

[Type here]

فصل دوم

مفاهیم بنیادی و مروری بر ادبیات گذشته

2-1. مقدمه

در حالیکه ساختمان یک لازمه صنعت اصیل برای مادی کردن محیط ساخت و ساز میباشد، اثرات ناسازگار شدید ی را به شکل تقلیل منابع، انتشار گازهای گلخانه ای، صدا، گرد خاک و ضایعات ساختمانی بروی محیط طبیعی وارد می کند. ضایعات ساختمانی که گاهی با عنوان ضایعات تخریب و ساخت (C&D)¹ نامیده می شوند، با عنوان مازاد تعریف شده است و محصولات و مواد اسبب دیده یا خسارت دیده، ناشی از ساخت، نوسازی، و فعالیت تخریبی می باشد. اغلب یک بخش شگرفی از ضایعات جامد کلی را تشکیل می دهد که موجب تخریب و تجزیه محیط می شوند [1].

2-2. مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و طراحی پایدار

فاز های اولیه هر پروژه دارای بیشترین ظرفیت تاثیر بر پروژه می باشند. وقتی پروژه به فاز ساخت می رسد انعطاف پذیری خود را از دست می دهد و اعمال تغییرات سخت تر و پیر هزینه تر می شود [2]. به عبارت دیگر تصمیم گیری در مراحل اولیه طراحی می تواند به جلوگیری از بروز خطاهای احتمالی کمک کند. به همین ترتیب، تعریف همه ی نیاز ها در فاز های اولیه برنامه ریزی برای جلوگیری از تغییرات اتی طراحی ضروری است [3]. در نتیجه طراحی را می توان به عنوان اولین قدم برای دستیابی به پایداری در نظر گرفت همانطور که توسط دولت انگلیس تعیین شده، طراحی خوب مترادف است با ساخت و ساز پایدار [4]. طراحی پایدار با تلاشهای بیشتر در فاز های اولیه باید جامعیت داشته باشد و چرخه حیات ساختمان را به طور کامل در نظر بگیرد. ساخت و ساز پایدار به عنوان یک روند پیچیده و گران در نظر گرفته نمی شوند این مسئله اجرای یکپارچگی در طراحی است بدین معنی که همه ی اجزای یک پروژه به جای اینکه بصورت منفرد تجزیه و تحلیل شوند مشمول یک چارچوب کلی میشوند. برای رسیدن به چنین هدفی فاز طراحی یک فاکتور کلیدی می باشد که باید سعی در کاهش مصرف منابع و انرژی و ایجاد فضای داخلی راحت و محدود کردنلودگی و کاهش هزینه داشته باشد [5].

از طرفی، هماهنگی مابین ذینفعان مختلف طرح هم بسیار ضروری است. همه آنها باید برای دستیابی به تعادل بین سه اصل پایداری هم جهت گردند. آنها باید بصورت مداوم از عملکرد زیست محیطی از همان مراحل ابتدایی بایدر نظر گرفته شود. چنین فرایندی دستیابی به طراحی پایدار را فراهم و عملی می سازد.

تحقق پایداری به طراحی یکپارچه با نگاهی همه جانبه به کل پروژه و توجه به خصوصیات خاص ان بستگی دارد که ابزار مدل سازی اطلاعات ساختمان این پروسه را تسهیل می کند. مدل سازی اطلاعات ساختمان رویکردی جدید در طراحی و ساخت و مدیریت امکانات است که در ان ارائه دیجیتالی فرایند ساختمان برای تسهیل مبادله و تعامل اطلاعات در قالب دیجیتال استفاده می شود. [6]. برای اینکه بتوانیم کارایی ساختمان را در مراحل اولیه طراحی تامین نماییم، دسترسی به کلیه اطلاعاتی که ساختمان را

¹. construction and demolition

تعریف می کنند مثل فرم، مصالح و سیستم های فنی ضروری است. معمولاً نقشه های تولیدی در محیط CAD چنین نمای یکپارچه ای از ساختمان به دست نمی دهد. از سال 2002 عبارت "مدل اطلاعات ساختمان" به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفت [7]. مدل اطلاعات ساختمان، ذخیره سازی اطلاعات مختلف تعریف کننده بنا را از طریق ایجاد یک مدل مجازی ممکن می سازد. مدلی که بیشتر یک "منبع اطلاعاتی" است تا یک طرح گرافیکی [8].

bim به صورت هوشمند عوامل دو بعدی و سه بعدی را که در طراحی یک ساختمان نقش دارند به همراه عوامل خارجی مانند موقعیت جغرافیایی و شرایط طراحی محلی، به صورت یک پایگاه اطلاعاتی ترکیب می کند و منبع واحد و یکپارچه ای را برای کلیه اطلاعات مربوط به آن ساختمان فراهم می کند. کمینه ی مدل سازی اطلاعات ساختمان امریکا bim را اینگونه تعریف می کند؛ ارائه نمایش دیجیتالی خصوصیات عملکردی و فیزیکی یک بنا. مدل bim در واقع، منبع اطلاعاتی بنا است که پایگاهی مطمئن برای گرفتن تصمیمات در طول دوره ی حیات پروژه را تامین می کند و از مراحل ایده پردازی اولیه تا مراحل تخریب بنا می توان به آن ارجاع دادن و استناد کرد. قاعده اصلی bim همکاری ذینفعان مختلف پروژه در مراحل مختلف طول عمر بنا برای ورود، استخراج، ارتقا و تغییر اطلاعات در مدل bim برای حمایت و انعکاس نقش ذینفعان پروژه است.

سیستم های مدل سازی اطلاعات ساختمان ها، ابزارهایی برای بهبود جریان اطلاعات ساختمان ها، رسیدن به کارایی و کیفیت بهتر را دارند. استفاده از ابزار مدل سازی اطلاعات ساختمان شیوه ساخت ساختمان ها را در صنعت ساختمان تغییر داد. در حال حاضر، همکاری و تعامل سود بخش مابین مدل سازی اطلاعات ساختمان و ساخت و ساز پایدار در حال توسعه است. مدل سازی اطلاعات ساختمان باعث افزایش شفافیت و پشتیبانی کار های مشارکتی مابین ذینفعان در فازهای اولیه پروژه میشود که همگی به کاهش هدر رفت و اجتناب از خطاهای آینده کمک می کند. ابزار مدل سازی اطلاعات ساختمان همچنین می تواند باعث کاهش قیمت و زمان و هدر رفت منابع و در نتیجه افزایش پایداری شود. علاوه بر این، ابزارهایی که بر پایه bim هستند آنالیز ها و شبیه سازی های مختلفی را ارائه می کنند که نتایج آنها پایه و اساسی برای تصمیم گیری و در نهایت بهبود کارایی ساختمان را شکل می دهند [9].

با توجه به نقش های ویژه، bim تأثیرات مثبتی را بر سه اصل پایداری دارد. اولین اصل، با توجه به وجوه اقتصادی ظرفیت کاهش هزینه های طراحی بوسیله بهبود مدیریت اطلاعات و ارتقا هماهنگی را دارد با این نتیجه که منابع کمتری به هدر برود. دومین اصل، با توجه به وجه اجتماعی، ابزارهایی که بر پایه bim هستند آنالیز و شبیه سازی متغیرها ی مختلف که در ابزار های سنتی بسیار پیچیده و نیاز مند وارد کردن دستی داده ها هستند را تسهیل می بخشد. آنالیز های پیچیده (مانند نور روز) برای ایجاد شرایط بهتر برای کار و زندگی و نیز افزایش آسایش می تواند انجام شود. سومین اصل، با توجه به وجه زیست محیطی bim تعدادی از تجزیه و تحلیل های مختلف را ارائه یا پشتیبانی می کند [10]. همچنین ظرفیت بهبود کارایی bim از طریق یکپارچه سازی آن با دیگر ابزارهای مخصوص مانند Ica افزایش پیدا می کند. طراحی یکپارچه کل فرایند طراحی و ساخت را به عنوان یک سیستم در نظر میگیرد و به بهینه سازی کل فرایند از نقطه شروع چرخه حیات ساختمان تا زمان تخریب و نابودی ساختمان می پردازد. طراحی ساختمان با رویکرد طراحی یکپارچه و تیم مرتبط به آن، دو مولفه اصلی به منظور دستیابی به ساختمان هایی با عملکرد بهینه محسوب می شوند. این موضوع شامل همه ذینفعان پروژه از

شروع مرحله طراحی تا پایان بهره برداری می شود. طراحی نیازمند یک تیم طراحی یکپارچه است که در آن همه ذینفعان در کلیه مراحل با هم کار می کنند تا بتوان طرح را از نظر هزینه، انعطاف پذیری در آینده، بهینه بودن و برآیند کلی تأثیرات بر محیط زیست ارزیابی کرد. برای ساخت مدل های سه بعدی از نرم افزار های مختلفی استفاده می شود. نرم افزار های Archicad, Autodesk Revit, Tekla Architecture Bentley از جمله معروف ترین و پرکاربردترین نرم افزار های مدل سازی هستند.

2-3. ارزیابی چرخه حیات (LCA)

مطالعات بر روی LCA به اواخر 1960 و اوایل 1970 بر می گردد، زمانی که مسائل زیست محیطی مانند کارایی انرژی و منابع، کنترل آلودگی و زباله جامد به یک نگرانی برای مردم تبدیل شد [11]. بر طبق گفته گوینیکی و همکاران در سال (2011)¹ از اولین مطالعات در این زمینه توسط موسسه تحقیق میدوست برای کمپانی کوکا کولا در سال 1969، با هدف اندازه گیری نیازمندی ها به منابع، بارهای انتشاری، و جریان های هدر رفت ظروف مختلف آشامیدنی صورت گرفت [12].

بعد از رشد سریع گرایش به زمینه ی ارزیابی چرخه حیات در اوایل 1980، آزمایشگاه فدرال سوییس برای آزمایش و تحقیق مواد (EMPA)² یک لیست جامع درباره داده های مورد نیاز برای اجرای LCA منتشر کرد. در همان زمان بود که ایده LCA در صنعت ساخت و ساز با تمرکز ویژه بر استفاده از منابع معرفی گردید. دهه بعد دوره رشد چشمگیر استاندارد سازی LCA بود، در آن زمان سازمان بین المللی استاندارد سازی ISO هم شروع به فعالیت کرد. آغاز قرن بیست و یکم را می توان دهه توسعه مستمر نامید که در آن تفکر چرخه عمر بصورت عملی بکار گرفته شد و همچنین اهمیت ابزارهای پشتیبانی بوسیله داده ها و شاخص های بهتر برجسته و مورد تاکید قرار گرفت. این سازمان استاندارد (ISO 14040) LCA به عنوان "تدوین و ارزیابی ورودی و خروجی و پتانسیل اثرات زیست محیطی از یک سیستم تولید در سراسر چرخه عمر" تعریف کرده است (ISO, 2005). بنابراین LCA یک ابزار زیست که برای ارزیابی اثرات زیست محیطی و منابع در طول چرخه عمر محصول استفاده می شود و همه ویژگی ها و یا جنبه های محیط زیست طبیعی، سلامت انسان و منابع را در نظر میگیرد [13]. و به عنوان روشی برای تجزیه و تحلیل اثرات زیست محیطی از یک مواد محصول، در طول تمام چرخه تعریف می شود. بر طبق این استاندارد LCA به چهار فاز مختلف تقسیم می شود:

- تعریف هدف و دامنه: این فاز اهداف مطالعه، تعریف محصول و کاربرد آن فرضیه اولیه LCA شامل تعریف واحد عملکردی مناسب، جریان های مرجع، مرزهای سیستم که باید هدف مطالعه را در بر بگیرد را مشخص می کند.
- تهیه فهرست چرخه حیات (LCI)³: در این فاز داده های ورودی و خروجی سیستم محصول که مربوط به چرخه عمر آن هستند جمع آوری می شوند و بر اساس انرژی و مصالح خام ورودی

¹ Guinee

² The Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research

³ Life Cycle Inventory

محصولات جنبی محصولات جنبی (محصول مشترک) و هدر رفت و انتشارات به اب و هوا و خاک دسته بندی می شوند .

- ارزیابی تاثیرات در چرخه عمر (LCIA)¹: تاثیرات زیست محیطی مربوط به داده های فاز LCI بر اساس چندین شاخص ارزیابی و کمی سازی می شوند .
- تفسیر و ارزیابی: تفسیر چرخه حیات، مرحله نهایی روش اجرایی ارزیابی چرخه حیات (Ica) است که در آن نتایج یک فهرست چرخه حیات (Ici)، یا ارزیابی پیامد چرخه حیات (Icia)، یا هر دو با هم، به عنوان پایه ای برای نتیجه گیری ها، پیشنهادات و تصمیم گیری ها مطابق با تعریف هدف و دامنه خلاصه شده و مورد بحث قرار می گیرند .
- یک ارزیابی سیستماتیک از تبعات زیست محیطی محصول ارائه داد.
- میزان انتشار الاینده ها به محیط های اب، هوا خاک در هر چرخه با فرایند های اصلی تولید محصول را بصورت کمی برآورد نمود .
- اثرات اکولوژیکی دو محصول یا فرایند مشابه را بمنظور انتخاب گزینه بهینه مقایسه نمود .

بنابراین کاربرد این روش به تصمیم گیران در انتخاب محصول یا فرایندی که کمترین تبعات زیست محیطی را به همراه داشته باشد، کمک شایانی می نماید. بطوری که در سال 2010، سازمان حفاظت محیط زیست رویکرد های مهم Ica را در اعمال مقررات نسبت به استاندارد های سوخت تجدید پذیر امریکا، در قالب استاندارد های سوخت به کار برد .

2-4. یکپارچه سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان و ارزیابی چرخه حیات

یک فرایند طراحی پایدار یکپارچه، روند تصدیق زمان و هزینه را ساده می سازد، واز انجایی که تصمیم گیری و تعاملات در مراحل اولیه امکان پذیر است. داده های خروجی بهبود یافته ای را ارائه می کند. از انجایی که مزایای bim در بین متخصصان طراحی ساختمان گسترش یافته است آنها نقش بسیار مهم و حیاتی را در سراسر کل چرخه حیات پروژه ایفا می کنند. [14]

بکارگیری bim باعث پیشرفت قابل پیش بینی کردن عملکرد ساختمان می شود. برطبق مطالعات مرکز دانشگاهی استانفورد [15] مبنی بر تسهیلات مهندسی یکپارچه شده بر اساس 32 پروژه، مزایای bim شامل موارد زیر می شود: کاهش 40 درصدی تغییرات پیش بینی نشده، 3 درصد صحت تخمین هزینه، 80 درصد کاهش در زمان اختصاص داده شده برای تخمین هزینه ها، 10 درصد صرفه جویی در ارزش قرارداد بدلیل تشخیص برخوردها، 7 درصد کاهش در مدت زمان پروژه همچنین برگشت 5 تا 10 برابر سرمایه گذاری انجام شده از طریق راه اندازی سیستم bim در پرونده ها، بنابراین، بکارگیری ابزاری مناسب

¹ Life Cycle Inventory Analysis

برای ارزیابی زیست محیطی در چارچوب bim موجود برای استفاده از آنها در صنعت (AEC) ¹ امری ضروری است .

بطور کلی سه نوع ابزار برای ارزیابی زیست محیطی ساختمان وجود دارد :

- ارزیابی تأثیرات زیست محیطی (EIA)²
- سیستم رتبه بندی (RS)³
- ارزیابی در طول چرخه حیات (LCA)
- از آنجایی که LCA ابزاری بسیار سازگار برای ارزیابی تأثیرات زیست محیطی است، صنعت AEC بطور فزاینده ای این روش را برای انتخاب محصول مناسب در فرایند تصمیم گیری به منظور بهینه سازی کل فرایند ساخت و ساز بکار می گیرد [16]. بر طبق نظر اورتیز در سال (2009) ابزارهای پشتیبانی تصمیم گیری ساختمان در طول فاز اجرایی ساختمان ها معمولاً به دو دسته تقسیم می شوند: مصالح و اجزای ساختمانی (BMCC)⁴ و تمام فرایند ساختمان (WPC)⁵. دسته اول به اندازه دسته دوم جامع نمی باشند چون مصالح محور می باشند. به همین دلیل دسته اول BMCC به جای تأثیر بر کل فاز عملیاتی پروژه، بیشتر بر روی اجزای ساختمان و تأثیرات آنها بصورت منفرد تمرکز دارند [17].

همچنین تراستی و هورست بیان می دارند ابزارهای LCA می توانند به سه سطح یا نوع تقسیم بشوند. ابزار نوع اول بر پایه ی BMCC می باشند که بروی محصولات با معیار های زیست محیطی اقتصادی عمدتاً در مرحله تحویل پروژه هستند. این نوع می تواند به دو گروه تقسیم شود:

(الف). ابزار نوع یک برای کارشناسان Ica

(ب). ابزار نوع یک برای کاربران که فقط نتایج را می خواهند مانند معماران معمولی و مشاوران. ابزارهای نوع 2 که بر پایه wpc می باشند عناصر و مجموعه های ساختمان را بطور کامل در نظر می گیرند. معمولاً این ابزارها بروی یک زمینه مورد نظر مانند انرژی عملیاتی، روشنایی، ارزیابی چرخه هزینه و تأثیرات زیست محیطی در طول حیات تمرکز دارند. ابزارهای نوع دوم معمولاً در طول فرایند طراحی اجرا می شوند بیشتر، اطلاعات محور و هدفمند هستند (مرحله اولیه طراحی مفهومی تا مرحله طراحی مفهومی تا مرحله طراحی جزییات). در نهایت ابزار نوع سوم که دارای چارچوب ارزیابی جامع تری هستند و محدوده گسترده تری را شامل می شوند مانند جنبه های زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی پایداری، جدول زیر لیستی از نوع ابزارهای Ica را نشان می دهد [18].

¹ Architecture, Engineering, Construction

² Environmental Impact Assessment

³ Rating / Certification Systems

⁴ Building material and components combination

⁵ whole process of construction

2-5. مدیریت پسماند ساختمانی

با توجه به افزایش آگاهی در مورد محیط زیست و اثرات مخرب پسماندهای ساختمانی، هم دولتها هم پیمانکاران، به دنبال شیوه‌های موثر مدیریت پسماند ساختمانی می‌باشند. در دو دهه گذشته، شاهد افزایش اهمیت تخریب و نوسازی (D&R)¹ بوده‌ایم. که این به معنای تولید زباله بیشتر است. پسماند های ساختمانی اصولاً بخش بزرگی از کل تولید پسماند شهری را مشمول میشوند. برای مثال در کشورهای در حال توسعه بیش از 40% حجم پسماند شهری مربوط به ساختمان سازی بوده است. شدت افزایش در نرخ تولید این نوع پسماند، نشان دهنده توسعه یافتگی در هر کشور میباشد. در این بخش پس از شرح مختصری از این نوع پسماند، اشاره ای به شیوه های مختلف مدیریتی پسماند صورت خواهد گرفت .

عدم مدیریت پسماندهای ساختمانی مشکلات بهداشتی و زیست محیطی بسیاری ایجاد نموده که از جمله میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

- آلودگی زیست محیطی و بهداشتی
- تخلیه این پسماندها در معابر و گذرگاههای سطح شهر
- تخلیه پسماندها در اراضی کشاورزی و از بین رفتن مرغوبیت خاک
- تخلیه پسماندها در محدوده کانالها و رودخانهها و به مرور زمان مسدود شدن مسیر آب
- ایجاد سد معبر در حاشیه بزرگراهها و جادهها
- تجمع حشرات و جوندگان موزی مانند پشه خاکی که عامل بیماری سالک میباشد
- ایجاد آلودگی بصري و آسیب به چشم اندازهای محیطی
- صرف هزینه های مدیریت پسماند و تنظیف شهری
- هدر رفت مقدار قابل توجهی سرمایه قابل بازیافت
- عدم استفاده از مصالح قابل استفاده مجدد [19]

1-5-2 پسماند ساختمانی

پسماند ساختمانی از ساخت، نوسازی، مرمت و تخریب سازهایی همچون ساختمانهای مسکونی و تجاری، سایت‌های صنعتی، جادهها و پلها تولید میشوند. ترکیب نخاله های ساختمانی این فعالیتها و سازهایی مختلف،

متفاوت میباشد. ترکیب و درصد مواد تشکیل دهنده نخاله های ساختمانی در مناطق مختلف دنیا تابع نوع و نحوه زندگی، نوع صنعت ساختمان، ترکیب و بافت جمعیتی و نیز فراوانی منابع قرصه است [20]. به طور کلی، نخاله های ساختمانی اغلب شامل محصولات (چوبی، آسفالت، دیوارها و پیشساخته های گچی) مصالح بنایی، بتن، آجر، موزائیک، کاشی، سرامیک و سنگفرش و مقادیر قابل توجهی از دیگر

¹ Demolition and Renovation

ترکیبات شامل فلزات، پلاستیکها، خاک، پوششهای بام، عایق کاری ها، کاغذ و مقوا است. نخاله ساختمانی یکی از انواع پسماند است که در سطح وسیعی قابل بازچرخش میباشند. در برخی موارد تا 90 درصد اجزای نخاله های ساختمانی قابل بازیافت هستند [20].

2-5-2. روش های مدیریت پسماند

2-5-2-1. روش بازیافت

بازیافت انجام فرآیند مجدد بر روی مصالح احیا شده و تبدیل آن به مصالح جدید و قابل استفاده میباشد. غیر از هزینه دفع، چند دلیل دیگر نیز برای افزایش توجه به بحث بازیافت نخاله های ساختمانی وجود دارد. کاهش قابلیت استفاده از منابع با کیفیت بالا برای ساختن مصالح ساختمانی از جمله مهمترین دلایل می باشد. در بسیاری موارد، منابع بکر و دست نخورده فاصله زیادی از محل اجرای پروژهها دارد و هزینه حملونقل پیمانکاران را مجاز میکند تا در جستجوی یک منبع جایگزین محلی در دسترس باشند [21]. این موضوع به پژوهش بسیار متداول برای تحقیقات در کشور های مدرن و پیشرفته تبدیل شده است که بررسی جامع آن از موضوع خارج است.

2-5-2-2. روش استفاده مجدد

منظور از استفاده مجدد، استفاده مصالح در کاربرد قبلی خود و یا به کار بردن آنها در سطوح دیگر یا پایینتر از کاربرد قبلی است. برای استفاده مجدد توجه به نکات زیر ضروری است:

روش تفکیک، جداسازی و دستهبندی از هر نوع آوار اجرا میشود. برخی مصالح قابلیت استفاده مجدد در ساخت بنای جدید را دارند، برای مثال: چنانچه ابعاد در، پنجره و چارچوب سالم و مطابق اندازه آنها در ساختمان جدید باشد، به همان صورت قابل استفاده مجدد هستند، از وسایل و تجهیزات و تاسیسات مکانیکی و برقی میتوان در صورت سالم ماندن و تایید مشخصات آنها استفاده کرد [22].

2-5-2-3. روش دفن

خرد کردن و دفن آوارها آخرین راه حل است و باید حتما در اماکن قانونی دفن آوار صورت بگیرد تا باعث آلودگی خاک و آب نشود. بنابراین انتخاب، طراحی، ساخت و فعالیت چنین محلی باید با در نظر گرفتن مقتضیات زیستمحیطی انجام شود. این روش در کنار مزایایی چون حداقل هزینه جهت دفع، حملونقل و سرعت بالا معایب عدیده زیست محیطی را به همراه دارد و باید با آلوده شدن محیط زیست و افزایش شیوع بیماریها، آلودگی آبهای زیر زمینی، ایجاد چشم اندازه نامناسب و از بین رفتن مناظر و چشم اندازهای طبیعی و مشکلات سیاسی و اجتماعی ناشی از آن را مد نظر قرار داد [22].

2-5-2-4. روش کاهش از مبدا

یکی از قدیمی ترین روش ها، روش سنتی کاهش از مبدا بوده است که شامل کاهش دادن مقدار مواد به کار رفته از طریق تخمین دقیق جهت تولید نکردن پسماند است. کاهش پسماند در مرحله خرید و تدارک

باعث صرفه‌جویی مستقیم در هزینه‌ها می‌گردد. در برنامه کاهش از مبدا باید مقصد در تولید و مصرف نهایی محصول در هنگام طراحی و ساخت همچنین تنوع مواد مورد استفاده در ساخت مورد توجه قرار گیرد. با افزایش طول عمر مفید مصالح میتوان به کاهش از مبدا جامه عمل پوشاند. که این به معنای تغییر در تولید و مصرف است. استفاده از قالببندی منظم و هم راستا و افزایش فاصله ستونها و شمعها، سفارش به مقدار نیاز و ترجیحا فلهاي، سفارش مصالح پر مقاومت، طراحی و معماری مناسب، استفاده از سیستم‌های ساختمان‌سازی نوین و صنعتی، استفاده از مصالح ساختمانی با فناوری نانو جهت تولید ضایعات ساختمانی، تفکیک مناسب و... از راهکارهای این شیوه است که به صورت جامع‌تر توضیح داده خواهد شد. همچنین هنگامی که از مدلسازی اطلاعات ساختمان در کاهش پسماند استفاده میشود، این روش، در این گروه از روش‌های مدیریت قرار می‌گیرد، زیرا از قبل از تولید پسماند، از آن جلوگیری شده است [22].

3-5-2 علل تولید پسماند و باز زمانی آن

طبق مطالعات انجام شده در سال 2007 در کشور ترکیه، پسماندهای ساختمانی اغلب به دلیل تخریب و یا بازسازی بوجود می‌آیند. طی تحقیقی به بررسی زباله تولیدی ناشی از بازسازی ساکنین، در طول مدت زندگیشان در آن منطقه پرداخته شده است. طراحی ساختمان باید به هدف دوره طرح بالای 50+ سال انجام گیرد. نمای خارجی ساختمان به طور متوسط هر 20 سال مورد بازسازی، و سیم‌کشی، لوله‌کشی، و بازسازی دیگر سطوح بین 7 تا 15 سال انجام می‌گیرد. ترمیم دیوارهای داخلی نیز، هر چند سال انجام می‌گیرد. طبق نظرسنجی انجام شده بین 180 ساختمان مسکونی، حدود 70% آنها تغییرات داخلی انجام داده، و حدود 26% آنها قبل ورود و ساکن شدن این تغییرات را انجام داده‌اند. با توجه به اینکه عمر ساختمان‌ها 20 ساله است. اکثر تغییرات در همین 15 سال اخیر صورت گرفته است. نوع و درصد تغییرات داخلی به شرح زیر است [23].

جدول شماره 2-1: بازه زمانی تعمیر اجزای ساختمان

بخش	عضو	چرخه حیات
محوطه ساختمان	سیستم قاب بندی فلزی	
	دیوار آجری	40-50
سیستم سقف	روکش فلزی	40-50
	آسفالت	10-25
	لایه لاستیکی	10-15
	روکش فلزی	40-50
در و پنجره خارجی	روکش سفالی	50-70
	پنجره فریم فلزی	40-50

[Type here]

30-40	پنجره فریم چوبی	فضای داخلی
25-30	در و پنجره آلومینیومی	
15-30	در گردان	
20-30	پارتیشن قابل جابجایی	
20-30	سقف آکوستیک	
5-15	پارکت فرش	
15	کاشی	
رنگ		
داخلی		
10	اتاق ها، دفاتر، راهروها	
8	آشپزخانه، دستشویی و...	
خارجی		
7	گچ کاری	
3	چوب و فلزات	
30-20	لامپ ها	سیستم لوله کشی
20-10	آب گرم کن ها	
20-15	پمپ	

40-30	لوله فولادی	آسانسور
30-20	لوله مسی	
25	آسانسور	
بوiler		گرمایش و تهویه
30-20	لوله فولادی آب	
20-30	محفظه آتش فولادی	
20-15	تاسیسات الکتریکی	
30-20	مبدل حرارتی	گرمایش و تهویه
25 - 15	مشعل ها	
کوره		
25-15	گازی و نفتی	
30-20	رادیاتور	
سیستم تهویه		

[Type here]

30-10	پکیج آب سرد	
20-10	برج خنک کننده	
25-15	خازن تبخیری	
25-15	خنک کننده هوا	
25-15	چیلر	
کانال هوا		
25-20	فن کویل	
35-25	توربین بخار	
20-15	واحد کنترل	
20-15	موتور برق	
تاسیسات الکتریکی		
35-25	ترنفرناتور	
30-20	ژنراتور	
30-25	سیم کشی اولیه	
15	لامپ فلورسنت	
25-15	زنگ خطر آتش	
25-20	سیم کشی فرعی (ثانویه)	
سایت		
25-15	سنگ فرش و پوشش بتنی	
15-10	سنگ فرش بتنی	
40	دیوار حائل بتنی	
30	دیوار نگهدارنده آجری	
20	فنس توری فلزی	
30	بلوک حائل بتنی	
40-20	لوله های آب زیر زمین	
60-30	لوله های فاضلاب زیر زمین	
30-10	لوله های بخار زیر زمین	

2-5-4. روشهای تخمین پسماند ساختمانی

روش های مختلفی به منظور تخمین میزان پسماند¹(C&D) وجود دارد که به صورت خلاصه بعضی آنها را مورد بررسی خواهیم داد:

¹ Construction and Demolition

2-5-4-1 تخمین بر اساس شاخص پسماند

پون و چی سان¹ به منظور برآورد کل زباله ها (C&D) در یک پروژه، معیاری به نام "شاخص پسماند را معرفی کردند. "شاخص پسماند" به معنای مقدار واحد حجم یا وزن زباله ساختمانی در هر متر مربع از مساحت GFA² طبقات است. معادله (1-2) نحوه محاسبه این مقدار است که شاخص پسماند آن بر اساس جدول ذیل تعیین میگردد [24].

$$2-1. \text{ مقدار زباله تولید در پروژه } \text{kg/m}^3 = \text{مقدار مساحت GFA} * \text{شاخص پسماند}$$

پروژه	GFA (m^3/m^2)
ساختمان های مسکونی عمومی	0.175
ساختمان های مسکونی شخصی	0.250
اداری تجاری	0.200

جدول 2-2. شاخص پسماند در صنعت ساختمان سازی هنگ کنگ [24].

شاخص جهانی یک معیار پرکاربرد است، که برای ساختمان های مشابه که بعدها ساخته شوند، میتواند مورد استفاده قرار گیرد. این روش به دلیل طبقه بندی مواد، از روش پون دقیق تر بوده. با این حال این روش نیز، نیازمند پایگاه داده بزرگی است، که به روز شود [25].

2-5-4-2 تخمین بر اساس جزئیات ساختمان

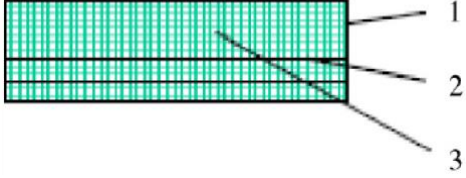
جلالی در سال 2007 "شاخص جز" را تعریف کرد، که این ضریب بر مبنای نوع و مقدار هر یک از اجزای ساختمان میباشد. جز ساختمان به کوچکترین واحد مستقل و خاص ساختمان گفته می شود که بمنظور جمع آوری اطلاعات کمیت به آن پرداخته میشود [26] نمونه هایی مانند 1 m² از فونداسیون، 1² m از سقف، را از اجزای ساختمان را تعریف میکند. این شاخص بر اساس نوع مواد (چوب، بتن، فولاد، ...) مورد استفاده قرار میگرفت.

ترکیب و شاخص زباله	ویژگیهای فنی	طرح فونداسیون
--------------------	--------------	---------------

¹ Poon and Chi_sun

² Grass Floor Area

[Type here]

	نسبت قالب بندی: بتن m^2m^3 0.5	1- قالب: (ضایعات چوب 0.39kg)
	نسبت آرمه: بتن /m3kg/ 30	2- آرمه: (ضایعات فلزی 1 kg (
		3- بتن: (قلوه سنگ 92.24 (kg

شکل 1-2: طرحی از فنداسیون

3-4-5-2. تخمین بر اساس پایگاه اطلاعات

در مناطق مختلف، مدل‌های متعددی هستند که با استفاده از پایگاه اطلاعات هزینه ساخت، به عنوان منبع، مقادیر پسماند را بدست می‌آورند. یکی از نمونه‌های آن مدل اسپانیایی سولیس گزمن¹ میباشد. این مدل یک روش کمی تخمین پسماند های C&D است، که بر اساس² DCCA میباشد. این مدل میتواند حجم پسماند ناشی از فعالیت های ساخت و تخریب را تخمین بزند. این مدل بر مبنای 4 پارامتر می باشد. حجم ظاهری ساخت³ (VAC) حجم ظاهری تخریب⁴ (VAD) حجم ظاهری نخاله های⁵ (VAR) حجم پسماند بسته بندی شده⁶ (VAE). با مطالعه بیش از 100 پروژه ساختمانی روابط بین 4 پارامتر استاتیکی خلاصه شده است. به عنوان مثال VAC هر پروژه ای میتواند با ضریب CT به VAD تبدیل شود تا قبل از تخریب میزان پسماند بدست آید. به عنوان مثال ضریب CT چوب برابر 15.1 است، به این معنا که چوب ها پس از تخریب افزایش حجمی معادل 15.1 برابر خواهند داشت [27]. لیاتس در سال 2011 نیز یک مدل اروپایی مشابه با سولیس ارائه داد. در این مدل مقدار مصالح با استفاده از اندازه گیری و مدارك قدیمی موجود برای 20 ساختمان محاسبه گردیده است.

این مدل نیز به دلیل محدودیت های منطقه ای در بسیاری دیگر شهرها قابل استفاده نمیشد [28].

4-4-5-2. تخمین بر مبنای فرم طرح فیزیکی

لئو و همکارانش، یک روشی جدید برای تخمین حجم پسماند ساختمانی، بر مبنای فرم فیزیکی ساختمان ارائه کردند. چهار شکل برای ثبت اطلاعات پروژه‌های مختلف ارائه شد:

¹ Solis Gozman

² Database Andalusian Construction Cost

³ Apparent Construction Volume

⁴ Apparent Demolition Volume

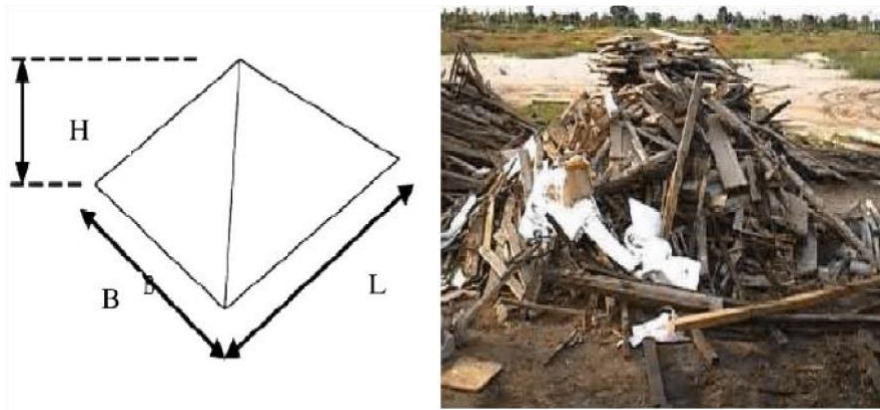
⁵ Apparent Wreckage Waste Volume

⁶ Apparent Package Waste Volume

- انبار کردن پسماندها
- جمع آوری
- پراکندن
- انباشته کردن [29].

به عنوان مثال برای انباشت پسماند، فرض میکنیم که پسماند ها شکلی هرمی با مقطع مستطیل بخود میگیرند. حجم این هرم به سادگی با فرمول ذیل بدست می آید:

$$\text{معادله (2-2): } V=1/3*(L*B*H)$$



شکل 2-2: انبار کردن زباله ها

که در آن L, B اضلاع مقطع مستطیلی و H ارتفاع هرم میباشد. این روش تنها برای حالتی که داده با تقریب بالا و غیر دقیق مورد نیاز است کاربرد دارد.

در حال حاضر برنامه های بسیاری برای محاسبه پسماند ساختمانی وجود دارد، که یکی از معروفترین آنها $Smart\ waset^1$ میباشد. که به وسیله تیم بهره وری منابع BRE^2 در انگلستان توسعه یافته است. این برنامه بوسیله داده های آماری بدست آمده از پروژه های قبلی، میتواند مقدار پسماند را در 13 دسته، مانند چوب، بتن، فولاد و ... تخمین و محاسبه میکند. از آنجا که این برنامه بر اساس داده های انگلستان ساخته شده، استفاده از آن تنها به مناطق خاصی محدود میگردد. این ابزار همچنین نیازمند ذخیره کردن خوب برای جمع آوری دقیق و قابل اعتماد اطلاعات است. مثال دیگر از این نوع پایگاه ها $2010BEDEC$ است [25]. روش های تخمین ذکر شده در بالا، دارای محدودیت های متفاوتی هستند. بعضی نیازمند اندازه گیری دقیق اجزای سازه و نگهداری اطلاعات مربوطه هستند، برخی تخمینی ارائه میدهند که تنها برای مناطق خاصی کاربرد دارد. و برخی دیگر تنها یک حدود تقریبی غیر دقیق میدهد.

¹ Site Methodology to Audit Reduce Target

² Building Research Establishment

برای ارائه دقیق تر، راحت که به طور گسترده قابل اجرا باشد، محققان از رویکرد bim برای تخمین دقیق ضایعات استفاده میکنند.

2-5-5-2. طراحی بر مبنای DFD

در روش طراحی بر مبنای و اسازي¹ DFD طراحی به صورتی خواهد بود که پس از پایان عمر زندگی هر ساختمان، کمترین پسماند در هنگام تخریب تولید گردد [30]. اگرچه مطالعات صورت گرفته در این حوزه اغلب در حوزه تخمین هزینه های آن، و تخمین میزان پسماند در هنگام تخریب بوده است [31]. با توجه به این امر که بیشترین زباله تولیدی در پایان عمر هر ساختمان تولید میگردد باید از زمان طراحی اولیه به برنامه ریزی در مورد زمان اتمام عمر ساختمان پرداخت [32]. نمونه سیستم هایی مانند² BDAS و³ CONQUAS وجود دارند که تاثیر طراحی را بر روی عملکرد ساختمان (بدون بررسی دوره عمر آن) و مورد بررسی قرار میدهند. در مقالات این نکته به وضوح عنوان شده است که آنالیز طول دوره طرح عمر ساختمان به دلیل کمبود اطلاعات کار بسیار دشواری است. با وجود دانش عمومی که طراحی اولیه میتواند بر و اسازي ساختمان اثر بگذارد [33]، و تلاش های انجام گرفته برای اندازه گیری میزان سود حاصل از DFD هیچ ابزار طراحی عملی مبنی بر اثبات این ادعا وجود نداشته است. وجود ابزار طراحی به عنوان راهنمایی برای جداسازی، تنها به پروتکلهایی مانند ICE و BWAS و BDAS و CONQUAS ختم میشود که هیچ معیار سنجشی ارائه نمیدهند [34].

1-5-5-2. تکنیکهای طراحی بر مبنای و اسازی

با توجه و اروسکی⁴ در سال 1999 قواعد طراحی های مختلفی برای افزایش قابلیت و اسازي یا جداسازی وجود دارد که باید از آنها پیروی شود. این قواعد به افزایش انعطافپذیری ساختمان و قابلیت تفکیک قطعات مختلف آن کمک میکند [35].

از برجسته ترین این نکات میتوان به موارد زیر اشاره

کرد:

¹ Design for Deconstruction

² Building Design Appraisal System

³ Construction Quality Assessment System

⁴Warszawski

- استفاده از مواد با دوام بالا [36]
- قابلیت استفاده از مواد به صورت چندباره [37]
- استفاده از پیچ و بولت، در مفصلها بجای جوش [38]
- عدم استفاده از مواد سمی [36]
- استفاده از مواد پیش ساخته [39]

علاوه بر این ها گای و سیریمبلیو¹ در سال 2006 نیز افزوده است که هرچه تعداد اجزای مواد و محل های اتصال کمتر باشد، قابلیت و اساسی بیشتری وجود دارد. و امکان استفاده مجدد از مصالح بازیافتی نیز بهبود مییابد [37].

2-5-6. سیستم تخمین پسماند ساختمانی بر اساس BIM

نشان دهنده توسعه استفاده از مدل های کامپیوتری و شبیه سازی، مدیریت برنامه ریزی، طراحی، داده های (bim) ساخت و راه اندازی سیستم تاسیسات ساختمان است. نتیجه مدل اطلاعات ساختمان غنی، مبتنی بر هر شیء، به شکلی هوشمند بوده که ارائه آن با نمایش دیجیتالی پارامترها همراه است. این نماها و اطلاعات دیجیتالی برای کاربران مختلف مناسب است، که میتوان با استخراج اطلاعات، و آنالیز آنها نتیجه گیری و تصمیم های هدفمند گرفت، تا به فرصت های هرچه بهتری دست یافت [40]. در بخش بعد به صورت جامع این سیستم را مورد بررسی قرار میدهیم .

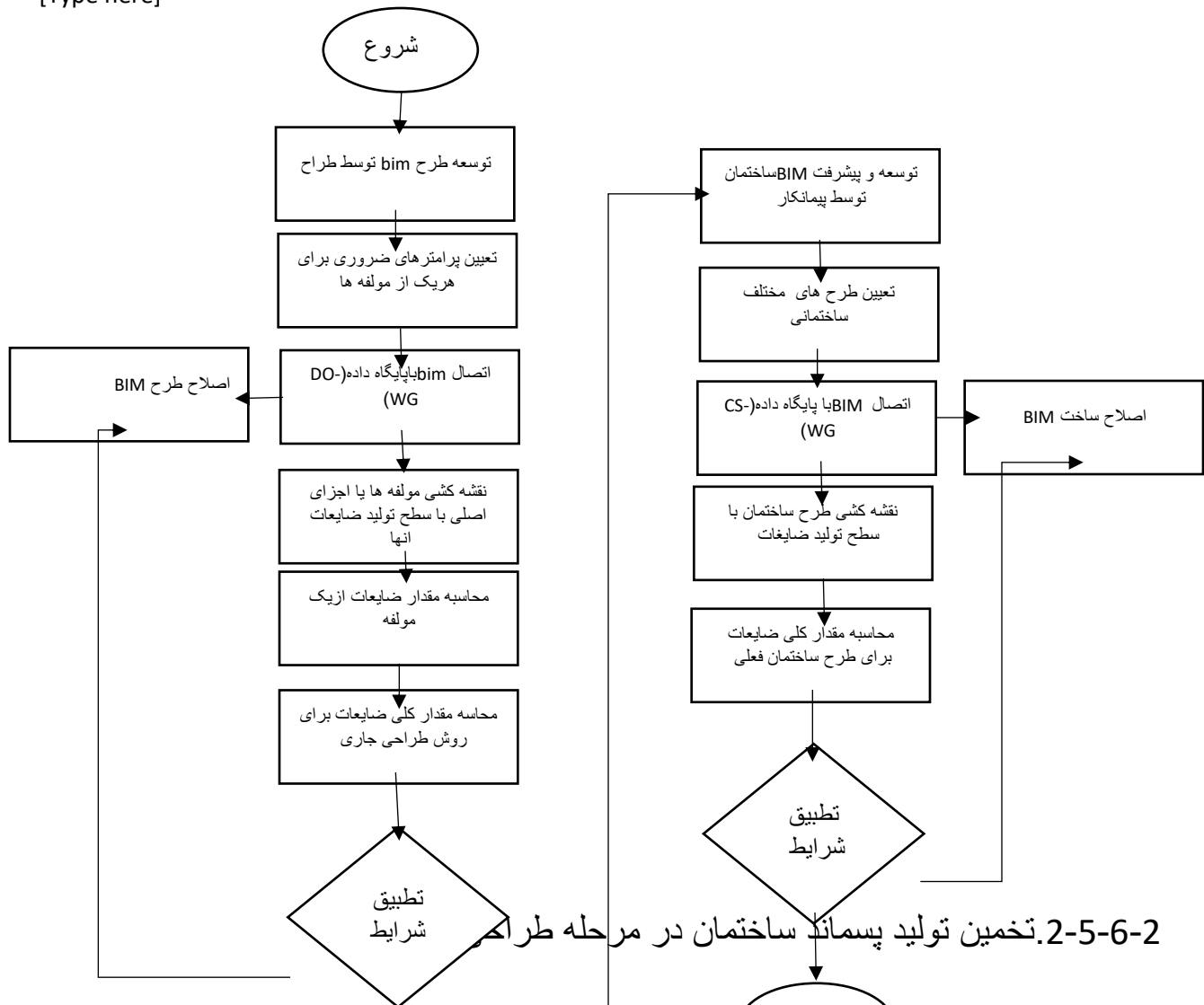
2-5-6-1. مدیریت پسماند ساختمانی بر مبنای BIM

با یک ساختار داده ساده که به یک پایگاه bim اضافه می شود، الگوریتم های محاسباتی bim باید اطلاعات را دستکاری کنند تا برای مدیریت پسماند ساختمانی تصمیم گیری کنند از قبیل روش های طراحی ضایعات کم و یا طرح های ساختمانی. نمودار گردش برای توسعه و پیشرفت bim محاسباتی در شکل شماره 2-3 شرح داده می شود که برای سنجش تولید ضایعات در مرحله طراحی و ساخت استفاده می شود .

شکل شماره 2-3: نمودار گردش پیشرفت و توسعه bim محاسباتی برای کمینه سازی ضایعات ساختمانی

¹ Guy and Ciarimboli

[Type here]



2-5-6-2. تخمین تولید پسماند ساختمان در مرحله طراحی

مرحله اول توسعه و پیشرفت ساختمان می باشد، برخلاف روش های سنتی که از خطوط، نقاط و قوس ها برای طراحی اجزا ساختمانی استفاده می کنند. یک طراح به طور مستقیم از اشیا دیجیتالی سه بعدی استفاده می کند تا در نرم افزار تجاری BIM یک مدلی را بسازد. و یک اشیا، صرف نظر از اینکه با نرم افزار BIM تولید می شوند، توسط خود طراح تهیه شده اند و یا از مجموعه بخش سوم خارج شده اند که پارامترهای مختلفی چون طول، سطح، ضخامت، حجم، سطح و شیب دارد. که این پارامترها مقادیر اولیه دارند که تغییر می کنند. برای مثال طرح یک پنجره ای را با اندازه اولیه $1000 * 500 \text{mm}$ از مجموعه مولفه انتخاب میکند، اما از عرض و ارتفاع را به راحتی با هم وفق می دهد اگر این پنجره متناسب با شرایط طراحی نباشد قبل از رفتن به مرحله بعدی، یک مسئله مهم بررسی و اصلاح نام و نوع شی می باشد. که برای نقشه کشی اجزا فونداسیون را با سطح ضایعات آن قرار می دهد.

مرحله دوم رابط برنامه کاربردی (API) برای ایجاد اتصال بین BIM و روش های طراحی، پایگاه داده های تولید ضایعات (DO-WG) استفاده می شود و این اتصال به زبان های مختلفی برنامه نویسی می شود پس از اتصال، سطح تولید ضایعات هر مولفه ای در مدل BIM بطور خودکار مطابق با مولفه ای در مدل با پایگاه داده به دست می آید.

مرحله سوم محاسبه مقدار ضایعات و ارائه نتایج می باشد. bim می تواند بطور خودکار، مقدار مولفه یا اجزاء اصلی را اندازه گیری کند. با توجه به نوع شیء ساختمانی، این کمیت یا مقدار را می توان با ناحیه، حجم یا قطعه نشان داد.

1. تولید ضایعات یک شیء را می توان در معادله 2-4 زیر نشان داد:

$$W_{Di} = Q_{Di} \times L_{Di}$$

که (W_{Di}) تولید ضایعات، تولید ضایعات از جزء (i) در گزینه طراحی جریان می باشد، (Q_{Di}) کمیت یا مقدار (i) است (L_{Di}) سطح تولید ضایعات ذخیره شده در پایگاه داده (DO-WG) می باشد.

2. ضایعات کلی (W_D) با معادله 2-5 زیر نشان داده می شود:

$$W_D = \sum_1^n W_{Di}$$

سرانجام، طراح می تواند تولید ضایعات را در نرم افزار bim مرور و بررسی کند و مولفه یا جزئیات را در گزینه طراحی پیدا کند که باعث ضایعات و معیارهای دیگر، طراحی تصمیم می گیرد که طرح اصلی باید اصلاح شود اگر این طرح تغییر کند و اصلاح شود، مراحل بالا تکرار می شوند تا جدیدترین تولید ضایعات محاسبه شود. فرایند کلی را می توان بدون وجود منابع زیاد، در محیط bim تکرار کرد.

3-5-6-2. تخمین تولید پسماند در مرحله ساخت

برای ارزیابی تولید ضایعات در مرحله طراحی تولید ضایعات در مرحله ساخت در چهار مرحله سنجیده می شود:

1. توسعه مدل bim برای کارهای ساختمانی

2. اتصال پایگاه داده مدل و طرح های ساختمانی، تولید ضایعات (CS-WG)

3. محاسبه مقدار ضایعات و مروری بر نتایج

4. در واقع پیمانکاران باید از نظر قابلیت ساخت، طرح را بهینه کنند.

در این مورد، تولید ضایعات در معیارهای دیگری چون زمان هزینه و کیفیت، مورد توجه می باشد.

3. در ریاضی، تولید ضایعات از یک طرح ساختمانی را می توان در معادله 2-6 زیر نشان داد:

$$W_{Ci} = Q_{Ci} \times L_{Ci}$$

که W_{Ci} تولید ضایعات از طرح ساخت مولفه i می باشد، Q_{Ci} کمیت یا مقدار مولفه یا استفاده از طرح ساختمانی می باشد و L_{Ci} سطح تولید ضایعات ذخیره شده در پایگاه داده (CS-WG) می باشد.

4. ضایعات کلی W_C با معادله 2-7 زیر نشان داده می شود:

$$W_C = \sum_1^n W_{Ci}$$

همچنین اگر زمانبندی ساخت با مدل جمع بندی شود، تولید ضایعات در فرایند ساختمانی در یک محیط bim شرح داده می شود. این دو نمونه دو مزیت دارد:

1. ابتدا، پیمانکاری تواند یک درک و شناخت کافی از مقدار ضایعات تولید شده در هر کار ساختمانی داشته باشد که یکی از معیارهای لازم برای تحلیل طرح درست است .
2. مدیران محل می توانند برای ترتیب دادن حمل و نقل به موقع، از آن به عنوان یک مبنایی برای تحویل ضایعات ساختمانی استفاده کنند که در نتیجه به حفظ یک محیط تمیز و سازمان یافته کمک می کند. [41].

2-5-7. نگهداری و تمهیدات ساختمان

نگهداری ساختمانی¹، به عنوان یکی از موضوعات اصلی بحث مدیریت امکانات² برشمرده میشود [42]. و همزمان در زمینه ساخت و ساز نیز مورد بررسی قرار میگردد [43]، با این حال توجه شایسته ای به این امر نمیشود، که شاید دلیل آن، غیر محوری بودن این موضوع در بحث خدمات "تامین کننده" ساختمان باشد [44]. به طور کلی، نگهداری میتواند هم جنبه پیشگیری داشته باشد و هم تعمیر و اصلاح. در حال حاضر، اطلاعات و دانش مورد نیاز برای پیشگیری از خرابی ها، راحتتر از اطلاعات مورد نیاز برای تعمیر در دسترس قرار دارد. یکی از چالش های همیشگی در سایت پروژهها در دسترس نبودن سریع اطلاعات لازم برای نگهداری و تعمیر محصولات مانند اطلاعات راهنمای استفاده از وسایل، تعمیر آنها، شماره تماسهای تکنسین تعمیرکار و ... آن قطعه است. از آنجا که بحث نگهداری ساختمان در بازه چند ساله مطرح میشود، و در اغلب موارد، ذی نفعان، کارفرمایان و غیره در طول سال جابجا میشوند، مشتریان و کاربران همیشه لازم است به طور مداوم پیگیر شرکتهای فروش و تعمیر قطعات باشند [45]. بنابراین به منظور حفظ و نگهداری ساختمان، نیاز به یک سیستم جامع از اطلاعات ساختمان، که همواره قابل به روز رسانی باشد، احساس میشود.

2-5-7-1. نگهداری و تمهیدات ساختمان بر مبنای BIM

bim میتواند با ارائه یک سیستم یکپارچه ارتباطی پیوسته بین اعضا و امکانات برقرار کند. در حالی که تصور میشود bim ساخته شده است تا محیط کار را تداعی کند، مطالعات در این محدوده بیشتر منعطف به ذخیره سازی و اشتراک گذاری اطلاعات فنی بوده است. قابلیت های bim میتواند با تکنیک های مبتنی بر دانش³، مانند روش مبتنی بر منطق⁴ هم اطلاعات و هم دانش را به اشتراک میگذارد تا ذی نفعان از آن بهره گیرند [46].

منظور از دانش، دانش و تمهیدات لازم برای نگهداری است که شامل مواردی چون بررسی احتمالات خرابی، انتخاب روش نگهداری و دلایل آن، اثرات خرابی روی دیگر المانهای ساختمان میشود، که همه باید با جزئیات مورد بررسی قرار گیرند. بنابراین، نگهداری ساختمان نیازمند سیستمی جامع به منظور دریافت، ذخیره سازی و بازیابی اطلاعات همه اعضای به کار رفته در ساختمان است تا به وسیله آن، به

¹ Building Maintenance

² Facility Management

³ based techniques-knowledge

⁴ Based Reasoning -Case

تحلیل چگونگی خدمت و یا خرابی های اعضای ساختمان بپردازد. چنانچه کمبود اطلاعات ممکن است موجب تعمیر و نگهداری بی اثر و تکرار اشتباهات گردد [46].

در مطالعات مختلف برای نگهداری فنی ساختمان، 4 بسته کاری در نظر گرفته میشود که هر بسته، شامل جزئیات فنی هر نوع خاص از تعمیرات، فرکانس زمانی انجام آن، نحوه ساخت یا انجام آن، مقدار مصالح و قیمت آن، اطلاعات نگهداری، و تکنسین و یا شرکت متعهد مورد نظر میباشد [46].

8-5-2-تداخلات ساختمانی در مدل BIM

تشخیص تداخلات ساختمانی¹ یکی از مهمترین بخشهای فرآیند مدلسازی اطلاعات ساختمان محسوب میشود. وجود تداخلات در مدل bim ناشی از این امر است که مدل یک ساختمان از پیوستن چند مدل جدا شکل میگیرد. در مدلسازی ساختمان بر اساس bim ابتدا مهندسين رشته های مختلف مانند، مهندس سازه، تاسیسات، محیط زیست و به صورت مستقل مدل خود را بر روی مدل معماری سوار میکنند و در نهایت این مدلها باهم یکی میشوند.

پس از یکی کردن، مدل ها مرحله بعدی تشخیص تداخلات است که در آن به جستجوی تداخل های مختلف می پردازند. منظور از برخورد، اشغال یک فضا توسط دو المان متفاوت است. و یا ممکن است، اندازه دو المان از دو مدل با یکدیگر ناسازگار باشند. در بعضی مواقع نیز بحث توالی زمانی اجرا مطرح میشود که در آن اجرای قسمتی از ساختمان خارج از دستور برنامه قرار میگیرد. پیدا کردن چنین تناقضاتی در طراحی و ساخت، بسیار مهم است، زیرا هر یک از آنها میتواند موجب تعویق در انجام کار، تغییر در طراحی، از بین رفتن مواد اولیه و یا تخطی از هزینه های تعیین شده را به همراه داشته باشد. تشخیص تداخلات موضوع جدیدی نیست و از گذشته، در فاز ساخت این پدیده به وفور مشاهده شده است. به عنوان مثال گاهی تیر طراحی شده توسط مهندس سازه، از داخل کانال تهویه هوا که توسط مهندس تاسیسات طراحی شده، عبور میکند. در این موارد، هزینه و زمان بسیار زیادی صرف رفع این برخوردها میشود. اما در مدل bim این تداخلات در فاز طراحی تشخیص داده میشوند و قبل از آغاز ساخت برطرف میگردند که موجب صرفه جویی در هزینه، زمان و مصالح میشود و کیفیت ساخت را بالاتر میبرد.

در گذشته برای تشخیص برخوردها، نقشه های مختلف را بر روی میزهای نوری قرار میدادند، تا این تداخلات را پیدا کنند. حال آنکه بعضی از این تداخلات سطحی نیز در کارگاه توسط مهندسان قابل رویت، و برطرف کردن است، ولی تداخلاتی که در بطن کار وجود دارد، قابل تشخیص نیست.

برای تشخیص تداخل اشیاء شیوه های مختلفی وجود دارد. سریعترین آنها روش کره است. دو کره وقتی باهم برخورد میکنند، که فاصله مرکز آنها از جمع شعاع هایشان کمتر باشد. روش دیگر مکعب است که دقیق تر بوده ولی سرعت لازم را ندارد. بسیاری از تداخلاتی که توسط نرم افزارهای bim تشخیص داده

¹ Clash detection

[Type here]

میشود، از ترکیب پیچیده تر این روشها حاصل میگردد که طی آن المانها بر حسب احتمال تداخلشان کلاس بندی میشوند. به عنوان مثال، المانی که احتمال کمتری برای تداخل آن وجود دارد، از روشهای سریع و در مقابل المانهایی مانند تیر، سقف و ... که احتمال تداخل بالایی دارند، از الگوریتمهای دقیقتر بهره میگیرند. تداخلات در bim به سه گروه تقسیم میشوند:

- برخوردهای سخت
- برخوردهای نرم
- تداخلات زمانی

1-8-5-2. برخوردهای سخت

همانطور که از نامش پیداست، به معنای اشغال یک فضا توسط دو المان سخت را گویند. برای مثال، ممکن است مسیر لوله کشی که در حال اجرا باشد، به ستونی برخورد کند که در درون دیوار جای دارد. اما تشخیص برخوردهای سخت در bim نه تنها به صورت هندسی، بلکه بر مبنای قواعد و مفهومی است که در بردارنده اطلاعات خاص آن المان است. در تشخیص هندسی برخوردها حتی تمام داکتهای برق و یا لوله ها که از سقف عبور میکنند هم شمرده میشود. در صورتی که در تشخیص اطلاعات بر اساس اطلاعات ضمیمه شده به المان میتوان از این تداخلات رایج چشم پوشی کرد. سطح جزئیات (LOD)¹ در مدل bim نشانگر میزان دقت و کارایی در تشخیص تداخلات است و از اهمیت زیادی برخوردار است. در این روش مدل به کاربر این امکان را میدهد، تا با انتخاب مجموعه set selection به تحلیل المان در زیر مجموعه های کوچکتر پردازد مانند تداخلات سیستم تاسیسات فقط در مقابل سقف و یا برخوردهای بین سیستم سازه ای و دیوارها .

2-8-5-2. برخوردهای نرم

به آن دسته گفته میشود که در آن، المانها در اطراف خود نیازمند فضایی هستند تا به عنوان فضایی برای عایق بندی، تعمیر و نگهداری بتوان به آن دسترسی پیدا کرد. در اغلب موارد تشخیص برخوردهای نرم به منظور رعایت نکات آییننامه ای چک میشود .

3-8-5-2. تداخلات زمانی

که به عنوان بعد چهارم در نظر گرفته میشود، به آن خللهایی که برنامه ریزی پروژه را بهم میزنند، گفته میشود. مدل bim این قابلیت را دارد تا از این تداخلات که موارد مانند نیروی کار، زمان کار ماشین آلات، مصالح، ساخت و زمانهای تحویل کار را در برمیگیرد، مورد بررسی قرار دهد.

¹ Level of Detail

پس از اجرای مدل برای یافتن تداخلات بسیاری از تداخل ها به صورت تکراری نشان داده خواهند شد. به عنوان مثال به لوله ممکن است، از 8 بال تیر عبور کند، که این به عنوان 8 تداخلات شمرده میشود، در صورتی که یک المان است. حذف چنین مواردی و دسته بندی کردن تداخل ها یکی از امکانات تحلیل مدل در bim است.

تکنولوژی تشخیص تداخلات به دو شکل صورت میگیرد:

1- تشخیص برخورد با استفاده از نرم افزارهای موجود در bim

2- تشخیص برخورد با استفاده از ابزار یکپارچه سازی bim که تداخل ها را پیدا میکند.

در مورد شماره 1، تشخیص تداخلات به دلیل محدودیت های نرم افزاری، در یکپارچه کردن، مدل های تخصصی مختلف محدود میگردد. بر این اساس، تیم های طراحی، مدلهای خود را در نرم افزارهای مختلف طراحی میکنند. به عنوان مثال، تیم طراحی سازهای ممکن است مدل خود را با استفاده از نرم افزار Tekla طراحی کنند یا مدل معماری با استفاده از Revit، مهندسان برق از Bentley و تیم تاسیسات مکانیکی از Graphisoft ساخته شود، که در این حالت زبان مشترکی برای نرم افزارهای ذکر شده وجود ندارد، و در نتیجه، برخورد و تداخل آنها نیز قابل تشخیص نیست.

اما در مورد شماره 2، تمامی های پیچیده نیز به صورت کامل شناسایی می شوند. اما مشکل بسیار بزرگ این شیوه، عدم قابلیت رفع تداخل ها در آن است. به این معنا که بارگزاری در این نرم افزار یکطرفه بوده، و فقط ورودی میگیرد و هیچ خروجی و یا تغییری نمیتوان در آن اعمال کرد، که البته در ورژن های جدیدتر این قابلیت نیز به صورت محدود، افزوده شده است [47].

9-5-2. نرم افزار های BIM

بستر معرفی و توسعه روش مدلسازی اطلاعات ساختمان را نرم افزارهایی تشکیل میدهند که ابزار کار در این متدولوژی میباشند. نرم افزارهای bim هوشمند، پارامتریک و شی-محور هستند که محبوبترین آنها در سطح جهان Revit، Naviswork، Tekla و Archicad میباشند و با این تعریف نرم افزارهایی از قبیل 3Dmax و Rhaino از نرم افزارهای bim به حساب نمی آیند. محبوبترین نرم افزارهای مورد استفاده بر اساس تولیدکنندگان مختلف و رایج در سطح جهان به شرح ذیل است:

1. نرم افزار Revit: با الهام از کلمه حیات بخشیدن مجدد¹ توسط کمپانی Autodesk ارائه شده که مطابق آمارهای جهانی محبوبترین ابزار bim به شمار میرود و نرم افزاری جامع برای طراحین ارائه میکند که تمام آنچه Platforme طراحی مبتنی بر مبنای bim نیاز دارد را در خود لحاظ کرده است. به نظر میرسد به زودی تمامی فعالین bim صرف نظر از رشته های تخصصی خود با این نرم افزار آشنا باشند و ابزارهای متناسب برای فرآیندهای کاری خود را فراگیرند. برنامه Revit این

¹ Revitalize

امکان را برای کاربران فراهم میکند تا با نوشتن کد و وارد کردن API¹، قابلیت‌های آن را افزایش داده و همچنین میتوان برای آن افزونه مدیریتی ایجاد کرد تا به راحتی قابل اجرا و ویرایش باشد و دستورات خارجی را بوسیله پلت فرم Revit به ثبت رساند Autodesk-Revit-API این امکان را به برنامه نویس میدهد تا با تغییر عناصر bim دستورات تخصصی را در دسترس قرار دهند. برنامه های کاربردی و تخصصی زیادی مربوط جزئیات فولاد، تحلیل انرژی، و برآورد هزینه و ... از این طریق توسعه پیدا کردهاند. اکثر این برنامهها مربوط به مرحله طراحی میشوند در صورتی که هیچ برنامه برای تخریب نوشته نشده بود.

جک² و همکارانش در سال 2013، با استفاده از زبان برنامه نویسی سی شارپو Microsoft Visual Studi برنامه برای تخمین میزان پسماند ناشی از تخریب نوشتند [40].

2. نرم افزار Naviswork: نیز که هدف اصلی آن ایجاد بستر هماهنگی و همکاری میان عوامل میباشد، امکانات منحصر به فردی از قبلی شبیه سازی واقعی مدل و امکان حرکت در آن، تلفیق مدلهای رشته های مختلف، کشف تداخلات و ناهماهنگی های فضایی تشخیص تداخلات، برنامه ریزی و کنترل پنج بعدی پروژه، برآورد احجام و مقادیر و بسیار کارکردهای دیگر را ارائه کرده است. دو ویژگی مهم Naviswork شامل پشتیبانی از طیف وسیعی از فرمت ها و نیز ایجاد فضایی که عملکرد بسیار سریعتری نسبت به نرم افزارهای طراحی دارد آن را به گزینه ای مطلوب تبدیل کرده است.

9-5-2. نرم افزار (LCA)

نرم افزار IE4B³ به منظور محاسبه و ارزیابی چرخه حیات ساختمان ها مورد استفاده قرار میگیرد. این نرم افزار در واقع برای پشتیبانی از مهندسان و مشاورانی است که علاقه مند به طراحی های پایدار با رویکرد محیط زیستی میباشد. این نرم افزار با استفاده از اطلاعات و استانداردهای سازمان APE آمریکا، اطلاعاتی از قبیل پتانسیل گرمایش زمین، پتانسیل اسیدیته، پتانسیل تخریب لایه اوزون، انتشار آلاینده به آب و هوا و ... که از ساخت هر ساختمان به محیط تحمیل میگردد را در غالب نمودار و جداولی در اختیار ما قرار میدهد.

نرم افزار Athena یک پایگاه اطلاعاتی قوی و پیچیده درون نرم افزار خود دارد، که تنها با استفاده از اطلاعات فیزیکی ساختمان که از کاربر خواهد گرفت، خروجی های مورد نظر را در اختیار قرار خواهد داد. در ابتدا اطلاعاتی

مانند موقعیت ساختمان، کاربری، ارتفاع و مساحت ساختمان مورد نظر را وارد کرده. در قسمت بعدی ساختمان با استفاده از ماژول هایی مانند دیوار، سقف، کف و .. تعریف میگردد. و پس از آن مصالح مورد استفاده از در هر المان را کاربر وارد کرده، و نرم افزار با تطبیق المان های استاندارد خود، داده های وارد شده، اطلاعات مورد نیاز ما را در اختیار ما قرار میدهد.

¹ Application program interface

² Jack

³ Impact Estimator for Building

در نرم افزار Athena مقدار اثرات زیست محیطی در سایت ساختمان، با اندازه گیری انرژی استفاده شده برای جابجایی از محل تولید تا محل توزیع مصالح و ساخت مورد محاسبه قرار میگیرد. همچنین این نرم افزار میزان آلودگی انتشار یافته به آب، زمین و هوا را که به دلیل فعالیت های درون سایت اتفاق میافتد مورد مطالعه قرار میدهد. به عنوان مثال در این قسمت به شرح کوچکی از ساخت دیوار بتنی درجا در سایت اشاره میکنیم:

ساخت دیوار بتنی در جا شامل دو مرحله است: بستن میلگردهای مربوطه مطابق نقشه و پس از آن ریختن بتن و ویریه آن. آرماتور بندی ممکن است در سایت با دست صورت گیرد و یا در جای دیگر ساخته شد و با جرثقیل در محل خود تعبیه گردد. قالب بندی بتن مورد نظر نیز به همین صورت است. بتن مورد نظر نیز ممکن است از طریق کامیون های میکسر به سایت آورده شده و بوسیله پمپ بتن پمپاژ شود، و یا از طریق جرثقیل بتن ریزی گردد. فاصله تعیین شده برای همه فرآیندهای جابجایی حدود 40 کیلومتر در نظر گرفته شده است، برای فعالیت بتن ریزی مقدار پسماند ساخت 5% فرض گردیده است، که در آن از اضافه آمدن بتن و ... صرف نظر شده است.

در فاز مرمت و نگهداری، نرم افزار به مصالح و المان هایی میپردازد که پس از هر بازه زمانی نیاز به تعمیر و یا جایگزینی دارد. در این مرحله فرض بر این است که مصالح جایگزین، خواصی مشابه با همان مصالح قبل را دارد و تغییرات سلیقه ای در آن اعمال نمیشود.

نرم افزار Athena از الگوریتمی ساده برای بررسی سرانجام مصالح در پایان حیات ساختمان استفاده میکند. زیرا پیشبینی این امر که در سالهای بسیار دور آینده دقیقن چه اتفاقی برای آن میافتد، غیر قابل پیش بینی دقیق است. پایان عمر مصالح با سه حالت ممکن میتواند همراه باشد:

1- بازیافت

2- استفاده مجدد

3- دفع

به جز فلزات و آهن آلات، مصالح دیگر که مورد استفاده مجدد، بازیافت و یا برای استحصال انرژی مورد استفاده قرار میگیرند، از سیستم خارج شده، و در محل دیگری مورد بررسی قرار میگیرند. نرم افزار در ابتدا انرژی مورد نیاز برای تخریب و واسازی اعضای اصلی ساختمان را تخمین میزند. با این فرض که المان های پوسته ای در ابتدا تخریب میشوند(پس از آن به محاسبه وضعیت نهایی کل مصالح در بیرون سایت میپردازد.

در وضعیت نهایی مصالحی که به منظور بازیافت از سایت خارج میشوند، میزان تولید کربن دی اکسید 100% آنها مورد بررسی قرار میگیرد. همچنین مصالحی که برای سوختن و استحصال انرژی در نظر گرفته میشوند نیز میزان 100% کربن درونی آنها مورد محاسبه قرار میگیرد. در صورت استفاده مجدد از این مصالح دیگر انتشار کربنی برای انتهای حیات آنها در نظر گرفته نمیشود [48].

مرور منابع

منابع داخلی

حمیدی و همکارانش در سال 2014 به پایگاه داده از مصالح ناشی از تخریب ساختمان بر پایه bim تهیه کردند. علاوه بر آن نیز سیستم مدیریت پسماند پس از تخریب یک ساختمان را بر اساس bim ارائه دادند به تازگی مدلسازی اطلاعات ساختمان نیز به عنوان راهکاری تاثیر گذار در کاهش مقدار پسماند معرفی شده است که طی آن با بهبود کیفیت و دقت در طراحی و ساخت، از وقوع خطا، دوباره کاری و تغییرات غیرمنتظره در طراحی جلوگیری میکند. به این منظور مطالعات بسیاری بر روی سیستم طراحی بر اساس مدلسازی اطلاعات ساختمان، و دیگر شیوه های مدیریتی برای کاهش موثر پسماند تبیین شده است [49].

آهنکوب در سال 2012 به بررسی پتانسیل کاربرد bim در کاهش پسماند با آنالیز عمقی دلایل مختلف تولید آن و کارهای انجام شده بر روی آن پرداخت. در این مطالعه به منظور جلوگیری از وقوع خطاهای طراحی، دوباره کاری ها، استفاده از مصالح پیش ساخته، رفع تداخل های نامناسب (مانند تداخل های سازه ای و تاسیساتی)، بررسی چندباره روند طراحی، عنوان گردیده است. که دو مورد آخر به عنوان روش اعتبارسنجی طراحی مبتنی بر bim¹ معرفی گردیده است [50].

منابع خارجی

¹ based design validation -BIM

جیلون¹ و همکارانش در سال 2009، به بررسی مقدار کاهش پسماند در صورت استفاده از مصالح پیش ساخته در شهر هنگ کنگ پرداختند که طی آن به طور میانگین 52% کاهش، نتیجه گرفته شده است [39]. همچنین لوتون² و همکارانش در سال 2002، با همین روش تا 70% پسماند بتنی را کاهش داده اند [51]. به طور کلی روش ها و ابزارهای بسیار زیادی برای کاهش پسماند در مرحله طراحی و تامین منابع ارائه شده است .

برای کاهش نخاله های ساختمانی، نیاز به یک روش یکپارچه طراحی است، زیرا درصد قابل توجهی از آن به دلیل طراحی نامناسب و تغییرات غیرقابل پیشبینی در سایت ایجاد میگردد [39].

مدیریت ناب لین³ نیز تاثیر قابل توجهی در بهبود عملکرد و فرآیند ها دارد که بوسیله آن میتوان پسماند ساختمانی را کاهش داده و از نفوذ اثرات زیست محیطی به طبیعت جلوگیری کرد [52]. ساخت و ساز ناب منجر به 64% کاهش پسماند ساختمانی میتواند بشود [53].

چنگ⁴ در سال 2013 از مدلسازی اطلاعات ساختمان برای تخمین پسماند ساختمانی، مقدار مصالح دفع شده، و همچنین محاسبه هزینه ماشین آلات و کامیون های حمل نخاله استفاده کردند. با وجود نتایج خوب بدست آمده در مطالعات عنوان شده، تمرکز این مطالعات بیشتر بر روی مدیریت پسماند ساختمانی بود، تا کاهش عوامل اصلی تولید آن. کاهش پسماند ساختمانی مستلزم تمرکز بیشتر بر روی شناسایی علل اصلی تولید پسماند و کاهش آن می باشد تا اینکه به نحوه بازیابی و بازیافت این مصالح بخواهیم پردازیم [54].

راجندران و گومز⁵ در سال 2012 ادعا کردند که میتوان پسماند را با طراحی بدون پسماند به وسیله bim صورت داد¹. در این مقاله کاهش پسماند به عنوان تکنیکی با اصول جلوگیری و کاهش پسماند پیش از تولید آن عنوان شد [55].

جونگ سونگ و وندر سال 2016 روشی ارائه داد که طی آن، با فرآیند اعتبارسنجی، طراحی بر مبنای bim میزان پسماند کاهش یافته و تولید نشده را، محاسبه کرده است. در این مقاله پنج خطای طراحی که شامل اشتباهات غیرعلمی، حذف، و اختلاف بین نقشه ها در فاز قبل از ساخت و طراحی شناسایی شده است. که 129 خطا 25% احتمالاً منجر به دوباره کاری و تولید پسماند ساختمانی میشده است. در این پروژه زباله تولیدی در صورت عدم استفاده از bim حدود 90% بیشتر از زباله تولیدی در صورت استفاده از bim پیشبینی شده است. در این پروژه که دو ساختمان مورد بررسی قرار گرفته است، پسماند به مقدار 15/2% و 3/4% کاهش یافته است [25].

¹ Jaillon

² Latwon

³ Lean

⁴ Cheng

⁵ Rajendran and Gomez

⁶ Jongsung won

[1].Roche TD, Hegarty S. Best practice guidelines on the preparation of waste management plans for construction and demolition projects; 2006, <http://goo.gl/LKxNsa> [accessed on 21.09.15]

[2].R. Burke, "Project Management. Planning and Control Techniques", 3 rd ed., John Wiley & Sons LTD, Chichester, 2001, pp. 26 – 31.

[3].Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, "Mögliche Ursachen für Kosten- und Terminüberschreitungen bei der Realisierung von Großprojekten," Sitzung Reformkommission Bau von Großprojekten am 17.04.2013, Berlin, April 2013. [Online] Available at:<http://www.bmvi.de//SharedDocs/DE/Artikel/UI/reformkommissionbau-von-grossprojekten.html?nn=38976> [Accessed 19 June 2013].

[Type here]

[4] .HM Government, "Industrial strategy: government and industry in partnership. Building Information Modelling", 2012.

[5] .C-SanD, "Sustainable Development and Sustainable Construction", Loughboroung University, 2001.

[6].Eastman, C. and Eastman C. 2008. BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, John Wiley and Sons.

[7].Bekker, P. C. F. (1982). "A life-cycle approach in building." Building and Environment, 17(1), 55-61.

[8] .Adalberth, K. (1997). "Energy use during the life cycle of buildings: a method." Building and Environment, 32(4), 317-320.

[9]McGraw-Hill Construction, "The Business Value of BIM in Europe. Getting Building Information Modeling to the Bottom Line in the United Kingdom, France and Germany," SmartMarket Report, Bedford: McGraw-Hill Construction, 2010.

[10] .Autodesk, 2005. "Building Information Modeling for Sustainable Design," Autodesk, Inc., 2005. [Online] Available at: http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_for_sustainable_design_jun05.pdf [Accessed 14 May 2013].

[11] .Buyle M, Braet J, Audenaert A. Life cycle assessment in the construction sector: a review. Renew 453 Sustain Energy Rev 2013;26:379–88.

[12] . J. B. Guinee, R. Heijungs, G. Huppes et al., "Life cycle assessment: past, present, and future," Environmental Science and Technology, vol. 45, no. 1, pp. 90–96, 2011.

[13] .Korres, N.E., et al., Grass biomethane for agriculture and energy, in Genetics, Biofuels and Local Farming Systems. 2011, Springer. p. 5-49.

[14] .Ilhan, B. & Yaman, H., Green building assessment tool (GBAT) for integrated BIMbased design decisions. Automation in Construction, 70, pp. 26–37, 2016.)

[Type here]

[15] .CRC. (2007). Digital Modelling and BIM. Brisbane, Australia: CRC for Construction Innovation. East, E. W. (2012). The Facility Management Handover Model View. Journal of Computing in Civil Engineering.

[16]. Asdrubali, F., Baldassarri, C., and Fthenakis, V. (2013). "Life cycle analysis in the construction sector: Guiding the optimization of conventional Italian buildings." *Energy and Buildings*, 64(0), 73-89.

[17]. Ortiz, O., Francesc, C., & Sonnemann, G. (2009). Sustainability in the Construction Industry: A Review of Recent Developments Based on LCA. *Construction and Building Materials*, pp. 23:28-29.

[18] .Trusty, W., & Horst, S. (2005). LCA Tools Around the World. *Building Design & Construction*, 12-15.

[19]. ع. ح. زاده, "No Title," in مدیریتی پسماندهای ساختمانی و عمرانی: چالشها و راهکارها (نمونه موردی شهر مشهد), 1394, p. 28.

[20]. ر. حامد and ل. پ. غلامرضا, "No Title," in ویژگی های نخاله های ساختمانی و کاربر آنها در پروژه های عمرانی, 1388.

[21]. ز. جودکی, 1384. No Title,

[22]. ع. ح. اسرمی. "کلی- خوب", pdf in, بررسی کاربرد پسماند ساختمانی در چرخه استفاده مجدد با در نظر گرفتن پارامترهای زیست محیطی و اقتصادی, 1393.

[23] .T. Esin and N. Cosgun, "A study conducted to reduce construction waste generation in Turkey," *Build. Environ.*, vol. 42, no. 4, pp. 1667–1674, 2007

[24] .C. Poon, T. W. Yu, and L. H. Ng, A guide for managing and minimizing building and demolition waste. Department of Civil & Structural Engineering, Hong Kong Polytechnic University, 2001.

[25] J. Won, J. C. P. Cheng, and G . Lee, "Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea," *Waste Manag.*, vol. 49, pp. 170–180, 2016.

[26]. J. S, "Quantification of construction waste amount."

[Type here]

[27] J. Solís -Guzmán, M. Marrero, M. V. Montes-Delgado, and A. Ramírez-deArellano, “A Spanish model for quantification and management of construction waste,” *Waste Manag.*, vol. 29, no. 9, pp. 2542–2548, 2009.

[28] C. Llatas, “A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list,” *Waste Manag.*, vol. 31, no. 6, pp. 1261–1276, 2011.

[29] H. H. Lau, A. Whyte, and P. L. Law, “Composition and characteristics of construction waste generated by residential housing project,” 2008.

[30] H. P. Yuan, L. Y. Shen, J. J. L. Hao, and W. S. Lu, “A model for cost –benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the waste chain,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 55, no. 6, pp. 604–612, 2011.

[31] A. F. Masudi, C. R. Che Hassan, N. Z. Mahmood, S. N. Mokhtar, and N. M. Sulaiman, “Waste quantification models for estimation of construction and demolition waste generation: a review,” *Int. J. Glob. Environ. Issues*, vol. 12, no. 2–4, pp. 269–281, 2012.

[32] DEFRA, *Demolition and Excavation Waste Generation Estimate*. England, 2012.

[33] P. Crowther, “Design for disassembly -themes and principles,” *BDP Environ. Des. Guid.*, vol. 2005, 2005.

[34] B. J. H. Dorsthorst and T. Kowalczyk, “Design for recycling,” *Des. Deconstruction Mater. Reuse*, CIB Task Gr., 2002.

[35] A. Warszawski, “Industrialized and Automated Building Systems: E and FN Spoon,” 1999.

[36] D. D. Tingley and B. Davison, “Developing an LCA methodology to account for the environmental benefits of design for deconstruction,” *Build. Environ.*, vol. 57, pp. 387–395, 2012.

[37] B. Guy and N. Ciarimboli, *DfD: Design for Disassembly in the Built Environment: a Guide to Closed-loop Design and Building*. Hamer Center, 2008.

[38] A. R. Chini and S. Balachandran, “Anticipating and responding to deconstruction through building design,” *Proc. Des. Deconstruction Mater. Reuse*, CIB Publ., vol. 272, pp. 175–185, 2002.

[Type here]

[39] L. Jaillon, C. -S. Poon, and Y. H. Chiang, “Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong,” *Waste Manag.*, vol. 29, no. 1, pp. 309–320, 2009

[40] J. C. P. Cheng and L. Y. H. Ma, “A BIM -based system for demolition and renovation waste estimation and planning,” *Waste Manag.*, vol. 33, no. 6, pp. 1539–1551, 2013

[41].W.Lu,C.Webster, K. Chena, X. Zhangc, X. Chena, Computational Building Information Modelling for construction waste management: Moving from rhetoric to reality,vol. ,no. ,pp.591-593,2017.

[42] P. Barrett and D. Baldry, *Facilities management: Towards best practice*. John Wiley & Sons, 2009.

[43] K. N. Ali, M. Sun, G. Aouad, R. M. R. Mazlan, and F. D. Mustapa, “Understanding the business process of reactive maintenance projects,” in *International Conference on Construction Industry*, 2006, vol. 21.

[44] Z. Waheed and S. Fernie, “Knowledge based facilities management,” *Facilities*, vol. 27, no. 7/8, pp. 258–266, 2009.

[45] J. Nummelin, K. Sulankivi, M. Kiviniemi, and T. Koppinen, “Managing Building Information and client requirements in construction supply chainContractor’s view,” in *Proceedings of the CIB W078-W102 Joint Conference: Computer, Knowledge, Building*, Sophia Antipolis, France, 2011.

[46]. I. Motawa and A. Almarshad, “A knowledge -based BIM system for buildingmaintenance,” *Autom. Constr.*, vol. 29, pp. 173–182, 2013.

[47].O’Donnell & Naccarato, “No Title,” association of construction and development. [Online]. Available: http://www.associationofconstructionanddevelopment.org/articles/view.php?article_id=10780.

[Type here]

[48]. ذوقی. میلاد. 1396. ارزیابی مقدار پسماند ساختمانی و اثرات زیست محیطی آن در چرخه حیات ساختمان و کاهش آن با استفاده از تکنولوژی (BIM) پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش محیط زیست، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی (ص 26-34).

[49]. B. Hamidi, T. Bulbul, A. Pearce, and W. Thabet, "Potential application of BIM in cost-benefit analysis of demolition waste management," *Constr. Res. Congr.*, pp. 279–288, 2014.

[50]. A. Ahankoob, S. M. Khoshnava, R. Rostami, and C. Preece, "BIM perspectives on construction waste reduction," in *Management in Construction Research Association (MiCRA) Postgraduate Conference, Malaysia, 2012*, pp. 195–199.

[51]. T. Lawton, P. Moore, K. Cox, and J. Clark, "The gammon skanska construction system," in *Proceedings of the International Conference Advances in Building Technology, 2002*, vol. 2, pp. 1073–1080.

[52]. L. Song and D. Liang, "Lean construction implementation and its implication on sustainability: a contractor's case study," *Can. J. Civ. Eng.*, vol. 38, no. 3, pp. 350–359, 2011.

[53]. I. Nahmens and L. H. Ik uma, "Effects of lean construction on sustainability of modular homebuilding," *J. Archit. Eng.*, vol. 18, no. 2, pp. 155–163, 2011.

[54]. J. C. P. Cheng and L. Y. H. Ma, "A BIM -based system for demolition and renovation waste estimation and planning," *Waste Manag.*, vol. 33, no. 6, pp. 1539–1551, 2013

[55]. P. Rajendran and C. P. Gomez, "Implementing BIM for waste minimisation in the construction industry: a literature review," in *2nd International Conference on Management, Malaysia, 2012*, pp. 557–570.