

طراحی معماری با پیش بینی مجزاسازی و نصب مجدد اجزا*

دکتر محمد مهدی 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: ۸۸/۵/۲)

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 زیان‌های جانبی و آلودگی بسیاری در محیط زیست بوجود می‌آورد. 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 ساختمان‌هایی که بهسازی می‌شوند، جداسازی لایه‌های مختلف ساختمان با عمرهای گوناگون را ممکن می‌سازد تا اجزاء ساختمانی بعد از تخریب یا بازسازی به نخاله‌های 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 روش‌های بومی و پیمون‌های 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 می‌توان به شیوه مناسبی برای صرفه جویی در منابع و انرژی و بهبود چرخه مصالح دست یافت.

واژه‌های 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: ۰۶۶۴۰۹۶۹۶ - ۰۲۱، نمابر: ۰۲۱ - ۸۸۶۳۱۱۱۷ - E-mail: mmahmudi@ut.ac.ir

مقدمه

۲۷-۳۸) و این 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 بسیاری شهرها و روستاهای آسیب پذیری که ناپود 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 تیار 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 فعالیت های 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.

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 ساختمان هایی که پیش بینی می شود در آینده پس از پایان عمر مفیدشان تخریب و تجزیه شوند، امکان مجزاسازی مصالح و اجزاء آنها را فراهم می کند (Kibert, 2003, 84-88).

در ایران برای ساخت هر ساختمان مصالح بسیاری به کار می رود که از منابع طبیعی بدست آمده و نحوه استخراج و میزان آن بر محیط تأثیر می گذارد. از طرف دیگر در جریان عملیات ساختمانی مواد زائد بسیاری به صورت نخاله های ساختمانی تولید می شوند که خود به عنوان آلاینده های محیط عمل می کنند. 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 می شود 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 بهره برداری می شود (محمودی، ۱۳۸۷،

الف) طرح مسئله، اهداف و روش تحقیق

کرده است که هم به مقوله ساخت و تخریب و هم بازیافت توجه کرده است" (ماجدی اردکانی، ۱۳۸۳).

با این حال تولید سالانه میلیون ها تن مواد زائد 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 زیاله های ساختمانی که تقریباً پنج برابر زیاله های خانگی شهری در تهران است، اصولاً از ساخت و سازه های 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

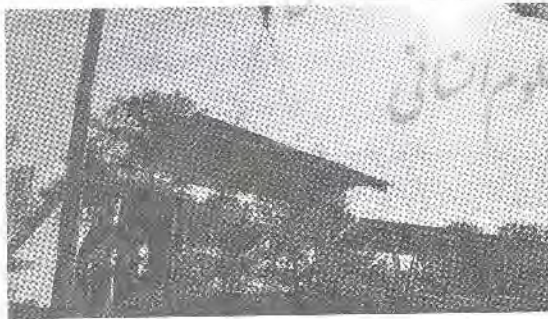
با توجه به اهمیت و تأثیر قابل ملاحظه ای که تدوین و رعایت مقررات ساختمانی لازم الاجراء در ارتقاء کیفیت طراحی و اجرای ساختمان ها دارد، مسئولین ذیصلاح در لوای مواد قانونی در لایحه قانون نظام مهندسی کنترل ساختمان و پیش نویس آیین نامه اجرایی آن به کرات بدان پرداخته اند (ره شهر، الف ۱۳۷۵). این مقررات، مراحل مختلف طراحی و اجرای ساختمان و تأسیسات و صرفه جویی در مصرف انرژی را در برمی گیرد. در صورت رعایت این نکات ریز در تمام بخش ها، بسیاری از ضعف های موجود برطرف می شوند و در نهایت آمار تخریب و دورریز مصالح پایین می آید که تأثیری مستقیم در کاهش اثرات مخرب زیست محیطی عملیات اجرایی خصوصاً 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

ب) ایده و پیشینه طراحی با پیش‌بینی 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 پریاسازی به طریقه خشک^۸ است، که در آن ستون‌ها با صفحات فولادی در هر انتها به اجزا فولادی که در بتن کف قرار گرفته‌اند، 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 گرفته‌است. 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)



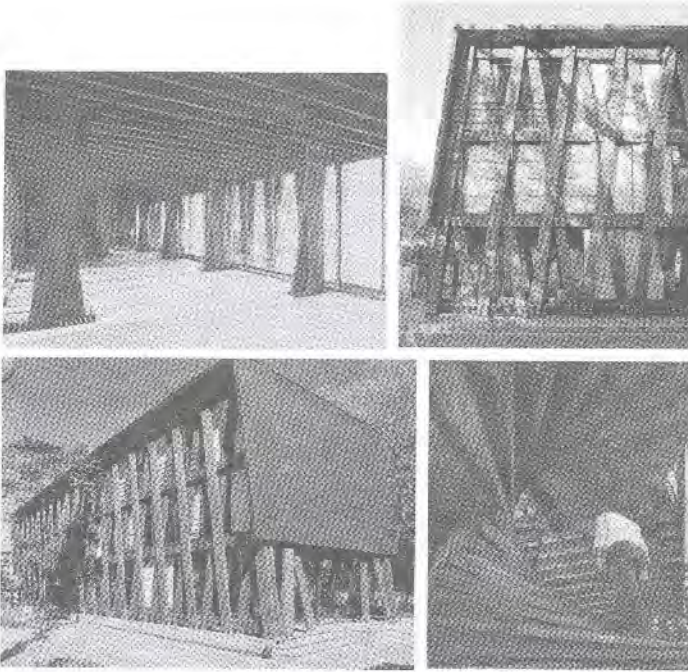
تصویر ۲- مجزاسازی.
ماخذ: (Webster, 2006)

هدف از طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی بدست آوردن بیشترین مصالح با بهترین شرایط برای استفاده مجدد آنها در ساختمان‌های 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 نمی‌شوند 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

۶۷۸۷۶۰۳ تن بوده است^۹. همچنین در تهران روزانه بیش از ۴۰۰۰۰ تن آوار ساختمانی از تخریب جزئی یا کلی بنا و فعالیت‌های عمرانی دیگر مانند کانال‌کشی، گودبرداری و غیره در محل‌های دفن آوارها تولید می‌شود که نیازمند مدیریت است^{۱۰}. هم‌اکنون بین ۷۰٪ تا ۸۰٪ آوارها و نخاله‌های ساختمانی قابل بازیافت بوده و استفاده مجدد از آنها در شرایط فعلی صرفه اقتصادی بالایی نیز دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد میانگین عمر مفید ساختمان‌ها در کشورهای جهان حدود ۴۰ سال است ولی عمر ساختمان‌ها در ایران ۳۰ سال برآورد شده است^{۱۱} 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 می‌توان 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^{۱۲}.

هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان‌پذیری و نحوه استفاده از شیوه "طراحی با پیش‌بینی 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 بی‌رویه از انرژی و منابع طبیعی و افزایش روزافزون گورستان‌های نخاله‌های ساختمانی. آمار فوق‌الذکر بیان‌کننده این واقعیت است که مصالح ساختمانی به جای بازیافت یا استفاده مجدد، از بین می‌روند و مجدداً نیاز به صرف انرژی و استفاده از منابع اولیه بکر برای تولید مصالح ساختمانی است. از مهم‌ترین فعالیت‌های ایجاد این معضلات محیطی، تخریب آگاهانه پس از پایان عمر مفید یک ساختمان، نوسازی و بهسازی در طول عمر مفید آن و خرابی‌های ناشی از عوامل طبیعی مانند زلزله هستند.

این مقاله در ابتدا به بررسی پیشینه و ایده اولیه و اهداف "طراحی با پیش‌بینی 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 سازمان‌ها و ارگان‌هایی که در کشورهای دیگر به این مقوله پرداخته‌اند، ارائه می‌کند. در مرحله بعد با مطابقت اصول و مشخصات شیوه طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی با برخی از روش‌های سنتی و مصالح بومی ایران، ضمن توجه به امکان‌پذیری تطابق این شیوه با شیوه‌های بومی، امکان‌ات و محدودیت‌ها و اهمیت بکارگیری شیوه طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی را در ایران بررسی و تحلیل کرده و نهایتاً به ارائه توصیه‌هایی در طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی، نحوه انتخاب و چگونگی استفاده از مصالح، انتخاب و طراحی اجزاء و اتصالات و ملاحظات دیگر برای نصب و مجزاسازی پرداخته‌است. این توصیه‌ها عمومی بوده و برای تمام روش‌های ساخت و سازی که به تناسب بستر محیطی و توجه به مصالح و روش‌های بومی، با پیش‌بینی مجزاسازی طراحی و اجرا شود، قابل استفاده هستند.



تصاویر ۳ تا ۶ - تصاویری از ساختمان مرکز کامپیوتر بی - آی - پی ، آلبرتو موزو .

ماخذ: [http://www.treehugger.com/files/2008/05/design-for-\(deconstruction.php](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 مهندسی 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 شفافیت داشته باشند، بطوری که به راحتی قابل تشخیص باشند، ساختمان های منظمی که سیستم های ساختمانی مشابهی در کل 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 مجزاسازی 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 بست های 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

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 برنامه ریزی ساختمان ها به این منظور می تواند 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 در ساختمان ها 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 هزینه های برنامه ریزی برای ضایعات تخریب اغلب بسیار پایین است، برای مجزاسازی 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 ساختمان سازی اغلب کشورها استفاده مجدد اجزاء ساختمان را هنوز در نظر نگرفته اند، این روش هنوز جایگاه اصلی خود را پیدا نکرده است (Kibert, 2002). در حال حاضر مشکلات و محدودیت های فنی بسیاری نیز برای طراحی با پیش بینی مجزاسازی 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 مجزاسازی بیاندیشند. این نوع نگرش تدابیر خلاقانه ای 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^{۱۱} تدوین شده است (Webster, 2006). گزارش این مرکز برای اولین بار در سال ۲۰۰۳ منتشر شد (Stewart, 2004). گروه طراحی محیطی اسکاتلند^{۱۲} 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^{۱۱} ساختمانی را با پیش بینی مجزاسازی برای مرکز کامپیوتری بی - آی - پی^{۱۲} در سنتیاگو^{۱۳} طراحی کرده است (تصاویر ۲ الی ۶). کل سازه از الوارهای لمیت شده ای تشکیل شده است که می توانند از هم مجزا و در مکان دیگری استفاده شوند^{۱۴}. این پروژه به علت پیش بینی مجزاسازی یکی از برندگان مسابقه معماری^{۱۵} در سال ۲۰۰۸ است. چوب های این ساختمان از جنگل های با مدیریت پایدار تهیه شده است^{۱۶}.

در کل کار دارند استفاده شود. در این صورت اجزاء و اتصالات مشابهی در کل ساختمان وجود می‌آید. طراحی باید به صورت لایه لایه انجام شود تا هنگام مجزاسازی مشکل خاصی بوجود نیاید (تصویر ۷). بطور مثال هنگامی که سیستم تاسیسات ساختمان یا 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). لایه‌های سیستم‌های ساختمانی عمرهای گوناگونی دارند. اگر لایه‌ها جدا جدا طراحی شوند مجزاسازی و نوسازی آسان‌تر می‌شود (Stewart, 2004). بستر محیطی همواره ثابت است و سازه (ساخت ثابت) عمری بین ۳۰-۲۰ 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). بنابراین این برخی از بخش‌ها قبل از بخش‌های دیگر نیاز به بازسازی دارند و برخی از بخش‌ها تا پایان عمر مفید ساختمان باقی می‌مانند، که در صورت متصل نبودن و رعایت تدارکات لازم برای مجزاسازی، اجزاء در زمان‌های گوناگون به آسانی و بدون تخریب، قابل دسترسی و تعویض خواهند بود.

ملاحظات طراحی سازه: استفاده از شکل‌ها و اتصالات رایج و کاهش اندازه و تعداد اجزاء مختلف و پرهیز از سیستم‌های سازه‌ای مرکب در طراحی سازه به این شیوه مهم‌ترین اصول هستند. اتصالات پیچی در سازه‌های فولادی مناسب است و در سایر سازه‌ها باید از بست‌های قابل جدا کردن استفاده شود، بهترین نوع اتصالات، آنهایی هستند که نیروی اصطکاک از حرکت انتقالی آن جلوگیری می‌کند. مثل بست‌ها و گیره‌ها. این نوع بست‌ها نیاز به ایجاد سوراخ یا شکاف در اجزاء ندارند و بنابراین محاسبه استحکام اتصالات در طول مجزاسازی آسان‌تر است. هنگام مجزاسازی دو قطعه فولاد که به هم پیچ شده‌اند، معمولاً زمان جدا شدن اتصالات مشهود است. اما هنگام مجزاسازی اتصالاتی که به هم جوش شده‌اند، محل و زمان جدا شدن قابل پیش‌بینی نیست (Chini & Balachandran, 2002). استفاده از کمترین و بزرگ‌ترین اجزاء در مکانی که تجهیزات و ماشین‌آلات بزرگ مناسب در دسترس باشد و اجزاء کوچک‌تر برای مکانی که حمل توسط کارگران و با وسایل سبک انجام می‌شود توصیه می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که فولاد و چوب بهترین مصالح سازه‌ای برای مجزاسازی بوده و بتن درجا و مصالح بتایی برای مجزاسازی مناسب نیستند و بتن پیش‌ساخته به شرط آنکه برای مجزاسازی طراحی و دیتیل شده باشد می‌تواند مناسب باشد (Webster, 2006).

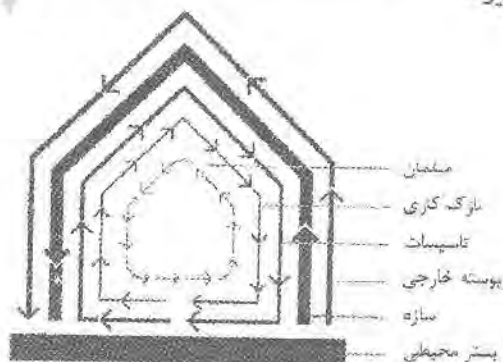
سایر ملاحظات طراحی: در هنگام طراحی، چگونگی مجزاسازی سازه و در نظر گرفتن اجزاء یا تمهیداتی برای جابه‌جایی قطعات و ایمنی کارگران مهم است (Pulaski & Hewitt, 2003, 7&19). باید برای کارگران فضایی در نظر گرفت تا بتوانند در آن محل مستقر شده و

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

ساختمان‌های پیچیده مانند ساختمان‌هایی که دارای سیستم‌های غیر قابل فهم یا مخفی باشند، ساختمان‌هایی که اجزاء منحصر به فرد و خاص یا غیر استاندارد داشته باشند بطوری که قابل استفاده در ساختمان‌های دیگر نباشند و ساختمان‌هایی که سیستم آنها چندتایی است، برای مجزاسازی مناسب نیستند (Webster, 2006, 3-5)، (Webster, 2006, 3-5). مصالحی که از نظر شکلی مشابه هستند اما مشخصات فنی مشابهی ندارند، گنج‌کننده هستند و در این سیستم ارزش کمی دارند. مصالح خطرناک 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 می‌شود که فعالیت مجزاسازی با سهولت بیشتری انجام شود. این مشخصات به طراح کمک می‌کند تا برنامه ریزی برای شروع طراحی و انتخاب روش‌ها و مصالح را با دقت بیشتری انجام دهد.

۲- ملاحظات طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی

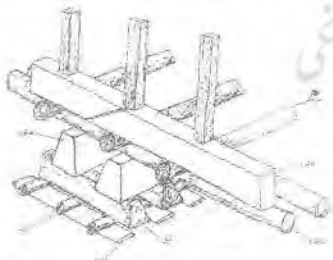
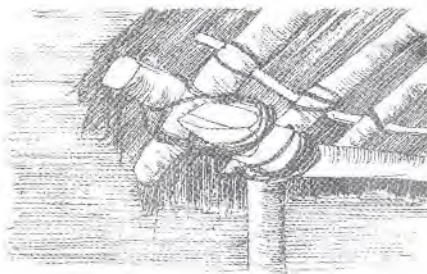
بیشترین محدودیت‌ها در زمان مجزاسازی ناشی از طراحی نامناسب است. اگر کلیه نکات لازم در زمان طراحی در نظر گرفته شود، مجزاسازی با سهولت بیشتری امکانپذیر خواهد شد. مهم‌ترین بخش‌های طراحی برای پیش‌بینی مجزاسازی، معماری و سازه است. هماهنگی مشخصات طرح سازه و طرح معماری در امکانپذیری مجزاسازی مهم است. چون مجزاسازی با پیش‌بینی موارد کلی و همچنین موارد جزئی امکانپذیر می‌شود، لذا باید در عین حال در انتخاب مصالح و طراحی اجزاء و اتصالات ملاحظات لازم را در نظر گرفت. این پیش‌بینی‌ها تدارکات مجزاسازی و نصب مجدد را نیز در بر می‌گیرد.



تصویر ۷- لایه‌های قابل مجزاسازی در ساختمان. ملخذ: (Stewart, 2004)

ملاحظات طراحی معماری: در طراحی معماری توصیه می‌شود که از نقشه‌های ساده‌ای که بیرون‌زدگی‌ها و قرو رفتگی‌های مشابهی

می‌ساخته‌اند (خاکپور، ۱۳۸۵، صص ۵۴-۴۵). در دیوارها نیز که به روش‌های زگالی-دیوارهای دارای اسکلت چوبی که فاصله بین آنها با نی و شاخه‌های درخت پر می‌شود - یا زگمه‌ای-دیوارهایی که از قرار دادن تنه‌های درختان بر روی هم بوجود می‌آیند - (معماریان، ۱۳۷۱، ۹۷ و ۹۸) ساخته می‌شوند، از هیچ قطعه‌ای جهت اتصال و بستن اجزاء چوب استفاده نشده است و عناصر در اثر وزن خود روی هم قرار می‌گیرند (خاکپور، ۱۳۸۵، صص ۵۴-۴۵). در این اجزاء از اصطکاک برای اتصال قطعات چوبی استفاده شده است که همانطور که در مطالعات مشخص شد، مناسب‌ترین 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 می‌آورد. اما در سقف‌های نهایی اجزای اصلی و قرعی توسط طناب بافته شده از ساقه برنج بنام ویریس به دیگر اجزاء ساختمان متصل می‌شوند (خاکپور، ۱۳۸۵، صص ۵۴-۴۵). نمونه‌های خوبی از نحوه اتصال را نیز در دیگر سیستم‌های ساختمانی مناطق شمالی کشور در اتصالات تخته کوبی‌ها و سفال‌های سقف و یا سایر اجزاء پوشش دهنده سقف مانند ساقه‌های برنج می‌بینیم (تصاویر ۸ و ۹).



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

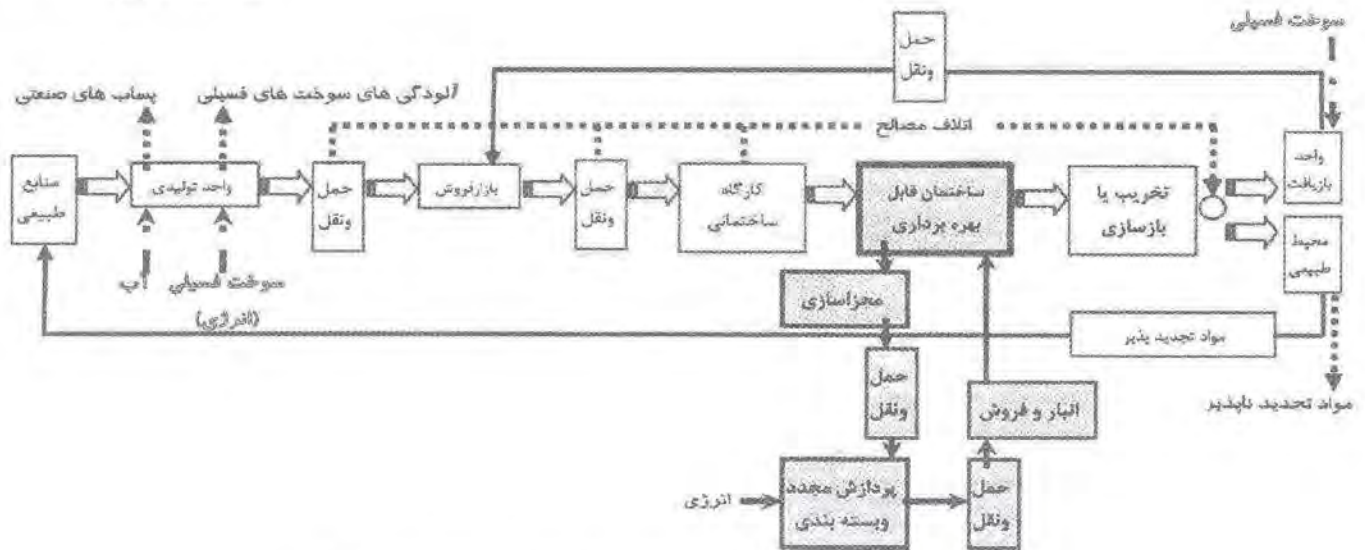
روش‌های ساخت بومی که در گذشته مناسب هر محل و بستر محیطی آن بوده‌اند به مرور زمان جای خود را به مصالح غیر محلی و روش‌های ساخت نامناسب داده‌اند. در حال حاضر در ایران به نمونه‌های زیادی از رعایت اصول مجزاسازی در طراحی معماری و اجزاء و اتصالات و بکارگیری مصالح بومی برخورد نمی‌کنیم. با مشخص شدن جایگاه شیوه طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی در سیستم ساخت و ساز ایران و وضع قوانین و ضوابط معین و لازم‌الاجرا به این منظور، این شیوه به دلایل متعدد و با اهمیت بسیاری می‌تواند کاربرد گسترده‌ای داشته باشد. این مقاله در این بخش به تحلیل اهمیت موضوع با توجه به معضلات ساخت و ساز،

عملیات مجزاسازی را انجام دهند (Hinze, 2002). باید مصالح را دسته بندی کرد و برچسب زد. برچسب‌ها باید اطلاعاتی را که استفاده مجدد از اجزاء را ساده می‌کند 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 اجزاء کارآمد باشد. نقشه‌هایی 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 پانل‌های عایق شده که ترکیبی از عایق‌های سخت و صفحات چوبی است، می‌توانند از سازه فعلی جدا و در مکان دیگری نصب شود. باید از مصالح غیررسمی و غیر خطرناک که دارای عمر طولانی و دوام زیاد باشند در این روش استفاده کرد (Webster, 2006).

د اهمیت کاربرد ایده طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی در ایران

با بررسی روش‌های بومی ساختمان‌سازی در ایران به نمونه‌های شگفت‌انگیزی از رعایت اصول پیشرفته‌ترین سیستم‌های ساختمانی جهان مواجه می‌شویم که به علت گستردگی دامنه، مطالعه کامل آنها در این تحقیق امکانپذیر نیست. لذا تنها به ارائه چند نمونه از روش‌های سنتی ساختمان‌سازی 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 ویژگی‌های لازم و اصلی طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی برای امکان تطابق اجزاء برای استفاده مجدد در ساختمان‌های دیگر و همچنین توسعه پیش‌ساختگی است. به گفته ایشان "پیمون اندازه‌های خرد و یکسانی بود که در هر جا درخور تیزی که بدان بود بکار گرفته می‌شد. پیروی از پیمون هرگونه نگرانی معمار را درباره نا استواری یا نازیبیلی ساختمان از میان می‌برده است" (پیرنیا، ۱۳۸۶، ۲۹ و ۳۱). در بناهای سنتی رعایت پیمون هم در اجزاء و مصالح و هم در تناسبات کلی قضاها دیده شده است. مثلاً در یک اتاق هم ابعاد اتاق مدولار بوده که سبب می‌شده ابعاد تیرها مدولار باشد و هم از اجزاء مدولار مانند پنجره‌های مدولار استفاده شده و هم مصالح مانند خشت‌ها مدولار بوده‌اند، خشت‌های خام در قطع‌های 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 می‌شود.

در خانه‌های سنتی گیلان نیز بهترین نمونه‌های اتصالات خشک را می‌بینیم. این نوع اتصالات در تمام اجزاء سازه و نازک‌کاری دیده می‌شود. مثلاً در نوع خاص از پی که شیکلی نامیده می‌شود و از اجزاء چوبی تشکیل شده است، هیچ‌گونه اتصالی بین اجزای تشکیل دهنده وجود ندارد و تنها نیروی فشاری بار ساختمان و شکل هرم ناقص پی‌ها، موجبات ایستایی ساختمان را مهیا



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

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 یا 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 و نیز 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

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

در این شیوه امکان استفاده مجدد از مصالح و اجزاء 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 مدل های سنتی معماری ایرانی و برخی از روش های ساخت سنتی، همچنین مصالح بومی هر منطقه، با بهره‌گیری از این مدل 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 نمی شود، در دوران بهره برداری در بسیاری موارد با نیازهای آنان

اجزا ساختمان که هنوز عمر مفیدشان به پایان نرسیده، می‌توانند مجدداً در همان پروژه یا برای مصرف در پروژه‌های آتی استفاده شوند و یا به فروشگاه‌های 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 محدودیت‌ها و نیز اهمیت طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی و نصب مجدد در ایران دسته‌بندی و ارائه شده است.

وقوع حادثه از بین می‌رود. در صورتی که با تطابق شیوه طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی، با روش‌های ساخت و ساز و مصالح هر منطقه از کشور، می‌توان روش‌هایی مبتنی بر مصالح بوم آورد و شیوه‌های 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 می‌شود. در طی این عملیات،

جدول ۱- امکانات و محدودیت‌ها و اهمیت کاربرد شیوه طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی و نصب مجدد اجزا در ایران.

طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی و نصب مجدد		
۱	امکانات	<p>۱- امکان استفاده مجدد از اجزای ساختمان را فراهم می‌سازد و مصالح دارای کاربرد را از نخاله‌های ساختمانی تفکیک می‌کند.</p> <p>۲- سبب کاهش استفاده از مصالح و نتیجتاً مصرف هزینه و انرژی کمتر برای استخراج و تولید مصالح می‌گردد.</p> <p>۳- با کاهش مصرف منابع طبیعی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی سبب محافظت از محیط زیست می‌گردد.</p> <p>۴- سبب تسهیل بازیافت مصالح می‌گردد و به بهبود چرخه بسته مصالح کمک می‌کند.</p> <p>۵- در مورد مصالح چوبی سبب محافظت از جنگلها می‌گردد.</p> <p>۶- در مورد مصالح پلاستیکی امکان استفاده مجدد از مصالحی که به طبیعت برنمی‌گردند را فراهم می‌سازد.</p> <p>۷- امکان استفاده مجدد از مصالحی که از نظر منابع، استخراج یا پردازش یا ارزش تلفی می‌شوند را فراهم می‌سازد.</p> <p>۸- اغلب سبب سبک‌سازی ساختمان می‌شود.</p> <p>۹- همزمان با استفاده از مصالح نوین امکان بهره‌گیری از مصالح سنتی کشورهای در حال توسعه نیز می‌باشد.</p> <p>۱۰- این امکان را برای ساکنان فراهم می‌سازد 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 یا عمر مفید کوتاه را در ساختمان تعویض نمایند.</p> <p>۱۱- مصالح خطرناک در طراحی حذف می‌شوند.</p> <p>۱۲- سبب کاهش حجم نخاله‌های ساختمانی و گورستان‌های نخاله‌ها می‌شود.</p> <p>۱۳- آلودگی صوتی را نسبت به مراحل تخریب کاهش می‌دهد.</p> <p>۱۴- آمار بازیافت و استفاده مجدد از اجزا را بالا برده و ارزش ساختمان را در پایان عمر مفید آن افزایش می‌دهد.</p> <p>۱۵- دوره ساخت و ساز را آسان می‌کند.</p>
۲	محدودیت‌ها	<p>۱- نیاز به پردازش مجدد مصالح در بسیاری موارد وجود دارد.</p> <p>۲- برای مجزاسازی و جداسازی مجدد نیاز به هزینه کار اضافی است.</p> <p>۳- اجزا باید حتماً برای مجزاسازی طراحی شده باشند تا امکان جداسازی آنها فراهم باشد.</p> <p>۴- برای مجزاسازی نیاز به ابزارهای مشخص است.</p> <p>۵- برای مجزاسازی نیاز به زمان بیشتری نسبت به تخریب است.</p> <p>۶- در قوانین ساختمان‌سازی هنوز مجتبی برای این منظور پیش‌بینی نشده است.</p> <p>۷- این سیستم در برنامه‌های ساخت و ساز هنوز جایگاه خود را پیدا نکرده است.</p> <p>۸- هزینه برنامه‌ریزی برای ضایعات تخریب پایین‌تر است و مزایای اقتصادی این شیوه هنوز برای سازندگان محرز نشده است.</p> <p>۹- حتماً باید از طراحی مدولار استفاده شود.</p> <p>۱۰- نیاز به امنیت برای کارگران و خطرات احتمالی، نسبت به تخریب افزایش می‌یابد.</p> <p>۱۱- زمان مجزاسازی نسبت به تخریب افزایش می‌یابد.</p> <p>۱۲- به مکان و فضای مناسب برای نگهداری یا پردازش مصالح نیاز است.</p> <p>۱۳- استاندارد‌های لازم برای استفاده مجدد مصالح وجود ندارد.</p>
۳	اهمیت کاربرد در ایران	<p>۱- با کاهش مصرف انرژی و منابع، همچنین کاهش ضایعات و نخاله‌های ساخت و تخریب از آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از ساخت و توسعه مسکن در ایران به شکل موثری پیش‌گیری می‌کند.</p> <p>۲- با استفاده از مصالح سنتی و مدوله‌های آن قابل انجام است.</p> <p>۳- قابل تطابق با روشهای ساخت بومی است.</p> <p>۴- با توجه به روند شتابان تخریب ساختمان در ایران می‌تواند کاربرد وسیعی داشته و از هدر رفتن مصالح و انرژی جلوگیری کند.</p> <p>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 می‌نماید و هم با امکان طراحی سازه‌های خاص و سبک در زمان زلزله بهتر عمل کرده تلفات جانی را کاهش می‌دهد.</p> <p>۶- با امکان جداسازی و نصب مجدد پنهان‌های 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 بهره‌بردار جامعه می‌تواند کاربرد وسیع و سودمندی خصوصاً در انبوه‌سازی داشته باشد.</p>

هد) اصول کاربردی برای طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی در ایران

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 پیش‌بینی مجزاسازی، فولاد، چوب و بتن پیش ساخته است (جدول ۲).

۳- اجزاء و اتصالات: در طراحی با پیش‌بینی 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).

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 سلیق 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 بهره برداران به آسانی قابل مجزاسازی و تعویض باشند (جدول ۲).

۲- سازه: سیستم سازه باید تا حد امکان ساده و استاندارد

جدول ۲- اصول کاربردی برای طراحی معماری با پیش‌بینی مجزاسازی.

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

(مأخذ: تکارندگان)

جدول ۳- اصول کاربردی طراحی سازه با پیش‌بینی مجزاسازی.

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

(مأخذ: تکارندگان)

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

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

(ماخذ: نگارندگان)

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

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

(ماخذ: نگارندگان)

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 مجزاسازی 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

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 و نوع 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

۲ الی ۶، به فاکتور جدیدی از میزان اهمیت هر یک از اصول و نیاز به توجه به هر یک از مقوله‌های مورد بررسی با این شیوه برای عملکردهای خاص دست می‌یابیم.

ساختمان‌ها و یا نوع مسکن در طراحی مسکونی (انبوه‌سازی، آپارتمانی و تک واحدی) در ساختار این جدول، می‌توان درجه اهمیت هر یک از بندهای مورد اشاره را در طراحی آن عملکرد خاص تعیین نمود و با اعمال درجه اهمیت خالص هر بند منتج از جدول

جدول ۶- اصول کاربردی برای نصب و مجزاسازی با پیش‌بینی مجزاسازی.

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

(مأخذ: نگارندگان)

نتیجه

- تخریب ساختمان‌ها 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 می‌کنند، همچنین خرابی‌های 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 گورستان‌های نخاله‌های ساختمانی می‌شوند. با کمیاب شدن منابع و بالارفتن ارزش آنها در آینده، طراحی با پیش‌بینی 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 لایه‌های 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 شیوه‌های 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 پیش‌بینی مجزاسازی، با روش‌های ساخت و ساز و مصالح هر منطقه از کشور، می‌توان 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 می‌کند پرداخت.
- ایده مجزاسازی برای آینده طراحی پایدار ضروری است.
 - طراحی با پیش‌بینی مجزاسازی حاصل اعتقاد به حفظ محیط زیست، انرژی و مصالح برای نسل آینده است.
 - ایده مجزاسازی با مدول‌ها، روش‌ها و مصالح سنتی ایران قابل تطبیق است.
 - ایده مجزاسازی به انعطاف‌پذیری و تطابق‌پذیری فضاها و عملکردها کمک کرده و در انبوه‌سازی مسکن در ایران مفید است.
 - مجزاسازی اجزاء ساختمان، بوسیله طراحی برای مجزاسازی و مهندسی هماهنگ امکان‌پذیر می‌شود.
 - ساختمانی که برای مجزاسازی طراحی می‌شود، 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 روش‌های مجزاسازی اختصاصی برای هر یک از عملکردها است.
 - بررسی انجام شده با تفکیک سیستم‌های سازه‌ای و مصالح متفاوت نیز به همین روش قابل توسعه و تعمیم است بطوری که بهترین سیستم سازه‌ای مناسب یا موضوع و مصالح برتر قابل استفاده، تبیین شود.

پی‌نوشت‌ها:

- ۱ رجوع شود به: <http://recyclenet.blogfa.com/post-173.aspx> (1387).
- ۲ رجوع شود به: http://www.civilica.com/Paper-SWM02-SWM02_005.html.
- ۳ رجوع شود به: <http://recyclenet.blogfa.com/post-173.aspx> (1387).
- ۴ رجوع شود به: <http://recyclenet.blogfa.com/post-173.aspx> (1387).
- ۵ رجوع شود به: <http://www.arak-info.com/shownews.php?code=21340> (1386).
- ۶ رجوع شود به: http://aftab.ir/news/2008/jul/28/c4c1217222767_social_urban_building.php (1387).
- ۷ Design for Deconstruction.
- ۸ MXB-5.
- ۹ Construction Industry Research & Information Association (CIRIA).
- ۱۰ The Scottish 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)، سبک‌شناسی معماری ایرانی، انتشارات سروش دانش، تهران، ۲۹ و ۳۱.
- ثقفی، محمد جواد (۱۳۸۵)، آسیب‌شناسی ساختمان؛ بررسی نقش مراحل اجرا و نظارت در بروز خسارات ناشی از زلزله در گونه‌های ساختمانی منطقه زرنند-کرمان، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۲۶، صص ۷۴-۶۷.
- خاکپور، مرگان (۱۳۸۵)، ساخت خانه‌های شیکیلی در گیلان، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۲۵، صص ۵۴-۴۵.
- ره‌شهر، الف (۱۳۷۵)، گزارش تحلیلی بررسی شرایط عمومی ایجاد بیمه مسئولیت‌های فنی و حرفه‌ای "مهندسين معمار، محاسب و ناظر"، عمرانی، قاسمعلی و همکاران (۱۳۸۴)، بررسی وضعیت جمع‌آوری، 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 طبیب (۱۳۸۶)، علل عدم پایداری ساختمانهای مسکونی روستایی در برابر زلزله و ارائه الگوی ساخت براساس امکانات و توانایی‌های 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 کارایی‌های بخش‌های ساختمان، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.
- محمودی، محمد مهدی و نیلوفر نیکقدم (۱۳۸۷)، کاهش آلودگی‌های محیطی ناشی از توسعه مسکن با راهکارهای طراحی معماری، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۵، صص ۲۸-۲۷.
- محمودی، محمد مهدی (۱۳۸۶)، گزارش نهایی طرح پژوهشی بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از توسعه مسکن در مراحل ساخت و دوران بهره‌برداری، قطب علمی فناوری معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.
- معماریان، غلامحسین (۱۳۷۱)، معماری مسکونی ایران، گونه‌شناسی برون‌نگرا، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
- هاشم‌نژاد، 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 (Ed.) *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 Adaptability, Deconstruction ability, and End of life Value*, (Simpson Gumperits & Heger Inc.), p2, 19.