و (D) نامناسب طبقه‌بندی شده است (جدول ۴-۸). نقشه توصیفی فاصله از گسل در شکل (۴-۶) ارائه شده است.



جدول ۴-۸- رده بندی فاصله از گسل

| رده | توصیف رده      | فاصله از گسل (متر) |
|-----|----------------|--------------------|
| A   | مناسب          | $500 <$            |
| B   | نسبتاً مناسب   | ۵۰۰-۱۰۰            |
| C   | نسبتاً نامناسب | ۱۰۰-۵۰             |
| D   | نامناسب        | ۰-۵۰               |



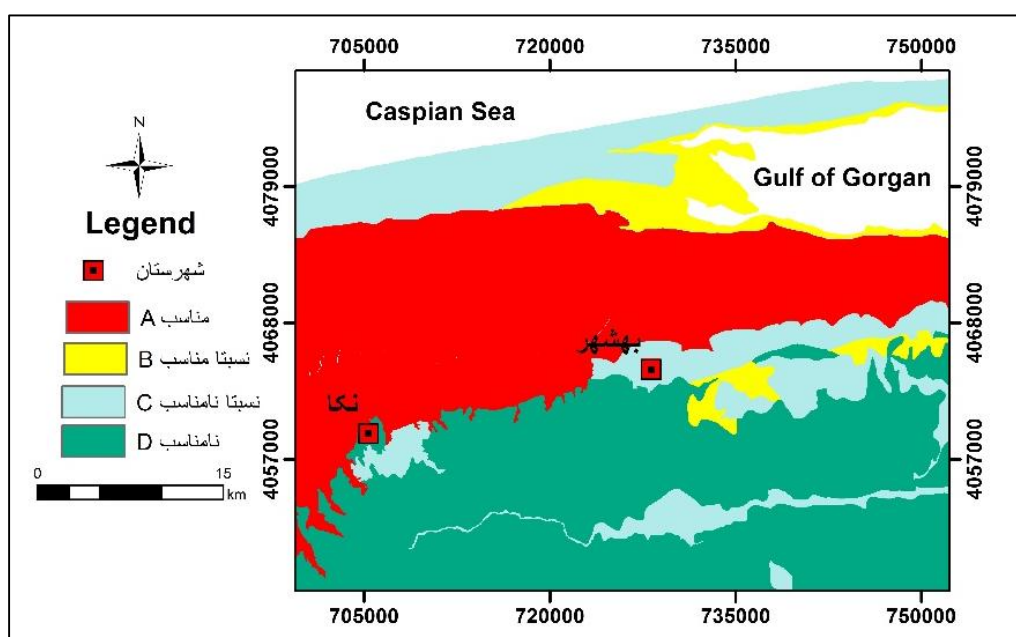
شکل ۴-۶- نقشه پهنه بندی فاصله از گسل

#### ۴-۴-۳- منابع قرضه

معمولاً در طراحی محل های دفن بهداشتی زباله، وجود منابع کافی خاک با بافت مناسب به منظور پوشش روزانه و پوشش نهایی از جمله مشکلات عمده است. خاک های دانه ریز نسبت به خاک های دانه درشت برای احداث محل دفن مناسب تر هستند (Oweis and Khera, 1998). به منظور مشخص نمودن وضعیت پراکندگی منابع قرضه در منطقه مورد مطالعه، از نقشه های زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی موجود استفاده شد و نهایتاً پوشش سطح زمین از نظر پتانسیل منابع قرضه به ۴ رده تقسیم بندی گردید. نحوه رده بندی زیرمعیار دسترسی به منابع قرضه در جدول (۴-۹) و نقشه توصیفی آن در شکل (۴-۷) نشان داده شده است.

جدول ۴-۹- رده‌بندی منابع قرضه

| رده | توصیف رده      | منابع قرضه                       |
|-----|----------------|----------------------------------|
| A   | مناسب          | رس                               |
| B   | نسبتاً مناسب   | سیلت، لس                         |
| C   | نسبتاً نامناسب | مارن، شیل، ماسه بادی             |
| D   | نامناسب        | آهک، کنگلومرا، آبرفت، ماسه ساحلی |



شکل ۴-۷- نقشه پهنه‌بندی منابع قرضه

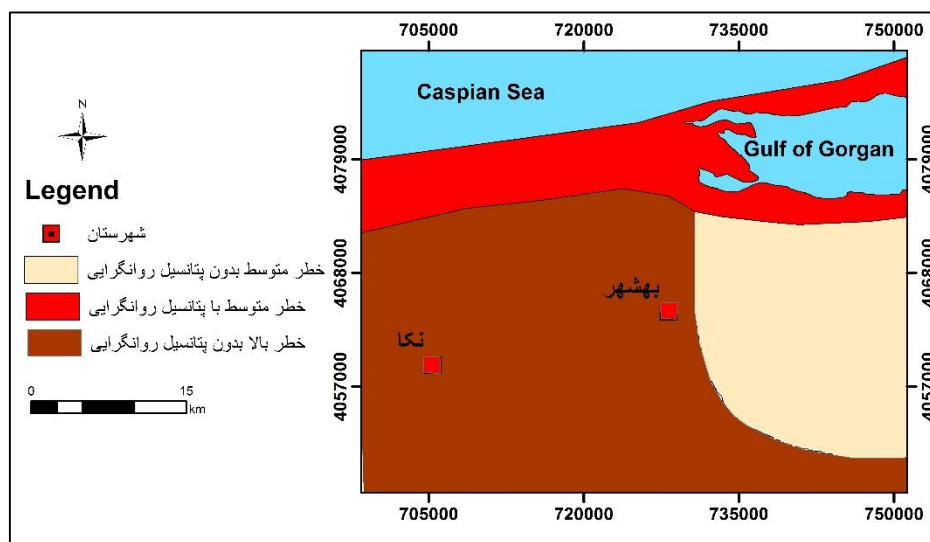
#### ۴-۴-۴- لرزه‌خیزی

در مناطقی که لرزه‌خیزی بالایی دارند، قابلیت آسیب‌پذیری سازه‌های محل دفن پسماند بیشتر است. بنابراین در مرحله مکان‌یابی، لرزه‌خیزی باید مورد توجه قرار گیرد. به منظور ارزیابی پتانسیل لرزه‌خیزی از نقشه هم‌شتاب ارائه شده توسط سازمان مسکن و شهرسازی استفاده گردید. محدوده مورد مطالعه از نظر شتاب اعمالی توسط زلزله در رده متوسط تا بالا قرار گرفته است. به علاوه در رسوباتی نظیر ماسه ریز و سیلت موجود در منطقه، با توجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی، پتانسیل وقوع روانگرایی وجود دارد. بنابراین

نقشه لرزه‌خیزی ارائه شده در این تحقیق، تلفیقی است از شدت شتاب اعمالی توسط زلزله و پتانسیل وقوع روانگرایی. نحوه رده‌بندی لرزه‌خیزی منطقه در جدول (۴-۱۰) و نقشه توصیفی آن در شکل (۴-۸) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۰- رده‌بندی شدت لرزه‌خیزی

| رده | توصیف رده      | شدت لرزه‌خیزی + پتانسیل روانگرایی |
|-----|----------------|-----------------------------------|
| A   | مناسب          | متوسط بدون پتانسیل روانگرایی      |
| B   | نسبتاً نامناسب | متوسط با پتانسیل روانگرایی        |
| C   | نامناسب        | بالا بدون پتانسیل روانگرایی       |



شکل ۴-۸- نقشه پهنه‌بندی لرزه‌خیزی

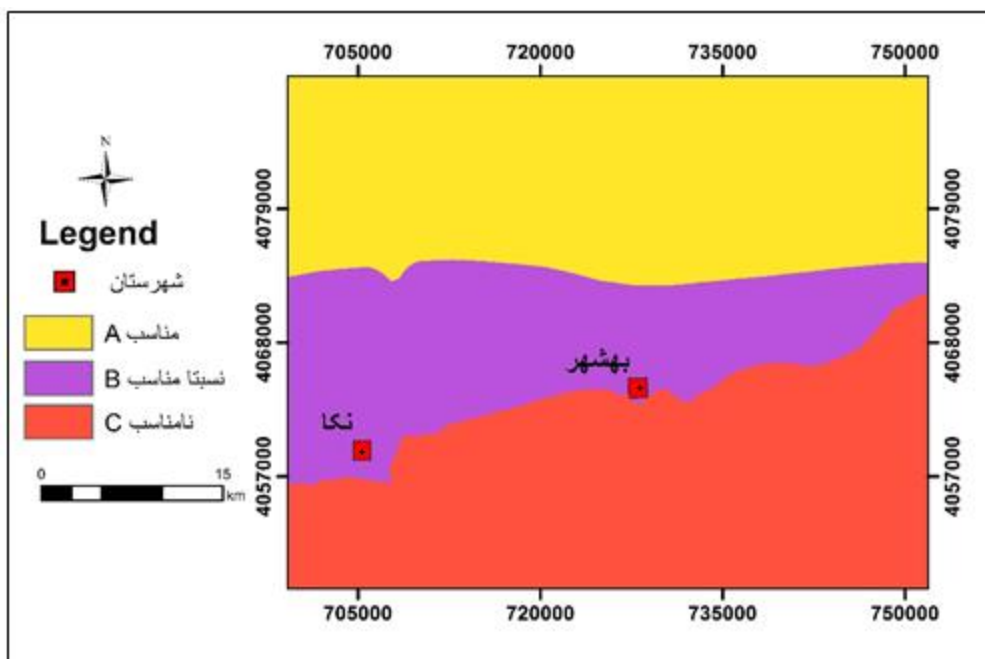
#### ۴-۴-۵- کیفیت آب زیرزمینی

به منظور حفاظت از آب‌های شرب زیرسطحی، لندفیل‌ها را نباید بر روی منابع آب زیرزمینی که دارای کیفیت بالایی هستند، احداث نمود. در این مطالعه، به منظور طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی منطقه از اطلاعات مربوط به هدایت الکتریکی (EC) آب چاه‌های نیمه عمیق استفاده شد. منطقه مورد مطالعه از لحاظ قابلیت احداث لندفیل، بر اساس کیفیت آب زیرزمینی به سه رده مناسب (مناطق با  $EC > 1700 \mu\text{s/cm}$ )، نسبتاً مناسب ( $700 < EC < 1700 \mu\text{s/cm}$ ) و نامناسب (مناطق با  $EC < 700 \mu\text{s/cm}$ ) طبقه‌بندی شده است.

نحوه طبقه‌بندی زیر معیار کیفیت آب زیرزمینی در جدول (۴-۱۱) و نقشه توصیفی کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در شکل (۴-۹) آورده شده است.

جدول ۴-۱۱- رده‌بندی بر اساس زیر معیار کیفیت آب زیرزمینی

| رده | کیفیت آب زیرزمینی ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) | توصیف رده    |
|-----|---|--------------|
| A   | $> 1700$                                      | مناسب        |
| B   | $700-1700$                                    | نسبتاً مناسب |
| C   | $< 700$                                       | نامناسب      |



شکل ۴-۹- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی

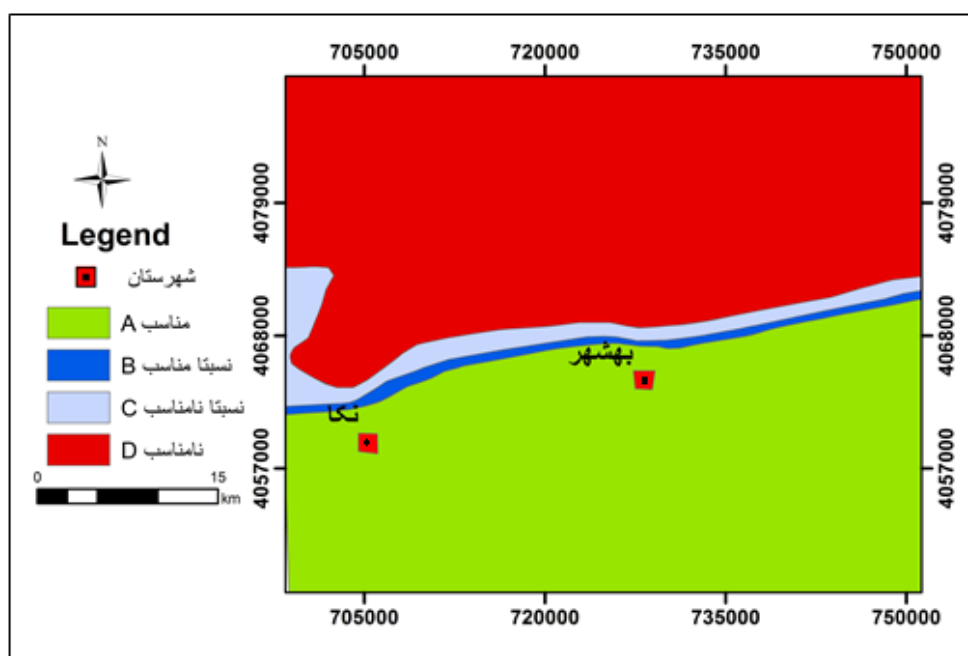
#### ۴-۴-۶- سطح آب زیرزمینی

یکی از پارامترهای مهم در مکان‌یابی محل دفن زباله، سطح (تراز) آب زیرزمینی است. هرچه ضخامت منطقه غیراشباع بیشتر باشد، احتمال نفوذ آلودگی به آب زیرزمینی کمتر می‌شود. بنابراین مناسب‌ترین محل جهت دفن زباله، مناطقی است که سطح ایستابی در آن عمیق باشد. در صورت بالا بودن سطح آب زیرزمینی از یک مقدار مشخص، منطقه مورد نظر جهت احداث مکان دفن بهداشتی انتخاب نمی‌شود و یا در صورت

انتخاب به دلیل پتانسیل طبیعی خطر آلودگی آب زیرزمینی طراحی‌ها باید به گونه‌ای باشد که تا حد امکان زیرسازی محل دفن به لایه‌های نفوذناپذیر انجام گردد (حسینی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۴). به منظور تقسیم‌بندی محدوده مورد مطالعه از نظر عمق سطح ایستابی از شکل (۱-۱۱) که بر اساس اطلاعات خام پیژومترها ترسیم گردید، استفاده شده است. منطقه مورد مطالعه از نظر مناسب بودن برای احداث لندفیل بر اساس سطح آب زیرزمینی به چهار رده بسیار مناسب تا نامناسب طبقه‌بندی شد. نحوه طبقه‌بندی عمق سطح تراز آب زیرزمینی در جدول (۴-۱۲) و نقشه توصیفی سطح آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در شکل (۴-۱۰) نشان داده شده است.

جدول ۴-۱۲- رده‌بندی بر اساس عمق سطح آب زیرزمینی

| رده | توصیف رده      | عمق سطح آب زیرزمینی (متر) |
|-----|----------------|---------------------------|
| A   | مناسب          | $15 <$                    |
| B   | نسبتاً مناسب   | ۱۰-۱۵                     |
| C   | نسبتاً نامناسب | ۵-۱۰                      |
| D   | نامناسب        | $5 >$                     |



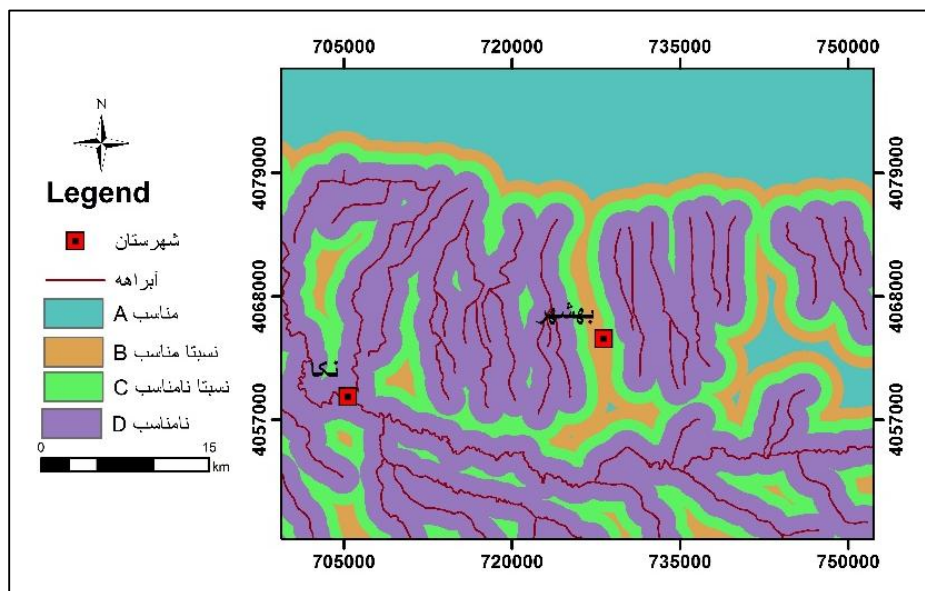
شکل ۴-۱۰- نقشه پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی

#### ۷-۴-۴- فاصله از آبراهه

احداث لندفیل در مجاورت مسیرهای جریان رودها و آبراهه‌ها، باعث انتقال آلودگی و آلوده شدن این منابع سطحی می‌شود. بنابراین محل دفن بایستی از آبراهه‌ها و رودها فاصله داشته باشد. از این نظر منطقه مورد مطالعه به چهار رده مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب رده‌بندی گردید (جدول ۴-۱۳). نقشه توصیفی این پارامتر در شکل (۴-۱۱) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۳- رده‌بندی منطقه بر اساس فاصله از آبراهه‌ها

| رده | توصیف رده      | فاصله از رودخانه اصلی (متر) |
|-----|----------------|-----------------------------|
| A   | مناسب          | $3500 <$                    |
| B   | نسبتاً مناسب   | ۲۵۰۰-۳۵۰۰                   |
| C   | نسبتاً نامناسب | ۱۵۰۰-۲۵۰۰                   |
| D   | نامناسب        | ۰-۱۵۰۰                      |



شکل ۴-۱۱- نقشه پهنه‌بندی فاصله از آبراه

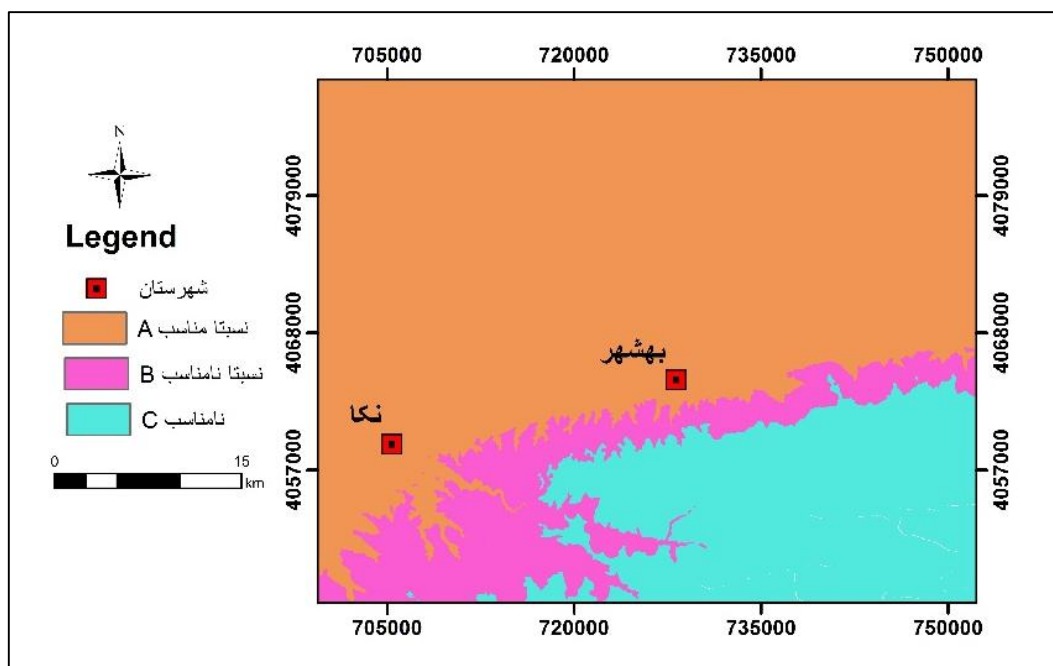
#### ۸-۴-۴- میزان بارش

بر اساس میزان بارندگی، مناسب‌ترین مناطق برای دفن پسماندها مناطقی هستند که از بارندگی پایین‌تری برخوردارند. بر این اساس مناطق شمالی و شمال غربی شهرستان مناسب‌ترین محل برای دفن پسماند

می‌باشند. منطقه مورد مطالعه از نظر میزان بارندگی به سه رده نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب طبقه‌بندی شده است (جدول ۴-۱۴). نقشه توصیفی بارندگی در (شکل ۴-۱۲) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۴- رده‌بندی منطقه بر اساس میزان بارندگی

| رده | توصیف رده      | میزان بارندگی سالیانه (میلی‌متر) |
|-----|----------------|----------------------------------|
| A   | نسبتاً مناسب   | $700 >$                          |
| B   | نسبتاً نامناسب | $700 - 800$                      |
| C   | نامناسب        | $800 <$                          |



شکل ۴-۱۲- نقشه پهنه‌بندی بارش

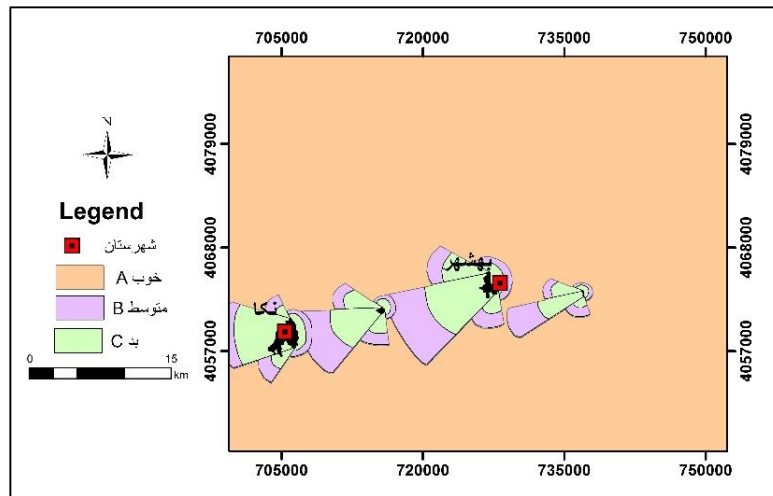
#### ۴-۴-۹- جهت باد غالب

منطقه مورد مطالعه از لحاظ قرار گرفتن در جهت بادهای غالب به ۳ رده شامل مناطقی که در جهت باد غالب نسبت به مناطق مسکونی نبوده یا در فاصله بیش از ۸ کیلومتر نسبت به بهشهر و نکا و ۵ کیلومتر نسبت به خلیل شهر و رستمکلا قرار گرفته‌اند (منطقه مناسب)، مناطقی که در جهت باد غالب نسبت به مناطق مسکونی بوده و در فاصله بین ۵ تا ۸ کیلومتری بهشهر و نکا و ۳ تا ۵ کیلومتری خلیل شهر و

رستمکلا قرار گرفته‌اند (نسبتاً مناسب) و مناطقی که در جهت باد غالب نسبت به مناطق مسکونی بوده و در فاصله کمتر از ۵ کیلومتر نسبت به بهشهر و نکا و ۳ کیلومتری خلیل شهر و رستمکلا قرار دارند (نامناسب) تقسیم‌بندی شده است (جدول ۴-۱۵ و شکل ۴-۱۳).

جدول ۴-۱۵- رده‌بندی منطقه بر اساس قرار گرفتن در جهت باد غالب

| رده | توصیف رده    | جهت باد غالب   |
|-----|--------------|--|
| A   | مناسب        | مناطقى که در جهت باد غالب نسبت به مناطق مسکونی قرار ندارند.                      |
| B   | نسبتاً مناسب | مناطقى که در جهت باد غالب نسبت به مناطق مسکونی با فاصله نسبتاً مناسب قرار دارند. |
| C   | نامناسب      | مناطقى که در جهت باد غالب نسبت به مناطق مسکونی قرار دارند.                       |



شکل ۴-۱۳- نقشه پهنه‌بندی جهت باد

#### ۴-۱۰-۴- شیب منطقه

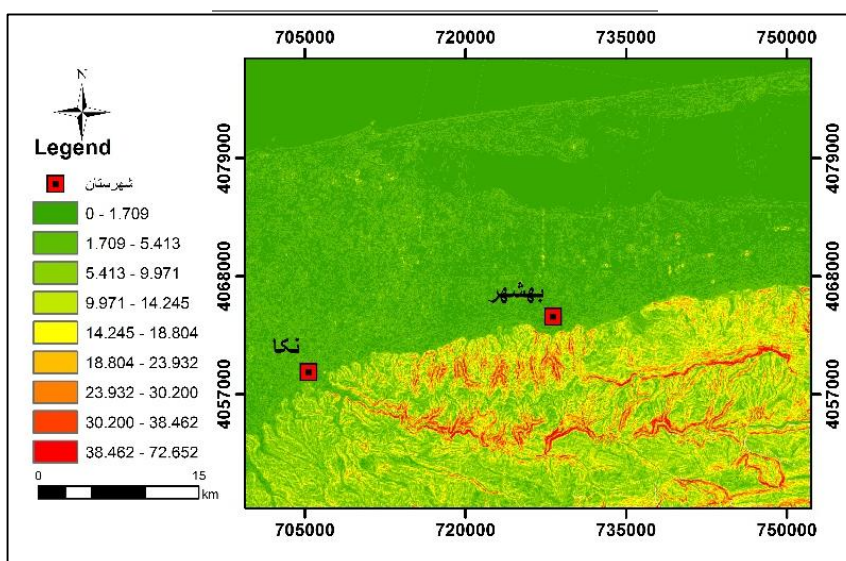
در خصوص شیب مناسب احداث مدفن نظرات متفاوتی وجود دارد. بالا رفتن شیب منجر به ایجاد هزینه‌های بالا برای ساختن مدفن و دشواری نقل و انتقال گردیده و از سوی دیگر به دلیل سرعت بالای حرکت آب و شیرابه، احتمال خطرناکی از قبیل لغزش و فرسایش بالاتر خواهد بود (Baska, 2005; Thoso, 2007). به منظور تهیه نقشه شیب منطقه در این بخش، از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه استفاده گردید. در محیط ArcGIS و ابزار Spatial Analyst با استفاده از میان‌یابی نقشه DEM ارتفاعی ساخته شد (شکل ۴-۱۴).



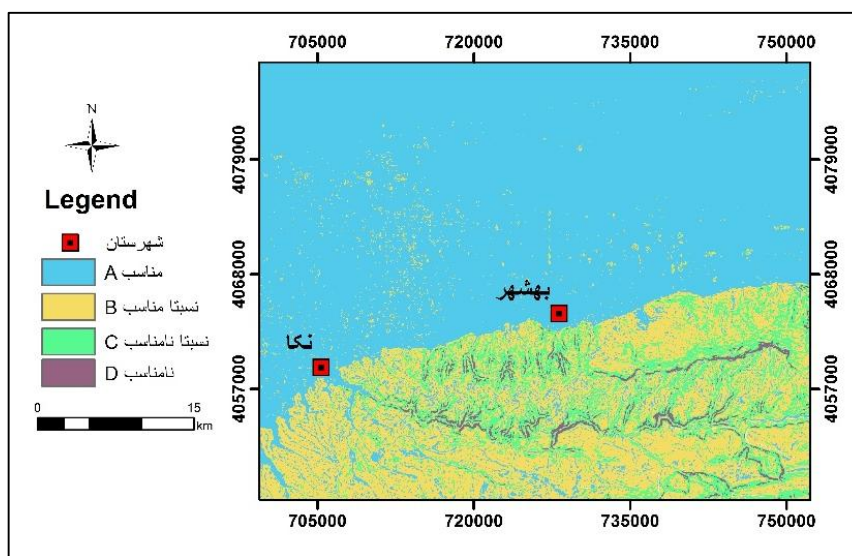
با توجه به نقشه DEM، منطقه از نظر شیب به چهار رده تقسیم شد. در جدول (۴-۱۶) نحوه رده‌بندی چهارگانه هر رده نشان داده شده است. نقشه طبقه‌بندی شیب منطقه در شکل (۴-۱۵) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۶- رده‌بندی منطقه براساس معیار شیب

| طبقه‌بندی | توصیف رده      | شیب (%) |
|-----------|----------------|---------|
| A         | مناسب          | ۰-۵     |
| B         | نسبتاً مناسب   | ۵-۱۵    |
| C         | نسبتاً نامناسب | ۱۵-۳۰   |
| D         | نامناسب        | >۳۰     |



شکل ۴-۱۴- نقشه بدست آمده از DEM منطقه مورد مطالعه



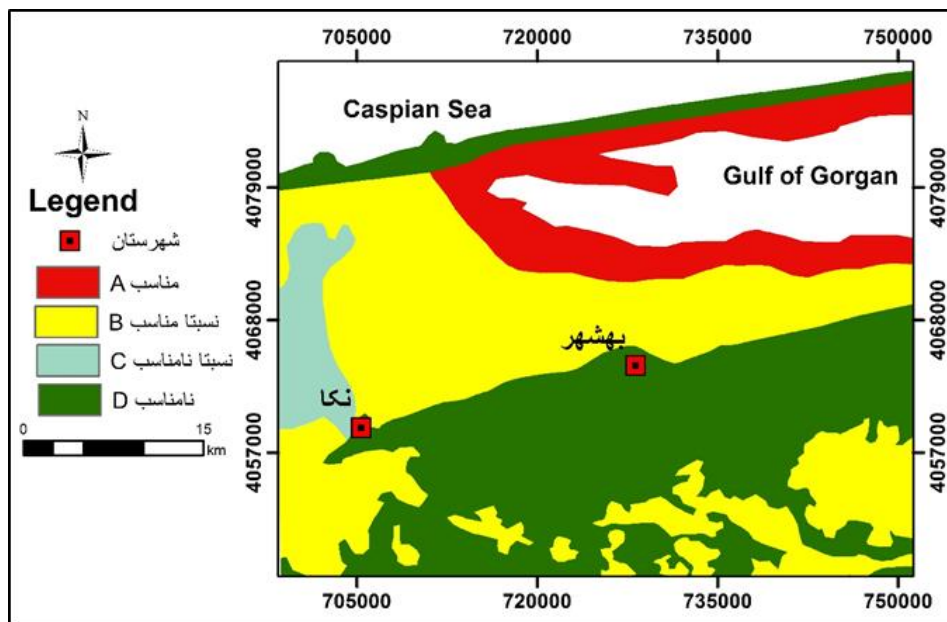
شکل ۴-۱۵- نقشه پهنه‌بندی شیب

#### ۴-۴-۱۱- کاربری اراضی

کاربری اراضی یکی از مهمترین معیارهای مکان‌یابی لندفیل بوده چرا که به لحاظ هزینه، تاثیر بسزایی در اقتصاد پروژه دارد. هزینه زمین‌هایی که برای احداث لندفیل تصرف می‌گردند و همچنین تاثیر این سازه بر افت ارزش زمین‌های مجاور پارامتری است که نمی‌شود به سادگی از آن گذشت. علاوه بر بحث هزینه، انتخاب مکان نامناسب برای لندفیل از نظر کاربری اراضی می‌تواند به از دست رفتن منابع طبیعی با ارزش مانند جنگل‌ها شود. بر اساس کاربری اراضی در منطقه، محدوده مورد مطالعه مطابق با جدول (۴-۱۷) به ۴ رده (A) مناسب، (B) نسبتاً مناسب، (C) نسبتاً نامناسب و (D) نامناسب تقسیم گردید. نقشه رده‌بندی شده کاربری اراضی بدست آمده در شکل (۴-۱۶) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۷- رده‌بندی منطقه بر اساس کاربری اراضی

| رده | توصیف رده      | کاربری اراضی                                       |
|-----|----------------|--|
| A   | مناسب          | ارضی دیمی و یا شور                                 |
| B   | نسبتاً مناسب   | ارضی زراعی آبی و باغ                               |
| C   | نسبتاً نامناسب | ارضی زراعی، آبی، دیمی و مراتع خوب                  |
| D   | نامناسب        | پوشش نسبی متراکم و نیمه متراکم (جنگل و بیشه انبوه) |



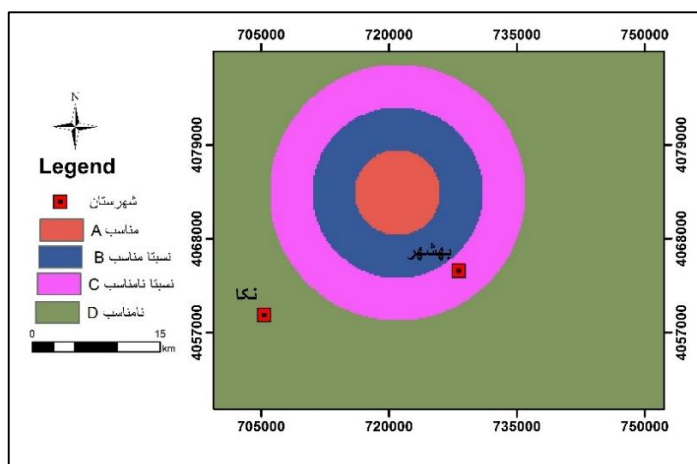
شکل ۴-۱۶- نقشه پهنه‌بندی کاربری اراضی

#### ۴-۴-۱۲- فاصله از مرکز تجمع پسماند

محل دفن پسماند به دلیل شرایط اقتصادی باید در نزدیکی مراکز تولید پسماند قرار گیرد. بر این اساس طبقه‌بندی فاصله از مرکز تولید پسماند، با در نظر گرفتن کارخانه کمپوست بهشهر به عنوان مرکز تجمع زباله انجام گرفت. بر این اساس با در نظر گرفتن چهار فاصله حدی، منطقه مورد مطالعه مطابق با جدول (۴-۱۸) به چهار رده تقسیم شد. نقشه حاصل از این تقسیم‌بندی در شکل (۴-۱۷) نشان داده شده است.

جدول ۴-۱۸- رده‌بندی منطقه بر اساس فاصله از مرکز تجمع پسماند

| رده | توصیف رده      | فاصله از مرکز تولید پسماند (متر) |
|-----|----------------|----------------------------------|
| A   | مناسب          | ۰-۵۰۰۰                           |
| B   | نسبتاً مناسب   | ۵۰۰۰-۱۰۰۰۰                       |
| C   | نسبتاً نامناسب | ۱۰۰۰۰-۱۵۰۰۰                      |
| D   | نامناسب        | >۱۵۰۰۰                           |



شکل ۴-۱۷- نقشه پهنه‌بندی فاصله از مرکز تجمع پسماند

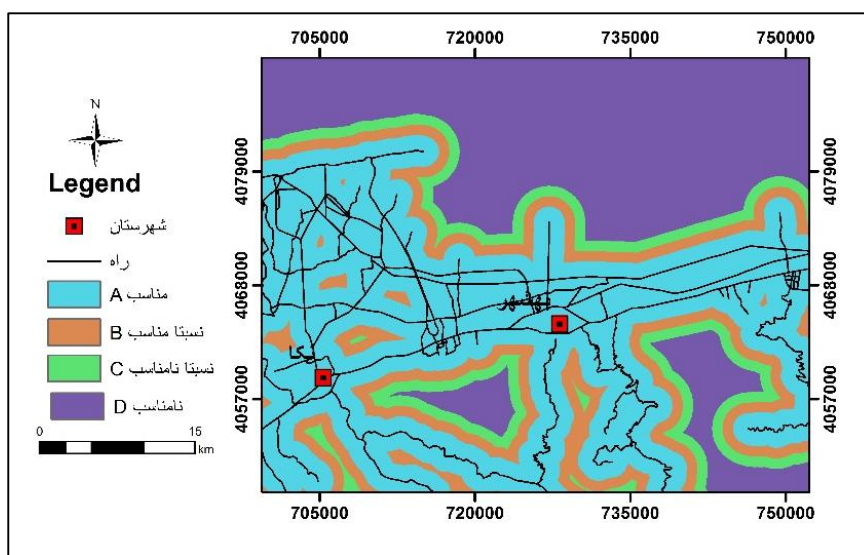
#### ۴-۴-۱۳- فاصله از جاده

به منظور دسترسی آسان به محل دفن و رفت و آمد ماشین آلات و از سوی دیگر حفظ جنبه زیبایی شناختی، سلامتی و بهداشت، فاصله مناسب از جاده‌ها می‌بایست رعایت شود. لذا فواصل خیلی دور و خیلی نزدیک نامناسب‌اند. با در نظر گرفتن حریم خطوط ارتباطی، هر چه فاصله کمتر باشد هزینه اجرایی کمتر خواهد بود (Thoso, 2007). بر این اساس، طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه از نظر فاصله از خطوط ارتباطی

مطابق با جدول (۴-۱۹) انجام گرفت. نقشه بدست آمده از این تقسیم‌بندی در شکل (۴-۱۸) نشان داده شده است.

جدول ۴-۱۹- طبقه‌بندی محدوده بر مبنای فاصله از جاده

| رده | توصیف رده      | فاصله از جاده (متر) |
|-----|----------------|---------------------|
| A   | مناسب          | ۰-۱۵۰۰              |
| B   | نسبتاً مناسب   | ۱۵۰۰-۲۵۰۰           |
| C   | نسبتاً نامناسب | ۲۵۰۰-۳۵۰۰           |
| D   | نامناسب        | >۳۵۰۰               |



شکل ۴-۱۸- نقشه پهنه‌بندی فاصله از راه

#### ۴-۵- وزن دهی به شاخص‌ها و انجام مقایسات زوجی با استفاده از روش سلسله مراتبی

پس از تعیین اهمیت شاخص‌ها، مجموعه‌ای از مقایسات زوجی صورت می‌گیرد که طبق این مقایسه‌ها، وزن هر یک از شاخص‌ها بدست می‌آید. منطق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌کند که بهترین تصمیم حاصل شود (پرهیزکار و غفاری، ۱۳۸۵). در مرحله پایانی از این فرآیند، نرخ ناسازگاری حاصل از کلیه ماتریس‌های مقایسه زوجی در منطقه مورد مطالعه محاسبه می‌شود.

#### ۴-۵-۱- انجام مقایسات زوجی

ابتدا برای هر یک از لایه‌های اطلاعاتی طبقه‌بندی شده، جهت مقایسات زوجی از یک ماتریس  $k \times k$  استفاده می‌شود. برای پر کردن ماتریس مقایسات زوجی از مقیاس ۹-۱ ساعتی استفاده شده تا اهمیت نسبی هر شاخص نسبت به شاخص دیگر در رابطه با خصوصیت مورد نظر مشخص گردد. هرچه ارزش یک شاخص نسبت به شاخص دیگر بالاتر باشد، امتیاز بیشتری به آن شاخص تعلق می‌گیرد. ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارهای هر یک از پارامترهای استفاده شده در این تحقیق، در جداول (۴-۲۰ تا ۴-۳۲) آورده شده و همچنین ماتریس مقایسه زوجی پارامترهای موثر در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای جامد شهری در منطقه مورد مطالعه نسبت به یکدیگر در جدول (۴-۳۳) ارائه شده است. لازم به ذکر است که مبنای انتخاب ارزش‌های عددی در این ماتریس‌ها بر مبنای قضاوت مهندسی و همچنین بررسی نتایج کار سایر محققین بوده است. در نهایت برای استفاده از این پارامترها در پهنه‌بندی، وزن بدست آمده برای هر پارامتر در وزن بدست آمده برای زیرمعیارهای آن ضرب شده تا نهایتاً برای هر پارامتر یک نقشه وزن‌دهی شده بدست می‌آید (جدول ۳-۳۴).

جدول ۴-۲۰- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار کاربری اراضی

| وزن   | رده D | رده C | رده B | رده A | رده‌ها |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| ۰/۵۷۰ | ۸     | ۵     | ۳     | ۱     | رده A  |
| ۰/۲۶۷ | ۶     | ۳     | ۱     | ۰/۳۳  | رده B  |
| ۰/۱۱۴ | ۳     | ۱     | ۰/۶   | ۰/۲   | رده C  |
| ۰/۰۵۰ | ۱     | ۰/۶۲۵ | ۰/۳۷۵ | ۰/۱۲۵ | رده D  |

جدول ۴-۲۱- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار کیفیت آب

| وزن   | رده C | رده B | رده A | رده‌ها |
|-------|-------|-------|-------|--------|
| ۰/۶۳۷ | ۵     | ۳     | ۱     | رده A  |
| ۰/۲۵۸ | ۳     | ۱     | ۰/۳۳  | رده B  |
| ۰/۱۰۵ | ۱     | ۰/۶   | ۰/۲   | رده C  |

جدول ۴-۲۲- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار سطح آب

| رده‌ها | A رده | B رده | C رده | D رده | وزن   |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A رده  | ۱     | ۲     | ۴     | ۶     | ۰/۵۱۳ |
| B رده  | ۰/۵   | ۱     | ۲     | ۴     | ۰/۲۷۵ |
| C رده  | ۰/۲۵  | ۰/۵   | ۱     | ۲     | ۰/۱۳۸ |
| D رده  | ۰/۱۶  | ۰/۳۳  | ۰/۶۶  | ۱     | ۰/۰۷۴ |

جدول ۴-۲۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار نفوذپذیری

| رده‌ها | A رده | B رده | C رده | D رده | وزن   |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A رده  | ۱     | ۴     | ۶     | ۹     | ۰/۶۱۴ |
| B رده  | ۰/۲۵  | ۱     | ۳     | ۷     | ۰/۲۳۸ |
| C رده  | ۰/۱۶  | ۰/۴۴  | ۱     | ۴     | ۰/۱۰۸ |
| D رده  | ۰/۱۱  | ۰/۴۴  | ۰/۶۶  | ۱     | ۰/۰۴۰ |

جدول ۴-۲۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار شیب

| رده‌ها | A رده | B رده | C رده | D رده | وزن   |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A رده  | ۱     | ۳     | ۶     | ۸     | ۰/۵۷۷ |
| B رده  | ۰/۳۳  | ۱     | ۳     | ۷     | ۰/۲۶۵ |
| C رده  | ۰/۱۶  | ۰/۵   | ۱     | ۴     | ۰/۱۱۴ |
| D رده  | ۰/۱۲۵ | ۰/۳۷۵ | ۰/۷۵  | ۱     | ۰/۰۴۴ |

جدول ۴-۲۵- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار فاصله از مرکز پسماند

| رده‌ها | A رده | B رده | C رده | D رده | وزن   |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A رده  | ۱     | ۳     | ۵     | ۸     | ۰/۵۶۳ |
| B رده  | ۰/۳۳  | ۱     | ۳     | ۷     | ۰/۲۷۲ |
| C رده  | ۰/۲   | ۰/۶   | ۱     | ۴     | ۰/۱۲۱ |
| D رده  | ۰/۱۲۵ | ۰/۳۷۵ | ۰/۶۲۵ | ۱     | ۰/۰۴۴ |

جدول ۴-۲۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار فاصله از آبراه

| رده‌ها | A رده | B رده | C رده | D رده | وزن   |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A رده  | ۱     | ۳     | ۵     | ۸     | ۰/۵۶۶ |
| B رده  | ۰/۳۳  | ۱     | ۳     | ۶     | ۰/۲۶۵ |
| C رده  | ۰/۲   | ۰/۶   | ۱     | ۴     | ۰/۱۲۳ |
| D رده  | ۰/۱۲۵ | ۰/۳۷۵ | ۰/۶۲۵ | ۱     | ۰/۰۴۶ |

جدول ۴-۲۷- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار جهت باد

| رده‌ها | A رده | B رده | C رده | وزن   |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| A رده  | ۱     | ۵     | ۸     | ۰/۷۴۲ |
| B رده  | ۰/۲   | ۱     | ۳     | ۰/۱۸۳ |
| C رده  | ۰/۱۲۵ | ۰/۶۲۵ | ۱     | ۰/۰۷۵ |

جدول ۴-۲۸- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار فاصله از جاده

| رده‌ها | A رده | B رده | C رده | D رده | وزن   |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A رده  | ۱     | ۲     | ۴     | ۸     | ۰/۵۲۰ |
| B رده  | ۰/۵   | ۱     | ۲     | ۵     | ۰/۲۷۳ |
| C رده  | ۰/۲۵  | ۰/۵   | ۱     | ۴     | ۰/۱۵۶ |
| D رده  | ۰/۱۲۵ | ۰/۲۵  | ۰/۵   | ۱     | ۰/۰۵۲ |

جدول ۴-۲۹- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار بارش

| رده‌ها | A رده | B رده | C رده | وزن   |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| A رده  | ۱     | ۲     | ۴     | ۰/۵۷۱ |
| B رده  | ۰/۵   | ۱     | ۲     | ۰/۲۸۶ |
| C رده  | ۰/۲۵  | ۰/۵   | ۱     | ۰/۱۴۳ |

جدول ۴-۳۰- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار منابع قرصه

| رده‌ها | A رده | B رده | C رده | D رده | وزن   |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A رده  | ۱     | ۳     | ۶     | ۹     | ۰/۵۸۴ |
| B رده  | ۰/۳۳  | ۱     | ۳     | ۷     | ۰/۲۶۲ |
| C رده  | ۰/۱۶  | ۰/۵   | ۱     | ۴     | ۰/۱۱۲ |
| D رده  | ۰/۱۱  | ۰/۳۳  | ۰/۶۶  | ۱     | ۰/۰۴۲ |

جدول ۴-۳۱- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار فاصله از گسل

| رده‌ها | A رده | B رده | C رده | D رده | وزن   |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A رده  | ۱     | ۴     | ۶     | ۸     | ۰/۶۱۷ |
| B رده  | ۰/۲۵  | ۱     | ۳     | ۵     | ۰/۲۲۸ |
| C رده  | ۰/۱۶  | ۰/۶۶  | ۱     | ۳     | ۰/۱۰۵ |
| D رده  | ۰/۱۲۵ | ۰/۵   | ۰/۷۵  | ۱     | ۰/۰۵۰ |

جدول ۴-۳۲- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های مربوط به زیرمعیار لرزه خیزی

| رده‌ها | A رده | B رده | C رده | وزن   |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| A رده  | ۱     | ۲     | ۴     | ۰/۵۵۸ |
| B رده  | ۰/۵   | ۱     | ۳     | ۰/۳۲۰ |
| C رده  | ۰/۲۵  | ۰/۵   | ۱     | ۰/۱۲۲ |

جدول ۴-۳۳- ماتریس مقایسه زوجی معیارها

| ردیف | A    | B    | C    | D    | E    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | L    | M | وزن پارامترها |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---------------|
| A    | ۱    | ۲    | ۲    | ۳    | ۳    | ۴    | ۵    | ۵    | ۶    | ۷    | ۸    | ۹    | ۹ | ۰/۲۲۱         |
| B    | ۰/۵۰ | ۱    | ۱    | ۲    | ۲    | ۳    | ۴    | ۴    | ۵    | ۶    | ۷    | ۸    | ۸ | ۰/۱۴۹         |
| C    | ۰/۵۰ | ۱    | ۱    | ۲    | ۲    | ۳    | ۴    | ۴    | ۵    | ۶    | ۶    | ۷    | ۷ | ۰/۱۴۶         |
| D    | ۰/۳۳ | ۰/۵۰ | ۰/۵۰ | ۱    | ۲    | ۲    | ۳    | ۴    | ۵    | ۵    | ۶    | ۷    | ۷ | ۰/۱۱۴         |
| E    | ۰/۳۳ | ۰/۵۰ | ۰/۵۰ | ۰/۵۰ | ۱    | ۲    | ۳    | ۴    | ۵    | ۶    | ۷    | ۸    | ۸ | ۰/۱۰۷         |
| F    | ۰/۲۵ | ۰/۳۳ | ۰/۳۳ | ۰/۵۰ | ۰/۵۰ | ۱    | ۲    | ۲    | ۳    | ۴    | ۵    | ۶    | ۶ | ۰/۰۶۸         |
| G    | ۰/۲۰ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۳۳ | ۰/۵۰ | ۰/۵۰ | ۱    | ۱    | ۲    | ۳    | ۴    | ۵    | ۵ | ۰/۰۴۷         |
| H    | ۰/۲۰ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۳۳ | ۰/۳۳ | ۰/۵۰ | ۱    | ۱    | ۲    | ۳    | ۴    | ۵    | ۵ | ۰/۰۴۶         |
| i    | ۰/۱۶ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۳۳ | ۰/۵۰ | ۰/۵۰ | ۱    | ۲    | ۳    | ۴    | ۴ | ۰/۰۳۲         |
| j    | ۰/۱۴ | ۰/۱۶ | ۰/۱۶ | ۰/۲۰ | ۰/۱۶ | ۰/۲۵ | ۰/۳۳ | ۰/۳۳ | ۰/۵۰ | ۱    | ۳    | ۵    | ۵ | ۰/۰۲۸         |
| k    | ۰/۱۲ | ۰/۱۴ | ۰/۱۶ | ۰/۱۶ | ۰/۱۴ | ۰/۲۰ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۳۳ | ۰/۳۳ | ۱    | ۳    | ۳ | ۰/۰۱۸         |
| l    | ۰/۱۱ | ۰/۱۲ | ۰/۱۴ | ۰/۱۴ | ۰/۱۲ | ۰/۱۶ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۵ | ۰/۲۰ | ۰/۳۳ | ۱    | ۲ | ۰/۰۱۳         |
| m    | ۰/۱۱ | ۰/۱۲ | ۰/۱۴ | ۰/۱۴ | ۰/۱۲ | ۰/۱۶ | ۰/۲۰ | ۰/۲۰ | ۰/۲۵ | ۰/۲۰ | ۰/۳۳ | ۰/۵۰ | ۱ | ۰/۱۲          |

A؛ کاربری اراضی، B؛ کیفیت آب زیرزمینی، C؛ سطح آب زیرزمینی، D؛ نفوذپذیری، E؛ شیب، F؛ فاصله از تولید مرکز پسماند، G؛ فاصله از آبراهه، H؛ جهت باد، I؛ فاصله از جاده، J؛ بارش، K؛ منابع قرضه، L؛ لرزه‌خیزی، M؛ فاصله از گسل

جدول ۴-۳۴- رده‌بندی و وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی

| وزن نهایی | وزن زیرمعیار | وزن گزینه‌ها | تشریح رده‌بندی | زیرمعیار     |
|-----------|--------------|--------------|----------------|--------------|
| ۰/۱۲۵     | ۰/۲۲۱        | ۰/۵۷۰        | مناسب          | کاربری اراضی |
| ۰/۰۵۹     |              | ۰/۲۶۷        | نسبتاً مناسب   |              |
| ۰/۰۲۵     |              | ۰/۱۱۴        | نسبتاً نامناسب |              |
| ۰/۰۱۱     |              | ۰/۰۵۰        | نامناسب        |              |



ادامه جدول جدول ۴-۳۴- رده بندی و وزن دهی لایه های اطلاعاتی

| وزن نهایی | وزن زیرمعیار | وزن گزینه ها | تشریح رده بندی | زیرمعیار                      |
|-----------|--------------|--------------|----------------|-------------------------------|
| ۰/۰۹۴     | ۰/۱۴۹        | ۰/۶۳۷        | مناسب          | کیفیت آب زیرزمینی             |
| ۰/۰۳۸     |              | ۰/۲۵۸        | نسبتاً نامناسب |                               |
| ۰/۰۱۵     |              | ۰/۱۰۵        | نامناسب        |                               |
| ۰/۰۷۴     | ۰/۱۴۶        | ۰/۵۱۳        | مناسب          | عمق سطح آب<br>زیرزمینی        |
| ۰/۰۴۰     |              | ۰/۲۷۵        | نسبتاً مناسب   |                               |
| ۰/۰۲۰     |              | ۰/۱۳۸        | نسبتاً نامناسب |                               |
| ۰/۰۱۰     |              | ۰/۰۷۴        | نامناسب        |                               |
| ۰/۰۶۹     | ۰/۱۱۴        | ۰/۶۱۴        | مناسب          | نفوذپذیری                     |
| ۰/۰۲۷     |              | ۰/۲۳۸        | نسبتاً مناسب   |                               |
| ۰/۰۱۲     |              | ۰/۱۰۸        | نسبتاً نامناسب |                               |
| ۰/۰۰۴     |              | ۰/۰۴۰        | نامناسب        |                               |
| ۰/۰۶۱     | ۰/۱۰۷        | ۰/۵۷۷        | مناسب          | شیب                           |
| ۰/۰۲۸     |              | ۰/۲۶۵        | نسبتاً مناسب   |                               |
| ۰/۰۱۲     |              | ۰/۱۱۴        | نسبتاً نامناسب |                               |
| ۰/۰۰۴     |              | ۰/۰۴۴        | نامناسب        |                               |
| ۰/۰۳۸     | ۰/۰۶۸        | ۰/۵۶۳        | مناسب          | فاصله از مرکز تولید<br>پسماند |
| ۰/۰۱۸     |              | ۰/۲۷۲        | نسبتاً مناسب   |                               |
| ۰/۰۰۸     |              | ۰/۱۲۱        | نسبتاً نامناسب |                               |
| ۰/۰۰۲     |              | ۰/۰۴۴        | نامناسب        |                               |
| ۰/۰۰۷     | ۰/۰۱۲        | ۰/۶۱۷        | مناسب          | فاصله از گسل                  |
| ۰/۰۰۲     |              | ۰/۲۲۸        | نسبتاً مناسب   |                               |
| ۰/۰۰۱     |              | ۰/۱۰۵        | نسبتاً نامناسب |                               |
| ۰/۰۰۰۶    |              | ۰/۰۵۰        | نامناسب        |                               |

ادامه جدول جدول ۴-۳۴- رده‌بندی و وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی

| وزن نهایی | وزن زیرمعیار | وزن گزینه‌ها | تشریح رده‌بندی | زیرمعیار                         |
|-----------|--------------|--------------|----------------|----------------------------------|
| ۰/۰۲۶     | ۰/۰۴۷        | ۰/۵۶۶        | مناسب          | فاصله از آبراهه                  |
| ۰/۰۱۲     |              | ۰/۲۶۵        | نسبتاً مناسب   |                                  |
| ۰/۰۰۵     |              | ۰/۱۲۳        | نسبتاً نامناسب |                                  |
| ۰/۰۰۲     |              | ۰/۰۴۶        | نامناسب        |                                  |
| ۰/۰۱۵     | ۰/۰۲۸        | ۰/۵۷۱        | مناسب          | بارش                             |
| ۰/۰۰۸     |              | ۰/۲۸۶        | نسبتاً مناسب   |                                  |
| ۰/۰۰۴     |              | ۰/۱۴۳        | نامناسب        |                                  |
| ۰/۰۳۴     | ۰/۰۴۶        | ۰/۷۴۲        | مناسب          | جهت باد                          |
| ۰/۰۰۸     |              | ۰/۱۸۳        | نسبتاً مناسب   |                                  |
| ۰/۰۰۳     |              | ۰/۰۷۵        | نامناسب        |                                  |
| ۰/۰۱۶     | ۰/۰۳۲        | ۰/۵۲۰        | مناسب          | فاصله از جاده                    |
| ۰/۰۰۸     |              | ۰/۲۷۳        | نسبتاً مناسب   |                                  |
| ۰/۰۰۴     |              | ۰/۱۵۶        | نسبتاً نامناسب |                                  |
| ۰/۰۰۱     |              | ۰/۰۵۲        | نامناسب        |                                  |
| ۰/۰۱۰     | ۰/۰۱۸        | ۰/۵۸۴        | مناسب          | منابع قرضه                       |
| ۰/۰۰۴     |              | ۰/۲۶۲        | نسبتاً مناسب   |                                  |
| ۰/۰۰۲     |              | ۰/۱۱۲        | نسبتاً نامناسب |                                  |
| ۰/۰۰۰۷    |              | ۰/۰۴۲        | نامناسب        |                                  |
| ۰/۰۰۷     | ۰/۰۱۳        | ۰/۵۵۸        | مناسب          | لرزه‌خیزی + پتانسیل<br>روانگرایی |
| ۰/۰۰۴     |              | ۰/۳۲۰        | نسبتاً نامناسب |                                  |
| ۰/۰۰۱     |              | ۰/۱۲۲        | نامناسب        |                                  |

#### ۴-۵-۲- محاسبه نرخ ناسازگاری

در این فرآیند می توان میزان سازگاری تصمیم را محاسبه کرد و قابل قبول یا مردود بودن آن را بررسی نمود (جدول ۴-۳۵). در حالت کلی می توان گفت که میزان قابل قبول ناسازگاری یک سیستم به تصمیم گیرنده بستگی دارد. ساعتی (۲۰۰۴) عدد ۰/۱ را به عنوان حد قابل قبول ارائه کرده است و معتقد است چنانچه میزان ناسازگاری تصمیم بیشتر از ۰/۱ باشد، بهتر است در قضاوتها تجدید نظر شود.

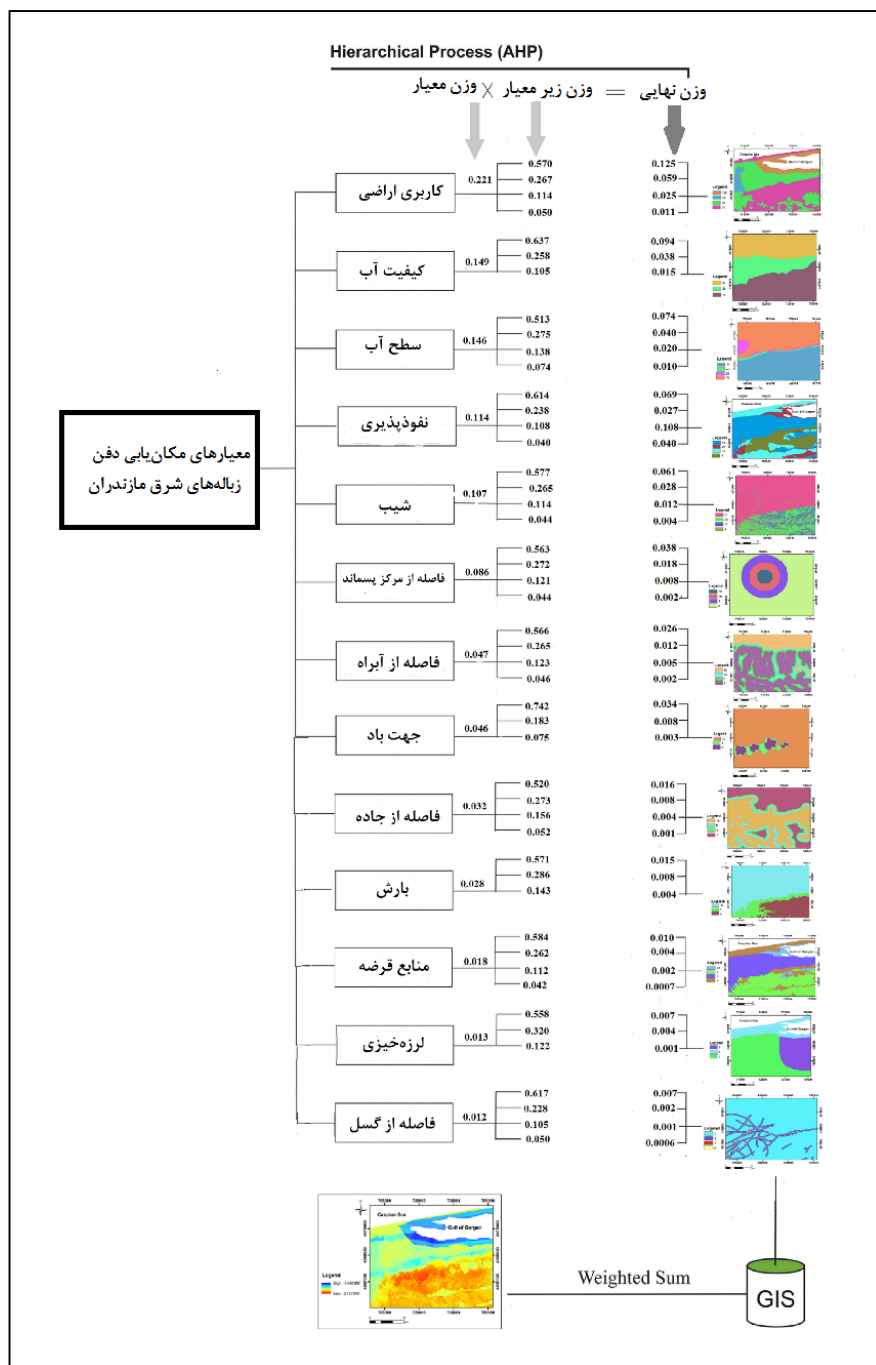
جدول ۴-۳۵- نرخ ناسازگاری مربوط به معیار

| نرخ ناسازگاری | زیرمعیار             | نرخ ناسازگاری | زیر معیار      |
|---------------|----------------------|---------------|----------------|
| ۰/۰۷          | نفوذپذیری            | ۰/۰۴          | کاربری اراضی   |
| ۰/۰۶          | شیب                  | ۰/۰۴          | کیفیت آب       |
| ۰/۰۶          | فاصله از مرکز پسماند | ۰/۰۰          | عمق سطح آب     |
| ۰/۰۴          | جهت باد              | ۰/۰۶          | فاصله از آبراه |
| ۰/۰۲          | لرزه‌خیزی            | ۰/۰۲          | فاصله از جاده  |
| ۰/۰۶          | فاصله از غسل         | ۰/۰۰          | بارش           |
|               |                      | ۰/۰۵          | منابع قرصه     |

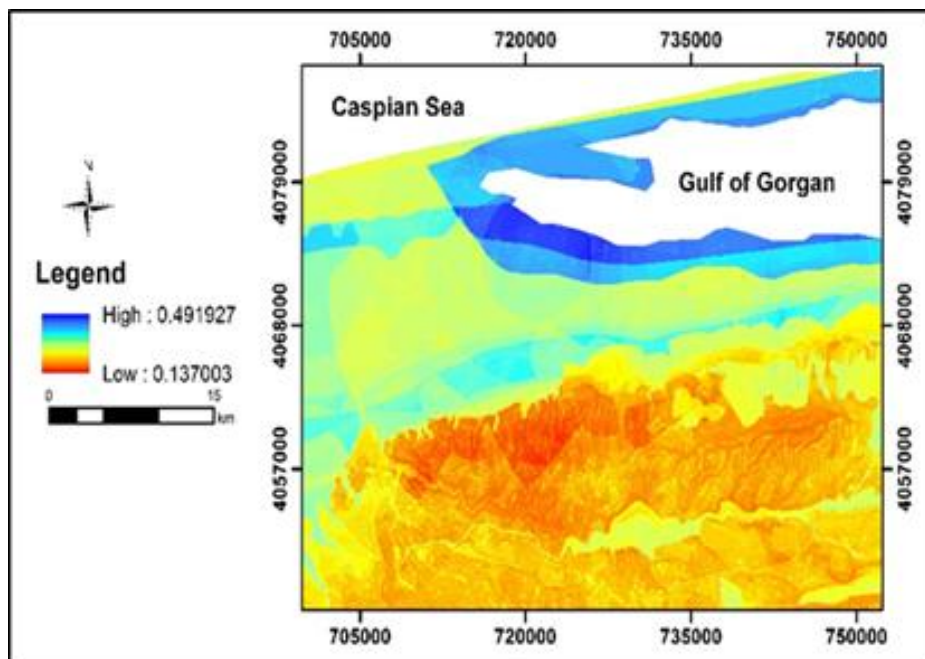
#### ۴-۵-۳- هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی

در این مرحله پس از مشخص شدن امتیاز نهایی نقشه هر پارامتر، ۱۳ لایه اطلاعاتی مورد نظر در محیط GIS روی یکدیگر قرار گرفتند و نقشه‌ها با یکدیگر تلفیق و به یک نقشه واحد تبدیل شدند (شکل ۴-۱۹). امتیاز بدست آمده برای نقشه نهایی که حاصل روی هم‌گذاری امتیازهای نهایی نقشه‌های هر معیار است، بین ۰/۴۹۱۹۲۷ تا ۰/۱۳۷۰۰۳ متغیر بوده است (شکل ۴-۲۰). با توجه به امتیازهای بدست آمده برای رده‌بندی این نقشه بدین صورت عمل شد که بیشترین امتیاز از کمترین امتیاز کسر شده تا دامنه تغییرات امتیاز در نقشه بدست بیاید. در مرحله بعد برای مشخص شدن امتیازهای حدی، درصدهای حدی در نظر گرفته شده برای دامنه امتیازات بدست آمده (۷۵، ۵۰، ۲۵) اعمال شد. در ادامه امتیاز بدست آمده برای این

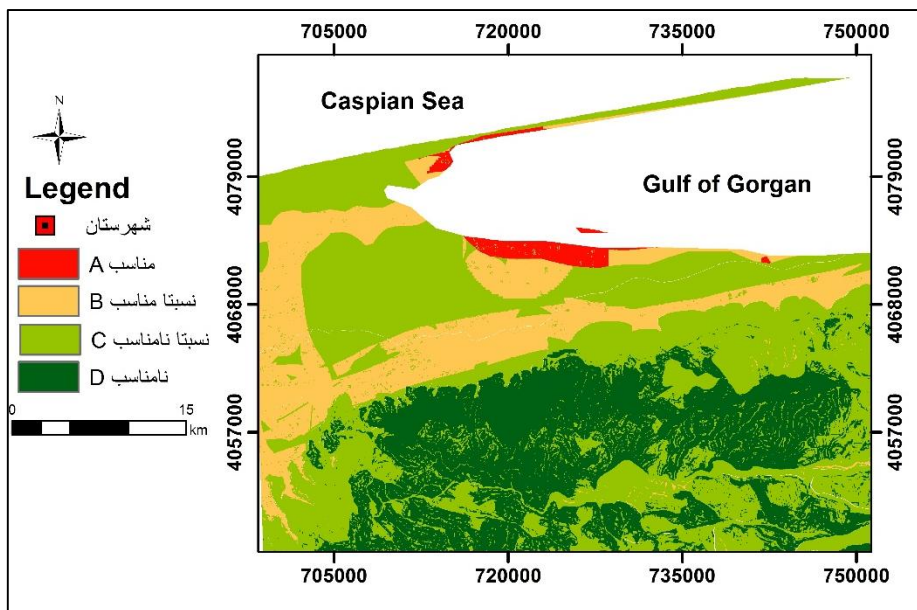
درصدها به عنوان امتیاز حدی برای رده‌بندی منطقه از نظر پتانسیل احداث لندفیل، به چهار رده مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نامناسب و نامناسب به کار برده شده و نقشه بدست آمده بر مبنای این امتیاز دوباره رده‌بندی گردید (شکل ۴-۲۱).



شکل ۴-۱۹- نقشه تلفیق لایه‌های اطلاعاتی



شکل ۴-۲۰- نقشه هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی



شکل ۴-۲۱- نقشه رده‌بندی شده حاصل از هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی

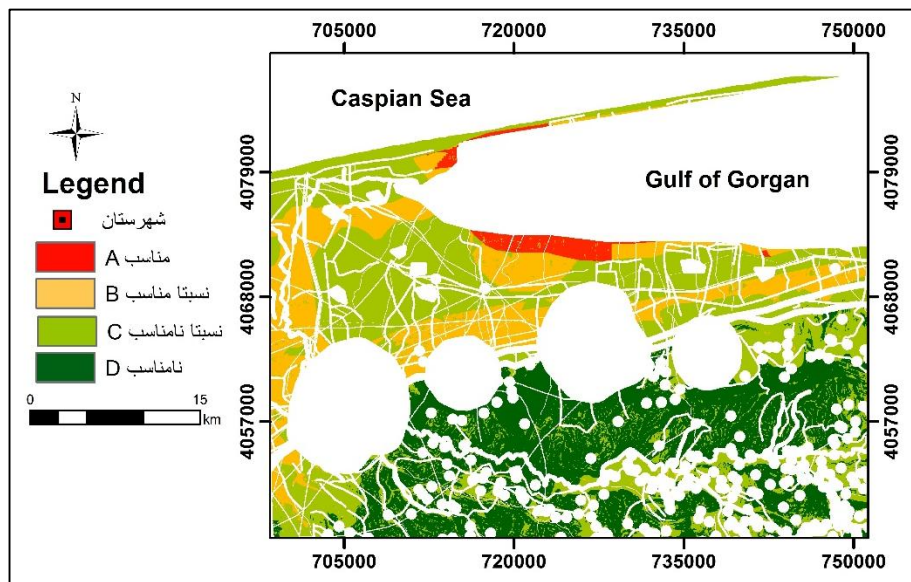
#### ۴-۶- شناسایی و حذف مناطق ممنوعه

جهت حفظ سلامت آب، خاک و جلوگیری از صدمات زیست‌محیطی مدفن، باید از برخی مکان‌ها مانند مراکز مسکونی، مناطق حفاظت شده طبیعی، منابع آب سطحی و زیرزمینی، راه‌ها و جاده‌ها، شبکه‌های

ارتباطی و گسل‌ها، اجتناب گردد و حریم‌های ممنوعه مناسب برای آن‌ها در نظر گرفته شود. رعایت این حریم‌ها با توجه به شرایط منطقه می‌باشد. در این پژوهش پس از تعیین مهم‌ترین معیارها برای دفن پسماند، حریم مناسب تعیین شد (جدول ۴-۳۶). حریم‌های مورد نظر در این مرحله در محیط نرم‌افزار GIS و توسط ابزار Buffering اجرا گردیده است. نتیجه حاصله در شکل (۴-۲۲) قابل مشاهده است.

جدول ۴-۳۶- حریم‌های مورد استفاده برای مناطق ممنوعه (فاصله بر حسب متر)

| حریم‌های ممنوعه            | فاصله (متر) | حریم‌های ممنوعه  | فاصله (متر) |
|----------------------------|-------------|------------------|-------------|
| مناطق شهری                 | ۲۰۰۰        | چاه، چشمه، قنات  | ۵۰۰         |
| مناطق روستایی              | ۵۰۰         | آبراهه اصلی      | ۲۰۰         |
| خطوط حمل و نقل اصلی و فرعی | ۳۰۰-۱۰۰     | آبراهه فرعی      | ۳۰          |
| گسل اصلی- فرعی             | ۳۰۰-۱۰۰     | خطوط انتقال نیرو | ۳۰          |
| استخر                      | ۲۰۰         |                  |             |

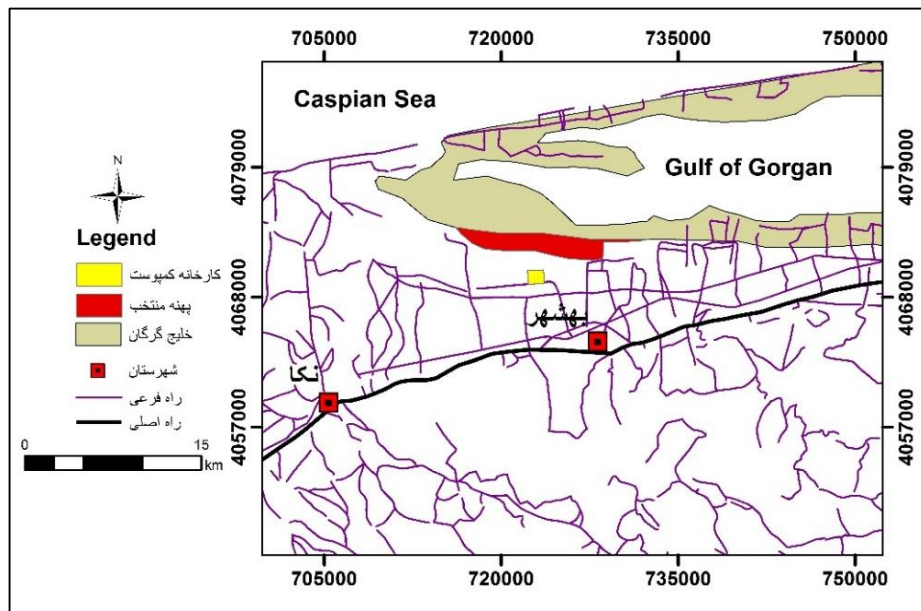


شکل ۴-۲۲- نقشه رده‌بندی شده حاصل از هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی و حذف مناطق ممنوعه

#### ۴-۷- انتخاب پهنه مناسب

برای تعیین بهترین مکان مناسب برای دفن پسماند، فقط از پهنه‌هایی که در رده مناسب قرار گرفته‌اند استفاده شد. بر اساس شکل (۴-۲۲) سه محدوده با رده مناسب در منطقه شناسایی شد. دو محدوده آن در بخش جزیره سدی واقع بوده که دارای مساحت محدودی هستند. محدوده دیگر در بخش شمال غرب

بهشهر واقع شده که دارای مساحت قابل ملاحظه است. محدوده ابتدایی به دلیل نداشتن گنجایش کافی و قرار گرفتن در زمین‌های با ارزش جزایر سدی، از بین گزینه‌ها حذف شده و محدوده سوم انتخاب گردید. شکل (۴-۲۳) موقعیت پهنه مناسب در شرق مازندران نسبت به مراکز جمعیتی و خطوط ارتباطی نشان می‌دهد.

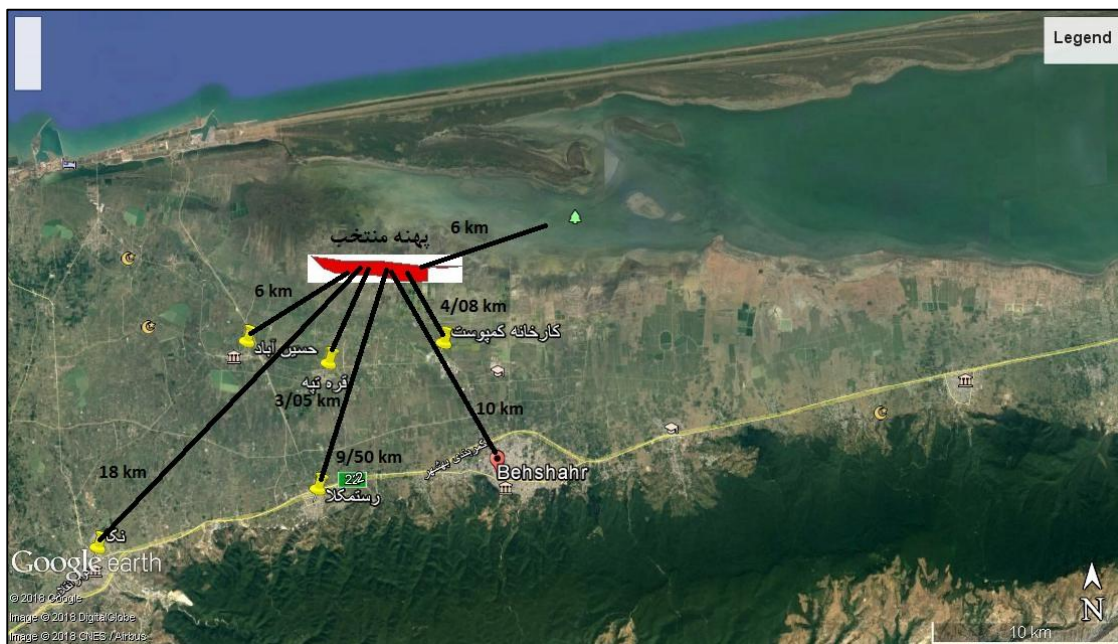


شکل ۴-۲۳- موقعیت پهنه مناسب جهت دفن زباله‌های جامد شهری شرق مازندران

#### ۴-۸- ارزیابی پهنه منتخب

پهنه مورد نظر دارای مساحت ۲۰ کیلومتر مربع بوده و فاصله نسبت به جاده اصلی ۳ کیلومتر و تا جاده فرعی و خاکی بسیار ناچیز می‌باشد. این منطقه دارای شیب کم و از نظر کاربری اراضی دارای اراضی شور می‌باشد. همچنین با توجه به فاصله از مرکز تولید پسماند، پهنه مورد نظر در ۴ کیلومتری مرکز تولید قرار داشته و در شرایط مطلوبی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که در این منطقه هیچ‌گونه چاه، چشمه و قنات و همچنین گسل مشاهده نشده است. در شکل (۴-۲۳)، (۴-۲۴) و (۴-۲۵) تصویری از پهنه مورد نظر نمایش داده شده است. به منظور ارزیابی نفوذپذیری و وضعیت منابع قرضه، مطالعات ژئوتکنیک با حفاری چاهک (۱ متر) و اخذ نمونه و همچنین انجام آزمایش دانه‌بندی و حدود آتبرگ انجام گردید. خاک‌های

دانه‌ریز، خاک‌هایی هستند که درصد عبوری آن‌ها از الک شماره ۲۰۰، مساوی یا بیشتر از ۵۰ درصد می‌باشند. نتایج مطالعات دانه‌بندی خاک نشان داد که بیش از ۹۵ درصد دانه‌های خاک، کوچکتر از  $0.075$  میلی‌متر (الک ۲۰۰) می‌باشند (شکل ۴-۲۶). با توجه به اینکه در خاک‌های ریزدانه خصوصیات خمیری خاک مشخص کننده رفتار آن‌ها می‌باشد، آزمایش حدود آتربرگ برای تعیین کلاس خاک انجام شده است. با توجه به شکل (۴-۲۷)، حد روانی این خاک برابر با  $41/03$  می‌باشد. به علاوه حد خمیری  $18/80$  و در نتیجه مقدار شاخص خمیری  $22/22$  بدست آمد. در نهایت با توجه به نتایج آزمایش دانه‌بندی و حدود بوده (شکل ۴-۲۸) که این نوع خاک دارای ضریب نفوذپذیری  $CL$  آتربرگ، خاک پهنه مورد نظر از نوع کمتر از  $10^{-6}$  (تقریباً نفوذناپذیر) و قابلیت تبادل کاتیونی بالایی می‌باشد. این خاک جز بهترین خاک‌ها برای استفاده به عنوان منابع قرضه و همچنین خاک قاعده لندفیل می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه سطح آب بالا بوده و شوری زیادی دارد، تبادل کاتیونی و جابه‌جایی یون‌ها زیاد می‌باشد و شرایط برای احداث لندفیل خود پالا ایده‌آل است.

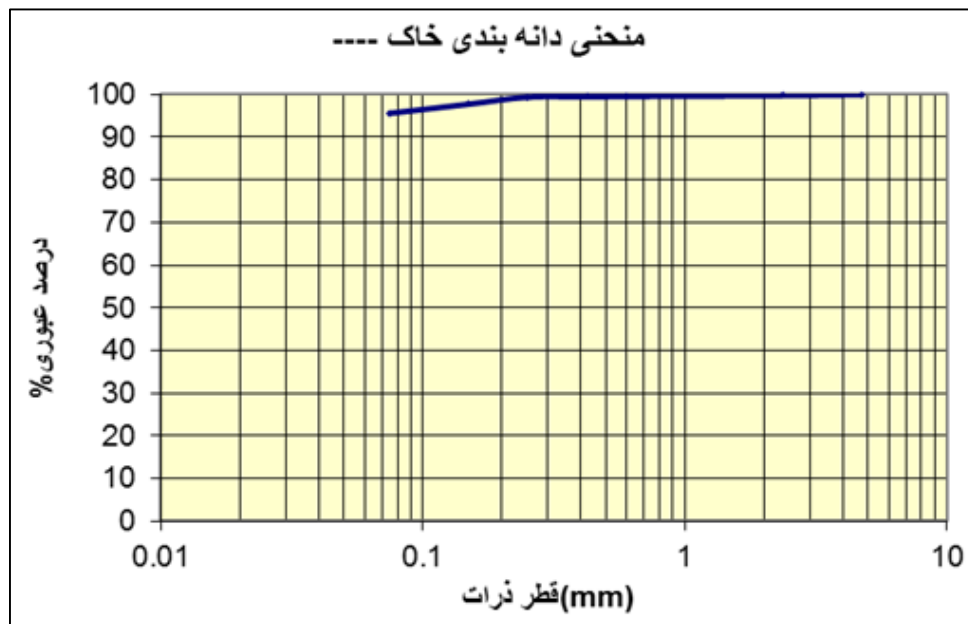


۴-۲۶- موقعیت پهنه منتخب

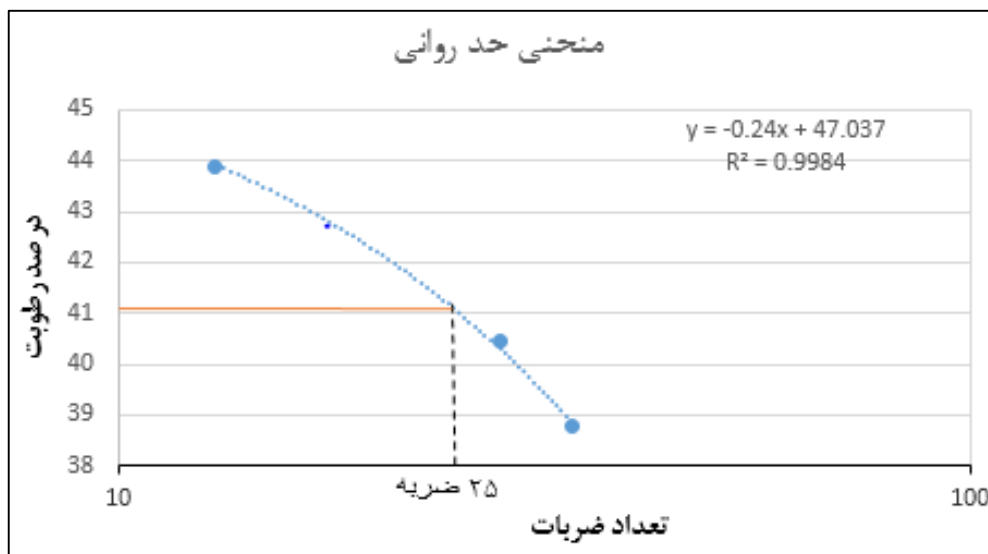




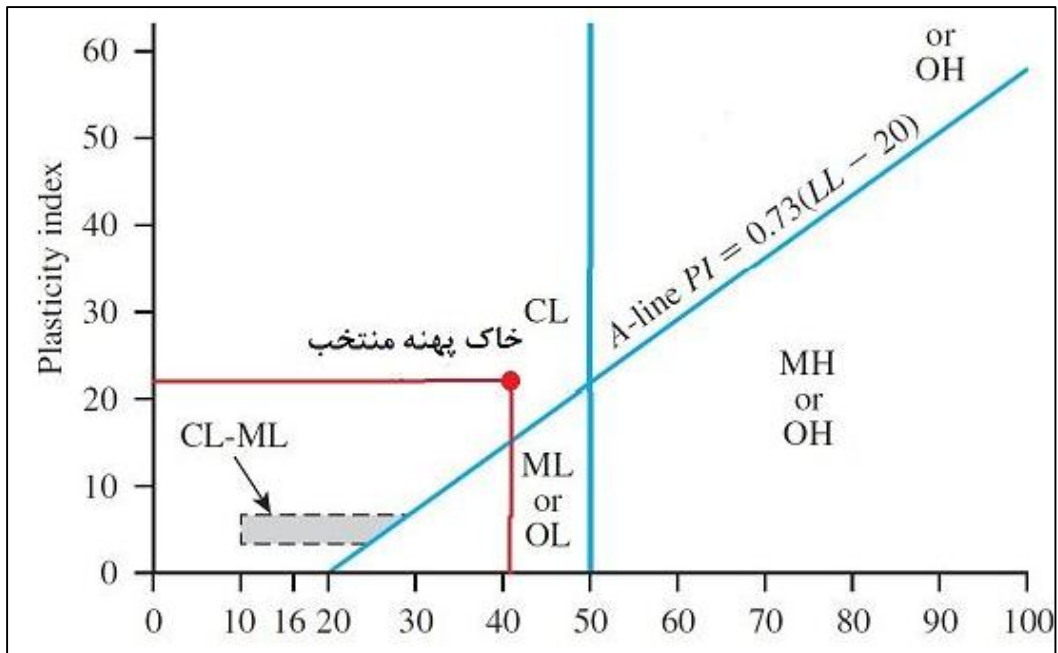
۴-۲۵- تصویری از پهنه منتخب



۴-۲۶- شکل منحنی دانه بندی خاک



۴-۲۷- شکل منحنی حد روانی



شکل ۴-۲۸- نمودار رده بندی یونیفاید خاک‌های ریزدانه و موقعیت قرارگیری خاک منطقه در این نمودار



# فصل پنجم

نتیجہ گیری و پیشہ ادا

## ۵-۱- نتیجه گیری

با توجه به اهمیت موضوع مدیریت پسماند، در این پژوهش در ابتدا وضعیت لندفیل بهشهر از نظر زیست محیطی بررسی شده و در ادامه به منظور تعیین محل مناسب برای دفن زباله‌های شرق مازندران اقدام به مکان‌یابی لندفیل گردید. در نهایت نتایج بدست آمده را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

۱- نتایج آنالیز خاک‌های منطقه و استانداردهای آلودگی خاک استفاده شده در این پژوهش نشان می‌دهد که به غیر از فلزات مولیبدن و کادمیوم، غلظت دیگر فلزات بررسی شده بیش از حد استاندارد بوده و خاک‌ها آلوده می‌باشند.

۲- با توجه به نتایج آنالیز همبستگی پیرسون انجام شده، فلزات کبالت، نیکل، آرسنیک و کروم و همچنین فلزات مولیبدن و کادمیوم دارای همبستگی معناداری بوده و می‌تواند نشان از منشاءهای مشابه برای این دو گروه از فلزات داشته باشد.

۳- نتایج غنی‌شدگی انجام شده در منطقه مورد مطالعه، نشان دهنده این است که وضعیت آلودگی در حد طبیعی تا غنی‌شدگی بوده و روند غنی‌شدگی در فلزات مورد مطالعه به صورت زیر می‌باشد  
 $Cd > As > Zn > Cu > Ni > Co > Cr > Mo$  می‌باشد.

۴- بررسی شاخص بار آلودگی محاسبه شده نشان از آلودگی متوسط تا کم خاک‌های منطقه در اثر فعالیت‌های انسانی دارد. بیشترین مقدار این شاخص در محل لندفیل (نمونه ۱) و نوار بین نمونه‌های ۴ و ۵ بدست آمده است. خاک محل لندفیل در اثر آغشته شدن شیرابه تولیدی از لندفیل آلوده شده است این در حالی است که منطقه بین نمونه‌های ۴ و ۵ عمدتاً در اثر کودهای کشاورزی و عبور جاده بهشهر-عباس‌آباد از بین آن، آلوده شده است.

۵- بررسی غلظت عناصر مطابق با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استاندارد ملی ۱۰۵۳، نشان می‌دهد که آب زیرزمینی بالا دست، شیرابه و چاه‌های پایین دست از منظر فلزات کادمیوم،

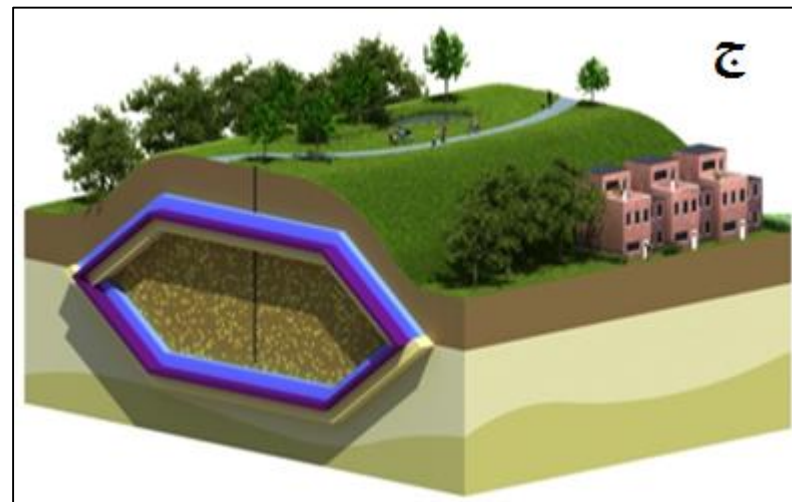
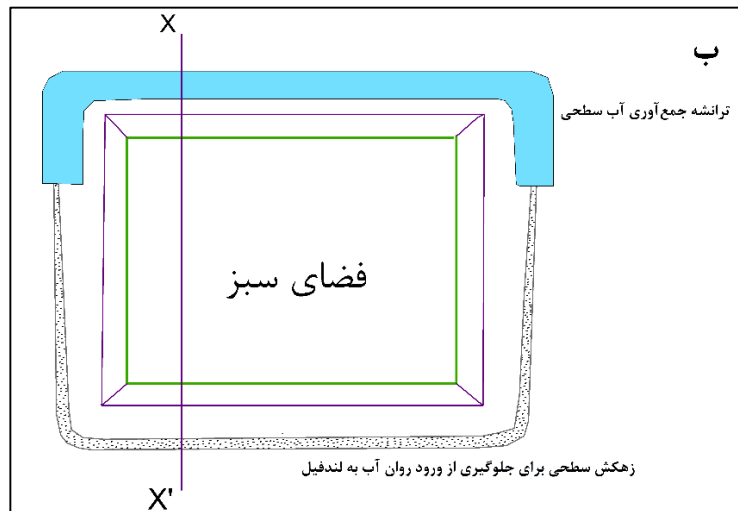
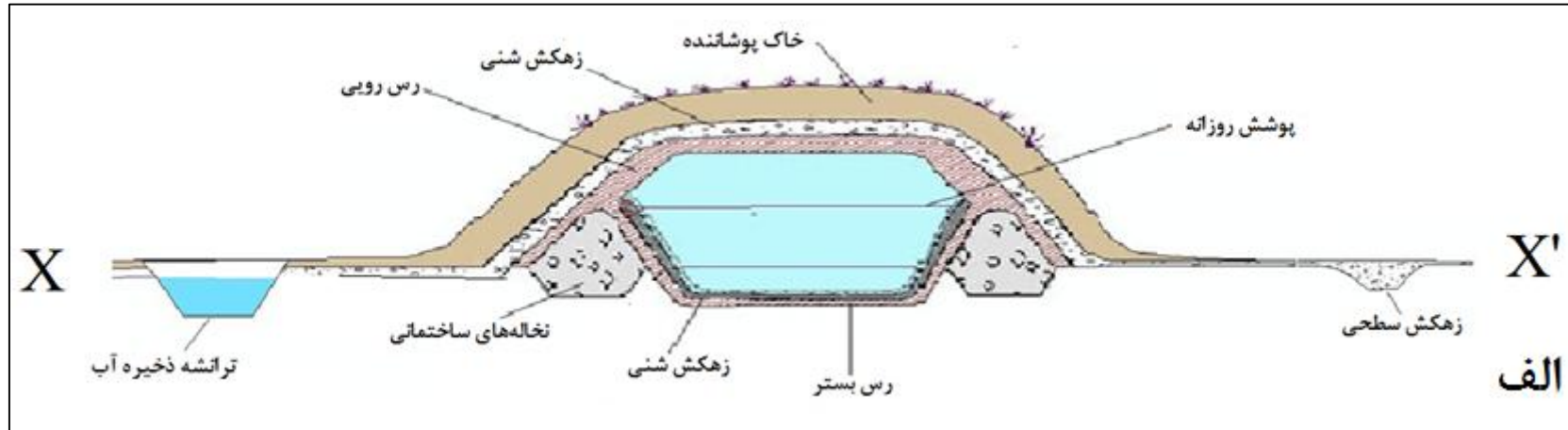
مولیبیدن، منگنز، مس، روی، کروم، نیکل، باریم و آرسنیک آلوده نبوده و تنها فلز آهن و آلومینیوم در شیرابه و چاه W-9 آلوده هستند.

۶- نتیجه مطالعات آلودگی آب و خاک نشان می‌دهد که لندفیل، تاثیر زیادی بر آلودگی این منابع نداشته و زمین‌شناسی پارامتر اصلی تعیین کننده غلظت فلزات سنگین می‌باشد.

۷- نقشه مکان‌یابی که بر اساس پارامترهای کاربری اراضی، کیفیت آب زیرزمینی، عمق سطح آب زیرزمینی، نفوذپذیری، شیب، فاصله از مرکز تولید پسماند، فاصله از آبراه، جهت باد، فاصله از جاده، بارش، منابع قرضه، لرزه‌خیزی و فاصله از گسل و سیستم وزن‌دهی AHP بدست آمده، نشان داد که تنها یک محدوده مناسب و قابل توجه برای دفن زباله‌ها وجود دارد. این محدوده به دلیل حضور رس دارای نفوذپذیری پایین و پتانسیل منبع قرضه بالایی بوده که برای احداث لندفیل مناسب می‌باشد. گسل در این محدوده مشاهده نشده و از نظر شدت لرزه‌خیزی و پتانسیل روانگرایی، دارای شدت لرزه‌خیزی متوسط و بدون پتانسیل روانگرایی می‌باشد. کیفیت آب زیرزمینی این پهنه در محدوده  $EC > 1700 \mu\text{s/cm}$  و عمق سطح آب زیرزمینی ۲-۱ متر می‌باشند. فاصله از آبراه  $< 3500$  متر، فاصله از مرکز تولید پسماند  $4/8$  کیلومتر می‌باشد. شیب پهنه مورد نظر کم و بین ۵-۰ درصد بوده و در جهت باد غالب نسبت به مناطق مسکونی قرار ندارد. محل لندفیل پیشنهادی به دلیل وجود رس مناسب، سطح ایستابی بالا و آب شور منطقه پتانسیل خود پالایی بالایی داشته زیرا از یک طرف یون‌ها در آب شور بیشتر بوده و جابه‌جایی بیشتر یون‌ها موجب خودپالایی بهتر شده و از طرف دیگر وجود خاک رس شرایط مناسبی را جهت خود پالایی فراهم می‌کند. همچنین به دلیل شیب هیدرولیکی کم، پهنه خاصی در آن منطقه در معرض آلودگی قرار نمی‌گیرد.

## ۵-۲- پیشنهادها

- ۱- انجام مطالعات دقیق ژئوتکنیک و تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زیرسطحی خاک منطقه
- ۲- استفاده از نخاله‌های ساختمانی به عنوان منابع قرضه: یکی از مشکلات سیستم مدیریت مواد زائد جامد شهری بویژه در کلان شهرها تولید روزانه چندین هزار تن خاک و نخاله می‌باشد که دفع این مواد علاوه بر مسائل اقتصادی باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود. با توجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی، مشکلات اجرایی برای احداث لندفیل با عمق زیاد وجود خواهد داشت. لذا ترانشه‌های ایجاد شده حداکثر یک متر می‌تواند عمق داشته باشد. بنابراین به منظور کاربری مناسب از زمین لازم است بخش اصلی ضخامت لندفیل در روی زمین احداث گردد. در چنین شرایطی پایداری شیب کنار لندفیل مشکل اصلی خواهد بود. می‌توان از نخاله‌های ساختمانی به دلیل زاویه اصطکاک داخلی بالا به عنوان بخش پایدار کننده شیب‌های کناری لندفیل و حتی در فصول خشک به عنوان خاک پوشاننده روزانه استفاده نمود (شکل ۵-۱). این کار باعث می‌گردد محیط جدیدی برای دفن این نخاله‌ها اشغال نشود و از طرفی حفاری و برداشت منابع قرضه طبیعی انجام نشود. در واقع با تبدیل کاربری این نخاله‌ها از زباله به منبع قرضه، اثرات زیست‌محیطی آن حداقل ممکن برسد.
- ۳- با توجه به شور بودن آب زیرزمینی در این منطقه می‌توان مطابق با شکل (۵-۱)، با احداث حوضچه‌های طولی به خصوص در پایین‌دست لندفیل، از یک طرف از خاک‌های رسی آن برای منابع قرضه استفاده نمود و از طرف دیگر با پر کردن این حوضچه‌ها از آب حاصل از بارندگی یک منبع آب شیرین ایجاد نمود که کاربردهای زیادی می‌تواند باشد. به عنوان مثال به علت رطوبت بالای این منطقه و کم بودن تبخیر، ماندگاری آب داخل حوض زیاد بوده و می‌توان از آن برای آبیاری فضای سبز ایجاد شده بعد از تکمیل لندفیل استفاده نمود. همچنین حضور این آب باعث می‌شود که گرادیان هیدرولیکی به حداقل ممکن کاهش یابد و از پرکنندگی آلودگی جلوگیری شود.



شکل ۵-۱-الف) نمایی از مقطع لندفیل پیشنهادی؛ ب) نمایی از پلان لندفیل پیشنهادی؛ ج) شکل شماتیک از کاربری لندفیل پس از اتمام دفن



## منابع:

- امانپور، س.، سعیدی، ج.، سلیمانی‌راد، الف.، (۱۳۹۲)، "مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری"، فصلنامه انسان و محیط‌زیست، شماره ۲۷، ص ۵۵-۶۴.
- بزرگمهر، ک.، حکیم‌دوست، ی.، محمدپورزیدی، ع.، صیدی، ز.، (۱۳۹۳)، "مکان‌یابی بهینه محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از مدل (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی"، مطالعه موردی: شهرستان تنکابن، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۳، شماره ۹۱.
- بهرام‌سلطانی، ک.، (۱۳۷۱)، "مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی: محیط‌زیست، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، تهران.
- باغوند، الف.، نصیرزاده، ر.، عبدلی، م.ع.، وثوق، ع.، (۱۳۹۴)، "بررسی آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی اطراف مرکز دفن زباله (مطالعه موردی: مرکز دفن زباله تاکستان)"، مجله محیط‌شناسی، ص ۹۰۹-۹۲۱.
- پرنگ، س.، (۱۳۹۱)، "طراحی سیستم جمع‌آوری شیرابه در محل دفن پسماند"، ششمین همایش ملی مهندسی محیط‌زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط‌زیست.
- پرهیزکار، الف.، غفاری گیلانده، ع.، (۱۳۸۵)، "سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری"، انتشارات سمت.
- جهانشاهی، ق.، کیادلیری، م.، (۱۳۹۳)، "مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری ملارد با مدل "AHP"، اولین همایش ملی معماری، عمران و محیط‌زیست شهری.
- حسینی‌مقدم، الف.، جلیلی قاضی‌زاده، م.، زاهدی، ه.، (۱۳۹۴)، "شناسایی مهم‌ترین پارامترهای موثر در مکان‌یابی محل دفن بهداشتی پسماند ویژه لندفیل و تعیین دامنه مطلوبیت برای هر پارامتر"، دومین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری.
- حلم‌سرشت، پ.، دل‌پیشه، الف.، (۱۳۸۶)، "بهداشت زباله: نگرشی بر سیستم‌های نوین مدیریت مواد زائد جامد شهری در جهان"، انتشارات چهر.

حیدرزاده، ن.، (۱۳۷۹)، "بررسی معیارهای مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری"، کتاب سبز شهرداری تهران.

خانلری، غ.، طالب بیدختی، ع.، مومنی، ع.الف.، احمدی، ر. (۱۳۹۱)، "تاثیر شیرابه‌های محل دفن زباله همدان بر آب‌های زیرزمینی"، مجله انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، شماره ۳ و ۴، ص ۸۱-۹۲. داوودی، م.، امینی، م.، رضانی، ل.، (۱۳۹۵)، "بررسی فرآیند تولید کمپوست از پسماندهای شهر تهران"، انتشارات مدیریت فناوری اطلاعات و مرکز اسناد.

زیاری، ک.، موسی‌خانی، ک.، ابادرلو، ش.، ابادرلو، س.، (۱۳۹۱)، "مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از مدل (AHP)"، نمونه موردی شهرستان جلفا، دوره ۱، شماره ۳، ص ۱۴-۲۸. سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، (۱۳۸۳)، قانون مدیریت پسماندها، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران.

عمادی، م.، صفایی، م.، (۱۳۸۶)، "ارزیابی آب زیرزمینی در سمسکنده ساری در اثر ورود شیرابه‌های حاصل از دفن زباله و ارائه راهکارهای کنترلی"، پنجمین همایش زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران. عبدلی، م.ع.، (۱۳۷۲)، "سیستم مدیریت مواد زائد جامد شهری و روش‌های کنترل آن"، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران.

عبدلی، م.ع.، (۱۳۸۶)، "ارزیابی توانایی انطباق فناوری‌های نو مدیریت پسماندها در کشور"، مجله محیط شناسی، سال سی و سوم، شماره ۴۲، ص ۵۱-۶۲.

عظیمی حسینی، م.، نظری‌فر، م.ه.، مومنی، ر.، (۱۳۸۹)، "کاربرد GIS در مکان‌یابی"، چاپ اول، انتشارات مهرگان قلم، ص ۳۰۴.

عمرانی، ق.، (۱۳۷۴)، "مواد زائد جامد(زباله‌سوزها، بازیافت مواد و جمع‌آوری و دفع مواد سمی و خطرناک)"، جلد دوم، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

- عمرانی، ق.ع.، (۱۳۷۷)، "مواد زاید جامد (مدیریت، جمع‌آوری و حمل و نقل، دفن بهداشتی و تهیه کمپوست)، جلد ۱، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.
- غلامعلی فرد، م.، (۱۳۸۵)، "ارائه مدل مکانی-زمانی ارزیابی عرضه و تقاضای زمین برای محل‌های دفن مواد زاید جامد با استفاده از مدلسازی توسعه شهری در محیط GIS"، (مطالعه موردی شهر گرگان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس.
- فتایی، الف.، آل شیخ، ع.، (۱۳۸۸)، "مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS و AHP، نشریه علوم محیطی، شماره ۳، ص ۱۴۵-۱۵۸.
- فتاحی، ت.، (۱۳۸۶)، "معیارهای مکان‌یابی زیست‌محیطی محل‌های دفن پسماندهای خطرناک"، مجله مدیریت پسماند، شماره ۸، دوره ۴، ص ۲۴۳-۲۳۶.
- فرهادی، م.، (۱۳۸۶)، "مدیریت پسماندهای جامد شهری در منطقه ویژه اقتصادی پارس"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- فوادمرعشی، م.، (۱۳۸۴)، "تحلیلی بر مدیریت سیستم مواد زائد جامد شهری"، همایش عمران، معماری و شهرسازی - کرمان.
- قدسی‌پور، س.ح.، (۱۳۹۲)، "فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP"، چاپ یازدهم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ص ۳۲۲.
- مجلسی، م.، نوری، ج.، (۱۳۷۱)، "مدیریت مواد زاید جامد"، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، جلد دوم.
- منوری، م.، (۱۳۸۱)، "الگوی ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محل‌های دفن زباله شهری"، انتشارات سینه سرخ.
- نبوی، م.ح.، (۱۳۵۵)، "دیبچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران"، سازمان زمین‌شناسی کشور، ص ۱۰۹.

## References:

- \*Adamcová, D., Vaverková, M.D., Barton, S., Havlíček, Z., Broušková, E., (2016), "Soil contamination in landfills: a case study of a landfill in Czech Republic". *Solid Earth*, 7: 239–247.
- Ahmadi, M., Teymouri, P., Dinarvand, F., Hoseinzadeh, M., Babaei, A.A., and Jaafarzadeh, N., (2014), "Municipal solid waste landfill site selection using analytical hierarchy process method and geographic information system in Abadan, Iran". *Iranian journal of health sciences*, 2(1): 37-50.
- Alexakis, D.D, Sarris, A., (2014), "Integrated GIS and remote sensing analysis for landfill siting in Western Crete, Greece". *Environment Earth Science*, 72: 467–482.
- \*Allen, A., (2001), "The development of GIS model for the location of landfill site in Ireland and Portugal, final project report", Atlantic Area inter reg-II C.
- \*Allen, A.R., Dillon, A., Brien, M., (1997), "Approaches to landfill site selection in Ireland". in Marinos, Koukis, Tsiambaos and Stournaras (eds), *Engineering Geology and the Environment*, Balkema, Rotterdam, pp. 1569- 1574.
- Alloway, B.J., (1995), "Heavy metals in soils". Blackie Academic and Professional, UK, pp. 384.
- Arko, (2014), "Municipal solid waste landfill site selection using geographical information systems (case study from corlu, Turkey)". *Saudi society for geosciences*, 7: 4975- 4985.
- Aydi, A., Zari, M., Ben Dhia, H., (2013), "Minimization of Environmental risk landfill site using fuzzy logic analytical hierarchy process and weighted linear combination methodology in geographic information on system environment". *Environment Earth Science*, 68: 1375- 1389.
- Bagchi, A., (1994), "Design, Construction and Monitoring of Landfill". New York: John Wiley and Sons, pp. 7- 19.
- \*Basak, S., (2005), "Landfill site selection by using geographic information system". M.s.c thesis, METU, 49: 376-388.
- Bouzayani, F., Abdelwaheb, A., Abichou, T., (2014), "Soil contamination by heavy metals in landfills: measurements from an unlined leachate storage basin". *Environmental Monitoring Assessment*, 186: 5033–5040.
- \*Cantwell, R., (1999), "Putting Data to Work- GIS and site selection studies for waste management facilities". *Eurogise Conference Proceedings*.
- \*Chalkias, C.N., Stournaras, G., (1997), "G.I.S application for the selection of sanitary waste disposal landfill and quarries sites in major sparti area, Greece". in Marinos, Koukis, Tsiambaos and Stournaras (eds), *Engineering Geology and the Environment*, Balkema, Rotterdam.
- Chang, N., Parvathinathan, G., and Breeden, J., (2008), "Combining GIS with fuzzy multivertical decision- making for landfill siting in a fast- growing urban region". *Journal of Environmental Management*, 87: 139- 153.

- Chitsazan, M., Dehghan, F., (2013), "Landfill site selection using geographic information system". (Case study: Ramhormoz city, Iran), *Eco, Environmental and Contamination*, 19(2): 533- 538.
- Christensen, T.H., Cossu, R., (1992), "Landfilling of waste: leachate". Elsevier Science Publishers, 1: 656.
- Chobanoglous, G., Theisen, H., Eliassen, R., (1977), "Solid Waste Engineering Principles and Management Issues". Mc Graw Hill book.
- Claudio, D.I., Roberto, R., Antonio, L., (2006), "Combined biological and chemical degradation for treating a mature municipal landfill leachate". *Biochemical Engineering Journal*, 31: 118-124.
- Dimitrios, D., Alexakis, S., (2014), "Integrated GIS and remote sensing analysis for landfill in western crete, Greece". *Environment Earth Science*, 72: 467-782.
- Doerhoefer, G., Siebert, H., (1998), "Search for landfill sites- requirements and implementation in Lower Saxony, Germany". *Environmental Geology*, 35: 55-65.
- Donevska, K.R., Gorsevski, P.V., Jovanovski, M., and Pesevski, I., (2012), "Regional nonhazardous landfill site selection by integratin fuzzy logic, AHP and geographic information systems". *Environmental Earth Sciences*, 67(1), 121- 131.
- Bahrami, S., Ebadi, T., Ehsani, H., Yousefi, H., Maknoon, R., (2016), "Modeling landfill site selection by multi-criteria decision making and fuzzy functions in GIS". (case study: Shabestar, Iran), *Environmental Earth Sciences* ,75 (337), 1-14..
- El baba, M., Kayastha., (2015), "Landfill site selection using multi- criteria evaluation in the GIS interface". (case study from the Gaze strip, plastine), *Environmental Earth Science* , 8: 7499- 7513.
- \*Environmental Protection Agency, (1971), "Guidline for local government on Solid Waste Manegment". U.S, publication, and Welfore, Public Health.
- \*Environmental Protection Agency, (1992), "Characterization of Municipal Solid Waste in the United States", U.S, publication, and Welfore, Public Health.
- Erosy, H., Bulut, F., (2009), "Spatial and multi- criteria decision analysis- based methodology for landfill site selection in growing urban regions". *Waste management*, 27: 489- 500.
- Eskandari, M., Homae, M., Mahmoodi, S., Pazira, E., Genuchten, M.TH., (2015), "Optimizing landfill site selection by using land classification maps". *Environment science pollut Research*, 22: 7754- 7765.
- Foroughian, A., Eslami, H., (2015), "Application of AHP and GIS for landfill site selection". (A case study: city of Susa), *Journal of Scientific Research and Development*, 2(5):. 129-134.
- \*Gbani, S., Tengbe, P., Momoh, J., Medo, J., Kabba, V., (2013), "Modeling landfill location using Geographic information system (GIS) and multi- criteria decision analysis (MCDA): case study Bo, Southern sierraleon". *Applied Geography*, 36: 3- 12.
- Gorsevski, P.V., Donevska, K.R., Mitrovski, C.D., Frizado, J.P., (2012), "Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site

- selection: a case study using ordered weighted average". *Waste management*, 32(2): 287-296.
- Javaheri, H., Nasrabadi, T., Jafarian, M.H., Rowshan, G.R., Khoshnam, H., (2006), "Site selection of municipal solid waste landfill using analytical hierarchy process method in a geographical information technology environment in Geroft". *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 3(3): 177- 184.
- \*Jesus, C., Costa, C., (1997), "Geoenvironmental Crisis Management and Public Participation". In Machado, J., Ahern, J., *Environmental Challenges in an Expanding Urban World and the Role of Emerging Information Technologies*, CNIG, Lisboa .207-213.
- Jolanta, B., Anna, K., (2008), "The application of hybrid system UASB reactor –RO in landfill leachate treatment ". *Desalination*, 222: 128-134.
- Kabata-Pendis, A., Mukherjee, A.B., (2007), "Trace elements from soil to human. Springer Verlag". Berlin Heidelberg, *Environmental Earth Science*, 9: 183-194.
- Khamehchiyan, M., Nikoudel, M.R., Boroumandi, M., (2011), "Identification of hazardous waste landfill: a case study from zanzan province, Iran". *Environmental Earth Science*, 64: 1763-1776.
- Kjeldsen, P.A., Barlz, M., Rooker, A., BauN, A., Ledin, A., (2002), "Present and Long-Term Compostion of MSW Landfill Leachate". *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 32(4): 297-336.
- Kontos, T.D., Komilis, D.P., Halvadakis, C.P., (2005), "Siting MSW landfills with a spatial multiple analysis methodology". *Waste management*, 25: 818- 832.
- Li, M.S., Luo, Y.P., Su, Z.Y., (2007), "Heavy metal concentrations in solid and plant accumulation in a restored manganese mine land in Guangxi, South China". *Environmental Pollution*, 147: 168-175.
- Liu, C., Cui, J., Jiang, G., Chen, X., Wang, L., Fang, C., (2013), "Soil Heavy Metal Pollution Assessment Near the Largest Landfill of China". *Soil and Sediment Contamination*, 22: 390–403.
- \*Lolos, G., Tsombanidis, C., Paschali, K., Stappas, N., Loizides, M., (1997), "A multicriteria decision support system for landfill site selection". in Marinos, Koukis, Tsiambaos and Stournaras (eds), *Engineering Geology and the Environmant*, Balkema, Rotterdam, 115-124.
- Looser, M.O., Parriaux, M., Benismon, M., (1999), "Landfill underground pollution detection and characterization using inorganic traces". *Water research*, 33(17): 3906-3616.
- Loska, K., Cebula, J., Pelczar, J., Wiechula, D., Kwapulinski, J., (1997), "Use of enrichment, and contamination factors together with geoaccumulation indexes to evaluate the content of Cd, Cu, and Ni in the Rybnik water reservoir in Poland". *Water, Air, Soil Pollut*, 93(1), 347– 365.
- Madrid, L., Diaz-Barrientos, E., Madrid, F., (2002), "Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville". *Chemosphere*, 49: 1301-1308.

- Mahdavi damghani, A., Savarypour, GH., (2007), "Municipal solid waste management in Tehran: current practice, opportunities and challenges", *International Journal of Integrated Waste Management, Science and Technology. Measurement from a closed unlined landfill*", *Bioresource technology*, 8578-8584.
- Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A., Darvishsefat, A.A., Zinalyan, N., (2010), "Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj)". *Waste management*, 30: 920-929.
- Monsef, H., (2015), "Optimization of municipal landfill siting in the Red Sea coastal desert using geographic information system, remote sensing and an analytical hierarchy process". *Environmental Earth Science*, 74: 2283-2296.
- Mujibor Rahman, M.D., Sultana, K.R., Ahasanul Hoque, M.D., (2008), "Suitable sites for urban solid waste disposal using GIS approach in Khulna city, Bangladesh". *Proc. Pakistan Acad. Sci.*, 45(1): 11-22.
- Nasralla, M.M., (1984), "Lead in Jaddah urban dust", *Environment Pollution Series B, Chemical and Physical*, 8(2): 133-141.
- Nagarajan, R., Thirumalaisamy, S., Lakshumanan, E., (2012), "Impact of leachate on groundwater pollution due to non-engineered municipal solid waste landfill sites of erode city, Tamil Nadu, India". *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, pp.35-40.
- Nazari, A., Salarirad, M.M, Bazzazi, A.A., (2010), "Landfill site selection by decision-making tools based on fuzzy multi- attribute decisionmaking method", *Environmental Earth Science*, 65:1631- 1642.
- Nixon, W.B., Murphy, R.J., Stessel, R.I., (1997), "An empirical approach to the performance assessment of solid waste landfills, London, Royaume-Uni, Sage of local hydrogeology on natural attenuation of leachate at a municipal landfill". *International Journal of Environmental Science Technology*, 4(1): 133-140.
- Oluwakunmi, C., Tebal, N., (2012), "Environmental impact of landfill on Groundwater Quality and Agricultural soils in Nigeria". *Soil and Water Res*, 7(1): 18- 26.
- \*Oweis, I., Khera, R., (1998), "Criteria for geotechnical construction on sanitary landfills in international symposium on environmental Geotechnology". 1: 205- 222. USA: NVO Publishing Company Inc.
- \*Pinar Yal, G., Akgun, H., (2013), "Landfill site selection and landfill liner design for Ankara, Turkey". *Environ Earth science*, 70: 2729–2752.
- Pretty, P., (2008), "Environmental standard for municipal solid waste landfill site". *Guidance document, Government of New Foundland and Labrador, Department of Environment and Construction.*
- Rudnick, R.L., Gao, S., (2003), "Composition of the Continental Crust. In: Holland, H.D., Turekian, K.K. (eds-in-chief), *Treatise on Geochemistry*". 3: 1–64. Saaty, T.L., (2004), "Decision making the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP)", *Journal of systems science and systems engineering*, 13(1), 1- 35.

- \*Sener, B., (2004), "Landfill site selection by using geographic information systems". Middle East Technical University, 114.
- Sener, S., Sener, E., Karaguzel, R., (2011), "Solid Waste disposal site selection with GIS and AHP methodologie: acase study in Senirkent- Uluborlu (isparta) Basin, Turkey". Environmental monitoring and asseament, 173: 533- 554.
- Sharifi, M., Hadidi, M., Vessali, E., Mostafakhani, P., Taheri, K., Shahoie, S., Khodamoradpour, M., (2009), "Integrating multi- criteria decision analysis for a GIS based hazardous waste landfill siting in Kurdistan provionce western Iran". Waste management, 29: 2740- 2758.
- Sorum, L., Frandsen, F., Hustad, J., (2004), on the fat of: "Heavy metal in municipal Solid Waste combustion". Part II. From furnace to filter. Fuel 83: 1703- 1710.
- \*Tecininvest., (1994), "Treatment of Industrial wastes study to characterization locals for controlled landfill". (in Portuguese), D.G.A. Lisboa, pp. 1- 26.
- Thoso, M., (2007), "The construction of a Geographic information system (GIS) Model for landfill site selection", A dissertation submitted in partial fulfillment for the requirement for the degree of magister artium in the department of geography at the university of the free state, 17- 25.
- Timur, H., Ozturk, I., (1999), "Anaerobic sequencing batch reactor treatment of landfill leachate". Fenton process Water Research, 33(15): 3225-3230.
- Torabian, A., Mahjouri, M., (2003), "Environmental and health concern associated with compost products in Iran". International Journal Environmental studies, 60(2): 135- 144.
- U.S. EPA, (1996), "Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils". Revision 2. Washington, DC.
- Uyan, (2014), "MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey". Environmental Earth Science, 71: 947- 960.
- \*Vastava, S., Nathawat, (2002), "Selection of potential Waste disposal sites around Ranchi Urban complex using remote sensing and GIS techniques". Urban planning, map Asia conference, 13.
- \*Vrom, (2003), "ANNEX A: Target Values, Soil remediation intervention values and indicative level for serious contamination". Netherland ministry of housing, spatial planning and the environment.
- Wagner, J., Bilitewski, B., (2009), "The temporary storage of municipal solid waste Recommendations for a safe operation of interim storage facilities". Waste Management, 29(5): 1693-1701.
- Yang, D., James, D.E., (2006), "Treatment of landfill leachate by Fenton process". Water Research, 40: 3683-3694.
- Yazdani, M., Monavari, S.M., Omrani, G.A., Shariat, M., Hosseini, S.M., (2015), "Landfill site suitability assessment by means of Geographic information system analysis". Solid Earth, 6: 945- 956.
- Yesilnacar, M., Cetin, H., (2005), "Site selction for hazardous waste". (A case study from the: Gap area, Turkey- Engineering geology), 81: 371- 388.



- Younsi, A., (2004), "Environmental impact of an urban landfill on a coastal aquifer". Journal of African Earth Sciences, 3:16-509.
- Yun, W.K., Kyung, Y.H., (2000), "Effect of reaction conditions on the oxidation efficiency in the", Water Research, 34(10): 2786-2790.
- Zamorano, M., Molero, E., Hurtado, A., Grindly, A., Ramose, A., (2009), "Evaluation of a municipal landfill site in southern Spain with GIS- aided methodology". Journal of Hazardous materials, 160: 473- 480.
- \*Zuquette, L.V., Pejon, O.J., Sinelli, O., Gandolfi, N., (1994), "Methodology of specific engineering geological mapping for selection of site for waste disposal". In 7th international IAEG Congress, Balkema, Rotterdam, ISBN, 2481- 2489.

\* منابع ستاره‌دار به نقل از سایر منابع آورده شده و توسط نگارنده مطالعه نشده‌اند.

## Abstract

Urban development and population growth have led to an increase of solid waste production in urban areas as one of the most important threats to the environment. Therefore, waste management has a crucial role from environmental point of view. At the present, waste sanitary landfill is the most cost-effective solid waste disposal system, which has considerable effect on pollution reduction and environmental monitoring costs. The main objectives of this study are assessment of Behshahr current landfill effects on the surrounding environment and new landfill site selection for east of Mazandaran Province. For this reason, 12 soil samples have been chosen from surface soil of landfill site and neighbor agricultural lands and after preparation, the samples were analyzed by ICP-OES for measuring 35 elements. Among the analyzed elements, 8 elements including cobalt, zinc, copper, arsenic, molybdenum, chromium, nickel, and cadmium were evaluated. The obtained results were compared with 4 soil contamination standards. The results indicate that the average values of cobalt, cadmium, zinc, copper, arsenic, and nickel were higher than pollution limits of the standards. Statistical analyses were performed on the results by employing Pearson's correlation matrix, enrichment index, pollution index, and pollution load index. The measured pollution index indicates that the studied soils have moderate rate of human induced pollution and from enrichment index standpoint the Cd>As>Zn>Cu>Ni>Co>Cr>Mo trend can be seen. Furthermore, for assessment of landfill leachate on heavy metals contamination of groundwater, 11 samples were selected from spring and wells in neighbor of the landfill and were analyzed by ICP-MS. The results indicated that groundwater was not affected by landfill leachate. In order to select a suitable landfill site for urban solid waste disposal in east of Mazandaran, several criteria such as land use, groundwater quality, groundwater level, permeability, slope angle, distance from the waste production center, distance from surface water, wind direction, distance from road, rainfall, borrow materials, seismicity, and distance from the fault were considered. All of the criteria layers were classified using ArcGIS software. The hierarchical analysis process (AHP) method was then used to weigh the information layers. By integrating the results of GIS and the hierarchical analysis process, the studied area was classified as suitable, relatively suitable, relatively inappropriate and inappropriate from landfilling susceptibility standpoint. Finally, by considering environmental and operational criteria, a suitable site for municipal solid waste disposal was proposed.

*Keywords: site selection, landfill leachate, east of Mazandaran, heavy metals, hierarchical analysis process.*



Shahrood University of Technology  
Faculty of Earth Sciences

## Site Selection of Municipal Solid Waste Landfill in East of Mazandaran Province

**By: Fatemeh Hosseinzadeh**

**Supervisor**

**Dr. A. Momeni**

**Advisor**

**Dr. R. Bagheri**

**July 2018**