**علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره پانزدهم، شماره دو، تابستان ۹۲**

# محیط زیست و تدابیر پایدار در طراحی ساختمان های آینده

**امید رهایی** [1*]
omid_r@iust.ac.ir
**پروین قائم مقامی** [2]

**تاریخ دریافت:۸۸/۳/۳۰** **تاریخ پذیرش:۸۸/۱۰/۲۳**

**چکیده**

تولید مصالح و احداث ساختمان در سال های اخیر، انرژی بسیار زیادی را به خود اختصاص داده و به آلودگی های زیست محیطی فراوانی نیز منجر شده است. انتشار گرد و غبار ناشی از عملیات ساختمانی در مناطق مختلف، پخش آلودگی های شیمیایی ناشی از تولید مصالح ساختمانی، آلودگی های گازی و ذرات معلق پخش شده در هوا که ناشی از حمل و نقل مصالح ساختمانی به محل های مورد نظر است و نیز تولید زباله های ساختمانی از جمله موارد عمده آلودگی های زیست محیطی تحت تاثیر صنعت ساختمان می باشد. لذا ضروری است تا راهبردهای طراحی در ساختمان های جدید، به سوی آینده و با هدف کاهش آلودگی های زیست محیطی جهت گیری شود.

در این تحقیق ابتدا با روش مطالعات تطبیقی به بررسی اقدامات صورت گرفته برروی نمونه های موردی در دوره های زمانی مشخص و نیز اثرات آنها بر اکوسیستم های طبیعی پرداخته شد. سپس تبیین تدابیر پایدار به کار گرفته شده از سوی معماران در طراحی این ساختمان ها، در دستور کار قرار گرفت. در ادامه با روشی تحلیلی- منطقی به ارایه نتایج اقدام گردیده است. شیوه گردآوری اطلاعات نیز به روش کتابخانه ای و مطالعه اسنادی بوده است.

بدین ترتیب در این مقاله، تاثیرات نمونه های موردی ارزیابی شده بر روی محیط زیست مورد بررسی قرار می گیرد و بر اساس نتایج به دست آمده، به مقوله معیارهای طراحی برای ساختارهای آینده و تدابیر قابل اتخاذ آن پرداخته می شود. در نهایت نیز پیشنهادهایی اجرایی در خصوص طراحی ساختمان های آینده به منظور کاهش آلودگی های زیست محیطی در راستای اهداف توسعه پایدار ارایه می گردد.

**واژه های کلیدی:** تدابیر طراحی، محیط زیست، توسعه پایدار، ساختمان های آینده.

---

۱- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی*(مسئول مکاتبات).
۲- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران.

**مقدمه**

باور عموم متخصصان در تحقیقات زیست محیطی بر این است که عامل مشخص و یگانه ای که موجب آلوده شدن بخش یا تمام محیط زیست باشد وجود ندارد، ضمن این که پیامدها و معضلات ناشی از آلودگی های محیط زیست در نقاط مختلف و نیز تحت شرایط متفاوت، کاملا متغیر است. آلودگی های محیطی، تحت تاثیر هر فراورده فیزیکی یا شیمیایی ناشی از عملکرد انسان، پدید می آید و میتواند تهدیدی برای سلامتی انسان ها، اکوسیستم های طبیعی و اقلیم در سطوح منطقه ای، ناحیه ای و یا جهانی باشد. ساختمان و صنایع وابسته به آن جزء صنایع پرمصرف و آلوده کننده در جهان شناخته شده است و عنوان شده که ساختمان سازی، بزرگ ترین صنعت جهان پس از کشاورزی است (۱).

آلودگی های ناشی از سرمایش و گرمایش ساختمان ها از آنچه که اتومبیل ها بدان منجر میشوند، فراتر می رود (۲). تهیه مصالح ساختمانی، انرژی بسیار زیادی را به خود اختصاص داده و منابع تجدیدناشدنی محیط زیست را به شدت تحت الشعاع خود قرار می دهد. حتی روستاها و دشت ها نیز دیگر بکر نیستند و آثار تمدن امروزی که آلودگی و تخریب محیط زیست را با خود به ارمغان داشته، در همه جا مشاهده می گردد (۳). این تغییرات و آلودگی ها در عرصه صنایع بومی نیز مشاهده می شود. صنعت کشاورزی که بومی ترین شغل مردمان محلی هر ناحیه است، نیز با ورود فن آوری های جدید، متحول شده و خود به آلوده کردن محیط زیست می پردازد. استفاده نادرست از سموم کشاورزی، کودهای آلوده، استفاده از آب های آلوده و نیز تخریب جنگل ها به نیت توسعه زمین های کشاورزی از مواردی هستند که به این آلودگی ها و تخریب ها در محیط طبیعی دامن می زند. آلودگی های زیست محیطی ناشی از عملکرد ماشین آلات کشاورزی که با سوخت های فسیلی کار می کنند نیز از این جمله است (۴).

در شهرها و روستاها در زمانی که دودکش های قدیمی خانه ها، در یک روز سرد زمستانی تولید دود می کنند، عملا به آلوده کردن محیط زیست می پردازند. این مسئله در یک نیروگاه تولید انرژی و یا در یک کارخانه تولیدی مصالح ساختمانی به وضوح قابل رؤیت است. تولید آلودگی های گازی از این دست، کم ترین میزان آلودگی می باشد که در صنایع ساختمان به وقوع می پیوندد (۵). براین اساس تولید آلودگی های زیست محیطی در صنعت ساختمان، برای یک بنای به خصوص با هر عملکردی، چه در زمان ساخت، چه پس از ساخت، چه در شرایط بهره برداری و چه در زمان مرگ ساختمان همواره وجود دارد. لذا آنچه در این مقاله به عنوان هدف مد نظر قرار گرفته است، تبیین تدابیر پایدار معماران و طراحان در طراحی ساختمانهای آینده گرا بوده که با هدف کاهش آلاینده های زیست محیطی اتخاذ شده و در راستای اهداف توسعه پایدار است.

**روش تحقیق**

از آن جا که هدف این مقاله بر ارائه راهکارهایی جهت کاهش اثرات زیست محیطی ساختمانهای آینده گرا تمرکز دارد و نیز «بسیاری از پژوهش های معماری بین رشته ای بوده و نیازمند روش های خاص ترکیبی می باشند» (۶)، لذا از روش تحقیق ترکیبی در حوزه ای میان رشته ای استفاده شده است. قابل ذکر است که چنین روشی به مفهوم «جمع آرا نبوده بلکه در هدفی واحد، آرای مختلف را که ناشی از کثرت روش تحقیق است به طریقی پویا ترکیب می نماید. در پژوهش با روش تحقیق میان رشته ای لازم است از تدابیر چندگانه استفاده شود، یعنی ترکیبی ابداعی از مجموعه ای یکپارچه که ضمن ارایه راه حلی منطقی برای مسئله تحقیق، امکان اثبات فرضیه را از درون پاسخ های ارایه شده امکان پذیر نماید» (۷).

در این تحقیق فرض بر اینست که اتخاذ تدابیر آسان و اجرایی در طراحی ساختمان ها موجب کاهش قابل توجه صدمات زیست محیطی ناشی از صنعت ساختمان می گردد. بر این اساس پس از بررسی مفاهیم اولیه و ضرورت موضوع، با یک راهبرد ترکیبی به شیوه مطالعات تطبیقی و نمونه موردی اقدامات آینده گرایانه معماران در طراحی و احیای برخی

ساختمان های نمونه مورد بررسی قرار می گیرد و اثرات زیست محیطی آن ها ارزیابی می شود. با شیوه مطالعات تطبیقی این نتیجه به دست می آید که سازندگان در طراحی ساختارهای موقت و دایمی گذشته تدابیر مشابهی را اتخاذ نموده اند که صدمات زیست محیطی تحت تاثیر این بناها به حداقل برسد. در خاتمه نیز با روشی تحلیلی و با مقایسه نتایج به دست آمده به ارایه پیشنهادهای آسان و اجرایی جهت طراحی ساختمان های آینده گرا برای کاهش صدمات زیست محیطی در راستای اهداف توسعه پایدار پرداخته می شود. لازم به ذکر است که گردآوری اطلاعات و اسناد به شیوه کتابخانه ای و مطالعه اسنادی می باشد.

**مطالعات اولیه: محیط زیست و توسعه پایدار**

در گذشته توسعه پایدار فرایندی تصور می شد که طی آن جوامع مختلف با عبور از مراحل تکاملی کم و بیش یکسان و تحمل دگرگونی های کیفی و کمی، از شرایط اولیه عقب ماندگی و توسعه نیافتگی به جوامع توسعه یافته تبدیل می شوند. این تلقی ایدئولوژیک از توسعه، در پرتو نقدهای متنوع و بسیار در دهه ۱۹۷۰ و به خصوص در سال های دهه ۱۹۸۰ به بن بست رسید. چند دهه از آغاز تلاش های بین المللی برای توسعه گذشته بود، بدون آن که دگرگونی بنیادی ای در زندگی مردم جهان پدید آید. نیونی[1] پژوهشگر برجسته آفریقایی معتقد است: «نتایج غلط به دست آمده، ریشه در مبانی و مفروضات و سیاستگذاری های نادرست دارند» (۸). این توسعه روندی بود که به رغم پیش بینی های گذشته، جز افزایش فقر و نابرابری ثمری برای کشورهای جهان سوم دربرنداشت. در واقع توسعه پایدار راه حلی بود برای معمای توسعه درشرایط متحول سال های پایانی قرن بیستم (۹). براساس گزارش براندت لند (کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه) توسعه پایدار عبارت بود از توسعه ای که نیازهای کنونی جهان را تامین کند، بدون آن که توانایی نسل های آتی را دربرآوردن نیازهای خود به مخاطره افکند و این که توسعه پایدار «رابطه متقابل انسان ها و طبیعت در سراسر جهان است. توسعه پایدار فرایند تغییری است در استفاده از منابع، هدایت سرمایه گذاری ها و سمت گیری توسعه فن آوری، تحولی بنیادی است که با نیازهای حال وآینده سازگار باشد» (۱۰).

در توسعه پایدار، انسان، محور توسعه و مستحق بهداشت، زندگی سازنده و در هماهنگی با طبیعت معرفی می شود و این مفهوم دقیقاً در نخستین اصل «اعلامیه ریو» انعکاس پیدا کرده است (۱۱). واقعیت این است که توجه به محیط زیست و طبیعت در دوران ما تبدیل به معیار شده است، معیاری که هر روز بیش از پیش درجهان فراگیر می شود. در چشم اندازی زیست محیطی، توسعه پایدار زمانی محقق می شود که بر شالوده اصول بوم شناسی استوار باشد. اصول کلی توسعه پایدار به طور خلاصه شامل موارد زیر است (۱۲):

۱. توجه به استفاده از منابع تجدیدپذیر مثل انرژی خورشید و باد
۲. استفاده کم‌تر از انرژی‌های تجدیدناپذیر و آلوده‌کننده مثل سوخت‌های فسیلی
۳. توجه به نسل های آینده
۴. توجه به محیط زیست، کاهش آلودگی آن و نیز توجه به چرخه‌های زیست‌محیطی و اکوسیستم ها

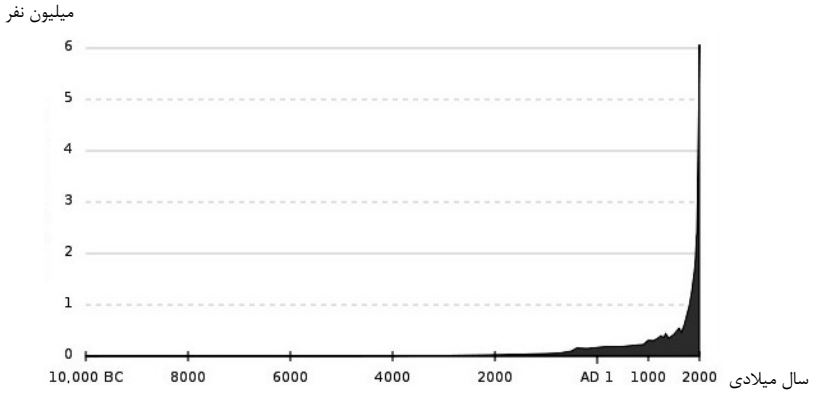
عدم توجه به محیط زیست و چرخه های آن پیامدهای بسیار وخیمی برای آینده زمین و نسل های آتی خواهد داشت (۱۳).

**محیط زیست و معماری**

تخریب لایه اوزون، باران های اسیدی، تخریب اکوسیستم ها و بسیاری دیگر ناشی از آلودگی های زیست محیطی تحت تاثیر مداخله انسان در طبیعت است که صنعت ساختمان به بخش عمده ای از آن دامن می زند. آشکارترین وجهه این صنعت در خانه سازی تحقق می یابد. آمار نشان می دهد که در سال های اخیر با افزایش تصاعدی جمعیت (تصویر ۱) و مداخله انسان در طبیعت، تولید گاز سمی $CO_2$ افزایش چشمگیری

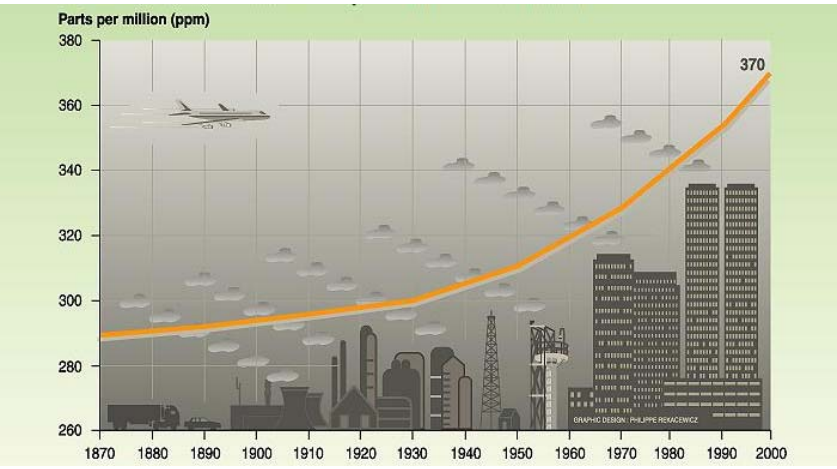
1- Nyoni

داشته است (۱۴) (تصویر ۲). درحالی که امروزه نوآوری های فن آورانه در عرصه صنایع اتومبیل، ارتباطات و کامپیوتر انسان را احاطه کرده است (تصویر ۳)، همچنان بزرگ ترین خرید زندگی مردم، خانه، همانند ۸۰ سال پیش صورت می گیرد: خانه ای که به صورت تحت اللفظی، کل زندگی انسان را برای حداقل ۲۰، ۳۰ یا ۴۰ سال آینده تعریف می کند، به سوی آینده جهت گیری نشده و اساسا ساختار کلی آن با توجه به رشد روزافزون علم و فن آوری و به تبع، تغییر نیازهای انسانی در جامعه با سرعت بیشتری نسبت به گذشته، کهنه و منسوخ می گردد و به اصطلاح از مد می افتد (۱۵). نمودار تصویر ۲ به صورت تلویحی بیانگر این مطلب است که تولید گازکربنیک در جهان با افزایش ارتفاع ساختمان ها و مدرن شدن آن ها نسبت مستقیمی دارد که در این مقاله بدان پرداخته می شود.



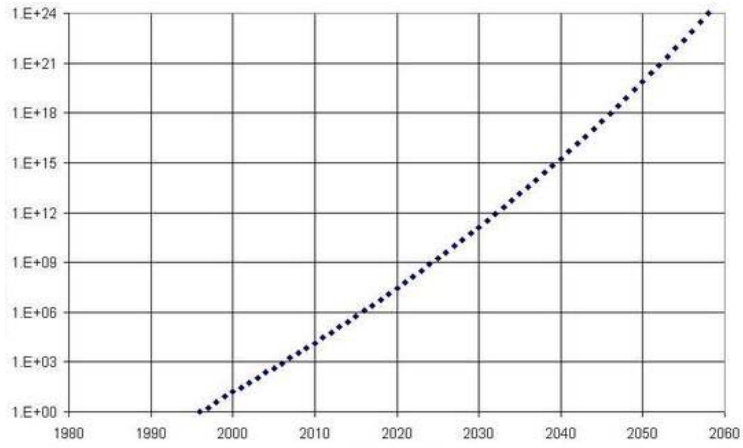

**تصویر ۱- نمودار میزان جمعیت جهان در سال های مختلف (از ۱۰۰۰۰ سال پیش از میلاد تا سال ۲۰۰۰ میلادی) (۱۶)**

تلاش های اخیر معماران در زمینه معماری پایدار، امروزه موضوعات جدیدی مطرح نموده و یکی از اصولی که در سالیان اخیر در این راستا مورد تاکید قرار گرفته، این است که «معماری به آینده نظر داشته باشد»؛ ضروری است تا معماری همواره به گونه ای باشد که بتواند پذیرای الگوها و فن آوری های پیش بینی نشده و جدید باشد و تغییرات ناگهانی اقلیمی و محیطی را تحمل نماید. «خانه ای که در ۱۹۹۵ با استانداردهای آن سال در اروپا ساخته شود، قبل از این که به پایان خود برسد، منسوخ شده است...، حال چگونه می تواند در سال ۲۰۲۵ به ساکنان خود آرامش دهد و از آن ها محافظت نماید...؟» (۱۷) صنعت ساختمان، نیاز دارد تا به قرن ۲۱ وارد شود و به وسیله زیست شناس، متخصص محیط زیست، دانشمند، معمار و مهندس، روی یک کاغذ سفید پیش از ساخت، مورد بررسی قرار گیرد.




**تصویر ۲- نمودار میزان افزایش گاز $CO_2$ در جهان حد فاصل سال های ۱۸۷۰ تا ۲۰۰۰ میلادی (۱۸)**

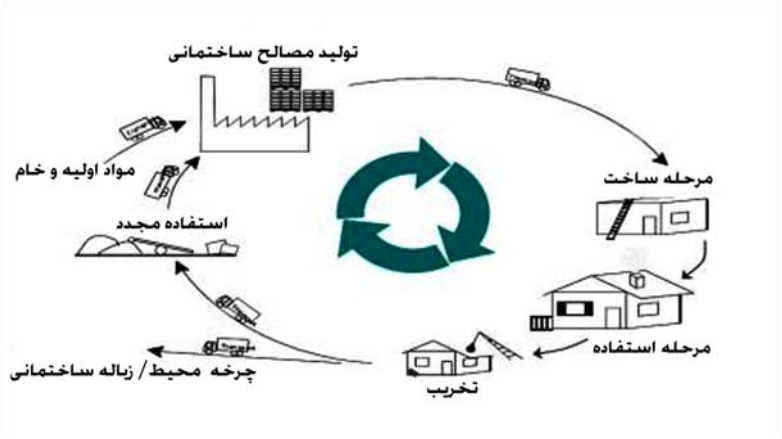
یکی از اهداف معماری پایدار، «طراحی و نگه داری ساختمان برای آینده» است: عمر طولانی در عین قابلیت به روز شدن. این امر هم در حفظ مقاومت فیزیکی ساختمان و بقای آن حایز اهمیت است و هم در حفاظت از محیط زیست، طبیعت، حفظ منابع اولیه انرژی و سرانجام کل سیاره زمین. امروز معضلات مربوط به عمر ساختمان ها در ایران، در عرصه معماری نوین بسیار بحرانی تر از گذشته گشته است. در حالی که در کشورهای توسعه یافته راه های به روز کردن ساختمان ها بررسی می گردد و استانداردهای نوینی جهت ساختمان های آینده مطرح می شود، هنوز استانداردهای منسوخ دهه ۴۰ و ۵۰ قرن بیستم، در معماری سنتی ایرانی، در عرصه ساختمان های جدید به کار می آید. مصالح جدید برمبنای سنتی در ساختمان ها به کار گرفته می شود و عدم برنامه ریزی و به روز نبودن موجب می شود تا پروژه هایی چون فرودگاه بین المللی امام خمینی که بیش از ۶۰ سال از طراحی آن می گذرد، هنوز به بهره برداری کامل نرسیده باشد (۱۹)؛ این درحالی است که نیازها و شرایط امروز به کلی با زمان طراحی متفاوت گشته است و زمانی بغرنج تر می شود که بدانیم توسعه پایدار در عرصه معماری پس از دهه هفتاد میلادی رخ داد و در پی آن، بسیاری از استانداردهای بین المللی تغییر نمود. از طرفی چنین بناهایی که با استانداردهای زمان خود ساخته شده اند، بیش از نیمی از عمرمفید خود را حین عملیات ساخت، سپری کرده اند. بدین ترتیب نمی توان پس از اتمام کار، آن هـــا را در زمـــره ساختمان های نوساز به حساب آورد. بنابراین ساختمان های نوساز امروز، خیلی سریع تر از گذشته تبدیل به زباله های ساختمانی می گردد و چون مصالح مصرفی آن ها اغلب از جنس مواد شیمیایی غیر قابل بازگشت به محیط است، آلایندگی آن ها نسبت به گذشته بسیار بیشتر است. یکی از اصول پایداری، «طراحی و ساخت جهت انجام خدمات طولانی و مفید» است. در اروپا الگوی طراحی زیستی برای خانه، ۳۰۰ سال است و این درحالی است که در ایران این الگو، به زحمت به نیم قرن می رسد و همچنان که وضعیت بازار مسکن نشان می دهد، اکثر خانه های با بیش از ۴۰ یا ۵۰ سال ســـاخت، کلنگی یا مخـــروبه تلقی می گردد (۲۰). با اندکی توجه به چرخه مصالح ساختمانی و ساختمان در طبیعت، لزوم موارد یاد شده بیشتر نمودار می شود (تصویر ۴).




**تصویر ۳- نمودار سالانه افزایش رشد قدرت کامپیوتر در جهان و میزان برابری ذهن انسان است و نشانگر رشد فزاینده فن آوری کامپیوتری در سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۶۰ میلادی است (۲۱).**

**پایه های فن آوری مدرن در صنعت ساختمان**

تفاوت اساسی بین معماری و مهندسی، زمانی مشخص شد که مهندسان شروع به کاربرد آهن ورزیده و مشتقاتش در صنعت ساختمان نمودند. در طی ۵۰ سال پس از معرفی آهن به عنوان ماده ای کارخانه ای و ضد آتش، مهندسان با اطمینان این ماده را جهت پوشش سالن های اجتماعات، ایستگاه های راه آهن و پل زدن بر روی دره های عمیق و دهانه رودخانه ها به کار انداختند. هیچ گونه حساب تخمینی و سرانگشتی، برخلاف کارهای معماری سنتی در این موارد جایز نبود. برای چنین کارهای خلاقانه، جدید و تکنیکی، ضروری بود تا دانشی نوین از اطلاعات علمی مدرن در حوزه مکانیک پدید آمده باشد تا به تحلیل سازه های مدرن بپردازد. بدین ترتیب دانش نوین، معماری سنتی را به شدت تحت تاثیر قرار داد و در امر ساخت، دانستن علوم و ریاضیات، لازم به نظر می رسید. با ظهور عصر بخار، مهندسان در هر جایی آماده بودند تا علوم جدید را به کار گیرند تااین که بتوانند شکل های جدیدی را به پل های عبوری از دره های عمیق بدهند. انتشار بسیار سریع آهن ورزیده که توام با کشف بتن مسلح شده بود، بعد از ۱۸۸۰ میلادی، جایگاه مهندسی سازه را در ورود رسمی به شاخه اصلی معماری کاملا مستحکم نمود (۲۲). در همین اثنا مصرف افراطی منابع اولیه تولید ماده و انرژی افزایش بسیار زیادی داشت و پیامد آن تولید آلودگی های زیست محیطی ناشی از صنعت ساختمان بود که این میزان نسبت به سال های پیش از قرن نوزدهم چندین برابر گشت (تصاویر ۲ تا ۴).




**تصویر ۴- چرخه مصالح ساختمانی و ساختمان در ارتباط با محیط زیست**
**(تحلیل پژوهشگران)**

با نگاهی کوتاه به تاریخ تحول فن آوری و معماری، می توان به نتایج جالبی دست یافت: رنسانس[۱] و باروک[۲]، پایه ریز دوران مدرن بودند و چهره های برجسته علمی از جمله گالیله، نیوتون، کپلر و ... در این دوران به جامعه معرفی شدند. پیشرفت سریع فن آوری و علوم و فنون و علاقه انسان جدید به توسعه و فراموشی سنت ها، سرانجام انقلاب صنعتی و عصر بخار را به دنبال خود داشت که چهره قرن نوزده را به کلی تغییر داد و موجب شکل گیری عصر مدرن و پدید آمدن انسان مدرن، آن هم با سرعتی سرسام آور و علاقه ای همگانی گردید. به دنبال پیشرفت سریع فن آوری و ماشین، عرصه مهندسی مکانیک و ماشین آلات مجال یافت تا خود را به جامعه بین المللی معرفی کند. پیامد آن، کشف آهن ورزیده ساختمانی و بتن مسلح بود که به نوبه خود، انقلاب عظیم تری در عرصه ساختمان های قرن نوزده و خصوصا قرن بیستم ایجاد نمود و اولین حضور رسمی و مستقل مهندسی در عرصه معماری و فراموشی بسیاری از اصول غیر علمی کلاسیک را به دنبال داشت که حتی معماران را نیز تا حدودی منزوی کرد (۲۳).

نتیجه امر چه بود؟ آیا توسعه سرسام آور فن آوری و ماشینی شدن، علاوه بر جنبه های مثبت خود، آثار منفی نیز داشت؟ چه اتفاقی در سال های اخیر رخ داد؟ سبک بین المللی[۳] در جهت همسان کردن کلیه جوامع در سراسر جهان و تشویق مردم جهت توسعه هرچه بیشتر و سریع تر، پیامدهای زیادی را از جمله مصرف بی برنامه و عدم توجه به ظرفیت های کره زمین به دنبال داشت. ضمن این که پیوند جامعه را با سنت ها، گذشتگان و فرهنگ منفصل نمود (۲۴). البته مزایای بسیاری داشت، اما مضرات آن چنان بود که موجب شکست مدرنیزم[۴] گشت. این مضرات، نگرانی هایی به دنبال داشت که در حوزه معماری پایدار، به شرح زیر قابل تفکیک است:

**۱. نگرانی های صنعت ساختمان در قرن نوزدهم:** آنچه که در قرن نوزدهم اهمیت فراوان داشت، «بازده» فراوان و سود کافی به هر قیمت ممکن بود؛ موثر بودن و کارایی در درجه اول اهمیت قرار داشت. سرعت در تولید، پیشرفت سریع، زندگی ماشینی و بسیاری عوامل دیگر، از مسایل روز آن زمان بود. مصالح جدید در صنعت ساختمان عرضه گشت و آهن ورزیده، فولاد و بتن مسلح به میزان فراوان تولید شد. صنعت ساختمان دگرگون گشت و به انقلاب مدرن شتاب بخشید. در کنار این پیشرفت ها، مصرف فراوان انرژی و اتلاف بیهوده آن چه در هنگام تولید مصالح، چه در ساخت و چه در بهره برداری، که

---

۱- Renaissance، دوران تجدید ادبی و هنری اروپا در سال های ۱۳۵۰ تا ۱۶۰۰

۲- Baroque، دوران تحول هنری پس از رنسانس در اروپا در حدود سال های ۱۶۰۰ تا ۱۸۰۰

۱- International Style، سبک متحول شده هنر و معماری در دوران مدرنیزم در حدود اوایل قرن بیستم

۲- Modernism، دوران تحول هنری اروپا در حدود اوایل قرن بیستم که سبک بین المللی ناشی از آن است.

بخش اعظم آن به مصرف سازه درمی آمد، ناگهان بشر را وادار به تفکر نمود: مصرف فراوان که به دلیل توسعه های ناگهانی صورت پذیرفته و موجبات نگرانی های عمیقی در «بازدهی» شده است، باید مورد توجه قرار گیرد. علت اصلی آن، کشف مواد جدیدی بود که تولید و مصرف آن ها در صنعت ساختمان، به یک نیاز فزاینده تبدیل گشته بود. آنچه که اهمیت داشت، فقط تولید و توسعه به هر قیمت ممکن بود. از طرفی مصرف افراطی منابع اولیه انرژی و مصالح، بدون در نظر گرفتن آینده، صدمات جبران ناپذیری را به چهره زمین وارد نمود و رشد شهرنشینی، تخریب اکوسیستم ها، از بین رفتن تدریجی محیط طبیعی، منابع اولیه و بسیاری دیگر، تهدیدی بسیار جدی علیه محیط زیست و نسل آینده به حساب می آمد (۲۵).

**۲. نگرانی های صنعت ساختمان در قرن بیستم:** آنچه که در قرن بیستم مهم قلمداد شد، مسئله نگه داری از ساختمان های هزینه شده بود. ساختمان هایی که با زحمت طراحی و اجرا می شدند، اولا جواب توسعه های آتی را نمیدادند و مثلا با تغییرات کاربری یا تغییرات ظرفیتی مواجه می گشتند که بنابراین محکوم به تخریب یا تغییر در ساخت می شدند، ثانیا توسعه روزافزون شهری و گسترش علوم و فنون، نیاز به ساختمان های با عمر طولانی را الزامی می کرد که بتوانند در طراحی های شهری، سال ها فعالیت کنند. لذا طرح اولیه بسیار اهمیت دارد و ضروری است تا برای نگه داری از بنا و خصوصا سازه آن که بار ساختمان و معماری را به دوش می کشد، در سراسر عمر آن برنامه ریزی گردد؛ همچنان که بسیاری از بناهای مدرن، پس از ساخت، به دلیل عدم تطبیق با شرایط جدید یا عدم نگه داری صحیح، تخریب شدند و علت اصلی آن، عدم برنامه ریزی صحیح اولیه و عدم انعطاف پذیری سازه آن ها بود (۲۶).

**۳. نگرانی های صنعت ساختمان در قرن بیست و یکم:** «پایان زندگی معماری یا مرگ بنا»، مسئله بسیار بزرگی است. آنچه که در این جا بسیار حایز اهمیت است، مسئله بازگشت این مواد به چرخه های محیط زیست و یا استفاده مجدد از آن ها پس از مرگ بنا است (تصویر ۴). در اکثر موارد، در هنگام تهیه نقشه های ساختمانی توسط مهندسان و طراحان بنا، برای زمان مرگ و تخریب ساختمان های شهری و غیر شهری، برنامه ای از سوی طراحان برای بازگشت مجدد مصالح ساختمانی به محیط زیست یا مصرف مجدد آن ها در موارد دیگر ساختمانی تهیه نمی شود و به ناچار مواد حاصل از تخریب ساختمان ها، به عنوان زباله های صنعتی و ساختمانی غیر قابل بازگشت به طبیعت مطرح می شود. در عین حال که بسیاری از منابع اولیه مصالح، تجدید ناشدنی هستند، نحوه استعمال آن ها در صنعت ساختمان به گونه ای است که به سختی به طبیعت بازمی گردند (۲۷). می توان تحولات فوق را به صورت زیر خلاصه نمود (تصویر ۵):

۱. نگرانی های قرن ۱۹: کاربرد موثر منابع[1]
۲. نگرانی های قرن ۲۰: نگه داری[2]
۳. نگرانی های قرن ۲۱: پایان زندگی یا مرگ بنا[3]

**تصویر ۵- مسایل و نگرانی های مختلف بشر در دوره های مختلف (تحلیل محققین)**

**نمونه هایی از تجربیات تاریخی**

«پل ویلیامزبرگ[4]» در سال ۱۹۰۳ بزرگ ترین دهانه جهان به حساب می آمد (تصویر ۶). تئوری های کششی پل های

1- Efficient Use of Material
2- Maintenance Matters
3- End of Life Matters
4- Williamsburg Bridge

معلق، در طراحی آن لحاظ گشت و عنوان «قدرتمندترین» پل معلق جهان در آن زمان بدان اختصاص یافت. این پل در قرن بیستم، یکی از بزرگ ترین انتقال دهندگان ترافیک در سراسر قرن نام گرفت. در حالی که نگه داری از آن، برای دهه های متمادی نادیده گرفته شد و اساسا برنامه ای برای آن تدوین نشده بود، تا این که سرانجام در ۱۹۸۸ وضعیت بحرانی گشت (۲۸):

- کابل های اصلی به طرز بدی پوسیده شدند، چرا که در زمان کارگذاری، اعضای آن گالوانیزه نشده بودند و اهمیت آن نیز احساس نمی شد.
- اتصالات پیچی در خرپاهای اصلی از بین رفته بودند (عدم پیش بینی تمهیدات جهت جلوگیری از خوردگی).
- تیرهای اصلی زنگ زدند و در بسیاری موارد آثار خوردگی موجبات شکستگی را فراهم آورده بود.

این پل یک شاهراه اصلی و حیاتی به مانهاتان به حساب می آمد و درصورت تعطیلی مشکلات بسیار زیاد ترافیکی ایجاد می شد. لذا پل نمی توانست از کار برکنار شود. سوال این بود که پس چگونه باید آن را جایگزین نمود؟ از طرفی تملک دهانه های جدید در مکان جدید بسیار گران تمام می شد و مستلزم صرف هزینه های فراوان بود. بنابراین مهندسان مجبور به استفاده از همان سایت اصلی جهت احداث یک پل دیگر بودند.

نتیجه این که این پل باید حداقل ۱۰۰ سال علاوه بر عمر مفید خود، باقی بماند (۲۹).

عملیات بازسازی پل در فاصله سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ میلادی صورت پذیرفت: کابل های جدید، تیرهای جدید، راه های جدید، تکیه گاه های جدید، رنگ جدید و ... هزینه تقریبا یک میلیارد دلار بیشتر از ساخت یک پل جدید تخمین زده شد، اما به دلیل این که پل ویلیامزبرگ، سازه ای ترین پل ناکارای ایلات متحده که روزانه ۵۰۰۰۰ اتومبیل را جابه جا می کند، در صورت برکناری از کار، زیان های جبران ناپذیری را فراهم می آورد، لذا علی رغم مشکلات و هزینه های فراوان، محکوم به بازسازی بود. مسایل تکنیکی بازسازی عبارت بودند از: جابه جایی کابل های اصلی، تعویض عرشه درحالی که ترافیک روان است و محافظت از رودخانه و ترافیک انسانی از رنگ سربی پل به طریقی که طبیعت و مردم از انتشار مواد سمی در امان باشند.

**تصویر ۶- پل ویلیامزبرگ، مانهاتان (۳۰)**

جهت تعویض کابل ها، هرکدام لازم و ملزوم یک سری تجهیزات اضافی از جمله قالب بندی های اضافی، کابل ها و پایه های موقت بود که می بایست در هنگام جداسازی کابل ها، عرشه پل را نگه می داشت. جهت تعویض عرشه نیز یک عرشه فولادی پیش ساخته و سبک، در شب نصب گردید. با پلاستیک نیز مکان بسیار وسیعی از سطح رودخانه پوشیده شد تا از آلودگی آن جلوگیری گردد. سرانجام پل بازسازی گشت (۳۱). بنابراین ضروری است تا «طراحی بر پایه نگه داری و تخریب انجام شود» و جهت نگه داری از بنا موارد زیر مد نظر باشند:

۱. توسعه یک برنامه نگه دارنده برای سازه و معماری.
۲. طراحی اجزا به صورت قابل تعویض و قابل دسترس.
۳. اجتناب از کاربرد مصالح شیمیایی و سمی که برای نگه داری آینده و برای محیط خطرناک است.

نکته بعدی این است که چگونه یک ساختمان برای «پایان عمر» طراحی شود؟ جهت تخریب نیز لازم است تا از تاریخ نیز الهام گرفت. ساختارهای پایدار باید در مقوله «پایان زندگی» نیز مطالعه شوند. تحقیقات نشان داده است که ۲۴٪ گرد و خاک و غبار روی سطح زمین در ایالات متحده توسط صنایع ساختمان تولید شده است. از طرفی مطالعات نشان داده است که تا ۹۵٪

زواید ساختمانی نیز قابل بازیافت است که البته بسیاری از آن ها، پاک و غیرمخلوط است (۳۲). دو روش پایدار جهت ساختارهای معماری که در طول تاریخ مورد آزمایشگری بوده اند، در این جا آورده شده اند:

۱. ساختار دایمی: ساختاری با کیفیت بسیار بالا و عمری طولانی است که با مصالحی ساخته شده که می تواند در ساخت و ساز آینده دوباره به کار آید. همانند پل سی و سه پل اصفهان و یا پل فابریسیوس[1] در رم که با مصالح محلی، سنگین و بنایی ساخته شده اند و استحکام بسیار بالایی دارند. پل هایی نظیر خواجو در اصفهان یا پل قدیم دزفول در ایران نیز از این گونه می باشند که با مصالح محلی پاک و قابل بازگشت به طبیعت ساخته شده اند و بعد از هزاران سال هنوز استوارند (۳۳).

۲. سازه موقتی: این سازه ها جهت ساختمان های ارزان تر، با طول عمر کوتاه تر به کار می آیند و مصالح آن ها لزوما حداقل ضرر را برای محیط زیست دارند؛ همانند پل های طنابی عشایر ایران و یا اقوام اینکا[2] و یا پل های چوبی موقت روستاییان لرستان. جهت ساخت پل های موقت طنابی، در مرحله اول طناب هایی از علوفه محلی، پشم یا بافت گیاهی ساخته می شود. در مرحله دوم طناب های پل های قدیمی بریده شده و طناب های جدید نصب می شود. در مرحله سوم راه اصلی و نرده های طنابی اضافه شده و پل کامل می گردد. این گونه پل های طنابی، برای ۵۰۰ سال در تمدن اینکاها به حیات خود ادامه داده اند (۳۴) و نقشه نگه داری از آن ها به جامعه گره خورده است. مصالح نیز در دسترس هستند و به نظر بومی و محلی می آیند.

آنچه که در هر دو تجربه به صورت شاخص و مشترک قابل رویت و نتیجه گیری است، این است که هر دو با مصالح بومی مناطق خویش ساخته شده اند. در هر دو شیوه ساخت، آینده نگری مد نظر بوده و مصالح مورد استفاده نیز به راحتی قابلیت بازگشت به طبیعت را دارا هستند و هیچ گونه آلودگی برای محیط زیست ایجاد نمی نمایند. مقایسه دو ساختار مذکور در جدول ۱ آمده است.

**جدول ۱- مقایسه سازه پل های بنایی با مصالح سنگین و سازه پل های طنابی اینکایی با مصالح سبک**

| سازه پل های سبک اینکاها | سازه پل های بنایی (پل های سنگین ایرانی و رومی) |
|---|---|
| تنش بالا | تنش کم |
| نگه داری بالا | نگه داری کم |
| دوره زندگی کوتاه | دوره زندگی طولانی |
| هزینه ابتدایی ارزان | هزینه ابتدایی بالا |
| مصالح تجدیدپذیر و قابل استفاده مجدد | مصالح تجدیدپذیر و قابل استفاده مجدد |
| ظرفیت باربری محدود | ظرفیت باربری بالا |

## جمع بندی و نتیجه گیری

باتوجه به مواردی که در بالا عنوان شد، نتیجه می شود که برای آن که معماری بتواند در راستای اهداف توسعه پایدار جهت گیری کند و صنعت ساختمان حداقل آلودگی را برای محیط زیست در پی داشته باشد، ضروری است تا دو اصل در آن رعایت شوند. اول این که معماری، انعطاف پذیر و قابل تطبیق با شرایط محیط و نیازهای ساکنان آن باشد و بتواند توسعه های آتی را بپذیرد و تمهیداتی در آن دیده شود که در هر زمان قابل به روز شدن باشد. ثانیا باید مصالح مورد استفاده در آن، بومی و قابل بازگشت به محیط باشد. بدین ترتیب می توان چنین استنباط کرد که طراح چنین ساختاری باید برنامه ریز اصلی آن نیز باشد و همان گونه که از مستندات تاریخی (پل های دایمی و پل های موقت) برآمد، لازم است تا طراح کاملا آشنا با محیط احداث بنا باشد و به عبارتی بومی باشد. می توان نتیجه گرفت که ساختمان های آینده باید:

1- Pons Fabricius-62BC

۲- (Inka's Bridges) اینکاها مردمان بومی مناطق سنتی آمریکای مرکزی و مکزیک بوده اند و تمدن آن ها قدمت بسیار زیادی دارد.

۱. موثر و کارا باشند: از مصالح قابل برگشت به محیط استفاده شود، قابل استفاده مجدد باشند و در فرایند طراحی و ساخت حداقل انرژی را مصرف کنند.

۲. قابل نگه داری باشند: اجزا بتوانند جایگزین شوند یا به محیط بازگردند و یا دوباره مورد استفاده قرار گیرند.

۳. تطبیق پذیر باشند: بتوانند به نیازهای متغیر و بارهای متغیر در زمان های متغیر در طول زندگیشان جواب دهند.

۴. تحت یک برنامه ریزی کلی جهت ساخت، نگه داری و تخریب باشند.

۵. اجزا باید به صورت انعطاف پذیر، در دسترس و با قابلیت به روز شدن طرح گردند.

۶. در مصالح مصرفی، ساخت، برنامه نگه داری و تخریب، تا حد امکان از مواد سمی و تخریب کننده محیط زیست، استفاده نگردد و تا حد امکان بومی ساخته شوند.

۷. اقتصادی نیز باشد.

اصول فوق تدابیر پایداری هستند که در صورت اتخاذ در طراحی و ساخت ساختمان های مدرن، می توان آلودگی های زیست محیطی ناشی از صنایع ساختمان را به حداقل ممکن رسانید.

**منابع**


1. Building energy data book (2002) (www.buildingsdatabook.eren.doe.gov)
2. ACGIH (2011) The Industrial Ventilation Manual. USA: the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Ltd.
3. Brookes, A., and Poole, D. (2004) Innovations in Architecture. London: spon press.
4. Building energy data book (2002) (www.buildingsdatabook.eren.doe.gov)

۵. کمیته فنی بهداشت حرفه ای کشور (۱۳۸۰) حدود تماس شغلی عوامل بیماری زا. تهران: دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی

۶. گروت، ل. و وانگ، د. (۱۳۸۴) ***روش های تحقیق در معماری***، ترجمه عینی فر، ع. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ص ۳۷۰.

۷. قراملکی احد، ف. (۱۳۸۵) ***روش شناسی مطالعات دینی***. مشهد: انتشارات دانشگاه علوم اسلامی رضوی. ص ۳۷۵.

8. Arnold, S. (1993) *SUSTAINABLE: A SOLUTION TO THE DEVELOPMENT PUZZLE?*. In : DEVELOPMENT JOURNAL OF SID VOL.2, NO.3
9. CIRIA, “Sustainable construction procurement. A guide to delivering environmentally responsible projects” (C571), CIRIA publication, (2009) (www.ciria.com/complianceplus/sustainability.htm)
10. Unesco, (1997) *EDUCATION FOR A SUSTAINABLE FUTURE*. THESSALONIKI : UNESCO / THE GOVERNMENT OF GREECE
11. UN, “sustainable development in action” agenda 21, (2009) (www.agenda21france.org)
12. CIRIA, “Sustainable construction procurement. A guide to delivering environmentally responsible projects” (C571), CIRIA publication, 2009 (www.ciria.com/complianceplus/sustainability.htm)
13. Building energy data book, 2002 (www.buildingsdatabook.eren.doe.gov)
14. News white house, 2009 (www.newswhitehouse.com)

15. Building energy data book, 2002 (www.buildingsdatabook.eren.doe.gov)
16. Wilson, E. O., "The diversity of life", W.W. Norton and Company, New York, pp. 424
17. Building energy data book, 2002 (www.buildingsdatabook.eren.doe.gov)
18. News white house, 2009 (www.newswhitehouse.com)
۱۹. فلاح، م. ح. (۱۳۸۱) "صنعت ساختمان و توسعه پایدار"، ***صفه***، شماره ۴۰، ص ص ۷۹-۶۴.
۲۰. رهایی، ا. (۱۳۸۶)، سازه های آینده و معماری پایدار. در: *اولین کنفرانس بین المللی* ***سازه و معماری***، ایران، تهران. تهران: دانشگاه تهران.
21. News white house, 2009 (www.newswhitehouse.com)
22. Hodgkinson, A. (1983) ***Handbook of Building Structure***. London: Mackays Ltd.
23. Gardner, H., "Art through the ages", 6th edition, edited by Faramarzi, M. Iran: Naghsh Jahan Ltd, 1991, pp. 560.
24. Gardner, H., "Art through the ages", 6th edition, edited by Faramarzi, M. Iran: Naghsh Jahan Ltd, 1991, pp. 566.
25. Ochsendorf, J. (2004) "Sustainable design". In: *International Conference on* ***The role of individuals***, New York. New York: Centre for Sustainable Development.
26. Hodgkinson, A. (1983) ***Handbook of Building Structure***. London: Mackays Ltd.
27. Ochsendorf, J. (2004) "Sustainable design". In: *International Conference on* ***The role of*** individuals, New York. New York: Centre for Sustainable Development.
28. Leffert, B. (2002) **Claim to Fame.** (www.asce.org/People-and-Projects/Projects/.../Williamsburg-Bridge)
29. Ochsendorf, J. (2004) "Sustainable design". In: *International Conference on* ***The role of individuals***, New York. New York: Centre for Sustainable Development.
30. www.picsearch.com/Williamsburg-Bridge-pictures.html
31. Ochsendorf, J. (2004) "Sustainable design". In: *International Conference on* ***The role of individuals***, New York. New York: Centre for Sustainable Development.
32. Building energy data book, 2002 (www.buildingsdatabook.eren.doe.gov)
33. Hillenbrand, R. (2000) ***Islamic Architecture***. Edinburgh: Edinburgh University Press.
34. Hodgkinson, A. (1983) ***Handbook of Building Structure***. London: Mackays Ltd.