

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۳

توسعه پایدار شهری از طریق سنجش ظرفیت ساختمان‌های موجود برای استفاده دوباره

محمد پورابراهیمی*

دانشجوی دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

سید رحمان اقبالی

دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

حسن غفوری فرد

استاد گروه الکترونیک، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

چکیده:

جهت پیاده‌سازی این رویکرد چه زمانی است؟ مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP²) یک ابزار تصمیم‌گیری برای مدیریت ساختمان‌های موجود به منظور استفاده دوباره می‌باشد. این مدل که دارای کاربردی عمومی و یکسان برای تمام کشورها و بناها می‌باشد، ضمن محاسبه ظرفیت و قابلیت بنا برای استفاده دوباره، عمر مفید آن و بهترین زمان برای مداخله را نیز بدست می‌دهد. مقاله پیش رو با رویکردی تحلیلی مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) و عوامل وابسته به آن و همچنین امکان اختصاصی سازی آن برای گونه‌های مختلف ساختمانی جهت رسیدن به نتایج و خروجی‌های دقیق‌تر را مورد بررسی قرار داده است.

استفاده مجدد انطباقی از بنا به معنای بازگرداندن بنا به چرخه حیات پس از پایان عمر مفید آن، از طریق تعیین یک کاربری منطبق بر ظرفیت‌ها و ویژگی‌های بنا می‌باشد. این رویکرد از فرآیند اسرافکارانه تخریب اجتناب می‌کند و سبب حفظ مصالح و انرژی دربرگرفته¹ ساختمان، کاهش پسماندهای ساختمانی، صرفه‌جویی در زمان، صرفه‌جویی اقتصادی، احیای بافت‌های شهری و حفظ منابع و اراضی برای نسل‌های آینده می‌شود. به این ترتیب استفاده دوباره از ساختمان‌های موجود بخش‌های مهمی از توسعه پایدار را در حوزه معماری شکل می‌دهد. اما سوال اینجاست که آیا همه ساختمان‌ها برای استفاده دوباره مناسب هستند؟ و اگر نه، چه ساختمان‌هایی برای استفاده مجدد انطباقی مناسب هستند؟ بهترین زمان برای مداخله

کلمات کلیدی: استفاده مجدد انطباقی، مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP)، عمر مفید، از کارافتادگی

نویسنده مسئول: محمد پورابراهیمی، دانشجوی دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، m.pouebrahimi67@gmail.com

(این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده مسول مکاتبات با عنوان " پیاده سازی مدل پتانسیل استفاده مجدد انطباقی (ARP) در نیروگاه‌های سوخت فسیلی و اجرای آن در نیروگاه حرارتی بعثت تهران" می‌باشد که به راهنمایی جناب دکتر سید رحمان اقبالی و جناب دکتر حسن غفوری فرد و با مشاوره جناب دکتر محسن حامدی و حسن ذوالفقار زاده در دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) در دست انجام می‌باشد.)

1 Embodied energy

انرژی است که در تمام فرآیندهای مرتبط با ساخت یک بنا، از معدنکاری و فرآوری منابع تا ساخت، حمل و تحویل محصول، مصرف می‌شود

2 Adaptive Reuse Potential

۱- مقدمه

بسیاری از ساختمان‌ها پیش از آنکه از تمام ظرفیت‌های سازه‌ای و کالبدی آنها استفاده گردد دچار تخریب می‌شوند. معمولاً چنین ساختمان‌هایی دیگر قادر به پاسخگویی به خواسته‌ها و نیازهای جدید کاربران نیستند. در واقع تحولات سریع اجتماعی و رشد تکنولوژی در زمینه‌های مختلف، سبب تغییر نیازها و در نتیجه مطالبات جدیدی می‌شود که بسیاری از ساختمان‌ها قادر به برآوردن آنها نیستند و در نتیجه متروک می‌گردند. مفهومی که جانسون^{۱۸} (۱۹۹۶) اینگونه به آن اشاره می‌کند، "پیشرفت در تکنولوژی و تجارت، شامل رشد صنعتی، و مطالبات کاربران برای محیط راحت‌تر برای کار و استراحت منجر به این می‌شود که شمار زیادی از ساختمان‌ها از کارافتاده شوند و این تغییر، ساختمان‌های ترک شده‌ای را در اختیار می‌گذارد." این موضوع ما را به سمت مفهومی تحت عنوان عمر مفید و یا عمر خدماتی ساختمان هدایت می‌کند. تصمیم برای تخریب ساختمانی که به پایان عمر مفید خود رسیده، در حالیکه بخش قابل توجهی از عمر کالبدی و سازه‌ای آنها باقی مانده است، می‌تواند تصمیمی نادرست باشد. استفاده مجدد انطباقی که به عنوان "مداخله برای تغییر ظرفیت، کارکرد یا عملکرد به منظور وفق یافتن، استفاده مجدد و یا ارتقای یک ساختمان برای انطباق با شرایط و یا الزامات جدید" تعریف می‌شود (Douglas, 2006) می‌تواند رویکرد مناسب‌تری در این زمینه باشد. تخریب ضمن عدم استفاده از همه ظرفیت مصالح و سازه، سبب تولید پسماندهای زیاد ساختمانی می‌شود و همچنین ساخت و ساز جدید موجب استفاده اسرافکارانه از منابع و نیز انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. به نظر می‌رسد که استفاده مجدد انطباقی بسیاری از این مشکلات را مرتفع می‌کند.

استفاده مجدد از ساختمان‌های موجود زمینه‌های مناسبی را می‌طلبد، از جمله اینکه تسهیلات باید دارای عمر کالبدی و یکپارچگی سازه‌ای قابل توجهی باشند (Langston, 2011).

203) و یا اینکه بتوانند شرایط مقرراتی جدیدی را که در نتیجه تغییر رده عملکردی ساختمان مطرح می‌شود، برآورده کنند (Tan et al, 2014: 67). بولن^{۱۹} (۲۰۰۴) به این نکته تاکید می‌کند که توانایی برای متحمل شدن استفاده مجدد انطباقی و رسیدن به نتیجه‌ای که پایدارتر از تخریب و ساخت جدید باشد یک کیفیت ذاتی برای تمام ساختمان‌ها نیست. بنابراین تعیین ظرفیت ساختمان برای استفاده مجدد و نیز تعیین عمر مفید بنا به منظور تدقیق زمان مناسب برای اعمال این رویکرد نیاز به بررسی و مطالعه دارد. از طرف دیگر بسیاری از مسائلی که در ارتباط با ارزیابی شرایط ساختمان برای استفاده مجدد وجود دارد، مفاهیم ذهنی و کیفی می‌باشند، بنابراین کمی کردن آنها می‌تواند چالش دیگری در این زمینه باشد. مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) ابزاریست جهت تسهیل و مدیریت فرآیند تصمیم‌گیری در ارتباط با ظرفیت ساختمان‌های موجود برای استفاده مجدد. این مدل به واسطه اطلاعات مربوطه شاخص‌هایی را در اختیار می‌گذارد که شاخص‌های ARP بالاتر از ۵۰٪ دارای ظرفیت بالای استفاده مجدد انطباقی، شاخص‌های بین ۲۰٪ تا ۵۰٪ دارای ظرفیت متوسط و شاخص‌های زیر ۲۰٪ ظرفیت کمی دارند. مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) مدلی عمومی و کاربردی با قابلیت استفاده در همه کشورها و انواع بناها می‌باشد.

با توجه به بالا بودن حجم تخریب ساختمان‌ها در کشور^{۲۰} به نظر می‌رسد که موضوع استفاده مجدد انطباقی به عنوان یکی از حوزه‌های مهم توسعه پایدار در مباحث معماری، هنوز جایگاه مناسبی در کشور ندارد. از طرف دیگر با توجه به عمومی بودن مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP)، استفاده از آن جهت تعیین ظرفیت و قابلیت بنا برای استفاده مجدد به عنوان ابزاری جهت مدیریت این موضوع در کشور می‌تواند بسیار کارآمد باشد. در همین راستا، در مقاله پیش رو به تحلیل و بررسی مدل ARP پرداخته شده‌است.

1. Johnson
2. Bullen

۳. طبق مستندات مرکز آمار ایران بهار ۱۳۹۵ تعداد ۷۵۰۴ پروانه برای ساختمان‌های تخریبی صادر شد.

۲- پیشینه پژوهش

است (Shen et al, 2010: 9). در پروژه تحقیقاتی استرالیا، در ارتباط با ۵۰ مطالعه موردی در ویکتوریای استرالیا اطلاعات مربوطه جمع آوری شد که از این میان ۱۲ مورد بر مبنای مناطق روستایی بوده که شامل کلیسا، مراکز عبادت، سالن‌های اجتماعات، مسکونی و فروشگاه می‌باشد. به همین ترتیب ۱۲ مورد مطالعاتی از مناطق شهری هنگ کنگ جمع آوری گردید. از دلایل انتخاب هنگ کنگ این بود که استفاده از یک محیط شهری غیر از استرالیا، اعتبار بیشتری به این عقیده که مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) تحت تاثیر موقعیت جغرافیایی نیست، می‌دهد. نتیجه مطالعات این بود که ۱۲ مورد شهری در هنگ کنگ به صورت میانگین، شاخص قابلیت استفاده مجدد انطباقی کمتری نسبت به ۱۲ مورد غیر شهری در استرالیا دارد. هر چند مطالعات موردی در هنگ کنگ برای استفاده مجدد انطباقی قابلیت بالاتری دارد اما این قابلیت در نتیجه تاخیر در عمل تا حدی از دست رفته و سبب از دست رفتن فرصت و نیز انحطاط شتاب گرفته شده است و به نظر می‌رسد که استرالیا در این زمینه بهتر عمل کرده است.

از مطالعات دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد کاربرد مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) توسط لانگستون (۲۰۱۱) برای بررسی ظرفیت استفاده مجدد از ۱۰ نوع تسهیلات مختلف می‌باشد. این تسهیلات شامل کاربری‌های تجاری (بر مبنای برج اداری)، مسکونی (بر مبنای خانه‌های مجزا)، خرده‌فروشی (بر اساس مرکز خرید)، صنعتی (بر اساس انبار)، نشانه (بر اساس موزه)، اجتماعی (مرکز اجتماعی)، تفریحی (بر اساس هتل)، مراقبت‌های بهداشتی (بر اساس بیمارستان)، آموزشی (بر اساس مدرسه)، مذهبی (بر اساس کلیسا) بودند که طبق این مطالعات خرده‌فروشی دارای بالاترین اولویت و مسکونی دارای پایین‌ترین اولویت می‌باشد.

مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) توسط پروفیسور کریگ لانگستون^۱ در سال ۲۰۰۷ ارائه گردید و اولین بار در لویی سنگ چان^۲ در منطقه مونگ کوک^۳ در هنگ کنگ، توسط لانگستون و شن^۴ (۲۰۰۷) مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اینکه هنگ کنگ بر حسب انتشار در مترمربع، بزرگترین مولد گازهای گلخانه‌ای در جهان (۲۰۰۷) محسوب می‌شود، استفاده مجدد انطباقی از ساختمان‌های موجود یکی از راه‌های موثر برای جلوگیری از ساخت و سازهای جدید و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در این کشور می‌باشد (Langston et al, 2007: 194). بنابراین به عنوان یک موضوع حائز اهمیت مورد تحقیق و بررسی قرار گرفت.

مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) پس از ارائه در سال ۲۰۰۷، تا به امروز در مطالعات مختلفی مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است (از جمله؛ Langston et al, 2008, 2013; Langston, 2011, 2012; Conejos, 2013; Conejos et al, 2015, 2014, 2012; Wilkinson et al, 2014; Shen et al, 2010; Yung et al, 2012). از جمله این مطالعات، استفاده از مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) به صورت دو پروژه تحقیقاتی همزمان، یک پروژه شامل مشارکت بین دانشگاه بوند^۵، دانشگاه دیکین^۶، معماران ویلیامز بوگ^۷ و اتحادیه کلیسا^۸ در استرالیا، و پروژه دیگر توسط دانشگاه پلی تکنیک هنگ کنگ می‌باشد. نتایج این مطالعات به صورت مقاله در سال ۲۰۱۰ (Shen et al, 2010) به چاپ رسید. در این مقاله به مقایسه قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) بین مناطق شهری و غیر شهری به ترتیب در هنگ کنگ و استرالیا پرداخته شده است. همچنین نتایج حاصله برای رسیدن به یک معیار قیاسی، با پایگاه داده ۶۴ مطالعه موردی استفاده مجدد انطباقی در سطح جهان، مقایسه شده

1. Craig Langston
2. Lui seng chun
3. Mong kok
4. Shen
5. Bond University
6. Deakin University
7. Williams Boag Architects
8. Uniting Church in Australia

اقتصادی، عملکردی، فنی، اجتماعی، مقرراتی و سیاسی تشکیل شده است (Langston et al, 2013: 236). عمر مفید ساختمان با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$Useful\ Life(Lu) = \frac{Lp}{(1+\sum_{i=1}^7 Oi)^{Lp}} \quad (1)$$

Lu: عمر مفید (به سال)

Lp: عمر کالبدی (به سال)

Oi: از کارافتادگی‌ها (مجموع نرخ از کارافتادگی‌های سالانه)

فرمول محاسبه عمر مفید در واقع همان فرمول "تنزیل" مرسوم می‌باشد (Langston, 2011: 422). و این نظریه را به کار می‌بندد که عمر مفید در واقع "تنزیل" عمر کالبدی است، طوریکه "نرخ تنزیل" مجموع عوامل از کارافتادگی در هر سال در نظر گرفته شده است (Wilkinson et al, 2014: 189). نرخ سالانه از کارافتادگی‌ها در اثر عوامل مربوطه تعدیل می‌یابد، به همان شیوه‌ای که نرخ تنزیل بوسیله نرخ بهره، تورم، مالیات، تشدید قیمت خاص، مقرون به صرفه بودن و مانند اینها تعدیل می‌شود. اما برخلاف تنزیل، عوامل از کارافتادگی به صورت مستقیم قابل اندازه‌گیری در بازار نیستند (Langston, 2011: 424).

۳-۱-۱- اعتبار سنجی محاسبه عمر مفید

لانگستون (۲۰۱۱) مطالعات موردی در پروژه‌های استفاده مجدد انطباقی را به عنوان روشی برای اعتبار سنجی محاسبه عمر مفید انتخاب می‌کند. به این ترتیب که به تعداد ممکن، پروژه‌های استفاده مجدد انطباقی کامل شده را شناسایی کرده و یک ارزیابی پس‌نگرانه برای بررسی قرابت عمر مفید پیش‌بینی شده به واقعیت انجام می‌دهد. اعتبار این روش بواسطه انطباق بین عمر مفید پیش‌بینی شده و عمر مفید واقعی ارزیابی می‌گردد. ۶۴ پروژه شناسایی گردید. جاییکه یک پروژه اطلاعات کافی در دسترس نداشت (به عنوان مثال تمامی از کارافتادگی‌ها)، یا اگر تاریخ ساخت و یا تاریخ استفاده مجدد انطباقی در دسترس نبود، کنار گذاشته شد. عمر مفید واقعی به عنوان تفاوت بین تاریخ اتمام استفاده مجدد انطباقی و تاریخ ساخت و ساز اصلی در نظر گرفته شد. متوسط عمر مفید پیش‌بینی شده ۹۸،۰۸ و متوسط عمر مفید

البته در کشور نیز مطالعاتی روی این مدل صورت گرفته و مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی طی این مطالعات به صورت عملی در یک نمونه مورد استفاده قرار گرفته است (توسط لطفی و همکاران، ۱۳۹۳) اما به نظر می‌رسد که به دلیل عدم درک جامع و عمیق از مدل دارای اشتباهات اساسی می‌باشد.

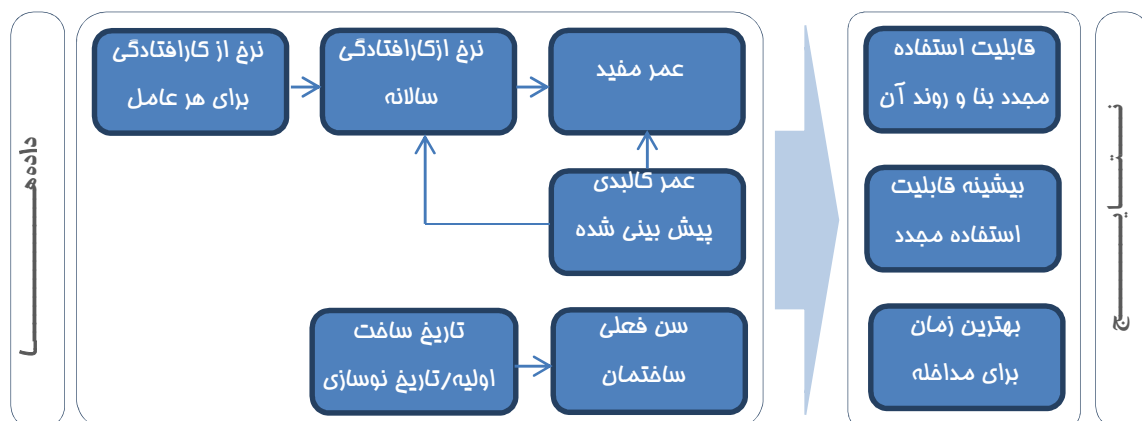
۳-۲- مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP)

مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) توسط لانگستون در سال ۲۰۰۷ ارائه گردید. این مدل از صفر تا بالاترین شاخص خود در نقطه عمر مفید بالا می‌رود و بعد دوباره به سمت صفر، هنگامیکه به عمر کالبدی خود نزدیک می‌شود، نزول می‌کند. مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) ابزار مناسبی برای کمک به تصمیم‌گیری در مدیریت و استفاده دوباره از ساختمان‌هایی موجود را فراهم می‌کند. شاخص مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) ابزاریست برای سنجش (قابلیت بالا، متوسط و پایین برای استفاده مجدد در ساختمان‌های مجزا)، زمانبندی (مشخص شدن قابلیت استفاده مجدد کاهش یا افزایشی و کارهای اولویت‌بندی) و درجه‌بندی دوجانبه پروژه‌های مجزا (شاخص بالاتر، قابلیت بیشتر برای استفاده مجدد). کاربرد این مدل امکان بررسی سریع ساختمان‌های موجود را فراهم کرده و تعیین می‌کند که چه ساختمان‌هایی برای بررسی دقیق‌تر به منظور استفاده مجدد بالقوه ارزشمندتر هستند. کلمه قابلیت در اینجا به معنای این است که در صورت پیاده‌سازی استفاده مجدد انطباقی، پروژه برای تحقق مزایای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی دارای زمینه مناسب می‌باشد (Shen et al, 2010: 8). این مدل نیازمند عمر مورد انتظار کالبدی ساختمان و عمر مفید ساختمان و سن فعلی آن (شکل ۱)، همه به سال، می‌باشد (Conejos et al, 2012: 35)، (Langston et al, 2008: 1713).

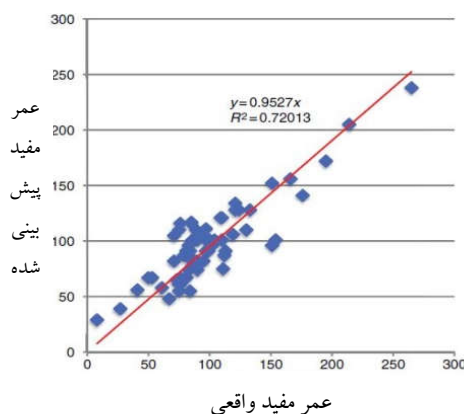
۳-۱-۳- عمر مفید

عمر مفید پیش‌بینی شده به عنوان عمر کالبدی کاهش پیدا کرده تعریف می‌شود، که میزان کاهش برابر نرخ میزان از کارافتادگی^{۲۹} سالانه می‌باشد که خود آن از عوامل کالبدی،

واقعی ۹۹,۶۷ سال بود. برای تحلیل نتایج از رگرسیون خطی^۱ استفاده شده است (شکل ۲).



شکل (۱): داده‌ها و نتایج حاصل از مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP)، ماخذ: نگارندگان



شکل (۲): اعتبارسنجی پیش‌بینی عمر مفید
ماخذ: (Langston, 2011: 429).

تجزیل عمر کالبدی با استفاده از از کارافتادگی به عنوان نرخ
تجزیل، برای محاسبه عمر مفید معتبر و قابل استناد می‌باشد.

۳-۲- از کارافتادگی

عمر کالبدی ساختمان که اغلب به عنوان کفایت و ایمنی
سازه‌های آن تفسیر می‌شود، بواسطه از کارافتادگی‌ها کاهش یافته
و منجر به عمر مفید بنا می‌شود که کوتاهتر از عمر کالبدی
مفروض است. نوت^۲ و همکاران (۱۹۷۶) این گونه بیان می‌کنند
می‌کنند که "هر عاملی که طی زمان منجر به کاهش توانایی یا
کارایی یک ساختمان برای برآوردن مطالبات متصرفان آن، در

خط بهترین تطابق به صورت $Y=0.9527X$ محاسبه شد. در
حقیقت اگر عمر مفید واقعی برای نشان دادن برآورد اصلی
(یعنی نادیده گرفتن زمان صرف شده برای ارزیابی، اسناد،
مجوز و ساخت رویکرد در نظر گرفته شده) حدود ۵٪ کاهش
یابد، خط بهترین تطابق $Y=X$ می‌شود، که نشان‌دهنده یک خط
۴۵ درجه با تطابق کامل است. میزان پراکندگی که با شاخص
 R^2 نشان داده شده برابر ۰,۷۲۰۱۳ می‌باشد که نشان‌دهنده رابطه
بسیار نزدیک است (Wilkinson et al, 2014: 191). بنابراین
یافته‌ها حاکی از آن است که روش در نظر گرفته شده و ایده

۱. رگرسیون (Regression) برای تعیین رابطه بین یک متغیر وابسته با یک یا چند متغیر مستقل می‌باشد.

۳-۲-۲- از کارافتادگی اقتصادی: ملاحظات اقتصادی معمولاً در تصمیم‌گیری درباره از کارافتادگی ساختمان‌ها غالب می‌باشد. از کارافتادگی اقتصادی اساساً وابسته به تضمین این می‌باشد که درآمدها از هزینه‌ها بیشتر باشد.

از کارافتادگی اقتصادی با جانمایی یک ساختمان در مرکز شهر یا ناحیه تجاری مرکزی سنجیده می‌شود. اگر ساختمان در یک ناحیه نسبتاً کم جمعیت قرار بگیرد عمر مفید ساختمان شدیداً کاهش می‌یابد. از کارافتادگی اقتصادی بناهایی که در نواحی با تراکم بالای جمعیت قرار دارند ۰٪ در نظر گرفته می‌شوند.

۳-۲-۳- از کارافتادگی عملکردی: از کارافتادگی عملکردی نتیجه طراحی ضعیف است و به صورت خاص طراحی که برای برآوردن شرایط جدید به آسانی تغییر نکند و یا به روز نشود.

از کارافتادگی عملکردی می‌تواند از طریق وسعت انعطاف‌پذیری موجود در طراحی یک ساختمان اندازه‌گیری شود. اگر نقشه‌های ساختمانی نسبت به تغییر نامنعطف باشند عمر مفید ساختمان به شدت کاهش می‌یابد. از کارافتادگی عملکردی در ساختمان‌های با هزینه پایین تغییر یافتن ۲۷٪ و در ساختمان‌های با هزینه بالای تغییر یافتن ۲۰٪ در نظر گرفته می‌شوند.

۳-۲-۴- از کارافتادگی فنی: فناوری می‌تواند شامل ابزارهای وابسته به انرژی باشد. بنابراین غیر منطقی نیست که استفاده از انرژی به عنوان شاخص سطح تکنولوژی در ساختمان در نظر گرفته شود. از تمامی انرژی مورد مطالبه برای عملکرد ساختمان بیشترین کاربرد عمدتاً برای تامین راحتی افراد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از کارافتادگی فنی می‌تواند از طریق مصرف انرژی بهره‌برداری اندازه‌گیری شود. اگر ساختمان وابسته به انرژی با سطح بالا برای تامین آسایش ساکنین باشد عمر مفید ساختمان به شدت کاهش می‌یابد. از کارافتادگی فنی در ساختمان‌های با مطالبه انرژی کم ۰٪ در نظر گرفته می‌شوند.

مقایسه با سایر ساختمان‌های هم‌رده خود، گردد در از کارافتادگی ساختمان سهیم است."

از کارافتادگی‌هایی که لانگستون برای محاسبه عمر مفید بنا مطرح می‌کند شامل، از کارافتادگی کالبدی، اقتصادی، عملکردی، فنی، اجتماعی و مقرراتی و سیاسی می‌باشد. هر کدام از این از کارافتادگی‌ها برای تعیین نرخ کاهش سالانه عمر کالبدی باید حالت کمی پیدا کند (Langston et al, 2008: 1713). مقیاسی از ۰ تا ۲۰ درصد برای ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از این از کارافتادگی‌ها به کار می‌رود، طوریکه ۰ درصد به معنای ایمنی کامل و ۲۰ درصد به معنای آسیب‌پذیری شدید است، غیر از مورد از کارافتادگی سیاسی، جاییکه مقیاسی از ۲۰- درصد تا ۲۰+ درصد به کار می‌رود، به گونه‌ای که ۲۰- درصد به عنوان یک فضای حمایتی و ۲۰ درصد به عنوان یک فضای مانع دیده می‌شود و ۰ درصد به معنای عدم تاثیرگذاری می‌باشد (Wilkinson et al, 2014: 196). هایپو^۱ (۲۰۰۸) اظهار می‌دارد که اطلاعات قابل اطمینان برای پیش‌بینی از کارافتادگی به ندرت در دسترس می‌باشد، معمولاً برآوردها بر اساس تجربه و قضاوت مشاورین متخصص صورت می‌گیرد. از کارافتادگی‌ها به نقل از لانگستون (۲۰۰۷ و ۲۰۱۴) از این قرار است:

۳-۲-۱- از کارافتادگی کالبدی: یک زوال سرعت یافته در اثر نگهداری و روش تعمیر نامناسب می‌باشد. بنابراین بررسی بودجه مصارف تعمیر و نگهداری در طی عمر یک ساختمان، منطقی و معقول می‌باشد.

از کارافتادگی کالبدی را می‌توان با بررسی سیاست‌های نگهداری و اجرا سنجید. اگر عناصر ساختمانی به درستی نگهداری نشوند عمر مفید شدیداً کاهش می‌یابد. از کارافتادگی کالبدی در ساختمان‌های با بودجه بالا برای تعمیر و نگهداری ۰٪ و در ساختمان‌های با بودجه نگهداری پایین ۲۰٪ در نظر گرفته می‌شود.

1. Haapio
2. Churn

۳-۲-۵- از کارافتادگی اجتماعی: تغییرات مد یا رفتاری (مانند زیباشناسی، ملاحظات مذهبی و ...) در جامعه می تواند منجر به نیاز برای بازسازی و یا جایگزینی ساختمان گردد، با وجودیکه ممکن است مصالح و تکنولوژی داخل ساختمان هنوز جوان باشد.

از کارافتادگی اجتماعی را می توان از طریق ارتباط بین عملکرد ساختمان و بازار سنجید. اگر ساختمان متکی بر درآمد خارجی باشد عمر مفید شدیدا کاهش می یابد. به این ترتیب از کارافتادگی اجتماعی در ساختمان های با فضای تصرف شده و تصاحب شده کامل ۰٪ می باشد. عمر مفید ساختمان های غیر تجاری نیز اگر تقاضا و نیاز به خدمات کاهش یابد به شدت کاهش می یابد. از کارافتادگی اجتماعی در ساختمان های با مطالبه یا وابستگی شدید خدماتی ۰٪ در نظر گرفته می شود.

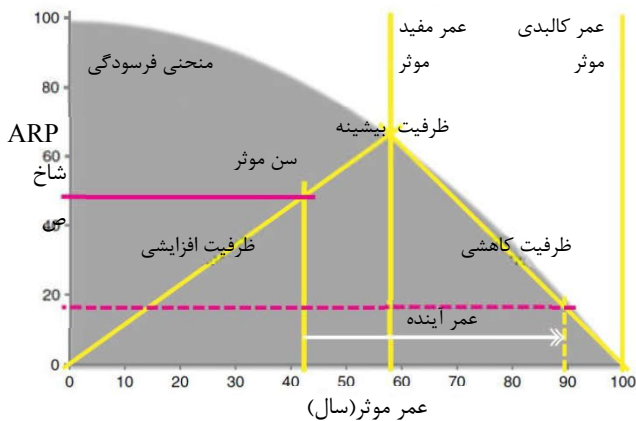
۳-۲-۶- از کارافتادگی مقرراتی: ساختمان های جدید به علت سطح بالای انطباق بر استانداردها پیچیده هستند و ساختمان های قدیمی در نتیجه انطباق پایین تر زودتر از کارافتاده می شوند. انطباق ارتباط نزدیکی با کیفیت طراحی اصلی و ترجمه آن از طریق ساخت دارد.

از کارافتادگی مقرراتی می تواند از طریق کیفیت طراحی اصلی سنجیده شود. اگر ساختمان با استانداردهای پایین طراحی و ساخته شده باشد عمر مفید به شدت کاهش می یابد. از کارافتادگی مقرراتی در ساختمان های با کیفیت بالای طراحی ۰٪ و ساختمان های با کیفیت پایین ۲۰٪ در نظر گرفته می شود. بهترین نشانگری که درباره کیفیت ساختمان داریم هزینه می باشد.

۳-۲-۷- از کارافتادگی سیاسی: از کارافتادگی سیاسی می تواند از طریق سطح علایق جامعه ملی و محلی حاکم بر یک پروژه سنجیده شود. عمر مفید به شدت کاهش می یابد اگر مداخله سیاسی (محدودکننده) بالایی وجود داشته باشد. جاییکه پروژه می تواند به جای محدودیت مزایای قابل توجهی از دخالت سیاسی ببرد، این امکان وجود دارد که شاخص ارزیابی را به یک طیف مثبت گسترش داد (یعنی ۲۰٪- به ۲۰٪) (شکل شماره ۳).



شکل (۳): انواع از کار افتادگی ها، عامل و معیار سنجش آنها، ماخذ: نگارندگان (بر گرفته از لانگستون ۲۰۰۷ و ۲۰۱۴)



شکل (۴): مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) ماخذ: (Langston, 2011: 199).

ناحیه ممکن برای مدل به صورت منطقه سایه زده شده زیر منحنی می باشد که توسط معادله $Y = 100 - \frac{X^2}{100}$ تعریف شده است. بیشینه مقیاس محور X، ۱۰۰ می باشد که به معنای ۱۰۰ درصد چرخه حیات ساختمان می باشد (Wilkinson et al, 2014: 190).

باید توجه داشت که در تمام معیارها مقادیر بین ۲۰ تا ۵۰، ۱۰ و ۱۵ امکان پذیر می باشد. از طریف دیگر بعید است که نرخ از کار افتادگی یک میزان ثابت در هر سال باشد و می تواند در اثر حوادث پیش بینی نشده نوسان داشته باشد. اما میزان آن به صورت ثابت در نظر گرفته می شوند تا محاسبات در عمل قابلیت مدیریت را داشته باشند (Langston, 2011: 424).

۳-۳- خروجی مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی

الگوریتمی مبتنی بر منحنی (توان منفی) فرسودگی در نظر گرفته شده است که این اطلاعات را می گیرد و شاخصی برای قابلیت استفاده مجدد به صورت درصد تولید می کند (شکل شماره ۴). شاخص های ARP بالاتر از ۵۰٪ دارای ظرفیت بالای استفاده مجدد انطباقی، شاخص های بین ۲۰٪ تا ۵۰٪ دارای ظرفیت متوسط و شاخص های زیر ۲۰٪ ظرفیت کمی دارند. نشان دهنده حدود یک سوم از مساحت زیر منحنی در هر مورد (Langston, 2012: 4).

اقليمی، جایکه بیشترین کارایی و سودمندی باید در برابر به حداقل رساندن استفاده از منابع و تاثیرات محیطی به تعادل برسد، استفاده مجدد انطباقی بسیار مهم است (Langston, 199: 2011). و ما شاهد هستیم که در کشورهای صنعتی درخواست‌های رو به رشدی برای محدود کردن ساخت و ساز جدید در راستای بهبود توده موجود و حتی توقف کامل هر گونه ساخت جدید شکل گرفته است (Bullen, 2007: 21).

مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) ابزار مناسبی جهت تصمیم‌گیری درباره تخریب یا استفاده مجدد از ساختمان‌های موجود می‌باشد. این مدل بواسطه محاسبه عمر مفید ساختمان از طریق انواع از کارافتادگی‌ها، سن فعلی ساختمان و عمر کالبدی پیش‌بینی شده برای آن، ظرفیت بنا را به منظور استفاده مجدد بدست می‌دهد. به این ترتیب در وحله اول مشخص می‌گردد که ساختمان برای استفاده مجدد ظرفیت و ویژگی‌های لازم را دارا می‌باشد یا خیر. علاوه بر ظرفیت بنا برای پذیرش استفاده مجدد انطباقی، مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP)، روند آن را نیز تعیین می‌کند. به این معنا که آیا ظرفیت بنا به صورت افزایشی است و هنوز به حد بیشینه نرسیده یا اینکه این ظرفیت به صورت کاهش می‌باشد و فرصت استفاده مجدد در حال از دست رفتن است. در واقع بیشینه ظرفیت استفاده مجدد از ساختمان در هنگام عمر مفید آن اتفاق می‌افتد و اگر سن فعلی ساختمان از عمر مفید آن کمتر باشد ظرفیت بنا به صورت افزایشی و در صورت بیشتر بودن سن فعلی ساختمان نسبت به عمر مفید این ظرفیت به صورت کاهش می‌باشد و برنامه‌ریزی‌ها جهت اقدامات بعدی هرچه زودتر باید انجام گیرد. از اینجا مشخص می‌گردد که علی‌رغم اینکه ممکن است یک ساختمان ظرفیت بالایی برای استفاده مجدد داشته باشد اما به علت تعلل این فرصت از دست رود و در حال حاضر و در سن فعلی بنا، ساختمان دیگر دارای شرایط مناسبی برای استفاده مجدد نباشد. بنابراین توجه به زمان‌بندی جهت اقدامات مناسب و به موقع در اجرای این رویکرد، بسیار حائز اهمیت

مقادیر عمر مفید موثر (ELu) (رابطه شماره ۲)، سن موثر ساختمان (ELb) و عمر کالبدی موثر (ELp) به ترتیب از طریق ضرب کردن عمر مفید (Lu)، سن ساختمان (Lb) و عمر کالبدی (Lp) در ۱۰۰ و تقسیم بر عمر کالبدی حاصل می‌گردد.

$$ELu = \frac{Lu \times 100}{Lp} \quad (2)$$

ELu: عمر مفید موثر

Lu: عمر مفید

Lp: عمر کالبدی

اگر مقدار سن موثر ساختمان از عمر مفید موثر کمتر باشد، ظرفیت استفاده مجدد به صورت افزایشی بوده و شاخص

ARP با استفاده از رابطه شماره ۳ محاسبه می‌گردد. اگر سن موثر بنا بیش از عمر مفید موثر باشد ظرفیت استفاده دوباره به صورت کاهش یافته بوده و شاخص ARP براساس رابطه شماره ۴ محاسبه می‌شود.

$$ARP_{(increasing)} = \frac{[100 - (EL_u^2/100)] \cdot EL_b}{EL_u} \quad (3)$$

$$ARP_{(decreasing)} = \frac{[100 - (EL_u^2/100)] \cdot (100 - EL_b)}{100 - EL_u} \quad (4)$$

ELu: عمر مفید موثر

ELb: سن موثر بنا

زمانی که عمر فعلی و عمر مفید ساختمان برابر هستند بیشترین میزان شاخص ARP و بالاترین ظرفیت برای استفاده مجدد از ساختمان امکان‌پذیر می‌گردد. میزان شاخص ARP بالای ۸۵٪ به شدت تاکید دارد که فعالیت‌های برنامه‌ریزی باید آغاز گردد (Langston et al, 2007: 197).

۴- بحث

استفاده مجدد انطباقی به عنوان تغییر مهم در عملکرد یک ساختمان موجود، در زمان بدون استفاده شدن عملکرد پیشین تعریف می‌شود (Conejos, 2013: 2). انطباق به طور کلی با تعاریفی که اشاره به "تغییر کاربری"، "حفظ" حداکثری سازه و استخوان‌بندی اصلی و طولانی کردن "عمر مفید" دارند، در ارتباط است (Wilkinson et al, 2009: 46). در عصر تغییرات

شامل افراد دارای تخصص یا تجربه در طراحی، تعمیر و نگهداری، بهره‌برداری، فنی و مهندسی، مدیریت یا تحقیق و توسعه نیروگاه باشند. همچنین پس از شناسایی انواع از کارافتادگی‌ها در گونه ساختمانی مورد نظر، می‌توان با استفاده از روش‌های علمی مناسب همچون^۱ AHP، جهت وزندهی و تعیین میزان اهمیت این از کارافتادگی‌ها اقدام نمود و نتایج حاصله را در مدل اعمال کرد. به نظر می‌رسد به این ترتیب امکان دستیابی به نتایج دقیق‌تر از مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) فراهم گردد. برای بررسی این موضوع نیز می‌توان نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل به گونه‌ای که در بالا به آن اشاره گردید، و نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل اولیه در همان ساختمان را مورد بررسی و تحلیل قرار داد.

۵- نتیجه‌گیری

استفاده مجدد انطباقی رویکردیست که طی آن تلاش می‌شود از تمام ظرفیت یک ساختمان تا جای ممکن استفاده گردد. لانگستون (۲۰۱۱) طی دو مطالعات خود به این نتیجه رسید که به طور متوسط نسبت کلی عمر مفید به عمر کالبدی چیزی در حدود ۶۳٪ می‌باشد. این نشان می‌دهد ساختمان در حالی از کارافتاده می‌شود که حدود یک سوم از عمر کالبدی بنا باقی مانده‌است. این امر جای بسی تامل دارد که تخریب چنین ساختمان‌هایی چگونه سبب از دست رفتن منابع و هزینه‌های ملی می‌گردد، در حالیکه استفاده دوباره از چنین ساختمان‌هایی ضمن کاهش استفاده از منابع و نیز استفاده حداکثری از ظرفیت‌های مصالح و ساختمان، رویکرد بسیار مناسبی برای رسیدن به اهداف توسعه پایدار می‌باشد. مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) ابزار بسیار مناسبی در جهت شناسایی ظرفیت ساختمان‌های موجود به منظور استفاده مجدد می‌باشد. از مهمترین ویژگی‌های این مدل در نظر گرفتن عوامل و معیارهای مختلف به صورت همزمان و در عین حال کمی کردن این معیارهاست. اگر براساس مدل، بنا دارای ظرفیت مناسبی باشد، برنامه‌ریزی‌ها باید آغاز گردد و اقدامات بعدی جهت بررسی و

است که این مهم از طریق استفاده از مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) میسر می‌گردد. هر چند پیش از این از اعتبار محاسبه عمر مفید ساختمان صحبت گردید ولی مشاهده می‌گردد که با وجود میانگین نزدیک، ساختمان‌هایی وجود دارند که بین عمر مفید پیش‌بینی شده و عمر مفید واقعی آنها حدود ۵۰ تا ۶۰ سال تفاوت وجود دارد. بنابراین به نظر می‌رسد که امکان محاسبه دقیق‌تر عمر مفید و به تبع آن نتایج دقیق‌تر از مدل وجود دارد. از نکات قابل بحث در این زمینه از کارافتادگی‌ها می‌باشند. همانطور که پیش از این اشاره گردید در این مدل برای هر یک از این از کارافتادگی‌ها وزن و تاثیر یکسانی در نظر گرفته شده‌است (از ۰ تا ۲۰ درصد)، در حالی که به نظر می‌رسد هر یک از این عوامل می‌توانند وزن متفاوتی داشته باشند. به این معنا که ممکن است به عنوان مثال ساختمان به لحاظ از کارافتادگی عملکردی و مقرراتی، در بدترین شرایط قرار داشته باشد، ولی از کارافتادگی عملکردی سبب کاهش ۲۰ درصدی عمر ساختمان و از کارافتادگی مقرراتی سبب کاهش ۵ درصدی عمر ساختمان گردد. از طرف دیگر با توجه به اینکه مدل کاربردی عمومی در کشورهای مختلف دارد، به نظر می‌رسد که وزن هر یک از این از کارافتادگی‌ها در کشورهای مختلف می‌تواند تحت تاثیر شرایط ساخت و ساز، فرهنگی، جغرافیایی و غیره متفاوت باشد. نکته قابل تامل دیگر توجه به گونه‌های مختلف ساختمانی، مثل ساختمان‌های صنعتی یا مسکونی می‌باشد. وزن از کارافتادگی‌ها با توجه به گونه‌های مختلف ساختمانی نیز می‌تواند متفاوت باشد و در عین حال می‌توان گونه‌های متفاوتی از کارافتادگی را برای گونه‌های مختلف ساختمانی در نظر گرفت. براین اساس، برای اجرای دقیق‌تر مدل، شناسایی انواع از کارافتادگی‌ها با توجه به گونه ساختمانی و با استفاده از روش‌های مختلف علمی از جمله دلفی و پرسشنامه جهت دسترسی به نظر متخصصین در آن گونه ساختمانی، می‌تواند مفید باشد. به عنوان مثال در ساختمان‌های نیروگاهی متخصصین می‌توانند

نیز وزن‌دهی آن‌ها، وجود داشته باشد که توسط نگارندگان در حال بررسی و مطالعه می‌باشد.

منابع

- ۱- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مرکز آمار ایران، اطلاعات پروانه‌های ساختمانی صادرشده توسط شهرداریهای کشور، بهار ۱۳۹۵
- ۲- لطفی، سهند؛ مهسا شعله؛ مهسا صبوری و خلیل حاجی پور، (۱۳۹۳)، معرفی مدل ARP و برآورد قابلیت استفاده دوباره از بناهای موجود و ذخیره‌های ساختمانی در توسعه پایدار شهری، ششمین همایش مقررات ملی ساختمان، شیراز، دبیرخانه دائمی مباحث مقررات ملی ساختمان.
- 3- Bullen P.A. (2007). "Sustainable adaptive reuse of the existing building stock in western Australia", Khosrowshahi, F (Ed.), 20th Annual ARCOM Conference, Heriot Watt University. Association of Researchers in Construction Management, Vol. 2, 1387-97.
- 4- Bullen P.A. (2007). "Adaptive reuse and sustainability of commercial buildings", Facilities Vol. 25 No. 1/2.
- 5- Conejos, S. (2013). Designing for Future Building Adaptive Reuse, Submitted in total fulfilment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy, Institute of Sustainable Development and Architecture Bond University, Gold Coast, Australia.
- 6- Conejos, S., Langston, C., & Smith, J., (2012) "Designing for future buildings: Adaptive reuse as a strategy for carbon neutral cities" The international journal of climate change: Impacts and responses, 3 (2), 33-52: ISSN 1835-7156.
- 7- Conejos, S., Langston, C., & Smith, J. (2014) " Designing for better building adaptability: A comparison of adaptSTAR and ARP models" Habitat International 41, 85e91.
- 8- Conejos, S., Langston, C., & Smith, J. (2012) "Improving the implementation of adaptive reuse strategies for historic buildings" Le Vie dei Mercanti S.A.V.E. Heritage: Safeguard of Architectural, Visual, Environmental Heritage. Naples, Italy
- 9- Conejos, S., Langston, C., & Smith, J. (2015), "Enhancing sustainability through

تعیین کاربری مناسب و منطبق بر شرایط ساختمانی و محیطی انجام شده و زمینه‌های پیاده‌سازی آن فراهم گردد. در واقع این مدل می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب در زمینه برنامه‌ریزی شهری و معماری و نحوه برخورد با ساختمان‌ها و بناهای موجود پیش از متروک شدن آنها مطرح باشد. همانطور که گفته شد نتایج بررسی‌ها نشان داد که هر چند مطالعات موردی برای استفاده مجدد انطباقی در هنگ‌کنگ قابلیت بالاتری در مقایسه با استرالیا دارد، اما بدلیل عدم برنامه‌ریزی و اقدام به موقع، این فرصت‌ها از دست رفته و اکنون به صورت میانگین، شاخص قابلیت استفاده مجدد انطباقی کمتری نسبت به استرالیا دارد. با توجه به اینکه در کشور ما نیز تخریب و ساخت ساختمان‌های جدید بسیار متداول می‌باشد، باید دقت کنیم که این فرصت‌ها از دست نرود. در عین حال، هرچند که ممکن است بعضی از ساختمان‌های کشور بیشینه قابلیت استفاده دوباره را از دست داده باشند و ظرفیت آنها به صورت کاهشی باشد، اما باید توجه داشت که بسیاری از آنها می‌توانند همچنان قابلیت بالایی برای این منظور داشته باشند. نکته دیگر اینکه مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) یک مدل عمومی می‌باشد که در کشورهای مختلف و ساختمان‌هایی با کاربری‌های متفاوتی همچون تجاری، مسکونی، خرده‌فروشی، صنعتی، تفریحی، آموزشی مورد استفاده قرار گرفته است، که این قابلیت‌ها از امتیازات برجسته این مدل می‌باشد. بنابراین با توجه به کاربرد عمومی مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) و اهمیت رویکرد استفاده دوباره از ساختمان‌های موجود، این مدل در مقاله پیش رو مورد نقد و بررسی قرار گرفت. امید است که ضمن استفاده از تجارب سایر کشورها، این رویکرد در کشور به جایگاه مناسبی برسد. هرچند همانطور که پیش از این به آن اشاره شد، به نظر می‌رسد با وجود اینکه مدل قابلیت استفاده مجدد انطباقی (ARP) در مطالعات مختلفی مورد استفاده قرار گرفته و قابلیت اطمینان آن به اثبات رسیده، اما امکان رسیدن به خروجی‌های دقیق‌تر به خصوص از طریق تعیین از کار افتادگی‌ها براساس گونه‌های ساختمانی و

- University Building Educators Association (AUBEA) Conference.
- 20-Langston, C. (2011). "Green Adaptive Reuse: Issues and Strategies for the Built Environment", D.D. Wu (ed.), *Modeling Risk Management in Sustainable Construction, Computational Risk Management*, DOI 10.1007/978-3-642-15243-6_23
- 21-Langston, C. (2012). "Validation of the adaptive reuse potential (ARP) model using iconCUR", *Facilities*, 30 (3-4), 105-123: ISSN 0263-2772.
- 22-Nutt, B., Walker, B., Holliday, S., & Sears, D. (1976) *Housing obsolescence*, Hants: Saxon House.
- 23-SHEN L.y & LANGSTON, C. (2010). "Adaptive reuse potential An examination of differences between urban and non-urban projects", *Facilities*, Vol. 28 Iss 1/2 pp. 6 – 16.
- 24-Tan, Y., Shen L.y., & Langston, C. (2014). "A fuzzy approach for adaptive reuse selection of industrial building in Hong Kong", *INTERNATIONAL JOURNAL OF STRATEGIC PROPERTY MANAGEMENT*, Volume 18(1): 66–76.
- 25-Wilkinson, S., Reed, R., & James, K. (2009). "Using building adaptation to deliver sustainability in Australia", *Structural survey*, vol. 27, no. 1, pp. 46-61.
- 26-Wilkinson, S.J., Remøy, H., & Langston C. (2014). *Sustainable Building Adaptation: Innovations in Decision-Making*, First Edition, © 2014 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2014 by John Wiley & Sons, Ltd.
- 27-Yung, E.H.K., Langston, C., & Chan, E.H.W. (2014). "Adaptive reuse of traditional Chinese shophouses in government-led urban renewal projects in Hong Kong", *Cities* 39, 87–98
- designing for adaptive reuse from the outset", *Facilities*, Vol. 33 Iss 9/10 pp. 531 - 552
- 10-Douglas, J. (2006). *Building Adaptation*, 2nd edn, Butterworth- Heinemann, London.
- 11-Haapio, A. (2008). *Environmental assessment of buildings*, PhD Dissertation, Helsinki University of Technology, Finland.
- 12-<http://www.spssiran.ir/SimpleLinearRegressionBasics.php>
- 13-Johnson, A. (1996). *Rehabilitation and Re-use of Existing Buildings*, in *Building Maintenance and Preservation: A Guide to Design and Management (Second Edition)*, E.D. Mills (editor), Architectural Press, Oxford, 209-230.
- 14-Langston, C., & Shen L.Yin. (2007). "Application of the adaptive reuse potential model in Hong Kong: A case study of Lui Seng Chun", *International Journal of Strategic Property Management*, 11:4, 193-207
- 15-Langston, C., Wong, F.K.W., Hui E.C.M., & Shen L.Yin. (2008). "Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong", *Building and Environment* 43 1709–1718.
- 16-Langston, C. (2011) "On Archetypes and Building Adaptive Reuse", *PRRES2011 Conference*, January, Gold Coast, Australia.
- 17-Langston, C., Yung, E. H-K., & Chan, E. H-W. (2013). "The application of ARP modelling to adaptive reuse projects in Hong Kong", *Habitat International* 40 (2013) 233e243.
- 18-Langston, C. (2011). "The Sustainability Implications of Building Adaptive Reuse", This research is funded by an Australian Research Council Linkage Project grant 2007-2010 in collaboration with The Uniting Church in Australia and Williams Boag Architects.
- 19-LANGSTON, C. (2011). "Estimating the useful life of buildings", *36th Australasian*