دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره‌ی ۵۶
زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۲۷۶-۲۶۳

سعید مدلل دوست[۱]
جواد سدیدی[۲]

مقایسه کارآمدی شبکه حمل ونقل شهری موجود و پیشنهادی طرح تفصیلی شهر بابل با استفاده از تحلیل گراف در GIS

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۵/۱٦ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۰/۱٦

چکیده

شبکه ارتباطی موجود شهر بابل به‌لحاظ کارکرد گردشگری، جمعیت زیاد، کاربری بالای مسکونی و تجاری و ... قادر به تحمل حجم بالای وسایل نقلیه نمی‌باشد. هدف مطالعه حاضر ارزیابی شبکه حمل‌ونقل موجود این شهر و مقایسه آن با کارآمدی شبکه حمل‌ونقل پیشنهادی طرح تفصیلی شهر بابل تهیه شده توسط اداره کل راه و شهرسازی استان مازندران می‌باشد. در تحقیق حاضر با به‌دست آوردن پارامترهای هم‌بندی و دسترسی به‌صورت کمی، کارآمدی شبکه در وضعیت موجود و پیش‌بینی شده اندازه‌گیری شد. شاخص‌های آلفا و گاما که بیانگر میزان هم‌بندی بین خطوط ارتباطی است، به‌ترتیب ۲۱ و ۱۸ درصد برای ۹۲ گره و ۵۸ یال ارتباطی وضعیت موجود ۱۹ و ۲۱ درصد برای ٤۸۸ گره و ۲۸۳ یال ارتباطی وضعیت پیشنهادی طرح تفصیلی به‌دست آمد. در نهایت، مهم‌ترین راه‌های ارتباطی شهر بابل بر پایه تعداد مراحل رسیدن به دورترین نقطه در شبکه، تعداد اتصالات مستقیم و مجموع اتصالات مستقیم و غیرمستقیم در شبکه اولویت‌بندی شد. نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های آلفا و گاما و نیز مطالعات میدانی نشان داد که به‌دلیل مقادیر کم این شاخص‌ها کارآمدی شبکه حمل‌ونقل شهری موجود شهر بابل نه تنها از میزان بسیار پایینی برخوردار است (زیر ۵۰ درصد)، بلکه با توجه به پیشنهادها طرح تفصیلی مصوب در خصوص اضافه نمودن شبکه معابر جدید، میزان کارآمدی پایین‌تر نیز خواهد شد.

کلید واژه‌ها: GIS، شاخص آلفا، شاخص گاما، هم‌بندی، دسترسی، شهر بابل.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی دانشگاه خوارزمی تهران-ایران. E-mail: smodallaldoust@yahoo.com
۲- استادیار گروه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی دانشگاه خوارزمی تهران-ایران. E-mail: jsadidi@gmail.com

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

مقدمه

با رشد بی‌سابقه شهرنشینی در جهان به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه به‌دلیل مهاجرت و تغییر سبک زندگی، کانون‌های شهری با کمبود زیرساخت‌های مهم شهری روبرو شده‌اند. بدون تردید امروزه مشکلات حمل‌ونقل در اکثر شهرها باعث ناکارآمدی و کاهش بهره‌وری شبکه‌های ارتباطی شده است (نوکس و مارستون، ۲۰۱۵: ۲۷). ایران همانند دیگر کشورهای درحال‌توسعه با نارسایی شدید حمل‌ونقل شهری مواجه است. آشکارترین برآیند چنین وضعیتی تراکم ترافیکی و هدر رفتن وقت و سرمایه بوده که این خود آلودگی‌های زیست‌محیطی را دامن زده است (شاهی، ۱۳٦۸: ۳۹). شمال ایران با توجه به شرایط خاص جغرافیایی خود از کانون‌های پرتراکم جمعیتی بوده و به‌علت دارا بودن نقش گردشگری در کنار دریای مازندران، حجم وسیعی از مسافر که عموماً هم با اتومبیل شخصی سفر می‌کنند را در فصل تابستان و ایام تعطیلات سال نو جذب می‌نماید. این درحالی است که شبکه ارتباطی موجود پاسخگوی حجم سفر و حمل کالا برای ساکنان دائمی آن نیست (صفارزاده و میربها، ۱۳۸٦: ۲۸؛ صفارزاده و اسدامرجی، ۱۳۸۵: ۲۷۸؛ عربانی و همکاران، ۱۳۸۵: ۲۹۱).

هنگامی‌که از یک خط برای توصیف یک پدیده جغرافیایی استفاده می‌کنیم، برای تعریف آن به دو نقطه نیاز داریم. با تعیین مختصات این دو نقطه به‌صورت طول و عرض جغرافیایی در یک سامانه تصویر مختصاتی، درواقع وضعیت هندسی این عارضه را نشان می‌دهیم. در یک پایگاه داده شبکه‌ای، عوارض خطی به روش توپولوژیکی به‌هم متصل هستند و خواصی مانند طول، توزیع مکانی، راستا و جهت برای هر بخش از شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک ویژگی مهم برای تحلیل شبکه، طول آن است که به‌صورت مجموع طول خطوط شبکه تعریف می‌شود. راستا و جهت نیز به ماهیت شبکه وابسته بوده و برای فهم آن، موقعیت جغرافیایی آن نیز ضروری است. مهم‌ترین مفهوم یک شبکه چگونگی اتصال یال‌ها به یکدیگر است. از این موضوع به‌نام هم‌بندی شبکه یاد می‌شود. برای نشان دادن چگونگی اتصال یال‌ها به یکدیگر از ماتریس داده‌ها استفاده می‌شود؛ به‌طوری‌که محتوای هر خانه در جدول ماتریس، وجود یا عدم وجود اتصال در شبکه را نشان می‌دهد. در صورت وجود اتصال، مقدار یک و در غیر این‌صورت مقدار صفر در هرکدام از خانه‌های جدول قرار می‌گیرد. در صورتی که یال‌ها به خودشان وصل نشوند، عناصر روی قطر اصلی ماتریس صفر خواهد شد. از آن‌جایی که هر کدام از خانه‌های جدول مقادیر صفر یا یک را دارا هستند، این جدول، جدول دوتایی نیز خوانده می‌شود. از طرفی چون اتصالات متقارن هستند، بنابراین، عناصر واقع در بالای قطر اصلی و عناصر واقع در پایین قطر اصلی نسبت به این قطر تقارن داشته و دوبه‌دو باهم برابرند.

مطالعات اندکی در زمینه ارزیابی کارآمدی شبکه ترافیک شهری صورت پذیرفته است.

لی و چی (۲۰۰٤: ۱۰٤۱)، در مقاله‌ای تحت عنوان استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا در حمل‌ونقل شهری، به بررسی استخراج شاخص‌های کمی در حمل‌ونقل پرداختند. بدین‌ترتیب ایشان به این نتیجه رسیدند که با به‌دست آوردن شاخص‌های کمی نظیر شاخص‌های هم‌بندی و دسترسی می‌توان محدوده حمل‌ونقل شهری را برای منطقه‌ای معین مشخص کرده و به سادگی با استفاده از این شاخص‌ها اقدام به فرآیند طراحی شبکه حمل‌ونقل

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

شهری نمود. یامادا و تیل (۲۰۰٤: ۱۵۱)، برای مقایسه رابطه بین تصادفات ناشی از ترافیک و نقشه راه‌های ارتباطی در شهر، از تحلیل شبکه استفاده کردند. مارزولف و همکاران (۲۰۰٦: ۳٤۹٦)، در رفتار سنجی شبکه جاده‌ای در محیط GIS با استفاده از تحلیل عوارض خطی به این نتیجه رسیدند که برای بازسازی مسیرهای ارتباطی، روش افزایش کمان یا قوس بهترین پوشش را برای هر نوع کلاس جاده‌ای فراهم می‌کند. سافیرووا و همکاران (۲۰۰۷: ۷۳۷)، در تحقیقی با عنوان برآورد هزینه‌های ازدحام راه‌های حاشیه‌ای در حمل‌ونقل شهری، از تحلیل عوارض خطی برای تعیین روند افزایش راه‌های ارتباطی جانبی استفاده نمودند. ممدوحی و همکاران (۱۳۹۰: ۸۹) در یک مطالعه موردی بر روی شبکه شهر مشهد، به بررسی تعیین تعداد بهینه اتصال بر اساس معیار نزدیکی نتایج تخصیص به مشاهدات در کمان پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش تعداد اتصال هر ناحیه ترافیکی، نه تنها روند نزدیکی برآورد به مشاهده بهبود نیافته، بلکه توأم با اُفت نیز بوده است. درواقع برای شبکه معابر شهر مشهد، خروجی تخصیص ترافیک با تعداد یک اتصال دارای بیش‌ترین نزدیکی به مشاهده بوده و افزودن تعداد اتصال برای این شبکه باعث کاهش دقت مدل خواهد شد. کیان و ژانگ (۲۰۱۲: ۱۵۰۱) به بررسی تأثیر تعداد اتصالات روی نتایج تخصیص ترافیکی ایستا پرداخته و برای این منظور، ترکیب تعداد اتصالات مختلف بر روی نتایج جریان ترافیکی را در قالب سه شبکه فرضی، ایالت کالیفرنیا و شهر ساکرامنتو مورد بررسی قرار دادند. این پژوهش نشان داد که نتایج تخصیص ترافیکی ایستا نسبت به انتخاب اتصال حساس است و نتایج تخصیص صرفاً با افزایش تعداد اتصال بهبود نمی‌یابد. به‌عبارت دیگر، تعداد اتصال زیاد اغلب موجب زیر برآورد زمان سفر کل شبکه و متوسط حجم ترافیک کمان‌ها می‌شود.

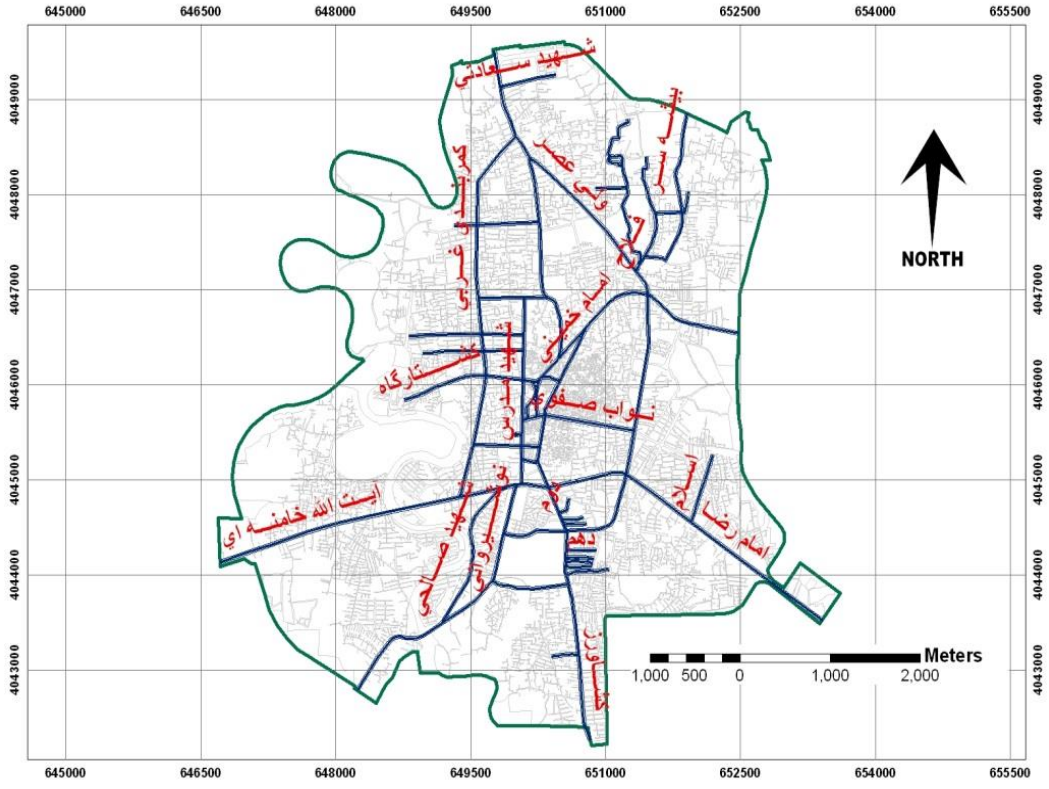
محدوده مورد مطالعه

شهر بابل در ۳٦ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ٤۱ دقیقه طول شرقی قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریاهای آزاد ۵- متر است. جمعیت شهر بابل در سال ۱۳۹۰ برابر ۲٦۱۷۳۳ نفر بوده که این جمعیت در قالب ۷۹۸۳۷ خانوار شکل گرفته است. این شهر در طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۹٤ رشد چشمگیری داشته به‌نحوی که از ۲٦۹ هکتار در سال ۱۳۳۵ به ۳۰۳٦ هکتار در سال ۱۳۹۳ رسیده است. این به‌معنای اضافه شدن ۲۷٦۷ هکتار به سطح شهر در طول ۵۹ سال می‌باشد. یعنی به‌طور متوسط در هر سال ٤۷ هکتار به شهر اضافه شده است (اداره کل راه و شهرسازی استان مازندران، ۱۳۹٤).

شبکه ارتباطی شهر بابل به فراخور فعالیت‌هایی که در حاشیه آن انجام می‌گیرد، دارای تراکم‌های متنوعی است. برخی از خیابان‌ها به‌عنوان ورودی و خروجی شهر بوده و از صبح بسیار زود تا نیمه‌های شب دارای تردد زیاد و قابل توجه می‌باشند. ابتدای خیابان‌های ورودی شهر به‌دلیل کاربری خدماتی موجود (انواع گاراژها، تعمیرگاه‌ها، خدمات فنی خودروهای سبک و سنگین، عمده‌فروشی‌های مصالح ساختمانی و آهن‌آلات و ...) در ساعات کاری

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

روز تقریباً به‌صورت گلوگاه عمل کرده و به‌شدت باعث کاهش سرعت، ایمنی و افزایش تصادفات شده است. عدم ساخت یک کمربندی مناسب که بتواند ترافیک عبوری شهر را که معمولاً از وسایل نقلیه سنگین هستند انتقال دهد، خود مزید بر علت شده است. بدین‌ترتیب شبکه اصلی شهر که در اشغال وسایل سنگین قرار دارد به‌لحاظ ایمنی هم برای وسایل نقلیه سبک و هم برای عابرین مشکلات عدیده‌ای را به‌وجود آورده است. محدوده مرکزی شهر به‌دلیل بافت قوی تجاری دارای تردد خاص خود می‌باشد و در کلیه ساعاتی که بازار فعال است شبکه در آن محدوده تحت اشغال وسایل نقلیه بوده و همواره متراکم است.

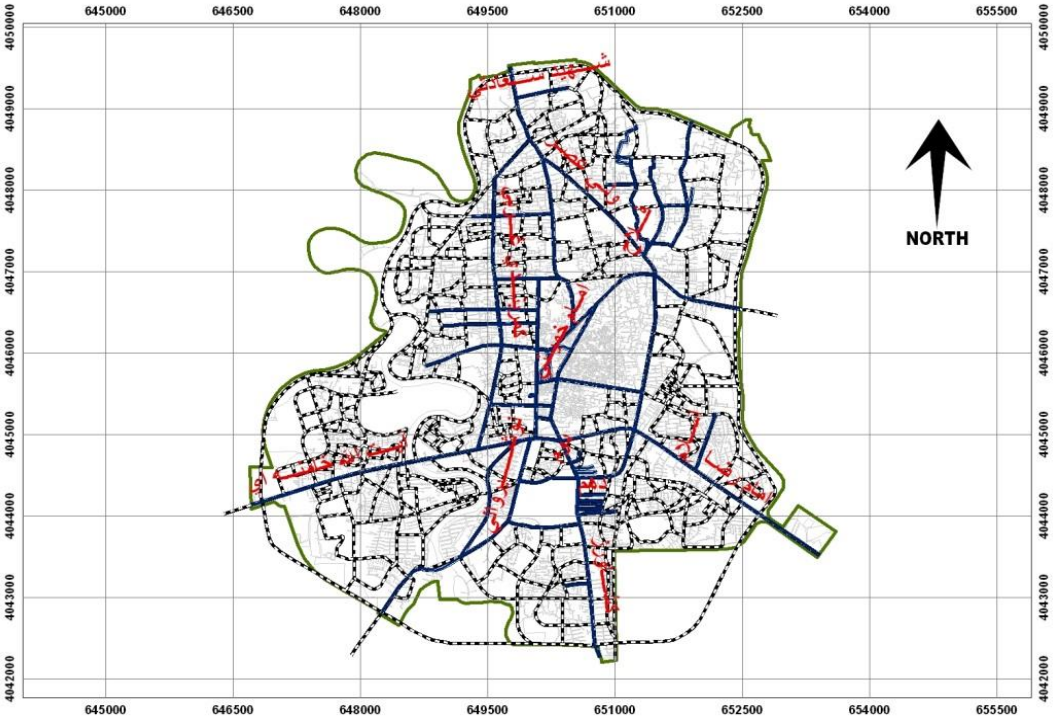


شکل ۱: وضعیت شبکه حمل‌ونقل موجود شهر بابل (سامانه مختصاتی UTM-WGS84-ZONE 39N)

در این مقاله از اطلاعات مربوط به شبکه ارتباطی موجود و شبکه ارتباطی پیشنهادی مربوط به طرح تفصیلی مصوب شهر بابل که به‌صورت رقومی است، استفاده شد. سپس از بین تمامی راه‌های اصلی و فرعی، آن دسته از راه‌هایی که دارای بیشترین تراکـم عبور و مرور در سطـح شهر بودند (شکل ۱) استخراج شد.

با انتخاب ۵۸ یال یا اتصال ارتباطی، تحلیل در محیط GIS انجام پذیرفت. در مرحله بعد همین عملیات برای شبکه ارتباطی پیشنهادی طرح تفصیلی شهر بابل با افزایش شبکه ارتباطی تا ۲۸۳ یال (شکل ۲) در محیط GIS مورد تحلیل قرار گرفت.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]



شکل ۲: وضعیت شبکه حمل‌ونقل پیشنهادی طرح تفصیلی شهر بابل؛ خطوط نقطه‌چین، ارتباطات پیشنهادی می‌باشند (سامانه مختصاتی UTM-WGS84-ZONE 39N)

مواد و روش‌ها

ابتدا طول خط مستقیم و سپس طول واقعی هریک از راه‌های ارتباطی به‌دست آمد (جداول ۱ و ۲). شایان ذکر است در (جدول ۲) به‌علت تعداد زیاد خیابان‌های پیشنهادی، تنها مشخصات برخی از خیابان‌ها درج شده است. در مورد پارامتر همبندی از ۲ الگوریتم به نام شاخص‌های آلفا و گاما استفاده شد (میلر و شاو، ۲۰۰۱: ۹٤). در یک دسته از رئوس ثابت اگر رئوس به‌صورت نامنظم به هم وصل شوند شبکه‌های مختلفی را به‌وجود می‌آورند. تعداد یال‌های محدودی (حداقل و حداکثر) وجود دارند که باید تمام رئوس را به هم متصل نمایند تا شبکه تشکیل شود. تعداد یال‌ها در شبکه همبند حداقل از رابطه زیر به‌دست آمد (چاو، ۱۹۹۹: ۲٦۳):

رابطه (۱) $$e_{\min} = v - 1$$

همچنین تعداد یال‌ها در شبکه همبند حداکثر از رابطه زیر به‌دست آمد (هان، ۱۹۹٦: ۲۱۱):

رابطه (۲) $$e_{\max} = 3 * (v - 2)$$

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

e: تعداد یال‌ها در شبکه همبند و v: تعداد رئوس در شبکه همبند می‌باشند.
بنابراین با ارائه ثابت Υ که به‌صورت نسبت تعداد یال‌های واقعی به حداکثر یال‌های موجود تعریف شده است، میزان همبندی در یک شبکه ارتباطی به درصد نمایش داده شد (جدول ۳)، (لی و ونگ، ۲۰۰۱: ۱۱۷):

رابطه (۳)
$$\gamma = \frac{e}{e_{max}} * 100$$

یکی دیگر از ویژگی‌هایی که از همبند بودن شبکه ناشی می‌شود، تعداد دورهایی است که یک شبکه می‌تواند داشته باشد. دور عبارت است از یک حلقه بسته که نقطه ابتدایی و انتهایی آن یکسان است (ایسا و چن، ۲۰۰۰: ٤٨). وجود دور در یک شبکه جاده‌ای به مسافران این امکان را می‌دهد که برای رفت‌وآمد بین دو نقطه مسیرهای مختلفی را انتخاب کنند (مجبور نباشند همیشه از یک مسیر رفت‌وآمد نمایند). تعداد دورها C در یک شبکه برابر است با:

رابطه (٤)
$$C = e - e_{\min}$$

حداکثر تعداد دورها برابر است با (ما و پون چنگ، ۲۰۰۰):

رابطه (٥)
$$C_{\max} = e_{\max} - e_{\min}$$

بنابراین با ارائه ثابت آلفا که به‌صورت نسبت تعداد یال‌های حداقل به حداکثر یال‌های موجود تعریف شده است، میزان همبندی در یک شبکه ارتباطی به درصد نمایش داده شد (جدول ۳)، (لی و اُه، ۲۰۰۳):

رابطه (٦)
$$\alpha = \frac{e_{\min}}{e_{\max}} * 100$$

شبکه حمل‌ونقلی که به‌خوبی توسعه پیدا کرده باشد دارای مقادیر بالایی از هر دو شاخص آلفا و گاما بوده (بالای ۵۰ درصد) و نشان‌دهنده این است که با سطوح بالای پیچیدگی و همبندی مطابقت دارد (لی، ۲۰۰۲: ۲٦۹). تعداد اتصالات مستقیم بین خطوط ارتباطی، تعداد مراحل برای رسیدن به دورترین نقطه در شبکه و کل اتصالات (تعداد اتصالات مستقیم + تعداد اتصالات غیرمستقیم) برای وضعیت موجود و پیشنهادی به‌دست آمد. در همین راستا به مقایسه وضعیت خیابان‌های موجود در حالت فعلی و آینده بر اساس طرح پیشنهادی پرداختیم. برپایه این نتایج، میزان دسترسی و اهمیت هریک از خطوط ارتباطی تعیین شد (جدول ٤).

یافته‌ها و بحث

خطوط با ویژگی‌های مشابه، هنگامی‌که در یک سیستم به یکدیگر وصل شوند، یک شبکه را تشکیل می‌دهند. از اتصال جاده‌های مختلف، یک شبکه جاده‌ای تشکیل می‌شود. در چنین شبکه‌ای هرکدام از خطوط ویژگی‌های

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

مختص به خود را دارند. هرکدام اندازه‌های مختلف، نقاط ابتدا و انتهای متفاوت و میزان جریان ترافیکی متفاوتی را دارا هستند. این خطوط با روش توپولوژی به همدیگر وصل شده‌اند و به‌همین علت به‌صورت جداگانه نبوده و همه در قالب یک شبکه کار می‌کنند. طول یک عارضه خطی (هم طول خط مستقیم و هم طول واقعی) می‌تواند با به‌کار بردن پارامترهای آماری استاندارد مثل میانگین، واریانس و ... تحلیل شود. اگر عارضه چندخطی به‌صورت یک خط مستقیم نباشد، باید طول تمام پاره‌خط‌ها تک‌تک اندازه گرفته شود. در این صورت ابتدا و انتهای عارضه خطی علامت‌گذاری شده و از تابع الحاقی Asline.Returnlength در نرم‌افزار ArcView استفاده می‌شود. نخست این تابع، چندخطی را ساده کرده و آن را به چند پاره‌خط در طول یک زنجیره تبدیل می‌نماید و سپس بر اساس یک خط ساده طول آن‌را محاسبه می‌کند. روش دیگری که در ArcView برای استخراج و اضافه کردن اطلاعات یک خط مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از تابع الحاقی Add Length and Angle در محیط Analysis می‌باشد. با استفاده از این تابع می‌توان طول واقعی هر عارضه خطی را محاسبه و به جدول اطلاعات نقشه اضافه نمود. در بیش‌تر مواقع تحلیل‌هایی که بر پایه این دو طول انجام می‌شوند، یک تفاوت جزیی در نتیجه را منجر می‌شوند که البته این تفاوت‌ها نباید خیلی زیاد و ناهنجار باشد (جداول ۱ و ۲).

جدول ۱- محاسبه طول مستقیم و طول واقعی برای شبکه حمل‌ونقل موجود شهر بابل

خیابان	طول مستقیم	طول واقعی	خیابان	طول مستقیم	طول واقعی	خیابان	طول مستقیم	طول واقعی
امام رضا	۲۶۷۶	۲۶۷۵	صالح طبری	۲۰۳	۲۰۷	نهم	۲۹۵	۲۹۶
اسلام	۷۵۱	۷۵۱	فلاح	۱۲۱۴	۱۳۳۱	چهاردهم	۳۰۱	۳۰۲
ولی‌عصر	۴۱۷۰	۳۷۶۷	بیشه‌سر	۱۵۶۰	۱۸۵۳	دوازدهم	۳۰۷	۳۰۹
شهید بهشتی	۹۳۳	۹۲۸	کمربندی غربی	۳۸۵۱	۳۹۹۶	دهم	۳۲۰	۳۲۱
میرزا کوچک خان	۱۱۲۵	۱۰۹۴	فرهنگ	۱۹۹	۱۹۹	هشتم	۳۴۲	۳۴۳
کشاورز	۳۰۳۱	۲۹۹۰	مصطفی خمینی	۵۴۰	۵۴۰	شانزدهم	۴۸۴	۴۸۹
شیخ طبرسی	۸۸۷	۸۸۰	آیت‌الله سعیدی	۲۵۳	۲۵۳	ششم	۲۶۲	۲۶۳
شهید سرگرد قاسمی	۱۰۵۹	۸۹۲	شهید مدرس	۱۹۶۸	۱۹۶۸	چهارم	۲۴۷	۲۵۰
شهید سعادتی	۶۳۲	۶۳۱	تختی	۴۷۳	۴۷۳	دوم	۱۹۲	۲۲۳
آیت‌الله طالقانی	۱۷۴۹	۱۷۳۶	رسولی	۴۴۷	۴۴۷	شیخ صالح طبری ۳	۱۷۴	۱۷۵
آیت‌الله خامنه‌ای	۲۰۰۸	۲۰۰۶	شهید بسطامی	۴۲۱	۴۲۱	قاسم مطلبی	۴۳۶	۵۵۴
نوشیروانی	۳۰۳۳	۲۷۸۶	اسدآبادی	۷۶۸	۷۶۸	غسالخانه	۱۱۱۲	۱۲۱۰
شهید اسماعیل گنجی	۸۵۹	۸۴۱	دکتر شریعتی	۱۴۸۵	۱۵۰۰	شهید مقداد وعظی	۳۵۴	۳۵۴
شهید صالحی	۱۶۹۷	۱۵۹۹	شهید مطهری	۶۵۱	۷۰۴	محمدعلی بابانیا	۱۶۳	۲۴۹
نواب صفوی	۱۰۱۰	۱۰۱۰	امیرکبیر	۶۹۳	۶۹۳	شهید ابراهیمی	۱۶۸	۱۹۱
سعید العلما	۴۹۸	۴۹۸	امیرکبیر غربی	۲۵۶	۲۵۶	قربانعلی اخوان	۴۴۴	۵۳۸
امام خمینی	۱۸۵۸	۱۶۱۸	شهاب نیا	۸۰۹	۸۱۰	فلسطین	۶۹۸	۷۱۴
آیت‌الله روحانی	۷۵۰	۷۴۹	ضراب پوری	۶۷۷	۶۷۷	اسماعیل‌زاده ۱۲	۷۶	۱۰۶
روحانی ۱۷	۱۸۰	۱۷۷	کشتارگاه	۹۳۶	۹۴۷	توحیدی ۱	۴۰۳	۴۳۶

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

جدول ۲- محاسبه طول مستقیم و طول واقعی برای شبکه حمل‌ونقل پیشنهادی طرح تفصیلی شهر بابل

شماره	مستقیم	واقعی	شماره	مستقیم	واقعی	شماره	مستقیم	واقعی	شماره	مستقیم	واقعی	شماره	مستقیم	واقعی
٤٧	٢٥٨	٢٥٨	٨٧	١٧٤٧	١٨٠٥	١٣٥	١٤٢٨	١٥٨٧	١٨٤	١٢٦	١٢٨	٢٣٠	٢٢٣	٢٢٤
٤٨	٢٧٦	٢٧٦	٩٠	٣٨٦	٣٨٩	١٣٦	١٥١١	١٥١٧	١٨٥	٧٣	٧٣	٢٣٣	٧٤٦	٧٥٩
٥١	٣٤٥	٦٠٩	٩١	٢١١	٢١٢	١٣٧	١٣٨٤	١٤٤١	١٨٨	٢١٢	٢١٢	٢٣٤	٧٢٨	٧٦٠
٥٢	١٦١٩	١٨٠٣	٩٢	٤٢١	٤٦٠	١٣٨	٢٦٦	٤٨٧	١٨٩	٢٦٣	٢٨١	٢٣٥	٥٦٩	٦٠٦
٥٣	٥٦١	٥٦١	٩٣	٥٤٧	٧١٤	١٤٠	٥٠٩	٦٧٧	١٩١	١١٧	١١٨	٢٣٨	٢٥٦	٣١٤
٥٤	١٤٣٠	١٥٦٧	٩٤	٣٦٧	٣٧٩	١٤٤	٣٠٧	٣١٢	١٩٢	٥٦٩	٧٢٨	٢٣٩	٦٢٨	٦٧١
٥٥	٥٨٦٥	٧٥٠٤	٩٦	٣٥١	٥٠٢	١٤٥	٨١٠	١٤٣٢	١٩٣	٢٤٦	٢٤٦	٢٤٠	٣٩٦	٦٠٢
٥٦	٦٠١٩	٧١٤٢	٩٧	٢٢٠	٢٢٠	١٤٦	٢٢١	٢٢١	١٩٥	٢٣٤	٣٢٧	٢٤١	٦٦٥	٦٧٦
٥٧	٥٩٠٧	٧٨٥٨	٩٩	٢٧١	٢٧١	١٤٧	٢١٩	٢١٩	١٩٦	١٠٣	١٠٧	٢٤٢	٢٦٣	٢٦٣
٥٨	٤٤٦	٤٤٩	١٠١	٤٩١	٤٩١	١٤٨	١٧٧	١٧٧	١٩٨	٤٢٤	٤٦١	٢٤٣	٢٨٧	٣٢٢
٥٩	١٤٢٢	١٥٧٥	١٠٣	٥٣٢	٥٣٢	١٥٢	١٠٤	١٠٤	٢٠١	٥٤٣	٥٦٥	٢٤٥	١٣٨٦	١٤١٨
٦١	١٢٩	١٢٩	١٠٦	١٥٦	١٥٦	١٥٣	٣٩٩	٤٧٣	٢٠٣	٣١١	٣١٩	٢٤٦	٢١٠	٢١٠
٦٣	١٣٠٤	٢٠٣٩	١٠٨	١٦٦	١٦٦	١٥٤	١١٠	١١١	٢٠٥	٨٩٧	١٣٢٧	٢٤٩	٢٩٤	٢٩٨
٦٤	٦٦٧	١٧٥٨	١٠٩	٣٧٤	٤٦١	١٦٠	١٤٧٩	١٩١٣	٢٠٦	٦٩٣	٦٩٣	٢٥٣	٣٥٨	٣٥٨
٦٥	٤٧٧	٥١١	١١١	٣١١	٣١١	١٦١	١٥٥٢	٢١٩١	٢٠٨	٤٢٧	٤٨٩	٢٥٥	٥٥٣	٥٦٩
٦٦	٩٥٢	٩٧٠	١١٢	٢٥٥٦	٣٨٣٨	١٦٣	١٢٠٩	١٧٢١	٢٠٩	٥٧٤	١٣٤٠	٢٥٦	٣٦٨	٣٧٢
٦٨	٥٨٤	٧٨٢	١١٣	١٢٧٠	١٤٥١	١٦٤	٤٨٤	٥٥٠	٢١٠	٥٤٩	٥٤٩	٢٥٧	٣٥٥	٤٤٩
٧٠	١١٦٥	١١٨٧	١١٤	٨٥٤	٨٦٢	١٦٥	٣٠٢	٣٠٧	٢١١	١٣٣١	١٣٤٨	٢٦٠	٥٥٤	٦٠٤
٧١	١٧٩٧	٢١١٢	١١٥	٨٣٥	١٠٤٧	١٦٦	٢٠٤٥	٢١١٤	٢١٢	٣١٥	٣١٥	٢٦١	٢٦٩	٢٧٦
٧٢	١٨٧	٢٥٢	١٢٠	١٦٢	١٦٨	١٦٧	٤١٧	٤١٨	٢١٣	٣٠٤	٣٠٥	٢٦٢	٧٦٦	٨١٣
٧٣	٢١٥	٢٢٦	١٢١	٥٢١	٦٤٩	١٦٨	٥٠٤	٦٢٧	٢١٤	٣٢١	٣٢٨	٢٦٣	٤٧٤	٥٥٩
٧٦	٤٤٧	٨٥٨	١٢٢	٢٣٥	٢٣٥	١٦٩	٣١٠	٣٧١	٢١٦	٣٣٦	٣٣٨	٢٦٤	١٩٨	٣٠٣
٧٧	٤١١	٦٢٥	١٢٣	٢٤٣	٢٤٨	١٧٠	٤٥٨	٤٧٠	٢١٧	٤٩٨	٥٥٣	٢٦٥	٣٠٣	٤٧١
٧٩	٥٥٠	٥٥٠	١٢٤	٢٢٠	٣١٢	١٧٣	٢١٨	٢٥٣	٢١٨	٣٦١	٣٦١	٢٦٧	٢٣٦	٢٩٧
٨٠	٣٨٧	٥١٢	١٢٥	٣٩٩	٣٩٩	١٧٤	١٠١	١٠٦	٢١٩	٣٠٥	٣٥٢	٢٦٨	٣٧٦	٣٧٩
٨١	١٦٩	١٨٥	١٢٦	٢١٨	٢٢٤	١٧٥	٤٥٥	٦٠٥	٢٢٠	١٤٤١	١٤٤٥	٢٧١	٢٨٩	٢٩٠
٨٣	٢٥٣	٢٥٧	١٢٧	١٦٢	١٧٩	١٧٦	٣١٣	٣١٦	٢٢١	٤٣١	٤٣٦	٢٧٥	٢٧٧	٢٧٧
٨٦	٣١٩	٥٥٦	١٣٢	٧٠٥	٧٤٤	١٨١	٤٩١	٥٢٤	٢٢٩	٥٥٧	٥٨٢	٢٨٢	١٥٨	١٥٨

در یک دسته از رئوس ثابت اگر آن‌ها به‌صورت نامنظم به‌هم وصل شده باشند، شبکه‌های مختلفی را به‌وجود می‌آورند. تعداد یال‌های محدودی وجود دارد که باید تمام رئوس را به‌هم متصل نمایند تا شبکه تشکیل شود. در چنین شبکه‌ای که یک شبکه هم‌بند حداقل نامیده می‌شود، اگر یک یال از سیستم خارج شود، شبکه به دو شبکه ناهم‌بند فرعی تبدیل می‌شود. درست شبیه به‌همین با داشتن تعداد رئوس ثابت، مقدار بیشینه‌ای نیز برای یال‌هایی که تمام رئوس را به‌هم متصل می‌کنند، وجود دارد. یال‌ها در شبکه هم‌بند حداکثر، همدیگر را قطع نمی‌کنند. نسبت تعداد یال‌های واقعی به ماکزیمم یال‌های موجود با شاخص گاما معرفی می‌شود (جدول ۳). یکی دیگر از ویژگی‌هایی که از هم‌بند بودن شبکه ناشی می‌شود، تعداد دورهایی است که یک شبکه می‌تواند داشته باشد. دور

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

عبارت است از یک حلقه بسته که نقطه ابتدایی و انتهایی آن یکسان است. وجود دور در شبکه جاده‌ای به وسایل نقلیه این امکان را می‌دهد که برای رفت‌وآمد بین دو نقطه مسیرهای مختلفی را انتخاب نمایند. یک شبکه هم‌بند حداقل، به‌ندرت می‌تواند تمام رئوس را به‌هم وصل کند. در چنین شبکه‌ای معمولاً دور وجود ندارد؛ اما اگر یال‌های دیگری به این نوع شبکه اضافه شود، وجود دور نیز اجتناب‌پذیر خواهد بود. با داشتن تعداد دورهای واقعی و تعداد حداکثر دورها می‌توان نسبت حداکثر دورها به دورهای واقعی را با شاخص آلفا به‌دست آورد (جدول ۳).

جدول ۳- مشخصات همبندی شبکه ارتباطی برای وضعیت موجود و پیشنهادی طرح تفصیلی شبکه ارتباطی شهر بابل

	وضعیت موجود	وضعیت پیشنهادی
تعداد گره	۹۲	٤۸۸
تعداد یال	۵۸	۲۸۳
شاخص گاما به درصد	۲۱	۱۹
شاخص آلفا به درصد	۱۸	۲۱

دو ثابتی که در قسمت بالا تعریف کردیم کل شبکه را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. عناصر دیگر شبکه مانند رئوس و یال‌ها ویژگی‌ها و ارتباطات مختص به خود را نسبت به یک شبکه دارا می‌باشند. در ارزیابی میزان دسترسی هر جزء از شبکه، گره‌ها و رئوس پایه و بنیان تحلیل آن شبکه را تشکیل می‌دهند؛ اما در عمل، این یال‌ها هستند که ارتباط اجزاء شبکه را با یکدیگر میسر می‌سازند. به‌همین دلیل تمرکز ما در این بخش بر روی میزان دسترسی هر یال به دیگر یال‌ها است. ساده‌ترین تحلیل، پیدا کردن تعداد یال‌هایی بود که به یک یال دیگر وصل می‌شدند (جدول ٤). این اطلاعات (اتصال یال‌ها به یکدیگر) در ماتریس دوتایی جمع‌آوری شدند. اتصال یال‌ها با عدد ۱ و عدم اتصال با عدد ۰ تعریف شد. در محیط نرم‌افزاری Arc View پیدا کردن راستا و جهت از ویژگی‌های خطی، به‌سادگی پیدا کردن طول نیست. بر اساس زاویه چندضلعی مختصات دو نقطه پایانی و استفاده از روابط مثلثاتی، راستا و یا زاویه عوارض خطی به‌دست می‌آید. لکن در عمل این کار وقت‌گیر و کسل‌کننده است و توسط تابع الحاقی Calculate قابل انجام است؛ اما برای ساده کردن این کار از تابع الحاقی Add Length and Angle استفاده شد. با اجرای این تابع دو ستون حاوی اطلاعات راستا و جهت به جدول توصیفی مربوطه اضافه شد. در این‌جا عوارض خطی که دارای یک راستا و در دو جهت مخالف یکدیگر بودند (مسیرهای دوطرفه) برای هر جهت یک‌بار ماتریس دوتایی مورد محاسبه قرار گرفت. با این حال، تعداد اتصالات مستقیم، تنها عامل برای میزان دسترسی یک یال نبود. ممکن بود یک یال تعداد اتصال مستقیم کمی داشته باشد، اما موقعیت توپولوژیکی آن در شبکه طوری باشد که از دسترسی بالایی برخوردار باشد. برای پیدا کردن موقعیت نسبی یک یال در شبکه باید می‌فهمیدیم که این یال با چند اتصال به دورترین نقطه شبکه خواهد رسید (جدول ٤).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

جدول ٤- وضعیت اتصالات خطوط ارتباطی موجود و پیشنهادی طرح تفصیلی به ترتیب اولویت در تعداد اتصالات (ستون‌های ۲ و ۳ و ٤ مربوط به وضعیت موجود و ستون‌های ۵ و ٦ و ۷ مربوط به طرح تفصیلی برای همان اتصالات می‌باشند)

نام خیابان	تعداد اتصالات مستقیم	تعداد مراحل رسیدن تا دورترین نقطه	جمع اتصالات مستقیم و غیرمستقیم	تعداد اتصالات مستقیم	تعداد مراحل رسیدن تا دورترین نقطه	جمع اتصالات مستقیم و غیرمستقیم
اسلام	۱	٦	۲۱۹	۲	۷	۱۲۰۲
اسماعیل‌زاده	۱	۸	۲۱۰	۱	۷	۱۲۱٤
شهید سعادتی	۱	٦	۲۲۱	٦	۷	۱۱۲۷
آیت‌الله خامنه‌ای	۱	۷	۱۹۵	۱۵	۵	۸۷۹
شهید مقداد وعظی	۱	۷	۲۷٦	۳	۸	۱۳۱۳
شهید اسماعیل گنجی	۲	۷	۱۹۵	٦	٦	۱۰۵۲
میرزا کوچک خان	۲	۵	۱۷٤	٦	٦	۹۵٤
کشتارگاه	۲	٦	۱۸۱	۷	٦	۱۰۳۷
بیشه‌سر	۲	٦	۲۲۷	٦	٦	۱۰۸۳
ضرابپوری	۲	٦	۱۸٤	٤	٦	۱۰٤۷
شهاب نیا	۲	٦	۱۸٤	۷	٦	۱۰۳۳
شهید صالحی	۲	۷	۱۹۲	٦	٦	۱۰۱۰
رسولی	۳	٦	۱۷٤	۵	٦	۱۰۳۷
شهید بهشتی	۳	۵	۱٦۵	۸	٦	۸٦٤
فلسطین	۳	٦	۱۷۸	۸	٦	۹۸۲
امیرکبیر	۳	٦	۱۸٤	۸	٦	۹٤۲
تختی	۳	٦	۱۷٤	۵	٦	۱۰۳۵
شهید مصطفی خمینی	۳	٦	۱۷۳	۹	٦	۱۰۰۳
فرهنگ	۳	۷	۱۷٦	۳	٦	۱۰۸٤
غسالخانه	٤	٦	۲۲۰	٦	۷	۱۲۲۱
نواب صفوی	٤	۵	۱۵۵	۷	۷	۹۷۷
نوشیروانی	٤	۷	۱۸۹	۱۳	۵	۹۱۹
دکتر شریعتی	٤	۵	۱۷۰	۱۲	٦	۹٦۸
اسدآبادی	٤	٦	۱٦۹	۱۱	٦	۹۱۸
شهید بسطامی	٤	٦	۱۷۰	٦	٦	۱۰۳۳
فلاح	٤	۵	۱۷۲	۵	۷	۱۰٤۱
امام رضا	٤	۵	۱٦۳	۱۳	۵	۸۲۳
شیخ طبرسی	۵	۵	۱٤۳	۱۲	۵	۸۲۷
شهید سرگرد قاسمی	۵	۵	۱٤۸	۱۱	٦	۸۵۷
سعید العلما	٦	٦	۱۵٦	٦	٦	۱۰۰۸
آیت‌الله سعیدی	٦	٦	۱٦۰	۵	٦	۱۰۲۸
آیت‌الله طالقانی	۷	٦	۱۳۹	۱۵	۵	۷۹۱
ولی‌عصر	۱۰	٤	۱۳۰	۲۸	٦	۷۷۹
	۱٦	٦	۱٤۲	۲۸	۵	۸۸٤

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

برای این کار از تابع الحاقی Connectivity Matrix استفاده شد تا بتوانیم ماتریس اتصال شبکه را ایجاد نماییم. این ماتریس، یک ماتریس دوتایی و متقارن است که در فرمت dbf می‌باشد. چنان‌چه قسمتی از یک عارضه، عارضه دیگر را لمس کند، فاصله آن‌ها صفر محسوب می‌شود. با استفاده از این خاصیت، ماتریس اتصال نشان‌دهنده فاصله بین چندخطی‌ها خواهد بود. بدین معنا که هرکجا ماتریس اتصال صفر بود، یعنی چندخطی‌ها متصل هستند و هرکجا یک بود، یعنی همدیگر را قطع نکرده‌اند. توجه داشته باشید، چنان‌چه دو خط همدیگر را قطع کنند یک گره به‌وجود می‌آید، یعنی این دو خط شکسته شده و چهار پاره‌خط ایجاد می‌کنند. از طرفی می‌دانیم که دو خط ممکن است از کنار همدیگر عبور کرده بدون آن‌که تقاطعی را به‌وجود آورند. برای مثال عبور یک روگذر (پل شهید کشوری) از روی خیابان پاسداران که در نقشه به‌صورت متقاطع نشان داده می‌شود، درحالی‌که از نظر توپولوژیکی آن‌ها هیچ‌گونه تقاطعی نداشته و گره در محل تقاطع ایجاد نمی‌کنند.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که در (جدول ۳) آمده است میزان شاخص گاما برای دو وضعیت موجود و پیشنهادی به ترتیب برابر با ۲۱ و ۱۹ درصد است. دامنه تغییرات این شاخص مابین ۰ تا ۱۰۰ می‌باشد. هرچه این مقدار به عدد ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده کامل‌تر شدن همبندی شبکه در فرآیند حمل‌ونقل شهری است. بنابراین می‌توان چنین برداشت کرد که میزان همبندی در شبکه حمل‌ونقل شهر بابل نه تنها از میزان بسیار پایینی برخوردار است بلکه با توجه به طرح تفصیلی مصوب از میزان پایین‌تری نیز برخوردار خواهد شد. از طرفی شاخص آلفا به فرآیند دور (کمربندی) می‌پردازد و بیانگر این موضوع است که تا چه اندازه شبکه حمل‌ونقل در یک شهر دارای گزینه‌های متفاوتی برای رسیدن از یک مبدأ معین به یک مقصد معین می‌باشد. این شاخص نیز دارای دامنه تغییرات بین ۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. در ساختار شبکه حمل‌ونقل شهری بابل، شاخص آلفا از میزان بسیار پایینی برخوردار است. همان‌طور که در (جدول ۳) آمده است این مقدار در دو وضعیت موجود و پیشنهادی به ترتیب برابر با ۱۸ و ۲۱ درصد می‌باشد. هرچند در وضعیت پیشنهادی رقم این شاخص رشد داشته است ولی این میزان نیز بازهم زیر ۵۰ درصد است و نشان‌دهنده این واقعیت است که با احداث حتی چنین سازوکارهایی در شهر، بازهم تغییر قابل توجهی در وضعیت ترافیکی شهر بابل مشاهده نخواهیم کرد. بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که سامانه حمل‌ونقل درون شهری بابل در آینده‌ای نزدیک بهبود چشمگیری نداشته و نیاز به مطالعات جدی و عمیق‌تر در این زمینه می‌باشد. دو شاخصی که در قسمت بالا مورد بحث قرار گرفت کل شبکه را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. پارامترهای دیگر شبکه نظیر رئوس و یال‌ها، ویژگی‌ها و ارتباطات مختص به خود را نسبت به شبکه دارا هستند. به‌طور کلی هدف از این پارامترها ارزیابی میزان دسترسی هر جزء از شبکه به کل شبکه است. معمولاً گره‌ها و رئوس یک شبکه اساس تحلیل شبکه را تشکیل می‌دهند، اما در عمل این یال‌ها هستند که ارتباط اجزاء شبکه را با یکدیگر میسر می‌سازند. به همین

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

دلیل تمرکز ما در این بخش بر روی میزان دسترسی هر یال به دیگر یال‌هاست. برای این منظور آن دسته از خیابان‌های شاخص شهر بابل را در نظر گرفته و میزان کارآیی آن‌ها را در ۲ وضعیت موجود و پیشنهادی مورد مقایسه قرار می‌دهیم. ساده‌ترین تحلیل جستجوی تعداد یال‌هایی است که به یک یال وصل می‌شوند. همان‌طور که در (جدول ٤) آمده است، خیابان‌های کشاورز، ولی‌عصر و آیت‌الله طالقانی به‌ترتیب با ١٦، ١٠ و ٧ اتصال مستقیم دارای بیش‌ترین اتصالات می‌باشند. خیابان‌های اسلام، اسماعیل‌زاده، شهید سعادتی، آیت‌الله خامنه‌ای و شهید مقداد وعظی با دارا بودن تنها یک اتصال دارای کم‌ترین اتصال ارتباطی می‌باشند. با این حال تعداد اتصالات مستقیم برای پی بردن به میزان دسترسی یک یال کافی نیست. ممکن است یک یال تعداد اتصالات مستقیم کمی داشته باشد اما موقعیت توپولوژیکی آن در شبکه طوری باشد که از دسترسی بالایی برخوردار باشد. برای یافتن موقعیت نسبی یک یال در شبکه باید بدانیم که این یال با چند اتصال به دورترین نقطه شبکه می‌رسد (سان و سَندی لَندز، ١٩٩٥: ٨٦). همان‌طور که در (جدول ٤) آمده است، خیابان اسماعیل‌زاده با ٨ مرحله و خیابان‌های آیت‌الله خامنه‌ای، شهید مقداد وعظی، شهید اسماعیل گنجی، شهید صالحی، فرهنگ و نوشیروانی با ٧ مرحله می‌توانند به دورترین نقطه در شبکه دسترسی پیدا کنند. در واقع اگر یک واحد به بزرگ‌ترین شماره در بین اتصالات و یا مراحل دیگر اضافه کنیم، عدد حاصل تعداد یال‌هایی است که دورترین نقاط یک شبکه را به هم وصل می‌کند. هرچه عدد قطر شبکه برای یک یال بیشتر باشد، کارآیی و دسترسی برای آن یال کمتر می‌شود. بنابراین خیابان‌های مذکور دارای نامناسب‌ترین وضعیت به لحاظ دسترسی، در وضعیت موجود شبکه حمل‌ونقل شهری بابل می‌باشند. مجدداً با نگاه به (جدول ٤) مشاهده می‌کنیم که قطر شبکه برای خیابان‌های مذکور به استثنای خیابان شهید مقداد وعظی بهبود می‌یابد. به نحوی که قطر شبکه برای خیابان‌های آیت‌الله خامنه‌ای و نوشیروانی با ۲ رتبه کاهش به عدد ۵ رسیده و نشان‌دهنده دسترسی بهتر برای این خیابان‌ها در وضعیت پیشنهادی طرح تفصیلی می‌باشد. از طرفی خیابان آیت‌الله خامنه‌ای به لحاظ این‌که رابط شهر آمل با شهر بابل می‌باشد از موقعیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین بهبود در وضعیت ارتباطی این خیابان می‌تواند اهمیت فوق‌العاده‌ای را در کاهش ترافیک برون‌شهری نیز ایفا نماید. خیابان ولی‌عصر که در حال حاضر نقش کمربندی شرقی این شهر را به عهده گرفته است با عدد قطر شبکه ٤ مطلوب‌ترین خیابان به لحاظ دسترسی است که با ایجاد شبکه ارتباطی پیشنهادی طرح تفصیلی، این جایگاه را از دست داده و به عدد قطر شبکه ٦ خواهد رسید. بنابراین حجم ترافیکی سنگین‌تری برای این خیابان در آینده پیش‌بینی می‌شود. همچنین خیابان‌های شهید سرگرد قاسمی، شیخ طبرسی، امام رضا (ع)، فلاح، دکتر شریعتی، نواب صفوی، شهید بهشتی و میرزا کوچک خان همگی با یک عدد قطر شبکه بالاتر کارآیی کم‌تری را در آینده نسبت به وضعیت موجود خواهند داشت.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

منابع

- شاهی، ج (۱۳٦۸)، «***مهندسی ترافیک***»، تهران، مرکز نشر دانشگاهی تهران.

- صفارزاده، محمود؛ میربها، بابک (۱۳۸٦)، «الگوی فرآیندی معماری منطقه‌ای سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل (موردکاوی: محور کرج-چالوس)»، ***پژوهشنامه حمل‌ونقل***، شماره ۱، صص ٤۰-۲۵.

- صفارزاده، محمود؛ اسداله‌مرج، مرتضی (۱۳۸۵)، «اثرسنجی پارامترهای ترافیکی و جاده‌ای بر ارزیابی حوادث ریزشی محورهای کوهستانی (موردکاوی: محور کرج-چالوس)»، ***پژوهشنامه حمل‌ونقل***، شماره ٤، صص ۲۸۷-۲۷۷.

- عربانی، مهیار؛ ربیعی، شهره؛ امانی، بابک (۱۳۸۵)، «پیش‌بینی تولید سفرهای شهری با استفاده از منطق فازی بر مبنای مطالعه موردی رشت»، ***پژوهشنامه حمل‌ونقل***، شماره ٤، صص ۳۰۳-۲۸۹.

- ممدوحی، امیررضا؛ ماهپور، علی‌رضا؛ دین‌دار، محمد (۱۳۹۰)، «تعیین تعداد بهینه اتصال بر اساس معیار نزدیکی نقاط تخصیص به مشاهدات حجم در کمان، مطالعه موردی شهر مشهد»، ***فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل***، شماره ٤، صص ۹۸-۸۷.

- ممدوحی، امیررضا؛ کامیاب، صالحه (۱۳۹۱)، «یک روش پیشنهادی برای انتخاب گره اتصال برای بهبود نتایج تخصیص ترافیک، مطالعه موردی شهر مشهد»، ***فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل***، شماره ۳، صص ۲۷۰-۲۵۹.

- Chou, Y. H., (1999), "Exploring spatial analysis in geographic information systems", Onwards Press: Santa Fe (NM) 474 p.

- Easa, S., Chan, Y., (2000), "Urban planning and development applications of GIS", ***ASCE***, American Society of Civil Engineers.

- Han, J. S., (1996), "***Transportation Geography***", Bupmun-Sa, Seoul, 438 pp (in Korean).

- Knox, P, L., Marreston, S. A., (2015), "Places and regions in global context, human geography, (7 editions), London Prentice Hall, 504 p.

- Lee, K., (2002), "Extraction of some transportation reference planning indices using high-resolution satellite imagery", ***Korean Journal of Remote Sensing***, 18 (5): 263-271.

- Lee, K., Oh, S. K., (2003), "Application of quantitative indices for urban environment analysis in the consideration of remote sensed imagery: Accessibility and connectivity", ACRS-ISRS 2003 Proceedings (Asian Conference on Remote Sensing & International Symposium on Remote sensing), Busan Exhibition and Convention Center (BEXCO) Busan, Korea, pp 362.

- Lee, K., Chi. H. (2004), "Uses of high- resolution imagery for urban transportation applications: quantitative indices extraction approaches", Volume XXXV PartB7, XXth ISPRS Congress Technical Commission VII, July 12-23, Istanbul, Turkey.

- Lee, J., Won, D. W. S., (2001), "Statistical analysis with ArcView GIS", London John Wiley and Sons. 274 pp.

- Lo, C. P., Young, A. K. W., (2002), "Concepts and techniques of geographic information Sciences", University of Georgia, Georgia.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

- Ma, M. L., Pun-Cheng, L. S. C., (2000), "The study of accessibility indices in transportation planning by using geography information systems", Urisa Orlando, Fl Aug 20.
- Marzolf, F., Trepanier, M., Langevin, A., (2006), "Road network monitoring: Algorithms and a case study", ***Computers and Operations Research***, 33: 3494-3507.
- Miller, H. J., Shaw, S. L., (2001), "***Geographic information systems for transportation principles and application***", Oxford, Oxford University Press, 201 pp.
- Ormsby, T., Alvi, d. J., (1999), "Extending ArcView GIS: with network analyst", ***Spatial Analyst and 3D Analyst***, (Redlands: ESRI press), 527 pp.
- Qian, Z., Zhang, H. M., (2012), "On centroid connectors in static traffic assignment: their effects on flow patterns and how to optimize their selection", Transportation Research, Part, B, 46: 1489-1503.
- Safirova, E., Gillingham, K., Houde, S., (2007), "Measuring marginal congestion costs of urban transportation: Do networks matter?" Transportation Research", part A 41(2007)", 734-749 pp.
- Swan, A. R. H., Sandi, M., (1995), "Introduction to geological data analysis", Oxford: Blackwell Science, 446 pp.
- Taaffee, E. J., Gautheir, H. L., O'kelly, M. E., (1996), "***Geography of transportation***", (2nd edition), Upper Saddle River, NJ: Prentice- Hall.
- Yamada, I., Thill, J. C., (2004), Comparison of planar and network K-function in traffic accident analysis. ***Journal of Transport Geography***, 12:149-158.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]