نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی • شماره ۳۹ • پاییز ۱۳۸۸

طراحی معماری با پیش بینی مجزاسازی و نصب مجدد اجزا*

دکتر محمدمهدی محمودی**[۱]، مهندس نیلوفر نیکقدم[۲]

[۱] استادیار دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

[۲] عضو هیئت علمی گروه معماری، دانشکده فنی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۲/۲۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۸۸/۵/۳)

چکیده:

فرآیند بکارگیری مصالح ساختمانی در ایران از استخراج مواد خام تا تبدیل به عناصر ساختمانی و نصب و بهره وری، امروزه بگونه‌ای است که زیان های جانبی و آلودگی بسیاری در محیط زیست بوجود می آورد. مجزاسازی، فناوری جدید و راهکار جایگزین تخریب است که امکان مجزاسازی و استفاده مجدد از مصالحی که به این منظور طراحی شده‌اند را فراهم و در ساختمان هایی که بهسازی می شوند، جداسازی لایه های مختلف ساختمان با عمرهای گوناگون را ممکن می سازد تا اجزاء ساختمانی بعد از تخریب یا بازسازی به نخاله های ساختمانی تبدیل نشده و مجدداً استفاده شوند و به این وسیله در مصرف مواد و انرژی صرفه جویی شده و آلودگی محیطی کمتری بوجود آید. طراحی با پیش بینی مجزاسازی در ایران که ضایعات قابل توجهی از تخریب و بازسازی ساختمان و خطرات طبیعی از قبیل زلزله دارد، رویکردی با ارزش است. همچنین مصالح و روش های بومی و پیمون های بناهای سنتی ایران، امکان تطابق با این روش را دارند. با بکارگیری اصول کاربردی این شیوه در طراحی معماری و سازه و انتخاب مصالح و همچنین طراحی اجزاء و اتصالات می توان به شیوه مناسبی برای صرفه جویی در منابع و انرژی و بهبود چرخه مصالح دست یافت.

واژه های کلیدی:

منابع طبیعی، چرخه مصالح، مجزاسازی اجزاء، پایداری، تخریب.

* این مقاله بر اساس بخشی از نتایج طرح پژوهشی "بررسی آلودگیهای زیست محیطی ناشی از توسعه مسکن در مراحل ساخت و دوران بهره‌برداری" که توسط نگارنده و زیر نظر قطب علمی فناوری معماری پردیس هنرهای زیبا انجام شده بود، تهیه شده است.

** نویسنده مسئول: تلفن: ۶۶۴۰۹۶۹۶ - ۰۲۱ ، نمابر: ۸۸۶۳۱۱۱۷-۰۲۱ ، E-mail: mmahmudi@ut.ac.ir.

مقدمه

طراحی دقیق و در نظر گرفتن چرخه عمر مصالح یک ساختمان منجر به ایجاد منابع بالقوه از مصالح برای نسل آینده می‌شود (ICE R&D, 2005). از مشخصات مشترک ساختمان هایی که چرخه بسته مصالح را ضعیف می کند، این است که ساختمان ها و اجزاء آنها در گذشته با هدف بازیافت و یا استفاده مجدد طراحی نشده اند (Matthews,2000). استفاده مجدد اجزاء نسبت به بازیافت نیز ارجح است، چون در این روش آلودگی محیطی و مصرف انرژی و مصالح اولیه کاهش می یابد (Stewart, 2004) و در عین حال امکان استفاده مجدد از مصالحی که بازیافت نمی شوند نیز وجود دارد. طراحی با دیدگاه مجزاسازی و نصب مجدد اجزاء، برای ساختمان‌هایی که پیش بینی می‌شود در آینده پس از پایان عمر مفیدشان تخریب و تجزیه شوند، امکان مجزاسازی مصالح و اجزاء آنها را فراهم می‌کند (Kibert, 2003, 84-88).

در ایران برای ساخت هر ساختمان مصالح بسیاری به کار می‌رود که از منابع طبیعی بدست آمده و نحوه استخراج و میزان آن بر محیط تأثیر می‌گذارد. از طرف دیگر در جریان عملیات ساختمانی مواد زائد بسیاری به صورت نخاله‌های ساختمانی تولید می‌شوند که خود به عنوان آلاینده‌های محیط عمل می‌کنند. روند تخریب ساختمان ها در ایران بسیار شتابان است. ساختمان زمانی که دیگر صرفه اقتصادی ندارد با وجود به پایان نرسیدن عمر مفید تخریب شده و به جای آن ساختمانی احداث می‌شود که بتواند بازده اقتصادی بیشتری برای سازندگان خود داشته باشد. متناسب نبودن طراحی واحدهای مسکونی با بستر محیطی و فرهنگ و نحوه زندگی روزمره ساکنان آنان، سبب ایجاد تغییرات کالبدی در آنها هنگام بهره‌برداری می‌شود(محمودی، ۱۳۸۷، ۲۷-۳۸) واین مسئله یعنی نوسازی و تغییرات ناشی از عدم تطابق الگوهای زندگی ساکنان با فضای زیستی آنان نیز سبب می‌شود مصالح بسیاری از بین رفته و به آوار تبدیل شده و بازتاب آن به بسترهای طبیعی و بکر وارد شود. مسئله زلزله از دیگر معضلات شهرها و روستاهای ایران است. باز هم در ایران زلزله رخ خواهد داد و بسیارند شهرها و روستاهای آسیب پذیری که نابود شوند، مگر آنکه تغییری در شرایط کنونی شکل گیری و بهره برداری از ساختمان به وجود آید (ثقفی، ۱۳۸۵ ، ۶۷-۷۴). می‌توان به جای اجرای روش های متداول ساختمان، با استفاده از روش های جدید راه حل های مناسب و قابل استفاده ای در مناطق زلزله خیز کشور ارائه کرد (گلابچی،۱۳۸۶، ۳۱-۴۲).

بحث فناوری و سازه های نو نیاز شدید دوران معاصر ما است (هاشم نژاد، ۱۳۸۶، ۲۳-۳۰) طراحی با پیش بینی مجزاسازی فناوری جدیدی در صنعت ساختمان است که در کشور ایران که ضایعات قابل توجهی از فعالیت‌های تخریب و همچنان خطرات طبیعی از قبیل زلزله دارد، رویکردی با ارزش است. این روش برای ساختمان هایی که تخریب می شوند یا در اثر زلزله کارایی خود را از دست می دهند، این امکان را فراهم می کند، که مصالح و اجزاء آنها پس از مجزاسازی در ساختمان دیگری استفاده شوند، همچنین در ساختمان هایی که نوسازی و بهسازی می شوند، میزان تخریب و هدر رفتن مصالح را به حداقل می رساند. برخی از مزایای آن عبارتند از تفکیک مصالح دارای کاربرد از نخاله های ساختمانی، امکان استفاده مجدد از اجزاء ساختمان، تسهیل بازیافت مصالح، صرفه جویی در مصرف انرژی و نهایتاً محافظت از محیط زیست.

الف) طرح مسئله، اهداف و روش تحقیق

با توجه به اهمیت و تأثیر قابل ملاحظه‌ای که تدوین و رعایت مقررات ساختمانی لازم‌الاجراء در ارتقاء کیفیت طراحی و اجرای ساختمان‌ها دارد، مسئولین ذیصلاح در لوای مواد قانونی در لایحه قانون نظام مهندسی کنترل ساختمان و پیش نویس آیین نامه اجرایی آن به کرات بدان پرداخته‌اند (ره شهر، الف ۱۳۷۵). این مقررات، مراحل مختلف طراحی واجرای ساختمان و تأسیسات و صرفه‌جویی در مصرف انرژی را در برمی‌گیرد. در صورت رعایت این نکات ریز در تمام بخش ها، بسیاری از ضعف های موجود برطرف می‌شوند و در نهایت آمار تخریب و دورریز مصالح پایین می‌آید که تأثیری مستقیم در کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی عملیات اجرایی خصوصا ساخت و ساز مسکن دارد. همچنین مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن نیز با اجرای چندین پروژه تحقیقاتی در سالیان گذشته، طرح مدیریت کاهش آوارهای ساختمانی را تهیه کرده است که هم به مقوله ساخت و تخریب و هم بازیافت توجه کرده است"[1] (ماجدی اردکانی،۱۳۸۳).

با این حال تولید سالانه میلیون ها تن مواد زاید ساختمانی از یکسو و مشکلات ناشی از جمع آوری، حمل و دفع آنها از سوی دیگر، شهرهای بزرگ و بخصوص تهران را با یکی از معضلات زیست محیطی روبرو ساخته است. این زباله های ساختمانی که تقریباً پنج برابر زباله های خانگی شهری در تهران است، اصولاً از ساخت و سازهای عمرانی و ساختمانی، تخریب و مرمت بناها و حفاری ها بوجود می آید. در تهران روزانه حدود ۱۸۵۹۶ تن نخاله ساختمانی تولید می شود که کیفیتی ناهمگون و نامطلوب دارد. میزان خاک و نخاله دفع شده در تهران از سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۲ مجموعاً ۱۹۸، ۱۰۲، ۹۷ تن برآورد می شود که مقدار نخاله های دفع شده در سال ۱۳۸۲ در گودهای اطراف تهران در حدود

۶۷۸۷۶۰۳ تن بوده است[۲]. همچنین در تهران روزانه بیش از ۴۰۰۰۰ تن آوار ساختمانی از تخریب جزیی یا کلی بنا و فعالیتهای عمرانی دیگر مانند کانال کشی، گودبرداری و غیره در محل های دفن آوارها تولید می شود که نیازمند مدیریت است[۳]. هم اکنون بین ۷۰ ٪ تا ۸۰٪[۴] آوارها و نخاله های ساختمانی قابل بازیافت بوده و استفاده مجدد از آنها در شرایط فعلی صرفه اقتصادی بالایی نیز دارد. بررسی ها نشان می دهد میانگین عمر مفید ساختمان ها در کشورهای جهان حدود ۴۰ سال است ولی عمر ساختمان ها در ایران ۳۰ سال برآورد شده است[۵] و با توجه به اینکه ۹۲٪ از فضای شهر تهران کاملاً ساخته شده است، دیگر هیچ فضای خالی و جدیدی برای ساخت و ساز وجود ندارد. به عبارتی می توان گفت که ۹۲٪ از ساخت و سازهای شهر تهران شامل تخریب و نوسازی است و از این پس کمتر شاهد ساخت و ساز جدیدی در شهر تهران هستیم[۶].

هدف از انجام این تحقیق بررسی امکانپذیری و نحوه استفاده از شیوه "طراحی با پیش بینی مجزاسازی" در ایران به منظور کمک به حل بخشی از معضلات محیط زیستی ناشی از ساخت و ساز است. برخی از این معضلات عبارتند از استفاده بی رویه از انرژی و منابع طبیعی و افزایش روزافزون گورستان های نخاله های ساختمانی. آمار فوق الذکر بیان کننده این واقعیت است که مصالح ساختمانی به جای بازیافت یا استفاده مجدد، از بین می روند و مجدداً نیاز به صرف انرژی و استفاده از منابع اولیه بکر برای تولید مصالح ساختمانی است. از مهم ترین فعالیت های ایجاد این معضلات محیطی، تخریب آگاهانه پس از پایان عمر مفید یک ساختمان، نوسازی و بهسازی در طول عمر مفید آن و خرابی های ناشی از عوامل طبیعی مانند زلزله هستند.

این مقاله در ابتدا به بررسی پیشینه و ایده اولیه و اهداف "طراحی با پیش بینی مجزاسازی" و اقدامات انجام شده در سایر نقاط جهان پرداخته، سپس اصول و مشخصات این شیوه را از دیدگاه تحقیقات و تجربیات انجام شده توسط نظریه پردازان و متخصصین این شیوه و سازمان ها و ارگان هایی که در کشورهای دیگر به این مقوله پرداخته اند، ارائه می کند. در مرحله بعد با مطابقت اصول و مشخصات شیوه طراحی با پیش بینی مجزاسازی با برخی از روش های سنتی و مصالح بومی ایران، ضمن توجه به امکانپذیری تطابق این شیوه با شیوه های بومی، امکانات و محدودیت ها و اهمیت بکارگیری شیوه طراحی با پیش بینی مجزاسازی را در ایران بررسی و تحلیل کرده و نهایتاً به ارائه توصیه هایی در طراحی با پیش بینی مجزاسازی، نحوه انتخاب و چگونگی استفاده از مصالح، انتخاب و طراحی اجزاء و اتصالات و ملاحظات دیگر برای نصب و مجزاسازی پرداخته است. این توصیه ها عمومی بوده و برای تمام روش های ساخت و سازی که به تناسب بستر محیطی و توجه به مصالح و روش های بومی، با پیش بینی مجزاسازی طراحی و اجرا شود، قابل استفاده هستند.

ب) ایده و پیشینه طراحی با پیش بینی مجزاسازی

ایده طراحی برای مجزاسازی[۷] در اوایل دهه ۹۰ مطرح شد (Kibert, 2003, 84-88). در این روش ساختمان‌ها بجای تخریب، جداسازی می‌شوند و مصالح و اجزاء آنها در ساختمان‌های جدید و یا موجود دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرند (تصاویر ۱ و ۲). بطور مثال در هلند، حداقل ۱۲ سیستم بتن مسلح مختلف طراحی و رواج پیدا کرده‌است تا جوابگوی مجزاسازی و انتقال و دوباره‌سازی ساختمان‌ها باشد. یکی از آنها سیستم برپاسازی به طریقه خشک[۸] است، که در آن ستون‌ها با صفحاتی فولادی در هر انتها به اجزا فولادی که در بتن کف قرار گرفته اند، متصل می‌شوند. این عناصر می‌توانند به آسانی با بستن پیچ‌های اتصالی به یکدیگر متصل شوند. تلاش‌های دیگری نیز در کشورهای متعدد برای طراحی ساختمان‌هایی با امکان مجزاسازی مجدد صورت گرفته است. تحلیل‌های اقتصادی اولیه مشخص می‌کند که فروش مجدد مصالح بازیافتی با ارزش، می‌تواند هزینه‌های کار اضافی مرتبط با مجزاسازی و جداسازی مصالح را جبران سازد (Matthews,2000) (Kibert,2003,84-88).

تصویر ۱- تخریب.
ماخذ: (Pulaski & Hewitt, 2003)

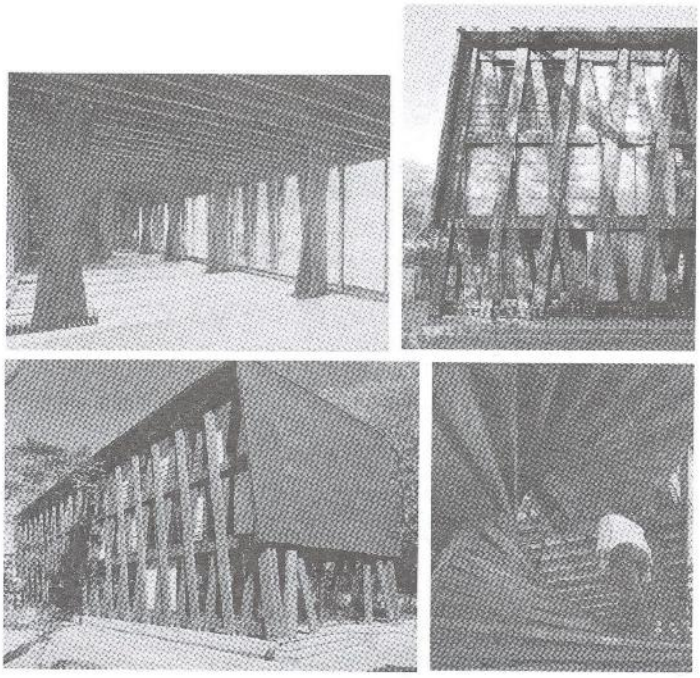
تصویر ۲- مجزاسازی.
ماخذ: (Webster, 2006)

هدف از طراحی با پیش بینی مجزا سازی بدست آوردن بیشترین مصالح با بهترین شرایط برای استفاده مجدد آنها در ساختمان های بعدی است. استفاده مجدد نسبت به بازیافت ارجح است چون در این روند انرژی و آلودگی زیست محیطی کمتری برای پردازش مصالح نیاز است. از نکات مثبت مجزاسازی این است که امکان بازیافت سایر مصالحی که استفاده مجدد نمی شوند نیز در این روند فراهم می‌شود. برنامه ریزی برای مجزاسازی باید در زمان مناسبی در روند طراحی پروژه انجام شود. در این ایده مسائلی که هم در طراحی و هم در ساخت و در ارتباط متقابل آنها با هم مداخله دارد و همچنین

ارتقاء کار گروهی و تاکید بر ارتباط به موقع طراحان با هم از اهمیت زیادی برخوردار است (Pulaski & Hewitt, 2003,24). تغییر نگرش برای استفاده مجدد و برنامه‌ریزی ساختمان‌ها به این منظور می‌تواند نرخ بازیافت مصالح از ۲۰ ٪ - ۱۰ ٪ در هر سال را تا ۷۰٪ - ۶۰ ٪ افزایش دهد و ضایعات تخریب را به نصف برساند. طراحی تولیدات ساختمانی که قابلیت جداسازی و استفاده مجدد را داشته باشند و طراحی بناهایی که این قابلیت را داشته باشند که در زمان نوسازی و اواخر عمر مفیدشان جداسازی شوند و فراهم آوردن انگیزه و محرکی برای استفاده مجدد مصالح درساختمان‌ها به جای احداث ساختمان نوساز با مصالح جدید می تواند مسیر را برای این تغییر نگرش هموار سازد (Matthews, 2000).

با توجه به اینکه در حال حاضر ابزار مشخصی برای جداسازی وجود ندارد و با اینکه هزینه‌های برنامه‌ریزی برای ضایعات تخریب اغلب بسیار پایین است، برای مجزا سازی زمان بیشتری نیاز بوده و به دلیل اینکه مزایای اقتصادی و زیست محیطی جداسازی بطور کامل محرز نشده اند همچنین با توجه به اینکه در قوانین ساختمان‌سازی اغلب کشورها استفاده مجدد اجزاء ساختمان را هنوز در نظر نگرفته‌اند، این روش هنوز جایگاه اصلی خود را پیدا نکرده است (Kibert, 2002). در حال حاضر مشکلات و محدودیت‌های فنی بسیاری نیز برای طراحی با پیش بینی مجزا سازی وجود دارد و نمایانگر این واقعیت است که این ایده باید تکامل یابد. در طراحی یک ساختمان با پیش بینی مجزاسازی طراحان باید همزمان تدابیری برای مجزا سازی بیاندیشند. این نوع نگرش تدابیر خلاقانه‌ای را نیاز دارد که ماورای راهکارهای کیفی برای بازیافت و مدیریت مصالح حاصل از تخریب است.

۲۵٪ تا ۳۰٪ از زباله ها در ایالات متحده آمریکا و انگلستان از ساخت و ساز است، از این مقدار ۹۲٪ مربوط به نوسازی و تخریب می شود (Pulaski & Hewitt, 2003,2). طراحی با پیش بینی مجزاسازی توجه طراحان ساختمان را در آمریکا و اروپا به خود جلب کرده است و اصول طراحی با پیش بینی مجزاسازی در دولت اسکاتلند و یک مرکز تحقیقی و آموزشی در انگلستان[9] تدوین شده است (Webster, 2006). گزارش این مرکز برای اولین بار در سال ۲۰۰۳ منتشر شد (Stewart, 2004). گروه طراحی محیطی اسکاتلند[10] نیز به ارائه ضوابط طراحی با پیش بینی مجزاسازی، تهیه لیست کاملی از اجزاء ساختمانی با در نظر گرفتن عمر مفید هر یک و دستورالعمل برای مجزاسازی اجزاء ساختمان پرداخته است. (Morgan & Stevenson, 2005,4). آلبرتو موزو[11] ساختمانی را با پیش بینی مجزاسازی برای مرکز کامپیوتری بی - آی - پی[12] در سنتیاگو[13] طراحی کرده است (تصاویر ۳ الی ۶). کل سازه از الوارهای لمینت شده ای تشکیل شده است که می توانند از هم مجزا و در مکان دیگری استفاده شوند[14]. این پروژه به علت پیش بینی مجزاسازی یکی از برندگان مسابقه معماری[15] در سال ۲۰۰۸ است. چوب های این ساختمان از جنگل های با مدیریت پایدار تهیه شده است[16].



تصاویر ۳ تا ۶- تصاویری از ساختمان مرکزکامپیوتر بی - آی - پی، آلبرتو موزو.
ماخذ: http://www.treehugger.com/files/2008/05/design-for-(deconstruction.php

ج) اصول طراحی بنا با پیش بینی مجزاسازی

تحقیقات نشان می دهد برای ایجاد امکان مجزاسازی در پایان عمر مفید یک بنا لازم است پیش بینی هایی در زمان طراحی انجام شود و تدارکات خاصی به کار گرفته شود (Stewart, 2004)، (Webster, 2006) تا بنا با مشخصه های مجزاسازی هماهنگ شود. این تدارکات از نظام کلی یک بنا تا طرح معماری و نوع سازه همچنین جزئیات اجزاء و اتصالات و انتخاب مصالح را در بر می گیرد و شامل سایر عوامل موثر در نصب و مجزاسازی نیز می شود. در مرحله طراحی باید کلیه مهندسین در بخشهای مختلف معماری، سازه و تاسیسات برای برنامه ریزی و تعیین سلسله مراتب مراحل گوناگون مجزاسازی با یکدیگر هماهنگ باشند.

۱- تاثیر مشخصات ساختمان در سهولت مجزاسازی

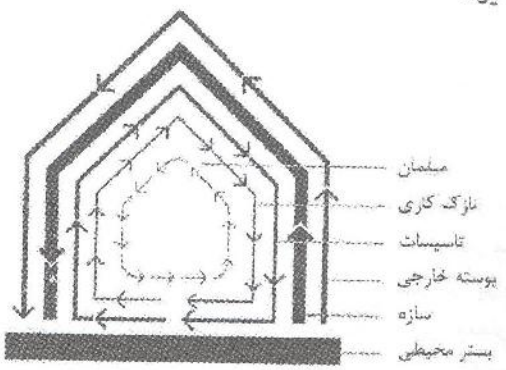
ساختمان هایی که سیستم های ساختمانی قابل دید و شفافی داشته باشند، بطوری که به راحتی قابل تشخیص باشند، ساختمان‌های منظمی که سیستم های ساختمانی مشابهی درکل بنا داشته باشند، سیستم های ساختمانی که به آسانی قابل فهم باشند و دارای تعداد محدودی از انواع مصالح و اندازه اجزاء باشند، برای مجزاسازی کار را آسان می کنند. معمولاً مجزا سازی ساختمان با حداقل اجزاء بزرگ، از ساختمانی که از تعداد زیادی اجزاء کوچک تشکیل شده باشد، آسان تر است. مصالح باید به آسانی از هم جدا شوند و به اجزاء برای استفاده مجدد تبدیل شوند. در این مورد بست‌های مکانیکی نسبت به چسب ها ارجح هستند. مصالح ترکیبی مشکل زا هستند(ICE R&D, 2005,6) مگر اینکه در استفاده مجدد هم به صورت ترکیبی بکار روند. طراحی با پیش بینی مجزاسازی برای

ساختمان های معمولی بیشتر موفق است، مثل ساختمان های مسکونی و تجاری با ارتفاع کوتاه یا متوسط. این ساختمان ها معمولاً طبقات تکرار شونده عادی و سازه ساده دارند و معمولاً عمر مفید آنها کوتاه است (Webster, 2006,19).

ساختمان های پیچیده مانند ساختمان هایی که دارای سیستم های غیر قابل فهم یا مخفی باشند، ساختمان هایی که اجزاء منحصر به فرد و خاص یا غیر استانداردی داشته باشند بطوری که قابل استفاده در ساختمان های دیگر نباشند و ساختمان هایی که سیستم آنها چندتایی است، برای مجزاسازی مناسب نیستند (Webster, 2006,3-5)، (Pulaski & Hewitt, 2003,7-8). مصالحی که از نظر شکلی مشابه هستند اما مشخصات فنی مشابهی ندارند، گیج کننده هستند و در این سیستم ارزش کمی دارند. مصالح خطر ناک برای محیط زیست و مصالح خاصی که نیاز به نوع خاصی از حمل و ایمنی برای کارگران دارند و مصالح مرکبی که جداسازی آنها ممکن نباشد در این شیوه کاربرد ندارند (Webster, 2006,2). در نظر گرفتن مشخصات کلی ساختمان قبل از شروع طراحی سبب می شود که فعالیت مجزاسازی با سهولت بیشتری انجام شود. این مشخصات به طراح کمک می کند تا برنامه ریزی برای شروع طراحی و انتخاب روش ها و مصالح را با دقت بیشتری انجام دهد.

۲- ملاحظات طراحی با پیش بینی مجزاسازی

بیشترین محدودیت ها در زمان مجزاسازی ناشی از طراحی نامناسب است. اگر کلیه نکات لازم در زمان طراحی در نظر گرفته شود، مجزاسازی با سهولت بیشتری امکانپذیر خواهد شد. مهم‌ترین بخش های طراحی برای پیش بینی مجزاسازی، معماری و سازه است. هماهنگی مشخصات طرح سازه و طرح معماری در امکانپذیری مجزاسازی مهم است. چون مجزاسازی با پیش بینی موارد کلی و همچنین موارد جزئی امکانپذیر می شود، لذا باید درعین حال در انتخاب مصالح وطراحی اجزاء و اتصالات ملاحظات لازم را در نظر گرفت. این پیش بینی ها تدارکات مجزاسازی و نصب مجدد را نیز در بر می گیرد.



تصویر ۷- لایه های قابل مجزاسازی در ساختمان.
ماخذ: (Stewart, 2004)

ملاحظات طراحی معماری: در طراحی معماری توصیه می شود که از نقشه های ساده ای که بیرون زدگی ها و فرو رفتگی های مشابهی در کل کار دارند استفاده شود. در این صورت اجزاء و اتصالات مشابهی در کل ساختمان بوجود می آید. طراحی باید به صورت لایه لایه انجام شود تا هنگام مجزاسازی مشکل خاصی بوجود نیاید (تصویر ۷). بطور مثال هنگامی که سیستم تاسیسات ساختمان با سیستم سازه آن درگیر باشد، در صورت خرابی تاسیسات یا پایان عمر مفید اجزاء آن - در طول عمر مفید ساختمان - بسیار مشکل می‌توان آنها را از هم جدا کرد و در پایان عمر مفید ساختمان نیز جدا کردن سازه از سیستم تاسیسات مشکل خواهد بود (Webster, 2006,5). لایه های سیستم های ساختمانی عمر های گوناگونی دارند. اگر لایه ها جدا جدا طراحی شوند مجزاسازی و نوسازی آسان تر می شود (Stewart, 2004). بستر محیطی همواره ثابت است و سازه (ساخت ثابت) عمری بین ۳۰-۳۰۰ سال دارند، حال آنکه تاسیسات بعد از ۱۰- ۱۵ سال فرسوده شده و دیگر پاسخگوی ساکنان نخواهد بود. پوسته خارجی ساختمان تقریباً هر ۲۰ سال یکبار باید بازسازی شود. طرح فضای داخلی تا حدود ۳۰ سال می‌تواند ثابت باشد و تغییر در وسایل زندگی در تغییر شرایط زندگی افراد و در نتیجه نیاز به تغییر فضاها مؤثر است (Broome, 2005,65-75). بنابر این برخی از بخش ها قبل از بخش های دیگر نیاز به بازسازی دارند و برخی از بخش ها تا پایان عمر مفید ساختمان باقی می مانند، که در صورت متصل نبودن و رعایت تدارکات لازم برای مجزاسازی، اجزاء در زمان های گوناگون به آسانی و بدون تخریب، قابل دسترسی و تعویض خواهند بود.

ملاحظات طراحی سازه: استفاده از شکل ها و اتصالات رایج و کاهش اندازه و تعداد اجزاء مختلف و پرهیز از سیستم های سازه‌ای مرکب در طراحی سازه به این شیوه مهم ترین اصول هستند. اتصالات پیچی در سازه های فولادی مناسب است و در سایر سازه ها باید از بست های قابل جدا کردن استفاده شود، بهترین نوع اتصالات، آنهایی هستند که نیروی اصطکاک از حرکت انتقالی آن جلوگیری می کند. مثل بست ها و گیره ها. این نوع بست ها نیاز به ایجاد سوراخ یا شکاف در اجزاء ندارند و بنابراین محاسبه استحکام اتصالات در طول مجزاسازی آسان تر است. هنگام مجزاسازی دو قطعه فولاد که به هم پیچ شده اند، معمولاً زمان جدا شدن اتصالات مشهود است. اما هنگام مجزاسازی اتصالاتی که به هم جوش شده اند، محل و زمان جدا شدن قابل پیش بینی نیست (Chini & Balachandran, 2002). استفاده از کم‌ترین و بزرگ ترین اجزاء در مکانی که تجهیزات و ماشین آلات بزرگ مناسب در دسترس باشد و اجزاء کوچک تر برای مکانی که حمل توسط کارگران و با وسایل سبک انجام می شود توصیه می شود. مطالعات نشان می دهد که فولاد و چوب بهترین مصالح سازه‌ای برای مجزاسازی بوده و بتن درجا و مصالح بنایی برای مجزاسازی مناسب نیستند و بتن پیش ساخته به شرط آنکه برای مجزاسازی طراحی و دیتیل شده باشد می تواند مناسب باشد (Webster, 2006).

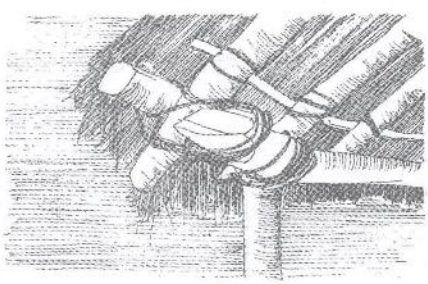
سایر ملاحظات طراحی: در هنگام طراحی، چگونگی مجزاسازی سازه و در نظر گرفتن اجزاء یا تمهیداتی برای جابه جایی قطعات وایمنی کارگران مهم است (Pulaski & Hewitt, 2003,7&19). باید برای کارگران فضایی در نظر گرفت تا بتوانند در آن محل مستقر شده و

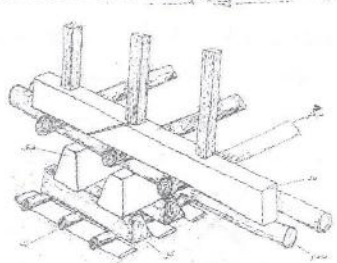
عملیات مجزاسازی را انجام دهند (Hinze, 2002). باید مصالح را دسته بندی کرد و برچسب زد. برچسب ها باید اطلاعاتی را که استفاده مجدد از اجزاء را ساده می کند در بر داشته باشند، مثل تاریخ، درجه مصالح، مقاومت مصالح و یا هر نوع دستور العمل دیگر که در هنگام مجزاسازی و یا استفاده مجدد اجزا کارآمد باشد. نقشه هایی چون ساخت اصلی را باید در محلی معین برای مجزاسازی نگهداری کرد. باید از مصالح مرکب پرهیز کرد، مگر اینکه آن سیستم مرکب به همان صورت قابل استفاده مجدد باشد. مثلاً پانل های عایق شده که ترکیبی از عایق های سخت و صفحات چوبی است، می توانند از سازه فعلی جدا و در مکان دیگری نصب شود. باید از مصالح غیرسمی و غیر خطرناک که دارای عمر طولانی و دوام زیاد باشند در این روش استفاده کرد (Webster, 2006).

د) اهمیت کاربرد ایده طراحی با پیش بینی مجزاسازی در ایران

با بررسی روش های بومی ساختمان سازی در ایران به نمونه‌های شگفت انگیزی از رعایت اصول پیشرفته ترین سیستم‌های ساختمانی جهان مواجه می شویم که به علت گستردگی دامنه، مطالعه کامل آنها در این تحقیق امکانپذیر نیست. لذا تنها به ارائه چند نمونه از روش های سنتی ساختمان سازی در نقاط گوناگون ایران که با اصول مجزاسازی مطابقت دارند، اشاره می‌کنیم. مطابق نظر استاد پیرنیا، رعایت پیمون یا مدول از اصول اصلی معماری ایران بوده است و همچنین، مدولار بودن ساختمان از ویژگی های لازم و اصلی طراحی با پیش بینی مجزاسازی برای امکان تطابق اجزاء برای استفاده مجدد در ساختمان های دیگر و همچنین توسعه پیش ساختگی است. به گفته ایشان "پیمون اندازه های خرد و یکسانی بود که در هر جا درخور نیازی که بدان بود بکار گرفته می شد. پیروی از پیمون هرگونه نگرانی معمار را درباره نا استواری یا نازیبایی ساختمان از میان می برده است"(پیرنیا، ۱۳۸۶، ۲۹و۳۱). در بناهای سنتی رعایت پیمون هم در اجزاء و مصالح و هم در تناسبات کلی فضاها دیده شده است. مثلاً در یک اتاق هم ابعاد اتاق مدولار بوده که سبب می شده ابعاد تیرها مدولار باشد و هم از اجزاء مدولار مانند پنجره های مدولار استفاده شده و هم مصالح مانند خشت ها مدولار بوده اند. خشت های خام در قطع های استاندارد و ملات ساروج که نوعی ملات آهکی است از گذشته در معماری ایران کاربرد داشته، که امروزه کاربرد این مصالح در روش طراحی با دیدگاه مجزاسازی توصیه می شود.

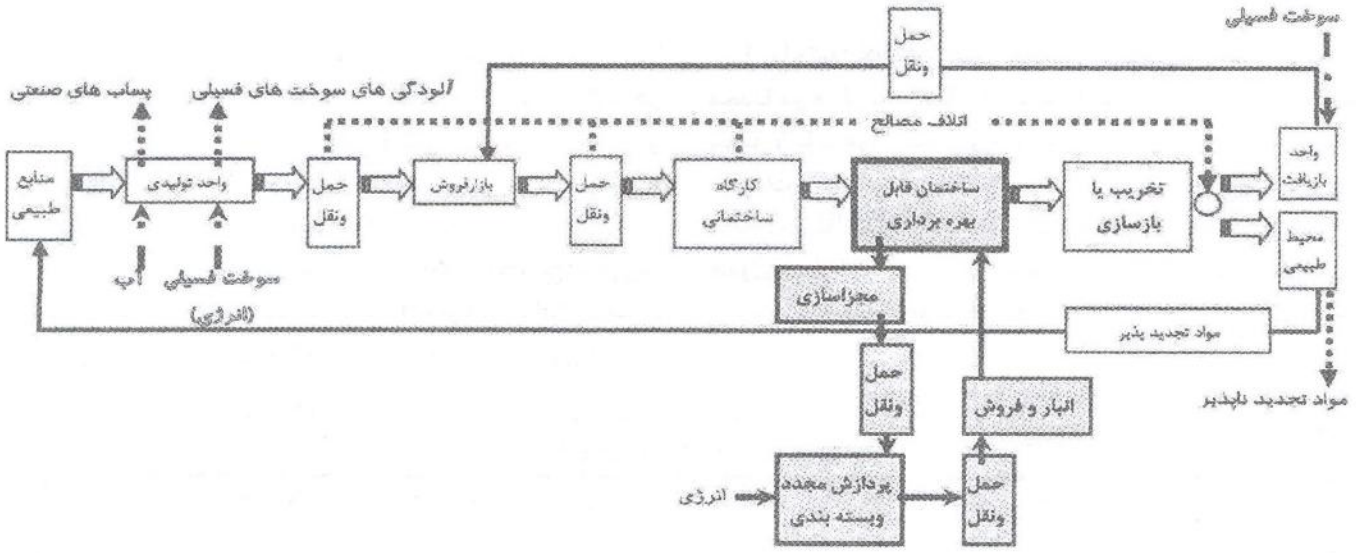
در خانه های سنتی گیلان نیز بهترین نمونه های اتصالات خشک را می بینیم. این نوع اتصالات در تمام اجزاء سازه و نازک کاری دیده می شود. مثلاً در نوع خاص از پی که شیکیلی نامیده می شود و از اجزاء چوبی تشکیل شده است، هیچ گونه اتصالی بین اجزای تشکیل دهنده وجود ندارد و تنها نیروی فشاری بار ساختمان و شکل هرم ناقص پی ها، موجبات ایستایی ساختمان را مهیا می‌ساخته اند (خاکپور، ۱۳۸۵، صص ۵۴- ۴۵). در دیوارها نیز که به روش های زگالی- دیوارهای دارای اسکلت چوبی که فاصله بین آنها با نی و شاخه های درخت پر می شود - یا زگمه ای- دیوارهایی که از قرار دادن تنه های درختان بر روی هم بوجود می آیند - (معماریان، ۱۳۷۱، ۹۷و۹۸) ساخته می شوند، از هیچ قطعه ای جهت اتصال و بستن اجزاء چوب استفاده نشده است و عناصر در اثر وزن خود روی هم قرار می گیرند (خاکپور، ۱۳۸۵، ۵۴- ۴۵). در این اجزاء از اصطکاک برای اتصال قطعات چوبی استفاده شده است که همانطور که در مطالعات مشخص شد، مناسب ترین نوع اتصال اجزاء برای مجزاسازی است، چون نیازی به سوراخ کردن یا بریدن اجزاء برای نصب نیست و بنابراین کمترین صدمه را به مصالح وارد می آورد. اما در سقف های نهایی اجزای اصلی و فرعی توسط طناب بافته شده از ساقه برنج بنام ویریس به دیگر اجزاء ساختمان متصل می شوند(خاکپور، ۱۳۸۵، صص ۵۴- ۴۵). نمونه های خوبی از نحوه اتصال را نیز در دیگر سیستم های ساختمانی مناطق شمالی کشور در اتصالات تخته کوبی ها و سفال‌های سقف و یا سایر اجزاء پوشش دهنده سقف مانند ساقه‌های برنج می بینیم (تصاویر ۸ و ۹).





تصاویر ۸ و ۹- اتصالات در پی شیکیلی و بکارگیری ویریس در سازه سقف (گیلان).
ماخذ: (معماریان، ۱۳۷۱)

روش های ساخت بومی که در گذشته مناسب هر محل و بستر محیطی آن بوده اند به مرور زمان جای خود را به مصالح غیر محلی و روش های ساخت نامناسب داده اند. در حال حاضر در ایران به نمونه های زیادی از رعایت اصول مجزاسازی در طراحی معماری و اجزاء و اتصالات و بکارگیری مصالح بومی برخورد نمی کنیم. با مشخص شدن جایگاه شیوه طراحی با پیش بینی مجزاسازی در سیستم ساخت وساز ایران و وضع قوانین و ضوابط معین و لازم‌الاجرا به این منظور، این شیوه به دلایل متعدد و با اهمیت بسیاری می تواند کاربرد گسترده ای داشته باشد. این مقاله در این بخش به تحلیل اهمیت موضوع با توجه به معضلات ساخت و ساز،



نمودار ۱- جایگاه پیش بینی مجزا سازی و نصب مجدد اجزا در چرخه بسته مصالح.
(ماخذ: نگارندگان)

بهره برداری و تخریب در کشور که سبب استفاده بی رویه از منابع و انرژی و ایجاد آلودگی های زیست محیطی می شود، می پردازد.

در این شیوه امکان استفاده مجدد از مصالح واجزاء ساختمان فراهم می شود. لذا نه تنها سبب کاهش استفاده از منابع و انرژی و هزینه های مرتبط با تولید مصالح می شود، بلکه بطور همزمان با بهبود چرخه بسته مصالح، مصالح دارای کاربرد را از نخاله های ساختمانی جدا کرده و با نزدیک کردن مشخصات ساختمان به اهداف معماری پایدار به حفاظت از محیط زیست کمک می کند. نمودار ۱ جایگاه شیوه طراحی با پیش بینی مجزاسازی را در چرخه بسته مصالح ساختمانی و اهمیت آن را در بهبود این چرخه نمایش می دهد.

۱- تطابق با شیوه های ساخت بومی: با توجه به امکان تطبیق ایده مجزاسازی با مدول های سنتی معماری ایرانی و برخی از روش‌های ساخت سنتی، همچنین مصالح بومی هرمنطقه، با بهره‌گیری از این مدول ها، روش ها و مصالح، همچنین توجه به بهره‌گیری از مزایای زیست محیطی متعدد آن، این موقعیت وجود دارد تا متخصصان به طراحی سیستم های قابل مجزاسازی که مرتبط با اقلیم و شرایط محیطی هر منطقه در ایران باشد اقدام کنند. در این صورت روش های ابداعی ضمن دارا بودن فناوری جدید و رعایت اصول پایداری، قابل اجرا در هر منطقه بوده و از نظر هزینه نیز می توانند با بنیه مالی ساکنان هر منطقه مطابقت داشته باشد.

۲- کاهش آلودگی های ناشی از توسعه مسکن: با توجه به تقاضای روزافزون برای مسکن و آلودگی های ناشی از توسعه مسکن در ایران، طراحی با این شیوه می تواند با کاهش مصرف انرژی و مصالح و محدود کردن ضایعات و نخاله های ساختمانی، در کاهش آلودگی ها موثر باشد. با توجه به استفاده مجدد مصالح، در انرژی لازم برای تولید مصالح اولیه صرفه جویی شده و از طرفی چون پردازش مجدد مصالح انرژی بسیار کمتری نسبت به بازیافت نیاز دارد این روش نسبت به بازیافت نیز ارجح است.

۳- ایجاد انعطاف پذیری: با توجه به اینکه انبوه سازی مسکن در ایران، غالباً با مشارکت استفاده کنندگان در طراحی انجام نمی‌شود، در دوران بهره برداری در بسیاری موارد با نیازهای آنان همخوانی ندارد و در عین حال تغییر زندگی خانوارها در طول زمان سبب ایجاد نیازهای در حال تغییر برای ایشان می شود. امکان بهره‌گیری از سیستم قابل مجزاسازی، سبب می شود که تخریب در اثر تغییرات مسکن در دوران بهره برداری به حداقل رسیده و امکان بازسازی و نوسازی تاسیسات، نازک کاری و نما را بعد از پایان عمر مفیدشان بدون ایجاد تخریب و صرف هزینه و انرژی زیاد، میسر و تبدیل مصالح به نخاله های ساختمانی در حین عملیات بازسازی و نوسازی را به حداقل ممکن می رساند. با طراحی با این دیدگاه همچنین این امکان برای افراد فراهم می شود که محل کار خود را با توجه به نیازهای متغیر خود به آسانی تغییر داده و با شرایط مورد نیاز خود سازگار کنند. این روش علاوه بر انعطاف پذیری، تطابق پذیری یک عملکرد را با عملکرد دیگر در شرایط ضروری امکانپذیر می سازد.

۴- کاهش آلودگی های ناشی از تخریب: با توجه به ارزش فزاینده نرخ زمین و روند شتابان تخریب و ساخت و ساز مجدد در ایران، خصوصاً در تهران با بکارگیری این روش می توان آثار زیست محیطی ناشی از تخریب را کاهش داد. در صورتی که در ایران اولاً ساختمان ها برای مجزاسازی طراحی نمی شوند و درگیری لایه های مختلف ساختمان، نوع اتصالات و نوع مصالح به گونه ای است که جدا کردن اجزاء مختلف و مصالح ساختمانی کار بسیار دشواری است، ثانیاً مراحل مختلف تخریب بصورت دستی و بوسیله کارگران غیر ماهر انجام می شود، لذا بیشتر مصالح در حین عملیات تخریب خاصیت اصلی خود را از دست داده و مجدداً قابل استفاده نیستند. این شیوه علاوه بر ایجاد امکان استفاده مجدد مصالح و اجزاء سبب کاهش آلودگی های محیطی ناشی از تخریب شامل آلودگی آب، خاک و هوا ونیز آلودگی صوتی می شود.

۵- کاهش آثار منفی ناشی از زلزله: بکارگیری روش مجزاسازی نه تنها امکان استفاده از مصالح را در بسیاری از موارد برای بازسازی فراهم می کند، بلکه با توجه به سبک بودن اجزاء و نوع اتصالات، عکس العمل بهتری در زلزله خواهد داشت. زلزله در بسیاری از مناطق کشور معضل بزرگی محسوب می شود که نهایتاً جدا از فاجعه های به بار آمده، منابع و مصالح زیادی در هنگام

وقوع حادثه از بین می رود. در صورتی که با تطابق شیوه طراحی با پیش بینی مجزاسازی، با روش های ساخت و ساز و مصالح هر منطقه از کشور، می توان روش هایی مبتنی بر مصالح بوم آورد و شیوه های بومی ابداع کرد که ضمن مقاومت در برابر زلزله، با توجه به منابع ارزان موجود در هر محل قابل اجرا باشند.

۶- مدیریت بر فرآیند تخریب و تفکیک مصالح: مدیریت *ضایعات ساختمانی سبب استفاده مجدد از مصالح و کاهش مصرف* منابع در عملیات نوسازی و تخریب می شود. در طی این عملیات، اجزا ساختمان که هنوز عمر مفیدشان به پایان نرسیده، می‌توانند مجدداً در همان پروژه یا برای مصرف در پروژه های آتی استفاده شوند و یا به فروشگاه های مصرف مجدد مصالح فروخته شوند. ضایعات و هزینه‌های مرتبط با آن مانند دیگر بخش‌های پروسه ساخت می‌تواند برای ایجاد تأثیرات مثبت محیطی، مدیریت شود. در جدول شماره ۱، امکانات و محدودیت ها و نیز اهمیت طراحی با *پیش‌بینی مجزاسازی و نصب مجدد در ایران دسته بندی و ارائه شده* است.

جدول ۱- امکانات و محدودیت ها و اهمیت کاربرد شیوه طراحی با پیش بینی مجزاسازی و نصب مجدد اجزا در ایران.

		طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی و نصب مجدد
۱	امکانات	۱- امکان استفاده مجدد از اجزای ساختمان را فراهم می سازد و مصالح دارای کاربرد را از نخاله های ساختمانی تفکیک می کند. ۲- سبب کاهش استفاده از مصالح و نتیجتا مصرف هزینه و انرژی کمتر برای استخراج و تولید مصالح می‌گردد. ۳- با کاهش مصرف منابع طبیعی و صرفه جویی در مصرف انرژی سبب محافظت از محیط زیست می‌گردد. ۴- سبب تسهیل بازیافت مصالح می‌گردد و به بهبود چرخه بسته مصالح کمک می‌کند. ۵- در مورد مصالح چوبی سبب حفاظت از جنگلها می‌گردد. ۶- در مورد مصالح پلاستیکی امکان استفاده مجدد از مصالحی که به طبیعت برنمی‌گردند را فراهم می‌سازد. ۷- امکان استفاده مجدد از مصالحی که از نظر منابع، استخراج یا پردازش با ارزش تلقی می‌شوند را فراهم می‌سازد. ۸- اغلب سبب سبک‌سازی ساختمان می‌شود. ۹- همزمان با استفاده از مصالح نوین امکان بهره‌گیری از مصالح سنتی کشورهای در حال توسعه نیز می‌باشد. ۱۰- این امکان را برای ساکنان فراهم می سازد که فضاهای داخلی خانه را با توجه به نیازهای خود بدون خرابی و با صرف انرژی و هزینه و زمان اندک تغییر داده و اجزا با عمر مفید کوتاه را در ساختمان تعویض نمایند. ۱۱- مصالح خطرناک در طراحی حذف می شوند. ۱۲- سبب کاهش حجم نخاله های ساختمانی و گورستان های نخاله ها می شود. ۱۳- آلودگی صوتی را نسبت به مراحل تخریب کاهش می دهد. ۱۴- آمار بازیافت و استفاده مجدد از اجزاء را بالا برده و ارزش ساختمان را در پایان عمر مفید آن افزایش می دهد. ۱۵- دوره ساخت و ساز را آسان می کند.
۲	محدودیت ها	۱- نیاز به پردازش مجدد مصالح در بسیاری موارد وجود دارد. ۲- برای مجزاسازی و جداسازی مجدد نیاز به هزینه کار اضافی است. ۳- اجزا باید حتما برای مجزاسازی طراحی شده باشند تا امکان جداسازی آنها فراهم باشد. ۴- برای مجزاسازی نیاز به ابزارهای مشخص است. ۵- برای مجزاسازی نیاز به زمان بیشتری نسبت به تخریب است. ۶- در قوانین ساختمان‌سازی هنوز مبحثی برای این منظور پیش بینی نشده است. ۷- این سیستم در برنامه های ساخت و ساز هنوز جایگاه خود را پیدا نکرده است. ۸- هزینه برنامه‌ریزی برای ضایعات تخریب پایین‌تر است و مزایای اقتصادی این شیوه هنوز برای سازندگان محرز نشده است. ۹- حتما باید از طراحی مدولار استفاده شود. ۱۰- نیاز به امنیت برای کارگران و خطرات احتمالی، نسبت به تخریب افزایش می یابد. ۱۱- زمان مجزاسازی نسبت به تخریب افزایش می یابد. ۱۲- به مکان و فضای مناسب برای نگهداری یا پردازش مصالح نیاز است. ۱۳- استاندارد های لازم برای استفاده مجدد مصالح وجود ندارد.
۳	اهمیت کاربرد در ایران	۱- با کاهش مصرف انرژی و منابع، همچنین کاهش ضایعات و نخاله هائی ساخت و تخریب از آلودگی های زیست محیطی ناشی از ساخت و توسعه مسکن در ایران به شکل موثری پیش گیری می کند. ۲- با استفاده از مصالح سنتی و مدولهای آن قابل انجام است. ۳- قابل تطابق با روشهای ساخت بومی است. ۴- با توجه به روند شتابان تخریب ساختمان در ایران می تواند کاربرد وسیعی داشته و از هدر رفتن مصالح و انرژی جلوگیری کند. ۵- با توجه به اینکه خطرات ناشی از زلزله در ایران بسیار زیاد است، مجزاسازی هم امکان استفاده از برخی مصالح را برای بازسازی فراهم می نماید و هم با امکان طراحی سازه های خاص و سبک در زمان زلزله بهتر عمل کرده تلفات جانی را کاهش می دهد. ۶- با امکان جداسازی ونصب مجدد پنلهای داخلی سبب انعطاف‌پذیری فضاهای داخلی ساختمان در طول عمر مفید خود بدون نیاز به تخریب می‌شود که با توجه به نیازهای در حال تغییر ساکنین همچنین نیازهای مختلف اقشار بهره بردار جامعه می تواند کاربرد وسیع وسودمندی خصوصا در انبوه سازی داشته باشد.

(ماخذ: نگارندگان)

هـ) اصول کاربردی برای طراحی با پیش بینی مجزاسازی در ایران

۱ - **معماری:** انعطاف پذیری و تطابق پذیری در طراحی بسیار مهم است. ساختمان باید به شکلی طراحی شود تا با استفاده از مجزاسازی، ساکنان بتوانند فضاها را بر اساس خواسته ها و سلایق و نیازهای خود تغییر دهند. قبل از شروع طراحی باید عملکردهای اصلی ساختمان را شناخت تا بتوان مشخص کرد که در هر فضا چه تعداد اجزاء و مصالح با چه مشخصاتی باید به کار روند. همچنین با شناخت عملکرد های یک ساختمان می توان تعیین کرد که کدام فضاها بیشترین امکان خرابی و فرسودگی را در طول دوران بهره برداری دارند و باید از مصالح بادوام تری در آنها استفاده کرد و در عین حال مجزاسازی اجزاء آنها سهولت بیشتری داشته باشد تا در مدت عمر مفید ساختمان، توسط بهربرداران به آسانی قابل مجزاسازی و تعویض باشند (جدول ۲).

۲ - **سازه:** سیستم سازه باید تا حد امکان ساده و استاندارد باشد و از سیستم های سازه ای پیچیده و استفاده از چند نوع سیستم سازه در یک ساختمان پرهیز کرد. بهترین مصالح برای طراحی سازه با پیش بینی مجزاسازی، فولاد، چوب و بتن پیش ساخته است (جدول ۳).

۳- **اجزاء و اتصالات:** در طراحی با پیش بینی مجزاسازی، بهتر است قطعات کمترین تعداد را داشته باشند، اما باید همزمان روش حمل و نقل اجزاء مجزا سازی شده را نیز در نظر داشت. در صورت استفاده از ماشین آلات بزرگ حمل و نقل، امکان استفاده از قطعات بزرگ تر هست، اما اگر حمل و نقل با استفاده از وسایل کوچک یا دستی انجام می شود، باید در طراحی از قطعات کوچکتر استفاده کرد. تمام اجزاء ساختمان باید برچسب مشخصات داشته و این برچسب ها باید به شکلی تهیه شده باشند که تا پایان عمر مفید اجزاء از آنها جدا نشده و نشان دهنده، نوع، مشخصات فنی، عمر مفید، تاریخ ساخت و هر نوع دستورالعمل دیگری که برای مجزاسازی و استفاده مجدد لازم است باشند (جدول ۴).

جدول ۲- اصول کاربردی برای طراحی معماری با پیش بینی مجزاسازی.

	اصول کاربردی	توضیحات	درجه اهمیت (۴-۱)
طراحی معماری	از طراحی برای پیش ساختگی استفاده شود		۴
	در طراحی به اقلیم و ملاحظات آن توجه داشته باشیم، تا عمر مفید ساختمان افزایش یابد	برای افزایش عمر مفید ساختمان	۳
	از طراحی مدولار استفاده شود		۴
	مدول معماری بهتر است با مدول سازه منطبق باشد		۳
	از سیستم ساخت آزاد با بخشهای قابل تغییر استفاده شود		۳
	فضاهای مربوط به سرویس ها و آشپزخانه ثابت و سایر فضاها قابل تغییر باشند	برای جلوگیری از تغییر در سیستم تاسیساتی	۳
	دسترسی به تمام اجزاء ساختمان فراهم باشد	برای جداسازی در زمان بهره برداری	۴
	از اطلاعات بنا و پرونده نصب آن نگهداری شود	برای استفاده در زمان مجزاسازی	۴
	برنامه ریزی نگهداری(PM) تدوین گردد	برای استفاده در زمان بهره برداری	۴
	عمرمفید اجزا و انبار قطعات جای گزین برای آنها پیش بینی گردد	با توجه به عمر مفید اجزا به تعداد لازم (نوسازی) انبار شود	۴
	امکان مجزاسازی هر یک از لایه های ساختمان به تنهایی امکانپذیر باشد	با توجه به عمر مفید گوناگون لایه ها	۴
	مجزاسازی لایه های با عمر کوتاه با سهولت زیاد امکانپذیر باشد	مانند نازک کاری سرویس ها یا فضاهای پر رفت و آمد	۳
	در فرآیند طراحی برای مجزاسازی، هماهنگی بخش ها مختلف مهندسی ضروری است	هماهنگی باید زمان مناسب از فرآیند طراحی انجام شود	۴

(ماخذ: نگارندگان)

جدول ۳- اصول کاربردی طراحی سازه با پیش بینی مجزاسازی.

	اصول کاربردی	توضیحات	درجه اهمیت (۴-۱)
طراحی سازه	ازشبکه سازه ای استاندارد استفاده شود		۴
	پوشش سازه جدا از آن اجرا شود	مانند پوشش های ضد حریق	۳
	از مدولهای مشابه برای سیستم سازه استفاده شود	برای کاهش تعداد انواع اجزا و اتصالات	۲
	فونداسیون با پیش بینی اتصال قابل جداسازی از اسکلت طراحی شود	از اتصالات پیچی استفاده شود	۴
	اتصالات سازه ای انعطاف پذیر و مقاوم در برابر لرزش طراحی شوند	برای مقاومت در برابر نیروهای افقی	۳
	از سیستم سازه ساده استفاده شود		۴
	از سیستم های سازه ای مرکب پرهیز شود		۴
	از دهانه های معمول استفاده شود	باید از فاصله های زیاد پرهیز شود	۳

(ماخذ: نگارندگان)

جدول ۴- اصول کابردی استفاده از اجزاء و اتصالات با پیش بینی مجزاسازی.

	اصول کاربردی	توضیحات	درجه اهمیت (۴-۱)
اجزا	اجزاء در اندازه ای طراحی که قابلیت جابه جایی در تمام شرایط را دارا باشند.	با در نظر گرفتن وسیله در دسترس برای حمل ونقل	۴
	برای هر کدام از اجزاء شناسنامه ای تهیه شود	برای تسهیل بسته بندی و استفاده مجدد	۴
	تعداد انواع مختلف اجزا کاهش داده شود		۳
	از اجزا سبک استفاده شود		۳
	از اجزاء پیش ساخته استفاده شود		۴
	از اجزا مدولار منطبق با مدول معماری وسازه استفاده شود	برای سهولت استفاده مجدد در پروژه بعدی	۴
	در اجزا راه گاه های عبور کابلها و لوله های مختلف پیش بینی گردد.	برای جلوگیری از تغییرات پیش بینی نشده	۲
	از اجزاء شکننده و ظریف چوبی پرهیز شود		۳
	از پروفیل های معمول فولادی استفاده شود	برای امکان استفاده مجدد	۴
اتصالات	از اتصالات شیمیایی استفاده نشود	مانند جوش و چسب	۴
	از اتصالات مکانیکی استفاده شود	مانند پیچ	۴
	استفاده از اتصالات اسطکاکی توصیه می شود	برای صدمه نخوردن به اجزاء مانند بست و گیره	۲
	تعداد اتصالات کاهش داده شود		۳
	انواع اتصالات محدود شود		۳
	اتصالات طوری طراحی تا مقاومت پیاده سازی و نصب دوباره را داشته باشند		۴
	از اتصالاتی استفاده که در محدوده ای بزرگ از انواع بارگذاری قابل استفاده باشد	برای امکان استفاده در موقعیت های متفاوت	۳
	جزئیات اتصالات به شکلی طراحی شوند که تبادل انرژی و صدا به حداقل برسد	با توجه به اینکه اتصالات مکانیکی هستند	۳
	اتصالات انعطاف پذیر در ارتعاش طراحی شوند	برای افزایش مقاومت ساختمان در برابر زلزله	۳
	اتصالاتی که به سهولت قابل جداسازی باشند در اتصال لایه های گوناگون طراحی شود	با توجه به عمر مفید متفاوت آنها	۴
	اتصالات در جابه جایی و تغییرات داخلی بانلها، در محل جدید به راحتی قابل نصب باشند	در مورد اتصالات مربوط به سفت کاری	۴

(ماخذ: نگارندگان)

جدول ۵- اصول کاربردی استفاده از مصالح با پیش بینی مجزا سازی.

	اصول کاربردی	توضیحات	درجه اهمیت (۴-۱)
مصالح	از مصالح بازیافتی و یا قابل بازیافت استفاده شود		۳
	از مصالح سمی و خطرناک دوری شود		۳
	از مواد مرکب دوری و مواد جدا نشدنی از مصالح مشابه قابل جدا شدن تهیه شوند	مگر اینکه اجزاء مجددا به همان شکل استفاده شود.	۴
	شناسنامه ثابت و استاندارد برای انواع مصالح تهیه شود	برای استفاده در زمان مجزاسازی	۴
	از مصالح سبک استفاده شود	برای تسهیل عملیات جداسازی وحمل	۳
	از انجام پرداخت و نازک کاری ثانویه روی مصالح خودداری شود	برای تسهیل پردازش مجدد	۴
	از مصالحی که مصرف انرژی را در ساختمان کاهش می دهد استفاده شود		۳
	از مصالح با دوام استفاده شود	پس از مجزاسازی امکان استفاده مجدد را داشته باشند	۳
	مناسب ترین مصالح موجود، چوب، فولاد و بتن پیش ساخته هستند		۴
	بتن درجا برای مجزاسازی مناسب نیست	به دلیل اتصالات غیر قابل مجزاسازی	۴

(ماخذ: نگارندگان)

۴- مصالح: قبل از انتخاب مصالح باید فهرستی از مصالح قابل استفاده در ساختمان و عمر مفید هر یک تهیه شود. هنگام انتخاب مصالح باید توجه داشت که کدام یک از مصالح بیشترین ارزش را برای مجزاسازی دارند و بیشترین تاثیر را بر اقتصادی بودن چرخه زندگی ساختمان می گذارند و تصمیم گرفته شود که دقت مجزاسازی برای هر یک از مصالح تا چه اندازه باشد (جدول ۵).

۵- نصب و مجزاسازی: همزمان با طراحی، دستورالعمل نصب و مجزاسازی مرتبط با طرح معماری، سیستم سازه، اندازه و فرم اجزاء ونوع مصالح مورد نظر، تدوین شده و این دستورالعمل برای مجزاسازی در محل معینی نگهداری شود. طراحی اجزاء با در نظر گرفتن ابزار مجزاسازی موجود و یا با پیش بینی و طراحی ابزار لازم انجام شود تا در زمان مجزاسازی محدودیتی ایجاد نشود. بر کلیه اجزاء براساس عملکرد آن در ساختمان و نوع و اندازه و مشخصات آن باید امکاناتی نظیر دستگیره هایی برای مجزاسازی و حمل اندیشیده شود. مهمترین مسئله در فعالیت مجزاسازی، ایمنی کارگران هنگام کار است که باید در روند طراحی و در تدوین دستور العمل مجزاسازی در نظر گرفته شود. باید در طرح محل هایی برای استقرار کار کارگران هنگام مجزا سازی اجزاء در نظر گرفته شود (جدول ۶).

فاکتور درجه اهمیت، میزان موثر بودن هر اصل را در رسیدن به اهداف خاص موضوع مشخص می کند و از طرفی بطورکلی نشان دهنده میزان اهمیت هر دسته و نیاز به توجه بیشتر به آن در هنگام برنامه ریزی و طراحی با این روش است. با تفکیک عملکردهای مختلف

ساختمان ها و یا نوع مسکن در طراحی مسکونی (انبوه سازی، آپارتمانی و تک واحدی) در ساختار این جدول، می توان درجه اهمیت هریک از بندهای مورد اشاره را در طراحی آن عملکرد خاص تعیین نمود و با اعمال درجه اهمیت خالص هر بند منتج از جداول ۲ الی ۶، به فاکتور جدیدی از میزان اهمیت هر یک از اصول و نیاز به توجه به هر یک از مقوله های مورد بررسی با این شیوه برای عملکردهای خاص دست می یابیم.

جدول ۶- اصول کاربردی برای نصب و مجزاسازی با پیش بینی مجزاسازی.

	اصول کاربردی	توضیحات	درجه اهمیت (۴-۱)
نصب و مجزا سازی	از تکنولوژی‌های نصب استاندارد استفاده شود		۳
	قابلیت بازدید و تعمیر اجزاء طی مراحل نصب برای زمان بهره برداری فراهم شود		۴
	دامنه تغییرات کافی در نظر گرفته شود تا مجزاسازی با مشکل روبرو نشود	در نصب مجدد نیز، وجود دامنه تغییرات ضروری است	۳
	امکان مجزاسازی همزمان بخشهای مختلف فراهم شود	برای صرفه جویی در زمان	۳
	نقاط مجزاسازی مشخص شود		۴
	دستور العمل نصب و مجزاسازی تهیه و در طول عمر مفید بنا از آن نگهداری شود		۴
	امکان ایجاد تغییرات با حداقل تخریب امکانپذیر باشد	بخشهایی که تخریب برخی اجزا ضروری است	۳
	مراحل نصب برای استفاده در مجزاسازی مستند شود	نقشه های چون ساخت تهیه شود	۴
	ابزارهای لازم برای نصب و جداسازی پیش بینی شود	جهت نصب و مجزاسازی نیازمند ابزار خاص هست	۴
	ایمنی کارگران هنگام مجزاسازی در نظر گرفته شود		۴
	فضایی برای استقرار کارگران هنگام مجزاسازی در نظر گرفته شود	این فضا در طراح باید منظور شده باشد	۳

(ماخذ: نگارندگان)

نتیجه

تخریب ساختمان ها قبل از پایان عمر مفید آنها در ایران و خصوصاً تهران و تغییراتی که افراد در طول عمر مفید ساختمان برای مناسب ساختن آن با نیازهای زیستی خود ایجاد می کنند، همچنین خرابی های ناشی از زلزله در شهرها و روستاهای ایران، از معضلاتی هستند که سبب هدر رفتن انرژی، منابع و معضلات زیست محیطی بسیاری از جمله افزایش مساحت گورستان های نخاله‌های ساختمانی می شوند. با کمیاب شدن منابع و بالارفتن ارزش آنها در آینده، طراحی با پیش بینی مجزاسازی در ایران راهکار موثری خواهد بود. با این روش مصالح و اجزاء ساختمانی بعد از پایان عمر مفیدشان قابل مجزاسازی و نصب مجدد در ساختمان‌های دیگر شده و همچنین در طول عمر ساختمان، تغییرات، تعمیرات و بازسازی لایه های مختلف آن به آسانی امکانپذیر خواهد بود. بنابراین ساختمانی که امروز با ایده مجزاسازی طراحی شده است در آینده برای صاحبانش منبعی خواهد بود از مصالحی که به سهولت قابل دسترسی است. این روش در صورت تعیین ضوابط و استانداردها با بسیاری از مصالح و شیوه های بومی ساخت و ساز در ایران قابل تطابق و در نتیجه نه تنها در شهرهای بزرگ بلکه در شهرهای کوچک و روستاهای ایران نیز قابل استفاده است. با تطابق شیوه طراحی با پیش بینی مجزاسازی، با روش های ساخت و ساز و مصالح هر منطقه از کشور، می توان به تبیین راهکارها و ضوابطی که امکان ساخت و ساز اصولی را با توجه به مسائل مالی و منابع ارزان موجود در هر محل امکانپذیر می کند پرداخت.

- ایده مجزاسازی برای آینده طراحی پایدار ضروری است.
- طراحی با پیش بینی مجزاسازی حاصل اعتقاد به حفظ محیط زیست، انرژی و مصالح برای نسل آینده است.
- ایده مجزاسازی با مدول ها، روش ها و مصالح سنتی ایران قابل تطبیق است.
- ایده مجزاسازی به انعطاف پذیری و تطابق پذیری فضاها و عملکردها کمک کرده و در انبوه سازی مسکن در ایران مفید است.
- مجزاسازی اجزاء ساختمان، بوسیله طراحی برای مجزاسازی و مهندسی هماهنگ امکانپذیر می شود.
- ساختمانی که برای مجزاسازی طراحی می شود، باید ساده، شفاف، مدولار و استاندارد باشد.
- سازه و مصالح و اجزاء ساختمانی که برای مجزاسازی طراحی می‌شود باید از اصول مجزاسازی پیروی کند.
- بررسی انجام شده در این تحقیق قابل تعمیم در عملکردهای گوناگون به طور مجزا و دستیابی به روش های مجزاسازی اختصاصی برای هر یک از عملکردها است.

بررسی انجام شده با تفکیک سیستم های سازه ای و مصالح متفاوت نیز به همین روش قابل توسعه و تعمیم است بطوری که بهترین سیستم سازه ای مناسب با موضوع و مصالح برتر قابل استفاده، تبیین شود.

پی نوشت ها:

۱ رجوع شود به: (1387) http://recyclenet.blogfa.com/post-173.aspx.
۲ رجوع شود به: http://www.civilica.com/Paper-SWM02-SWM02_005.html.
۳ رجوع شود به: (1387) http://recyclenet.blogfa.com/post-173.aspx.
۴ رجوع شود به: (1387) http://recyclenet.blogfa.com/post-173.aspx.
۵ رجوع شود به: (1386) http://www.arak-info.com/shownews.php?code=21340.
۶ رجوع شود به: (1387) http://aftab.ir/news/2008/jul/28/c4c1217222767_social_urban_building.php.
۷ Design for Deconstruction.
۸ MXB-5.
۹ Construction Industry Research & Information Association(CIRIA).
۱۰ The Scotish Ecological Design Association.
۱۱ Alberto Mozo.
۱۲ Business Improvement Package.
۱۳ Santiago.
۱۴ رجوع شود به: http://www.treehugger.com/files/2008/05/design-for-deconstruction.php.
۱۵ The Architectural Review Award, 2008.
۱۶ رجوع شود به: http://www.treehugger.com/files/2008/12/2008-ar-awards.php.

فهرست منابع:

پیرنیا، محمدکریم (۱۳۸۶)، سبک شناسی معماری ایرانی، انتشارات سروش دانش، تهران، ۲۹ و ۳۱.
ثقفی، محمد جواد (۱۳۸۵)، آسیب شناسی ساختمان؛ بررسی نقش مراحل اجرا و نظارت در بروز خسارات ناشی از زلزله در گونه های ساختمانی منطقه زرند-کرمان، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۲۶، صص ۷۴-۶۷.
خاکپور، مژگان (۱۳۸۵)، ساخت خانه های شیکیلی در گیلان، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۲۵، صص ۵۴- ۴۵.
ره شهر، الف (۱۳۷۵)، گزارش تحلیلی بررسی شرایط عمومی ایجاد بیمه مسئولیت های فنی و حرفه ای "مهندسین معمار، محاسب و ناظر".
عمرانی، قاسمعلی و همکاران (۱۳۸۴)، بررسی وضعیت جمع آوری، دفع و بازیافت زائدات ساختمانی، مطالعه موردی تهران، در: دومین همایش ملی مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه ریزی شهری. قابل دسترسی در: http://www.civilica.com/Paper-SWM02-SWM02_005.html
گلابچی، محمود و مجتبی طیبات (۱۳۸۶)، علل عدم پایداری ساختمانهای مسکونی روستایی در برابر زلزله و ارائه الگوی ساخت براساس امکانات و توانایی های محلی در نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۰، صص ۴۲-۳۱.
ماجدی اردکانی، محمد حسین (۱۳۸۳)، بررسی تحقیقات انجام شده برای استفاده بهینه از آوارهای ساختمانی و کاهش تخریب در کارایی های بخش های ساختمان، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.
محمودی، محمد مهدی و نیلوفر نیکقدم (۱۳۸۷)، کاهش آلودگی های محیطی ناشی از توسعه مسکن با راهکارهای طراحی معماری، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۵، صص ۳۸-۲۷.
محمودی، محمد مهدی (۱۳۸۶)، گزارش نهایی طرح پژوهشی بررسی آلودگی های زیست محیطی ناشی از توسعه مسکن در مراحل ساخت و دوران بهره برداری، قطب علمی فناوری معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.
معماریان، غلامحسین (۱۳۷۱)، معماری مسکونی ایران، گونه شناسی برونگرا، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
هاشم نژاد، هاشم و سارا سلیمانی (۱۳۸۶)، ضرورت همسازی سازه و معماری در معماری معاصر، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۰، صص ۳۰-۲۳.

Broome, john. (2005), *Mass Housing Cannot be Sustain*. In: Peter Blundel Jones & Others (Edt.) Architecture and Participation. Spon Press, pp65-67.
Chini, Abdol R. and Balachandran, Shailesh, (2002), *Anticipating and Responding to Deconstruction through Building Design*, Proceedings of the CIB Task Group 39-Deconstruction Meeting, CIB Publication 272, Can be found at http://www.cce.ufl.edu/pdf/proceedings.pdf.
Hinze, Jimmie. (2002), *Designing for Deconstruction Safety,* Proceedings of the CIB Task Group 39-Deconstruction Meeting, CIB Publication 272, Can be found at http://www.cce.ufl.edu/pdf/proceedings.pdf.
ICE R&D and Biffaward. (2005), planning for Resource Sustainable Communities: Waste Management Infrastructure, *Innovation & Research Focus*, Issue No. 63, Can be found at http://www.ice.org.uk/knowledge/specialist_Waste.asp.
Kibert, Charles. (2002), *Deconstruction as an Essential Component of Construction Ecology*, Proceedings of Task Group 39 Conference on Deconstruction, (Germany, Karlsruhe). Can be found at www.cce.ufl.edu.
Kibert, Charles. (2003), Deconstruction: the start of a sustainable materials strategy for the built environment, *UNEP Industry and Environment.* April -September, pp84-88.
Matthews, E., et al. (2000), the Weight of Nations: Materials Outflows from Industrial Economies, (Washington D.C: World Resources Institute).
Morgan, Chris and Stevenson, Fionn. (2005), *Design for Deconstruction,* (SEDA Design Guides for Scotland No 1), Can be found at www.seda2.org/dfd/dfd.pdf , p4.
Pulaski, Michael; Hewitt, Christopher; (2003), *Design for Deconstruction: Material Reuse and Constructability*, in: Green build Conference.p2, 7, 8, 19, 24.
Steward, W. Cecil and Kuska, Sharon S. Baum. (2004), *Structuring Research for Design for Deconstruction*, in: Deconstruction and Building Materials Reuse Conference.
Webster, M.D. (2006), *Designing Structural Systems for Deconstruction*, (Simpson Grumpert & Hege Inc.) pp 2-5.
Webster, M.D. (2006), *Design for Deconstruction, Dos & Don'ts to Improve Building Adaptibility, Deconstruction ability, and End of life Value*, (Simpson Gumperits & Heger Inc.), p2, 19.