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 [1*]
s.jafarzadeh@uut.ac.ir
شبنم حمیدی مقدم [2]

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۲۳ **تاریخ پذیرش:۹۶/۶/۱۵**

چکیده

زمینه و هدف : بهینه سازی سیستم جمع آوری و حمل مواد زاید شهری بیش ترین 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 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. 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. * (مسوول مکاتبات)
۲- کارشناسی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.2, April, 2020

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

Saeid Jafarzadeh Ghoushchi [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

مدیریت پسماند در شهرهای بزرگ، به شیوهای اصولی و با 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 روش‌های بهینه‌ی 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 تُن 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 استت موجبات 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 ها ی روباز پرشده 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 معادل ۴۶۶ تن در روز بوده و بیش ترین جزء موجود درترکیب آن را زایدات فسادپذیر با ۷۲/۵٪ تشکیل می دهدکه 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 مسئوول 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 امد 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

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 وتعیین 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 لنگکاوی 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 ساری 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.

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 می‌باشد. که در این تحقیق با استفاده از روش‌های 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 تکنیک‌های آماری است که در بهینه سازی فرآیندهایی بکار می رود که پاسخ مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تأثیر قرار می‌گیرد. 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 روطرح آماری سطح پاسخ انتخاب شد. ویژگی‌های سه عامل در سیستم حمل و نقل دفع زباله در جدول ۱ ارایه شده است.

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+
تعدادکارگر	۲۶	۶۰	-۱	۱
ماشین آلات سبک	۲	۱۰	-۱	۱
ماشین آلات سنگین	۱	۶	-۱	۱

در این مطالعه ابتدا برای بدست آوردن سناریوی مناسب با ترکیب بهینه از این متغیر ها 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 جا ۳ متغیر مستقل داریم وچون $K<=3$ 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 جدول۲ به آن اشاره می شود.

جدول ۲-آزمایشات طراحی شده در سطح پاسخ

Table 2.Deaign 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

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 پاسخ‌های آن ها با عملیات‌های غیر خطی مدل سازی می شوند. که این عملیات‌ها 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 لایهٔ پنهان و دو لایهٔ 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. 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 (۳/۴کل داده ها) را تشکیل می دهند و قسمت دوم داده های تست که حدود (۱/۴کل 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

آموزش برای فرآیند یادگیری استفاده می شوند و از داده هـای تست برای آزمایش دسته بند استفاده می شـود. امـا در بعضـی اوقات مخصوصا هنگام کار با شبکه های عصبی داده ها بـه سـه دسته تقسیم می شوند یعنی در آن داده های اعتبار سنجی هم اضافه می شوند. اگر فرایند آموزش خیلی طولانی باشـد، بـیش برازش پیش می‌آید یعنی شـبکه خیلـی بـه داده‌هـای آمـوزش حساس می‌شود و اگر داده‌هـای جدیـد کمـی متفـاوت باشـند، نتیجه‌ی دقیقی حاصل نمی‌شود. به همین دلیـل در ایـن مقالـه داده‌ها یه سه دسته ی آموزش، اعتبارسنجی و آزمایش تقسـیم می‌شوند. اهمیت داده‌های اعتبارسنجی این اسـت کـه از وقـوع بیش برازش جلوگیری می‌کند.فاصله زمانی که فراینـد آمـوزش توسط داده های بخش آموزش انجام می گیرد، توسط داده های اعتبارسنجی بررسی می کنیم که سیستم خیلی وابسته بـه داده های آموزش نباشد. در الگوریتم هایی که برای یـادگیری بکـار گرفته می شود سعی می شود تـا خطـای بـین خروجـی هـای شبکه و تابع هدف کمینه شود. خطا به صورت زیر تعریـف مـی شود:

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

منظور از Outputs خروجـی هـای مجموعـه واحـدهای لایـه خروجی و t_{kd} و O_{kd} مقدار هدف و خروجی متنـاظر بـا **k** امین واحد خروجی و مثال آموزشی **d** است معمولا الگوریتم‌هـا 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 دفعـات تکـرار کـم باشـد خطا خواهیم داشت و اگر زیاد باشد مسألهٔ فاصله پیوستگی رخ خواهد داد.نا پیوستگی(Over fitting) ناشـی از تنظـیم وزن های برای در نظر گرفتن مثال‌های نادر است که ممکن است بـا توزیع کلی داده ها مطابقت نداشته باشند. تعـداد زیـاد وزنهـای یک شبکهٔ عصبی باعث می شود تا شـبکه درجـه آزادی زیـادی برای انطباق با این مثال‌ها داشته باشند و همچنین بـا افـزایش تعداد تکرار، پیچیدگی خطای فرضیه یـاد گرفتـه شـده توسـط الگوریتم بیش تر و بیش تر می شود تا شبکه بتوانـد و مثالهـای نادر موجود در مجموعه آموزشی را بـه درسـتی ارزیـابی نمایـد.

بنابراین یادگیری با استفاده از ۲ مجموعـهٔ دادهٔ بـه عنـوان 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 یـا چنـد لایهٔ پنهان می باشد که شبکه را قادر به مدل سازی توابـع غیـر خطی و پیچیده می کند. بیش تر از مطالعات یک لایهٔ پنهان را برای ارایه یک مدل پیش بینی قوی کافی می داننـد .یـک تـک لایهٔ پنهان با تعداد بیش تری از سلولهای عصبی (نرون ها) می-تواند به خوبی شبکه را به حفظ و یـادگیری الگوهـای مشـاهده شده در زمان آموزش وادار کند در حالیکه یک لایه با سلول‌های عصبی کم تر برای یادگیری زمان زیادی نیـاز دارد(۸). بهتـرین روش برای پیدا کردن تعداد نورون مطلوب در یک لایـهٔ پنهـان روش آزمون و خطا می باشد.فاصله این مطالعه به منظور تعیین تعداد بهینهٔ نورون در یک لایهٔ پنهان مجموعـه ای از توپولـوژی ها، هر یک از الگوریتم ها مورد بررسـی و مقایسـه قـرار گرفـت. معیار ارزشیابی هر یک از توپولوی ها، کم ترین میزان خطا کـه از معیار میانگین مربـع خطـا (RMSE) و بـیش تـرین قـدرت 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 مشـاهده و **Yi** مقـدار پـیش بینـی و Y_{d_i} مقدار واقعی آن می باشد در این پـژوهش مـدلی بـا یـک لایـهٔ پنهان و هفت سلول ورودی و یک سلول خروجی طراحی شـده است که تعداد نرون‌ها در لایهٔ پنهـان بعـد از آمـوزش شـبکه از طریـق مقایسـهٔ یـادگیری الگـوریتم هـا بـا مقایسـهٔ معیارهـای ارزشیابی ذکر شده انتخاب خواهد شد. برای انجام یـادگیری در شـبکه عصـبی مصـنوعی از نـرم افـزار Neural power و الگوریتم هـای پـس انتشـار (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 ماشیت آلات سنگین)، یک لایهٔ پنهان (۵ تـا ۱۰ نـرون) و دو خروجی (وزن حمل شده و هزینه) می باشد. به منظور بـرآورد تعداد نرون در لایهٔ پنهان که برای بدست آوردن بهتـرین مـدل

پیش بینی نیاز بود، تمام الگوریتم ها با ۵ تا ۱۰ نـرون مختلـف مورد بررسی قرار گرفت از شاخص ریشـهٔ میـانگین مربـع خطـا (RMSE) برای اندازه گیری میزان خطـا و از شـاخص ضـریب تعیین (R^2) به عنوان قدرت پیش بینی و بهینه سـازی شـبکه استفاده شده است. ۱/۴ از داده ها به عنوان تسـت و مـابقی بـه 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 لایهٔ پنهان و یک لایهٔ 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 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 ۵تا 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.

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

جدول ۳و۴ تغییرات RMSE و R^2 برای مجموعه تست و مجموعه آموزشی در هر نرون در الگوریتم پس انتشار (BP) نشان می دهد. برای به دست آوردن بهترین مدل در این الگوریتم ,خطای پیش بینی (RMSE) و توانایی پیش بینی (R^2) اندازه گیری شد. و یک شبکه با حداقل RMSE و حداکثر R^2 ، به عنوان بهترین مدل شبکه عصبی در نظر گرفته شد.

شبکه ۲-۹-۳ از الگوریتم پس انتشار با کم ترینRMSE و بیش ترین R^2در هر دو سری تست و آموزش به عنوان بهترین شبکه برای پیش بینی و بهینه سازی سیستم حمل ونقل انتخاب شد.

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 (R^2) برای داده های اعتبار سنجی ۰,۹۰۶۸ است. این نتایج نشان می دهد که دقت پیش بینی مدل بالا است. بنابراین، مدل ۲-۹-۳ 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

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

* نتایج در ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ضرب خواهند شد.

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 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.

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

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

آنالیز هزینه و وزن حمل شده

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

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

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

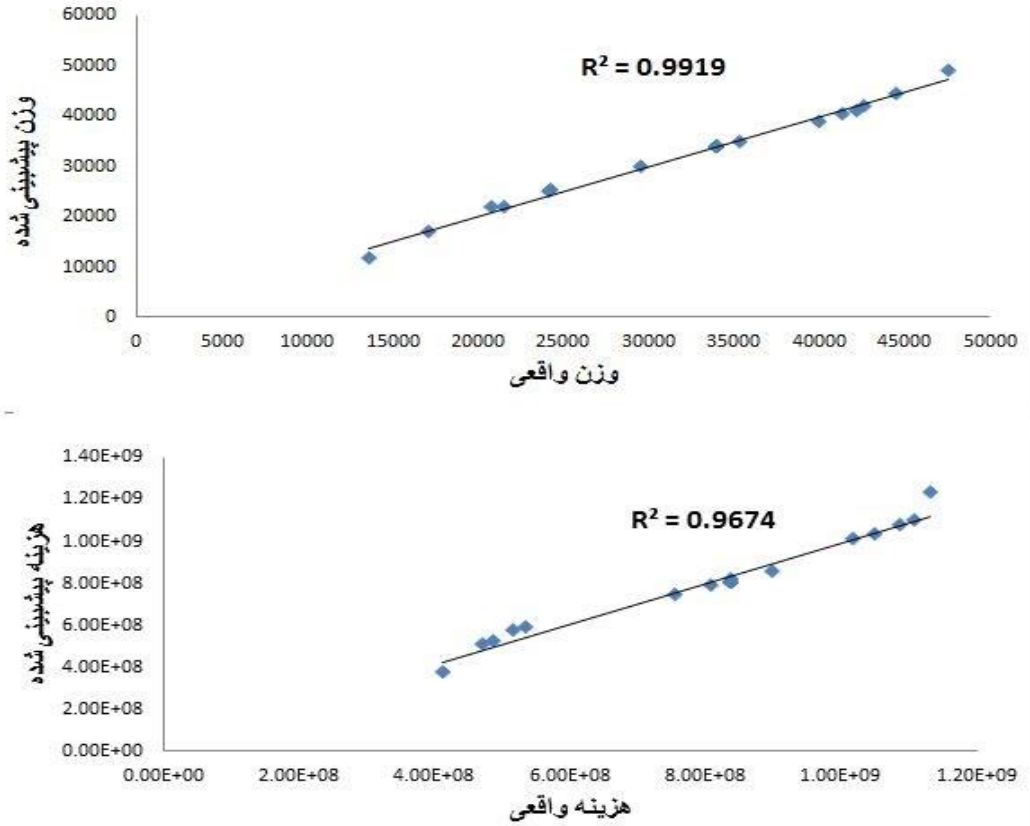
(وزن Eq.4.1) = -۱۵۱۶۹/۶۷۷۵۴

کارگر*	+۸۹۵/۰۹۵۸۷
ماشین سبک*	+۱۷۳۱/۱۵۴۳۸
ماشین سنگین *	+۳۸۷۱/۳۳۹۷۱
*کارگر * ماشین سبک	-۴/۵۱۶۳۴
ماشین سنگین*کارگر*	-۱۴/۵۶۵۶۹
ماشین سنگین*ماشین سبک*	-۱۴/۹۶۹۵۹
(کارگر)*۲	-۳/۹۲۰۵۹
(ماشین سبک)*۲	-۲۷/۶۴۲۸۳
(ماشین سنگین)*۲	-۱۱۲/۳۱۹۱۹

(هزینه Eq.4.2) = +۱/۰۲۵۹۰**E**+۰۰۸

کارگر*	+۱/۴۹۰۰۰E+۰۰۷
ماشین سبک*	+۸/۲۹۹۶۶E+۰۰۶
ماشین سنگین *	+۳/۹۵۱۴۹E+۰۰۶

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



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

در آخرRSM با در نظر گرفتن بالاترین درصد مطلوبیت بـرای پیش بینی پاسخ برای نشان دادن ترکیب بهینه از عوامل تاثیر گذار برآن (سیستم حمل زباله شهری) چندین سناریو پیشنهاد می‌دهد که در جدول ۸ به ترتیب اولویت ارائه می شود.

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

Table 8. Optimal Compounds Obtained by Response Level Method

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

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, ۱۰وانت بار و ۶ کامیون پیشنهاد شد که این ترکیب قادر به حمل بار حدود ۳۴۸۳۶کیلو 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 تقریبا 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 3-7-2) 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

توجه به میزان زباله های تولیدی هر منطقه می تـوان پیمانکـار مناسب را به هر کدام از ایـن منـاطق اختصـاص داد. در نهایـت توصیه می شود با توجه به اهمیـت روز افـزون مسـایل زیسـت محیطی در مطالعات آتی سیستم هـای بازیافـت و پارامترهـای 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 Researche 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, 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. Shamshiry, 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. Shamshiry, 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*

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). 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.