

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

سیستم‌های سازه‌ای و فرم آیرودینامیک  
ساختمان‌های بلند



سیستم‌های سازه‌ای و فرم آیرودینامیک  
ساختمان‌های بلند

محمد هالیس گونل و حسین امره ایلگین

ترجمه

دکتر محمد تحصیلدوست

۱۳۹۶

## فهرست مطالب

پیشگفتار مترجم.....	هفت
معرفی سیستم‌های سازه‌ای و فرم آیرودینامیک ساختمان‌های بلند.....	نه
پیشگفتار نویسندگان.....	یازده
مقدمه.....	۱
۱ ساختمان‌های بلندمرتبه.....	۵
۱.۱. تعریف.....	۵
۲.۱. پیدایش و توسعه تاریخی.....	۷
۲ بارهای جانبی تأثیرگذار بر ساختمان‌های بلندمرتبه.....	۱۳
۱.۲. نیروهای باد.....	۱۳
۲.۲. بارهای ناشی از زمین‌لرزه.....	۱۴
۳ سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های بلند.....	۱۷
۱.۳. سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های بلند.....	۲۰
۲.۳. سیستم‌های قاب گیردار.....	۲۲
۳.۳. سیستم‌های صفحه‌ای/صفحات تخت.....	۲۵
۴.۳. سیستم‌های هسته‌ای.....	۲۵
۵.۳. سیستم‌های دیوار برشی.....	۲۷
۶.۳. سیستم‌های قاب برشی.....	۲۸
۱.۶.۳. سیستم‌های قاب خریایی برشی (مهاربندی‌شده/بادبند).....	۳۰
۲.۶.۳. سیستم‌های قاب با دیوار برشی.....	۳۳
۷.۳. سیستم‌های ابرستونی (ابرقاب، خرپای فضایی).....	۳۵
۸.۳. سیستم‌های ابرهسته‌ای.....	۴۲
۹.۳. سیستم‌های قاب با مهار بازویی.....	۴۵
۱.۹.۳. رفتار سیستم‌های قاب با مهار بازویی.....	۶۳
۱.۱.۹.۳. مکان بهینه برای استقرار مهار بازویی در یک طبقه.....	۶۶
۲.۱.۹.۳. مکان بهینه برای استقرار مهار بازویی در دو تراز.....	۶۸
۳.۱.۹.۳. دو تراز مهار بازویی، یکی در قسمت فوقانی سازه و دیگری در موقعیت بهینه.....	۶۹
۴.۱.۹.۳. جابه‌جایی جانبی قسمت فوقانی سازه هنگامی که یک تراز مهار بازویی در بالاترین قسمت سازه قرار دارد.....	۷۰
۲.۹.۳. ارزیابی سیستم‌های قاب با مهار بازویی.....	۷۰
۱.۰.۳. سیستم‌های لوله‌ای.....	۷۱
۱.۱.۰.۳. سیستم‌های قاب لوله‌ای.....	۷۳
۲.۱.۰.۳. سیستم‌های لوله خریایی.....	۸۲
۳.۱.۰.۳. سیستم‌های لوله‌ای دسته‌بندی‌شده.....	۸۷

۸۹.....	۴ نمونه‌های موردی ساختمان‌های بلند.....
۸۹.....	ساختمان بیمه مسکن.....
۹۱.....	ساختمان امپایر استیت.....
۹۳.....	مرکز تجارت جهانی بحرین.....
۹۸.....	ساختمان پیرلی.....
۱۰۱.....	برج اسپایر.....
۱۰۵.....	نیم‌تنه چرخیده اچ‌اس‌بی.....
۱۰۸.....	برج خلیفه.....
۱۱۲.....	تایپه ۱۰۱.....
۱۱۵.....	مرکز مالی جهانی شانگهای (اس‌دبلیو‌اف‌سی).....
۱۲۰.....	برج‌های دوقلوی پتروناس.....
۱۲۵.....	برج نیویورک تایمز.....
۱۳۰.....	برج یوریکا.....
۱۳۳.....	برج‌های دوقلوی مرکز تجارت جهانی.....
۱۳۹.....	مرکز جان هنکاک.....
۱۴۳.....	ساختمان مرکزی تلویزیون چین.....
۱۴۶.....	برج ویلیس.....
۱۵۰.....	برج کامرز بانک.....
۱۵۵.....	۵ تأثیر باد بر ساختمان‌های بلند.....
۱۵۶.....	۱.۵ حرکت ساختمان ناشی از باد.....
۱۵۶.....	۱.۱.۵ حرکت ساختمان موازی باد، در برابر باد و حرکات پیچشی.....
۱۵۹.....	۲.۵ آزمایش‌های تونل باد.....
۱۶۱.....	۶ نکته‌های طراحی برای مقابله با آشفته‌گی ناشی از باد.....
۱۶۲.....	۱.۶ رویکرد طراحی معماری.....
۱۶۲.....	۱.۱.۶ طراحی مبتنی بر آیرودینامیک.....
۱۷۰.....	۲.۱.۶ طراحی مبتنی بر سازه.....
۱۷۱.....	۲.۶ رویکرد طراحی سازه‌ای.....
۱۷۱.....	۳.۶ رویکرد طراحی مکانیکی.....
۱۷۵.....	پیوست: نمونه‌های ساختمان‌های بلند و سیستم‌های سازه‌ای آن‌ها.....
۱۹۵.....	منابع.....
۲۰۱.....	واژه‌نامه فارسی-انگلیسی.....
۲۰۵.....	واژه‌نامه انگلیسی-فارسی.....
۲۰۹.....	اسامی ساختمان‌ها.....
۲۱۳.....	نمایه.....

## پیشگفتار مترجم

تجربه هرچند محدود حضور در دانشکده معماری و شهرسازی و به‌ویژه مواجهه با سؤالاتی که در فرایند طراحی ساختمان‌های بلند ذهن دانشجویان را به خود مشغول می‌ساخت، مشوقی برای ترجمه این کتاب به‌عنوان مرجعی کارآمد، روزآمد و نسبتاً جامع بود. کتاب حاضر، که موضوعات میان‌رشته‌ای سازه و معماری را در ساختمان‌های بلند مدنظر قرار می‌دهد، با تکیه بر تجربیات بناهای بلند و دسته‌بندی انواع روش‌های مواجهه با نیروهای جانبی، به‌ویژه باد، ضمن معرفی نمونه‌های متنوع، می‌کوشد تصویری کمی و کیفی از ماحصل این تجربیات را به خواننده منتقل کند و مخاطب را به ابزار دانش لازم برای تصمیم‌گیری در خصوص سیستم‌های سازه‌ای بناهای بلند تجهیز سازد و با نظام فکری موردنیاز آن آشنا کند. کتاب گرچه در بخش‌هایی روش‌های ریاضی تخمینی مختصری را ارائه می‌دهد، لیکن بی‌آنکه خواننده را با محاسبات پیچیده و تخصصی درگیر کند، می‌کوشد مبانی و مقدمات لازم برای تشخیص الزامات طراحی معماری ساختمان بلند را، که در گام‌های اولیه ایده‌پردازی و نیز توسعه طراحی موردنیاز طراح است، فراهم سازد. این امر، که در حال حاضر به موازات توسعه و ترویج بلندمرتبه‌سازی به‌عنوان یک الزام است، پیوند عمیق‌تری در زبان مشترک میان مهندسان معمار و سازه ایجاد می‌کند تا محصول نهایی اعتلا یابد.

ترجمه این کتاب به همت جمعی از مهندسان جوان و فرهیخته در طول دوره تحصیل ایشان در دانشگاه شهید بهشتی انجام شده است، که افتخار همراهی‌شان برای اینجانب همواره غرورآفرین است. خانم‌ها مهندسان منصوره‌سادات جلالی، ریحانه ذوالفقاری مقدم، حمیده سروش، مه‌سادات صدیقی، غزال فیضی و یاسمین موسوی مدنی. نیازی به توضیح نیست که این کتاب بدون زحمت هریک از این عزیزان فراهم نمی‌آمد. علاوه بر قدردانی از این بزرگواران که زحمت عمده ترجمه، ویرایش، اصلاحات و تهیه تصاویر کتاب را پذیرفته‌اند، لازم می‌دانم از زحمات خانم مهندس ریحانه ذوالفقاری مقدم بابت پیگیری‌ها و سعه صدر ایشان در جمع‌آوری، بازخوانی و تنظیم نهایی متن و مدیریت امر تا تحقق آن قدردانی ویژه نمایم. آرزوی توفیق روزافزون برای همه دانش‌پژوهان این مرز و بوم به‌ویژه نام‌برندگان را دارد.

محمد تحصیلدوست

بهار ۱۳۹۶



## معرفی سیستم‌های سازه‌ای و فرم آیرودینامیک ساختمان‌های بلند

ساختمانی با هشتصد متر ارتفاع چالش‌های اساسی دارد و شامل عواملی است که بر ساخت‌وسازهای کوتاه‌مرتبه تأثیری نمی‌گذارد. کتاب حاضر در این حوزه‌ها تمرکز دارد و به‌ویژه دانش سازه‌ای و معماری را ارائه می‌دهد که به‌منظور طراحی موفق ساختمان‌های بلند باید مورد توجه قرار گیرد. در ارائه مثال‌هایی از سیستم‌های سازه‌ای مرکب، بتن مسلح و فلزی برای چنین ساختمان‌هایی، بار باد تأثیر بسزایی بر طراحی سازه‌ای و معماری دارد. در این متن، دیدگاه آیرودینامیک به ساختمان‌های بلند، همچون بار جانبی ناشی از زلزله، لحاظ شده است.

نمونه‌های موردی از ساختمان‌های نمادین و تندیس‌وار جهان، در تصویرهای رنگی، چالش‌های طراحی پیش روی معماران و مهندسان سازه را نمایان می‌کند. ساختمان امپایر استیت<sup>۱</sup>، برج خلیفه<sup>۲</sup>، تایپه ۱۰۱<sup>۳</sup> و ساختمان پیرلی<sup>۴</sup> فقط چند نمونه از ساختمان‌هایی هستند که معیارهای زندگی واقعی آن‌ها برای توضیح شیوه‌های طراحی اصلی و تأثیر بعدی بر سازه پایان‌یافته استفاده شده است.

محمد هالیس گونل<sup>۵</sup> تحصیلات دبیرستان خود را در آنکارا به پایان رساند و در دانشگاه فنی خاورمیانه (METU) در رشته مهندسی عمران به تحصیل پرداخت. پس از فارغ‌التحصیلی در سال ۱۹۸۲، در همان دانشگاه به ادامه تحصیل مشغول شد و به ترتیب در سال ۱۹۸۴ و ۱۹۹۵ مدرک کارشناسی ارشد و دکترای خود را دریافت کرد. از سال ۱۹۸۲-۱۹۸۴ و ۱۹۸۶-۱۹۸۹ وی با سمت دستیار در بخش مکانیک سازه‌ای در دپارتمان مهندسی عمران در دانشگاه فنی خاورمیانه مشغول به کار بود. همچنین از سال ۱۹۹۱-۱۹۸۹، در شرکت مشاوران Prokon در آنکارا به‌عنوان مدیر پروژه خدمت کرد. از آن زمان، در دپارتمان معماری با سمت دانشیار در آن دانشگاه مشغول به تدریس است. علاقه‌مندی‌های تخصصی او شامل بتن مسلح، ساختمان‌های بلند، پیش‌ساختگی و طراحی سازه‌ای در معماری است.

حسین امره ایلگین<sup>۶</sup> در دانشگاه فنی خاورمیانه به تحصیل در رشته معماری پرداخت و پس از فارغ‌التحصیلی در سال ۲۰۰۳ در همان دانشگاه تحصیلاتش را ادامه داد و مدرک کارشناسی ارشد و دکترای خود را در دانش ساختمان و معماری به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۰ دریافت کرد. وی سابقه کار در چندین دفتر معماری و کار در دانشگاه جانکایا<sup>۷</sup>، در سمت‌های دستیار پژوهشی و آموزشیار پاره‌وقت در دانشگاه فنی خاورمیانه، را در کارنامه خود دارد. در حال حاضر، به‌عنوان معمار در وزارت بهداشت آنکارا مشغول به کار است.

---

1. Empire State Baidling  
3. Taipei 101  
5. Mehmet Halis Günel  
7. Cankaya

2. Burj Khalifa  
4. Pirelli Building  
6. Hüseyin Emre Ilgin





## پیشگفتار نویسندگان

هدف کتاب پیش رو ارائه دانش معماری و سازه‌ای پایه‌ای درباره طراحی ساختمان‌های بلند است. از نمونه‌های ارائه‌شده سیستم‌های مرکب، بتن مسلح و نیز فلزی برای چنین ساختمان‌هایی، تأثیر اهمیت بار باد بر طراحی سازه‌ای و معماری بررسی شده است. در این متن به ساختمان‌های بلند از دیدگاه آیرودینامیک پرداخته شده است. خوانندگان اصلی کتاب، معماران و مهندسان سازه و کارآموزانشان هستند. افزون بر این، به دلیل بهره‌گیری از زبان ساده، همه خوانندگان علاقه‌مند به موضوع ساختمان‌های بلند می‌توانند از این کتاب استفاده کنند.

بارهای جانبی ناشی از باد و زلزله نقش بسزایی در طراحی سازه‌ای و معماری ساختمان‌های بلند دارند. به‌طورمشخص، طراحی معماری سهم عمده‌ای در جنبه‌های احتیاطی در برابر بار باد دارد. تأثیر آیرودینامیک فرم ساختمان، تلویحاً شامل نگرانی‌های معمارانه، و انتخاب سیستم سازه‌ای تأثیر بسزایی بر مقاومت ساختمان در برابر بارهای جانبی دارد. در طراحی ساختمان‌های بلند نیاز است که معماران فهم اولیه‌ای از سیستم‌های سازه‌ای و فرم‌های آیرودینامیک ساختمان‌ها داشته باشند و در طول فرایند طراحی با دیگر متخصصان مرتبط به این زمینه، به‌ویژه سازه‌ها و آیرودینامیک‌ها، همکاری کنند. در غیراین‌صورت، ممکن است راه‌حل‌های آیرودینامیک و سازه‌ای، که پس از طراحی معماری ارائه می‌شوند، از نظر اقتصادی پرهزینه و یا حتی غیرقابل اجرا باشند.

طرح کلی کتاب حاضر، ارائه اطلاعات ضروری موردنیاز به معماران و مهندسان سازه برای طراحی ساختمان‌های بلند است. در بخش اول، ساختمان‌های بلند تعریف و توسعه تاریخی آن‌ها مطرح شده است؛ در بخش دوم، بارهای جانبی ناشی از باد و زلزله در ساختمان‌های بلند بررسی شده‌اند؛ در بخش سوم، سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های بلند مطرح شده‌اند؛ در بخش چهارم، نمونه‌های موردی چندین ساختمان بلند شناخته‌شده ارائه شده است؛ در بخش پنجم، تأثیر باد بر ساختمان‌های بلند ارزیابی شده و در بخش پایانی، شیوه‌های طراحی برای مقاومت در برابر تأثیرات باد بر ساختمان‌های بلند بررسی شده است.



در سراسر تاریخ، انسان سازه‌های به‌یادماندنی مرتفعی همچون معابد و اهرام و کلیساهای جامع را به‌منظور تجلیل از خدایان خود بنا کرده است. بشر همواره در کشمکش و تقلا بوده است تا در تلاش دیرینه خود برای ایجاد ارتفاع محدودیت‌های طبیعت را مهار کند. این موضوع از برج افسانه‌ای بابل در دوران باستان، که برای رسیدن به آسمان طراحی شده است، تا بلندترین ساختمان‌های امروزی ادامه دارد. آسمان‌خراش‌های امروزی نیز مانند بناهای یادبودی هستند که به‌مثابه نماد قدرت، ثروت، اعتبار و شهرت ساخته می‌شوند.

در آغاز قرن بیستم، ساختمان‌های بلندمرتبه عموماً به‌عنوان بنای ادارات و دفاتر طراحی شده‌اند و به‌عنوان «فضایی متمایز» در تاریخ معماری شهری امریکا جایگاه ویژه‌ای دارند. این بناها پاسخی هستند به رشد پرشتاب جمعیت شهری که با هدف پاسخگویی به نیاز به واحدهای اداری نزدیک به یکدیگر پدیدار شدند. دیدگاه‌های خلاق معماران در طراحی ساختمان‌های بلندمرتبه، کمبود زمین شهری و هزینه گزاف آن، پیشگیری از گسترش شهری نامنظم، تلاش برای ایجاد مفهوم خط افق و عواملی همچون هویت فرهنگی و نیز شهرت انگیزه افزایش ارتفاع ساختمان‌ها بوده‌اند.

امروزه، تجسم شهری بزرگ بدون ساختمان‌های بلند تقریباً نشدنی است. به‌منزله مهم‌ترین نمادهای شهرهای امروزی، ساختمان‌های بلندمرتبه به نماد ایمان به فناوری و غرور ملی تبدیل شده‌اند و مفهوم شهر مدرن را همراه با مقیاس و شکل ظاهری آن تغییر داده‌اند. با وجود این واقعیت که ساختمان‌های بلندمرتبه زندگی شهری را به‌دور از مقیاس انسانی به‌پیش برده‌اند، همگان بر این باورند که این ساختمان‌ها ویژگی اجتناب‌ناپذیر توسعه شهری هستند.

در گذشته، اشکال استفاده‌شده در طراحی محدود بودند؛ اما امروزه آزادی در طراحی ساختمان‌های بلندمرتبه افزایش چشمگیری یافته است که دلیل آن پیشرفت‌های اخیر در گستره طراحی از منظر تنوع فرم است. ساختمان‌های بلندمرتبه امروزی که با کمک فناوری‌های پیشرفته رایانه‌ای طراحی می‌شوند، با استفاده از طرح‌های معماری و ساختاری بسیار جسورانه ساخته می‌شوند که تقریباً هرگز در نمونه بناهای پیشین دیده نشده‌اند. مهم‌ترین عواملی که ساخت‌وساز ساختمان‌های بلندمرتبه را ممکن می‌سازد، توسعه و ابداع در این حوزه‌هاست: مصالح؛ تکنیک‌های ساخت؛ سیستم‌های تأسیساتی (مکانیکی)؛ سیستم‌های سازه‌ای و تحلیل آن‌ها. درعین حال، افزایش ارتفاع، ساختمان‌ها را در برابر بارهای جانبی ناشی از وزش باد و زمین‌لرزه آسیب‌پذیر می‌کند.

اساساً در طراحی ساختمان‌های بلندمرتبه، که هدف آن پاسخگویی به نیازهای ساکنان است، افزون بر ایمنی سازه‌ای، استانداردهای آسایش و راحتی ساکنان (کارایی ساختمان) نیز از جمله درون‌دادهای طراحی تراز اول محسوب می‌شود. نوسان بیش‌ازحد ساختمان بر اثر وزش باد می‌تواند باعث وارد آمدن خسارت‌هایی به اجزای غیرسازه‌ای،

شکستن پنجره‌ها، کوتاه‌شدن زمان رسیدن به خستگی<sup>۱</sup>، خرابی آسانسورها و دیگر تجهیزات مکانیکی و نیز آسیب‌زدن به سیستم سازه‌ای یا حتی ناکارآمدی آن شود. به این ترتیب، نوسان ساختمان بر اثر وزش باد بر ایمنی سازه‌ای و مقدار کارایی آن تأثیر می‌گذارد و متغیری حیاتی و مهم در طراحی ساختمان‌های بلندمرتبه به‌شمار می‌آید. در نتیجه، نوسان ساختمان به مشکلی جدی برای طراحان و ساکنان آن تبدیل شده است. هنگام گردباد حفظ ساختمان در چارچوب‌های پذیرفته‌شده و کمتر کردن احساس ناراحتی و عدم آسایش متصرفین طبقات فوقانی و پیشگیری از پیامدهای منفی گفته شده الزامی است.

پژوهش‌های بسیاری با هدف ارتقای عملکرد ساختمان‌ها در برابر بارهای ناشی از باد انجام شده است. با هدف مهار نوسان حاصل از وزش باد به ساختمان‌ها و تضمین کامل عملکرد ساختمان‌های بلند و باریک، رویکردهای زیر در نظر گرفته می‌شوند:

۱. رویکرد طراحی معماری: طراحی بر پایه آیرودینامیک و سازه؛
۲. رویکرد طراحی سازه‌ای: سیستم قاب برشی<sup>۲</sup>، سیستم ابرستون<sup>۳</sup>، سیستم ابرهسته<sup>۴</sup>، سیستم مهار بازویی<sup>۵</sup> و سیستم‌های لوله‌ای<sup>۶</sup>؛
۳. رویکرد طراحی مکانیکی: سیستم‌هایی با میرایی معین<sup>۷</sup>.

طراحی ساختمان‌های بلند موضوع پیچیده‌ای است که نیازمند همکاری میان‌رشته‌ای و کار گروهی در سطح پیشرفته است و معماران باید به این واقعیت آگاه باشند. در طراحی ساختمان‌های بلند، افزایش ابعاد اجزای سازه‌ای، تفاوت در سیستم سازه‌ای و سیستم‌های تأسیساتی و فرم ساختمان بر پایه آیرودینامیک و سازه مهم‌ترین تأثیر را در طراحی معماری و سازه‌ای می‌گذارد. هنگامی که معماران اصول اولیه آیرودینامیک را در نظر می‌گیرند، نوسان ساختمان ناشی از وزش باد کاهش می‌یابد. بنابراین هزینه‌ها، از طریق کاهش نیرو در سیستم سازه‌ای و سیستم با میرایی معین، به میزان چشمگیری کاسته می‌شود و هم‌زمان تغییرات و اصلاحات لازم بعدی، پس از آزمون‌های تونل باد، به حداقل می‌رسد. در بررسی نقش حیاتی بارهای جانبی ناشی از وزش باد و زمین‌لرزه در تصمیم‌گیری‌های طراحی در ساختمان‌های بلند، توجه به طرح معماری از منظر رویکردهای طراحی سازه‌ای و آیرودینامیکی اهمیت ویژه‌ای دارد. از این‌رو، آزادی عمل معماران در طراحی این ساختمان‌ها کاهش می‌یابد. در این زمینه، بنابر نظر نویسندگان «طراحی آسمان‌خراش، ناگزیر، نتیجه و بازده کار گروهی میان‌رشته‌ای به مدیریت معمار است که به موضوعات ساختاری و آیرودینامیکی توجه می‌کند، در حالی که هم‌زمان در تکاپوست تا طرح معماری قربانی نشود.»

ارتفاعات دسترس‌پذیر از سطح دریا، که از اواخر قرن نوزدهم تاکنون به آن دست یافته‌ایم، به این شرح است: در سال ۱۸۸۵ نخستین آسمان‌خراش، ساختمان بیمه مسکن (شیکاگو)<sup>۸</sup>، به ارتفاع ۵۵ متر؛ در سال ۱۹۳۱ ساختمان امپایر استیت<sup>۹</sup> (نیویورک) به ارتفاع ۳۸۱ متر و در سال ۲۰۱۰ برج خلیفه (دبی)<sup>۱۰</sup> به ارتفاع ۸۲۸ متر. امروزه، به برکت نوآوری‌ها و پیشرفت‌ها در طراحی و آنالیز سازه‌ای و نیز پیشرفت در مواد و مصالح با مقاومت بالا و فناوری ساخت‌وساز، رقابت بر سر ارتفاع همچنان با سرعتی پرشتاب ادامه دارد. این رقابت مرزها را درهم نوردیده است و مسائل مهندسی و

1. fatigue life

3. mega column

5. outriggered frame

7. auxiliary damping system

9. The Empire state building- New York

2. shear frame system

4. mega core

6. tube systems

8. The Home Insurance building-Chicago

10. Burj Khalifa-Dubai

معماری جدیدی را طرح می‌کند که باید حل شوند. بدین ترتیب، آزادی عمل معماران فقط محدود به چیزی خواهد بود که در محدوده مهندسی و فناوری امکان‌پذیر است. برای رفع مشکلات ایجاد شده بر اثر افزایش ارتفاع ساختمان‌ها، معمار، در کشمکش زیبایی‌شناختی، با این محدودیت در طراحی دست‌وپنجه نرم می‌کند؛ زیرا مقاومت سازه‌ای ساختمان و بارهایی که ساختمان در معرض آن‌ها قرار می‌گیرد، تا حد زیادی، بر انتخاب فرم و شکل تأثیر خواهند گذاشت. دیگر رشته‌های مهندسی، به‌ویژه رشته‌های سازه و آیرودینامیک نیز در طول کار گروهی مشارکتی در طراحی سهیم هستند.

در طراحی آسمان‌خراش، از آغاز مفاهیم «منحصربه‌فرد بودن» و «نمادین بودن» عموماً اهمیت بسیاری داشته‌اند. بیشتر آسمان‌خراش‌ها نشان خود را برج‌های می‌گذارند و به میزانی موفق شناخته می‌شوند که این مفاهیم طراحی در ارتفاع ساختمان منعکس شوند.

نمونه‌های زیر به‌عنوان طراحی‌های شاخص ذکر می‌شوند:

- برج‌های دوقلوی مرکز تجارت جهانی<sup>۱</sup> (نیویورک، ۱۹۷۲)، نمای ساختمان؛
  - ساختمان کرایسلر (نیویورک، ۱۹۳۰)<sup>۲</sup> و ساختمان امپایر استیت (نیویورک، ۱۹۳۱)، بام پیکره‌وار ساختمان؛
  - مرکز جان هنکاک (شیکاگو، ۱۹۶۹)<sup>۳</sup>، شکل مخروطی (هرم ناقص) و اکسپرسیونیست ساختاری سازه خریای لوله‌ای؛
  - برج ویلیس (شیکاگو، ۱۹۷۴)<sup>۴</sup>، اکسپرسیونیست ساختاری فرم لوله‌ای دسته‌بندی‌شده؛
  - تاپیه ۱۰۱ (تایپه، ۲۰۰۴)، به شکل بامبو<sup>۵</sup>؛
  - برج خلیفه (دبی، ۲۰۱۰)، به شکل گل؛
  - چرخیده‌اچ‌اس‌بی (مالمو، ۲۰۰۵)<sup>۶</sup> و منار مخروطی شیکاگو (شیکاگو، در دست‌ساخت)، به شکل مارپیچی
- از این‌رو می‌توان گفت در رقابت مستمر ارتفاع، خط‌های آسمان شهر از طریق فرم‌های نامعمول شکل داده می‌شوند.

1. World Trade Center Twin Towers (New York, 1972)  
3. John Hancock Center (Chicago, 1969)  
5. bamboo form

2. Chrysler Building (New York, 1930)  
4. Willis Tower (Chicago, 1974)  
6. HSB Turning Torso (Malmo, 2005)



## ساختمان‌های بلندمرتبه

تعریف و تمیز «ساختمان بلند<sup>۱</sup>»، «ساختمان بلندمرتبه<sup>۲</sup>» و «آسمان‌خراش<sup>۳</sup>» فقط از دیدگاه ابعاد آن کار دشواری است؛ زیرا ارتفاع موضوعی نسبی است که بر اساس زمان و مکان تغییر می‌کند. این اصطلاحات همگی به مفهوم ساختمان‌های بسیار بلند اشاره دارند، ولی اصطلاح «آسمان‌خراش» بیش از بقیه بر این نکته تأکید دارد. اصطلاح «ساختمان بلندمرتبه» از اواخر قرن نوزدهم نوعی از گونه‌های ساختمان شناخته شده است؛ درحالی‌که تاریخچه اصطلاح «ساختمان بلند» بسیار قدیمی‌تر از عبارت «ساختمان بلندمرتبه» است. اصطلاح «آسمان‌خراش» برای برخی ساختمان‌های بلندمرتبه، که منعکس‌کننده حیرت و اغراق اجتماعی است، نخستین بار درباره ساختمان دوازده طبقه بیمه مسکن به کار گرفته شد. این ساختمان در شیکاگو در اواخر قرن نوزدهم ساخته شده است (هاربرت<sup>۴</sup>، ۲۰۰۲؛ پیِت<sup>۵</sup>، ۲۰۱۱).

### ۱.۱. تعریف

درباره ارتفاع ساختمان یا تعداد طبقاتی که مبنای طبقه‌بندی بنا به‌مثابه ساختمان بلند یا آسمان‌خراش باشد، توافق نظر عمومی وجود ندارد. ارتفاع سازه‌ای/معماری یک بنا از ورودی عابر پیاده در فضای آزاد تا بالای ساختمان اندازه‌گیری می‌شود. بنابر نظر شورای ساختمان‌های بلند و زیستگاه‌های شهری سی‌تی‌بی‌یو‌اچ (CTBUH)<sup>۶</sup>، ساختمان‌هایی را که ۱۴ طبقه یا ۵۰ متر و بیشتر ارتفاع دارند، می‌توان «ساختمان‌های بلندمرتبه» در نظر گرفت و ساختمان‌هایی را که ارتفاع ۳۰۰ متر یا ۶۰۰ متر و بلندتر دارند، به ترتیب جزء «ساختمان‌های بسیار بلند (فوق بلند)<sup>۷</sup>» و «ساختمان‌های ابربلند<sup>۸</sup>» طبقه‌بندی می‌شوند. شورای ساختمان‌های بلند و زیستگاه‌های شهری «ارتفاع تا قسمت فوقانی معماری بنا» را از سطح پایین‌ترین «ورودی اصلی عابر پیاده در فضای آزاد» تا قسمت بالایی معماری بنا اندازه‌گیری می‌کنند؛ از جمله، منارهای مخروطی به‌استثنای آنتن، علائم، میله‌های پرچم، یا دیگر تجهیزات کارکردی-فنی. در این کتاب، این معیار سنجش ارتفاع برای «ارتفاع معماری» ساختمان‌ها استفاده می‌شود.

1. tall Building  
3. sky scraper  
5. Peet

2. high rise building  
4. Habert

۶. CTBUH: شورای ساختمان‌های بلند و زیستگاه‌های شهری، موسسه فناوری ایلینوی، واقع در ایالات متحد آمریکا، ایلینوی، شیکاگو، [www.ctbuh.org](http://www.ctbuh.org)

7. supertall Buildings

6. mega tall buildings