

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و هفت، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۴ (۶۹-۴۹)

مدیریت زیست محیطی کسب و کار محصولات بتن خرده لاستیکی CRC (Crumb Rubber Concrete) حاصل از بازیافت ضایعات لاستیک

محمد کربلائی کریمی^۱

اکرم الملوک لاهیجانیان^{۲*}

Lahijanian@srbiau.ac.ir

امیر هومن حمصی^۳

علی محمدی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۲۴

چکیده

زمینه و هدف: گسترش صنعت ساخت و ساز و مشکلات فراوان زیست محیطی، حرکت به سوی فناوری بازیافت در مدیریت بهینه مصالح ساختمانی را هدف گرفته است. مزایای اقتصادی و زیست محیطی صنعت بازیافت باعث شده است، پژوهشگران آزمایش های متعددی جهت بهینه سازی مصالح نوین بازیافتی انجام دهند. در همین راستا ضایعات لاستیک به عنوان یکی از معضلات زیست محیطی مورد توجه خاص قرار گرفته است. بدین منظور در تحقیق حاضر، مدیریت بازیافت صنعتی محصولات با مدل سازی به روش تصمیم گیری چندمعیاره، جهت انتخاب برترین گزینه های محصولات بتن خرده لاستیکی مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی: در مرحله نخست طبق نظر خبرگان و اساتید محیط زیست و مهندسی عمران، از بین ۲۳ معیار برتر در ۵ گروه عوامل اقتصادی، زیست محیطی، فنی، مدیریت و عایق بندی انتخاب شدند. در مرحله دوم با اخذ پرسشنامه اول براساس طیف لیکرت بروش آماری با نرم افزار SPSS، تعداد ۱۷ معیار و ۵ گزینه تاثیرگذار انتخاب شدند. سپس در مرحله سوم، مدل سازی به روش تصمیم گیری چند معیاره به روش تحلیل سلسله مراتبی AHP با نرم افزار EC براساس داده های پرسشنامه دوم جهت رتبه بندی نهایی محصولات بتنی مورد استفاده قرار گرفت.

۱- دانشجوی دکترای مدیریت محیط زیست، گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۳- استاد گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۴- استادیار گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

یافته ها: اولویت بندی نهایی محصولات بتن بر اساس نتایج، بترتیب اوزان برابر ۰/۲۳۵ و ۰/۲۱۹ و ۰/۱۹۶ و ۰/۱۷۹ و ۰/۱۷ تعیین شد و به ترتیب بتن خرده لاستیک آسفالتی، گاردریل، پانل پارتیشن در اولویتهای برتر قرار گرفتند.

بحث و نتیجه گیری: بر اساس نتایج حاصل از تحقیق در مراحل سه گانه، به جمیع جهات موارد بررسی اعم از مطالعات تجربی و پرسشنامه مرحله اول و مدلسازی، در خصوص برترین محصولات، محصول بتن خرده لاستیک آسفالتی (Crumb Rubber Asphalt Concrete) به عنوان برترین محصول انتخاب و بر اساس مدل کسب و کار مشخص گردید، امکان تولید محصول در مقیاس صنعتی وجود دارد.

واژه های کلیدی : بازیافت، بتن خرده لاستیکی، مدل تصمیم گیری چند معیاره MCDM، مدل کسب و کار، نرم افزار EC

Business Environmental Management of Crumb Rubber Concrete Products from Rubber Waste Recycling

Mohammad Karbalaee Karimi¹

Akram Lahijanian^{2 *}

Lahijanian@srbiau.ac.ir

Amirhooman Hemmasi³

Ali Mohammadi⁴

Admission Date: July 9, 2022

Date Received: April 13, 2022

Abstract

Background and Objective: The expansion of the construction industry and many environmental problems have aimed to move towards recycling technology in the optimal management of building materials. The economic and environmental benefits of the recycling industry have made researchers conduct numerous experiments to optimize new recycled materials. In this regard, rubber waste has received special attention as one of the environmental problems. For this purpose, in the current research, the management of industrial recycling of products has been examined by modeling using multi-criteria decision-making method, in order to select the best options for crumb rubber concrete products

Material and Methodology: In the first stage, according to the opinion of experts and professors of environmental and civil engineering, among the 23 best criteria in 5 groups of economic, environmental, technical, management and insulation factors were selected. In the second stage, by taking the first questionnaire based on the Likert scale of statistical analysis with SPSS software, 17 criteria and 5 influential options were selected. Then, in the third stage, multi-criteria decision-making modeling using AHP hierarchical analysis method with EC software was used based on the data of the second questionnaire for the final ranking of concrete products.

Findings: Based on the results, the final prioritization of concrete products was determined with weights equal to 0.235, 0.219, 0.196, 0.179, and 0.17, respectively, and asphalt crumb concrete, guardrail, and partition panel were placed in the top priorities.

Discussion and Conclusion: Based on the results of the research in three stages, in all aspects of the investigation, including experimental studies and the first stage questionnaire and modeling, regarding

1- Phd student, Departement of Environmental Management, Faculty of Natural Resource and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Associate Professor, Departement of Environmental Management, Faculty of Natural Resource and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. * (*Corresponding Author*)

3- Professor, Departement of Environmental Management, Faculty of Natural Resource and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4- Assistant Professor, Departement of Environmental Management, Faculty of Natural Resource and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

the best products, Crumb Rubber Asphalt Concrete product as The best product was selected and based on the business model, it was possible to produce the product on an industrial scale.

Keywords: Recycle, Crumb Rubber Concrete, Multi Criteria Decision Making, Business Model, EC software

مقدمه

امروز با گسترش صنعت ساخت و ساز در دنیا، استفاده از بتن روز به روز افزایش می یابد و با پیشرفت تکنولوژی و طرحهای عظیم و پیچیده، نیاز به دستیابی به ترکیبات جدیدی از مصالح ساختمانی و همچنین مکانیزه نمودن و تسهیل طرحهای پیچیده به شکل محسوس به چشم می آید. با گسترش استفاده از بتن، ویژگیهایی چون دوام، کیفیت و تراکم و بهینه سازی از اهمیت ویژه ای می یابد. لذا با گسترش تکنولوژی، امکان اجرای طرحهای نوآورانه با کمک بتن میسر می شود.

بتن مهمترین سنگ مصنوعی ساخته دست بشر است. جسمی سخت که از ترکیب مقادیر معین سیمان، شن، ماسه، آب، مواد افزودنی ساخته شده و پس از ترکیب در فرایند هیدراتاسیون و طی مراحل شیمیایی گرمازا، ماده ژله ای تولید می شود که مبنای تولید بتن است. به دلیل مقاومت کششی ناچیز بتن عملاً هرگونه بتن ساختمانی به صورت مسلح و با میلگرد فولادی اجرا می گردد. اجزاء تشکیل دهنده اصلی بتن به شرح ذیل معرفی می شود: (۲ و ۱).

سیمان: پودر سیمان حاصل از ترکیب سنگ آهک و خاک رس طی فرایندی در کوره های دوار پخت با حرارت بالا به علاوه پودر گچ می باشد. پنج نوع اصلی سیمان پرتلند برای مصارف عمرانی مورد استفاده قرار می گیرند. سیمان پرتلند روباره حاصل از انواع سیمانهای آمیخته، حرارت زایی کمی داشته و در برابر حمله سولفاتها مقاومتی بهتر از سیمان تیپ یک دارند.

مصالح سنگی (سنگدانه): از متلاشی شدن طبیعی سنگهای سطحی زمین و یا به صورت مصنوعی با شکستن در کارگاهها تولید می شوند. طبق تعریف قانون معادن ایران مصوب سال ۱۳۷۷، شن و ماسه حاوی کانی با ارزش نبوده و با تفکیک آنها مقرون به صرفه نباشند و به طور عمده در طرحهای عمرانی و ... استفاده می گردند. سنگدانه ها شامل شن و ماسه، ۶۰ تا ۸۰

درصد حجم بتن را تشکیل می دهند و خواص آنها تاثیر بسیاری بر ویژگیهای بتن دارد. برای تامین کیفیت بتن، سنگدانه ها باید محکم و مقاوم در برابر سیکل یخبندان، فاقد ریزدانه نامناسب و مقاوم به لحاظ شیمیایی و دارای شکل و بافت مناسب باشند. (۳ و ۴).

ماسه (SAND): طبق تعریف ASTM (American Society for Testing and Materials)، ماسه عبارت است از مصالح با سطوح زاویه داری که از سایش و خرد شدن طبیعی سنگها حاصل می شوند و دانه های آن از الک شماره ۳/۸ اینچ و بطور کامل از الک شماره ۴ (۴/۷۶ میلیمتر) عبور می کند و بطور کامل روی الک شماره ۲۰۰ باقی بماند. ماسه به طور کلی به ذراتی با قطر ۲ تا ۰/۰۶ میلی متر اطلاق می شود. این محدوده اندازه را از حدود سر یک چوب کبریت تا حد رویت با چشم غیرمسلح در نظر گرفت. (۳ و ۴).

شن (GRAVEL): طبق تعریف ASTM (American Society for Testing and Materials)، عبارت است از مصالح سنگی که به طور طبیعی از سایش و خرد شدن سنگ حاصل می شود و بر روی الک شماره ۴ (۴/۷۶ میلیمتر) باقی می ماند و بطور کامل از الک شماره ۱/۲ (۲ اینچ) عبور می کند.

آب: مهمترین هدف به کارگیری آب در مخلوط تامین رطوبت لازم جهت آگیری (هیدراتاسیون) سیمان است. آب گیری واکنشی شیمیایی بین آب و سیمان است و گرمای تولیدی در این واکنش گرمای هیدراتاسیون نامیده می شود.

آب مورد نیاز جهت ساخت بتن، آب قابل شرب و بدون مزه و رنگ و بو بوده و آبهای دارای ترکیبات کلر و سولفات و ... برای بتن نامناسب هستند و باعث بروز عوارض متفاوتی در بتن خواهند شد. عدد PH آب مورد نیاز بتن عددی بین ۵ تا ۸/۵

سواری و ۴۰ میلیون لاستیک خودروهای سنگین می شود. طبق اطلاعات موجود هم اکنون بیش از ۸۰۰ میلیون حلقه لاستیک در دپوها و مراکز دفن آمریکا وجود دارد. یک تایر معمولی خودرو تقریباً ۹ کیلوگرم وزن دارد که حدود ۶۰ درصد لاستیک و ۲۰ درصد فولاد و ۲۰ درصد فیبر و سایر مواد را شامل می شود.

بمنظور استفاده از لاستیک در صنعت مرتبط با مهندسی عمران فاکتورهای مختلفی با توجه به مزایا و معایب استفاده از خرده لاستیک دخیل می باشد. در اواخر قرن بیستم صنعت بازیافت در هشت کشور پیشرفته صنعتی بعنوان سودآورترین صنعت شناخته شد و زباله بعنوان طلای کثیف شناخته می شود (۹ و ۱۰)

کاربردها و مزایای بتن خرده لاستیکی

چندی است تحقیق و پژوهش پیرامون ساخت بتن با خرده لاستیک در آمریکا و اروپا آغاز شده است و استفاده از آن در مصارف مختلف در حال بهره برداری می باشد. مزایای فراوان این نوع بتن از قبیل وزن کمتر، خاصیت عایق بودن صوت و الکتریسیته، کاهش افت و ترک در بتن، عایق بودن در برابر انتقال حرارت می تواند توجیه کننده مقاومت و ظرفیت باربری کمتر باشد.

سالانه تعداد زیادی تایرهای مستعمل برجای مانده و با توجه به وسعت موارد استفاده از این نوع بتن در آینده نزدیک انتظار می رود استفاده بتن خرده لاستیکی در صنعت ساختمان تحول ایجاد کند (۱۱).

تا به حال همگان از مزایای حرکت روی آسفالت بهره می برده اند، اما در حال حاضر با مطالعات انجام شده قابلیت استفاده از بتن لاستیکی به صورت پیش ساخته به وجود آمده است. در حالی که در ابتدا استفاده از آن قدری نامعقول بنظر می رسید، اما به دلیل قیمت کمتر مواد اولیه امکان کاربرد گسترده آن وجود دارد. قبل از بحث پیرامون بتن خرده لاستیکی، تاریخچه ای کوتاه از تولید این بتن در اواخر سال ۱۹۹۰ نشان میدهد، دکتر هان زو دکترای مهندسی دانشگاه ایالتی آریزونا، از تعداد زیاد لاستیکهای مستعمل دپو شده در ناحیه فونیکس بر آن شد

است. همچنین غلظت یونی و املاح موجود در آب باید کمتر از ppm ۲۰۰۰ باشد (۳ و ۴).

کلیات بازیافت لاستیک :

امروزه فناوری بازیافت در اکثر شاخه های علوم و مهندسی به خصوص مهندسی عمران به کار می رود. مزایای اقتصادی و زیست محیطی و فنی قابل توجه صنعت بازیافت باعث شده است، پژوهشگران آزمایش های متعددی جهت بهینه سازی کاربرد آن انجام دهند. در این راستا مساله پسماند شامل مواد زائد لاستیکی به خصوص لاستیک مستعمل خودرو یکی از معضلات زیست محیطی بشر تبدیل شده است. نظر به این که میزان زیادی از مواد زائد جامد می توان مورد پردازش و بازیافت قرار داد و دفن و رهاسازی آنها در طبیعت روشی مناسب نمی باشد، لذا در کشورهای توسعه یافته بازیافت و استفاده مجدد از ضایعات مورد توجه خاص قرار گرفته است و به صنعت تبدیل شده است که خود نشان دهنده اهمیت بازیافت می باشد (۵ و ۶).

طبق آمارهای به دست آمده در کشورهای صنعتی به ازای هر شهروند، سالانه یک حلقه تایر مصرف می شود و سرانه مصرفی تقریبی هر شهروند ۹ کیلوگرم تایر در سال است. در ایران به ازای هر ۵ تا ۶ نفر یک حلقه تایر در سال مصرف می شود و سرانه مصرفی تقریبی هر شهروند ۹ کیلوگرم تایر در سال است. برخلاف سایر پسماندها، بازیافت لاستیک کار ساده ای نیست و بدون انجام عملیات مقدماتی قابل دفن نیست. از طرف دیگر تایرهایی که در طبیعت رها می شوند خطراتی برای محیط زیست و سلامت انسان به همراه دارند. زیرا تجمع و دفن تایرها قابلیت زیادی جهت حریق دارند. به طوری که حریق آنها با دود غلیظ همراه بوده و کنترل آن مشکل است. ضمن این که دود حاصل دارای هیدروکربنهای نسوخته هستند و گازهای سمی وارد محیط می کنند. همچنین تایر دارای سولفور آهن و فلزهای دیگر هستند که در فضا و شرایط نامناسب باعث آزاد شدن مواد و گازهای خطرناک می شوند (۷ و ۸).

در آمریکا حدود ۲۷۰ میلیون حلقه لاستیک فرسوده سالانه تولید می شود که شامل ۳۰ میلیون حلقه لاستیک خودروهای

روشی جهت تبدیل آن در بتن ارائه دهد. امکانات آزمایشگاهی و آماده نمودن نمونه ها در شرایط تجربی در دانشگاه فراهم گردید و امکان عملی شده رویاها آغاز گردید (۱۲).

تا این زمان بیشتر طرح در رابطه با اجرای بتن خرده لاستیکی به روش بتن درجا بود. اما در ادامه گروه به این نتیجه رسید که استفاده از این بتن بمنظور کاربردهای پیش ساخته مناسب تر است و جهت اجرای بتن درجا به خصوصیات زیادی جهت تهیه خرده لاستیک نیاز است. به عنوان مثال استفاده از بتن خرده لاستیکی به صورت پانل سبک در اتاق کنترل تجهیزات الکتریکی و کامپیوتری به دلیل عایق بودن در جهت کاهش بار امواج الکترومغناطیسی مناسب است (۱۳).

بتن خرده لاستیکی مقاومت مناسبی در برابر تغییرات درجه حرارت داشته و نسبت به بتن معمولی، میزان انقباض و انبساطی در حد نصف دارد. همچنین مزیت دیگر این نوع بتن، کاهش افت آن است. طبق آزمایشات صورت گرفته، کاهش افت بتن و در نتیجه کاهش ترک خوردگی ناشی از آن تا حدود محو کامل ترکها ادامه می یابد.

بدیهی است این مزایا عالی هستند اما برخی خصوصیات منفی نیز مانند کاهش محسوس مقاومت وجود دارد و با افزایش مقدار خرده لاستیک در طرح اختلاط، مقاومت کاهش می یابد. اما خرده لاستیک جایگزین مصالح سنگی می شود. لذا جهت افزایش مقاومت به میزان سیمان بیشتری در طرح اختلاط نیاز است (۱۴).

اولین کاربردی که به ذهن می رسد، استفاده از آن به عنوان قطعات پیش ساخته مانند جداول در کنار خیابانها است. بدین طریق می توان جداول را سبک تر ساخت تا سریعتر و راحت تر قابل حمل باشند.

همچنین به دلیل کاهش افت بتن در بتن خرده لاستیکی، ترکهای ناشی از افت بتن در جداول از بین خواهند رفت. حفاظ کنار بزرگراه ها که از بتن خرده لاستیکی ساخته شده اند، عملکرد مناسبی در برابر برخورد وسایل نقلیه دارند ولی باید آزمایش های گسترده تری در آینده نزدیک روی آن انجام پذیرد. (۱۵)

کاربرد دیگر این بتن در پیاده روها است که تولید آن نهایی شده و بهترین خصوصیت آن عدم سرخوردگی و لغزیدن روی سطح آنهاست.

رویایی خواهد بود اگر تمام لوله های تاسیسات شهری اعم از آب و فاضلاب و برق و تلفن، کابلها و ... زیر پانلهای پیش ساخته با بتن خرده لاستیکی اجرا گردد. در این صورت زمانی که نیاز به دسترسی به تاسیسات شهری باشد، به راحتی می توان آن را بلند و جابجا نمود و از هزینه و زمان زیاد بابت حفاری خیابانها اجتناب نمود. در صورت عملیاتی شدن این طرح در تمام کشورها شاهد حجم بسیار بالایی از بتن خرده لاستیکی مصرفی خواهیم بود (۱۶).

پانلهای بتن خرده لاستیکی باید مقاومت لازم جهت مقاومت در برابر بارهای وارده را به منظور اجرا در دیوارهای باربر ساختمان کسب نمایند و با خاصیت عایق بودن در برابر صوت و الکتریسیته از تمام ظرفیتهای آن استفاده نمایند.

ساختمانهایی که کف بام آنها از مصالحی با خاک رس اجرا شده در برابر یخ زدگی مقاومتی ندارند. اما چنانچه بتوان در بام از پانلهای پیش ساخته استفاده نمود، علاوه بر رفع مشکل فوق به کاهش وزن و کنترل سروصدا نیز کمک می کند (۱۷).

اگرچه آزمایشات تجربی در خصوص عایق بودن در برابر حرارت بتن خرده لاستیکی ثابت نشده است، اما آزمایشات قبلی و تصاویر دوربین مادون قرمز نشان می دهند بتن خرده لاستیکی بهتر از نمونه های مشابه است (۱۸).

خاصیت فوق قطعه گمشده پازل جهت تلاش برای کاهش گرمای اماکن مسکونی در جزایر گرمسیر است که بسیار قابل توجه بوده و راه حل اساسی جهت حصول به ساختمان سبز می باشند. مانند هر اختراع دیگر، در مورد بتن خرده لاستیکی نیز شبیهاتی وجود دارد. ولی متخصصان اعتقاد دارند مصرف کنندگان با فراگیر شدن تبلیغات و بررسی مدارک و آزمایش های انجام شده و مقایسه آنها، از خصوصیات پانلهای خرده لاستیکی اطلاع یافته و به دلیل مزایای فراوان آن، هزینه بیشتر تولید نیز توجیه گردد (۱۹ و ۲۰).

مدل کسب و کار باز یافت ضایعات لاستیک و تولید

محصولات بتن خرده لاستیکی

شرح کسب و کار ، مشتریان بالقوه ، میزان درآمدزایی

کسب و کار : در این مطالعه ، صرفه جویی در هزینه های حمل و نقل و دفع لاستیک ضایعاتی ، استفاده مجدد از منابع تجدید ناپذیر، حفظ محیط زیست، کاهش آلودگی خاک، کاهش نیاز به زمین جهت دفع، ایجاد اشتغال، توسعه صنایع بازیافت و ... به عنوان برخی از مزایای بازیافت لاستیک ضایعاتی مورد ارزیابی قرار گرفته است . طبق آگهی مزایده منتشره در روزنامه همشهری در مورخ ۹۹/۶/۵ سازمان مدیریت پسماند شهرداری اقدام به برگزاری مزایده جهت فروش ۲۵ هزار حلقه انواع لاستیک ضایعاتی دیو شده نموده است.

میزان درآمد زایی کسب و کار : علاوه بر کلیه اثرات مثبت

زیست محیطی به دلیل عدم دفع ضایعات و استفاده مجدد از ضایعات، هزینه تولید بتن آسفالتی، نسبت به بتنهای کلاسیک آسفالتی موجود هزینه تقریباً یکسانی دارد. فلذا در حالت عادی با قیمت برابر امکان استفاده بر اساس مشخصات مکانیکی موردنظر وجود دارد.

خدمات محصول قابل عرضه خدمات محصول بتن خرده

لاستیکی بر اساس این که چه نیازی به ماحصل کسب و کار محصول وجود دارد و چرا مشتری این کالا را خریداری کند و این که کسب و کار موجود چه مزیتی را برای مشتریان ایجاد می کند که حاضرند برایش هزینه پرداخت کنند، بشرح ذیل بیان شده است :

مزایای بتن خرده لاستیکی

۱ - وزن کمتر

۲- خاصیت عایق صوت

۳ - خاصیت عایق الکتریسیته

۴ - کاهش جمع شدگی و افت

۵ - کاهش ترک سطحی

۶ - عایق انتقال حرارت

۷ - فاقد اثرات سوء زیست محیطی ناشی از برداشت از معادن

شن و ماسه به عنوان مواد اولیه

۸ - فاقد اثرات سوء زیست محیطی ناشی از دفع ضایعات

۹- کاهش پدیده خستگی

۱۰ - کاهش نشر گازهای گلخانه ای و در نتیجه کاهش

پتانسیل گرمایش جهانی زمین

۱۱- جذب آب بیشتر

۱۲ - مقاومت بیشتر در برابر حمله اسیدی

توجه: مزایای زیست محیطی تولید این محصول بطور جداگانه

با ارزش فراوان مادی و معنوی مدنظر است.

تحلیل بازار در این بخش به موانع ورود به بازار محصولات

ساختمانی در صنعت بتن بشرح زیر می پردازیم:

پذیرش مشتریان : با عنایت به جنبه نوآوری محصول و استفاده

از ضایعات و عادت مشتریان به بتن کلاسیک نیاز به فرهنگ

سازی دارد.

وضعیت رقبا : رقبا که تولید کنندگان بتن کلاسیک هستند. به

وفور بتن را در همه جا به مشتریان تحویل می دهند.

اندازه بازار هدف کسب و کار مشتریان ماحصل محصول، کلیه

شرکتها و نهادهای دولتی و خصوصی دست اندرکار فعالیتهای

عمرانی و راه سازی در کشور را شامل می شوند. فلذا میزان

مصرف قابل توجهی را شامل می شود.

امکان فعالیت و رقابت در تمام بازار فعالیت عمرانی سطح کشور

وجود دارد. به عبارت دیگر همان گونه که در جدول ۱ و ۲ و ۳

ملاحظه می شود، در کلیه مصارف بتن بجز بتن سازه ای، در

سایر کاربردهای بتن قابل مصرف و رقابت با بتن معمولی می

باشد.

جدول ۱ - نقاط ضعف و قوت کسب و کار تولید بتن خرده لاستیکی در مقابل رقبا

Table 1. Strengths and weaknesses of crumb rubber concrete production business against competitors

ردیف	نقاط ضعف	نقاط قوت
۱	مقاومت فشاری کمتر	کاهش آلودگی زیست محیطی
۲	تامین ضایعات لاستیک	کاهش هزینه دفع ضایعات
۳	هزینه راه اندازی اولیه خط تولید	قیمت تمام شده برابر با بتن کلاسیک
۴	عدم شناخت محصول در بازار توسط مشتریان	امکان پروسه تولید آسان توسط مشتریان از گرانول لاستیک
۵	عدم کاربرد در بتن سازه ای	مشخصات مکانیکی مناسب

جدول ۲ - نقاط ضعف و قوت رقبا در مقابل کسب و کار بتن خرده لاستیکی

Table 2. Weaknesses and strengths of competitors against the crumb rubber concrete business

ردیف	نقاط قوت رقبا	نقاط ضعف رقبا
۱	مقاومت فشاری بیشتر	آلودگی زیست محیطی زیاد
۲	تامین ساده مواد اولیه	هزینه دفع ضایعات
۳	هزینه راه اندازی اولیه خط تولید مواد اولیه ندارد	قیمت تمام شده برابر
۴	حکمرانی کامل محصول در بازار	پروسه تولید آسان با گرانول مواد اولیه
۵	کاربرد در بتن سازه ای	برخی مشخصات مکانیکی نامناسب

جدول ۳ - فرصت ها و تهدیدهای اجرای طرح حاصل از کسب و کار بتن خرده لاستیکی

Table 3. Opportunities and threats of crumb rubber concrete business plan implementation

ردیف	تهدیدها	فرصت ها
۱	مقاومت فشاری کمتر	کاهش آلودگی زیست محیطی
۲	تامین مواد اولیه ضایعاتی لاستیک	کاهش هزینه دفع ضایعات
۳	هزینه راه اندازی اولیه خط تولید مواد اولیه	قیمت تمام شده برابر با بتن کلاسیک
۴	عدم شناخت محصول در بازار	پروسه تولید آسان با گرانول مواد اولیه توسط مشتری
۵	عدم کاربرد در بتن سازه ای	برخی مشخصات مکانیکی مناسب

معرفی فرایند مهمترین فعالیت هایی که برای ایجاد محصول

موردنظر کسب و کار باید صورت پذیرد و در واقع ارزش

پیشنهادی کسب و کار حاضر به انجام فعالیتهایی نیاز دارد به

شرح ذیل است :

مرحله اول : جمع آوری ضایعات

مرحله دوم : پردازش ضایعات

مرحله سوم : آماده سازی ضایعات

مرحله چهارم : تولید گرانول لاستیک

مرحله پنجم : تولید بتن خرده لاستیک

مرحله ششم : حمل بتن

بخش مالی :

شرح هزینه ها :

جدول ۴ - هزینه های قبل از بهره برداری

Table 4. Pre – operation costs

نوع هزینه	مبلغ (ریال)
هزینه طرح توجیهی BP	30.000.000
هزینه اخذ مجوز و ثبت شرکت	30.000.000
هزینه عضویت در مجامع صنفی	50.000.000
هزینه آموزش	30.000.000
هزینه تحقیقات	50.000.000
سایر هزینه ها	30.000.000
جمع کل	220.000.000

جدول ۵ - هزینه های سرمایه گذاری ثابت (دارایی ثابت)

Table 5. Permanent investment costs

نوع هزینه	تعداد	قیمت	سایر هزینه ها	جمع کل (ریال)
خرید و احداث سوله کارگاه	1	20.000.000.000	0	20.000.000.000
طراحی و اجرای خط تولید	1	10.000.000.000	0	10.000.000.000

جدول ۶ - هزینه های متغیر

Table 6. Variable costs

ردیف	نوع هزینه	مبلغ	درصد از کل
۱	تهیه ضایعات	500.000.000	39
۲	هزینه تولید گرانول	800.000.000	61
	جمع	1300.000.000	100

جدول ۷ - درآمد سالانه با روش کسب درآمد از کسب و کار

Table 7. Annual income with the method of earning money from the business

ردیف	شرح درآمد روزانه	مقدار (تن-روز)	قیمت واحد	جمع کل
1	فروش بتن خرده لاستیک آسفالتی	10۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰	1.000.000.000
	جمع کل :			1.000.000.000

مقایسه اقتصادی بتن خرده لاستیک آسفالتی و بتن آسفالت معمول :

در یک مطالعه موردی براساس آنالیز قیمت اجرای هر دو نوع بتن شاهد هستیم، اختلاف هزینه برابر حدود ۱۰ درصد است و هزینه اجرای بتن خرده لاستیک آسفالتی حدود ۱۰ درصد

کمتر از بتن آسفالتی معمول در نمونه موردی اجرایی در داخل کشور است.

این مقدار کاهش هزینه قابل افزایش بیشتر است و در این جهت باید به مواردی چون بررسی اجزاء پروسه تولید بپردازیم. براین اساس ملاحظه می شود با ارتقاء نوع روسازی امکان صرفه

مرحله دوم : نظرات خبرگان

در زمینه اصول مدیریت، متغیرهای مستقل کیفی و شاخصهای مربوط تاثیر زیادی از عوامل محیطی و ... می پذیرند و به راحتی نمی توان آنها را مورد سنجش قرار داد. قضاوت خبرگان در هر تخصصی می تواند ملاک مناسبی در جهت ارزیابی و تعیین علت در آن جامعه آماری محسوب گردد. در اکثر مسائل پیچیده و با اهمیت مانند برنامه ریزی سازمانها و نهادهای کشوری با جامعه تاثیر گذاری وسیع، این بررسی مورد نیاز و موثر است. تعریف شاخصهای کارآد نیازمند مراحل زیر است:

— آفرینش ایده به وسیله برانگیختن اعضای گروه جهت

بررسی همه جوانب

— نتیجه گیری و استخراج ایده ها از نظرات خبرگان

— ایجاد ساختار سیستماتیک اطلاعات

در مرحله دوم جهت بررسی روایی تحقیق و تعیین معیارهای اصلی به خبرگان فن (expert) مراجعه گردید. در این مرحله نظر اساتید محترم صاحب نظر دانشگاهی در رشته عمران و محیط زیست در خصوص معیارها و گزینه های یاد شده بالا پس از مصاحبه با ایشان در قالب جدول ارزیابی بصورت نمره دهی در قالب طیف لیکرت از نمره خیلی کم ۱ تا نمره خیلی زیاد ۹ دریافت گردید و براساس جمع آوری و بررسی نظرات ایشان، معیارهای اصلی و قابل توجه در قالب پنج معیار اصلی تحقیق طبق جدول ۱، در شرح متن پرسشنامه مرحله اول تحقیق لحاظ گردید.

اقتصادی بیشتر وجود دارد. از آن جمله کاهش هزینه انرژی به دلیل زمان بر بودن اختلاط و دمای بیشتر در بتن خرده لاستیکی نیاز است، همچنین هزینه اختلاط بتن خرده لاستیکی و تجهیزات لازم جهت جهت افزودن خرده لاستیک به مخلوط است.

کاهش هزینه های فوق به اصلاح مواد و پروسه باز می گردد. افزایش در هزینه های اجرا و قیمت پیشنهادی پیمانکار به این دلیل است که پیمانکاران در تولید و اجرای بتن خرده لاستیکی نسبت به بتن معمول، احساس خطر بیشتری می کنند. این احساس خطر بسته به سهولت و با صعوبت محل اجرا متفاوت است (۲۱)

هدف اصلی در این تحقیق، مدلسازی جامع با روش تصمیم گیری چندمعیاره جهت بررسی کلیه معیارها رو گزینه های موجود در مدیریت زیست محیطی است، تا بر اساس کلیه معیارهای دخیل در موضوع تولیدات محصولات بازیافتی حاصل از ضایعات لاستیک، بر اساس نتایج مدل به محصول بهینه در جمیع جهات جهت تولید در مقیاس صنعتی دست یافت.

روش تحقیق

روش کار مطالعاتی تحقیق : در این تحقیق به منظور حصول روایی طرح و و سیر مراحل مطالعه موضوع تحقیق، ابتدا به متون علمی و مقالات مرتبط با موضوع بتن خرده لاستیکی در مراجع داخلی و خارجی مراجعه گردید.

مرحله اول: بررسی متون علمی

در این مرحله براساس اقدامات صورت گرفته در مراحل قبلی که به تفصیل ذکر گردید، با عنایت به عوامل مرتبط و استخراج موارد کلیدی، ۲۳ معیار اصلی مرتبط و تاثیرگذار بر موضوع در قالب پنج شاخه اصلی به شرح عوامل اقتصادی، زیست محیطی، فنی و تکنولوژیک، مدیریت و اجرایی، عایق بندی و ایزولاسیون به شرح جدول ۸ تعیین گردید. شایان توجه است این پنج معیار اصلی، به عنوان ساختار تحقیق در کلیه مراحل مدل سازی تا اخذ نتایج به طور جامع موردنظر هستند.

جدول ۸- عوامل موثر در تولید بتن خرده لاستیکی حاصل از ضایعات لاستیک

Table 8. Factors affecting the production of crumb rubber from rubber waste

عوامل اقتصادی :	
۱	صرفه جویی در مصالح ساخت بتن
۲	قیمت تمام شده بتن (کاهش هزینه)
۳	هزینه سرمایه ای
۴	انرژی مصرفی
عوامل زیست محیطی :	
۱	ایمن ترین روش روش بازیافت ضایعات لاستیک (راهکار)
۲	کاهش آلاینده های ناشی از استخراج شن و ماسه از معادن
۳	کاهش اثرات سوء زیست محیطی ناشی از دفع ضایعات
۴	کاهش نشر گازهای گلخانه ای و پتانسیل گرمایش جهانی
۵	ایمنی
عوامل مدیریت و اجرایی :	
۱	وضع ضوابط و قوانین جهت الزام بازیافت ضایعات لاستیک
۲	تدوین استاندارد ملی بتن CRC
۳	دسترسی به تجهیزات مورد نیاز تولید
۴	سهولت تولید و بهره برداری
۵	سهولت تعمیر و نگهداری
۶	نیاز به پرسنل متخصص
عوامل فنی :	
۱	وزن کمتر
۲	کاهش جمع شدگی و افت shrinkage
۳	کاهش ترک سطحی crack
۴	کاهش خستگی fatigue
۵	مقاومت در برابر حمله اسیدی
عوامل عایق و ایزولاسیون :	
۱	میزان کیفیت عایق صوتی (آکوستیک)
۲	میزان کیفیت عایق الکتریسیته
۳	میزان کیفیت عایق حرارتی (اتلاف حرارت)

مرحله سوم : بررسی سوالات تحقیق با دو پرسشنامه در

مرحله ۳ و ۴

در مرحله سوم با عنایت به معیارهای اصلی حاصل از دو مرحله قبل و با تنظیم پرسشنامه، سوالات تحقیق مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. در این مرحله پرسشنامه ای با توجه به سوالات پنج گانه تحقیق براساس پاسخ به روش طیف لیکرت تهیه و به صاحب نظران متخصص در رشته عمران و محیط زیست و بازیافت ارائه گردید. در این مرحله نظر صاحب نظران در رشته عمران و محیط زیست در خصوص معیارها و گزینه های فوق الذکر در قالب پرسشنامه به صورت نمره دهی در قالب طیف لیکرت از نمره خیلی کم ۱ تا نمره خیلی زیاد ۹ دریافت گردید و براساس جمع آوری و بررسی نظرات ایشان، معیارهای اصلی و قابل توجه در قالب پنج شاخه تحقیق به شرح زیر تعیین گردید :

مواد و روش شناسی تحقیق

هدف از تحقیق شناسایی کاربرد بهینه محصولات تولید شده از بتن خرده لاستیکی براساس شناسایی مولفه و شاخصهای اصلی موثر بر محصول در قالب چارچوب جامع و نظام مند و بکارگیری ابزاری جامع مورد مطالعه است. از این رو تنها ابزاری که می تواند این اهداف را تحقق بخشد، تکنیکهای تصمیم گیری چندمعیاره است (۲۲).

روش تصمیم گیری چندمعیاره که به اختصار MCDM نامیده می شود، به عنوان محور اصلی زیرمجموعه جهت جمع آوری اطلاعات و ارزیابی تصمیم گیری در مسائل متعدد و اهداف متناقض به شمار می رود. MCDM می تواند به کاربران در درک نتایج ارزیابی شامل ارزیابی اهداف و استفاده از نتایج در یک نظام و روش اتخاذ سیاست مدیریت کاربرد کمک نماید (۲۳).

در واقع روش تصمیم گیری چندمعیاره، فرایند ارزیابی گزینه ها جهت رتبه بندی و تعیین اولویت در میان مجموعه ای از گزینه هاست. لذا چنین بنظر می رسد روش تصمیم گیری چندمعیاره، ابزاری مناسب در جهت رتبه بندی و انتخاب بهترین محصول با توجه به ویژگیهای چندبعدی و معیارهای اغلب متناقض آنها باشد (۲۴).

روش تحقیق، پژوهشی از نوع پیمایشی و تعداد ۴۰ نفر از متخصصان عمران و محیط زیست که در حوزه مهندسی

تکنولوژی بتن و محیط زیست فعالیت داشته اند، جامعه آماری تحقیق را شکل داده اند. ابزار نظر سنجی و جمع آوری داده بر اساس مطالعات و مصاحبه و پرسشنامه است که با سوالات در مقیاس چندگزینه ای و تک جوابی طرح گردید. بدین منظور اقدامات ذیل در سه مرحله جهت جمع آوری داده صورت گرفت :

۱. مرحله اول : مطالعات کتابخانه ای و بررسی تحقیقات بین المللی انجام شده در زمینه بتن خرده لاستیکی و جمع آوری و تنظیم اولیه و کلی پرسشنامه
۲. مرحله دوم : مصاحبه با اساتید و خبرگان دانشگاهی رشته عمران و محیط زیست به منظور تنظیم پرسشنامه از داده های مرحله اول
۳. مرحله سوم : ارسال پرسشنامه به صاحب نظران حوزه تحقیق جهت جمع آوری داده مورد نیاز در پژوهش. صاحب نظران جامعه آماری دارای دو مشخصه زیر جهت تأیید صلاحیت به منظور مورد سوال قرار گرفتن بودند :
- حداقل مدرک کارشناسی ارشد در تخصصهای مرتبط با تحقیق
- سابقه کاری بیش از ۱۵ سال در حوزه مهندسی عمران و محیط زیست

روش نمونه برداری :

در تحقیق پیش رو با عنایت به اینکه جامعه آماری را متخصصین صاحب نظر در رشته عمران و محیط زیست تشکیل می دهند و از آنجا که محقق به اطلاعات تماس اعضای جامعه مورد تحقیق دسترسی دارد، بصورت مستقیم با تک تک افراد تماس برقرار کرده و از ایشان خواسته شد تا در تحقیق، همکاری لازم را مبذول فرمایند.

با عنایت به این که محقق جهت تکمیل پرسشنامه ها به سمت نمونه های دردسترس و موجود حرکت کرده است، روش نمونه گیری ماهیت غیرتصادفی و قضاوتی به خود می گیرد. علاوه بر این ممکن است متخصصین مدنظر محقق، در بر گیرنده تمام

پس از ارائه توضیحات مربوط به روش تحلیل سلسله مراتبی تکمیل گردید.

بدین منظور تعداد ۴۳ پرسشنامه در بین متخصصان عمران و محیط زیست در بخشهای مختلف فعالیت توزیع گردید و در نهایت تعداد ۴۰ پرسشنامه برگشت. نرخ بازگشت پرسشنامه برابر ۹۳ درصد است. مقدار آلفای کرونباخ در این تحقیق پس از جمع آوری پرسشنامه شماره یک، طبق توضیحات ارائه شده در بخش پایایی تحقیق برابر ۰/۸۱۴ محاسبه گردید که نشان از پایایی خوب آن دارد.

روش تجزیه و تحلیل داده

در این تحقیق همانطور که در قسمت قبل ذکر گردید از دو سری پرسشنامه بمنظور گردآوری داده ها استفاده گردید. روش تجزیه و تحلیل هر یک از پرسشنامه ها بشرح ذیل انجام گرفت:

۱- پرسشنامه اول جهت شناسایی معیارهای موثر بر انتخاب محصولات دارای کاربرد بهینه از بتن خرده لاستیکی بمنظور غربالگری با استفاده از طیف امتیاز دهی لیکرت استفاده شد و معیارهایی که دارای بیشترین میانگین امتیازی بودند به عنوان معیارهای موثر انتخاب شدند.

۲- پرسشنامه دوم جهت وزن دهی به معیارهای موردنظر حاصل از غربالگری در تحقیق میدانی مرحله قبل مورد استفاده قرار گرفته است و با روش کاربرد تکنیک تحلیل سلسله مراتبی AHP، وزن دهی به معیارها صورت گرفته است. پرسشنامه این مرحله بصورت مقایسات زوجی و در قالب جدول طراحی شده است. به منظور تحلیل اطلاعات پرسشنامه از نرم افزار EXCEL و EXPERT CHOICE استفاده شده است.

آنالیز داده با استفاده از نرم افزار SPSS

نرم افزار Expert Choice یک نرم افزار تصمیم گیری چندمعیاره است که بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی عمل می کند. اساس کار این نرم افزار بر پایه مدل AHP صورت می گیرد. محیط نرم افزار از سه پنجره کلی و تعدادی گزینه فعالیت تصمیم گیری برخوردار است. نرم افزار Expert Choice یک ابزار قوی جهت تصمیم گیری چندمعیاره با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی طراحی شده و قابل اجرا بر

ظرفیت فکری کشور در تخصص مذکور در جامعه مورد تحقیق نباشد.

ابزار جمع آوری داده تحقیق

در هر نوع تحقیق و پیمایش علمی بمنظور بررسی واقعیات جامعه مورد تحقیق می بایست از یکی از ابزارهای مشاهده، پرسشنامه و مصاحبه بمنظور جمع آوری داده استفاده گردد. در این تحقیق سعی شد با بهره گیری از تمام روشهای مذکور، جمع آوری داده ها در سه مرحله به صورت مرحله ای از مطالعات کتابخانه ای، مصاحبه با خبرگان و در نهایت جمع آوری پرسشنامه انجام پذیرد. جمع آوری پرسشنامه در دو مرحله مجزا و با دو هدف متفاوت در پروسه تحقیق بشرح ذیل انجام پذیرفت:

- پرسشنامه اول بمنظور پاسخ به سوالات تحقیق و شناسایی معیارهای تاثیرگذار در انتخاب کاربرد بهینه محصولات حاصل از بتن خرده لاستیکی در طرحهای عمرانی مدنظر قرار گرفت. بهمین منظور جهت غربالگری آنها از طیف امتیازدهی لیکرت استفاده شد و معیارهایی که بیشترین میانگین امتیاز را کسب نمودند، به عنوان معیارهای اصلی در نظر گرفته شدند.
- پرسشنامه دوم بمنظور وزن دهی به معیارهای انتخاب شده در مرحله قبلی تحقیق و پس از غربالگری در مرحله اول میدانی جمع آوری داده از طریق توزیع پرسشنامه صورت گرفت. در این مرحله، داده های حاصل از پرسشنامه جهت مدلسازی با روش کاربرد تکنیک تحلیل سلسله مراتبی AHP بمنظور وزن دهی به معیارها به کار گرفته شد.

نکته ۱: قبل از تحلیل هر یک از پرسشنامه ها، لازم است سوالات پرسشنامه توسط خبرگان مورد مصاحبه مورد بررسی قرار گیرد و در صورت لزوم مورد اصلاح قرار گیرد.

نکته ۲: به دلیل نیاز به ارائه توضیح در زمینه چگونگی روش تکمیل پرسشنامه دوم، که به مقایسات در روش سلسله مراتبی مربوط می بود، بسیاری از پرسشنامه ها به صورت حضوری و

کامپیوترهای شخصی است. این نرم افزار علاوه بر توانایی طراحی نمودار سلسله مراتبی تصمیم گیری و طراحی سوالات، تعیین ترجیحات و اولویتها و محاسبه وزن نهایی، قابلیت تحلیل حساسیت تصمیم گیری نسبت به تغییرات در پارامترهای مساله را نیز دارا است. مهمتر اینکه در بسیاری از موارد از نمودارها و گرافهای مناسب جهت ارائه نتایج و عملکردها سود جسته و ارتباطی ساده و دوستانه (User Friendly) با کاربر ایجاد می نماید (۲۵،۲۶).

همان گونه که پیش از این اشاره شد، پس از توزیع و جمع آوری پرسشنامه جهت تحلیل نتایج و حصول نتایج نهایی از نرم افزار SPSS استفاده می گردد. در این مرحله ابتدا به تعریف متغیرها خواهیم پرداخت و سپس به ورود داده ها می پردازیم. با توجه به پرسشنامه تهیه شده به تعداد متغیر به عنوان معیارهای مورد بررسی تعریف گردیده و نتایج حاصل از نظرسنجی از خبرگان در مورد هریک از معیارها در بخش ورود اطلاعات وارد می شود. با عنایت به پرسشنامه تهیه شده، نسبت

به ورود دیتای حاصل از طیف کمی شده لیکرت جهت تحلیل اطلاعات حاصله در نرم افزار اقدام گردید.

اولین تحلیل به منظور بررسی معیارهای مدنظر جهت انتخاب گزینه ها صورت می پذیرد. در این مرحله ۲۷ متغیر به عنوان معیارهای مورد بررسی تعریف شده است و نتایج حاصل از پرسشنامه در مورد هریک از معیارها در بخش ورود اطلاعات وارد می گردند. در مرحله بعد اجرای آنالیز بر روی معیارها صورت می گیرد. ابتدا میانگین گیری روی هریک از معیارها انجام شده و میانگینهای برتر انتخاب می گردند. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل آماری پرسشنامه های جمع آوری شده از متخصصین براساس طیف لیکرت، میانگین نمرات کسب شده هر یک از معیارها بشرح ذیل از نرم افزار به دست آمد. بر این اساس طبق جدول ۹، معیارهای دارای نمرات میانگین بیش از ۵ به مرحله بعدی تحقیق و مدلسازی چند معیاره با روش AHP راه می یابند تا برترین گزینه ها انتخاب گردند .

جدول ۹ - نمرات میانگین حاصل از نتایج پرسشنامه مرحله اول تحقیق

Table 9. Mean scores obtained from the results of the first stage of the research questionnaire

عوامل اقتصادی :			میانگین
۱	صرفه جویی در مصالح ساخت بتن	۵/۳۴	
۲	قیمت تمام شده بتن (کاهش هزینه)	۵	
۳	هزینه سرمایه ای	۶	
۴	انرژی مصرفی	۴/۶۷	
عوامل زیست محیطی :			میانگین
۱	ایمن ترین روش روش بازیافت ضایعات لاستیک (راهکار)	۵/۸۳	
۲	کاهش آلاینده های ناشی از استخراج شن و ماسه از معادن	۶	
۳	کاهش اثرات سوء زیست محیطی ناشی از دفع ضایعات	۵/۶۷	
۴	کاهش نشر گازهای گلخانه ای و پتانسیل گرمایش جهانی	۵/۶۷	
۵	ایمنی	۳/۳۳	
عوامل مدیریت و اجرایی :			میانگین
۱	وضع ضوابط و قوانین جهت الزام بازیافت ضایعات لاستیک	۵/۱۶۷	
۲	تدوین استاندارد ملی بتن CFC	۶	
۳	دسترسی به تجهیزات مورد نیاز تولید	۴/۳۴	

۳/۵	سهولت تولید و بهره برداری	۴
۴	سهولت تعمیر و نگهداری	۵
۶/۸۳۴	نیاز به پرسنل متخصص	۶
میانگین	عوامل فنی :	
۶	وزن کمتر	۱
۴/۶۷	کاهش جمع شدگی و افت shrinkage	۲
۵/۳۴	کاهش ترک سطحی crack	۳
۶/۳۴	کاهش خستگی fatigue	۴
۵	مقاومت در برابر حمله اسیدی	۵
میانگین	عوامل عایق و ایزولاسیون :	
۶/۵	میزان کیفیت عایق صوتی (آکوستیک)	۱
۵/۶۷	میزان کیفیت عایق الکتریسیته	۲
۵/۸۳۴	میزان کیفیت عایق حرارتی (اتلاف حرارت)	۳

براین اساس، معیارهای زیر جهت مطالعه در مرحله بعدی کسب شده، تعداد ۱۷ معیار طبق جدول شماره ۱۰ انتخاب تحقیق بروش مدلسازی چندمعیاره و بر اساس میانگین نمرات شدند:

جدول ۱۰- زیرمعیارهای انتخابی نهایی حاصل از نتایج پرسشنامه مرحله اول تحقیق

Table10. Final selection sub-criteria obtained from the results of the first stage of the research questionnaire

ردیف	عوامل اقتصادی :	میانگین
۱	صرفه جویی در مصالح ساخت بتن	۵/۳۴
۲	قیمت تمام شده بتن (کاهش هزینه)	۵
۳	هزینه سرمایه ای	۶
عوامل زیست محیطی :		
۴	ایمن ترین روش روش بازیافت ضایعات لاستیک (راهکار)	۵/۸۳
۵	کاهش آلاینده های ناشی از استخراج شن و ماسه از معادن	۶
۶	کاهش اثرات سوء زیست محیطی ناشی از دفع ضایعات	۵/۶۷
۷	کاهش نشر گازهای گلخانه ای و پتانسیل گرمایش جهانی	۵/۶۷
عوامل مدیریت و اجرایی :		
۸	وضع ضوابط و قوانین جهت الزام بازیافت ضایعات لاستیک	۵/۱۶۷
۹	تدوین استاندارد ملی بتن CTC	۶
۱۰	نیاز به پرسنل متخصص	۶/۸۳۴
عوامل فنی :		
۱۱	وزن کمتر	۶

۵/۳۴	کاهش ترک سطحی crack	۱۲
۶/۳۴	کاهش خستگی fatigue	۱۳
۵	مقاومت در برابر حمله اسیدی	۱۴
میانگین	عوامل عایق و ایزولاسیون :	
۶/۵	میزان کیفیت عایق صوتی (آکوستیک)	۱۵
۵/۶۷	میزان کیفیت عایق الکتریسته	۱۶
۵/۸۳۴	میزان کیفیت عایق حرارتی (اتلاف حرارت)	۱۷

بررسی پایایی پرسشنامه شماره ۱ و ۲ تحقیق :

در خصوص بررسی پایایی دو پرسشنامه تحقیق از دو روش مختلف با عنایت به نوع پرسشنامه استفاده شده است. به منظور بررسی پایایی پرسشنامه اول از روش کنترل ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است. بمنظور کنترل این ضریب که محاسبه هماهنگی درونی ابزار اندازه گیری از جمله پرسشنامه است، ابتدا واریانس نمرات هر زیرمجموعه سوالات پرسشنامه و واریانس کل محاسبه می شود. سپس با استفاده از رابطه، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه می گردد. شایان ذکر است ضریب آلفای کرونباخ در این تحقیق با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن ۱۲ محاسبه شده است (۲۷).

پایایی پرسشنامه شماره ۱ :

به منظور کنترل پایایی از بازآزمایی پرسشنامه در دو فاصله زمانی به فاصله ۷ روز برای ۴ مصاحبه شونده به صورت اولیه و محاسبه شاخص پایایی پرسشنامه قبل از انجام استفاده شد. بر اساس این روش، ضریب آلفای کرونباخ برابر ۰/۸۳۹ محاسبه شد که نشان از پایایی مناسب پرسشنامه دارد.

پایایی پرسشنامه شماره ۲ :

در مورد پرسشنامه دوم نیز، با عنایت باینکه داده های حاصل از پرسشنامه شامل اوزان حاصل از تحلیل سلسله مراتبی مربوط

به مقایسات زوجی، جهت کنترل پایایی از ضریب سازگاری ماتریس نهایی استفاده می شود.

فلذا جهت بررسی پرسشنامه از نرخ سازگاری استفاده می شود و میزان ناسازگاری مقایسات زوجی می بایست کمتر از ۰/۱ و در محدوده قابل قبول باشد. همان طور که در تصویر فوق ارائه شده است، نرخ ناسازگاری مدل در نرم افزار برابر ۰/۰۰۲۳۳ حاصل شده است و از آنجا که نرخ ناسازگاری بدست آمده از مقدار ۰/۱، بمیزان قابل توجهی کوچک تر است، پس مدل دارای سازگاری مناسب و قابل قبول می باشد.

انتخاب گزینه های برتر : با عنایت به نتایج حاصل از پرسشنامه شماره ۱ و بمنظور مدلسازی و انتخاب بهترین گزینه جهت استفاده از بتن خرده لاستیکی از داده های حاصل از رتبه بندی گزینه ها (محصولات بتن خرده لاستیکی) استفاده گردید. همان گونه که در متن پرسشنامه شماره ۱ ملاحظه گردید، با ارائه ده گزینه (محصول حاصل از بتن خرده لاستیکی) پیشنهادی بر اساس نظر خبرگان بمنظور انتخاب و رتبه بندی توسط جامعه آماری انتخاب شده با ابزار پرسشنامه بشرح جدول ۱۱ صورت گرفت :

Table11. Selected options from the results of the first phase of research

ردیف	شرح گزینه
۱	پانل پیش ساخته حفاظ بزرگراه (گاردریل)
۲	پانل پیش ساخته جداول خیابان
۳	تایل پیش ساخته پوشش بام منازل مسکونی
۴	تایل پیش ساخته پوشش کفسازی پیاده رو
۵	تایل پیش ساخته پوشش محل عبور داکت لوله تاسیسات شهری
۶	پانل پیش ساخته دیوارهای غیرباربر (پارتیشن)
۷	بتن خود تراکم SCC (self compact concrete)
۸	بتن آسفالتی خرده لاستیکی (crac)
۹	سازه هیدرولیکی و سرریز سدها
۱۰	بتن غلتکی (RCC)

بر اساس نتایج حاصل از رتبه بندی بعمل آمده از پرسشنامه،
پنج محصول برگزیده بشرح جدول ذیل توسط نمره میانگین
حاصل از خرد جمعی رتبه بندی مصاحبه شوندگان طبق جدول
۱۲ انتخاب شدند :

جدول ۱۲ - گزینه های انتخابی نهایی حاصل از نتایج پرسشنامه مرحله دوم تحقیق

Table12. Final selection options obtained from the results of the second stage of the research questionnaire

ردیف	شرح گزینه	نمره
۱	بتن آسفالتی خرده لاستیکی (crac)	۹/۳۴
۲	پانل پیش ساخته جداول خیابان	۹/۰۰
۳	تایل پیش ساخته پوشش محل عبور داکت لوله تاسیسات شهری	۹/۰۰
۴	پانل پیش ساخته حفاظ بزرگراه (گاردریل)	۸/۶۷
۵	پانل پیش ساخته دیوارهای غیرباربر (پارتیشن)	۶

بر این اساس طبق نتایج حاصله تعداد ۱۷ زیرمعیار در ۵ سطح
معیار و ۵ محصول کاربردی بهینه برتر بر اساس نمرات کسب
شده انتخاب گردید.

حال لازم است با به کارگرفتن پرسشنامه شماره ۲، نسبت به
اخذ اطلاعات از جامعه آماری متخصصان منتخب اقدام نموده و
با استفاده از نرم افزار مدلسازی چندمعیاره به تحلیل نتایج
بپردازیم. براین اساس پرسشنامه شماره ۲ بمنظور اخذ
اطلاعات مربوط به مقایسات زوجی ۵ محصول بهینه برگزیده در
قالب ۵ ماتریس جداگانه در ابعاد ماتریس ۱۷*۱۷ بشرح ذیل
تهیه گردید. در این پرسشنامه نظرات متخصصین منتخب بر

این پنج محصول منتخب بر اساس نظرات مصاحبه شوندگان
پرسشنامه شماره یک، جهت انتخاب نهایی بر اساس مدلسازی
به روش تصمیم گیری چند معیاره MCDM در محیط نرم
افزاری و با استفاده از ابزار پرسشنامه شماره دو، به مرحله بعدی
تحقیق راه پیدا می نمایند.

مدلسازی در نرم افزار Expert Choice:

به منظور انتخاب برترین محصولات بهینه حاصل از بتن خرده
لاستیکی، از روش تحلیل تصمیم گیری چندمعیاره بهره می
گیریم. در میان روشهای تحلیل تصمیم گیری چندمعیاره طبق
توضیحات ارائه شده، روش تحلیل سلسله مراتبی انتخاب شد.

اساس میزان ارجحیت در مقایسه زوجی در هر خانه ماتریش در محل تلاقی معیارهای سطر و ستون براساس طیف لیکرت از بین نمرات ۱ تا ۹ (یک کمترین و ۹ بیشترین میزان برتری) اقدام گردید.

بمنظور انتخاب برترین محصولات حاصل از بتن خرده لاستیکی لازم است با مدلسازی و استفاده از روشهای تصمیم گیری چندمعیاره که در بخشهای قبل بدان پرداخته شد به این هدف دست یافت. از آنجاکه در این تحقیق تعداد معیارها و گزینه ها زیاد است و از طرف دیگر در جهت نیل به دقت بالا در محاسبات، از نرم افزار Expert Choice بهره گرفته شده است.

همان گونه که در ذیل مطلب مشاهده می شود در گام اول، در نرم افزار تعیین مدل براساس درخت تصمیم گیری صورت می پذیرد و یکایک گزینه ها و معیارها در مدل تعریف می شوند (۲۹ و ۲۸).

محاسبه اوزان معیارها و نرخ ناسازگاری :
بر اساس نتایج حاصل از مدلسازی با مقایسات زوجی هر یک از معیارهای ۵ گانه در محیط نرم افزار Expert Choice مقدار اوزان هر یک از معیارها و میزان نرخ ناسازگاری طبق جدول ۱۳ به دست آمد :

جدول ۱۳ - نتایج نرخ ناسازگاری خروجی نرم افزار Expert Choice

Table13. Results of Expert Choice software output incompatibility rate

Priorities with respect to: crumb rubber concrete managment	
ECONOMY	/176
ENVIORNMENT	/223
MANAGMENT	/251
TECHNICAL	/216
ISOLASION	/134
Inconsistency = 0/00233	

نتیجه گیری و پیشنهاد

به منظور شناسایی و انتخاب محصول بهینه حاصل از بتن خرده لاستیکی و در جهت نیل به مدیریت بهینه کاربردی محصولات ، از داده های حاصل از پرسشنامه های تهیه شده و بررسی و تحلیل نتایج آنها استفاده شد. تحقیق از مراحل مربوط به مطالعات میدانی و کتابخانه ای و تعیین محصولات حاصل از بتن خرده لاستیکی و همچنین انتخاب معیارهای مختلف موثر در تصمیم گیری با بهره گیری از نظرات خبرگان صنعت بتن و محیط زیست، وزن دهی معیارها و زیرمعیارها با امتیازدهی متخصصان آغاز شد و به همین ترتیب اهمیت نسبی معیارهای مختلف نسبت به محصولات بتنی حاصل از بتن خرده لاستیکی مورد بررسی، تعیین گردید. در نهایت انجام مقایسات زوجی معیارها و محاسبه نرخ ناسازگاری، با استفاده از نرم افزار Expert Choice که به منظور تحلیل مسائل تصمیم گیری چندمعیاره با استفاده از روش AHP طراحی شده انجام پذیرفت.

در این تحقیق جهت انتخاب بهترین محصول حاصل از بتن خرده لاستیکی که یک مساله تصمیم گیری چندمعیاره است، روش تحلیل سلسله مراتبی به عنوان یک ابزار ارزیابی استفاده شده و ساختار سلسله مراتبی برای این اساس تشکیل شده است.

انتخاب محصول بهینه بتن خرده لاستیکی به عنوان هدف اصلی در سطح ۱ سلسله مراتب و معیارها و زیرمعیارها در سطوح ۲ و ۳ و همچنین تعداد ۵ گزینه نهایی مرحله اول از محصولات بتن خرده لاستیکی در سطح ۴ قرار دارند.

References

1. Rao, C., Mallela, J., Darter, M.I., and Titus-Glover, L. (2007). *Concrete Mix Properties to Optimize Concrete Pavement Performance Using the MEPDG*, Proceedings for International Conference on Optimizing Paving Concrete Mixtures and Accelerated Concrete Pavement Construction and Rehabilitation, Atlanta, GA.
2. DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF ARIZONA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (ADOT) PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM (PMS) - Final Report 494
3. Karbalaee Karimi M., 2013. Concrete and Concretology, Javedan Kherad Publication, Tehran, Iran. (In Persian)
4. A Review on the Effect of Crumb Rubber Addition to the Rheology of Crumb Rubber Modified Bitumen, Mohd Rasdan Ibrahim, Herda Yati Katman, Centre for Transportation Research, Faculty of Engineering, University of Malaya, Hindawi Publishing Corporation, Advances in Materials Science and Engineering, Volume 2013, ArticleID415246.
5. Goodship, V., 2007. Introduction to plastics recycling, Movahed, S., Ferdosi University Publication, Tehran, Iran. (In Persian)
6. Abdoli, M., 2016. Waste management in world cities Research and planning of Tehran city Publication. Tehran, Iran (In Persian)
7. Noorpur, A., 2016. An article on waste management and recycling, Research and planning of Tehran city Publication, Tehran, Iran, pp.22-35. (In Persian)

در ابتدا وزن معیارهای اصلی تصمیم گیری شامل معیارهای فنی، زیست محیطی، مدیریتی و اجرایی، اقتصادی، عایق بندی و ایزولاسیون با امتیازدهی متخصصان خبره عمران و محیط زیست و میانگین گیری از آنها تعیین شده و ماتریس مربوطه تشکیل گردید. در مرحله بعد وزن نسبی شاخصهای مربوطه به هر معیار تعیین و ماتریس تشکیل گردید. با استفاده از نرم افزار EC وزن نسبی معیارهای اصلی نسبت به هدف اصلی که انتخاب محصول بهینه بتن خرده لاستیکی است و همچنین وزن نسبی شاخصهای مربوط به هر معیار نسبت به معیار مربوط محاسبه شد.

بر اساس نتایج حاصل از تلفیق نتایج نرم افزار و با رتبه بندی گزینه ها بر اساس معیارها و زیرمعیارها، مناسب ترین گزینه های محصولات ساخته شده از بتن خرده لاستیکی به شرح زیر تعیین می گردند:

- ۱- بتن خرده لاستیکی آسفالتی (crac) ۰/۲۳۵
 - ۲- بلوک بتنی خرده لاستیکی گاردریل بزرگراه ها : ۰/۲۱۹
 - ۳- پانل دیوار غیربرابر پارتیشن بتن خرده لاستیکی : ۰/۱۹۶
 - ۴- بلوک جداول خیابان از بتن خرده لاستیکی : ۰/۱۷۹
 - ۵- تایل بتن خرده لاستیکی جهت پوشش سطوح داکت عبوری تاسیسات شهری : ۰/۱۷
- همان گونه که از نتایج خروجی حاصل از نرم افزار EC (مرحله دوم تحقیق) طبق ارجحیتهای فوق مشخص گردید، از بین ۵ گزینه نهایی محصولات حاصل از بتن خرده لاستیکی، بتن آسفالتی خرده لاستیکی به عنوان برترین گزینه تعیین گردید.
- بر اساس مطالعه مدل کسب و کار و با عنایت به برآورد اقتصادی مقایسه برآورد هزینه تولید و اجرای بتن آسفالتی خرده لاستیکی و بتن آسفالتی معمول مشخص شد هزینه این محصول خرده لاستیکی از آسفالت معمول به صورت تقریبی برابر است. لذا به جمع جهات و در تمامی روشهای مورد بررسی و ملاحظات زیست محیطی، در خصوص برترین محصولات بتن خرده لاستیکی، بتن خرده لاستیک آسفالتی (Crumb Rubber Asphalt Concrete) به عنوان برترین محصول جهت تولید در مقیاس صنعتی انتخاب شد.

- seminar on Asphalt rubber Kansas City, october30-31,1989.
18. MehdiKhalili, Rheological properties of modified crumb rubber asphalt binder and selecting the best modified binder using AHP method, [Case Studies in Construction Materials, Volume 11](#), December 2019, e00276
 19. Murat Karacasuaa, Arzu Erb, 2012, Energy efficiency of rubberized asphalt concrete under low temperature conditions. portation research record no.1681, Transportation research Board, Washington, DC, pp.10-18
 20. Mona Nourelhuda, PhD, 2012, Asphalt Rubber Pavement Construction, Msc Thesis, The Sudan university of Sience and Technology, Khartoum, Sudan
 21. N. Oikonomou, 2007, Asphalt Rubber Usage Guide, The use of waste tyre rubber in civil engineering, chapter 9
 22. Aein, V., 2013. Application of recycled rubber in road construction. Ava Publication, Tehran, Iran. (In Persian)
 23. Choobchian, sh., 2016. Multi criteria decision making: Approach of Analytical Hierarchy Process and application of swot analysis, Isba Publication, Tehran, Iran. (In Persian)
 24. Aghaei, Sh., 2006. Rational decision making with Expert choice software. Arkan danesh Publication, Tehran, Iran. (In Persian)
 25. Karimi, R., 2015. Statistical analysis guide with SPSS software, Hengam Publication, Tehran, Iran (In Persian).
 26. Molanapoor, R., 2016. SPSS Software, Ati negar Publication, Tehran, Iran, pp30-59. (In Persian)
 27. kirk, l., 2013. SPSS software guide, Teymoorzadeh Publication, Tehran, Iran. (In Persian)
 8. Anonymous., 2020. Recycling of waste in Petrotajhiz Company, Available online at: www.tajhizpro.ir
 9. Anonymous., 2020. Recycling of waste tires in Country, Available online at: www.iran-lastic.ir.
 10. Anonymous., 2020. Plastic processing and composite in Greenmantra Technologies, Available online at: www.greenmantra.com
 11. Anna Tibaijuka, Executive Director UN-Habitat- solid waste management in the worlds cities.
 12. Pola Bandini, PhD, 2011, Rubberized Asphalt Concrete Paverments in New Mexico. Department of civil Engineering New Mexico University.
 13. Masimo Losa, 2012, Crumb Rubber Modifed Asphalt Concrete for Low Noise surfaces, University of Pisa, Department of Civil Engineering, Construction and Building Materials, Volume 22, pp.1368-1376.
 14. S. Mavridou, 2010, Integration of end - of - life tires in the life cycle of road construction, Recycling and Reuse of Used tiers, Dundee, pp.281-298.
 15. H.K. Sebaaly, 2009, Fatigue Properties of Rubber Modified Asphalt Mixtures, 2nd workshop on four-point Bending, Pais, 2009, University of Minho. ISBN 978-972-8692-42-1.
 16. P. Anbazhagan, 2011, Laboratory Characterization of tyre crumbs soil Mixture for Developing Low Cost Damping Materials, International Journal of earth Science and Engineering, ISSN 0974-5904, Volume04, No 06SPL, OCTOBR 2011, pp63-66.
 17. joe o. cano, phd, 1989, the phoenix Experience using Asphalt rubber, prepared for presentation at national

29. Asgharpoor, M., 2011. Multi Criteria Decision Making. Tehran University Publication, Tehran, Iran. (In Persian)

28. Amiri, M., 2016. Multi Criteria Decision Making. Kian Publication, Tehran, Iran. (In Persian)