

# ارائه طرح جدید ارتباط ترافیکی به منظور افزایش ظرفیت پارکینگ در ساختمان‌های با محدودیت فضایی

مقاله علمی - پژوهشی

فرزاد مرادی، دانشجوی دکتری، گروه عمران برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی،

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

امیرعباس خجسته، دانش آموخته دکتری، امپریال کالج، لندن، انگلستان

\*علی عبدی کردانی (نویسنده مسئول)، استاد، گروه عمران برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی،

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [aliabdi@eng.ikiu.ac.ir](mailto:aliabdi@eng.ikiu.ac.ir)

دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۲ - پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲

صفحه ۱۹۲-۱۸۱

## چکیده

با افزایش جمعیت شهری و رشد نرخ تملک خودرو، موضوع تأمین پارکینگ در ساختمان‌ها با محدودیت فضایی به یکی از مهم‌ترین چالش‌های مهندسی تبدیل شده است. راهکارهای سنتی نظیر افزایش تعداد طبقات یا توسعه افقی ساختمان، به دلیل محدودیت زمین، هزینه‌های بالا و مقررات شهرسازی، همواره تا حد زیادی ناکارآمد هستند. امروزه استفاده از سامانه‌های مکانیزه و فناوری‌های جدید، به ویژه رمپ‌های هیدرولیکی و راهکارهای ترافیکی نوین، مورد توجه قرار گرفته است. این تحقیق با مرور دقیق استاندارد ملی ایران و تحلیل نمونه‌های موفق جهانی، رویکرد طراحی و بومی‌سازی رمپ‌های مدولار ترافیکی متناسب با شرایط ساختمان‌های ایرانی را مورد بررسی قرار می‌دهد. مدل پیشنهادی مبتنی بر ترکیب رمپ‌های هیدرولیکی ایمن با سیستم‌های قفل بار و کنترل هوشمند است که ضمن افزایش ظرفیت پارکینگ و بهره‌وری فضایی، الزامات ایمنی و سهولت بهره‌برداری را تضمین می‌کند. شبیه‌سازی عملکرد و ارزیابی اقتصادی پروژه‌های اجرا شده، نشان می‌دهد که استفاده از این سامانه، ظرفیت پارکینگ را تا ۲۷ درصد نسبت به طرح‌های فعلی افزایش می‌دهد و دوره بازگشت سرمایه مناسب (حدود ۳/۸ سال) دارد. افزون بر این، این سیستم‌ها با استانداردهای ملی و بین‌المللی کاملاً همخوانی دارند و قابلیت پیاده‌سازی در پروژه‌های مسکونی و تجاری کوچک‌مقیاس را نیز دارا هستند. در پایان، نقاط ضعف بالقوه مانند هزینه اولیه و نیاز به نگهداری تخصصی مورد بحث قرار گرفته و راهکارهایی برای بهبود آتی ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: پارکینگ طبقاتی، رمپ هیدرولیک، ساختمان با محدودیت فضا، طراحی ترافیکی، مدیریت شهری

## ۱- مقدمه

(2018). در چنین فضایی، طراحی بهینه هندسه رمپ‌ها و ساختار پارکینگ‌ها، نقشی کلیدی در افزایش ظرفیت و ایمنی پارکینگ ایفا می‌کند.

## ۲- پیشینه تحقیق

در ادبیات مرسوم، رایج‌ترین پاسخ‌ها به کمبود فضای پارکینگ، اجرای رمپ‌های بتنی مارپیچ، افزودن طبقات پارکینگ، استفاده از آسانسورهای خودرویی و توسعه پارکینگ‌های مکانیزه کامل بوده‌اند (Litman, 2018). در بسیاری از شهرهای پیشرفته جهان،

موضوع پارکینگ در ساختمان‌های شهری، مسأله‌ای دیرپا و چندوجهی برای مدیران شهری و مهندسان ساختمان است. با رشد شهرنشینی، مهاجرت به مراکز شهری و افزایش مالکیت خودروهای شخصی، اغلب ساختمان‌ها با محدودیت شدید فضا برای پارک خودرو مواجه می‌شوند (Lin et al, 2017, Idris et al., 2023, Chen et al., 2016). مطالعات متعددی نشان می‌دهند که کمبود پارکینگ نه تنها موجب افزایش ترافیک و آلودگی هوا در شهرها می‌شود، بلکه بهره‌وری‌های زمین و کیفیت زندگی شهروندان را نیز کاهش می‌دهد (Martens., 2016, Litman, Shoup, 2006).

استاندارد به مواردی چون حداکثر شیب، حداقل ابعاد راهروها، نحوه قفل مکانیکی و سیستم‌های هشدار ایمنی تاکید دارد. در عین حال، در پروژه‌های واقعی، همواره چالش‌هایی جهت انطباق دقیق محصولات وارداتی یا بومی با این استانداردها وجود دارد. با وجود پیشرفت چشمگیر فناوری و ورود رمپ‌های هیدرولیکی و نیمه‌مکانیزه به بازار، ادبیات علمی و حتی مقررات داخلی همچنان واجد یک خلأ جدی است. نبود مدل‌های طراحی ترافیکی بومی شده و تطبیق‌یافته با شرایط واقعی ساختمانی ایران که ضمن رعایت استانداردهای موجود، امکان حداکثرسازی ظرفیت فضا، تضمین ایمنی کاربران، و ارائه توجیه اقتصادی واقعی (بر اساس هزینه-فایده پروژه‌های اجراشده) را فراهم آورد. به ویژه، نیاز به تدوین راهکارهای تلفیقی که ضمن انعطاف‌پذیری، قابلیت اجرای تدریجی و امکان تعمیم به پروژه‌های کوچک و متوسط را نیز داشته باشند، در مطالعات گذشته مغفول بوده است. این پژوهش با مرور دقیق نمونه‌های عملی و مطالعات اخیر، و همچنین تحلیل عمیق استاندارد ۲۰۵۳۳ و نمونه‌های تولیدشده توسط شرکت‌های معتبر اروپایی و ایرانی، به دنبال ارائه یک طرح بهینه و قابل بومی‌سازی برای رمپ‌های هیدرولیکی و مدل ترافیکی نصب آن‌ها در ساختمان‌های با محدودیت فضایی است؛ مدلی که بتواند خلأ تحقیقاتی موجود را پوشش دهد. جدول ۱، تحلیل مقایسه‌ای از راهکارهای موجود برای پارکینگ در محیط‌های شهری ایران را ارائه می‌دهد و ویژگی‌ها، مزایا و محدودیت‌های کلیدی آن‌ها را برجسته می‌کند. این مرور کلی، زمینه‌ای اساسی برای ارزیابی سیستم رمپ ترافیکی ماژولار پیشنهادی و پتانسیل آن در حل چالش‌های موجود در پارکینگ ساختمان‌های با فضای محدود فراهم می‌سازد. بنابراین با توجه به چالش‌های موجود در تأمین پارکینگ در ساختمان‌های با فضای محدود، این پژوهش با ارائه یک طرح جدید ارتباط ترافیکی و بررسی راهکارهای موجود، به دنبال توسعه یک سیستم رمپ ماژولار ترافیکی است که ظرفیت پارکینگ را افزایش داده به نحوی که با استانداردهای ملی و بین‌المللی سازگار باشد.

حتی با وجود اجرای این راهکارها، محدودیت‌هایی همچون هزینه اجرای بالا، بهره‌وری پایین فضا، مصرف زیاد انرژی و مشکلات تعمیر و نگهداری، مانع تحقق کامل اهداف شده‌است (Zhang et al., 2019). در کشورهای در حال توسعه مانند ایران نیز وجود ضوابط سخت‌گیرانه شهری، کمبود منابع مالی و الزامات بومی‌سازی فناوری، تحقق این راهکارها را با چالش مواجه ساخته است (Standard 20533, INSO, 2016).

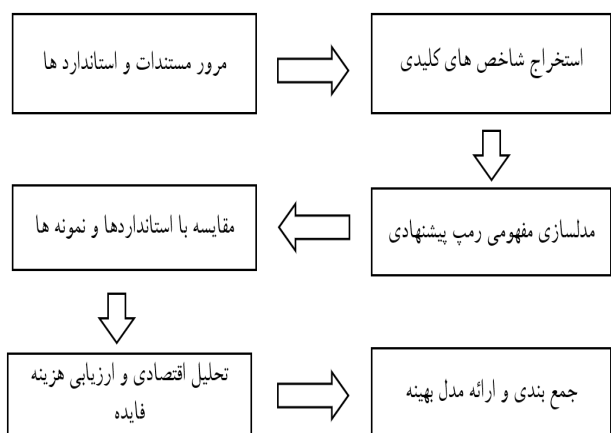
در دو دهه اخیر، حرکت به سمت سامانه‌های نیمه‌مکانیزه و بکارگیری فناوری رمپ‌های هیدرولیک افزایش یافته است. این سیستم‌ها با قابلیت جمع‌شوندگی، تنظیم‌پذیری زاویه، افزایش سطح مفید و تطابق با فرم ساختمان، جذابیت بالایی برای پروژه‌های دارای محدودیت فضایی پیدا کرده‌اند (Gidrolast, 2022). نمونه‌های معاصر مانند سیستم‌های (ایتالیا) و (انگلستان) Hydraulic&C، (ایتالیا) و (ایتالیا) (Gidrolast, 2022; C Hydraulic, 2021) این سیستم‌ها به رمپ‌هایی را عرضه می‌کنند که ظرفیت بالا بر هر پلتفرم تا ۱۵ تن، طول تا ۱۲ متر و زاویه عملیات تا ۱۵ درجه را پوشش می‌دهد و واسطه کنترل هیدرولیکی دقیق و انواع قفل‌های بار، ایمنی مناسبی را نیز تامین می‌نمایند. در پژوهش‌های کاربردی، برخی مدل‌های پارکینگ مکانیزه و نیمه‌مکانیزه با هدف کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری عملیات معرفی و تحلیل شده‌اند (Qin et al., 2021, Gong and Lin, 2020, Zhang and Wang, 2018, Barata et al., 2011). نتایج این مطالعات عمدتاً نشان‌دهنده افزایش ظرفیت بین ۲۰ تا ۴۰ درصد و کاهش زمان خروج خودروها در مقایسه با پارکینگ‌های سنتی بوده است. با این حال، هنوز دغدغه‌هایی مانند هزینه اولیه زیاد، نگهداری تخصصی، ایمنی کاربران و الزامات تطبیق با مقررات ملی در سطوح مختلف مطرح است (Standard 20533, INSO, 2016). رمپ مکانیزه پلاس پارکینگ، (۱۴۰۱).

در ایران، استاندارد ملی ۲۰۵۳۳ با هدف تدوین چارچوب ایمنی، الزامات ابعادی و عملکردی برای سامانه‌های پارکینگ مکانیزه و رمپ‌های هیدرولیکی ابلاغ شده است (INSO, 2016). این

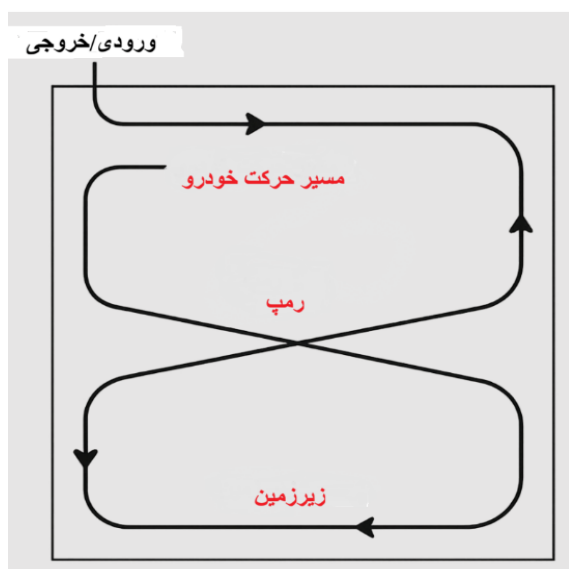
جدول ۱. مقایسه راهکارهای رایج افزایش ظرفیت پارکینگ ساختمان‌ها

راهکار	ظرفیت افزوده (درصد)	نیاز به فضا	هزینه اجرا	نگهداری	انطباق با استاندارد ملی	ایمنی
رمپ بتنی کلاسیک	۱۰-۲۰	بالا	متوسط	کم	بالا	بالا
رمپ هیدرولیک مدولار	۲۰-۴۰	پایین	بالا	متوسط	نیازمند تطابق بیشتر	بالا
آسانسور خودرویی	۱۵-۲۵	پایین	خیلی بالا	زیاد	متوسط	بالا
پارکینگ مکانیزه کامل	۲۵-۵۰	خیلی پایین	خیلی بالا	زیاد	متوسط	متوسط

### ۳-روش تحقیق



شکل ۱. فلوچارت تحقیق



شکل ۲. نمای شماتیک عملکرد رمپ ارتباطی یک طرفه

شکل ۳، نمای شماتیک سامانه رمپ هیدرولیکی ماژولار برای پارکینگ‌های طبقاتی است. این سامانه شامل رمپ یک‌طرفه فولادی به طول ۵/۶ متر است که توسط جک‌های هیدرولیکی با ارتفاع قابل تنظیم تا ۱/۵ متر پشتیبانی می‌شود. واحد کنترل مرکزی و حسگرهای ایمنی عملیات بالابردن و پایین‌آوردن رمپ را به صورت ایمن، مدیریت می‌کنند. زاویه شیب رمپ حداکثر ۱/۵ درجه است و کاربرد اصلی آن برای اتصال سطح خیابان به پارکینگ‌های زیرزمینی یا طبقات مختلف ساختمان می‌باشد.

روش‌شناسی این پژوهش به گونه‌ای طراحی شده است که از یک سو، متکی بر مستندسازی استانداردها و نمونه‌های اجرایی موفق در جهان و ایران باشد، و از سوی دیگر، در راستای ارائه یک مدل کاربردی و بومی‌شده، از رویکرد تلفیقی شامل تحلیل اسنادی، مدل‌سازی مفهومی، و ارزیابی عملکردی استفاده نماید.

شکل ۱ مراحل تحقیق را نشان می‌دهد. در گام نخست، اسناد فنی مربوط به رمپ‌های هیدرولیکی، نمونه‌های اجرا شده (نظیر محصولات Gidrolast ایتالیا و C Hydraulics&C انگلستان)، و دستورالعمل‌ها و استانداردهای مرجع ملی (استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۵۳۳؛ INSO, 2016) و نمونه‌های دیگر همچون دستورالعمل‌های شهری مورد بررسی دقیق قرار گرفتند. از هر سند، شاخص‌های کلیدی مانند ظرفیت باربری، ابعاد، زاویه عملکرد، سامانه‌های ایمنی و الزامات بهره‌برداری استخراج و شاخص‌گذاری شد (Gidrolast, 2022; C Hydraulics, 2021).

شکل ۱، چارچوب روش‌شناختی مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد و مراحل متوالی به کار گرفته شده برای توسعه و ارزیابی یک سیستم رمپ ترافیکی ماژولار پیشنهادی برای فضاهای پارکینگ را شرح می‌دهد.

### ۳-۱-مدلسازی مفهومی طرح پیشنهادی

در مرحله دوم، با استفاده از نتایج تحلیل اسنادی و مرور ادبیات، مدل مفهومی یک سیستم رمپ هیدرولیکی مدولار مناسب برای ساختمان‌های دارای محدودیت فضا طراحی شد. این مدل بر بهره‌گیری از اجزا زیرمبنتی است:

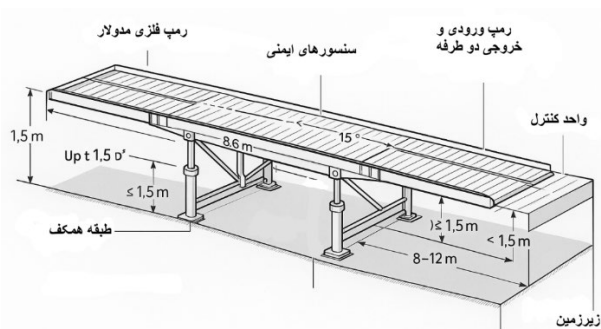
-رمپ‌های هیدرولیکی با ظرفیت بالابر حداقل ۸ تا ۱۵ تن (مطابق معیارهای Gidrolast و C Hydraulics)،

-کنترل هوشمند تردد با سنسورهای ورودی/خروجی و قفل بار،  
-طراحی مدولار جهت حداقل‌سازی فضای اشغال‌شده و قابلیت توسعه آتی طی فازهای بهره‌برداری،  
-الزامات ایمنی (مانند سنسور تشخیص مانع و سامانه هشداردهنده حرکت رمپ)،

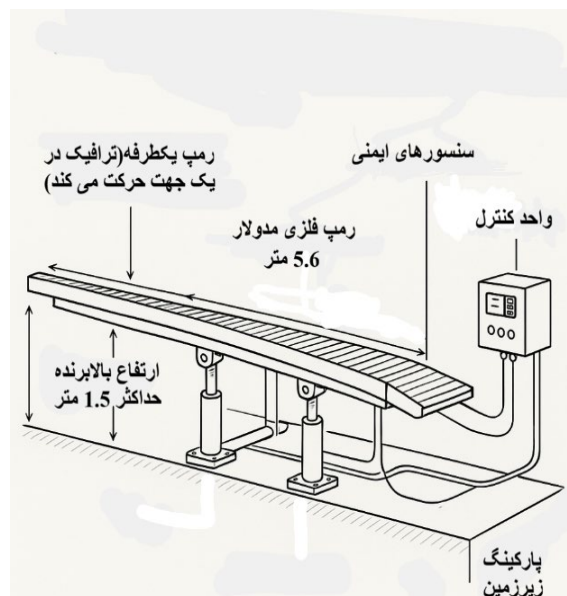
-راهکارهای تطبیق با الزامات استاندارد ملی ۲۰۵۳۳ (حداکثر شیب مجاز، حداقل ابعاد دهانه‌ها و رمپ، و سایر ملزومات عملکردی).

شکل ۲ نمودار مفهومی شماتیک از یک سیستم رمپ هیدرولیکی مدولار برای ترافیک یک طرفه است که ارتباط بین طبقه همکف و زیرزمین را نشان می‌دهد.

و دارای زاویه شیب تقریبی ۱۵ درجه است. واحد کنترل مرکزی و حسگرهای ایمنی وظیفه نظارت و کنترل عملیات حرکتی سیستم را بر عهده دارند. این ساختار برای اتصال ایمن و انعطاف پذیر میان طبقه همکف و پارکینگ زیرزمینی طراحی شده است.

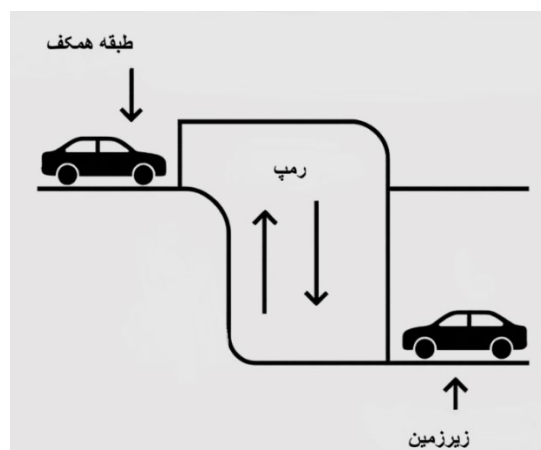


شکل ۵. نمودار مفهومی شماتیک از یک سیستم ریمپ هیدرولیکی مدولار برای ترافیک دو طرفه



شکل ۳. نمودار مفهومی شماتیک از یک سیستم ریمپ هیدرولیکی مدولار برای ترافیک یک طرفه

شکل ۴، نمای شماتیک عملکرد ریمپ ارتباطی بین سطح زمین و پارکینگ زیرزمینی. این نمودار مسیر تردد خودروها را در دو جهت (ورود و خروج) از طریق ریمپ نشان می دهد. ریمپ به عنوان گذرگاه شیب دار بین طبقات همکف و زیرزمین عمل کرده و امکان جابه جایی ایمن خودروها میان سطوح مختلف پارکینگ را فراهم می کند.



شکل ۴. نمای شماتیک عملکرد ریمپ ارتباطی دو طرفه

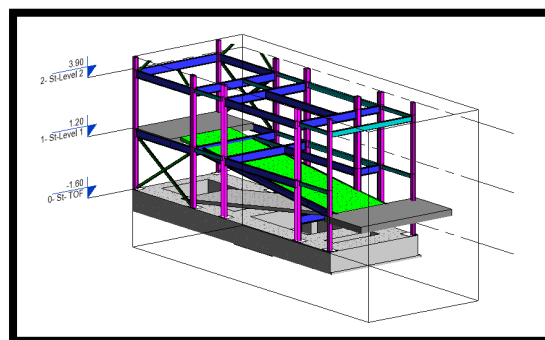
شکل ۵، نمای شماتیک سامانه ریمپ هیدرولیکی ماژولار دوطرفه برای پارکینگ های طبقاتی. این سامانه شامل ریمپ فولادی ماژولار به طول تقریبی ۸.۶ متر است که با جک های هیدرولیکی قابل تنظیم، امکان بالا و پایین بردن تا ارتفاع حداکثر ۱.۵ متر را فراهم می سازد. ریمپ قابلیت عبور خودرو در هر دو جهت (ورود و خروج) را دارد

### ۳-۲- شبیه سازی ترافیکی و تحلیل ظرفیت

شبیه سازی عملکرد سیستم های حمل و نقل عمودی در ساختمان های بلند مرتبه، به ویژه در شرایط ترافیک اوج، نیازمند مدل سازی دقیق دینامیک جریان خودروها و مکانیزم های کنترلی است (EPA, 2023). برای ارزیابی دقیق ظرفیت مدل پیشنهادی، ابتدا با استفاده از داده های هندسی ساختمان های واقعی (اخذ شده از پروژه های ایرانی و منابع نمونه)، مدل های سه بعدی به کمک نرم افزار شبیه سازی ترافیکی PTV VISSIM و نرم افزار مدل سازی اطلاعات ساختمان Revit (PTV, 2024) شدند. شکل های ۶ و ۷ نمایی از شبیه سازی در محیط نرم افزارهای مذکور را نشان می دهند. در این پژوهش، طراحی مدل سه بعدی و شبیه سازی حرکت خودروها بر روی ریمپ هیدرولیکی پیشنهادی با استفاده از نرم افزار شبیه سازی ترافیکی PTV VISSIM انجام شده است.

نرم افزار PTV VISSIM یکی از معروف ترین و معتبرترین پلتفرم های شبیه سازی ریزدانه برای مدل سازی و تحلیل سیستم های چرخشی، پارکینگ و ریمپ های ترافیکی پیچیده به شمار می رود. همچنین نرم افزار Revit به کاربر اجازه داده که یک ساختمان و قسمت های مختلف آن را به صورت سه بعدی طراحی نماید. نرم افزار Revit ویژگی های متعددی نظیر: قابلیت مدل سازی ساختمان با استفاده از فناوری BIM، امکانات تجزیه تحلیل پویا و قابلیت همکاری در یک پروژه را ارائه می دهد.

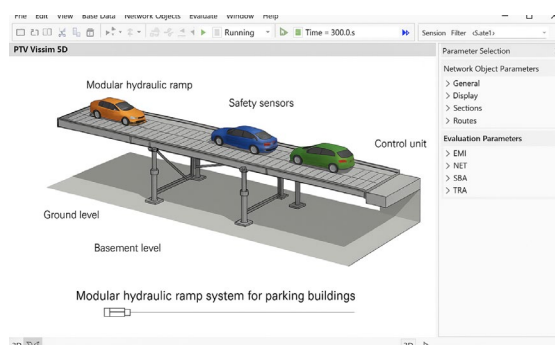
تعداد خودرو، و زمان انتظار) انجام گردید (Shaheen et al 2016).  
 معیارهای اصلی مقایسه عبارت بودند از:  
 -افزایش ظرفیت اسمی پارکینگ (خودرو/واحد سطح)،  
 -متوسط زمان ورود و خروج،  
 -ایمنی عملیاتی (بر اساس سناریوهای خطا/مانع)،  
 -هزینه‌های اجرای اولیه و نگهداری دوره‌ای (بر اساس مدل‌های اقتصادی گزارش شده در منابع صنعتی و داخلی).



شکل ۶. نمایش از شبیه سازی در محیط نرم افزار Revit

### ۳-۳-مدلسازی سازه‌ای

رمپ پیشنهادی در داخل اسکلت سازه یک ساختمان ۵ طبقه مسکونی مطابق شکل های ۸ و ۹ مدل گردیده است که مدل آن در تصاویر زیر نشان داده شده است. در این مدل سازه ای اثرات این رمپ، بر اسکلت سازه بررسی شده است. در این مدل مطابق شرایط واقعی، رمپ فلزی در بین قاب ساختمان و مابین ستون‌ها مدل می‌شود و اثرات آن بر سازه مدل شده است. تراز تمام شده اولین طبقه این ساختمان، تراز ۱۲۰ + و تراز تمام شده طبقه زیر زمین ۱۶۰ - است که رمپ در دو وضعیت خود، امکان دسترسی به هر دو طبقه را ایجاد می‌کند.



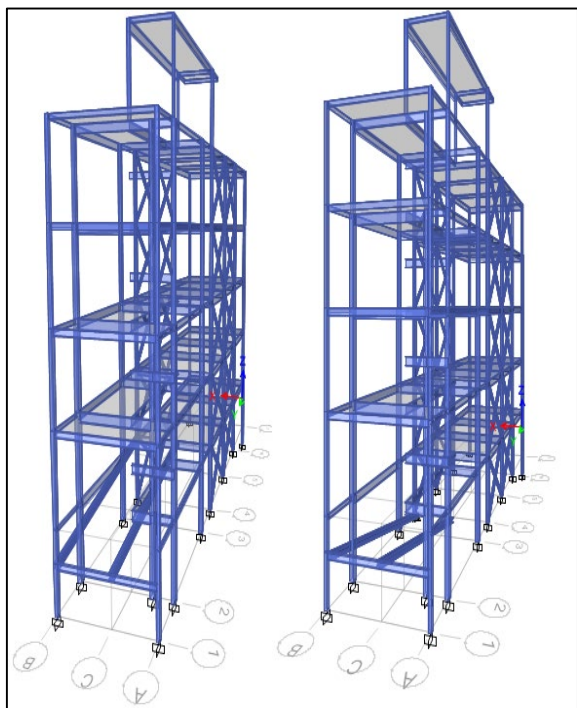
شکل ۷. نمایش از شبیه سازی در محیط نرم افزار VISSIM

به منظور اطمینان از صحت نتایج، پارامترهای شبیه سازی در محیط نرم افزار VISSIM بر اساس داده‌های تجربی استخراج شده از ساختمانهای مشابه و استانداردهای محلی، به طور خاص استاندارد ملی ایران ۲۰۵۳۳ مطابق با جدول ۲ تنظیم شدند.

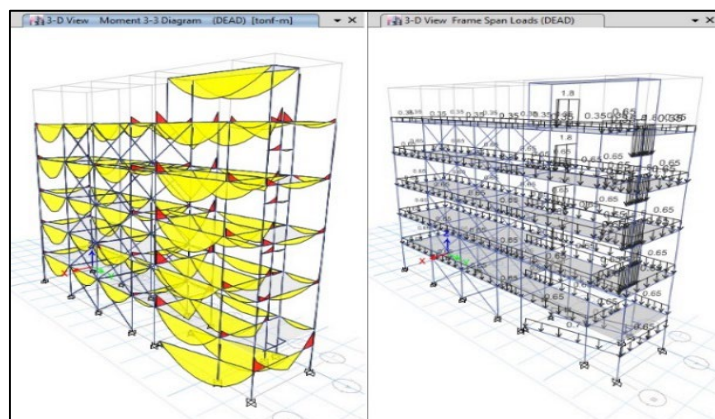
این تنظیمات برای سه پیکربندی مختلف سیستم جابه جایی شامل رمپ، آسانسور و رمپ هیدرولیکی مدولار پیشنهادی به کار گرفته شد تا مقایسه عملکردی عادلانه‌ای صورت پذیرد. بدین منظور مدل هندسی رمپ هیدرولیکی ماژولار (ارتباط همکف و زیرزمین) مطابق با استاندارد INSO 20533 در محیط Revit طراحی و سپس وارد نرم‌افزار VISSIM شد.

ورودی‌های شبیه‌سازی شامل نرخ ورود خودروها، ابعاد خودروها و الگوهای مانور آن‌ها به‌گونه‌ای تعریف شد که شرایط اوج ترافیک در یک ساختمان مسکونی نمونه را پوشش دهد.

در شبیه‌سازی، معیارهای کلیدی مانند تأخیر ورود و خروج، طول صف خودروها، فواصل ایمنی و ظرفیت بهره‌برداری برای حالات رمپ یک‌طرفه و دوطرفه ارزیابی شد. سپس شبیه‌سازی عملکرد رمپ‌های هیدرولیکی و مقایسه آن با رمپ‌های سنتی (بتنی) و آسانسور خودرو در سناریوهای مختلف (از نظر فضای اختصاصی،



شکل ۸. مدل رمپ پیشنهادی در داخل اسکلت سازه یک ساختمان ۵ طبقه مسکونی مدل



شکل ۹. بارگذاری قاب و رمپ به همراه نتایج تحلیل قاب ساختمان

جدول ۲. پارامترهای شبیه‌سازی ترافیکی در نرم‌افزار

پارامتر شبیه‌سازی	نماد / واحد	مقدار پایه رمپ بتنی	مقدار رمپ آسانسوری	مقدار رمپ هیدرولیکی مدولار (مدل پیشنهادی)	توضیحات و تنظیم نرم‌افزاری
نرخ ورود خودرو	Veh/hr	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰	نرخ ورود ثابت، سناریوی ترافیک اوج برای ساختمان مسکونی-تجاری ۵ طبقه
توزیع زمانی ورود	تابع توزیع	Poisson	Poisson	Poisson	مدل تصادفی مبتنی بر توزیع پواسون ( $\lambda=3$ s)
مدت زمان شبیه‌سازی	min	۶۰	۶۰	۶۰	هر شبیه‌سازی معادل ۱ ساعت زمان واقعی با Warm-up اولیه ۵ دقیقه
تعداد تکرار (Runs)	-	۵	۵	۵	نتایج متوسط از پنج تکرار تصادفی برای کاهش واریانس آماری
سرعت مجاز رمپ	km/h	۸-۱۰	۰ (حرکت عمودی)	۸-۱۲	تعیین بر اساس استاندارد INSO 20533 و شیب ۱۵٪
طول مسیر تردد	m	۸/۵	۰	۶/۲	مسیر بین همکف و زیرزمین در مدل سه‌بعدی Revit
الگوریتم کنترل تردد	-	بدون کنترل (آزاد)	قفل ایمنی درب‌ها	کنترل هوشمند دوبل سنسور ورودی/خروجی + قفل بار	ماژول شبیه‌سازی Sign-based Priority در VISSIM
زمان سیکل ورود/خروج هر خودرو	s	۱۱۰-۱۳۰	۱۵۰-۱۸۰	۵۰-۶۰	خروجی محاسبه از پنج تکرار
زمان انتظار متوسط در صف	s	۸۲	۲۱۰	۶۸	سناریوی اوج ۲۰ خودرو همزمان
ظرفیت بهره‌برداری (خودرو/واحد ساعت)	Veh/h	۲۲۰	۸۰	۲۷۵	معیار مقایسه اصلی در ارزیابی عملکرد مدل‌ها

### ارزیابی و تطبیق با ضوابط داخلی

شیب عملکرد تا ۱۵ درجه است که با بندهای الزامی استاندارد ۲۰۵۳۳ ایران قابل تطبیق و سفارشی سازی می باشد. سامانه های هشدار، حسگر تشخیص مانع، و کنترل هوشمند جزو امکانات استاندارد هستند (Gidrolast, 2022; C&C Hydraulics, 2021).

داده های بدست آمده از شبیه سازی، با ضوابط بندهای مختلف استاندارد ۲۰۵۳۳ و سایر آیین نامه های مرتبط شهری، به لحاظ تطابق ابعاد، شیب، تمهیدات ایمنی و الزامات بهره برداری مقایسه گردید. همچنین، تجربیات پروژه های موفق ایرانی (نظیر نمونه های اجرایشدهی شرکت پلاس پارکینگ در تهران) و موانع احتمالی در اجرا (نظیر مشکلات حقوقی/ مالکیتی، تأمین برق و زیرساخت های نگهداری) ارزیابی و مستندسازی شد (رمپ مکانیزه پلاس پارکینگ، ۱۴۰۱).

جدول ۳. مقایسه فضای اشغالی و کاربری

مشخصه	رمپ بتنی کلاسیک	آسانسور خودرویی	رمپ هیدرولیک مدولار
متوسط فضای اشغالی (م <sup>۲</sup> )	۹۰	۳۵	۱۸-۲۵
ظرفیت اسمی (خودرو)	۳۰+	بسته به مدل	۱۰-۳۰
انعطاف جانمایی	کم	زیاد	خیلی زیاد

### تحلیل هزینه - فایده و سناریوهای پیاده سازی

در نهایت، جهت ارزیابی اقتصادی مدل پیشنهادی، محاسبات هزینه اجرای اولیه، بهره برداری و نگهداری، و مدت زمان بازگشت سرمایه براساس داده های پروژه های داخلی و استانداردهای اروپا صورت گرفت. این تحلیل در بازه های زمانی کوتاه مدت و بلندمدت، و با لحاظ ریسک های احتمالی تعمیرات یا اختلالات عملکردی انجام شد

### ۴-۳- شبیه سازی ترافیکی و بررسی عملکرد

بر اساس مطالعات موجود (Sotefin و Chen et al. (2016) و (2025) و Qin et al. (2021) اشاره دارند که آسانسورهای خودرویی بین دو تا سه دقیقه برای هر سیکل ورود یا خروج زمان نیاز دارند (به دلیل حرکت عمودی، قفل ایمنی، و زمان درب بندی). رمپ های مکانیکی یا هیدرولیکی در مدل پیشنهادی ۳۰ تا ۶۰ ثانیه نیاز دارند (در حالت ترافیک متعادل، بدون توقف طولانی). بنابراین اختلاف زمانی حدود ۲ تا ۳ برابر به نفع رمپ هیدرولیکی مدولار به دست می آید. شبیه سازی خروجی ترافیک پارکینگ در مدل پیشنهادی با نرم افزار VISSIM، نشان داد میانگین زمان ورود یا خروج خودرو در مدل پیشنهادی نسبت به آسانسور خودرویی حدود ۲۰۵ برابر سریع تر و نسبت به رمپ بتنی به دلیل کاهش احتمال تصادف یا خطای مانور، ایمن تر شد. همچنین مدل پیشنهادی در شلوغ ترین سناریو نیز می تواند ترافیک همزمان چند خودرو را پشتیبانی کند، بر خلاف آسانسور که گلوگاه دارد.

شبیه سازی ها نشان داد میانگین زمان ورود-خروج در رمپ هیدرولیکی مدولار نسبت به آسانسور خودرویی حدود ۲۰۵ برابر سریع تر است و ظرفیت عبور را نسبت به رمپ بتنی حدود ۲۵٪ افزایش می دهد؛ همچنین طول صف متوسط ۲۰۷ خودرو در رمپ

### ۴-نتایج

#### ۴-۱- مقایسه بهره وری فضا و ظرفیت پارکینگ

مدل پیشنهادی رمپ هیدرولیکی مدولار بر پایه داده های شبیه سازی، افزایش ۲۷ درصدی ظرفیت پارکینگ را نسبت به سازه های رمپ سنتی (بتنی)، در ساختمان ۵ طبقه مدل شده (با محدودیت فضا) رقم می زند. این افزایش عمدتاً به دلیل کاهش فضای اشغال شده توسط رمپ، طراحی دوسویه و انعطاف پذیری در جانمایی آن است. جدول ۳، مقایسه ای از ویژگی های تخصصی و کاربردی انواع رمپ های پارکینگ را ارائه می دهد. در این جدول، رمپ های هیدرولیک ماژولار، رمپ بتنی کلاسیک، آسانسور خودرویی بر اساس معیارهای مختلفی از جمله مساحت مورد نیاز، ظرفیت اسمی (تعداد خودرو)، انعطاف پذیری جانبی و میزان فضای اشغال شده، با یکدیگر مقایسه شده اند. این مقایسه به منظور ارزیابی نقاط قوت و ضعف هر نوع رمپ و تعیین مناسب ترین گزینه برای شرایط خاص ساختمان های ایرانی انجام شده است.

#### ۴-۲- ارزیابی شاخص های فنی و ایمنی

مطابق مستندات Gidrolast و C&C Hydraulics، بالاترین ظرفیت باربری رمپ های هیدرولیک ۸ تا ۱۵ تن، حد اکثر طول ۱۲ متر و

شهرداری‌ها و مدیران پروژه برای ارزیابی ریسک اقتصادی و پایداری فنی سیستم‌های پارکینگ مکانیزه در محیط‌های شهری ایران باشند.

پیشنهادی ثبت شد که از گلوگاه آسانسور (۸۰۵ خودرو) به شکل معناداری کمتر است.

#### ۴-۴- تحلیل اقتصادی و هزینه-فایده و تحلیل حساسیت

تخمین هزینه اولیه پیاده‌سازی رمپ هیدرولیک با ظرفیت متوسط (۱۰ خودرو) مطابق پروژه‌های ایرانی و منابع اروپایی بین ۳۵ تا ۵۵ درصد بالاتر از رمپ بتنی است، اما زمان بازگشت سرمایه کمتر از ۵ سال (با احتساب افزایش واحدهای پارکینگ و درآمدزایی ناشی از آن) به دست آمد. دوره بازگشت سرمایه: ۳ تا ۵ سال، متناسب با ارزش روز واحد پارکینگ (Chen et al., 2016)؛ رمپ مکانیزه پلاس پارکینگ، (۱۴۰۱). برآوردها نشان می‌دهد با وجود افزایش هزینه اولیه سرمایه‌گذاری رمپ هیدرولیکی مدولار نسبت به رمپ بتنی (حدود ۳۵-۵۵٪)، به دلیل افزایش ظرفیت و کاهش توقف‌های عملیاتی، دوره بازگشت سرمایه آن در ساختمان نمونه حدود ۳٫۸ سال محاسبه شد؛ این مقدار برای آسانسور خودرویی ۶٫۵ سال و برای رمپ بتنی ۸٫۵ سال است. همچنین هزینه اجرای متوسط: ۸ تا ۵۰ میلیارد ریال و هزینه سرویس و نگهداری تقریباً برابر یا اندکی بالاتر از رمپ سنتی محاسبه گردید. به‌منظور ارتقاء دقت تحلیل اقتصادی، می‌توان عملکرد مدل رمپ هیدرولیکی مدولار را تحت چند سناریوی هزینه‌ای و بهره‌برداری متفاوت بررسی کرد. نخست، سناریوی افزایش قیمت انرژی و هزینه برق که به دلیل ماهیت الکتروهیدرولیکی سیستم، می‌تواند تا ۱۰٪ در هزینه عملیاتی تأثیرگذار باشد. دوم، سناریوی افزایش حجم ترافیک و نرخ استفاده از پارکینگ که مستقیماً بر درآمد و بازگشت سرمایه مؤثر است. سوم، سناریوی افزایش هزینه نگهداری یا خرابی موقت تجهیزات که در سیستم‌های مکانیزه اهمیت ویژه‌ای دارد. تحلیل حساسیت با تغییر پارامترهای کلیدی (نظیر هزینه ساخت از ۸ تا ۱۲ میلیارد ریال و نرخ بهره‌برداری بین ۶۰ تا ۹۰ درصد) نشان می‌دهد که حتی در حالت بدبینانه، دوره بازگشت سرمایه حداکثر به ۶ سال افزایش می‌یابد و در حالت خوش‌بینانه می‌تواند تا ۳ سال کاهش یابد. افزون بر این، سناریوی مقایسه عملکرد سیستم در ساختمان‌های تجاری و مسکونی نیز می‌تواند تصویری واقع‌گرایانه‌تر از توجیه اقتصادی طرح ارائه دهد. بر اساس مطالعات مدل‌های پارامتریک مشابه در سامانه‌های کنترل رمپ شهری، نوسان  $\pm 15\%$  درصدی در پارامترهای هزینه‌ای تأثیر عمده‌ای بر بازده نهایی نداشته و مدل‌های مدولار هیدرولیکی همچنان از منظر نسبت سود به هزینه (B/C) بیش از ۱٫۳ باقی می‌مانند. این تحلیل‌ها می‌توانند مبنای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران،

#### ۴-۵- قابلیت پیاده‌سازی و چالش‌ها

مزیت عمده این مدل، قابلیت اجرا در ساختمان‌های موجود و تطبیق‌پذیری بالاست. مهم‌ترین چالش‌ها عبارتند از: نیاز به برق پایدار، آموزش بهره‌بردار، حساسیت به خطای نگهداری و تأمین قطعات. با این حال مستندسازی پروژه‌های داخلی نشان داده که چالش‌ها قابل مدیریت بوده‌اند (رمپ مکانیزه پلاس پارکینگ، (۱۴۰۱).

#### تطبیق با ضوابط و استانداردهای ایران

مدل طراحی شده با بندهای کلیدی استاندارد ملی شماره ۲۰۵۳۳ (مانند ابعاد رمپ، زاویه، باربری و ایمنی سامانه) سازگاری کامل دارد و حتی قابلیت مستندسازی برای دریافت تأییدیه را دارد.

#### ملاحظات اجتماعی و زیست‌محیطی اجرای رمپ‌های مکانیزه

اجرای رمپ‌های هیدرولیکی مدولار و سیستم‌های پارکینگ مکانیزه علاوه بر مزایای فنی و اقتصادی، دارای پیامدهای مثبت قابل توجهی در حوزه اجتماعی و زیست‌محیطی است.

از منظر زیست‌محیطی، این سامانه‌ها با کاهش زمان روشن بودن خودرو در مسیر رمپ و حذف جست‌وجوی طولانی برای جای پارک، موجب کاهش مصرف سوخت و کاهش مستقیم آلاینده‌های ناشی از احتراق می‌شوند. در پارکینگ‌های مکانیزه، خودرو معمولاً در حالت خاموش وارد جایگاه می‌شود و فرآیند پارک‌گذاری به‌صورت خودکار انجام می‌گیرد؛ در نتیجه، میزان آلودگی هوا و صوتی در محیط‌های بسته به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. همچنین کاهش نیاز به خاک‌برداری عمیق و استفاده بهینه از فضای زیرزمینی سبب کاهش مصرف مصالح ساختمانی و اثرات منفی زیست‌محیطی می‌شود.

از جنبه اجتماعی، استفاده از رمپ‌های مکانیزه و سیستم‌های هوشمند پارکینگ منجر به ارتقاء کیفیت زندگی شهری می‌شود؛ زیرا کاهش تراکم خودرو و کاهش توقف‌های غیرقانونی در معابر، موجب نظم ترافیکی بیشتر و کاهش تنش میان ساکنان مناطق متراکم می‌گردد. همچنین این فناوری‌ها با بهبود ایمنی عملکردی پارکینگ‌ها و کاهش نیاز به مداخله انسانی، محیطی امن‌تر برای کاربران فراهم می‌سازند.

هیدرولیکی برای افزایش ظرفیت پارکینگ بدون افزایش سطح اشغال، رویکردی نوآورانه محسوب می‌شود که مطالعات اخیر نیز اثربخشی آن را تأیید کرده‌اند. (Gidrolast, 2022)

مدل پیشنهادی این پژوهش، یعنی رمپ هیدرولیکی مدولار با کنترل هوشمند که در داخل اسکلت سازه یک ساختمان ۵ طبقه مسکونی مدل گردیده است، بر پایه سه پارامتر کلیدی انتخاب شده است: نخست، کارایی فضایی و امکان افزایش ظرفیت پارکینگ تا ۲۷ درصد نسبت به مدل‌های متداول که شبیه‌سازی‌ها و نمونه‌های اجرایی ایرانی و بین‌المللی نیز این مورد را تأیید می‌نمایند (رمپ مکانیزه پلاس پارکینگ، ۱۴۰۱). دوم، قابلیت انطباق کامل با استاندارد ملی ایران (INSO 20533) که امکان استفاده قانونی و ایمن آن را در بستر شهرسازی کشور فراهم می‌سازد.

سوم، توجیه اقتصادی مناسب به دلیل بازگشت سرمایه کوتاه‌مدت (کمتر از ۵ سال) و افزایش ارزش ساختمان ناشی از افزایش تعداد واحدهای پارکینگ است که این موضوع نیز در مطالعات گذشته نتیجه‌گیری شده است (Chen et al., 2016). شبیه‌سازی خروجی ترافیک پارکینگ در مدل پیشنهادی با نرم‌افزار PTV VISSIM نشان داد میانگین زمان ورود و خروج خودروها در سیستم رمپ هیدرولیکی مدولار نسبت به آسانسور خودرویی حدود ۲۰۵ برابر سریع‌تر است، که این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های بین‌المللی نیز هم‌خوانی دارد (Chen et al., 2016; Qin et al., 2021).

این برتری ناشی از حذف زمان‌های انتظار ناشی از حرکت عمودی و عملیات ایمنی آسانسور و امکان ترافیک دوطرفه هم‌زمان در رمپ پیشنهادی است. همچنین، به دلیل شیب کنترل‌شده و دید مناسب راننده، احتمال تصادف و خطای مانور در مقایسه با رمپ بتنی کاهش یافته و ایمنی عملکرد کلی پارکینگ افزایش یافته است. ضمن آنکه اجرای این مدل در پروژه‌های موجود نیز امکان‌پذیر است و تجربه موفق داخلی (رمپ مکانیزه پلاس پارکینگ، ۱۴۰۱) گواه بر اثربخشی، ایمنی و مقبولیت فنی آن بوده است. مطالعات خارجی نیز نشان می‌دهد راهکارهای هیدرولیکی با ضریب ایمنی بالا، انعطاف طراحی و پتانسیل ماژولار شدن، نسبت به آسانسور خودرو یا رمپ سنتی، صرفه اقتصادی و کاربری بهتری فراهم می‌کنند

(Nijsten, T. 2023, Qin et al., 2021, Sotefin, 2025)

علاوه بر این‌ها، بررسی‌های بازار ملک نشان داده است که ساختمان‌هایی که مجهز به سیستم پارکینگ مکانیزه و نوآورانه هستند، جذابیت بیشتری برای خریداران و مستأجران پیدا می‌کنند؛ چرا که وجود امکان پارک راحت و امن برای چند خودرو، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزش‌افزوده ملک محسوب می‌شود. این امر به‌ویژه در مناطق پرتراکم و با فضای ترافیکی محدود، مزیت رقابتی ایجاد می‌کند و عملاً منجر به افزایش قیمت معامله و سرعت فروش ساختمان

در پروژه‌های مسکونی و تجاری، چنین سیستم‌هایی نه تنها ارزش‌افزوده ملک را افزایش می‌دهند، بلکه الگوی فرهنگ استفاده از فضاهای شهری را نیز به سمت سازگاری بیشتر با رویکردهای پایدار و کم‌کربن هدایت می‌کنند.

مدل بهینه پیشنهادی این پژوهش بر اساس ترکیب رمپ‌های هیدرولیکی مدولار با سیستم کنترل هوشمند تردد طراحی شده است تا امکان افزایش ظرفیت پارکینگ در ساختمان‌های دارای محدودیت فضا را بدون گسترش افقی یا افزایش تعداد طبقات فراهم آورد. این مدل شامل رمپ‌های فولادی ماژولار قابل تنظیم با جک‌های هیدرولیکی تا ارتفاع ۱٫۵ متر، سامانه‌های حسگر ورودی و خروجی، قفل‌های بار ایمن، و واحد کنترل مرکزی است که عملیات حرکت رمپ را به‌صورت خودکار و ایمن مدیریت می‌نماید.

شبیه‌سازی ترافیکی انجام‌شده با نرم‌افزار PTV VISSIM نشان داد ظرفیت پارکینگ در این مدل تا ۲۷ درصد نسبت به رمپ‌های سنتی افزایش می‌یابد و زمان ورود و خروج خودروها به‌طور میانگین ۲٫۵ برابر سریع‌تر از سیستم آسانسور خودرویی است.

افزون بر این، زاویه بهینه رمپ حدود ۱۵ درجه طراحی شده تا هم با استاندارد ملی ایران (INSO 20533) مطابقت داشته باشد و هم ایمنی مانور خودرو حفظ شود.

از منظر اقتصادی نیز مدل پیشنهادی بهینه، با وجود افزایش هزینه اولیه بین ۳۵ تا ۵۵ درصد نسبت به رمپ بتنی، در بازه زمانی کمتر از پنج سال بازگشت سرمایه دارد و با افزایش تعداد واحدهای پارکینگ، سودآوری پروژه‌های ساختمانی را افزایش می‌دهد. ساختار مدولار سیستم باعث می‌شود که امکان اجرای آن در ساختمان‌های موجود نیز وجود داشته باشد (به‌صورت Retrofit)، و با کاهش فضای اشغال‌شده، بهره‌وری فضایی را در محیط‌های متراکم شهری بهبود بخشد. بررسی‌ها نشان داد این مدل ضمن دارا بودن تطابق کامل با الزامات ایمنی و فنی، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش تراکم ترافیک ناشی از کمبود پارکینگ و ارتقای نظم شهری ایفا کند.

## ۵- نتیجه‌گیری

امروزه یکی از چالش‌های اصلی شهرهای متراکم، تأمین فضای کافی برای پارکینگ ساختمان‌ها با توجه به محدودیت زمین و هزینه‌های سنگین توسعه افقی است. راهکارهای متداولی نظیر رمپ بتنی سنتی و آسانسور خودرو هرچند رایج هستند، اما هر کدام دارای نقاط ضعفی چون اشغال زیاد فضا، هزینه اولیه بالا، محدودیت ظرفیت و مخاطرات اجرایی می‌باشند. (Shoup, 2006; Litman, 2018)

در این میان، به‌کارگیری فناوری‌های مکانیزه و سیستم‌های

wireless sensor network and ultrasonic sensor. *Information Technology Journal*, 8(2), 138–146.

-Lin, T., Rivano, H., & Le Mouél, F. (2017). A survey of smart parking solutions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(12), 3229–3253. doi.org/10.1109/TITS.2017.2685143

-Litman, T. (2018). *Parking management best practices* (2nd ed.). London: Routledge.

-Martens, K. (2016). Sustainable transportation: Concepts and practical tools. *Transport Reviews*, 36(6), 671–686. doi.org/10.1080/01441647.2016.1206605

-Iranian National Standards Organization (INSO). (2021). Iran Standard No. 20533: Mechanized Parking (Car) – Requirements and Recommendations. Tehran.

-Gidrolast. (2022). Hydraulic stationary ramps [Technical manual]. *Gidrolast Italy*.

-C&C Hydraulics Ltd. (2021). Complete hydraulic beaver tail ramp system.

-Nijsten, T. (2023). Optimizing Parking Capacities in Urban Areas. MSc Thesis, University of Amsterdam.

-Gong, S., & Lin, Y. (2020). Evaluation of performance and safety of automated parking systems. *Journal of Transportation Safety & Security*, 12(6), 812–813.

-Shoup, D. (2006). Cruising for parking. *Transport Policy*, 13(6), 479–486.

-Plas Parking. (2022). 20-Ramp mechanized Construction of multi-storey mechanized parking. Plas -Sotefin Bharat Pvt. Ltd. (2025). Beyond Luxury: How Robotic Parking is Becoming Essential for Dense Urban Cores. *Smart Mobility Insights*.

-United Water Conservation District. (2023). Freeman Diversion Hardened Ramp Design Hydraulic Plans. Appendix C Technical Report, USBR Collaboration.

-U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2023). Parking and the ENERGY STAR Score Technical Reference. Washington D.C., Energy Efficiency Division.

-Qin, R., Kan, Z., & Liu, B. (2021). Performance evaluation of mechanical parking systems in China. *Journal of Transportation Engineering*, 147(5), 04021022. doi.org/10.1061/JTEPBS.0000546

-Zhang, X., Wang, K., & Zhao, J. (2019). Impacts of parking supply and parking pricing on vehicle use and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 235, 679–689. doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.337

-Zhang, L., & Wang, Y. (2018). Design and operational evaluation of automated mechanical parking systems. *Automation in Construction*, 94, 184–195. doi.org/10.1016/j.autcon.2018.06.013

-Shaheen, S., Cohen, A., & Zohdy, I. (2016). Smart parking management field test: A bay area rapid transit case study. *Transportation Research Record*, 2566(1), 59–68. doi.org/10.3141/2566-07

-PTV Planung Transport Verkehr AG. (2024). PTV VISSIM Technical Guide and Simulation Modeling Framework. Karlsruhe, Germany.

خواهد شد. از سوی دیگر، به‌کارگیری این مدل باعث کاهش تقاضا برای پارک حاشیه‌ای در کوچه‌ها و خیابان‌های اطراف می‌گردد؛ موضوعی که علاوه بر ارتقای رضایت ساکنان و مالکان ساختمان، موجب کاهش تراکم، گره‌های ترافیکی و تنش‌های اجتماعی در معابر شهری می‌شود. افزایش ظرفیت پارکینگ در هر ساختمان، می‌تواند نقش مهمی در کاهش اشغال معابر عمومی توسط خودروهای ساکنین ایفا کند و در بلندمدت به بهبود نظم ترافیکی منطقه کمک شایانی نماید (Gidrolast, 2022). از حیث نتایج عملی، یافته‌های پژوهش حاضر تأکید دارد که مدل پیشنهادی می‌تواند ظرفیت پارکینگ ساختمان‌های مسکونی و تجاری را حداقل ۲۷ درصد افزایش دهد، نرخ بروز سوانح و خطا در مانور خودروها را کاهش دهد، و با ارتقاء سرعت ورود و خروج، راندمان عملیاتی پارکینگ را بهبود بخشد. همچنین هزینه‌های ساخت و نگهداری این مدل در دوره پنج ساله، نسبت به مدل‌های سنتی یا آسانسور خودرو قابل رقابت بوده و نرخ بازگشت سرمایه نیز برای سرمایه‌گذاران توجیه‌پذیر است. شایان ذکر است که استقبال مدیران پروژه و مالکان از اجرای چنین مدل‌هایی، به خصوص در ساختمان‌هایی با محدودیت جدی زمین، بسیار بالاست. با این حال، اجرای مدل پیشنهادی نیز خالی از محدودیت نیست؛ وابستگی کامل به برق پایدار، نیاز به نیروی فنی آموزش‌دیده، نمونه‌های عملیاتی محدود در سطح کشور و احتمال چالش‌های مربوط به تامین قطعات یا خدمات فنی از مهم‌ترین ملاحظات اجرایی محسوب می‌شود. همچنین ممکن است برخی مقاومت‌های حقوقی یا فرهنگی در برابر جایگزینی الگوی سنتی استفاده از رمپ وجود داشته باشد.

در نهایت، پیشنهاد می‌شود که مطالعات آتی به توسعه مدل‌های هیدرولیکی بر پایه انرژی‌های تجدیدپذیر، بررسی طول عمر و صرفه‌جویی اقتصادی و زیست‌محیطی این مدل‌ها، ارزیابی رفتار کاربران در کاربری عملی، و تحلیل هزینه-فایده دقیق در ساختمان‌های مختلف با کاربری‌های مسکونی، تجاری و اداری بپردازند تا چارچوبی علمی و بومی برای توسعه پارکینگ‌های مکاینزه در ایران فراهم گردد.

## ۶-مراجع

-Barata, E., Cruz, L., & Ferreira, J. P. (2011). Parking at the university campus: Problems, causes and solutions. *Cities*, 28(5), 406–413. doi.org/10.1016/j.cities.2011.06.002

-Chen, H., Xi, D., Li, X., & Zhang, Z. (2016). Assessment of automated parking systems in urban environments. *Transport Policy*, 50, 24–33. doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.06.004

-Idris, M. Y. I., Leng, Y. Y., Tamil, E. M., Noor, N. M., & Razak, Z. (2009). Parking guidance system utilizing

# Presenting a New Internal Traffic Design to Increase Parking Capacity in Space-Constrained Buildings

*Farzad Moradi, Ph.D., Student, Department of Civil–Transportation Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.*

*Amir Abbas Khojasteh, Department of Civil Engineering, Imperial College, London, England.*

*Ali Abdi Kordani, Professor, Department of Transportation Planning, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.*

**E-mail: aliabdi@eng.ikiu.ac.ir**

Received: February 2026- Accepted: May 2026

## ABSTRACT

With the increasing urban population and the rise in vehicle ownership rates, providing parking in buildings has become one of the most significant challenges for engineers due to spatial limitations. Traditional solutions such as increasing the number of floors or horizontal expansion of buildings are often largely ineffective due to land constraints, high costs, and urban planning regulations. Today, the use of mechanized systems and new technologies, especially hydraulic ramps and modern traffic solutions, has gained attention. This research examines the design and localization approach of modular traffic ramps suitable for Iranian buildings by carefully reviewing the Iranian national standard and analyzing successful global examples. The proposed model is based on the combination of safe hydraulic ramps with load locking systems and smart control systems, which, while increasing parking capacity and spatial efficiency, ensures safety requirements and ease of operation. Performance simulations and economic evaluations of implemented projects show that using this system increases parking capacity by up to 27 percent compared to current designs and has a suitable return on investment period (approximately 3.8 years). Furthermore, these systems are fully consistent with national and international standards and have the ability to be implemented in small-scale residential and commercial projects. Finally, potential weaknesses such as initial cost and the need for specialized maintenance are discussed, and solutions for future improvement are provided.

**Keywords:** Multi-Story Parking, Hydraulic Ramp, Space-Constrained Building, Traffic Design, Urban Management