

پیشگفتار

امروزه با توجه به کمبود زمین در شهرهای بزرگ و افزایش روز افزون جمعیت، ساختمان های بلند جایگاه ویژه ای پیدا کرده اند. از طرفی شکل و نمای ساختمان های بلند با گذشته تفاوت دارد و اگر این تغییرات در آینده نیز ادامه یابد، دیری نمی پاید که بشر رؤیای ساخت ساختمان هایی به ارتفاع یک مایل را تحقق بخشد.

از نظر سازه ای، تعاریف متفاوتی برای ساختمان های بلند وجود دارد. عده ای ساختمانی را بلند می گویند که ارتفاع آن باعث شود، نیروهای جانبی (باد و زلزله) بر طراحی آن اثر قابل توجهی گذارند و یا سازه ای را که پیوند آن از $0/7$ ثانیه بیشتر باشد؛ سازه بلند می دانند. برخی هم نسبت ارتفاع به بعد سازه را ملاک این طبقه بندی دانسته و نسبتهای ارتفاع به بعد $1/5\pi$ ، π ، 2π و 3π را به ترتیب مربوط به سازه بسیار بلند، بلند، متوسط و کوتاه می دانند. لذا باید تأثیر این عوامل از ابتدای مراحل طراحی در نظر گرفته شود.

سازه های بلند باید علاوه بر اینکه از نظر ایمنی، شرایط کارائی، بهره برداری و آسایش تأمین باشند، باید از نظر فضایی و زیبایی نیز مشکل نداشته و به گونه ای باشند که ابتدا فرم سازه از طریق معماران و مهندسين ارائه شود و سپس طبق آن فرم، طراحی آغاز گردد. اهمیت اثر نیروهای جانبی با افزایش ارتفاع ساختمان به سرعت افزایش می یابد. در سازه های بلند تغییر مکان جانبی ساختمان چنان زیاد می شود که ملاحظات سختی کنترل کننده طرح می گردند تا این که مقاومت مصالح سازه ای. میزان سختی اساساً بستگی به نوع سیستم سازه ای دارد. به علاوه بازده هر سیستم سازه ای مستقیماً با مقدار مصالح مصرف شده ارتباط دارد؛ بنابراین جهت بهینه کردن سازه باید با حداقل وزن، حداکثر سختی حاصل گردد. این امر منجر به ابداع سیستم های سازه ای مناسب برای هر محدوده ارتفاعی معین می گردد.

یک دیدگاه مهم در طراحی ساختمان های بلند، تغییر فرم ساختمان ها به شکل های صلب تر و پایدار تر است که تغییر مکان را محدود می کند و پایداری را افزایش می دهد. به طور کلی رفتار ساختمان ها و آسیب پذیری آنها در طول زلزله به شکل، اندازه، فرم کلی و همچنین نحوه انتقال نیروهای جانبی به زمین بستگی دارد. با توجه به مطالعات انجام گرفته بر روی آسیب پذیری ساختمان ها با فرم های متفاوت در پلان و ارتفاع، مشخص می شود که هر چه پیکربندی سازه، ساده تر و متقارن تر باشد، در اثر زلزله عملکرد مطلوب تری داشته و در نتیجه آسیب پذیری کمتری خواهد داشت. از طرفی با توجه به اهمیت و ارتباط خصوصیات معماری با سیستم سازه ای در ایفای عملکرد لرزه ای مطلوب ساختمان، انتخاب طرح معماری و سیستم سازه ای سازگار با آن در ساختمان های بلند اهمیت ویژه ای دارد.

در طول قرون گذشته، سیستم های متعددی برای سازه های بلند طراحی و بر مبنای آن ها ساختمان های بلند متعددی اجرا شده اند. با بکارگیری مصالح بتن آرمه در ساخت و ساز، استفاده از آن در سازه های بلند مرتبه به طور وسیعی گسترش یافته است؛ اگرچه تا قبل از جنگ جهانی اول بیشتر ساختمان های بلند دارای اسکلت فولادی بودند و تنها فونداسیون ها و دال های کف آنها بتنی بوده؛ اما بعد از جنگ جهانی اول ساختمان های بلند مرتبه بتن آرمه به صورت پراکنده به وجود آمدند. در ابتدا سیستم های سازه ای در ساختمان های بلند تنها شامل ستون ها، شاه تیرها، تیرها و دال ها بودند و بیشتر المان های باربر درون ساختمان قرار می گرفتند. به این دسته از سیستم های سازه ای، سازه های داخلی گفته می شود زیرا بیشتر المان های باربر درون ساختمان قرار دارند. اما به مرور زمان یک انقلاب عظیم در ساختمان های بلند در حال شکل گیری بود و سیستم های نوینی همچون سیستم های لوله ای، لوله های مهاربندی شده، لوله های دسته شده، سیستم های شبکه ای و شبکه خارجی تحولی در ساختمان های بلند هم از نظر معماری و هم از نظر سازه ای به وجود آورده اند. این دسته از سیستم های سازه ای، سازه های خارجی نام دارند زیرا المان های باربر در پیرامون ساختمان قرار می گیرند.

هدف از چاپ این کتاب، بررسی سیستم های مقاوم جانبی در ساختمان های بلند و درک بهتر از رفتار آنها می باشد. به علاوه سیر تکاملی سیستم های لرزه ای و نکات جانبی هر یک از آنها مطرح شده است. مجموعه حاضر دارای مثالهای متعددی می باشد به گونه ای که قسمت های ابتدایی هر بخش، مسائل خاص سازه های بلند را مورد بررسی قرار داده و انتهای هر بخش یک مطالعه موردی بر یک سازه بلند ارائه می دهد. لازم به ذکر است علاقه نویسندگان آن بوده است که جزئیات بیشتری از معماری و سازه بسیاری از برج های بلند برجسته و زیبای جهان ارائه گردد.

این کتاب شامل سیزده فصل می باشد. در فصل اول، ابتدا تعریف ساختمان های بلند و تاریخچه آنها و سپس انواع سیستم های مقاوم جانبی در ساختمان های بلند و طبقه بندی آنها مطرح شده است. فصل دوم به معرفی سیستم های سازه ای داخلی که المان های باربر آنها درون ساختمان توزیع می گردند؛ اختصاص دارد. در این فصل سیستم هایی همچون قاب خمشی، قاب مهاربندی شده و دیوار برشی مورد توجه قرار می گیرند و در هر مورد نمونه ای از ساختمان های بلند که با این سیستم ها ساخته شده اند؛ ذکر می گردند. فصل سوم به بررسی سایر سیستم های داخلی همانند کمربندهای خرابایی و هسته های مقاوم می پردازد.

فصل چهارم به بررسی اولین دسته از سیستم های مقاوم سازه ای خارجی که المان های باربر آنها در خطوط پیرامونی ساختمان توزیع می گردند، تخصیص یافته است. در این فصل سیستم لوله قابی مورد مطالعه قرار می گیرد و همچنین به معایب و مزایای سیستم های سازه ای لوله ای همچون پدیده لنگی برش اشاره می شود. در فصل پنجم سیستم های لوله مهاربندی شده تشریح می گردد و در فصل ششم سیستم های لوله در لوله و لوله دسته بندی شده بررسی می شود. همچنین در پایان این فصل مقایسه ای بر روی انواع سیستم های سازه ای لوله ای انجام می گردد.

در فصل هفتم سیستم های مقاوم سازه ای شبکه قطری که تکامل یافته سیستم های لوله ای اند، تشریح شده اند. در فصل هشتم خواننده با جدیدترین سیستم سازه ای برای ساختمان های بلند آشنا می شود. این سیستم که شبکه خارجی نام دارد؛ هم در سازه های فولادی و هم در سازه های بتنی به کار می رود و تکامل یافته سیستم شبکه قطری است. در فصل نهم به بررسی سیستم های مقاوم جانبی برای سازه های بسیار بلند پرداخته می شود. در این فصل سیستم هایی همچون قاب با خرپای فضایی و ابرسازه ها مطرح می گردد. فصل دهم اثرات نیروهای باد بر روی ساختمان های بلند را مورد بررسی قرار می دهد. با توجه به آن که اثرات نیروهای جانبی به ویژه نیروهای باد با افزایش ارتفاع به سرعت افزایش می یابد؛ می توان با اصلاحات ایرودینامیک بر روی فرم ساختمان های بلند و سطح مقطع آنها، اثرات باد را کاهش داد. در این فصل بسیاری از روش های کاهش اثرات باد بر روی ساختمان های بلند برجسته دنیا مطرح شده است. در فصل یازدهم مباحث سازه و معماری بلندترین برج دنیا در حال حاضر (برج خلیفه) مورد بررسی قرار می گیرد.

فصل دوازدهم به معرفی ساختمان های بلند هزاره سوم (آینده) می پردازد. مشخصات بیست برج بسیار بلند و ویژه دنیا که در قرن سوم ساخته خواهند شد؛ مورد مطالعه قرار گرفته اند. اگرچه بعضی از ساختمان های مذکور تخیلی و رویایی به نظر می رسند؛ ولی با پیشرفت چشمگیر در بخش های آنالیز، طراحی، مصالح و روش های ساخت، اجرای اینگونه ساختمان ها دور از دسترس نیست. همچنین در فصل سیزدهم ۲۰ ساختمان بلندی که تا سال ۲۰۲۰ معرفی می گردند. در انتها منابع و مراجعی که در تهیه این کتاب از آنها استفاده گردیده است، ذکر شده اند.

نویسندگان ضمن استقبال از دریافت نقطه نظرات و پیشنهادات ارزنده کلیه اندیشمندان، اساتید، مهندسين و دانشجویان رشته های مهندسی عمران و معماری، امیدوارند چاپ این مجموعه گامی هرچند کوچک در زمینه ارتقاء سطح علمی و به روز رسانی دانش متخصصین

ذیربط باشد. بدیهی است این اثر خالی از اشتباه نیست، لذا از همکاران گرامی، اساتید ارجمند و دانشجویان عزیز انتظار می رود که اشتباهات و کاستی ها را یادآوری فرمایند.

مؤلفین در اینجا بر خود لازم می دانند تشکر ویژه خود را به جناب آقای دکتر مرتضی زاهدی عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران به خاطر ویرایش و بازنگری فصل یازدهم کتاب که در خصوص معرفی بلندترین ساختمان جهان برج خلیفه (برج دبی) می باشد، ابراز نمایند. همچنین از جناب آقای دکتر حسین نادرپور، آقای دکتر علیرضا مرتضایی و دانشجویان دکتر آقایان مهندس علی همتی، مهندس سید روح الله حسینی واعظ، مهندس احمد دالوند، مهندس عباس سیوندی، مهندس روزبه ظهیری و دانشجویان کارشناسی ارشد آقایان مهندس سلیم کریم پور، مهندس سید مهدی حاجی میراسماعیلی، مهندس حسین جمشیدی، مهندس سعید محب شاهدین، مهندس سید جلال موسوی، مهندس سهیل آصف و سرکار خانم مهندس نیلوفر مشهدی علی تشکر و قدردانی می گردد.

از معاونت پژوهشی دانشگاه سمنان و آقای مهندس حمیدرضا مولایی، مسئول انتشارات دانشگاه سمنان که در جهت چاپ و انتشار کتاب همکاری داشته اند، سپاسگزاری می شود. همچنین از زحمات آقای اسماعیل شجاعی در مورد طرح روی جلد و صفحه آرایی تقدیر می شود.

دکتر علی خیرالدین - مهندس سیما آرامش

زمستان ۱۳۹۳

فصل اول: طبقه بندی سیستم های مقاوم جانبی در ساختمان های بلند

۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	تعریف ساختمان های بلند	۱
۳-۱	تاریخچه ساختمان های بلند	۳
۴-۱	مفاهیم سازه ای	۱۵
۴-۱-۱	شاخص صلبیت برشی و خمشی	۱۷
۵-۱	اثر افزایش ارتفاع بر روی وزن مصالح مصرفی	۲۲
۵-۱-۱	فاکتورهایی برای کاهش وزن سازه های بلند	۲۳
۶-۱	طبقه بندی سیستم های مقاوم جانبی در ساختمان های بلند	۲۷
۶-۱-۱	طبقه بندی سیستم های مقاوم جانبی بر اساس مصالح مصرفی	۲۷
۶-۱-۲	طبقه بندی سیستم های مقاوم جانبی بر توزیع المان های باربر	۲۸

فصل دوم: معرفی سیستم های سازه ای داخلی (قاب صلب-قاب مهاربندی شده و

دیوارهای برشی)

۱-۲	مقدمه	۳۳
۲-۲	قاب صلب	۳۳
۲-۲-۱	قاب صلب با شاه تیرهای ماهیچه ای	۳۶
۲-۲-۲	مطالعات موردی	۳۸
۳-۲	قاب مهاربندی شده	۴۲
۳-۲-۱	مطالعه موردی (ساختمان ACT در شهر هاماماتسو در کشور ژاپن)	۴۷
۳-۲-۲	سیستم خرابای پله ای	۵۱
۳-۲-۳-۱	بررسی عملکرد اجزای سیستم خرابای پله ای	۵۴
۳-۲-۳-۲	مطالعه موردی (تاج محل در شهر آتلانتیک، نیوجرسی، ایالت متحده آمریکا)	۵۵
۳-۳-۲	بادبندهای نچسبیده	۵۹
۳-۳-۲-۱	تاریخچه بادبندهای نچسبیده	۶۰
۳-۳-۲-۲	آزمایشات انجام شده	۶۵
۳-۳-۲-۳	آزمایشات طراحی	۶۵

۶۵	..... نتیجه گیری ۴-۳-۳-۲
۶۷	..... سیستم دیوار برشی ۴-۲
۶۸	..... دیوارهای برشی کوپله ۱-۴-۲
۷۱	..... رفتار دیوار برشی کوپله ۲-۴-۲
۷۲	..... مطالعات موردی ۳-۴-۲
۷۷	..... سیستم ترکیبی قاب خمشی و خرپای برشی ۵-۲
۷۸	..... مطالعه موردی ۱-۵-۲
۸۴	..... سیستم ترکیبی قاب خمشی و دیوار برشی ۶-۲
۸۵	..... اندرکنش دیوار برشی و قاب ۱-۶-۲
۹۹	..... مطالعات موردی: برج South Walker، شیکاگو، ایلینویز ۲-۶-۲

فصل سوم: سیستم های سازه ای کمربندهای خرپایی و هسته های مقاوم

۱۰۱	..... مقدمه ۱-۳
۱۰۱	..... سیستم سازه ای با مهار بازویی (کمربندهای خرپایی) ۲-۳
۱۰۶	..... ساختمان های احداث شده با مهار بازویی و کمر بند خرپایی ۱-۲-۳
۱۱۰	..... رفتار سیستم با مهارهای بازویی ۲-۲-۳
۱۱۴	..... محل بهینه مهارهای بازویی ۳-۲-۳
۱۱۶	..... تعیین موقعیت بهینه مهار بازویی با در نظر گرفتن سختی های خمشی، برشی و محوری تحت بار دوزنقه ای ۴-۲-۳
۱۱۷	..... فرضیات ۱-۴-۲-۳
۱۱۸	..... آنالیز سازگاری سازه با یک مهار بازویی ۲-۴-۲-۳
۱۲۵	..... آنالیز نیرو ها ۳-۴-۲-۳
۱۲۶	..... آنالیز تغییر مکان های افقی ۴-۴-۲-۳
۱۲۶	..... موقعیت بهینه مهار بازویی ۵-۴-۲-۳
۱۳۱	..... حل عمومی نیرو ها و تغییر مکان ها ۶-۴-۲-۳
۱۳۱	..... لنگرهای گیرداری ۷-۴-۲-۳
۱۳۲	..... تغییر مکان های افقی ۸-۴-۲-۳
۱۳۲	..... موقعیت بهینه مهارهای بازویی ۹-۴-۲-۳
۱۳۳	..... نتیجه گیری ۱۰-۴-۲-۳
۱۳۵	..... مطالعات موردی ۵-۲-۳

۱۳۵	..... کشور نیویورک، City Spire، ساختمان ۱-۵-۲-۳
۱۳۷	..... مرکز تجاری جزیره Greenland در ایالت نانجینگ در کشور چین ۲-۵-۲-۳
۱۳۷	..... معرفی برج نانجینگ در کشور چین ۱-۲-۵-۲-۳
۱۳۹	..... سیستم سازه ای برج نانجینگ ۲-۲-۵-۲-۳
۱۴۳	..... ارزیابی زلزله بر اساس سطح عملکرد ۳-۲-۵-۲-۳
۱۴۷	..... مدلسازی سه بعدی و غیر خطی ۴-۲-۵-۲-۳
۱۴۸	..... خواص مصالح بتنی ۵-۲-۵-۲-۳
۱۴۹	..... خواص مصالح فولادی ۶-۲-۵-۲-۳
۱۵۰	..... توصیف المان ها ۷-۲-۵-۲-۳
۱۵۱	..... تعریف مفاصل پلاستیک ۸-۲-۵-۲-۳
۱۵۲	..... آنالیز الاستو پلاستیک ۹-۲-۵-۲-۳
۱۵۲	..... آنالیز تاریخچه زمانی ۱۰-۲-۵-۲-۳
۱۵۴	..... ارزیابی آنالیز تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۱-۲-۵-۲-۳
۱۵۶	..... هسته های مقاوم ۳-۳
۱۶۱	..... تئوری تابیدگی گیردار هسته های یکنواخت تحت اثر پیچش ۱-۳-۳
۱۶۱	..... معادلات دیفرانسیل حاکم ۱-۱-۳-۳
۱۶۳	..... حل پیچش گسترده یکنواخت ۲-۱-۳-۳
۱۶۵	..... تنش های تابیدگی ۳-۱-۳-۳
۱۶۶	..... بررسی تأثیر کوپله کردن هسته های مقاوم بتنی و بررسی نتایج خطی ۲-۳-۳
۱۶۷	..... مشخصات و خصوصیات سازه ها ۱-۲-۳-۳
۱۶۹	..... تحلیل و بررسی نتایج ۲-۲-۳-۳
۱۸۳	..... نتیجه گیری و پیشنهادات ۳-۲-۳-۳
۱۸۴	..... مطالعات موردی ۳-۳-۳

فصل چهارم: معرفی سیستم سازه ای لوله قابی

۱۹۱	..... مقدمه ۱-۴
۱۹۱	..... معرفی سیستم های سازه ای لوله ای ۲-۴
۱۹۴	..... سیستم لوله قابی ۳-۴
۱۹۸	..... رفتار سیستم لوله قابی ۱-۳-۴
۲۰۴	..... لوله بی قاعده ۲-۳-۴

- ۴-۴ لنگی برش ۲۰۴
- ۴-۵ بررسی پدیده لنگی برش در ساختمان های بلند بتن آرمه با سیستم سازه ای لوله ای ۲۱۱
- ۴-۵-۱ بررسی پدیده لنگی برش در سازه های لوله ای با پلان مربعی ۲۱۱
- ۴-۵-۱-۱ بررسی و مطالعه پدیده لنگی برش در سازه ۲۰ طبقه ۲۱۲
- ۴-۵-۱-۱-۱ بررسی تأثیر افزایش ابعاد ستون های کتابی در میزان لنگی برش در ساختمان ۲۰ طبقه ۲۱۳
- ۴-۵-۱-۲ بررسی تأثیر افزایش سختی تیرها بر اندیس لنگی برش در یک ساختمان ۲۰ طبقه ۲۱۴
- ۴-۵-۲ بررسی و مطالعه پدیده لنگی برش در سازه ۴۰ طبقه ۲۱۵
- ۴-۵-۲-۱ بررسی تأثیر افزایش سختی تیرهای سازه ۴۰ طبقه در لنگی برش ۲۱۶
- ۴-۵-۳ بررسی پدیده لنگی برش در سازه ۶۰ طبقه ۲۱۷
- ۴-۵-۳-۱ بررسی تأثیر افزایش سختی تیرها در لنگی برش ۲۱۸
- ۴-۵-۲ بررسی پدیده لنگی برش در سازه های لوله ای با پلان مستطیلی ۲۱۹
- ۴-۵-۲-۱ سازه ۲۰ طبقه با پلان مستطیلی ۲۲۰
- ۴-۵-۲-۲ سازه ۴۰ طبقه با پلان مستطیلی ۲۲۲
- ۴-۵-۳-۲ بررسی سازه ۶۰ طبقه با پلان مستطیلی ۲۲۳
- ۴-۵-۴ نتیجه گیری ۲۲۵
- ۴-۶ مطالعات موردی ۲۲۶
- ۴-۶-۱ ساختمان Georgia Pacific در آتلانتا، جورجیا، ایالت متحده آمریکا ۲۲۶
- ۴-۶-۲ ساختمان Lexington Avenue ۴۵۰ در نیویورک، ایالت متحده آمریکا ۲۲۹
- ۴-۶-۳ برج NCNB، کارولینای شمالی ۲۳۲
- ۴-۶-۴ برج تراست سنت، میامی، فلوریدا ۲۳۴
- ۴-۶-۵ ساختمان دو پلازای محتاط، شیکاگو، ایلینویز ۲۳۸
- ۴-۶-۶ مرکز Hope Well، هونگ کونگ ۲۴۰

فصل پنجم: معرفی سیستم سازه ای لوله مهاربندی شده

- ۵-۱ مقدمه ۲۴۵
- ۵-۲ لوله مهاربندی شده یا لوله خرپایی ۲۴۵
- ۵-۲-۱ رفتار لوله های مهاربندی شده ۲۵۱

۲۵۳	..... تخمین تعداد بهینه بادبندهای چند طبقه ای در سازه های لوله بادبندی
۲۵۴	..... ۱-۲-۲-۵ فرضیات مدلسازی
۲۵۶	..... ۲-۲-۲-۵ اثر حالات مختلف بادبندی بر لنگی برش
۲۵۸	..... ۳-۲-۲-۵ رابطه بادبند بهینه از نظر لنگی برش
۲۵۹	..... ۴-۲-۲-۵ اثر حالات مختلف بادبندی بر تغییرمکان جانبی طبقات
۲۶۰	..... ۵-۲-۲-۵ اثر حالات مختلف بادبندی بر تغییرمکان جانبی نسبی طبقات (دریفت)
۲۶۰	..... ۶-۲-۲-۵ نتایج نهایی مطالعات تخمین تعداد بهینه بادبند در سازه های لوله بادبندی
۲۶۱	.....
۲۶۱	..... ۳-۵ بررسی پارامترهای مؤثر بر لنگی برشی در سیستم های لوله بادبندی
۲۶۸	..... ۴-۵ نتایج نهایی مطالعات خیرالدین و ظهیری هاشمی (۱۳۸۶)
۲۷۱	..... ۵-۵ مطالعات موردی
۲۶۹	..... ۱-۵-۵ ساختمان First International، دالاس، تگزاس، ایالت متحده آمریکا
۲۷۱	..... ۲-۵-۵ برج های دبی
۲۷۱	..... ۱-۲-۵-۵ معرفی برج های دبی
۲۷۳	..... ۲-۲-۵-۵ طرح معماری برج های دبی
۲۷۷	..... ۳-۲-۵-۵ طرح معماری برج ۲۹
۲۷۷	..... ۴-۲-۵-۵ اثر متقابل معماری و سازه در برج ۲۹
۲۷۹	..... ۵-۲-۵-۵ بررسی سازه برج های دبی
۲۸۵	..... ۶-۲-۵-۵ نتایج آنالیز سازه برج های دبی
۲۸۷	..... ۷-۲-۵-۵ بهینه سازی هندسه برج های دبی
۲۹۰	..... ۸-۲-۵-۵ بهینه سازی طرح سازه ای برج های دبی
۲۹۲	..... ۹-۲-۵-۵ قابلیت ساخت برج های دبی
۲۹۲	..... ۱-۹-۲-۵-۵ بررسی اتصالات ستون ها و مهاربندهای پیرامونی
۲۹۴	..... ۲-۹-۲-۵-۵ بررسی مراحل ساخت برج های دبی و پایداری در حین ساخت
۲۹۶	..... ۱۰-۲-۵-۵ مطالعات تکمیلی

فصل ششم: معرفی سیستم سازه ای لوله در لوله و لوله دسته بندی شده

۳۱	..... ۱-۶ مقدمه
۳۰۱	..... ۲-۶ سیستم لوله در لوله
۳۰۲	..... ۳-۶ سیستم لوله های دسته بندی شده

۳۰۷	۴-۶ مقایسه سیستم های لوله ای در ساختمان های بلند بتن آرمه
۳۰۸	۱-۴-۶ مقایسه لنگی برش در سیستم لوله در لوله و سیستم لوله دسته بندی شده
۳۱۱	۲-۴-۶ مقایسه تغییرمکان نسبی جانبی در سیستم لوله در لوله و سیستم لوله دسته بندی شده
۳۱۲	۳-۴-۶ مقایسه درصد جذب برش لوله ها در سیستم لوله در لوله و سیستم لوله دسته بندی شده
۳۱۵	۵-۴-۶ نتایج نهایی مقایسه بین سیستم لوله در لوله و لوله دسته بندی شده در ساختمان های بلند بتن آرمه بر اساس تحقیقات خیرالدین و جمشیدی (۱۳۸۸)
۳۱۶	۵-۶ مطالعات موردی
۳۱۶	۱-۵-۶ ساختمان One Magnificent Mile، شیکاگو
۳۲۰	۶-۶ انتخاب سیستم سازه ای بهینه بر اساس تحقیقات تارانا در سال ۲۰۱۰
۳۲۱	۱-۶-۶ سیستم مهاربندهای عرضی
۳۲۶	۲-۶-۶ سیستم لوله قابی
۳۳۱	۳-۶-۶ طرح های غیرلوله ای
۳۳۴	۴-۶-۶ اثر ستون ها بر روی فضای ساختمان های بلند
۳۳۶	۵-۶-۶ مقایسه تراکم پلان و هزینه سازه ای

فصل هفتم: سیستم سازه ای شبکه قطری

۳۳۹	۱-۷ مقدمه
۳۴۰	۲-۷ سیستم سازه ای شبکه قطری
۳۴۴	۱-۲-۷ نحوه ساخت اتصالات اعضای سیستم شبکه قطری
۳۴۴	۲-۲-۷ زاویه بهینه برای اعضای قطری در سیستم سازه ای شبکه قطری
۳۴۴	۱-۲-۲-۷ مدلسازی
۳۴۹	۲-۲-۲-۷ آنالیز و طراحی
۳۴۹	۱-۲-۲-۲-۷ تغییرمکان جانبی طبقات
۳۵۱	۲-۲-۲-۲-۷ میزان تراکم فولاد در قسمت های مختلف سازه
۳۵۴	۳-۲-۷ نتایج مطالعات خیرالدین و مشهدی علی برای محاسبه زاویه بهینه اعضای قطری در سیستم سازه ای شبکه قطری

۳-۷	پیشنهاد یک سیستم جدید شبکه شش ضلعی توسط خیرالدین و مشهدی علی در سال	۱۳۸۹
۳۵۵	.....
۳۵۶	۱-۳-۷ پیکربندی سیستم شبکه شش ضلعی	
۳۵۷	۲-۳-۷ مدلسازی و تحلیل سازه با سیستم شبکه شش ضلعی	
۳۵۹	۳-۳-۷ مطالعات طراحی	
۳۶۰	۱-۳-۳-۷ تغییر مکان جانبی طبقات	
۳۶۳	۲-۳-۳-۷ میزان تراکم فولاد در قسمت های مختلف سازه	
۳۶۶	۴-۷ مقایسه سیستم شبکه قطری و شبکه شش ضلعی	
۳۶۶	۱-۴-۷ معیار مقایسه دو سیستم سازه ای	
۳۶۷	۲-۴-۷ مطالعات طراحی	
۳۶۷	۱-۲-۴-۷ تغییر مکان جانبی طبقات	
۳۶۸	۲-۲-۴-۷ تأثیر استفاده از دیگر سیستم های سازه ای در افزایش صلبیت	
۳۷۱	۳-۲-۴-۷ میزان تراکم فولاد در قسمت های مختلف سازه	
۳۷۴	۵-۷ مطالعات موردی سیستم شبکه قطری	
۳۷۴	۱-۵-۷ ساختمان Swiss Re در کشور لندن	
۳۷۴	۱-۱-۵-۷ فرم ساختمان Swiss Re	
۳۷۸	۲-۱-۵-۷ سازه Swiss Re	
۳۸۰	۲-۵-۷ ساختمان CCTV در کشور چین	
۳۸۲	۱-۲-۵-۷ سازه برج CCTV	
۳۸۶	۲-۲-۵-۷ طراحی شالوده برج CCTV	
۳۸۸	۳-۲-۵-۷ مراحل ساخت برج CCTV	

فصل هشتم: سیستم سازه ای شبکه خارجی

۳۹۱	۱-۸ مقدمه	
۳۹۱	۲-۸ معرفی سیستم سازه ای شبکه خارجی	
۳۹۲	۳-۸ مطالعات موردی	
۳۹۲	۱-۳-۸ هتل بلند دی لاس آرتس در کشور اسپانیا	
۳۹۶	۲-۳-۸ ساختمان COR در کشور میامی	
بلند	۳-۳-۸ معرفی طرح معماری و سیستم سازه ای شبکه خارجی بتن آرمه در برج	
۳۹۷	۰-۱۴ دبئی	

- ۳۹۸ ۱-۳-۳-۸ بررسی معماری برج O-۱۴ دبی
- ۴۰۰ ۲-۳-۳-۸ پلان برج O-۱۴ دبی
- ۴۰۲ ۳-۳-۳-۸ نمای خارجی برج O-۱۴ دبی
- ۴۰۵ ۴-۳-۳-۸ سیستم سازه ای
- ۴۰۷ ۵-۳-۳-۸ سیستم سقف طبقات
- ۴۰۸ ۶-۳-۳-۸ سیستم فونداسیون
- ۴۱۰ ۷-۳-۳-۸ اتصال سیستم شبکه خارجی به اسکلت اصلی ساختمان
- ۴۱۱ ۸-۳-۳-۸ اثرات محیطی
- ۴۱۳ ۹-۳-۳-۸ اصول ساخت
- ۴۱۴ ۱۰-۳-۳-۸ مدلسازی و آنالیز پوسته خارجی
- ۴۱۵ ۱۱-۳-۳-۸ جزئیات آرماتورگذاری در پوسته خارجی
- ۴۱۶ ۱۲-۳-۳-۸ تعیین ضخامت پوسته بتن آرمه
- ۴-۸ بررسی رفتار لرزه ای سیستم سازه ای شبکه خارجی فولادی بر اساس تحقیقات انجام شده توسط خیرالدین و آرامش در سال ۱۳۹۰
- ۴۱۷ ۱-۴-۸ مشخصات و خصوصیات سازه ها
- ۴۱۸ ۲-۴-۸ مقایسه تغییرمکان جانبی طبقات
- ۴۲۰ ۳-۴-۸ مقایسه درصد جذب برش ناشی از نیروی زلزله
- ۴۲۵ ۴-۴-۸ مقایسه سیستم شبکه خارجی فولادی و سیستم لوله مهاربندی شده
- ۴۳۰ ۵-۴-۸ نتایج مطالعه رفتار لرزه ای سیستم سازه ای شبکه خارجی فولادی بر اساس تحقیقات انجام شده توسط خیرالدین و آرامش در سال ۱۳۹۰
- ۴۳۲ ۵-۸ بررسی رفتار لرزه ای سیستم سازه ای شبکه خارجی بتنی بر اساس تحقیقات انجام شده توسط خیرالدین و آرامش در سال ۱۳۹۰
- ۴۳۳ ۱-۵-۸ مشخصات و خصوصیات سازه مورد مطالعه
- ۴۳۳ ۲-۵-۸ سیستم سازه ای سازه مورد مطالعه
- ۴۳۵ ۳-۵-۸ تکنیک های آنالیز و مدلسازی
- ۴۳۶ ۴-۵-۸ آنالیز در SAP۲۰۰۰
- ۴۳۸ ۵-۵-۸ مقایسه تغییرمکان جانبی نسبی طبقات
- ۴۴۱ ۶-۵-۸ مقایسه درصد جذب برش ناشی از زلزله
- ۴۴۳

فصل نهم: سیستم های سازه ای در ساختمان های بسیار بلند

۴۴۷	..... ۱-۹ مقدمه
۴۴۷	..... ۲-۹ سوپرفریم
۴۵۲	..... ۳-۹ ابر سازه ها
۴۵۳	..... ۱-۳-۹ مطالعه موردی (مرکز مالی جهانی شانگهای)
۴۵۹	..... ۲-۳-۹ هتل Icon در شهر دبی
۴۵۹	..... ۱-۲-۳-۹ سیستم سازه ای هتل Icon
۴۶۱	..... ۲-۲-۳-۹ بارگذاری جانبی بر روی سازه هتل Icon
۴۶۲	..... ۳-۲-۳-۹ ارزیابی زلزله بر اساس سطح عملکرد
۴۶۵	..... ۴-۲-۳-۹ تحلیل خطر
۴۶۶	..... ۵-۲-۳-۹ تحلیل غیرخطی تاریخچه زمانی
۴۶۷	..... ۶-۲-۳-۹ مدلسازی سازه ای
۴۶۹	..... ۷-۲-۳-۹ خواص مصالح بتنی
۴۶۹	..... ۸-۲-۳-۹ خواص مصالح فولادی
۴۷۰	..... ۹-۲-۳-۹ توصیف المان ها
۴۷۳	..... ۱۰-۲-۳-۹ بررسی نتایج تحلیل غیرخطی تاریخچه زمانی
۴۸۰	..... ۳-۳-۹ برج شانگهای در کشور چین
۴۸۶	..... ۴-۹ خرپای فضایی
۴۸۹	..... ۱-۴-۹ مطالعه موردی (ساختمان بانک هونگ کونگ)
۴۹۰	..... ۱-۱-۴-۹ بررسی ساختمان بانک هونگ کونگ
۴۹۲	..... ۲-۱-۴-۹ بررسی اتصالات
۴۹۳	..... ۳-۱-۴-۹ بررسی المان های سازه ای
۴۹۳	..... ۴-۱-۴-۹ بررسی نیروهای جانبی
۴۹۸	..... ۵-۹ سیستم سازه ای دیوار برشی فولادی
۴۹۸	..... ۱-۵-۹ بلندترین دیوار برشی فولادی در دنیا در شهر تیانجین در کشور چین
۴۹۸	..... ۱-۱-۵-۹ سیستم سازه ای برج جینتا
۵۰۲	..... ۲-۱-۵-۹ بارگذاری و عملکرد سازه
۵۰۳	..... ۳-۱-۵-۹ روش و فلسفه طراحی دیوارهای SPSW
۵۰۵	..... ۴-۱-۵-۹ مدلسازی دیوارهای برشی فولادی
۵۰۸	..... ۵-۱-۵-۹ آزمایشات برای تأیید طراحی سازه ای

- ۶-۹ ساختمان های بلند مرکب ۵۰۸
- ۱-۶-۹ ساختمان های مرکب لوله‌ای (قاب پیرامونی مرکب) ۵۰۹
- ۲-۶-۹ سیستم هسته بتنی و قاب فولادی (قاب داخلی مرکب) ۵۱۷
- ۳-۶-۹ آنالیز سازه‌های مرکب ۵۲۱
- ۱-۳-۶-۹ خواص مصالح ۵۲۱
- ۲-۳-۶-۹ سختی اعضاء مرکب ۵۲۱
- ۳-۳-۶-۹ اتصالات ۵۲۱
- ۴-۶-۹ بارگذاری ۵۲۲
- ۵-۶-۹ مطالعه نوع خاصی از ساختمان های ترکیبی شامل سازه بتن آرمه با دیوار برشی در طبقات پایین و سازه فولادی با بادبند در طبقات بالا بر اساس تحقیقات انجام شده در سال ۱۳۸۴ توسط خیرالدین و همتی ۵۲۴
- ۱-۵-۶-۹ مشخصات مدل های مورد بررسی ۵۲۵
- ۲-۵-۶-۹ نمودارها و نتایج ۵۲۶
- ۱-۲-۵-۶-۹ نتایج تحلیل خطی ۵۲۶
- ۲-۲-۵-۶-۹ نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی ۵۳۲
- ۶-۶-۹ مطالعات موردی ۵۳۶
- ۱-۶-۶-۹ مرکز ای دی اس، مینیاپولیس، مینسوتا ۵۳۶

فصل دهم: اثر نیروی جانبی باد بر روی ساختمان های بلند

- ۱-۱۰ مقدمه ۵۳۹
- ۲-۱۰ اثرات نیروی باد ۵۳۹
- ۳-۱۰ تحریکات ایجاد شده در ساختمان های بلند بر اثر نیروی جانبی باد ۵۴۱
- ۱-۳-۱۰ حرکت در امتداد باد ۵۴۱
- ۲-۳-۱۰ حرکت در جهت عرضی باد ۵۴۱
- ۳-۳-۱۰ پدیده گردباد ۵۴۲
- ۴-۱۰ مزایای نیروی جانبی باد در ساختمان های بلند ۵۴۶
- ۵-۱۰ نقش اصلاحات ایرودینامیک در فرم ساختمان های بلند در برابر تحریکات باد ۵۴۹
- ۱-۵-۱۰ کاهش تدریجی در پهنای برج ۵۵۱

- ۵۵۵ ۲-۵-۱۰ بکارگیری فرم های دایره ای، استوانه ای و هلالی
- ۵۵۸ ۳-۵-۱۰ به کارگیری عقب نشینی ها (ست بک ها)
- ۵۵۹ ۱-۳-۵-۱۰ برج جین مائو، شانگهای، چین
- ۵۵۹ ۱-۱-۳-۵-۱۰ سیستم سازه ای برج جین مائو
- ۵۶۳ ۲-۱-۳-۵-۱۰ طراحی برای نیروی جانبی باد
- ۵۶۵ ۲-۳-۵-۱۰ برج سیرز، شیکاگو
- ۵۶۹ ۳-۳-۵-۱۰ برج های دوقلوی پتروناس، کوالا لامپر، مالزی
- ۵۶۹ ۱-۳-۳-۵-۱۰ طرح معماری برج های دوقلوی پتروناس
- ۵۷۴ ۲-۳-۳-۵-۱۰ سیستم سازه ای برج های دوقلوی پتروناس
- ۵۷۷ ۳-۳-۳-۵-۱۰ مهندسی باد در برج های دوقلوی پتروناس
- ۵۷۸ ۴-۳-۳-۵-۱۰ پل ارتباطی بین برج های دوقلوی پتروناس
- ۵۸۰ ۴-۳-۵-۱۰ برج و هتل بین المللی ترامپ، شیکاگو، ایلینویز
- ۵۸۲ ۱-۴-۳-۵-۱۰ سیستم سازه ای برج و هتل بین المللی ترامپ
- ۵۸۳ ۲-۴-۳-۵-۱۰ مهندسی باد در برج و هتل بین المللی ترامپ
- ۵۸۴ ۴-۵-۱۰ اصلاحات در گوشه ها
- ۵۸۵ ۱-۴-۵-۱۰ استفاده از گوشه های پلکانی در برج تایپه ۱۰۱
- ۵۸۵ ۱-۱-۴-۵-۱۰ سیستم سازه ای برج تایپه ۱۰۱
- ۲-۴-۵-۱۰ استفاده از گوشه های تو رفته در برج میگلن-بیتلر، شیکاگو، ایالت ایلینویز
- ۵۹۱
- ۵۹۲ ۱-۲-۴-۵-۱۰ سیستم سازه ای برج میگلن-بیتلر
- ۵۹۵ ۵-۵-۱۰ ایجاد بازشوها
- ۵۹۸ ۶-۵-۱۰ چرخش ساختمان به صورت پیچشی
- ۶۰۱ ۶-۱۰ بررسی اثرات هندسه پیچیده در ساختمان های بلند
- ۶۰۱ ۱-۶-۱۰ تأثیر اشکال هندسی گوناگون بر روی طرح سازه ای
- ۶۰۴ ۲-۶-۱۰ ساختمان های دارای انحراف
- ۶۰۹ ۳-۶-۱۰ ساختمان های دارای پیشش

فصل یازدهم: معرفی بلندترین ساختمان جهان، برج دبی (برج خلیفه)

- ۶۱۵ ۱-۱۱ مقدمه
- ۶۱۵ ۲-۱۱ معرفی برج خلیفه

۶۱۷	..... ۳-۱۱ طرح معماری برج خلیفه
۶۲۲	..... ۴-۱۱ سیستم سازه ای برج خلیفه
۶۲۲	..... ۱-۴-۱۱ سیستم مقاوم جانبی
۶۲۵	..... ۲-۴-۱۱ سیستم سازه ای کف طبقات
۶۲۶	..... ۳-۴-۱۱ شالوده برج
۶۳۱	..... ۵-۱۱ آنالیز و طراحی سازه برج خلیفه
۶۳۴	..... ۶-۱۱ تحلیل و طراحی تیرهای پیوند
۶۳۴	..... ۱-۶-۱۱ تیرهای پیوند بتن آرمه
۶۳۴	..... ۲-۶-۱۱ تیرهای پیوند کامپوزیت
۶۳۶	..... ۷-۱۱ مطالعات مربوط به تعیین اثر باد
۶۳۶	..... ۱-۷-۱۱ مطالعات مربوط به سازه اصلی
۶۴۲	..... ۲-۷-۱۱ مطالعات مربوط به تراس های طبقات بالای برج
۶۴۳	..... ۸-۱۱ تحلیل سازه برج برای رفتارهای وابسته به زمان
۶۴۴	..... ۱-۸-۱۱ تحلیل برای ساخت نوبتی سازه
۶۴۴	..... ۲-۸-۱۱ تحلیل برای جبران اثرات ناشی از جمع شدگی و وارفنگی
۶۴۵	..... ۳-۸-۱۱ اثرات کوتاه شدگی قائم ناشی از جمع شدگی و وارفنگی
۶۴۶	..... ۴-۸-۱۱ تغییر مکان جانبی ناشی از بارهای ثقلی
۶۴۷	..... ۹-۱۱ روش های ساخت برج بسیار بلند دبی
۶۴۸	..... ۱۰-۱۱ برنامه ریزی برای کارهای بتنی
۶۵۰	..... ۱-۱۰-۱۱ تکنولوژی استفاده شده برای دوره ۳ روزه
۶۵۱	..... ۱۱-۱۱ مراحل اجرایی ساخت برج و سیستم قالب بندی ACS
۶۵۱	..... ۱-۱۱-۱۱ میلگرد های پیش ساخته
۶۵۱	..... ۲-۱۱-۱۱ سیستم قالب بندی دال ها
۶۵۳	..... ۳-۱۱-۱۱ پمپاژ بتن
۶۵۵	..... ۱۲-۱۱ خلاصه

فصل دوازدهم: ساختمان های بلند هزاره سوم (آینده)

۶۵۷	..... ۱-۱۲ مقدمه
۶۵۷	..... ۲-۱۲ تاریخچه ساختمان های بلند عظیم
۶۶۲	..... ۳-۱۲ معرفی ساختمان هایی با معماری بیونیک

- ۶۶۳ ۱-۳-۱۲ برج تورنینگ تورسو، مالمو، سوئد
- ۶۶۸ ۲-۳-۱۲ برج بیونیک، شانگهای، چین
- ۶۷۰ ۱-۲-۳-۱۲ Bio-Structure طراحی و ساخت سازه
- ۶۷۲ ۲-۲-۳-۱۲ شالوده شناور
- ۶۷۴ ۳-۳-۱۲ برج ضد دود، پاریس
- ۶۷۶ ۴-۳-۱۲ برج کاکتوس
- ۶۷۸ ۴-۱۲ خمیده ترین آسمان خراش دنیا، برج کپیتال گیت
- ۶۸۱ ۵-۱۲ برج ۴۰۰۰ X-Seed، شهر توکیو، کشور ژاپن
- ۶۸۱ ۶-۱۲ برج شیمیزو، شهر توکیو، کشور ژاپن
- ۶۸۲ ۷-۱۲ برج آلتیما، سان فرانسیسکو، آمریکا
- ۶۸۲ ۸-۱۲ شهر آسمانی توکیو، ژاپن
- ۶۸۵ ۹-۱۲ برج میلینیوم، توکیو، ژاپن
- ۶۸۵ ۱۰-۱۲ جزیره کریستالی، مسکو، روسیه
- ۶۸۸ ۱۱-۱۲ برج مبارک الکبیر، کویت
- ۶۸۹ ۱۲-۱۲ برج سه‌قلوی دبی، امارات متحده عربی
- ۶۹۰ ۱۳-۱۲ برج ۱۵۱ اینچئون، کره جنوبی
- ۶۹۳ ۱۴-۱۲ برج شیکاگو، شیکاگو، ایالت ایلینویز
- ۶۹۶ ۱۵-۱۲ شهر ۲۴۰۰ کیلومتری در دبی
- ۶۹۹ ۱۶-۱۲ مطالعه برج نخیل، دبی، امارت متحده عربی
- ۷۰۲ ۱-۱۶-۱۲ معماری برج نخیل
- ۷۰۶ ۲-۱۶-۱۲ فرم ساختمان
- ۷۰۸ ۳-۱۶-۱۲ سازه برج نخیل
- ۷۰۸ ۱-۳-۱۶-۱۲ المان‌های سازه‌ای اصلی
- ۷۱۰ ۱-۳-۱۶-۱۲ مصالح سازه‌ای
- ۷۱۲ ۳-۳-۱۶-۱۲ سیستم فونداسیون برج نخیل
- ۷۱۴ ۴-۱۶-۱۲ مهندسی باد
- ۷۱۶ ۱۷-۱۲ برج روسیه، مسکو، روسیه
- ۷۱۷ ۱-۱۷-۱۲ اتصال برج‌ها
- ۷۱۸ ۲-۱۷-۱۲ سیستم سازه‌ای برج روسیه
- ۷۲۳ ۳-۱۷-۱۲ مصالح سازه‌ای

- ۱۲-۱۷-۴ توصیف مؤلفه های سازه ای ۷۲۳
- ۱۲-۱۸ بررسی رفتار سیستم سازه ای در ساختمان های بلند دینامیکی (متحرک) با مطالعه موردی برج های داوینچی در شهر دبی ۷۲۷
- ۱۲-۱۸-۱ نحوه تأمین انرژی ۷۲۹
- ۱۲-۱۸-۲ نحوه ساخت ۷۳۰
- ۱۲-۱۸-۳ مشخصات برج های داوینچی دبی دارای سیستم سازه ای دینامیک ۷۳۰

فصل سیزدهم: معرفی ۲۰ ساختمان بلند سال ۲۰۲۰

- ۱۳-۱ معرفی ۲۰ ساختمان بلند سال ۲۰۲۰ ۷۳۵
- ۱۳-۱-۱ برج شماره ۱: برج سلطنتی، جده، عربستان سعودی ۷۴۰
- ۱۳-۱-۲ برج شماره ۲: برج خلیفه، دبی، امارت متحده عربی ۷۴۳
- ۱۳-۱-۳ برج شماره ۳: مرکز مالی بین المللی پینگ، شنزن، چین ۷۴۴
- ۱۳-۱-۴ برج شماره ۴: Seoul Light DMC، سئول، کره جنوبی ۷۴۷
- ۱۳-۱-۵ برج شماره ۵: Signature Tower، جاکارتا، اندونزی ۷۴۸
- ۱۳-۱-۶ برج شماره ۶: برج شانگهای، شانگهای، چین ۷۴۹
- ۱۳-۱-۷ برج شماره ۷: مرکز سبز ووهان، چین ۷۵۰
- ۱۳-۱-۸ برج شماره ۸: هتل برج ساعت سلطنتی مکه ۷۵۴
- ۱۳-۱-۹ برج شماره ۹: برج گلدین فاینانس ۱۱۷، تیانجین، چین ۷۵۷
- ۱۳-۱-۱۰ برج شماره ۱۰: برج جهانی لوته، سئول، کره جنوبی ۷۵۸
- ۱۳-۱-۱۱ برج شماره ۱۱: Doha Convention Center and Tower، دوحه، قطر ۷۵۹
- ۱۳-۱-۱۲ برج شماره ۱۲: مرکز تجارت جهانی (ساختمان شماره ۱)، نیویورک، ایالت متحده آمریکا ۷۶۰
- ۱۳-۱-۱۳ برج شماره ۱۳: The CTF Guangzhou، گوانگجو، چین ۷۶۴
- ۱۳-۱-۱۴ برج شماره ۱۴: Tianjin Chow Tai Fook Binhai Center، تیانجین، چین ۷۶۴
- ۱۳-۱-۱۵ برج شماره ۱۵: Dalian Greenland Center، دالیان، چین ۷۶۵
- ۱۳-۱-۱۶ برج شماره ۱۶: برج پنتومینیوم، دبی، امارت متحده عربی ۷۶۶
- ۱۳-۱-۱۷ برج شماره ۱۷: برج شهری لوته بوسان، بوسان، کره جنوبی ۷۶۷

- ۷۶۸ ۱۳-۱-۱۸ برج شماره ۱۸: برج تایپه ۱۰۱، تایپه، تایوان
- ۷۷۰ ۱۳-۱-۱۹ برج شماره ۱۹: Kaisa Feng Long Center، شنزن، چین
- ۷۷۱ ۱۳-۱-۲۰ برج شماره ۲۰: مرکز مالی جهانی شانگهای، شانگهای، چین
- ۷۷۲ مراجع