

بررسی روش‌های نوین پرداخت کرایه حمل و نقل همگانی فرصت‌ها و محدودیت‌ها

مقاله علمی - پژوهشی

*مصطفی وامق (نویسنده مسئول)، استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی شیراز، شیراز، ایران

بهنام رستمی کامرود، گروه مهندسی عمران، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Vamegh@sutech.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۲ - پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲

صفحه ۴۶۲-۴۴۹

چکیده

پیشرفت مداوم فناوری‌های دیجیتال و گسترش دسترسی به آن‌ها، تحولات بنیادینی در زندگی روزمره انسان‌ها، به‌ویژه در حوزه حمل و نقل همگانی ایجاد کرده است. استفاده از فناوری‌های نوین در سیستم‌های پرداخت الکترونیک کرایه حمل و نقل همگانی برای مسافران، به‌ویژه در کلان‌شهرها که سفرهای روزانه فراوانی دارند، نقش کلیدی در ارتقاء کیفیت خدمات، تسهیل فرایندها و کاهش مشکلات زیرساختی ایفا می‌کند. این فناوری‌ها با کاهش زمان تراکنش‌ها و هزینه‌های مرتبط، همچنین با حفظ حریم خصوصی و افزایش امنیت داده‌های کاربران، به بهبود کارآمدی سیستم حمل و نقل، کاهش آلودگی زیست‌محیطی و افزایش ایمنی کمک قابل توجهی می‌کنند. در این مقاله، به صورت نظام‌مند، فناوری‌های پیشرفته پرداخت الکترونیک در حمل و نقل همگانی مورد بررسی قرار می‌گیرد. عوامل کلیدی اثرگذار در توسعه این فناوری‌ها و ویژگی‌های منحصر به فرد هر یک تحلیل شده و نقاط قوت و ضعف آن‌ها به منظور ارائه چشم‌اندازی جامع برای بهبود و به کارگیری بهینه این فناوری‌ها معرفی می‌شود. این مطالعه زمینه‌های پژوهشی آینده و راهکارهای کاربردی برای ارتقاء سیستم‌های پرداخت در حمل و نقل همگانی را نیز مشخص می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: NFC، سیستم‌های نوین پرداخت، بیومتریک، پرداخت الکترونیک، تلفن همراه، حمل و نقل همگانی

۱- مقدمه

هم‌زمان با افزایش سریع جمعیت و پیشرفت فراوان جهان صنعت و اقتصاد که موجب گسترش شهرها و افزایش بی‌رویه‌ی مهاجرت و فرهنگ شهرنشینی و شلوغی و ازدحام شده است، نیاز به جابجایی و حمل‌ونقل مسافر از مبدأ به مقصد نیز افزایش یافته که این نیاز موجب رشد روزافزون تعداد وسایل نقلیه شخصی، تراکم و شلوغی معابر و آلودگی زیست‌محیطی شده است. این پیامدهای مخرب عاملی جهت گسترش سریع سیستم حمل‌ونقل همگانی است که سرعت تغییرات در ساختارهای حمل‌ونقل شهری و هماهنگی مناسب با توسعه عمومی ساختار شهری عامل بسیار مهمی در میزان استقبال

مسافران از حمل‌ونقل همگانی است و کند بودن سرعت این تغییرات در بسیاری از شهرهای بزرگ موجب شده تا نسبت سفرهای انجام شده با سیستم همگانی نسبت به کل سفرها روند کاهشی نشان دهد (Ceder and Wilson, 1986). مسائل و مشکلات مربوط به حمل‌ونقل از قبیل تراکم، افزایش زمان‌های تلف شده، تصادفات، تخلفات، آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش منابع انرژی و روند رشد سریع تقاضای حمل‌ونقل باعث شده تا تامین حمل‌ونقل ایمن و کارا یکی از مهمترین مسائل پیش روی اغلب کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه محسوب شود. شهرها به طور فزاینده‌ای از

حمل و نقل عمومی کارآمد برای کاهش ترافیک، انتشار گازهای گلخانه‌ای و زمان رفت و آمد بسیار مهم می‌شود. سیستم‌های فعلی جمع‌آوری کرایه به دلیل زمان طولانی‌تر سوارشدن به اتوبوس و مسیرهای غیربهبوده، مانع از دستیابی به این اهداف می‌شوند. تلاش‌های اخیر برای حل این مشکل در قالب سیستم‌های جدید جمع‌آوری خودکار کرایه (AFC) صورت می‌گیرد که مسیرهای کاربران را عمدتاً با استفاده از داده‌های تراکشنی جمع‌آوری شده از سفر آن‌ها پیش‌بینی می‌کنند (Witvoet et al, 2024). سیستم‌های جمع‌آوری خودکار کرایه (AFC) برای پیشرفت زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی ضروری هستند (Ghorbankhani et al, 2025).

مزیت‌های سیستم‌های پرداخت الکترونیک برای مسافران، اپراتورها، بهره‌برداران و شرکت‌های خصوصی و بانک‌ها باعث اهمیت سیستم‌های پرداخت الکترونیک در حمل و نقل همگانی خواهد بود. مزایای سیستم کنترل پرداخت الکترونیکی در جمع‌آوری داده‌های ترافیکی است که امکان تجزیه و تحلیل و بهینه‌سازی عملیات حمل و نقل را با در نظر گرفتن نیازهای شهر، مسافران و جریان ترافیک مسافران فراهم می‌کند. این به نوبه خود به ایجاد تغییرات در برنامه حرکت وسایل نقلیه، مسیرهای وسایل نقلیه و انواع وسایل نقلیه، جمع‌آوری درآمدها با حذف تاثیر عامل انسانی، دریافت کامل وجه برای هر سفر با کارت‌های الکترونیکی اتوبوس، ارائه خدمات بهتر برای حمل و نقل مسافران از همه دسته‌ها، انجام تجزیه و تحلیل عملیاتی از فعالیت‌های آن‌ها، دریافت اطلاعات معتبر در مورد کار شرکت، بررسی نتایج قابل اعتماد عملکرد شرکت، کنترل هزینه بودجه اختصاص داده شده به شرکت و ارائه خدمات بهتر به مردم کمک می‌کند.

مسافرانی که از سیستم "بلیط سفر الکترونیکی" استفاده می‌کنند، این فرصت را خواهند داشت تا هزینه‌های سفر خود را کنترل نموده و برای صرفه‌جویی در سفرها با استفاده از بلیت مسافرتی الکترونیکی که اقتصادی‌تر است هزینه سفر خود یا چندین مسافر را پرداخت نموده و از سیستم کرایه انعطاف پذیرتر با استفاده از نرخ‌های مختلف حمل و نقل و انتخاب شرکت حمل و نقلی که خدمات بهتری برای حمل و نقل با هزینه کمتر ارائه می‌دهد استفاده کنند (Boiko et al. 2018).

اگرچه تحقیقات محدودی در بخش حمل و نقل وجود دارد، اما عمدتاً بر فروش بلیط از طریق تلفن همراه متمرکز بوده یا قبل از پذیرش فناوری پرداخت دیجیتال انجام شده است (Wani

فناوری‌های پیشرفته برای مقابله با چالش‌های پیچیده استفاده می‌کنند. به کارگیری فناوری‌هایی مانند فناوری اطلاعات و ارتباطات، هوش مصنوعی، تحلیل کلان داده‌ها و سیستم‌های خودکار در طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت شهرها می‌تواند تغییرات تحول‌آفرینی در ترکیب اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی آن‌ها ایجاد کند. این فناوری‌ها اغلب ماهیت تحول‌آفرین دارند و پتانسیل ایجاد تغییرات عمده در محیط‌های شهری با منابع محدود را دارند (Sha and Taeihagh and De Jong, 2024). در صورتیکه تا قبل از استفاده از این فناوری‌ها توسعه شبکه حمل و نقل اولین گزینه برای حل مشکلات بود. این راهکار نیاز به زمان و منابع مالی فراوان برای احداث زیرساخت‌ها و تسهیلات مربوط به آن داشت و از سوی دیگر با ایجاد شبکه جدید جذابیت استفاده از حمل و نقل خصوصی هم در اولویت قرار می‌گرفت و جاذبه جدیدی برای تولید سفر ایجاد می‌کرد. یکی از این فناوری‌های پیشرفته که در حال حاضر بسیار مورد توجه قرار گرفته است سیستم‌های حمل و نقل هوشمند می‌باشد. سیستم‌های حمل و نقل هوشمند به سرعت در حال گسترش هستند تا تقاضای فزاینده برای راه‌حل‌های حمل و نقل ایمن‌تر، کارآمدتر و پایدارتر را برآورده کنند. این سیستم‌ها ترکیبی از فناوری‌های پیشرفته، تحلیل داده‌ها و سیستم‌های ارتباطی هستند که هدف آن‌ها بهبود اثربخشی، امنیت و دوستانداری محیط زیست بودن شبکه‌های حمل و نقل است (Elassy et al, 2024).

با ادامه شتاب‌گیری شهرنشینی و افزایش تقاضا برای حمل و نقل کارآمد، ITS نقش مهمی در تعیین آینده تحرک ایفا می‌کند. دولت‌ها، شرکت‌ها و محققان در سراسر جهان منابع خود را به سمت اجرای فناوری‌های ITS برای ایجاد اکوسیستم‌های حمل و نقل هوشمندتر، متصل‌تر و دوستانداری محیط زیست اختصاص داده‌اند (Elassy et al, 2024).

در حال حاضر، دولت‌ها در سراسر جهان با چالش‌های متعددی از جمله مصرف بیش از حد انرژی، آلودگی هوا، ازدحام ترافیک، نرخ بالای تصادفات، تجربه رانندگی نامطلوب، افزایش زمان توقف رانندگان، و افزایش مصرف سوخت مواجه هستند (Elassy et al, 2024). با گسترش شهرنشینی در سطح جهان، مزایای بی‌شمار این سیستم‌ها، سازمان‌های حمل و نقل عمومی را بر آن داشته است تا آن‌ها را پیاده‌سازی کنند. درک عوامل مؤثر بر پذیرش چنین فناوری در مراحل اولیه ضروری است.

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی به منظور پذیرش استفاده از این فناوری‌ها انجام شده است که نتایج آن‌ها بر تمایل مسافران بر استفاده از این فناوری‌ها دلالت دارد. در جدول شماره ۲ تعدادی از این پژوهش‌ها ارائه شده است.

(et al, 2025). تراکنش‌های موبایلی امروزه به امری رایج تبدیل شده‌اند. رمزگذاری نوری (QR) و ارتباط میدان نزدیک (NFC) روش‌های پرداخت بدون پول نقد و بدون تماس محبوب هستند (Harnaningrum and Mahardhian, 2024). این مزیت‌ها دلیلی بر تمایل کشورهای در استفاده از فناوری پرداخت الکترونیک است. در جدول شماره ۱ کشورهای پیشرو در این پرداخت‌های الکترونیک معرفی شده‌اند.

جدول ۱. کشورهای پیشرو در استفاده از فناوری پرداخت الکترونیک

کشور	فناوری غالب	درصد حذف نقدی	زمان تراکنش	حجم تراکنش‌های بدون تماس (میلیارد)
سنگاپور	NFC/دسیفایر	۹۸ درصد	> ۰,۵ ثانیه	۵/۵
هند	UPI/کیف پول موبایل	۹۲ درصد	۱-۲ ثانیه	۴۸/۶
بریتانیا	کارت‌های بدون تماس	۹۰ درصد	۰,۷ ثانیه	۱۸/۳
ژاپن	فلیکا	۸۸ درصد	۰,۳ ثانیه	۵/۰
چین	Alipay/WeChat Pay	۸۶ درصد	۱ ثانیه	۲۹۱/۲
برزیل	Pix	۸۵ درصد	۲ ثانیه	۸/۶

جدول ۲. مطالعات پذیرش فناوری پرداخت الکترونیک

نویسنده	سال	منطقه مورد مطالعه	روش مدل‌سازی	تعداد نمونه	بخش بندی کاربران	معیارها و ویژگی‌ها
Ton et al.	۲۰۲۲	Netherlands	خوشه بندی مبتنی بر کلاس‌های پنهان (LCC)	۱۰۰۳۳	شش دسته	بخش اشتغال، سن، ترکیب خانوار، سطح تحصیلات
Rafiq and McNally	۲۰۲۱	USA	خوشه بندی مبتنی بر کلاس‌های پنهان (LCC)	۴۹۹۴	پنج دسته	روز سفر، تورهای روزانه، شامل تور کاری، تعداد سفرهای غیرکاری روزانه، زمان بندی سفرهای غیرکاری، کسری از سفرهای روزانه با حمل و نقل عمومی، وضعیت اشتغال، و متغیرهای کمکی مانند جنسیت، سن، نژاد، درآمد، اندازه خانوار، مالکیت وسیله نقلیه خانگی و تراکم جمعیت.
Soto et al.	۲۰۲۱	Colombia	معادلات ساختاری و الگوریتم خوشه بندی	۱۰۴۱	سه دسته	متغیرهای پنهان پیش‌بینی شده - نگرانی زیست‌محیطی، نگرش نسبت به فناوری، نگرش نسبت به استفاده از خودرو
Alonso-González et al.	۲۰۲۰	Netherlands	تحلیل عاملی اکتشافی (EFA) و خوشه بندی مبتنی بر کلاس‌های پنهان	۱۰۰۶	پنج دسته	ادغام حمل و نقل، حالت‌های حمل و نقل اشتراکی، برنامه‌های کاربردی موبایل و تمایل به پرداخت به عنوان شاخص‌های مدل. ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی، ویژگی‌های حمل و نقل و ویژگی‌های فناوری به عنوان متغیرهای کمکی.

Eldeeb and Mohamed	۲۰۲۰	Canada	مدل انتخاب مبتنی بر کلاس پنهان (LCM) و مدل مولفه های خطای تعاملی	۹۰۶	سه دسته	زمان سفر، کرایه سفر، زمان پیاده روی، سررسید سرویس، تعداد ترانسفرها، اطلاعات لحظه ای
Krizek and El-Geneid	۲۰۰۷	Twin Cities Minnesota, USA	الگوریتم خوشه بندی	۴۴۰۸	هشت دسته	نگرش راننده، خدمات مشتری، مکان و نوع خدمات، جذابیت خدمات، قابلیت اطمینان، درآمد و ارزش زمان، راحتی، ایمنی و شخصی، هزینه سفر، کودکان
Dash et al.	۲۰۲۳	India	الگوریتم خوشه بندی	۳۶۰	دو دسته	سبک زندگی، راحتی، امنیت، مشروعیت و سرعت تراکنش
Kirmani et al.	۲۰۲۲	India	معادلات ساختاری	۳۶۹	بدون دسته بندی	موضوعیت ندارد (N/A)
Qu et al.	۲۰۲۲	China	معادلات ساختاری	۴۴۲۸	بدون دسته بندی	موضوعیت ندارد (N/A)
Al-Okaily et al.	۲۰۲۰	Jordan	معادلات ساختاری در PLS	۲۷۰	بدون دسته بندی	موضوعیت ندارد (N/A)
Patil et al.	۲۰۲۰	India	معادلات ساختاری	۴۹۱	بدون دسته بندی	موضوعیت ندارد (N/A)
Ligon et al.	۲۰۱۹	Jaipur India	رگرسیون خطی	۱۰۰۳	بدون دسته بندی	موضوعیت ندارد (N/A)

یکی از این فناوری‌ها ی پیشرفته در سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل (ITS)، سیستم‌های پرداخت الکترونیک (EPS) است که در این مقاله انواع روش‌های نوین پرداخت الکترونیک، مزایا و معایب آن‌ها را معرفی خواهیم کرد. در واقع هدف از این پژوهش مروری بر روش‌های نوین پرداخت الکترونیک در حمل‌ونقل همگانی، بررسی عوامل کلیدی و معرفی کشورهای پیشنهاد در این زمینه است.

با تعداد مسافر کم یا زمان انتظار طولانی تر بین خدمات می‌توانند با سیستم‌های کندتر به خوبی کار کنند بدون اینکه تأثیر قابل توجهی بر کارایی عملیاتی داشته باشد (Hollnagel and Fook, 2019).

۲-۱-۲- یکپارچه سازی

برخی از روش‌های نوین پرداخت کرایه حمل‌ونقل همگانی این قابلیت را دارند که برای سایر خدمات مورد نیاز مسافران نیز از جمله خریدهای کوچک در ایستگاه‌ها و ... مورد استفاده قرار گیرند و این عامل مزیت قابل توجهی به شمار می‌رود.

۲-۱-۳- راه اندازی

برخی از مسافران در پذیرش فناوری‌های نوین تردید داشته و هنوز هم به استفاده از روش‌های قدیمی پرداخت کرایه اصرار دارند. روش‌های پرداخت نوین از نظر راه اندازی بایستی این قابلیت را داشته باشند تا ضمن تشویق مسافران (با نگاه به مزایای رقابتی آن‌ها) به استفاده از روش‌های نوین پرداخت، امکان استفاده از روش‌های قدیمی را هم فراهم سازند. در واقع امکان راه‌اندازی ترکیبی سیستم‌های نوین و قدیمی بصورت همزمان وجود داشته باشد.

۲- بررسی فناوری‌های پرداخت الکترونیک

برای بررسی و ارزیابی فناوری‌های پرداخت الکترونیک بایستی عوامل کلیدی که در استفاده از انواع این روش‌های نوین موثر هستند را شناسایی کرد. این شناخت و درک صحیح از ویژگی‌های سیستم‌های پرداخت الکترونیک کرایه در انتخاب نوع مناسب فناوری پرداخت کرایه کمک می‌کند.

۲-۱- ویژگی‌های سیستم پرداخت

۲-۱-۱- زمان تراکنش

زمان تراکنش یکی از مهم‌ترین عواملی است که بر انتخاب رسانه کرایه تأثیر می‌گذارد، زیرا برای اطمینان از حرکت روان در ایستگاه‌ها، به ویژه در ساعات اوج و در تقاطع‌های کلیدی، حیاتی است. زمان واکنش سریع ممکن است برای ایستگاه‌های پرتردد و دارای دروازه حیاتی تر باشد، در حالی که ایستگاه‌هایی

۲-۱-۴- قابلیت استفاده و راحتی

قابلیت استفاده و راحتی برای مسافران از اولویت‌هایی است که در زمان انتخاب روش‌های نوین پرداخت کرایه حمل‌ونقل بایستی در نظر گرفت. این مساله به خصوص در ساعات اوج و زمان‌های شلوغی حمل‌ونقل همگانی (تعطیلات پایان سال) برای مسافران بسیار حائز اهمیت خواهد بود.

۲-۱-۵- هزینه خدمات

معمولاً استفاده از اپلیکیشن‌ها و تلفن‌های همراه هوشمند برای مسافران هزینه اولیه در پی نخواهد داشت در صورتیکه برای تهیه کارت‌ها و یا انواع ابزار مبتنی بر NFC بایستی هزینه اولیه توسط مسافر پرداخت گردد که می‌تواند عامل تأثیر گذاری بر استفاده از روش پرداخت نوین باشد.

۲-۱-۶- هزینه عملیات

عملیاتی شدن هر یک از شیوه‌های نوین پرداخت کرایه حمل‌ونقل همگانی نیازمند ایجاد زیرساخت‌های سخت افزاری و نرم افزاری می‌باشد و این هزینه‌ها شامل دو دسته هزینه‌های استقرار و هزینه‌های نگهداری می‌باشد. بنابراین توجه به این نکته باعث تداوم استفاده مسافران و خدمت‌دهی بهره‌برداران خواهد بود. همچنین در صورتی که بدون مطالعه و برنامه ریزی نسبت به این هزینه اقدام به راه اندازی و استقرار شیوه‌های نوین گردد، تحمیل هزینه نهایی به بهره‌بردار و یا مسافر باعث حذف آن شیوه پرداخت خواهد شد.

۲-۱-۷- مقاومت در برابر تقلب و فرار از پرداخت کرایه

در انتخاب یک روش پرداخت بایستی به این نکته توجه شود که تاب آوری یک سیستم و ارائه خدمات مطلوب مبتنی بر جمع آوری کرایه است و در صورتی که این جمع آوری به نحو مطلوب انجام نشود و یا حفره‌هایی در سیستم وجود داشته باشد تا راه تقلب را فراهم کند آن سیستم در عمل با شکست مواجه خواهد شد. بنابراین پایش مداوم سیستم در زمان راه اندازی و خدمت‌دهی و ارتقا آن در برابر تقلب و فرار از پرداخت کرایه علاوه بر تداوم و کارایی باعث ایجاد حس مطلوبیت (حس امنیت) در مسافران نیز خواهد شد (Hollnagel and Fook, 2019).

۲-۱-۸- ملاحظات حریم خصوصی

حفظ حریم شخصی برای کاربران هر فناوری نوین از جمله مسافران حمل‌ونقل همگانی از اولویت‌های پذیرش آن فناوری است. علاوه بر روش انتخاب شده، سازمان‌های حمل‌ونقل و اپراتورها نیز باید تصمیمی درباره نحوه و زمان انجام آن بگیرند. به عنوان مثال، یک رویکرد تدریجی با پذیرش داوطلبانه، جایی که چندین گزینه روش پرداخت نوین با روش‌های سنتی و پول نقد ارائه می‌شود، به اپراتورها اجازه می‌دهد تا پذیرش گزینه‌های مختلف را ارزیابی کنند و اطمینان حاصل کنند که دسترسی برای مسافران محروم از نظر مالی و دیجیتال حفظ می‌شود، اما ممکن است هزینه بیشتری داشته باشد زیرا زیرساخت، آموزش و سرمایه‌گذاری سیستم برای هر روش پرداخت معرفی شده مورد نیاز است. علاوه بر این، اگر استفاده داوطلبانه با شد، پذیرش ممکن است کندتر باشد، به ویژه اگر این تصور وجود داشته باشد که زمان قابل توجهی برای ثبت‌نام لازم است، که ممکن است در صورت کند بودن انتقال حجم، بر دوره بازپرداخت تأثیر بگذارد. از سوی دیگر، انتقال اجباری احتمالاً برای ارائه‌دهندگان خدمات مقرون‌به‌صرفه‌تر خواهد بود، اما مهم است که اطمینان حاصل شود که ارتباطات درباره انتقال واضح است، زمان کافی برای سازگاری داده شده است و خدمات تخصصی برای کمک به مسافرانی که ممکن است در سازگاری با روش‌های جدید و/یا برآورده کردن الزامات جدید، مانند پیوند به حساب بانکی یا ثبت حساب آنلاین، مشکل داشته باشند، ارائه شود (Hollnagel and Fook, 2019).

۲-۱-۹- امنیت

برای استقرار هر روش نوین پرداخت و پذیرش آن از سوی مسافران بایستی امنیت آن مورد بررسی قرار گیرد. امنیت درک شده به انتظاری که فرد نسبت به امنیت مربوط به خطرات ناشی از معاملات بسیار دارد، به خصوص خطر از دست دادن اطلاعات حیاتی که منجر به از دست رفتن اطلاعات مالی می‌شود اطلاق می‌گردد (Ooi and Tan, 2016) و (Costa et al, 2016) در پژوهشی با عنوان کاربرد تبادل اطلاعات مشترک در حمل‌ونقل همگانی شهری: راه حل یکپارچه تحرک نشان دادند نقش امنیت و حریم خصوصی در پذیرش و استفاده از یک اپلیکیشن حمل‌ونقلی حائز اهمیت است.

۲-۲- فناوری‌های پرداخت الکترونیک

سیستم‌های پرداخت الکترونیکی، فناوری‌های ارتباطات الکترونیکی، پردازش داده‌ها، ذخیره داده‌ها و فناوری‌های میکروکامپیوتر را در فرایند جمع‌آوری درآمد، نگهداری اطلاعات مربوط به آن و انتقال سرمایه‌ها، یکپارچه می‌کند. کلیت این فرایند را معمولاً می‌توان به دو بخش زیر تقسیم کرد: فعالیت‌های مقدماتی که توسط کاربر نهایی مشاهده می‌شود و فعالیت‌های "اداره پشتیبانی" (که با عنوان اداره مرکزی - clearing house - نیز شناخته می‌شود) که معمولاً شامل مدیریت ابزارهای پرداخت، حفظ و نگهداری حساب‌ها، پردازش معاملات، کنترل و تسویه درآمد، خدمات مشتری، گزارش دهی و حسابرسی می‌شود. با توجه به سرمایه شناور فراهم شده از پیش پرداخت‌های کاربران، کسانی که فعالیت‌های پشتیبانی سیستم را اجرا می‌کنند، اغلب فرصت و امکان استفاده و سود بردن از این سرمایه شناور را دارند (Burtwell et al, 2002). در یک دسته‌بندی می‌توان فناوری‌های پرداخت کرایه برای حمل‌ونقل همگانی را به سه گروه به شرح زیر تقسیم بندی کرد.

۲-۲-۱- پرداخت‌های مبتنی بر تلفن همراه

چندین روش برای پردازش پرداخت‌ها با استفاده از تلفن‌های همراه وجود دارد که مرتبط با حمل‌ونقل هستند. این روش‌ها از رمزگذاری نوری، که از کدهای چاپی یا نمایش داده شده که توسط دوربین تلفن دیگری اسکن می‌شوند، تا NFC، بلوتوث و کیف پول‌های همراه را شامل می‌شوند (Hollnagel and Fook 2019).

۲-۲-۱-۱- رمز گذاری نوری

QR Code که در ابتدا با هدف استفاده در تولید تجهیزات صنعتی ابداع شد، امروزه کاربردهای گسترده‌ای پیدا کرده است؛ مهم‌ترین دلایل گسترش آن اطلاعات زیادی است که QR-code می‌تواند در خود ذخیره کند و همچنین به واسطه پیشرفت سال‌های اخیر در صنعت تلفن‌های همراه و رواج گوشی‌های هوشمند و تبلت‌ها، قابلیت خواندن و انتقال اطلاعات گوناگون نهفته در این کدها، توسط دوربین تلفن‌های همراه هوشمند برای همگان به راحتی فراهم شده است.

QR-code هم اکنون در مفهومی بسیار وسیع در اروپا، آمریکا، آسیای شرقی و حتی کشور ما مورد استفاده قرار می‌گیرد و در روزنامه‌ها، تبلیغات، راهنمایی گردشگران، ردیابی کالا و کارت‌های بازرگانی کاربرد فراوان پیدا کرده است.

به دلیل در دسترس بودن تلفن‌های هوشمند مقرون به صرفه تولید محلی (اغلب کمتر از ۱۰۰ دلار آمریکا)، شمول دیجیتال بالا است - بیش از ۵۵ درصد از کل جمعیت صاحب تلفن هوشمند هستند و کدهای QR معمولاً در پرداخت‌ها و تجارت الکترونیک استفاده می‌شوند. در نتیجه، کیف پول‌های آنلاین و/یا همراه ارائه شده توسط ارائه‌دهندگان شخص ثالث، مانند Alipay (ارائه شده توسط علی‌بابا) و WePay (ارائه شده توسط ویجت)، به طور گسترده‌ای قابل اعتمادتر از بانک‌های خصوصی در نظر گرفته می‌شوند. آب و هوای نظارتی و سیاسی چین منحصر به فرد است و نتایج به دست آمده در آنجا ممکن است به راحتی در محیطی متفاوت تکرار نشود (Hollnagel and Fook, 2019).

در پژوهشی که توسط Surekha and Anand and Indu (2015) در زمینه پرداخت الکترونیک با استفاده از فناوری QR CODE انجام شده است، تولید بلیت‌های الکترونیکی ایمن بر مبنای کدهای QR با محتوای رمزنگاری به جهت جلوگیری از کلاهبرداری در کارت‌های نقدی یا اعتباری و امنیت اطلاعات شخصی پیشنهاد شده است که نتیجه آن حفظ حریم خصوصی داده‌های مشتری بوده و از سوءاستفاده از داده‌های شخصی و بانکی مشتری در سمت فروشنده جلوگیری می‌کند. در مقایسه با سایر برنامه‌های بانکی مانند کارت‌های اعتباری یا نقدی، رمزهای عبور تراکنش، کدهای QR کارآمد و سریع هستند. همچنین سناریوی برای پرداخت موبایلی که هر دو نگرانی سرعت تراکنش و امنیت را برطرف کند بدون اینکه فرآیند را پیچیده کند یا آن را برای کاربران نامطلوب کند، با کمک کدهای QR به کار گرفته می‌شود.

۲-۲-۱-۲- بلوتوث

با استفاده از تلفن‌های هوشمند و دروازه‌های مجهز به بلوتوث، دروازه‌ها می‌توانند به طور خودکار اعتبارسنجی و باز شوند. این فناوری نیازمند آن است که مسافر یک تلفن هوشمند، یک برنامه، بلوتوث روشن و باتری کافی روی تلفن خود داشته باشد. بنابراین این فناوری نیازمند آن است که کاربر زمان خود

اصطلاح کلی برای تمام روش‌هایی است که افراد را با مقایسه ویژگی‌های انکارناپذیر و فردی شناسایی می‌کنند. در عمل، اینها روش‌های اثر انگشت و دست‌نگاری، شناسایی صدا و کمتر معمول، شناسایی شبکه (یا عنبیه) هستند (Finkenzeller, 2010).

در سال‌های اخیر، استفاده از بیومتریک مستقیماً توسط مشتریان از طریق تلفن همراه، دروازه‌های ورودی و در بخش مالی افزایش یافته است (Hollnagel and Fook, 2019). یکی از مزایای اصلی بیومتریک امنیت آن نسبت به رمزهای عبور حفظ شده و سایر توکن‌ها است، که می‌تواند گم شوند، توسط کلاهبرداران به خطر بیفتند و در برابر حملات آنلاین آسیب‌پذیر باشند (Lovisotto et al 2017).

(Lovisotto et al, 2017) مطالعه‌ای برای درک و نگرش مشتریان نسبت به استفاده از بیومتریک برای احراز هویت پرداخت‌ها انجام دادند. این مطالعه شامل ۴۴۹ شرکت‌کننده بود که قبل و بعد از آزمایش یک برنامه تلفن همراه که به آن‌ها امکان احراز هویت پرداخت‌ها از طریق تشخیص چهره یا اثر انگشت را می‌داد، پرسشنامه پر کردند. بر اساس این مطالعه، ۹۰ درصد از دارندگان حساب بانکی مورد بررسی مایل به پذیرش بیومتریک برای جایگزینی رمزهای عبور خود هستند، ۹۳ درصد معتقدند که اثر انگشت امن است و ۷۷ درصد تشخیص چهره را امن می‌دانند. به طور مشابه، یک نظرسنجی در میان مشتریان آمریکایی توسط Aite Group (۲۰۱۶) تمایل گسترده‌ای را در میان مصرف‌کنندگان برای استفاده از بیومتریک برای احراز هویت پرداخت‌ها نشان می‌دهد. در میان ۲۰۲۱ مشتری، بسته به گروه سنی بین ۲۵ درصد تا ۳۵ درصد این روش را می‌پذیرند یا بسیار دوست دارند، در مقایسه با ۷ درصد تا ۱۲ درصد که آن را دوست ندارند. ۵ درصد تا ۱۰ درصد، با درصد بالاتر در سالمندان، پاسخ دادند که واقعاً روش احراز هویت پرداخت با استفاده از بیومتریک را درک نمی‌کنند.

۲-۳-۱- تشخیص چهره

تشخیص چهره (FR) فناوری‌ای است که برای شناسایی و تأیید هویت افراد بر اساس ویژگی‌های چهره آن‌ها استفاده می‌شود. در دهه‌های اخیر، تشخیص چهره نقش مهمی در بخش‌های مختلف، از جمله امنیت، مراقبت‌های بهداشتی، بانکداری و شناسایی مجرمان ایفا می‌کند. در حال حاضر

NFC تلفن همراه استفاده می‌کنند، می‌توانند به راحتی هزینه بلیط یا امتیازهای ذخیره شده در تلفن‌های خود را بررسی، تغییر و بازپرداخت کنند (Boiko et al, 2018).

۲-۲-۲- سایر ابزار مبتنی بر NFC

تلفن‌های همراه هوشمند دارای یک سرویس مبتنی بر فناوری NFC هستند که می‌توان با استفاده از آن کرایه حمل‌ونقل همگانی را پرداخت کرد. در این حالت با نزدیک کردن تلفن همراه به دستگاه پذیرنده NFC (NFC Reader) ارتباطی بین دو دستگاه برقرار می‌شود و مبلغ کرایه از حساب موجودی کسر می‌گردد. به جز استفاده از خود تلفن همراه که دارای فناوری NFC است از این فناوری به اشکال دیگر از جمله کارت، مچ بند، ساعت، حلقه، توکن و مانند آن‌ها نیز برای پرداخت کرایه در سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی استفاده می‌شود.

۲-۲-۱- کارت‌های بانکی بدون تماس

این یک فناوری بدون تماس است و اطلاعات در یک میکروچیپ تعبیه شده ذخیره و محافظت می‌شوند. این فناوری بخشی از سیستم‌های حلقه باز است، که در آن رسانه کرایه می‌تواند برای اهداف دیگر نیز استفاده شود (Hollnagel and Fook 2019).

یکی از پیشگامان اولیه در سیستم‌های پرداخت کرایه بدون تماس و حلقه باز، متروی لندن است که به آن "the Tube" نیز گفته می‌شود. سازمان حمل‌ونقل لندن (TfL)، مرجع مسئول حمل و نقل، در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ پذیرش کارت‌های بانکی بدون تماس و سیستم‌های پرداخت موبایلی را آغاز کرد. تا سال ۲۰۱۶، TfL تخمین زد که این سیستم‌ها، همراه با تجدید ساختار قرارداد، هزینه جمع‌آوری کرایه را از ۱۵ درصد درآمد به کمتر از ۹ درصد درآمد کاهش داده‌اند. با توجه به توان عملیاتی بالای سیستم متروی لندن - که در آن زمان، از بزرگترین مراکز فروش بدون تماس در جهان محسوب می‌شد این صرفه‌جویی قابل توجه است (ITS Deployment Evaluation Executive, 2021).

۲-۲-۳- بیومتریک

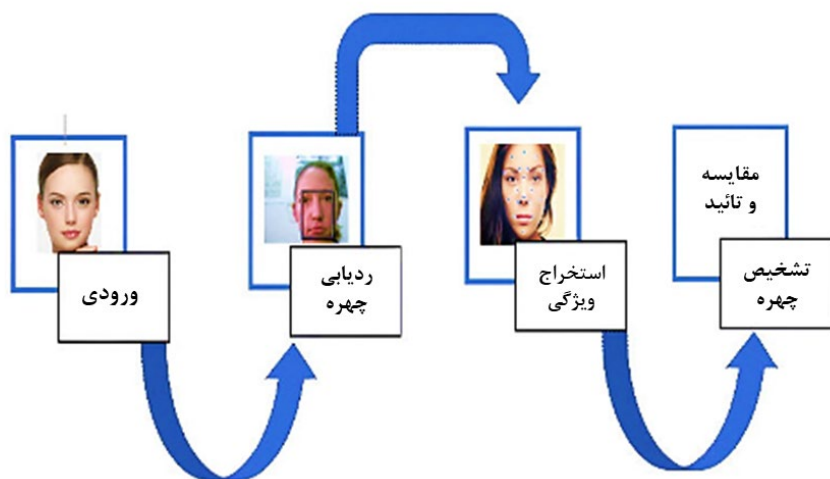
بیومتریک "علم شمارش و روش‌های اندازه‌گیری (بدن) شامل موجودات زنده است. در زمینه سیستم‌های شناسایی، بیومتریک

پرداخت‌ها را از طریق سیستم پرداخت با تشخیص چهره "Smile-to-Pay" که توسط Yum China توسعه یافته است، انجام دهند (Mayhew (2019)).

همچنین آزمایش‌هایی از سیستم‌های تشخیص چهره در رابطه با حمل و نقل، عمدتاً برای بررسی‌های امنیتی، اما همچنین برای بلیط‌دهی انجام شده است. همانطور که قبلاً ذکر شد، به نظر می‌رسد رهبر فناوری چین باشد. متروی Shenzhen در حال آزمایش یک سیستم در همکاری با Huawei است، که از طریق یک شبکه 5G متصل شده است، و در آن افراد چهره‌های خود را روی صفحه‌های نصب شده روی دروازه‌های ورودی اسکن می‌کنند. حساب‌های کاربران ثبت‌نام‌شده به چهره‌های آن‌ها برای پردازش پرداخت پیوند داده شده‌اند (Mayhew, 2019).

تکنیک‌های متعددی برای تشخیص چهره مؤثر در حال توسعه هستند که از رویکردهای ظاهری تا ترکیبی را شامل می‌شوند. اکثر روش‌های موجود، راه‌حل‌های متنوعی را برای توصیف تصویر چهره، چه با تمرکز بر ویژگی‌های خاص صورت و چه با در نظر گرفتن کل چهره، ارائه می‌دهند (Gururaj et al, 2024).

چین پیشگام در استقرار فناوری تشخیص چهره است، که ریشه در نظارت بر فضاهای عمومی دارد، و این فناوری بخشی از زندگی روزمره شهروندان شده است. به دلیل عدم وجود قوانین سختگیرانه حفاظت از حریم خصوصی و استفاده از هوش مصنوعی (AI) در نظارت دولتی، چین پیشرو در بازار شرکت‌های نوپای تشخیص چهره است. در بیش از ۳۰۰ مکان از رستوران‌های زنجیره‌ای فست‌فود KFC، مشتریان می‌توانند



شکل ۱. گردش کار یک سیستم استاندارد خودکار FR بیومتریک (Gururaj et al, 2024)

۲-۲-۳-۲-اسکن رگ‌های کف دست

بدون تماس، مزیت بهداشتی بیشتری دارد، که می‌تواند پذیرش کاربر را بهبود بخشد، به ویژه در زمان شیوع بیماری‌های خاص، مانند آنفلوآنزا. (Hollnagel and Fook (2019)).

از آنجا که الگوی رگ‌های کف دست یک فرد به راحتی قابل تغییر یا پنهان کردن نیست، این فناوری نسبت به تشخیص اثر انگشت و چهره مزایایی دارد، که نیاز به شرایط نوری خاصی دارند و می‌توانند جعل شوند (Michael and Connie and Teoh, 2011).

علاوه بر مزایای فنی نسبت به سنسورهای اثر انگشت و تشخیص چهره، این فناوری می‌تواند به خوبی به نگرانی‌های حریم

اسکن رگ‌های کف دست یک فناوری امنیتی بیومتریک دیگر است که از الگوی فردی زیر پوست کف دست یک فرد برای شناسایی آن‌ها استفاده می‌کند. مشابه اثر انگشت، الگوهای رگ‌های کف دست منحصر به فرد هستند و پس از رسیدن به سن حدود ده سالگی به طور قابل توجهی تغییر نمی‌کنند. برخلاف خواننده‌های اثر انگشت، اسکن‌های رگ کف دست نیاز به تماس فیزیکی مستقیم ندارند و بنابراین کمتر مستعد مشکلات تأیید مربوط به سنسورهای کثیف یا استفاده از لوسپون‌های دست هستند. علاوه بر این، به عنوان یک فناوری

نسبت به تجاوز به حریم خصوصی خود حساس هستند، قابل قبول تر باشد (Hollnagel and Fook, 2019).
متروی پکن گزارش داده است که شروع به استفاده از اسکن کف دست کرده است و متروی شانگهای قبلاً از این فناوری در سیستم خود استفاده می کند (Jourdan, 2018).

خصوصی پاسخ دهد. عکس ها و اثر انگشت ها معمولاً برای شناسه های رسمی و شناسایی در سوابق جنایی استفاده می شوند. علاوه بر این، تشخیص چهره می تواند در دوربین های نظارتی استفاده شود، که موقعیت و اقدامات یک فرد را بدون اینکه متوجه شود شناسایی می کند. با توجه به این واقعیت که اسکن رگ های کف دست یک فرآیند فعال است، که در آن کاربر موافقت می کند که با قرار دادن دست در مقابل سنسور شناسایی شود و ارتباطی با این مسائل ندارد، ممکن است برای افرادی که



شکل ۲. مروری بر انواع فناوری های پرداخت الکترونیک

۳- نتیجه گیری

نسبت به انتخاب و به کارگیری آن با در نظر گرفتن نقاط ضعف و قوت آن اقدام نمود. به صورت خلاصه نقاط ضعف و قوت هر کدام از فناوری های معرفی شده در جدول شماره ۳ گردآوری شده است.

در بهره گیری از فناوری های نوین پرداخت الکترونیک بایستی به ویژگی ها یا همان عوامل کلیدی تاثیرگذار آن فناوری دقت نمود و با توجه به میزان سواد دیجیتال جامعه هدف، کاربران، بهره برداران، پذیرش فناوری و سایر نکات ویژه جامعه هدف

جدول ۳. نقاط ضعف و قوت روش های نوین پرداخت الکترونیک

روش پرداخت	نقاط قوت	نقاط ضعف
رمزگذاری نوری (Optical Encryption)	هزینه پایین پیاده سازی عدم نیاز به سخت افزار تخصصی در دستگاه کاربر سازگاری با گوشی های معمولی	آسیب پذیری در برابر نور مستقیم/خرابش سرعت پایین اسکن در شلوغی ریسک جعل (Cloning)
بلوتوث (BLE)	مصرف انرژی بسیار پایین برد متوسط (تا ۵۰ متر) امکان راه اندازی Indoor Positioning	تأخیر در شناسایی در محیط های متراکم مسائل امنیتی (Bluejacking) نیاز به فعال سازی بلوتوث کاربر
کیف پول همراه (Mobile Wallet)	یکپارچه سازی با سایر خدمات پشتیبانی از چندین روش پرداخت تجربه کاربری روان	وابستگی به شارژ باتری شکاف دیجیتالی برای سالمندان محدودیت در مناطق بدون پوشش شبکه

ابزارهای مبتنی بر NFC کارت‌ها/گوشی‌ها	سرعت تراکنش فوق‌العاده (۰/۵ ثانیه) امنیت بالا رمزنگاری (End-to-End) عدم نیاز به باتری در کارت‌ها	نیاز به تماس فیزیکی نزدیک (۴-۶ سانتیمتر) هزینه بالای نصب تجهیزات در ایستگاه‌ها
کارت‌های بانکی بدون تماس (Contactless Bank Cards)	پذیرش جهانی (Visa/Mastercard) کاهش هزینه‌های چاپ بلیط یکپارچه‌سازی با سیستم‌های بانکی	کارمزد تراکنش برای اپراتورها ریسک از دست دادن/سرقت محدودیت برای گردشگران (فقدان کارت بین‌المللی)
اسکن چهره (Facial Recognition)	سرعت بالا (۲ ثانیه/تراکنش) عدم نیاز به ابزار فیزیکی کاهش تماس فیزیکی (پساکرونا)	نگرانی‌های جدی حریم خصوصی خطا در تشخیص نژادهای مختلف (Bias) هزینه بالای زیرساخت
اسکن رگ‌های کف دست (Palm Vein)	امنیت بسیار بالا (غیرقابل کپی) دقت ۹۹/۸ درصد عملکرد در شرایط آلودگی/خراب	گران‌ترین روش (هزینه اسکنرها) نیاز به ثبت‌نام حضوری اولیه محدودیت در ایستگاه‌های کوچک

گیرد. همچنین در هر پژوهش حمل و نقلی بایستی این نکته را در نظر داشت که منظر بررسی اهمیت ویژه‌ای دارد. این بررسی از منظر مسافران حمل‌ونقل همگانی انجام شده است و نگاه بهره بردار، اپراتور(راننده)، شرکت‌های خصوصی و بانک‌ها و ... نیز می‌تواند متفاوت و در برخی مواقع تاثیرگذار بر انتخاب شیوه پرداخت نیز باشد.

در جدول شماره ۴ انواع روش‌های نوین پرداخت و عوامل کلیدی تاثیرگذار بر انتخاب هر روش با استفاده از نظر نخبگان به صورت کیفی مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته است. در هریک از این روش‌ها زیرمجموعه‌هایی وجود دارد که می‌تواند به صورت مجزا ارزش متفاوت با گروه اصلی داشته باشد که بایستی به روش‌های کمی یا کیفی مورد ارزیابی قرار

جدول ۴. روش‌های نوین پرداخت کرایه و عوامل کلیدی و تاثیرگذار بر آنها

شرح	زمان تراکنش	یکپارچه سازی	راه اندازی	قابلیت استفاده و راحتی	هزینه خدمات	هزینه عملیات	مقاومت در برابر تقلب	حریم خصوصی	امنیت
پرداخت نقد	منفی	منفی	خنثی	منفی	مثبت	منفی	منفی	مثبت	منفی
پرداخت های مبتنی بر تلفن همراه	خنثی	خنثی	مثبت	مثبت	مثبت	خنثی	خنثی	خنثی	خنثی
سرویس NFC	مثبت	مثبت	خنثی	مثبت	مثبت	خنثی	خنثی	خنثی	خنثی
بیومتریک	خنثی	مثبت	خنثی	مثبت	مثبت	خنثی	مثبت	مثبت	مثبت

۴-مراجع

- smart cards, radio frequency identification and near-field communication. John Wiley & Sons.
- Ghorbankhani, N., Adl, M., Ahmed, R., & Emadi, A. (2025). A Novel Transit Bus Number Identification Approach for Frictionless Fare Collection Using Passenger Location Data. *IEEE Access*.
- Gururaj, H. L., Soundarya, B. C., Priya, S., Shreyas, J., & Flammini, F. (2024). A comprehensive review of face recognition techniques, trends and challenges. *IEEE Access*.
- Harnaningrum, L. N., & Mahardhian, K. N. (2024). Comparison of Mobile Transaction Security using NFC and QR Codes. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 13(4), 265-271
- Hollnagel, J., & Fook, A. (2019). The Future of Fare Media in Automated Fare Collection Systems for Urban Mobility in the Latin America and Caribbean Region.
- ITS Deployment Evaluation Executive (2021). ITS Deployment Evaluation Executive Briefing: Advancements in Electronic Fare Payment Contactless and Open Loop Technologies.
- Jourdan, A. (2018). Beijing subway to get 'bio-ID' tracking systems: China Daily.
- Lovisotto, G., Malik, R., Sluganovic, I., Roeschlin, M., True man, P., & Martinovic, I. (2017). Mobile biometrics in financial services: A five factor framework. Technical Report CS-RR-17-03, Oxford University.
- Mayhew, S. (2019). Facial recognition system trialed for subway fare payment on Shenzhen Metro.
- Michael, G. K. O., Connie, T., & Teoh, A. B. J. (2011). A contactless biometric system using palm print and palm vein features. In *Advanced Biometric Technologies*. *Intech Open*.
- Olivková, I. (2017). Comparison and evaluation of fare collection technologies in the public transport. *Procedia Engineering*, 178, 515-525.
- Acosta, J. V., Briones, A. Y. M., dela Rosa, A. J. M., Evangelista, J. V. D., & Ong, N. R. (2024). Analysis of the Determining Factors Toward the Adoption of Near-Field Communication (NFC) Tag-Based Fare Collection System in the Marikina Heights UV Express Terminal.
- Alam, M. M., Awawdeh, A. E., & Muhamad, A. I. B. (2021). Using e-wallet for business process development: challenges and prospects in Malaysia. *Business Process Management Journal*, 27(4), 1142-1162
- Boiko, Y. O., Korol, S. O., Khorolskiy, V. L., Kantemyrova, R. M., & Vdovychenko, V. O. (2018). Implementation of automated electronic payment control system with the use of wireless technologies for fare tariffing in public transport. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 7(4), 191-195.
- Ceder, A., & Wilson, N. H. (1986). Bus network design. *Transportation Research Part B: Methodological*, 20(4), 331-344.
- Costa, P. M., Fontes, T., Nunes, A. A., Ferreira, M. C., Costa, V., Dias, T. G., & e Cunha, J. F. (2016). Application of collaborative information exchange in urban public transport: The seamless mobility solution. *Transportation Research Procedia*, 14, 1201-1210
- Elassy, M., Al-Hattab, M., Takruri, M., & Badawi, S. (2024). Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. *Transportation Engineering*, 16, 100252.
- Farion, M., & Farion, A. (2019). SECURITY OF MOBILE PAYMENTS AND DIGITAL WALLETS.
- Ferreira, M. C., Dias, T. G., & e Cunha, J. F. (2020). Is Bluetooth low energy feasible for ---
- Ferreira, M. C., Dias, T. G., & e Cunha, J. F. (2020). Is Bluetooth low energy feasible for mobile ticketing in urban passenger transport?. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 5, 100120.
- Finkenzeller, K. (2010). RFID handbook: fundamentals and applications in contactless

- Visan, M., Negrea, S. L., & Mone, F. (2022). Towards intelligent public transport systems in Smart Cities; Collaborative decisions to be made. *Procedia Computer Science*, 199, 1221-1228
- Wani, S. A., Pani, A., Mohan, R., & Bhowmik, B. (2025). Digital payment adoption in public transportation: Mediating role of mode choice segments in developing cities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 191, 104319.
- Witvoet, K., Vidal, C., Stiene, T., & Emadi, A. (2024, September). Towards Frictionless Public Transit: A Brief Review of Automatic Fare Collection. In *2024 IEEE International Conference on Smart Mobility (SM)*, IEEE 87-92.
- Ooi, K. B., & Tan, G. W. H. (2016). Mobile technology acceptance model: An investigation using mobile users to explore smartphone credit card. *Expert Systems with Applications*, 59, 33-46
- Burtwell, M., Öberg, G., Bergström, A., Blomqvist, G., Möller, S., Ulegård, C. H., & Gustafsson, M. PIARC 2002
- Sha, K., Taeihagh, A., & De Jong, M. (2024). Governing disruptive technologies for inclusive development in cities: A systematic literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 203, 123382
- Surekha, A., Anand, P. R., & Indu, I. (2015). E-payment transactions using encrypted QR codes. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(77), 460-463

Evaluation of Novel Public Transportation System Fare Payment Methods: Opportunities and Limitations

*Mostafa Vamegh, Department of Civil and Environmental Engineering,
Shiraz University of Technology, Shiraz, Iran.*

*Behnam Rostami Kamrood, Department of Civil Engineering,
CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

E-mail: Vamegh@sutech.ac.ir

Received: October 2025- Accepted: May 2026

ABSTRACT

The continuous advancement of digital technologies and their expanding accessibility have fundamentally transformed everyday life, especially in the field of public transportation. The use of modern technologies in electronic fare payment systems for public transport passengers, particularly in large cities with frequent daily trips, plays a key role in improving service quality, facilitating processes, and reducing infrastructural challenges. These technologies contribute significantly to improving the efficiency of transport systems, reducing environmental pollution, and increasing safety by decreasing transaction times and related costs while maintaining user privacy and enhancing data security. This article systematically reviews advanced electronic payment technologies in public transportation. It analyzes the key factors influencing the development of these technologies, their unique features, strengths, and weaknesses, and introduces a comprehensive outlook for their improvement and optimal application. The study also identifies future research areas and practical solutions to enhance fare payment systems in public transport.

Keywords : NFC, Modern Payment Systems, Biometric, Electronic Payment, Mobile Phone, Public Transportation