جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱٤۰۳، دوره٦، شماره٤، صص۲۰۸-۱۷۷

تحلیل تجربی پیاده‌مداری با استفاده از داده‌هایی از هلند

علی اسکوئی ارس[1*]، پریناز بادامچی‌زاده[1]

۱. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

ali.oskouee.aras@tabrizu.ac.ir

۲. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشکدهٔ مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت:۱٤۰۲/۰٤/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۵/۱۳

چکیده

در تحقیقات برنامه‌ریزی شهری و حمل‌ونقل، شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌مداری محله‌ها بر اساس ویژگی‌های کاربری و حمل‌ونقل ایجاد شده است. علی‌رغم کار گسترده روی توسعه معیارهای پیاده‌مداری، اعتبار تجربی اقدامات فقط توجه محدودی را به خود جلب کرده است. هدف این مطالعه آزمون فرضیات مطرح‌شده در شاخص‌های پیاده‌روی موجود می‌باشد. بر اساس مجموعه داده‌های ملی همراه با داده‌های سه ساله بررسی سفر ملی از هلند، روابط بین ویژگی‌های محله فیزیکی و فراوانی پیاده‌روی از طریق تحلیل رگرسیون شناسایی می‌شود. در مدل رگرسیونی، فاصله تا سوپرمارکت، تعداد فروشگاه‌های کالاهای روزانه در فاصله ۱ کیلومتری، تعداد کافه‌تریا در فاصله ۱ کیلومتری، کل آب سطحی، کاربری زمین برای ساختمان‌های مسکونی و تراکم بالای شهری معنی‌دار و مهم بودند. تجزیه و تحلیل ما نشان می‌دهد که شاخص‌های موجود فقط تا حدی تغییرات در پیاده‌مداری را نشان می‌دهند. ما متوجه شدیم که عدم تطابق در انتخاب و وزن متغیرها ایجاد می‌شود. بر اساس نتایج، راه‌هایی را برای بهبود شاخص‌های موجود برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌مداری شناسایی می‌کنیم.

واژگان کلیدی: محیط ساخته‌شده، قابلیت پیاده‌مداری، اندازه‌گیری عینی، فراوانی پیاده‌روی

شاپا الکترونیکی:3851-645 doi: **10.22034/GAHR.2023.408006.1916**

مقدمه

اخیراً پیاده‌روی به یک مفهوم مهم در برنامه‌ریزی شهری و حمل‌ونقل تبدیل شده است. مشخص شده است که پیاده‌مداری تنها با فعالیت بدنی مرتبط نیست. همچنین می‌تواند نرخ سرانه استفاده از منابع و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد (WHO, 2018)، و به تعامل اجتماعی و بنابراین به طور بالقوه در ساختن جامعه کمک می‌کند (Jacobs, 2002; Whyte, 2012).

بنابراین، پیاده‌روی یک عامل ضروری برای توسعهٔ پایدار شهری است که هم به مردم و هم به محیط‌زیست کمک می‌کند. برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌مداری، روش‌های عینی در مطالعات تجربی توجه فزاینده‌ای را به خود جلب می‌کنند. علیرغم پیشرفت‌های صورت‌گرفته، شاخص‌های پیاده‌روی عینی موجود هنوز دارای محدودیت‌هایی هستند. انتخاب متغیرها و وزن متغیرهای مورد استفاده در این شاخص‌ها معمولاً بر اساس ملاحظات نظری است.

با این حال، شواهد قطعی مبنی بر اینکه این روش‌ها به طور دقیق تأثیرات ویژگی‌های محیط ساخته‌شده را بر پیاده‌روی نشان می‌دهند، وجود ندارد. به عنوان مثال، شاخص پیاده‌مداری فرانک و همکاران Frank et al. (2010). متداول‌ترین روش مورد استفاده در مطالعات است. این شاخص شامل دو معیار کاربری زمین است که همبستگی قوی دارند (Vale et al., 2016).

در نظر نگرفتن همبستگی منجر به بیش از حد یا دست کم گرفتن اثرات جداگانه یا خالص این ویژگی‌ها بر پیاده‌مداری می‌شود. علاوه بر رویکردهای تئوری‌محور، همچنین رویکردهای داده‌محور برای استخراج معیارهای پیاده‌مداری مورد توجه قرار گرفته است. به عنوان مثال، شاخص پیاده‌روی حبیبیان و حسین‌زاده (۲۰۱۸)، که بر اساس کار فرانک و همکاران است (2005a,b)، یک اندازه‌گیری تجربی است.

با این حال، در تجزیه و تحلیل رگرسیون انجام‌شده برای استخراج یک اندازه‌گیری، تنها تعداد محدودی از متغیرها در نظر گرفته شد و متغیرهای اجتماعی – جمعیت‌شناختی (به اندازهٔ کافی) کنترل نشدند.

هدف پژوهش حاضر، آزمون مفروضات شاخص‌های پیاده‌روی موجود در مورد انتخاب متغیرها و وزن متغیرهای مورد استفاده است. با استفاده از تحلیل رگرسیون و داده‌های هلند، متغیرهای محیط ساخته‌شده را شناسایی می‌کنیم که می‌تواند تفاوت‌های مشاهده‌شده در فراوانی پیاده‌روی افراد در محله‌ها را توضیح دهد.

ما سعی می‌کنیم با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از ویژگی‌های فیزیکی محله به‌عنوان عوامل بالقوه تأثیرگذار (رویکرد مبتنی بر داده)، با کنترل طیف گسترده‌ای از جمعیت‌شناسی اجتماعی و شکایت از محله به‌عنوان واحد تحلیل، از محدودیت‌های مدل‌های قبلی اجتناب کنیم. مدل رگرسیون حاصل، معیاری را ارائه می‌کند که شاخص‌های مبتنی بر نظریه پیش‌بینی‌شده را می‌توان ارزیابی کرد.

ما به این سوال پاسخ می‌دهیم که تا چه حد شاخص‌های موجود به‌طور دقیق پیاده‌روی مشتق‌شده تجربی (روایی پیش‌بینی) را پیش‌بینی می‌کنند و آیا متغیرهای همسایگی فیزیکی که برای توضیح پیاده‌روی مهم به نظر می‌رسند در مفاهیم موجود نشان داده می‌شوند (ساختار) بنابراین، اعتبار تجربی، اعتبار شاخص‌های موجود و راه‌هایی را که در صورت کوتاهی مدل‌ها می‌توانند بهبود یابند را روشن می‌کند.

در مطالعه حاضر، ما بر شاخص‌های پیاده‌مداری فرانک و همکاران تمرکز می‌کنیم و گراسر و همکاران. (۲۰۱۳) که شاخص‌هایی هستند که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگرچه معیار پیاده‌روی مشتق‌شده تجربی به یک منطقه جغرافیایی خاص، یعنی هلند مربوط می‌شود، تحلیل نشان می‌دهد که تا چه اندازه شاخص‌های مبتنی بر نظریه قابل تعمیم هستند. برای استخراج معیاری از قابلیت پیاده‌روی و آزمون اعتبار مفاهیم موجود، ساختار باقی‌مانده مقاله به شرح زیر است. در بخش بعدی، مفهوم نظری قابلیت پیاده‌روی و کارهای موجود در مورد اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌روی بررسی می‌شود.

در بخش ۳، ما رویکرد پیشنهادی را توضیح می‌دهیم و نتایج تحلیل رگرسیون را برای استخراج معیاری از قابلیت پیاده‌روی با استفاده از داده‌های هلند توصیف می‌کنیم. در بخش ٤، ما معیار پیاده‌روی به‌دست‌آمده را با شاخص‌های پیاده‌روی موجود مقایسه می‌کنیم تا اعتبار پیش‌بینی‌کننده و سازه‌های اخیر را آزمایش کنیم. در نهایت، در بخش ۵، نتایج و بحث اصلی را خلاصه می‌کنیم.

مبانی نظری

مفاهیم نظری پیاده‌مداری

پیاده‌مداری اندازه‌گیری است که ویژگی‌های محیط ساخته‌شده را در نظر می‌گیرد و به عنوان معیاری از مناسب بودن یک منطقه برای پیاده‌روی تعریف می‌شود (ادکینز و همکاران، ۲۰۱۷؛ واله و همکاران، ۲۰۱٦). سرورو و

کوکلمن (۱۹۹۷) سه مؤلفه فضای شهری را برای تحلیل پیاده‌مداری شناسایی می‌کنند: تراکم (تراکم خانگی و شغلی)، تنوع کاربری زمین) و طراحی (تقاطع و تراکم خیابان)، که بعداً به مقصد (دسترسی به شغل) نیز گسترش یافت.) و فاصله (تا حمل‌ونقل) (Ewing et al., 2009; Ewing & Cervero, 2001; Manaugh & El-Geneidy, 2011). از آن زمان، سایر نویسندگان این طرح را گسترش داده‌اند تا سایر جنبه‌های زیست‌محیطی را نیز شامل شود، مانند تراکم مسکونی و نسبت مساحت دست‌فروشی (بوث و همکاران، ۲۰۰۱؛ ولار، ۲۰۰۲؛ فرانک و همکاران، ۲۰۰۳؛ فرانک و انگلک، ۲۰۰۵؛ اوینگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ Greenwald 2009؛ Ewing & Cervero, 2010).

در حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی شهری، از این مفاهیم نظری پیاده‌مداری برای درک بهتر رابطه بین محیط ساخته‌شده و رفتار پیاده‌مداری استفاده می‌شود (گراسر و همکاران، ۲۰۱۳؛ سالیس، ۲۰۰۹).

در مطالعات حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی شهری، مفهوم پیاده‌روی به طور خاص با ارتباط بین محیط ساخته‌شده، الگوهای سفر و فعالیت‌های فیزیکی مرتبط است (Vale et al., 2016).

به عنوان مثال، لزلی و همکاران. (۲۰۰٦، ۲۰۰۷) و فرانک و همکاران. (۲۰۱۰) از مفهوم قابلیت پیاده‌مداری برای توضیح ارتباط بین محیط ساخته‌شده و استفاده از حالت‌های حمل‌ونقل فعال استفاده کرد. مطالعات دیگر قابلیت پیاده‌مداری را به عنوان یک مؤلفه ضروری توسعه حمل‌ونقل محور (TOD) در نظر گرفتند و از شاخص‌ها برای ارزیابی دوستی عابر پیاده از محیط معمولاً در شعاع نیم مایلی از مراکز حمل‌ونقل استفاده کردند (Canepa, 2007). علاوه بر این، در سطح محله، اهمیت پیاده‌مداری برای ایجاد طرح‌های محله (یا جامعه) خوب توسط چندین نویسنده از جمله Kwon و همکاران تاکید شده است. (۲۰۱۷) و مورا و همکاران. (۲۰۱۷).

اندازه‌گیری ذهنی قابلیت پیاده‌مداری

رویکردهای ذهنی برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌مداری در ادبیات مورد توجه قرار گرفته است. این رویکردها از درک افراد از میزان پیاده‌مداری محیط خود به عنوان نقطه شروع استفاده می‌کنند که معمولاً از طریق پرسشنامه اندازه‌گیری می‌شود.

مقیاس‌هایی برای اندازه‌گیری ادراکات ایجاد شده است. مقیاس پیاده‌روی محیط همسایگی (NEWS)، یک پرسشنامه ٦٨ سوالی، متداول‌ترین روش مورد استفاده برای ارزیابی پیاده‌مداری است (سایلنز و همکاران، ۲۰۰۳). بعداً سرین و همکاران. (۲۰۰٦) یک نسخه ساده‌شده از NEWS (NEWS-A) را توسعه داد. روش‌های NEWS ویژگی‌های محیطی زیر را در نظر می‌گیرند: (الف) تراکم مسکونی. (ب) نزدیکی به کاربری‌های غیر مسکونی. (ج) سهولت دسترسی به کاربری‌های غیرمسکونی (دسترسی ترکیبی کاربری زمین). (د) اتصال به خیابان؛ (ه) امکانات پیاده‌روی/دوچرخه سواری. (و) زیبایی‌شناسی؛ (ز) ایمنی ترافیک عابر پیاده و (ح) ایمنی جرم (سرین و همکاران، ۲۰۰٦).

اندازه‌گیری عینی قابلیت پیاده‌مداری

چندین مطالعه تجربی از رویکردهای عینی برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌مداری استفاده کرده‌اند (Ewing et al., 2009; Forsyth et al., 2007; Talen and Koschinsky, 2013; Vale et al., 2016). در این رویکردها، محیط ساخته‌شده توسط تعدادی متغیر توصیف می‌شود (به عنوان مثال، ترکیب کاربری زمین، تراکم تقاطع)، که سپس در یک شاخص پیاده‌مداری ترکیب می‌شوند (Vale et al., 2016).

فرانک و همکاران (۲۰۰۳) و فرومکین و همکاران. (۲۰۰٤) استدلال می‌کنند که پیاده‌مداری دارای دو جنبه است: تراکم و اتصال. فرومکین و همکاران (۲۰۰٤) بیان می‌کند که تراکم را می‌توان با تعداد افراد، خانوارها یا مشاغل توزیع‌شده در یک واحد منطقه اندازه‌گیری کرد. آنها استدلال می‌کنند که از آنجایی که ترکیب کاربری زمین معیاری است برای اینکه چند نوع کاربری در یک منطقه معین قرار دارد، این متغیر می‌تواند به عنوان یک متغیر تراکم نیز دیده شود.

اتصال به عنوان پیوندهای خیابانی بین مقاصد تعریف می‌شود و بنابراین، مستقیم بودن مسیرها را بین محل سکونت، مغازه‌ها و مکان‌های شغلی نشان می‌دهد (فرومکین و همکاران، ۲۰۰٤؛ لزلی و همکاران، ۲۰۰۷؛ سالیس، ۲۰۰۹). روش‌های عینی عموماً شامل ترکیبی خطی از مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی برای محاسبه امتیاز پیاده‌مداری هستند. با توجه به توسعه معیارها، رویکردهای داده‌محور و نظریه‌محور را می‌توان متمایز کرد.

رویکردهای نظریه‌محور

در رویکردهای تئوری‌محور، انتخاب، عملیاتی‌سازی و سنجش عوامل محیطی کاملاً مبتنی بر تعریف مفهومی از قابلیت پیاده‌مداری است. رایج‌ترین معیار در این رویکرد، شاخص پیاده‌مداری است که توسط فرانک و همکاران (۲۰۰۵، ۲۰۱۰) در زمینه آمریکایی پیشنهاد شده است. در معیار اصلی (Frank et al., 2005a,b)، یک امتیاز پیاده‌مداری با جمع‌کردن نمرات نرمال‌شده بین عواملی که بر اساس تعریف مفهوم پیاده‌مداری شناسایی شده‌اند، محاسبه می‌شود. اندازه‌گیری اولیه بیشتر در فرانک و همکاران. (۲۰۱۰) برای گسترش زمینه کاربردی شاخص توسعه داده شد.

این شاخص از ترکیب کاربری زمین، تراکم مسکونی، نسبت مساحت فعالیت دست‌فروشی و تراکم تقاطع به عنوان متغیرهایی برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌مداری استفاده می‌کند. در کار بعدی، انتخاب متغیرها و وزن متغیرهای این شاخص متناسب با مناطق مختلف مطالعه تطبیق داده شد. گراسر و همکاران (۲۰۱۳) اشاره کرد که شهرهای اروپایی از بسیاری جهات با شهرهای آمریکایی متفاوت هستند. مناطق شهری در ایالات‌متحده با تراکم جمعیت کم، درجه پایین ترکیب کاربری زمین و اتصال کم در مقایسه با شهرهای اروپایی مشخص می‌شوند. برای به دست آوردن شاخصی که بهتر با بافت شهرهای اروپایی تناسب داشته باشد، (Grasser et al, 2013). انطباق انتخاب متغیرها و وزن متغیرهای شاخص پیاده‌مداری فرانک را پیشنهاد کرد.

آن‌ها از تراکم جمعیت، تراکم خانوار، شاخص آنتروپی برای ترکیب کاربری زمین و تراکم تقاطع سه‌طرفه برای ساخت شاخص پیاده‌مداری گراز (Graz) به‌عنوان معیاری جایگزین برای پیاده‌مداری استفاده کردند (Grasser et al., 2013). علاوه بر این، روش‌های تئوری‌محور دیگری نیز پیشنهاد شده‌اند. ویس و همکاران (۲۰۱۰) شاخص پیاده‌مداری هدفی (OWI) را ساخت که ترجمه‌ای از متغیرهای موجود در NEWS برای اندازه‌گیری عینی پیاده‌مداری است. OWI شامل اتصالات خیابان، ترکیب کاربری زمین، ایمنی عابر پیاده، زیبایی‌شناسی محله، ایمنی محله و زیرساخت محله است.

دانکن و همکاران (۲۰۱۱) Walk Score را به عنوان یک ابزار ثبت اختراع برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌مداری محله‌ها توسعه دادند. Walk Score با تعیین فاصله پیاده‌روی تا امکانات رفاهی در ۹ دسته مختلف رفاهی (مانند خواربارفروشی‌ها و رستوران‌ها) امتیاز را محاسبه می‌کند. رابط برنامه کاربردی جستجوی Google AJAX

(API) داده‌هایی را برای Walk Score ارائه می‌دهد. این API نزدیکترین مکان امکانات رفاهی را شناسایی می‌کند و امتیاز پیاده‌مداری را محاسبه می‌کند (دانکن و همکاران، ۲۰۱۱). به طور معمول، معیارهای مبتنی بر نظریه با مقایسه نمرات محاسبه‌شده با فراوانی‌های پیاده‌مداری مشاهده‌شده در یک نمونه تأیید می‌شوند (Manaugh and El-Geneidy, 2011؛ Hajna et al, 2013؛ Ruiz-Padillo et al, 2018 و هال و رام، ۲۰۱۸). اگرچه این آزمون، اعتبار صوری را ارائه می‌دهد، اما شواهد تجربی قانع‌کننده‌ای مبنی بر دقیق بودن انتخاب و وزن‌دهی عوامل ارائه نمی‌دهد. یک رویکرد مبتنی بر داده بیشتر، که در آن معیاری از رگرسیون رفتار پیاده‌مداری بر روی عوامل فیزیکی محیط محلی مشتق شده است، بنابراین به عنوان یک رویکرد جایگزین مورد توجه قرار گرفته است.

رویکردهای داده‌محور

چندین محقق فقدان اعتبارسنجی تجربی را تشخیص داده‌اند و روش‌های جایگزین را بر اساس تجزیه و تحلیل رفتار پیاده‌مداری پیشنهاد کرده‌اند (هال و رام، ۲۰۱۸).

گلازیر و همکاران (۲۰۱۲) از فهرستی از متغیرهای کاندید استفاده کرد و سپس از این فهرست متغیرهایی را انتخاب کرد که منابع داده مناسب برای آنها در تنظیماتی که در نظر گرفته بودند به آسانی در دسترس بودند (Glazier et al., 2012). نویسندگان از تحلیل عاملی برای شناسایی عوامل محیط ساخته‌شده استفاده کردند که از نظر آماری با یکدیگر همبستگی ندارند. بر اساس نتایج تحلیل عاملی آنها، تراکم سکونت، تراکم جمعیت، فروشگاه‌های خرده‌فروشی، اتصال خیابان، و خدمات موجود در یک پیاده‌روی ۱۰ دقیقه‌ای به عنوان متغیرهایی برای ایجاد شاخص پیاده‌روی شهری انتخاب شدند (Glazier et al., 2012). علاوه بر این، از تحلیل رگرسیون برای تخمین روابط بین عوامل محیطی و فراوانی پیاده‌مداری برای تعیین انتخاب و وزن متغیرها استفاده شده است.

حبیبیان و همکاران (۲۰۱۸) از تحلیل رگرسیون برای استخراج فرمول بهبودیافته برای شاخص پیاده‌روی فرانک استفاده کرد. آنها چهار متغیر را بر اساس تئوری شاخص پیاده‌مداری فرانک ساختند و تعدادی روش اندازه‌گیری مختلف را برای هر متغیر بررسی کردند.

آنها با استفاده از داده‌های منطقه‌ای در ایران، از تحلیل رگرسیون خطی برای تخمین مدل‌ها استفاده کردند و مشخصات مدلی را که بالاترین درجه تناسب را ارائه می‌کرد، شناسایی کردند (حبیبیان و همکاران، ۲۰۱۸).

در مطالعاتی که در بالا بررسی شد چندین شاخص پیاده‌مداری جایگزین توسعه یافت. رویکردها با توجه به این سوال که آیا تجزیه و تحلیل داده‌ها یا یک چارچوب نظری به عنوان مبنایی برای تعیین مشخصات شاخص استفاده می‌شود، متفاوت است. جدول ۱ نمای کلی از شاخص‌های پیاده‌روی بررسی‌شده در این بخش را ارائه می‌دهد.

رویکردهای تئوری‌محور به معیارهایی منجر می‌شوند که به طور بالقوه بهتر قابل تعمیم هستند، زیرا آنها بر روی ویژگی‌های خاص یک کشور یا منطقه مانند معیارهای داده‌محور برازش ندارند. با این حال، آزمایش اعتبار تجربی معیارهای مبتنی بر نظریهٔ موجود، اغلب با استفاده از داده‌های مربوط به رفتار پیاده‌مداری از یک نمونهٔ بزرگ و معرف انجام نشده است.

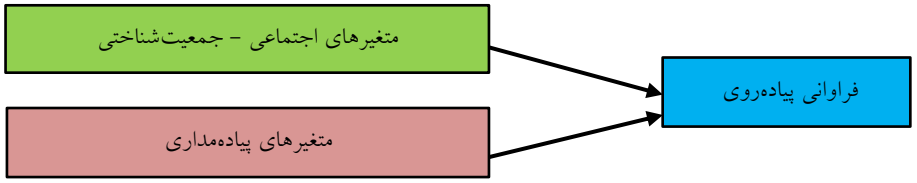
گلازیر و همکاران (۲۰۱۲) و حبیبیان و همکاران. (۲۰۱۸)، به طرق مختلف، هر دو بر تخمین تجربی وزن متغیرها تمرکز کردند. با این حال، آنها تنها تعداد محدودی از متغیرها را برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌روی در نظر گرفتند (جدول ۱ را ببینید). به این معنا، کار آنها از مفروضات نظری به جای آزمایش آنها استفاده می‌کرد.

به عنوان مثال، ویس و همکاران. (۲۰۱۰) و دانکن و همکاران. (۲۰۱۱) اشاره کرد که ویژگی‌های محیطی مانند ایمنی محله و امکانات محله که در نظر گرفته نشده بودند نیز به طور بالقوه مهم هستند.

بنابراین، در مطالعه حاضر، هدف استخراج معیاری از قابلیت پیاده‌مداری با استفاده از یک رویکرد داده‌محور با در نظرگرفتن طیف وسیعی از متغیرهای مرتبط با مکان و استفاده از این اندازه‌گیری به عنوان مبنایی برای آزمایش اعتبار مفاهیم موجود است.

جدول ۱: روش‌های عینی موجود برای پیاده‌مداری در ادبیات (ترتیب زمانی).

روش‌های عینی	نویسندگان	متغیرها	راه‌های عملیاتی‌سازی	فرمول
روش‌های مبتنی بر رویکرد نظریه محور پیاده‌محور فرانک	Frank et al. (2005a,b), Frank et al., (2010)	▪ خالص مسکونی ▪ تراکم جمعیت ▪ نسبت مساحت خرده‌فروشی ▪ تراکم تقاطع	Z score	Walkability = (2 × Z-intersection density) + (Z-net residential density) + (Z-retail floor area ratio) + (Z-land use mix)
قابلیت پیاده‌مداری عینی	Weiss et al., (2010)	▪ تراکم تقاطع ▪ ترکیب کاربری اراضی ▪ همسایگی ▪ زیرساخت ▪ زیبایی‌شناسی محله ▪ امنیت محله ▪ ایمنی عابر پیاده	سیستم رتبه‌بندی مقیاس	Summing the score of each point of each scale (point score value from 1 to −1) to get the walkability score
امتیاز پیاده‌روی	Duncan et al. (2011)	▪ فاصله پیاده‌روی تا امکانات رفاهی ▪ معیارهای تراکم تقاطع ▪ میانگین طول بلوک	Distance decay function	The algorithm is patented-protected
پیاده‌مداری گراتس	Grasser et al. (2017)	▪ خالص مسکونی/ تراکم جمعیت ▪ تراکم تقاطع ▪ ترکیب کاربری اراضی	Z score	Walkability = (Z-intersection density) + (Z-net residential density) + (Z-land use mix)
روش‌های مبتنی بر رویکرد داده‌محور شاخص پیاده‌روی شهری	Glazier et al. (2012)	▪ تراکم مسکونی ▪ تراکم جمعیت ▪ در دسترس‌بودن کلیهٔ خرده‌فروشی‌ها و خدمات ▪ اتصال به خیابان	تحلیل عاملی؛ تحلیل مؤلفه‌های اصلی	Walkability = l1(Dwelling density) + l2(Population density) + l3(Street connectivity) + l4(Availability of all retail and **services)** [l is the value of factor loading]
پیاده‌مداری حبیبیان	Habibian et al., (2018)	▪ شاخص‌های طراحی ▪ شاخص‌های تنوع ▪ شاخص‌های تراکم ▪ شاخص‌های دسترسی به مقصد	رگرسیون خطی، تحلیل همبستگی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، Zscore	Walkability = β1Ż1j + β2Ż2j + β3Ż3j + β4Ż4j



شکل ۱. مدل مفهومی رابطه بین متغیرهای پیاده‌مداری، ویژگی‌های اجتماعی – جمعیت‌شناختی و فراوانی پیاده‌روی.

روش‌شناسی

مدل مفهومی نشان داده‌شده در شکل ۱، روابط بین متغیرهای پیاده‌مداری، ویژگی‌های اجتماعی – جمعیت‌شناختی و فراوانی پیاده‌مداری را نشان می‌دهد. همانطور که در این مدل مشخص است، تأثیر متغیرهای پیاده‌مداری را می‌توان در یک تحلیل رگرسیونی شناسایی کرد که از فراوانی پیاده‌مداری به عنوان متغیر وابسته و متغیرهای اجتماعی– جمعیت‌شناختی و پیاده‌روی به عنوان متغیرهای مستقل استفاده می‌کند. با کنترل متغیرهای جمعیت‌شناختی، ضرایب برآورد شده برای متغیرهای پیاده‌روی نشان‌دهنده تأثیر جداگانه ویژگی‌های فیزیکی محله بر تمایل ساکنان به پیاده‌روی در محلهٔ خود است. از این‌رو، با استفاده از روش‌های پیشرفته برای انتخاب مدل در تحلیل رگرسیون، می‌توان بهترین مجموعه متغیرهای پیاده‌مداری را همراه با وزن آنها شناسایی کرد. پیاده‌روی را از ویژگی‌های محله می‌دانیم. در نتیجه واحد این تحلیل، محله است.

بنابراین، در مدل رگرسیونی، متغیرهای اجتماعی – جمعیتی با ترکیب جمعیتی – اجتماعی محله مرتبط است و فراوانی پیاده‌روی مربوط به میانگین فراوانی پیاده‌روی در بین افراد ساکن در محله است.

ما استدلال می‌کنیم که فراوانی پیاده‌روی شاخص بهتری نسبت به سهم پیاده‌روی (نسبت سفرهای پیاده‌روی) است، زیرا دومی به تفاوت مطلق در شدت پیاده‌روی حساس نیست. علاوه بر این، مسافت پیاده‌روی گزینه بهینه‌ای برای متغیر وابسته نیست، زیرا مسافت پیاده‌روی نسبتاً به هدف سفر حساس است، و سفرهای طولانی پیاده‌روی، حتی اگر به ندرت رخ دهند، تأثیر زیادی بر اندازه‌گیری خواهند داشت.

در مجموع، همانطور که توسط مدل در شکل ۱ نشان داده شده است، ما قابلیت پیاده‌مداری را به‌عنوان خاصیتی تعریف می‌کنیم که می‌تواند تفاوت‌ها را در فراوانی‌های پیاده‌روی بین محله‌ها توضیح دهد که می‌تواند به ویژگی‌های فیزیکی محله نسبت داده شود.

تجزیه و تحلیل رگرسیون منجر به اندازه‌گیری پیاده‌روی محله‌ها به عنوان مبنایی برای مقایسه شاخص‌های پیاده‌روی نظری با در بخش بعدی زیر می‌شود. لازم به ذکر است که تجزیه و تحلیل رگرسیون داده‌های مقطعی نمی‌تواند یک اثر احتمالی خود انتخابی (مسکونی) را در نظر بگیرد. انتخاب به تنهایی زمانی اتفاق می‌افتد که افرادی که پیاده‌روی را ترجیح می‌دهند، زندگی در محله‌هایی را انتخاب کنند که قابلیت پیاده‌روی بالایی دارند (کائو و همکاران، ۲۰۰۹؛ کائو، ۲۰۱۵؛ زانگ و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه بر این، تحلیل رگرسیون امکان شناسایی علیت را نمی‌دهد. این یک محدودیت ذاتی در تجزیه و تحلیل داده‌های مقطعی است که باید در اینجا نیز در نظر گرفته شود (لیائو و همکاران، ۲۰۲۰).

داده‌ها و متغیرها

ما کل هلند را به عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر می‌گیریم. منابع داده‌های مختلف برای بازیابی داده‌ها برای دسته‌های مختلف متغیرها استفاده می‌شود. ابتدا، به عنوان منبع داده‌های فراوانی پیاده‌روی، از بررسی سفر ملی هلند (CBS, 2016) استفاده می‌کنیم. این نظرسنجی سفر داده‌های سفر یک روزه نمونهٔ بزرگی از افراد در سراسر کشور را ارائه می‌دهد که در آن تمام روزهای هفته پوشش داده شده است. همسایگی هر فرد را می‌توان بر اساس کدپستی آدرس منزل که در داده‌های نظرسنجی در سطح ٤ رقمی موجود است، شناسایی کرد.

با محاسبهٔ میانگین تعداد سفرهای پیاده‌روی (در روز مشاهده‌شده) بین افراد در مناطق (٤ رقمی) کدپستی، داده‌های سفر مربوطه در سطح منطقه کدپستی جمع می‌شوند.

ما فقط سفرهایی را که از خانه فرد شروع می‌شد را شمارش می‌کردیم تا مطمئن شویم که سفرهای پیاده‌روی مربوط به مکان خانه است. برای به دست آوردن مشاهدات کافی برای هر منطقه کدپستی، سه سال (۲۰۱٦–۲۰۱٤) از این نظرسنجی ادغام شدند. بنابراین، داده‌های سفر ۹۷۵۵۲ نفر در کل (از ٤۰۵۳ کدپستی منطقه) برای تجزیه و تحلیل حاضر استفاده می‌شود.

علاوه بر این، ما از داده‌های محله از ادارهٔ مرکزی آمار هلند (CBS, 2017a,b) به عنوان منبعی برای متغیرهای اجتماعی – جمعیت‌شناختی و فیزیکی محله استفاده می‌کنیم.

متغیرهای اجتماعی و جمعیت‌شناختی که به عنوان متغیرهای کنترلی مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل جنسیت، سن، وضعیت درآمد، وضعیت شغلی، وضعیت خانوار و سابقهٔ مهاجرت است.

شرح متغیرهای کنترلی در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. متغیرهای همسایگی فیزیکی مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل در جدول ۲ آمده است. متغیرهای این بخش به چهار قسمت تقسیم می‌شوند:

– متغیرهای تراکم، متغیرهای امکانات، متغیرهای فضای سبز و متغیرهای ترکیب کاربری.

– متغیرهای تراکم شامل تراکم جمعیت، تراکم تقاطع و تراکم اموال تجاری است.

– متغیرهای امکانات شامل فاصله تا نزدیکترین امکانات (متوسط فاصله از مرکز محله) و تعداد امکانات موجود در شعاع ۱ کیلومتری (از مرکز محله) است.

– متغیرهای فضای سبز شامل کل مساحت انواع فضای سبز باز و فضای تفریحی می‌باشد.

به عنوان معیاری برای ترکیب کاربری زمین، آنتروپی ابتدا مورد آزمایش قرار گرفت، اما این به یک مدل برازش بهتر منجر نشد. بنابراین، به جای آن از متغیرهای کاربری سطح پایین‌تر جداگانه در قالب درصدی از کل اراضی تحت پوشش کاربری استفاده شد. همه متغیرهای قابلیت پیاده‌روی از کدپستی باز Esri و داده‌های CBS مشتق شده‌اند.

داده‌های منطقهٔ کدپستی از نظرسنجی سفر به طور کامل با همسایگی داده‌های CBS مطابقت ندارد. مناطق کدپستی (٤ رقمی) سطح بالاتری از تجمع فضایی را نشان می‌دهد. بنابراین، برای به دست آوردن پایگاه داده نهایی برای تجزیه و تحلیل، داده‌های محله CBS در سطح منطقه کدپستی تجمیع شدند. مجموعه داده نهایی شامل هفت بخش از متغیرها است که در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول۲. لیست متغیرهای پیشنهادی

متغیرها	شرح متغیرها
۱. فراوانی پیاده‌روی	میانگین تعداد سفرهای پیاده‌روی (در ۱ روز) برای هر نفر در محله؛
۲. سن جمعیت	درصد مردان و زنان در هر محله؛ ۲. سن جمعیت درصد هر طبقهٔ سنی هر محله: ۰ تا ۱۵ سال، ۱۵ تا ۲۵ سال، ۲۵ تا ٤٥ سال، ٤٥ تا ٦٥ سال، بالاتر از ٦٥ سال؛
۳. درآمد متوسط به ازای هر ساکن	میانگین درآمد شخصی برای هر نفر بر اساس کل جمعیت خانوارهای خصوصی؛
٤. خانوارهایی با درآمد کم	درصد درآمد خانوارها کمتر از ۹۲٤۹ یورو در هر محله؛
۵. افراد شاغل	درصد افراد ۱۵ تا ۷۵ ساله که شغل دارند؛
٦. افراد بیکار	درصد افراد دریافت‌کننده مزایای قانون بیمه بیکاری در هر محله؛ درصد هر نوع خانوار: تک نفره، خانوار دارای فرزند، خانوار بدون فرزند؛
۷. پیشینه مهاجرت	درصد افراد با سابقه مهاجرت غربی و با پیشینه مهاجرت غیر غربی؛
۸. تراکم جمعیت	تراکم جمعیت در هر کیلومتر مربع؛ تراکم تجاری تراکم تجاری در هر کیلومتر مربع؛
۹. تراکم تقاطع	نسبت بین تعداد تقاطع ها (۳ یا بیشتر پا) و مساحت زمین گروه کد پستی در هکتار؛
۱۰. فاصله امکانات	میانگین فاصله مرکز محله تا امکانات تقریبا روزانه و غیرلبنی مانند سوپرمارکت، فروشگاه‌های کالاهای روزانه و تناسب اندام و غیره؛
۱۱. تعداد امکانات	تعداد امکانات روزانه و غیر روزانه در ۱ کیلومتری جاده برای همه ساکنان یک منطقه؛ درصد مساحت انواع فضای سبز روباز: فضای پارک سبز، جنگل و فضای باز طبیعت و آب داخلی؛
۱۲. فضای تفریحی	درصد مساحت انواع فضاهای تفریحی: فضای ورزشی و فضای تفریحی روزانه؛
۱۳. سرقت ۱٤. جنایت علیه نظم عمومی ۱۵. خشونت و جرایم جنسی	این شامل ارقامی در مورد جرایم دارایی ثبت شده توسط پلیس به ازای هر نوع جرم است که به تعداد هر ۱۰۰۰ نفر بیان شده است. ارقام بر اساس ناحیه و محله تفکیک شده‌اند؛
۱٦. اختلاط کاربری	درصد هر منطقه: مناطق ساختمان زندگی، مناطق ساختمان ترافیک، مناطق ساختمان‌های خدماتی، و مناطق ساختمان‌های تفریحی و غیره؛
۱۷. تراکم شهری	تراکم پنج سطحی از زیاد به کم: تراکم شهری بسیار بالا، تراکم شهری بالا، تراکم شهری متوسط، تراکم شهری کم و تراکم شهری بسیار کم.

تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی چندگانه برای تخمین روابط بین متغیرهای پیاده‌روی، ویژگی‌های اجتماعی – جمعیت‌شناختی و فراوانی پیاده‌روی انجام شد. برای به دست آوردن میانگین فراوانی پیاده‌روی معنادار در هر منطقه کدپستی، حداقل تعداد پاسخ‌دهندگان (از نظرسنجی سفر ملی هلند) در هر منطقه کدپستی مورد نیاز است. انتخاب

حداقل نباید خیلی زیاد باشد، زیرا در این صورت تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی مناطق کدپستی کاهش می یابد. بنابراین حداقل ۱۵ پاسخگو تعیین شد. برای تعیین استحکام مدل برای تغییر در این تنظیمات، تخمین مدل (با استفاده از روش گام به گام) برای هر دو حداقل کمتر از ۱۰ پاسخ‌دهنده و حداقل بالاتر از ۲۰ پاسخ‌دهنده تکرار شد. در همه موارد، روش گام به گام برای انتخاب مدل استفاده می‌شود که سطح معنی‌داری برای انتخاب متغیر روی آلفای ۱۰ درصد تنظیم شده است. نتایج در جدول ٤ نشان داده شده است.

اگرچه در مقادیر تخمینی و انتخاب متغیرها بین مدل‌ها تفاوت‌هایی وجود دارد، اما این تفاوت‌ها بیشتر در سطح متغیرهای کنترل اجتماعی – جمعیتی رخ می‌دهد.

به عبارت دیگر، با توجه به متغیرهای پیاده‌روی، که در اینجا مورد توجه هستند، نتایج برای انتخاب حداقل تعداد پاسخ‌دهندگان در هر منطقه کدپستی نسبتاً قوی هستند. با حداقل ۱۵ پاسخ‌دهنده، مجموعه داده شامل ۱۹۸۲ منطقه کدپستی از مجموع ٤۰۵۳ منطقه کدپستی در هلند است.

اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌مداری بر اساس داده‌های محلی

از آنجایی که ویژگی‌های اجتماعی و جمعیت‌شناختی به عنوان متغیرهای کنترل گنجانده شده است، نتایج تحلیل رگرسیون در سطح متغیرهای پیاده‌روی برای تعریف اندازه‌گیری پیاده‌روی مرتبط است. ضرایب استاندارد شده و نمرات استاندارد شده متغیرهای پیاده‌مداری برای تعریف معیاری که مستقل از واحد اندازه‌گیری هر متغیر است استفاده می‌شود. در فرمول، اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌روی به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$Walkability = \sum_{i=1}^{n} \beta_i \cdot Z_{X_i}$$

که در آن i ضریب رگرسیون استانداردشده i–امین متغیر پیاده‌مداری و Z_{Xi} مقدار استانداردشده (Z-score) متغیر i-امین پیاده‌مداری است. از آنجایی که مدل بر اساس داده‌های کدپستی منطقه (محله) تخمین زده می‌شود، همه متغیرهای پیاده‌روی، Xi، به ویژگی‌های محله‌ها مربوط می‌شوند.

مقایسه متغیرها، Xi، و وزن‌های i، به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل ما با متغیرهای مورد استفاده در شاخص‌های موجود، به ما امکان می‌دهد تا اعتبار (ساخت) شاخص‌های موجود را حداقل برای زمینه هلند ارزیابی کنیم. در

مرحله بعدی، برای ارزیابی اعتبار پیش‌بینی‌کننده، از فرمول به‌دست‌آمده برای محاسبه امتیاز پیاده‌روی برای مناطق کدپستی در هلند استفاده می‌شود.

مقایسه این نمرات محاسبه‌شده با امتیازهایی که بر اساس برخی از شاخص‌های پیاده‌روی موجود است، نشان می‌دهد که این شاخص‌های موجود تا چه اندازه با نمرات پیاده‌روی مشتق‌شده تجربی مطابقت دارند. در این مرحله، همبستگی‌های متقابل بین پیاده‌روی تخمینی (اندازه‌گیری‌شده)، شاخص‌های پیاده‌روی موجود و فراوانی پیاده‌مداری مشخص می‌شود. برای تعیین اینکه آیا هر گونه اختلاف یافت شده اساساً از انتخاب فرضی متغیرها یا مقادیر وزن‌ها ناشی می‌شود، ما علاوه بر این، خوب بودن برازش چندین مدل رگرسیونی را با هم مقایسه می‌کنیم که در آنها انتخاب متغیرها بر اساس شاخص‌های پیاده‌روی موجود است.

جدول ۳. تجزیه و تحلیل توصیفی مجموعه داده متغیرهای نامزد نهایی

واحد	حداکثر	حداقل	Sd	میانگین
				متغیر وابسته
زمان	۰/٦۰	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۱٦
				متغیرهای اجتماعی – جمعیتی
٪	۷٤/۰۷	٤۰/۸۹	۱/۷۹	٤۹/۵۹
٪	۵۹/۱۱	۲۵/۹۳	۱/۷۹	۵۰/٤۱
٪	۳۸/۰۰	۲/٤٤	۳/۷۲	۱٦/۰۱
٪	٦۰/۳۳	٤/٤۵	۳/۷۸	۱۲/۰۱
٪	۵۳/۰۰	۹/۰۰	۵/۷٤	۲۳/۵٤
٪	٤۵/۰۵	۷/۰۰	٤/۵۰	۲۸/۸٦
٪	۵٦/۰۰	۳/۰۰	٦/٦۳	۱۹/۸۵
*1000 euro	۵۷/۸۷	۱۲/۸۳	٤/۷۳	۲٤/۹۸
٪	٦۳/۷۰	۰/۸۰	٤/٦٤	۷/۰٤
٪	۷۷/۵۰	۲٦/۲۰	۵/۹۷	۵۸/٤۳
٪	۵/۹	۰/۰۰	۰/٦۱	۲/۲۷
٪	۸۷/۰۰	۸/٤٤	۱۱/۸٦	۳٤/۲۱
٪	۵۵/۰۰	۸/۰۰	۵/٦۹	۳۰/۹٦
٪	۷۱/۰۰	۳/۰۰	۹/۳۰	۳٤/۸۳
٪	۵۸/۰۰	۰/٦۷	٤/۹٦	۹/۲۸

بدون پیشینه مهاجرت غربی	۹/۴۸	۱۰/۸۷	۰/۰۰	۸۵/۵۰	٪
فعالیت روزانه					
فاصله سوپر مارکت	۰/۹۴	۰/۶۳	۰/۲۰	۶/۷۰	Km
تعداد سوپر مارکت تا شعاع ۱ کیلومتری	۱/۶۰	۱/۴۶	۰/۰۰	۱۳/۵۰	Number
فاصله فروشگاه کالاهای روزانه	۰/۸۱	۰/۶۳	۰/۱۰	۱۰/۱۵	Km
تعداد فروشگاه کالاهای روزانه تا ۱ کیلومتر	۷/۲۶	۱۰/۴۹	۰/۰۰	۹۹/۴۰	Number
فاصله تا کافه	۱/۲۳	۱/۰۸	۰/۱۰	۹/۸۰	Km
تعداد کافه تا شعاع ۱ کیلومتری	۳/۸۳	۹/۰۷	۰/۰۰	۹۴/۷۰	Number
فاصله تا کافه تریا	۰/۸۸	۰/۸۲	۰/۱۰	۸/۰۰	Km
تعداد کافه تریا تا شعاع ۱ کیلومتری	۵/۳۷	۹/۸۲	۰/۰۰	۱۰۸/۷۰	Number
فاصله تا رستوران	۰/۸۸	۰/۶۹	۰/۰۵	۹/۱۰	Km
تعداد رستوران تا شعاع ۱ کیلومتری	۶/۹۱	۱۵/۶۸	۰/۰۰	۲۳۴/۵۰	Number
فاصله تا هتل	۲/۶۱	۲/۰۶	۰/۱۰	۱۳/۳۰	Km
فعالیت‌های غیر روزانه					
فاصله تا مهدکودک	۰/۹۲	۰/۸۲	۰/۱	۹/۸۵	Km
فاصله تا نگهداری کودکان خارج از مدرسه	۰/۸۹	/۷۴	۰/۱	۹/۸۵	Km
تعداد مراکز نگهداری کودکان خارج از مدرسه تا شعاع ۱ کیلومتری	۱/۸۲	۱/۵۳	۰	۱۰/۸	Number
فاصله تا مدارس ابتدایی	۰/۷۷	۰/۴۴	۰/۲	۷/۸۵	Km
تعداد مدارس ابتدایی تا شعاع یک کیلومتری	۱/۷۸	۱/۱۸	۰	۱۱/۳۵	Number
فاصله تا تحصیلات متوسطه	۲/۷۷	۲/۵۶	۰/۳	۱۸/۱	Km
فاصله Vmbo*	۲/۹۶	۲/۶۳	۰/۳	۱۸/۱	Km
فاصله تا Havo vwo*	۳/۵۶	۳/۲۵	۰/۳	۳۴	Km
فاصله تا ایستگاه ترین	۳/۴۷	۶/۲۴	۰/۴	۵۸/۵۳	Km
فاصله تا ایستگاه حمل‌ونقل	۱۱/۴۷	۹/۳۸	۰/۵۸	۶۲/۰۵	Km
فاصله تا سینما	۶/۹۶	۵/۹۹	۰/۲۵	۳۸	Km
متغیر فضای سبز					
پارک و فضای سبز	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۰	۱/۲۴	٪
زمین ورزش	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۵۴	٪
زمین تفریحی روز	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۴۷	٪
جنگل و زمین طبیعی باز	۰/۱۲	۰/۹۸	۰/۰۰	۳۷/۲۴	٪
آب‌های سطحی	۰/۰۸	۰/۵۹	۰/۰۰	۱۸/۶۲	٪
جرایم محلی					
سرقت	۴/۴۴	۲/۸۲	۰	۲۳/۵۵	Number per 1000 persons
جنایت علیه نظام عمومی	۵/۵۹	۳/۸۴	۰	۴۰/۷۵	Number per 1000 persons

خشونت و جرایم جنسی	۵/۱۲	٦/۵	۰	۱۱۰/۵	Number per 1000 persons
متغیرهای تراکم					
تراکم جمعیتی	٤۰۷۳/۲۲	۳۲۰۱/۹۹	۲٦/۰۰	۲۳۰٦/۰۰ ۲	Number/km^2
تراکم تجاری	۲/۹۸	۳/٦٤	۰/۰٤	۵۰/۵۰	Number/km2
تراکم تقاطع	۲۹۷/٤۲	۱۵۳/۷۵	۳۲/۰۰	۹۱۷/۰۰	Number/km2
ترکیب کاربری اراضی					
کاربری زمین برای ترافیک	۵/۱۵	۳/۳۲	۰	۲۸/۱	٪
کاربری زمین برای ساختمان‌های خدماتی	۳۹/۸۲	۳۰/۹۷	۰	۱۰۰	٪
کاربری زمین برای ساختمان‌های مسکونی	۲/۷۸	۵/۹۱	۰	۷۵/۱۹	٪
کاربری زمین برای کشاورزی	۳۷/۲۸	۳۳/٦۱	۰	۹۷/۸۸	٪
کاربری زمین برای تفریح	۷/٦۲	۸/۵	۰	٦٦/٦۷	٪
تراکم شهری					
تراکم شهری خیلی زیاد	۰/۱٤	۰/۳۵	۰	۱	/
تراکم شهری زیاد	۰/۲٤	۰/٤۳	۰	۱	/
تراکم شهری متوسط	۰/۱۵	۰/۳٦	۰	۱	/
تراکم شهری کم	۰/۱٦	۰/۳٦	۰	۱	/
تراکم شهری خیلی کم	۰/۳۱	۰/٤٦	۰	۱	/

"*" به این معنی است: "Vmbo" و "Havo vwo" آموزش حرفه‌ای متوسطه در هلند هستند.

جدول ٤. تست‌های Robustness برای انتخاب حداقل پاسخ‌دهندگان در هر ناحیه کدپستی

پاسخ‌دهندگان ≤ ۲۰	پاسخ‌دهندگان ≤ ۱۵	پاسخ‌دهندگان ≤ ۱۰	
۱۷٤۲	۱۹۸۲	۲۳۰۷	تعداد کدپستی
-۰/۰۹٦۸	-۰/۱۲۵۰	-۰/۰۹٤۲	رهگیری
			متغیرهای اجتماعی – جمعیتی
۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱٦	افراد از ۱۵ تا ۲۵ سال
۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۱۹	افراد از ٤۵ تا ٦۵ سال
۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۲٦	۰/۰۰۲۵	افراد بالای ٦۵ سال
۰/۰۰۰۷	-۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۱	متوسط درامد به ازای هر فرد
۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱٤	۰/۰۰۱۲	افراد شاغل
۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۱۱	خانواده‌های تک نفره
۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۷	سابقه مهاجرت غربی
۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۹	بدون سابقه مهاجرت غربی
			متغیر امکانات روزانه
-۰/۰۰۸٤	-۰/۰۰۹۲	-۰/۰۰۷۹	فاصله سوپرمارکت
۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱٤	۰/۰۰۱٤	تعداد فروشگاه‌های خوب روزانه درشعاع ۱ کیلومتر
۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۱	تعداد کافه تریا در ۱ کیلومتر
			متغیرهای فضای سبز محله
۰/۰۰٦۸	۰/۰۰٦۵		کل آب سطحی
			ترکیب کاربری اراضی
۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰٦	۰/۰۰٦	کاربری برای ساختمان‌های مسکونی
			تراکم شهری
۰/۰۱۳۸	۰/۰۱۵۹	۰/۰۱۵۰	تراکم شهری بسیار بالا
۰/٤٤۵۵	۰/٤۱٦۲	۰/۳۹۳۱	R^2 چندگانه
۰/٤٤۱۰	۰/٤۱۲۱	۰/۳۸۹۷	R^2 تنظیم شده

* متغیرهای با حروف پررنگ به عنوان متغیرهای انتخابی شاخص جدید قابلیت پیاده‌مداری انتخاب می‌شوند.

بحث و یافته‌ها

ارتباط بین متغیرهای پیاده‌مداری و فراوانی پیاده‌مداری

نتایج تحلیل رگرسیون مدل نهایی (پاسخگویان ≤ ۱۵) با استفاده از روش گام به گام در جدول ٤ نشان داده شده است. نتایج تا حد زیادی با انتظارات با توجه به ادبیات موجود همانطور که در بالا بررسی شد مطابقت دارد. متغیرهای پیاده‌روی که از تحلیل ما پدید می‌آیند را می‌توان به چهار بخش تقسیم کرد: در دسترس بودن و دسترسی به امکانات روزانه، در دسترس بودن فضای سبز محله، ترکیب کاربری زمین و تراکم شهری (به جدول ٤ مراجعه کنید).

با توجه به در دسترس بودن و دسترسی به امکانات روزانه، ارتباطی بین امکانات خرده‌فروشی و رفتار پیاده‌روی پیدا کردیم.

در برآورد ما، فاصله تا یک سوپرمارکت به عنوان یک متغیر مرتبط ظاهر می‌شود و رابطه منفی با فراوانی پیاده‌روی را نشان می‌دهد. این به این معنی است که هر چه فاصله تا سوپرمارکت در یک محله کمتر باشد، افراد بیشتری در آن محله راه می‌روند (با ثابت نگه‌داشتن بقیه موارد). تعداد فروشگاه‌های کالاهای روزانه در فاصله ۱ کیلومتری و تعداد کافه‌تریاها در فاصله ۱ کیلومتری نیز به عنوان متغیرهای مرتبط ظاهر می‌شوند، که نشان می‌دهد در محله‌هایی که این اعداد بیشتر است، میانگین دفعات پیاده‌روی بیشتر است. این نتایج با یافته‌های دانکن و همکاران مطابقت دارد. (۲۰۱۱).

با توجه به کاربری، متوجه می‌شویم که سهم مساحت تحت پوشش آب سطحی و کاربری مسکونی با فراوانی پیاده‌روی رابطه مثبت دارد. این نشان می‌دهد که مردم ترجیح می‌دهند در مکان‌هایی پیاده‌روی کنند که آب‌های سطحی مانند حوض‌ها و خیابان‌های باریک در امتداد کانال‌ها وجود دارد و خانه‌ها درصد زیادی از مساحت ساخته‌شده را تشکیل می‌دهند. علاوه بر این، تراکم بالای شهری یک متغیر مرتبط است. در محله های با تراکم شهری بالا، فراوانی پیاده‌روی بیشتر است.

این نشان می‌دهد که مناطق پر تراکم برای پیاده‌روی جذاب‌تر هستند، شاید به این دلیل که مسافت‌های پیاده‌روی در این مناطق به دلیل فشرده بودن منطقه ساخته‌شده کمتر است. این نتایج با برخی از مطالعات تجربی و همچنین شاخص‌های پیاده‌روی مبتنی بر تئوری مطابقت دارد که نشان می‌دهد تراکم بالای مسکونی با پیاده‌روی بیشتر در محله مرتبط است (دانکن و همکاران، ۲۰۱۲؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۱۹).

به طور خلاصه، فاصله تا یک سوپرمارکت، تعداد فروشگاه‌های کالاهای روزانه در فاصله ۱ کیلومتری، تعداد کافه‌تریا در فاصله ۱ کیلومتری، مساحت کل آب‌های سطحی، زمین مورد استفاده برای ساختمان‌های مسکونی و تراکم شهری بسیار بالا متغیرهای مرتبط در این تحلیل هستند. ضرایب استانداردشده این متغیرها در جدول ۵ نشان داده شده است. اندازه (مطلق) ضریب استاندارد نشان‌دهنده اهمیت متغیر به عنوان متغیر توضیحی پیاده‌مداری است.

تعداد امکانات در شعاع ۱ کیلومتری (فروشگاه‌های کالاهای روزانه یا کافه‌تریاها) تا حد زیادی مهم‌ترین متغیرها هستند – تأثیر آنها تقریباً سه برابر بیشتر از تأثیر سایر متغیرها است. ضرایب غیر استاندارد این دو متغیر مهم (جدول ٤) نشان می‌دهد که میانگین دفعات پیاده‌روی در روز به ترتیب با ۰/۰۰۱٤ و ۰/۰۰۱۱ افزایش می‌یابد که تعداد امکانات خوب روزانه با ۱ فروشگاه و تعداد سفره‌خانه‌ها با ۱ کافه‌تریا افزایش می‌یابد. با وارد کردن مقادیر ضرایب استانداردشده در فرمول کلی، معادله زیر را برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌مداری به دست می‌آوریم:

$$Walkability = (-0.0509) \times Z - Supermarket\ \ distance + (0.1408) \times Z - Number\ \ of\ \ daily\ \ goods\ \ store\ \ within\ \ 1\ \ \text{km} + (0.1433) \times Z - Number\ \ of\ \ cafeterias\ \ within\ \ 1\ \ \text{km} + (0.0472) \times Z - Total\ \ inland\ \ water + (0.0336) \times Z - Land\ \ use\ \ for\ \ residential\ \ buildings + (0.0554) \times Z - Very\ \ high\ \ urban\ \ density$$

جدول ۵. ضرایب استاندارد متغیرهای پیاده‌مداری

تعداد کافه‌تریا در شعاع یک کیلومتری	تعداد فروشگاه‌های کالای روزانه در شعاع ۱ کیلومتری	فاصله تا سوپرمارکت
۰/۱٤۳۳	۰/۱٤۰۸	-۰/۰۵۰۹
تراکم شهری خیلی زیاد	کاربری زمین برای ساختمان‌های مسکونی	کل آب‌های سطحی
۰/۰۵۵٤	۰/۰۳۳٦	۰/۰٤۷۲

مقایسه شاخص‌های پیاده‌روی اندازه‌گیری‌شده و پیاده‌روی موجود

معیار پیاده‌روی ارائه‌شده در اینجا به فراوانی پیاده‌مداری مربوط می‌شود. با کنترل تفاوت‌های اجتماعی – جمعیت‌شناختی بین محله‌ها، این معیار باید تأثیر جداگانه ویژگی‌های فیزیکی را در نظر بگیرد. علاوه بر این،

در مقایسه با روش‌های مبتنی بر داده‌های موجود، مجموعه بزرگ‌تری از متغیرها را در نظر گرفتیم، از همسایگی به عنوان واحد تجزیه و تحلیل استفاده کردیم و یک نمونه بزرگ در سراسر کشور را شامل شد.

علاوه بر این، در مقایسه با شاخص‌های مبتنی بر تئوری، مسئله هم‌خطی‌بودن بین متغیرها با استفاده از تحلیل رگرسیون (چندگانه) حل می‌شود، به‌طوری‌که وزن‌های یافت شده نشان‌دهنده اثرات جداگانه (خالص) متغیرها هستند.

همانطور که در بخش روش بالا توضیح داده شد، برای ارزیابی تطابق بین این معیار تجربی مشتق‌شده از پیاده‌مداری و چندین معیار مبتنی بر تئوری که در ادبیات شرح داده شده است، تحلیل‌های زیر انجام شد:

(۱) تعیین همبستگی متقابل بین اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌روی، برخی از شاخص‌های پیاده‌روی موجود و فراوانی پیاده‌مداری.

(۲) مقایسه خوبی برازش مدل‌های رگرسیون برای پیش‌بینی فراوانی پیاده‌مداری که در آن انتخاب متغیرها بر اساس (۱) معیار فعلی پیاده‌روی و (۲) چندین شاخص پیاده‌روی موجود است. به عنوان شاخص‌های پیاده‌روی موجود، شاخص پیاده‌روی فرانک و شاخص پیاده‌روی گراتس در نظر گرفته شد، زیرا به نظر می‌رسد این معیارها در کاربردهای شهرهای اروپایی مهم‌ترین هستند (Grasser et al., 2017). تحلیل اول نشانه‌ای از اعتبار پیش‌بینی شاخص‌های موجود را ارائه می‌دهد. تحلیل دوم نشانه‌ای از اعتبار سازه ارائه می‌دهد.

شکل ۲ ضرایب همبستگی بین سه مجموعه امتیاز پیاده‌مداری و فراوانی پیاده‌مداری را در مناطق کدپستی هلند نشان می‌دهد. ضرایب همبستگی بین فراوانی پیاده‌مداری از یک سو و امتیاز پیاده‌مداری بر اساس معیار فعلی، امتیاز پیاده‌مداری فرانک و نمره پیاده‌مداری گراتس از سوی دیگر به ترتیب ۰/۵۸، ۰/٤۸ و ۰/٤۵ است.

این نشان می‌دهد که شاخص‌های موجود در نظر گرفته‌شده (فرانک و گراتس) تنها به میزان محدودی قادر به پیش‌بینی فراوانی‌های پیاده‌روی مشاهده‌شده در محله‌ها هستند. از این نظر، اعتبار پیش‌بینی ضعیف است. با این حال، با توجه به این واقعیت که ویژگی‌های فیزیکی محله‌ها تنها عوامل مؤثر بر فراوانی پیاده‌روی نیستند (تفاوت‌های اقتصادی – اجتماعی نیز تأثیرگذار هستند) مقایسه با همبستگی به‌دست‌آمده با اندازه‌گیری فعلی پیاده‌روی (یعنی ۰/۵۸) آموزنده‌تر است. ویژگی‌های فیزیکی همسایگی (پیاده‌روی) می‌تواند حدود ۳۳ درصد

(=۰/۵۸۲) از واریانس فراوانی پیاده‌مداری را توضیح دهد. معیارهای موجود بین ۲۰ درصد (۰/٤۵۲) و ۲۳ درصد (۰/٤۸۲=) را توضیح می‌دهند. این به طور قابل توجهی پایین‌تر است و منجر به این نتیجه می‌شود که اقدامات موجود برخی از عوامل مهم را که حداقل برای زمینه هلندی از نظر انتخاب یا وزن متغیرها بر قابلیت پیاده‌روی تأثیر می‌گذارد، از دست می‌دهند.

مرحله دوم، مقایسه برازش سه مدل رگرسیونی است که از تحلیل رگرسیون فراوانی پیاده‌مداری به ترتیب بر اساس انتخاب فعلی متغیرها و انتخاب متغیرها در شاخص‌های فرانک و گراتس حاصل می‌شود.

بنابراین، مدل رگرسیون فعلی را در مجموعه داده خود دو بار مجدداً تخمین می‌زنیم که در آن انتخاب فعلی متغیرهای پیاده‌مداری را با متغیرهای شاخص پیاده‌مداری فرانک و شاخص پیاده‌مداری گراز جایگزین می‌کنیم. مقادیر R-square تنظیم‌شده برای مدل‌ها به ترتیب ۰/٤۱، ۰/۳۹ و ۰/۳۸ برای مدل فعلی، شاخص پیاده‌مداری فرانک و شاخص پیاده‌مداری گراتس است.

این نشان می‌دهد که اندازه‌گیری تجربی پیاده‌روی نسبت به مدل‌های رگرسیون خطی بر اساس انتخاب متغیرهای مورد استفاده در دو شاخص دیگر پیاده‌روی که مجدداً بر اساس داده‌های هلندی برآورد شده‌اند، تناسب بهتری ارائه می‌دهد.

اگرچه مقادیر مناسب برای شاخص‌ها در مقایسه با معیار پایین‌تر است، تفاوت‌ها فقط اندک هستند. در ترکیب با نتیجه قبلی، به این نتیجه می‌رسد که محدودیت در اعتبار پیش‌بینی در درجه اول به وزن متغیرها نسبت به انتخاب متغیرها (شناسایی عوامل) قابل انتساب است. با این حال، تفاوت‌ها به طور کامل توضیح داده نشده است. مقایسه مشخصات مدل بینشی در مورد تفاوت‌های واقعی در انتخاب متغیر و وزن ارائه می‌دهد.

در تجزیه و تحلیل رگرسیون، متغیرهایی که به‌عنوان معنی‌دار ظاهر می‌شوند عبارتند از فاصله تا فروشگاه‌های کالای روزانه، در دسترس‌بودن فروشگاه‌ها و سفره‌خانه‌های خوب روزانه، کل آب سطحی، کاربری مسکونی، و تراکم بالای شهری.

در خطوط اصلی، این با عواملی است که در اقدامات موجود استفاده می‌شود، که همچنین بر دسترسی به امکانات رفاهی، ترکیب کاربری زمین، و تراکم شهری تأکید دارد (Eom & Cho, 2015; Frank et al.,

2010; Grasser et al). با این حال، تعدادی از متغیرهای موجود در شاخص‌های موجود در تحلیل جاری معنی‌دار نیستند. به طور خاص، ترکیب کاربری زمین (شاخص آنتروپی)، تراکم تقاطع، و نسبت سطح زیربنای خرده‌فروشی قابل توجه به نظر نمی‌رسد.

این متغیرها ممکن است به طور غیرمستقیم از طریق متغیرهای دیگر تأثیر خود را اعمال کنند. این یافته‌ها با برخی مطالعات تجربی دیگر همخوانی دارد.

با استفاده از داده‌های هنگ کنگ، لو (۲۰۱۹) و لو و همکاران. (۲۰۱۷) همچنین دریافت کرد که ترکیب کاربری زمین به طور قابل‌توجهی با فعالیت بدنی سبز تفریحی (پیاده‌روی) مرتبط نیست. در حوزه آمریکای لاتین، ریس و همکاران. (۲۰۱۳) و سالوو و همکاران. (۲۰۱٤) دریافت که ترکیب کاربری زمین (شاخص آنتروپی) و تراکم تقاطع با فعالیت بدنی متوسط تا شدید (پیاده‌روی) ارتباط منفی دارد.

از سوی دیگر، متغیرهایی وجود دارند که در تحلیل ما معنی‌دار به نظر می‌رسند اما در شاخص‌های موجود تکرار نمی‌شوند. به طور خاص، به نظر می‌رسد وجود آب در داخل خشکی قابل توجه است اما در اقدامات موجود گنجانده نشده است.

این متغیر ممکن است تأثیر حضور عناصر طبیعی (مانند وجود توده‌های سبز و آبی) را بر قابلیت پیاده‌مداری نشان دهد. عناصر طبیعی ممکن است جذابیت محیط را برای پیاده‌روی افزایش دهند و این عامل ممکن است در مفهوم‌سازی‌های فعلی دست کم گرفته شود. جدای از انتخاب متغیرها، تفاوت‌هایی در وزن نسبی متغیرها وجود دارد. در مدل رگرسیون، متوجه می‌شویم که وزن‌های فاصله تا و در دسترس‌بودن امکانات از مرتبه بزرگی سه برابر متغیرهای کاربری زمین و تراکم شهری مهم هستند.

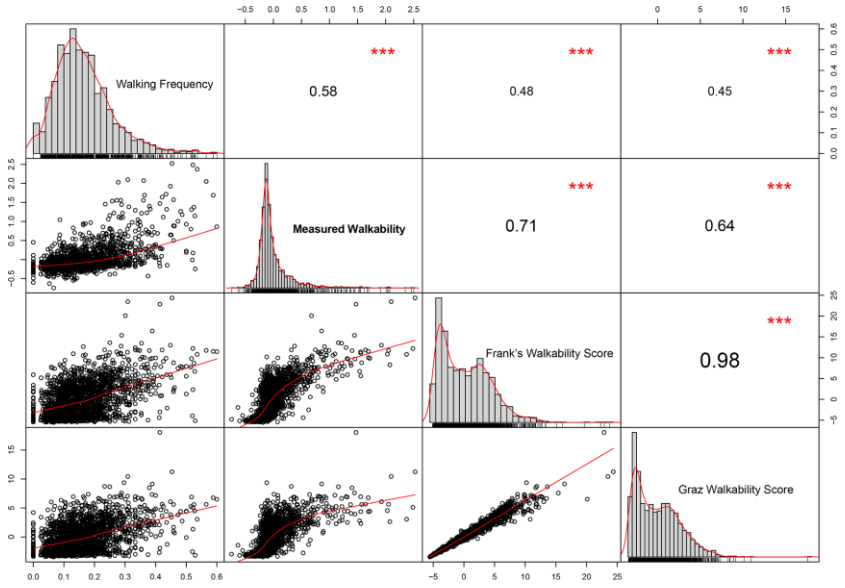
از سوی دیگر، در اقدامات موجود، متغیرهای ترکیبی کاربری دارای وزن نسبی دو برابر وزن سایر متغیرها هستند در حالی که دسترسی به امکانات رفاهی (فاصله و مقدار) به این صورت لحاظ نشده است.

این نشان می‌دهد که در مفهوم‌سازی‌های کنونی، اثرات مستقل (جدا) دسترسی به امکانات رفاهی بر پیاده‌روی، حداقل در زمینه هلندی دست‌کم گرفته می‌شود. به طور خلاصه، تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که هم از نظر

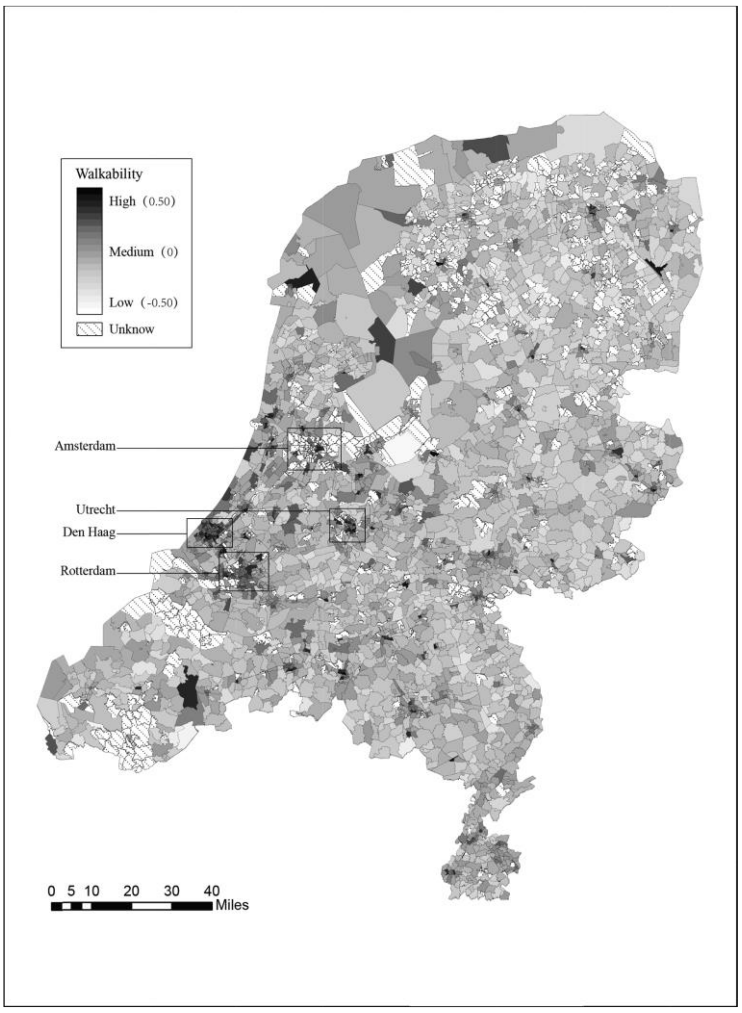
انتخاب و هم وزن متغیرها، شاخص‌های موجود در نظر گرفته شده به طور کامل عوامل مکانی را که بر پیاده‌روی تأثیر می‌گذارند، نشان نمی‌دهند.

بیشترین بخش عدم تطابق از وزن‌دهی فرضی عوامل پدید می‌آید، اما تفاوت‌های قابل‌توجهی در انتخاب متغیرها نیز وجود دارد. این یافته بر اهمیت در نظرگرفتن هم‌خطی بین متغیرهای مستقل تاکید می‌کند و به دست کم گرفتن عوامل منظر (شهری) اشاره می‌کند. در نهایت، برای نشان دادن نحوه توزیع فضایی پیاده‌روی در سراسر هلند، از معیار پیاده‌روی برای ترسیم نقشه امتیاز پیاده‌روی هلند استفاده کردیم. شکل ۳ نقشه حاصل را نشان می‌دهد.

بالاترین امتیاز پیاده‌روی در مناطقی با درجه شهرنشینی بسیار بالا، مانند شهرهای داخلی آمستردام، روتردام، دن هاگ و اوترخت یافت می‌شود. کمترین امتیاز پیاده‌روی در مناطق حومه شهر یافت می‌شود.



شکل ۲. نمودار ضرایب همبستگی بین سه امتیاز راه رفتن و فراوانی راه رفتن.



شکل ۳. امتیاز پیاده‌مداری در شکل هلند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، ما رویکردی برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌مداری بر اساس تحلیل رگرسیون یک پایگاه داده بزرگ در سراسر کشور از محله‌ها ایجاد کردیم. مجموعه بزرگی از متغیرهای محله با هدف شناسایی مجموعه‌ای از متغیرها در نظر گرفته شد که می‌توانند تفاوت‌ها در فراوانی پیاده‌روی بین محله‌ها را به بهترین شکل توضیح دهند، در حالی که تفاوت‌ها در ویژگی‌های اجتماعی – جمعیت‌شناختی را محاسبه می‌کنند. ما مدل رگرسیون حاصل را با شاخص‌های پیاده‌روی موجود مقایسه کردیم تا میزان معیارهای موجود را نشان‌دهنده عواملی است که از تجزیه و تحلیل ظاهر می‌شوند.

مقایسه داده‌ها نشان می‌دهد که شاخص‌های پیاده‌روی موجود تنها تا حدی قابلیت پیاده‌مداری اندازه‌گیری شده تجربی را در این مورد توضیح می‌دهند.

مهمترین بخش عدم تطابق مربوط به وزن‌های اختصاص داده شده به متغیرها است که نشان می‌دهد به ویژه تأثیر متغیرهای دسترسی دست کم گرفته شده است (Vale et al., 2016). با این حال، تفاوت در انتخاب متغیرها نیز ظاهر می‌شود.

ما دریافتیم که شاخص آنتروپی (ترکیب کاربری زمین)، تراکم تقاطع، و نسبت مساحت خرده‌فروشی به طور قابل‌توجهی با فراوانی پیاده‌روی در زمینه هلندی مرتبط نیست. این تا حدی مطابق با حبیبیان و همکاران است. (۲۰۱۸)، لو (۲۰۱۹)، لو و همکاران. (۲۰۱۷)، ریس و همکاران. (۲۰۱۳) و سالوو و همکاران. (۲۰۱٤) که همچنین دریافتند که شاخص آنتروپی برای ترکیب کاربری زمین برای توصیف قابلیت پیاده‌روی مناسب نیست. از سوی دیگر، سایر متغیرهای مهم در ادبیات تجربی نشان داده نشده‌اند.

تجزیه و تحلیل ما نشان می‌دهد که وجود عناصر طبیعی چشم‌انداز می‌تواند به پیاده‌روی کمک کند، عاملی که در شاخص‌های موجود نشان داده نمی‌شود. وجود عناصر طبیعی ممکن است تفاوت در جذابیت محیط برای پیاده‌روی را به تصویر بکشد. در مجموع، نتایج تحلیل این مطالعه نشان می‌دهد که کدام عوامل کلیدی برای ایجاد محله‌های قابل پیاده‌روی هستند و تا چه اندازه در پیاده‌روی نقش دارند. نتایج حاکی از آن است که هم از نظر انتخاب و هم وزن‌دهی متغیرها می‌توان شاخص‌های موجود را بهبود بخشید. با این حال، مطالعه حاضر همچنان دارای محدودیت‌های متعددی است که باید در تحقیقات آتی مورد توجه قرار گیرد.

اولاً، تحلیل ما بر زمینه هلندی متمرکز بود و تنها دو شاخص موجود را با جزئیات در نظر گرفت. جالب و ضروری است که مطالعه را با استفاده از داده‌های سایر کشورها یا مناطق تکرار کنیم و طیف وسیع‌تری از مفهوم‌سازی‌های موجود را در بر گیرد. این با نتایج حاصل از مطالعات دیگر در مورد اندازه‌گیری پیاده‌روی مطابقت دارد که همچنین تأکید می‌کند برای درک عملکرد و کاربرد روش در سایر محیط‌های شهری به کار بیشتری نیاز است (فرانک و همکاران، ۲۰۱۰؛ گلازیر و همکاران، ۲۰۱۲ الف؛ حبیبیان و حسین‌زاده. ، ۲۰۱۸).

هنگامی که تفاوت‌های سیستماتیک بین مناطق وجود دارد، این سوال مطرح می‌شود که آیا هدف توسعه یک روش کاربردی جهانی برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌روی باید کنار گذاشته شود و با روشی جایگزین شود که در آن تخمین محلی و اعتبار یک مدل بخشی جدایی‌ناپذیر از کاربرد تجزیه و تحلیل پیاده‌روی است. دوم، تجزیه و تحلیل ما تفاوت‌های احتمالی در پاسخ به عوامل محله مربوط به نوع سفرهای پیاده‌روی را در نظر نگرفت. به خصوص، پیاده‌روی برای حمل‌ونقل و پیاده‌روی برای اوقات فراغت ممکن است از این نظر متفاوت باشد. بررسی روابط بین محیط ساخته‌شده و انواع مختلف پیاده‌مداری در تحقیقات آینده جالب است.

سوم، متغیرهای آزمایشی ما شامل متغیرهایی نمی‌شوند که کمتر در پایگاه‌های داده اولیه (همسایگی) استفاده می‌شوند، اما با این وجود ممکن است بر قابلیت پیاده‌مداری نیز تأثیر بگذارند. برای مثال می‌توان به متغیرهایی مانند روشنایی، ایمنی عابر پیاده و متغیرهای زیبایی‌شناسی فکر کرد (Glazier et al., 2012).

اگرچه تحقیقات بیشتری برای درک عملکرد این روش برای کاربرد در سایر مناطق و مناطق در آینده ضروری است، اما مطالعه حاضر نشان داده است که بسط دادن از نظر انتخاب متغیر و وزن متغیرها برای اندازه‌گیری قابلیت پیاده‌روی مفید و معنادار است.

منابع

Adkins, A., Makarewicz, C., Scanze, M., Ingram, M., Luhr, G., 2017. Contextualizing walkability: do relationships between built environments and walking vary by socioeconomic context? J. Am. Plan. Assoc. 83, 296–314.

Booth, S.L., Sallis, J.F., Ritenbaugh, C., Hill, J.O., Birch, L.L., Frank, L.D., Glanz, K., Himmelgreen, D.A., Mudd, M., Popkin, B.M., et al., 2001. Environmental and societal factors affect food choice and physical activity: rationale, influences, and leverage points. Nutr. Rev. 59, S21–S36.

Canepa, B., 2007. Bursting the bubble: determining the transit-oriented development's walkable limits. Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board 1992, 28–34. https:// doi.org/10.3141/1992-04.

Cao, X., Mokhtarian, P.L., Handy, S.L., 2009. Examining the impacts of residential self-selection on travel behaviour: a focus on empirical findings. Transport Reviews. https://doi.org/10.1080/01441640802539195.

Cao, X.J., 2015. Examining the impacts of neighborhood design and residential self-selection on active travel: a methodological assessment. Urban Geogr. 36, 236–255.

https://doi.org/10.1080/02723638.2014.956420.

CBS, 2017a. Onderzoek Verplaatsingen in Nederland 2016 Onderzoeksbeschrijving 49. https://doi.org//10.17026/dans-293-wvf7.

CBS, 2017b. Toelichting Kerncijfers wijken en buurten 2017, pp. 1–25.

Cerin, E., Saelens, B.E., Sallis, J.F., Frank, L.D., 2006. Neighborhood Environment Walkability Scale: validity and development of a short form. Med. Sci. Sport. Exerc. 38, 1682–1691.

Cervero, R., Kockelman, K., 1997. Travel Ridership and the 3Ds: density, diversity and design. Transp. Res. D 2, 199–219. https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97) 00009-6.

Duncan, D.T., Aldstadt, J., Whalen, J., Melly, S.J., Gortmaker, S.L., 2011. Validation of Walk Score® for estimating neighborhood walkability: an analysis of four US metropolitan areas. Int. J. Environ. Res. Public Health 8. https://doi.org/10.3390/ijerph8114160.

Duncan, G.E., Dansie, E.J., Strachan, E., Munsell, M., Huang, R., Moudon, A.V., Goldberg, J., Buchwald, D., 2012. Genetic and environmental influences on residential location in the US. Health Place 18, 515–519.

Eom, H.-J., Cho, G.-H., 2015. Exploring thresholds of built environment characteristics for walkable communities: empirical evidence from the Seoul Metropolitan area. Transp. Res. part D Transp. Environ. 40, 76–86.

Ewing, R., Cervero, R., 2010. Travel and the built environment. J. Am. Plan. Assoc. 76, 265–294. https://doi.org/10.1080/01944361003766766.

Ewing, R., Cervero, R., 2001. Travel and the built environment: a synthesis. Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board 87–114.

Ewing, R., Greenwald, M.J., Zhang, M., Walters, J., Feldman, M., Cervero, R., Thomas, J., 2009. Measuring the impact of urban form and transit access on mixed use site trip generation rates—Portland pilot study. US Environ. Prot. Agency, Washington, DC.

Forsyth, A., Oakes, J.M., Schmitz, K.H., Hearst, M., 2007. Does residential density increase walking and other physical activity? Urban Stud. 44, 679–697. https://doi. org/10.1080/00420980601184729.

Frank, L., Engelke, P., Engelke, S.F.P., Schmid, T., 2003. Health and Community Design: The Impact of the Built Environment on Physical Activity. Island Press.

Frank, L.D., Engelke, P., 2005. Multiple impacts of the built environment on public health: walkable places and the exposure to air pollution. Int. Reg. Sci. Rev. 28, 193–216.

Frank, L.D., Sallis, J.F., Saelens, B.E., Leary, L., Cain, L., Conway, T.L., Hess, P.M., 2010. The development of a walkability index: application to the neighborhood quality of life study. Br. J. Sports Med. 44. https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.058701.

Frank, L.D., Schmid, T.L., Sallis, J.F., Chapman, J., Saelens, B.E., 2005a. Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form: findings from SMARTRAQ. Am. J. Prev. Med. 28. https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.11.001.

Frank, Lawrence D., Schmid, T.L., Sallis, J.F., Chapman, J., Saelens, B.E., 2005b. Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form:

findings from SMARTRAQ. Am. J. Prev. Med. 28, 117–125. https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.11.001.

Frumkin, H., Frank, L., Jackson, R.J., 2004. Urban Sprawl and Public Health: Designing, Planning, and Building for Healthy Communities. Island Press.

Glazier, R.H., Weyman, J.T., Creatore, M.I., Gozdyra, P., Moineddin, R., Matheson, F.I., Booth, G.L., 2012a. Development and validation of an urban walkability index for Toronto, Canada. Toronto Community Heal. Profiles Partnersh.

Grasser, G., Van Dyck, D., Titze, S., Stronegger, W., 2013. Objectively measured walkability and active transport and weight-related outcomes in adults: a systematic review. Int. J. Public Health 58, 615–625. https://doi.org/10.1007/s00038-012-0435-0.

Grasser, G., van Dyck, D., Titze, S., Stronegger, W.J., 2017. A European perspective on GIS-based walkability and active modes of transport. Eur. J. Public Health 27, 145–151. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckw118.

Greenwald, M.J., 2009. SACSIM modeling-elasticity results. Walnut Creek, CA Fehr Peers Assoc.

Habibian, M., Hosseinzadeh, A., 2018. Walkability index across trip purposes. Sustain. Cities Soc. 42, 216–225. https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.07.005.

Hajna, S., Dasgupta, K., Halparin, M., Ross, N.A., 2013. Neighborhood walkability: field validation of geographic information system measures. Am. J. Prev. Med. 44. https://doi.org/10.1016/j.amepre.2013.01.033.

Hall, C.M., Ram, Y., 2018. Walk score® and its potential contribution to the study of active transport and walkability: a critical and systematic review. Transp. Res. Part D Transp. Environ. 61, 310–324. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.018.

Huang, R., Moudon, A.V., Zhou, C., Saelens, B.E., 2019. Higher residential and employment densities are associated with more objectively measured walking in the home neighborhood. J. Transp. Heal. 12, 142–151.

Jacobs, J.M., 2002. Edge of Empire: Postcolonialism and the City. Routledge.

Kwon, M., Lee, C., Xiao, Y., 2017. Exploring the role of neighborhood walkability on community currency activities: a case study of the crooked river alliance of TimeBanks. Landsc. Urban Plan. 167, 302–314.

Leslie, E., Butterworth, I., Edwards, M., 2006. Measuring the walkability of local communities using Geographic Information Systems data. In: Walk21-VII, “The

Next Steps", The 7th International Conference on Walking and Liveable Communities. Melbourne. http://www. walk21.com/papers/m.

Leslie, E., Coffee, N., Frank, L., Owen, N., Bauman, A., Hugo, G., 2007. Walkability of local communities: using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes. Health Place 13, 111–122.

Liao, B., van den Berg, P.E.W., van Wesemael, P.J.V., Arentze, T.A., 2020. How does walkability change behavior? A comparison between different age groups in the Netherlands. Int. J. Environ. Res. Public Health 17, 9–11. https://doi.org/10.3390/ijerph17020540.

Lu, Yi, 2019. Using Google Street View to investigate the association between street greenery and physical activity. Landscape Urban Plann. 191, 103435. https://doi. org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.029.

Lu, Y., Ph, D., Xiao, Y., Ph, D., Ye, Y., Ph, D., 2017. Urban density, diversity and design: is more always better for walking? A study from Hong Kong. Prevent. Med. 103, 99–103. https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2016.08.042.

Manaugh, K., El-Geneidy, A., 2011. Validating walkability indices: how do different households respond to the walkability of their neighborhood? Transp. Res. part D Transp. Environ. 16, 309–315.

Moura, F., Cambra, P., Gonçalves, A.B., 2017. Measuring walkability for distinct pedestrian groups with a participatory assessment method: a case study in Lisbon. Landsc. Urban Plan. 157, 282–296.

Reis, R.S., Akira, A., Hino, F., Rech, C.R., Kerr, J., Hallal, P.C., 2013. Walkability and physical activity. Am. J. Prev. Med. 45, 269–275. https://doi.org/10.1016/j. amepre.2013.04.020.

Ruiz-Padillo, A., Pasqual, F.M., Uriarte, A.M.L., Cybis, H.B.B., 2018. Application of multi-criteria decision analysis methods for assessing walkability: A case study in Porto Alegre, Brazil. Transp. Res. Part D Transp. Environ. 63, 855–871.

Saelens, B.E., Sallis, J.F., Black, J.B., Chen, D., 2003. Neighborhood-based differences in physical activity: an environment scale evaluation. Am. J. Public Health 93. Sallis, J.F., 2009. Measuring physical activity environments. A brief

history. Am. J. Prev. Med. 36, S86–S92. https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.01.002.

Salvo, D., Reis, R.S., Stein, A.D., Rivera, J., Martorell, R., Pratt, M., 2014. Characteristics of the built environment in relation to objectively measured physical activity among Mexican adults. Prev. Chronic Dis. 2011, 1–16.

Talen, E., Koschinsky, J., 2013. The walkable neighborhood: a literature review. Int. J. Sustain. L. Use Urban Plan. 1.

Vale, D.S., Saraiva, M., Pereira, M., 2016. Active accessibility: a review of operational measures of walking and cycling accessibility. J. Transp. Land Use 9, 209–235. Weiss, R.L., Maantay, J.A., Fahs, M., 2010. Promoting active urban aging: a measurement approach to neighborhood walkability for older adults. Cities Environ. 3, 12.

Wellar, B., 2002. Basic walking security index.

WHO, 2018. Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world. World Heal. Organ. 1–104. https://doi.org/10.1016/j.

jpolmod.2006.06.007.

Whyte, W.F., 2012. Street Corner Society: The Social Structure of an Italian Slum. University of Chicago Press.

Yang, Y., Diez-Roux, A.V., 2012. Walking distance by trip purpose and population subgroups. Am. J. Prev. Med. 43, 11–19.

Zang, P., Lu, Y., Ma, J., Xie, B., Wang, R., Liu, Y., 2019. Disentangling residential self-selection from impacts of built environment characteristics on travel behaviors for older adults. Soc. Sci. Med. 238. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2019.112515.