

کاربرد روش سیمپلکس و مفهوم جبران در ارزیابی اثرات توسعه مشارکتی

(مطالعه موردی: گزینه‌های کارخانجات کمپوست و دفن زباله استان گلستان)

سمانه دزیانی^{*۱}

samaneh_deziani@yahoo.com

عبدالرسول سلمان ماهینی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۱۸

چکیده

زمینه و هدف: انجام مطالعات ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، از جمله روش‌های مطلوب در جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار است. در واقع اگر تصمیم به اجازه دادن به اجرای توسعه باشد، فرایند ارزیابی برای تعیین محدودیت‌ها و روش‌های جبران و جلوگیری از اثرات منفی و به حداقل رساندن مخاطرات محیط‌زیستی به‌کار گرفته می‌شود. در تحقیق حاضر، جهت انتخاب مکان احداث کارخانه کمپوست و دفن پسماند در استان گلستان، پنج منطقه پیشنهاد و ارزیابی اثرات انجام یافته است.

روش بررسی: در این پژوهش ضمن تشریح روشی ریاضی مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی، با استفاده از داده‌های مبتنی بر نقشه‌های مکانی به اولویت‌بندی مناطق پیشنهادی و انتخاب گزینه نهایی پرداخته شده و با در نظر گرفتن جبران اثرات، مقادیر مهم‌ترین متغیرهای تصمیم به نحوی که حداقل آلودگی را در پی داشته باشد، تعیین شده است.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از برنامه‌ریزی خطی، در منطقه شرقی گزینه یک با اختلاف بسیار اندک از سایرین، گزینه ارجح و در قسمت غربی، گزینه پنج با مقدار تابع هدف کم‌تر انتخاب گردید. مؤثرترین پارامترها در مورد گزینه‌های یک تا چهار، آلودگی آب‌های زیرزمینی و در مورد منطقه پنج، کاهش زمین‌های با ارزش تعیین گردید. چرا که در مورد گزینه پنج، با توجه به انواع جبران، هزینه و زمان در نظر گرفته شده، تأثیری که بر منطقه شکار ممنوع مجاور گذاشته می‌شود مهم‌تر از آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: بررسی سطوح جبران حداقل و حداکثر نشان می‌دهد که افزایش جبران اثرات، میزان کلی آلودگی‌های محیط را کاهش می‌دهد و بالعکس. تحلیل حساسیت، درستی نتایج این روش را تأیید می‌نماید.
واژه‌های کلیدی: ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، جبران، برنامه‌ریزی خطی، بهینه‌سازی.

*۱- (مسئول مکاتبات): دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، گرگان، ایران.

۲- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران.

Application of Simplex method and Mitigation Concept in Participatory Environmental Impact Assessment

(Case study: Compost Plants and Landfill Alternatives in Golestan Province)

Samaneh Deziani ^{1*}

samaneh_deziani@yahoo.com

Abdolrasoul Salmanmahiny ²

Abstract

Background and Objective: Environmental impact assessment studies are one of the proper means of ensuring a sustainable development. Determining limitations and mitigation procedures for the negative effects compose the main core of the EIA procedure, in case the suggested development has been allowed. In this study, impact assessment has been applied for five suggested compost and landfill sites in Golestan Province of Iran.

Method: In this study, considering the associated costs, linear programming has been applied to rank the proposed landfill and compost plant sites. For this purpose, GIS data has been used and the optimum site selection process has been implemented. The site has been determined so as to minimize the likely impacts.

Findings: The results show that by using linear programming, site 1 on the eastern part with a slight difference to others, and site 5 in the western part with the least goal function value are the best. The most effective parameters for the sites 1 to 4 is underground water pollution, and for site 5 is loss of valuable land. However, at the site 5, the impact on the neighboring no-hunting area is more important than underground water pollution, considering costs and the required time for mitigation efforts.

Conclusion: Using the minimum and maximum levels of mitigation levels shows that increase of mitigation can reduce pollution, and vice versa. Sensitivity analysis confirms the accuracy of this method.

Keywords: Environmental Impact Assessment, Mitigation, Linear Programming, Optimization.

1- MSc of Environmental Sciences, Gorgan, Iran. * (*Corresponding Author*)

2- Associate Professor of Environmental Sciences, Department of Environment, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

مقدمه

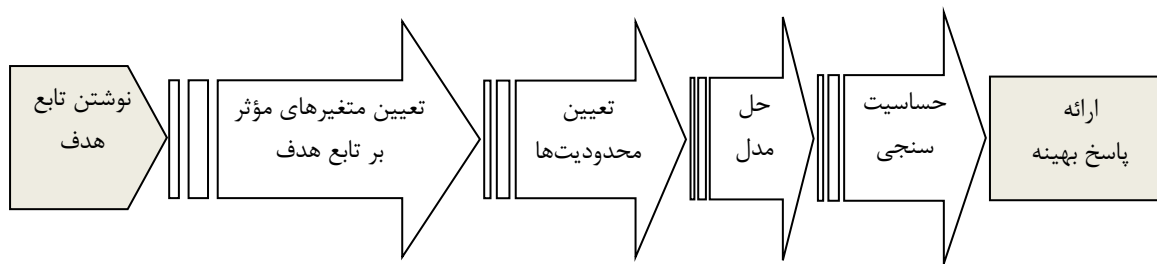
بهینه‌سازی می‌دهیم و آن هنگامی است که ساختار مسأله در قالب تابع هدف و مجموعه‌ای از محدودیت‌ها قابل توصیف است. در مسایل برنامه‌ریزی ریاضی، جواب بهینه از محدودیت‌ها گرفته می‌شود و تابع هدف تنها نقش هدایتگری و جهت‌دهی برای پیدا کردن آن جواب یا راه‌حل دارد. بدین ترتیب، مسایل برنامه‌ریزی خطی و مسایل برنامه‌ریزی غیرخطی در زمره مسایل برنامه‌ریزی ریاضی هستند (۴).

به بیان ساده‌تر، به‌وسیله برنامه‌ریزی خطی می‌توان بهترین نتیجه (مثلاً بیش‌ترین سود یا کم‌ترین هزینه) را در شرایط خاص و با محدودیت‌های خاص به‌دست آورد. محل اصلی استفاده از برنامه‌ریزی خطی در اقتصاد است، اما در مهندسی نیز کاربردهای فراوانی دارد (۵). برنامه‌ریزی خطی، مدلی ریاضی برای جستجو و انتخاب بهترین برنامه (روش انجام کار) از میان مجموعه راه‌های ممکن می‌باشد. از آن‌جا که تمامی روابط ریاضی موجود در این مدل از نوع درجه یک می‌باشند، مدل خطی نامیده می‌شود. در برنامه‌ریزی خطی می‌توان مسایل مختلف از قبیل ترکیب، تولید، سرمایه‌گذاری، بازاریابی، حمل و نقل، زمان‌بندی چنددوره‌ای و غیره را مدل‌سازی کرده با استفاده از نرم‌افزارهای مربوط به حل آن پرداخت. برنامه‌ریزی خطی با بهینه کردن (حداکثر یا حداقل کردن) متغیرهای وابسته‌ای که به‌صورت خطی با مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل مرتبط می‌شود و با در نظر گرفتن تعدادی محدودیت خطی تشکیل یافته از متغیرهای مستقل در ارتباط است (۲). شکل ۱ فرایند برنامه‌ریزی خطی را نشان می‌دهد.

ارزیابی اثرات توسعه، فرایند شناسایی، پیش‌بینی و کاهش یا جبران (Mitigation) اثرات منفی زیست- فیزیکی، اجتماعی و دیگر اثرات مرتبط با پیشنهادهای توسعه قبل از تصمیم‌گیری‌های عمده و اجرای آن‌هاست. تمام هدف ارزیابی اثرات توسعه، متوازن ساختن اثرات اجتماعی و مدیریت مخاطرات محیط‌زیستی است. در هنگام شناسایی این ارزش‌ها، تناقض و ناهماهنگی در میان آن‌ها بررسی می‌شود که آیا طرح توسعه با این تصمیم‌ها هم‌خوانی دارد یا نه؟ اگر تصمیم، اجازه دادن به اجرای توسعه باشد، فرایند ارزیابی برای تعیین محدودیت‌ها و روش‌های جبران و جلوگیری از اثرات منفی و به حداقل رساندن مخاطرات محیط‌زیستی به‌کار گرفته می‌شود (۱).

پس از کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در انتخاب گزینه‌های پیشنهادی لازم است روش‌هایی برای انتخاب گزینه‌هایی که مجموع دیدگاه‌های موجود را در نظر گرفته و گزینه بهینه را انتخاب نمایند، پیش‌بینی شوند. روش برنامه‌ریزی خطی با توجه به ویژگی‌های زیر روشی موفق و مورد قبول کارشناسان است (۲):

۱. سادگی روش (از نظر درک مفاهیم)
 ۲. سهولت انجام محاسبات
 ۳. عدم نیاز به نرم‌افزاری خاص برای انجام محاسبات
- ابزارهای برنامه‌ریزی خطی و سیستم اطلاعات جغرافیایی که امروزه در دسترس هستند، سعی در اجرا و ترکیب بهتر تحلیل اطلاعات مکانی دارند، یعنی به کمک آن‌ها می‌توان مکان‌های مناسب و بهینه را شناسایی کرد یا حداقل می‌توان آن مکان‌ها را نزدیک‌ترین مناطق به نواحی بهینه دانست (۳). در واقع برنامه‌ریزی ریاضی اسم خاصی است که به یک رشته از مسایل



شکل ۱- نمودار جریان‌ی اجرای برنامه‌ریزی خطی

Figure 1-Flow chart for linear programming implementation

کمپوست برای بخش غربی و شرقی استان گلستان در ایران پرداختند. آنان در پژوهش خود از ماتریس سریع ارزیابی اثرات (Rapid Impacts Assessment Matrices) استفاده کرده و نتایج را با روش سنتی مقایسه نمودند. طبق روش سنتی گزینه‌های سه و چهار انتخاب شدند اما در روشی که آن‌ها اتخاذ کردند، گزینه‌های یک و چهار به‌عنوان گزینه ارجح تعیین گردیدند (۹).

با توجه به بررسی پژوهش‌های انجام یافته در ایران، فقدان پرداختن به گزینه جبران در فرایند ارزیابی اثرات توسعه بسیار بارز است. همچنین در برخی از تحقیق‌های حاضر جهان، عدم توجه کافی به موضوع جبران اثرات که یکی از مراحل اصلی ارزیابی اثرات توسعه است، دیده می‌شود. لذا انجام چنین تحقیقی در خصوص بررسی گزینه‌های جبران اثرات و چگونگی اعمال آن‌ها به‌صورت مستند، قابل تکرار و انعطاف‌پذیر به نحو چشم‌گیری احساس می‌گردد. مطالعه حاضر سعی دارد گامی فراتر از مطالعات معمول انجام یافته در ایران گذارده و آن‌را به روش‌های جهان‌شمول نزدیک‌تر کند و این کار را با ایجاد گزینه‌های انتخاب بیش‌تر، و مفهوم جبران فراهم می‌نماید.

هدف اصلی این تحقیق معرفی چندین سطح جبران برای هر گزینه پیشنهادی محل دفن زباله و بازیافت پسماند استان گلستان می‌باشد. همچنین این پژوهش بر آن است تا زمینه‌ای برای انتخاب بهترین گزینه توسعه به‌طور مشارکتی با استفاده از فن‌تصمیم‌گیری چند معیاره و سطوح جبران ایجاد کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

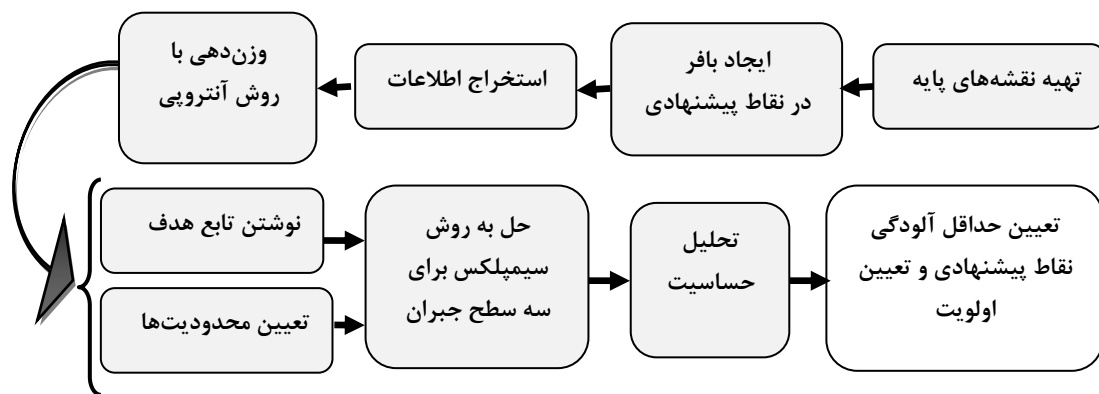
در خصوص مکان‌یابی محل دفن پسماند مطالعات متعددی در جهان و ایران صورت گرفته است. برای نمونه، Vatalis و همکاران در سال ۲۰۰۲ به مطالعه مکان‌یابی محل دفن زباله در غرب مقدونیه پرداختند. این ناحیه با ۲۳ شهرداری مجزا و جمعیت ۱۰۵ هزار نفری دارای تولید سرانه زباله ۹۰۰ گرم در روز بوده است. این محققان برای حصول به نتیجه از برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند (۶). Kantos و همکاران در ۲۰۰۵، به مطالعه مکان‌یابی محل دفن زباله در جزیره لمنوس (یونان) پرداختند. این جزیره با ۴۸۰ کیلومتر مربع مساحت و جمعیتی که پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ به ۲۵ هزار نفر برسد، دارای سرانه تولید زباله یک کیلوگرم در روز است که ۳۵٪ آن را زباله‌های تر تشکیل می‌دهد. این تحقیق با انتخاب روش وزن دهی اضافی ساده (Simple Additive Weighting) رابطه‌ای را برای ارزش‌گذاری نواحی برای ۲۰ سال آینده پیشنهاد کرده است (۷). لطفی و همکاران نیز در سال ۱۳۸۹ به بررسی مکان‌یابی دفع پسماندها با روش برنامه‌ریزی خطی در سیستم اطلاعات جغرافیایی در نواحی از استان خراسان رضوی پرداختند. عوامل اصلی در مکان‌یابی محل دفن پسماندها در این تحقیق توپوگرافی، شیب زمین، جنس خاک، زمین‌شناسی، آب‌شناسی، فاصله از منابع آب‌های سطحی، مراکز جمعیتی شهری و روستایی، جاده دسترسی و منابع تولید پسماندها بوده است. با تعیین محدوده‌های قابل قبول برای هر یک از عوامل بالا و بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل نهایی، مکان‌های مناسب برحسب اولویت بر روی نقشه تعیین شد (۸). همچنین مؤمنی و همکاران در ۲۰۱۱ به تعیین دو مکان مناسب احداث کارخانه

تقسیمات کشوری در سال ۱۳۸۸، این استان شامل ۱۴ شهرستان، ۲۴ شهر، ۲۱ بخش و ۵۰ دهستان است (۱۰).

نرم افزارهای استفاده شده در تحقیق

در تحقیق حاضر از نرم افزارهای ArcGIS، ایدریسی، کلیمانجارو (Idrisi Kilimanjaro) و ایدریسی تایگا (Idrisi Tiga) جهت آماده سازی نقشه ها و از نرم افزار Excel برای وزن دهی و برخی محاسبات آماری استفاده شده است. کل مراحل تحقیق را می توان در شکل ۲ خلاصه نمود.

استان گلستان با مساحت ۲۰۴۳۷/۷۴ کیلومترمربع، ۱/۳٪ مساحت کل کشور را تشکیل می دهد. این استان بین ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه و ۲ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۷ دقیقه و ۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۱ دقیقه و ۴ ثانیه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و در بخش شمال شرقی کشور واقع شده است. از نظر محدوده سیاسی، استان گلستان از شمال به کشور ترکمنستان از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان شمالی و از غرب به دریای مازندران و استان مازندران محدود می شود. براساس آخرین



شکل ۲- مراحل انجام تحقیق

Figure 2- The stages of research

که سعی در یافتن جواب بهینه با شروع از یک جواب پایه ای شدنی و حرکت به سوی جواب های پایه ای شدنی مطلوب تر دارد. این روند تا جایی ادامه می یابد که هیچ جواب پایه ای شدنی، مطلوب تر از جواب فعلی نباشد. در این صورت به جواب بهینه رسیده و کار متوقف می گردد (۱۱).

تحلیل حساسیت نیز رویه ای است که به طور کلی بعد از به دست آوردن حل بهینه به اجرا در می آید. تحلیل حساسیت تعیین کننده میزان حساسیت جواب بهینه در مقابل تغییرات معین در مدل اصلی است (۲). در مبحث تحلیل حساسیت، تغییرات گسسته در ضرایب یک مسئله برنامه ریزی خطی بر روی جواب بهینه بررسی می گردد. اما هدف برنامه ریزی خطی پارامتری، مطالعه اثر تغییرات پیوسته در پارامترهای یک مسئله برنامه ریزی خطی است. اساس این کار همانند تحلیل حساسیت

- استفاده از برنامه ریزی خطی به عنوان روش انتخاب گزینه نهایی مدل سازی را می توان هنر نامید زیرا به خلاقیت و ابتکار نیاز دارد. اولین قدم در جهت مدل سازی، درک دقیق و کامل مسأله است. اگر متغیرهای یک مسأله کمیت پذیر باشند، می توان اهداف مسأله را با استفاده از توابع و محدودیت های آن به وسیله معادلات یا نامعادلات ریاضی بیان نمود. این عمل مدل سازی ریاضی نام دارد (۱۱).

در مسایل برنامه ریزی خطی دو متغیره، می توان از روش ترسیمی به حل مسأله پرداخت. اما در مسایل عملی تعداد متغیرها می تواند بسیار زیاد باشد، لذا روش ترسیمی نمی تواند راه حل مناسبی برای حل مسایل برنامه ریزی خطی باشد. در این پژوهش، برای یافتن پاسخ بهینه از روش سیمپلکس استفاده گردید. روش سیمپلکس در واقع یک روش تکراری است

است و از روابط به کار گرفته شده در تحلیل حساسیت استفاده می شود (۱۱).

در این مطالعه، استان گلستان به دو بخش شرقی با مرکزیت آزادشهر و بخش غربی با مرکزیت گرگان تقسیم شده است. با توجه به پوشش دادن مدیریت دفع پسماندها در سطح استان گلستان، در مرحله امکان سنجی و مکان یابی نسبت به انتخاب پنج گزینه مکانی اقدام گردیده است. جهت انتخاب بهترین گزینه محل دفن زباله دو منطقه در قسمت غربی و سه محل در شرق استان، پیشنهاد شده، به نحوی که حداقل دو جایگاه دفن

بهداشتی و کارخانه تولید کمپوست در بخش های شرقی و غربی قادر به پذیرش کلیه زباله های شهری و روستایی استان باشند (۱۲).

از نظر فنی، در نهایت دو کارخانه کمپوست هر یک با ظرفیت ۲۵۰ تن در یک نوبت کاری و با خط تولید کودهای درشت و نرم در دو سایت، در بخش های شرقی و غربی استان استقرار خواهند یافت (۱۲). شکل ۳ موقعیت گزینه های پیشنهادی را در استان گلستان نشان می دهد.



شکل ۳- موقعیت گزینه های پیشنهادی دفن زباله و احداث کارخانه کمپوست در استان گلستان

Figure 3- Position of proposed landfill options and construction of a compost plant in Golestan province

جهت مقایسه مناطق پیشنهادی ابتدا نقشه های نقاط یاد شده را به رستر تبدیل کرده و سپس محدوده اثرات کارخانه با یک بافر با شعاع هشت کیلومتر مشخص گردید. مقدار این بافر با مطالعه بر روی پژوهش های مشابه و نظر کارشناسی تعیین شد. در مرحله بعد، از محدوده بافر زده شده، اطلاعات استخراج گردید. هنگامی که از تابع مینیمم در برنامه ریزی خطی استفاده گردد، می توان مکانی را برای احداث کارخانه انتخاب کرد که پذیرای حداقل آلودگی تولیدی، با توجه به جبران های در نظر گرفته شده و حتی هزینه، زمان و نیروی کار مصرف شده باشد. در این قسمت نیاز به وزنی بود که از روش آنتروپی به دست آمد. سپس تابع هدف نوشته شد. در این راستا هر یک از

در تحقیق حاضر پارامترهای محیط زیستی با استفاده از مرور منابع مختلف و نظر کارشناسی تعیین گردیده است. این پارامترها شامل: نقشه احتمال کاهش تنوع زیستی، کاهش تراکم گیاهی، آلودگی بو، آلودگی دید، آلودگی خاک، آلودگی صدا، آلودگی آب های سطحی، آلودگی آب های زیرزمینی، فرسایش خاک، بهداشت و نقشه مناطق حفاظت شده استان گلستان می باشد. تمامی نقشه ها به فرمت قابل قبول در نرم افزار ادریسی تبدیل و سپس فازی گردید. از آنجا که محدوده تحت پوشش نقشه ها یکسان نبود، تمامی آن ها برش زده شدند به طوری که پنج منطقه پیشنهادی برای احداث کارخانه را پوشش دهند.

$$f_{(\min)} = 4.26 X_1 + 0 X_2 + 1.5 X_3 + 1.4 X_4 + 18.8 X_5 + 48 X_6 + 1.8 X_7 + 5.7 X_8 + 74.5 X_9 + 0.54 X_{10} + 0 X_{11}$$

محدودیت‌ها شامل هزینه، زمان و نیروی کار است. جدول ۱ ارزش نسبی هر یک از محدودیت‌ها را در برابر نوع جبران در نظر گرفته شده نشان می‌دهد. جبران اثرات یکی از مراحل اصلی ارزیابی اثرات توسعه می‌باشد. به‌عنوان نمونه برای جبران کاهش تنوع زیستی می‌توان از درخت‌کاری استفاده کرد، چراکه افزایش پوشش گیاهی باعث افزایش زیستگاه خواهد شد و در نتیجه تنوع زیستی بهبود می‌یابد. محدودیت‌ها با استفاده از نظر کارشناسی بین یک تا نه عدد دهی شده‌اند.

جدول ۱- انواع محدودیت‌های در نظر گرفته شده و ارزش نسبی آن‌ها با توجه به نوع جبران

Table 1- Types of constraints are considered and their relative value according to the type of mitigation

محدودیت‌ها			جبران
نیروی کار	زمان	هزینه	
۲	۱	۳	فیلترگذاری
۶	۹	۴	درخت‌کاری
۷	۳	۵	بسترسازی
۹	۵	۹	سد گابیونی
۱	۱	۹	خرید زمین

این منظور نامعادله دیگری به‌عنوان محدودیت نوشته شد. برای ضرایب این محدودیت، میانگین ارزش هر یک از آلودگی‌ها که اطلاعات آن قبلاً استخراج گردیده بود، استفاده شد و مجموع این اعداد در طرف راست نامعادله قرار گرفت. با توجه به توضیحات داده شده، نامعادلات محدودیت‌ها برای سطح جبران میانگین در منطقه یک پیشنهادی عبارت است از:

$$\text{Cost}_1: 154.8 X_1 + 0 X_2 + 854.4 X_3 + 1180 X_4 + 628 X_5 + 857.5 X_6 + 916 X_7 + 114 X_8 + 699 X_9 + 99 X_{10} + 0 X_{11} \leq 10,000,000$$

$$\text{Time}_1: 348.3 X_1 + 0 X_2 + 1068 X_3 + 708 X_4 + 1413 X_5 + 514.5 X_6 + 2061 X_7 + 38 X_8 + 233 X_9 + 11 X_{10} + 0 X_{11} \leq 3200$$

نقشه‌ها یک متغیر تصمیم هستند که با X_n نمایش داده می‌شوند. در سطح جبران میانگین، ضرایب متغیرهای تصمیم بدین صورت برآورد گردید:

میانگین بافر هر مکان پیشنهادی در هر نقشه ضربدر وزن میانگین هر نقشه به روش آنتروپی به همین ترتیب برای سطوح جبران حداقل و حداکثر از اعداد و وزن مربوط به آن‌ها استفاده گردید. برای نمونه تابع هدف منطقه شماره یک برای سطح جبران میانگین به‌صورت زیر تعریف شد:

برای محدودیت‌ها نیز نامعادله نوشته شد. ضریب هر متغیر به‌صورت زیر به‌دست آمد:

ارزش نسبی هر محدودیت (جدول ۱) ضربدر عدد میانگین استخراج شده از بافر در مورد هر نقشه

فرض این است که برای اجرایی شدن جبرانی که در نظر گرفته شده، حداکثر ۲۰ نفر نیروی کار در ۲۰ روز کاری، روزانه هشت ساعت کار کنند و ۱۰ میلیون تومان دریافت نمایند. بنابراین برای محدودیت‌ها نامعادله به این صورت تعریف گردید:

$$1000000 \leq \text{هزینه (تومان)}$$

$$3200 = 8 \text{ ساعت} \times 20 \text{ روز} \times 20 \text{ نفر} \leq \text{زمان (ساعت)}$$

$$160 = 8 \text{ ساعت} \times 20 \text{ نفر} \leq \text{نیروی کار (نفر ساعت)}$$

هدف این است که میزان آلودگی‌ها به‌گونه‌ای کنترل گردد تا کم‌تر از مجموع آلودگی مورد انتظار در هر منطقه باشد. برای

نتایج

با استفاده از روش یاد شده و محاسبات انجام یافته، مقادیر نهایی تابع هدف و مؤثرترین متغیر برای سطح جبران میانگین در مورد پنج گزینه پیشنهادی تعیین گردید. طبق نتیجه، در بخش شرقی گزینه یک با اختلاف اندک از سایرین انتخاب شد. در بخش غربی نیز گزینه پنج با مقدار کمتر تابع هدف، انتخاب گردید. مقدار مؤثرترین پارامترها نیز به دست آمد. برای گزینه یک تا چهار آلودگی آب‌های زیرزمینی و برای گزینه پنج کاهش زمین‌های با ارزش، مؤثرترین پارامتر در مکان‌یابی تعیین شد. این روش در مورد سطح جبران حداقل و حداکثر نیز اجرا گردید و نتایج مربوط به دست آمد. نتایج محاسبات در مورد هر یک از سطوح جبران برای پنج منطقه، در جدول ۲ آورده شده است.

$$\text{Labor } 1: 232.2 X_1 + 0 X_2 + 854.4 X_3 + 1652 X_4 + 924 X_5 + 1200.5 X_6 + 1374 X_7 + 76 X_8 + 466 X_9 + 11 X_{10} + 0 X_{11} \leq 160$$

$$\text{Pollution } 1: 38.7 X_1 + 0 X_2 + 213.6 X_3 + 236 X_4 + 157 X_5 + 171.5 X_6 + 229 X_7 + 38 X_8 + 233 X_9 + 11 X_{10} + 0 X_{11} \leq 1500$$

به همین ترتیب تابع خطی و قیود مسأله در مورد چهار منطقه دیگر نیز نوشته شد. جدول سیمپلکس تهیه و در نرم‌افزار Excel حل گردید. در نتیجه، مهم‌ترین متغیرها (X_n) و میزان حداقل آلودگی (f_n) برای هر منطقه با توجه به جبران در نظر گرفته شده مشخص شد. از آن‌جا که یکی از اهداف این پژوهش، بررسی سطوح جبران مختلف و تأثیر آن بر حداقل کردن آلودگی در محل احداث بود، مسأله بار دیگر برای دو سطح جبران حداقل و حداکثر حل گردید.

جدول ۲- نتایج جداول سیمپلکس در مورد سه سطح جبران به تفکیک مناطق پیشنهادی

Table 2-Results of Simplex Tables on Three Levels of Mitigation, Separately in Proposed Areas

سطح جبران	شماره منطقه پیشنهادی	مؤثرترین متغیر	مقدار مؤثرترین متغیر	مقدار نهایی تابع هدف
میانگین	۱	آلودگی آب‌های زیرزمینی	۰/۳۴۳۳	۲۵/۵۷۹
	۲	آلودگی آب‌های زیرزمینی	۰/۳۴۸	۲۵/۵۸۷
	۳	آلودگی آب‌های زیرزمینی	۰/۹	۲۵/۵۸۱
	۴	آلودگی آب‌های زیرزمینی	۳/۵	۲۵۷/۹۷
	۵	کاهش زمین‌های با ارزش	۲۶۲/۲۹	۳۹/۳۴۴
حداقل	۱	آلودگی بصری	۱۳۶/۳۶	۱۳۶۷/۴۵
	۲	آلودگی بصری	۱۷۳/۶۳	۱۱۴۶/۰۱۷
	۳	آلودگی بصری	۸۸/۲۲	۸۶۰/۱۱۵
	۴	آلودگی بصری	۴۳۴/۰۵	۱۴۷۵/۷۸
	۵	آلودگی بصری	۳۱۰/۲۸	۱۲۲۵/۶۲
حداکثر	۱	آلودگی بویایی	۰/۵۷۶	۵/۴۳
	۲	آلودگی بویایی	۰/۵۴۵	۵/۶۱
	۳	آلودگی بویایی	۰/۴۷۰۵	۵/۸۹
	۴	کاهش زمین‌های با ارزش	۱/۰۴۸	۳۷/۹
	۵	آلودگی بویایی	۰/۶۸۵	۵/۱۳۶

- اجرای تحلیل حساسیت

از آن جا که پژوهش انجام یافته محدود به زمان حال نخواهد بود، لذا باید بررسی گردد "آیا با تغییر میزان آلودگی در آینده، پاسخی که قبلاً به دست آمده بهینه باقی خواهد ماند؟"

در این بخش راه کاری ارائه می گردد که بدون حل مجدد مسأله بتوان اثر تغییرات ایجاد شده در داده ها را بررسی و جواب جدید را به دست آورد. مسایل برنامه ریزی خطی پارامتری، به سه شکل (تغییر ضرایب تابع هدف - تغییر مقادیر سمت راست - تغییرات پارامتری ضرایب تابع هدف و مقادیر سمت راست به طور همزمان) می تواند بررسی گردد (۱۱) و از آن جا که در این مسأله، هزینه، زمان و آلودگی تابعی از زمان بوده و به صورت خطی با گذر زمان می توانند تغییر کنند و با توجه به هدف پژوهش که بررسی سطوح جبران در ارزیابی اثرات می باشد، بنابراین از نوع دوم این روش برای تحلیل حساسیت استفاده می گردد.

- تغییر مقادیر سمت راست به صورت پارامتری

در این بخش چگونگی تغییرات، در صورت افزایش ضریبی از θ به سمت راست نامعادلات، بررسی می گردد. $\theta \geq 0$ (با شرط مسأله θ به علاوه مشخص خواهد شد که به ازای چه مقادیری از دارای جواب شدنی و بهینه است (۱۱). در حقیقت فرض بر این است که با گذشت زمان و با احتمال فرسایش دستگاهها و ادوات کارخانه یا افزایش فعالیت در کارخانه، آلودگی به مقدار افزایش یابد. با افزایش آلودگی، هزینه، زمان و θ ضریبی از نیروی کار جهت جبران اثرات نیز افزایش خواهد یافت. بر این اساس در نقشه های موجود، کاهش تنوع زیستی، کاهش پوشش گیاهی و نواحی حفاظت شده در گذر زمان بدون تغییر منفی فرض گردید. سپس با توجه به سایر نقشه ها و جدول ارزش نسبی انواع محدودیت های در نظر گرفته شده (جدول ۱)، میزان تغییر در اعداد سمت راست به صورت زیر تعیین گردید. اعداد در هر ردیف غیر از سه نقشه یاد شده جمع بسته شدند.

$$\theta + ۳۶ + ۱۰۰۰۰۰۰$$

$$\theta + ۳۲ + ۳۲۰۰$$

$$\theta + ۴۱ + ۱۶۰$$

$\theta + ۸$ آلودگی

برای حل چنین مسایلی ابتدا مقدار θ را صفر قرار داده و مسأله برنامه ریزی خطی به دست آمده حل می شود (که در مورد این پژوهش در قسمت روش سیمپلکس مسایل یاد شده حل گردید). سپس اثر تغییرات مقادیر سمت راست بررسی می گردد. در این صورت مقدار متغیرهای پایه ای و به تبع آن مقدار Z تابعی از θ خواهند بود. در چنین حالتی، متغیر پایه ای که با افزایش θ زودتر از سایر متغیرها منفی گردد از پایه خارج و بر اساس قاعده سیمپلکس دوگانه، متغیر وارد شونده تعیین می شود و سپس جدول بعدی به دست می آید. در این جدول نیز جواب به دست آمده برای بازه دیگری از θ شدنی و بهینه و برای مقادیر دیگری ممکن است نشدنی باشد. با ادامه روند بالا می توان جواب بهینه و شدنی را برای تمامی مقادیر θ به دست آورد (۱۱). از آن جا که هدف کمینه سازی آلودگی است، این کار تا زمانی که مقدار تابع کم تر گردد، ادامه می یابد.

روش سیمپلکس معمولی با شروع از یک جواب شدنی در تابلوی اولیه به سمت یک جواب شدنی بهتر در تابلوهای بعدی حرکت می کند و این کار را تا رسیدن به جواب بهینه در صورت وجود، ادامه می دهد. ممکن است جواب به دست آمده شرایط بهینگی را داشته باشد ولی نشدنی باشد (مقدار جواب منفی)، در این صورت سیمپلکس دوگانه سعی در شدنی کردن جواب بهینه خواهد کرد.

گام های روش سیمپلکس دوگانه به شرح زیر است (۱۱):

۱. شروع از یک جواب بهینه ولی نشدنی
۲. انتخاب متغیر خارج شونده: متغیری که دارای منفی ترین مقدار در ستون سمت راست جدول است.
۳. انتخاب متغیر وارد شونده: متغیری که نظیر کم ترین مقدار در قاعده زیر است:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = \min \left\{ \frac{\bar{c}_j}{\alpha_{kj}} \mid \alpha_{kj} < 0 \right\} \quad \text{در حالت حداقل سازی} \\ \theta = \min \left\{ \frac{\bar{c}_j}{\alpha_{kj}} \mid \alpha_{kj} < 0 \right\} \quad \text{در حالت حداکثر سازی} \end{array} \right.$$

محاسبات برای تمامی مکان های پیشنهادی انجام یافت. نتایج

در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج محاسبات برنامه ریزی خطی پارامتری برای مکان‌های پیشنهادی

Table 3- Results of parametric linear programming for proposed sites

مکان	مقادیر سمت راست		مقدار تابع	بازه θ
۱	هزینه	$999964 - 25/5\theta$	$23/84 + 5/96\theta$	$0 \leq \theta \leq 119/2$
	زمان	$3190 + 11/5\theta$		
	نیروی کار	$0/32 + 0/08\theta$		
	آلودگی	$1490 - 12/5\theta$		
۲	هزینه	$999964 - 25/5\theta$	$23/52 + 5/8\theta$	$0 \leq \theta \leq 39214/27$
	زمان	$3190 + 11/5\theta$		
	نیروی کار	$0/32 + 0/08\theta$		
	آلودگی	$625/1 + 4\theta$		
۳	هزینه	$999970 - 31/5\theta$	$25/35 + 6/5\theta$	$0 \leq \theta \leq 74/008$
	زمان	$3190 + 11/5\theta$		
	نیروی کار	$0/896 + 0/23\theta$		
	آلودگی	$925/1 - 12/5\theta$		
۴	هزینه	$999698 - 583\theta$	$257/66 + 66\theta$	$0 \leq \theta \leq 7/58$
	زمان	$3100 - 174/6\theta$		
	نیروی کار	$3/52 + 0/902\theta$		
	آلودگی	$1505/2 - 198/6\theta$		
۵	هزینه	$999819/7 - 333/6\theta$	$39/36 + 10/08\theta$	$0 \leq \theta \leq 39/8$
	زمان	$3180 - 9\theta$		
	نیروی کار	$262/4 + 67/24\theta$		
	آلودگی	$1314/22 - 33\theta$		

بحث و نتیجه‌گیری

انسان همیشه به دنبال اطلاع از آینده بوده است و این مسأله همواره ذهن بشر را به خود مشغول داشته است. هر اندازه انسان از تغییرات آینده درک درست‌تری داشته باشد، فعالیت‌های حال خود را محتاطانه‌تر برنامه‌ریزی خواهد نمود. در مطالعات آینده، نیاز است با بهره‌گیری از روند تغییرات گذشته و اطلاعات در دسترس به رونمایی آینده پرداخت. برای رسیدن به نتیجه بهتر نیاز است از روش‌های مطمئن‌تر استفاده نمود (۱۳). بنابراین

دلیل انتخاب روش حاضر، ماهیت ریاضی آن و توجه به نقش جبران اثرات در ارزیابی اثرات توسعه می‌باشد. در این روش علاوه بر هزینه، تأثیر زمان (ساعت) و نیروی کار (نفر ساعت) در مورد جبران‌های در نظر گرفته شده و همچنین آلودگی تولیدی در هر منطقه پیشنهادی در نظر گرفته شد. هدف، یافتن مکانی است که حداقل احتمال آلودگی را با شرط حداقل هزینه، زمان و نیروی کار لازم جهت جبران اثرات داشته باشد. در حقیقت برای مکان‌یابی دقیق‌تر از اطلاعات و جزئیات

کاهش جبران، اثرات محیطی را افزایش خواهد داد. به علاوه کاستن یا افزودن از سطح جبران، نوع آلودگی مؤثر در محیط را تغییر می‌دهد و نشان‌دهنده اهمیت هزینه، زمان و سطح جبران به کار رفته در تعیین میزان آلودگی نهایی محیط در صورت احداث است.

این روش زمینه مشارکت کارشناسان رشته‌های گوناگون را فراهم نموده و اجازه می‌دهد مسئولان صنایع و کارشناسان محیط‌زیست با روشی منطقی با یکدیگر تعامل و تبادل نظر داشته باشند. در واقع کارشناسان می‌توانند گزینه‌های مختلف را بررسی کرده و با توجه به میزان هزینه اختصاص داده شده برای توسعه مورد نظر و سیاست کلی منطقه در کنار نوع آلودگی وارد شده به محیط، گزینه ارجح را انتخاب نمایند.

اجرای برنامه‌ریزی خطی پارامتری که نتایج آن در جدول ۳ ذکر گردیده است، صحت مدل پیشنهادی را در صورت تغییر محدودیت‌ها (هزینه، زمان، نیروی کار و آلودگی) در بازه تعیین شده θ تأیید می‌نماید. از نظر میزان تغییرات θ گزینه دو و سپس یک در بخش شرقی بیش‌ترین تغییرات را می‌تواند متحمل شود به گونه‌ای که روابط، پایدار باقی بماند. در بخش غربی گزینه پنج، بازه بیش‌تری از تغییرات را می‌پذیرد. این نتایج به انتخاب مکانی که تغییرات احتمالی بالاتری را در آینده متقبل شود کمک می‌نماید. همچنین با توجه به اختلاف اندک میزان نهایی تابع هدف در سه گزینه شرقی می‌توان از این اختلاف چشم‌پوشی کرد و گزینه دو را انتخاب نمود که تغییرات گسترده‌تری از θ را می‌پذیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از آقای دکتر بهمن علی‌داد استاد گروه ریاضی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و آقای مهدی سمعی فرد دبیر ریاضی مدارس تیزهوشان و نمونه‌گراگان که نقش مهمی در توجیه مفاهیم ریاضی این پژوهش داشتند، تقدیر و تشکر می‌گردد.

بیش‌تری استفاده شد. در بخش شرقی گزینه یک و در بخش غربی گزینه پنج انتخاب شد. با بررسی انواع نقشه‌ها مشخص گردید میزان نفوذپذیری خاک و احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی، آلودگی صدا و آلودگی بصری در این دو منطقه نسبت به سایر گزینه‌ها بالاست. نظر به اهمیت بالای آب‌های سطحی و زیرزمینی و تأثیرپذیری زیاد این منابع از فعالیت‌های توسعه‌ای، استفاده از فیلتر در هر دو مورد جهت جبران اثرات پیشنهاد گردید. همچنین اثرات آلودگی گزینه پنج، منطقه شکار ممنوع مجاور را تحت تأثیر قرار می‌دهد که با خرید زمینی با همان کیفیت در محلی دیگر می‌توان آن را جبران نمود. در مورد نفوذپذیری خاک، بسترسازی کف و برای جلوگیری از پراکنش صدا و آلودگی بصری، درخت‌کاری منطقه به‌عنوان جبران معرفی شد. در برنامه‌ریزی خطی انجام یافته نیز با توجه به انواع جبران در نظر گرفته شده و هزینه و زمان لازم، در گزینه یک آلودگی آب‌های زیرزمینی و در گزینه پنج کاهش زمین‌های با ارزش مؤثرترین عامل تعیین گردید.

از آنجایی که در این روش مسأله به صورت یک مدل ریاضی در آمده و الگوهای ریاضی و محاسبات منطقی در آن نقشی اساسی دارند، لذا می‌توان گفت که اگر به درستی امکانات و محدودیت‌ها در ساخت الگوی ریاضی به کار برده شوند، این روش از دقت بالایی برخوردار خواهد بود.

مطابق جدول ۲ مقدار نهایی تابع هدف در گزینه یک در بخش شرقی با اختلاف اندک از سایرین بوده و این مقدار در گزینه دو در بخش غربی، کم‌ترین می‌باشد. منطق ریاضی و استفاده از ضرایب و اطلاعات استخراج شده از نقشه‌ها، آلودگی آب‌های زیرزمینی را عامل مؤثر در گزینه یک و کاهش زمین‌های با ارزش را از اثرات مهم احداث در گزینه پنج تعیین می‌کند که با کنترل و جبران این عوامل می‌توان آلودگی نهایی محیط را در مکان انتخابی حداقل نمود. به طوری که هزینه و زمان استفاده شده نیز کم‌ترین گردد.

همچنین در پژوهش حاضر تأثیر سطوح جبران در کاهش آلودگی محیط بررسی گردید. نتایج نشان می‌دهد افزایش سطح جبران اثرات، میزان آلودگی وارد شده به محیط را کاسته و

منابع

- ۱- شپارد، ریچارد ب. ۲۰۰۵. «ارزیابی اثرات توسعه با منطق فازی». ترجمه عبدالرسول سلمان ماهینی. انتشارات مهر مهدیس. ۱۳۹۰. تهران. ۲۶۸ ص.
- ۲- مهرگان، محمد رضا. «پژوهش عملیاتی: برنامه ریزی خطی و کاربردهای آن». چاپ شانزدهم. نشر سالکان. ۱۳۸۱. تهران. ۵۳۴ ص.
- 3- Guerra, Guido and Lewis John, 2002. Spatial Optimization and GIS Locating an Optimal Habitat for Wildlife Reintroduction. McGill University. 3 p.
- ۴- صنیعی منفرد، محمد علی. «مباحثی در تحقیق در عملیات پیشرفته با نگرش کاربردی». چاپ اول. انتشارات دانشگاه الزهرا (س). ۱۳۸۰. تهران. ۶۲۸ ص.
- ۵- هیلیر، ف. س. و لیبرمن، ج. ج. ۱۹۸۰. «تحقیق در عملیات- جلد اول: برنامه ریزی خطی». ترجمه محمد مدرس و اردوان آصف وزیری. چاپ پنجم. نشر تندر. ۱۳۷۱. تهران. ۴۲۰ ص.
- 6- Vatalis, Konstantinos I. and Manoliadis, Odysseus G., 2002. A two-level multicriteria DSS for landfill site selection using GIS: Case study in Western Macedonia, Greece. Journal of Geographic Information and Decision Analysis. Vo. 6, No. 1, pp. 49-56.
- 7- Kantos, Themistoklis D.; Komilis, Dimitrios P. and Halvadakis, Constantinos P., 2005. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. Journal of Environmental Engineering. Vo. 122, No. 10, pp. 902-908.
- ۸- لطفی حیدر، یوسف علی زیاری و بابک صادقی. «بررسی مکان یابی دفع پسماندها با روش برنامه ریزی خطی در محیط GIS، مطالعه موردی: نواحی از استان خراسان رضوی». فصلنامه علمی- پژوهشی جغرافیایی سرزمین. ۱۳۸۹. سال هفتم. شماره ۲۶. صص ۱۱۸-۱۰۳.
- 9- Momeni, Iman; Abdolrasoul Salmanmahini and Sahebeh Karimi, 2011. An Introduction to Improvement of Environmental Impact Assessment Methods in Iran. Journal of World Applied Sciences. Vo. 12, No. 9, pp. 1536-1543.
- ۱۰- «سالنامه آماری استان گلستان». اداره کل آمار و اطلاعات معاونت برنامه ریزی استان گلستان. ۱۳۸۸. ۲۲۸ ص.
- ۱۱- احمدی، محمد باقر. «تحقیق در عملیات ۱؛ برنامه ریزی خطی». چاپ اول. مرکز نشر دانشگاه شیراز. شیراز. ۱۳۸۸. ۴۰۰ ص.
- ۱۲- مؤسسه بازیافت و دفن بهداشتی مواد زاید استان گلستان. «گزارش ارزیابی اثرات محل های دفن بهداشتی مواد زاید جامد و کارخانجات کمپوست استان گلستان». مشاور: مؤسسه آموزش عالی علمی- کاربردی محیط زیست وابسته به سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۸۴. ۲۵۵ ص.
- ۱۳- سرایی، زهرا. «استفاده از ماتریس ریاضی به روش فازی در ارزیابی اثرات توسعه محل های پیشنهادی دفن زباله استان گلستان و انتخاب بهترین گزینه محل دفن». پایان نامه کارشناسی ارشد. اساتید راهنما: اکبر نجفی، عبدالرسول سلمان ماهینی. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی. گروه محیط زیست. ۱۳۸۹. ۱۱۱ ص.