معاونت عمرانی

دفتر حمل و نقل و دبیرخانه شورای عالی هماهنگی

ترافیک شهرهای کشور

معرفی روش‌های انتخاب سیستم مناسب حمل و نقل ریلی شهری

زمستان ۱۳۸۶

۱– مقدمه

سیستم‌های ریلی یکی از اصلی‌ترین و مهمترین سیستم‌های شبکه حمل‌ونقل همگانی در کلان‌شهرها به شمار می‌آیند. از آنجایی که همخوانی و هماهنگی در یک شبکه حمل‌ونقل همگانی شهری برای سرویس‌دهی مناسب و جذب بیشتر مسافران از اهمیت بالایی برخوردار است و همچنین منابع محدودی برای اجرای سیستم‌های مختلف در یک شهر وجود دارد، انتخاب مناسب سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی از جمله مسائل مهم پیش روی مدیران شهری می‌باشد.

در ایران بر طبق قوانین و بخشنامه‌ها، انتخاب نوع سیستم مناسب بر اساس مطالعات طرح جامع حمل و نقل و ترافیک شهری و امکان سنجی احداث حمل و نقل ریلی انجام می‌گیرد.

این دستور العمل برای آشنایی با برخی خصوصیات سیستم‌های ریلی متداول در دنیا اعم از مترو، قطار سبک شهری و منوریل که می‌توانند در انتخاب نوع سیستم مناسب ریلی تأثیرگذار باشند، تهیه شده است. این خصوصیات شامل خصوصیات عملکردی، جذابیت استفاده برای کاربران، انطباق با شرایط جغرافیایی و بافت شهری، ظرفیت سیستم‌های ریلی، هزینه‌های ساخت سیستم‌های حمل‌ونقل شهری، هزینه بهره‌برداری و نگهداری، اثرات زیست محیطی، فضای اسمی مورد نیاز، مصرف انرژی، مدت زمان اجرا، اختلال در جریان ترافیک، ایمنی و سهولت دسترسی می‌باشند که در ادامه بطور خلاصه در مورد هر یک از سیستم‌های حمل و نقل ریلی توضیحات لازم ارائه شده است.

۲- خصوصیات عملکردی

خصوصیات عملکردی سیستم‌های ریلی شاخصی است که برای نشان دادن قابلیت این سیستم در ارائه سرویس منظم، سریع و با سرفاصله مناسب کاربرد دارد. اهم پارامترهای عملکردی عبارتند از: سرفاصله و سرعت عملکردی که به شرح ذیل تشریح می‌گردند. سر فاصله زمانی (تواتر) به حد فاصل زمانی عبور بین وسایل نقلیه سیستم ریلی از یک ایستگاه مشخص گفته می‌شود.

سرعت عملکردی در واقع تعیین کننده یکی از مهمترین فاکتورهای رضایت‌مندی مسافر از سیستم، یعنی زمان سفر می‌باشد. بدین ترتیب که هر چه سرعت عملکردی سیستم ریلی افزایش یابد، زمان سفر کاربران در یک مسیر مشخص کاهش پیدا می‌نماید.

۲-۱- سرفاصله

به طور کل عوامل موثر در تعیین سرفاصله عبارتند از:

الف- زمان توقف قطار در ایستگاه، که جزء موارد بهره‌برداری است و نمی‌توان آن را به نوع ناوگان مرتبط دانست. لذا در مقایسه بین سیستم‌های مختلف لحاظ نمی‌گردد. زمان توقف قطار در ایستگاه اغلب به تقاضای موجود مسافران و نحوه دریافت کرایه از کاربران سیستم بستگی دارد.

ب- نوع سیستم‌های کنترل و هدایت قطار اعم از کنترل اتوماتیک، نظارت اتوماتیک، حفاظت اتوماتیک، ... و نیز تجهیزات نصب شده در خطوط و عناصر مرتبط با آنها از جمله سیستم‌های بلوک ثابت و متحرک، که این موارد هرچند مباحثی مفصل و بسیط هستند اما از آنجایی که در مورد انواع سیستم‌های ریلی بسته به پارامترهایی چون میزان بودجه در دسترس، نحوه انتقال تکنولوژی، برنامه‌های آتی طرح و سوابق مدیران و متخصصان، هر کدام از انواع سیستم‌های کنترل را می‌توان برای هر سیستم ریلی راه‌اندازی نمود، لذا این موضوع جزء پارامترهای مقایسه‌ای میان انواع مختلف سیستم های ریلی به شمار نمی‌آید.

ج- شکل شبکه خطوط و میزان تقاطع خطوط با هم از نظر اینکه هر قطار برای عبور از یک تقاطع با حاشیه ایمنی کافی، چه زمانی را نیاز دارد، از عوامل مهم در تعیین سرفاصله است. امروزه در طرح خطوط

ریلی از تقاطع همسطح دو خط ریلی اجتناب می‌شود و نیز در تقاطعات همسطح ریل و خیابان، حق‌تقدم با قطار است.

د- *خصوصیات فیزیکی و حرکتی قطار، (با توجه به نوع سوزن قطار)* که جزء موارد مهم در تعیین سرفاصله به شمار می‌آید.

حداقل سرفاصله مشاهده شده (فاصله زمانی متوالی دو وسیله) در سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱): حداقل سرفاصله زمانی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری (دقیقه)

مونوریل	مترو*	قطار سبک
۲ (مونوریل کوالالامپور)	۱/۵ (مترو مسکو)	۲ (موارد متعدد)

* این سرفاصله با کنترل زمان تأخیر در ایستگاه و کاهش آن تا حداکثر ۲۵ ثانیه و برنامه‌ریزی دقیق با استفاده از ساعت‌های دیجیتالی در هر ایستگاه برای نشان دادن ثانیه‌هایی که از عزیمت قطار قبلی می‌گذرد و ... حاصل شده است. در ضمن خط جدید مسکو برای سرفاصله‌ای تا **″۲۰ :′۱** و **″۱۵ :′۱** دقیقه (۴۴ و ۴۸ قطار در ساعت) طرح شده است.

در ضمن نمونه‌هایی از کوتاهترین سرفاصله‌های مشاهده شده روی سیستم‌های مختلف ریلی در جهان در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲): حداقل‌های مشاهده شده سرفاصله زمانی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری

مونوریل		مترو				قطار سبک	
شهر	دقیقه	شهر	دقیقه	شهر	دقیقه	شهر	دقیقه
توکیو	۴	لس آنجلس	۵	کلکته	**″۱۰ :′۲**	بخارست	۲
کیتاکیوشو	۶	شیکاگو	۳	هنگ کنگ	۳	ملبورن	۲
اوزاکا	۶/۵	مونترال	۳	مکزیکوسیتی	**″۵۵ :′۱**	میلان	۲
تاما	۷/۵	نیویورک	۲	پوسان	۲	توکیو	۲
شونان	۷/۵	فیلادلفیا	۲	ریودوژانیرو	۳	رم	۳
شیبا	۴	بوستون	۴/۵	سانتیاگو	**″۴۰ :′۲**	برلین	۳
کوالالامپور	۲	سانفرانسیسکو	۲/۵	سائوپولو	**″۴۵ :′۱**	هلسینکی	۲
		تورنتو	۲/۵	سئول	۳	کوالالامپور	۳
		واشنگتن	۳	مسکو	۱/۵	تورنتو	۲
حداقل	**۲**	**حداقل**			**۱/۵**	**حداقل**	**۲**

به طور کلی با کاهش میزان سر فاصله زمانی تا حدی که سیستم حمل و نقل همگانی از ایمنی کافی برخوردار باشد، می‌توان ظرفیت سیستم را افزایش داد.

۲-۲- سرعت عملکردی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری

سرعت در سیستم‌های ریلی از دو مفهوم سرعت متوسط و سرعت بیشینه برخوردار است. سرعت متوسط که همان سرعت عملکردی ترن می‌باشد، عبارت است از طول مسیر بخش بر کل زمان سفر مسیر (از شروع تا پایان خط). کل زمان سفر مسیر در برگیرنده زمانهای توقف در ایستگاه‌ها نیز می‌باشد که در ساعات اوج بیشتر و در نتیجه سرعت عملکردی کمتر است. بدیهی است سرعت متوسط می‌تواند با توجه به شرایط مختلف از جمله تعداد ایستگاهها در طول مسیر، فاصله بین ایستگاه‌ها، تعداد مسافر منتظر در هر ایستگاه و تعداد مسافری که در هر ایستگاه پیاده می‌شود، متفاوت باشد.

سرعت بیشینه از دو مفهوم جدا برخوردار است، سرعت بیشینه عملیاتی که بیشترین سرعتی است که ترن در طول یک خط می‌تواند به آن برسد (که می‌تواند برای هر خط با توجه به فواصل ایستگاه‌ها متفاوت باشد) و سرعت بیشینه طراحی (اسمی) که نشان می‌دهد ترن تا چه سطحی قابلیت افزایش سرعت را در یک مسیر آزاد، دارا است. عوامل متعددی بر اندازه سرعت عملیاتی سیستم‌های مختلف تأثیر می‌گذارند. از جمله این عوامل عبارتند از:

- *شرایط مسیر:* طرح هندسی مسیر (شعاع قوس، شیب مسیر و ...) و مصالح سازنده مسیر (فولادی، بتنی) بر سرعت سیستم تأثیرگذار می‌باشند.
- *فاصله بین ایستگاهها:* هر چه فاصله بین ایستگاهها بیشتر باشد، سرعت عملیاتی افزایش پیدا می نماید و به سرعت طراحی نزدیک‌تر می‌شود.
- *طول قطار:* هر چه تعداد واگن‌های قطار افزایش یابد، قدرت مانور و در نتیجه سرعت آن کاهش می‌یابد.
- *ساعت بهره‌برداری از سیستم (اوج یا غیر اوج): در ساعات اوج با توجه به اینکه تعداد مسافر سوار و پیاده شده در ایستگاهها افزایش می یابد، در نتیجه سرعت عملکردی قطار کاهش پیدا می نماید.*

- *شتاب:* با افزایش شتاب سیستم، سرعت عملیاتی سیستم نیز افزایش می‌یابد. با توجه به فاصله محدود بین دو ایستگاه، شتاب شروع حرکت و توقف در سرعت سیستم تأثیرگذار است.

جدول (۳) بازه و مقادیر متوسط سرعت عملکردی و حداکثر سرعت در مسیر آزاد[1] را در انواع سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری، نشان می‌دهد.

جدول(۳): بازه و مقادیر متوسط سرعت عملکردی و حداکثر سرعت در مسیر آزاد در انواع سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری

سیستم	بازه سرعت عملکردی در جهان (km/hr)	متوسط سرعت عملکردی در جهان (km/hr)	حداکثر سرعت در مسیر آزاد (km/hr)
قطار سبک شهری	غیرمختلط با ترافیک: ۴۰-۱۸ مختلط با ترافیک: ۱۸-۸	غیرمختلط با ترافیک: ۳۰ مختلط با ترافیک: ۱۳	۸۰-۷۰
مونوریل*	۴۰-۳۶	۳۸	۹۵-۸۰
مترو	۴۸-۲۴	۳۶	۱۳۰-۱۰۰

*- مونوریل توکیو به علت آنکه فواصل متوسط بین ایستگاههای آن ۱/۸ کیلومتر است دارای سرعت متوسط ۴۳/۵۴ کیلومتر بر ساعت می باشد. در مترو تهران سرعت متوسط خط یک: ۳۵/۲ و سرعت متوسط خط دو: ۳۷/۱ کیلومتر بر ساعت است.

با مقایسه مقادیر نشان داده شده در جدول (۳) مشخص می شود که حداکثر سرعت مترو و متوسط سرعت مونوریل نسبت به سایر سیستم های حمل و نقل همگانی ریلی بیشتر می باشد.

[1] مسیر آزاد به مسیری گفته می‌شود، که عوامل کاهش سرعت مانند تداخل با سایر وسایل نقلیه، عبور عابران پیاده و غیره در مسیر مورد نظر وجود نداشته باشد و قطار قادر است، حدفاصل بین ایستگاهها را با حداکثر سرعت ممکن (با توجه به طراحی مسیر) پیمایش نماید.

۳– جذابیت استفاده از سیستم حمل و نقل همگانی برای کاربران

یکی از مزایای مهمی که در مورد مونوریل ذکر می‌شود، جذابیت و لذت سفر با آن نزد کاربران است. این در حالیست که قطار سبک به علت تداخل با ترافیک شهری بدترین شرایط را ایجاد می‌نماید. مترو به علت حرکت در زیر زمین، سفری آرام و بی دردسر را فراهم می‌نماید. با توجه به نوع مسیر و مدیریت سیستم، هر کدام از سیستم‌های حمل و نقل همگانی از لحاظ جذابیت سفر رتبه دریافت می‌نمایند. به طور کلی سیستم‌های حمل و نقل همگانی که در مسیرهای ویژه و غیر همسطح نسبت به سایر وسایل نقلیه تردد می‌نمایند، از جذابیت بیشتری نزد کاربران برخوردار می باشند.

۴– انطباق با شرایط جغرافیایی و بافت شهری

موقعیت مسیر، شیب زمین، فضای موجود جهت احداث، قوس‌های مسیر و ... پارامترهایی هستند که بعد از مشخص شدن مسیر سیستم ریلی در کریدور مورد نظر تعیین می‌گردد. اما قبل از آن لازم است تا خصوصیات و قابلیت‌های انواع سیستم‌های ریلی برای انطباق با پارامترهای مذکور عنوان گردد. این خصوصیات عبارتند از:

- فاصله ایستگاهها در سیستم‌های ریلی
- حداکثر شیب طولی
- حداقل شعاع قوس

٤-۱- فاصله ایستگاه‌ها

کم بودن فواصل بین ایستگاهها منجر به سهولت دسترسی مسافران به سیستم می‌شود، ولی باعث کاهش سرعت و افزایش تأخیر در حرکت می‌گردد. در عمل فواصل ایستگاه‌ها باید به گونه‌ای تعیین شود تا یک مقدار بهینه از مجموعه پارامترهای ترافیکی دخیل حاصل آید. جدول (۴) متوسط فاصله ایستگاههای مختلف حمل‌ونقل شهری را در چند شهر جهان و همچنین بازه مقادیر و متوسط جهانی آن را نشان می‌دهد.

جدول (۴): نمونه فواصل بین ایستگاههای سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی در دنیا (کیلومتر)

مترو		مونوریل‌های حمل‌ونقل شهری		مونوریل‌های حمل‌ونقل شهری		قطار سبک شهری	
کلکته	۱/۰	چانگ‌کینک چین	۱/۰۹	شونان	۰/۹۴	کوالالامپو (پوترا)	۱/۳
هنگ کنگ	۱/۰	جاکارتا	۰/۹۶	واپرتال	۰/۷	ادمنتون	۱/۳
مکزیکوسیتی	۱/۲	مسکو	۱/۲۵	دورتموند	۰/۸	چارلیریو (بلژیک)	۱/۰۹
پوسان	۱/۰	گولدکویست استرالیا	۱	دوسلدروف	۱/۲۵	کوالالامپور (استار)	۱/۰۳
ریودوژانیرو	۰/۸	سیدنی	۰/۵۱	شیبا	۰/۹۱	چنگچون	۱/۰۱
سانتیاگو	۰/۷	برودبیچ استرالیا	۰/۶۵	کیتاکیوشو	۰/۷۳	تونس (SMLT)	۰/۹
سائوپولو	۰/۹	بارا (برزیل)	۰/۸	اوزاکا	۱/۵۹	بوفالو	۰/۸
سئول	۱/۲	سیاتل	۱/۵	تاما	۰/۸۹	هیروشیما	۰/۸
کاراکاس (خط شماره ۴)	۱/۵	جکسون ویل	۱	تااداک کره	۱/۲	کلیولند	۰/۷
بانگکوک (BTS)	۱	لاس وگاس	۱/۵	مونوریل چین	۰/۸۵	آن شان	۰/۶
مکزیکوسیتی (خط B)	۱/۱	توکیو- هاندا	* ۱/۸۸	شنزن	۰/۷۳	آدلاید	۰/۵
		ناها (اکیناوا)	۰/۹۱۴	کوالالامپو	۰/۸۶	نورنبرگ	۰/۴
		نیوارک (آمریکا)	۰/۶۸۶	پوتراجایا	۰/۸۲	نانت	۰/۴
		سنتوسا (سنگاپور)	۰/۷۰	گراتس	۰/۳		
بازه متداول	۰/۷-۱/۵		۰/۶۵-۱/۵۹			۰/۳-۱/۳	
متوسط	۱/۰۴		۰/۹۷			۰/۸	

* از مقدار ۱/۸۸ در مونوریل به علت خارج بودن از مقادیر نرمال صرف‌نظر می‌شود.

- مونوریل‌های تفریحی دارای فواصل ایستگاهی بیشتری از مقادیر نشان داده شده در جدول (۴) می باشند و به طور متوسط دارای فاصله‌ای برابر ۱/۷۲ کیلومتر هستند.

همانطور که در جدول (۴) مشخص است فواصل متوسط ایستگاههای مترو بیشتر از سایر سیستم‌های حمل و نقل همگانی ریلی می‌باشد و با توجه به فاصله بیشتر ایستگاههای سیستم‌های ریلی نسبت به فاصله ایستگاههای اتوبوس معمولی، لازم است در توقفگاههای سیستم‌های ریلی، ایستگاههای تبادل برای تغییر مد کاربران و استفاده از مدهای با عملکرد متوسط و پایین برای پوشش مناطق مسکونی لحاظ گردد.

٤-٢- حداکثر شیب طولی

معیار حداکثر شیب طولی برای مسیرهایی که در کریدورهای پرشیب قرار دارند به عنوان یکی از عوامل مهم در انتخاب یک سیستم ریلی به شمار می‌آید. چه بسا ممکن است در مسیر خاصی شیب به قدری زیاد باشد که بعضی از سیستم‌ها قادر به حرکت نباشند. معیار حداکثر شیب به دو دسته حداکثر مطلوب و حداکثر مطلق تقسیم می‌شود. حداکثر شیب مطلق، شیبی است که در محوطه‌های تعمیر، سرویس و نگهداری (دپو) یا در طول بخش کمی از مسیر به دلایل شیب زیاد زمین می‌تواند اعمال گردد. حداکثر شیب مطلوب نیز شیبی است که به راحتی و بدون ایجاد ناراحتی برای مسافران، توسط سیستم ریلی قابل پیمایش است.

حداکثر شیب طولی مطلق و مطلوب انواع سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵): حداکثر شیب طولی مسیر، در انواع سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی

سیستم		حداکثر شیب (٪)
قطار سبک شهری	حداکثر مطلق	۶
	حداکثر مطلوب	۳/۵
مونوریل*	حداکثر مطلق	۶
	حداکثر مطلوب	۴
مترو	حداکثر مطلق	۵
	حداکثر مطلوب	۳

*- نمونه‌های مونوریل معلق با شیبی بیشتر از مونوریل سوار بر ریل (۶٪) و برابر با مقدار ماکزیمم تا ۱۰٪ اجرا شده است (به عنوان مثال مونوریل‌های شیبا، شونان و اینویاما ژاپن)

- لازم به ذکر است شیب مسیر در ایستگاه‌ها از صفر تا ۰/۲ درصد متغیر است.

٤-٣- حداقل شعاع قوس

حداقل شعاع قوس افقی در طراحی مسیر سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل:

- شعاع معابر شهری موجود
- سرعت طرح سیستم حمل‌ونقل همگانی شهری
- بربلندی (دور) مسیر

- حداکثر نیروی جانبی که اعمال آن بر مسافرین در سیستم قابل قبول باشد.
- مشخصات فنی قطارها و واگن، سیستم‌های اتصال (در سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی)

دارای بازه وسیعی می‌باشند. در ادامه دو پارامتر حداقل مطلق شعاع قوس و حداقل عملکردی شعاع قوس در سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری ارائه شده است.

الف- حداقل مطلق شعاع قوس

گردش در این شعاع قوس معمولاً با سرعتهای بسیار پایین و غیر عملکردی انجام گرفته و معمولاً از آن در دپوها، سیستم‌های نگهداری و سرویس استفاده می‌گردد. با توجه به تقلیل قابل توجه سرعت در این محدوده‌ها، میزان حداقل شعاع قوس معمولاً با توجه به ویژگی‌های تکنولوژیک هر سیستم و محدودیتهایی که ابعاد واگن و نوع مسیر ایجاد می‌نمایند، مشخص می‌گردد. در جدول (۶) حداقل شعاع قوس مطلق در انواع سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی شهری ارائه شده است.

جدول (۶): حداقل شعاع قوس مطلق سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری

نام سیستم	حداقل شعاع قوسی (متر)
مونوریل	۵۰ (زیرا که تیرها بتنی و پیش تنیده‌اند.)
قطار سبک شهری	۱۵
مترو	۱۵

باید توجه داشت که استفاده از شعاع قوس‌های جدول فوق در خطوط عملکردی سیستم باعث کاهش سرعت و در نتیجه کاهش راندمان عملکرد سیستم تا حد غیرقابل قبول خواهد شد.

ب- حداقل شعاع قوس در خطوط عملکردی سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی شهری

در این بخش به معرفی پارامتر حداقل شعاع قوس در خطوط عملکردی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری پرداخته می‌شود. در این بررسی باید این نکته را در نظر داشت که با توجه به عوامل مختلفی که در تعیین حداقل شعاع قوس عملکردی موثر می‌باشند و با ملاحظه این مطلب که با تغییر هر یک از این پارامترها می‌توان شعاع قوس حداقل سیستم را تغییر داد، تعریف بازه دقیقی از حداقل شعاع قوس عملکردی مشکل

بوده و اعدادی که در جدول (۷) ارائه می‌شود، نشان‌دهنده حداقل مطلوب به عنوان معیاری برای طرح یک سیستم مناسب حمل‌ونقل ریلی شهری خواهند بود.

جدول (۷): حداقل شعاع قوس مطلوب در سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری

نام سیستم	حداقل شعاع قوس عملکردی (متر)
مونوریل	۷۰
قطار سبک شهری	۵۰ (سیستم‌های مختلط با ترافیک و معابر کم عرض شهری) ۱۵۰ (سیستم‌هایی با مسیر مجزا)
مترو	۳۰۰

۵- ظرفیت سیستم‌های ریلی

ظرفیت مسافر یک سیستم حمل‌ونقل شهری عبارت است از تعداد مسافری که آن سیستم می‌تواند در قطعه مشخصی از یک مسیر و در بازه زمانی معین (معمولاً یک ساعت) حمل نماید. برای محاسبه ظرفیت سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی در ابتدا شاخص راحتی مسافر در ناوگان مطرح می‌شود و سپس سطح سرویس این شاخص مشخص می‌گردد. در مرحله بعد با توجه به سطح سرویس مربوطه، گنجایش ناوگان انواع سیستم‌های انبوه حمل‌ونقل همگانی محاسبه می‌شود. در گام بعد پس از تعیین ضریب ساعت اوج و سرفاصله زمانی حداقل، ظرفیت تعیین می‌گردد.

۵-۱- مشخصات موثر در تعیین ظرفیت ناوگان سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی انبوه

جهت محاسبه گنجایش سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی قبل از هر چیز لازم است مشخصات ناوگان سیستم کاملاً تشریح گردد که شامل موارد زیر است:

- ابعاد فیزیکی واگن‌ها
- تعداد واگن‌ها در هر قطار

با توجه به اینکه سازندگان سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی ریلی، شکل‌ها و ابعاد مختلفی را برای وسایل نقلیه تولیدی خود در نظر گرفته و ارایه نموده‌اند، در ادامه این بخش مشخصات ناوگان برای انواع سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی ارائه می‌شود.

۵-۱-۱- مونوریل

در ادامه ابعاد فیزیکی واگن‌ها، چیدمان داخلی ناوگان، تعداد واگن‌ها در هر قطار مونوریل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵-۱-۱-۱- تقسیم‌بندی مونوریل سوار بر ریل از لحاظ ابعاد فیزیکی واگن

مونوریل سوار بر ریل شامل انواع مونوریل در اندازه‌های بزرگ، متوسط و کوچک است. معمولاً سیستم‌های کوچک در پارک‌های تفریحی استفاده می‌شوند و اندازه‌های متوسط و بزرگ، را می‌توان در بخش حمل‌ونقل انبوه شهری به کار برد. در این راهنما محاسبه ظرفیت مونوریل‌های متوسط و بزرگ مدنظر است. در حال حاضر در دنیا شرکت‌های مختلفی در حال طرح و ساخت سیستم‌های مونوریل هستند. این شرکت‌ها در چند کشور دنیا از جمله ژاپن، آلمان، سوئیس، مالزی، انگلیس و ... مستقر می‌باشند. اکثر شرکت‌های سازنده مونوریل، شرکت‌هایی هستند که به تولید نمونه‌های کوچک تفریحی که به طور بالقوه کارایی حمل‌ونقل همگانی را ندارند مشغول می‌باشند. در این بین در کل دنیا شرکت‌های بسیار کمی وجود دارند که توانایی تولید مونوریل با ظرفیت حمل مسافر بالا (10000[1] مسافر در هر ساعت در هر جهت) را دارند.

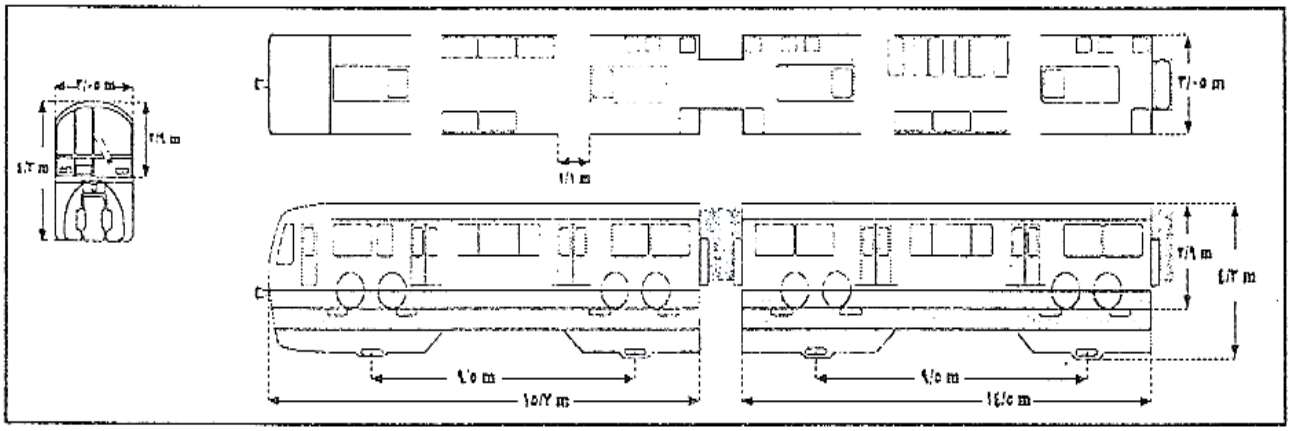
در زمان تهیه این راهنما از بین سازندگان مونوریل تنها شرکت هیتاچی سه تیپ مونوریل بزرگ، متوسط و کوچک را تولید می‌کند و شرکت‌های دیگر تنها مونوریل متوسط را که در اصطلاح امروزی "مونوریل استاندارد" نامیده می‌شود، تولید می‌کنند. در ادامه، خصوصیات فیزیکی مونوریل‌های حمل‌ونقل شهری با ذکر نام سازندگان آنها ارائه می‌گردد. لازم به ذکر است که از مونوریل‌های کوچک که جنبه تفریحی دارند، در این دستورالعمل صرف‌نظر شده است.

الف- مونوریل بزرگ

اولین و معروف‌ترین مونوریل ساخته شده از نوع بزرگ توسط شرکت هیتاچی، مونوریل توکیو- هاندا[2] است؛ که برای اهداف حمل‌ونقل همگانی در شهر توکیو ساخته شده است. خط توکیو- هاندا در سال ۱۹۶۴ بازگشایی

[1] Passenger per hour per direction
[2] Haneda

شد و هم‌اکنون در حدود ۱۴۰۰۰۰ مسافر را در روز جابجا می‌کند. ابعاد و اندازه‌های مونوریل بـزرگ هیتـاچی در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل (۱): مشخصات فیزیکی مونوریل بزرگ هیتاچی

ب- مونوریل استاندارد (متوسط)

شرکت‌های سازنده مطرحی به ساخت مونوریل‌های استاندارد حمـل‌ونقـل شـهری مـی‌پردازنـد و تـاکنون نیـز سیستم‌های مختلفی توسط آنها احداث شده است و این شرکتها عبارتنـد از: شـرکت هیتـاچی ژاپـن (سـازنده مونوریل‌های متعدد حمل‌ونقل شهری در شهرهایی چون توکیو، تاما، اکیناوا، کیتاکیوشو و ...) شرکت کانادایی- آمریکایی بمباردیر (که جدیدترین محصول آن مونوریل لاس‌وگاس در آمریکا اسـت)، کـی‌ال مونوریـل مـالزی (سازنده مونوریل کوالالامپو و پوتراجایای مالزی).

۵-۱-۱-۲- تعداد واگن‌ها

طبق استانداردهای سازندگان مونوریل دو حالت بـرای تعـداد واگـن در دنیـا وجـود دارد و تمـامی محاسـبات سازه‌ای، طرح‌های سازه‌ای و معماری و نقشه‌های تیپ تهیه شده برای مونوریل بر اساس این دو حالت صـورت گرفته است، که عبارتند از:

۱) قطار ۶ واگنه مورد استفاده در مونوریل‌های بزرگ

۲) قطار ۴ واگنه مورد استفاده در مونوریل‌های استاندارد (متوسط)

ساخت مونوریل که در تمام موارد به صورت تیپ اجرا می‌گردد، از این تعداد واگن استفاده می‌شود. بدیهی است که با اعمال هر گونه تغییری باید مباحث مهندسی جهت تعیین حالت بهینه جدید با توجه به ابعاد واگن، تعداد آن، تغییر ابعاد سازه‌ها و ... بررسی گردد و از طرف دیگر، هر تغییری نیازمند مطالعات و طراحی‌های جدید سازه‌ای است.

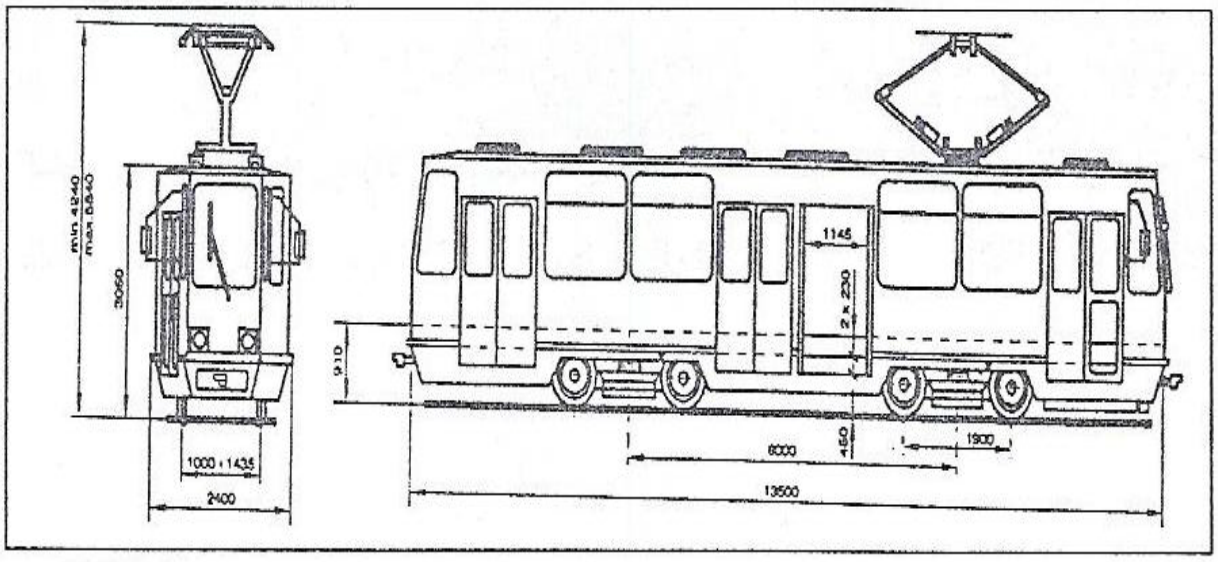
۵-۱-۲- قطار سبک شهری

در ادامه ابعاد فیزیکی واگن‌ها و تعداد واگن‌ها در قطار سبک شهری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵-۱-۲-۱- تقسیم‌بندی قطار سبک شهری از لحاظ ابعاد فیزیکی واگن

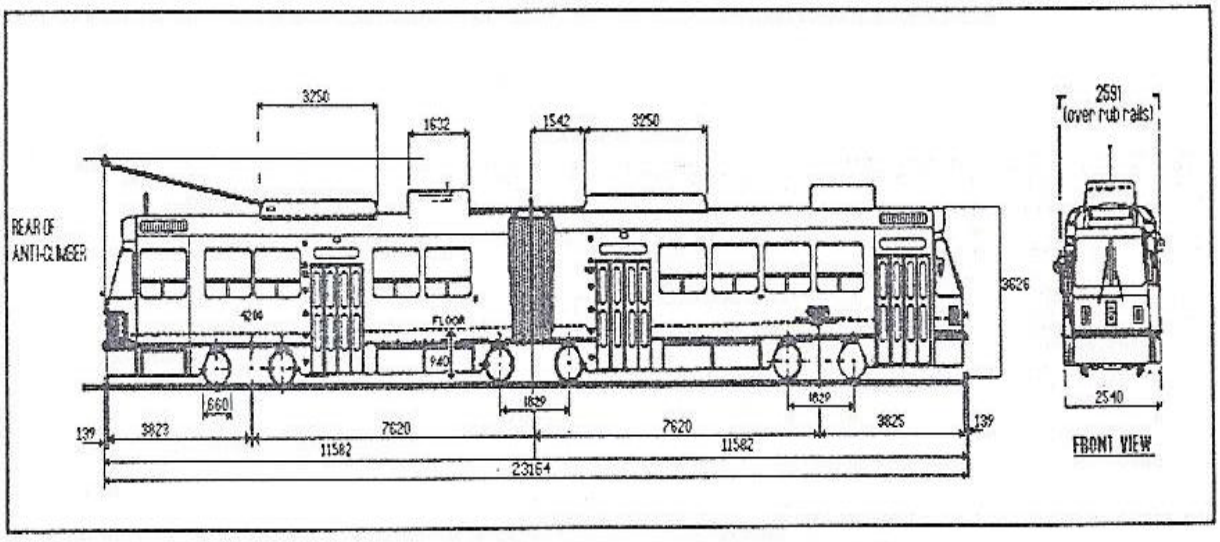
لازم به ذکر است که بر خلاف مونوریل، قطار سبک دارای ابعاد، اشکال و اندازه‌های بسیار متنوع و سازندگان گوناگون در جهان است و نمی‌توان یک نوع مشخص از ابعاد و خصوصیات را ارائه نمود. از طرفی امروزه قطارهای سبکی به صورت یکپارچه به وسیله قطعات زیاد بهم چسبیده از طریق مفصلها ساخته شده است که باعث افزایش کارایی بسیار زیاد سیستم در عبور از قوس‌ها می‌شود که شکل کاملاً متفاوتی از سایر قطارهای سبک دارد (نمونه‌ای از قطار سبک شهری با شاسی کوتاه، بندرپورتو، پرتغال) و یا می‌توان به سیستم‌های پیشرفته‌تری از قطار سبک نیز اشاره نمود که به صورت چرخ لاستیکی بوده و ریلی نیستند و شباهت بسیار زیادی به اتوبوس دارند (مثل قطارهای سبک ساخته شده توسط شرکت TVR)، ولی با توجه به مطالعات موردی می‌توان قطارهای سبک را در نمونه‌های معمول ذیل تقسیم‌بندی نمود:

الف- قطار سبک شهری تک واگنه که دارای طولی در حدود ۱۰ تا ۲۰ متر است. شکل (۲) واگن‌های قطار سبک که از نوع قطار ۴ محوره مدل WP101 است را نشان می‌دهد.



شکل (2): واگن‌های قطار سبک از نوع ۴ محوره مدل WP101 (ابعاد به میلیمتر)

ب- *قطار سبک شهری مفصلی*[1] که دارای طول بیشتری از حالت تک واگنه است و در انواع ۴، ۶ و ۸ محوره با طولی در حدود ۲۲ الی ۳۰ متر ساخته می شود. شکل (3) نمونه ای از قطار سبک شهری مفصلی را نشان می دهد.



شکل (3): قطار سبک شهری مفصلی دارای طول بیشتری از حالت تک واگنه (ابعاد به میلیمتر)

[1] Articulated

ج- *واگن‌های مجزا و متصل به یکدیگر*[1]. این نوع معمولاً از ارتباط چندین قطار سبک شهری تک واگنه یا مفصلی، سیستم بزرگتری را به وجود می‌آورد. در ادامه در خصوص تعداد واگنهای چسبیده بهم در این سیستم توضیحات لازم ارائه می‌گردد.

۵-۱-۲-۲- تعداد واگن‌ها

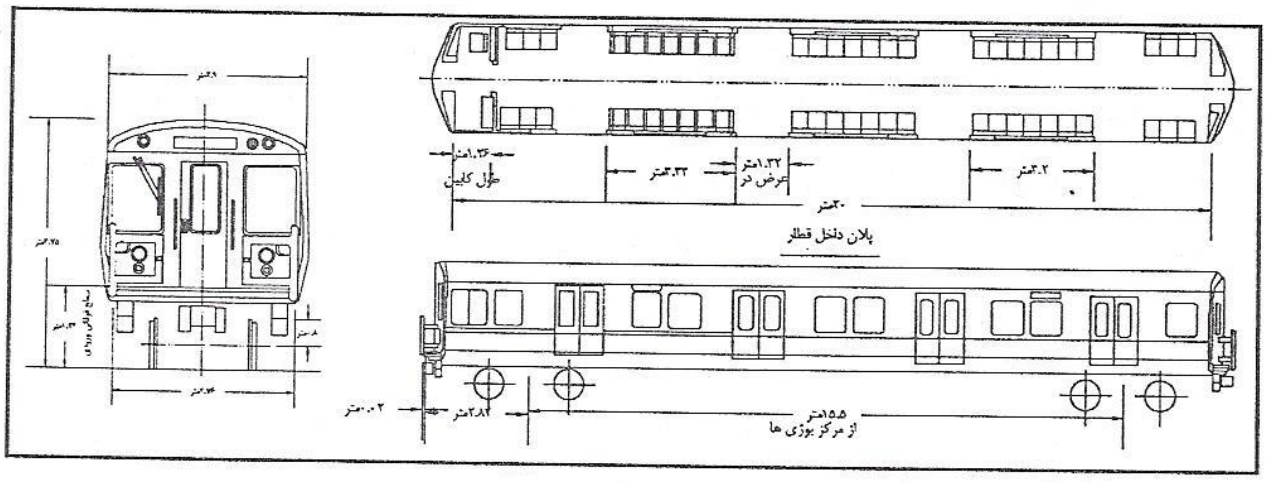
مشخصات مسیر حرکت، طول ایستگاهها و قدرت کشش قطار تعیین کننده تعداد واگن‌ها و مشخصات آنها است. معمولاً حداکثرتعداد واگن ها، به ۴ واگن برای قطار سبک شهری تک واگنه و ۲ واگن برای قطار سبک شهری مفصلی محدود می شود.

۵-۱-۳- مترو

در ادامه ابعاد فیزیکی واگن‌ها و تعداد واگن‌ها در سیستم مترو مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵-۱-۳-۱- تقسیم‌بندی مترو از لحاظ ابعاد فیزیکی واگن

متروها بر خلاف سیستم‌های مونوریل و قطار سبک از لحاظ شکل، ابعاد و مشخصات واگن‌ها تقریباً از الگوی یکسانی پیروی می‌کنند. شکل (4) نمونه‌ای معمول از ابعاد واگن‌های مترو را نشان می‌دهد.



شکل (4): نمونه‌ای معمول از ابعاد واگن‌های مترو

[1] Pinned

۵-۱-۳-۲- تعداد واگن‌ها

تعداد واگن‌ها در سیستم‌های مترو از ۱۰ واگن در مترو هنگ کنگ تا ۵ واگن متغیر است. تعداد معمول واگن در جهان برای سیستم مترو همان تعداد واگن‌های مترو تهران یعنی ۷ عدد می باشد.

۵-۲- چیدمان داخلی واگن‌ها در سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی انبوه

در چیدمان صندلی‌های سیستم‌های ریلی عواملی چون سطح سرویس تعیین شده، هماهنگی با ابعاد داخلی، میزان مسافری که قرار است توسط سیستم حمل شود، عملکرد سیستم (از لحاظ تفریحی یا حمل و نقل شهری) و ... موثر است. صندلی‌ها می‌توانند عرضی به صورت پشت سر هم (اتوبوسی) همچون مونوریل تاما در توکیو و یا به صورت طولی (تکیه داده شده به دیواره جانبی واگن‌ها) چون مونوریل ناها در اکیناوا تعبیه شوند. در سیستم‌های حمل‌ونقل انبوه شهری جهت بالا بردن ظرفیت حمل مسافر نوع صندلی‌های طولی ارجح است و در محاسبات مربوط به گنجایش ناوگان انواع سیستم های حمل و نقل همگانی انبوه در این دستورالعمل این نوع از چیدمان داخلی منظور می‌گردد.

۵-۳- تعیین گنجایش ناوگان انواع مختلف سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی شهری

در محاسبه گنجایش ناوگان، پس از معرفی استاندارد حمل مسافر درون ناوگان به محاسبه حداکثر تعداد مسافران درون ناوگان با توجه به این استاندارد پرداخته می‌شود.

۵-۳-۱- استاندارد فضای تعلق گرفته به هر مسافر ایستاده با توجه به سطوح مختلف سرویس

معیاری که برای بیان راحتی و سودمندی سیستم و همسان کردن آن با سطوح سرویس به کار می‌رود، شاخصی به نام تعداد مسافران در داخل یک ناوگان است.

میزان حمل مسافر بر اساس دو شاخص، تخمین زده می‌شود:

۱- فاکتور بار (load factor) که نسبت تعداد مسافران به تعداد صندلی‌ها را نشان می‌دهد.

۲- سطح تعلق گرفته به هر مسافر ایستاده وقتی که تمام صندلی‌ها پر باشد.

نحوه محاسبه فضای ایستادن مسافران عبارت است از:

مرحله اول: محاسبه سطح خالص داخلی کف وسیله: با ضرب عرض داخلی در طول داخلی وسیله بدست می‌آید.

مرحله دوم: محاسبه مساحتی که با صندلی‌های عرضی هر کدام ۰/۵ متر مربع، صندلی‌های طولی هر کدام ۰/۴ متر مربع و مکان ویلچر به ازاء هر ویلچر ۰/۹۵ متر مربع اشغال شده باشد.

مرحله سوم: محاسبه سطح ایستادن مسافران از تفریق مقادیر گام ۲ از گام ۱ محاسبه می‌گردد.

۵-۳-۲- سطح سرویس بر اساس شاخص راحتی مسافر در ناوگان

طبق استانداردهای TCQSM، فضای اشغال شده توسط هر یک از حالت‌های مختلف مسافران در داخل ناوگان، طبق جدول (۸) در نظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است این فضا صرفاً فضای پیرامونی اشغال شده می باشد و فضای مورد نیاز، برای یک فرد با احتساب حداقل حریم یا فضای خالی اطراف وی مقداری بیشتر از اعداد نشان داده شده در جدول شماره (۸) است.

جدول (۸): فضای اشغال شده توسط حالت‌های مختلف مسافران در داخل ناوگان

وضعیت مسافر	فضای اشغال شده (m^2)	وضعیت مسافر	فضای اشغال شده (m^2)
ایستاده	۰/۲- ۰/۱۵	حداقل فضای نشستن	۰/۳-۰/۲۵
با کیف	۰/۳-۰/۲۵	صندلی‌ها کیپ هم	۰/۳۵ برای هر نفر
با چمدان	۰/۵۵-۰/۳۵	نشستن راحت	۰/۵۵ برای هر نفر
با دوچرخه	۱/۹-۱/۶	ویلچر	۰/۹۳

فضای در نظر گرفته شده برای هر فرد ایستاده با توجه به شرایط مختلف در یک سیستم حمل‌ونقل همگانی عبارت است از:

- **فضای مناسب:** ۰/۵ متر مربع برای هر نفر که فراهم آورنده شرایط بالنسبه راحت است.
- **قابل تحمل:** ۰/۳۵ متر مربع برای هر نفر که حد پایین فضای در نظر گرفته شده در سیستم است.

- **غیرقابل تحمل:** ۰/۲ متر مربع برای هر نفر که کمترین فضایی است که گاهی اوقات ممکن است رخ دهد.

در جدول (۹) سطح سرویس بر اساس شاخص راحتی مسافر در ناوگان با توجه به فضای اختصاص گرفته به هر مسافر، ارائه شده است.

جدول (۹): سطوح سرویس تعریف شده برای آسایش مسافرین در ناوگان سیستم

سطح سرویس	ضریب بار (مسافر/صندلی)	سطح ایستادن به ازاء هر مسافر (m^2/مسافر)	توضیحات
A	۰/۰۰-۰/۵۰	>۱/۰۰	مسافران مجبور به نشستن در کنار هم نیستند.
B	۰/۵۱-۰/۷۵	۰/۷۶-۱/۰۰	مسافران می‌توانند مکان نشستن خود را انتخاب کنند.
C	۰/۷۶-۱/۰۰	۰/۵۱-۰/۷۵	تمامی مسافران می‌توانند بنشینند
D	۱/۰۱-۱/۲۵	۰/۳۶-۰/۵۰	راحت برای مسافران ایستاده
E	۱/۲۶-۱/۵	۰/۲-۰/۳۵	طراحی سیستم برای ماکزیمم تعداد مسافر
F	>۱/۵	<۰/۲	بسیار فشرده و غیر قابل تحمل

۵-۳-۳- محاسبه گنجایش ناوگان

محاسبه گنجایش ناوگان سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی با توجه به شاخص راحتی مسافر در ناوگان و تعیین سطح سرویس این شاخص و نیز داشتن اطلاعات کافی در مورد ابعاد و خصوصیات فیزیکی واگن‌ها انجام می‌گیرد. روند محاسبه گنجایش واگن طبق رابطه (۱) است:

$$C_c = \left[\frac{(L_c - 0/5L_a)W_c - 0/5D_nW_sD_w}{S_{sP}}\right] + N\left[\left(1-\frac{S_a}{S_{sp}}\right)\left(\frac{L_c - L_a - D_n(D_w + 2S_b)}{S_w}\right)\right] \quad (۱)$$

C_c = حداکثر گنجایش واگن در اوج ۱۵ دقیقه‌ای (مسافر/واگن)

L_c = طول داخلی یک واگن (متر)

L_a = طول قسمت مفصلی واگن بر حسب متر (این طول برای واگن‌های مونوریل صفر است)

W_S = عرض پله ورودی مربوط به قطارهای سبک شاسی بلند یا نیمه بلند بر حسب متر (و برای مونوریل صفر در نظر گرفته می‌شود.)

W_c = عرض داخلی واگن (متر)

S_{sp} = فضای اشغال شده به ازاء هر مسافر ایستاده (۰/۲ متر مربع: حالت بسیار فشرده[1]، ۰/۳ متر مربع: حداکثر بار طراحی[2] و ۰/۵ متر مربع: ایستادن راحت[3])

N = چیدمان صندلی‌ها (عدد ۲ برای صندلی‌های طولی، عدد ۳ برای صندلی‌های عرضی در فرم ۲+۱، عدد ۴ برای صندلی‌های عرضی در فرم ۲+۲ و عدد ۵ برای صندلی‌های عرضی در فرم ۲+۳)

D_w = عرض دَر

S_w = بُعد طولی اشغال شده توسط هر صندلی (معمولاً ۰/۶۹ متر برای هر صندلی عرضی و ۰/۴۳ متر برای هر صندلی طولی)

S_b = فاصله نقطه انتهایی دَر تا پارتیشن حدفاصل دَر و صندلی‌ها (معمولاً ۰/۲ متر و حتی کمتر برای هر صندلی)

S_a = فضای اشغال شده توسط هر تک صندلی (معمولاً ۰/۴ متر مربع برای صندلی‌های طولی و ۰/۵ مترمربع برای صندلی‌های عرضی)

D_n = تعداد دَرهای هر طرف واگن

با توجه به رابطه (۱) در این قسمت محاسبه گنجایش واگن هر یک از انواع سیستم‌های حمل و نقل ریلی طبق جدول (۱۰) انجام گرفته است.

[1] Crush Load
[2] Maximum Schedule Load
[3] Comfortable Standing Load

جدول (۱۰): محاسبه گنجایش واگن در انواع سیستم های حمل‌ونقل شهری

سیستم ریلی		L_c (متر)	W_c (متر)	N	W_S (متر)	D_w (متر)	L_a (متر)	S_w (متر)	S_b (متر)	D_n	S_a (m^2)	C_c = حداکثر گنجایش (نفر) S_{sp} ۰/۲ (m^2)	۰/۳ (m^2)	۰/۵ (m^2)
مونوریل	مونوریل بزرگ (هیتاچی)	۱۴/۵	۳/۰۵	۲	۰	۱/۱	۰	۰/۴۳	۰/۲	۲	۰/۴	۱۶۸	۱۳۰	۱۰۰
	مونوریل متوسط (استاندارد) بمباردیر	۸/۶	۲/۷	۲	۰	۱/۶	۰	۰/۴۳	۰/۲	۱	۰/۴	۸۵	۶۷	۵۳
	مونوریل متوسط (استاندارد) هیتاچی	۱۱/۶	۲/۹	۲	۰	۱/۱	۰	۰/۴۳	۰/۲	۲	۰/۴	۱۲۸	۱۰۰	۷۵
	مونوریل متوسط (استاندارد) کی ال مونوریل مالزی	۹/۱۵	۳	۲	۰	۱/۲	۰	۰/۴۳	۰/۲	۲	۰/۴	۱۱۰	۸۲	۶۰
قطار سبک شهری	تک واگنه	۱۳/۵	۲/۴	۲	۰/۴	۱/۱۴۵	۰	۰/۴۳	۰/۲	۴	۰/۴	۱۵۴	۱۰۴	۶۴
	مفصلی	۲۵	۲/۵۴	۲	۰/۴	۱/۶۳۵	۱/۸۲۹	۰/۴۳	۰/۲	۴	۰/۴	۲۹۲	۱۹۷	۱۲۱
مترو (مشابه متروی تهران)		۱۹/۵۲	۲/۶۴	۲	۰	۱/۳۲	۰	۰/۴۳	۰/۲	۴	۰/۴	۲۵۲	۱۷۰	۱۰۴

۵-٤- ظرفیت انواع سیستمهای حمل و نقل ریلی و نحوه محاسبه آن

ظرفیت مسافر یک سیستم حمل‌ونقل شهری عبارت است از تعداد مسافری که آن سیستم می‌تواند، در قطعه مشخصی از یک مسیر و در بازه زمانی معین (معمولاً یک ساعت) حمل نماید. تخمین ظرفیت (مسافر در هر ساعت و در هر جهت (pphpd[1])) سیستم‌های ریلی با توجه به تعداد، گنجایش، نوع سرویس‌دهی (سرفاصله زمانی) و نیز لحاظ نمودن تغییر در تقاضای ساعت اوج با اعمال ضریب ساعت اوج (PHF) به شرح ذیل انجام می‌گیرد.

برای محاسبه ظرفیت سیستم‌های ریلی در این قسمت از مقررات TCQSM استفاده شده است. رابطه حداکثر ظرفیت برای سیستم‌های ریلی عبارت است از:

[1] Passenger per hour per Direction

$$P = (۳۶۰۰ / h_{\min}) \times N_c \times P_c \times PHF \qquad (۲)$$

که در آن:

h_{min} (ثانیه) : حداقل سرفاصله زمانی (فاصله زمانی متوالی دو وسیله)

N_c: تعداد واگن در هر قطار،

P_c: تعداد مسافر در هر واگن، (محاسبه شده بر اساس رابطه شماره (۱))

PHF: فاکتور ساعت اوج است.

نحوه محاسبه فاکتور ساعت اوج در ذیل ارائه شده و میزان حداقل سرفاصله زمانی نیز بر اساس تجربیات جهانی در جدول (۱۱) مشخص می باشد.

۵-٤-۱- تعیین ضریب ساعت اوج (PHF[1])

به طور کلی در سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی ریلی سه نوع غیر یکنواختی[2] در تعداد مسافران وجود دارد:

۱- حالات مختلف استقرار مسافران درهر واگن

۲- تنوع تعداد مسافران بین دو واگن

۳- تغییر در تقاضای ساعت اوج

موارد ۱ و ۲ قابل مرتفع شدن با طرح بهینه ایستگاه و درها در سیستم حمل و نقل ریلی هستند ولی در مورد ۳ باید این تغییر را به ترتیبی وارد محاسبات کرد تا نتایج حاصله به بهترین نحو با حالت واقعی تطابق داشته باشد. تغییر در تقاضای ساعت اوج با ضریب ساعت اوج اندازه‌گیری می‌شود که عبارت است از:

$$PHF = \frac{P_h}{۴ \times P_{۱۵}} \qquad (۳)$$

در این رابطه PHF ضریب ساعت اوج است، P_h میزان تقاضا در ساعت اوج و P_{15} میزان تقاضا در اوج ۱۵ دقیقه‌ای ساعت اوج می باشد. این مسئله باید مورد توجه قرار گیرد که، استانداردهای سرویس (جدول (9)) و رابطه محاسبه گنجایش (رابطه (۱)) بر اساس اوج ۱۵ دقیقه‌ای ساعت اوج مطرح هستند، لذا برای آنکه

[1] Peak Hour Factor
[2] Diversity

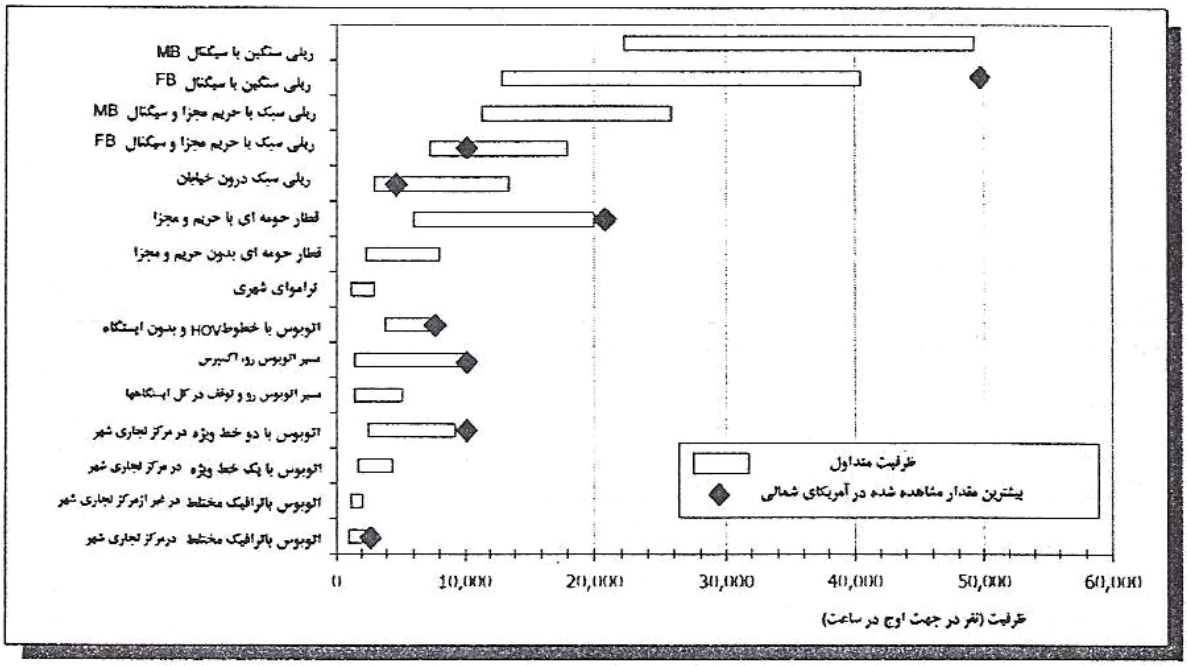
سیستم موجود بر اساس استانداردهای سطح سرویس ارزیابی گردد، باید اطلاعات مربوط به اوج پانزده دقیقه‌ای سیستم مذکور را استخراج نمود. مقادیر پیشنهادی برای ضریب ساعت اوج به ترتیب برای سیستم‌های سنگین و سبک ریلی در حدود ۰/۸ و ۰/۷۵ می‌باشد. حداقل سرفاصله (فاصله زمانی متوالی دو وسیله) در سیستم‌های حمل‌ونقل شهری جهان در جدول (۲) نشان داده شده است.

ظرفیت سیستم‌های ریلی با توجه به رابطه (۲) در جدول (۱۱) آورده شده است.

جدول (۱۱): ظرفیت سیستم‌های حمل‌ونقل شهری (مسافر در هر ساعت و در هر جهت (pphpd))

روند محاسبه ظرفیت سیستم‌های حمل و نقل همگانی			مونوریل بزرگ (هیتاچی)	مونوریل استاندارد (متوسط)			قطار سبک شهری		مترو
				بمباردیر	هیتاچی	مونوریل مالزی	تک واگنه	مفصلی	
فاکتور ساعت اوج (PHF)			۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵
سرفاصله حداقل (ثانیه)			۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰
حداکثر ظرفیت (pphpd)	S_{sp} (فضای اشغال شده به ازاء هر مسافر ایستاده)	۰/۲ (Crush load)	۲۲۶۸۰	۷۶۵۰	۱۱۵۲۰	۱۴۸۵۰	۱۳۸۶۰	۱۳۱۴۰	۵۶۴۵۰
		۰/۳ (Maximum Schedule load)	۱۷۵۵۰	۶۰۳۰	۹۰۰۰	۱۱۰۷۰	۹۳۶۰	۸۸۶۵	۳۸۰۸۰
		۰/۵ (Comfortable Standing load)	۱۳۵۰۰	۴۷۷۰	۶۷۵۰	۸۱۰۰	۵۷۶۰	۵۴۴۵	۲۳۳۰۰

اگر چه جدول (۱۱) به منظور تعیین ظرفیت حداکثر، سرفاصله‌های حداقل موجود در جهان را (جدول (۲)) لحاظ نموده است؛ ولی جهت مقایسه ظرفیت انواع سیستم‌ها با توجه به انواع مختلف روش‌های کنترل به کار رفته در سیستم های حمل و نقل ریلی شهری، شکل (۵) از آیین‌نامه TCQSM ارائه شده است همانطور که مشاهده می‌شود، نتایج حاصل از جدول (۱۱) بسیار شبیه با مقادیر شکل شماره (۵) است.



شکل (5): ظرفیت سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل عمومی

مدیران کلانشهرها، با توجه به تقاضای مسافر برآورد شده در مطالعات جامع حمل و نقل شهری برای سیستم حمل و نقل ریلی، میتوانند نسبت به انتخاب سیستم ریلی مناسب، سر فاصله زمانی قطارها در سیستم ریلی، تعداد واگنها در هر قطار و خصوصیات فیزیکی واگنها (خریداری واگن از مناسب ترین شرکت) اقدام نمایند.

۶- هزینه ساخت سیستم‌های حمل‌ونقل شهری

بانک جهانی با انجام مطالعات متعدد بر روی تعداد کثیری از نمونه‌های موجود در جهان قیمت احداث کامل هر یک از سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی و ظرفیت مورد انتظار از آنها را به شرح جدول (۱۲) ارائه داده است. در مورد مترو اهم هزینه‌ها به ساخت مسیر مربوط می‌شود.

جدول (۱۲): هزینه‌های ساخت سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی

سیستم	قطار سبک در سطح و غیرمختلط	مترو			اتوبوس سریع‌السیر شهری[1] (BRT)
		در سطح	در ارتفاع	زیرزمین	
قیمت (میلیون دلار بر هر کیلومتر)	۳۰-۱۰	۳۰-۱۵	۷۵-۳۰	۱۸۰-۶۰	۵-۱
ظرفیت سیستم	۱۲۰۰۰-۱۰۰۰۰	۶۰۰۰۰ و بیشتر			۲۰۰۰۰-۱۰۰۰۰*

* در مورد مسیر ۴ خطه (دو خط رفت و دو خط برگشت وجود دارد که فضای بسیار وسیعی را طلب می‌نماید.)

با توجه به ارقام ارائه شده در جدول (۱۲) مشخص می شود، سیستم اتوبوس سریع السیر (BRT) با توجه به هزینه کمتر و جا به جایی مسافر بالای ۱۰۰۰۰ نفر در ساعت در مقایسه با سیستم های ریلی در اغلب شهرهای بزرگ کشور می تواند به عنوان گزینه مناسب و قابل بررسی مطرح باشد.

۶-۱- هزینه نمونه‌های تجربی سیستم‌های مونوریل در دنیا

با توجه به بررسی تمامی مونوریل‌های موجود در جهان، لیست کاملی از مونوریل‌های موجود در جهان تهیه شده است که می‌توان بسته به نوع سازنده، رقم ساخت را طبق جدول (۱۳) ارائه نمود.

[1] Bus Rapid Transit

جدول (۱۳): هزینه ساخت بر اساس نوع شرکت سازنده

شرکت سازنده انتخاب شده	نمونه ساخته شده	هزینه تقریبی (میلیون دلار بر هر کیلومتر)
کانادایی- آمریکایی (بمباردیر)	لاس وگاس	۶۰/۹
مالزیایی (مونوریل مالزی)	کوالالامپور	۳۶/۶
ژاپنی (هیتاچی)	ناها و تاما	۴۲/۳
سویسی (اینتامین)	مسکو	۴۰

۷- هزینه بهره‌برداری و نگهداری

هزینه نگهداری و بهره‌برداری سیستم‌های حمل‌ونقل مختلف ریلی در جدول (۱۴) ارائه شده است.

جدول (۱۴): هزینه نگهداری و بهره‌برداری (دلار برای هر مسافر- کیلومتر)

شرح		مونوریل	قطار سبک	مترو
هزینه بهره‌برداری و نگهداری	متوسط	۰/۸۳	۰/۳۵	۰/۳۱
	بازه	۰/۱۹-۲/۲۵	۰/۰۹-۰/۷۹	۰/۱۶-۰/۶۱

مطابق جدول (۱۴) مشخص است که سیستم مونوریل در میان انواع سیستمهای حمل و نقل همگـانی ریلـی، پرهزینه ترین برای بهره برداری و نگهداری می باشد.

۱

۸- اثرات زیست محیطی

اثرات زیست محیطی یکی از فاکتورهایی است که در جوامع پیشرفته و صنعتی بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد. به طور کلی اثرات زیست محیطی سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی را می‌توان تحت عنوان صوت آلودگی، دید آلودگی و آلودگی هوا بررسی نمود.

۸-۱- صوت آلودگی

در ماده ۲ آئین‌نامه اجرایی نحوه جلوگیری از آلودگی صوتی مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۸/۳/۱۹ هیأت وزیران، حدود مجاز صدا در هوای آزاد ایران به شرح جدول (۱۵) تعیین گردیده است. در این جدول، انواع مناطق به صورت ذیل تعریف شده‌اند:

الف- منطقه مسکونی

محدوده‌ای است که بیش از ۵۰ درصد آن دارای کاربری مسکونی خالص باشد و بقیه آن (علاوه بر شبکه معابر) شامل خدمات مربوط به واحدهای مسکونی و بدون ایجاد مزاحمت برای آنها باشد.

ب- منطقه تجاری، مسکونی

منطقه‌ای است که معمولاً طبقات همکف به صورت تجاری و طبقات بالاتر به صورت مسکونی پیش‌بینی شده باشد، اما کاربری مسکونی معمولاً بیش از تجاری است.

ج) منطقه تجاری

منطقه‌ای است که عمدتاً دارای کاربری تجاری و یا کاربری‌های مربوط به آن (دفاتر اداری، تفریحی، فرهنگی و غیره) باشد.

د) منطقه مسکونی- صنعتی

منطقه‌ای است که در آن بعضی از صنایع غیرآلوده (مانند بعضی از صنایع کارگاهی) در کنار نواحی مسکونی قرار می‌گیرد.

ه) منطقه صنعتی

به مناطقی اطلاق می‌شود که دارای کاربری صنعتی بوده و بر حسب ملاحظات زیست محیطی با فاصله‌ای بیرون از شهر و نواحی مسکونی قرار می گیرد.

جدول (۱۵): استاندارد صدا در ایران به تفکیک نوع منطقه در روز و شب (دسی بل)

نوع منطقه	روز (۷ صبح الی ۱۰ شب)	شب (۱۰ شب الی ۷ صبح)
مسکونی	۵۵	۴۵
تجاری- مسکونی	۶۰	۵۰
تجاری	۶۵	۵۵
مسکونی- صنعتی	۷۰	۶۰
صنعتی	۷۵	۶۵

از طرفی جدول (۱۶) بلندی صدای تولیدی توسط انواع سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل همگانی را نشان می‌دهد.

جدول (۱۶): صدای ایجاد شده توسط سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل همگانی (دسی بل*)

وسیله نقلیه		بلندی صدای تولیدی (دسی بل)
اتوبوس	دیزلی	۹۲-۸۵
	برقی	۸۳-۷۵
قطار سبک	در سطح	۸۶-۸۰
	زیرزمین	-
مونوریل	فقط در ارتفاع	۷۵
مترو	در سطح	۹۷-۹۰
	زیرزمین	-
خیابان شلوغ		۹۰
بوق شیپوری اتومبیل		۱۰۰
آستانه شنوایی گوش انسان		۰

* در فاصله مبنای ۱۵ متری (۵۰ فوتی) است.

لازم به ذکر است که بررسی معیار آلودگی صوتی زمانی اهمیت بیشتری می‌یابد که کریدور منتخب از نواحی آرام‌تر و کم سر و صداتر عبور نماید. پیشنهاد می شود، در شهرهای کشور با توجه به نوع کاربری منطقه،

سیستم حمل و نقل ریلی مناسب و نحوه اجرای آن (در سطح، ارتفاع و زیرزمین) تعیین گردد، تا میزان صوت تولید شده توسط سیستمم حمل و نقل، در حدفاصل مجاز تعیین شده برای منطقه مذکور قرار گیرد.

۸-۲- آلودگی دیداری

تمام سیستم‌های حمل‌ونقل شهری بر حسب مورد، اثر منفی بر مناظر شهری دارند. میزان این اثر که دید آلودگی نامیده می‌شود،کیفی است و تعیین مقدار برای آن مقدور نیست. عوامل اصلی دید آلودگی سیستم‌های ریلی به شرح جدول (۱۷) است.

جدول (۱۷): عوامل اصلی دید آلودگی سیستم‌های ریلی

سیستم	نوع اجرای مسیر	پارامترهای بر هم زننده نظم معماری شهری
مونوریل	در ارتفاع	- تیرها و ستونهای بتنی با ابعاد بزرگ و در ارتفاع - دید بر منازل و اماکن حواشی مسیر - ایجاد سایه بر معبر زیر مسیر
قطار سبک	در سطح با سیستم تغذیه بالاسری	- سیم‌ها، پانتوگراف و دکل برق موجود در مسیر
	در ارتفاع با سیستم تغذیه از راه ریل سوم	- مشابه منوریل با این تفاوت که ابعاد سازه‌ها بزرگتر است و سایه ایجاد شده در سطح زمین بیشتر می باشد.
مترو	در زیرزمین	- تقریباً بدون اثر بر منظر شهری جز در مواردی که داکت‌های تهویه و یا پست‌های برق و ورودی‌ها چشم انداز محیط را بر هم زند

۸-۳- تأثیر بر میزان آلودگی هوا

میزان انتشار آلودگی ناشی از سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل همگانی جهت مقایسه آنها در جدول (۱۸) درج گردیده است. وسایل نقلیه شخصی اگر چه به عنوان سیستم حمل‌ونقل همگانی انبوه به حساب نمی‌آیند؛ اما

در این قسمت جهت مقایسه آلودگی بسیار زیاد آنها در مقایسه با سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی، آورده شده‌اند.

جدول (۱۸): میزان انتشار آلودگی به ازاء ۱۰۰ مسافر- کیلومتر وسایل نقلیه مختلف

وسیله نقلیه	سرب (گرم)	منواکسید کربن (گرم)	هیدروژن (گرم)	اکسید نیتروژن (گرم)	دی اکسید گوگرد (گرم)	دوده و خاک (گرم)	مجموع (گرم)
وسایل نقلیه شخصی	۰-۰/۹	۱۲۵۰	۱۲۵	۱۵۰	۴/۲	۰/۲	۱۵۵۰
اتوبوس سریع‌السیر (BRT) دیزلی	۰	۴۱/۹	۱۵/۴	۱۲۵/۹	۱۲/۶	۲/۸	۲۰۰
اتوبوس برقی و حمل و نقل درون شهری ریلی با انرژی الکتریکی	تقریباً بی‌تأثیر بر آلودگی هوا						

۹- فضای اسمی مورد نیاز (فضای اشغال شده از سطح زمین)

میزان فضای اسمی اشغال شده سطح معابر برای سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل همگانی به شرح جدول (۱۹) است. در سیستم مونوریل مقطع عرضی ریلها به اندازه ۱/۵ تا ۱/۶ متر که در فواصل ۲۰ تا ۳۰ متری از یکدیگر قرار می گیرند، رایج تر است. در سیستم قطار سبک نیز اجرای مسیرهای دوطرفه که عرض آنها ۸متر می باشد، متداول است.

جدول (۱۹): میزان فضای مورد نیاز برای انواع سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی

سیستم	فضای اشغال شده در سطح زمین	مشخصات	مقدار عرض اشغال شده معبر (متر)
مونوریل	به اندازه مقطع عرضی پایه‌ها	هیتاچی کوچک	۱/۳
		هیتاچی استاندارد	۱/۵
		مونوریل مالزی	۱/۶
		بمباردیر	۱/۲۲
		آلوگ	۱/۲
۲قطار سبک	مسیر دوطرفه		۸
	مسیر یک طرفه		۴/۲
	در ارتفاع		به اندازه عرض پایه‌ها
	تونل		-
مترو	-		

- فضاهای ذکر شده صرفاً مربوط به معبر است و شامل محیط نگهداری و بهره‌بردای و ایستگاه‌ها نمی‌شود.

۱۰– مصرف انرژی

میزان مصرف انرژی در سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی طبق جدول (۲۰) ارائه شده است. در این جدول اگر چه خودروی شخصی جزء سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی به شمار نمی آید، ولی جهت مقایسه با سایر سیستم‌ها آورده شده است. از آنجا که در مترو میزان جابجایی مسافر چندین برابر سایر سیستم‌ها است، ولی میزان مصرف انرژی مترو به همین نسبت افزایش نمی‌یابد لذا این سیستم بهترین بهره‌وری را در مصرف انرژی دارد.

جدول (۲۰): میزان مصرف انرژی بر حسب مسافر کیلومتر سیستم‌های حمل‌ونقل درون شهری

سیستم	میزان مصرف انرژی (بر حسب وات ساعت)
اتومبیل	۱۶۶/۴
اتوبوس دیزلی	۵۹/۶
قطار سبک شهری و مونوریل	۳۱
مترو	۲۶/۶

۱۱– مدت زمان اجرا

لازم به ذکر است که مدت زمان اجرا در این قسمت شامل مباحث مدیریتی، موانع سیاسی و اجتماعی، میزان و مدت تأمین مالی پروژه و . . . نیست و تنها سرعت مهندسی ساخت سیستم با فرض وجود یک مدیریت ایده‌آل و تأمین شرایط مالی و سیاسی و . . . مدنظر است.

ترتیب مدت زمان لازم برای طراحی و اجرای سیستم‌های مختلف به ترتیب افزایش مدت زمان اجرا به شرح جدول (۲۱) است. در این مقایسه فرض شده است که تمامی قطعات سیستم سازه مسیر مونوریل (به غیر از شمع‌ها و ستون‌ها) به صورت پیش ساخته است. در غیر این صورت سیستم قطار سبک ممکن است زمان اجرای کمتری نسبت به مونوریل داشته باشد.

جدول (۲۱): ترتیب صعودی (کمترین تا بیشترین) مدت زمان اجرا و دلایل آن برای سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل همگانی درون شهری

سیستم	رتبه	توضیحات و دلایل موثر در رتبه
مونوریل	اول	- پیش ساخته بودن قطعات تیر، بستر ریل (Cross head) - عدم نیاز به ساخت بستری مناسب برای پیاده نمودن مسیر و تنها استفاده از پی‌های عمیق و پایه عمیق در نقاط نصب (فواصل متوسط ۲۰ متری از هم)
قطار سبک شهری	دوم	- حجم زیاد عملیات زیرساختی و تحکیم مناسب بستر در کل مسیر و اجرای زیراساس و اساس و بالاست (در قسمت‌هایی) در کل مسیر پروژه - پایین بودن حجم قطعات پیش ساخته (تراورس‌ها) و ریل‌ها نسبت به حجم عملیات درجا
مترو	سوم	- حجم عظیم عملیات خاکی و حفاری تونل و پایدارسازی کل تونل مربوطه - عدم وجود تکنولوژی ساخت، دستگاه‌های حفار مثل ماشین‌های تمام مقطع TBM[1] در داخل و توقف طویل‌المدت کار در اثر خرابی جزئی این ماشین‌ها جهت تأمین قطعه یدکی از خارج، استفاده از روش‌های وقت‌گیر حفاری شامل روش ترانشه باز، بارت و . . .

۱۲- اختلال در جریان ترافیک

اختلال در جریان ترافیک از دو دیدگاه مدنظر است:

- اختلال در هنگام بهره‌برداری از سیستم (جدول (۲۲))
- اختلاف در زمان ساخت (جدول (۲۳))

جدول (۲۲): اختلال در جریان ترافیک توسط سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل همگانی هنگام بهره‌برداری

سیستم	ویژگی	میزان تداخل
مونوریل	در ارتفاع	عدم تداخل
مترو	در زیرزمین	عدم تداخل
قطار سبک	مختلط	درگیر با ترافیک موتوری
	نیمه مختلط	تداخل فقط در تقاطع‌ها
	کاملاً جدا (در زیرزمین یا ارتفاع)	عدم تداخل

1- Tunnel Boring Machine

جدول (۲۳): اختلال در جریان ترافیک توسط سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی در مراحل ساخت

سیستم		میزان تداخل و ویژگی‌ها
مترو	حفر با استفاده از ماشین حفر تمام مقطع[1] یا روش اتریشی	کم: تنها در ورودی و خروجی تونل‌ها
	استفاده از روش ترانشه باز[2]	زیاد: اشغال کامل زیربنای کار در حدود پلان عملیاتی پروژه از سطح زمین
قطار سبک	در ارتفاع	متوسط: به علت ساخت قطعات در محل و حجم بالاتر عملیات زیرساختی نسبت به مونوریل
	در سطح	زیاد: به علت احداث عناصر زیرساختی یک مسیر دوریلی با بسترسازی و نصب ادوات مختلف
	در زیرزمین	کم: (در صورت استفاده از روش ترانشه باز اختلال زیاد است)
مونوریل	استفاده از قطعات پیش ساخته	کم: به علت سرعت زیاد نصب پایه‌ها و ابعاد ناچیز آنها نسبت به ابعاد معابر (تنها فضای اشغال شده توسط جرثقیل‌ها و کامیون انتقال دهنده قطعات پیش ساخته و یا کامیون‌های بتن‌ریز)
	ساخت قطعات در محل	متوسط

۱۳- ایمنی

سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری به نسبت سایر وسایل نقلیه حمل‌ونقل شهری از ایمنی بالاتری برخوردارند. در بین سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی ، سیستم‌های ریلی درصورت رعایت نکات ایمنی استاندارد، از ایمنی بسیار بالایی برخوردار می‌باشند.

به طور کلی موارد ایمنی سیستم‌های مترو، قطار سبک و مونوریل را می‌توان از دو دیدگاه زیر مورد بررسی قرار داد.

- بررسی ایمنی برای مسافران (جدول (۲۴))
- بررسی ایمنی برای محیط خارج از سیستم (جدول (۲۵))

در مورد ایمنی برای مسافران حاضر در ناوگان یک سیستم حمل و نقل ریلی، اگر چه در گذشته آتش‌سوزی در تونلهای سیستم‌های زیر زمینی و یا افتادن مونوریل از بالای مسیر (در مونوریل واپرتال آلمان) رخ داده است؛ ولی امروزه با رعایت آئین‌نامه‌های مختلف ایمنی، احتمال بروز حادثه به حداقل

1- Tunnel Boring Machine (TBM)
2- Cut and Cover

رسیده است، به طوریکه در این مورد هیچ نوع ارجحیتی نمی‌توان برای سیستم‌های مختلف در نظر گرفت و کلیه سیستم‌های جدید لازم است با رعایت آیین نامه های مشخص شده، از ایمنی بالایی برخوردار شوند.

جدول (۲۴): بررسی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی از نظر ایمنی برای مسافران.

نام سیستم	نوع اجرای مسیر	میزان ایمنی و علت
مونوریل	در ارتفاع	- آیین‌نامه‌های ایمنی: چون AAA (Japan) در مونوریل‌های هیتاچی و NFPA 130[1] و NFPA/ANSI 130 در مونوریل‌های بمباردیر و وان‌رول- ادترنز و همچنین در مواردی ASTM- E119 (تنها حادثه جدی: افتادن مونوریل از روی تیرها به پایین در مونوریل واپرتال آلمان و به کشته شدن چندین نفر به دلیل فقدان آیین نامه و ایمنی کافی می‌توان اشاره نمود.) - سیستم‌های کنترلی: Digital ATC, ATC[2] ATS[3], ATO[4]
قطار سبک و مترو	در زیر زمین	- آئین نامه های ایمنی: چون NFPA 130 و آئین‌نامه‌های مشابه مثل آئین‌نامه ایمنی UMTA[5] و ASTM- E119 (تنها می‌توان به آتش‌سوزی‌های پدید آمده در تونل‌های مترو به علت فقدان آیین‌نامه‌ها و تجهیزات کافی در آن زمان اشاره نمود) - سیستم‌های کنترلی: Digital ATC,ATC ATS,ATO

جدول (۲۵): بررسی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی از نظر ایمنی برای محیط خارج از سیستم

نام سیستم	نوع	میزان ایمنی	علت
مونوریل	همه مدل‌ها	زیاد	به علت حرکت در ارتفاع و عدم تماس با سطح معابر
قطار سبک	در ارتفاع	زیاد	به علت حرکت در ارتفاع و عدم تماس با سطح معابر
	در زیر زمین	زیاد	به علت حرکت در زیر زمین و عدم تماس با سطح معابر
	در سطح معابر و خطوط مجزا	متوسط	به علت جدا بودن از جریان‌های ترافیکی و وجود نقاط برخورد با وسائط نقلیه موتوری تنها در تقاطع‌های هم‌سطح و قابلیت افزایش ایمنی با استفاده از هوشمند نمودن تقاطعات و یا غیر هم‌سطح نمودن تقاطعات
	در سطح معابر و با ترافیک موتوری	کم	به علت تداخل با ترافیک معابر و احتمال وقوع تصادفات و جراحات در اثر برخورد با عابران یا اتومبیل‌ها
مترو	-	زیاد	به علت حرکت در زیر زمین و عدم تماس با سطح معابر

[1] -National Fire Protection Association .U.S.A

[2] -(Automatic Train Control) حفاظت اتوماتیک قطار

[3] -(Automatic Train Supervision) نظارت اتوماتیک قطار

[4] -(Automatic Train Operation) عملکرد اتوماتیک قطار

[5] - Recommended Emergency Preparedness Rail Transit System (UMTAA-MA-06-0152-85-1)

۱۴- سهولت دسترسی

سهولت دسترسی از دو جنبه قابل بررسی است: اولاً فواصل کمتر ایستگاه‌ها از هم به طوری که پوشش سیستم، افزایش یابد. در قطار سبک فواصل ایستگاه‌ها به طور معمول کمتر از مونوریل و مترو است (مونوریل و مترو نیز تقریباً با هم برابرند) و ثانیاً نحوه ورود به ایستگاه تا رسیدن قطار.

میزان سهولت دسترسی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری را می‌توان بر اساس جدول (۲۶) طبقه‌بندی نمود.

جدول (۲۶): میزان سهولت دسترسی (به ترتیب از بیشترین تا کمترین)سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی شهری.

سیستم	رتبه	نکات
قطار سبک شهری در سطح	اول	- ایستگاه‌های نزدیک به هم (فاصله متوسط ۰/۸ کیلومتر) - در سطح بودن و عدم وجود پله برای بالا و پایین رفتن
مترو	دوم	- فاصله بیشتر ایستگاه‌ها از هم (۱/۰۷ کیلومتر) - نیاز به پایین رفتن به زیر زمین جهت رسیدن به ناوگان
مونوریل	سوم	- فاصله بیشتر ایستگاه‌ها از هم (۱/۰۷ کیلومتر) - نیاز به بالا رفتن جهت رسیدن به ناوگان

۱۵- تعیین معیارهای سنجش کارایی در پروژه انتخاب سیستم ریلی بهینه

با توجه به مشخص شدن خصوصیات سیستم‌های ریلی مختلف (گزینه‌های نامعلوم) و در نظر گرفتن خصوصیات کریدوری که احداث سیستم ریلی بر اساس مطالعات جامع حمل و نقل در آن مدنظر است، (گزینه معلوم) از تقابل آنها معیارهای سنجش کارایی لازم است استخراج شود. جدول (۲۷) به عنوان مثال ارائه دهنده برخی از معیارها و تأثیر برداشت خصوصیات کریدور که بر انتخاب نوع سیستم حمل و نقل ریلی تأثیرگذار است را نشان می دهد.

جدول (۲۷): تأثیر تعیین کریدور بر مقایسه سیستم‌ها

معیار		تأثیر تعیین کریدور بر مقایسه سیستم‌ها	عوامل موثر بر معیار از طرف کریدور
سیستمهای موجود و دردست ساخت در جهان		×	-
سوابق ساخت در داخل کشور و امکان انتقال تکنولوژی		×	-
مشخصات عملکردی و حرکتی	الف- سرفاصله	×	-
	ب- سرعت عملیاتی (متوسط زمان سفر)	×	موقعیت مکانی ایستگاه (از قبل تعیین شده است.)
	جذابیت و لذت سواری	✓	
انطباق با شرایط جغرافیایی و بافت شهری	الف- حداکثر شیب طولی	✓	در صورتیکه مسیر پرشیب باشد، بررسی لزوم ساخت تونل، پل و انجام عمیات خاکی
	ب- حداقل شعاع قوس	✓	در صورتیکه مسیر دارای قوسهای تند و چرخشهای سریع باشد، بررسی میزان تملک
	ج- فواصل ایستگاهها	×	-
هزینه ساخت		✓	شیب زمین، موانع فیزیکی در مسیر و تعداد و موقعیت ایستگاههای مشخص شده در کریدور تعیین کننده است.
هزینه بهره‌برداری و نگهداری		×	-
تخمین ظرفیت نظری (اسمی)		×	-
اثرات زیست محیطی	الف- آلودگی صوتی	✓	میزان صدای موجود در محوطه و نوع بافت شهری برای تعیین استاندارد صدا در آن
	ب- آلودگی دید	✓	بررسی شرایط منظر قبل از احداث سیستم و تأثیر سیستم بر این شرایط
	ج- تأثیر بر میزان آلودگی هوا	×	-
فضای اسمی مورد نیاز از سطح معابر جهت احداث ابنیه مسیر (فضای تملک شده توسط سیستم)		✓	میزان حریم و فضای آزاد در کنار معابر شهری و عرض معبر
مصرف انرژی		×	-
مدت اجرا		×	-
اختلال در جریان ترافیک		✓	بررسی فضای تملک شده از سطح معبر برای هر سیستم در کریدور و نیز فضای در دسترس برای اجرا و بررسی میزان کاهش سطح سرویس مسیر در صورت اختصاص خطوط بزرگراهی به ساخت سیستم ریلی
ایمنی		×	-
آسایش مسافران و سهولت دسترسی (متأثر از عواملی چون فاصله ایستگاهها و تراز ارتفاعی سکوها نسبت به سطح زمین)		×	-

از جدول بالا موارد ذیل قابل ذکر است:

۱- معیارهایی چون سیستم‌های ریلی موجود و در دست ساخت در جهان و سابقه جهانی و داخلی و سهولت دسترسی، کاملاً مستقل از تعیین کریدور هستند.

۲- معیارهای دیگری چون بهره‌برداری و نگهداری، تأثیر بر میزان آلودگی هوا، مصرف انرژی، سرعت متوسط عملیاتی، مدت اجرا، ایمنی و تعیین ظرفیت حداکثر انواع سیستم‌های حمل و نقل همگانی از

جمله معیارهایی هستند که تعیین کریدور هر چند بر مقدار هر یک از این معیارها موثر است اما در مقایسه آنها برای انواع سیستم‌های مختلف ریلی تأثیر چندانی ندارد.

به عنوان مثال هر چند عواملی چون موقعیت جغرافیایی کریدور، راههای دسترسی به آن و موانع موجود در کریدور بر معیار مدت زمان اجرا تأثیرگذار است ولی این تأثیرات به جهت آنکه بر کلیه سیستم‌های دیگر نیز وجود دارد و از طرفی در این مرحله نیز بسیار ناشناخته‌اند، مدنظر قرار نمی‌گیرند. در واقع این معیارها، عواملی هستند که تعیین کریدور بر خود آنها (و نه بر مقایسه آنها) تأثیرگذار است.

۱۵-۱- بازنگری بر معیارها و حذف معیارهای غیرموثر

در دو حالت ممکن است یک معیار سنجش حذف گردد.

الف- سیستم‌های مورد بررسی (قطار سبک، مونوریل و ...) در مورد آن معیار شرایط مشابهی از خود نشان دهند. در این صورت به علت یکسان بودن حالات، این معیار نمی‌تواند به عنوان فاکتور مقایسه سیستم‌ها واقع شود. به عنوان مثال حداکثر شیب قابل پیمایش توسط سیستم‌ها تقریباً یکسان است ولذا این معیار از قوت کافی برای مقایسه برخوردار نیست. در واقع در این حالت بدون پرداختن به کریدور، خصوصیات و ماهیت سیستم‌ها تعیین کننده است.

ب- در حالتیکه هر چند یک معیار برای انواع سیستم‌ها مقادیر و حالات متفاوتی دارد ولی در شرایط فیزیکی کریدور آن معیار اهمیت خود را از دست می‌دهد. به عنوان مثال در کریدوری که فضای کافی برای هر نوع قوس افقی وجود دارد، پارامتر حداقل شعاع قابل عبور بی اهمیت می‌گردد. در واقع در این حالت عوامل بیرونی چون شرایط فیزیکی یک کریدور تأثیرگذار بر اهمیت یک معیار هستند.

۱۶– نتیجه‌گیری

در دستورالعمل تهیه شده، خصوصیات انواع سیستم‌های حمل و نقل همگانی از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور انتخاب سیستم حمل و نقل انبوه مناسب در کلانشهرها، لازم است مطالعات جامع حمل و نقل و مطالعات امکان سنجی ایجاد حمل و نقل همگانی انبوه صورت پذیرد. در نهایت با توجه به تقاضای موجود برای استفاده از سیستم حمل و نقل همگانی، شرایط اقتصادی، اجتماعی و خصوصیات معابر شهر، سیستم حمل و نقل بهینه انتخاب گردد تا با توجه به امکانات موجود و پیش‌بینی‌های صورت گرفته، بهترین کارآیی در حداقل زمان ممکن ایجاد شود. همواره استفاده از سیستم‌های با عملکرد بالا (مانند مترو و مونوریل) با توجه به هزینه بهره‌برداری و نگهداری و مدت زمان اجرای زیاد آنها در شهرهای کشور اقتصادی و مقرون به صرفه نمی‌باشد. لذا استفاده از سیستم‌های با عملکرد متوسط (سیستم اتوبوس سریع و قطار سبک) و بررسی آنها در کلان‌شهرهای کشور با توجه به ظرفیت حمل مسافر مناسب، هزینه بهره‌برداری، نگهداری و مدت زمان اجرای کمتر مناسب بوده و باعث کاهش مشکلات ترافیکی شهرها با توجه به صرف هزینه و زمان اجرای کمتر می‌گردند. بدین منظور مدیران شهری لازم است به صورت آگاهانه با تعیین معیارهای سنجش برای انواع سیستم‌های حمل و نقل همگانی و مقایسه آنها با شرایط، امکانات و توانایی موجود نسبت به انتخاب سیستم حمل و نقل همگانی مناسب در کلان‌شهرها اقدام نمایند.