دوازدهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، ۲۱ تا ۲۳ تیرماه ۱۴۰۰
دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

رتبه‌بندی عوامل ایجاد ضایعات ساختمانی با توجه به معیارهای موفقیت پروژه

محدثه فیلسوف کاخکی[1]، هاشم شریعتمدار[2]
۱- کارشناسی ارشد، مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد
shariatmadar@um.ac.ir

خلاصه

صنعت ساخت‌وساز سالانه حجم عظیمی از مواد خام را مصرف نموده و در مقابل حجم انبوهی از ضایعات تولید می‌کند. با توجه به این که ضایعات ساختمانی مانع کارایی، اثربخشی و ارزش‌آفرینی مورد انتظار فعالیت‌های ساختمانی می‌شوند، شناخت جامعی از عوامل ایجاد ضایعات ساختمانی به منظور جلوگیری از رخداد آن‌ها ضروری می‌باشد. بنابراین هدف این پژوهش شناسایی عوامل و علل ایجاد ضایعات ساختمانی و رتبه‌بندی آن‌ها با توجه به میزان اثرگذاری در معیارهای موفقیت پروژه چون هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت تیم پروژه است. در این پژوهش برای جمع‌آوری داده‌ها از پرسشنامه و برای رتبه‌بندی عوامل ایجاد ضایعات از روش تاپسیس فازی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که عوامل اجرا، تدارکات و کارفرما، مهمترین عوامل اصلی ایجاد ضایعات ساختمانی می‌باشند؛ و مهمترین عوامل جزئی عبارتند از: نقص در اجرا، فقدان سیستم نظارت بر عملکرد نیروی کار و کیفیت نامناسب مصالح تأمین شده. نتایج این پژوهش به سازمان‌های ساختمانی کمک می‌کند تا با شناسایی مهمترین عوامل ایجاد ضایعات مصالح و میزان تأثیر منفی آن‌ها بر عوامل موفقیت پروژه، تدابیر لازم جهت افزایش بهره‌وری پروژه‌ها را در نظر بگیرند.

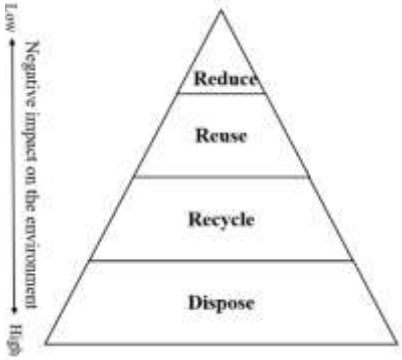
کلمات کلیدی: عوامل ایجاد ضایعات ساختمانی، تاپسیس فازی، معیارهای موفقیت پروژه.

۱. مقدمه

صنعت ساخت به عنوان یک مصرف‌کننده بزرگ منابع طبیعی شناخته می‌شود. این صنعت ۵۰ درصد از منابع مصالح معدنی را مصرف می‌کند و ۳۵ درصد از کل ضایعات را به خود اختصاص می‌دهد [1]. افزایش ضایعات تخریب و ساختمانی به علت افزایش شهرنشینی و شهرسازی منجر به تأثیرات منفی بر محیط زیست و جامعه شده است [4]–[2]. طبق پژوهش‌های انجام شده ضایعات ساختمانی مشکلات اساسی برای پروژه‌ها ایجاد می‌کنند؛ از مهمترین این مشکلات می‌توان به افزایش هزینه‌ها، افزایش مدت زمان اجرای پروژه‌ها، نارضایتی ذینفعان، کاهش کیفیت پروژه‌ها و کاهش ایمنی اشاره نمود –[4] [7]. با توجه به اهمیت پروژه‌های ساخت‌وساز در توسعه کشور و اهمیت روزافزون استفاده بهینه از منابع طبیعی، یافتن عوامل اصلی ایجاد ضایعات ساختمانی حائز اهمیت است؛ بنابراین مدیریت ضایعات ساختمانی از جمله ضرورت‌های برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌گردد. در رابطه با معضل ضایعات ساختمانی پژوهش‌های نسبتاً زیادی انجام گرفته است ولی با توجه به اهمیت و تداوم این مشکل در ایران، بررسی آن الزامی می‌باشد. این مقاله در پنج بخش تدوین شده است. در بخش دوم پیشینه پژوهشی ضایعات ساختمانی شرح داده می‌شود. در بخش سوم روش انجام پژوهش و در بخش چهارم نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. در بخش پنجم نتیجه‌گیری کلی و خلاصه پژوهش مطرح می‌شود.

۲. پیشینه پژوهش

مؤسسه پژوهش ساختمان[1] در سال ۱۹۷۸ ضایعات ساختمانی را این گونه تعریف می‌نماید: " تفاوت میان مصالح سفارش داده شده و مصالحی که در پروژه ساختمانی استفاده شده است". این مؤسسه در سال ۱۹۸۱ تعریف دیگری ارائه می‌دهد " ضایعات ساختمانی هر گونه مصالحی است که نیاز به انتقال به خارج از سایت پروژه دارد یا در خود پروژه در جایی به جز جایی که قرار بوده استفاده شود، مصرف گردد " [8]. سلسله مراتب مدیریت ضایعات[2] یک راهنمای ملی و جهانی شناخته شده برای اولویت‌بندی رویکردهای مدیریت ضایعات به منظور دستیابی به حداکثر سازگاری با محیط زیست است [6]؛ که شامل چهار مورد کاهش ضایعات، استفاده مجدد، بازیافت و دفع ضایعات است [9]. تأثیر استفاده از هر یک از این چهار استراتژی بر محیط‌زیست به صورت افزایشی مطابق شکل ۱ است.



شکل ۱- سلسله مراتب مدیریت ضایعات.

دستورالعمل‌های مدیریت ضایعات به طور عمده بر حذف یا کاهش تولید ضایعات به عنوان مؤثرترین و کارآمدترین روش تمرکز دارند [10]. بهترین رویکرد برای به حداقل رساندن اثرات منفی ضایعات بر محیط زیست، جلوگیری از تولید ضایعات است [6]. ضرورت کاهش ضایعات ساختمانی به منظور کاهش فشار بر محل‌های دفن ضایعات است که منجر به حرکت به سوی پایداری زیست‌محیطی می‌شود [11]. همچنین رویکرد کاهش در مدیریت ضایعات دو فایده مهم دارد: اول جلوگیری از تولید ضایعات ساختمانی و دوم کاهش هزینه‌های بیشتر مربوط به بازیافت، انتقال و دفن [7], [12]. در نتیجه به عنوان مؤثرترین روش کاهش تولید ضایعات و حذف بسیاری از مشکلات زیست‌محیطی شناخته می‌شود [7].

با توجه به سلسله مراتب مدیریت ضایعات، اجتناب و کاهش تولید ضایعات در بالاترین اولویت قرار دارد و از آن جا که زیرساخت‌های کافی برای بازیافت ضایعات ساختمانی در کشور وجود ندارد، در این پژوهش به ارائه رویکرد مناسب جهت اجتناب و کاهش ضایعات پرداخته می‌شود. در واقع به حداقل رساندن ضایعات به معنای کاهش ضایعات در منبع است. برای کاهش ایجاد ضایعات ساختمانی، نیاز است تا ابتدا عوامل ایجاد آن شناسایی شوند. از بررسی عوامل ایجاد ضایعات ساختمانی مربوط به پژوهش‌های پیشین، ۱۰۵ مورد گردآوری شد؛ این عوامل طی بررسی دقیق هم‌پوشانی‌ها و بازنگری، به ۴۲ مورد رسید. این عوامل جهت خلاصه‌سازی و بومی‌سازی، تحت مشورت و بازنگری خبرگان قرار گرفت و مهمترین آن‌ها در ۵ عامل اصلی و ۲۰ عامل جزئی، مطابق جدول ۱ در این پژوهش به کار گرفته شده است.

جدول ۱- عوامل ایجاد ضایعات ساختمانی.

عامل اصلی	عامل ایجاد ضایعات	مرجع
طراحی و مهندسی	عدم مشارکت سایر ذینفعان کلیدی در طراحی‌ها	[13],[14], [15], [16]
	ضعف در طراحی و محاسبه (تجربه ناکافی/ عدم بهینه‌سازی/ فقدان پیش‌ساخته‌سازی)	[15],[8], [5],[13],[14], [17], [16],[18]
	ضعف در متره و برآورد	
	کامل نبودن اسناد و مدارک مورد نیاز جهت طراحی	[13],[13],[14],[16]

[1] Building Research Establishment (BRE)
[2] waste management method hierarchy

تدارکات	ضعف در مدیریت زنجیره تأمین (سفارش و تأمین اشتباه، کم و یا بیش از اندازه)	[15], [8], [5], [13], [18],[14], [16]
	کیفیت نامناسب مصالح تأمین شده/ آسیب به مصالح در زمان انتقال و تحویل	[8],[13],[19],[14], [16]
اجرا و ساخت	برنامه‌ریزی، مدیریت، نگهداری و کنترل نادرست مصالح در کارگاه	[19],[20], [13], [4], [5], [15],[14]
	اضافه مصالح ناشی از برش(off cuts)	[14],[8], [16],[13]
	نقص در اجرا (نیروی کار غیرماهر)	[19],[13], [8],[17], [5]
	نبود نگرش مثبت و ناکافی بودن انگیزه و مسئولیت‌پذیری مجموعه اجرایی در کاهش و عدم توجه و تعهد به اجرای دقیق نقشه‌ها و اسناد فنی/مدیریت ضایعات	[19], [8],[21]
	استفاده از تجهیزات قدیمی و نامناسب	[22],[13], [16]
کارفرما	تغییر دیرهنگام خواسته کارفرما	[17]
	کمبود اطلاعات، تجربه و دانش کارفرما	
	تأخیر در تأمین مالی یا تحویل‌دادنی‌های قرارداد توسط کارفرما	[6]
	عدم وجود قوانین و سیاست‌های تشویقی-تنبیهی از جانب کارفرما جهت کاهش ضایعات	[6], [5],[12] [8],[17], [23],[4]
مدیریت و برنامه‌ریزی	فقدان ارتباطات مناسب و جلسات بررسی مدیریت ضایعات بین ذینفعان پروژه	[4],[23], [7], [20], [5], [15]
	فقدان آگاهی و آموزش اعضای پروژه نسبت به تأثیرات نامطلوب ضایعات بر عوامل موفقیت پروژه و محیط‌زیست	[6],[8],[23], [15], [24], [25],[17], [4], [5]
	فقدان برنامه مدیریت ضایعات	[8], [15], [19],[6], [16]
	فقدان سیستم نظارت بر عملکرد نیروی کار	[6],[18],[13],[14]
	به‌هنگام نبودن برنامه زمان‌بندی	[22]

۳. روش پژوهش

این پژوهش به دست‌اندرکاران پروژه‌های ساخت کمک می‌کند تا به صورت دقیق عوامل ایجاد ضایعات ساختمانی را بشناسند تا بتوانند به صورت عملی راهکارهایی برای مدیریت این ضایعات ارائه نمایند، در نتیجه در زمره پژوهش‌های کاربردی و توصیفی قرار دارد و براساس نوع داده کیفی می‌باشد. ابزار پژوهش پرسشنامه می‌باشد. برای تهیه پرسشنامه مطالعات پیشین مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به هدف پژوهش و با کمک پرسشنامه‌های موجود در زمینه پژوهش، پرسشنامه اولیه طراحی گردید. پرسشنامه شامل سه بخش به صورت (۱) اطلاعات فردی؛ (۲) اطلاعات پروژه؛ (۳) اثر عوامل ایجاد ضایعات بر عوامل موفقیت پروژه می‌باشد. بخش اول شامل اطلاعات فردی پاسخ‌دهنده از قبیل سن، سابقه کار، تحصیلات و سمت فرد در پروژه انتخابی است. بخش دوم شامل مشخصات پروژه از جمله مبلغ و زمان اولیه و نهایی قرارداد، تأثیر ضایعات در زمان و هزینه پروژه، روش تأمین مالی و نوع قرارداد از نظر روش اجرا و پرداخت است. بخش سوم در مورد اثر عوامل ایجاد ضایعات بر معیارهای موفقیت پروژه (هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت تیم پروژه) است که توسط مقیاس پنج نقطه‌ای لیکرت (اهمیت خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد) سنجیده می‌شود.

به منظور پیمایش نمونه (پیش‌آزمون) پرسشنامه اولیه توسط ۵ نفر از افراد خبره در حوزه ساخت‌وساز مورد ارزیابی قرار گرفت؛ نظرات آن‌ها در خصوص رسایی و روایی ظاهری و محتوایی پرسشنامه، ساختار آن و سنجه‌های مورد آزمون گردآوری شد و به کمک آن پرسشنامه نهایی تدوین گردید. حجم نمونه بر مبنای فرمول یامان[1] ۹۹ بدست آمد که در مقایسه با حجم نمونه‌های سایر پژوهش‌های مرتبط با ضایعات ساختمانی (بین ۴۶ تا ۱۰۰ عدد) که توسط پژوهشگر بررسی شده‌اند، این تعداد حجم نمونه قابل قبول می‌باشد. در این پژوهش تعداد کل پاسخ‌های معتبر جمع‌آوری شده معادل ۸۹ عدد است. برای بررسی پایایی پرسشنامه، روش آلفای کرونباخ استفاده شده است. مقدار آلفای کرونباخ کل ۰/۸۳۱ می‌باشد که چون از ۰/۷ بزرگتر است پایایی پژوهش مورد تأیید است. در این پژوهش سه نوع روایی صوری[2]، محتوایی[3] و ساختاری (سازه[4]) بررسی می‌شود. روایی صوری این پژوهش در مرحله پیش‌آزمون توسط خبرگان مورد تأیید قرار گرفت. از آن جایی که سؤالات این پرسشنامه بر مبنای پژوهش‌های معتبر پیشین بوده و روایی آن‌ها با نظر

[1] Yamane
[2] Face Validity
[3] Content Validity
[4] Construct Validity

خبرگان در پیش‌آزمون نیز مورد تأیید قرار گرفته، دارای روایی محتوایی لازم می‌باشد. روایی ساختاری پرسشنامه، شامل روایی همگرا[1] از طریق بررسی ضریب همبستگی اسپیرمن[2] و روایی واگرا[3] از طریق شاخص چند خصیصه-چند روش[4](HTMT) سنجیده شده است [26].

در ادامه رتبه‌بندی عوامل ایجاد ضایعات ساختمانی شناسایی شده در جدول ۱ (با توجه به معیارهای هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت تیم پروژه) به روش تاپسیس فازی انجام می‌شود. با توجه به این که داده‌های این پژوهش بر اساس نظرات افراد جمع‌آوری شده و دارای عدم قطعیت می‌باشند، استفاده از روش فازی دارای مزیت بیشتر و خطای کمتری نسبت به روش‌های قطعی است.

٤. نتایج و بحث

در جدول۲ اطلاعات آماری مربوط به سن، تحصیلات، سابقه کاری و سمت افراد در پروژه ارائه شده است. حدود ۳۸ درصد افراد کمتر از ۳۰ سال سن دارند. حدود ۶۰ درصد افراد تحصیلات کارشناسی ارشد و دکترا دارند. از لحاظ سابقه کاری مشاهده می‌شود که حدود ۵۰ درصد افراد سابقه کاری بیشتر از ۱۰ سال دارند، این مسأله قابلیت اطمینان نتایج را تضمین می‌کند. از نظر سمت افراد در پروژه، ۲۰ درصد پیمانکار اصلی و ۲۰ درصد سرپرست کارگاه در پروژه‌ها هستند که این مسأله نشان از آن دارد که درصد قابل قبولی از نمونه آماری، افرادی کاملاً اجرایی بوده که به تمام زوایای پروژه تسلط داشته و قضاوت آن‌ها نسبت به ضایعات ساختمانی قابل اطمینان است و در نتیجه روایی پژوهش به خوبی قابل اثبات است.

جدول ۲- اطلاعات پاسخ‌دهندگان.

مشخصات نمونه	جزئیات	درصد فراوانی	مشخصات نمونه	جزئیات	درصد فراوانی
سن	20-30	38.2	تحصیلات	کارشناسی	39.3
	31-40	31.5		کارشناسی ارشد	53.9
	41-50	12.4		دکترا	6.7
	51-60	6.7	سمت در پروژه	کارفرما	14.6
	بیشتر از ۶۰	11.2		مشاور/ طراح	15.7
سابقه کاری	1-5	23.6		پیمانکار اصلی	20.2
	6-10	28.1		پیمانکار جزء	7.9
	11-15	16.9		ناظر	16.9
	16-20	13.5		مدیر پروژه	5.6
	بیشتر از ۲۰	18.0		سرپرست کارگاه	19.1

در جدول ۳ اطلاعات مربوط به پروژه‌ها ارائه شده است. ۶۴ درصد پروژه‌ها به صورت خصوصی تأمین مالی شده‌اند و مابقی به صورت ترکیب مساوی از پروژه‌های دولتی و دولتی-خصوصی هستند. روش مرسوم تدارکات در پروژه‌های بررسی شده در این پژوهش، روش سه عاملی است. در این روش جدا افتادگی فازهای طراحی و ساخت از یکدیگر، مانع ارتباط و هماهنگی و یکپارچگی میان تیم‌های پروژه می‌شود و اثر منفی بر پروژه دارد؛ عدم مشارکت پیمانکار در طراحی‌ها منجر به از دست رفتن دانش فنی پیمانکار از ساخت‌پذیری، مصالح در دسترس و مانند این‌ها می‌شود، که اصلاح و بازنگری آن‌ها در زمان اجرا مستلزم صرف زمان و هزینه اضافی است. درگیر نبودن مستقیم کارفرما در تصمیم‌گیری‌های اجرا و مراحل ساخت و عدم انتخاب پیمانکاران جزء شایسته، باعث افت کیفی پروژه خواهد شد. . روش پرداخت در پروژه‌ها بیشتر به صورت درصدی است؛ نظر به اینکه حق‌الزحمه پیمانکار درصدی از هزینه‌های اجرا می‌باشد، لذا پیمانکار انگیزه چندانی جهت کاهش هزینه‌ها نخواهد داشت. همچنین کارفرما می‌بایست در ریز مسائل مالی ورود پیدا کرده و این مسأله باعث بروز اختلاف با پیمانکار و افزایش زمان پروژه می‌شود. برای ۴۰ درصد پروژه‌ها تغییرات هزینه‌ای ناشی از ضایعات، بیشتر از ۵ درصد برآورد شده است، لذا با توجه به اهمیت هزینه و بودجه در پروژه‌ها برای کارفرمایان و مهمتر از آن، اهمیت استفاده بهینه و حفظ منابع

[1]Convergent Validity
[2]Spearman Correlation
[3]Divergent Validity
[4]Heterotrait-Monotrait Ratio

طبیعی بایستی در جهت کاهش ضایعات ساختمانی اقداماتی صورت گیرد. همچنین ۴۷ درصد پروژه‌ها تلفات زمانی ناشی از ضایعات بیش از ۵ درصد را تجربه کرده‌اند، بنابراین نیاز است تا اقداماتی جهت کاهش این ضایعات زمانی صورت گیرد.

جدول ۳- اطلاعات پروژه.

اطلاعات پروژه		درصد	اطلاعات پروژه		درصد
تغییرات هزینه ای ناشی از ضایعات	کمتر از ۵ ٪	22	قرارداد اجرا	امانی	6.1
	۵ تا ۱۵ ٪	44		طرح و ساخت	34.15
	۱۵ تا ۳۰ ٪	31		EPC - Turnkey	2.44
	بیشتر از ۳۰ ٪	3		سه عاملی	50
تغییرات زمانی ناشی از ضایعات	کمتر از ۵ ٪	24		چهار عاملی	7.32
	۵ تا ۱۵ ٪	31	قرار داد پرداخت	حق الزحمه ثابت	20.48
	۱۵ تا ۳۰ ٪	30		درصدی	36.14
	بیشتر از ۳۰ ٪	15		فهرست بهایی	31.33
تأمین مالی	خصوصی	63.64		Lump Sum	12.05
	دولتی	18.18			
	خصوصی- دولتی	18.18			

مطابق جدول ۴، عوامل ایجاد ضایعات ساختمانی با در نظر گرفتن معیارهای هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت تیم پروژه به روش تاپسیس فازی رتبه‌بندی شده‌اند. مهمترین عوامل به ترتیب عبارتند از: نقص در اجرا، فقدان سیستم نظارت بر عملکرد نیروی کار، کیفیت نامناسب مصالح تأمین شده، ضعف در طراحی و تغییر دیرهنگام خواسته کارفرما. این عوامل شباهت زیادی با نتایج پژوهش‌های دیگر دارد. برای مثال در پژوهشی که توسط Agyekum در سال ۲۰۱۲ انجام شده، مهمترین علل ایجاد ضایعات مصالح، تغییر دیرهنگام خواسته کارفرما، اشتباهات کارگران، مصالح تأمین‌شده‌ای که با خصوصیات مورد نظر مطابقت ندارد و فقدان کنترل مصالح در سایت شناسایی شده است [27]. همچنین در پژوهش Swefie در سال ۲۰۱۳، مهمترین عوامل ایجاد ضایعات ساختمانی تغییر خواسته‌های کارفرما، دوباره‌کاری‌های ناشی از خطا در سایت، مدیریت و نظارت ضعیف سایت توسط پیمانکار و ارتباطات ضعیف میان ذینفعان پروژه شناسایی شده است [28].

جدول ٤- رتبه‌بندی عوامل جزئی ایجاد ضایعات ساختمانی.

رتبه	عوامل جزئی ایجاد ضایعات ساختمانی	امتیاز در تاپسیس فازی
1	نقص در اجرا (نیروی کار غیرماهر)	0.067226
2	فقدان سیستم نظارت بر عملکرد نیروی کار	0.061704
3	کیفیت نامناسب مصالح تأمین شده/ آسیب به مصالح در زمان انتقال و تحویل	0.05747
4	ضعف در طراحی و محاسبه (تجربه ناکافی/ عدم بهینه‌سازی/ فقدان پیش ساخته‌سازی)	0.057094
5	تغییر دیرهنگام خواسته کارفرما	0.055429
6	برنامه‌ریزی، مدیریت، نگهداری و کنترل نادرست مصالح در کارگاه	0.055208
7	استفاده از تجهیزات قدیمی و نامناسب	0.052577
8	ضعف در مدیریت زنجیره تأمین (سفارش و تأمین اشتباه، کم و یا بیش از اندازه)	0.051416
9	تأخیر در تأمین مالی یا تحویل‌دادنی‌های قرارداد توسط کارفرما	0.050997

10	کمبود اطلاعات، تجربه و دانش کارفرما	0.049339
11	نبود نگرش مثبت، ناکافی بودن انگیزه و مسئولیت‌پذیری مجموعه اجرایی در مدیریت ضایعات/ عدم توجه و تعهد به اجرای دقیق نقشه‌ها و اسناد فنی	0.049126
12	عدم به‌هنگام‌سازی برنامه زمان‌بندی	0.049082
13	ضعف در متره و برآورد	0.047285
14	کامل نبودن اسناد و مدارک مورد نیاز جهت طراحی	0.043655
15	فقدان برنامه مدیریت ضایعات	0.043444
16	عدم مشارکت سایر ذینفعان کلیدی در طراحی ها	0.043305
17	عدم وجود قوانین و سیاست-های تشویقی-تنبیهی توسط کارفرما جهت کاهش ضایعات	0.043077
18	اضافه مصالح ناشی از برش (off cuts)	0.042624
19	فقدان ارتباطات مناسب و جلسات بررسی مدیریت ضایعات بین ذینفعان پروژه	0.041298
20	فقدان آگاهی و آموزش اعضای پروژه نسبت به تأثیرات نامطلوب ضایعات بر عوامل موفقیت پروژه و محیط زیست	0.038644

همچنین مهمترین عامل کلی در ایجاد ضایعات ساختمان به ترتیب فاز اجرا (با امتیاز ۰/۲۲ در تاپسیس فازی)، تدارکات (۰/۲۱)، کارفرما (۰/۱۹)، طراحی (۰/۱۸۹) و مدیریت (۰/۱۸۵) است. مهمترین عامل کلی در ایجاد ضایعات ساختمانی فاز اجرا می‌باشد. لذا همان‌طور که Marhani در پژوهش خود بیان می‌کند بهترین زمان برای بکارگیری تکنیک‌های ناب فاز اجرا می‌باشد [29]. در پژوهش Agyekum ، مهمترین عوامل عمده ایجاد ضایعات ساختمانی از دید مشاوران به ترتیب طراحی، تأمین و تدارکات و اجرا و از دید مدیران پروژه به ترتیب اجرا، طراحی و تدارکات شناسایی شده است [27].

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش به منظور مدیریت و کنترل ضایعات ساختمانی، عوامل ایجادکننده آن‌ها شناسایی می‌شوند تا با جلوگیری از رخداد این عوامل، ضایعات کمتری ایجاد شوند. بنابراین عوامل و علل ایجاد ضایعات ساختمانی شناسایی و بر اساس معیارهای هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت تیم پروژه و به روش تاپسیس فازی اولویت‌بندی می‌شوند. نتایج حاصل از تحلیل ۸۹ پرسشنامه نشان می‌دهد که عوامل کلی اجرا، تدارکات، کارفرما، طراحی و مدیریت به ترتیب مهمترین عوامل اصلی ایجاد ضایعات ساختمانی می‌باشند؛ و مهمترین عوامل جزئی عبارتند از: نقص در اجرا، فقدان سیستم نظارت بر عملکرد نیروی کار، کیفیت نامناسب مصالح تأمین شده، ضعف در طراحی و محاسبه و تغییر دیرهنگام خواسته کارفرما. برای کنترل این ضایعات با توجه به سلسله مراتب مدیریت ضایعات، استراتژی کاهش مناسب‌ترین انتخاب برای مدیریت ضایعات است. نتایج این پژوهش به پیمانکاران، طراحان و مدیران پروژه کمک می‌کند تا از طریق شناسایی اهمیت عوامل ایجاد ضایعات ساختمانی، بهترین انتخاب را برای کاهش ضایعات ساختمانی در پروژه‌ها داشته باشند.

٦. مراجع

[1] S. O. Ajayi *et al.*, “Waste effectiveness of the construction industry: Understanding the impediments and requisites for improvements,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 102, pp. 101–112, 2015.

[2] M. R. Esa, A. Halog, and L. Rigamonti, “Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 120, pp. 219–229, 2017.

[3] Y. Li, X. Zhang, G. Ding, and Z. Feng, “Developing a quantitative construction waste estimation

model for building construction projects," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 106, pp. 9–20, 2016.

[4] W. Lu and H. Yuan, "Exploring critical success factors for waste management in construction projects of China," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 55, no. 2, pp. 201–208, 2010.

[5] S. Nagapan, I. Abdul Rahman, and A. Asmi, "A Review of Construction Waste Cause Factors," *Conf. Real Estate Sustain. Growth Manag. Challenges, Johor Bahru, Malaysia.*, 2011.

[6] U. A. Umar, N. Shafiq, A. Malakahmad, M. F. Nuruddin, and M. F. Khamidi, "A review on adoption of novel techniques in construction waste management and policy," *Journal of Material Cycles and Waste Management*, vol. 19, no. 4. Springer Japan, pp. 1361–1373, 2017.

[7] J. Wang, H. Yuan, X. Kang, and W. Lu, "Critical success factors for on-site sorting of construction waste: A china study," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 54, no. 11, pp. 931–936, 2010.

[8] A. Al-Hajj and K. Hamani, "Material waste in the UAE construction industry: Main causes and minimization practices," *Archit. Eng. Des. Manag.*, vol. 7, no. 4, pp. 221–235, 2011.

[9] H. Yuan and L. Shen, "Trend of the research on construction and demolition waste management," *Waste Management*, vol. 31, no. 4. Elsevier Ltd, pp. 670–679, 2011.

[10] A. Parisi Kern, M. Ferreira Dias, M. Piva Kulakowski, and L. Paulo Gomes, "Waste generated in high-rise buildings construction: A quantification model based on statistical multiple regression," *Waste Manag.*, vol. 39, no. 2015, pp. 35–44, 2015.

[11] R. Jin, B. Li, T. Zhou, D. Wanatowski, and P. Piroozfar, "An empirical study of perceptions towards construction and demolition waste recycling and reuse in China," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 126, no. April, pp. 86–98, 2017.

[12] C. S. Poon, "Reducing construction waste," *Waste Management*, vol. 27, no. 12. pp. 1715–1716, 2007.

[13] T. . Adewuyi and I. A. Odesola, "Factors Affecting Material Waste on Construction Sites in Nigeria," *J. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 82–99, 2015.

[14] M. Osmani, *Construction Waste*. Elsevier Inc., 2011.

[15] J. Won and J. C. P. Cheng, "Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization," *Autom. Constr.*, vol. 79, pp. 3–18, 2017.

[16] B. A. G. Bossink and H. J. H. Brouwers, "Construction waste: Quantification and source evaluation," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 122, no. 1, pp. 55–60, 1996.

[17] J. Wang, Z. Li, and V. W. Y. Tam, "Critical factors in effective construction waste minimization at the design stage: A Shenzhen case study, China," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 82, pp. 1–7, 2014.

[18] Oladiran and O. Joseph, "Causes and minimization techniques of materials waste in Nigerian construction process," *Fifth Int. Conf. Constr. 21st Century "Collaboration Integr. Eng. Manag. Technol.*, no. 2000, pp. 1–8, 2009.

[19] T. Khaleel and A. Al-Zubaidy, "Major factors contributing to the construction waste generation in building projects of Iraq," in *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 162, p. 02034.

[20] M. Gangolells, M. Casals, N. Forcada, and M. Macarulla, "Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 93, no. 2014, pp. 99–111, 2014.

[21] Z. Wu, A. T. W. Yu, L. Shen, and G. Liu, "Quantifying construction and demolition waste: An analytical review," *Waste Manag.*, vol. 34, no. 9, pp. 1683–1692, 2014.

[22] M. S. Bajjou, A. Chafi, and A. En-Nadi, "The potential effectiveness of lean construction tools in promoting safety on construction sites," *Int. J. Eng. Res. Africa*, vol. 33, no. November, pp. 179–193, 2011.

[23] M. Menegaki and D. Damigos, "A review on current situation and challenges of construction and

demolition waste management," *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, vol. 13. Elsevier B.V., pp. 8–15, 2018.

[24] S. N. Mokhtar, N. Z. Mahmood, C. R. C. Hassan, A. F. Masudi, and N. M. Sulaiman, "Factors that contribute to the generation of construction waste at sites," in *Advanced Materials Research*, 2011, vol. 163–167, pp. 4501–4507.

[25] P. V. Saez, M. Del Río Merino, A. San-Antonio González, and C. Porras-Amores, "Best practice measures assessment for construction and demolition waste management in building constructions," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 75, pp. 52–62, 2013.

[26] J. Henseler, C. M. Ringle, and M. Sarstedt, "A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling," *J. Acad. Mark. Sci.*, vol. 43, no. 1, pp. 115–135, 2015.

[27] K. AGYEKUM, "Minimizing Materials Wastage At the Construction Stage of a Project Through the Implementation of Lean Construction," Kwame Nkrumah University of Science and Technology, 2012.

[28] M. G. Swefie, "Improving Project Performance Using Lean Construction in Egypt: a proposed framework," 2013.

[29] M. A. Marhani, A. Jaapar, N. A. A. Bari, and M. Zawawi, "Sustainability Through Lean Construction Approach: A Literature Review," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 101, pp. 90–99, 2013.