

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره دو، اردیبهشت ماه ۹۹

ارزیابی و بهینه سازی سیستم جمع آوری و حمل پسماند شهر ارومیه با ترکیب روش سطح پاسخ و شبکه عصبی مصنوعی

سعید جعفرزاده قوشچی^{*۱}

s.jafarzadeh@uut.ac.ir

شبنم حمیدی مقدم^۲

تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۲۳

چکیده

زمینه و هدف: بهینه سازی سیستم جمع آوری و حمل مواد زاید شهری بیشترین سهم هزینه های مدیریت مواد زاید را از آن خود کرده است. بنابراین بهبود این سیستم و کاهش هزینه های عملیاتی آن به عنوان یک ضرورت در مدیریت پسماند شهری همواره مورد توجه قرار گرفته است.

روش بررسی: به موجب بالا بودن نوسان، تغییر در اندازه پسماند ها، تغییرات آب و هوایی و بافت های جمعیتی و زیر ساختی استفاده از سیستم شبکه عصبی مصنوعی (ANN) یک روش مناسب برای پیش بینی اندازه پسماند تولیدی می باشد و از طرفی برای بهینه سازی سیستم مدیریتی این پسماندها نیز از روش سطح پاسخ (RSM) استفاده می گردد.

یافته ها: نتایج حاصل از این روش ترکیبی نشان می دهد که بهترین ترکیب از عوامل تاثیرگذار در سیستم حمل زباله شهری توسط RSM با در نظر گرفتن بیشترین بار حمل شده با حدود ۲۶ کارگر، ۱۰ وانت و ۶ کامیون پیشنهاد شد. این ترکیب قادر به حمل بار حدود ۳۴۸۳۶ تن با هزینه ۵۹۶۶۹۶۰۰۰ ریال می باشد، که نسبت به مقادیر واقعی کارایی بالایی را نشان می دهد. همچنین برای پیش بینی بار حمل شده الگوریتم پس انتشار (BP) با ۹ نرون در لایه پنهان به عنوان بهترین مدل با قدرت پیش بینی ۹۹/۱۹٪ در پیش بینی وزن و ۹۶/۶۲٪ در پیش بینی هزینه انتخاب شد.

بحث و نتیجه گیری: نتایج نشان داد که با استفاده از ترکیب دو روش سطح پاسخ به عنوان یک روش آماری و شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یک روش ریاضی می توان به نتایج مناسبی برای ارزیابی و بهینه سازی سیستم جمع آوری و حمل پسماند رسید.

واژه های کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، روش سطح پاسخ، زباله شهری، بهینه سازی.

۱- استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۲- کارشناسی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه، ایران.

Evaluation and Optimization of Waste Collection and Transportation System in Urmia by Combining the Response Surface and Artificial Neural Network

Saeid Jafarzadeh Ghouschi ^{1*}

s.jafarzadeh@uut.ac.ir

Shabnam Hamidi-Moghaddam ²

Admission Date: September 6, 2017

Date Received: May 13, 2017

Abstract

Background and Objective: Optimization of urban waste collection and transportation system has the largest part of waste management costs. Therefore, improving this system and reducing its operating costs as a necessity in urban waste management has always been considered.

Method: Due to the high volatility, changes in the size of the waste, climate change and demographic and substructure tissue, the use of artificial neural network system (ANN) is a suitable method for predicting the production waste size, and on the other hand, for The optimization of the management system of these wastes is also used by the surface response method (RSM).

Findings The results of this combined method show that the best combination of factors affecting urban waste transport system was proposed by RSM considering the largest loaded pack with about 26 workers, 10 pickups and 6 trucks. This combination is capable of carrying around 34836 tons of cargo at a cost of 596696000 Rials, which represents a high efficiency over actual values. Also, to predict load, the back propagation algorithm (BP) with 9 neurons in the hidden layer was selected as the best model with a predictive power of 99/19% in prediction of weight and 96/62% in cost prediction.

Discussion and Conclusion: The results showed that using the combination of two methods of surface response as a statistical method and artificial neural network as a mathematical method, we can find suitable results for evaluation and optimization of waste collection and transportation system.

Keywords: Artificial Neural Network, Response Level Method, Urban Waste, Optimization.

1- Assistant Profesor; Department of Industrial Engineering, Urmia University of Technology (UUT), Iran
*(Corresponding Author)

2- Bachelor of Student; Department of Industrial Engineering, Urmia University of Technology (UUT), Iran

مقدمه

معادل ۴۶۶ تن در روز بوده و بیشترین جزء موجود در ترکیب آن را زایدات فسادپذیر با ۷۲/۵٪ تشکیل می دهد که این زباله ها علاوه بر هزینه های سرسام آور جمع آوری، حمل و دفع آن حجم عظیمی از مشکلات محیط زیستی نگران کننده ای نظیر آلودگی خاک، آب، هوا، رشد و تکثیر حشرات، جوندگان و ناقلین بیماری ها را به دنبال داشته و از جنبه های بهداشتی زیبایی شناختی نیز علاوه بر دادن چهره زشت به شهرها، سلامتی میلیون ها انسان را به مخاطره می اندازد (۳). از این رو برداشتن گام های مؤثر و اساسی در زمینه مدیریت موادزاید جامد شهری ضروری بوده و بایستی در راس برنامه های سازمان های مسئول و ذی ربط قرار داشته باشد. یکی از دلایل مهم نابسامانی وضعیت زباله ها در بیش تر شهرهای بزرگ کشور عدم نگرش جامع به این مساله می باشد. امروزه مساله جمع آوری حمل و دفع زباله ها در دنیا به صورت مدیریت مواد زاید جامد مطرح گردیده که از عناصر اصلی تولید، نگهداری موقت، جمع آوری حمل و نقل، دفع و بازیافت تشکیل یافته است و لازم است برای کلیه عناصر برنامه وجود داشته باشد چرا که هر یک از این عناصر متاثر از یکدیگر بوده و پرداختن به یک یا چند عنصر بدون داشتن برنامه برای سایر عوامل سودی نخواهد داشت (۲).

از طرفی دیگر شهرداری ها نگران حمل و نقل مناسب زباله های شهری می باشند، معضل انتخاب یک روش کار آمد برای حمل زایدات شهری نیز باید همواره تحت توجه باشد، انتخاب روشی کارا برای انتقال زباله ها یکی از تصمیمات مهم برای حمل و نقل زباله های شهری می باشند تحقیقات مشابهی نظیر تحقیق علی جلیل زاده در سال ۱۳۸۲ در خصوص ارزیابی سیستم جمع آوری و حمل و نقل مواد زاید در شهر ارومیه انجام گرفته و به بررسی و مقایسه زمان صرف شده هر یک از وسایل نقلیه پرداخته شده بود و در نهایت خودروهای سبک هم از بعد زمان و هم از بعد هزینه به عنوان خودرو مناسب انتخاب گردید (۲). مدحت و دیگران (۱۳۸۶) پژوهشی در زمینه ارزیابی و بهینه سازی سیستم جمع آوری و حمل پسماند شهر زنجان با

مدیریت پسماند در شهرهای بزرگ، به شیوه های اصولی و رعایت مسایل محیط زیستی، یکی از مهم ترین موضوعات مورد بحث در زمینه مدیریت شهری می باشد. افزایش آگاهی های عمومی نسبت به مسایل بهداشتی و زیست محیطی از یک طرف و محدودیت منابع (انرژی و مواد) در سطح دنیا و افزایش تقاضا به خصوص در کشورهای در حال توسعه از طرف دیگر برنامه ریزان شهری را بر آن داشته است تا نسبت به طراحی و اجرای روش های بهینه مدیریت پسماند، که بر اساس نگرش توسعه ی پایدار بوده و مسایل اقتصادی، محیط زیستی و اجتماعی را هم زمان و در کنار یکدیگر در نظر داشته باشد، اقدام نمایند (۱). در ایران با محاسبه ۸۰۰ گرم زباله سرانه، هر روزه بالغ بر ۵۰۰۰۰ تن مواد زاید جامد تولید می شود که در مقایسه با سایر کشورهای جهان با ۲۹۲ کیلوگرم زباله هر نفر در سال در حد متعادلی قرار گرفته است، لکن ازدیاد جمعیت و توسعه صنعت به گونه ای که در برنامه سوم جمهوری اسلامی ایران مطرح است موجب ازدیاد مواد زاید جامد و بالطبع تغییرات فیزیکی - شیمیایی آن ها را بوجود می آورد به طوری که برنامه های جمع آوری و دفع زباله موجود جواب گوی نیازهای این بخش نخواهد بود (۲).

بطور کلی از نظر مهندسی بهداشت، دفع مواد زاید جامد یک مساله عادی نبوده بلکه یک مشکل محیط زیستی می باشد، زیرا دفع غیر بهداشتی آن به طور محسوس در آلودگی های محیط و گسترش بیماری ها تاثیر دارد. توده های زشت مواد زاید، کانال های روباز پر شده از زباله ها و آبگذرهای مسدود شده بوسیله آن ها، خیابان های کثیف و پوشیده از آشغال نشان دهنده آلودگی محیط در بسیاری از شهرها و شهرک های دنیای در حال توسعه می باشند. ساکنین این شهرها در معرض بیماری های منتقله توسط پاتوژن ها و پارازیت های موجود در این مواد زاید، مزاحمت ها و مخاطرات ناشی از آن قرار دارند. زیان های اقتصادی ناشی از عدم کنترل مواد زاید جامد در مناطق شهری نیز قابل توجه است. میزان پسماندهای شهری تولیدی در شهر نسبتا بزرگی مثل ارومیه به طور متوسط

روش تحقیق

در این مطالعه سیستم حمل و نقل دفع زباله های شهر ارومیه به عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شده است. سه عامل تعداد کارگر، تعداد ماشین آلات سبک، تعداد ماشین آلات سنگین به عنوان عوامل مهم که به صورت مستقیم در کارایی سیستم حمل زباله که همان وزن حمل شده می باشد و هزینه های این سیستم دخالت دارند انتخاب شده است. منظور از متغیر "تعداد کارگر" یعنی تمام افراد دخیل در سیستم حمل پسماند شهر ارومیه می باشد. متغیر "ماشین آلات سبک" در واقع به وسایل حمل زباله با ظرفیت کم تر از ۴ تن مانند ون پرسی و "ماشین آلات سنگین" به وسایل حمل زباله با ظرفیت بالای ۴ تن مانند خاور، ایسوزو اطلاق می شود. مقادیر این متغیرها به همراه هزینه های آن ها و تناژزباله های جمع آوری شده از بلوک های مناطق مختلف شهر ارومیه در تابستان سال ۹۳ می باشد. که در این تحقیق با استفاده از روش های سطح پاسخ و شبکه عصبی مصنوعی، سیستم حمل و نقل زباله شهری ارومیه بهینه شده و در آخر یک ترکیب بهینه از این متغیرها با کم ترین هزینه و بیش ترین کارایی (وزن حمل شده) پیشنهاد داده می شود.

روش سطح پاسخ (RSM) مجموعه ای از تکنیک های آماری است که در بهینه سازی فرآیندهایی بکار می رود که پاسخ مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تأثیر قرار می گیرد. شمای گرافیکی مدل ریاضی سبب تعریف واژه ی متدولوژی رویه پاسخ شده است. با کمک این طرح آماری، تعداد آزمایش ها کاهش یافته و کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها، قابل برآورد هستند (۸). مهم ترین مساله این تحقیق بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورها بود، از این رو طرح آماری سطح پاسخ انتخاب شد. ویژگی های سه عامل در سیستم حمل و نقل دفع زباله در جدول ۱ ارایه شده است.

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام دادند. نتایج این تحقیق در بخش بهینه سازی سیستم جمع آوری پسماند شهرک کارمندان منجر به مکان یابی مخازن و مسیریابی جمع آوری پسماند شهرک کارمندان گردید. با تهیه نقشه های کاربری، عرض معابر، سرانه زباله، تراکم جمعیت، طبقات واحدهای مسکونی و تعیین فاصله زمانی و مکانی جهت انتقال پسماند در مناطق مسکونی و تجاری جانمایی نمودند (۴). همچنین جعفرزاده و نظام (۲۰۱۶) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به مدل سازی و پیشبینی وزن حمل شده در سیستم حمل و نقل شرکت ایران خودرو پرداخته و با اجرا مقایسه الگوریتم های مختلف شبکه عصبی یک ترکیب بهینه از فاکتورهای تاثیرگذار در سیستم حمل و نقل که دارای کم ترین هزینه و بیش ترین کارایی بودند ارایه داد (۵). شمشیری و دیگران (۲۰۱۱) به پیشبینی زباله های تولید شده در شهر ساری توسط شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. ایشان تعداد کارگر، هزینه سوخت مصرفی و تعداد ماشین آلات را به عنوان فاکتورهای ورودی در نظر گرفتند و هدف آن ها کاهش هزینه های جمع آوری زباله بود (۶). همچنین شمشیری و دیگران (۲۰۱۴) به مقایسه دو روش شبکه عصبی مصنوعی و تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه برای پیش بینی تولید زباله های جامد شهری در جزیره لنگکاوای مالزی پرداخت و در این مقاله داده های تولید هفتگی زباله، تعداد کامیون ها و تعداد سفر هر یک از آن ها را به عنوان فاکتورهای موثر در هر دو مدل ارزیابی کرد و در نهایت شبکه عصبی مصنوعی را به عنوان مدل دقیق تر برای پیشبینی انتخاب نمود (۷).

در این تحقیق برای بهینه سازی سیستم دفع زباله های شهری ابتدا با روش شبکه های عصبی (ANN) و با کمک داده های موجود سیستم حمل زباله های شهری مدل خواهد شد سپس با روش سطح پاسخ (RSM) ترکیب های مختلف از عوامل تاثیر گذار بر حمل زباله تعریف می شود و در نهایت بهترین ترکیب برای حمل زباله با ترکیب این دو روش بر اساس بیش ترین وزن حمل شده با کم ترین هزینه انتخاب خواهد شد.

جدول ۱- کم ترین و بیش ترین مقادیر استفاده شده در طراحی آزمایشات سطح پاسخ

Table1. The minimum and maximum values used in RSM Experimental design

عامل	پائین ترین مقدار	بالاترین مقدار	کد -	کد +
تعداد کارگر	۲۶	۶۰	-۱	۱
ماشین آلات سبک	۲	۱۰	-۱	۱
ماشین آلات سنگین	۱	۶	-۱	۱

جا ۳ متغیر مستقل داریم و چون $K \leq 3$ پس $P=0$ انتخاب می شود و nc که تعداد نقاط مرکزی می باشد ۶ تا می باشد (۹)

$$N=2^{(3-0)}+2^3+6=20$$

این ۲۰ طرح توسط نرم افزار Expert version 7 software (Stat-Ease Corporation, USA) طراحی شده است که در جدول ۲ به آن اشاره می شود.

در این مطالعه ابتدا برای بدست آوردن سناریوی مناسب با ترکیب بهینه از این متغیرها با استفاده از روش طراحی مرکب مرکزی Central Composite Design (CCD) با فرمول $N=2^{(k-p)}+2^k+nc$ ، ۲۰ ترکیب از این عوامل تولید شد. همان طور که K تعداد متغیرهای مستقل می باشد که در این

جدول ۲- آزمایشات طراحی شده در سطح پاسخ

Table 2. Design of Experiment in RSM

شماره طرح	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
تعداد کارگر	۴۳	۱۴	۴۳	۲۶	۲۶	۴۳	۲۶	۶۰	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۶۰	۶۰	۴۳	۷۱	۴۳	۶۰	۲۶
ماشین سبک	۶	۶	۶	۱۰	۲	۶	۱۰	۲	۶	۰	۶	۶	۱۲	۲	۱۰	۶	۶	۶	۱۰	۲
ماشین سنگین	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۶	۶	۸	۱	۱	۳/۵	۳/۵	۰	۳/۵	۳/۵	۶	۶	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۱	۱

باشد. وهزینه سیستم و وزن حمل شده به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شده است. برای انجام این تحقیق از داده های سیستم حمل و نقل مواد زاید (زباله های شهری) ارومیه استفاده شده است.

برای مدل سازی سیستم حمل و نقل زباله های شهری (شهرسازی) از داده های تابستان ۹۳ که توسط ترکیب های مختلفی از این فاکتورها با میزان تناژ حمل شده بصورت واقعی استفاده می شود. این داده ها بصورت تصادفی به ۳ قسمت تقسیم می کنیم. داده های آموزش که حدود (۳/۴ کل داده ها) را تشکیل می دهند و قسمت دوم داده های تست که حدود (۱/۴ کل داده ها) را شامل می شوند و در آخر یک سری داده بصورت جداگانه برای آزمون اعتبار سنجی اختصاص داده می شود.

در حالت عادی دسته بند ها داده ها را به دو دسته داده های آموزش و داده های تست تقسیم می کنند که در آن داده های

شبکه عصبی مصنوعی (ANN) یک مدل بسیار ساده از شبکه ساختار بیولوژیکی است سلول های عصبی مصنوعی یا نرون ها عناصر اصلی پردازش در شبکه عصبی مصنوعی می باشد.

ورودی ها مدل توسط این نرون ها از منابع مختلف دریافت می شوند. و ترکیبی از ورودی ها و پاسخ های آن ها با عملیات های غیر خطی مدل سازی می شوند. که این عملیات ها و محاسبات برای انجام شبیه سازی، برنامه ریزی و پیش بینی مورد استفاده قرار می گیرد. در این مطالعه، یک پرسپترون غیر لایه (MLP) بر اساس مدل اشتراک به جلو (feed – forward) برای مدل سازی و پیش بینی وزن حمل شده در یک سیستم حمل و نقل دفع زباله های شهری به کار گرفته شد.

شبکه متشکل از یک لایه ورودی، یک لایه پنهان و دو لایه خروجی می باشد. متغیرهای مستقل برای شبکه، تعداد کارگران، تعداد ماشین آلات سنگین و تعداد ماشین آلات سبک مورد استفاده در جمع آوری زباله از مناطق مختلف شهر می

بنابراین یادگیری با استفاده از ۲ مجموعه داده به عنوان داده های یادگیری و داده های تست انجام می دهیم و تصمیم گیری بر اساس میانگین نتایج انجام می گیرد (۱۰).

شبکه های عصبی feed forward معمولا دارای یک یا چند لایه پنهان می باشد که شبکه را قادر به مدل سازی توابع غیر خطی و پیچیده می کند. بیش تر از مطالعات یک لایه پنهان را برای ارایه یک مدل پیش بینی قوی کافی می دانند. یک تک لایه پنهان با تعداد بیش تری از سلولهای عصبی (نرون ها) می تواند به خوبی شبکه را به حفظ و یادگیری الگوهای مشاهده شده در زمان آموزش وادار کند در حالیکه یک لایه با سلولهای عصبی کم تر برای یادگیری زمان زیادی نیاز دارد (۸). بهترین روش برای پیدا کردن تعداد نرون مطلوب در یک لایه پنهان روش آزمون و خطا می باشد. فاصله این مطالعه به منظور تعیین تعداد بهینه نرون در یک لایه پنهان مجموعه ای از توپولوژی ها، هر یک از الگوریتم ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. معیار ارزشیابی هر یک از توپولوژی ها، کم ترین میزان خطا که از معیار میانگین مربع خطا (RMSE) و بیش ترین قدرت پیش بینی که از معیار ضریب تعیین (R^2) می باشد.

$$RMSE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{d_i})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{d_i})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_{d_i} - Y_i)^2}$$

که در آن n تعداد مشاهده و Y_i مقدار پیش بینی و Y_{d_i} مقدار واقعی آن می باشد در این پژوهش مدلی با یک لایه پنهان و هفت سلول ورودی و یک سلول خروجی طراحی شده است که تعداد نرون ها در لایه پنهان بعد از آموزش شبکه از طریق مقایسه یادگیری الگوریتم ها با مقایسه معیارهای ارزشیابی ذکر شده انتخاب خواهد شد. برای انجام یادگیری در شبکه عصبی مصنوعی از نرم افزار Neural power و الگوریتم های پس انتشار (Back Propagation-BP) در مدل سازی و پیش بینی وزن حمل شده استفاده شده است. ساختار شبکه شامل ۳ ورودی (تعداد گارگر، ماشین آلات سبک و ماشین آلات سنگین)، یک لایه پنهان (۵ تا ۱۰ نرون) و دو خروجی (وزن حمل شده و هزینه) می باشد. به منظور برآورد تعداد نرون در لایه پنهان که برای بدست آوردن بهترین مدل

آموزش برای فرآیند یادگیری استفاده می شوند و از داده های تست برای آزمایش دسته بند استفاده می شود. اما در بعضی اوقات مخصوصا هنگام کار با شبکه های عصبی داده ها به سه دسته تقسیم می شوند یعنی در آن داده های اعتبار سنجی هم اضافه می شوند. اگر فرایند آموزش خیلی طولانی باشد، بیش برآزش پیش می آید یعنی شبکه خیلی به داده های آموزش حساس می شود و اگر داده های جدید کمی متفاوت باشند، نتیجه ی دقیقی حاصل نمی شود. به همین دلیل در این مقاله داده ها به سه دسته ی آموزش، اعتبارسنجی و آزمایش تقسیم می شوند. اهمیت داده های اعتبارسنجی این است که از وقوع بیش برآزش جلوگیری می کند. فاصله زمانی که فرایند آموزش توسط داده های بخش آموزش انجام می گیرد، توسط داده های اعتبارسنجی بررسی می کنیم که سیستم خیلی وابسته به داده های آموزش نباشد. در الگوریتم هایی که برای یادگیری بکار گرفته می شود سعی می شود تا خطای بین خروجی های شبکه و تابع هدف کمینه شود. خطا به صورت زیر تعریف می شود:

$$E(\bar{W}) \equiv \frac{1}{2} \sum_{d \in D} \sum_{k \in \text{Outputs}} (t_{kd} - o_{kd})^2$$

منظور از Outputs خروجی های مجموعه واحدهای لایه خروجی و t_{kd} و o_{kd} مقدار هدف و خروجی متناظر با k امین واحد خروجی و مثال آموزشی d است معمولا الگوریتم ها پیش از خاتمه بارها با استفاده از همان داده های آموزشی تکرار می کردند و توقف یادگیری وقتی اتفاق می افتد که خطا از یک مقدار تعیین شده کم تر شود. اما اگر دفعات تکرار کم باشد خطا خواهیم داشت و اگر زیاد باشد مسأله فاصله پیوستگی رخ خواهد داد. نا پیوستگی (Over fitting) ناشی از تنظیم وزن های برای در نظر گرفتن مثال های نادر است که ممکن است با توزیع کلی داده ها مطابقت نداشته باشند. تعداد زیاد وزنه های یک شبکه عصبی باعث می شود تا شبکه درجه آزادی زیادی برای انطباق با این مثال ها داشته باشند و همچنین با افزایش تعداد تکرار، پیچیدگی خطای فرضیه یاد گرفته شده توسط الگوریتم بیش تر و بیش تر می شود تا شبکه بتواند و مثالهای نادر موجود در مجموعه آموزشی را به درستی ارزیابی نماید.

مدل سازی سیستم حمل و نقل زباله های شهری (شهرسازی) از داده های تابستان ۹۳ که توسط ترکیب های مختلفی از این فاکتورها با میزان هزینه و تناژ حمل شده به صورت واقعی استفاده می شود. این داده ها به صورت تصادفی به ۳ قسمت تقسیم می کنیم. داده های آموزش که حدود $(\frac{3}{4})$ کل داده ها را تشکیل می دهند و قسمت دوم داده های تست که حدود $(\frac{1}{4})$ کل داده ها را شامل می شوند و در آخر یک سری داده به صورت جداگانه برای آزمون اعتبار سنجی اختصاص داده می شود. الگوریتم های مختلفی برای تست و آموزش شبکه های عصبی استفاده شد. برای این کار، تعداد بهینه نرون در لایه پنهان با یک سری از توپولوژی به منظور تعیین تعداد سلول های عصبی مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه، به منظور تغییر ۵ تا ۱۰ بود. از ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) به عنوان خطای پیش بینی و از ضریب تعیین (R^2) به عنوان معیار قدرت پیش بینی شبکه استفاده شد. نتایج برای الگوریتم در جدول ۴ آورده شده است.

پیش بینی نیاز بود، تمام الگوریتم ها با ۵ تا ۱۰ نرون مختلف مورد بررسی قرار گرفت از شاخص ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) برای اندازه گیری میزان خطا و از شاخص ضریب تعیین (R^2) به عنوان قدرت پیش بینی و بهینه سازی شبکه استفاده شده است. ۱/۴ از داده ها به عنوان تست و مابقی به عنوان داده های یادگیری در مدل بکار گرفته شده است.

نتایج

در این مطالعه، یک پرسپترون غیر لایه (MLP) بر اساس مدل اشتراک به جلو (feed – forward) برای مدل سازی و پیش بینی وزن حمل شده و هزینه های سیستم در یک سیستم حمل و نقل دفع زباله های شهری به کار گرفته شد. شبکه متشکل از یک لایه ورودی، یک لایه پنهان و یک لایه خروجی می باشد. متغیرهای مستقل برای شبکه، تعداد کارگران، تعداد ماشین آلات سنگین و تعداد ماشین آلات سبک مورد استفاده در جمع آوری زباله از مناطق مختلف شهر می باشد؛ و هزینه ها و وزن حمل شده به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شده است. برای انجام این تحقیق از داده های سیستم حمل و نقل مواد زاید (زباله های شهری) ارومیه استفاده شده است. برای

جدول ۳- نتایج یادگیری الگوریتم برای هزینه

Table 3. Learning algorithm results for cost

	ساختار شبکه	Training set		Testing set	
		RMSE	R^2	RMSE	R^2
الگوریتم پس انتشار BP	۲-۵-۳	*۲/۳۸	۰/۹۷۰۲	۵/۲۱	۰/۹۳۱۹
	۲-۶-۳	۲/۴۳	۰/۹۸۱۷	۵/۶۴	۰/۹۱۹۷
	۲-۷-۳	۲/۲۰	۰/۹۸۲۳	۵/۴۳	۰/۹۲۲۷
	۲-۸-۳	۲/۲۳	۰/۹۷۷۵	۵/۳۲	۰/۹۳۲۵
	۲-۹-۳	۲/۱۵	۰/۹۷۴۱	۵/۱۱	۰/۹۳۳۷
	۱۰-۳-۲	۲/۲۹	۰/۹۸۰۱	۵/۳۸	۰/۹۳۳۶

* نتایج در E7 ضرب خواهند شد

جدول ۴- نتایج یادگیری الگوریتم برای وزن حمل شده

Table 4. Learning outcomes for the loaded weight algorithm

	ساختار شبکه	Training set		Testing set	
		RMSE	R ²	RMSE	R ²
الگوریتم پس انتشار BP	۲-۵-۳	۲۰۹۱	۰/۹۳۴۰	۴۷۲۷	۰/۸۷۴۴
	۲-۶-۳	۳۰۰۳	۰/۹۳۹۴	۴۴۵۰	۰/۸۸۸۷
	۲-۷-۳	۲۱۱۸	۰/۹۳۳۱	۴۷۰۳	۰/۸۷۵۳
	۲-۸-۳	۲۰۴۹	۰/۹۴۶۶	۴۵۱۱	۰/۸۸۱۳
	۲-۹-۳	۱۹۹۷	۰/۹۵۱۱	۴۳۲۲	۰/۸۹۱۸
	۱۰-۳-۲	۲۱۱۰	۰/۹۴۸۳	۴۷۳۸	۰/۸۷۶۴

اعتبار سنجی روش

برای پیش بینی بار حمل شده در سیستم حمل و نقل زباله شهری ارومیه، داده های جمع آوری شده تابستان ۹۳ با سه ورودی و دو خروجی در الگوریتم (BP) با ۹ نرون در لایه پنهان آموزش داده شد و به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. با استفاده از داده های اعتبار سنجی که از داده های واقعی که در مدل بکار گرفته نشده بود استفاده می شود و توانایی پیش بینی مدل ارزیابی می شود. نتایج در جدول ۵ خلاصه شده است. ضریب تعیین (R²) برای داده های اعتبار سنجی ۰,۹۰۶۸ است. این نتایج نشان می دهد که دقت پیش بینی مدل بالا است. بنابراین، مدل ۳-۹-۲ در الگوریتم BP یک مدل مناسب و معتبر برای پیش بینی است.

جدول ۵- مقایسه بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی

Table 5. Comparison between actual values and forecast values

تعداد کارگران	ماشین سبک	ماشین سنگین	وزن حمل شده واقعی	وزن پیش بینی شده	هزینه واقعی	هزینه پیش بینی*
۳۶	۲	۴	۲۴۹۱۴	۲۴۸۷۲/۷۷۵	۶۳۶۸۷۶۴۰۰	۶/۳۹
۳۲	۱	۴	۱۹۹۷۵	۲۱۱۴۷/۵۲۳	۵۷۸۳۲۱۰۰۰	۵/۵۷
۲۸	۲	۳	۱۴۴۱۸	۱۷۷۵۵/۶۲۸	۵۱۱۹۹۸۷۰۰	۵/۰۰
۳۰	۱	۴	۱۸۴۹۹	۲۰۰۴۱/۳۵۱	۵۲۸۴۳۰۰۰۰	۵/۲۵
۲۶	۳	۲	۱۱۴۱۵	۱۲۸۲۰/۳۸۳	۴۹۴۷۷۰۰۰۰	۴/۷۹
۲۶	۴	۲	۱۵۴۱۹	۱۶۶۹۱/۲۲۲	۵۲۲۸۸۱۰۰۰	۴/۸۴
۳۱	۴	۲	۱۷۷۲۲	۱۹۱۰۵/۰۸۹	۵۷۲۱۱۸۶۰۰	۵/۵۴
۳۵	۲	۴	۲۲۴۷۰	۲۴۲۳۱/۰۴۷	۶۲۶۰۰۰۰۰۰	۶/۱۶

* نتایج در ضرب خواهند شد.

می باشد در این قسمت توسط بهترین مدل شبکه عصبی ،
مدل ۲-۹-۳ در الگوریتم BP می باشد پیش بینی می شود که
در جدول ۷ به آن اشاره شده است.

مدل سازی و بهینه سازی سیستم حمل و نقل با روش
ترکیبی
تمامی پاسخ های آزمایشات طراحی شده توسط روش سطح
پاسخ که همان وزن حمل شده توسط سیستم و هزینه های آن

جدول ۶- مقادیر متغیرهای پاسخ (وزن حمل شده و هزینه) توسط الگوریتم منتخب در شبکه عصبی

Table 6: Values of response variables (weight and cost) by the selected algorithm in the neural network

شماره طرح	تعداد کارگر	ماشین آلات سبک	ماشین آلات سنگین	وزن حمل شده	هزینه
۱	۴۳/۰۰	۶/۰۰	۳/۵۰	۳۳۹۵۳/۰۵	۰.۸E+۸/۳۸
۲	۴۳/۰۰	۶/۰۰	۳/۵۰	۳۳۹۵۳/۰۵	۰.۸E+۸/۳۸
۳	۲۶/۰۰	۱۰/۰۰	۶/۰۰	۳۵۳۱۳/۰۹۳	۰.۸E+۵/۳۴
۴	۴۳/۰۰	۶/۰۰	۳/۵۰	۳۳۹۵۳/۰۵	۰.۸E+۸/۳۸
۵	۶۰/۰۰	۲/۰۰	۶/۰۰	۴۲۱۸۴/۰۸	۰.۹E+۱/۰۵
۶	۶۰/۰۰	۱۰/۰۰	۶/۰۰	۴۷۵۱۳/۹۷۹	۰.۹E+۱/۱۱
۷	۴۳/۰۰	-۰/۷۳	۳/۵۰	۲۴۱۲۲/۳۱۶	۰.۸E+۷/۵۶
۸	۲۶/۰۰	۱۰/۰۰	۱/۰۰	۲۰۷۷۷/۶	۰.۸E+۵/۱۵
۹	۶۰/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۲۹۵۲۵/۹۷۱	۰.۹E+۱/۰۲
۱۰	۶۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱/۰۰	۳۹۹۴۰/۹۵۴	۰.۹E+۱/۰۹
۱۱	۴۳/۰۰	۶/۰۰	۳/۵۰	۳۳۹۵۳/۰۵	۰.۸E+۸/۳۸
۱۲	۴۳/۰۰	۶/۰۰	-۰/۷۰	۲۱۴۷۴/۱۳۵	۰.۸E+۸/۰۹
۱۳	۴۳/۰۰	۶/۰۰	۳/۵۰	۳۳۹۵۳/۰۵	۰.۸E+۸/۳۸
۱۴	۲۶/۰۰	۲/۰۰	۶/۰۰	۲۴۲۶۸/۴۵	۰.۸E+۴/۸۷
۱۵	۴۳/۰۰	۶/۰۰	۳/۵۰	۳۳۹۵۳/۰۵	۰.۸E+۸/۳۸
۱۶	۱۴/۴۱	۶/۰۰	۳/۵۰	۱۷۰۸۱/۲۹۲	۰.۸E+۴/۱۳
۱۷	۴۳/۰۰	۱۲/۷۳	۳/۵۰	۴۱۳۸۳/۸۱۴	۰.۸E+۸/۹۷
۱۸	۲۶/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۱۳۶۲۰/۴۷۴	۰.۸E+۴/۷۲
۱۹	۴۳/۰۰	۶/۰۰	۷/۷۰	۴۲۵۶۲/۸۵۵	۰.۸E+۸/۳۷
۲۰	۷۱/۵۹	۶/۰۰	۳/۵۰	۴۴۵۰۹/۹۲۶	۰.۹E+۱/۱۳

آنالیز هزینه و وزن حمل شده

انجام برازش استفاده شد. همچنین برای تصمیم گیری در
انتخاب مدل های مختلف، آزمون F (sequential model
sum of squares) استفاده شد.

برای به دست آوردن مدل از روش برازش مدل، نرم افزار
Design Expert نسخه ۷ استفاده شد و برای به دست آوردن
معادله رگرسیون، از معادلات خطی، ۲FI (تعامل ۲
عامل)، Quadretic (درجه دوم) و Qubic (مدل مکعب) برای

جدول ۷- آزمون برازش با روش مدل های متوالی مجموع مربعات (آنالیز هزینه و وزن حمل شده)

Table 7. Fitting Test by Sequential Model Sum of Squares Method (Cost and Weight)

Source		Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	Prob > F	Result
Mean vs Total	وزن	۰۱۰E+۲/۱۰۰	۱	۰۱۰E+۲/۱۰۰	-	-	-
	هزینه	۰۱۹E+۱/۳۰۲	۱	۰۱۹E+۱/۳۰۲	-	-	-
Linear vs Mean	وزن	۰۰۹E+۱/۶۷۷	۳	۰۰۸E+۵/۵۸۹	۲۰۹/۹۸	۰/۰۰۰۱<	
	هزینه	۰۱۷E+۸/۹۲۶	۳	۰۱۷E+۲/۹۷۵	۱۵۸/۳۹	۰/۰۰۰۱<	Suggested
2FI vs Linear	وزن	۰۰۶E+۴/۰۰۰	۳	۰۰۶E+۱/۳۳۳	۰/۴۵	۰/۷۲۲۲	-
	هزینه	۰۱۴E+۱/۹۱۸	۳	۰۱۳E+۶/۳۹۳	۰/۰۲۸	۰/۹۹۳۴	-
Quadratic vs 2FI	وزن	۰۰۷E+۲/۴۷۲	۳	۰۰۶E+۸/۲۴۰	۵/۹۴	۰/۰۱۳۶	Suggested
	هزینه	۰۱۶E+۱/۲۳۱	۳	۰۱۵E+۴/۱۰۴	۲/۳۴	۰/۱۳۵۲	-
Cubic vs Quadratic	وزن	۰۰۷E+۱/۳۸۴	۴	۰۰۶E+۳/۴۶۱	۸۹۱/۰۸	۰/۰۰۰۱<	Aliased
	هزینه	۰۱۶E+۱/۶۰۸	۴	۰۱۵E+۴/۰۲۰	۱۶/۳۷	۰/۰۰۲۲۸	Aliased
Residual	وزن	۲۳۳۰۵/۳۱	۶	۳۸۸۴/۲۲	-	-	-
	هزینه	۰۱۵E+۱/۴۷۳	۶	۰۱۴E+۲/۴۵۶	-	-	-
Total	وزن	۰۱۰E+۲/۲۷۱	۲۰	۰۰۹E+۱/۱۳۶	-	-	-
	هزینه	۰۱۹E+۱/۳۹۵	۲۰	۰۱۷E+۶/۹۷۳	-	-	-

بالا انتخاب شدند. همچنین با استفاده از روش رگرسیون و برازش وزن و هزینه با مدل های انتخاب شده تابع پاسخ که هزینه و وزن حمل شده می باشد به شرح زیر بدست آمدند:

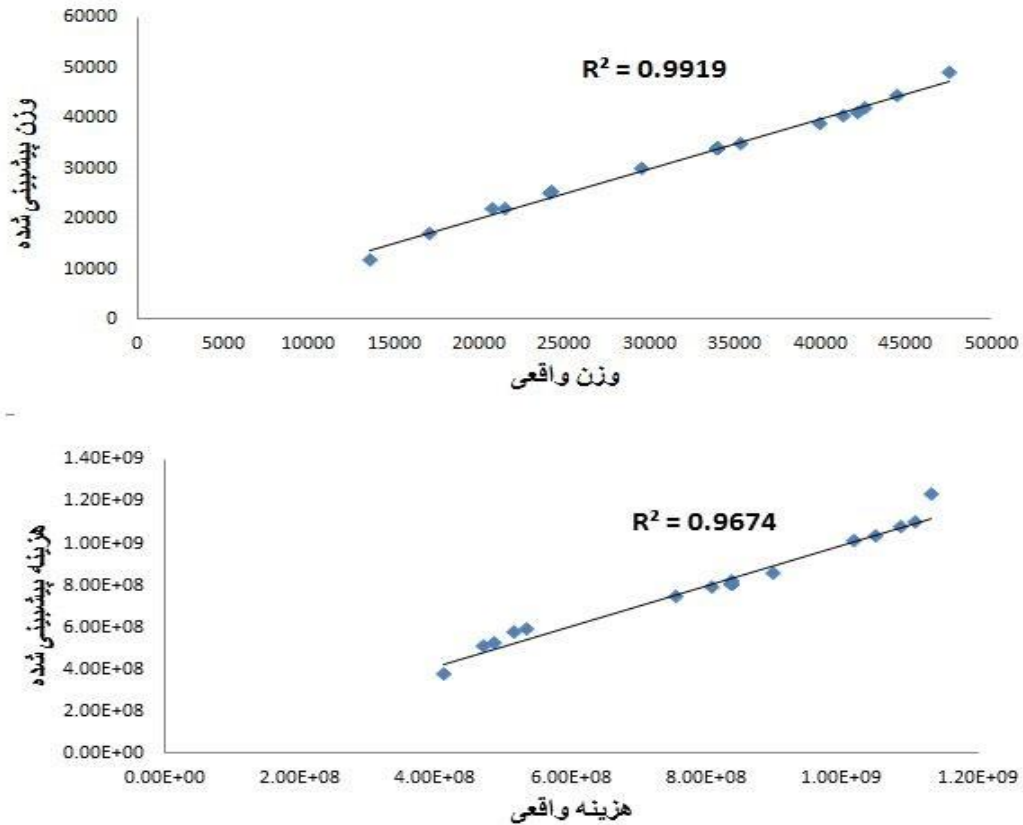
با توجه به جدول ۶ با توجه به مقدار بسیا ناچیز $Prob > F$ مدل Quadretic برای آنالیز وزن حمل شده و مدل Linear برای آنالیز هزینه به عنوان مدل های با قابلیت برازش

$$\begin{aligned}
 (\text{Eq.4.1 وزن}) = & -15169/67754 \\
 & +895/09587 \quad \text{کارگر}^* \\
 & +1731/15438 \quad \text{ماشین سبک}^* \\
 & +3871/33971 \quad \text{ماشین سنگین}^* \\
 & -4/51634 \quad \text{کارگر}^* \text{ ماشین سبک} \\
 & -14/56569 \quad \text{ماشین سنگین}^* \text{ کارگر}^* \\
 & -14/96959 \quad \text{ماشین سنگین}^* \text{ ماشین سبک}^* \\
 & -3/92059 \quad \text{(کارگر)}^{*2} \\
 & -27/64283 \quad \text{(ماشین سبک)}^{*2} \\
 & -112/31919 \quad \text{(ماشین سنگین)}^{*2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{Eq.4.2 هزینه}) = & +1/02590E+008 \\
 & +1/49000E+007 \quad \text{کارگر}^* \\
 & +8/29966E+006 \quad \text{ماشین سبک}^* \\
 & +3/95149E+006 \quad \text{ماشین سنگین}^*
 \end{aligned}$$

تشریح کرد . بنابراین این مقدار بیان گر تناسب خوبی از مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده توسط مدل می باشد.

با توجه به شکل ۱ همبستگی خطی کشیده شده بین مقادیر پیش بینی شده و واقعی مقادیر مناسبی از R^2 (۰/۹۹۱۹) را نشان می دهد که در واقع بیان گر این حقیقت است که ۹۹/۱۹ درصد از تغییرات در پاسخ را می تواند توسط این مدل



شکل ۱- نمودار پراکندگی برای مقایسه واقعی و پیش‌بینی شده

Figure 1. Dispersion diagram to compare value of actual and predicted

تعیین بهترین ترکیب بهینه

گذار برآن (سیستم حمل زباله شهری) چندین سناریو پیشنهاد می‌دهد که در جدول ۸ به ترتیب اولویت ارائه می‌شود.

در آخر RSM با در نظر گرفتن بالاترین درصد مطلوبیت برای پیش بینی پاسخ برای نشان دادن ترکیب بهینه از عوامل تاثیر

جدول ۸- ترکیبات بهینه به دست آمده توسط روش سطح پاسخ

Table 8. Optimal Compounds Obtained by Response Level Method

ردیف	کارگر	ماشین سبک	ماشین سنگین	وزن	هزینه	شرایط مطلوب	
۱	۲۶/۰۰	۱۰/۰۰	۶/۰۰	۳۴۸۳۶/۵	۰۰۸E+۵/۹۶۶۹۶	۰/۶۸	Selected
۲	۲۶/۳۰	۱۰/۰۰	۶/۰۰	۳۵۰۰۴/۳	۰۰۸E+۶/۰۱۱۸۲	۰/۶۸	-
۳	۲۶/۰۰	۹/۹۷	۶/۰۰	۳۴۸۰۵/۱	۰۰۸E+۵/۹۶۴۴۵	۰/۶۸	-
۴	۲۷/۴۴	۱۰/۰۰	۶/۰۰	۳۵۶۳۳/۱	۰۰۸E+۶/۱۸۱۷۶	۰/۶۸	-
۵	۲۶/۰۰	۹/۸۰	۶/۰۰	۳۴۶۴۰	۰۰۸E+۵/۹۵۰۲۷	۰/۶۸	-
۶	۲۶/۰۰	۹/۷۲	۶/۰۰	۳۴۵۶۱/۲	۰۰۸7E+۵/۹۴۳۶۷	۰/۶۷	-
۷	۲۷/۳۳	۹/۶۶	۶/۰۰	۳۵۲۳۶/۷	۰۰۸E+۶/۱۳۶۵۶	۰/۶۷	-
۸	۲۸/۳۰	۹/۷۹	۶/۰۰	۳۵۸۹۴/۹	۰۰۸E+۶/۲۹۱۸۸	۰/۶۷	-

2-7-3) می باشد. فاصله پس از آن پاسخ های سناریوهای طراحی شده در RSM توسط این الگوریتم با قدرت پیش بینی ۹۶/۶۲٪ برای هزینه و ۹۹/۱۹٪ برای وزن حمل شده بدست آمد و در نهایت بهترین ترکیب از عوامل تاثیرگذار در سیستم حمل زباله شهری توسط RSM با در نظر گرفتن بیش ترین بار حمل شده با حدود ۲۶ کارگر، ۱۰ وانت و ۶ کامیون پیشنهاد شد. این ترکیب قادر به حمل بار حدود ۳۴۸۳۶ تن با هزینه ۵۹۶۶۹۶۰۰۰ ریال می باشد، که نسبت به مقادیر واقعی کارایی بالایی را نشان می دهد. در واقع در این مطالعه یک روش ترکیبی از ANN به عنوان یک ابزار دقیق پیش بینی و مدل سازی و روش سطح پاسخ RSM به عنوان یک روش قوی در بهینه سازی استفاده شد. فاصله این روش و نتایج بدست آمده می تواند به عنوان یک روش ابتکاری و نو در سایر موارد مشابه که دارای هزینه های زیاد انجام آزمایشات می باشد استفاده کرد در شهرهای مختلف با توجه به شرایط گوناگون فرهنگی، آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی و ... ممکن است فاکتورهای مختلف و متفاوتی در بهینه سازی سیستم حمل و نقل زباله دخیل باشد. به عنوان مثال در شهرهای بزرگ می توان میزان فاصله محل جمع آوری تا محل دفن را به عنوان فاکتور تاثیر گذار در بهینه سازی سیستم در نظر گرفت. از طرفی دیگر به کمک این روش می توان به ارزیابی و تخصیص مناسب پیمانکاران برای جمع آوری زباله های مناطق مختلف شهری نیز پرداخت. بدین صورت که با توجه به امکانات موجود هر پیمانکار مانند تعداد و نوع وسیله حمل، کارگر و غیره و با

بهترین ترکیب از عوامل تاثیر گذار در سیستم حمل زباله شهری توسط RSM با در نظر گرفتن بیش ترین مطلوبیت که همان بیش ترین بار حمل شده است با حدود ۲۶ کارگر، ۱۰ وانت بار و ۶ کامیون پیشنهاد شد که این ترکیب قادر به حمل بار حدود ۳۴۸۳۶ کیلو با هزینه ای معادل ۵۹۶۶۹۶۰۰۰ ریال می باشد. با مقایسه این مقادیر با مقادیر واقعی موجود می توان به کارایی بالای سیستم پیشنهادی با مقدار قابل توجه بار حمل شده و استفاده بهینه از امکانات موجود که همان نیروی کار و ماشین آلات می باشد پی برد.

نتیجه گیری

با توجه به مطالعاتی که در زمینه بهینه سازی در گذشته انجام گرفته است تکنیک های تجربی و آزمایشگاهی دقت بالایی را نشان داده اند و در این میان روش سطح پاسخ (RSM) مورد توجه و پیشنهاد بسیاری از محققان قرار گرفته است اما در مطالعه حاضر به علت هزینه بالا و زمان بر بودن انجام آزمایشات امکان استفاده از روش سطح پاسخ تقریباً غیرممکن می باشد به عنوان مثال نمی توان یک ارگان دولتی مانند شهرداری را متقاعد نمود که به مدت معین از یک سناریوی تعریف شده برای بدست آوردن کارایی نامعلوم پیروی کند. بنابراین در این مطالعه با استفاده از داده های واقعی گذشته سیستم مدیریت پسماند شهر ارومیه را توسط شبکه عصبی مصنوعی (ANN) مدل سازی می کنیم و بهترین مدل پیش بینی شبکه عصبی را انتخاب می کنیم که در این مطالعه الگوریتم پس انتشار (BP

Mohsen.(2011). Evaluation and optimization of the collection and transportation system of solid waste management in Zanjan with GIS application. *Journal of Human and Environment*, Volume 9, Issue 16, Pages 33-40. (In Persian)

5. Jafarzadeh-Ghoushchi, S., & Rahman, M. N. A. (2016). Performance study of artificial neural network modelling to predict carried weight in the transportation system. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 24(2), 200-212.
6. Shamsiry, E., Nadi, B., Mokhtar, M. B., Komoo, I., Hashim, H. S., & YAhya, N. (2011). Forecasting generation waste using artificial neural networks. In Proceedings on the International Conference on Artificial Intelligence (ICAI) (p. 1). The Steering Committee of the World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp).
7. Shamsiry, E., Mokhtar, M. B., & Abdulai, A. M. (2014, March). Comparison of artificial neural network (ANN) and multiple regression analysis for predicting the amount of solid waste generation in a tourist and tropical area—Langkawi Island. In proceeding of International Conference on Biological, Civil, Environmental Engineering (BCEE) (pp. 161-166).
8. Salem, S., & Jafarzadeh-Ghoushchi, S. (2016). Estimation of optimal physico-chemical characteristics of nano-sized inorganic blue pigment by combined artificial neural network and response surface methodology. *Chemometrics*

توجه به میزان زباله های تولیدی هر منطقه می توان پیمانکار مناسب را به هر کدام از این مناطق اختصاص داد. در نهایت توصیه می شود با توجه به اهمیت روز افزون مسایل زیست محیطی در مطالعات آتی سیستم های بازیافت و پارامترهای زیست محیطی نیز لحاظ گردد.

Reference

1. Abdollahi, T., (2016). Strategies Develop of Ardabil city Solid waste management With SWOT and QSPM,(2016), the 1st International Conference of Iranian nature hazards and environmental crise strategies and challenges,Ardebil,ShahrKord Water Resource Recherche Center, https://www.civilica.com/Paper-ICINH01-ICINH01_033.html. (In Persian)
2. Jalilzadeh, Ali., (2003). Evaluation of solid waste collection and transportation system in Urmia City and providing appropriate solutions, *thesis for obtaining a master's degree in environmental health engineering*, Department of Health Environmental , Faculty of Health, Isfahan University of Medical Sciences, page 85-1. (In Persian)
3. Ghanbarzadeh Lak, Mehdi; Aziz Qal; Reza Sepahi and Saeed Alizadeh, (2013), Urmia Municipal Solid Waste Management, Challenges and Opportunities, *7th National Congress of Civil Engineering*, Zahedan, Sistan and Baluchestan University, https://www.civilica.com/Paper-NCCE07-NCCE07_1462.html. (In Persian)
4. Medhat, Azadeh., Munavari, Massoud., Javid, Amir Hossein., Islami, Akbar., Ahadnejad,

Spectrophotometric determination of iron species using a combination of artificial neural networks and dispersive liquid-liquid microextraction based on solidification of floating organic drop. *Journal of hazardous materials*, 197, 176-182.

and Intelligent Laboratory Systems, 159, 80-88.

9. Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2016). *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments*. John Wiley & Sons.
10. Moghadam, M. R., Shabani, A. M. H., & Dadfarnia, S. (2011).