جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیایی ایران)
سال هجدهم، شماره ۶۷، زمستان ۱۳۹۹

آسیب‌شناسی آب‌وهوایی پل‌های عابر پیاده در کلانشهر تهران

دکتر غلامرضا براتی[۱]، دکتر محمود احمدی[۲]، فائزه رحمتی[۳]

تاریخ وصول: ۱۳۹۸/۱۰/۰۲، تاریخ تأیید: ۱۳۹۹/۱۰/۰۸

چکیده

پل‌های عابر از عوامل شکل‌گیری ترافُرد نرم در خیابان‌ها و بزرگراه‌های شهرهای بزرگ هستند. هدف این تحقیق پایش و بازیابی آسیب‌پذیری‌ها و آسیب‌رسانی‌های پل‌های عابر برای پیادگان در سطح شهر گسترده تهران بوده است. بر پایه تصاویر گوگل‌ارس ۷۱۰ پل عابر در سطح شهر تهران شناسایی شد. با تقسیم این سطح به واحدهای برابر بر پایه شبکه‌ای جغرافیایی، فراوانی پل‌های عابر به ٦٢ مورد یعنی به تعداد پل‌های برگزیده (داخل هر واحد یک پل) کاهش یافت. اطلاعات پل‌ها با پرسشنامه‌های طراحی و ارزیابی شده طی چند نوبت بازدید میدانی گردآوری شد. الگوهای نهایی این تحقیق با ترکیب اطلاعات گردآوری شده و داده‌های جوی ماهانه شامل دما، بارش و نم نسبی از پیمونگاهای داده‌سنجی جوی سطح شهر و پیرامون آن طراحی شد. الگوها نشان دادند که آسیب‌های «لغزندگی پل‌ها برای عابران»، «افزایش پوسیدگی بدنه» و «پوسیدگی اتصالات پل‌ها» از جنوب به شمال شهر تهران افزایش می‌یابد و هماهنگ با آن افزایش «نم نسبی» از جنوب شهر به سمت شمال شرق آن دیده شد. در این میان دو مورد آسیب‌پذیری «خرابی سیم‌ها و کابل‌های برق» و «خرابی آسفالت کف» همخوانی کمتری نشان دادند و در قالب پهنه‌هایی در مناطق مرکزی و شمال شرق تهران نمایان شدند. الگوی «هم‌افزایی همه آسیب‌های پل‌های عابر شهر تهران» نشان داد که بیشترین میزان مجموعه آسیب‌ها در مناطق یک، دو و چهار شهری تهران است. در مجموع نتایج این تحقیق و دیگر پژوهش‌های مرتبط در جهان و ایران نشان می‌دهند که شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک در جنوب و شرایط آب‌وهوایی معتدل و نیمه‌خشک در شمال تهران با سازه «پل‌های عابر» سازگاری ندارد و سازه «زیرگذر» سازگارتر، دارای هزینه‌بری کمتر و به لحاظ مسایل اجتماعی و فرهنگی منعطف‌تر است.

کلیدواژگان: تهران، پل‌های عابر، آسیب‌ها، آب‌وهوا، زیرگذر.

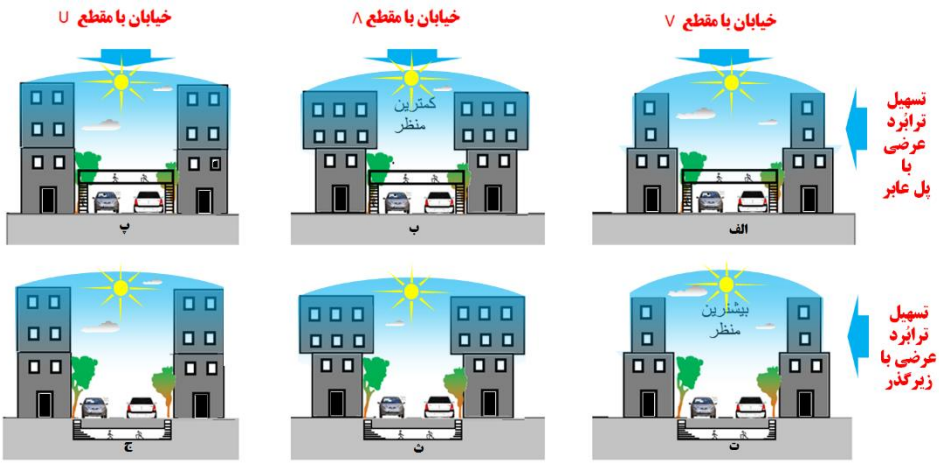
۱ – دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی – نویسنده مسئول، (ایمیل: g_barati@sbu.ac.ir).
۲ – دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
۳ – کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

مقدمه

طی سده بیستم در الگوی زندگی بشر تغییراتی رخ داد که در بخش شهری بنا به گفته (آکیس و جونز، ۲۰۱٦، ۹)، این تغییر از الگوی ترابُرد (ترافیک) غیرمتمرکز به الگوی ترابُرد متمرکز بوده است. اگر ترابُردهای شهری را در دو رده سخت (با مصرف سوخت مثلا با خودرو) و نرم (بدون مصرف سوخت مانند با پای پیاده و یا با دوچرخه) جای دهیم؛ در شهرهای بزرگ هر چند ناوگان‌های شهری بر سرعت، کیفیت و حجم ترابرد سخت می‌افزایند ولی میدان را بر ترابرد نرم و بِهاوردهای گوناگون آن مانند «فرهنگ همسایگی» تنگ می‌کنند. امروزه در راستای نوشهرگرایی با اهدافی از قبیل تامین احساس ایمنی و آسایش برای پیاده‌ها در سطح شهر (مبارکی و امیرحسینی؛ ۱۳۹۹: ٦٤)، ساخت زیرگذرها و پل‌های عابر از جمله راهکارهایی است که بطور عموم و به ترتیب در کشورهای پیشرفته و جهان سوم برای افزایش دسترسی‌های عرضی در یک خیابان و یا یک بزرگراه و تسهیل و تقویت ترابرد نرم به کار گرفته می‌شود. در یک بررسی طی سال ۱۹۷۲ در شهر سانفرانسیسکو (یو سی ال، ۲۰۱۷، ۱۲)، نقش دسترسی‌های عرضی در دو خیابان مجاور هم‌سنجی شد و آشکار شد که در خیابان دارای ترابرد سخت و سبک به علت امکان دسترسی‌های عرضی آسان‌تر، «فرهنگ همسایگی» بیشتر از خیابانی دیگر با ترابرد سخت و سنگین بود.

هر چند این تحقیق با هدف «بررسی آسیب‌های آب‌وهوایی پل‌های عابر شهر تهران» انجام شده است تا سازه‌های جایگزین کاراتر و سازگار با آب‌وهوا یعنی «زیرگذر» را بجای «پل‌های عابر» پیشنهاد کند ولی بر پایه تحقیقاتی که در جهان انجام شده است؛ نقش مثبت دسترسی‌های عرضی بر مناسبات اقتصادی شهرها نیز شایان توجه است. دسترسی‌های عرضی مانند زیرگذرها بیشتر و آسان‌تر بر ترابرد نرم می‌افزایند و تحقیقات نیز نشان می‌دهد که پیاده‌ها و دوچرخه‌سواران برخلاف خودروسواران که تک‌بین[1] هستند، با ارتباط بیشتری که با پیرامون خود دارند، پُرخریدتر[2] هستند (یو سی اِل، ۲۰۱۷: ۱۲) و بِهاوردهای «ثبات» و «تنوع اقتصاد» را در شهر می‌افزایند. در مجموع به نظر می‌رسد، «زیرگذرها» سازه‌هایی درونی، فرورفته و گویا «پذیرفته» در پیکره شهری و دور از دید عموم و «پل‌های عابر» سازه‌هایی جلو دید، برجسته و گویا «دفع شده» هستند. از بِهاوردهای زیرگذرها برای برقراری پیوند میان دو سوی یک بزرگراه و خیابان و مورد اشاره موهانکار و روفه (۲۰۱۰: ۳) برای زیرگذرها در شهرهای هند این است که فضای شهری کمتری را اشغال می‌کنند. همچنین کتاهی (همان: ۷) در تحقیق خود، پل‌های عابر را پناهگاهی از شرایط جوی نامطبوع دانسته است. زیرگذرها در مقایسه با پل‌های هوایی عابر پیاده با شرایط آب‌وهوایی تهران سازگاری بیشتری دارند. در تهران، خیابان‌های با مقطع ۸ شکل، چنانکه در شکل (۱–ب) و شکل (۱–ث) دیده می‌شود؛ کم نیستند و این به خودی خود ضریب منظر را کاهش می‌دهد تا چه رسد به اینکه با برپایی سازه پل عابر پیاده عرصه را تنگ‌تر کنیم (شکل ۱–ب).

1 - Single visit
2 - frequent purchases



شکل ۱ : رابطه ساخت سازه‌های ترابرد عرضی نرم (پل عابر و زیرگذر) با تغییر منظر در سه نوع مقطع خیابان

در کشورهای غربی، پل‌های عابر با اشکال متنوع خود، روی آبراهه‌ها، دره‌ها و دریاچه‌ها، نقش ادامه سطوح همتراز را بازی می‌کنند. در تحقیق مرکین و کانیوخوف (۲۰۱٦: ۱٦٥) آمده است که در شهر مسکو تا سال ۲۰۱۲ تعداد ۳۵۰ زیرگذر برای استفاده پیادگان شهری ساخته شد (شکل ۲).

شکل ۲: برخی پل عابر در کشورهای جهان با کاربری احترام به طبیعت و جذب گردشگر(رسرچفاند، ۲۰۰۷: ۳)

عابران پیاده طالب تسهیلاتی هستند که ایمن، جذاب و مناسب بوده، به آسانی استفاده شود. در این زمینه چنانکه شاهی‌پور و همکاران (۱۳۹۸: ٦۳)، برای قشر سالمند تحقیق کرده‌اند، ضرورت طراحی تسهیلات به شکل اصولی و صحیح مطرح می‌شود تا گذشته از تامین آسایش این قش، سبب دوام بیشتر و حفظ و نگهداری آسان‌تر سازه‌ها نیز بشود (حسن‌پور و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۳۳). همچنین خاکی و همکاران (۱۳۹۱) بر آنند آمار تصادفات و مرگ و میر در سراسر دنیا بیانگر نیاز و توجه بیشتر به مقوله‌ی ایمنی و خصوصا ایمنی عابران پیاده است. برای نمونه در بریتانیا، احتمال کشنده بودن جراحات مربوط به عابران پیاده بیش از دو برابر جراحات سرنشینان خودرو است (کرندال و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۱). بخش زیادی از تصادفات منجر به فوت در معابر شهری به عابران پیاده مربوط است. باستانی‌زاده و همکاران (۱۳۹٤) به نقل از بانک جهانی آورده‌اند که ۲۸/٦ درصد حوادث فوتی در کشور ایران مربوط به عابران پیاده است. این درصد در جهان ۲۲ است. در بررسی اخبار مطبوعات، به پیشی گرفتن حوادث عابران پیاده در کشور از رکورد جهانی اشاره شده است. سهم ۲۸ درصدی کشته‌ها در تصادفات رانندگی سبب شده است که این

مخاطره انسانی، رتبه‌ی دومین عامل مرگ ومیر در ایران را کسب کند (محمدی، ۱۳۹۲: ۱۷). گفته می‌شود ۳۰ درصد حوادث فوتی کشور لهستان در محل گذرهای عرضی عابر پیاده رخ می‌دهد. برای ایران، هلاکویی و مرادی (۱۳۸۵: ۱) به آمار سال ۱۳۸۱ از معاونت راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی اشاره می‌کنند که در کل کشور، ۷۹٦ عابر پیاده در اثر تصادفات رانندگی جان خود را از دست داده‌اند. از تعداد یاد شده ۳۹۹ نفر (۵۰ درصد) مربوط به معابر درون‌شهری و ۳۹۷ نفر (۵۰ درصد) آنها مربوط به معابر برون‌شهری بوده‌اند.

شناخت علل تمایل اندک عابران به استفاده از پل‌های عابر در تهران که اصلی‌ترین راهکار کاهش تصادف پیادگان ارزیابی شده‌اند؛ از جمله ایجاب می‌کند که آسیب‌پذیری و آسیب‌رسانی این پل‌ها تحقیق شود. با هدف دستیابی به این مهم، در پژوهش کنونی پرسش‌های زیر طرح شد:

۱). پل‌های عابر سطح شهر تهران از کدام عوامل جوی آسیب‌پذیرند؟

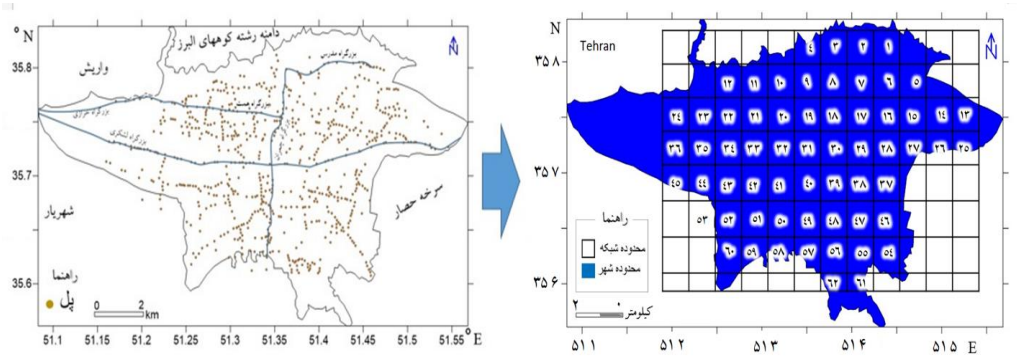
۲). هنگام شرایط نامساعد جوی، عابران پل‌ها دچار چه آسیب‌هایی هستند؟

۳). بر پایه آسیب‌های بررسی شده، سازه جایگزین برای پل‌های عابر کدامست؟

کلانشهر تهران با جمعیت ۸٦۱۲٤٤۵ (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰: ۱۵)، دارای تعداد ۷۱۰ پل عابر پیاده است. این سازه‌های برجسته هم از عناصر آب‌وهوایی تاثیر می‌پذیرند و هم هنگام رخدادهای جوی در نوع خود بر عابران تاثیر می‌گذارند. در برخی از شهرهای بزرگ جهان مانند آگرا (آلیانس ، ۲۰۰٦: ۱۱۳) در هندوستان آب‌وهوایی نزدیک به تهران داشته، زیرگذرها، سازه‌هایی مطرح برای تسهیل ترابُرد شهری هستند. با وجود ارزش فوق‌العاده فضا در شهر تهران، فراوانی بالای پل‌های عابر هم منظر شهری را مخدوش کرده است و هم فضاهای بسیاری را در سطح و منظر شهری اشغال کرده است.

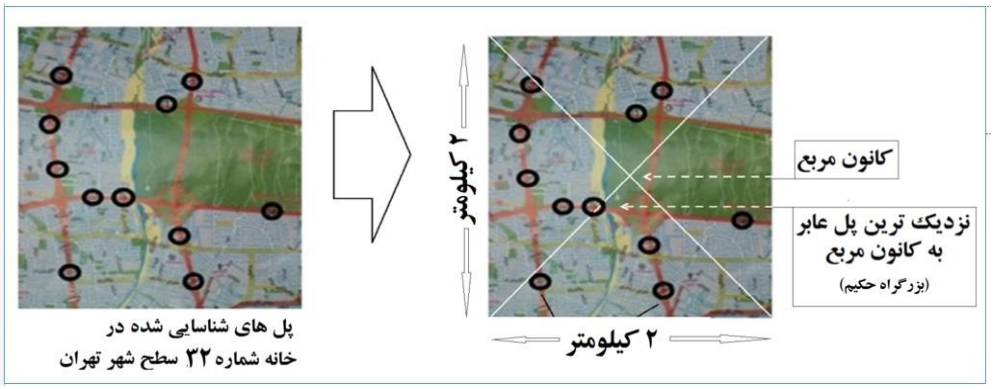
داده ها و روش‌ها

به منظور شناخت شرایط جوی آسیب‌رسان به پل‌های عابر پیاده و عابران در نخستین مرحله، محدوده شهری تهران بزرگ تعریف شد تا پل‌های عابر آن از طریق تصاویر گوگل ارس شناسایی و ثبت شوند. بر پایه سه سنجه «سایه پل روی زمین»، «امتداد عمود آن بر طول بزرگراه» و «انعکاس مناسب پلکان دو سوی پل روی تصویر»، امکان تفکیک سازه پل عابر از سازه‌های مشابه فراهم گشت و نهایتا تعداد ۷۱۰ پل عابر شناسایی شد. کار تعیین پل‌های نمونه از مجموع پل‌های یاد شده، به روش تقسیم کل مساحت شهر بر شبکه‌ای متقاطع و موازی با خطوط طول و عرض جغرافیایی با فاصله خطوط ۲ کیلومتر انجام شد. با این شبکه‌بندی، تعداد ۹٦ خانه بدست آمد که ٦۲ مورد از آنها دست‌کم دربردارنده یک پل عابر بود (شکل ۳).



شکل ۳ : پل‌های عابر شناسایی شده در سطح شهر تهران (سمت چپ) و شبکه‌بندی شهر برای گزینش پل‌های عابر (سمت راست)

انطباق شبکه‌بندی طراحی شده در قالب یک لایه روی لایه پل‌های هفتصدوده‌گانه نشان داد که گاه داخل یک خانه بیش از ۳۰ پل عابر و گاه تنها یک پل قرار می‌گیرد. البته در مواردی نیز بویژه در مناطق پیرامونی شهر تهران، داخل برخی خانه‌ها هیچ پلی نبود. بکارگیری دو سنجه «انتخاب حداکثر یک پل عابر از هر خانه» و بکارگیری روش «نزدیک‌ترین پل به کانون»، امکان انجام دومین مرحله تحقیق را فراهم کرد تا نهایتا ٦٢ پل از مجموع خانه‌ها انتخاب شد. در این روش از هر خانه پلی انتخاب شد که با کانون خانه یعنی محل تقاطع دو وتر بزرگ آن فاصله کمتری داشت (شکل ٤).

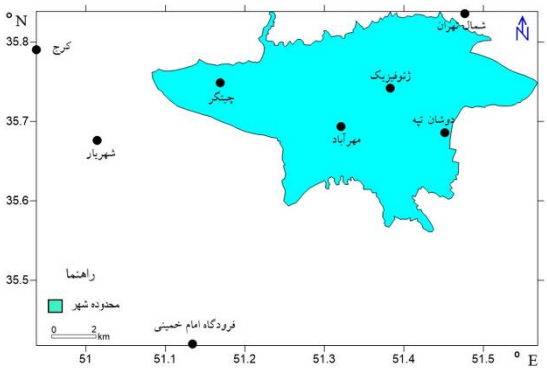


شکل ٤: شیوه گزینش پل عابر در هر خانه از شبکه روی نقشه شهر تهران بر پایه سنجه نزدیک‌ترین پل به کانون

در سومین مرحله، پرسشنامه‌ای با محتوای بازیابی موارد آسیب‌پذیری پل‌ها از شرایط جوی و آسیب‌رسانی این شرایط برای عابران شامل موارد پوسیدگی کف، خرابی سقف، پوسیدگی اتصالات، خرابی آسفالت، خرابی سیم‌ها و کابل‌های برق و امکان برق‌گرفتگی هنگام بارندگی، امکان لغزندگی سطوح پله و کف راهرو پل تدوین شد. این پرسشنامه بدوا روی شماری اندک از پل‌ها راست‌آزمایی شد و با تکمیل کاستی‌های آن طی ۱۰ نوبت پیمایش و بازدید میدانی برای هر یک از پل‌های شصت‌ودوگانه پر شد. پیش از این و در تحقیقاتی از این دست، روش بازدید میدانی برای مواردی مانند پیش‌آمدگی ساختمان‌ها و کاهش یا کور شدن افق دید در سطح شهر تهران و برای نمونه محله دولاب با پر کردن چک‌لیست‌ها در تحقیق سنجش امنیت محیط شهری (میرمعینی و جلیلی صدرآباد؛ ۱۳٦۸: ٦٢) و روش مصاحبه با شهروندان در تحقیق بررسی جابجایی هوشمند شهری (کاووسی و محمدی؛ ۱۳۹۹: ٦٥) و تحقیق مطلوبیت‌بخشی پیاده‌راه‌های شهر زنجان (حیدری و محمدی؛ ۱۳۹۹: ٦٥) بکار گرفته شده است.

کم بودن پیمونگاه‌های داده‌سنجی جوی در سطح شهر گسترده تهران و نیز ضرورت درونیابی و برونیابی بهتر داده‌های جوی ایجاب کرد تا برای پهنه‌بندی آسیب‌های لغزندگی و پوسیدگی پل‌ها، از داده‌های جوی ٤ پیمونگاه دیگر در

بیرون از مرزهای شهر استفاده شود. برای پهنه‌بندی آسیب‌های لغزندگی سطوح پل، پوسیدگی بدنه و اتصالات و تنش گرمایی حفاظ‌های آهنی برای عابران، داده‌های ماهانه شامل دما، بارش و نم نسبی مورد نیاز بود. این داده‌ها از سازمان هواشناسی تهیه شد. شکل (۵) موقعیت و نام پیمونگاه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۵: موقعیت و نام پیمونگاه‌های جوی مورد استفاده

با بازیابی روزهای دارای دمای میانگین صفر و زیر صفر درجه سلسیوس و هم‌سنجی آنها با روزهای دارای بارش جوی در مجموعه پیمونگاه‌های برگزیده؛ الگوی پهنه‌بندیِ امکان لغزندگی روی پل‌های عابر سطح شهر طراحی شد. برای نمونه پیمونگاه دوشان‌تپه طی سال ۲۰۰۶ دارای ۲ روز لغزنده برای عابر بود و میانگین چندساله این آسیب ٦ روز و جمع روزهای دارای این آسیب ٤٨ روز بوده است. همچنین عنصر نم نسبی به درصد و در مقیاس ماه و سال برای پیمونگاه‌ها محاسبه شد تا آسیب‌های زنگ‌زدگی پل‌های عابر برای سطح شهر تهران قابل پهنه‌بندی باشد. با پایش آسیب پارگی سقف پلی‌کربناتی پل‌های شست‌ودوگانه از دو عامل وزش باد و تجزیه از تابش آفتاب در سطح شهر، مشخص شد که در کدام مناطق شهر؛ امکان لغزندگی یک خطر یعنی آسیبی بالقوه است. به سخن دیگر، مناطق دارای روزهای دمای زیر صفر همراه با بارش جوی که پل‌های عابر سقفی سالم داشتند، مناطق بدون خطر لغزندگی لحاظ شدند. در این تحقیق دو واژه «بیم» و «آسیب» تفکیک معنا شدند. برای نمونه «بیم لغزندگی» برای همه پهنه‌هایی بوده است که دمای آنها زیر صفر بوده، همزمان دارای بارش جوی بوده‌اند و «آسیب لغزندگی» برای پهنه‌هایی محاسبه شده است که علاوه بر شرایط یاد شده، دارای پل‌های بدون سقف و یا دارای سقف ناسالم بوده‌اند. طی مراحل پهنه‌بندی، عموم فراسنج‌های «پوسیدگی بدنه»، «پوسیدگی سطح پل‌ها»، «پوسیدگی اتصالات پل ها شامل اتصالات و پیچ و مهره‌ها»، «خرابی اتصالات سیم برق مانند فرسودگی یا بریدگی کابل‌ها»، «خرابی سقف پل‌ها شامل فراوانی شکستگی و کنده‌شدگی سقف‌های پلی‌کربنات»، «تنش گرمایی شامل بلند شدن لایه رنگ از بدنه پل، بادکردگی یا انبساط قوطی‌های نرده‌های پل آهنی» و «خرابی آسفالت سطح راهرو پل‌ها» به درصد تبدیل شد. آخرین محاسبات این تحقیق مربوط طراحی الگوی هم‌افزایی آسیب‌ها بوده است تا آشکارکننده پهنه‌های تمرکز آسیب‌ها باشد و برنامه‌ریزان بتوانند از این الگو برای طراحی سازه جایگزین یعنی زیرگذر و یا در مواردی بنا به ضرورت نوسازی پل استفاده کنند.

نتایج و بحث

بررسی اجمالی مجموعه پل‌های هفتصدودهگانه در سطح شهر تهران نشان داد که بیشتر پل‌ها در مسیر بزرگراه‌های اصلی و خطوط بی‌آرتی هستند. بیشتر تجمع و تراکم پل‌ها در شمال باختری و جنوب خاوری تهران است. نتایج پهنه‌بندی متغیرهای لغزندگی، نم نسبی و آسیب‌های جوی مطرح در این تحقیق به شرح زیر است.

– آسیب لغزندگی: مدنی‌پور، (۱۳۸۸) از شمال به جنوب، آب و هوای استان تهران را در چهار رده کوهستانی، نیمه‌خشک، نیمه‌بیابانی و بیابانی ارزیابی می‌کند. اساسا در پیدایش این چهار رده؛ دو عامل زمینی رشته‌کوه البرز و

دشت کویر و دو عامل جوی بادهای باختری و پرفشار جنب‌حاره بیشتر از عوامل دیگر اثرگذار هستند. روزهای یخبندان تهران، ٤٨ تا ٧٢ روز در سال طی دوره آماری ١٩٩٩ تا ١٣٥٠ ارزیابی شده است که در زمستان‌ها اغلب می‌تواند با پوشش برف و بویژه طی شب همراه با یخبندان باشد (خالدی، ١٣٨٢: ٢٣). روزهایی که همزمان دما زیر صفر بوده، بارش جوی نیز رخ دهد؛ روز دارای بیم لغزندگی برای عابر قلمداد شده است.

الگوی پراکنش فراوانی روزهای دارای بیم لغزندگی در سطح شهر تهران (شکل ٦–الف) نشان می‌دهد که بیم لغزندگی بطور عمومی از جنوب تهران متناسب با افزایش ارتفاع، بیشتر می‌شود. با افزایش ارتفاع در مناطق شمالی تهران و به تبع آن افزایش بارندگی و روزهای دمای زیر صفر می‌توان انتظار چنین الگویی را داشت. چنانکه میزان بارندگی و دماهای زیر صفر در پیمونگاه‌های آبعلی و شمال تهران بیشتر از پهنه‌های دیگر ثبت شده است.

– الگوی پراکنش درصد سالانه نم نسبی: گفته می‌شود که برای نمونه میانگین تغییرات ماهانه نم نسبی کمینه و بیشینه در پیمونگاه مهرآباد، در ایام صبحگاهی بین کمینه ٣٨ درصد تا بیشینه ٧٩ درصد به ترتیب در ماه‌های تیر و دی افت‌وخیز دارد. این افت‌وخیز در مورد نم نسبی نیمروزی بین ١٥ درصد در خرداد ماه تا ٤٧ درصد در دی ماه است (شهرداری تهران، ١٣٩٦: ١٦).

شکل (٦–ب)، الگوی پراکنش فراوانی نم نسبی در سطح شهر تهران را طی بازه آماری ٢٠٠٧ تا٢٠١٠ نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که میزان نم نسبی از سمت جنوب و جنوب باختری به سمت شمال و شمال خاوری تهران افزایش پیدا می‌کند. همچنین یک هسته بیشینه نم نسبی نیز در باختر تهران است که می‌تواند بدلیل باغ‌های شهریار باشد. افزایش ارتفاع در مناطق شمالی تهران و با افزایش بارندگی و روزهای دمای زیر صفر مطابقت دارد. همچنین طبق آبهوانگار رسم شده از داده‌های میزان نم نسبی و بارندگی، دو پیمونگاه آبعلی و شمال تهران بیشتر از بقیه پهنه‌ها، نم نسبی و بارندگی دارند. چنانچه در الگوی قبلی نیز مشاهده کردیم، این الگو با الگوی لغزندگی همخوانی نسبی دارد.

– الگوی پهنه‌بندی پوسیدگی بدنه: در میان عوامل متعددی که بر دوام عمر سازه‌های فلزی، سقف، روکش و غیره تاثیر می‌گذارند، هوازدگی یکی از خطرات عمده‌ای است که کارایی سازه‌ها را مختل می‌کند و موجب زیان‌های اقتصادی و اجتماعی می‌شود. مشاهده می‌شود که میزان پوسیدگی و زنگ‌زدگی بدنه پل‌های عابر از سمت جنوب و جنوب خاوری به سمت شمال و شمال باختری رو به افزایش است. چنانچه که در الگوی قبلی نیز مشاهده کردیم، این الگو با الگو پراکندگی نم نسبی تهران همخوانی نسبی دارد. پهنه‌های پوسیدگی بدنه پل در شمال و باختر تهران با پهنه‌های نم نسبی در الگوی نم نسبی در برخی مناطق همپوشانی دارند. البته عوامل انسانی در جنوب تهران می‌توانند بیشترین تاثیر را داشته باشند. به تعبیر دیگر در بسیاری از نقاط، پل‌های عابر در جنوب تهران، بخاطر صدمات انسانی، دچار کنده شدن رنگ سطح پل و نهایتا زنگ‌زدگی شده بودند. شکل (٦–پ)، الگوی پهنه‌بندی پوسیدگی پل‌های عابر در سطح شهر تهران را نشان می‌دهد. چیکو و همکاران (٢٠١٧: ١٠) نیز هزینه‌های اقتصادی زنگ‌زدگی سازه‌های فلزی را موضوعی مهم در سراسر جهان دانسته‌اند. سازمان جهانی هوازدگی (WCO) در حال حاضر هزینه مستقیم هوازدگی را در سراسر جهان بین ١,٣ تا ١,٤ تریلیون یورو تخمین می‌زند که برابر با ٣,٨ درصد از کل تولید داخلی جهانی است. بیش از نیمی از آسیب‌های وارد بر سازه‌های فلزی ناشی از هوازدگی است.

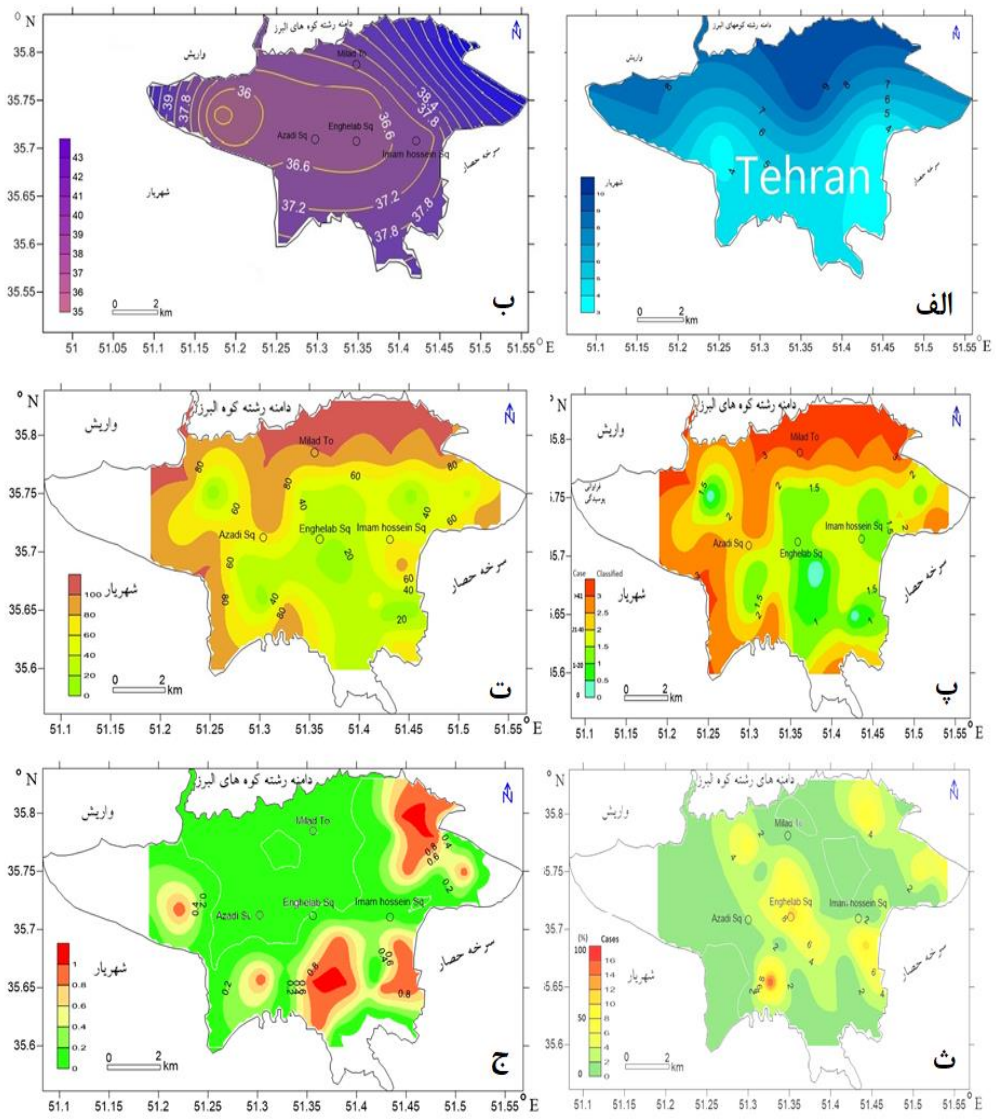
–الگوی پهنه‌بندی پوسیدگی اتصالات: در شکل (٦–ت) مشاهده می‌شود که میزان پوسیدگی و زنگ‌زدگی اتصالات پل‌های عابر از جنوب و جنوب خاوری به سمت شمال و شمال باختری تهران رو به افزایش است. این الگو با الگوهای قبل همخوانی نسبی دارد. میزان پوسیدگی و زنگ‌زدگی پل در شمال و باختر تهران با الگوی نم نسبی همخوانی ولی در جنوب تهران بیشتر آسیب‌ها وارد شده بر بدنه پل‌ها مانند برخورد ضربه و پرتاب ترقه است.

–الگوی پهنه‌بندی خرابی سیم و کابل‌های برق: بارش سالانه در شهر گسترده تهران از عامل بلندا از تراز دریا تاثیر بسیاری می‌پذیرد و از ١٤٥ میلی‌متر در جنوب خاوری تا ٤٢٢ میلی‌متر در شمال تهران پایین و بالا می‌شود. تعداد

روزهای همراه با بارش نیز همین آهنگ را دارد و از ۳۳ روز در جنوب شهر تا نزدیک به ۹۰ روز در شمال تهران کم و زیاد می‌شود (شهرداری تهران، ۱۳۹٦ : ١٦). شکل (٦–ث)، الگوی پهنه‌بندی خرابی سیم و کابل‌های برق پل‌های عابر در سطح شهر تهران است. در این الگو آسیب‌دیدگی سیم و کابل‌های برق در بدنه پل‌های عابر به صورت پراکنده است. جاهایی در جنوب و جنوب خاوری و مرکز تهران، بیشترین آسیب نشان می‌دهند. این الگو با الگوهای پیشین همخوانی کمی دارد. اساسا برق‌گرفتگی طی روزهای بارندگی می‌تواند برای عابران مطرح باشد.

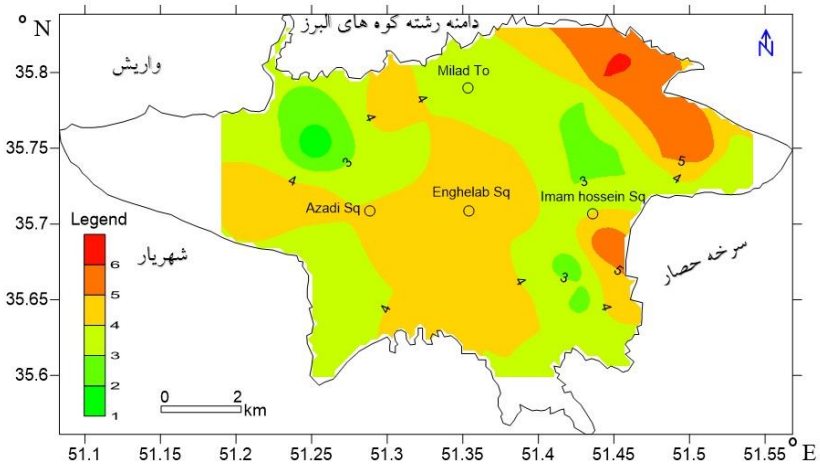
–الگوی پهنه‌بندی خرابی آسفالت کف: بنا بر نظر برادسکی و همکاران (۲۰۱۷)، یکی از مهمترین عوامل تخریب پل‌ها، محیط زیست نامناسب داخل شهر یعنی آلودگی هوا با غلظت زیاد مواد شیمیایی در فصل زمستان است که می‌تواند به مطلب این محققان، مواد مصرف‌شونده برای خنک‌سازی در تابستان را نیز افزوده شود. در این شرایط، دوام پوشش بتنی ۵–۱۰ سال است، دوام عرشه بتنی ۲۰–٤۰ سال، دوام عرشه‌های فلزی ٤۰–٦۰ سال و ستون‌های تحمل٦۰–۸۰ سال است. به همین دلیل هزینه‌های تعمیر فصلی پل‌های مسکو بیش از ۳۰٪ هزینه‌های تعمیر و نگهداری از کل هزینه‌ها را در برمی‌گیرد .

طبق شکل (٦–ج) در بخشی از شمال خاوری و جنوب تهران، بیشترین میزان خرابی آسفالت کف پل‌ها مشاهده گردید. چنانچه در الگوهای قبلی مشاهده کردیم، این الگو با الگوهای پیشین نیز همخوانی نسبی دارد. البته خرابی آسفالت کف پل می‌تواند ناشی از عواملی مانند انبساط و انقباض کف فلزی پل و همچنین یخ زدن آب در شکستگی‌ها و ترک‌های آسفالت باشد که این عوامل نیز از دو عنصر دما و بارش تاثیر می‌پذیرند. در دو پیمونگاه آبعلی و اقدسیه در شمال و شمال خاوری تهران، دما پایین‌تر و هوا سردتر و بارندگی بیشتر است ولی از آنجاکه جنوب خاوری تهران، بسیار پرتردد است و بیشتر پل‌های عابر در خطوط بی‌آرتی واقع شده‌اند؛ در این مناطق آسیب‌های وارد شده بر پل‌ها علاوه بر تنش‌های حرارتی، می‌تواند تحت تاثیر عوامل انسانی نیز باشد. شکل (١٤) الگوی پراکنش خرابی آسفالت کف پل‌ها در سطح شهر تهران را نشان می‌دهد.



شکل ٦: الگوی پراکنش فراوانی روزهای بیم لغزندگی روی پل‌های عابر به واحد روز در سال (الف)، الگوی پراکنش فراوانی نم نسبی سالانه به واحد درصد (ب)، الگوی پهنه بندی پوسیدگی بدنه پل‌های عابر – طبقه‌بندی شده از صفر تا بیشترین فراوانی مشاهده شده برای هر پل (پ)، الگوی پهنه‌بندی پوسیدگی اتصالات پل به واحد درصد (ت)، الگوی پهنه‌بندی خرابی سیم‌ها و کابل‌های برق پل‌ها (ث) و الگوی پهنه بندی خرابی آسفالت کف پل‌ها (ج) در سطح شهر تهران

هم‌افزایی فراسنج‌های جوی و آسیب‌پذیری پل‌های عابربه منظور تحلیل نهایی یافته‌های این تحقیق در شکل (۷) انجام شد. الگوی هم‌افزایی آسیب‌های آب‌وهوایی پل‌های عابر را در سطح شهر تهران نشان می‌دهد که پل‌های تمام سطح شهر از شرایط نم، بارش و دما آسیب‌پذیر هستند ولی محدوده شمال خاوری تهران که منطبق بر مناطق ۱ ، ۳ و ٤ شهری است؛ بیشترین آسیب‌پذیری را دارد. این الگو می‌تواند گویای این حقیقت باشد که زیرگذرها می‌توانند از بسیاری از آسیب‌های آب‌وهوایی مانند تابش شدید آفتاب، انواع پوسیدگی‌های فلزی، آسیب برق‌گرفتگی، بیم لغزندگی کف پل‌ها و مخارج سنگین کاهش و رفع آنها برکنار باشند.



شکل۷: الگوی هم‌افزایی آسیب‌های جوی و آسیب‌پذیری پل‌های عابر تهران

(هر بیم یا آسیب یک واحد انگاشته شده است)

جمع‌بندی

نتایج این تحقیق نشان داد که سازه شهری پل‌های عابر در سطح شهر تهران در گام نخست از عوامل آب‌وهوایی آسیب‌پذیر بوده، در گام دوم برای عابران آسیب‌رسان هستند. آسیب‌پذیری پل‌ها از عناصر دما و بارش مرتبط با برهمکنش این عناصر با شیب فزاینده از جنوب شهر به سوی دامنه‌های البرز آشکار شد و آسیب‌پذیری عناصر دیگر شامل باد و تابش آفتاب در سطح شهر الگویی پراکنده نشان داد. در این میان پهنه جنوب غرب (منطبق بر منطقه شهری شهریار) با داشتن پوشش گیاهی پیوسته و مطمئن و پهنه‌های جنوب شهر با آشکارسازی آسیب‌های غیر جوی در چهره پل‌ها؛ مشترکا اهمیت سهم عوامل انسانی را در آسیب‌پذیری پل‌ها بروز دادند. پوشش آب‌وهوای شهر تهران اعم از گرم و خشک در جنوب شهر و نیمه‌خشک و کوهستانی در دامنه‌های البرز گویای ناسازگاری سازه‌های پل‌های عابر با شرایط جوی است. این ناسازگاری برای عابران «بیم» و «آسیب» در پی دارد و برای اداره‌کنندگان شهر هزینه‌های پیاپی. مسایل یاد شده به همراه تجربیاتی که در شهرهای بزرگ برای تسهیل ترابُرد نرم ارایه گردید سازه جایگزین را برای شهر تهران، «زیرگذر» معرفی می‌کند. زیرگذرها در مقایسه با پل‌های هوایی عابر پیاده با شرایط آب‌وهوایی تهران سازگاری بیشتری داشته، با وجود هزینه‌بری بیشتر هنگام احداث، هزینه‌های کمتری برای نگهداری دارند و منظر این شهر پرجمعیت را نیز دچار تنگنا و خدشه نمی‌کنند.

منابع

۱. مبارکی، امید؛ امیرحسینی، پروانه؛ ۱۳۹۹؛ شاخص‌های نوسازی با تاکید بر فشردگی، بازآفرینی بافت قدیم و پیاده‌مداری- مطالعه موردیشهر مراغه؛ جغرافیا؛ ۱۸ (٦٤): ۱۰۵-۹۵

۲. باستانی‌زاده، رویا؛ قطعی، مهدی؛ و افتخاری، حمیدرضا. (۱۳۹٤). سامانه هشدار فازی برخورد عابر پیاده با خودرو مبتنی بر تلفن همراه هوشمند. مجموعه مقالات پانزدهمین کنفرانس ملی حمل و نقل و ترافیک تهران. شهرداری تهران.

۳. حسن‌پور، شهاب؛ میربها، بابک؛ زنگانه رنجبر، پویا. (۱۳۹۱). ارزیابی نواقص گذرگاه‌های تردد عرضی عابران پیاده مورد مطالعه منطقه سه شهرداری تهران. مطالعات راهور. ۱۳۳: ۱۳۳-۱۵۹ .

٤. حیدری، محمدتقی؛ محمدی، شهرام؛ ۱۳۹۹؛ مطلوبیت‌بخشی پیاده‌راه‌های شهری- مطاله موردی پیاده‌راه سبزه‌میدان شهر زنجان؛ جغرافیا؛ ۱۸ (٦٥): ۸۲-٦۹.

۵. خاکی، علی‌منصور؛ عرفان نسب، رضا؛ و باباگلی، رضوان. (۱۳۹۱). آسیب‌شناسی پل‌های عابر پیاده در سطح شهر تهران. مجموعه مقالات دوازدهمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران. تهران.

٦. خالدی، شهریار. (۱۳۸۰). بررسی محیط زیست تهران. تهران: نشر دانشگاه شهید بهشتی.

۷. شاهی‌پور، سونا؛ توکلان، علی؛ سرور، رحیم؛ ۱۳۹۸؛ ارتباط عدالت فضای شهری با رفاه حال سالمندان در فضاهای مختلف شهری- مطالعه موردی منطقه سه تهران؛ جغرافیا؛ ۱۷ (٦۳): ۹۱-۷٦.

۸. شهرداری تهران. (۱۳۹٦). تهران: اطلس کلانشهر تهران.

۹. عمید، حسن. (۱۳٦۳). فرهنگ عمید. چاپ پنجم. جلد یکم. تهران: نشر امیرکبیر

۱۰. کاووسی، الهه؛ محمدی، جمال؛ ۱۳۹۹؛ تحرک و جابجایی هوشمند شهری و توسه پایدار شهر شیراز؛ جغرافیا؛ ۱۸ (٦٥): ۳۰-۱۹.

۱۱. محمدی، پوران. (۱۳۹۲). رکورد عابرین پیاده در مرگ و میر تصادفات- صفحه اجتماعی. روزنامه جام جم یکشنبه ۲۳ اردیبهشت: ۲۳۰۰٤۳۱۵: ۱۷

۱۲. مدنی‌پور، علی. (۱۳۸۱). ظهور یک کلانشهر. ترجمه حمید زرآزوند. تهران گ: نشر پردازش و برنامه‌ریزی شهر.

۱۳. مرکز آمار ایران. (۱۳۹۰). برآورد جمعیت شهرستان‌های کشور. تهران: نشر دانشگاه تهران

۱٤. میرمعینی، مهدی؛ جلیلی صدرآباد، سمانه؛ ۱۳٦۸؛ سنجش امنیت محیطی با استفاده ازتئوری چیدمان فضایی و تکنیک مکانسنجی – نمونه مطالعاتی محله سرآسیاب تهران؛ جغرافیا؛ ۱۷ (٦۲): ۲٤۲-۲۱۹.

۱۵. هلاکویی نایینی، کوروش؛ و مرادی، علی. (۱۳۸۵). آگاهی، نگرش و عملکرد عابرین پیاده در زمینه رعایت مقررات راهنمایی و رانندگی در عبور از محدوده چهارراه‌های اصلی شهر تهران. پایش. ٦ (۱): ۳۵-۲۷.

16. Allianz, S. L. (2006). City development plan for Agra City in the state of Uttar Pradesh under JNNURM-Final report. 113: 167-265.
17. Chico, B. Fuente, D. Díaz, I. Simancas, J. Morcillo, M. (2017). Annual Atmospheric Corrosion Of Carbon Steel Worldwide- An Integration Of ISOCORRAG,ICP/UNECE And MICAT Databases; National Centre for Metallurgical Research (CENIM/CSIC). 10: 601-627 .
18. Crandall, J. R. Bhalla, K. S. Madeley, N. J., (2002). Designing road vehicles for pedestrian protection, B.M.J. 11: 1145–1148.
19. Brodski, G. Brodskaia, E. Gozman, A. Enutin, Y. A. Hitrov, V. A. Kuznetsov, V. M. Shesterikov, V. I. Tseitlin, A.Zaitchik, J. U. Tseitlin, G. (2017). Bridge

Management System For The City Of Moscow-AGA Engineering & Trading, Inc. 3-30.
20. Kotahi, W. (2009). Pedestrian planning and design guide, NZ Transport Agency-National Office Victoria Arcade: 7.
21. Merkin, V. Konyukhov, D. (2016). Development of Moscow underground space plans, results, perspectives. Procedia Engineering 165: 663 – 672 .
22. Mohankar, R. H. Ronghe. G. N. (2010). Analysis and Design of Underpass RCC Bridge, International Journal Of Civil And Structural Engineering. 1 (3): 0976-4399.
23. U. C. L. (2017). Stress mobility project toolkit-Measuring the effects of busy roads on local people, Research Councils UK (RCUK) Lifelong Health & Wellbeing Programme.12: 1-51.