

عنوان مقاله: نقش خطوط ریلی دایره‌ای شکل در حمل و نقل پایدار شهری

مقدمه

شبکه مترو در کلان‌شهرها عموماً در قالب خطوط شعاعی گسترش می‌یابد که هسته مرکزی شهر را به نواحی پیرامونی متصل می‌کند. با این حال، در تعدادی از شهرهای پیشروی جهان، خطوط دایره‌ای شکل به عنوان مؤلفه‌ای کلیدی در سیستم حمل‌ونقل طراحی شده‌اند که در یک یا چند لایه، به دور مرکز شهر می‌چرخند. خاستگاه برخی از این خطوط به ابتدای قرن بیستم بازمی‌گردد که با هدف اتصال ایستگاه‌های راه‌آهن حاشیه‌ای در شهرهای بزرگ احداث شده‌اند. خطوط دایره‌ای شکل با اتصال کانون‌های ثانویه فعالیت، کارایی شبکه حمل و نقل را بطور چشمگیری افزایش می‌دهند. این خطوط نه تنها امکان جابه‌جایی مستقیم بین نقاط پیرامونی را فراهم می‌سازند، بلکه از حجم ترافیک خطوط شعاعی منتهی به مرکز نیز می‌کاهند.

خطوط دایره‌ای در یک شبکه حمل و نقل یکپارچه، در تلاقی با خطوط شعاعی که از مرکز شهر به حاشیه می‌روند، به مسافران این امکان را می‌دهند تا بدون ورود به مرکز شهر از یک بخش به بخش‌های دیگر جابه‌جا شوند. بدین ترتیب نقش مهمی در افزایش دسترسی، کاهش ترافیک سطح شهر و تسهیل رفت و آمد دارند و در کنار خطوط شعاعی، پایه‌ای برای شبکه حمل‌ونقل مترو کامل و کارآمد تشکیل می‌دهند.

بر مبنای اطلاعات آماری موجود؛ در حال حاضر حدود ۴۱ خط مترو دایره‌ای شکل در ۳۲ شهر جهان فعال هستند. میانگین محیط این حلقه‌ها حدود ۲۰ کیلومتر است که دامنه آن از ۳ کیلومتر (میامی، شیکاگو) تا ۵۷.۵ کیلومتر (مسکو) در نوسان است.^۱ این طیف گسترده از اندازه‌ها، نشان می‌دهد این الگو قابلیت اجرا در بسترهای مختلف شهری را دارا می‌باشد.

بطور کلی ساختار دایره‌ای می‌تواند گزینه‌ای مؤثر برای افزایش بهره‌وری و قابلیت استفاده از شبکه‌های متروی موجود باشد. با این حال، این نوع خطوط در شهرهای آمریکای شمالی نسبت به اروپا و آسیا رواج کمتری دارند. دلیل این تفاوت را می‌توان در ساختار فضایی شهرها دانست؛ شهرهای آمریکای شمالی اغلب دارای یک منطقه تجاری مرکزی متمرکز هستند که توسط نواحی مسکونی پراکنده در اطراف احاطه شده‌اند و همین امر موجب شکل‌گیری خطوط مترو شعاعی شده است که مستقیماً به مرکز شهر ختم می‌شوند. در مقابل، شهرهای اروپایی و آسیایی معمولاً از چندین مرکز فعالیت شهری برخوردارند و کاربری‌های مختلف مانند مسکونی، تجاری و اداری به‌صورت ترکیبی در

¹ <https://mic-ro.com/metro/metroring.html>

سطح شهر توزیع شده‌اند، این ساختار فضایی زمینه‌ساز توسعه خطوط دایره‌ای برای اتصال مؤثر میان مراکز مختلف شهری شده است.

خطوط دایره‌ای شکل در قالب‌های مختلفی از جمله دایره کامل یا نیم دایره‌های هم‌پیوند وجود دارند، جدول زیر انواع اصلی خطوط دایره‌ای مترو، به انضمام نمونه‌های جهانی آن را نشان می‌دهد. در ادامه نیز به تشریح برخی از برجسته‌ترین نمونه‌های جهانی پرداخته شده است.

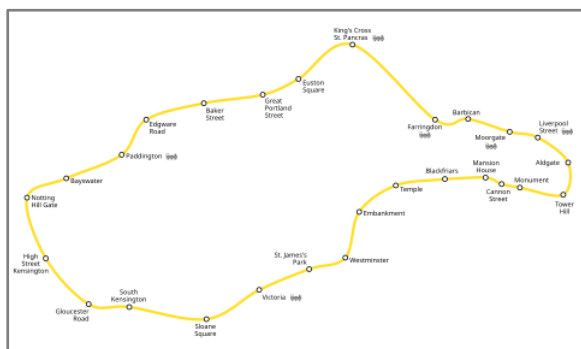
جدول ۱- انواعی از خطوط حلقوی مترو^۱

نوع خط	تصویر	توضیحات
دایره منفرد Isolated circle		یک خط واحد به طور بی‌پایان یک رینگ را دور می‌زند. نمونه جهانی: مسکو، پکن، گلاسکو و مادرید.
دایره مشترک Shared circle		چندین خط که یکی از آنها به طور کامل رینگ را دور می‌زند در حالی که دیگران فقط از بخش‌هایی از رینگ استفاده می‌کنند. نمونه جهانی: برلین، لندن، میامی و شانگهای.
دایره تابه‌ای شکل Pan-shaped loop		خطی که از خارج به یک رینگ اتصال یافته و پس از طی آن، از همان مسیری که از آن آمده است، امتداد می‌یابد. نمونه جهانی: شیکاگو، توکیو، ونکوور، بانکوک و ملبورن.
دایره تقسیم شده عملیاتی Operationally split circle		چند خط که هیچ‌کدام از آنها در کل رینگ دور نمی‌زند، اما در پیوند با هم یک رینگ را می‌سازند. نمونه جهانی: وین، کپنهاگ.

• لندن - انگلستان

متروی لندن قدیمی‌ترین شبکه ترابری زیرزمینی و Circle Line یکی از قدیمی‌ترین خطوط متروی دایره‌ای در جهان است که از Hammersmith در غرب تا Edgware Road امتداد دارد و با حدود ۲۷ کیلومتر طول و ۳۶ ایستگاه، حلقه مرکزی در قلب لندن را تشکیل داده است. این خط، کم‌عمق و زیرسطحی است و بالغ بر ۷۳ میلیون سفر در سال را پوشش می‌دهد.

¹ Metro Rings and Loops - metrobits.org



تصویر ۱- Circle Line قبل از توسعه به Hammersmith - ۲۰۰۹

اولین بخش این خط در اواخر قرن نوزدهم (۱۸۶۳) شکل گرفت اما مسیر کنونی طی سال‌های ۱۸۸۴-۱۸۸۵ به شکل حلقه کامل درآمد. هدف از آن نیز اتصال خطوط شعاعی مترو بدون نیاز به عبور از مرکز شهر بود. این خط در سال ۱۹۰۵ برقی شد و در سال ۱۹۴۹، برای اولین بار به عنوان یک خط جداگانه در نقشه مترو ظاهر شد.

در سال ۲۰۰۹، حلقه بسته اطراف مرکز لندن در ضلع شمالی رودخانه تایمز شکسته شد و به سمت غرب (Hammersmith) گسترش یافت. در حال حاضر این خط تقریباً در تمام مسیر خود با دیگر خطوط زیرسطحی (مترو) دارای مسیر مشترک است. از جمله مهمترین ایستگاه‌های این خط نیز میتوان به Paddington، Liverpool Street و King's Cross St Pancras اشاره نمود.

از دسامبر ۲۰۱۲، شش قطار در ساعت در طول این خط تردد می‌کند، زمان سفر از Edgware Road به دور حلقه و ادامه آن به Hammersmith نیز حدود ۷۲ دقیقه طول می‌کشد. این خط فشار بر ایستگاه‌های مرکزی را کاهش داده و موقعیت‌های تبدیلی بهتری برای دسترسی سریع به مناطق مختلف مرکز فراهم ساخته است.



تصویر ۲- جایگاه خط Circle Line در شهر لندن

• مسکو-روسیه

متروی مسکو هشتمین متروی طولانی جهان و طولانی‌ترین مترو در اروپا است علاوه بر این متروی روسیه شلوغ‌ترین سیستم مترو در اروپا و شلوغ‌ترین مترو در جهان خارج از آسیا است که به لطف طراحی داخلی مجلل خود، یک جاذبه گردشگری نیز محسوب می‌شود. در حال حاضر شبکه مترو مسکو دارای خطوط دایره‌ای مرکزی (Koltsevaya_Line)، Bolshaya Koltsevaya (Big Circle) و Central Circle می‌باشد.

Koltsevaya Line

خط دایره‌ای متروی مسکو، یکی از برجسته‌ترین و شناخته‌شده‌ترین خطوط مترو در جهان است. ساخت آن در اواخر دهه ۱۹۴۰ آغاز شد و در سال ۱۹۵۴ به بهره‌برداری رسید و به عنوان یک مسیر دایره‌ای که به دور مرکز مسکو می‌چرخید، بر الگوهای سفر با مترو بسیار تاثیرگذار شد. انگیزه اصلی ساخت این خط، اتصال ایستگاه‌های اصلی قطار (که به صورت شعاعی در اطراف مرکز شهر قرار دارند) به یکدیگر و ایجاد یک مسیر ارتباطی دایره‌ای شکل بین خطوط شعاعی متروی مسکو بود.

در بررسی تاریخچه این خط مشخص گردید که در ابتدا هیچ برنامه‌ای برای ساخت خط دایره‌ای در متروی مسکو وجود نداشت، در عوض، قرار بود چندین خط شعاعی ساخته شود که از مرکز شهر عبور کرده و ایستگاه‌های تبدیلی در تقاطع‌های آنها قرار می‌گرفتند. با این حال، پس از افتتاح مرحله دوم توسعه مترو^۱ در سال ۱۹۳۸، از بارهای بیش از حد بر ایستگاه تقاطعی مشخص شد که مدیریت همه مسافرانی که در آینده نیز افزایش می‌یافتند، تنها با خطوط شعاعی دشوار خواهد بود. بنابراین، ایجاد خط Koltsevaya برنامه‌ریزی شد. در مورد ترازبندی مسیر نیز مقرر گردید مسیر دایره‌ای به نحوی جانمایی شود تا بیشتر ترمینال‌های راه‌آهن مسکو را به هم متصل کرده و سفرهای مابین آنها را تسهیل نماید.

Koltsevaya در کنار خطوط شعاعی مترو، ساختار کلی شهر را در قالبی دایره‌ای-شعاعی^۲ تعریف می‌کند؛ ساختاری که بعدها در بسیاری از شهرهای دیگر نیز الگو شد. امروزه این خط یکی از شلوغ‌ترین خطوط متروی مسکو است. تصویر بعد نشانگر Koltsevaya line (Circle line) و نحوه ارتباط آن با خطوط شعاعی مترو (۷ خط) است.

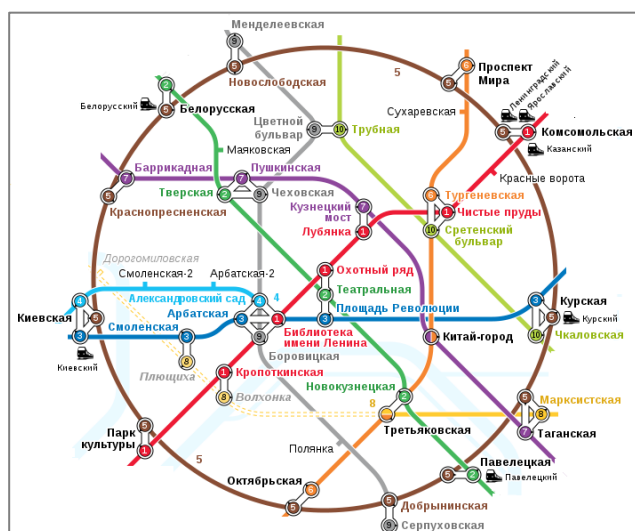
^۱ خطوط Arbatsko-Pokrovskaya و Zamoskvoretskaya در آن زمان افتتاح شده بودند.

^۲ radial-ring



تصویر ۳- جایگاه خط دایره‌ای متروی مسکو و نحوه اتصال آن به دیگر خطوط

ساخت این حلقه امکان تغییرات گسترده در الگوهای جریان سفر را فراهم کرد و بستری برای توسعه سیستماتیک بسیاری از خطوط آینده فراهم نمود. خط Koltsevaya ستون فقرات ساختار فضایی مسکو است و با اتصال تمامی خطوط شعاعی مترو به این حلقه، دسترسی میان منطقه‌ای، بدون نیاز به عبور از مرکز تاریخی شهر (منطقه کرمیلین و اطراف آن) ممکن شد. این امر باعث کاهش فشار ترافیکی بر هسته مرکزی و تقویت الگوی چندمرکزی شهر گردید. بنابراین، با امکان جابه‌جایی افقی در شهر و اتصال غیرمتمرکز، حجم سفرهای روزانه به مرکز تاریخی کاهش یافت.



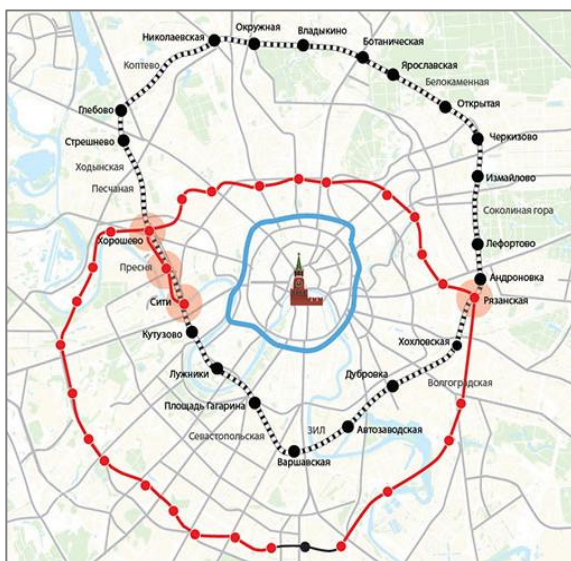
این روند از دهه ۱۹۶۰ به تدریج موجب حفظ هویت تاریخی و عملکرد فرهنگی مرکز شهر شد و از فشار توسعه‌ای بر آن کاسته شد. همچنین این خط با فراهم کردن امکان اتصال مؤثر میان نواحی شرقی، غربی، جنوبی و شمالی شهر، ارتباط میان مناطق حومه‌ای و مرکزی را بهینه کرد. امری که تأثیر مثبت بر توزیع جمعیت، توسعه مسکن و دسترسی به خدمات داشت.

تصویر ۴- ایستگاه‌های خط Koltsevaya مسکو و نحوه اتصال با دیگر خطوط

علاوه بر این خط، دو خط دایره‌ای دیگر نیز برای مترو مسکو در نظر گرفته شده است که با یکدیگر دارای تلاقی هستند.

: Bolshaya Koltsevaya (Big Circle)

این خط با نام‌های line 11 یا BCL (که در تصویر ذیل با خطوط قرمز نشان داده شده است)، یکی از مهم‌ترین و جاه‌طلبانه‌ترین پروژه‌های حمل‌ونقل شهری در تاریخ معاصر روسیه و جهان است، در طول مسیر خود دارای ۲۹ ایستگاه است و ۵۷.۵ کیلومتر طول دارد که آن را به طولانی‌ترین خط دایره‌ای مترو در جهان تبدیل کرده است. با افزایش رشد جمعیت، توسعه مناطق پیرامونی و فشار بر خط دایره‌ای Koltsevaya و MCC، عملیات ساخت BCL از سال ۲۰۱۱ شروع و به‌صورت مرحله‌ای تا مارس ۲۰۲۳ تکمیل شد. امروزه این خط به کاهش زمان سفر بسیاری از شهروندان مسکو کمک می‌کند.



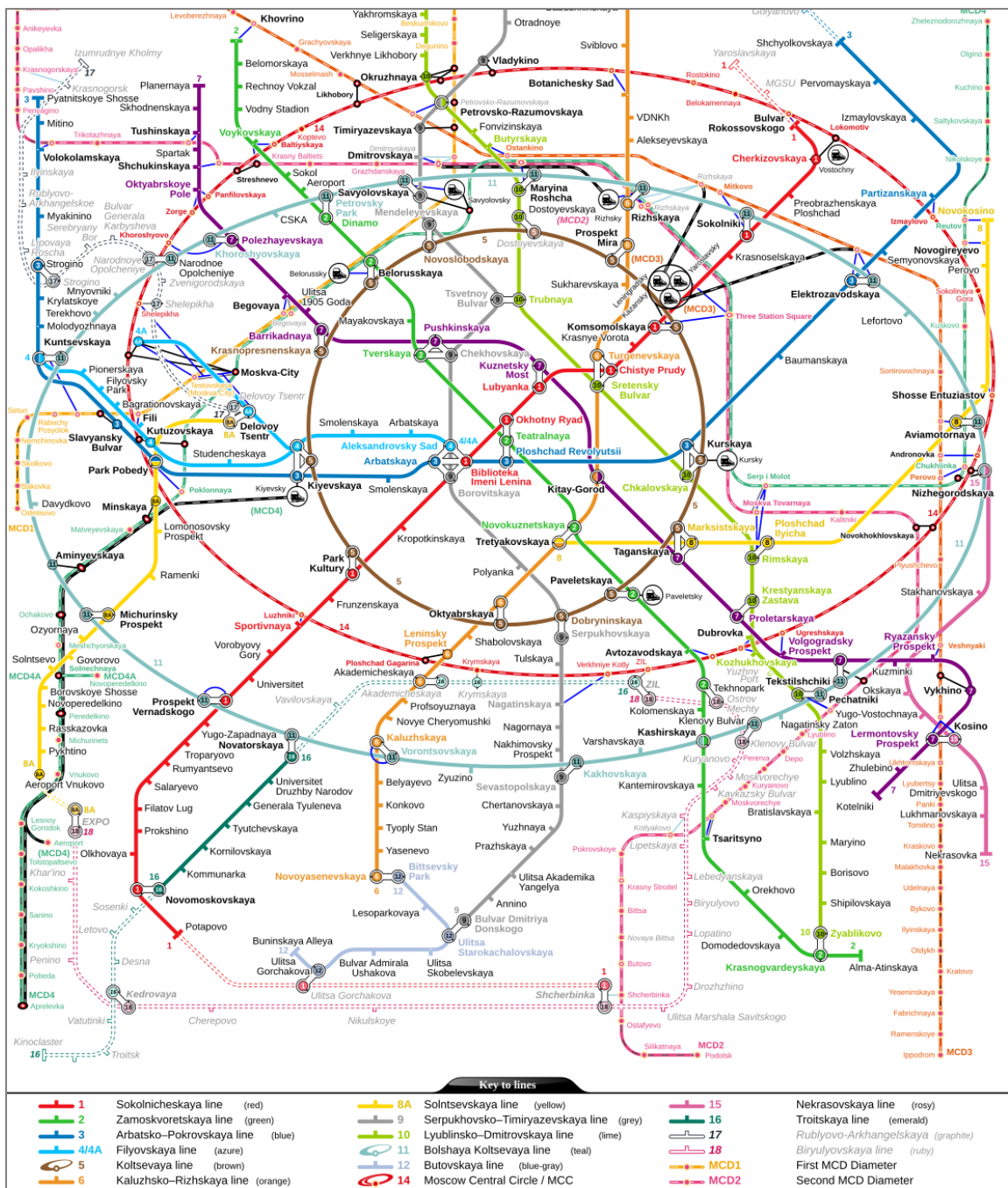
تصویر ۶- جایگاه خطوط MCC و BCL در شهر مسکو



تصویر ۵- جایگاه خط Big Circle در شهر مسکو

: Moscow Central Circle

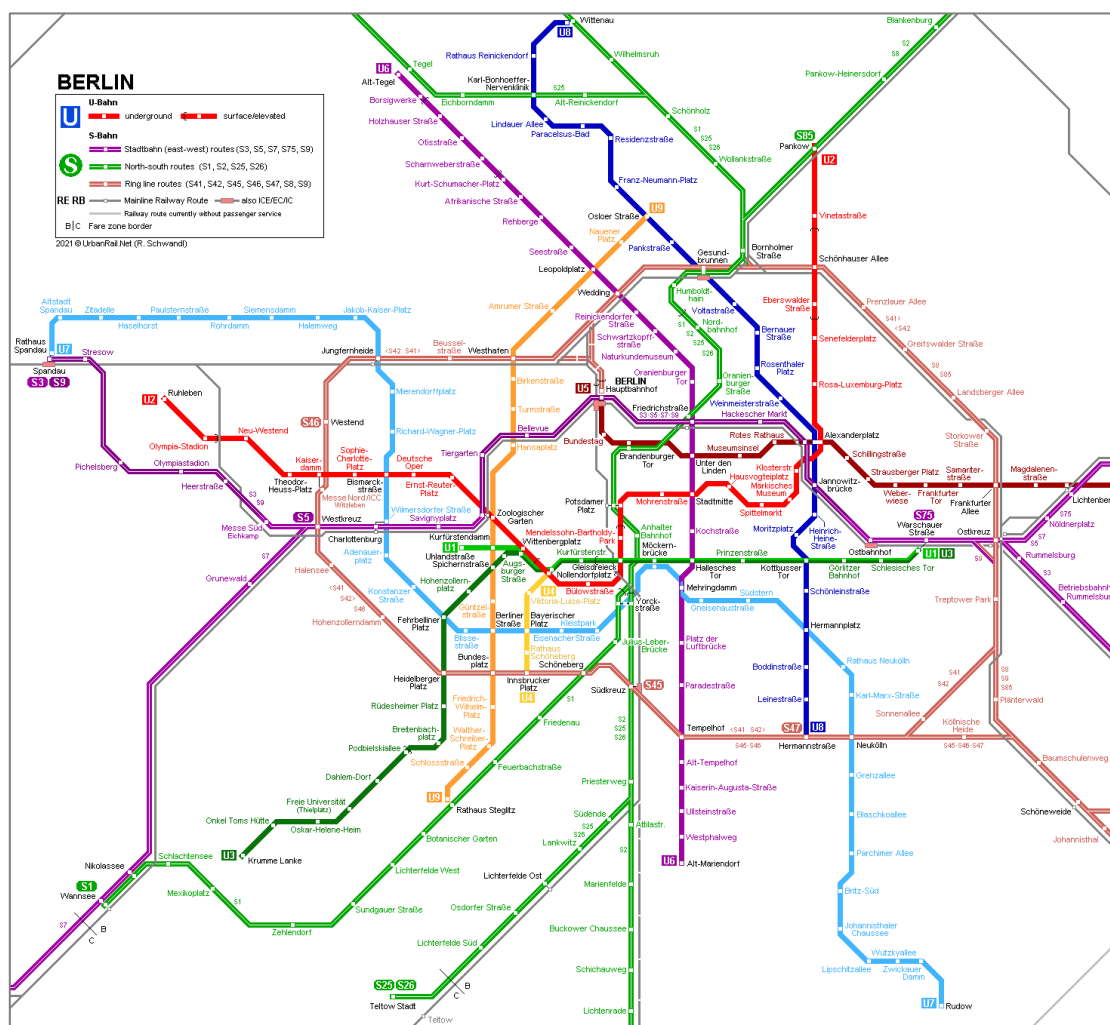
خط دوم (که در تصویر فوق با خطوط چین مشکی نشان داده شده است)، Line 14 یا MCC نام دارد و در واقع یک خط آهن شهری با حدود ۵۴ کیلومتر طول است که عمدتاً بر سطح زمین حرکت می‌کند. این خط شامل ۳۱ ایستگاه است و ۲۷ ایستگاه آن سطحی، یک ایستگاه زیرزمینی و سه ایستگاه در تراز بالاتر از سطح زمین قرار دارد. این خط در واقع یک مسیر راه‌آهن قدیمی دایره‌ای است که در دوره صنعتی شدن روسیه (اوایل قرن ۲۰) ساخته شده بود. در سال ۲۰۱۶، این مسیر به‌طور کامل بازسازی و به شبکه مترو متصل شد تا به‌عنوان خطی مدرن و کارآمد در جابه‌جایی میان‌منطقه‌ای بدون عبور از مرکز شهر عمل کند. کارایی این خط به عنوان رابط بین خطوط شعاعی مختلف در حومه مسکو مشابه عملکرد خط Koltsevaya در محدوده مرکزی شهر مسکو است.



تصویر ۷- دیاگرام متروی مسکو و Central Circle (line 14)

• برلین - آلمان

آلمان دارای یکی از متراکم‌ترین شبکه‌های ریلی جهان است و شهر برلین یکی از قدیمی‌ترین (با قدمت ۱۲۳ سال) و گسترده‌ترین شبکه‌های مترو (حدود ۱۵۵ کیلومتر با ۱۷۵ ایستگاه در ۹ خط فعال) را در اروپا دارد. قطار شهری سریع برلین از دو سیستم مجزا تشکیل شده است: U-Bahn با ۹ خط و S-Bahn با ۱۶ خط.



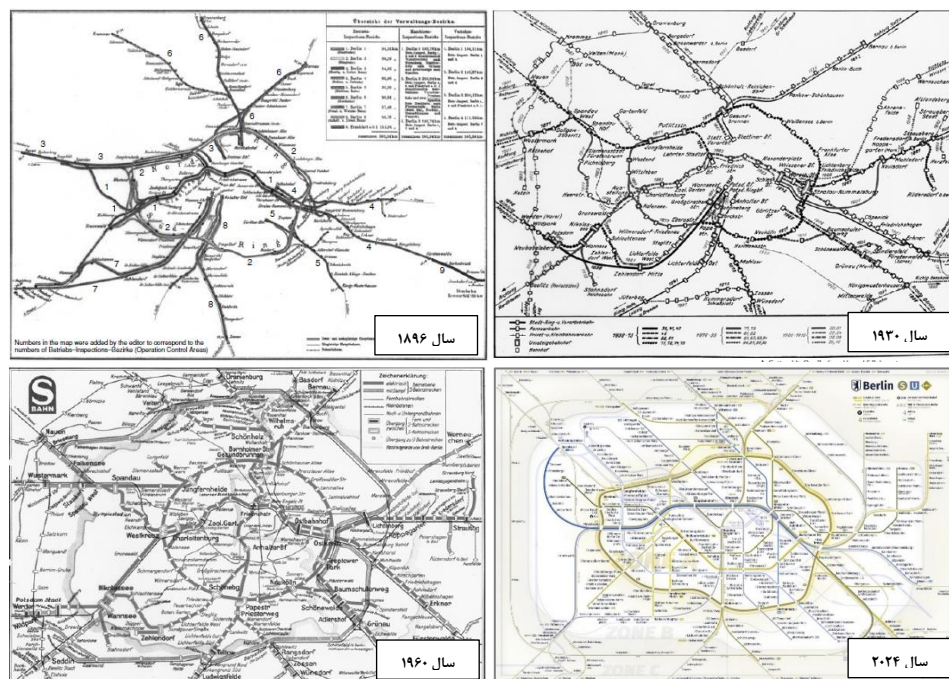
تصویر ۸- شبکه قطار شهری برلین

علاوه بر سیستم قطار شهری سریع مرکزی (U-Bahn)، برلین دارای قطار سریع حومه‌ای S-Bahn است که بر اساس مفهوم حلقه کامل در Ring-Bahn فعالیت می‌کنند. Ring-Bahn یک خط آهن به طول ۳۷ کیلومتر است که یک حلقه بسته را به دور مرکز شهر برلین تشکیل می‌دهد و با قطار شهری (Stadtbahn) که در داخل حلقه به صورت شرقی-غربی فعالیت می‌کند و چندین خط مترو که به صورت شعاعی به سمت مرکز شهر امتداد دارند، متصل است و یکی از پرتراکم‌ترین بخش‌های شبکه ریلی برلین به شمار می‌رود.

خط ریلی دایره‌ای Ringbahn در برلین یکی از نمونه‌های کلاسیک و مؤثر در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری است. این خط، مانند یک رینگ کامل، در اطراف بخش مرکزی برلین می‌چرخد و با اتصال خطوط شعاعی، امکان جابه‌جایی بین مناطق مختلف شهر را بدون عبور از مرکز تاریخی فراهم می‌کند. این ویژگی باعث شده است که این خط نه تنها به عنوان یک ابزار حمل‌ونقل، بلکه به عنوان ابزاری برای شکل‌دهی ساختار فضایی شهر عمل کند.

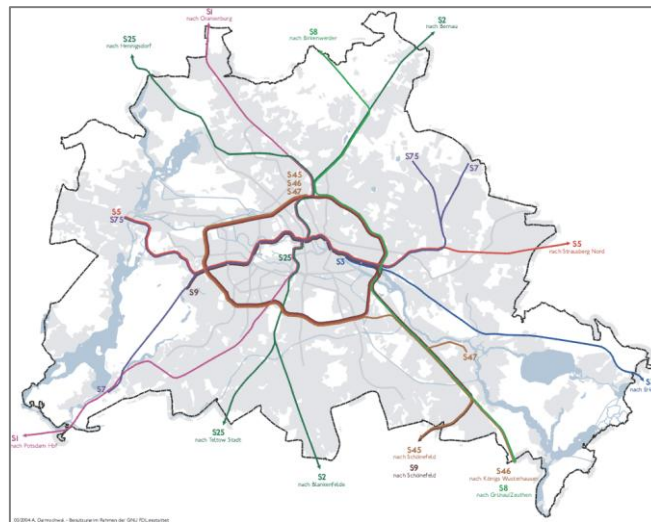
تاریخچه شکل‌گیری خط ریلی دایره‌ای برلین، به اواخر قرن نوزدهم بازمی‌گردد. ساخت این خط در سال ۱۸۷۱ آغاز شد و تا سال ۱۸۷۷ حلقه آن تکمیل شد. هدف اولیه از احداث این مسیر، اتصال خطوط ریلی حومه‌ای و صنعتی اطراف برلین بدون عبور از مرکز شهر بود. با توسعه سیستم حمل‌ونقل شهری و شکل‌گیری شبکه S-Bahn در دهه‌های بعد، این خط به عنوان یک حلقه ارتباطی اصلی برای جابجایی بین مناطق شعاعی شهر، نقش حیاتی یافت. پس از ملی‌سازی حمل‌ونقل ریلی در اوایل قرن بیستم، اهمیت این خط بیشتر شد و به ستون فقرات حمل‌ونقل شهری برلین تبدیل گردید. با این حال، عملکرد Ringbahn در جریان جنگ جهانی دوم و به‌ویژه در دوران تقسیم برلین (۱۹۶۱ تا ۱۹۸۹) به شدت مختل شد.

جدایی موقت خط دایره‌ای S-Bahn در دوران جنگ سرد ناشی از تقسیم شهر بود؛ ایستگاه‌هایی که در بخش شرقی قرار داشتند به «ایستگاه‌های ارواح» معروف شدند، زیرا قطارها بدون توقف از آن‌ها عبور می‌کردند و دسترسی عمومی به آن‌ها مسدود شده بود. در دوره پس از اتحاد دوباره آلمان، بازسازی گسترده این خط آغاز شد و سرانجام در سال ۲۰۰۲ حلقه کامل مجدداً فعال شد. امروزه، این خط با دو سرویس اصلی S41 (در جهت ساعت‌گرد) و S42 (در جهت پادساعت‌گرد) به طور مداوم فعالیت می‌کند و نقشی کلیدی در اتصال شبکه حمل‌ونقل عمومی برلین ایفا می‌نماید.



تصویر ۹- تاریخچه شکل‌گیری خطوط قطار شهری سریع برلین

Ringbahn نقشی کلیدی در کاهش تمرکز عملکردهای شهری از ناحیه مرکزی برلین ایفا کرده است. این خط با ایجاد امکان دسترسی مستقیم و سریع میان مناطق پیرامونی، وابستگی به مسیرهای عبوری از مرکز را کاهش داده و در نتیجه، فشار ترافیکی و آلودگی در قلب شهر را تعدیل نموده است. ایستگاه‌های اصلی این خط مانند Schönhauser Allee، Westkreuz و Ostkreuz در دهه‌های اخیر به کانون‌هایی برای توسعه شهری، احیای بافت‌های مسکونی، و رشد فعالیت‌های تجاری و فرهنگی بدل شده‌اند.



تصویر ۱۰- نحوه اتصال خط Ringbahn با دیگر خطوط شعاعی شهر برلین

افزون بر این، Ringbahn نقشی مهم در تقویت عدالت فضایی و اجتماعی در برلین دارد. بسیاری از ایستگاه‌های آن در مناطق شرقی و جنوبی واقع شده‌اند؛ مناطقی که ساکنان آن‌ها اغلب شامل اقشار کم‌درآمد یا جوامع مهاجر هستند. دسترسی به حمل‌ونقل سریع در این مناطق فرصت‌های بیشتری را برای اشتغال، تحصیل و خدمات عمومی فراهم کرده و به کاهش نابرابری جغرافیایی در سطح شهر کمک نموده است. در نتیجه Ringbahn نه تنها یک زیرساخت حمل‌ونقل، بلکه به عنوان ابزاری برای ارتقاء پایداری اجتماعی-فضایی در برلین شناخته می‌شود.

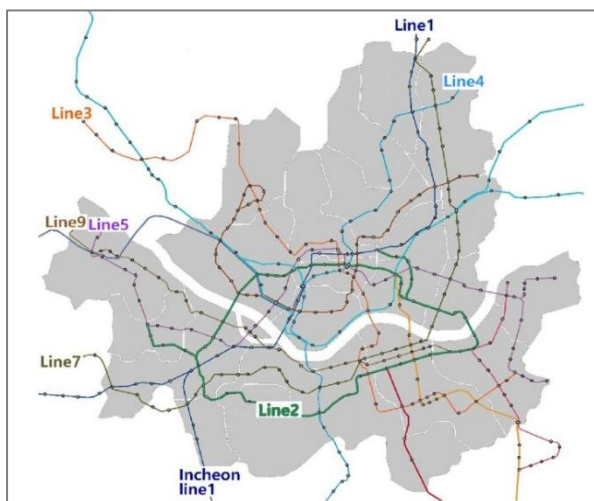
• سئول-کره جنوبی

سئول دارای ۹ خط متروی اصلی و تعدادی خطوط فرعی برون منطقه‌ای است که در طول زمان از شبکه اصلی منشعب و به شبکه متروی سئول اضافه شده است. خط ۲، یک خط دایره‌ای در شبکه مترو سئول است که مرکز شهر را دور می‌زند. این خط، پرکاربردترین خط سئول است و شامل حلقه اصلی (۴۸.۸ کیلومتر)، شاخه سئوگسو (۵.۴ کیلومتر) و شاخه سینجونگ (۶.۰ کیلومتر) با طول کل ۶۰.۲ کیلومتر می‌باشد. این خط، سومین حلقه طولانی مترو در جهان پس از خط Bolshaya Koltsevaya متروی مسکو و خط ۱۰ متروی پکن است و در طول مسیر خود دارای ۵۱ ایستگاه می‌باشد.



تصویر ۱۱- ایستگاه های خط ۲ متروی سئول

خط ۲ متروی سئول در ابتدا با جهت‌گیری شرقی-غربی طراحی شده بود تا فرودگاه بین‌المللی گیمپو را در غرب شهر به مرکز سئول متصل کند، با این حال، در پی تدوین یک برنامه‌ریزی شهری جدید در سال ۱۹۷۵، طرح دستخوش تغییر شد و در راستای تحقق اهداف برنامه‌ریزی فضایی جدید، طراحی این خط به یک مسیر دایره‌ای تغییر یافت. در آن زمان، حدود ۷۲ درصد از جمعیت سئول، در بخش شمالی رودخانه هان و در اطراف مرکز تاریخی شهر ساکن بودند. راهبرد جدید شهری، با هدف مقابله با تمرکز بیش از حد فعالیت‌ها در مرکز و کاهش ازدحام ترافیک، تصمیم به بازآرایی ساختار فضایی سئول گرفت. بر این اساس، شهر به سه هسته‌ی عملکردی مجزا تقسیم شده و خط ۲ با فرم دایره‌ای خود، ابزاری حیاتی برای تحقق این هدف به‌شمار می‌رفت.



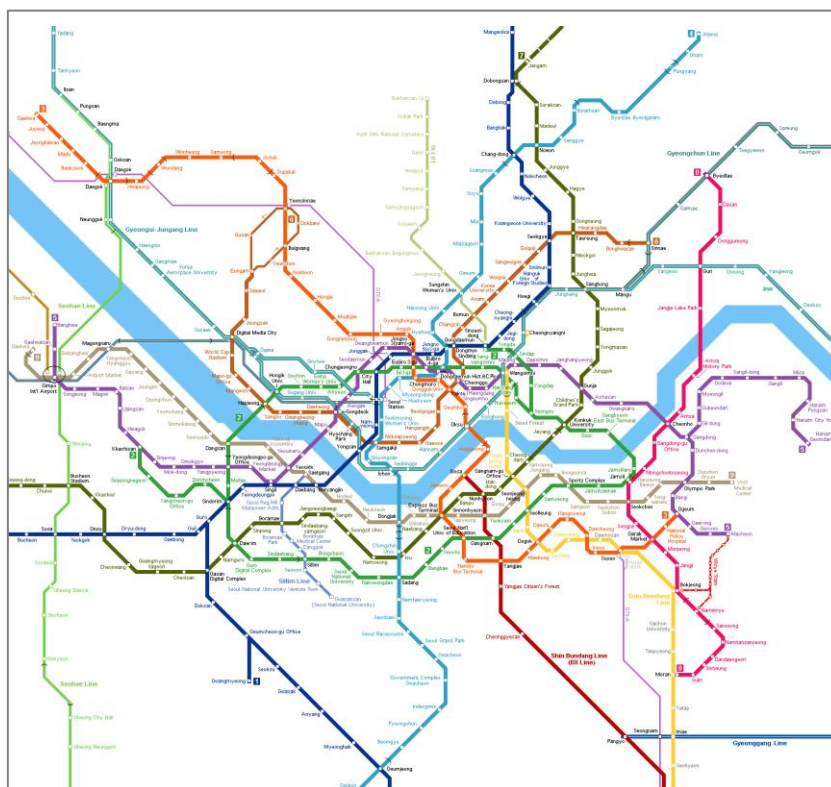
تصویر ۱۲- جایگاه خط ۲ در متروی سئول

در این طراحی، بخش شمالی خط تا حد زیادی از طرح اولیه شرق به غرب پیروی می‌کرد، در حالی که بخش جنوبی به گونه‌ای تنظیم شد که به هسته‌های عملکردی تازه‌تأسیس در جنوب رودخانه هان دسترسی مستقیم فراهم کند. این تغییر نه تنها به ایجاد تعادل فضایی در سطح شهر کمک کرد، بلکه زیرساختی کارآمد برای توسعه مناطق جنوبی فراهم ساخت. امروزه، خط ۲ با جابه‌جایی روزانه بیش از دو میلیون مسافر، به‌عنوان پرکاربردترین و پرترددترین خط متروی کره جنوبی شناخته می‌شود.

ساخت این خط در سال ۱۹۷۸ آغاز و در سال ۱۹۸۴ کامل شد. خط ۲ که به شکل یک حلقه کامل همراه با چند شاخه شعاعی طراحی شده، نه تنها ستون فقرات سیستم متروی سئول به شمار می‌رود، بلکه در شکل‌دهی به ساختار فضایی و اجتماعی شهر نیز نقش کلیدی داشته است. توسعه این خط علاوه بر بهبود کارکرد حمل‌ونقل منجر به بازتعریف الگوی رشد شهری شده و زیست‌پذیری شهری را ارتقا بخشیده است.

از منظر تحولات فضایی، خط ۲ متروی سئول نقشی بنیادین در گذار شهر از یک ساختار متمرکز به الگوی چندمرکزی ایفا نموده است. پیش از احداث این خط، تمرکز فعالیت‌های اقتصادی و خدمات شهری عمدتاً در ناحیه مرکزی تجاری (CBD) سئول متمرکز بود. با آغاز بهره‌برداری از این خط و تحولات کاربری اراضی، مناطق پیرامون ایستگاه‌ها به شکل چشم‌گیری دگرگون شده و با شکل‌گیری فضاهاى جدید شهری، این مناطق به تدریج به قطب‌های مستقل و مکمل در حوزه‌های تجاری، فرهنگی و مسکونی شهر تبدیل شدند. این روند، نه تنها موجب کاهش فشار بر مرکز شهر شد، بلکه با توزیع متوازن‌تر امکانات و خدمات، زمینه‌ساز توسعه فضایی یکپارچه‌تری در سراسر شهر شد. همچنین، خط ۲ سئول به شدت بر ارزش زمین، توسعه املاک و رشد اقتصاد محلی در اطراف ایستگاه‌ها تأثیر گذاشته است. مطالعات نشان داده‌اند که در شعاع ۵۰۰ متری ایستگاه‌های خط ۲، تراکم ساختمان‌ها، حجم فعالیت‌های تجاری و قیمت زمین به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از سایر نقاط شهر است. این افزایش توسعه‌یافتگی در نزدیکی ایستگاه‌ها باعث پویایی اقتصادی و تحریک سرمایه‌گذاری خصوصی در مناطق مختلف شهر شده است.

علاوه بر این از منظر اجتماعی، خط ۲ متروی سئول تأثیری چشمگیر در بهبود عدالت فضایی و افزایش دسترسی شهروندان به خدمات عمومی و فرصت‌های اقتصادی داشته است. این خط با فراهم کردن دسترسی سریع و گسترده به مراکز اشتغال، دانشگاه‌ها، و فضاهاى تفریحی، کیفیت زندگی را برای ساکنان مناطق مختلف شهری به‌ویژه در حاشیه‌های کمتر توسعه‌یافته به‌طور محسوسی ارتقا داده است. به تبع آن، الگوی توزیع خدمات شهری از حالت متمرکز فاصله گرفته و شکاف‌های فضایی-اجتماعی میان مناطق شهری کاهش یافته است.



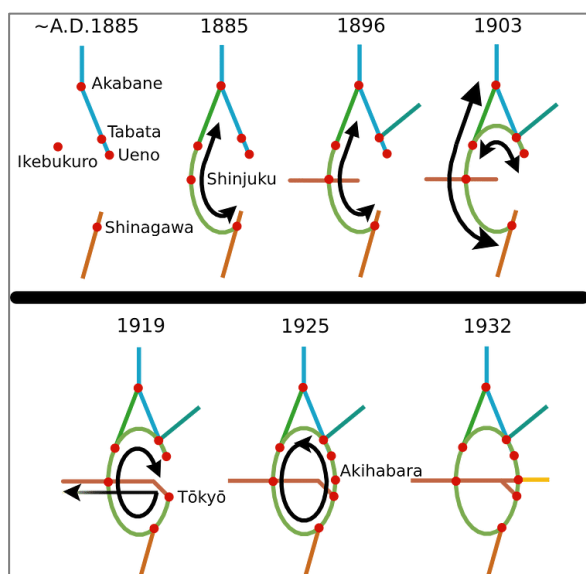
تصویر ۱۳- شبکه مترو شهر سئول

• توکیو-ژاپن

قطار شهری در توکیو شامل خطوط مترو، خطوط حومه‌ای، خطوط تخصصی اتصال به فرودگاه‌ها و جزایر و خطوط JR^۱ می‌شود که در کنار یکدیگر شبکه یکپارچه حمل و نقل ریلی توکیو را شکل می‌دهند. متروی توکیو از ۱۳ خط تشکیل شده است که توسط دو شرکت مختلف اداره می‌شوند. شرکت مترو توکیو^۲ و TOEI^۳. Tokyo Metro متشکل از ۹ خط است که در ۱۹۵ کیلومتر مسیر، بین ۱۸۰ ایستگاه فعالیت می‌کند و روزانه بالغ بر ۶.۵ میلیون سفر را پوشش می‌دهد. خط Toei Subway نیز، در مسیرهای فاقد پوشش خطوط اصلی، خدمات‌رسانی می‌کنند. علاوه بر این سیستم ریلی JR در قالب یک اتوبان ریلی در توکیو فعالیت دارد که خط دایره‌ای Yamanote معروفترین و شلوغ‌ترین مسیر آن است.

: Yamanote Line

خط Yamanote یک سرویس دایره‌ای و از جمله مهم‌ترین و شلوغ‌ترین خطوط ریلی توکیو است که اکثر ایستگاه‌های اصلی و مراکز شهری را بهم وصل می‌کند و از ۳۰ ایستگاه آن به جز دو ایستگاه، همگی به دیگر خطوط راه‌آهن یا مترو متصل هستند. این خط بالغ بر ۳۰ کیلومتر طول دارد و تاریخچه احداث آن به اواخر قرن نوزدهم (۱۸۸۵-حدود ۱۴۰ سال پیش) بازمی‌گردد. خط Yamanote در واقع از ادغام دو خط جداگانه به وجود آمده است که سال‌ها مستقل از هم فعالیت داشتند. اتصال بخش شمالی در سال ۱۹۰۳ انجام و رینگ کامل آن در سال ۱۹۲۵ تکمیل شد. امروزه، این خط یکی از شریان‌های حیاتی کلان‌شهر توکیو و الگویی برجسته برای طراحی خطوط ریلی دایره‌ای‌شکل در شهرهای دیگر جهان است.



تصویر ۱۴- روند احداث خط Yamanote در شهر توکیو

^۱ خطوط راه آهن شرکت JR East از اجزای اصلی شبکه ریلی توکیو هستند که ستون فقرات اصلی سیستم حمل و نقل ریلی این کلانشهر را تشکیل می‌دهند. خط حلقوی Yamanote، خط غربی-شرقی Chuo-Sobu و خط شمالی-جنوبی Keihin-Tohoku از جمله مهم‌ترین این خطوط هستند.

^۲ Tokyo Metro Corporation

^۳ Transportation Bureau of Tokyo Metropolitan Government

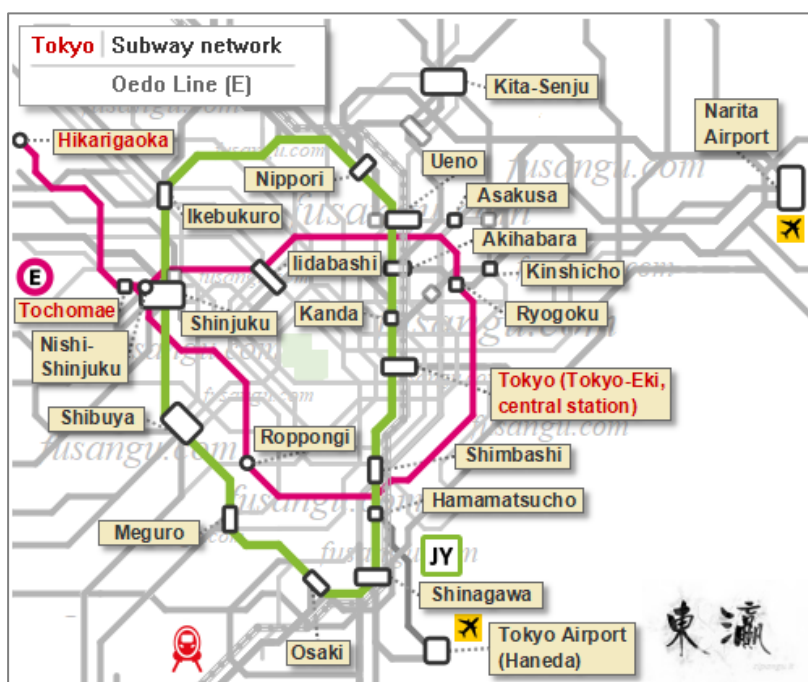


خط Yamanote اساس ساختار دایره‌ای - شعاعی شبکه ریلی توکیو را شکل داده است و با فراهم کردن دسترسی آسان به قطب‌های مختلف خدماتی و تجاری، منجر به افزایش ارزش زمین و تمرکز فعالیت‌های اقتصادی در اطراف خود شده است. در اطراف ایستگاه‌های بزرگ این خط، مراکز شهری تجاری، اداری و خدماتی شکل گرفته‌اند که محصول مستقیم سیاست‌های مبتنی بر توسعه حمل‌ونقل محور (TOD) و برنامه‌ریزی چندمرکزی شهری می‌باشند.

تصویر ۱۵- ایستگاه‌های خط Yamanote در شهر توکیو

: (Toei Subway) Oedo Line

در دهه ۱۹۶۰، جمعیت توکیو به شدت در حال رشد بود و سیستم حمل‌ونقل شهری تحت فشار قرار داشت. حلقه متروی Yamanote در مرکز، اگرچه کارآمد ولی ظرفیت آن رو به اشباع بود. برای پاسخ‌گویی به تقاضای فزاینده و پوشش نواحی کمتر توسعه‌یافته، دولت توکیو طرحی به نام "خط دایره‌ای دوم" را پیشنهاد کرد.

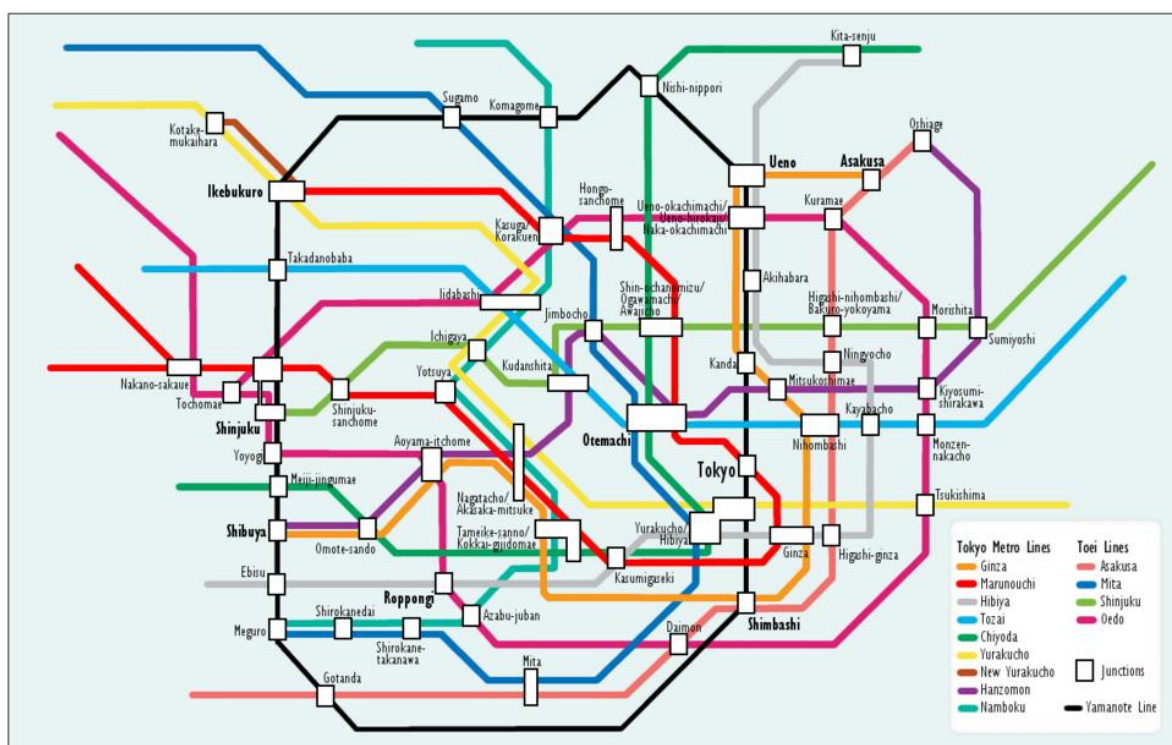


تصویر ۱۶- جایگاه خطوط Yamanote و Oedo در شهر توکیو

این خط با هدف توزیع متوازن تر خدمات ریلی در نواحی بین Yamanote و حومه شهر طراحی شده بود و قرار بود به نواحی پیرامونی تر خدمات دهد. ساخت خط OEdo اولین بار در سال ۱۹۸۶ پیشنهاد شد. این پروژه یکی از چالش‌برانگیزترین و پرهزینه‌ترین پروژه‌های حمل‌ونقل زیرزمینی ژاپن است که دلیل آن عمق زیاد مسیر (در برخی نقاط

تا ۴۸ متر)، بافت متراکم شهری و عبور از رودخانه و مناطق تاریخی شهر بود. چالش‌های ذکر شده موجب شد تا تکمیل این خط حدود ۱۰ سال (از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰) طول بکشد و در سه مرحله افتتاح شود.

توسعه خط OEdo سبب افزایش ارزش زمین و املاک، ارتقای ساخت و ساز مسکونی و تجاری و همچنین افزایش برابری در دسترسی به حمل و نقل در نواحی شمال غربی و جنوب شرقی (که فاقد دسترسی مستقیم به مترو بودند)، گردید. افزون بر این، موجب تغییر کاربری برخی نواحی صنعتی یا کم‌تراکم به مراکز جدید خدماتی، اداری و مسکونی شد.



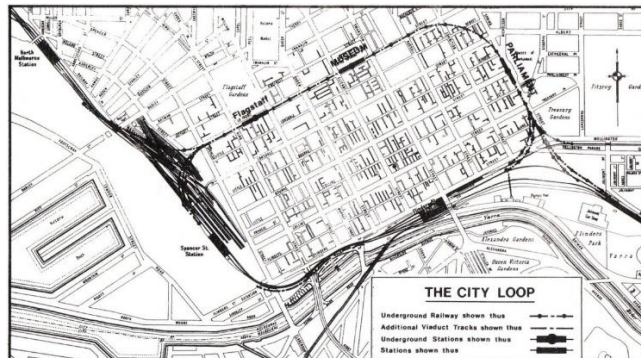
تصویر ۱۷- نقشه کامل خطوط مترو شهر توکیو به انضمام خط Yamanote

• ملبورن-استرالیا

متروی ملبورن بزرگترین شبکه ریلی شهری استرالیا با ۱۷ خط و ۲۲۲ ایستگاه در ۴۰۵ کیلومتر است. این شبکه خارج از معنای مترادف مترو، درواقع یک سرویس قطار حومه‌ای پر رفت و آمد است که در یک حلقه زیرزمینی ۴ خطه در مرکز ملبورن حرکت می‌کند و نحوه تردد قطارها بسته به زمان روز، در جهت عقربه‌های ساعت یا خلاف جهت عقربه‌های ساعت در حلقه شهر انجام می‌پذیرد. تاریخچه احداث آن به اواخر قرن نوزدهم باز می‌گردد و توسعه آن طی قرن بعد به شکل یک شبکه عمدتاً شعاعی بود که مدلی از توسعه شهری را تقویت می‌کند که بر جریان‌های سنگین رفت و آمد روزانه به داخل و خارج از مرکز شهر متمرکز است. درحال حاضر متروی ملبورن دارای یک حلقه مرکزی موجود و یک حلقه حومه‌ای در حال ساخت است.

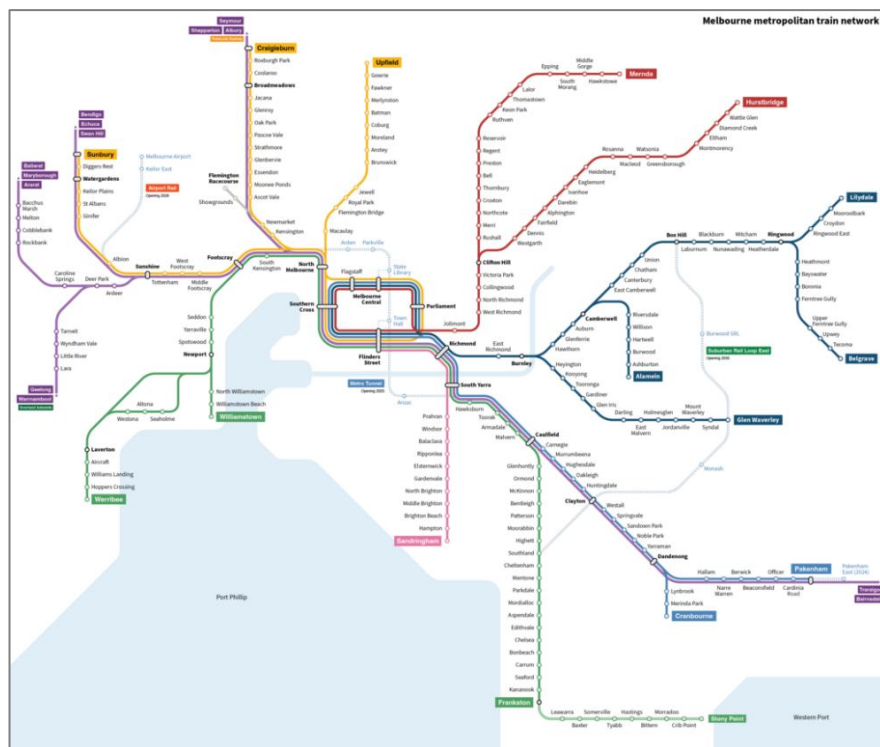
: City Loop

حلقه مرکزی ملبورن بر پیرامون بافت مرکزی شهر قرار دارد. تاریخچه احداث آن به دهه ۱۹۸۰ بازمی‌گردد و ایستگاه‌های آن به شکل مرحله‌ای بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۵ افتتاح شده‌اند. طراحی و اجرای حلقه شهری ملبورن یک پروژه بلندپروازانه بود که نه تنها برای پاسخگویی به نیازهای ملبورن در آن زمان، بلکه برای ملبورن آینده نیز طراحی شده بود اما در سال‌های اولیه برنامه‌ریزی و ساخت، منتقدان زیادی نسبت به پروژه وجود داشتند که به دلیل هزینه بالای اجرا و مدت زمان ساخت آن، مخالفت خود را با پروژه ابراز می‌کردند.



تصویر ۱۸- طرح اولیه حلقه ملبورن

احداث City Loop، حمل و نقل شهر ملبورن را متحول کرد. این طرح با ایجاد تقاطع‌های متعدد با خطوط دیگر، به تقاضای رو به افزایش حمل و نقل پاسخ و ازدحام خطوط رفت و آمد به سمت منطقه تجاری مرکزی را به میزان قابل توجهی کاهش داد.



تصویر ۱۸- دیاگرام شبکه ریلی ملبورن

مزایای City Loop نه تنها در زمینه حمل و نقل، بلکه در نحوه عملکرد و تکامل شهر در سطح زمین نیز موثر بوده است. این پروژه نقش محوری بر احیای مناطق مسکونی و تحریک توسعه تجاری ایفا کرد و با احیای فضاهای مرده مرکزی، مرکز شهر را به یک قطب پر جنب و جوش تبدیل نمود، به نحوی که چهل سال پس از افتتاح آن، تصور منطقه تجاری مرکزی ملبورن بدون حلقه شهری دشوار است. حلقه ملبورن، از زمان افتتاح تاکنون ارتباطات کارآمدی را در سراسر منطقه تجاری مرکزی تضمین کرده و همچنان یک پروژه استراتژیک برای شهر ملبورن است.

: Suburban Rail Loop

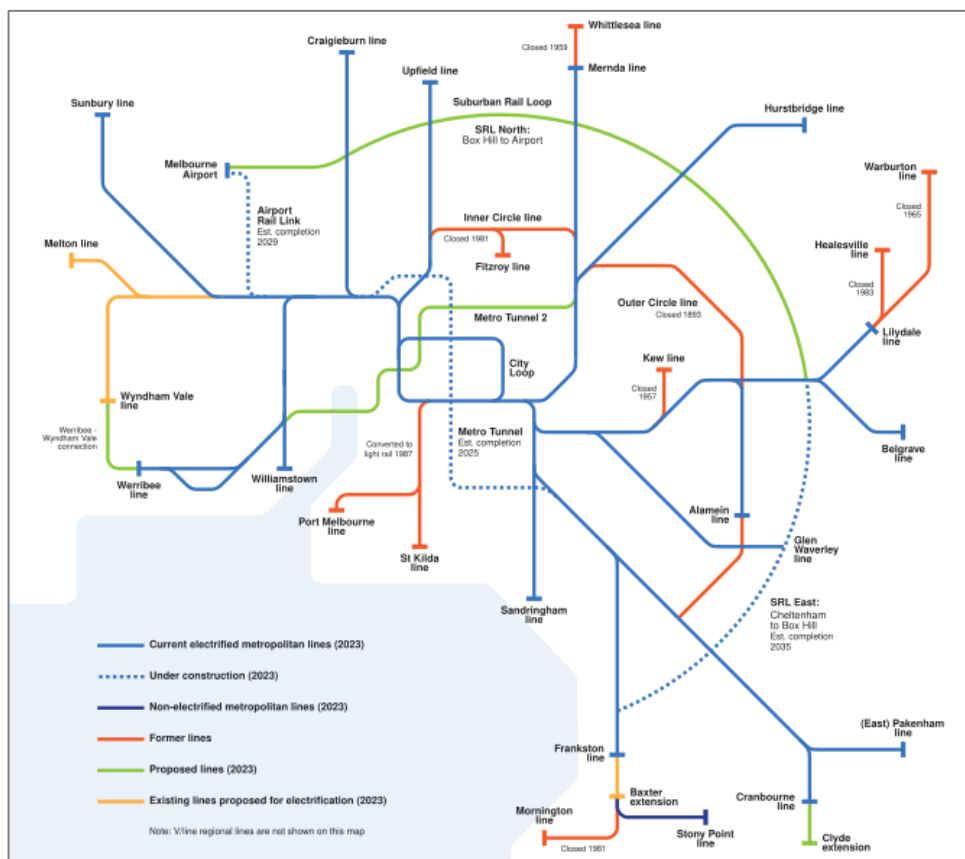
حلقه ریلی حومه‌ای یا SRL یکی از گرانترین پروژه‌های ساخت مترو در جهان است. هدف از آن اتصال مرکز شهر ملبورن و حومه از طریق یک خط دایره‌ای با طول حدود ۹۰ کیلومتر می‌باشد. این خط در نهایت از چهار بخش (شرقی، شمالی، فرودگاهی و غربی) تشکیل خواهد شد. خطوط متروی شرقی و شمالی، یک خط متروی پیوسته را به طول ۶۰ کیلومتر و ۱۳ ایستگاه، از حومه جنوب شرقی تا فرودگاه ملبورن تشکیل می‌دهد که با ۸ خط ریلی موجود امکان تبادل سفر خواهد داشت. دو بخش غربی، یعنی خطوط متروی فرودگاهی و خطوط متروی غربی، خطوط جداگانه‌ای هستند که در قالب پروژه‌های متمایزی تعریف شده‌اند. ساخت مرحله اول (SRL شرقی) که حومه شرقی و جنوب شرقی ملبورن را به هم وصل می‌کند، در سال ۲۰۲۲ آغاز شده و انتظار می‌رود در سال ۲۰۳۵ افتتاح شود.



تصویر ۱۹- طرح توسعه حلقه ریلی حومه‌ای ملبورن

تحلیل استراتژیک منتشر شده توسط دولت در سال ۲۰۱۸، کل سفرهای روزانه در SRL را تا سال ۲۰۵۱ حدود ۴۰۰ هزار سفر پیش‌بینی کرده که این خط را به شلوغ‌ترین خط در ملبورن تبدیل خواهد کرد. بر همین اساس

حلقه حومه‌ای از جمله پروژه‌های زیرساختی بزرگ قلمداد شده که همانند حلقه داخلی - که اکنون برای ساکنان ملبورن حیاتی است - برای زیست‌پذیری شهر ملبورن در دهه‌های آینده ضروری بوده و نقش مشابهی در شکل‌دهی سلامت اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی شهر برای نسل‌های آینده ایفا خواهد کرد.



تصویر ۲۰- حلقه ریلی حومه‌ای به انضمام طرح‌های توسعه شبکه ریلی ملبورن

• مادرید-اسپانیا

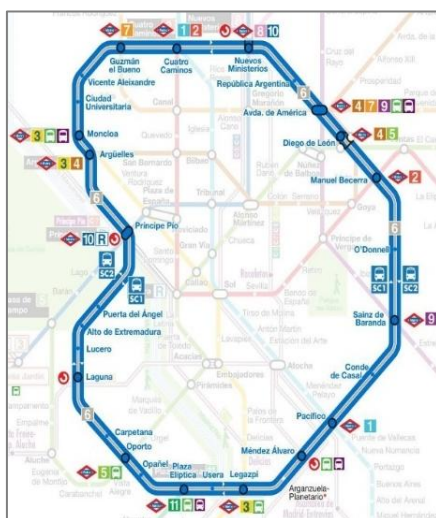
متروی مادرید با قدمت ۱۰۵ ساله و طول ۲۹۶.۶ کیلومتر چهاردهمین سیستم حمل و نقل سریع در جهان است که دارای ۲۷۶ ایستگاه در ۱۳ خط می‌باشد. در شهر مادرید، دو خط مترو با ساختار دایره‌ای شکل نقش مهمی در اتصال مناطق مختلف شهری ایفا می‌کنند: خط ۶ که در مرکز مادرید قرار دارد و خط ۱۲ که مناطق حومه جنوبی را به هم متصل می‌کند. هر دوی این خطوط با هدف کاهش فشار از روی خطوط شعاعی، افزایش جابه‌جایی بین‌محله‌ای و متوازن‌سازی توسعه شهری ایجاد شده و تأثیرات قابل توجهی بر ساختار فضایی و اقتصادی مادرید گذاشته‌اند.

¹ Línea 6 Circular

² Línea 12 یا MetroSur

: Line6

خط ۶ متروی مادرید در دهه ۱۹۷۰ آغاز به کار کرد و تا سال ۱۹۹۵ به تدریج تکمیل شد. این خط به عنوان نخستین حلقه کامل مترو در پایتخت اسپانیا، مرکز شهر را در قالب یک مدار بیضی شکل به طول حدود ۲۳ کیلومتر با ۲۸ ایستگاه به هم متصل می کند. خط ۶ به عنوان یک توزیع کننده سفر عمل کرده و امکان تعامل با تمام خطوط دیگر به جز خط ۱۲ را فراهم می سازد. مهم ترین ویژگی این خط، نقش آن در اتصال چندین خط شعاعی مترو و تسهیل جابه جایی مسافران بین آن ها بدون نیاز به ورود به قلب شهر است. این خط در ساعات شلوغی شهر به شدت پرتردد است و در واقع کارترین خط متروی مادرید محسوب می شود.



تصویر ۲۱- جایگاه و ایستگاه های خط ۶ در شهر مادرید

: Line12

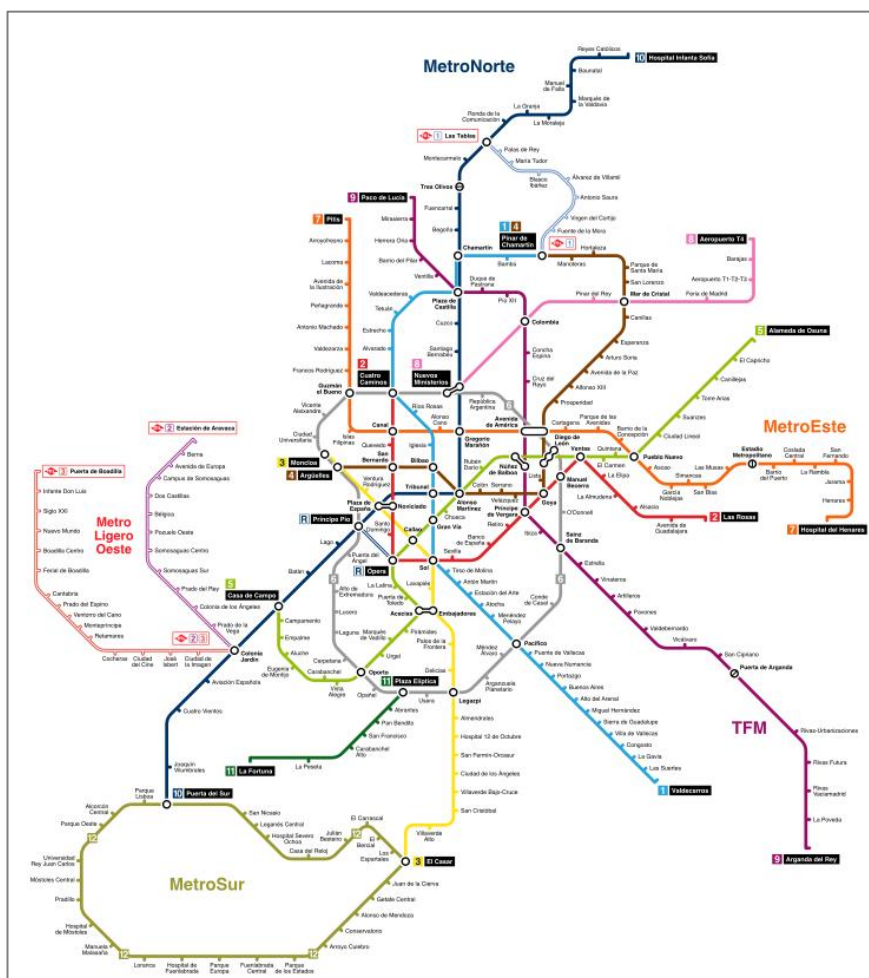
خط ۱۲ که در سال ۲۰۰۳ افتتاح شد، یکی از بزرگ ترین پروژه های متروی اروپاست که به طول حدود ۴۱ کیلومتر و تعداد ۲۸ ایستگاه، پنج شهر اقماری جنوب غربی مادرید (Fuenlabrada، Getafe، Alcorcón، Móstoles) و Leganés را به یکدیگر و به شبکه اصلی مترو متصل نموده و به حدود یک میلیون نفر خدمات ارائه می دهد.

خط ۱۲ تنها مسیر متروی مادرید است که کاملاً خارج از شهر قرار دارد و با وجود اینکه بخش هایی از آن از مناطق غیرمسکونی عبور می کند اما در راستای تسهیل توسعه شهری آتی، هیچ بخشی از خط روی سطح زمین طرح ریزی نشده است. هدف این خط، کاهش وابستگی ساکنان حومه به مسیرهای شمال-جنوب و ایجاد ارتباطات افقی بین مناطق جنوبی بود. علاوه بر این، خط ۱۲ با فراهم کردن دسترسی به مراکز تجاری، دانشگاهی و اداری در شهرهای اقماری حومه، توسعه شهری را از حالت متمرکز خارج کرده و امکان سکونت و اشتغال خارج از مرکز شهر را تقویت نموده است.

تأثیرات این دو خط بر شهر مادرید از چند جهت قابل توجه‌اند؛ خط ۶ موجب بهبود کارآمدی سیستم مترو و کاهش تراکم در مرکز شهر شده، در حالی که خط ۱۲ با تمرکز بر حومه، الگوی سکونت-اشتغال مادرید را بازتعریف نموده، توزیع متوازن‌تری از زیرساخت‌های حمل‌ونقل شهری فراهم آورده است و در تقویت یکپارچگی فضایی شهرهای حومه و کاهش وابستگی سفرهای جنوبی-شمالی مؤثر بوده است. این خطوط نشان می‌دهند که طراحی هوشمندانه خطوط دایره‌ای می‌تواند نقش مؤثری در توزیع جمعیت، کاهش زمان سفر و پایداری فضایی-اقتصادی کلانشهرها ایفا کند.



تصویر ۲۲- جایگاه و ایستگاه‌های خط ۱۲ در شهر مادرید

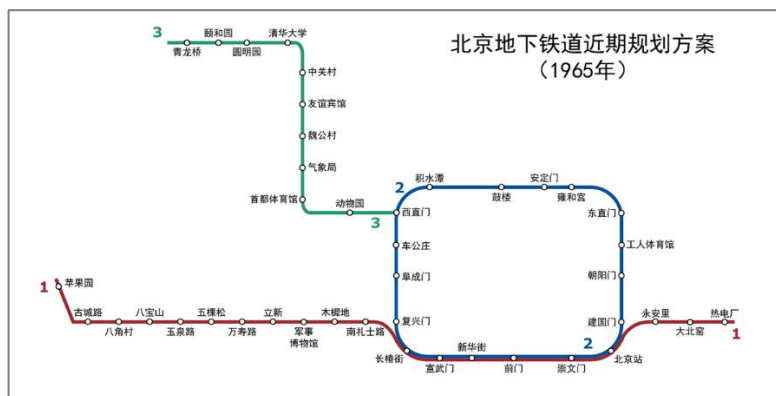


تصویر ۲۳- شبکه متروی شهر مادرید

• پکن-چین

شبکه قطار شهری پکن، از ۲۹ خط؛ شامل ۱۹ خط مترو، ۶ خط حومه‌ای، ۲ خط فرودگاهی، یک خط maglev و دو خط قطار سبک شهری (تراموا) تشکیل شده است که جمعا با حدود ۸۷۹ کیلومتر طول و ۵۲۳ ایستگاه دسترسی شهروندان ۱۲ منطقه شهری^۱ و حومه‌ای پکن و یک منطقه در استان همجوار را فراهم می‌آورد.

خطوط متروی پکن عموماً از طرح شطرنجی شهر پیروی می‌کنند. بیشتر خطوط در هسته شهری (که توسط خط ۱۰ محاط شده‌اند) به صورت موازی یا عمود بر یکدیگر حرکت می‌کنند و با زاویه قائمه یکدیگر را قطع می‌کنند. ساخت متروی پکن در سال ۱۹۶۵ آغاز و اولین بخش آن در سال ۱۹۸۴ افتتاح شد که شامل شاخه غربی خط ۱ و بخش جنوبی خط ۲ بود. در سال ۱۹۸۷، خط دایره‌ای تکمیل و هر دو خط به طور جداگانه شروع به کار کردند.



تصویر ۲۴- طرح توسعه متروی شهر پکن-۱۹۶۵

Line2:

خط ۲ متروی پکن با طول ۲۳ کیلومتر و ۱۸ ایستگاه، دومین خط قدیمی و یکی از شلوغ‌ترین خطوط متروی پکن است که به صورت یک حلقه مستطیلی نواحی مرکزی پکن را دربرمی‌گیرد. مسیر این خط بر اساس ساختار قدیمی دیوارهای شهر تاریخی پکن طراحی شده و احداث آن منجر به تخریب بخشی از دیوار و دروازه‌های تاریخی شهر پکن شده است. برخی ایستگاه‌ها دقیقاً در محل دروازه‌های قدیمی شهر قرار دارند و ۱۱ ایستگاه از ۱۸ ایستگاه نام خود را از دروازه‌های قدیمی شهر گرفته‌اند که به آن بار معنایی و فرهنگی ویژه‌ای می‌دهد. خط ۲ برخلاف خط ۱ که عمدتاً شرقی-غربی است، به صورت دایره‌ای طراحی شد تا عملکردی مکمل و چرخشی داشته باشد. دایره‌ای بودن این خط، ایستگاه‌های متعدد از خطوط شعاعی و مسیرهای اصلی اتوبوس را به هم متصل کرده و جابه‌جایی بین محله‌ای را بسیار کارآمدتر می‌کند. امروزه خط ۲ در ۱۱ دروازه سابق دیوار مینگ که در حال حاضر تقاطع‌های شلوغ شهر هستند، توقف دارد. همچنین اکثر ایستگاه‌های این خط با دیگر خطوط ریلی پکن دارای تبادل سفر هستند.

^۱ پکن دارای ۱۶ منطقه شهری است.



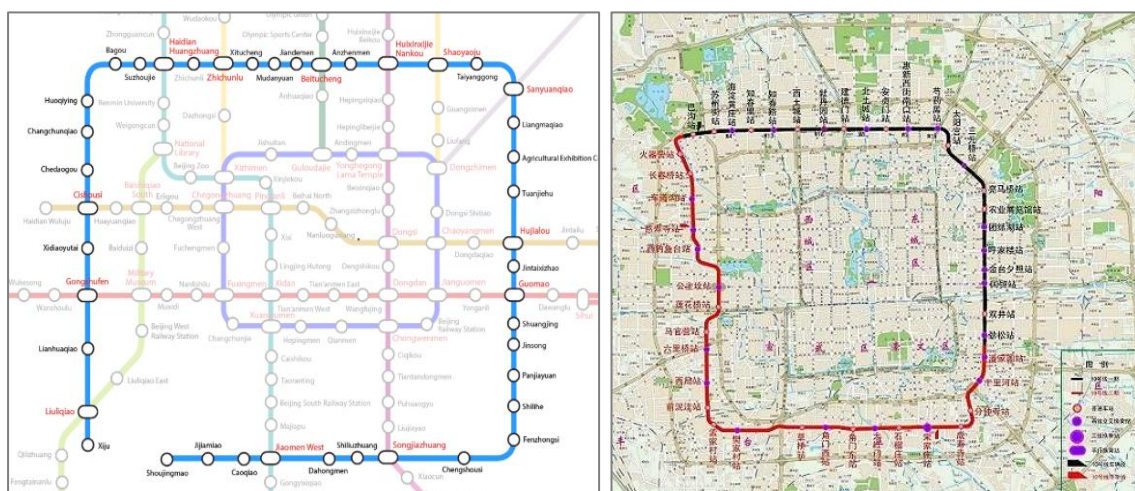
تصویر ۲۵- ایستگاه‌های خط ۲ مترو در شهر پکن

از منظر تأثیرات شهری، خط ۲ نقش بسزایی در کاهش تمرکزگرایی شهری ایفا کرده است. خط ۲ با اتصال کانون‌های اصلی تجاری، اداری و فرهنگی واقع در اطراف هسته شهر به یکدیگر، سفرهای بین منطقه‌ای را بدون عبور از مرکز شهر تسهیل می‌کند، در نتیجه ازدحام را کاهش و توزیع فضایی متعادل‌تری از فعالیت‌های اقتصادی را ترویج می‌دهد. از سوی دیگر با توجه به مجاورت خط ۲ با بافت تاریخی، همواره نقش موثری در پیوند توسعه شهری و حفاظت میراث فرهنگی ایفا نموده و دسترسی به جاذبه‌های تاریخی را برای شهروندان تسهیل کرده است.

: Line10

خط ۱۰ متروی پکن دومین خط دایره‌ای و همچنین دومین خط طولانی و پرکاربرد در شبکه متروی پکن است. طول این خط حدود ۵۷ کیلومتر است، حلقه آن، خارج از حلقه خط ۲ واقع شده است و نواحی میانی شهر را به هم متصل می‌کند و با تمام خطوط مترو که از مرکز شهر عبور می‌کنند دارای تقاطع است. این خط در مجموع دارای ۴۵ ایستگاه می‌باشد که ۲۴ ایستگاه آن تبادلی هستند.

شبکه متروی پکن در ابتدا قرار بود تنها یک خط دایره‌ای داشته باشد. اقتصاد شکوفا و رشد انفجاری جمعیت پکن، تقاضای زیادی را برای خط ۲ ایجاد کرد که از ظرفیت طراحی شده آن فراتر رفت. در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲، آکادمی برنامه‌ریزی و طراحی شهری چین دو خط "L شکل" به نام‌های خطوط ۱۰ و ۱۱ را پیشنهاد داد. این دو خط با هم رینگ دوم را در اطراف پکن تشکیل داده و فشار را از روی خط ۲ برمی‌داشتند. همچنین این خط مشکل ازدحام در خط ۳ متروی پکن را حل می‌کرد و شهروندان پکن که سعی داشتند با خط ۳ مترو به حومه شهر بروند، از فضای ترافیکی راحت‌تری نسبت به قبل برخوردار می‌شدند.

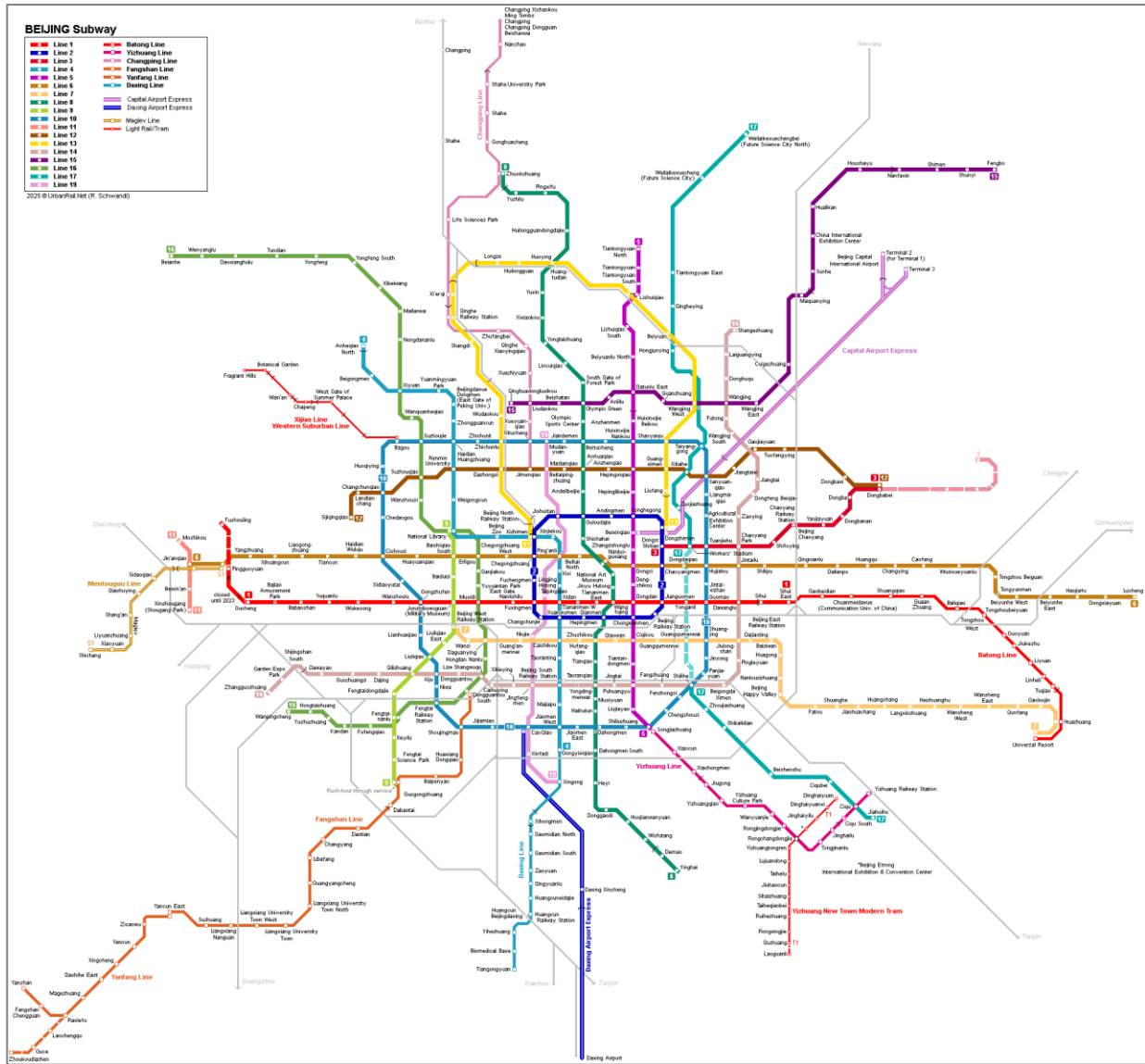


تصویر ۲۶- ایستگاه‌های خط ۱۰ شهر پکن و نحوه اتصال به دیگر خطوط

ساخت این خط در دو مرحله انجام شد. فاز اول (نیم‌حلقه شمالی و شرقی)، در سال ۲۰۰۸ همزمان با بازی‌های المپیک پکن افتتاح شد. اولین بخش از فاز دوم متشکل از ضلع‌های جنوبی و غربی حلقه نیز در سال ۲۰۱۲ افتتاح شد و نهایتاً در سال ۲۰۱۵ با افتتاح ایستگاه‌های میانی، حلقه تکمیل گشت. همزمان با توسعه این خط، برنامه‌ریزی شهری پکن بر اجرای استراتژی توسعه با محوریت حمل و نقل عمومی متمرکز گشت تا توسعه هماهنگ زمین و حمل و نقل را محقق کرده و رویکرد حمایت منفعلانه از ساخت و سازهای شهری را به منظور هدایت توسعه شهری تغییر دهد.

توسعه این خط در کنار سیاست‌های نوسازی پکن، باعث توزیع متوازن‌تر سفرهای شهری شد؛ این خط وظیفه اتصال چهار گوشه شهر را بر عهده دارد و دسترسی مسافران به بسیاری از مقاصد محبوب و منطقه تجاری مرکزی را آسان می‌کند و با اتصال مکان‌های تاریخی به یکدیگر، دسترسی عمومی به میراث فرهنگی را افزایش داده است. با توسعه خط ۱۰ علاوه بر امکان دسترسی سریع، فشار سفرهای روزانه به مرکز تاریخی شهر کاهش یافته و مسیرهای متنوع‌تری برای تردد میان محله‌ای در اختیار ساکنان قرار گرفته است. در عین حال، راحتی ارائه شده توسط ایستگاه‌های مترو و اثرات TOD، انگیزه‌های اقتصادی برای حفاظت از میراث فرهنگی را تقویت نموده است.

خط ۱۰ به‌عنوان یک حلقه انتقال سفر عمل کرده و بسیاری از خطوط شعاعی متروی پکن را به یکدیگر متصل می‌سازد. این ویژگی به شکل‌گیری یک ساختار شبکه‌ای کمک کرده است که وابستگی به هسته مرکزی را کاهش می‌دهد و امکان جابه‌جایی غیرمتمرکز را برای ساکنان فراهم می‌آورد. افزون بر آن، ساخت این خط باعث افزایش ارزش زمین و توسعه اقتصادی در مناطق اطراف ایستگاه‌ها شده است، به‌طوری که نواحی نزدیک به این خط طی یک دهه اخیر، شاهد رونق چشمگیری در فعالیت‌های تجاری، خدماتی و مسکونی بوده‌اند.



تصویر ۲۷- نقشه کامل خطوط متروی شهر پکن

• نتیجه گیری

خطوط مترو دایره‌ای یکی از اجزای کلیدی در طراحی کارآمد شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی در کلان‌شهرها هستند که با اتصال خطوط شعاعی و ایجاد امکان جابه‌جایی بین محله‌ای بدون عبور از مرکز شهر، موجب افزایش انعطاف‌پذیری و بهره‌وری شبکه حمل‌ونقل می‌شوند. در عین حال، با کاهش بار ترافیکی بر نواحی مرکزی، به بهبود کیفیت محیط در این نواحی کمک شایانی می‌کنند. افزون بر این، این خطوط با تسهیل دسترسی به خدمات و مشاغل برای مناطق کم‌برخوردارتر، باعث افزایش عدالت فضایی و کاهش نابرابری‌های اجتماعی می‌شوند.

خطوط دایره‌ای صرفاً یک مسیر حمل‌ونقل نیستند، بلکه یک راهبرد هوشمندانه در برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری به‌شمار می‌روند که با هدف مدیریت بهینه جریان سفر، کاهش فشار بر هسته مرکزی شهر و تحریک توسعه متوازن شهری طراحی شده‌اند. در ادامه، مزایای کلیدی این خطوط به‌صورت تحلیلی و با استناد به نمونه‌های جهانی ارائه شده است.

○ افزایش کارایی شبکه حمل و نقل

خطوط دایره‌ای مترو با سه مکانیسم کلیدی توزیع یکنواخت سفر، ایجاد اتصالات قدرتمند و انعطاف‌پذیری عملیاتی، کارایی شبکه حمل‌ونقل را بطور چشمگیری ارتقا می‌دهند.

توزیع یکنواخت سفر: در برابر الگوی شعاعی مرسوم که موجب تمرکز غیربهینه سفرها در هسته مرکزی و اشباع ظرفیت ایستگاه‌های مرکزی می‌شود، خطوط دایره‌ای با فراهم‌آوری مسیرهای جانبی و اتصالات عرضی، به عنوان «تنظیم‌کننده هوشمند ترافیک» عمل کرده و جریان سفر را در پهنه شهری توزیع می‌کنند. برای نمونه، خط ۶ متروی مادرید با طراحی حلقه‌ای پیرامون مرکز تاریخی، بار ترافیکی ایستگاه‌های مرکزی را به‌طور محسوسی کاهش داده است. به‌طور مشابه، خط ۲ متروی سئول با ایفای نقش «مدار حیاتی»، ارتباط مراکز ثانویه فعالیت را بدون نیاز به عبور از مرکز ممکن ساخته و به توزیع متوازن سفرها کمک نموده است.

ایجاد اتصالات قدرتمند: یکی از اصلی‌ترین مزایای خطوط دایره‌ای مترو، تقویت اتصال بین خطوط شعاعی و افزایش انعطاف‌پذیری حرکتی در سیستم حمل‌ونقل است. در مدل‌های سنتی شبکه مترو، اغلب جابه‌جایی از یک نقطه به نقطه دیگر تنها از طریق عبور از مرکز شهر ممکن است، در صورتی که خطوط دایره‌ای با فراهم‌کردن امکان حرکت پیرامونی و ایجاد مسیرهای جایگزین، این ضعف را برطرف می‌کنند و یک سیستم چندمسیره^۱ می‌سازند.

¹ multimodal & multidirectional

خط دایره‌ای یک "ستون فقرات" یا "حلقه اتصال" می‌سازد که خطوط شعاعی (خطوطی که از مرکز به حومه می‌روند) را به یکدیگر متصل می‌کند. این کار به مسافران اجازه می‌دهد تا از هر نقطه از حومه شهر، با تعویض خط در ایستگاه متقاطع با حلقه، به هر نقطه دیگری از شهر سفر کنند.

به عنوان مثال، در برلین، خط Ringbahn با اتصال شعاع‌های مختلف شبکه S-Bahn، انعطاف‌پذیری حرکتی را به شدت افزایش داده است. یک مسافر اکنون می‌تواند بدون ورود به مرکز شهر، از شمال شرق برلین به جنوب غرب برود. این ویژگی به‌ویژه در ساعات اوج تردد، از تراکم در خطوط مرکزی جلوگیری می‌کند و زمان سفر را بهینه می‌سازد. همچنین در پکن، خط ۱۰ مترو به‌عنوان یک حلقه میانی عمل می‌کند که خطوط دیگر مترو را به هم متصل می‌سازد. این امر موجب شده مسافران بتوانند چندین مسیر جایگزین برای سفر بین محله‌ای انتخاب کنند، که مقاومت شبکه را در برابر اختلالات افزایش داده و از فشار بر خط ۲ (حلقه درونی) کاسته است. همچنین Circle Line لندن از قرن نوزدهم تاکنون به‌عنوان یک مسیر جایگزین برای انتقال‌های مرکزی عمل کرده و موجب روان‌تر شدن عملکرد کل مترو، به‌ویژه در ایستگاه‌های پرتردد مانند King's Cross و Paddington شده است.

انعطاف‌پذیری عملیاتی: از منظر عملیاتی، خطوط دایره‌ای با ایجاد انعطاف‌پذیری شبکه‌ای قابلیت تحمل اختلالات را به‌طور معناداری ارتقاء می‌دهند. در مواجهه با اختلال از جمله تصادفات یا تعمیرات اضطراری، وجود یک خط دایره‌ای تداوم عملیات را با بکارگیری راهبردهای زیر امکان‌پذیر می‌کند:

- مسیردهی جایگزین (Rerouting): قطارها می‌توانند مسیر خود را در جهت مخالف حلقه ادامه دهند یا از طریق اتصالات انشعابی به مسیرهای موازی هدایت شوند.
- عملکرد نیمه‌حلقه (Short-looping): در صورت اختلال در یک بخش، قطارها تنها در بخشی از حلقه (مثلاً نیمه غربی یا شرقی) به حرکت ادامه می‌دهند.
- ایجاد مسیرهای اتصالی (Bypass Routes): اتصال خطوط شعاعی از طریق حلقه، امکان جابه‌جایی مسافران را بدون عبور از بخش مختل‌شده فراهم می‌کند.

این قابلیت‌ها نه تنها زمان بازیابی شبکه را کاهش می‌دهند، بلکه از انتشار اختلال به سایر خطوط جلوگیری می‌کنند. برای نمونه، در خط دایره‌ای Yamanote توکیو، در صورت وقوع اختلال، قطارها بلافاصله به مسیرهای موازی در خط Saikyo هدایت می‌شوند. به‌طور مشابه، Circle Line لندن با امکان حرکت دوطرفه در حلقه، انعطاف‌پذیری عملیاتی قابل‌توجهی ایجاد کرده است. از این رو، خطوط دایره‌ای تنها یک مسیر حمل‌ونقلی نیستند، بلکه یک ابزار مدیریتی پویا هستند که با افزایش ضریب اطمینان شبکه، به تحقق اهداف کلان کارایی عملیاتی، تاب‌آوری و توسعه چندمرکزی کمک می‌کنند.

○ اثرات خطوط حلقوی بر ساختار شهری

طراحی هوشمند خطوط دایره‌ای می‌تواند ساختار فضایی شهر را متحول کرده و الگوی چندمرکزی پایدار را جایگزین تمرکزگرایی شهری کند.

توسعه یکنواخت شهر: خطوط مترو دایره‌ای نقش کلیدی در گسستن الگوی متمرکز سنتی شهری و ایجاد ساختار چندمرکزی دارند. در بسیاری از کلان‌شهرها، تمرکز فعالیت‌ها در مرکز شهر (CBD) منجر به ازدحام شدید، افزایش قیمت زمین و کاهش کیفیت زندگی شده است. اما با احداث خطوط دایره‌ای، دسترسی به سایر نقاط شهر تسهیل می‌شود و این امکان فراهم می‌گردد که عملکردهای اقتصادی، اداری و مسکونی در پیرامون شهر نیز گسترش یابند.

بدین ترتیب از تمرکز بیش از حد تمام فعالیت‌ها در یک "مرکز" واحد جلوگیری شده و به جای یک CBD (منطقه تجاری مرکزی) متمرکز، چندین قطب تجاری و اقتصادی در اطراف حلقه شکل می‌گیرند، در نتیجه، شهر به جای یک نقطه کانونی، به شبکه‌ای از مراکز عملکردی متعدد تبدیل می‌شود که موجب کاهش فشار بر مرکز، پایداری فضایی بیشتر و توزیع عادلانه‌تر منابع شهری می‌گردد.

به عنوان مثال، در توکیو، در اطراف ایستگاه‌های بزرگ خط Yamanote، مراکز شهری ثانویه مانند Shinjuku، Shibuya و Ikebukuro شکل گرفته‌اند که هر کدام عملکردی متفاوت دارند. این موضوع باعث چند مرکزی شدن شهر شده و وابستگی به مرکز تاریخی توکیو را کاهش داده است. در شهر سئول نیز ساخت خط ۲ دایره‌ای، سبب توسعه نواحی تازه‌ای مانند Gangnam و Jamsil شد. این مناطق امروزه به قطب‌های تجاری و فرهنگی مستقل تبدیل شده‌اند که بخشی از بار عملکردی مرکز شهر را بر دوش می‌کشند.

ارتقای عدالت فضایی: خطوط دایره‌ای شکل مترو با ایجاد مسیرهای ارتباطی غیرمتمرکز، نقش مؤثری در افزایش عدالت فضایی در شهرها ایفا می‌کنند. در بسیاری از شهرها، زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی به‌طور تاریخی حول محور مرکز شهر گسترش یافته‌اند و مناطق حاشیه‌ای یا کم‌درآمد، اغلب دسترسی کمتری به این خدمات دارند. اما ساخت یک خط دایره‌ای می‌تواند این نابرابری را کاهش دهد، زیرا ایستگاه‌های آن در مناطق مختلف اقتصادی و اجتماعی توزیع شده و اتصال سریع و مستقیم میان نواحی مختلف را فراهم می‌سازند. نتیجه این امر، افزایش دسترسی به مشاغل، آموزش، مراقبت‌های درمانی و فرصت‌های اجتماعی برای ساکنان مناطق کمتر توسعه‌یافته است. در نتیجه، توزیع فرصت‌ها عادلانه‌تر و مشارکت شهروندان در حیات شهری افزایش می‌یابد.

به عنوان مثال، ایستگاه‌های خط Ringbahn شهر برلین در مناطق کم‌برخوردار شرقی و جنوبی شهر، با اتصال این مناطق به بقیه شهر از طریق این حلقه، فرصت‌های اقتصادی و خدماتی بیشتری برای ساکنان فراهم نمود، این موضوع باعث رشد قیمت زمین، توسعه امکانات عمومی و سرمایه‌گذاری‌های شهری در این مناطق شد. در شهر پکن

نیز، توسعه خط ۱۰ مترو، که بخش میانی شهر را در بر می‌گیرد، موجب دسترسی سریع‌تر مناطق کارگری و دانشگاهی به هسته‌های اشتغال و خدمات شده و فرصت‌های توسعه را در میان لایه‌های مختلف اجتماعی توزیع کرده است.

افزایش زیست‌پذیری شهری : خطوط دایره‌ای با ایجاد یک شبکه کارآمد از حمل و نقل عمومی و رغبت بیشتر نسبت به استفاده از آن، به کاهش چشمگیر ترافیک خودروها، آلودگی هوا و آلودگی صوتی در مراکز شهری کمک شایانی می‌کنند. خطوط دایره‌ای در متروی لندن یا توکیو، نمونه‌های بارزی از این دست هستند.

- <https://www.urbanrail.net/>
- <https://www.webuildvalue.com/en/facts/metro-urban-mobility.html>
- https://en.wikipedia.org/wiki/..._Metro
- https://www.wikiwand.com/en/articles/Moscow_Central_Circle
- <https://www.the-berliner.com/berlin/transit-metropolis>
- https://www.omegacentre.bartlett.ucl.ac.uk/wp-content/uploads/2014/12/JAPAN_OEDO_PROFILE.pdf (page 42-46)
- https://www.ejref.or.jp/jrtr/jrtr42/f32_hir.html#:~:text=When%20the%2041%2Dkm%20long,as%20described%20in%20this%20article
- <https://www.urbanrail.net/eu/es/mad/linea12.htm>
- <https://en.namu.wiki/w/%EB%B2%A0%EC%9D%B4%EC%A7%95%20%EC%A7%80%ED%95%98%EC%B2%A0%2010%ED%98%B8%EC%84%A0>
- [Stefan Gössling, Urban transport justice, Journal of Transport Geography, Volume 54, 2016, Pages 1-9, ISSN 0966-6923, https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.05.002.](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.05.002)
- [Saidi, S., Wirasinghe, S. C., & Kattan, L. \(2014\). Rail Transit: Exploration with Emphasis on Networks with Ring Lines. Transportation Research Record, 2419\(1\), 23-32. https://doi.org/10.3141/2419-03 \(Original work published 2014\)](https://doi.org/10.3141/2419-03)
- [Hishiyama, J., Taco, P. W. G., & Arruda, F. \(2021\). ACCESSIBILITY IN TRANSPORTATION AND LAND USE PLANNING. Revista Baru - Revista Brasileira De Assuntos Regionais E Urbanos, 7\(1\), 25. https://doi.org/10.18224/baru.v7i1.8715](https://doi.org/10.18224/baru.v7i1.8715)
- [Hyungun Sung, Ju-Taek Oh, Transit-oriented development in a high-density city: Identifying its association with transit ridership in Seoul, Korea, Cities, Volume 28, Issue 1, 2011, Pages 70-82, ISSN 0264-2751, https://doi.org/10.1016/j.cities.2010.09.004.](https://doi.org/10.1016/j.cities.2010.09.004)
- [Tang, Y., Meng, X. \(2021\). From Concentration to Decentralization: The Spatial Development of Beijing and the Beijing–Tianjin–Hebei Capital Region. In: Bian, L., Tang, Y., Shen, Z. \(eds\) Chinese Urban Planning and Construction. Strategies for Sustainability\(\). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65562-4_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-65562-4_5)
- [Hu, H. \(2025\). Spatial Synergy Between Cultural Heritage and Metro Networks: A Case Study of Distribution Patterns and Value Assessment in Beijing. Sustainability, 17\(4\), 1666. https://doi.org/10.3390/su17041666](https://doi.org/10.3390/su17041666)
- [Dorantes, L. M., Paez, A., & Vassallo, J. M. \(2011\). Analysis of House Prices to Assess Economic Impacts of New Public Transport Infrastructure: Madrid Metro Line 12. Transportation Research Record, 2245\(1\), 131-139. https://doi.org/10.3141/2245-16 \(Original work published 2011\)](https://doi.org/10.3141/2245-16)