J. Analysis of Structure and Earthquake
Volum 21, Issue 1, spring 2024
Issn: 2821-0999
وبگاه مجله: www.civil-strj.maragheh.iau.ir
فصلنامه علمی آنالیز سازه - زلزله
دوره 21، شماره ۱، بهار 1403

Modeling the Reduction of Construction waste Production using the Concept of Lean Construction, Dimetal Technique and Cause and Effect Relationships

Ali Poornamazian

Department of Civil Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

Mohsen Izadinia[1*]

Department of Civil Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

izadinia@iaun.ac.ir

Keywords:
production of construction waste,

lean construction,

Dimetal technique,

cause and effect model, systemic thinking

Abstract

Production of construction waste In this research, the factors affecting waste production have been identified from previous articles, preliminary questionnaires and interviews.aste is one of the most important factors affecting performance and cost increase in construction projects. In the next step, the final questionnaire was prepared. Then, the relationship between the variables and the cause-and-effect relationships was carried out through the system thinking approach and Dimtel technique to confirm the cause-and-effect relationships according to the pairwise comparison questionnaire among ten identified experts. Also, lean construction was used as a solution to reduce waste production. Lean construction follows new rules and without using new technologies or updating equipment with minimum use of resources, minimum waste and maximum productivity in construction projects. The main purpose of this article is to use the concept of lean construction and the system dynamics method to identify the main causes of waste production in construction projects. The main focus of lean construction is to analyze waste production processes, improve activities to reduce waste production and increase performance in construction projects. First, the effective factors on reducing the production of construction waste were identified through previous researches, and then a survey (interview and questionnaire) was conducted with experts in the case study of the waste management organization in the metropolis of Isfahan. In the next step, 52 questionnaires were prepared and distributed in the case study of the research. After collecting the information, the data obtained from the questionnaire was analyzed using statistics after checking its validity and reliability. In the last stage, after confirming the effective factors in the production of construction waste and how they are related, in order to develop a conceptual framework, cause-and-effect diagrams were drawn. The statistical results showed that the first to third most important factors affecting the reduction of construction waste with lean construction approach, flow perspective, identification of waste from the point of view of transformation and identification of waste from the point of view of value were the most important according to the experts in the waste management organization. Also, cause-and-effect relationships were confirmed through Dimtel's method. As a result, considering the relationship of correlation as well as cause and effect relationship, the way of communication between variables has been rooted through cause and effect circles and systemic thinking.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

[1*] نشانگر نویسنده مسئول مکاتبات است

(این نشریه تحت قانون بین المللی کپی رایت Creative Commons: BY-NC می باشد).

مدل‌سازی کاهش تولید ضایعات ساختمانی با استفاده از مفهوم ساخت‌وساز ناب، تکنیک دیمتل و روابط علت و معلولی

علی پورنمازیان

گروه مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

محسن ایزدی نیا*

گروه مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

izadinia@iaun.ac.ir

تاریخ دریافت : 20 اسفند۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۰ تیر ۱۴۰۲

چکیده

تولید ضایعات ساختمانی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر عملکرد و افزایش هزینه در پروژه‌های ساختمانی است. در این پژوهش ابتدا عوامل مؤثر بر تولید ضایعات از مقالات پیشین، پرسشنامه و مصاحبه شناسایی شد. مطالعه موردی پژوهش حاضر، سازمان مدیریت پسماند در شهرداری اصفهان بوده است. در مرحله بعدی به تهیه و توزیع ۵۲ پرسشنامه پرداخته شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات، روایی و پایایی پرسشنامه، بررسی شد. در مرحله آخر نیز پس از تأیید عوامل مؤثر در تولید ضایعات ساختمانی و نحوه ارتباط آن‌ها، به‌منظور تدوین چارچوب مفهومی، نمودارهای علت و معلولی ترسیم گردید. نتایج آماری نشان داد که رتبه اول تا سوم مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش ضایعات ساختمانی با رویکرد ساخت‌وساز ناب، دیدگاه جریان، شناسایی ضایعات از دیدگاه تبدیل یا تحول‌گرا و شناسایی ضایعات از دیدگاه ارزش دارای بیشترین اهمیت ازنظر کارشناسان و خبرگان در سازمان مدیریت پسماند بوده است. همچنین روابط علت و معلولی، از طریق روش دیمتل تأیید گردید. نحوه ارتباط بین متغیرها از طریق حلقه‌های علت و معلولی و تفکر سیستمی ریشه‌یابی شد. طبق یافته‌های تجزیه‌وتحلیل دیمتل، شاخص D نشان‌دهنده تأثیرگذاری معیارها است هر چقدر عدد D یک معیار بیشتر باشد آن معیار دارای تأثیرگذاری بیشتری در سیستم است که بر این اساس بهره‌وری در اجرای پروژه‌های ساخت دارای بیشترین تأثیرگذاری است. شاخص R نشان‌دهنده تأثیرپذیری معیارها است هر چقدر عدد R یک معیار بیشتر باشد آن معیار دارای تاثیرپذیری بیشتری در سیستم است که بر این اساس افزایش هزینه برای جبران خسارت‌های محیط‌زیستی بیشترین تأثیرپذیری را دارد.

کلید واژگان: تولید ضایعات ساختمانی، ساخت‌وساز ناب، تکنیک دیمتل ، مدل علت و معلولی، تفکر سیستمی

۱-مقدمه

کاهش تولید ضایعات ساختمانی و مدیریت آن همواره یکی از راهکارهای مهم جهت افزایش بهره‌وری در پروژه‌های عمرانی در هر کشور می‌باشد. استفاده زیاد از مواد خام و مصالح طبیعی در ساخت موجب افزایش هزینه می‌گردد و همچنین موجب صدمات جبران‌ناپذیری به محیط طبیعی می‌شود. با توجه به این‌که امروزه نقش تعیین‌کننده منابع مالی در شروع و اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌ها بر کسی پوشیده نیست، بنابراین استفاده از روش‌های نوین مدیریتی جهت کاهش هزینه‌ها در پروژه‌های عمرانی که یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی هر کشور محسوب می‌شود در شرایط حال حاضر همواره بیش از گذشته احساس می‌شود[۱]. همچنین در جدیدترین مطالعات انجام شده، نگهداری نامناسب مصالح، عدم آموزش کارگران، ضایعات جامد و نبود دستورالعمل‌های مناسب برای کارگران از جمله مهم‌ترین دلایل تولید ضایعات ساختمانی شناخته شده است[۲]. همچنین در کشور چین به‌منظور کاهش فشار مالی بر دولت برای مقابله با نخاله‌های ساختمانی، به دنبال مدل‌هایی در صنعت بازیافت زباله‌های ساختمانی هستند و هزینه‌های ساخت، تأخیر در ساخت‌وساز و نقص در بخش طراحی، بیشترین تأثیر را بر تولید ضایعات در ساخت‌وساز داشته‌اند [۳] به‌طورکلی، صنعت ساخت در اکثر کشورهای در حال توسعه زیر استاندارد کیفیت قابل‌قبول است و با هزینه‌ها و برنامه‌های بیش از حد همراه می‌باشد. از این رو، یکی از راهکارهای مدیریتی مهم برای بهبود کارایی و اثربخشی فرآیند ساخت‌وساز، در بسیاری از این کشورها استفاده از ساخت‌وساز ناب است [۴]. صنعت ساخت‌وساز بخش مولد ضایعاتی را در نظر می‌گیرد که به اقتصاد و محیط‌زیست آسیب می‌رساند. از این رو، اتخاذ رویکردهای ساخت‌وساز ناب در کاهش ضایعات و افزایش عملکرد بخش‌های عمرانی در کشورها، امری ضروری است. از جمله مزایای ساخت‌وساز ناب، شامل بهبود کنترل فرآیند، بهبود برنامه‌ریزی، کنترل ذخیره‌سازی مصالح (دسترسی و موجودی) و کاهش زمان می‌شود [۵]. مزایای اتخاذ رویکردهای مشترک بیم و ساخت‌وساز ناب در صنعت ساخت‌وساز، به‌صورت یکپارچه و گسترده در دانشگاه و صنعت تأیید شده است[۶].

جهت شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش تولید ضایعات ساختمانی، از مطالعات پیشین و پرسشنامه اولیه استفاده شد. سپس با استفاده از روش ساخت‌وساز ناب، در سه گروه تولید ناب، دسته‌بندی گردید. تولید ناب در سه دیدگاه تبدیل یا تحول‌گرا، دیدگاه ارزش و دیدگاه جریان تقسیم شد. دیدگاه ایجاد ارزش، فرایندی که در آن موجب ایجاد ارزش برای مشتری می‌شود. دیدگاه جریان نیز از بین بردن ضایعات (حذف یا کاهش فعالیت‌های غیر ارزش‌آفرین) می‌باشد. دیدگاه تبدیل (تحول‌گرا)، به‌عنوان تبدیل ورودی‌ها به خروجی است. پس از شناسایی و دسته‌بندی عوامل پرسشنامه نهایی، تهیه شد. در نهایت نمودار علت و معلولی و روابط بین متغیرهای مؤثر بر کاهش ضایعات با استفاده از روش پویایی سیستم، تجزیه‌وتحلیل گردید و سپس به تجزیه‌وتحلیل نتایج و ارتباط بین متغیرها از طریق آزمون همبستگی پرداخته شده است. هدف اصلی پژوهش حاضر، ریشه‌یابی عوامل کاهش تولید ضایعات، در پروژه‌های ساختمانی می‌باشد. طبق مطالعات انجام‌شده، یکی از مهم‌ترین روش‌های کاهش تولید ضایعات ساختمانی، شناسایی عوامل منجر به ایجاد ضایعات ساختمانی در پروژه می‌باشد. بنابراین، در این پژوهش جهت شناسایی فاکتورهای منجر به تولید ضایعات، پرسشنامه تهیه گردید. متغیرهای پرسشنامه از طریق ادبیات موضوع و سپس کارشناسان در مطالعه موردی سازمان مدیریت پسماند در شهرداری اصفهان، شناسایی شد. ضایعات ساختمانی یک پدیده پویا و پیچیده است که عوامل متعددی بر روی آن تأثیرگذارند که هر یک از این عوامل نیز بر روی یکدیگر اثر می‌گذارند. این پیچیدگی و پویایی با دید خطی و کوتاه مدت، قابل شناسایی نمی‌باشد. به همین جهت، از روش تفکر سیستمی و نمودار علت و معلولی، که روش سیستمی حاصل از بازخورد علت و معلولی و با دیدگاه بلندمدت است، استفاده شد.دیدگاه بلندمدت، به مدیران کمک می‌کند تا بتوانند ریشه بسیاری از مشکلات قبلی را شناسایی کرده و سپس برای مسائل آینده، استراتژی های مناسبی داشته باشند. نمودار علت و معلولی را با استفاده از نرم‌افزار ونسیم ترسیم شده است و درنتیجه حلقه‌های بسته از روش تفکر سیستمی مورد بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. روش تحقیق پژوهش حاضر ، مفهوم ساخت‌وساز ناب ، تکنیک دیمتل و روابط علت و معلولی است. از مفهوم ساخت وساز ناب، جهت دسته بندی متغیرها کاهش تولید ضایعات استفاده شد. همچنین، از تکنیک دیمتل، جهت تأیید رابط علت و معلولی بین متغیرهای مشخص شده در نمودار علت و معلولی استفاده شد. در انتها، از نمودار علت و معلولی، جهت ارائه مدل مفهومی استفاده شده است.

۲- کاهش تولید ضایعات ساختمانی با استفاده از مفهوم ساخت‌وساز ناب

در حقیقت ضایعات به هر فعالیتی گفته می‌شود که نیازمند صرف هزینه (مستقیم و غیرمستقیم) است بدون آنکه ارزش‌افزوده‌ای برای فرآیند داشته باشد. این ایده، سنگ بنای تفکر ساخت‌وساز ناب می‌باشد، نظریه‌ای که به دنبال کمینه‌سازی ضایعات است [۷]. در کشورهای درحال‌توسعه، مدیریت ضایعات ساختمانی یکی از راهکارهای افزایش بهره‌وری ساخت می‌باشد و با توجه به بهره‌وری پایین این صنعت نسبت به صنایع دیگر، شیوه‌های نوین مدیریتی می‌تواند راهگشا باشد[۸]؛ بنابراین ساخت‌وساز ناب[1] یکی از شیوه‌های نوین در پروژه‌های عمرانی می‌باشد که با به‌کارگیری قواعد و ابزارهای خود، بدون استفاده از تکنولوژی جدید یا به‌روزرسانی تجهیزات و ماشین‌آلات، با حداقل نمودن منابع، کاهش اتلاف و بهبود فرآیندها موجب افزایش بهره‌وری در پروژه‌ها می‌گردد[۹].

۳- حلقه‌های علت و معلولی کاهش تولید ضایعات ساختمانی

عوامل مختلفی در پروژه‌های عمرانی موجب افزایش یا کاهش تولید ضایعات ساختمانی می‌شود که هر یک از این عوامل نیز به‌نوبه خود بر یکدیگر تأثیر می‌گذارد و یک سیستم پیچیده‌ای را برای مدیران در پروژه‌های عمرانی ایجاد می‌کند. تأثیر هر یک از عوامل بر یکدیگر در روش پویایی سیستم توسط بازخوردهای مثبت یا منفی بین متغیرها مشخص می‌گردد. تمام دلایل منجر به ساخت نمودار علت و معلولی بر اساس روش‌های مدل‌سازی پویایی سیستم از کتاب مرجع استرمن استخراج شده است. دلایل پیچیدگی های تولید ضایعات در صنعت ساخت براساس تفکر سیستمی شامل مراحل زیر بوده است[۱۰]:

۳-۱- دلایل پیچیدگی‌های چرخه تولید ضایعات در صنعت ساخت

کاهش تولید ضایعات ساختمانی یک پدیده پویا و پیچیده است که عوامل متعددی بر روی آن تأثیرگذار هستند. از این رو ، به علت تعدد تأثیر عوامل مختلف بر یکدیگر، شناسایی و طبقه بندی عوامل مؤثر و برررسی ارتباط هر یک بر دیگری، از طریق ابزارهای مدیریتی مانند روش‌های ساخت و ساز ناب، تفکر سیستمی و ارائه مدل مفهومی جهت درک مفهوم ارتباط علت و معلولی بین متغیرها، میسر می باشد. هر یکی از این موارد به خودی خود، دربرگیرنده سطوح بالایی از پیچیدگی پویا هستند. تولید ضایعات در صنعت ساخت پیچیدگی‌هایی پویاها هستند چون این سیستم:

- پویا است: هراکلیتوس[2] می‌گوید: «همه‌چیز در حال تغییر است» آنچه تغییرناپذیر به نظر می‌رسد، باگذشت زمان طولانی‌تری تغییر می‌کند. تغییر در سیستم‌ها در مقیاس‌های زمانی متعددی رخ می‌دهد و این مقیاس‌های مختلف گاهی باهم در تقابل‌اند[۱۰]. تولید ضایعات ساختمانی، نیز دائما در طول فعالیت‌های عمرانی در حال تغییر و رشد می‌باشد، همچنین با گذشت زمان، این ضایعات ساختمانی به علت تخریب بیشتر ساختمان ها و پروژه های فرسوده، در حال افزایش است، همچنین، عوامل مختلفی بر افزایش بیش از پیش این ضایعات مؤثر بوده است، که این موارد منجر به پویا بودن این بخش از صنعت ساخت شده است.

۳-۱-۱- پیوستگی تولید ضایعات در صنعت ساخت

- عوامل تولید ضایعات در صنعت ساخت شدیداً به‌هم‌پیوسته‌اند: بازیگران سیستم به‌شدت با یکدیگر و با جهان طبیعی تعامل دارند. همه‌چیز به سایر چیزها متصل است. همان‌طور که جمله معروفی از دهه ۱۹۶۰ می‌گوید: «شما نمی‌توانید تنها یک کار را انجام دهید»

- عوامل تولید ضایعات در صنعت ساخت به‌وسیله بازخورد تحت کنترل‌اند: به دلیل پیوستگی شدید بین بازیگران سیستم، اقدامات ما به خود ما برمی‌گردند. تصمیمات ما وضعیت جهان را تغییر می‌دهند، سبب ایجاد تغییرات در طبیعت و تحریک دیگران بر اقدام‌های بعدی می‌شود، بنابراین به ایجاد یک موقعیت جدید می‌انجامد که بر روی تصمیمات آتی ما تأثیر می‌گذارند. پویایی از این بازخوردها ناشی می‌شود.

۳-۱-۲- تولید ضایعات در صنعت ساخت غیرخطی‌اند.

معلول به‌ندرت با علت متناسب است و آنچه در قسمتی از یک سیستم رخ می‌دهد (نزدیک نقطه عملیاتی فعلی) معمولاً در مناطق دور (سایر حالات سیستم) کاربرد ندارد. غیرخطی بودن غالباً از ویژگی‌های ذاتی سیستم‌ها ناشی می‌شود: موجودی ناکافی ممکن است موجب بالا بردن تولید شود، اما هرقدر هم که مازاد موجودی داشته باشیم، تولید هرگز نمی‌تواند کمتر از صفر شود. غیرخطی بودن همچنین هنگامی ایجاد می‌شود که چند عامل بر تصمیم‌گیری تأثیر می‌گذارند: فشار از طرف رئیس برای رسیدن به موفقیت‌های بزرگ‌تر انگیزه و تلاش شما را

1 Lean construction

2 Heraclitus

افزایش می‌دهد – تا جایی که شما هدف را دست‌نیافتنی می‌یابید. در آن صورت امیدی بر انگیزه شما چیره شده و شما یا منصرف می‌شوید و یا رئیس جدیدی اختیار می‌کنید.

۳-۱-۳- تولید ضایعات در صنعت ساخت وابسته به گذشته است.

غالباً، انتخاب یک مسیر مانع انتخاب دیگر مسیرها می‌شود و پایان راه را تعیین می‌کند (وابستگی به مسیر). اقدامات بسیاری برگشت‌ناپذیرند: شما نمی‌توانید تخم‌مرغ شکسته را دوباره به حالت اول بازگردانید (قانون دوم ترمودینامیک). به‌طور مثال وقتی ضایعاتی در پروژه‌های عمرانی ایجاد می‌شود یعنی درگذشته سیاست‌ها و اقداماتی مانند ساخت‌وسازهای جدید، عدم وجود قوانین در اجرای ساخت‌وساز ناب و استفاده از روش‌های سنتی در اجرای پروژه‌ها درگذشته انجام‌شده است که در حال حاضر شاهد افزایش تولید ضایعات هستیم. حلقه‌های علی و معلولی تولید ضایعات در پروژه‌های عمرانی و بازخوردهای منفی و مثبت همراه با حلقه‌های تعادلی و حلقه‌های خود تقویت شونده جهت آشکارسازی نحوه ارتباط سیاست‌ها با تولید ضایعات ساخت‌وساز با استفاده از روش ساخت‌وساز ناب موردبررسی و تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته است. طبق بررسی‌های انجام‌شده با استفاده از گردآوری اطلاعات از پرسشنامه اولیه و ثانویه و مصاحبه با خبرگان به این نتیجه رسیده شده است که برای استفاده از روش ساخت‌وساز ناب در پروژه‌های عمرانی نیازمند کاهش تولید ضایعات می باشیم. به دلیل اینکه، وضعیت سرمایه‌گذاری و بازیافت مصالح در کشور مناسب نیست و از سوی دیگر دفن ضایعات در بلندمدت موجب مشکلات زیست‌محیطی و ایجاد فضای زیاد برای دفن این ضایعات می باشد. از طرفی دیگر، توسعه شهرها و وجود ضایعات در آن محل‌های دفن، موجب مشکلات متعدد برای ساکنین و اطراف آن می‌شود. اگر بخواهیم روش‌های نوین را در کشور پیاده‌سازی کنیم مانند بسیاری از کشورهای پیشرفته، نیازمند ایجاد قوانین ساخت‌وساز ناب در این حوزه هستیم. خیلی از قوانین تا زمانی که قانون اجباری نشود، اجرا نمی‌شود و البته اجباری کردن قوانین نیز نیازمند طرح‌های تشویقی و هماهنگی بین سازمان‌ها برای اجرای آن‌ها است. همه این راهکارها نیز منجر به ترویج فرهنگ استفاده از ساخت‌وساز ناب می‌شود و ترویج بیشتر فرهنگ این روش منجر به کاهش تولید ضایعات در پروژه‌های عمرانی می‌شود و این چرخه تعادلی ادامه می‌یابد.

٤- ابزار گردآوری داده‌ها

ابزار جمع‌آوری اطلاعات این تحقیق از طریق پرسشنامه اولیه و ثانویه و مصاحبه با کارشناسان و خبرگان بوده است. کارشناسان انتخاب شده در پرسشنامه اولیه، از بخش مدیریت پسماند شهرداری اصفهان بوده‌اند. سازمان مدیریت پسماند شهرداری در ۴ بخش کلی، بخش بازیافت و تفکیک پسماند خشک، بخش مدیریت پسماندهای عمرانی و ساختمانی، بخش خدمات آزمایشگاه کنترل کیفی سازمان و بخش فعالیت‌های پژوهشی و تحقیقاتی مورد تحقیق قرار گرفت. همچنین، در روش دیمتل در پرسشنامه ثانویه، از ۱۰ نفر خبره که از مدیران بخش شهرداری در پروژه‌های عمرانی بودند، استفاده شد. در پرسشنامه اولیه که جهت شناسایی متغیرهای کاهش تولید ضایعات انجام شد، تعداد ۵۲ پرسشنامه بین کارشناسان در واحدهای مختلف مدیریت پسماند شهرداری اصفهان، توزیع و جمع آوری شد. حجم نمونه آماری نیز، از طریق فرمول کوکران، تعداد ۵۲ نفر محاسبه شد. همچنین در روش دیمتل، از تعداد ۱۰ نفر خبره که از مدیران اصلی بخش مدیریت پسماند شهرداری که دارای سابقه بیش از ۱۰ سال در آن بخش بوده اند، اطلاعات استخراج شده است. جمع‌آوری اطلاعات پژوهش، در دو بخش اولیه و ثانویه انجام گردید. در بخش اول، پرسشنامه اولیه بین ۵۲ کارشناس در واحدهای مختلف مدیریت پسماند شهرداری اصفهان،توزیع و جمع‌آوری شد. علت انتخاب این کارشناسان، دانش علمی و آگاهی این بخش از سازمان شهرداری‌ها بوده است. یکی از سازمان های اصلی و مهم کشور، در موضوع ضایعات، مربوط به سازمان مدیریت پسماند در شهرداری‌های کلان شهرها ، می‌باشد و علت انتخاب این بخش از شهرداری به علت، اهمیت، دانش و آگاهی کارشناسان و مدیران این بخش از شهرداری نسبت به تولید و مدیریت ضایعات، بوده است. همچنین در بخش دوم،جهت تحلیل روش دیمتل، پرسشنامه ثانویه، بین ۱۰ نفر خبره که شامل مدیران بخش‌های اصلی سازمان مدیریت پسماند در شهرداری اصفهان بود، انجام گردید. علت انتخاب این خبرگان نیز، دانش و مسئولیت بالاتر آن‌ها در بخش مدیران، نسبت به بقیه کارشناسان پسماند شهرداری بود.

٤-۱-بررسی روایی و پایایی پرسشنامه

٤-۱-۱- روایی یا اعتبار ابزاراندازه‌گیری

قبل از بکارگیری ابزارهای‌اندازه‌گیری لازم است نسبت به روایی و معتبر بودن آن‌ها اطمینان حاصل کنیم. در حقیقت در روایی به دنبال آن هستیم که آیا ابزارهای مورد استفاده (پرسشنامه، مشاهده یا مصاحبه) می‌تواند خصیصه یا ویژگی‌ای که ابزار برای آن طراحی‌شده را اندازه‌گیری کند یا خیر؟

بدون اعتبار ابزار اندازه‌گیری نمی‌توان به دقت داده‌های حاصل از آن اطمینان داشت. ابزار اندازه‌گیری ممکن است برای اندازه‌گیری یک

خصیصه ویژه دارای اعتبار باشد، درحالی‌که برای سنجش همان خصیصه بر روی جامعه دیگری از هیچ‌گونه اعتباری برخوردار نباشد. بررسی روایی پرسشنامه مورد استفاده در این تحقیق با استفاده از نظرات کارشناسان خبره در زمینه تحقیق و استاد راهنما صورت پذیرفته است.

٤-١-٢- پایایی یا قابلیت اعتماد ابزاراندازه‌گیری

قابلیت اعتماد یکی از ویژگی‌های فنی ابزاراندازه‌گیری است. مفهوم یادشده با این امر سروکار دارد که ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسان به دست می‌دهد؛ یعنی اگر از این ابزار در فاصله زمانی کوتاه چندین بار درباره یک گروه واحد استفاده شود نتایج حاصله مشابه یا نزدیک به هم خواهد بود.

ازجمله تعریف‌هایی که برای قابلیت اعتماد ارائه شده است می‌توان به تعریف ایبل و فریسبی اشاره کرد: همبستگی میان یک مجموعه از نمرات و مجموعه دیگری از نمرات در یک آزمون معادل که به‌صورت مستقل بر یک گروه آزمودنی به‌دست‌آمده است. با توجه به این امر معمولاً دامنه ضریب قابلیت اعتماد از صفر (عدم ارتباط) تا ۱ (ارتباط کامل) است.

ضریب قابلیت اعتماد نشانگر آن است که تا چه اندازه ابزار اندازه‌گیری ویژگی‌های باثبات آزمودنی و یا ویژگی‌های متغیر و موقتی وی را می‌سنجد. برای محاسبه ضریب قابلیت اعتماد ابزار اندازه‌گیری شیوه‌های مختلفی به‌کاربرده می‌شود. پایایی یا قابلیت اعتماد مشخص می‌سازد که ابزار اندازه‌گیری در صورت اجرا در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی دارد. بدین معنی که اگر محقق پرسشنامه خود را دوباره و یا به‌صورت موازی اجرا کند و نتایج هر دو یکسان باشد، پرسشنامه از پایایی کامل برخوردار است.

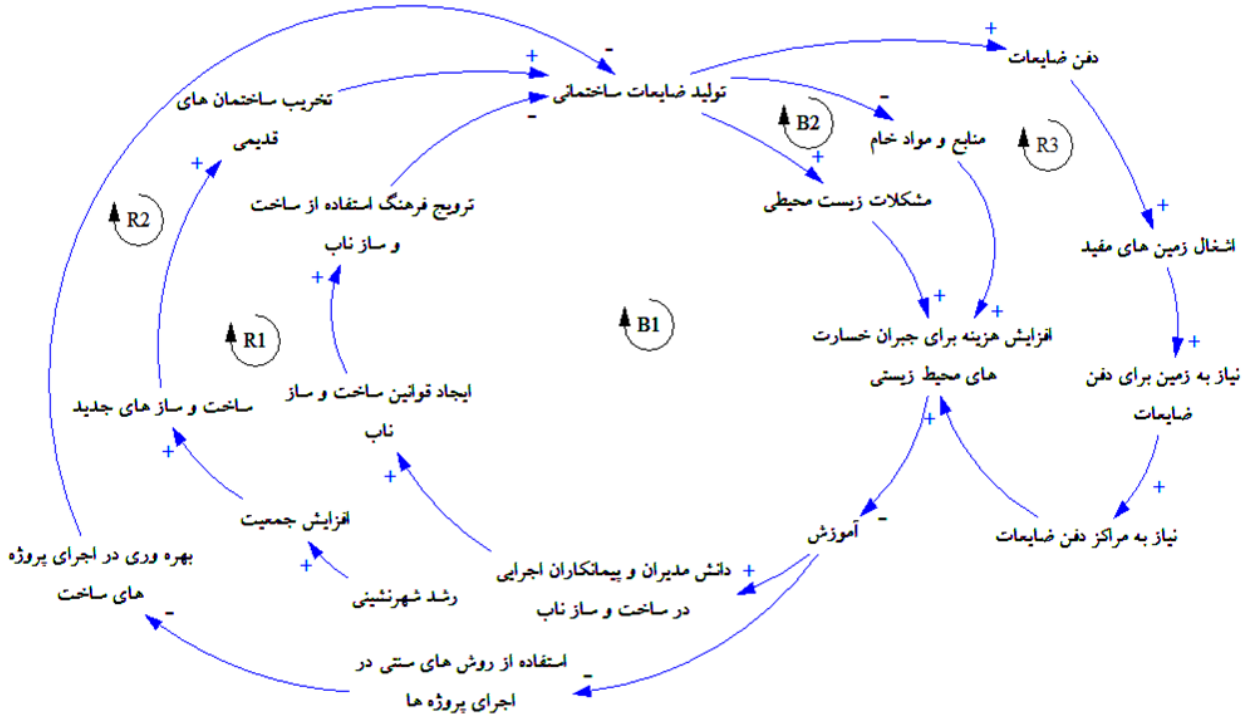
جدول ۱- آزمون پایایی پرسشنامه

تعداد سؤالات	ضریب آلفا کرونباخ
۲۶	۰/۷۱۵

طبق جدول ۱، پایایی برای ۲۶ سؤال پرسشنامه مورد بررسی قرار گرفت و چون مقدار آلفای کرونباخ برابر ۰/۷۱۵ شد که از مقدار ۰/۶ و ۰/۷ استاندارد، بیشتر است پس پایایی پرسشنامه تائید شد.

۵-رسم نمودار علت و معلولی

طبق بررسی‌های انجام شده در بخش ادبیات موضوع و سپس جمع‌آوری اطلاعات انجام شده از کارشناسان و خبرگان در پرسشنامه، ارتباط بین متغیرهای تولید ضایعات ساختمانی از طریق نمودار علت و معلولی در شکل ۱، در نرم افزار شبیه‌سازی ونسیم، انجام شد. طبق رسم نمودارهای علت و معلولی به این نتیجه رسیدیم که ترویج هر چه بیشتر فرهنگ استفاده از ساخت‌وساز ناب به‌عنوان یک روش نوین مدیریتی منجر به کاهش تولید ضایعات ساختمانی می‌گردد. حالا این که ترویج هر چه بیشتر فرهنگ استفاده از ساخت‌وساز ناب در کشورهای پیشرفته با توجه به مطالعاتی که داشتیم اغلب از طریق ایجاد قوانین ساخت‌وساز ناب مناسب ایجاد می‌گردد. به‌طور مثال این قوانین باید توسط سازمان شهرداری‌ها لازم‌الاجرا گردد یا در ابتدا به‌عنوان طرح‌های تشویقی قبل از پروانه ساختمان اجرایی گردد.همچنین، یکی دیگر از مشکلات شناسایی‌شده در رسم نمودارهای علت و معلولی، عدم دانش مدیران و پیمانکاران اجرایی از روش‌ها و ابزارهای نوین مدیریتی بوده است که از طریق برگزاری کلاس‌ها و جلسات آموزشی قابل حل می‌باشد. این موارد در حلقه تعادلی B1، در شکل ۱، نمایش داده شده است. با آموزش مناسب می‌توان هزینه‌های خسارت‌های محیط‌زیستی را در کشور کاهش داد و در نتیجه ضایعات کمتری تولید نمود. این چرخه به‌صورت تعادلی در پروژه‌های عمرانی رفتار می‌کند (حلقه تعادلی B1). آموزش می‌تواند از مهم‌ترین راهکارهای افزایش فرهنگ و دانش روش‌های نوین در کشور باشد و همچنین با آموزش بیشتر می‌توان به روش‌های سنتی اجرایی در پروژه‌های ساختمانی خاتمه داد و با استفاده از روش‌های نوین اجرایی، بهره‌وری پروژه‌ها را بهبود بخشید. هرچه بهره‌وری در پروژه‌ها بهبود یابد، تولید ضایعات نیز کاهش می‌یابد و حلقه تقویتی را به وجود می‌آورد. (حلقه تقویتی R2). شکل ۱، نمودار علت و معلولی ارائه شده از روش تفکر سیستمی است که ارتباط بین متغیرهای آن از طریق ادبیات موضوع و همچنین پرسشنامه اولیه و سپس از طریق پرسشنامه ثانویه از طریق روش دیمتل، اعتبارسنجی شد.



شکل ۱- نمودار علی و معلولی تولید ضایعات ساختمانی

٦-تأیید روابط علت و معلولی

در این گام از روش دیمتل فازی برای بررسی تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها استفاده می‌شود که مراحل آن در ادامه آورده شده است.علت استفاده از این روش تحقیق به این دلیل است که روش دیمتل، یکی از مهم ترین و معتبرترین روش‌هایی است که قادر به شناسایی و بررسی رابطه علت و معلولی بین متغیرها و همچنین تأیید آن‌ها می‌باشد. از این روش تحقیق، به دلیل تأیید روابط علت و معلولی بین متغیرها، در نمودار علت و معلولی استفاده شده است.

٦-١- بررسی نتایج دیمتل فازی جهت

٦-١-١- تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم

ماتریس ارتباطات مستقیم در جدول۲ زیر آورده شده است. اعداد گزارش شده در جدول، شامل ادغام نظرات ۱۰ خبره، بر اساس میانگین حسابی است. به‌عنوان‌مثال در سلول C_{12} به‌صورت زیر محاسبه شده است.

$$C_{12} = \frac{3+2+1+\cdots+2}{10} = 4$$

از این رو، داده‌های جدول ۲ از پاسخ دهی خبرگان به پرسشنامه تهیه شده در روش دیمتل، استخراج شده است.

جدول ۲- ماتریس ارتباط مستقیم معیارها

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
C1	۰	۴	۱	۱,۲	۱	۱,۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱,۲	۴	۴	۱	۱	۱
C2	۱	۰	۴	۱	۱	۱,۱	۱	۱	۱	۱,۱	۱	۱,۱	۱,۲	۱	۱	۱	۱	۱
C3	۲	۱	۰	۴	۱,۶	۱	۱	۱	۱	۱,۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱,۶	۱,۵
C4	۲	۲	۳	۰	۴	۱	۱	۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱,۲	۱	۱,۶	۱	۱
C5	۱	۱,۴	۱,۹	۱,۹	۰	۴	۲	۱	۱,۲	۱,۲	۱	۱,۲	۱	۱	۱,۶	۱	۱,۵	۱
C6	۱	۲	۱,۵	۲	۲	۰	۴	۱,۵	۱	۱	۱,۵	۱	۱,۴	۱,۵	۱	۱	۱	۱,۱
C7	۴	۲	۱,۴	۲	۲	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱,۵	۱,۵
C8	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۰	۴	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۱,۹	۲
C9	۴	۲	۲	۱	۱	۱,۵	۱	۱	۰	۲	۱,۸	۲	۲	۲	۲	۲	۱,۹	۱,۹
C10	۱	۲	۲	۱	۱	۱,۲	۱,۵	۱,۵	۱	۰	۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱,۹	۱,۹
C11	۱	۲	۱,۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۴	۱,۵	۱,۲	۱	۱	۱	۱
C12	۱	۲	۲	۱	۱	۱,۶	۱	۱	۱,۸	۱	۱	۰	۱,۸	۱	۱	۱	۱,۶	۱
C13	۴	۲	۱,۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱,۶	۱,۶	۰	۱	۱	۱	۱	۱
C14	۱,۳	۲	۴	۱	۱	۱,۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۲	۱,۶	۱	۱
C15	۱	۲	۱,۹	۱,۲	۱	۱,۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۴	۲	۱
C16	۱	۲	۱,۳	۱	۱,۶	۱,۶	۱,۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۴	۱,۱
C17	۱	۲	۱,۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱,۲	۱	۱	۱	۱,۵	۱	۱	۱,۴	۰	۱
C18	۱	۲	۴	۱,۳	۱,۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱,۱	۱	۱	۱,۱	۱	۱	۱,۹	۰

٦-۲- نرمال کردن ماتریس ارتباطات مستقیم

برای نرمالیزه کردن ماتریس به‌دست آمده از دو رابطه ۱-۱ و ۲-۱ استفاده شده است؛ یعنی ابتدا باید مجموع سطر و ستون ماتریس ارتباطات مستقیم را به دست آورد سپس از بین اعداد مجموع، بیشترین مقدار را محاسبه کرد که در جدول ۳، آورده شده است. تمام مقالات در روش دیمتل از همین راه جهت نرمال کردن استفاده می‌کنند. در این راه، ماکزیمم مقدار سطر یا ستون را انتخاب می‌کنند و عدد ۱ تقسیم بر این عدد می‌شود.

تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم (M): در این گام با استفاده از طیف جدول ۳، تأثیرگذاری زوجی معیارها مشخص می‌شود. این شماره گذاری ترتیبی، جهت بررسی میزان تأثیر هر یک از عوامل بر یکدیگر، گزارش می شود.

جدول ۳- عبارات کلامی و اعداد متناظر روش دیمتل

نام	مقدار
بدون تأثیر	۰
تأثیر کم	۱
تأثیر متوسط	۲
تأثیر زیاد	۳
تأثیر خیلی زیاد	۴

زمانی که از دیدگاه چند نفر استفاده می‌شود از میانگین ساده نظرات استفاده می‌شود و M را تشکیل می‌دهیم.

$$z = \frac{x^1 + x^2 + x^3 + \dots + x^p}{p} \quad -۱$$

در این فرمول p تعداد خبرگان و x^1 ، x^2 ، x^p به ترتیب ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱، خبره ۲ و خبره p می‌باشد.

جدول ۴: مجموع سطر و ستون ماتریس ارتباطات مستقیم

جمع ستون	جمع سطر	
۲۸,۳	۲۶,۶	C1
۳۴,۴	۲۰,۵	C2

$$N=k*M \quad ۱-۱$$

که در این فرمول k به‌صورت زیر محاسبه می‌شود. ابتدا جمع تمامی سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌شود. معکوس بزرگ‌ترین عدد سطر و ستون k را تشکیل می‌دهد.

$$K=\frac{1}{\max \sum_{j=1}^{n} a_{ij}} \quad ۲-۱$$

۳۶,۷	۲۲,۹	C3
۲۳,۶	۲۷,۸	C4
۲۳,۳	۲۴,۹	C5
۲۳	۲۵,۵	C6
۲۱,۶	۲۴,۴	C7
۲۱	۲۶,۹	C8
۲۱,۲	۳۱,۱	C9
۱۸,۵	۲۵	C10
۲۲	۲۲,۱	C11
۲۱,۹	۲۱,۸	C12
۲۰,۶	۲۲,۶	C13
۲۳	۲۳,۵	C14
۲۳,۶	۲۳,۳	C15
۲۳,۶	۲۲,۷	C16
۲۶,۸	۲۰	C17
۲۱	۲۲,۵	C18
بیشترین مقدار = ۳۶,۷		

سپس جهت نرمال‌سازی تمام درایه‌های ماتریس ارتباط مستقیم (اعداد جدول ۴) را بر عدد ۳۶,۷ تقسیم می‌کنیم؛ که ماتریس نرمال‌شده در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵–ماتریس نرمالیزه شده روش دیمتل

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
C1	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۰۲۷	۰,۰۳۳	۰,۰۲۷	۰,۰۳۳	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۳۳	۰,۱۰۹	۰,۱۰۹	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷
C2	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۳۰	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۳۰	۰,۰۲۷	۰,۰۳۰	۰,۰۳۳	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷
C3	۰,۰۵۴	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۰۴۴	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۳۳	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۴	۰,۰۴۱
C4	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۸۲	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۱۰۹	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۳۳	۰,۰۲۷	۰,۰۴۴	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷
C5	۰,۰۲۷	۰,۰۳۸	۰,۰۵۲	۰,۰۵۲	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۰۵۴	۰,۰۲۷	۰,۰۳۳	۰,۰۳۳	۰,۰۲۷	۰,۰۳۳	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۴	۰,۰۲۷	۰,۰۴۱	۰,۰۲۷
C6	۰,۰۲۷	۰,۰۵۴	۰,۰۴۱	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۰۴۱	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۱	۰,۰۲۷	۰,۰۳۸	۰,۰۴۱	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۳۰
C7	۰,۱۰۹	۰,۰۵۴	۰,۰۳۸	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۱	۰,۰۴۱
C8	۰,۰۲۷	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۵۲	۰,۰۵۴
C9	۰,۱۰۹	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۱	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۰۵۴	۰,۰۴۹	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۵۲	۰,۰۵۲
C10	۰,۰۲۷	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۳۳	۰,۰۴۱	۰,۰۴۱	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۵۲	۰,۰۵۲
C11	۰,۰۲۷	۰,۰۵۴	۰,۰۳۸	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۰۴۱	۰,۰۳۳	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷
C12	۰,۰۲۷	۰,۰۵۴	۰,۰۵۴	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۴	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۹	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۰۴۹	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۴	۰,۰۲۷
C13	۰,۱۰۹	۰,۰۵۴	۰,۰۳۸	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۴	۰,۰۴۴	۰,۰۰۰	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷
C14	۰,۰۳۵	۰,۰۵۴	۰,۱۰۹	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۴	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۰۵۴	۰,۰۴۴	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷
C15	۰,۰۲۷	۰,۰۵۴	۰,۰۵۲	۰,۰۳۳	۰,۰۲۷	۰,۰۳۳	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۰۵۴	۰,۰۲۷
C16	۰,۰۲۷	۰,۰۵۴	۰,۰۳۵	۰,۰۲۷	۰,۰۴۴	۰,۰۴۴	۰,۰۳۰	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۰۰	۰,۱۰۹	۰,۰۳۰
C17	۰,۰۲۷	۰,۰۵۴	۰,۰۵۲	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۳۳	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۴۱	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۳۸	۰,۰۰۰	۰,۰۲۷
C18	۰,۰۲۷	۰,۰۵۴	۰,۱۰۹	۰,۰۳۵	۰,۰۳۰	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۳۰	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۳۰	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۵۲	۰,۰۰۰

۶-۳-محاسبه ماتریس روابط کل (T)

برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل بر اساس رابطه مشخص شده در این ماتریس ، ابتدا ماتریس همانی (I_{18*18}) تشکیل می‌شود، سپس ماتریس همانی را منهای ماتریس نرمال کرده و ماتریس حاصل را معکوس می‌کنیم. در نهایت ماتریس نرمال را در ماتریس معکوس ضرب می‌کنیم. ماتریس روابط کل در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶- ماتریس روابط کل دیمتل معیارها

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
C1	۰,۰۸۵	۰,۲۰۹	۰,۱۴۹	۰,۱۰۸	۰,۰۹۹	۰,۱۰۴	۰,۰۹۴	۰,۰۹۲	۰,۰۹۲	۰,۰۸۶	۰,۰۹۳	۰,۰۹۴	۰,۰۹۶	۰,۱۷۵	۰,۱۷۹	۰,۱۰۶	۰,۱۰۹	۰,۰۹۲
C2	۰,۰۹۷	۰,۰۸۲	۰,۱۹۳	۰,۰۹۳	۰,۰۸۶	۰,۰۸۶	۰,۰۸۰	۰,۰۷۹	۰,۰۷۸	۰,۰۷۶	۰,۰۸۰	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳	۰,۰۸۴	۰,۰۸۵	۰,۰۸۴	۰,۰۹۲	۰,۰۷۹
C3	۰,۱۳۰	۰,۱۲۳	۰,۱۰۴	۰,۱۷۲	۰,۱۱۳	۰,۰۹۲	۰,۰۸۷	۰,۰۹۱	۰,۰۸۵	۰,۰۸۴	۰,۰۸۶	۰,۰۸۷	۰,۰۸۴	۰,۰۹۳	۰,۰۹۴	۰,۰۹۳	۰,۱۱۵	۰,۰۹۸
C4	۰,۱۴۴	۰,۱۶۵	۰,۲۰۰	۰,۰۸۶	۰,۱۸۲	۰,۱۰۸	۰,۱۰۰	۰,۱۷۴	۰,۱۰۲	۰,۰۹۰	۰,۰۹۷	۰,۰۹۸	۰,۰۹۵	۰,۱۱۲	۰,۱۱۰	۰,۱۲۱	۰,۱۱۷	۰,۰۹۹
C5	۰,۱۱۲	۰,۱۳۹	۰,۱۵۹	۰,۱۲۷	۰,۰۷۵	۰,۱۷۲	۰,۱۲۲	۰,۰۹۲	۰,۰۹۵	۰,۰۸۸	۰,۰۹۲	۰,۰۹۶	۰,۰۸۹	۰,۰۹۶	۰,۱۱۲	۰,۰۹۸	۰,۱۱۸	۰,۰۹۰
C6	۰,۱۱۷	۰,۱۵۶	۰,۱۵۲	۰,۱۳۰	۰,۱۲۷	۰,۰۷۲	۰,۱۷۰	۰,۱۰۶	۰,۰۹۲	۰,۰۸۴	۰,۱۰۵	۰,۰۹۳	۰,۱۰۰	۰,۱۱۰	۰,۰۹۹	۰,۰۹۸	۰,۱۰۷	۰,۰۹۴
C7	۰,۱۸۴	۰,۱۵۵	۰,۱۴۵	۰,۱۲۵	۰,۱۲۳	۰,۰۹۶	۰,۰۶۳	۰,۰۹۰	۰,۰۸۸	۰,۰۸۲	۰,۰۸۹	۰,۰۹۰	۰,۰۸۸	۰,۱۰۰	۰,۱۰۲	۰,۰۹۵	۰,۱۱۶	۰,۱۰۱
C8	۰,۱۲۰	۰,۱۶۲	۰,۱۷۴	۰,۱۰۷	۰,۱۰۲	۰,۱۰۱	۰,۰۹۵	۰,۰۶۸	۰,۱۷۱	۰,۰۸۹	۰,۰۹۷	۰,۰۹۸	۰,۰۹۵	۰,۱۲۸	۰,۱۳۰	۰,۱۳۱	۰,۱۳۸	۰,۱۲۲
C9	۰,۲۰۴	۰,۱۸۱	۰,۱۸۷	۰,۱۱۷	۰,۱۱۲	۰,۱۲۳	۰,۱۰۵	۰,۱۰۳	۰,۰۷۶	۰,۱۲۱	۰,۱۲۷	۰,۱۳۲	۰,۱۲۹	۰,۱۴۱	۰,۱۴۴	۰,۱۳۹	۰,۱۴۸	۰,۱۲۷
C10	۰,۱۰۸	۰,۱۵۲	۰,۱۶۱	۰,۱۰۰	۰,۰۹۶	۰,۰۹۸	۰,۱۰۳	۰,۱۰۱	۰,۰۸۹	۰,۰۵۶	۰,۱۶۷	۰,۰۹۶	۰,۰۸۹	۰,۰۹۵	۰,۰۹۶	۰,۰۹۵	۰,۱۲۷	۰,۱۱۲
C11	۰,۱۰۰	۰,۱۴۱	۰,۱۳۴	۰,۰۹۱	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۸۳	۰,۰۸۲	۰,۰۸۳	۰,۰۷۶	۰,۰۵۶	۰,۱۶۱	۰,۰۹۵	۰,۰۹۲	۰,۰۸۸	۰,۰۸۸	۰,۰۹۶	۰,۰۸۲
C12	۰,۱۰۲	۰,۱۴۱	۰,۱۴۹	۰,۰۹۳	۰,۰۸۸	۰,۱۰۲	۰,۰۸۴	۰,۰۸۲	۰,۱۰۲	۰,۰۷۷	۰,۰۸۴	۰,۰۵۷	۰,۱۰۲	۰,۰۸۸	۰,۰۸۹	۰,۰۸۸	۰,۱۱۱	۰,۰۸۲
C13	۰,۱۷۸	۰,۱۴۸	۰,۱۳۶	۰,۰۹۴	۰,۰۹۰	۰,۰۸۹	۰,۰۸۵	۰,۰۸۴	۰,۰۸۴	۰,۰۷۸	۰,۱۰۰	۰,۱۰۶	۰,۰۵۷	۰,۰۹۵	۰,۰۹۶	۰,۰۹۰	۰,۰۹۸	۰,۰۸۳
C14	۰,۱۱۲	۰,۱۴۶	۰,۲۰۵	۰,۱۰۱	۰,۰۹۴	۰,۱۰۶	۰,۰۸۸	۰,۰۸۶	۰,۰۸۵	۰,۰۸۰	۰,۰۸۶	۰,۰۸۷	۰,۰۸۴	۰,۰۶۵	۰,۱۱۹	۰,۱۰۹	۰,۱۰۲	۰,۰۸۶
C15	۰,۱۰۲	۰,۱۴۵	۰,۱۵۰	۰,۱۰۰	۰,۰۹۳	۰,۰۹۶	۰,۰۸۶	۰,۰۸۵	۰,۰۸۴	۰,۰۷۹	۰,۰۸۶	۰,۰۸۶	۰,۰۸۴	۰,۰۹۰	۰,۰۶۵	۰,۱۶۸	۰,۱۳۰	۰,۰۸۵
C16	۰,۱۰۰	۰,۱۴۳	۰,۱۳۳	۰,۰۹۳	۰,۱۰۵	۰,۱۰۴	۰,۰۸۸	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳	۰,۰۷۷	۰,۰۸۴	۰,۰۸۴	۰,۰۸۳	۰,۰۸۸	۰,۰۹۰	۰,۰۶۳	۰,۱۷۴	۰,۰۸۵
C17	۰,۰۹۵	۰,۱۳۳	۰,۱۳۸	۰,۰۸۷	۰,۰۸۳	۰,۰۸۲	۰,۰۷۸	۰,۰۷۷	۰,۰۸۲	۰,۰۷۲	۰,۰۷۹	۰,۰۷۹	۰,۰۸۹	۰,۰۸۲	۰,۰۸۴	۰,۰۹۳	۰,۰۶۴	۰,۰۷۷
C18	۰,۱۰۲	۰,۱۴۱	۰,۲۰۲	۰,۱۰۵	۰,۰۹۴	۰,۰۸۸	۰,۰۸۴	۰,۰۸۴	۰,۰۸۳	۰,۰۷۷	۰,۰۸۶	۰,۰۸۴	۰,۰۸۲	۰,۰۹۱	۰,۰۹۰	۰,۰۸۹	۰,۱۲۱	۰,۰۵۷

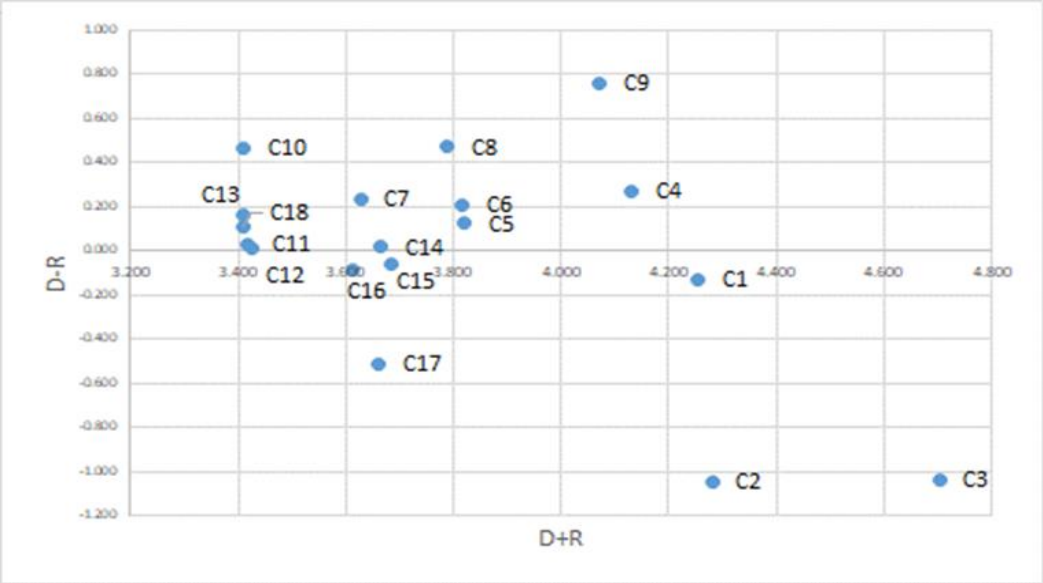
٦-٤-تشکیل نمودار علی

جهت تشکیل نمودار علی، مجموع سطرها (D) و مجموع ستون‌ها (R) ماتریس روابط کل را به دست می‌آوریم؛ و سپس D+R و D-R را طبق جدول۷، محاسبه می‌کنیم.

جدول ۷- اهمیت و تأثیرگذاری معیارها

	D	R	D+R	D-R	نوع معیار
C1	۲,۰۶۱	۲,۱۹۳	۴,۲۵۵	-۰,۱۳۲	معلول
C2	۱,۶۱۹	۲,۶۶۲	۴,۲۸۰	-۱,۰۴۳	معلول
C3	۱,۸۳۲	۲,۸۷۱	۴,۷۰۳	-۱,۰۴۰	معلول
C4	۲,۲۰۱	۱,۹۳۱	۴,۱۳۲	۰,۲۷۰	علت
C5	۱,۹۷۲	۱,۸۴۹	۳,۸۲۰	۰,۱۲۳	علت
C6	۲,۰۱۲	۱,۸۰۶	۳,۸۱۷	۰,۲۰۶	علت
C7	۱,۹۳۳	۱,۶۹۵	۳,۶۲۸	۰,۲۳۸	علت
C8	۲,۱۳۰	۱,۶۵۹	۳,۷۸۸	۰,۴۷۱	علت
C9	۲,۴۱۶	۱,۶۵۶	۴,۰۷۲	۰,۷۶۰	علت
C10	۱,۹۴۰	۱,۴۷۱	۳,۴۱۲	۰,۴۶۹	علت
C11	۱,۷۲۳	۱,۶۹۴	۳,۴۱۸	۰,۰۲۹	علت
C12	۱,۷۲۱	۱,۷۰۷	۳,۴۲۷	۰,۰۱۴	علت
C13	۱,۷۸۵	۱,۶۲۶	۳,۴۱۱	۰,۱۵۹	علت
C14	۱,۸۴۱	۱,۸۲۵	۳,۶۶۶	۰,۰۱۷	علت
C15	۱,۸۱۴	۱,۸۷۱	۳,۶۸۴	-۰,۰۵۷	معلول
C16	۱,۷۶۳	۱,۸۴۹	۳,۶۱۲	-۰,۰۸۶	معلول
C17	۱,۵۷۷	۲,۰۸۶	۳,۶۶۲	-۰,۵۰۹	معلول
C18	۱,۷۶۰	۱,۶۵۰	۳,۴۱۰	۰,۱۰۹	علت

شاخص D نشان‌دهنده تأثیرگذاری معیارها است هر چقدر عدد D یک معیار بیشتر باشد آن معیار دارای تأثیرگذاری بیشتری در سیستم است که بر این اساس بهره‌وری در اجرای پروژه‌های ساخت دارای بیشترین تأثیرگذاری است. شاخص R نشان‌دهنده تأثیرپذیری معیارها است هر چقدر عدد R یک معیار بیشتر باشد آن معیار دارای تأثیرپذیری بیشتری در سیستم است که بر این اساس افزایش هزینه برای جبران خسارت‌های محیطزیستی بیشترین تأثیرپذیری را دارد. بر اساس مقادیر D+R و D-R می‌توان نمودار علی معیارها را رسم نمود که در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس معیارهایی که در بالای محور X قرار دارند داری D-R مثبت هستند این معیارهای جنبه علت دارند و تأثیرگذاری آن‌ها از تأثیرپذیری‌شان بیشتر است معیارهایی که در پایین محور X هستند دارای D-R منفی هستند. این معیارها در پژوهش جنبه معلول دارند یعنی از تأثیرپذیری بالاتری برخوردارند. این نمودار مربوط به شکل ۲، نمودار پراکندگی نیست. این نمودار، علت و معلولی است که از مقادیر d+r و d-r، یک محور مختصات تشکیل شده است. نقطه‌های مشخص شده در حقیقت معیارها هستند که بر اساس نقاطی که در جدول ۷ به‌دست‌آمده‌اند، رسم شده‌اند. در این نمودار، معیارهایی که بالای محور x ها هستند نشان‌دهنده علت و تأثیرگذار بودن معیار و نقاطی که پایین این محور هستند، نشان‌دهنده معلول یا تأثیرپذیر بودن معیارها هستند. هر چقدر، نقاط به سمت راست متمایل‌تر شوند، مثل معیار c3، نشان‌دهنده ارتباط بیشتر آن معیار با سایر معیارها است. از این رو در این بخش از طریق روش دیمتل، نوع علت یا معلول بودن متغیرهای و سپس میزان ارتباط بیشتر آن ها با یکدیگر، شناسایی شد.



شکل ۲ –نمودار بررسی تأثیر روابط علی عوامل بر یکدیگر

٦-٥-روابط داخلی بین معیارها

در این گام برای ترسیم روابط قابل‌اعتنا، از ماتریس ارتباطات کل حد آستانه (میانگین حسابی درایه‌ها) را مشخص می‌نماییم و هرکدام از اعداد از حد کمتر بود مقدار صفر و در غیر این صورت مقدار یک اخذ می‌کند مقدار آستانه معیارها ۰,۱۰۵ است. در سلول‌هایی که عدد یک وجود دارد نشان از رابطه معنی‌دار بین معیار سطر با ستون است. این روابط در جدول ۸ مشخص شده‌اند.

جدول ۸- روابط معنادار بین معیارها

	تولید ضایعات ساختمانی	مشکلات زیست‌محیطی	افزایش هزینه برای جبران خسارت‌های محیط‌زیستی	آموزش	دانش مدیران و پیمانکاران اجرایی در ساخت‌وساز ناب	ایجاد قوانین ساخت وساز ناب	ترویج فرهنگ استفاده از ساخت‌وساز ناب	استفاده از روش‌های سنتی در اجرای پروژه‌ها	بهره‌وری در اجرای پروژه‌های ساخت	رشد شهرنشینی	افزایش جمعیت	ساخت‌وسازهای جدید	تخریب ساختمان‌های قدیمی	منابع و مواد خام	دفن ضایعات	اشغال زمین‌های مفید	نیاز به زمین برای دفن ضایعات	نیاز به مراکز دفن ضایعات
تولید ضایعات ساختمانی	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰
مشکلات زیست‌محیطی	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
افزایش هزینه برای جبران خسارت‌های محیط‌زیستی	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰
آموزش	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰
دانش مدیران و پیمانکاران اجرایی در ساخت‌وساز ناب	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰
ایجاد قوانین ساخت وساز ناب	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰
ترویج فرهنگ استفاده از ساخت‌وساز ناب	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰
استفاده از روش‌های سنتی در اجرای پروژه‌ها	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱
بهره‌وری در اجرای پروژه‌های ساخت	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
رشد شهرنشینی	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱
افزایش جمعیت	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ساخت‌وسازهای جدید	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰
تخریب ساختمان‌های قدیمی	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
منابع و مواد خام	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰
دفن ضایعات	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
اشغال زمین‌های مفید	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰
نیاز به زمین برای دفن ضایعات	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
نیاز به مراکز دفن ضایعات	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰

۷-تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

با توجه به بررسی و تجزیه‌وتحلیل نتایج به این نتیجه رسیده شده است که ابتدا باید به دنبال کاهش تولید ضایعات ساختمانی باشیم. برای کاهش ضایعات در پروژه با از مفهوم ساخت‌وساز ناب استفاده گردید. مفهوم ساخت‌وساز ناب روشی کمک‌کننده برای کاهش و حذف ضایعات و تلفات در پروژه است. هرچقدر تلفات را کاهش دهیم می‌توانیم در کمترین زمان، بیشترین بهره‌وری را از فعالیت‌ها استخراج‌کنیم. با توجه به گستردگی، پیچیدگی و وابستگی فعالیت‌های عمرانی، هر مشکل در هر بخش منجر به تأثیرگذاری بر بخش‌های دیگر می‌شود.

با توجه به ارتباط بالای بین فعالیت‌ها، استفاده از دید تفکر سیستمی برای مدیران می‌تواند منجر به ریشه‌یابی کاهش ضایعات دست‌یافت. طبق اولویت‌بندی‌های انجام‌شده طبق آزمون فریدمن، ایجاد زمینه‌های لازم جهت سرمایه‌گذاری در بازار بازیافت نخاله‌های ساختمانی، تخریب و تفکیک مناسب مصالح، تأثیر تأمین منابع مالی، استفاده از مصالح ساختمانی پایدار و قابل بازیافت، حذف دوباره‌کاری‌ها، حذف حمل‌ونقل‌ها و جابجایی‌های غیرضروری، استفاده از روش‌های نوین برنامه‌ریزی (آخرین برنامه‌ریز)، خستگی کارکنان، ایجاد ارتباطات مناسب بین عوامل پروژه جهت کاهش تعارضات و جانمایی مناسب مصالح و تجهیزات از ده عامل مهم کاهش تولید ضایعات طبق نظر کارشناسان و عوامل پروژه پسماند سازمان شهرداری اصفهان بوده است.

با توجه به اینکه کاهش تولید ضایعات ساختمانی یک پدیده پیچیده است که نیازمند دید مدیریتی گسترده در همه فعالیت‌های غیر ارزش‌آفرین، می‌باشد. فاکتورهای شناسایی‌شده در پرسشنامه محقق ساخته از طریق ادبیات موضوع استخراج‌شده است. ایجاد زمینه‌های لازم جهت سرمایه‌گذاری در بازار بازیافت نخاله‌های ساختمانی و مشکلات عدم سرمایه‌گذاری بر روی بخش ضایعات به دلیل ارزان بودن مصالح ساختمانی و عدم تطابق آن با هزینه‌های بازیافت از مهم‌ترین عامل عدم سرمایه‌گذاری در این بخش بوده است. از طرفی پژوهش‌های پیشین نیز به روش‌های مختلف به این موضوع و مشکلات آن اشاره‌کرده‌اند. به‌طور مثال کریمی و همکاران [۱] نیز در پژوهش خود به شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر مدیریت ضایعات ساختمانی پرداخته‌اند.

در نتیجه برای اولویت‌بندی معیارها نیز از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده‌شده است. در این تحقیق نیز عدم اجباری کردن قوانین و عدم سرمایه‌گذاری به علت ارزان بودن مصالح از فاکتورهای مؤثر شناسایی‌شده است[۱].

همچنین تأثیر تأمین منابع مالی در اجرای پروژه‌های ضایعات و بازیافت نیز از عوامل مؤثر طبق نظر کارشناسان بوده است. البته مشکلات مدیریتی در روش‌های تأمین منابع مالی بسیار مؤثر می‌باشند ولی اغلب فقط نبود تأمین مالی را عامل مشکل می‌دانند. تأمین منابع مالی اغلب از عدم بی مدیریتی و سیاست‌های اشتباه مدیران و بی برنامه‌ریزی ایجاد می‌گردد. همچنین در مقاله بررسی روش‌های تأمین منابع مالی پروژه‌های زیرساختی کشور با استفاده از رویکرد تفکر سیستمی در مطالعه موردی: پالایشگاه نفت اصفهان و پالایشگاه گاز لامرد به گوشه‌ای از این مشکلات ناشی از عدم تأمین منابع مالی پرداخته‌شده است [۱۱].

استفاده از مصالح ساختمانی پایدار و قابل بازیافت یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر در تولید ضایعات ساختمانی می‌باشد. استفاده از مصالح ساختمانی سبز مانند اجرای بام سبز نیز از مصالحی هستند که به دلیل قابلیت بازیافت می‌توانند منجر به کاهش تولید ضایعات در پروژه‌های ساختمانی گردند. از مطالعات انجام‌شده در این بخش می‌توان به مقاله نادرالاصلی و همکاران پرداخت که به بررسی چالش‌های اجرای بام سبز در ایران با استفاده از تحلیل آماری و رویکرد تفکر سیستمی پرداخته‌شده است[۱۲].

طبق نتایج نمودارهای علت و معلولی به این نتیجه رسیدیم که ترویج هر چه بیشتر فرهنگ استفاده از ساخت‌وساز ناب به‌عنوان یک روش نوین مدیریتی منجر به کاهش تولید ضایعات ساختمانی می‌گردد. حالا این که ترویج هر چه بیشتر فرهنگ استفاده از ساخت‌وساز ناب در کشورهای پیشرفته با توجه به مطالعاتی که داشتیم اغلب از طریق ایجاد قوانین ساخت‌وساز ناب مناسب ایجاد می‌گردد. به‌طور مثال این قوانین باید توسط سازمان شهرداری‌ها لازم‌الاجرا گردد یا در ابتدا به‌عنوان طرح‌های تشویقی قبل از پروانه ساختمان اجرایی گردد.

همچنین یکی دیگر از مشکلات شناسایی‌شده در رسم نمودارهای علت و معلولی، عدم دانش مدیران و پیمانکاران اجرایی بود. این قضیه پس از توزیع پرسشنامه‌ها بین افراد کاملاً مشخص بود و نیاز به توضیحات کامل داشت.یکی از راهکارهای مناسب برای بهبود وضعیت دانش مدیران و پیمانکاران اجرایی برگزاری کلاس‌ها و جلسات آموزشی می‌باشد.

با آموزش مناسب می‌توان هزینه‌های خسارت‌های محیطزیستی را در کشور کاهش داد و در نتیجه ضایعات کمتری تولید نمود. این چرخه

به‌صورت تعادلی در پروژه‌های عمرانی رفتار می‌کند (حلقه تعادلی B1). آموزش می‌تواند از مهم‌ترین راهکارهای افزایش فرهنگ و دانش روش‌های نوین در کشور باشد و همچنین با آموزش بیشتر می‌توان به روش‌های سنتی اجرایی در پروژه‌های ساختمانی خاتمه داد و با استفاده از روش‌های نوین اجرایی، بهره‌وری پروژه‌ها را بهبود بخشید. هرچه بهره‌وری در پروژه‌ها بهبود یابد، تولید ضایعات نیز کاهش می‌یابد و حلقه تقویتی را به وجود می‌آورد. (حلقه تقویتی R2).

۸- نتیجه‌گیری

نتایج مهم و کلی پژوهش در قالب این بخش به‌صورت خلاصه ارائه شده است که عبارت‌اند از:

نمودار علت و معلولی تولید ضایعات ساختمانی با استفاده از نرم‌افزار ونسیم ترسیم گردید و درنتیجه حلقه‌های بسته مورد بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. در ادامه تجزیه‌وتحلیل انجام‌شده به این نتیجه رسیدیم که برای پیشرفت در روش‌های نوین ساخت‌وساز ناب نیازمند جلسات و کلاس‌های آموزشی می‌باشد و می‌بایست برای مدیران مشخص کنیم که می‌بایست در طول زمان فکر کنند و دید کلی برای تولید ساخت‌وساز ناب داشته باشند. آموزش باعث دید بهتر برای اجرای روش‌های نوین در فعالیت‌های عمرانی می‌شود.

۲- یکی از راهکارهای بهبود وضعیت پروژه‌ها و استفاده از روش‌های نوین مدیریتی مانند ساخت‌وساز ناب، آموزش می‌باشد که منجر به افزایش دانش مدیران و پیمانکاران اجرایی در ساخت‌وساز ناب می‌شود. از سوی دیگر اگر بخواهیم روش‌های نوین را در کشور پیاده‌سازی کنیم مانند بسیاری از کشورهای پیشرفته نیازمند ایجاد قوانین ساخت‌وساز ناب است. خیلی از قوانین تا زمانی که قانون اجباری نشود، اجرا نمی‌شود و البته اجباری کردن قوانین نیز نیازمند طرح‌های تشویقی و هماهنگی بین سازمان‌ها برای اجرای آن‌ها است. همه این راهکارها نیز منجر به ترویج فرهنگ استفاده از ساخت‌وساز ناب می‌شود و ترویج بیشتر فرهنگ این روش منجر به کاهش تولید ضایعات در پروژه‌های عمرانی می‌شود و این چرخه تعادلی ادامه پیدا می‌کند.

۳- همچنین تأثیر تأمین منابع مالی در اجرای پروژه‌های ضایعات و بازیافت نیز از عوامل مؤثر طبق نظر کارشناسان بوده است. البته مشکلات مدیریتی در روش‌های تأمین منابع مالی بسیار مؤثر می‌باشند ولی اغلب فقط نبود تأمین مالی را عامل مشکل می‌دانند. تأمین منابع مالی اغلب از عدم بی مدیریتی و سیاست‌های اشتباه مدیران و بی برنامه‌ریزی ایجاد می‌گردد.

۴- استفاده از مصالح ساختمانی پایدار و قابل بازیافت یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر در تولید ضایعات ساختمانی می‌باشد. استفاده از مصالح ساختمانی سبز مانند اجرای بام سبز نیز از مصالحی هستند که به دلیل قابلیت بازیافت می‌توانند منجر به کاهش تولید ضایعات در پروژه‌های ساختمانی گردند.

۵- طبق نتایج نمودارهای علت و معلولی مشخص شد که ترویج هر چه بیشتر فرهنگ استفاده از ساخت‌وساز ناب به‌عنوان یک روش نوین مدیریتی منجر به کاهش تولید ضایعات ساختمانی می‌شود. ترویج هر چه بیشتر فرهنگ استفاده از ساخت‌وساز ناب در کشورهای پیشرفته با توجه به مطالعات انجام شده، اغلب از طریق ایجاد قوانین ساخت‌وساز ناب مناسب ایجاد شده است. همچنین از ساخت‌وساز ناب جهت راهکاری جهت کاهش تولید ضایعات استفاده شد. ساخت‌وساز ناب با استفاده از قواعد نوین و بدون استفاده از تکنولوژی‌های جدید یا به‌روزرسانی تجهیزات با حداقل استفاده از منابع، حداقل اتلاف و بیشترین میزان بهره‌وری را در پروژه‌های ساخت دنبال می‌کند. هدف اصلی مقاله حاضر، استفاده از مفهوم ساخت‌وساز ناب و روش پویایی سیستم جهت شناسایی علل اصلی تولید ضایعات در پروژه‌های ساختمانی است. تمرکز اصلی ساخت‌وساز ناب، تجزیه‌وتحلیل فرآیندهای تولید ضایعات، بهبود فعالیت‌ها جهت کاهش تولید ضایعات و افزایش عملکرد در پروژه‌های ساخت‌وساز می‌باشد. معیار بهره‌وری در اجرای پروژه‌های ساخت با شاخص ۲,۴۱۶ دارای بیشترین میزان تأثیرگذاری بوده است. سپس معیارهای، آموزش با شاخص ۲,۲۰۱ در رتبه دوم، استفاده از روش‌های سنتی در اجرای پروژه‌ها و عدم استفاده از روش‌های نوین مانند ساخت‌وساز ناب با شاخص ۲,۱۳۰ در رتبه سوم و سپس تولید ضایعات ساختمانی با شاخص ۲,۰۶۱، در رتبه چهارم قرار گرفته است. همچنین ایجاد قوانین ساخت وساز ناب، با شاخص ۲,۰۱۲، یکی از مهم‌ترین علت‌های ایجاد تولید ضایعات گزارش شده است. از این رو، اتخاذ قوانین برای کاهش تولید ضایعات در پروژه‌های عمرانی، یکی از مهم‌ترین راهکارها جهت کاهش آن در کشورهای در حال توسعه مانند ایران، می‌باشد. از طرفی، رشد شهرنشینی که دارای شاخص ۱,۹۴۰ بوده است، یکی از علت‌های تولید ضایعات ساختمانی، قلمداد می‌شود که باید دولت‌ها در این کشورها، برای این معضل، راهکارهایی را اتخاذ نمایند.

۹-مراجع

[۱] کریمی دستگردی، مجید؛ ملازاده، نسترن؛ حمصیان اتفاق، مهرداد. شناسایی و رتبه بندی عوامل مؤثر بر مدیریت ضایعات ساختمانی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره. کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران، تهران، ۲۸ آذر ۱۳۹۷، شناسه ملی کنفرانس: CAUM01.

[2]-Datta SD, Rana MD, Assafi MN, Mim NJ, Ahmed S. Investigation on the generation of construction wastes in Bangladesh. International Journal of Construction Management. 2022; 23(13): 2260–2269. Taylor & Francis. https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2050977

[3]- Liu J, Hua Z., Pang Y, Wang X. Risk sharing for PPP project in construction waste recycling industry in China. Environmental Science and Pollution Research. 2022; 29: 12614–12628. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15816-z

[4]- Musa MM, Saleh IM, Ibrahim Y, Dandajeh MA. An Assessment of Awareness and Barriers to the Application of Lean Construction Techniques in Kano State, Nigeria. Journal of Construction Business and Management. 2022; 6(1): 33-42. https://doi.org/10.1564/jcbm.6.1.1262

[5]- Shaqour EN. The impact of adopting lean construction in Egypt: Level of knowledge, application, and benefits. Ain Shams Engineering Journal. 2022; 13(2): 101551. https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.07.005

[6]- Rashidian S, Drogemuller R, Omrani S. Building Information Modelling, Integrated Project Delivery,and Lean Construction Maturity Attributes: A Delphi Study. Buildings. 2023; 13(2), 281. https://doi.org/10.3390/buildings13020281

[۷] مرتهب، محمدمهدی؛ کاوسیان، امیر احسان. تولید و سازمان‌دهی ضایعات ساختمانی در کشورهای در حال توسعه، مطالعه موردی کلان شهر تهران. مجله علمی پژوهشی مهندسی شریف، دوره ۲۵، شماره ۵۱، ۱۳۸۸: ۲۵-۳۲. شناسه ملی سند علمی:

. JR_SJCE-0-51_004
https://civilica.com/doc/1801364

[۸] قدوسی، پرویز؛ عباسیان حسینی، علیرضا؛ ضیاالحق، سیدحمید؛ نیک اختر، امین. مدیریت نوین پروژه‌های عمرانی با به کارگیری تفکر ناب، تئوری موفق در تولید. ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، سمنان، دانشگاه سمنان.۱۳۹۰. شناسه ملی کنفرانس NCCE06_1118

[۹] دبیریان، شاهین؛ قریشی ،سید روح الله. بررسی پتانسیل ناب سازی در پروژه‌های ساخت وساز با به کارگیری شبیه‌سازی در یک مطالعه‌ی موردی در فاز اجرا. دوازدهمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه. تهران. ۱۳۹۵. شناسه ملی کنفرانس: IPMC12.

[۱۰] استرمن، جان د . پویایی شناسی کسب وکار، تفکر سیستمی و مدل‌سازی برای جهانی پیچیده. مترجمان: فغانی، حسن؛ بهزاد، بنفشه؛ امامی، مرضیه؛ برارپور، کوروش؛ موسوی اهرنجانی، پریسا؛ رضایی عدل، لاله. جلد۱ ،نشرسمت.۱۳۹۴. شابک ۱۰ رقمی: ۹۶۴۵۳۰۴۱۸۰.

[۱۱] طالبی، محمدرضا؛ حمصیان اتفاق، مهرداد؛ آقایی فر،علی. بررسی روش های تأمین منابع مالی پروژه‌های زیرساختی کشور با استفاده از رویکرد تفکر سیستمی مطالعه موردی: پالایشگاه نفت اصفهان و پالایشگاه گاز لامرد. سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی سازه و مدیریت ساخت. تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۸. شناسه ملی کنفرانس SECM03 .

[۱۲] نادرالاصلی، شقایق؛ امین الرعایائی، حمیدرضا؛ حمصیان اتفاق، مهرداد. بررسی چالش‌های اجرای بام سبز در ایران با استفاده از تحلیل آماری و رویکرد تفکر سیستمی. دومین کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام. تبریز، دانشگاه تبریز.۱۳۹۸. شناسه ملی کنفرانس: CAUCONF02.