

Investigating the Quantity of Used Oil Produced by Motor Vehicles in Iran and Providing Management Solutions Based on Health and Environmental Principles

Hassan Taghipour¹, Mehdi Ghayebzadeh^{2,3*}, Neda Gilani⁴, Hassan Aslani¹

¹ Health and Environment Research Center, School of Public Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

² Department of Environmental Health Engineering, Health Promotion Research Center, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

³ Department of Environmental Health Engineering, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

⁴ Department of Statistics and Epidemiology, School of Public Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO

Article Type:
Original Article

Article History:
Received: 9 Jul 2022
Accepted: 11 Dec 2022
ePublished: 12 Mar 2023

Keywords:
Management,
Oil,
Vehicles,
Solid Waste

Abstract

Background. Used oil is a problematic waste containing hazardous and toxic components. This study aimed to investigate the quantity of used oil produced by motor vehicles in Iran and offer management solutions based on health and environmental principles.

Methods. First, the conversion ratio of motor oil into used oil was determined. The mass balance method and the conversion ratio were used to estimate the used oil produced in the past 14 years. The amount of used oil produced over the following 15 years was also predicted using an artificial neural network. The current status of used oil management in Iran was assessed through checklists, observations, field visits, and interviews. Finally, an appropriate management solution was provided for it.

Results. According to the results, 151.2 to 315.2 kilotons (kt) of used oil were produced annually in Iran between 2003 to 2017, and it would reach 250 kt by 2031 according to prediction. In Iran, approximately 77% of the used oil was collected and recycled, about 5% was used in construction, and the rest was disposed and managed without following the scientific principles.

Conclusion. The lack of principled management of used oil may have had a significant adverse impact on the environment. Taking into account the fact that about 55% of used oil was produced by vehicles, and assuming that the remaining 45% of used oil was produced by other sources, it was concluded that the overall percentage of used oil production in Iran was probably two-fold approximately. Therefore, it was recommended that the current situation and its principled management should be monitored.

Taghipour H, Ghayebzadeh M, Gilani N, Aslani H. Investigating the Quantity of Used Oil Produced by Motor Vehicles in Iran and Providing Management Solutions Based on Health and Environmental Principles. *Depiction of Health*.2023; 14(1): 36-53. doi: 10.34172/doh.2023.04. (Persian)

* Corresponding author; Mehdi Ghayebzadeh, E-mail: m.ghayebzadeh@gmail.com



Extended Abstract

Background

Petroleum oils are byproducts of crude oil composed of base oils and additives. These oils have general and specialized uses. The general uses include the lubrication of vehicle engines or other mechanical parts. The specialized uses of petroleum oils include the application as hydraulic oil, turbine oil, cooling oil, compressor oil, metalworking oil, transformer oil, insulating oil, etc. The global oil demanded in 2015 was reported to be between 35-36 million tons. Petroleum oils deteriorate after exposure to physical and chemical contaminants, and become used oil at the end of their service life. Used oil is a problematic waste containing hazardous and toxic components. Lack of management causes serious damage to the environment. Given the above discussion, this study aimed to investigate the quantity of used oil produced by motor vehicles in Iran, and offer management solutions based on health and environmental principles.

Methods

This study was conducted in Tabriz, Iran (as a pilot). First, the total demand for motor oil (MO) in Tabriz was obtained. Since the demanded motor oil was not completely converted into used oil (UO), the conversion rate (CR) of the demanded motor oil into used oil was determined.

$$\text{Equation (1)} \quad \text{CR} = \text{UO}/\text{MO}$$

To directly measure the amount of used oil produced in Tabriz, 20 oil change centers were first randomly selected based on Tabriz Oil Change Association report, and the average amount of used oil produced by 60 different vehicles receiving services from the given centers was determined. Based on the opinions shared by the owners of a number of oil change centers, the average annual oil change frequency of the vehicles was determined to be three. Then, the amount of used oil collected for recycling was acquired in collaboration with Tabriz Oil Change Association and private companies involved in the collection and recycling of used oil. The used oil production in the following 15 years was estimated using the artificial neural network (ANN) model. The management of used oils was assessed and practical management strategies were proposed.

Afterwards, the current management status of used oil was determined through the prepared checklist, field visit to used oil production centers managing and disposing of it, interviews, review of laws and regulations, and by-laws. Finally, the practical management strategies were proposed to improve the management and disposal of used oil in Iran based on the findings of this study, the current status of waste management in Iran, and the successful experiences of other countries.

Results

The results showed that the amount of motor oil consumed in Tabriz was equal to 9600 tons/year, and the used oil produced was equal to 6154 tons/year. Therefore, the conversion rate of motor oil into used oil was 0.641. In other studies, the conversion ratio of motor oil into used oil was determined at 0.5-0.6, which was slightly different from our study results in this regard. The per capita of used oil produced based on the population and per vehicle in Iran in 2017 was obtained 3 Kg/person/year and 12.8 Kg/number of vehicles/year, respectively.

Estimating the used oil collected for recycling in Tabriz indicated that approximately 2000 barrels of used oil (each barrel is 220 liters) were collected every month by the private sector. Assuming that the density of used oil was 0.9 g/cm³, the annual used oil collected in Tabriz was estimated at 4752 tons. Comparing the used oil produced and collected revealed that the latter was 22.8% lower than the former. About 5% of used oil was sold to construction contractors. The larger part of the remaining used oil in Iran was found to pollute the water and soil resources in the environment. A small amount was detected to be illegally used by do-it-yourselfers as fuel to heat outdoor environments, contributing to air pollution.

According to the results, the per capita and total used oil produced in different countries were different. This difference was most likely due to the engine and vehicle type and make, vehicle model year, engine power, driving etiquette and style, road conditions, distance traveled, oil change frequency, motor oil type and quality, fuel type and quality, popularity of public transportation, weather conditions, etc. It was predicted that there would be an increasing trend in used oil

production during the upcoming years. However, it was also found that the predicted per vehicle used oil production (per road vehicle according to the above Table) would decrease over time (It will be about 9.6 Kg/number of vehicles/year for 2033). Reviewing the current status of used oil management in Iran demonstrated that there was no particular ministry, administration, or agency in charge of collection, transportation, recycling, and treatment of used oil in Iran. Furthermore, the government was unprepared for reducing the quantity of used oil produced in the coming years, and had proposed no particular budgetary plan or policy for sound management and proper recycling of the produced waste oil.

Conclusion

Used oil production in Iran was on the rise, and most of it (77.2%) was managed and recycled by the private sector. In order to improve and enhance the efficiency of used oil disposal and management in Iran, however, it was recommended that a government agency should be established. Finally, some other measures were also recommended including the supervision of the quality of the motor oil on the market; collection and transportation of used oil produced by tankers and special vehicles (in order to prevent leakage and discharge of used oil on the road); storage of used oil in Iran and adoption of the law and regulations concerning its implementation; application of modern and advanced refinement technologies (to reduce sludge production); and allocation of funds for used oil management and recycling equipment and facilities.

بررسی مقادیر کمی روغن مستعمل تولیدی ناشی از خودروها در ایران و ارائه راهکارهای مدیریتی مبتنی بر اصول بهداشتی و زیست محیطی

حسن تقی‌پور^۱، مهدی غایب‌زاده^{۲،۳*}، ندا گیلانی^۴، حسن اصلانی^۱

^۱ مرکز تحقیقات سلامت و محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

^۲ گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

^۳ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

^۴ گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

چکیده

زمینه. روغن مستعمل یک پسماند مشکل‌ساز است که حاوی ترکیبات مایع خطرناک و سمی می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی مقادیر کمی روغن مستعمل تولیدی ناشی از خودروها در ایران و ارائه راهکارهای مدیریتی مبتنی بر اصول بهداشتی و زیست محیطی است.

روش کار. ابتدا ضریب تبدیل روغن موتور مصرفی به روغن مستعمل تعیین گردید. سپس با روش موازنه جرمی و لحاظ کردن ضریب تبدیل، میزان روغن مستعمل تولیدی برای ۱۴ سال گذشته برآورد شد. همچنین با روش شبکه عصبی مصنوعی میزان روغن مستعمل تولیدی ۱۵ سال آینده تخمین زده شد. وضعیت مدیریت فعلی روغن مستعمل با استفاده از تکمیل چک لیست، مشاهده، بازدید میدانی و مصاحبه مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت راهکار مدیریتی مناسب برای آن ارائه گردید.

یافته‌ها. طبق نتایج، در ایران طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ سالانه ۱۵۱/۲ تا ۳۱۵/۲ کیلو تن روغن مستعمل تولید شده است و بر اساس پیش‌بینی تا سال ۱۴۱۰ به ۲۵۰ کیلو تن خواهد رسید. تقریباً ۷۷ درصد از روغن مستعمل در ایران بازیافت می‌شوند، حدود ۵ درصد آن در بخش ساخت و ساز مصرف می‌شود و مابقی آن نیز بدون رعایت اصول علمی دفع و مدیریت می‌گردند.

نتیجه‌گیری. عدم مدیریت اصولی روغن مستعمل می‌تواند تاثیر چشمگیری بر محیط زیست داشته باشد. با توجه به اینکه سهم خودروها در تولید روغن مستعمل حدود ۵۵ درصد می‌باشد با فرض اینکه اگر سهم سایر منابع تولید روغن مستعمل (۴۵ درصد باقیمانده) نیز مد نظر قرار گیرد احتمالاً کل روغن مستعمل تولیدی تقریباً دو برابر مقادیر بدست آمده خواهد بود. بنابراین نظارت بر وضعیت فعلی و مدیریت اصولی آن ضروری می‌باشد.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

سابقه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۸

پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۰

انتشار برخط: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱

کلیدواژه‌ها:

خودرو،

روغن،

مدیریت،

پسماند جامد

مقدمه

تشکیل می‌دهند.^۱ این ماده دارای دو نوع کاربرد عمومی و اختصاصی است. موارد عمومی مصرف آن در موتور خودروها و کلیه تجهیزات مکانیکی است که نیازمند روانکاری می‌باشند و به روغن موتور معروف‌اند. کاربردهای اختصاصی روغن‌های نفتی (روغن پایه) شامل روغن هیدرولیک، روغن توربین، روغن خنک‌کننده، روغن کمپرسور، روغن فلزکاری، روغن ترانسفورماتورها و روغن

روغن‌های نفتی از فرآورده‌های جانبی نفت خام است که از روغن پایه و برخی مواد افزودنی بدست می‌آید. روغن پایه به روغنی گفته می‌شود که به‌عنوان یک پایه برای روانکار محسوب می‌شود و از نظر وزنی به طور متوسط بیش از ۹۵ درصد فرمولاسیون یک روانکار را تشکیل می‌دهد. عمده‌ی ترکیبات تشکیل دهنده روغن‌های پایه را ترکیبات پارافینیک، نفتنیک و آروماتیک

* پدیدآور رابط: مهدی غایب‌زاده، آدرس ایمیل: m.ghayebzadeh@gmail.com



که، در اواخر سال ۱۹۹۱، USEPA روغن مستعمل را به عنوان یک ماده زائد خطرناک طبقه‌بندی نمود و در کنوانسیون بازل با کد بندی Y9 & Y8 جز مواد زائد خطرناک تلقی گردید. این پسماندها، خطرات زیست محیطی فراوانی بر روی محیط و به تبع آن، گیاهان، جانوران و انسان‌ها دارند.^{۱۴، ۱۵} یک گالن روغن مستعمل می‌تواند یک میلیون گالن آب شیرین را آلوده کند. ورود روغن به منابع آب‌های سطحی موجب تشکیل لایه نازکی بر سطح آب شده و مانع ورود نور خورشید به اکوسیستم آبی می‌شود و همچنین می‌تواند موجب ایجاد مزاحمت در پدیده فتوسنتز گردد. ورود روغن مستعمل به منابع آبی بر موجودات آبی اثرات سمی دارد و باعث کاهش حلالیت اکسیژن در آب می‌گردد. روغن مستعمل به مقدار حداقل ۱۰۰-۵۰ ppm باعث اختلال در فرآیند تصفیه فاضلاب می‌شوند. همچنین هر لیتر روغن مستعمل می‌تواند 3784 m^2 خاک را آلوده کرده و آن را برای تولید محصولات کشاورزی یا رشد گیاه تا ۱۰۰ سال ناپایدار سازد. سوزاندن روغن مستعمل تولید گازهایی می‌کند که موجب آلودگی هوا شده و به سلامت انسان و جانوران آسیب می‌رساند.^{۵، ۱۶} افزایش این پسماند یک هشدار جدی برای جهان تلقی می‌گردد و نیاز به مدیریت مناسب دارد. هدف اصلی مدیریت پسماند محافظت از سلامت انسان، محیط زیست و حفظ منابع است. جهت مدیریت صحیح هر نوع پسماند و ماده زائد یکی از پیش‌نیازهای اساسی آگاهی از مقادیر کمی و کیفی و وضعیت کنونی مدیریت و دفع آنها می‌باشد.^{۶، ۱۷، ۱۸} در چند سال اخیر در اکثر کشورها مدیریت روغن مستعمل به‌عنوان یک گروه از مواد زائد ویژه و خطرناک به شکل اصولی صورت نگرفته است؛ چرا که داده و اطلاعات محدودی در خصوص مقادیر تولید و نحوه مدیریت آن در دسترس است. به طور کلی در سطح جهان حدود ۷۰-۶۵ درصد از روغن‌های مستعمل یا بازیافت شده و یا به‌عنوان سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرد و حدود ۳۵-۳۰ درصد از روغن مستعمل در جهان به صورت نادرست دفع می‌گردد. از جمله روش‌های دفع نادرست روغن مستعمل می‌توان از ریختن و پاش در زمین، تخلیه در آب رودخانه، سوزاندن بدون بازیافت انرژی و دفن در زمین را نام برد. دفع صحیح بستگی به مسیر دفع، تولیدکننده، نوع روغن و مقررات خاص هر کشور دارد.^{۷، ۱۹، ۲۰} در ایران بیشتر روغن‌های مستعمل

ایزوله و غیره می‌باشد. میزان روغن موتور مصرفی در جهان در سال ۲۰۱۵ بین ۳۶-۳۵ میلیون تن گزارش شده است.^{۱، ۳، ۴} در ایران قبل از سال ۲۰۱۰، سالیانه حدود ۷۰۰ میلیون لیتر روغن موتور استفاده می‌شد و میزان روغن مستعمل تولیدی ناشی از آن در حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰ هزار تن در سال برآورد شده بود. روغن‌های نفتی پس از طی دوره کاربرد و استفاده شدن از طریق ناخالصی‌های فیزیکی (مانند مخلوط و آغشته شدن با گرد و خاک، انواع سوخت، کربن و ذرات فلز) و شیمیایی (واکنش با اکسیژن و تجزیه بر اثر حرارت) آلوده شده و کارایی خود را از دست می‌دهد و تبدیل به روغن مستعمل می‌شود. منابع تولیدکننده روغن مستعمل، بخش خودرو، صنعت، هواپیما، حمل و نقل دریایی و نیروگاه‌ها و غیره می‌باشند. لازم به توضیح است که در سطح جهان بیش از ۸۰ درصد روغن مستعمل تولیدی مربوط به بخش خودرو و صنعت است و در این بین سهم روغن مستعمل ناشی از خودروها به تنهایی به بیش از ۵۵ درصد می‌رسد.^{۴، ۵} روش‌های مختلفی جهت تخمین مقادیر تولید روغن مستعمل وجود دارد. برخی از روش‌ها عبارتند از: ۱- برآورد مصرف روغن براساس مقادیر سوخت و کیلومتر حرکت وسایط نقلیه ۲- ثبت تعداد خودروها و تعیین روغن مصرفی براساس میزان روغن مصرفی موتورها ۳- پیش‌بینی با توجه به مصرف کل انرژی در کشور ۴- براساس آمار جمعیت (روشی رایج و مستقیم ولی دارای دقت کم می‌باشد). لازم به توضیح است که نرخ تولید روغن مستعمل کمتر از نرخ مصرف روغن موتور می‌باشد؛ زیرا: الف) بخشی از روغن در موتور می‌سوزد. ب) بخشی از روغن در فیلتر موتور باقی می‌ماند. ج) مقداری از آن نیز از طریق نشت، چکیدن و یا سرریز وارد محیط می‌گردد.^{۶، ۷} روغن مستعمل یک پسماند مشکل‌ساز است که حاوی ترکیبات مایع خطرناک و سمی است.^{۸-۱۰} این ترکیبات خطرناک در اثر واکنش‌های شیمیایی و یا تماس با بخش‌های فلزی موتور، همچنین هنگام جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و حمل و نقل در آنها بوجود می‌آید. از جمله ترکیبات خطرناک روغن مستعمل می‌توان به برخی فلزات سنگین (Ni, As, Cd, Cr, Pb) و هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای معطر (PAHs) و مواد افزودنی روان‌کننده اشاره نمود. لازم به توضیح است این ترکیبات خطرناک علاوه بر آلاینده بودن، احتمال سرطان‌زا بودن آنها و ایجاد تغییرات سلولی و ژنتیکی توسط آنها نیز وجود دارد.^{۹، ۱۱-۱۳} به طوری-

UO : میزان روغن مستعمل تولیدی در سال ۱۳۹۵
 MO : میزان روغن موتور مصرفی (فروش رفته) در سال ۱۳۹۵

لازم به توضیح می‌باشد که مقادیر روغن موتور مصرفی (فروش رفته) در شهر تبریز، با استفاده از داده‌های وزارت صنعت، معدن و تجارت در سال ۱۳۹۵ تهیه گردید. جهت اندازه‌گیری مستقیم روغن مستعمل تولیدی، ابتدا با همکاری و هماهنگی اتحادیه تعویض روغن تبریز، تعداد ۲۰ مرکز تعویض روغنی در سطح شهر به صورت تصادفی انتخاب شدند و متوسط میزان روغن مستعمل تولیدی ۶۰ خودروی مختلف در این مراکز اندازه‌گیری شد. براساس مشاوره با تعدادی از متولیان مراکز تعویض روغنی و استفاده از تجارب آنها به طور میانگین تعداد دفعات تعویض روغن خودروها در هر سال ۳ بار در نظر گرفته شد. خودروهای انتخابی در این تحقیق شامل انواع خودروهای سواری (ایرانی و خارجی)، خودروهای سنگین و نیمه سنگین، همچنین خودروهای بخش کشاورزی بودند. در نهایت با انجام محاسبات لازم میزان روغن مستعمل تولیدی برای شهر تبریز برحسب تن در سال برآورد گردید. لازم به ذکر است برخی از عوامل تاثیرگذار باعث کاهش نرخ تولید روغن مستعمل نسبت به نرخ مصرف روغن موتور می‌گردد. از جمله این عوامل می‌توان به تبخیر طبیعی سیالات به لحاظ فیزیکی در دماهای مختلف در درون کارتر، نوع و کیفیت خودروها، طراحی موتور، عدم انتخاب صحیح روغن موتور از لحاظ ویسکوزیته آن، اشکالات فنی و روغن سوزی در خودروها، دمای بالاتر از حد معمول در موتور، ساییدگی رینگ و پیستون، نشت روغن از طریق آب بندهای میل سوپاپ و میل لنگ، سبک رانندگی مثل رانندگی در دور موتور بالا، سن خودروها و غیره اشاره کرد.

۳- نحوه‌ی تعیین مقادیر و سرانه روغن مستعمل

تعیین مقادیر و سرانه روغن مستعمل طبق روش زیر (موازنه جرمی) صورت گرفت. ابتدا مقادیر کمی روغن موتور مصرفی در ایران تعیین شد. برای تعیین مقادیر روغن موتور مصرفی به وزارتخانه‌ها و سازمان‌های مربوطه از جمله وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان گمرک ایران و اتحادیه روغن فروشان و تعویض روغنی مراجعه شد و مقادیر تولید روغن موتور، میزان واردات و صادرات

تولیدی ناشی از خودروها بازیافت می‌گردد. اما، بازیافت این روغن‌ها غالباً به روش‌های سنتی با استفاده از اسید سولفوریک و خاک رنگبر صورت می‌گیرد که حاصل این روش به دلیل تولید پسماند ویژه به نام لجن‌های اسیدی به عنوان یک چالش جدی محسوب می‌گردد.^{۲۱} با توجه به اینکه در حال حاضر در ایران مطالعه جامع و کاملی در رابطه با مقادیر کمی و خصوصیات کیفی روغن مستعمل وجود ندارد و براساس مباحث فوق‌الذکر دفع و مدیریت نادرست روغن‌های مستعمل می‌تواند اثرات مضر بهداشتی، زیست محیطی و در نهایت اثرات اقتصادی گردد. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی مقادیر کمی روغن مستعمل تولیدی ناشی از خودروها در ایران و ارائه راهکارهای مدیریتی مبتنی بر اصول بهداشتی و زیست محیطی است.

روش کار

۱- منابع تولید روغن مستعمل

در این مطالعه ابتدا منابع روغن موتور مصرفی و روغن مستعمل تولیدی مشخص گردید که شامل خودروها، صنایع، نیروگاه‌ها، هواپیماها، قسمت حمل و نقل دریایی می‌باشد.^{۲۲} در این مطالعه به دلیل عدم دسترسی کامل به تمام منابع تولیدکننده روغن مستعمل و نبود اطلاعات جامع در این زمینه، تنها روغن مستعمل تولیدی ناشی از خودروها (به عنوان اصلی‌ترین منابع) مورد بررسی قرار گرفت.

۲- تعیین ضریب تبدیل روغن موتور مصرفی به روغن مستعمل

با توجه به اینکه تمامی روغن موتور مصرفی به روغن مستعمل تبدیل نمی‌گردد، جهت برآورد روغن مستعمل تولیدی نیاز به تعیین ضریب تبدیل روغن موتور مصرفی به روغن مستعمل بود. بنابراین در این مطالعه شهر تبریز یکی از کلانشهرهای ایران به عنوان پایلوت انتخاب شد و براساس نتایج حاصل شده از اندازه‌گیری مستقیم مقادیر روغن مستعمل تولیدی در شهر تبریز و میزان روغن موتور مصرفی (فروش رفته) در آن شهر در سال ۱۳۹۵، ضریب تبدیل (Conversion Ratio) طبق فرمول زیر محاسبه و تعیین گردید.

$$CR = UO/MO$$

CR: ضریب تبدیل

فرآیند معکوس بهینه می‌شوند. این وزن‌ها در دامنه صفر تا صد قرار گرفته و مقادیر بالاتر آن‌ها در متغیرها نشان دهنده اولویت بیشتر آن متغیر ورودی در پیش‌بینی لایه خروجی است. جهت پرهیز از برازش بیش از حد و قابلیت تعمیم نتایج مدل، اعتبارسنجی متقابل با استفاده از روش‌های آزمون و در نظر گرفتن ۳۰ درصد داده‌ها برای گروه آزمایشی انجام گرفت.^{۲۷-۲۹} تمامی متغیرها به صورت نرمال شده بین صفر تا یک وارد مدل شده تا خطای شبکه کاهش و نتایج همگن‌تر گردد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS V 25 صورت گرفت.

۶- نحوه ارزیابی مدیریت روغن مستعمل

برای ارزیابی شرایط مدیریت فعلی این پسماندها در ایران، ترکیبی از روش‌های زیر در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. ۱- طراحی چک لیست ۲- بازدید میدانی از منابع تولید روغن ۳- مصاحبه با مراکز تعویض روغن و شرکت‌های خصوصی ۴- بررسی قوانین و مقررات در ایران و سایر کشورها ۵- استفاده از منابع و داده‌های علمی در دسترس ۶- ارائه راهکار مدیریتی.

لازم به توضیح است که طراحی چک لیست با همکاری تیم تحقیق صورت گرفت و چک لیست شامل ۲۳ سوال بود. تکمیل چک‌لیست توسط پژوهشگر انجام شد. در تکمیل چک‌لیست از مستندات موجود در خصوص قوانین و دستوالعمل‌های فعلی موجود مدیریت پسماندها در کشور، مشاهدات و بازدید میدانی به عمل آمده در خصوص نحوه ذخیره، جمع‌آوری و بازیافت روغن مستعمل توسط شرکت‌ها و بخش خصوصی، نظرات کارشناسان و پرسنل اتحادیه روغن‌فروشان و تعویض روغنی تبریز و همچنین نظرات متولیان مراکز تعویض روغنی‌های سطح شهر تبریز استفاده شد.

یافته‌ها

- ضریب تبدیل

نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری میزان روغن موتور مصرفی و روغن مستعمل تولیدی در شهر تبریز در سال ۱۳۹۵ در جدول ۱ ارائه شده است. طبق نتایج، میزان روغن موتور مصرفی برای شهر تبریز برابر ۹۶۰۰ تن در سال و روغن مستعمل تولیدی برابر ۶،۱۵۴ تن در سال

آن طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ تهیه گردید. آمار مربوط به تعداد جمعیت و تعداد خودرو نیز از مرکز آمار ایران و انجمن خودرو سازان ایران تهیه شد. سپس با توجه به داده‌های حاصل از روغن موتور مصرفی در ایران و لحاظ کردن ضریب تبدیل روغن موتور به روغن مستعمل، مقادیر کل روغن مستعمل تولیدی در کشور برآورد گردید. در نهایت سرانه روغن مستعمل تولیدی بر اساس جمعیت و براساس تعداد خودرو فعال تعیین گردید.

۴- برآورد میزان روغن مستعمل جمع‌آوری شده جهت بازیافت

در این مرحله با همکاری و هماهنگی اتحادیه روغن فروشان و تعویض روغنی تبریز و همچنین شرکت‌های خصوصی که در امر جمع‌آوری و بازیافت روغن مستعمل فعالیت دارند، داده‌های مربوط به مقادیر روغن مستعمل جمع‌آوری شده در شهر تبریز به عنوان یک نمونه از شهرهای ایران در سال ۱۳۹۵ تهیه گردید.

۵- نحوه پیش‌بینی روغن مستعمل برای ۱۰ سال آینده با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی

به منظور برازش داده‌ها از مدل شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network) با رویکرد پرسپترون چند لایه استفاده شد. در این مدل، از متغیرهای مستقل و وابسته به ترتیب به عنوان لایه ورودی و لایه خروجی بهره گرفته شد.^{۲۳-۲۵} از دو لایه ورودی مختلف برای ارزیابی نتایج استفاده شد. لایه ورودی اول، داده‌های موجود روغن مستعمل در طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ و لایه ورودی دوم، متغیرهای جمعیت، تعداد خودرو، مصرف کل سوخت و مصرف کل انرژی در نظر گرفته شد. لایه خروجی نیز در این مطالعه روغن مستعمل بود که مورد پیش‌بینی قرار گرفت. همچنین لایه‌های پنهان در این مدل شامل متغیرهای میانی بودند که توسط شبکه ساخته شدند که این لایه‌های پنهان امکان مدل‌سازی روابط پیچیده بین متغیرها را فراهم ساختند. برای محاسبه پارامترها در این مدل از روش حداکثر درست‌نمایی و برای محاسبه وزن‌های بهینه در مدل، از الگوریتم پس انتشار خطا استفاده گردید.^{۲۶} در این روش، وزن‌ها بر اساس کمینه‌سازی واریانس پیش‌بینی‌های حاصل از مدل در یک

می‌باشد. روغن مستعمل تقریباً ۳۵/۹ درصد کمتر از روغن موتور مصرفی می‌باشد. به عبارت دیگر ضریب تبدیل روغن موتور مصرفی به روغن مستعمل برابر ۰/۶۴۱ بدست آمد.

جدول ۱. اطلاعات روغن موتور، روغن مستعمل، جمعیت، تعداد وسایل نقلیه شهر تبریز در سال ۱۳۹۵

جمعیت (میلیون)	تعداد وسایل نقلیه (هزار)	روغن موتور مصرفی (تن)	روغن مستعمل (تن)	چگالی روغن مستعمل (g/cm ³)	روغن مستعمل تولیدی و جمع‌آوری شده (تن)	ضریب تبدیل (CR)	سرانه روغن مستعمل و جمع‌آوری شده (کیلوگرم/نفر/سال)	سرانه روغن مستعمل تولیدی و جمع‌آوری شده (کیلوگرم/خودرو/سال)
۱/۷۷	۵۰۱	۹۶۰۰	۶۸۳۸	۰/۹	۶۱۵۴	۰/۶۴۱	۳/۵	۱۲/۳
			۵۲۸۰		۴۷۵۲	-	۲/۷	۹/۵

- روغن مستعمل تولیدی و سرانه آن براساس جمعیت و خودرو در ایران

میزان تولید، واردات و صادرات روغن موتور در ایران و سرانه آن از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد میزان روغن موتور مصرفی $\{ \text{صادرات} - \text{واردات} + \text{تولید} \} = \text{روغن موتور مصرفی}$ و روغن مستعمل تولیدی در ایران روند

افزایشی دارد. بیشترین و کمترین روغن موتور مصرفی به ترتیب مربوط به سال ۱۳۹۲ و ۱۳۸۱ می‌باشد. میزان روغن موتور مصرفی در این سال‌ها به ترتیب حدود ۴۹۲ و ۲۳۶ کیلوگرم بوده است. همچنین بیشترین و کمترین روغن مستعمل تولیدی به ترتیب مربوط به سال ۱۳۹۲ و ۱۳۸۱ می‌باشد. میزان روغن مستعمل تولیدی در این سال‌ها به ترتیب حدود ۳۱۵ و ۱۵۱ کیلوگرم برآورد شد.

جدول ۲. جمعیت، تعداد وسایل نقلیه، تولید و واردات و صادرات روغن موتور، مصرف سوخت، مصرف انرژی در ایران بین سال‌ها ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵

سال	جمعیت	تعداد وسایل نقلیه	روغن موتور تولیدی (تن)	واردات روغن موتور (تن)	صادرات روغن موتور (تن)	روغن موتور مصرفی (تن)	سرانه روغن موتور مصرفی (کیلوگرم/خودرو/سال)	سرانه روغن مستعمل تولیدی (تن)	سرانه روغن مستعمل (کیلوگرم/خودرو/سال)	سرانه روغن مستعمل (کیلوگرم/نفر/سال)	سوخت مصرفی (میلیون لیتر/روز)	انرژی مصرفی (میلیون لیتر/روز)
۱۳۸۱	۶۷,۳۱۴,۸۱۴	۵,۴۶۲,۰۰۰	۲۴۹,۵۰۰	۱,۲۸۰	۱۴,۸۰۰	۲۳۵,۹۸۰	۳/۵	۱۵۱,۲۶۳/۲	۴۳/۲	۲۷/۷	۹۴/۵	۱۰,۰۵۵
۱۳۸۲	۶۸,۳۴۴,۷۳۰	۶,۳۵۶,۸۰۰	۲۶۲,۰۰۰	۱,۶۱۰	۱۵,۶۰۰	۲۴۸,۰۱۰	۳/۶	۱۵۸,۹۷۴/۴	۳۹	۲۵	۱۰۱	۱۰,۵۵۷
۱۳۸۳	۶۹,۳۹۰,۴۰۵	۷,۳۴۵,۶۰۰	۲۷۴,۳۰۰	۱,۴۵۰	۱۶,۷۰۰	۲۵۹,۰۵۰	۳/۷	۱۶۶,۰۵۱/۱	۳۵/۳	۲۲/۶	۱۱۰/۲	۱۰,۹۲۰
۱۳۸۴	۷۰,۸۹۵,۷۸۲	۸,۲۵۶,۰۰۰	۲۸۳,۸۰۰	۱,۹۷۰	۱۸,۷۰۰	۲۶۷,۰۷۰	۳/۸	۱۷۱,۱۹۱/۹	۳۲/۳	۲۰/۷	۱۲۱/۲	۱۱,۲۳۴
۱۳۸۵	۷۱,۱۲۹,۳۶۲	۹,۲۴۶,۰۰۰	۲۸۶,۶۰۰	۵,۹۰۰	۱۶,۵۰۰	۲۷۶,۰۰۰	۳/۹	۱۷۶,۹۱۶	۲۹/۹	۱۹/۱	۱۱۵/۹	۱۱,۵۸۱
۱۳۸۶	۷۱,۹۹۴,۵۶۶	۱۰,۳۲۰,۰۰۰	۳۱۵,۰۰۰	۶,۰۰۰	۱۷,۰۰۰	۳۰۴,۰۰۰	۴/۲	۱۹۴,۸۶۴	۲۹/۵	۱۸/۹	۱۲۲/۸	۱۱,۷۳۳
۱۳۸۷	۷۲,۸۷۴,۰۵۰	۱۱,۴۸۶,۰۰۰	۳۴۳,۸۰۰	۶,۳۰۰	۱۷,۹۰۰	۳۳۲,۲۰۰	۴/۶	۲۱۲,۹۴۰/۲	۲۸/۹	۱۸/۵	۱۲۶/۵	۱۱,۵۴۷
۱۳۸۸	۷۳,۸۰۸,۷۵۳	۱۲,۵۲۷,۰۰۰	۳۴۷,۰۰۰	۶,۵۰۰	۱۸,۳۰۰	۳۳۵,۲۰۰	۴/۵	۲۱۴,۸۶۳/۲	۲۶/۸	۲/۹	۱۳۲/۳	۱۲,۱۱۱
۱۳۸۹	۷۵,۱۴۹,۶۶۹	۱۴,۱۸۰,۰۰۰	۳۵۱,۳۰۰	۷,۳۵۲	۱۷,۳۰۰	۳۴۱,۳۵۲	۴/۵	۲۱۸,۸۰۶/۶	۲۴/۱	۲/۹	۱۳۴/۲	۱۲,۴۰۸
۱۳۹۰	۷۶,۲۷۴,۴۵۰	۱۵,۱۰۴,۰۰۰	۳۵۰,۵۰۰	۲,۹۸۹	۳۵,۲۳۶	۳۱۸,۲۵۳	۴/۲	۲۰۴,۰۰۰/۲	۲۱/۱	۲/۷	۱۴۰/۷	۱۲,۵۸۶
۱۳۹۱	۷۷,۴۱۶,۰۶۵	۱۵,۸۴۱,۰۰۰	۳۵۸,۴۰۰	۱,۲۱۲	۲۰,۷۰۹	۳۳۸,۹۰۳	۴/۴	۲۱۷,۲۳۶/۸	۲۱/۴	۲/۸	۱۳۷/۷	۱۲,۸۰۷
۱۳۹۲	۷۸,۵۷۴,۷۶۸	۱۶,۹۷۳,۰۰۰	۳۷۳,۰۰۰	۱,۶۱۰	۱۹,۹۵۲	۴۹۱,۷۵۸	۶/۳	۳۱۵,۲۱۶/۹	۲۹/۰	۴	۱۴۸/۵	۱۲,۹۲۸
۱۳۹۳	۷۹,۷۵۰,۸۱۲	۱۷,۹۵۰,۰۰۰	۳۷۷,۳۰۰	۱,۹۱۲	۲۵,۲۳۴	۳۵۳,۹۷۸	۴/۴	۲۲۶,۸۹۹/۹	۱۹/۷	۲/۸	۱۴۰	۱۳,۱۶۵
۱۳۹۴	۸۰,۶۴۴,۴۵۹	۱۸,۷۰۰,۰۰۰	۴۱۰,۶۰۰	۲,۶۴۹	۳۳,۲۹۰	۳۷۹,۹۵۹	۴/۷	۲۴۳,۵۵۳/۷	۲۰/۳	۳	۱۴۰/۱	۱۳,۳۲۵
۱۳۹۵	۸۱,۲۶۴,۸۷۶	۱۹,۳۰۰,۰۰۰	۴۰۸,۹۰۰	۲,۸۹۶	۲۶,۸۶۸	۳۸۴,۹۲۸	۴/۷	۲۴۶,۲۳۸/۸	۱۹/۹	۳	۱۲/۸	۱۳,۵۳۰

سرانه روغن مستعمل تولیدی از ۲/۲ کیلوگرم به ازای هر نفر در سال ۱۳۸۱ به ۳ کیلوگرم در سال ۱۳۹۵ افزایش

یافته است. دلیل افزایش سرانه تولید روغن مستعمل به ازای هر نفر، افزایش تعداد خودروها و احتمالاً افزایش

- پیش‌بینی روغن مستعمل برای ۱۵ سال آینده

پیش‌بینی روغن مستعمل برای سال‌های ۱۳۹۶-۱۴۱۰ براساس مقدار روغن مستعمل تولیدی در سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۵ و همچنین متغیرهای جمعیت، تعداد خودرو، مصرف کل سوخت و مصرف کل انرژی در ضمیمه ۱ ارائه شده است. مشاهده نتایج این تحقیق نشان می‌دهد برآورد روغن مستعمل برای سال‌های ۱۳۹۶-۱۴۱۰ براساس تمام متغیرها تقریباً نتایج مشابهی داشته است و این نشان می‌دهد که تمام متغیرها در روند پیش‌بینی و افزایش و یا کاهش روغن مستعمل تولیدی تأثیرگذار هستند و همچنین نتایج مشابه دال بر صحت پیش‌بینی نیز می‌باشد. مشاهده نتایج نشان می‌دهد بر اساس کل متغیرهای مورد بررسی مقادیر روغن مستعمل تولیدی در آینده روندی رو به افزایش خواهد داشت، به طوری که در سال ۱۴۱۰ میزان تولید روغن مستعمل به حدود ۲۴۹ کیلو تن خواهد رسید. ولی سرانه پیش‌بینی شده روغن مستعمل نشان می‌دهد با گذشت زمان سرانه روغن مستعمل کاهش خواهد یافت، به طوری که سرانه روغن مستعمل به ۹/۶ کیلوگرم به ازای هر خودرو فعال در سال خواهد رسید.

در این تحقیق همچنین اهمیت متغیرهای مورد استفاده در روند پیش‌بینی روغن مستعمل مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در ضمیمه ۲ ارائه گردید. همانگونه که در نتایج جدول مشاهده می‌شود متغیر "تعداد خودرو" از نظر پیش‌بینی بیشترین وزن ($I=0/383$) را دارد، بنابراین اهمیت بالایی در پیش‌بینی دارد و متغیر "مصرف انرژی" کمترین وزن ($I=0/147$) را داشته، لذا اهمیت کمتری در پیش‌بینی دارد. همچنین نتایج $\text{Sum of Squares Error} < 0/1$ نشان از بهتر بودن مدل حاصل می‌باشد که در این تحقیق $\text{Sum of Squares Error} = 0/09$ بدست آمده است.

- وضعیت موجود جمع‌آوری و مدیریت روغن مستعمل در ایران و همچنین مقررات کنونی

با فرض اینکه جمع‌آوری، بازیافت و دفع روغن مستعمل در شهر تبریز در سال ۱۳۹۵ تقریباً الگوی مشابه و یکسانی با کل کشور دارد، نتایج نشان می‌دهد حدود ۲۴۷ کیلو تن روغن مستعمل از بخش خودروها در کل کشور در سال ۱۳۹۵ تولید می‌شود که ۷۷/۲ درصد از کل روغن مستعمل تولیدی توسط بخش‌های خصوصی

کیلومتر سفر توسط خودروها می‌باشد. سرانه روغن مستعمل تولیدی براساس تعداد خودروی فعال در ایران از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ روند کاهشی داشته است و بیشترین سرانه روغن مستعمل مربوط به سال ۱۳۸۱ و کمترین سرانه آن مربوط به سال ۱۳۹۳ است و سرانه روغن مستعمل در این سال‌ها به ترتیب برابر ۲۷/۷ و ۱۲/۶ کیلوگرم به ازای هر خودروی فعال در سال بدست آمد. لازم به توضیح می‌باشد دلیل کاهش روغن مستعمل به ازای خودرو احتمالاً افزایش کیفیت روغن موتورهای عرضه شده در بازار می‌باشد.

- میزان روغن مستعمل جمع‌آوری شده جهت بازیافت

طبق گزارش وزارت صنعت، معدن و تجارت میزان روغن موتور مصرفی سالیانه تبریز حدود ۹,۶۰۰ تن می‌باشد (جدول ۱) و همچنین طبق گفته اتحادیه روغن‌فروشان و تعویض روغنی تبریز میزان روغن مستعملی که توسط بخش خصوصی در شهر تبریز جمع‌آوری می‌شود حدود ۲,۰۰۰ بشکه ۲۲۰ لیتری در هر ماه است. با در نظر گرفتن دانسیته روغن مستعمل ($0/9 \text{ g.cm}^3$)، مقادیر روغن مستعمل جمع‌آوری شده در شهر تبریز تقریباً برابر ۴۷۵۲ تن در سال برآورد گردید. در حالی که میزان روغن مستعمل تولیدی در شهر تبریز حدود ۶۱۵۴ تن در سال می‌باشد. با مقایسه نتایج حاصل از روغن مستعمل تولیدی و روغن مستعمل جمع‌آوری شده، مشاهده می‌گردد که نتایج داده‌های بدست آمده با هم تفاوت دارند و میزان روغن مستعمل جمع‌آوری شده تقریباً ۲۲/۸ درصد کمتر از روغن مستعمل تولید شده می‌باشد. بنابراین داده‌های مربوط به مقادیر روغن مستعمل جمع‌آوری شده در شهر تبریز به عنوان یک نمونه از شهرهای ایران مطرح می‌باشد و این داده برای کل ایران مد نظر قرار گرفت و براساس آن مقادیر روغن مستعمل جمع‌آوری شده برای ایران بدست آمد. به عنوان مثال در سال ۱۳۹۵ (سال ۲۰۱۷) مقادیر روغن مستعمل تولیدی در ایران حدود ۲۴۷ کیلو تن بود که مقدار جمع‌آوری شده (بازیافت) آن تقریباً ۱۹۱ کیلو تن برآورد شد. روغن‌های مستعمل جمع‌آوری شده جهت تصفیه و بازیافت به واحدهای تصفیه و بازیافت ارسال و پس از فرآوری بازیافت می‌گردند که از نظر بهداشتی و زیست محیطی و همچنین اقتصادی کار بسیار ارزشمندی می‌باشد.

اولیه بازیافتی استفاده می‌کنند، به ازای استفاده از این‌گونه مواد از پرداخت مبلغ تعیین شده معاف هستند. همچنین واحدهای تولیدی که محصولات خود را صادر می‌کنند و یا واردکنندگانی که کالای خود را مرجوع می‌کنند، به ازای میزان کالای صادر شده و یا مرجوعی، از پرداخت مبلغ تعیین شده معاف می‌باشند. وزارت بهداشت و سازمان ملی حفاظت از محیط زیست مسئولیت اجرای این قوانین هستند. نتایج چک‌لیست بررسی وضعیت موجود (ضمیمه ۳) نشان می‌دهد که علیرغم اقدامات ارزشمند صورت گرفته توسط بخش خصوصی جهت جمع‌آوری، انتقال و تصفیه و بازیافت در کشور، این فرآیندها به‌ویژه از منظر بهداشتی، زیست محیطی و ایمنی نیاز به ارتقاء و بهبود دارند.

بحث

ضریب تبدیل روغن موتور مصرفی به روغن مستعمل در سایر مطالعات برابر $0/6 - 0/5$ برآورد شده است^{۵،۳} که مشخص است با نتایج بدست آمده در این مطالعه (ضریب تبدیل برابر $0/641$) اندکی تفاوت دارد. از دلایل عمده تفاوت نتایج سایر مطالعات با مطالعه حاضر احتمالاً بتوان به مواردی همچون تفاوت در میزان تخییر سیالات در درون کارتر خودروها، نوع و کیفیت خودروها، قدرت موتور خودروها، تفاوت در ویسکوزیته روغن‌های مصرفی، داشتن اشکالات فنی و روغن‌سوزی در خودروها، دمای کارکرد موتور، میزان ساییدگی رینگ و پیستون در خودروها، تنظیم بودن میل سوپاپ و میل لنگ، سبک رانندگی، سن خودروها و مقدار کیلومتر سفر هر خودرو و غیره، اشاره نمود.

برآورد میزان روغن موتور مصرفی و همچنین تولید روغن مستعمل طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ نشان داد که در برخی سال‌ها میزان مصرف روغن موتور و تولید روغن مستعمل زیاد است. در سال ۱۳۹۲ بیشترین مصرف روغن موتور برآورد شده است که علت آن می‌تواند به دلیل افزایش جمعیت و افزایش خودرو و به تبع آن افزایش تقاضای مصرف روغن موتور باشد.

نتایج سرانه روغن مستعمل به ازای هر خودروی فعال در ایران روند کاهشی را نشان داد و از دلایل احتمالی این کاهش می‌توان به کاهش نسبی استفاده از خودروهای فرسوده، افزایش واردات خودروهای خارجی و با کیفیت بالا، افزایش سیستم کنترل ادواری خودروها، بالا رفتن

جمع‌آوری و در واحدهای تصفیه و فراوری بازیافت می‌گردد، بنابراین میزان روغن مستعمل جمع‌آوری شده تقریباً ۱۹۱ کیلوتن خواهد بود. همان‌طور که در بالا نیز اشاره شده است حدود ۵ درصد از روغن مستعمل به پیمانکاران بخش ساختمانی فروخته می‌شود. احتمالاً مابقی روغن مستعمل تولیدی در ایران در محیط رها می‌گردد و باعث آلودگی منابع آبی و خاک می‌گردد و بخش کمتری از آن توسط اشخاصی که خود اقدام به تعویض روغن خودروها می‌کنند به عنوان سوخت برای گرمایش در محیط بیرون و بصورت غیرقانونی سوزانده می‌شوند و باعث آلودگی هوا و محیط می‌گردند. با لحاظ کردن سهم ۴۵ درصدی سایر منابع تولید روغن مستعمل و اینکه روند فعلی مدیریت روغن‌های مستعمل به همین صورت ادامه یابد، احتمالاً در سال (۱۳۹۵) کل روغن مستعمل جمع‌آوری شده حدود ۳۴۶ کیلوتن و کل روغن مستعمل رها شده در محیط حدود ۱۰۲ کیلوتن بوده است. البته لازم به توضیح می‌باشد که به دلیل بالا رفتن قیمت جهانی ترکیبات و مشتقات نفتی و ارزش اقتصادی موجود، مقادیر بازیافت رو به افزایش بوده و از طرف دیگر مقادیر رهاسازی در محیط در حال کاهش می‌باشد. این موضوع در جهت حفاظت از بهداشت و محیط زیست بسیار ارزشمند می‌باشد. چک لیست تکمیل شده به‌منظور بررسی وضعیت فعلی مدیریت روغن مستعمل در ایران در ضمیمه ۳ ارائه شده است. در حال حاضر در ایران، قوانین عمومی در مورد مدیریت پسماند وجود دارد که توسط دولت پیشنهاد شده در سال ۱۳۸۳ در مجلس به تصویب رسیده است. به خاطر تفاوت روغن مستعمل با پسماندهای شهری، سیاست‌ها و قوانین مدیریت مواد زائد شهری را نمی‌توان برای مدیریت روغن مستعمل به‌کار گرفت. طبق بند ۱۲ آیین‌نامه اجرایی مدیریت پسماند در ایران، تولیدکنندگان و واردکنندگان روغن‌ها، بایستی پسماند حاصل از کالاهای خود را بازیافت نمایند. در صورتی که نتوانند به این امر اقدام نمایند، باید $0/05$ درصد از ارزش کالا را همزمان با فروش و یا ورود به صندوق پرداخت کنند. مبالغ دریافتی صندوق در این خصوص برای بازیافت این پسماندها استفاده می‌شود. با توجه به نکات مندرج در بند ۱۲ دستورالعمل اجرایی، شرکت‌هایی که مسئولیت آنها را قبول نمی‌کنند، مجازات‌های مالی را پرداخت می‌کنند. واحدهای تولیدی که از مواد

- مقایسه روغن مستعمل تولیدی در ایران با سایر کشورها

مقایسه نتایج حاصل از مقادیر تولید روغن مستعمل و سرانه آن در ایران در سال ۲۰۱۵ با برخی کشورهای دیگر در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد مقادیر و سرانه روغن مستعمل در هر کشوری متفاوت می‌باشد. کشورهای مثل سوئد، فنلاند و بلژیک بیشترین سرانه تولید روغن مستعمل در سال ۲۰۱۵ را داشته‌اند و ایران کمترین سرانه تولید روغن مستعمل در این سال را دارد. متوسط سرانه جهانی روغن مستعمل براساس جمعیت و براساس خودروی فعال در جهان در سال ۲۰۱۵، به ترتیب ۴/۷ کیلوگرم/نفر/سال و ۲۸/۳ کیلوگرم/خوردو/سال بوده است که به ترتیب حدود ۱/۷ برابر و ۲/۲ برابر سرانه ایران می‌باشد. کمتر بودن سرانه تولید روغن مستعمل در ایران نسبت به سایر کشورها، می‌تواند به تعداد خودروها مربوط باشد. تعداد خودرو در کشورهای فوق‌الذکر برابر با ۶۷۶-۴۸۱ به ازای هر هزار نفر است که بسیار بیشتر از سرانه خوردو در ایران (۲۲۵ به ازای هر هزار نفر) می‌باشد. سرانه‌ی خوردو به ازای جمعیت در سایر کشورها تقریباً ۲ الی ۳ برابر ایران است. لذا این موضوع به همراه دلایل اقتصادی و فنی می‌تواند توجیه‌کننده و یکی از دلایل کمتر بودن مقادیر سرانه روغن مستعمل تولیدی در ایران باشد. از طرفی دیگر، تفاوت نوع، مدل و سال ساخت موتور و خوردو، قدرت موتور خودروها، فرهنگ و سبک رانندگی، شرایط جاده‌ها، طول (کیلومتر) رانندگی، زمان تعویض روغن موتور، نوع و کیفیت روغن، نوع و کیفیت سوخت، استفاده بیشتر از حمل و نقل عمومی به جای خودروهای شخصی، شرایط آب و هوایی و غیره می‌تواند دلایل دیگر تفاوت در مقادیر و سرانه روغن مستعمل باشد. لازم به توضیح است که پایین بودن حجم و قدرت موتور در خودروهای ایرانی نسبت به خودروهای سایر کشورها باعث کاهش دفعات تعویض روغن در طول رانندگی می‌گردد که بر کمتر بودن مقادیر سرانه روغن مستعمل تولیدی در ایران تاثیر زیادی دارد.

فرهنگ رانندگی، افزایش نسبی حمل و نقل عمومی و غیره در طی چند سال اخیر اشاره کرد.

لازم به توضیح است که طی مطالعات مختلف مشخص شده است که سهم روغن مستعمل تولیدی ناشی از خودروها تقریباً ۵۵ درصد می‌باشد^۴ و ۴۵ درصد باقیمانده ناشی از منابع دیگر بوده است. اگر سهم سایر منابع تولید روغن مستعمل مد نظر قرار گیرد احتمالاً کل روغن مستعمل تولیدی در ایران در سال ۱۳۹۵ حدود ۴۴۹ کیلوتن و سرانه آن برابر ۵/۵ کیلوگرم به ازای هر نفر در سال خواهد بود.

طبق نتایج بدست آمده که در بالا نیز ذکر گردید، میزان روغن مستعمل جمع‌آوری شده تقریباً ۲۲/۸ درصد کمتر از روغن مستعمل تولید شده می‌باشد. دلایل احتمالی پایین بودن روغن مستعمل جمع‌آوری شده نسبت به روغن مستعمل تولیدی براساس مصاحبه با تعدادی از رانندگان ماشین‌آلات کشاورزی، رانندگان خودروهای سنگین، تعدادی از متولیان مراکز تعویض روغنی و استفاده از تجارب کارشناسان اتحادیه روغن فروشان و تعویض روغنی می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- ۱- تقریباً ۵ درصد از روغن مستعمل توسط مراکز تعویض روغنی به پیمانکاران شرکت ساختمانی فروخته می‌شود. روغن مستعمل در بخش ساخت‌وساز ساختمان در قسمت قالب‌بندی با بتن به منظور جداسازی راحت این قالب‌ها از بتن استفاده می‌شود. ۲- اکثر تعویض روغنی خودروها در بخش کشاورزی و تعداد معدودی از خودروهای سنگین توسط خود شخص صورت می‌گیرد. حدود ۸۰ درصد از روغن مستعمل تولیدی ناشی از این خودروها توسط خود شخص جمع‌آوری می‌گردد و به مراکز تعویض روغنی تحویل داده می‌شود و به جای آن روغن موتور دریافت می‌گردد. مابقی روغن مستعمل تولیدی به عنوان سوخت برای گرمایش در محیط بیرون استفاده می‌شوند و یا به طبیعت رها می‌گردند. ۳- درصد کمتری از روغن مستعمل تولید شده در مراکز تعویض روغنی به هنگام ذخیره‌سازی و تحویل به شرکت‌های خصوصی به محیط نشت می‌یابد و یا سرریز می‌گردد.

جدول ۳. مقادیر و سرانه روغن مستعمل در ایران و سایر کشورها

کشورها	هلند	فنلاند	دانمارک	پرتغال	بلژیک	آلمان	ایرلند	ایتالیا	سوئد	اسپانیا	فرانسه	ایران	جهان
روغن مستعمل (کیلو تن)	۱۵۴/۷	۸۹/۲	۷۱/۴	۱۱۳/۲	۱۷۳/۶	۱۰۷۶	۳۸/۹	۶۸۱/۱	۱۴۶/۸	۴۹۶/۱	۸۸۸/۸	۲۲۶/۹	۳۶،۰۰۰
جمعیت (میلیون)	۱۷	۵/۵	۵/۸	۱۰/۳	۱۱/۳	۸۲/۶	۴/۷۷	۶۰/۷	۹/۷۶	۴۶/۴	۶۴/۴	۷۹/۸	۷،۶۰۰
سرانه (کیلوگرم/نفر/سال)	۹/۱	۱۶/۲	۱۲/۳	۱۱	۱۵/۴	۱۳	۸/۲	۱۱/۲	۱۵	۱۰/۷	۱۳/۸	۲/۸	۴/۷
تعداد وسایل نقلیه (میلیون)	۹	۳/۳۶	۲/۷۹	۵/۶۶	۶/۳۳	۴۲/۲۵	۲/۴۵	۴۱/۰۳	۵/۰۷	۲۷/۵۱	۳۷/۲	۱۸	۱۲۷۰
سرانه (کیلوگرم/خودرو/سال)	۱۷/۲	۲۶/۵	۲۵/۶	۲۰	۲۷/۴	۲۵/۵	۱۵/۹	۱۶/۶	۲۹	۱۸	۲۳/۹	۱۲/۶	۲۸/۳
تعداد خودرو به ازای ۱۰۰۰ نفر	۵۳۰	۶۱۲	۴۸۱	۵۵۰	۵۶۰	۵۷۲	۵۱۵	۶۷۶	۵۲۰	۵۹۳	۵۷۸	۲۲۵	۱۶۷

مستعمل نشان داد که وزارت/ اداره و یا متولی و مسئول مشخص دولتی برای جمع‌آوری، انتقال، بازیافت و تصفیه روغن مستعمل در ایران وجود ندارد. همچنین دولت برنامه‌ریزی مشخصی برای کاهش دادن مقادیر کمی روغن مستعمل در آینده پیش‌بینی نکرده است و هیچ سیاست و برنامه مشخص برای تخصیص بودجه به منظور مدیریت و بازیافت اصولی‌تر این پسماندها نیز در کشور ارائه نشده است. همچنین در ایران برای مدیریت بهتر روغن مستعمل از سیاست‌ها، قوانین و مقررات و تجارب سایر کشورهای موفق در این زمینه استفاده نشده است.

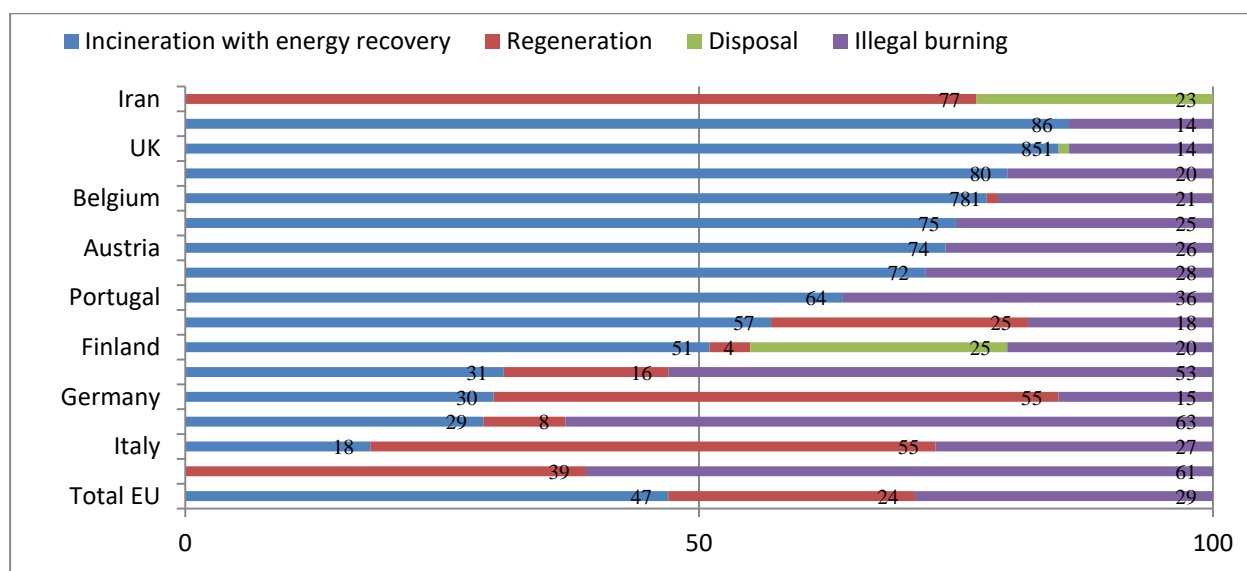
- مروری بر مقررات کنونی و شرایط مدیریت روغن مستعمل در سایر کشور

امروزه در دنیا بسته به شرایط مختلف تولید و مصرف روغن مستعمل، همچنین نوع روغن و مقررات خاص هر کشور روش‌ها و قوانین مختلف برای دفع آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. استراتژی دولت‌ها در مدیریت پایدار پسماندها به ترتیب بر چهار اصل کاهش، استفاده مجدد، بازیافت و در نهایت دفع آنها بنا نهاده شده است.^{۳۰،۳۱،۳۲} در آمریکا روغن مستعمل به سه روش اصلی مدیریت می‌شوند: ۱۴ درصد از آن پالایش مجدد می‌شود، ۱۱ درصد به عنوان سوخت برای گرمایش استفاده می‌شود و ۷۵ درصد به عنوان روغن سوخت برای انواع مختلف از مصرف کنندگان صنعتی فروخته می‌شوند.^{۳۰،۳۱،۳۲} همچنین مدیریت روغن مستعمل در یکی از ایالت‌های آمریکا (ایالت کالیفرنیا) با رویکرد ارزیابی چرخه حیات (LCA) و سیستم

تاکنون داده‌ها و اطلاعات مستند و دقیقی در ارتباط با مقادیر کمی و حتی خصوصیات کیفی روغن مستعمل در ایران موجود نبوده و هیچ مطالعه‌ای در خصوص نحوه مدیریت اصولی و علمی روغن مستعمل در ایران وجود ندارد. طبق آمار و اطلاعات بدست آمده، روغن مستعمل جمع‌آوری و بازیافت شده در ایران توسط بیش از ۶۰ کارخانه فعال تصفیه روغن مستعمل مورد تصفیه مجدد قرار می‌گیرد. جمع‌آوری روغن‌ها توسط نماینده واحدهای تولیدی این پسماندها، یا توسط اشخاصی که مجوز حمل این گونه پسماندها را ندارند و هیچکدام از آنها کد شناسایی از وزارت بهداشت/ سازمان محیط زیست دریافت نموده‌اند، از واحدهای تعویض روغنی و امثال آن، عمدتاً بدون رعایت کامل اصول علمی و اصول HSE (بهداشت، ایمنی و محیط زیست) جمع‌آوری و حمل می‌گردد. در ایران اکثر کارخانه‌های بازیافت روغن از روش‌های قدیمی برای تصفیه روغن مستعمل استفاده می‌کنند. استفاده از فن‌آوری قدیمی باعث ورود آلاینده‌های سنگین به محیط زیست، بالا رفتن هزینه بازیافت، طولانی شدن زمان تولید و پایین آمدن کیفیت محصول می‌گردد. البته لازم به توضیح است نقطه‌ی قوت سیستم موجود مدیریت و دفع روغن‌های مستعمل در ایران، مشارکت بخش خصوصی و جمع‌آوری و تصفیه حدود ۷۷/۲ درصد از کل روغن‌های مستعمل تولیدی (حدود ۲۴۷ کیلو تن) در سال می‌باشد. ولی در مجموع مدیریت روغن مستعمل در ایران به دلیل عدم نظارت اصولی و کارآمد از کیفیت مطلوب برخوردار نمی‌باشد. نتایج ارزیابی وضعیت فعلی مدیریت روغن

آن به روش "بازیافت" و ۴۵ درصد به شکل غیر اصولی (۲۵ درصد به صورت "دفع در طبیعت" و ۲۰ درصد به صورت "غیر قانونی سوزاندن") مدیریت شده است. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود مدیریت روغن مستعمل در کشورهای مختلف با هم تفاوت دارند. به عنوان مثال در کشور آلمان و ایتالیا همانند ایران درصد بالایی از روغن مستعمل به روش بازیافت مدیریت شده است ولی در اکثر کشورهای دیگر درصد بالایی از روغن مستعمل به روش سوزاندن با بازیافت انرژی مدیریت شده‌اند. همچنین با توجه به نتایج شکل ۱ و مقایسه آن با نتایج حاصل شده در ایران، مشاهده می‌گردد که روغن مستعمل تولیدی در ایران نسبت به برخی از کشورهای اروپایی بهتر و اصولی‌تر مدیریت شده است.

مدیریتی توسعه مسئولیت تولیدکننده (EPR) و قانون ممنوعیت دفع غیرقانونی روغن مستعمل، انجام شده است.^{۳۱} در برخی از کشورهای اروپایی نیز از رهنمودهای چهارچوب پسماند اتحادیه اروپا برای مدیریت روغن‌های مستعمل استفاده می‌کنند.^۷ شکل ۱ روش‌های مختلف مدیریت روغن مستعمل در برخی از کشورهای اروپایی را نشان می‌دهد.^{۳۳،۳۲،۱} با مشاهده نتایج حاصل در این شکل مشخص است که در بعضی از این کشورها بخش عمده‌ای از روغن مستعمل به صورت اصولی مدیریت شده‌اند و مقدار کمی از روغن مستعمل به شکل غیر اصولی مدیریت شده است. به عنوان نمونه در کشور فنلاند در مجموع ۵۵ درصد از روغن مستعمل به شکل اصولی (۵۱ درصد آن به روش "سوزاندن با بازیافت انرژی" و ۴ درصد



شکل ۱. روش‌های دفع روغن‌های مستعمل در ایران و اتحادیه اروپا

- در تهیه مقررات عملی پایدار، تجارب سایر کشورها باید در نظر گرفته شود.
- سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت بهداشت باید با دقت بیشتر بر جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، حمل و نقل، بازیافت و دفع روغن مستعمل نظارت کنند.
- تولیدکنندگان و همچنین جمع‌آوری‌کنندگان باید مخازن ذخیره استاندارد و ایمن جهت ذخیره روغن مستعمل داشته باشند و بازرسی مداوم از مخازن به منظور جلوگیری از نشت و احتمال انفجار و آتش‌سوزی صورت گیرد.

- پیشنهادات در خصوص مدیریت بهتر روغن‌های مستعمل

- براساس نتایج مطالعه و شرایط کنونی، علیرغم وجود نقاط قوت (مشارکت بخش خصوصی و جمع‌آوری، تصفیه و بازیافت حدود ۷۷/۲ درصد از روغن مستعمل تولیدی در کشور) موارد زیر برای بهبود مدیریت روغن مستعمل در ایران پیشنهاد می‌گردد:
- قوانین و مقررات مدون با تأکید بر مسائل بهداشتی، زیست محیطی، ایمنی و اهمیت اقتصادی موضوع تدوین گردند.

پیامدهای عملی پژوهش

براساس نتایج این مطالعه، برای بهبود وضعیت فعلی روغن مستعمل، ابتدا باید تولید روغن مستعمل کاهش یابد و قانون و مقررات ذخیره‌سازی، جمع‌آوری و حمل و نقل روغن مستعمل تولیدی تصویب گردد. مراکز انتقال برای روغن مستعمل طبق اصول و قوانین زیست محیطی دقیق‌تر تاسیس و مورد بهره‌برداری قرار گیرند. علاوه بر این، دفع روغن مستعمل در طبیعت باید به تدریج ممنوع شود و سیستم مسئولیت افزایش تولید و قانون اهداف زیست محیطی برای مدیریت آنها باید اجرا شود.

قدردانی‌ها

بدینوسیله، نویسندگان مراتب قدردانی خود را از متولیان تعویض روغنی‌های سطح شهر تبریز که در انجام پژوهش حاضر همکاری و همراهی نمودند، اعلام می‌دارند.

مشارکت پدیدآوران

حسن تقی‌پور طراحی مطالعه و تأیید نسخه نهایی مقاله؛ مهدی غایب‌زاده اجرای طرح و تهیه و تألیف دست نوشته؛ ندا گیلانی تجزیه و تحلیل داده‌ها و حسن اصلانی تحلیل نتایج و نظارت بر اجرای مطالعه را برعهده داشت. مقاله با همکاری همه نویسندگان تألیف شد و نسخه نهایی خوانده و تأیید گردید.

منابع مالی

از این طرح تحقیقاتی تحت شماره گرنت ۵۹۳۲۳ از طرف مرکز تحقیقات سلامت و محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تبریز حمایت مالی شده است.

ملاحظات اخلاقی

پروتکل این مطالعه در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی تبریز استان آذربایجان شرقی به شماره مرجع IR.TBZMED.VCR.REC.1397.151 تأیید شده است.

تعارض منافع

مؤلفان اظهار می‌دارند که تعارض منافی از تألیف و یا انتشار این مقاله ندارند.

- حمل و نقل روغن مستعمل طبق آیین‌نامه اجرایی مصوب هیأت وزیران انجام شود.
- مراکز انتقال روغن مستعمل با اصول مدیریت زیست محیطی و ارائه مجوز از وزارت بهداشت و سازمان محیط زیست تأسیس گردد.
- به‌روزرسانی و ارتقای سیستم پالایش و بازیافت کارخانه‌های موجود مد نظر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

روغن مستعمل یک پسماند مشکل‌ساز در ایران و اکثر کشورها می‌باشد که عدم مدیریت صحیح و اصولی آن به عنوان یک هشدار جدی و تهدیدکننده سلامت و محیط زیست می‌باشد. در این مطالعه نتایج نشان داد که تولید روغن مستعمل در ایران در حال افزایش است و بازیافت بخش عمده‌ای از آن (۷۷/۲ درصد) توسط بخش خصوصی به‌عنوان یک برنامه ارزشمند در ایران در حال اجرا می‌باشد. اما برای بهبود و کارآمدتر نمودن دفع روغن مستعمل نیاز فوری به پشتیبانی و همچنین وجود متولی و یا مسئول مشخص دولتی برای نظارت، جمع‌آوری، انتقال، بازیافت و تصفیه روغن مستعمل در ایران می‌باشد. همچنین علاوه بر نظارت بر ارتقای کیفیت روغن موتور عرضه شده در بازار، اجرای قوانین و دستورالعمل‌های مربوط به روغن مستعمل تولیدی، از جمله تصویب قانون و مقررات ذخیره‌سازی، جمع‌آوری و حمل و نقل روغن مستعمل تولیدی، تأسیس مراکز انتقال روغن مستعمل طبق اصول و قوانین زیست محیطی، استفاده از فن‌آوری‌های نوین و پیشرفته پالایش و بازیافت در ایران ضروری می‌باشد.

محدودیت‌های پژوهش و پیشنهادها

از محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم مشارکت تعدادی از نمایندگان تعویض روغن جهت ارائه اطلاعات در این زمینه بود که تعمیم‌پذیری یافته‌ها را کمی محدود می‌کند. از این‌رو انجام مطالعات جدید در این زمینه با مقیاس بزرگ‌تر و تعداد نمونه‌های بیشتر در شهرهای مختلف کشور برای دسترسی به نتایج دقیق‌تر توصیه می‌شود.

References

- Hsu Y-L, Liu C-C. Evaluation and selection of regeneration of waste lubricating oil technology. *Environ Monit Assess.* 2011; 176(1-4): 197-212. doi: 10.1007/s10661-010-1576-3
- Sequeira A. Lubricant base oil and wax processing: CRC press; 1994. doi:10.1201/9781482277678
- Unnisa SA, Hassanpour M. Development circumstances of four recycling industries (used motor oil, acidic sludge, plastic wastes and blown bitumen) in the world. *Renew Sustain Energy Rev.* 2017; 72: 605-24. doi:10.1016/j.rser.2017.01.109
- OECD P. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) scheme for the certification of forest reproductive material moving in international trade; 2009.
- Boughton B, Horvath A. Environmental assessment of used oil management methods. *Environ Sci Technol.* 2004; 38(2): 353-358. doi: 10.1021/es034236p
- White PR, Franke M, Hindle P. Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory: A Lifecycle Inventory. New York: Springer; 1995. doi: 10.1007/978-1-4615-2369-7
- Tchobanoglous G, Kreith F. Handbook of solid waste management: McGraw-Hill Education; 2002.
- SUSlick KS. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. New York: John Wiley & Sons; 2000. doi: 10.1002/0471238961
- Pinheiro CT, Ascensão V, Cardoso C, Quina M, Gando-Ferreira L. An overview of waste lubricant oil management system: Physicochemical characterization contribution for its improvement. *J Clean Prod.* 2017; 150: 301-308. doi:10.1016/j.jclepro.2017.03.024
- Rammohan A. Engine's lubrication oil degradation reasons and detection methods: A review. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences.* 2016; 9(4): 3363-3366.
- Yu M, Ma H, Wang Q. Research and recycling advancement of used oil in China and all over the World. *Procedia Environ Sci.* 2012; 16: 239-243. doi:10.1016/j.proenv.2012.10.033
- Kanokkantarapong V, Kiatkittipong W, Panyapinyopol B, Wongsuchoto P, Pavasant P. Used lubricating oil management options based on life cycle thinking. *Resour Conserv Recycl.* 2009; 53(5): 294-299. doi:10.1016/j.resconrec.2009.01.002
- Musee N, Lorenzen L, Aldrich C. New methodology for hazardous waste classification using fuzzy set theory: Part I. Knowledge acquisition. *J Hazard Mater.* 2008; 154(1-3): 1040-51. doi: 10.1016/j.jhazmat.2007.11.011
- Mortier RM, Orszulik ST, Fox MF. Chemistry and technology of lubricant. Springer; 2010. doi: 10.1007/978-1-4020-8662-5
- Annex I, Annex I, Annex I, Annex V, Annex V, Annex V, *et al.* Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal. *Environment*; 1989.
- Ramadass K, Megharaj M, Venkateswarlu K, Naidu R. Ecological implications of motor oil pollution: earthworm survival and soil health. *Soil Biol Biochem.* 2015; 85: 72-81. doi:10.1016/j.soilbio.2015.02.026
- Russell CS. Economic incentives in the management of hazardous wastes. *Colum J Envtl L.* 1988; 13 (2): 257. doi:10.7916/cjel.v13i2.5743
- Glavič P, Lukman R. Review of sustainability terms and their definitions. *J Clean Prod.* 2007; 15(18): 1875-1885. doi:10.1016/j.jclepro.2006.12.006
- Willis P, MacGregor A, Fitzsimons D. For more information visit www.oakdenehollins.co.uk. 2010.
- Vazquez-Duhalt R. Environmental impact of used motor oil. *Sci Total Environ.* 1989; 79(1): 1-23. doi:10.1016/0048-9697(89)90049-1
- Jafari J, Hassanpour M. Survey of economic indices of the used motor oil industry equipped to acidic sludge recycling unit (A case study). *Merit Research Journal of Engineering, Pure and Applied Sciences.* 2014; 2 (2): 22-29.
- Pawlak Z, Urbaniak W, Kaldonski T, Styp-Rekowski M. Energy conservation through recycling of used oil. *Ecological Engineering.* 2010; 36(12): 1761-1764. doi: 10.1016/j.ecoleng.2010.08.007
- Dehghani M, Saghafian B, Nasiri Saleh F, Farokhnia A, Noori R. Uncertainty analysis of streamflow drought forecast using artificial neural networks and Monte-Carlo simulation. *International Journal of Climatology.* 2014; 34(4): 1169-1180. doi:10.1002/joc.3754

24. Jalali GZM, Nouri RE. Prediction of municipal solid waste generation by use of artificial neural network: A case study of Mashhad. *International Journal of Environmental Research*. 2008; 2(1): 13-22. doi: 10.22059/IJER.2010.170
25. Ali Abdoli M, Falah Nezhad M, Salehi Sede R, Behboudian S. Longterm forecasting of solid waste generation by the artificial neural networks. *Environ Prog Sustain Energy*. 2012; 31(4): 628-636. doi: 10.1002/ep.10591
26. Xu A, Chang H, Xu Y, Li R, Li X, Zhao Y. Applying artificial neural networks (ANNs) to solve solid waste-related issues: A critical review. *Waste Manag*. 2021; 124: 385-402. doi:10.1016/j.wasman.2021.02.029
27. Rivero D, Dorado J, Rabuñal JR, Pazos A. Modifying genetic programming for artificial neural network development for data mining. *Soft Comput*. 2009; 13(3): 291-305. doi: 10.1007/s00500-008-0317-9
28. Adamović VM, Antanasijević DZ, Ćosović AR, Ristić MĐ, Pocajt VV. An artificial neural network approach for the estimation of the primary production of energy from municipal solid waste and its application to the Balkan countries. *Waste Manag*. 2018; 78: 955-968. doi:10.1016/j.wasman.2018.07.012
29. Ogwueleka T, Ogwueleka F. Modelling energy content of municipal solid waste using artificial neural network. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 2010. 7(3): 259-266.
30. Liu Q, Jiang P, Zhao J, Zhang B, Bian H, Qian G. Life cycle assessment of an industrial symbiosis based on energy recovery from dried sludge and used oil. *J Clean Prod*. 2011; 19(15): 1700-1708. doi:10.1016/j.jclepro.2011.06.013
31. Kuczynski B, editor. Life cycle fragments: computational methods for analyzing and sharing life cycle assessment models. International environmental modelling and software society (iEMSs) 7th Intl Congress on Env Modelling and Software San Diego, California; 2014. doi:10.13140/2.1.4373.2486
32. Monier V, Labouze E, Sofres T. Critical review of existing studies and life cycle analysis on the regeneration and incineration of waste oils. *European Commission, DG Environment*. 2001.
33. Velis CA. Global recycling markets-plastic waste: A story for one player-China. Global recycling markets: plastic waste. A story for one player - China. ISWA Globalisation and Waste Management Task Force. 2014: 1-66. doi:10.13140/RG.2.1.4018.4802

ضمیمه ۱. پیش‌بینی روغن مستعمل تولید شده بر اساس متغیرهای مختلف (بر حسب تن بر سال)

سال	پیش‌بینی روغن مستعمل بر اساس داده‌های ۱۵ سال گذشته	پیش‌بینی روغن مستعمل بر اساس جمعیت	سرانه (کیلوگرم/ نفر/سال)	پیش‌بینی روغن مستعمل بر اساس تعداد خودرو	پیش‌بینی روغن مستعمل بر اساس سرانه (کیلوگرم/ خودرو/سال)	پیش‌بینی روغن مستعمل بر اساس مصرف (میلیون لیتر/روز)	پیش‌بینی روغن مستعمل بر اساس مصرف سوخت (میلیون لیتر/روز)	پیش‌بینی روغن مستعمل بر اساس مصرف سوخت	پیش‌بینی روغن مستعمل بر اساس مصرف سوخت	پیش‌بینی روغن مستعمل بر اساس مصرف سوخت
۱۳۹۶	۲۴۴,۴۲۹/۲	۸۰,۸۳۸,۶۰۷	۳	۲۴۱,۴۰۰/۴	۲۴۱,۴۰۰/۴	۲۴۴,۷۵۲/۲	۱۵۰/۹۹۵	۱۱/۷	۲۴۴,۰۹۵/۵	۲۴۷,۶۷۳/۳
۱۳۹۷	۲۴۵,۵۸۸/۷	۸۱,۵۸۰,۹۵۷	۳	۲۴۲,۷۸۷/۷	۲۴۲,۷۸۷/۷	۲۴۶,۳۳۴/۱	۱۵۲/۲۳	۱۱/۴	۲۴۵,۱۹۱/۱	۲۴۹,۱۵۵
۱۳۹۸	۲۴۶,۴۸۹/۳	۸۲,۰۲۹,۴۴۳	۳	۲۴۳,۵۱۶/۲	۲۴۳,۵۱۶/۲	۲۴۷,۶۳۳/۶	۱۵۳/۲۸۲	۱۱/۱	۲۴۶,۰۱۸/۵	۲۵۰,۳۶۴
۱۳۹۹	۲۴۷,۱۹۱/۶	۸۲,۵۰۲,۰۶۴	۳	۲۴۴,۲۰۴/۶	۲۴۴,۲۰۴/۶	۲۴۸,۷۰۹	۱۵۴/۱۸	۱۰/۸	۲۴۶,۶۴۹/۸	۲۵۱,۳۵۷/۶
۱۴۰۰	۲۴۷,۷۳۶/۹	۸۲,۸۷۰,۳۰۰	۳	۲۴۴,۶۹۰/۱	۲۴۴,۶۹۰/۱	۲۴۹,۵۹۰/۳	۱۵۴/۹۳۶	۱۰/۶	۲۴۷,۱۳۲/۸	۲۵۱,۱۶۹/۴
۱۴۰۱	۲۴۸,۱۶۲/۷	۸۲,۶۵۸,۵۱۵	۳	۲۴۴,۴۱۶/۱	۲۴۴,۴۱۶/۱	۲۵۰,۳۱۶	۱۵۵/۵۷۳	۱۰/۴	۲۴۷,۵۰۶/۹	۲۵۲,۸۴۳
۱۴۰۲	۲۴۸,۴۹۵/۵	۸۳,۵۹۱,۱۴۵	۲/۹	۲۴۵,۵۲۴/۳	۲۴۵,۵۲۴/۳	۲۵۰,۹۱۸/۲	۱۵۶/۱۱۲	۱۰/۲	۲۴۷,۷۹۹/۱	۲۵۳,۳۹۸/۳
۱۴۰۳	۲۴۸,۷۵۷/۲	۸۳,۸۸۲,۳۵۶	۲/۹	۲۴۵,۸۲۲	۲۴۵,۸۲۲	۲۵۱,۴۱۱/۳	۱۵۶/۵۶۱	۱۰/۱	۲۴۸,۰۲۹	۲۵۳,۸۶۱
۱۴۰۴	۲۴۸,۹۶۳/۹	۸۴,۱۹۳,۵۱۲	۲/۹	۲۴۶,۱۱۷/۷	۲۴۶,۱۱۷/۷	۲۵۱,۸۲۳/۱	۱۵۶/۹۴۱	۱۰	۲۴۸,۲۱۱/۷	۲۵۴,۲۴۷/۳
۱۴۰۵	۲۴۹,۱۲۶/۸	۸۴,۵۷۰,۱۰۱	۲/۹	۲۴۶,۴۴۶/۸	۲۴۶,۴۴۶/۸	۲۵۲,۱۵۹/۲	۱۵۷/۲۵۵	۹/۹	۲۴۸,۳۵۷/۲	۲۵۴,۵۶۷/۴
۱۴۰۶	۲۴۹,۲۵۶/۳	۸۴,۷۸۴,۲۵۳	۲/۹	۲۴۶,۶۲۰/۸	۲۴۶,۶۲۰/۸	۲۵۲,۴۳۴/۱	۱۵۷/۵۱۴	۹/۸	۲۴۸,۴۷۴/۱	۲۵۴,۸۳۷/۵
۱۴۰۷	۲۴۹,۳۵۹/۸	۸۵,۰۳۶,۹۶۶	۲/۹	۲۴۶,۸۱۴/۵	۲۴۶,۸۱۴/۵	۲۵۲,۶۶۰/۲	۱۵۷/۷۲۹	۹/۷	۲۴۸,۵۶۸/۷	۲۵۵,۰۶۲/۱
۱۴۰۸	۲۴۹,۴۴۳/۲	۸۵,۲۵۲,۲۵۷	۲/۹	۲۴۶,۹۷۰/۴	۲۴۶,۹۷۰/۴	۲۵۲,۸۴۴/۱	۱۵۷/۹۰۵	۹/۷	۲۴۸,۶۴۵/۴	۲۵۵,۲۵۰/۲
۱۴۰۹	۲۴۹,۵۱۰/۱	۸۵,۳۶۲,۲۴۱	۲/۹	۲۴۷,۰۴۷/۱	۲۴۷,۰۴۷/۱	۲۵۲,۹۹۲/۸	۱۵۸/۰۴۸	۹/۶	۲۴۸,۷۰۷/۸	۲۵۵,۴۰۸/۶
۱۴۱۰	۲۴۹,۵۶۴/۵	۸۵,۶۴۲,۶۲۹	۲/۹	۲۴۷,۲۳۲/۳	۲۴۷,۲۳۲/۳	۲۵۳,۱۱۲/۸	۱۵۸/۱۶۴	۹/۶	۲۴۸,۷۵۹	۲۵۵,۵۴۱/۳

ضمیمه ۲. خلاصه مدل و اهمیت متغیر مستقل

خلاصه مدل Model Summary		اهمیت متغیر مستقل Independent Variable Importance		
Training	Sum of Squares Error	2.022		Normalized Importance
	Relative Error	.404	جمعیت	66.0%
	Stopping Rule Used	1 consecutive step(s) with no decrease in error ^a	خودرو	84.8%
	Training Time	0:00:00.00	سوخت مصرفی	44.2%
Testing	Sum of Squares Error	.09	انرژی مصرفی	35.0%
	Relative Error	.03		

ضمیمه ۳. خلاصه وضعیت فعلی مدیریت روغن مستعمل

ردیف	موضوع مورد بررسی	نتایج	توضیحات
۱	در حال حاضر آیا قانون مصوبی برای مدیریت روغن‌های مستعمل تولیدی وجود دارد؟	بله	بند ۱۱ و ۱۲- قانون مدیریت پسماند و دستورالعمل‌های اجرایی در ایران
۲	در حال حاضر مقررات و قانون برای مدیریت روغن‌های مستعمل اجرا می‌گردد؟	تا حدودی	
۳	آیا داده‌ها و اطلاعات مستند و دقیقی در ارتباط با مقادیر روغن مستعمل تولیدی و نحوه مدیریت آنها موجود می‌باشد؟	خیر	
۴	آیا یک سازمان یا دفتر مسئول در ارتباط با مدیریت روغن مستعمل وجود دارد	خیر	هیچ وزارت / اداره یا مقام دولتی وجود ندارد اما بخش خصوصی جمع‌آوری، بازیافت و پالایش روغن مستعمل را انجام می‌دهد
۵	آیا در حال حاضر روغن مستعمل به طور مجزا جمع‌آوری می‌گردند؟	بله	جمع‌آوری توسط بخش خصوصی انجام می‌شود
۶	آیا جمع‌آوری و حمل روغن مستعمل بر اساس اصول بهداشتی و زیست محیطی است؟	خیر	از کد شناسایی و برچسب مخصوص حمل روغن مستعمل و علائم هشدار دهنده زباله‌های خطرناک استفاده نمی‌شود
۷	در صورت جمع‌آوری جداگانه روغن مستعمل، آیا این کار به طور قانونی انجام می‌گیرد	تا حدودی	جمع‌آوری کنندگان (بخش خصوصی) از سازمان محیط زیست و وزارت بهداشت مجوز جمع‌آوری و حمل دریافت نکرده اند.
۸	در صورت جمع‌آوری جداگانه روغن مستعمل نحوه ذخیره و نگهداری آنها به صورت مطلوب می‌باشد؟	تا حدودی	در بشکه‌های بسته نگهداری می‌شود، اما از کد شناسایی و برچسب روغن مستعمل استفاده نمی‌شود،
۹	آیا افراد شاغل در امر جمع‌آوری روغن مستعمل اصول بهداشتی و ایمنی را رعایت می‌کند؟	خیر	
۱۰	آیا کارکنان و مدیران مدیریت پسماند شهری در ارتباط با مدیریت روغن مستعمل تجربه و دانش لازم را دارند؟	خیر	
۱۱	آیا روغن مستعمل بازیافت می‌شود؟	بله	
۱۲	آیا همه روغن‌های مستعمل بازیافت می‌شود؟	خیر	مقدار کمی به صورت غیرقانونی سوزانده و یا در محیط رهاسازی می‌شود
۱۳	آیا بازیافت و پالایش روغن مستعمل مطابق با اصول علمی و قانونی است؟	تا حدودی	از تکنولوژی مدرن و پیشرفته جهت پالایش استفاده نمی‌شود.
۱۴	روغن‌های مستعملی که بازیافت نمی‌شوند، روش دفع نهایی آنها به چه صورتی است	دفع در محیط	روغن‌های بازیافت نشده در محیط (آب و خاک) رها می‌گردد و همچنین به صورت غیرقانونی سوزانده می‌شود
۱۵	آیا بازیافت روغن مستعمل بر اساس اصول فنی، بهداشتی و زیست محیطی انجام می‌شود و آیا مطلوب است؟	تا حدودی	
۱۶	آیا متولی و مسئول مشخصی در ارتباط با مدیریت روغن مستعمل وجود دارد؟	خیر	

ردیف	موضوع مورد بررسی	نتایج	توضیحات
۱۷	آیا بخش‌های خصوصی تحت حمایت و نظارت سازمان‌های دولتی هستند؟	تا حدودی	
۱۸	آیا تولیدکنندگان و واردکنندگان روغن مستعمل هزینه‌ای را بابت دفع و مدیریت و غیره پرداخت می‌کنند؟	خیر	
۱۹	آیا مصرف‌کنندگان بابت دفع و مدیریت روغن مستعمل هزینه‌ای پرداخت می‌کنند؟	خیر	
۲۰	آیا تولیدکنندگان و یا واردکنندگان روغن مستعمل برنامه‌ای را برای تولید و یا وارد کردن روغن موتور با خطرات کمتر زیست محیطی دارند؟	خیر	
۲۱	آیا تا به حال برنامه جهت آگاه‌سازی مردم جهت شناخت روغن مستعمل و خطرات زیست محیطی مرتبط با آن اجرا شده است؟	خیر	
۲۲	آیا برنامه‌ریزی مشخصی برای مدیریت علمی روغن مستعمل در آینده نزدیک پیش‌بینی شده است؟	خیر	
۲۳	آیا برنامه‌ریزی مشخصی برای کاهش میزان تولید روغن مستعمل در آینده پیش‌بینی شده است؟	خیر	