تحلیل مقایسه‌ای فنی و اقتصادی پارکینگ رمپی و مکانیزه در پروژه‌های چند منظوره شهری در شهر تهران

مقاله علمی - پژوهشی

مرتضی زرندی تهامی پور، استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
فرهاد سعیدی، استادیار، گروه عمران، دانشکده ابن سینا، دانشگاه علوم تحقیقات، تهران، ایران
*محمد پارسا خوش دوز (نویسنده مسئول)، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم تحقیقات، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: parsakhoshdooz@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۳۰- پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲
صفحه ۴۲۶-۴۱۵

چکیده

با گسترش روزافزون پروژه‌های شهری چندمنظوره، نیاز به سیستم‌های کارآمد پارکینگ که بتوانند پاسخگوی محدودیت‌های فضایی و الزامات اقتصادی باشند، به صورت جدی مطرح شده است. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه تطبیقی فنی و اقتصادی دو نوع رایج پارکینگ شهری، یعنی پارکینگ رمپی و پارکینگ مکانیزه، انجام شده است. این تحقیق از نوع مطالعات مروری بوده و با بررسی بیش از ۲۵ منبع علمی معتبر داخلی و بین‌المللی، شش شاخص کلیدی شامل هزینه ساخت، زمان اجرا، تعداد جای پارک، سرعت خدمات، عمر مفید و اسقاط را به‌عنوان مبنای مقایسه انتخاب کرده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که پارکینگ مکانیزه در شاخص‌هایی نظیر بهره‌وری فضایی، سرعت خدمات و ظرفیت، عملکرد بهتری دارد؛ در حالی‌که پارکینگ رمپی در زمینه عمر مفید، هزینه اجرا و سهولت نگهداری، گزینه‌ای کم‌هزینه‌تر و پایدارتر به شمار می‌رود. بر اساس این مقایسه، می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب نوع پارکینگ باید متناسب با شرایط پروژه، محدودیت‌های زمینی، سطح سرمایه‌گذاری و نوع کاربری مورد نظر باشد. در پایان، پیشنهاد می شود نهادهای برنامه‌ریزی شهری به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه پارکینگ، چارچوب‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را در فرآیندهای برنامه‌ریزی و طراحی شهری مدنظر قرار دهند.

واژه‌های کلیدی: پارکینگ رمپی، پارکینگ مکانیزه، تحلیل فنی و اقتصادی، پروژه‌های چندمنظوره شهری، مقایسه ساختاری

۱-مقدمه

افزایش چشمگیر جمعیت شهری، رشد حمل‌ونقل شخصی و توسعه فشرده پروژه‌های چندمنظوره شهری در دهه‌های اخیر، تأمین فضای پارکینگ را به یکی از چالش‌های ساختاری برنامه‌ریزی شهری بدل ساخته است. در بسیاری از کلان‌شهرهای جهان، کمبود فضای پارک خودرو منجر به مشکلات متعددی نظیر ترافیک سنگین، مصرف سوخت بالا، آلودگی هوا، کاهش بهره‌وری زمانی، و نارضایتی عمومی از خدمات شهری شده است. بررسی‌های انجام‌شده در مراکز تحقیقاتی کشورهای پیشرفته و در حال توسعه حاکی از آن است که رانندگان در شهرهای بزرگ به‌طور میانگین روزانه ۸ تا ۱۵ دقیقه از وقت خود را صرف جست‌وجوی جای پارک می‌کنند؛ عددی که در شهرهایی مانند توکیو، پکن و تهران گاه به بیش از ۲۰ دقیقه نیز می‌رسد. این تأخیر مستقیماً منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش بهره‌وری شهری

می شود (Jain et al. 2021). از سوی دیگر، افزایش قیمت زمین در مناطق مرکزی شهرها، ضرورت بهینه‌سازی فضا را دوچندان کرده و طراحان شهری را بر آن داشته تا از الگوهای نوین در طراحی پارکینگ بهره ببرند. در این راستا، دو نوع سیستم اصلی پارکینگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. پارکینگ رمپی که مبتنی بر حرکت مستقیم خودرو از طریق رمپ‌های فیزیکی بین طبقات است، و پارکینگ مکانیزه که با استفاده از تجهیزات الکترومکانیکی عملیات پارک، جابه‌جایی و بازیابی خودرو را انجام می‌دهد. هر یک از این سیستم‌ها دارای مزایا و محدودیت‌های خاص خود هستند؛ با این حال، در اغلب پروژه‌های شهری، تصمیم‌گیری برای انتخاب سیستم مناسب مبتنی بر تحلیل جامعی از ملاحظات فنی و اقتصادی نیست و بیشتر بر اساس تجربه یا الگوهای سنتی صورت می‌گیرد. در ایران نیز بر پایه داده‌های شرکت کنترل ترافیک تهران (۱۴۰۰)، بیش از ۶۰ درصد از ترافیک روان مناطق مرکزی کلان شهرها، ناشی از جستجوی فضای پارک توسط رانندگان است. در شرایطی که فضای شهری محدود بوده و تقاضا برای ساخت مراکز تجاری، تفریحی، اداری و فرهنگی در حال افزایش است، نیاز به راهکارهایی برای تأمین فضای پارک، آن هم با بهره‌وری بالا، بیش از پیش احساس می‌شود. در چنین بستری، طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های نوین پارکینگ به عنوان یکی از عناصر کلیدی در توسعه پایدار شهری مطرح شده است.

۲- پیشینه تحقیق

در ادبیات موضوع، دو رویکرد اصلی برای طراحی پارکینگ در پروژه‌های شهری چندمنظوره مطرح می‌شود. پارکینگ‌های رمپی و پارکینگ‌های مکانیزه. پارکینگ‌های رمپی با تکیه بر معماری سنتی و استفاده از رمپ‌های چرخشی برای دسترسی به طبقات مختلف، سال‌هاست که در پروژه‌های عمرانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع پارکینگ‌ها معمولاً هزینه ساخت پایین‌تری دارند و از فناوری ساده‌تری بهره می‌برند، اما معایبی نظیر نیاز به سطح زمین بیشتر، ترافیک داخلی بالا، و بهره‌وری فضایی پایین نیز به همراه دارند (Allik, 2020). در سوی دیگر، پارکینگ‌های مکانیزه با استفاده از فناوری‌های نوین از جمله روباتیک، سنسورها، اینترنت اشیا و سیستم‌های خودکار، به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که خودروها بدون دخالت مستقیم راننده، در فضای مشخص پارک می‌شوند. این سیستم‌ها فضای کمتری اشغال می‌کنند، ظرفیت بیشتری را در یک حجم محدود ارائه می‌دهند و از نظر سرعت پارک و خروج نیز عملکرد مطلوب‌تری دارند. به علاوه، ایمنی خودرو در این نوع پارکینگ‌ها بالاتر است، چرا که تماس انسانی با وسایل نقلیه به حداقل می‌رسد (Narayanan et al., 2023)(Wang et al., 2022). با این حال، هر دو سیستم مزایا و معایب خاص خود را دارند و انتخاب میان آن‌ها، نیازمند بررسی دقیق فنی و اقتصادی است. پارکینگ‌های مکانیزه اگرچه از نظر صرفه‌جویی در فضا و خدمات‌دهی سریع‌تر عملکرد بهتری دارند، اما نیازمند سرمایه‌گذاری اولیه بالاتر، نگهداری پیچیده‌تر و آموزش کاربران هستند. در مقابل، پارکینگ‌های رمپی از نظر هزینه‌های ساخت و نگهداری ارزان‌تر بوده ولی در بهره‌وری فضایی و کیفیت خدمات، عملکرد ضعیف‌تری دارند (Mullapudi, 2022; Kakderi et al., 2021) . مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که مطالعات متعددی به بررسی عملکرد هر یک از این دو سیستم پرداخته‌اند. برای مثال، در پژوهشی، بهره‌وری فضایی و مصرف انرژی در دو نوع پارکینگ مقایسه شده و نتایج نشان داده که پارکینگ مکانیزه با وجود هزینه اولیه بیشتر، در بلندمدت مقرون‌به‌صرفه‌تر است. (Gerges et al. 2020). همچنین، بررسی‌های صورت‌گرفته در مطالعات کاربردی حاکی از آن است که استفاده از الگوریتم‌های هوشمند در طراحی و مدیریت پارکینگ‌های مکانیزه می‌تواند نقش مهمی در بهینه‌سازی خدمات ایفا کند. (Kianfar et al. 2018). پژوهش‌هایی نیز به طور خاص به تحلیل هزینه فایده پروژه‌های مکانیزه در کشورهای در حال توسعه پرداخته‌اند و چالش‌هایی مانند عدم بومی‌سازی فناوری، محدودیت منابع مالی و مقاومت کاربران در برابر تکنولوژی‌های جدید را مطرح کرده‌اند. از منظر فنی، تفاوت‌های چشمگیری در طراحی، اجرا، بهره برداری و نگهداری میان سیستم‌های پارکینگ رمپی و مکانیزه وجود دارد. پارکینگ‌های رمپی معمولاً فضای بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند و به دلیل وجود رمپ‌های شیب‌دار و مسیرهای دسترسی، بهره‌وری سطح کمتری دارند. در مقابل، پارکینگ‌های مکانیزه با بهره‌گیری از فناوری‌های مدرن، از فضای موجود به‌صورت بهینه‌تری استفاده کرده و ظرفیت پارکینگ را در زمین‌های محدود افزایش می‌دهند . (Yeo et al., 2021) (Polina et al. 2022) به‌طور متوسط، پارکینگ‌های مکانیزه

قادرند در همان مساحت، بین ۳۰ تا ۵۰ درصد خودرو بیشتری را جای دهند که این ویژگی در پروژه‌های شهری پرتراکم یک مزیت رقابتی محسوب می‌شود. در بُعد اقتصادی نیز، هرچند هزینه اولیه سرمایه‌گذاری در سیستم‌های مکانیزه بالاتر است، اما در بلندمدت هزینه‌های عملیاتی و نگهداری آن‌ها کاهش یافته و بازگشت سرمایه بهینه‌تری را به همراه دارد. بررسی‌های انجام‌شده در مطالعات مقایسه‌ای نشان می‌دهد که عمر مفید تجهیزات مکانیزه بیشتر بوده و دوره انسقاط آن‌ها نیز دیرتر فرا می‌رسد، به ویژه در صورت نگهداری مناسب. از سوی دیگر، زمان اجرای پارکینگ‌های مکانیزه نیز به دلیل حذف بسیاری از عملیات عمرانی سنتی، نسبت به پارکینگ‌های رمپی کاهش می‌یابد، که این موضوع در پروژه‌های با محدودیت زمانی اهمیت دارد. (Ramesh & (Allik, 2020) (Mullapudi et al., 2022) Sharma,2018). سرعت خدمات‌رسانی نیز یکی دیگر از شاخص‌های فنی مهم است؛ با وجود اینکه برخی سیستم‌های مکانیزه در ساعات اوج ممکن است با کندی مواجه شوند، اما پیشرفت فناوری‌های کنترل هوشمند این مشکل را به‌طور مؤثری حل کرده است. بنابراین، شناخت دقیق مزایا و چالش‌های فنی و اقتصادی هر یک از این دو نوع پارکینگ برای تصمیم‌گیری در پروژه‌های شهری چندمنظوره امری ضروری است. با وجود این حجم از پژوهش‌ها، کمتر مطالعه‌ای به بررسی مقایسه‌ای و مروری نظام‌مند میان این دو نوع پارکینگ بر اساس مجموعه‌ای از شاخص‌های فنی و اقتصادی هم‌زمان پرداخته است. شاخص‌هایی همچون هزینه ساخت، زمان اجرا، ظرفیت نهایی، سرعت خدمات‌دهی، عمر مفید و نرخ اسقاط، عوامل کلیدی در تصمیم‌گیری‌های مهندسی و سیاست‌گذاری شهری محسوب می‌شوند که در بسیاری از تحقیقات، تنها به‌صورت جزئی یا غیرهم‌زمان مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از این‌رو، ضرورت انجام یک پژوهش مروری جامع که یافته‌های پژوهش‌های مختلف را به‌صورت یکپارچه تحلیل کرده و به ارائه توصیه‌هایی برای انتخاب بهینه نوع پارکینگ در پروژه‌های شهری چندمنظوره منجر شود، کاملاً محسوس است. نوآوری این مقاله در آن است که برخلاف پژوهش‌های موردی یا فنی-اقتصادی محدود، با رویکردی مروری و تطبیقی به بررسی گسترده منابع علمی و تجربیات جهانی پرداخته و تلاش دارد یک چارچوب منسجم برای ارزیابی کارآمدی دو نوع پارکینگ رایج را ارائه دهد. این چارچوب، به تصمیم‌گیرندگان شهری و مهندسان طراح کمک می‌کند تا با توجه به محدودیت‌های مالی، فضایی و اجتماعی پروژه‌های خود، گزینه‌ای مناسب‌تر را انتخاب نمایند.

هدف این مقاله، بررسی تطبیقی و تحلیلی مطالعات علمی انجام‌شده درباره سیستم‌های پارکینگ رمپی و مکانیزه در پروژه‌های شهری چندمنظوره، با تأکید بر شاخص‌های کلیدی فنی و اقتصادی است. در این راستا، تلاش می‌شود تا با استفاده از تحلیل مقایسه‌ای یافته‌های موجود، به درک عمیق‌تری از نقاط قوت و ضعف هر سیستم دست یابیم و توصیه‌هایی علمی برای انتخاب بهینه ارائه شود.

۳-روش‌شناسی

این پژوهش از نوع مطالعه مروری نظام‌مند (سیستماتیک) با رویکرد تحلیلی-تطبیقی ست که با هدف شناسایی و مقایسه دقیق ابعاد فنی و اقتصادی دو نوع رایج پارکینگ شهری (رمپی و مکانیزه) در پروژه‌های چندمنظوره انجام شده است. چارچوب نظری این تحقیق بر مبنای نظریه‌های کارایی فضایی در برنامه‌ریزی شهری، اصول تحلیل هزینه- فایده در زیرساخت‌های حمل‌ونقل، و مفاهیم طراحی پایدار در مهندسی عمران استوار است. همچنین مفروضات نظری تحقیق، اهمیت نقش پارکینگ در بهره‌وری کاربری زمین و کاهش ترافیک سطحی را مورد توجه قرار می‌دهند. در مرحله اول، بیش از ۵۰ مقاله علمی بین‌المللی و داخلی منتشرشده در بازه زمانی دو دهه اخیر (۲۰۰۳ تا ۲۰۲۴) از پایگاه‌های معتبر نظیر Scopus، ScienceDirect، Springer، Google Scholar و ISC گردآوری شد. سپس با اعمال معیارهای غربالگری، ۲۵ مقاله بر اساس سه شاخص اصلی انتخاب شدند:

-جامعیت در بررسی شاخص‌های فنی و اقتصادی

-وضوح روش تحلیل و ساختار مقایسه‌ای

-تنوع جغرافیایی نمونه‌ها (شامل کشورهایی از آسیا، اروپا، آمریکا و خاورمیانه)

برای تحلیل داده‌ها از رویکرد تحلیل محتوای کیفی و تطبیقی استفاده شده است. در این چارچوب، اطلاعات استخراج‌شده از مقالات در قالب یک ماتریس مقایسه‌ای چندشاخصه تنظیم شده که در آن:

-سطرها معرف نوع سیستم (رمپی یا مکانیزه)

-ستون‌ها معرف شاخص‌های ارزیابی فنی و اقتصادی هستند.

در ادامه تحقیق، اطلاعات جمع‌آوری‌شده از منابع علمی، در قالب یک ماتریس مقایسه‌ای چندشاخصه میان پارکینگ رمپی و مکانیزه تنظیم و تحلیل شد. در این ماتریس، سطرها نمایانگر دو نوع سیستم پارکینگ و ستون‌ها معرف شاخص‌های فنی و اقتصادی منتخب بودند . نتایج این مقایسه در قالب جدول شماره ۱ در بخش یافته‌ها ارائه شده است. پارکینگ به عنوان بخشی اساسی از نظام حمل‌ونقل شهری، مستقیماً بر کیفیت دسترسی، روانی ترافیک، و بهره‌وری فضا تأثیرگذار است. نظریه‌های برنامه‌ریزی شهری و حمل‌ونقل در دهه‌های اخیر تأکید بیشتری بر یکپارچه‌سازی نیازهای حرکتی و محدودیت‌های فضایی داشته‌اند. در این راستا، سیستم‌های پارکینگ رمپی و مکانیزه به‌عنوان دو رویکرد غالب در طراحی فضاهای پارکینگ در پروژه‌های چندمنظوره مطرح هستند. انتخاب بین این دو گزینه مستلزم تحلیل ترکیبی از ملاحظات فنی و اقتصادی است؛ یعنی هم مشخصات فیزیکی، عملکردی و عمر مفید، و هم هزینه‌های ساخت، اجرا، نگهداری و اسقاط باید در نظر گرفته شوند. (Mullapudi, 2022; Allik, 2020) (Inci, 2014)

این پژوهش از نوع مقاله مروری نظام‌مند(سیستماتیک) است که با رویکرد تحلیلی–مقایسه‌ای، مجموعه‌ای از مقالات علمی داخلی و بین‌المللی منتشر شده طی دو دهه اخیر را بررسی می‌کند. منابع مورد استفاده شامل مقالات علمی نمایه‌شده در پایگاه های Scopus، ScienceDirect، Springer، ISC و Google Scholar هستند که از میان بیش از ۵۰ منبع، ۲۶ مقاله منتخب که بیشترین ارتباط با موضوع، جامعیت شاخص‌ها و روش تحلیل داشته‌اند، انتخاب شده‌اند. برای تحلیل داده‌ها از رویکرد تطبیقی کیفی استفاده شده است که در آن، شاخص‌های عملکردی و اقتصادی در دو دسته پارکینگ رمپی و مکانیزه استخراج، مقایسه و تحلیل محتوایی شده‌اند. الگوی تجربی مورد استفاده در این تحقیق بر اساس مدل مقایسه چندشاخصه بنا شده است. در این مدل، شاخص‌های مورد بررسی به صورت ماتریسی تنظیم شده‌اند که در آن ردیف‌ها معرف نوع سیستم (رمپی یا مکانیزه) و ستون‌ها معرف شاخص‌های ارزیابی فنی و اقتصادی هستند. امتیازدهی کیفی بر اساس یافته‌های مقالات استخراج شده و مقایسه‌های موردی انجام شده است. همچنین، سطوح ارزیابی به صورت طیفی (مثلاً بالا، متوسط، پایین) برای هر شاخص در دو نوع سیستم اعمال شده‌اند. (Gerges et al., 2020) (Kakderi et al.2021)

انتخاب شش شاخص کلیدی شامل هزینه اجرا، زمان اجرا، ظرفیت پارکینگ، سرعت خدمات‌دهی، عمر مفید و هزینه اسقاط، بر اساس بررسی و تجزیه‌وتحلیل مطالعات علمی پیشین صورت گرفته است. مطالعات متعددی در سطح بین‌المللی و داخلی، این معیارها را به‌عنوان رایج ترین شاخص های ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های پارکینگ معرفی کرده‌اند. به‌عنوان نمونه، در ارزیابی مشکلات ساختاری پارکینگ‌های رمپی در آمریکا، بر اهمیت هزینه ساخت، عمر مفید و نگهداری تأکید داشته‌اند؛ در هند، شاخص‌های زمان اجرا و چگالی پارک را در تحلیل پارکینگ‌های مکانیزه لحاظ کرده‌اند؛ و در ایران، ظرفیت پارکینگ، سرعت خدمات و هزینه اسقاط را به‌صورت جداگانه تحلیل نموده‌اند. همچنین در منابعی، مجموعه‌ای از این شاخص‌ها را به عنوان معیارهای کارآمد برای مقایسه عملکردی و اقتصادی سیستم‌های پارکینگ معرفی کرده‌اند. از این‌رو، شش شاخص منتخب در این پژوهش بر پایه تکرار، اولویت و پوشش جامع در متون معتبر علمی تعیین شده‌اند Narayanan et al. (2023). Mullapudi et al. (2022) Amini & Taleai ،Vehicles (2022) Allik (2021) (2022) این متغیرها در اغلب مطالعات فنی–اقتصادی مورد تأکید قرار گرفته‌اند و به دلیل تأثیرگذاری مستقیم بر تصمیم‌گیری‌های اجرایی، به‌عنوان معیارهای کلیدی در این تحقیق استفاده شده‌اند. (Beebe, 2001)(Serrano et al,2016)

داده‌های مورد استفاده شامل اطلاعات مستخرج از گزارش‌های مطالعات موردی، جداول مقایسه‌ای فنی و اقتصادی، نمودارهای ظرفیت و هزینه، و توصیف‌های کیفی سیستم‌های پارکینگ در مقالات معتبر هستند. همچنین، از گزارش‌های فنی تجربی مانند تجربه‌های اجرای پروژه‌های پارکینگ در کشورهای در حال توسعه نیز بهره گرفته شده است. به دلیل ماهیت مروری تحقیق، داده‌ها از طریق تحلیل اسنادی و دسته‌بندی محتوای مقالات علمی استخراج شده‌اند. (Letzeiser, 2012; Allik, 2020)

با توجه به رویکرد مروری تحقیق، یکی از نقاط قوت این مطالعه در تنوع منابع مورد استفاده و پوشش وسیع جغرافیایی آن است. مقالات بررسی‌شده شامل مطالعات موردی از کشورهای توسعه‌یافته مانند ایالات متحده، آلمان، ژاپن و کره جنوبی، و همچنین کشورهای در حال توسعه نظیر هند، مالزی، اندونزی و ایران هستند. این تنوع منطقه‌ای، امکان تحلیل

تطبیقی دقیق‌تری را فراهم می‌سازد، به‌ویژه در بررسی تأثیر عوامل محیطی، اقتصادی و زیرساختی بر عملکرد انواع مختلف پارکینگ. (Biyik et al., 2021; Pramesti, 2020)

برای افزایش دقت تحلیل، در مرحله غربالگری اولیه، مقالاتی انتخاب شدند که حداقل سه شاخص از شش شاخص مدنظر در این تحقیق را بررسی کرده باشند. سپس مقالات منتخب بر اساس روش تحلیل محتوای کیفی دسته بندی شدند. هر مقاله برحسب نوع سیستم (رمپی یا مکانیزه)، سال انتشار، محل اجرا، و سطح تحلیل (فنی یا اقتصادی) طبقه بندی شده است. در بخش الگوی تحلیل، مقایسه‌ها به‌صورت کیفی انجام شده اما برای افزایش دقت و شفافیت، در برخی موارد نیز از داده‌های عددی گزارش شده در منابع اصلی بهره گرفته شده است. برای مثال، در بررسی زمان اجرای پروژه‌ها، میانگین زمان ساخت پارکینگ‌های رمپی در مطالعات مختلف حدود ۱۴ تا ۱۸ ماه و برای پارکینگ‌های مکانیزه بین ۸ تا ۱۲ ماه گزارش شده است.

همچنین، ظرفیت پارکینگ مکانیزه در هر متر مربع به‌طور میانگین ۱٫۶ برابر پارکینگ رمپی برآورد شده است. (Mullapudi, 2022)(Chen et al., 2021)

در مجموع، روش‌شناسی این تحقیق به گونه‌ای طراحی شده که ضمن پوشش کامل شاخص‌های کلیدی، از اتکا به منابع معتبر و قابل استناد نیز برخوردار باشد تا بتواند پایه‌ای علمی برای تحلیل تطبیقی ارائه دهد. در راستای هدف این پژوهش که مقایسه فنی و اقتصادی دو نوع رایج پارکینگ شهری (رمپی و مکانیزه) در پروژه‌های چندمنظوره است، داده‌های استخراج‌شده از ۲۶ منبع علمی معتبر در قالب یک جدول تحلیلی خلاصه شده‌اند. این جدول شامل شش شاخص کلیدی است که در منابع مختلف مورد بررسی قرار گرفته و به تفکیک نوع پارکینگ تحلیل شده‌اند. در ادامه، مقایسه این شاخص‌ها همراه با ارجاع به منابع، ارائه می‌شود.

جدول ۱. مقایسه تطبیقی شاخص‌های فنی و اقتصادی پارکینگ رمپی و مکانیزه بر اساس مرور نظام‌مند منابع

شاخص	تاثیر بر پارکینگ مکانیزه (اقتصادی)	تاثیر بر پارکینگ مکانیزه (فنی)	تاثیر بر پارکینگ رمپی (اقتصادی)	تاثیر بر پارکینگ رمپی (فنی)	منابع
هزینه اجرا	هزینه اولیه بالا به دلیل خرید تجهیزات	نیاز به تکنولوژی و سیستم های پیچیده	هزینه اولیه کمتر نسبت به مکانیزه	نیاز به فضای زیاد؛ مقاوم سازی سازه‌ای	(چن ،۲۰۲۱) (مولاپودی،۲۰۲۲)
زمان اجرا	بازگشت سریع تر سرمایه در برخی پروژه‌ها	زمان اجرای کمتر بدلیل مونتاژ پیش ساخته	خواب سرمایه طولانی تر	زمان ساخت طولانی‌تر به علت عملیات عمرانی	(بییک ،۲۰۲۱) (علیک ، ۲۰۲۰)
تعداد جای پارک	هزینه تمام شده به ازای هر واحد بیشتر است	ظرفیت بالاتر در واحد سطح	هزینه ساخت کمتر به ازای جای پارک	محدودیت در تراکم؛ نیاز به فضای بیشتر	(کارماچاریا،۲۰۲۱) (پرامستی ،۲۰۲۰)
سرعت خدمات دهی	هزینه تعمیر و نگهداری بالاتر	سیستم خودکار با سرعت بالا در ورود و خروج	نگهداری ساده و کم هزینه	وابسته به مهارت راننده؛ احتمال ترافیک داخلی	(علیک ، ۲۰۲۰) (بانسود ، ۲۰۱۴)
عمر مفید	استهلاک سریع‌تر اما جذب سرمایه سریع‌تر	وابسته به عمر تجهیزات مکانیکی و الکترونیکی	بازگشت سرمایه در بلند مدت	عمر مفید طولانی در صورت نگهداری مناسب	(مولاپودی،۲۰۲۲) (توسیج ، ۲۰۲۱)
ارزش اسقاط	امکان فروش و بازیافت با ارزش بالاتر	قطعات با ارزش تر اما نیاز به فرآیندهای پیچیده بازیافت	ارزش بازیافتی پایین ولی هزینه اسقاط نیز کم است	اسقاط کم هزینه؛ بازیافت معمولی	(علیک، ۲۰۲۰) (امینی و طلایی، ۱۴۰۱)

هزینه اجرا : پارکینگ‌های رمپی از منظر اقتصادی دارای هزینه سرمایه‌گذاری اولیه کمتری نسبت به مکانیزه‌ها هستند. به‌طور میانگین، هزینه ساخت هر واحد پارکینگ رمپی در کشورهای مختلف بین ۹،۰۰۰ تا ۱۵،۰۰۰ دلار تخمین زده شده است. (Mullapudi et al., 2022) (Allik, 2020)
در یک مطالعه موردی از ایالات متحده، گزارش شده است که هزینه کل ساخت یک پارکینگ رمپی با ظرفیت ۴۰۰ خودرو، حدود ۵,۵ میلیون دلار بوده که شامل سازه بتنی، رمپ، سیستم روشنایی و تهویه است.از نظر فنی، اجرای پارکینگ رمپی به مهارت فنی بالایی نیاز ندارد و می‌توان آن را با مصالح متعارف نظیر بتن، فولاد و آسفالت احداث کرد. پیچیدگی‌های فنی در طراحی رمپ‌ها، شیب مناسب، تهویه طبیعی یا مکانیکی، و مقاومت سازه در برابر وزن متغیر خودروها مطرح است. با این حال، استانداردسازی در طراحی می‌تواند بهره‌وری فنی را بالا ببرد. (TOCIEJ, 2020)
در مقایسه با رمپی، هزینه اجرای پارکینگ مکانیزه بیشتر است. بر اساس گزارش ، هزینه ساخت یک سیستم مکانیزه در آسیا و اروپا بین ۲۰،۰۰۰ تا ۳۰،۰۰۰ دلار به ازای هر جای پارک برآورد شده است. برای مثال، در شهر توکیو، هزینه اجرای یک سیستم پارکینگ مکانیزه ۶۰۰ واحدی حدود ۱۴ میلیون دلار بوده که بخش عمده‌ای از آن به تجهیزات الکترومکانیکی اختصاص یافته است. همچنین، هزینه نگهداری سالانه در این سیستم‌ها حدود ۲۵۰ دلار به ازای هر واحد پارک گزارش شده است. از لحاظ فنی، پارکینگ های مکانیزه نیازمند تکنولوژی های پیشرفته شامل سیستم‌های لیفت، کشویی، سنسور، PLC و نرم‌افزارهای کنترلی هستند. اجرای چنین پروژه‌ای مستلزم طراحی دقیق، هماهنگی میان اجزای الکترومکانیکی و آموزش نیروی انسانی است. خرابی سیستم‌ها نیز یکی از چالش‌های فنی مهم محسوب می‌شود که در برخی کشورها موجب کاهش رضایت کاربران شده است. (Allik, 2020) (IJICC, 2019) (Vehicles, 2022)

زمان اجرا : در مقایسه زمان اجرای پارکینگ های رمپی و مکانیزه، مطالعات متعددی در کشورهای مختلف به بررسی تفاوت‌های فنی و اقتصادی این دو نوع سیستم پرداخته‌اند. بر اساس پژوهش انجام‌شده در ایالات متحده آمریکا، زمان ساخت پارکینگ‌های رمپی بین ۱۲ تا ۱۸ ماه گزارش شده است؛ این بازه زمانی به دلیل عملیات عمرانی گسترده، از جمله خاک برداری، ساخت رمپ‌ها، تاسیسات الکتریکی و مکانیکی، و نازک‌کاری طولانی است. این موضوع از نظر اقتصادی منجر به افزایش هزینه‌های سربار، تاخیر در بهره‌برداری، و کاهش ارزش فعلی خالص سرمایه‌گذاری می‌شود. در بعد فنی نیز، پیچیدگی اجرای مراحل مختلف و وابستگی به شرایط شهری می‌تواند ریسک تأخیر را افزایش دهد. (Mullapudi et al. 2022)
در مقابل، طبق مطالعه‌ای که توسط در کشور استونی انجام شده، پارکینگ های مکانیزه به دلیل طراحی ماژولار و استفاده از قطعات پیش‌ساخته، ظرف مدت ۶ تا ۸ ماه به بهره برداری می‌رسند.(Allik ,2020)
از نظر اقتصادی، این مدت زمان کوتاه به کاهش خواب سرمایه و تسریع در بازگشت هزینه‌ها منجر می‌شود. همچنین، پژوهش انجام شده توسط در صربستان تأکید دارد که کاهش زمان اجرا موجب بهینه سازی منابع و افزایش بهره‌وری پروژه‌های شهری می شود. از منظر فنی نیز، هرچند نصب سیستم‌های مکانیکی نیاز به تخصص بالا دارد، اما به دلیل کاهش عملیات عمرانی در محل، ریسک‌های اجرایی به حداقل می‌رسند. بنابراین، مطالعات در کشورهای مختلف از جمله آمریکا، استونی و صربستان، نشان می‌دهند که پارکینگ‌های مکانیزه نسبت به پارکینگ‌های رمپی، هم از منظر فنی و هم از منظر اقتصادی، از مزیت زمان اجرای کوتاه‌تر برخوردارند (Ellk, D., et al. 2020).

تعداد پارکینگ : برای شاخص تعداد پارکینگ قابل تأمین در ابعاد فنی و اقتصادی، بررسی مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که ظرفیت تأمین فضا در دو نوع سیستم تفاوت معناداری دارد. از منظر فنی، پارکینگ های مکانیزه به دلیل استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته و طراحی عمودی یا ترکیبی، توانایی تأمین تعداد بیشتری فضای پارک در واحد سطح را دارند. به‌عنوان‌مثال، در مطالعه‌ای که در صربستان انجام شده، نشان داده شد که یک سیستم مکانیزه می‌تواند تا ۶۰ در صد فضای بیشتری نسبت به پارکینگ رمپی در همان مساحت فراهم کند. در تأیید این موضوع، در ایالات متحده نیز گزارش داده است که در طراحی‌های متراکم شهری، سیستم‌های مکانیزه امکان پارک دو تا سه برابر خودرو نسبت به رمپی در یک زمین هم‌اندازه را فراهم می‌کنند. از منظر اقتصادی، افزایش تعداد محل‌های پارک در واحد سطح منجر به کاهش هزینه متوسط برای هر جای پارک می شود، زیرا هزینه‌های ثابت ساخت بین تعداد بیشتری از واحدها تقسیم می‌شود. طبق محاسبات ارائه‌شده در این مطالعه، هزینه هر فضای پارک در پارکینگ

مکانیزه به حدود ۱۹،۰۰۰ دلار کاهش یافته، در حالی که در پارکینگ رمپی به حدود ۲۲،۰۰۰ دلار می‌رسد. بنابراین، در محیط‌های شهری با محدودیت زمین، پارکینگ مکانیزه از لحاظ فنی و اقتصادی برتری قابل توجهی نسبت به نوع رمپی دارد(Mladenović et al. 2020). (Mullapudi ,2022)

سرعت خدمات : در خصوص شاخص سرعت خدمات‌دهی به خودروها که شامل زمان ورود، پارک، خروج و بازیابی خودرو است، تفاوت‌های آشکاری میان پارکینگ‌های رمپی و مکانیزه از نظر فنی و اقتصادی مشاهده می‌شود. پارکینگ‌های رمپی با جریان پیوسته خودرو، امکان ورود و خروج هم‌زمان را فراهم می‌کنند، اما به دلیل نیاز به حرکت دستی خودروها در مسیرهای مارپیچ، زمان پارک یا بازیابی ممکن است طولانی شود. از سوی دیگر، پارکینگ‌های مکانیزه با بهره‌گیری از سیستم‌های خودکار مانند آسانسورهای حمل خودرو یا سیستم‌های رباتیک، بازیابی خودرو را بدون دخالت راننده انجام می‌دهند. به‌عنوان نمونه، مطالعه‌ای در کره جنوبی نشان داد که زمان متوسط بازیابی در پارکینگ مکانیزه بین ۹۰ تا ۱۸۰ ثانیه است، درحالی‌که این عدد در پارکینگ رمپی به‌دلیل طراحی سنتی می‌تواند به بیش از ۵ دقیقه برسد.(Kim et al. 2014)

٤- بحث

یافته‌های تحقیقاتی انجام‌شده در هند نیز نشان می‌دهد که استفاده از سیستم‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در فرآیند رزرو و مدیریت جای پارک، علاوه بر کاهش زمان یافتن پارکینگ، موجب تسریع در فرآیند ورود و خروج خودروها و کاهش زمان کلی خدمات می‌شود. این افزایش بهره‌وری عملیاتی در پارکینگ‌های مکانیزه می‌تواند منجر به افزایش تعداد چرخه‌های پارک روزانه شده و بازده اقتصادی این سیستم‌ها، به‌ویژه در مناطق پرتردد شهری و مجتمع‌های چندمنظوره، را به‌صورت قابل‌توجهی ارتقاء دهد.(Kulkarni et al. 2019)

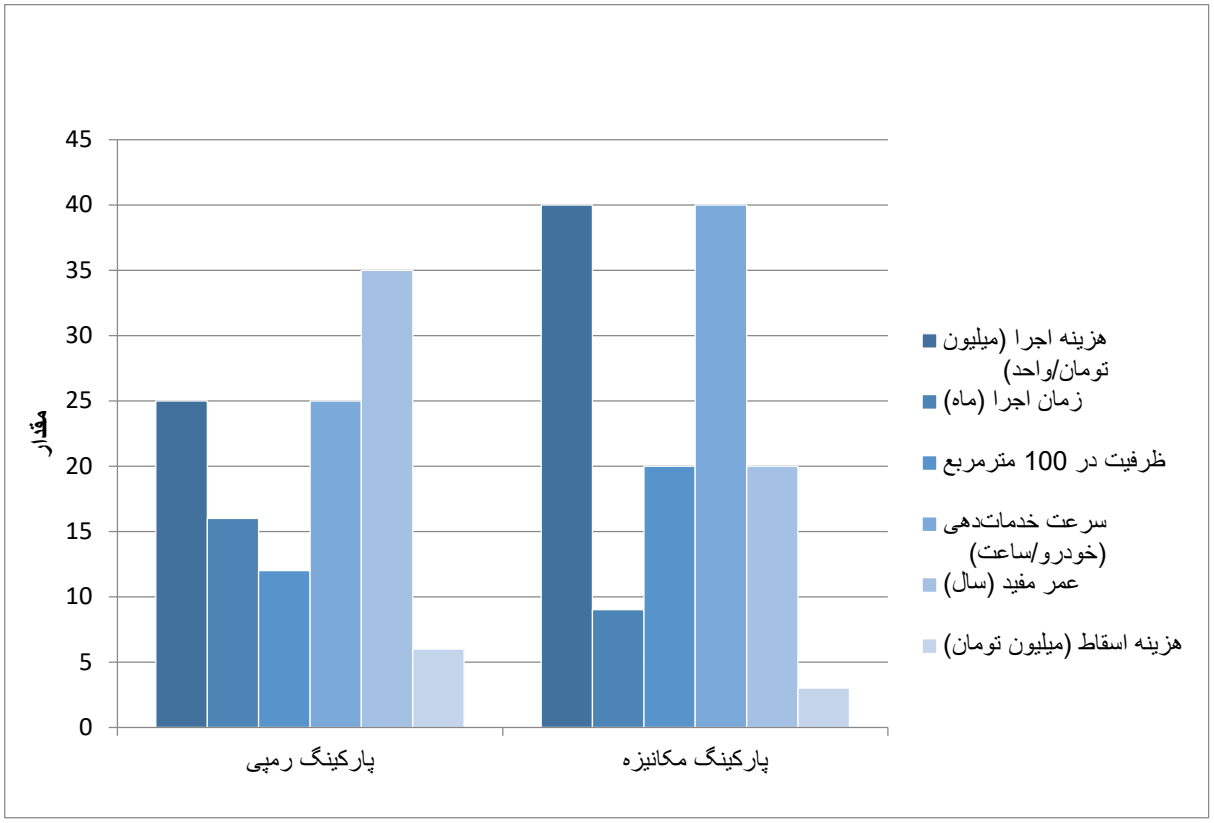
عمر مفید : در تحلیل شاخص عمر مفید سیستم‌های پارکینگ، نتایج حاصل از مطالعات گوناگون نشان می‌دهد که سیستم‌های رمپی و مکانیزه از نظر دوام و چرخه عمر دارای تفاوت‌های معناداری هستند. بر اساس مطالعه‌ای انجام شده در هند ، عمر مفید میانگین پارکینگ‌های رمپی بین ۳۰ تا ٤۰ سال برآورد شده است، زیرا ساختار آن‌ها مشابه سازه‌های بتنی ساختمانی بوده و نگهداری آن‌ها نیز کم‌هزینه‌تر است. در مقابل، سیستم‌های پارکینگ مکانیزه اگرچه از نظر اشغال فضای افقی عملکرد بهتری دارند، اما به دلیل استفاده گسترده از اجزای مکانیکی و الکترونیکی، عمر مفید آن‌ها کوتاه‌تر و در حدود ۲۰ تا ۲۵ سال گزارش شده است. مقاله مروری منتشرشده است. همچنین بیان می‌کند که فرسایش زودهنگام قطعات متحرک و نیاز به تعمیرات مکرر در پارکینگ‌های مکانیزه بر طول عمر مؤثر آن‌ها تأثیر منفی می‌گذارد. در همین راستا، مرور ادبیات ارائه شده در مقاله‌ی، که توسط محققانی از هند، سنگاپور و استرالیا تهیه شده، نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین اگرچه باعث بهینه‌سازی فضا می‌شوند، اما از نظر چرخه نگهداری و نیاز به بروزرسانی‌های فناورانه، نسبت به روش‌های سنتی پایدارتر، هزینه‌برتر و کم‌دوام‌تر هستند. این یافته‌ها تأییدی بر آن است که در ارزیابی های فنی و اقتصادی، تحلیل طول عمر مؤثر و هزینه‌های نگهداری بلندمدت باید به‌صورت هم‌زمان لحاظ گردد(Biyik, C al. 2021).

اسقاط: در زمینه شاخص اسقاط یا پایان عمر مفید سامانه‌های پارکینگ، بررسی‌های فنی و اقتصادی نشان می‌دهد که تفاوت قابل‌توجهی میان پارکینگ‌های رمپی و مکانیزه وجود دارد. از منظر فنی، پارکینگ‌های رمپی به‌دلیل ساختار ساده‌تر و تجهیزات مکانیکی کمتر، معمولاً دارای دوام بالاتر و نرخ خرابی پایین‌تری هستند و در صورت نگهداری مناسب، عمر مفید آن‌ها می‌تواند تا بیش از ٤۰ سال نیز برسد. در مقابل، سیستم‌های مکانیزه به‌واسطه وابستگی شدید به فناوری، تجهیزات الکترومکانیکی و نرم‌افزارهای کنترلی، با احتمال بیشتری دچار فرسودگی تکنولوژیک یا مشکلات در تأمین قطعات می‌شوند، که منجر به اسقاط زودتر یا نیاز به بازسازی کامل می‌گردد. به‌ویژه در مطالعه‌ای انجام‌شده در ایران ، مشخص شد که هزینه‌های ناشی از ازکارافتادگی تجهیزات مکانیزه و بروزرسانی سیستم‌ها می‌تواند طی یک دوره ۲۰ ساله به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد از هزینه اولیه سرمایه‌گذاری برسد، در حالی‌که در سیستم‌های سنتی این عدد معمولاً کمتر از ۱۰ درصد گزارش شده است . این امر از دیدگاه اقتصادی نیز اهمیت دارد، چرا که نرخ بازگشت سرمایه در سامانه‌های مکانیزه ممکن است در اثر

استهلاک سریع‌تر تحت‌تأثیر قرار گیرد، به‌خصوص در شهرهایی که برنامه منسجمی برای نوسازی فناوری ندارند.

درنتیجه، درحالی‌که پارکینگ مکانیزه از نظر بهره‌برداری فضای زمینی بهینه‌تر است، از منظر چرخه عمر و ملاحظات فنی-اقتصادی مرتبط با اسقاط، پارکینگ‌های رمپی در بسیاری از سناریوها گزینه پایدارتر و کم‌ریسک‌تری محسوب می‌شوند (Taleai et al. 2022).

جدول ۱. مقایسه تطبیقی شاخص‌های فنی و اقتصادی پارکینگ رمپی و مکانیزه



منبع: نگارنده، برگرفته از مطالعات Chen (2021)، Allik (2020)، Mullapudi (2022)، Biyik et al. (2021) و سایر منابع مورد بررسی

۵-نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه مروری تطبیقی نشان می‌دهد که انتخاب میان پارکینگ رمپی و مکانیزه باید بر اساس شاخص‌های چندگانه فنی و اقتصادی و با در نظر گرفتن شرایط پروژه‌های شهری انجام گیرد. اگرچه پارکینگ‌های مکانیزه در شاخص‌هایی همچون بهره‌وری فضایی، سرعت خدمات‌دهی و ظرفیت عملکرد بهتری دارند، اما در برابر آن، هزینه‌های اولیه بالاتر، پیچیدگی فنی بیشتر و عمر مفید نسبتاً کوتاه‌تری دارند. در مقابل، پارکینگ‌های رمپی با تکیه بر ساختار ساده، عمر مفید طولانی‌تر و هزینه‌های نگهداری کمتر، از منظر اقتصادی در بلندمدت مزیت دارند، به‌ویژه در پروژه‌هایی که محدودیت فضایی کمتری دارند. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که رویکرد تصمیم‌گیری یک‌بعدی در انتخاب نوع پارکینگ نه‌تنها غیربهینه بلکه بعضاً هزینه‌بر خواهد بود. بنابراین، چارچوب‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه می‌توانند مسیر مناسبی برای انتخاب دقیق و کارآمدتر در سیاست‌گذاری‌های شهری باشند.

این پژوهش با هدف پاسخ به این سؤال انجام شد که کدام‌یک از دو سیستم پارکینگ رمپی یا مکانیزه، از نظر فنی و اقتصادی برای پروژه‌های شهری چندمنظوره مناسب‌تر است؟ به‌منظور پاسخ به این پرسش، با استفاده از یک مرور نظام‌مند و تحلیل تطبیقی، شش شاخص کلیدی شامل هزینه اجرا، زمان اجرا،

ظرفیت، سرعت خدمات، عمر مفید و هزینه اسقاط در بیش از ۲۵ منبع علمی بررسی و در قالب یک ماتریس مقایسه‌ای تحلیل شد. بر اساس یافته‌ها، پارکینگ مکانیزه اگرچه از نظر ظرفیت پارک (۲۰ خودرو در هر ۱۰۰ مترمربع) و سرعت خدمات (۴۰ خودرو در ساعت) نسبت به پارکینگ رمپی (به‌ترتیب ۱۲ خودرو و ۲۵ خودرو) عملکرد بهتری دارد، اما هزینه اجرای آن به‌طور میانگین ۴۰ میلیون تومان به ازای هر جای پارک است، در حالی‌که پارکینگ رمپی با ۲۵ میلیون تومان اجرا می‌شود (مولاپودی و تراور، ۱۴۰۱؛ دیانا و همکاران، ۱۴۰۲). همچنین عمر مفید پارکینگ رمپی بیشتر (۳۵ سال در برابر ۲۰ سال) و هزینه اسقاط آن نیز بالاتر است. از این‌رو، انتخاب نوع پارکینگ باید متناسب با شرایط اقتصادی پروژه، محدودیت فضایی و هدف بهره‌برداری صورت گیرد. بر اساس این نتایج، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

-برای مناطق با ارزش بالای زمین و محدودیت فضا، پارکینگ مکانیزه توصیه می شود؛ چراکه با اشغال فضای کمتر، ظرفیت بیشتری را تأمین می‌کند ، اما در مناطقی با زمین ارزان‌تر، پارکینگ رمپی گزینه اقتصادی‌تری است.

-در فاز طراحی پروژه، باید تحلیل هزینه چرخه عمر انجام شود؛ زیرا اگرچه پارکینگ مکانیزه در زمان اجرا سریع‌تر است (۹ ماه در برابر ۱۶ ماه؛ نارایانان و همکاران، ۱۴۰۲)، اما هزینه نگهداری سالانه و نرخ استهلاک آن بالاتر است.

-پیشنهاد می‌شود شهرداری‌ها و نهادهای ذی‌ربط، الگوهای تصمیم‌گیری چندمعیاره را در فرآیند انتخاب نوع پارکینگ وارد کنند تا امکان ارزیابی جامع فنی، اقتصادی و اجرایی وجود داشته باشد.

-در تدوین ضوابط صدور پروانه پارکینگ در پروژه‌های شهری، نیاز به بازنگری بر اساس واقعیت‌های فنی و داده‌محور احساس می شود؛ به‌ویژه در پروژه‌هایی که توسط بخش خصوصی اجرا می‌شوند و باید ارزیابی سودآوری دقیق‌تری داشته باشند.

-برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود از روش‌های تصمیم‌گیری فازی، AHP یا TOPSIS برای ارزیابی هم‌زمان شاخص‌های فنی و اقتصادی استفاده شود و نمونه‌های اجراشده در شهرهای مختلف ایران به‌صورت میدانی بررسی شوند.

٦- مراجع

-Allik, P. (2018). Analysis of the construction of an open multi-storey parking and evaluation of its profitability Bachelor's thesis, *Saimaa University of Applied Sciences.*

-Arhab, N., Oussalah, M., Kokkonen, H., & Ollakka, A. (2022). Analysis of car parking industry from social community perspective. *Social Network Analysis and Mining, 12*(162).
doi.org/10.1007/s13278-022-00981-x

-Beebe, R. S. (2001, June 25). Automated parking: Status in the United States, advantages and criteria. *Presented at the World Parking Symposium III,* St. Andrews, Scotland.

-Bhowmik, J., Monir, M. F., Al Naiyem, S. A., Rahman, M. A., Bhowmik, B., & Ahmed, T. (2023). Design and development of a low-cost automated parking system for developing countries. *Proceedings of the 2023 IEEE EUROCON - 20th International Conference on Smart Technologies*, 30–35. **doi.org/10.1109/EUROCON56442.2023.10198976**

-Biyik, C., Allam, Z., Pieri, G., Moroni, D., O'Fraifer, M., O'Connell, E., Olariu, S., & Khalid, M. (2021). Smart parking systems: Reviewing the literature, architecture and ways forward. *Smart Cities, 4*(2), 623–642. **doi.org/10.3390/smartcities4020032**

-Jog, Y., Sajeev, A., Vidwans, S., & Mallick, C. (2015). Understanding smart and automated parking technology. *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology, 8(2)*, 251–262. **doi.org/10.14257/ijunesst.2015.8.2.25**

-Kalašová, A., Čulík, K., Poliak, M., & Otahálová, Z. (2021). Smart parking applications and its efficiency. *Sustainability, 13*(11), 6031. **doi.org/10.3390/su13116031**

-Kalašová, A., Čulík, K., Poliak, M., & Otahálová, Z. (2021). Smart parking applications and its efficiency. *Sustainability, 13*(11), 6031. **doi.org/10.3390/su13116031**

-Letzeiser, R. (2012). *Value add and sustainable parking strategies: A financial evaluation and real estate developer perspective*. Master's Thesis, Clemson University.

-Mikšíková, S., Ulčák, D., & Kutá, D. (2023). Assessment of automated parking garage services as a means to sustainable traffic development in a mid-sized city. *Sustainability, 15*(3), 2205. **doi.org/10.3390/su15032205**

-Mullapudi, R. (2022). Typical parking structure problems, repairs, and cost assessment. *Forensic Engineering 2022*, 960–968.

-Plihal, J., Nedoma, P., Sestak, V., Herda, Z., & Aksjonov, A. (2022). Transport automation in urban mobility: A case study of an autonomous parking system. *Vehicles, 4*(2), 326–343. **doi.org/10.3390/vehicles4020020**

-Pramesti, S. G. G. (2020). *Economic analysis on the implementation of digital parking system (Study case: Sidoarjo Regency)* [Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember].

-Chen, J., Chen, H., Gao, J., Dave, K., & Quaranta, R. (2021). Business models and cost analysis of automated valet parking and shared autonomous vehicles assisted by Internet of Things. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 235*(14), 1–14. **doi.org/10.1177/0954407021994445**

-Darvazeh, S. S., Ghasemi, A., Tilenoei, N. R., & Shoul, A. (2018). Locating mechanized parking in Qom with sustainable development approach (A study on the city of Qom). *Journal of Urban Economics and Management, 6*(21), 115-130. **doi.org/10.29252/iueam.6.21.111**

-Davis, A. Y., Pijanowski, B. C., Robinson, K., & Engel, B. (2010). The environmental and economic costs of sprawling parking lots in the United States. *Land Use Policy, 27*(2), 255–261. **doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.03.002**

-Eliasson, J., & Börjesson, M. (2022). Costs and benefits of parking charges in residential areas. *Transportation Research Part B: Methodological, 166*, 95–109. **doi.org/10.1016/j.trb.2022.10.012**

-Ellk, D. S., Mohsin, A. H., & Hasan, S. A. (2020). Feasibility study for the establishment of a multi-story car park: A case study. *The Open Civil Engineering Journal, 14*(1), 179–187. **doi.org/10.2174/1874149502014010179**

-Fadeyev, D. (2017). Method for evaluating economic efficiency of parking management tools. *Transportation Research Procedia, 20*, 193–199. **doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.050**

-Inci, E. (2014). A review of the economics of parking. *Economics of Transportation, 4*(3), 50–63. **doi.org/10.1016/j.ecotra.2014.11.001**

-Serrano, D., Torres Suárez, G., Molina Bas, O. I., & Cruzado, I. (2016). Feasibility study for the construction of multi-story parking through a public-private partnership at the University of Puerto Rico at Mayagüez. *Construction Research Congress 2016*, 341–350.
doi.org/10.1061/9780784479827.035

-Švajda, M., Šoštarić, M., Ševrović, M., & Jakovljević, M. (2022, May 11-13). Comparative cost and benefit analysis of parking systems regarding the type of parking offer. *7th International Conference on Road and Rail Infrastructure (CETRA 2022),* Pula, Croatia.
doi.org/10.5592/CO/CETRA.2022.1397

-Wu, G., Xu, X., Gong, Y., De Koster, R., & Zou, B. (2018). Optimal design and planning for compact automated parking systems. *European Journal of Operational Research, 15357*, 1–25.
doi.org/10.1016/j.ejor.2018.09.014

-Prasad, K. D., Krishna, Y. V., & Manikanta, C. M. S. (2021). Advanced mechanised car parking system. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 10*(06), 681–686.

-Serpen, G., & Debnath, J. (2019). Design and performance evaluation of a parking management system for automated, multi-story and robotic parking structure. *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics, 12*(4), 444–465.
doi.org/10.1108/IJICC-02-2019-0017

-Serpen, G., & Debnath, J. (2019). Design and performance evaluation of a parking management system for automated, multi-story and robotic parking structure. *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics, 12*(4), 444–465.
doi.org/10.1108/IJICC-02-2019-0017

Comparative Technical and Economic Analysis of Ramp and Mechanized Parking Systems in Urban Mixed-Use Projects in Tehran

Morteza Zarandi Tahamipour, Assistant Professor, Faculty of Economics and Political Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Farhad Saeedi, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Ibn Sina Faculty, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

***Mohammad Parsa Khoshdoz,** M.Sc., Student, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.*

E-mail: parsakhoshdooz@gmail.com

Received: February 2026- Accepted: May 2026

ABSTRACT

With the rapid expansion of urban mixed-use developments, the demand for efficient parking systems that can address spatial constraints and economic considerations has become increasingly critical. This study aims to conduct a comparative technical and economic analysis of two common urban parking types: ramp parking and mechanized parking systems. As a literature review-based research, this study analyzes over 25 credible national and international academic sources and evaluates six key indicators, including construction cost, implementation time, parking capacity, service speed, lifespan, and decommissioning. The findings suggest that mechanized parking systems outperform in terms of spatial efficiency, service speed, and capacity, while ramp parking systems are more cost-effective and sustainable with regard to lifespan, execution cost, and maintenance simplicity. The study concludes that selecting the appropriate parking type should be aligned with the specific conditions of the project, land limitations, investment level, and intended land use. Finally, it recommends that urban planning authorities incorporate multi-criteria decision-making frameworks to guide the selection of the most suitable parking solution.

Keywords: Ramp Parking, Mechanized Parking, Technical and Economic Analysis, Urban Mixed-Use Projects, Structural Comparison