فصل دوم
معیارها و کنترل های طرح

مقدمه

در این فصل خصوصیات مربوط به خودرو طرح، عابرین پیاده و ترافیک که به عنوان معیارهایی برای بهینه سازی یا اصلاح طرح طبقات مختلف عملکردی راه‌ها و خیابان‌ها عمل می‌کنند، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

خودروهای طرح
خصوصیات کلی

کنترل‌های کلیدی در طرح هندسی راه‌ها، عبارت است از مشخصات فیزیکی و نسبت وسایل نقلیهٔ مختلفی که از راه استفاده می‌کنند. بنابراین به نظر می‌رسد که انواع وسایل نقلیه، گروه‌بندی شوند و وسیله نقلیهٔ نمایندهٔ هر گروه، برای استفاده در طراحی انتخاب گردد. این وسایل نقلیهٔ انتخابی با وزن، ابعاد و ویژگیهای عملکردی نمونه که برای تعیین کنترل‌های طراحی مربوط به خودروهای هر گروه به کار می‌رود، وسایل نقلیه یا خودروهای طرح نامیده می‌شوند. در طرح هندسی، هر خودرو طرح، ابعاد و حداقل شعاع گردش بزرگتری نسبت به اغلب خودروهای طبقهٔ خود دارد.

چهار رده کلی از وسایل نقلیهٔ طرح، در نظر گرفته شده است:

1- سواری‌ها (خودروهای سبک)
2- اتوبوس ها
3- کامیون‌ها
4- وسایل نقلیهٔ تفریحی

رده سواری شامل انواع سواری با اندازه‌های مختلف، وسایل نقلیهٔ مسابقه‌ای و انواع وانت می‌شود. اتوبوس شامل انواع اتوبوس‌های شهری و برون شهری، اتوبوس مدرسه و اتوبوس‌های مفصلی می‌شود. ردهٔ کامیون شامل انواع کامیون، تریلی (اسب و یدک) و تریلی چند یدکه است. وسایل نقلیهٔ تفریحی شامل اتومبیل سواری با یدک خانهٔ همراه، سواری با یدک قایق و اتومبیل خانهٔ همراه، با یدک قایق است. بعلاوه در صورتی که دوچرخه و موتورسیکلت نیز اجازهٔ تردد در راه داشته باشد، آن‌ها را نیز باید به عنوان خودرو طرح، در نظر گرفت.

ابعاد 19 وسیله نقلیهٔ نمایندهٔ گروه‌های مختلف، در جدول (2-1) آمده است. در طراحی هر درجه از راه، طراح باید بزرگترین وسیله نقلیهٔ طرح را که تردد مکرر آن محتمل است در نظر بگیرد، یا در طراحی تقاطع‌های خاص باید وسیله نقلیهٔ طرح ویژه مربوط را برای تعیین ابعاد مهمی همچون شعاع پیچ در تقاطع و شعاع راه گردشی، منظور نمود. به عنوان رهنمود کلی، برای انتخاب خودرو طرح، می‌توان موارد زیر را مد نظر قرار داد:

- سواری، زمانی انتخاب می‌شود که عمدهٔ ترافیک، ناشی از یک پارکینگ یا گروهی از پارکینگ‌ها باشد.
- کامیون زمانی انتخاب می‌شود که طراحی تقاطع‌ها در خیابان‌های مسکونی و راه‌های گردشگری مد نظر باشد.
- در طراحی تقاطع راه‌های سراسری با خیابان‌های شهری که مسیرهای اتوبوس نیز در آن‌ها در نظر گرفته شده و تردد کامیون نسبتاً کمی دارد از اتوبوس‌های شهری می‌توان استفاده کرد.
- در طراحی تقاطع راه‌ها با راه‌های برون شهری کم ترافیک و راه‌های محلی با ترافیک متوسط روزانهٔ کمتر از 400 وسیله نقلیه، می‌توان از اتوبوس بزرگ مدرسه (با ظرفیت 84 مسافر) و یا اتوبوس معمولی (با ظرفیت 65 مسافر) استفاده کرد. اتوبوس مدرسه ممکن است برای پاره‌ای از تقاطع‌های فرعی نیز مناسب باشد.
- در طراحی محل تقاطع رابط‌های آزادراه‌ها با راه‌های شریانی و یا دیگر تقاطع‌های راه‌های سراسری یا معابر صنعتی که حجم ترافیک بالایی دارند و یا دسترسی محلی کامیونهای بزرگ را فراهم می‌کنند کوچکترین وسیله نقلیه ای را که می توان انتخاب کرد تریلی‌های WB-20 است. علاوه بر 19 وسیله نقلیهٔ طرح، ابعاد تراکتور مزرعه در جدول 2-1 آمده است و حداقل شعاع گردش تراکتور مزرعه با یک واگن در جدول 2-2 نشان داده شده است. مسیر گردش وسایل نقلیهٔ طرح می‌تواند از اندازه‌های ارایه شده در جداول 2-1 و 2-2 محاسبه و در برنامه‌های کامپیوتری موجود، از آن استفاده شود.

جدول 2-1: ابعاد خودرو طرح

نوع وسیله نقلیه طرح	علامت اختصاری	ابعاد (متر)											
		اندازه کلی			پیش آمدگی		WB_1	WB_2	S	T	WB_3	WB_4	فاصله محل وصل یدک به کامیون تا محور عقب یدک
		ارتفاع	عرض	طول	جلو	عقب							
خودرو سبک	**P**	1/3	2/1	5/8	0/9	1/5	3/4	-	-	-	-	-	-
کامیون	**SU**	4/1-3/4	2/4	9/2	1/2	1/8	6/1	-	-	-	-	-	-
اتوبوس‌ها													
اتوبوس مسافری	**BUS-12**	3/7	2/6	12/2	1/8	1/9[a]	7/3	1/1	-	-	-	-	-
	BUS-14	3/7	2/6	13/7	1/8	2/6[a]	8/1	1/2	-	-	-	-	-
اتوبوس شهری	**City- BUS**	3/2	2/6	12/2	2/1	2/4[a]	7/6	-	-	-	-	-	-
اتوبوس مدرسه معمولی (65 نفره)	**S-BUS 11**	3/2	2/4	10/9	0/8	3/7	6/5	-	-	-	-	-	-
اتوبوس مدرسه بزرگ (84 نفره)	**S-BUS 12**	3/2	2/4	12/2	2/1	4/0	6/1	-	-	-	-	-	-
اتوبوس آکارد ئونی	**A- BUS**	3/4	2/6	18/3	2/6	3/1	6/7	5/9	1/9[b]	4/0[b]	-	-	-
کامیون‌ها													
تریلی متوسط	**WB-12**	4/1	2/4	13/9	0/9	0/8[a]	3/8	8/4	-	-	-	-	8/4
تریلی متوسط	**WB-15**	4/1	2/6	16/8	0/9	0/6[a]	4/5	10/8	-	-	-	-	11/4
تریلی بزرگ	**WB-19***	4/1	2/6	20/9	1/2	0/8[a]	6/6	12/3	-	-	-	-	13/0
تریلی بزرگ	**WB-20****	4/1	2/6	22/4	1/2	1/4-0/8[a]	6/6	13/2-13/8	-	-	-	-	13/9-14/5
تریلی دو یدکه	**WB-20D**	4/1	2/6	22/4	0/7	0/9	3/4	7/0	0/9[c]	2/1[c]	7/0	-	7/0
تریلی سه یدکه	**WB-30T**	4/1	2/6	32/0	0/7	0/9	3/4	6/9	0/9[d]	2/1[d]	7/0	7/0	7/0
تریلی دو یدکه بزرگ	**WB-33D***	4/1	2/6	34/8	0/7	0/8[a]	4/4	12/2	0/8[e]	3/1[e]	13/6	-	13/0
وسایل نقلیه تفریحی													
اتومبیل خانه همراه (اتومبیل کاروان)	**MH**	3/7	2/4	9/2	1/2	1/8	6/1	-	-	-	-	-	-
سواری با یدک خانهٔ همراه (کاروان)	**P/T**	3/1	2/4	14/8	0/9	3/1	3/4	-	1/5	5/8	-	-	-
سواری با یدک قایق	**P/B**	-	2/4	12/8	0/9	2/4	3/4	-	1/5	4/6	-	-	-
اتومبیل خانهٔ همراه (کاروان با یدک قایق)	**MH/B**	3/7	2/4	16/2	1/2	2/4	6/1	-	1/8	4/6	-	-	-
تراکتور مزرعه[f]	**TR**	3/1	3/1-2/4	4/9[g]	-	-	6/1	2/7	0/9	2/0	-	-	-

تبصره : از آنجا که وسایل نقلیه با ابعادی در سیستم آمریکایی ساخته شده، بمنظور ارائه اندازه‌های یکنواخت برای هر خودرو طرح، مقادی نشانداده شده در تصویر ترسیمی این خودروها با دو رقم اعشار از فوت به متر تبدیل و سپس در این جدول به نزدیکترین دسی‌متر گرد شده است.

* وسیله نقلیه با یدک 14/63 متر طبق «قانون تعاون حمل و نقل زمینی سال 1982(STAA)»

** وسیله نقلیه با یدک 16/16 متری طبق ماده مربوط از قانون فوق‌الذکر

a : پیش آمدگی از محور مرکب (تاندم) عقب، b: فاصلهٔ بین محور چرخها 5/91 متر و عرض قسمت آکاردئونی 1/22 متر است، c : مجموع دوبعد، بطور نمونه 30/5 متر است، d : مجموع دوبعد، بطور نمونه 30/5 متری است، e : مجموع دوبعد، بطور نمونه 3/81 متر است،

f : ابعاد تراکتور با قدرت 150 تا 200 اسب بخار بدون طول واگن، g : برای بدست آوردن طول کل تراکتور و یک واگن باید عدد 5/64 متر را به طول تراکتور اضافه نمود. طول واگن از جلو میله کشش (میل بکسل) تا عقب واگن است. طول میلهٔ مذکور 1/98 متر است،

WB_1 و WB_2 و WB_4 : فاصلهٔ موثر بین محورها یا گروه محورها می‌باشد که از جلو وسیله نقلیه به طرف عقب هر واحد اندازه‌گیری می‌شود.

S: فاصله بین محور مؤثر عقب تا نقطه مفصل (لولا)، T: فاصله بین نقطهٔ مفصل تا مرکز محور(ساده یا مرکب بعدی)

جدول 2-2: حداقل شعاع گردش خودروهای طرح

نوع خودرو طرح	خودرو سبک	کامیون	اتوبوس مسافری		اتوبوس شهری	اتوبوس مدرسه معمولی (65 نفره)	اتوبوس مدرسه بزرگ[2] (84 نفره)	اتوبوس آکاردئونی	تریلی متوسط	تریلی متوسط
علامت اختصاری	P	SU	BUS-12	BUS-14	City-BUS	S-BUS 11	S-BUS 12	A-BUS	WB-12	WB-15
حداقل شعاع گردش طرح(متر)	7/3	12/8	13/7	13/7	12/8	11/9	12/0	12/1	12/2	13/7
شعاع گردش محور جلو خودرو(CTR)[1] (متر)	6/4	11/6	12/4	12/4	11/5	10/6	10/8	10/8	11/0	12/5
حداقل شعاع داخلی (متر)	4/4	8/6	8/4	7/8	7/5	7/3	7/7	6/5	5/9	5/2
نوع خودرو طرح	**تریلی بزرگ**		**تریلی دو یدکه**	**تریلی سه یدکه**	**تریلی دو یدکه بزرگ**	**اتومبیل خانه همراه**	**سواری با یدک خانه همراه**	**سواری با یدک قایق**	**اتومبیل خانه همراه با یدک**	**تراکتور مزرعه با یک واگن[3]**
علامت اختصاری	WB-19*	WB-20**	WB-20D	WB-30T	WB-33D*	MH	P/T	P/B	MH/B	TR/W
حداقل شعاع گردش طرح(متر)	13/7	13/7	13/7	13/7	18/3	12/2	10/1	7/3	15/2	5/5
شعاع گردش محور جلو خودرو(CTR)[1] (متر)	12/5	12/5	12/5	12/5	17/1	11/0	9/1	6/4	14/0	4/3
حداقل شعاع داخلی (متر)	2/4	1/3	5/9	3/0	4/5	7/9	5/3	2/8	10/7	3/2

نکته : اعداد داخل جدول با دقت یک دهم متر گرد شده اند

* خودرو طرح با یدک 14/63 متری طبق قانون حمل و نقل زمینی سال 1982

** خودرو طرح با یدک 16/16 متری طبق ماده مربوط از قانون فوق‌الذکر

۱ شعاع گردش، با بررسی‌های لازم، بوسیله طراح، فرض و در محورجول خودرو منظور می‌شود. اگر حداقل مسر گردش فرض شود، حداقل شعاع گردش محور جلو خودرو برابر است با حداقل شعاع گردش طرح منهای نصف عرض جلو خودرو.

۲ اتوبوس‌های مدرسه در اندازه های 42 تا 84 نفره ساخته می‌شود. این اندازه ها به ترتیب با فاصله بین چرخهای اتوبوس از 3350 میلی متر تا 6020 میلی متر تطبیق می‌کند براساس این اندازه ها حداقل شعاعهای گردش طرح از 8/78 تا 12/01 متر متفاوت است و حداقل شعاعهای داخلی از 4/27 تا 7/74 متغیر است

۳ شعاع گردش برای تراکتور 150 تا 200 اسب بخار با یک واگن یدکی 5/64 متری که به مفصل وصل شده است. دنده کمک جلو آزاد شده و ترمزها اعمال نشده است.

حداقل مسیر گردش برای خودروهای طرح

شکل‌های 2-3 تا 2-23 حداقل مسیر گردش لازم برای 19 خودرو طرح نمونه را ارائه می‌کند. ابعاد اصلی موثر بر طراحی عبارتند از حداقل شعاع گردش نقطه مرکزی محور جلوی خودرو، عرض بیرون به بیرون وسیلهٔ نقلیه، فاصلهٔ بین محور جلو و محور عقب وسیلهٔ نقلیه و مسیر چرخ داخلی عقب. تأثیر خصوصیات راننده (مانند سرعتی که راننده برای گردش انتخاب می‌کند) و زاویه‌های لغزش چرخ‌ها با فرض اینکه سرعت وسیلهٔ نقلیه در شعاع گردش کمینه، کمتر از 15 کیلومتر در ساعت است به کمترین حد می‌رسد.

کناره‌های مسیر گردش برای هر خودروی طرح در تندترین گردش‌ها بر اساس مسیر بیرونی پیش‌آمدگی جلو و مسیر چرخ داخلی عقب تعیین می‌شود. در این گردش فرض می‌شود که چرخ خارجی جلو، روی دایره‌ای که حداقل شعاع گردش را تعریف می‌کند حرکت می‌کند. مسیر چرخ‌های جلو و عقب و شعاع گردش محور مرکزی (CTR) برای خودروهای طرح مشخص در جدول 2-2 ارائه شده است.

کامیون‌ها و اتوبوس‌ها عموماً نیاز به تأمین طرح هندسی بزرگتری نسبت به وسایل نقلیهٔ سواری دارند. علت این امر آن است که کامیون‌ها و اتوبوس‌ها دارای پهنا و فاصلهٔ محورهای بزرگتر و حداقل شعاع گردش بزرگتری هستند که این ابعاد، خصوصیات اصلی مؤثر بر مسیر افقی و نیمرخ عرضی راه هستند. کامیون‌ها و اتوبوس‌ها دارای حداقل شعاع گردش کوچکتری نسبت به اغلب تریلی‌ها می‌باشند. اما وسایل نقلیهٔ طویل به علت آنکه خروج از مسیر آن‌ها بزرگتر است نیاز به پهنای بیشتری برای مسیر گردش دارند. شکل 2-11 خصوصیات تریلی نمونه را نشان می‌دهد. شکل 2-12 طول تراکتورهایی (اسب‌هایی) که معمولاً در تریلی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد را مشخص می کند.

ابعاد وسایل نقلیهٔ طرح، به ترتیبی که ارائه شد، روند جدید اندازه های وسایل نقلیه موتوری ساخته شده در ایالات متحده را ملحوظ می دارد و ترکیبی از وسایل نقلیه ای که فعلاً مورد بهره برداری قرار گرفته است را معرفی می کند. با این حال، منظور از ابعاد خودرو طرح، معرفی اندازه‌های وسیلهٔ نقلیه‌ای است که از نظر طرح هندسی وضعیت بحرانی دارد، بنابراین بزرگتر از اندازه‌های تقریباً کلیّهٔ خودروهای طبقهٔ مربوط است.

مسیرهای گردش نشان داده شده در اشکال 2-3 تا 2-10 و 2-13 تا 2-23، بوسیله برنامه های کامپیوتری موجود، محاسبه شده است. وسیله نقلیهٔ سبک، با ابعاد و مشخصات گردش نشان داده شده در شکل 2-3، معرف وسیلهٔ نقلیه سبک بزرگتری است.

کامیون طرح، معرف کامیون بزرگتری است. ابعاد کنترل، حداقل مسیر گردش مربوط به اغلب کامیون های مورد بهره برداری فعلی را تعیین می کند (شکل 2-4). در معابر طولانی که ترافیک کامیون های بیابانی و اتوبوس های بین شهری را سرویس می دهد، خودرو طرح معمولاً باید کامیون یا اتوبوس مسافری باشد (به شکل 2-5 یا 2-6 مراجعه شود).

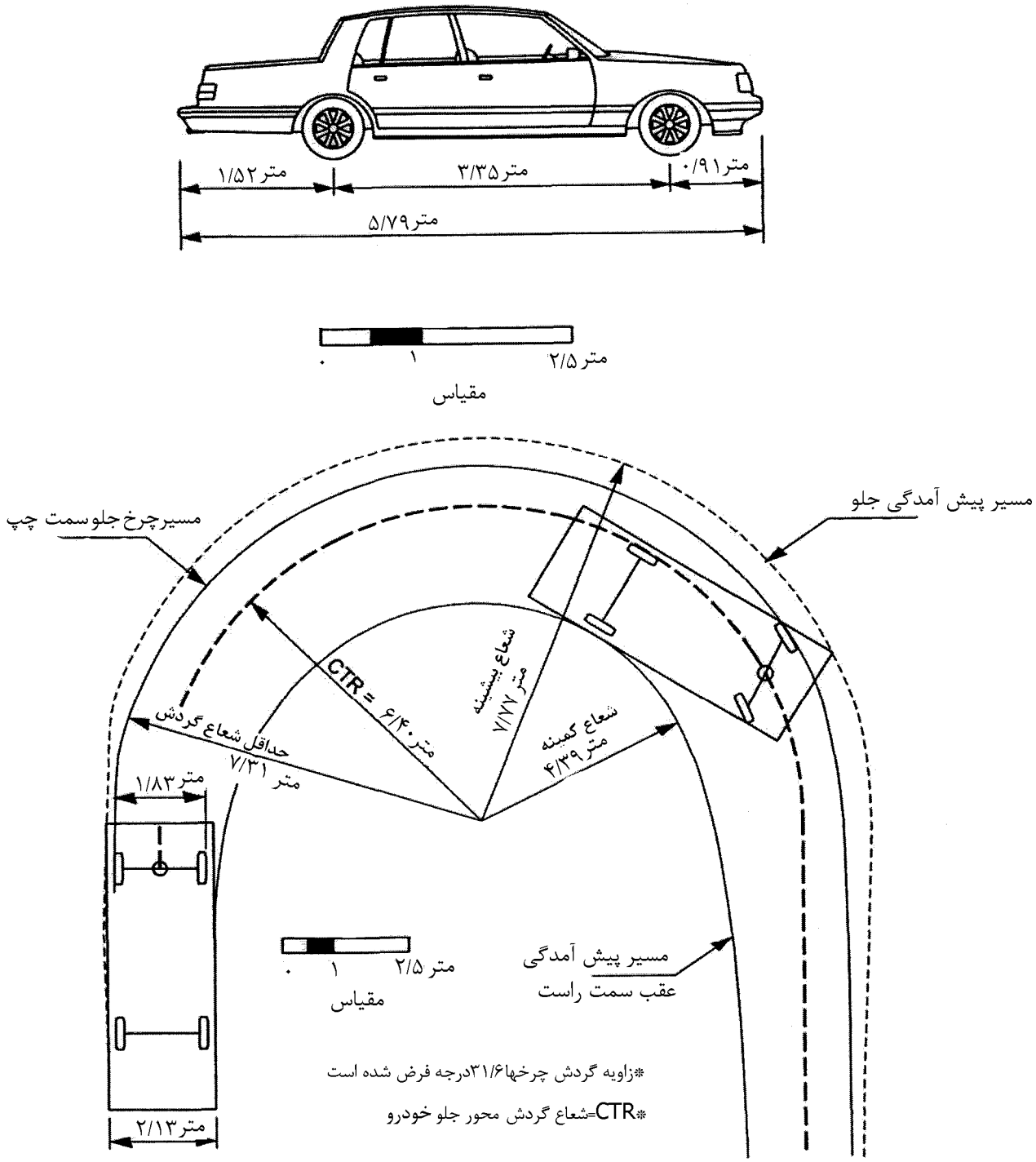
برای اتوبوس های داخل شهر، یک خودرو طرح به عنوان اتوبوس شهری مطابق شکل 2-7، مشخص شده است. فاصله بین دو محور این خودرو طرح 7/62 متر و طول کل آن 12/20 متر است. اتوبوس هایی که به مناطق خاص شهری خدمت رسانی می کنند، ممکن است با ابعاد نشان داده شده در شکل 2-7 مطابق نباشند. به عنوان مثال، طول اتوبوس های مفصلی که اینک در بعضی شهرها به کار می رود، بیشتر از یک اتوبوس متعارف است و دارای یک لولا در نزدیکی وسط خودرو است که قابلیت تحرک بیشتری را امکان پذیر

می کند. شکل 2-10 ابعاد بحرانی اتوبوس مفصلی (آکاردئونی) طرح را نشان می دهد. همچنین، با توجه به اهمیت اتوبوس های مدرسه، دو وسیله نقلیه طرح با عنوان اتوبوس مدرسه طرح 11 و اتوبوس مدرسه طرح 12 مشخص شده و به ترتیب در شکل های 2-8 و 2-9 نشان داده شده است. وسیلهٔ نقلیهٔ طرح طولانی تر، اتوبوس 84 نفره و خودرو طرح کوچکتر، اتوبوس 65 نفره است. طراح باید همچنین آگاه باشد که در مورد بعضی اتوبوس ها، ترکیب میزان بلندی از زمین، پیش آمدگی و انحنای قائم راه، ممکن است در مناطق باعارضه، مشکلاتی را بوجود آورد.

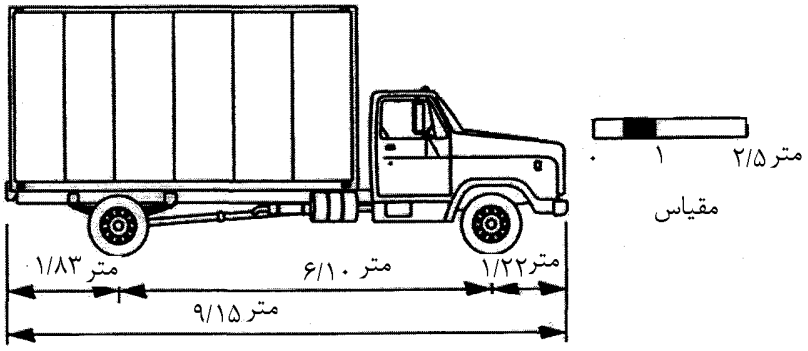
شکل های 2-13 تا 2-19 ابعاد و حداقل مسیر گردش خودروهای طرحی را که معرف تریلی های گوناگون است، نشان می دهد. برای راه های محلی و خیابان ها $WB-15$ و $WB-12$ ، اغلب خودرو طرح مناسب تلقی می شود. تریلی های با طول بیشتر برای طرح معابری که تریلی های بیابان رو را سرویس می دهد، مناسب است.

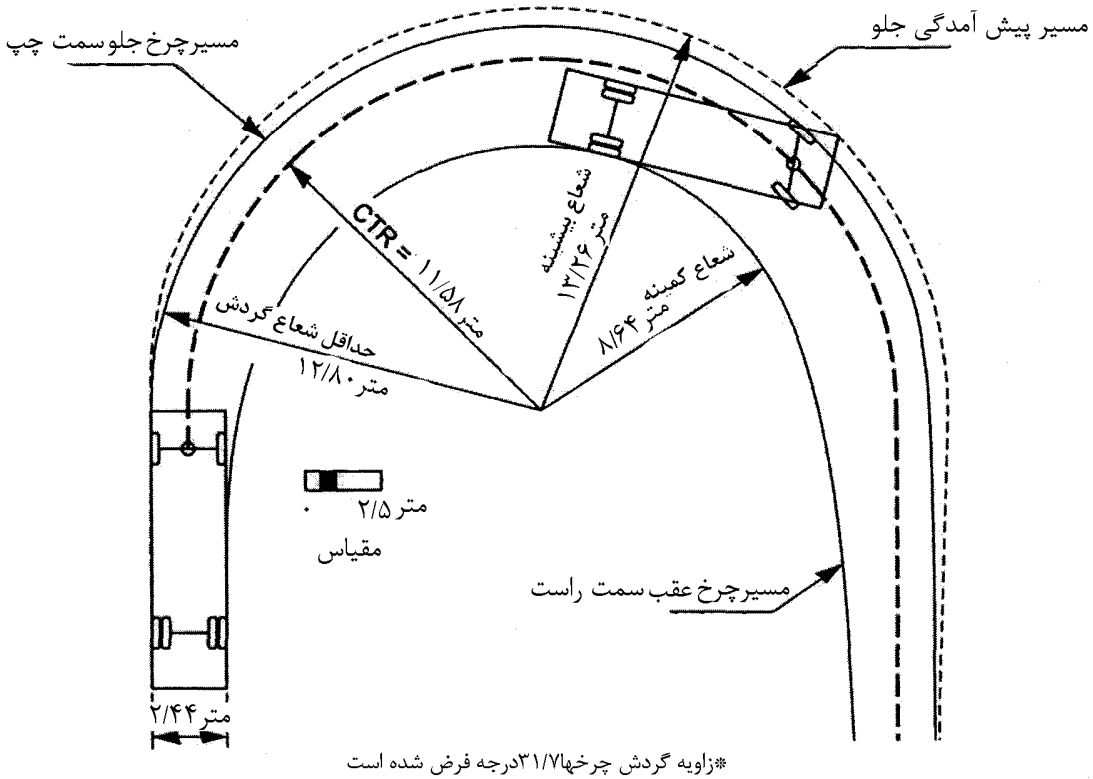
شکل های2-20 تا 2-23 حداقل مسیر گردش خودروهای تفریحی متعارف را تعیین می‌کند.

علاوه بر خودروهای نشان داده شده در شکل های 2-3 تا 2-10 و 2-13 تا 2-23، در صورت اقتضا، می توان از خودروهای دیگری برای طرح های خاص استفاده کرد. با پیدایش برنامه های کامپیوتری که می تواند مسیر گردش را ترسیم کند، طراح قادر به تعیین مشخصات مسیر گردش هر وسیله نقلیهٔ متفاوت با موارد ارائه شده خواهد بود.



شکل2-3: حداقل مسیر گردش برای خودرو سبک (P)

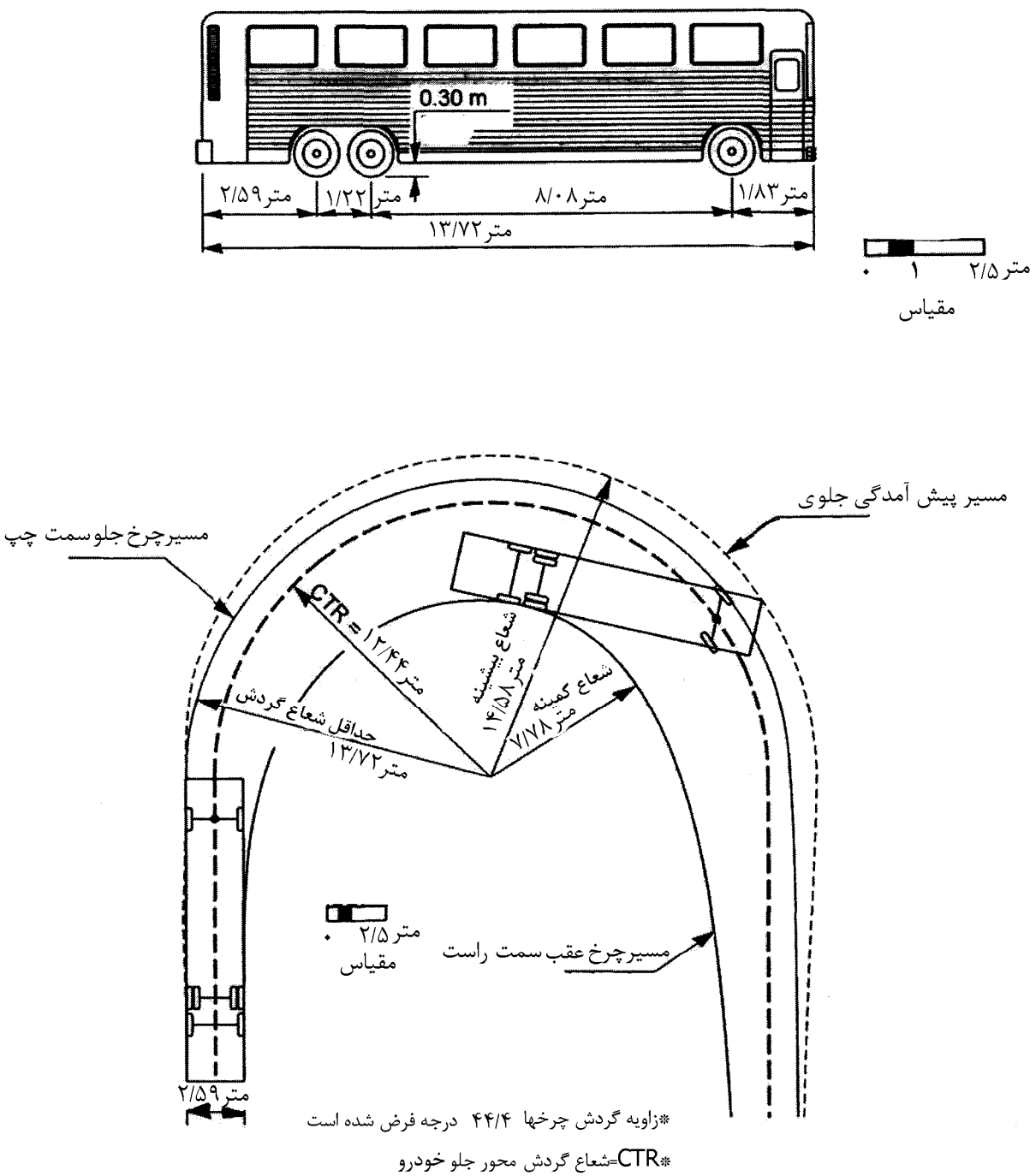




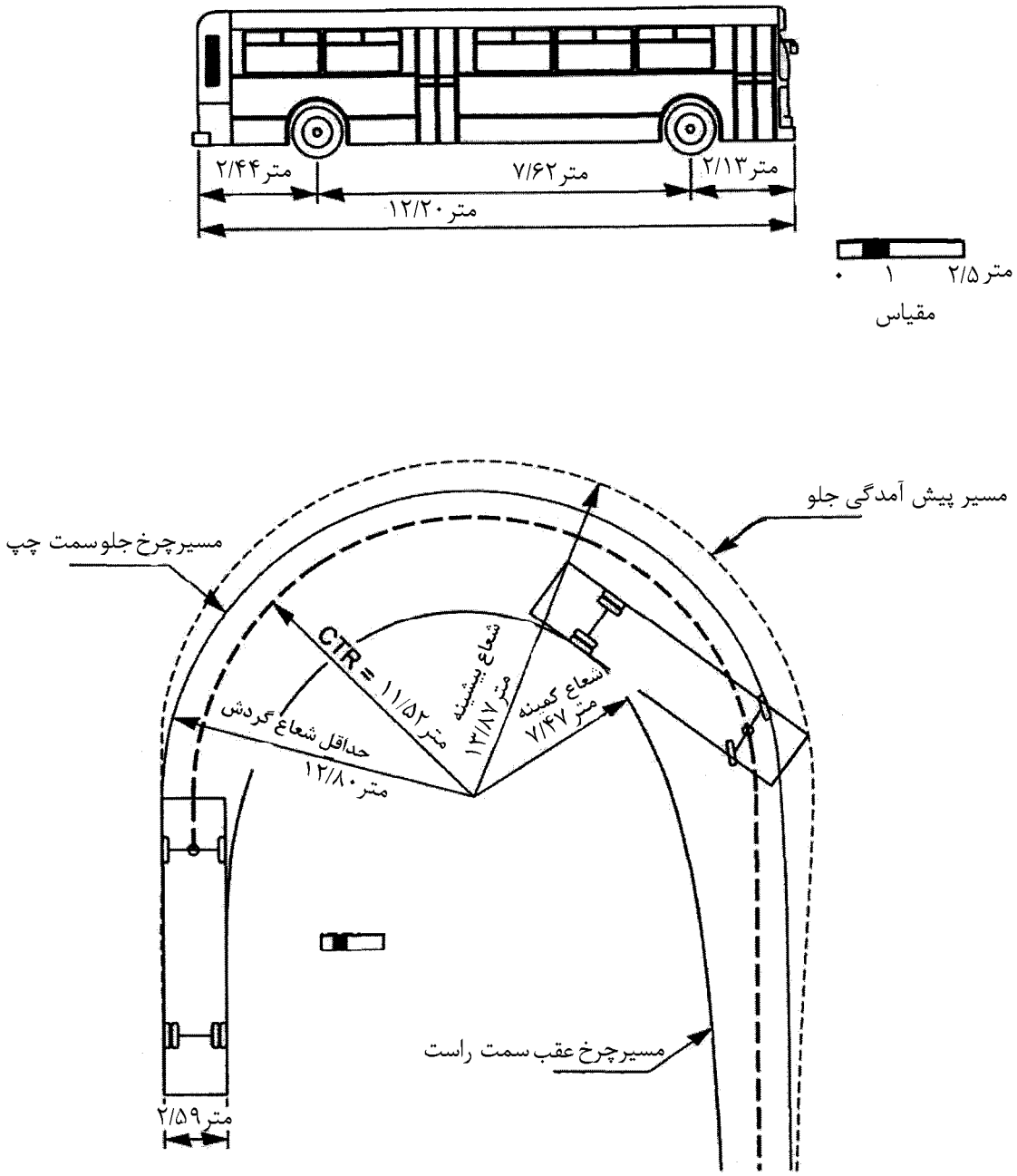
*زاویه گردش چرخها۳۱/۷درجه فرض شده است

*CTR=شعاع گردش محور جلو خودرو

شکل2-4: حداقل مسیر گردش برای کامیون (SU)



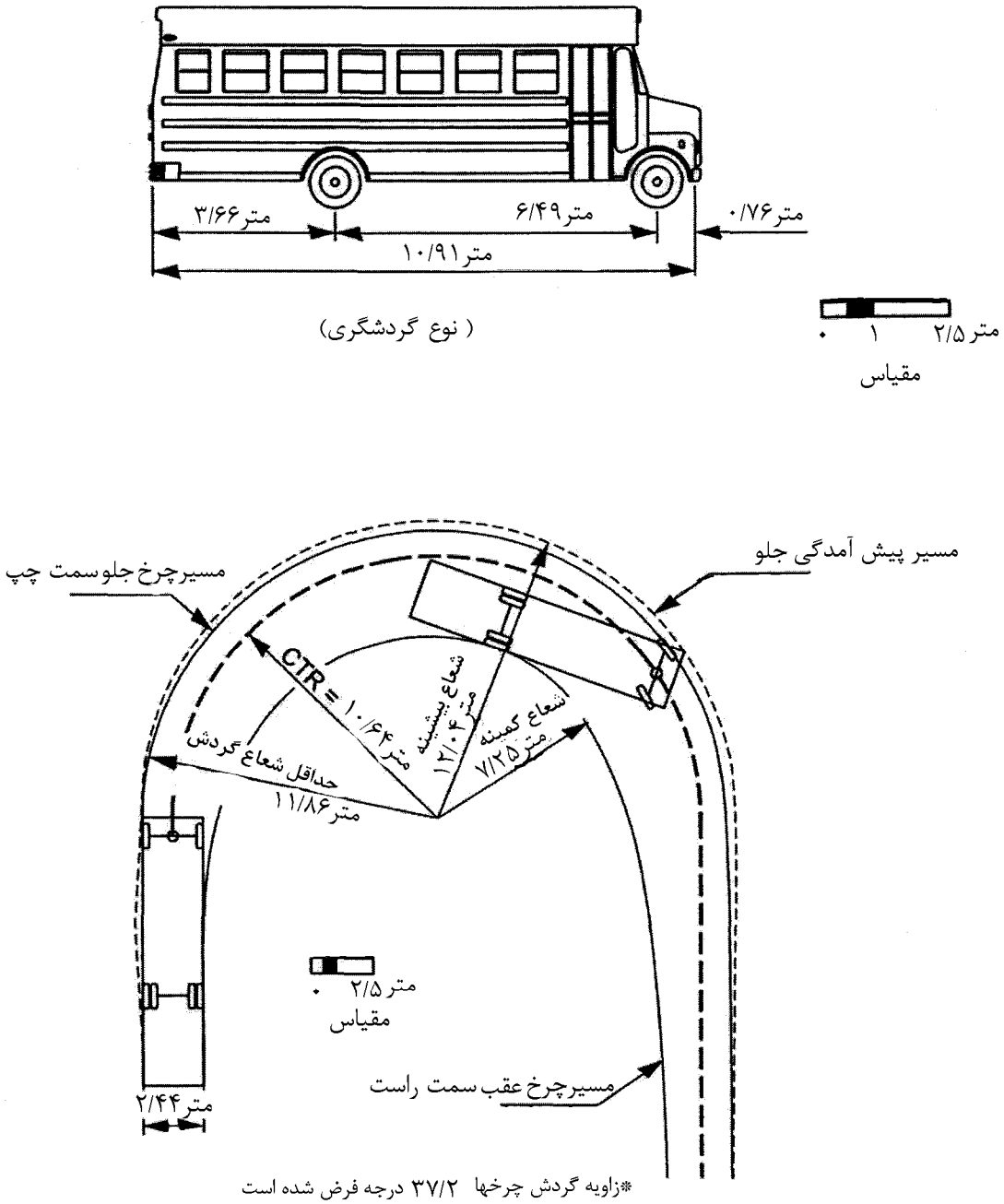
شکل2-6: حداقل مسیر گردش برای اتوبوس مسافری (Bus-12)



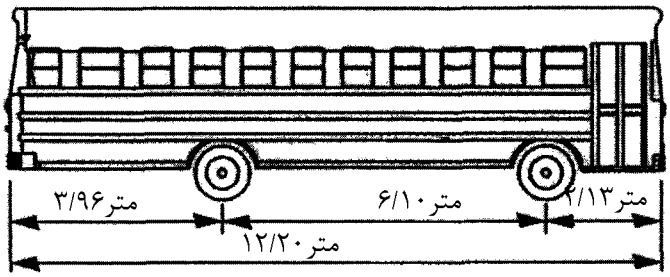
*زاویه گردش چرخها ۴۱ درجه فرض شده است

*CTR=شعاع گردش محور جلو خودرو

شکل2-7: حداقل مسیر گردش برای اتوبوس شهری (CITY- BUS)

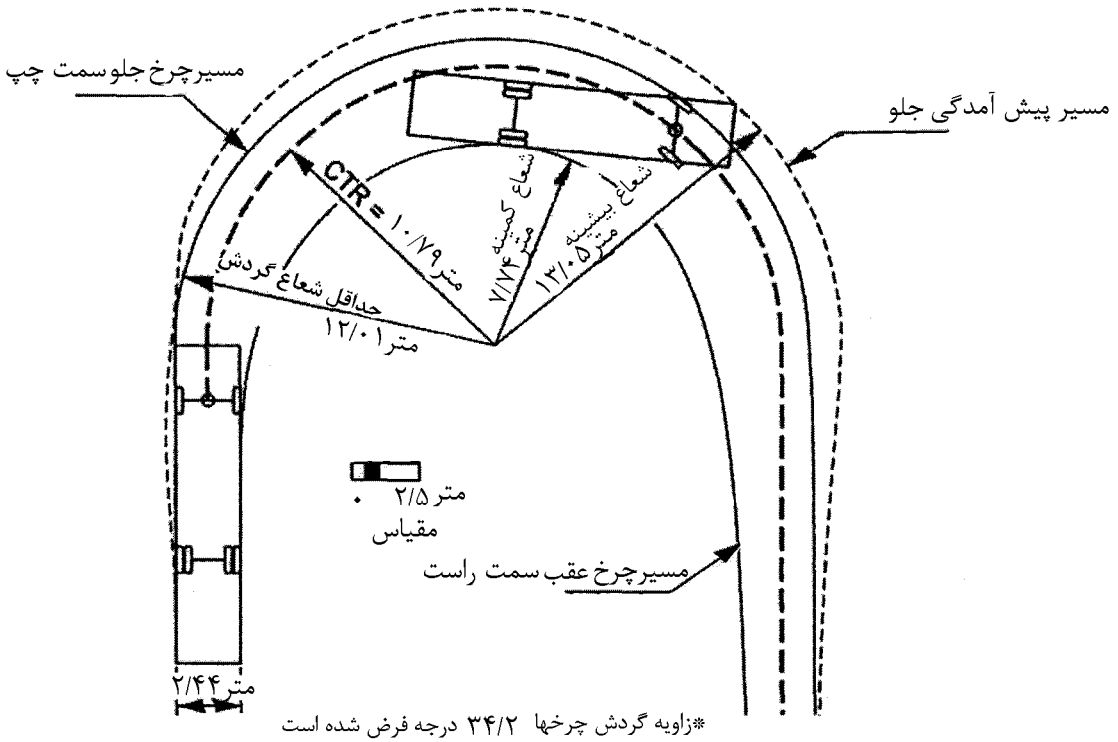


شکل2-8: حداقل مسیر گردش برای اتوبوس مدرسه معمولی (S-BUS-11)



(نوع ترانزیتی)

مقیاس

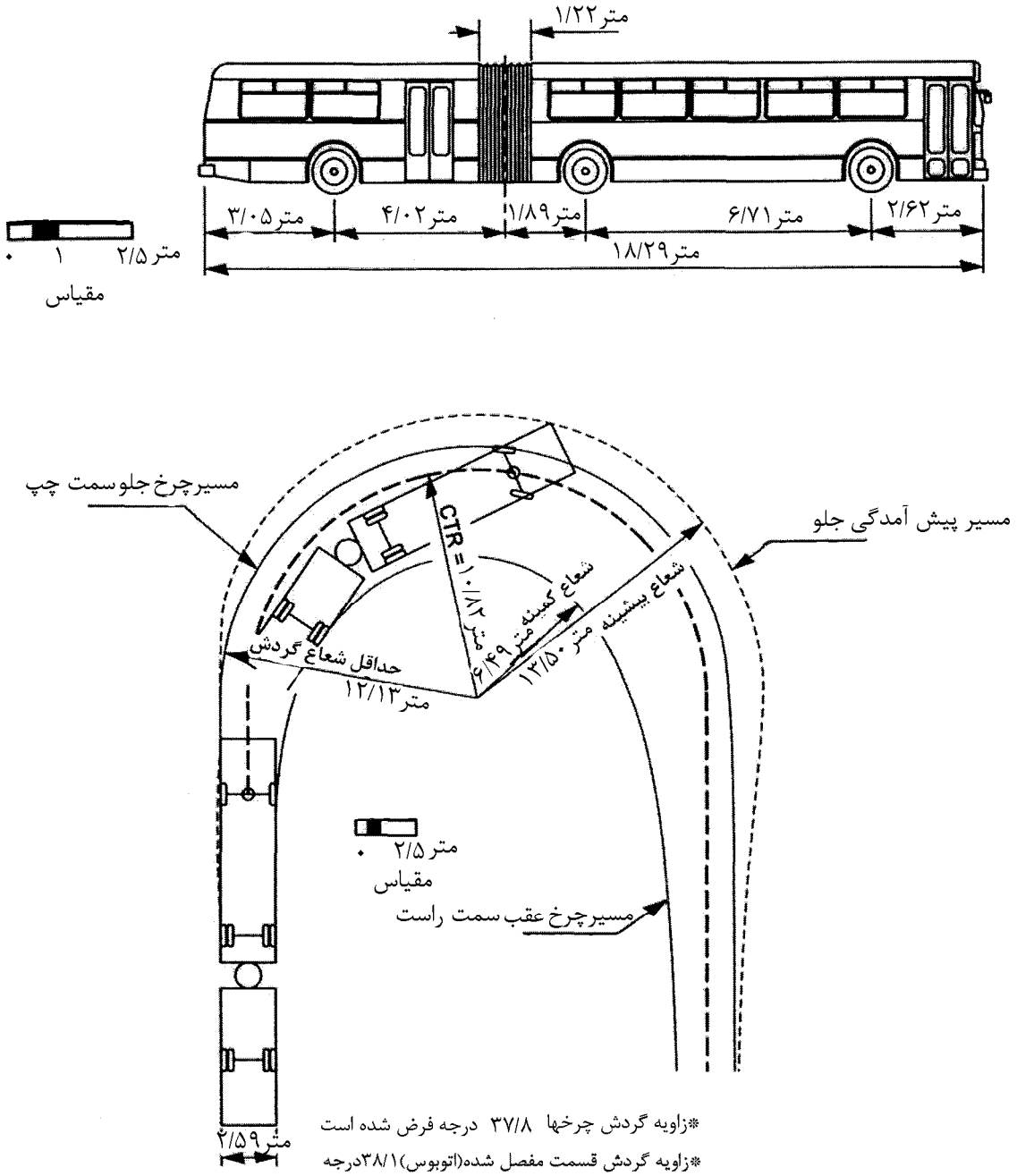


*زاویه گردش چرخها ۳۴/۲ درجه فرض شده است

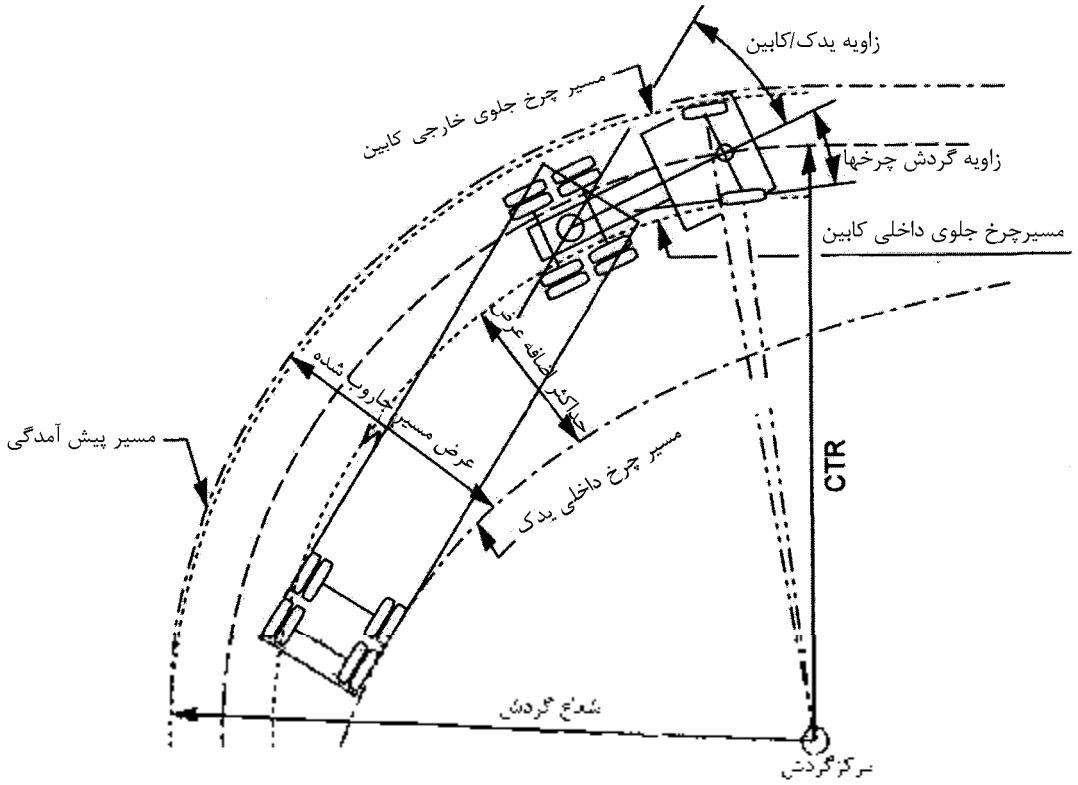
*CTR=شعاع گردش محور جلو خودرو

*اتوبوس ۸۴ نفره

شکل2-9: حداقل مسیر گردش برای اتوبوس مدرسه بزرگ(S-Bus-40I) طرح



شکل2-10: حداقل مسیر گردش برای اتوبوس آکاردئونی (A_BUS)



تعاریف: ۱- شعاع گردش - شعاع قوس دایره تشکیل شده بوسیله شعاع خط گردش چرخ جلوی خارجی خودرو ، این شعاع توسط کارخانه سازنده وسیله نقلیه با نام " شعاع گردش سواره رو" نیز تعریف شده است.

۲- CTR - شعاع گردش محور جلوی وسیله نقلیه

۳- خروج از مسیر –اختلاف مسیر چرخهای جلو و عقب اسب و یدک در حال گردش. مسیر چرخهای عقب یک وسیله سنگین در حال گردش با مسیر چرخهای جلوی آن منطق نمی شود و این موضوع در بالا نشان داده شده است.

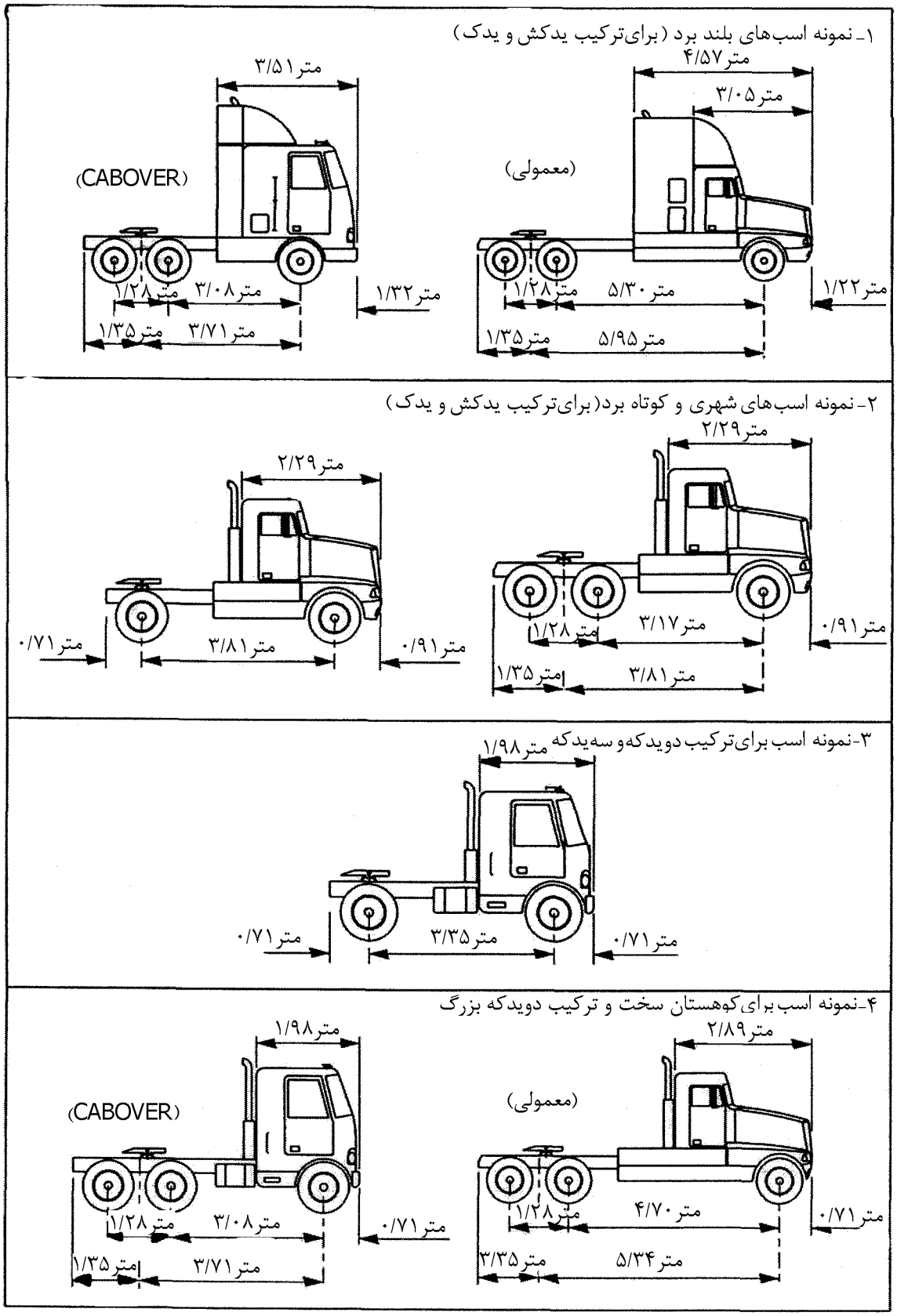
۴-عرض مسیر جارو شده – عرضی از مسیر که یک وسیله نقلیه سنگین در حال گردش آن را می پوشاند و معادل جمع مقادیر خروج از مسیر و پهنای اسب می باشد. موثرترین اندازه بر روی عرض مسیر جارو شده یک وسیله دارای یدک و اسب، فاصله مفصل تا محور یا محورهای یدک می باشد. هر چه این فاصله بیشتر باشد، عرض مسیر جاروب شده بیشتر است.

۵-زاویه گردش چرخ ها (زاویه فرمان) – حداکثر زاویه منظور شده در ساختار حرکتی چرخ ها جلو خودرو . حداکثراین زاویه، حداقل شعاع گردش را کنترل می کند.

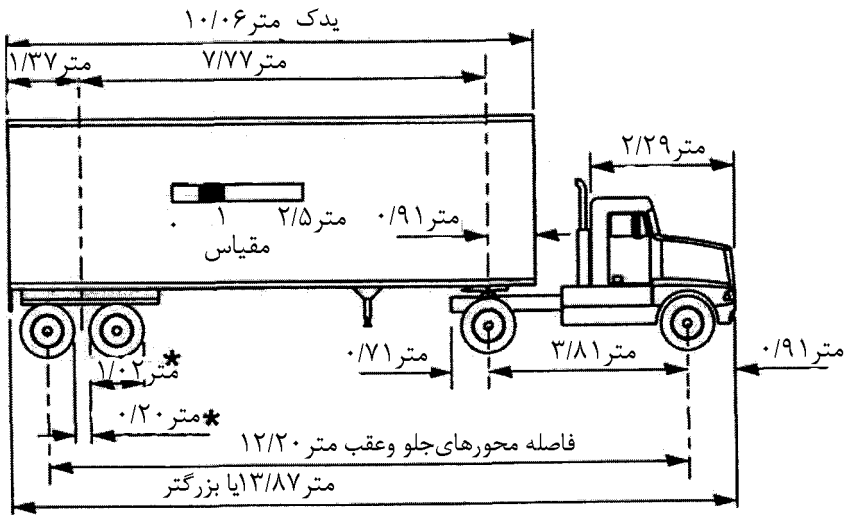
۶-زاویه اسب و یدک – زاویه بین اسب یا یدک وقتی تریلی در پیچ قرار گیرد. این زاویه بین محور طولی اسب و یدک در حا گردش اندازه گیری می شود. بیشینه زاویه اسب و یدک وقتی اتفاق می افتد که وسیله نقلیه یک گردش ۱۸۰ درجه را با کمینه شعاع طی می کند.

رسیدن به این زاویه اندکی پس از وضعیتی است که حداکثر عرض مسیر جارو شده حاصل می گردد.

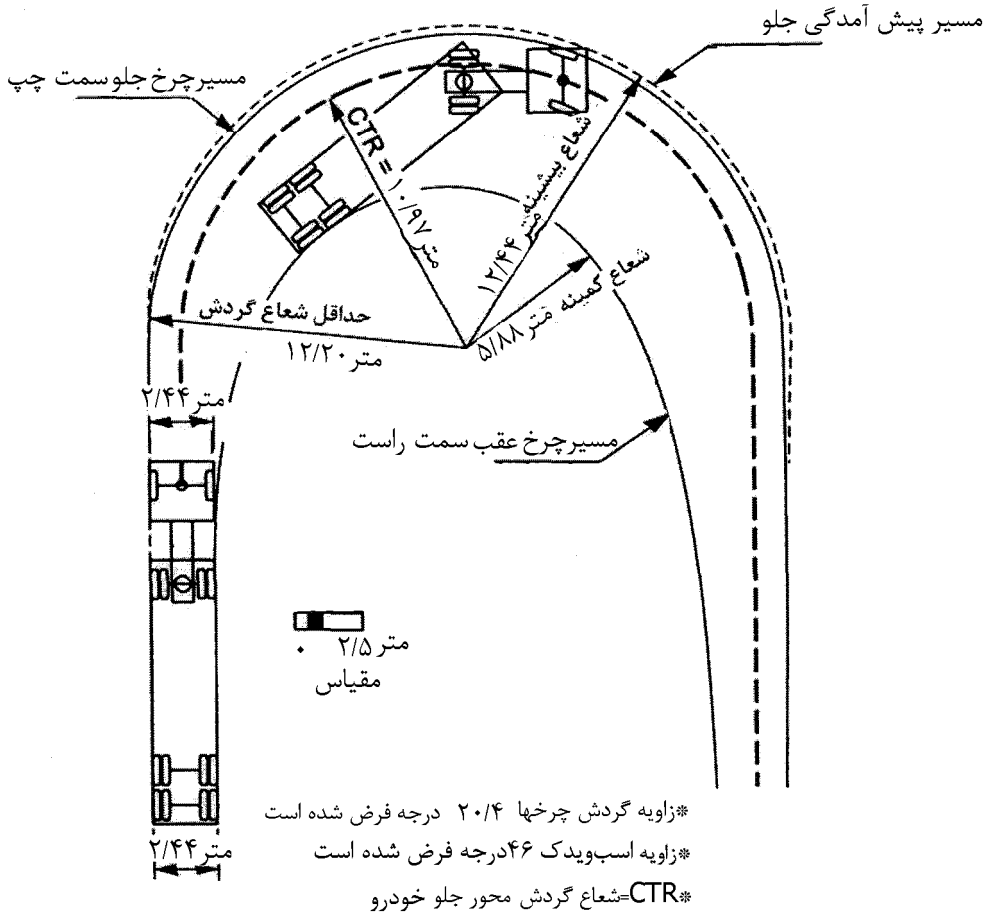
شکل2-11: خصوصیات گردش تریلی نمونه



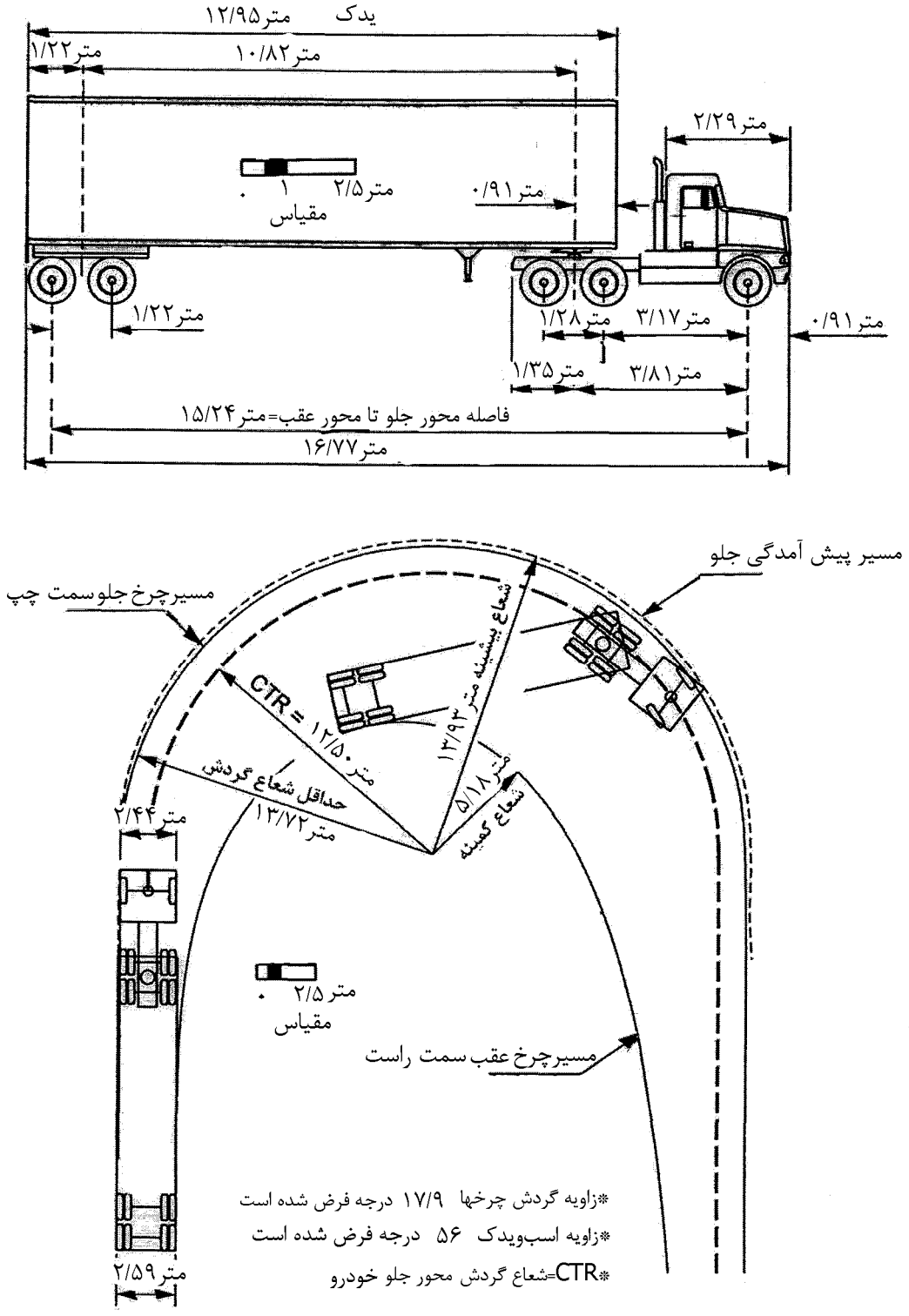
شکل2-12: طول اسب‌های(کشنده‌های) متعارف



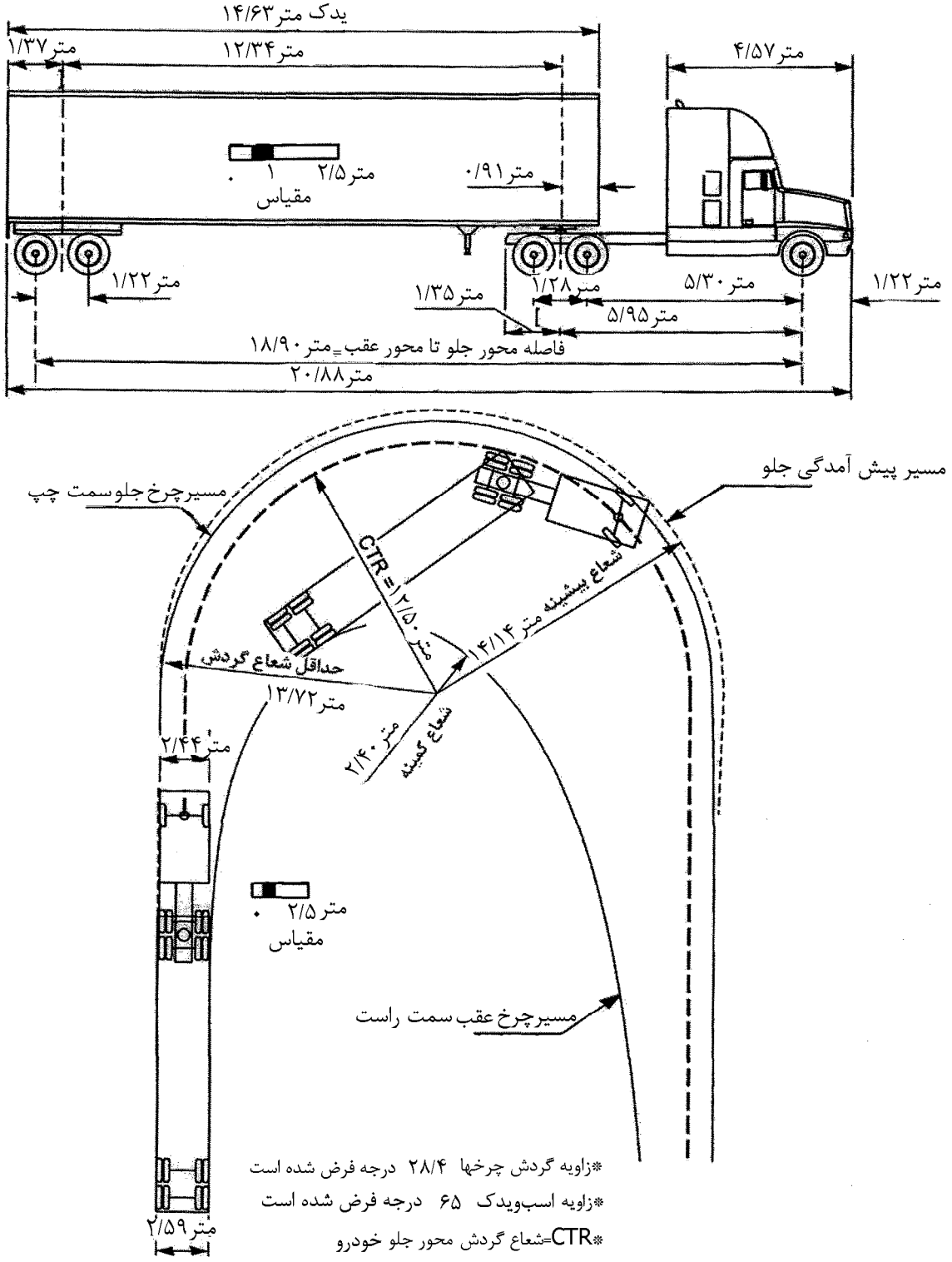
*اندازه تایرها وفاصله بین آنها برای تمام تریلی ها یکسان در نظر گرفته می‌شود.



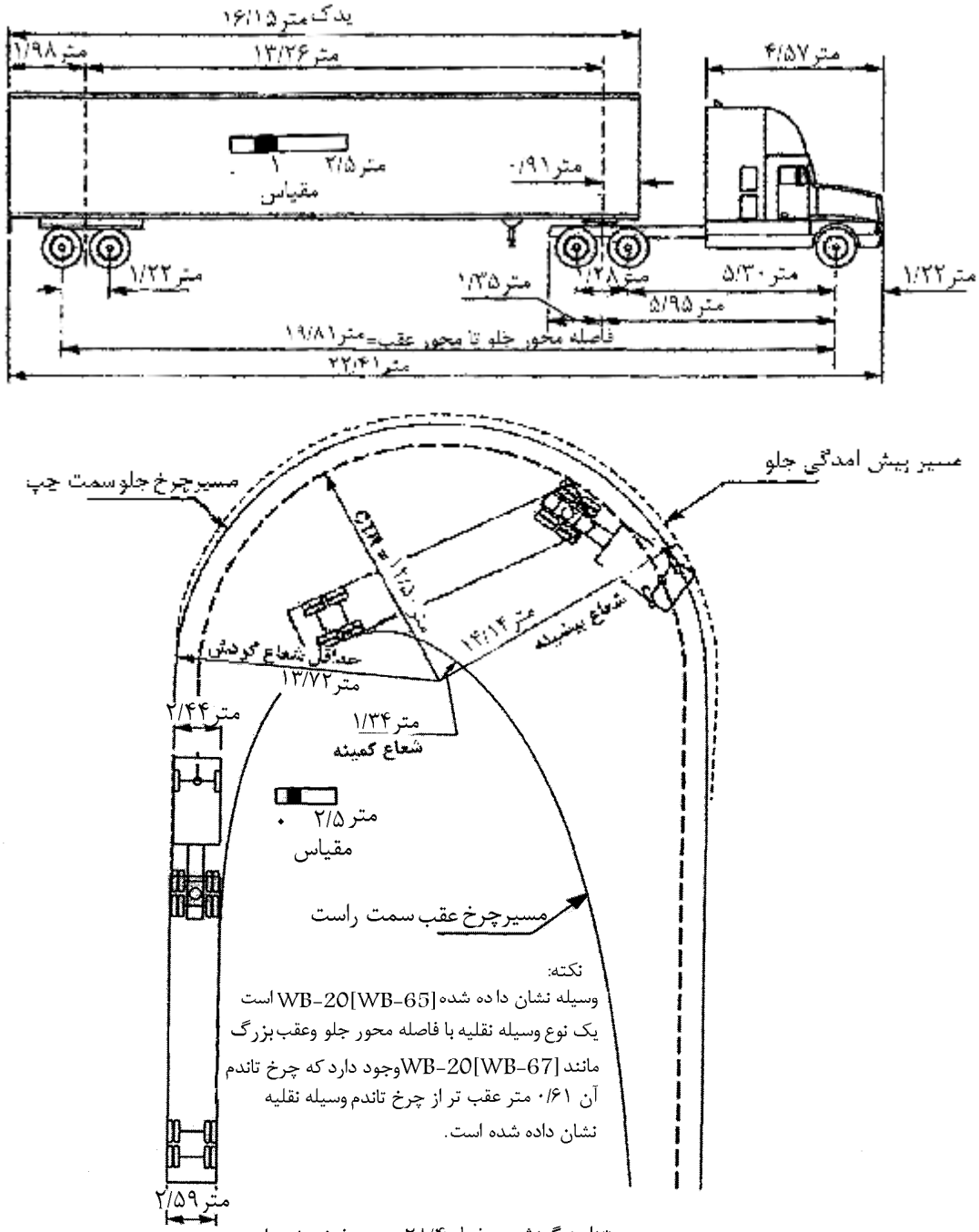
شکل2-13: حداقل مسیر گردش برای تریلی متوسط (WB_12)



شکل2-14: حداقل مسیر گردش برای تریلی متوسط(WB-15)



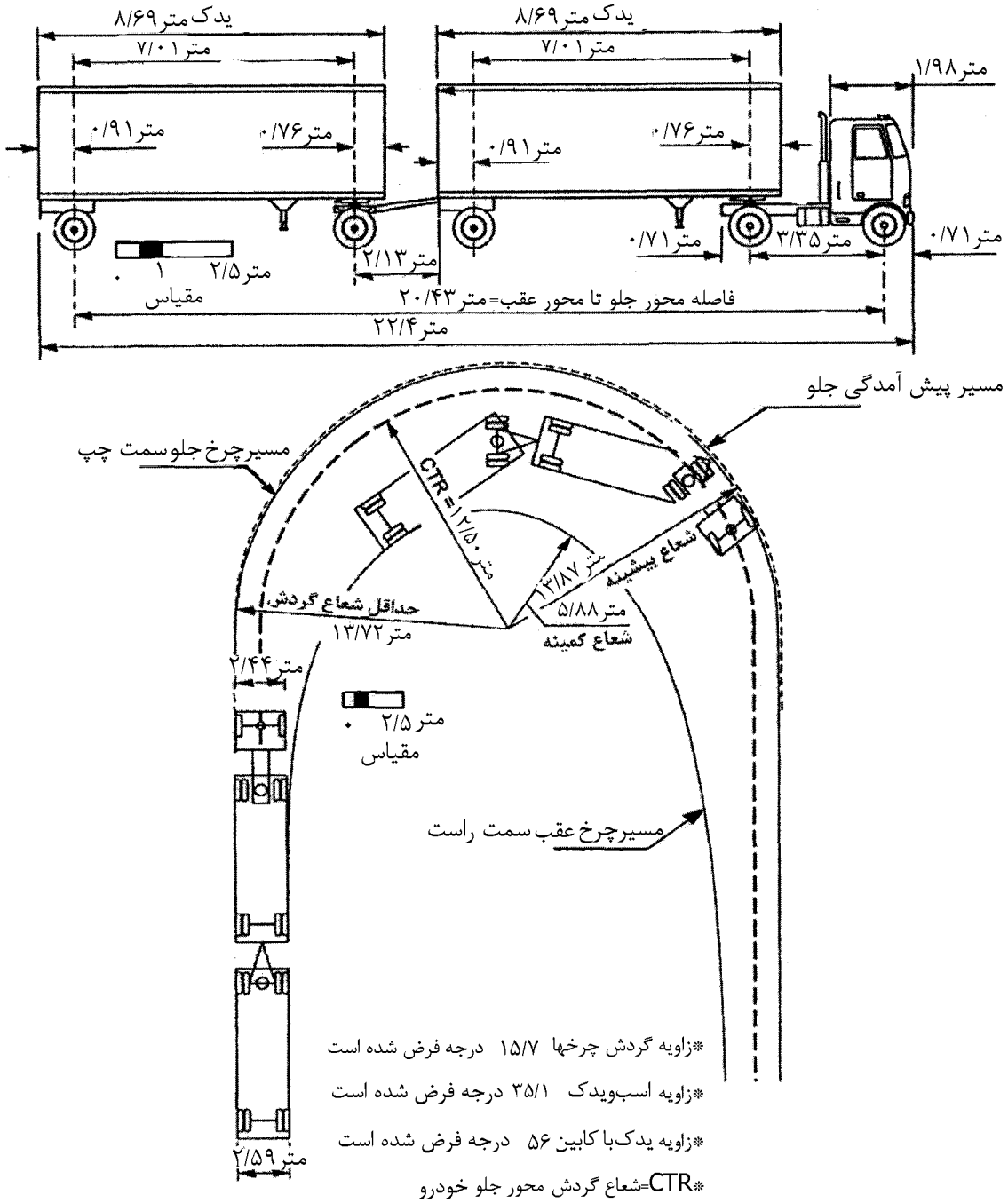
شکل2-15: حداقل مسیر گردش برای تریلی بزرگ (WB-19)



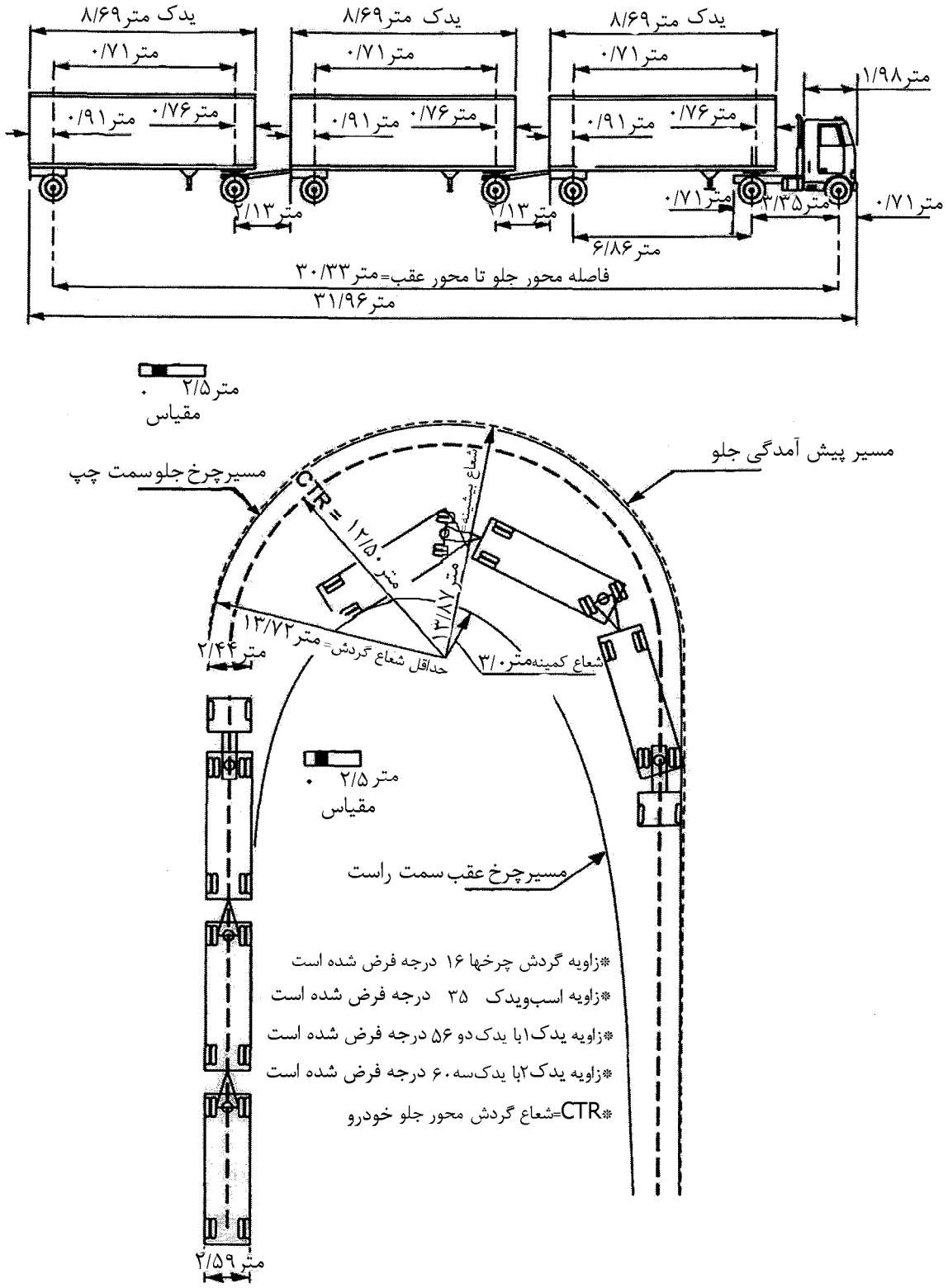
نکته:
وسیله نشان داده شده [WB-65]WB-20 است یک نوع وسیله نقلیه با فاصله محور جلو وعقب بزرگ مانند [WB-67]WB-20 وجود دارد که چرخ تاندم آن ۰/۶۱ متر عقب تر از چرخ تاندم وسیله نقلیه نشان داده شده است.

*زاویه گردش چرخها ۲۸/۴ درجه فرض شده است
*زاویه اسب‌ویدک ۶۸/۵ درجه فرض شده است
*CTR=شعاع گردش محور جلو خودرو

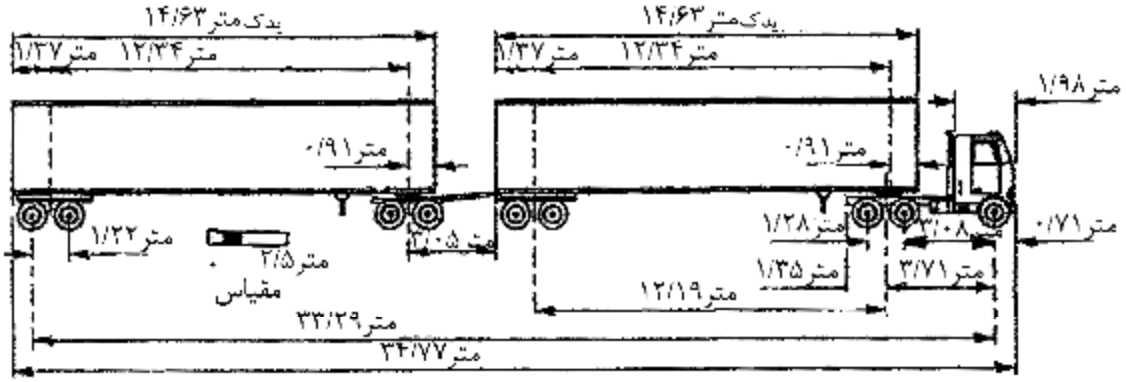
شکل2-16: حداقل مسیر گردش برای تریلی بزرگ (WB-20)

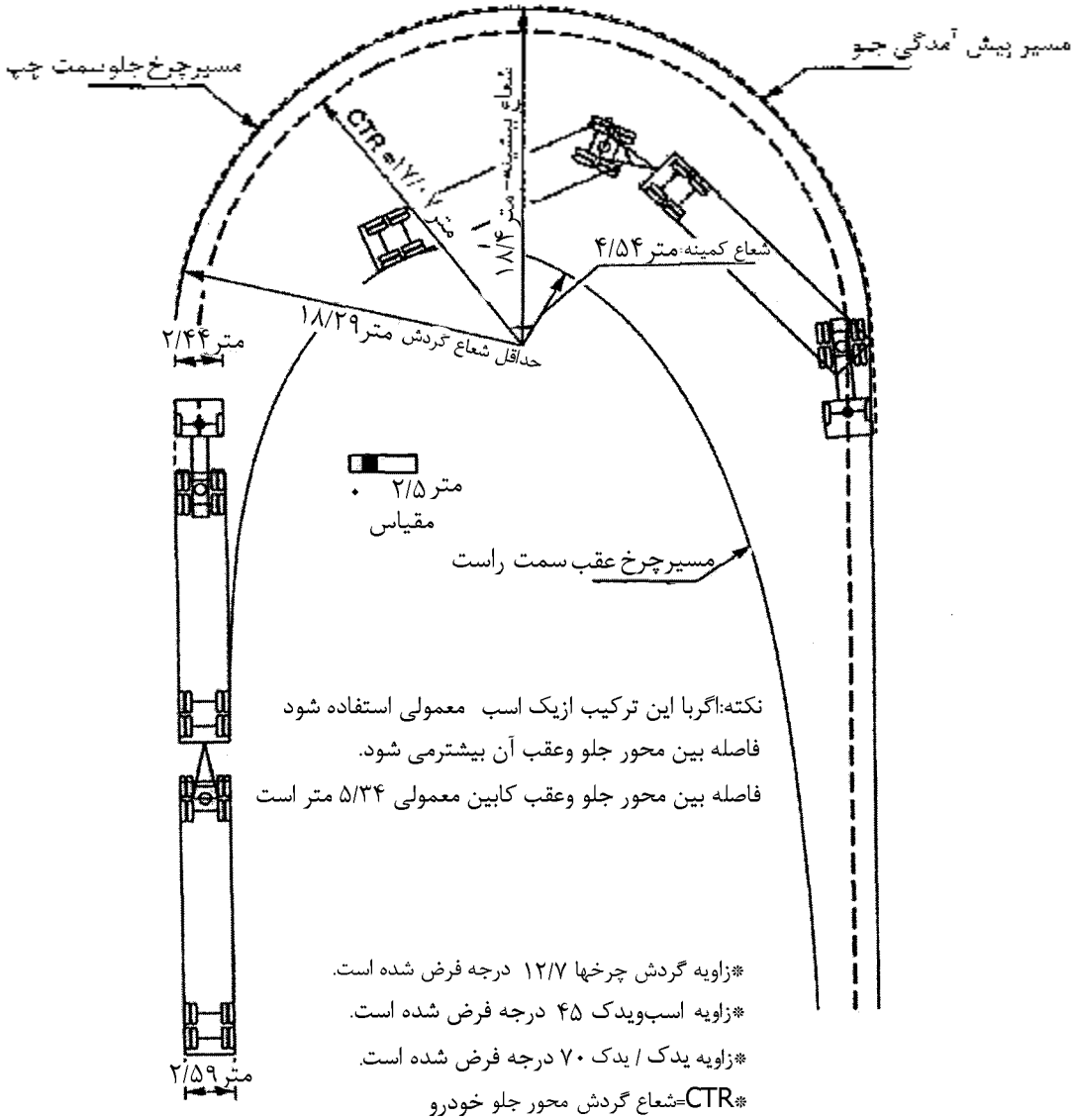


شکل2-17: **حداقل مسیرگردش برای تریلی دویدکه (WB-20D)**

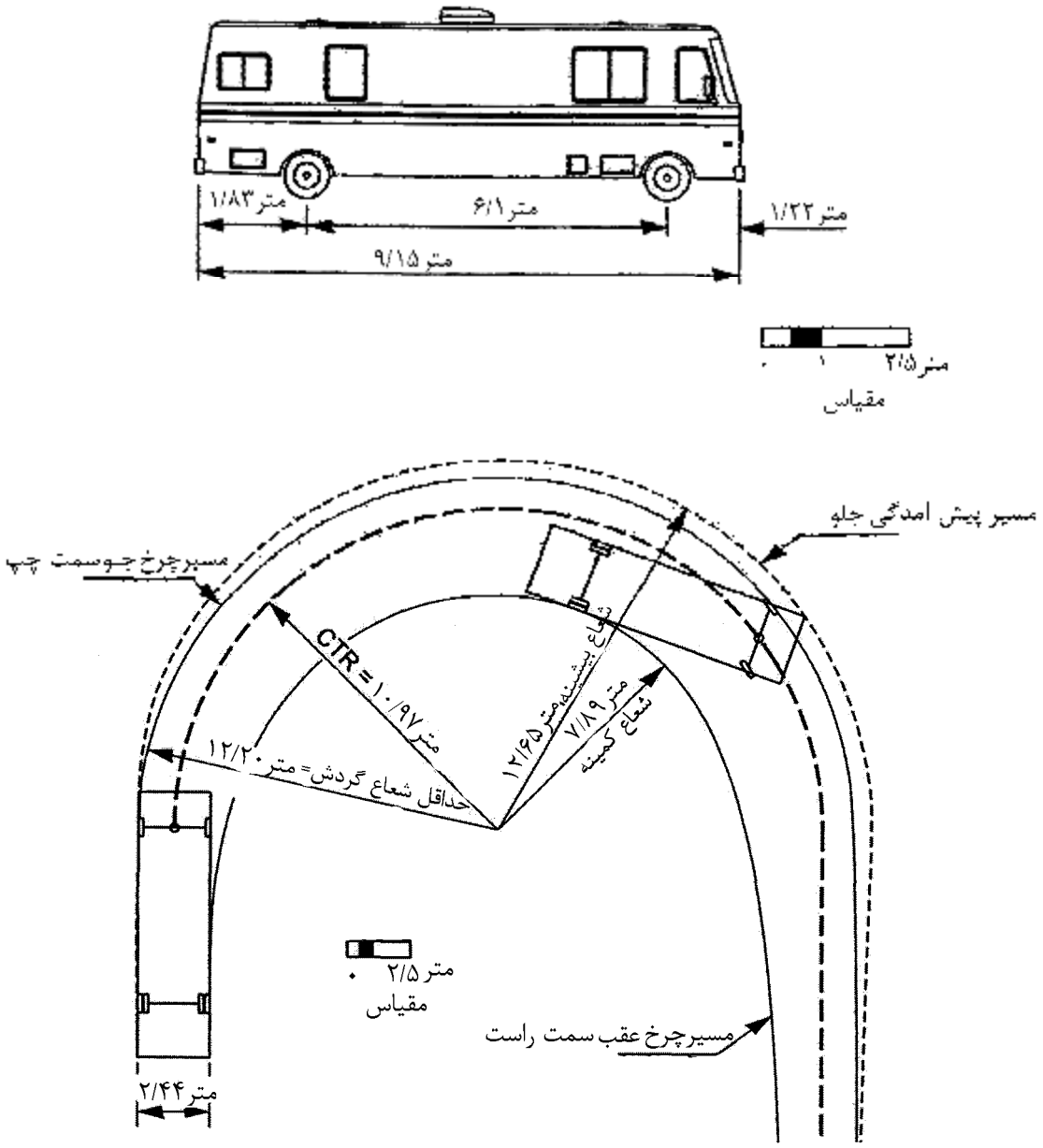


شکل2-18: حداقل مسیر گردش برای تریلی سه یدکه (WB-30T)





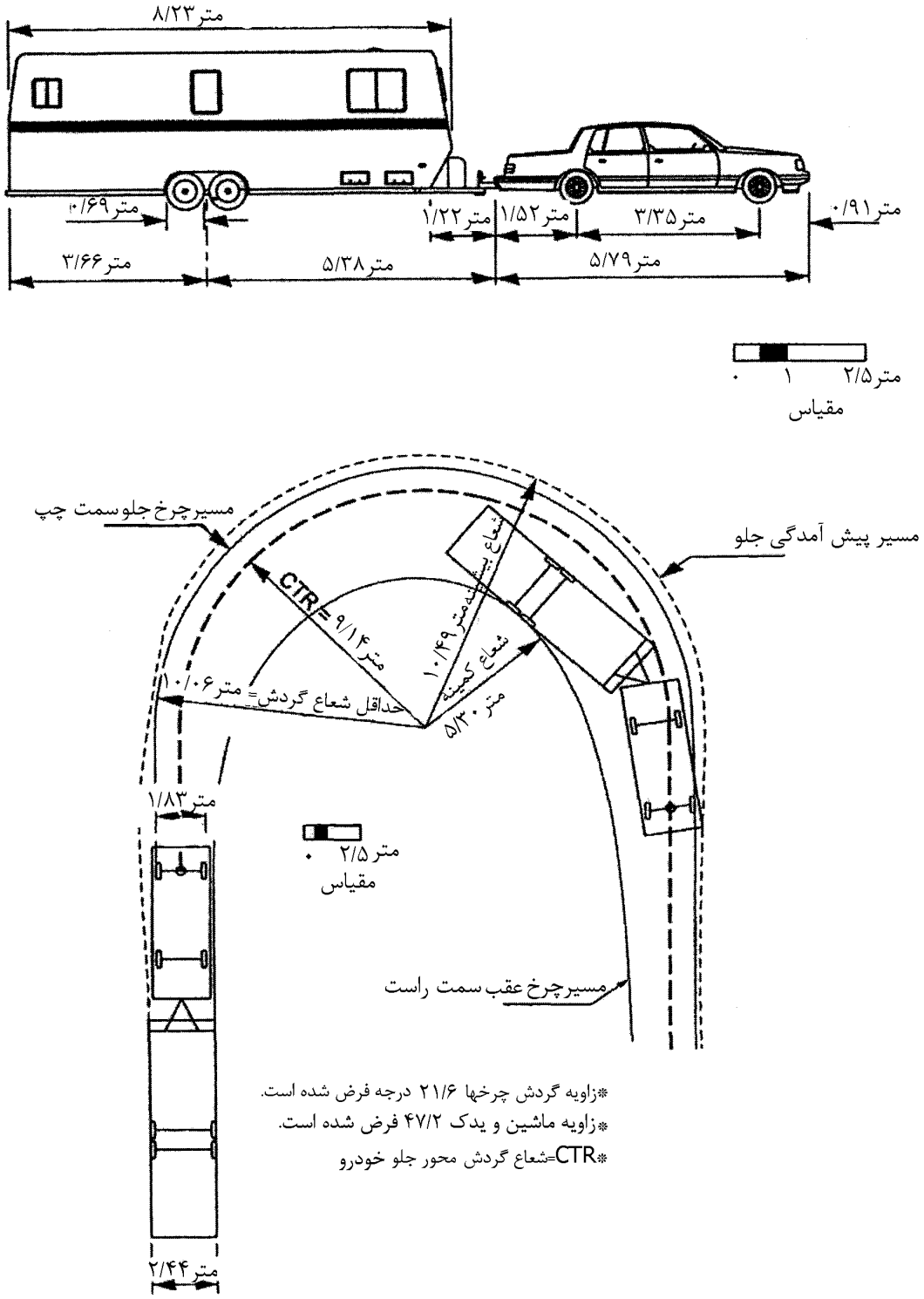
شکل2-19: حداقل مسیر گردش برای تریلی دو یدکهٔ بزرگ (WB-33D)



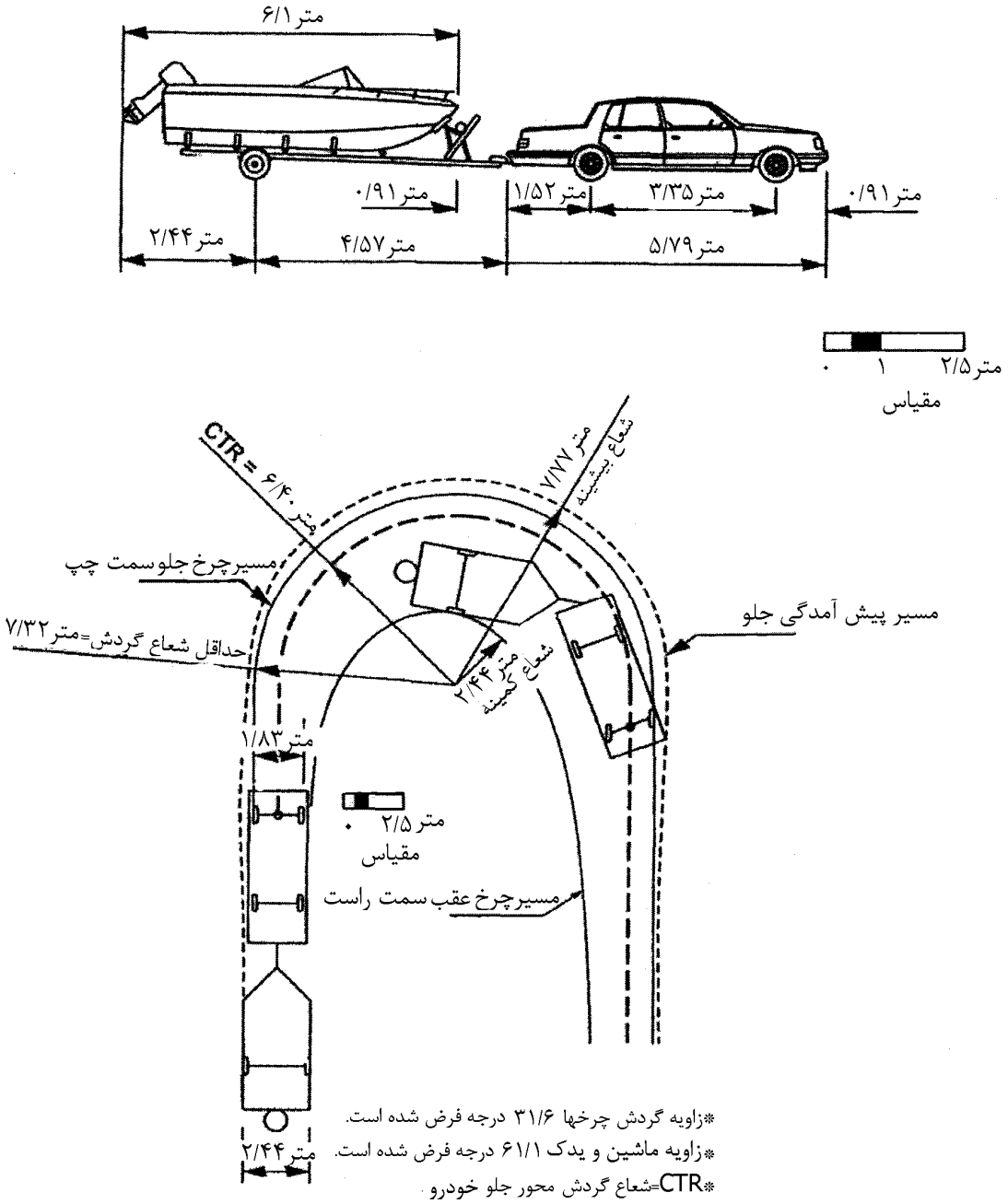
*زاویه گردش چرخها ۳۳/۷ درجه فرض شده است.

*CTR=شعاع گردش محور جلو خودرو

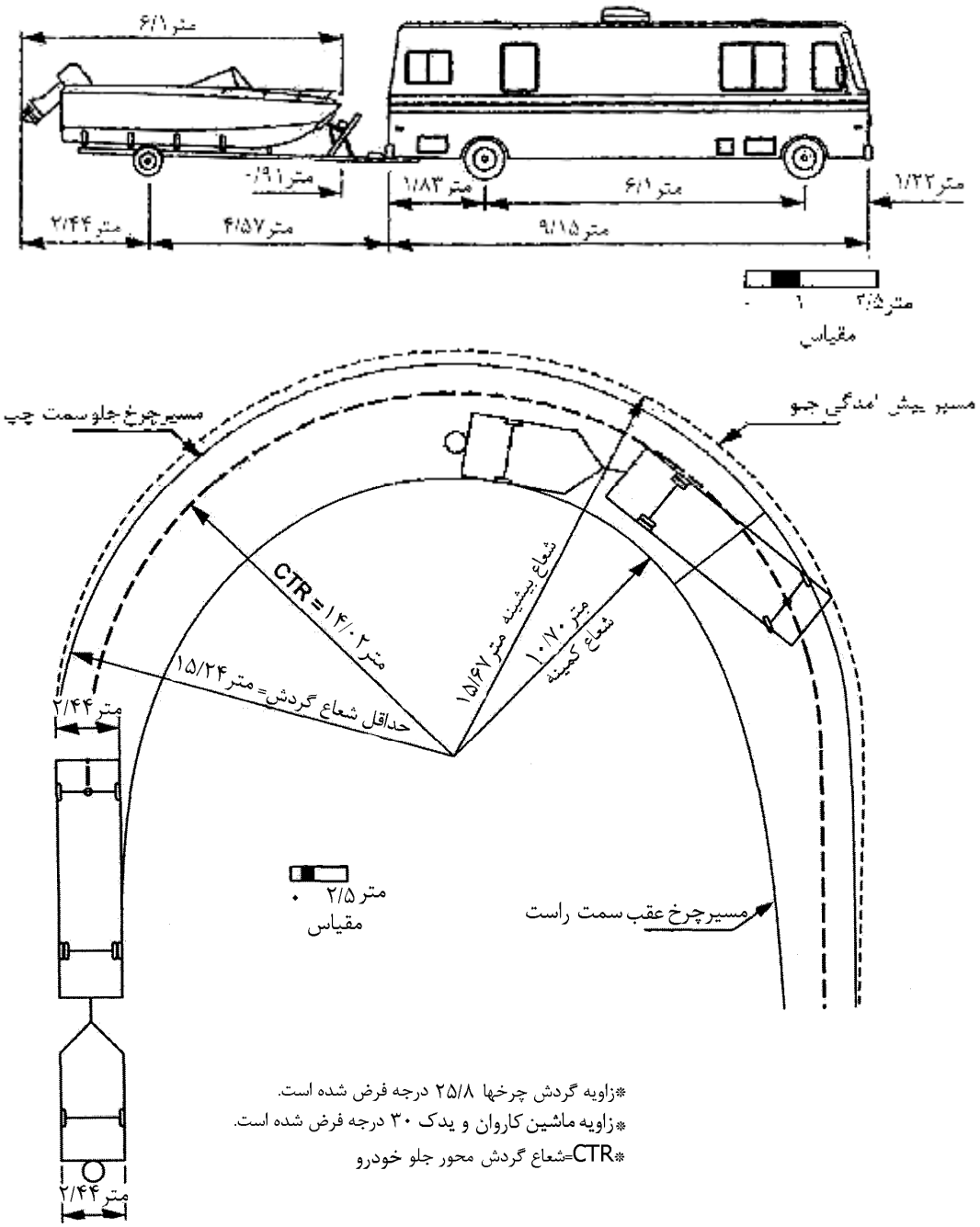
شکل2-20: حداقل مسیر گردش برای اتومبیل خانهٔ همراه (اتومبیل کاروان)، (MH)



شکل2-21: حداقل مسیر گردش برای سواری با یدک خانهٔ همراه (کاروان)، (P/T)



شکل2-22: حداقل مسیر گردش برای سواری با یدک قایق (P/B)



شکل2-23: حداقل مسیر گردش برای اتومبیل خانهٔ همراه (کاروان) با یدک قایق، (MH/B)

کارایی وسیلهٔ نقلیه

شدت افزایش و کاهش سرعت وسایل نقلیه عامل تعیین‌کننده‌ای در طراحی راه است. این مقادیر اغلب در طراحی مواردی همچون تقاطع‌ها ، رابطهای آزادراه، خطوط کمکی سربالایی و خطوط سبقت و میزان عقب‌رفتگی در ایستگاه اتوبوس، عامل تعیین کننده است.

اطلاعاتی که در ادامه، ارائه خواهد شد به معنی بیان کارایی متوسط طبقات خاصی از وسایل نقلیه نیست بلکه بیانگر وسایل نقلیه با کارایی کم‌تر (مانند اتومبیل‌های کم قدرت و کامیون بار شده یا اتوبوس) است که برای این بخش از طراحی مناسب است.

براساس میزان کاهش و افزایش کارائی، وسیلهٔ نقلیهٔ سبک کنترل کنندهٔ طراحی نیست. از اشکال 2-24 و 2-25 مشخص است که افزایش و کاهش نسبتاً سریع سرعت برای وسیلهٔ نقلیهٔ سبک کاملاً امکان‌پذیر است ولی در عین حال ممکن است برای مسافرین ناراحتی ایجاد کند. همچنین به علت تغییرات سریعی که در مشخصات حرکتی وسایل نقلیه ایجاد می شود اطلاعات فعلی مربوط به شدت افزایش و کاهش سرعت به زودی از رده خارج خواهد شد. شکل 2-24 براساس گزارش NCHRP 270 تهیه شده است. به همین ترتیب برای طراحی راه در نواحی تفریحی، کارآیی وسایل نقلیه تفریحی باید ملاک طراحی قرار گیرد.

آلودگی ناشی از وسیلهٔ نقلیه

آلاینده هایی که از وسایل نقلیه موتوری پراکنده می شود و تأثیر آن بر کاربری های اراضی مجاور راه‌ها، از جمله عواملی است که بر فرایند طرح راه اثر می گذارد. همچنان که خودرو در طول راه حرکت می کند آلاینده هایی را در هوا می پراکند و سر و صدا را به محیط اطراف منتقل می کند. طراح باید این تأثیرات را بشناسد و در انتخاب گزینه های حمل و نقلی مناسب، آن را مورد ارزیابی قرار دهد. عوامل متعددی در شدت انتشار آلاینده ها از خودرو مؤثر است از جمله ترکیب وسایل نقلیه، سرعت حرکت، درجه حرارت محیط، عمر وسایل نقلیه و درصد وسایل نقلیه ای که در جا کار می کنند.

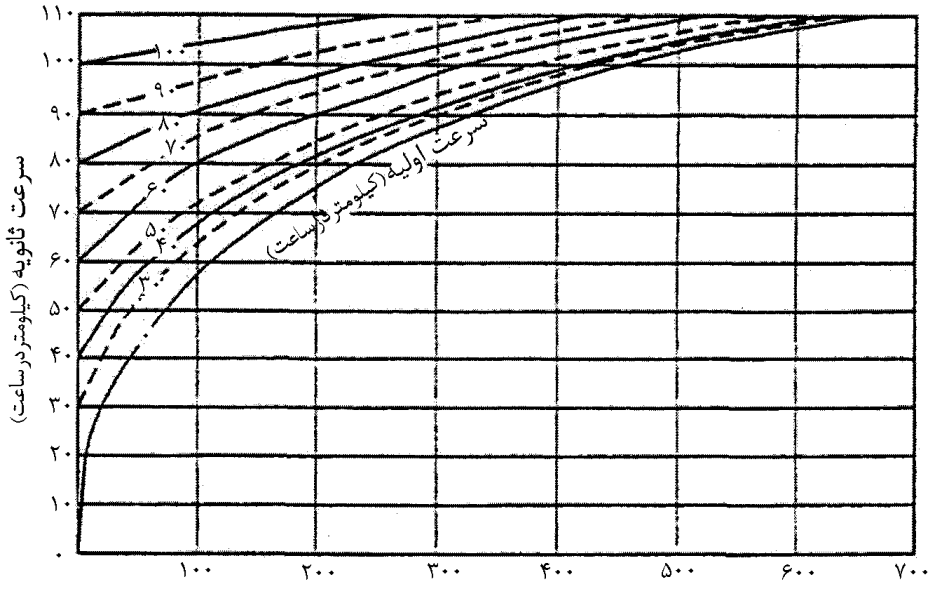
علاوه بر آلودگی هوا، طراح راه باید، آلودگی صوتی را نیز در نظر بگیرد. سر و صدا عبارت است از صدای ناخواسته که مزاحم فعالیت هایی مانند گفتگو، تفکر، مطالعه یا خوابیدن می شود. بنابراین، صدا بدون دخالت انسان ها نیز موجودیت می یابد ولی سر و صدا، حاصل فعالیت مردم است.

سر و صدای خودرو بوسیلهٔ عمل مکانیکی وسیلهٔ نقلیه و تجهیزات و نیروهای مربوط به حرکت آن تولید می شود. گردش چرخ‌ها بر سطح راه و در نواحی مرکز شهر، صداهای کوتاه مدت مانند صدای ترمز، اگزوز، بوق و آژیر وسایل نقلیهٔ امدادی از منابع تولید صوت هستند.

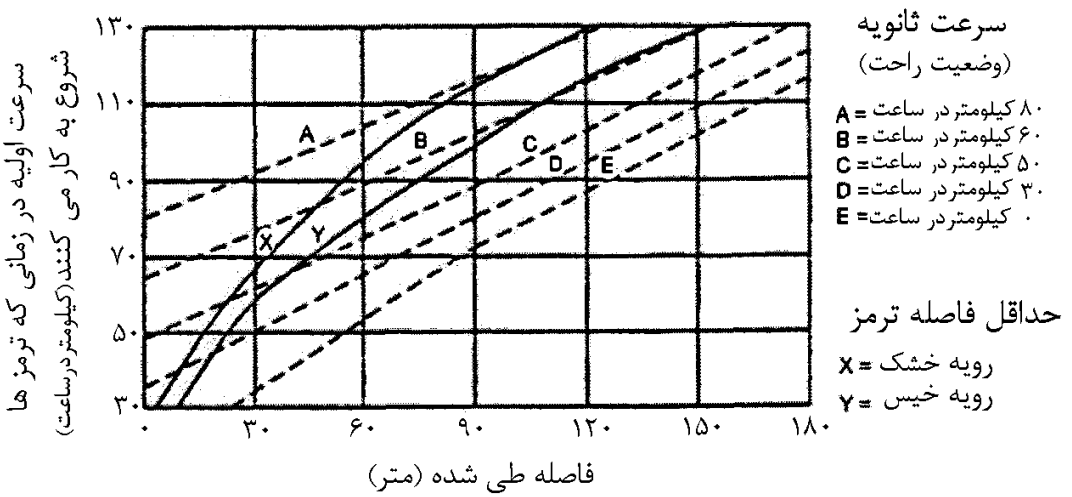
کامیون‌ها و وسایل نقلیهٔ سبک، عامل مهم ایجاد سر و صدا در راه‌ها محسوب می شوند. همچنین با توجه به افزایش سریع موتورسیکلت در سال های اخیر باید آن‌ها را نیز به عنوان عامل تولید سر و صدا، در نظرگرفت. خودروهای سبک جدید، بویژه در سرعت های پایین، ، نسبتاً آرام و کم صدا هستند ولی تعداد آن‌ها بقدری زیاد است که سر و صدای مجموعهٔ آن‌ها زیاد می شود. با وجود این که سر و صدای وسایل نقلیهٔ سبک با افزایش سرعت، به شدت افزایش می یابد ولی اثر سربالایی های تند در ایجاد سر و صدا توسط این گونه وسایل، ناچیز است.

در مورد خودروهای سبک، سر و صدای تولید شده در شرایط عادی، عمدتاً از سیستم اگزوز، موتور و اثر متقابل چرخ و سطح رویه ناشی می شود. در سرعت‌های یکنواخت، سر و صدای تولید شده به کار کردن موتور

بستگی ندارد زیرا در این شرایط، سر و صدا عمدتاً از اثر متقابل چرخ و سطح سواره رو و از افزایش صدای باد ناشی می شود. اما در وضعیت شتاب گیری حداکثر، سر و صدای سیستم موتورحکمفرما می شود.
کامیون ها و تریلی ها، بویژه دیزل های پر قدرت، با سروصدای بیشتر با تناسب قدرت موتور، معمولاً مشکل ترین مسئلهٔ صوتی را در راه ایجاد می‌کنند . میزان سر و صدای تریلی‌ها کامیون‌ها، خیلی تحت تاثیر سرعت قرار ندارد، زیرا عواملی که تحت تاثیر مستقیم سرعت قرار ندارند (از جمله سر و صدای ناشی از شتاب)، غالباً بخش اعظم کل سر و صدا را، تولید می کنند. برعکس، سربالایی های تند، می تواند سبب افزایش میزان سر و صدا درکامیون های بزرگ گردد.
سر و صدای گروه کامیون ها، منابع تولید صدای متعددی دارد مانند اگزوز، دنده های موتور، پروانه ها و ورودی هوا. در سرعت های بالاتر، اثر متقابل چرخ و سطح سواره رو و صدای باد، بر مشکلات می افزاید. در دیزل‌های قوی هم مانند وسایل نقلیهٔ سبک، سر و صدای ایجاد شده، در درجه اول ناشی از سیستم اگزوز موتور و تأثیر متقابل چرخ و سطح سواره رو است. با این وجود، در مورد گروه کامیون ها، سر و صدای ناشی از اگزوز، در اغلب شرایط کاری، بویژه به هنگام شتاب گیری، بر سر و صدای ناشی از اثر متقابل چرخ و سطح سواره رو تفوق دارد.
کیفیت سر و صدا، با توجه به تعداد خودروها و شرایط عملکرد آن‌ها تغییر می کند در حالیکه تغییرات جهت انتشار و شدت سر و صدا، تابع مشخصات طرح راه است. بنابراین طراح باید چگونگی تأثیر منطقهٔ عبور و طرح راه را بر سر و صدایی که توسط ساکنین مجاور یا شاغلین اطراف راه احساس می شود، در نظر داشته باشد. میزان این سر و صدا، با افزایش فاصلهٔ منطقهٔ سکونت یا محل کار از راه، کاهش می یابد.



شکل2-24: شتاب خودروهای سبک در شرایط هموار



شکل2-25: فواصل شتاب کاهنده برای خودروهای سبک در حال رسیدن به تقاطع

کارایی راننده

مقدمه

توجه به میزان کارایی راننده در طراحی و بهره‌برداری راه، امری ضروری است. مطلوب بودن طرح راه، همانند سایر معیارها به این وابسته است که رانندگان با چه درجه از کارایی و ایمنی می‌توانند از راه استفاده کنند. طراحی سازگار با توانایی‌ها و محدودیت‌های رانندگان، کارایی آن‌ها را افزایش می‌یابد و برعکس، زمانی که طراحی، سازگار با توانایی‌های رانندگان نباشد امکان خطای آن‌ها افزایش می‌دهد و ممکن است منجر به تصادف و یا ناکارآمدی در بهره‌برداری شود.

این بخش، اطلاعاتی را در مورد کارآیی رانندگان ارائه می کند که برای مهندسین راه در طراحی و بهره‌برداری راه مفید است. دراینجا رانندگان از نظر کارآیی و رفتار متقابلشان با راه و سیستم اطلاع‌رسانی راه و علت بروز اشتباه در رانندگی مورد بررسی قرار می‌گیرند. مباحث این بخش بطور کامل‌تری در کتاب «رهنمودی برای راهنمایی مثبت کاربران راه» [4] مطرح شده است که شامل اطلاعاتی در مورد مشخصات راننده، مسائل رانندگی و نحوهٔ انتقال اطلاعات توسط راننده است. اگر در طرح راه از راهنمایی مثبت استفاده شده باشد، رانندگان ماهر با استفاده از طرح مناسب راه و اطلاعات مفید ارایه شده می توانند رانندگی کارا و ایمن داشته باشند.

رانندگان مسن

در آغاز قرن بیستم حدود 4 درصد از جمعیت آمریکا بالای 65 سال سن داشت، برای جمعیت راننده این رقم در سال 1986 به 15درصد رسید و انتظار می‌رود که تا سال 2030 به 22درصد افزایش یابد. رانندگان و عابرین مسن در آمریکا بخش روزافزونی از کاربران سیستم حمل و نقل هستند که تأثیری منفی بر روی ایمنی و کارآیی سیستم راه می‌گذارند. در واقع، یک سیستم راه باید برای افراد مسن، روانی حرکت را تأمین کند و طراحی و مشخصات عملکردی آن با این گروه سنی سازگار باشد.

رانندگان مسن نیازهای ویژه‌ای دارند که باید در طرح راه و کنترل ترافیک لحاظ شود برای مثال به ازای هر دهه بعد از 25 سال رانندگان برای دریافت اطلاعات بصری در شب به دو برابر روشنایی نیاز دارند و بنابراین بعضی رانندگان 75 ساله، ممکن است 32 برابر افراد 25 ساله به روشنایی در شب نیاز داشته باشند.

تحقیقات نشان داده است که رعایت موارد خاص در مورد رانندگان و عابرین پیادهٔ مسن می‌تواند سیستم را برای همهٔ کاربران بهبود بخشد.

بنابراین طراحان و مهندسان باید از توانایی‌ها و نیازهای کاربران مسن راه، آگاهی داشته باشند و معیارهای مناسبی برای تحقّق آن، در نظر بگیرند. گزارشی از ادارهٔ راه‌های فدرال تحت عنوان «کتاب طرح راه برای رانندگی مسن» [6] اطلاعاتی در مورد چگونگی امکان اصلاح عناصر (اجزاء) طرح هندسی راه و ادوات کنترل ترافیک بمنظور مطابقت با توانایی‌ها و نیازهای کاربران مسن راه، ارائه می‌کند.

رانندگی

عمل رانندگی، وابسته به دریافت و استفاده صحیح از اطلاعات است. اطلاعات دریافتی در حین رانندگی با دیگر اطلاعاتی که راننده از قبل دارد مقایسه و سپس تصمیم‌گیری می‌شود و نهایتاً اقدامات کنترلی به عمل می‌آید.

رانندگی شامل یک سری فعالیتهای گسسته و در عین حال مرتبط است. از نظر اجرایی، اجزاء فرایند رانندگی در قالب سه مرحلهٔ کنترل، هدایت و حرکت دسته‌بندی می‌شوند. این فعالیت‌ها بر حسب پیچیدگی کار و اهمیت آن‌ها بلحاظ ایمنی اجرا می‌شوند. آسانی هدایت و کنترل سرعت، مرحلهٔ اصلی کنترل وسیلهٔ نقلیه است. حرکت در مسیر راه و ایمنی آن و واکنش به شرایط راه و ترافیک مرحله میانی است. پیچیده‌ترین مرحله، برنامه‌ریزی سفر و دنبال گیری مسیر است.

رانندگی ممکن است یک عمل پیچیده و طاقت فرسا باشد که احتمالاً مستلزم انجام همزمان دریافت اطلاعات و پردازش و یکپارچه کردن آن‌ها است. در بسیاری از موارد، رانندگی در شرایط زمانی فشرده، سرعت‌های بالا، محیط‌های ناآشنا و در شرایط نامناسب جوی انجام می‌شود. در شرایط دیگری ممکن است رانندگی چنان ساده باشد که باعث کاهش دقت راننده شود. در این محدودهٔ وسیع شرایط رانندگی کلید رانندگی ایمن و مؤثر، انتقال بدون خطای اطلاعات است.

اشتباهات رانندگی ناشی از عوامل متعددی از قبیل راننده، وسیلهٔ نقلیهٔ، راه و عوامل ترافیکی است. بعضی از اشتباهات رانندگان ممکن است ناشی از عدم تشخیص عکس العمل لازم در قبال شرایط عبور و مرور باشد. اشتباهات رانندگی همچنین ممکن است ناشی از محدودیت زمان، پیچیدگی تصمیمات و یا زیادی اطلاعات باشد. اشتباهات راننده در کنترل و هدایت وسیلهٔ نقلیه ممکن است مستقیماً به تصادف منجر شود. بعلاوه اشتباهات ناشی از تأخیر در عکس‌العمل مناسب راننده نیز می‌تواند بطور غیرمستقیم موجب بروز تصادف شود.

هدایت

از سه مؤلفهٔ اصلی رانندگی، طراحی راه و عملکرد ترافیک بیشترین تأثیر را در هدایت وسیلهٔ نقلیه دارند. درک مسئلهٔ هدایت وسیلهٔ نقلیه توسط طراح امری ضروری است تا به کارآیی راننده کمک کند.

استقرار در خط عبور و حرکت در آن‌ها

استقرار در خط عبور و دنبال‌گیری راه که شامل راندن و کنترل سرعت است، نقش اساسی در هدایت خودرو دارد. رانندگان برای دنبال‌گیری مسیر و با شیب‌ها در قالب محدودیت‌های راه و شرایط محیطی، از فرآیند واکنشی استفاده می‌کنند. تصمیم‌گیری‌های مربوط به دوری جستن از موانع جزئی از مجموعهٔ کارهای مربوط به استقرار در خط عبور و دنبال‌گیری راه است. این بخش از هدایت خودرو هم برای وسیله نقلیه‌ای که به تنهایی حرکت می‌کند و هم برای وسیلهٔ نقلیه‌ای که در ترافیک حرکت می کند، بطور مداوم انجام می‌شود.

دنباله‌روی وسایل نقلیه

دنباله‌روی وسایل نقلیه فرآیندی است که در آن رانندگان وسیله نقلیه خود را با دنباله روی خودرو دیگر هدایت می‌کنند. تصمیم‌های مربوط به دنباله‌روی خودروها پیچیده‌تر از دنباله‌گیری راه است زیرا شامل کنترل سرعت نیز می‌شود.

در دنباله‌روی وسایل نقلیه، رانندگان باید بطور منظم سرعت را به نحوی تعدیل نمایند که فاصلهٔ مطمئن بین خودروها تأمین گردد. برای حرکت مطمئن، رانندگان باید سرعت وسیلهٔ نقلیه جلویی و سرعت و موقعیت سایر خودروها در جریان ترافیک را ارزیابی نموده و بطور پیوسته به تغییرات، عکس‌العمل نشان دهند.

مانور سبقت

تصمیم‌گیری برای شروع، ادامه و تکمیل سبقت پیچیده‌تر از تصمیم‌گیری برای استقرار در خط عبور و دنباله‌روی وسایل نقلیه است. تصمیم گیری برای سبقت، مستلزم تغییر مسیر و کنترل سرعت است. در سبقت گرفتن، رانندگان بایستی در خصوص توان سرعت و شتاب وسیله نقلیه خود، سرعت وسیلهٔ نقلیهٔ جلویی، سرعت و فاصلهٔ وسیلهٔ نقلیهٔ مقابل و وجود فاصلهٔ خالی قابل قبول در جریان ترافیک، درک صحیحی داشته باشند.

سایر امور مربوط به هدایت وسیلهٔ نقلیه

دیگر امور مربوط به هدایت وسیلهٔ نقلیه شامل تعویض خط، مراقبت از عابرین و عکس‌العمل به وسایل کنترل ترافیک است. این امور نیز شامل تصمیم‌گیری‌ها، داوری‌ها و پیش‌بینی‌های پیچیده است.

سیستم اطلاع‌رسانی

هر عنصری که بتواند اطلاعاتی برای راننده تأمین کند بعنوان عضوی از سیستم اطلاع‌رسانی راه شناخته می‌شود. منبع رسمی اطلاع‌رسانی، وسایل کنترل ترافیک هستند که برای اطلاع رسانی به رانندگان طراحی شده است. منابع غیررسمی عبارت از خصوصیات طرح راه و محیط اطراف، درزهای رویه، ردیف درختان و ترافیک است. هدف از اطلاع رسانی چه به صورت رسمی و چه غیررسمی، تأمین ایمنی و افزایش کارایی است. منابع رسمی و غیررسمی اطلاع‌رسانی با هم مرتبطاند و باید یکدیگر را تکمیل و تقویت کنند تا بیشترین کارایی و فایده حاصل گردد.

ادوات کنترل ترافیک

ادوات کنترل ترافیک، اطلاعات لازم در جهت هدایت و ناوبری را که به طرق دیگر در دسترس یا واضح نیست تأمین می‌کند. این وسایل شامل تابلوهای هشدار دهنده، چراغهای راهنما و دیگر وسایل هدایت‌کننده است. سایر وسایل کنترل ترافیک مانند خط‌کشی و جداکردن خطوط عبور، اطلاعات تکمیلی در مورد راه و محیط اطراف را فراهم می‌کنند. این وسایل کنترل به راننده کمک می‌کند تا اطلاعاتی که ممکن است به چشم نیاید یا تشخیص آن مشکل باشد را دریافت کند. نکات لازم در مورد اطلاعات مربوط به استفادهٔ صحیح از وسایل کنترل ترافیک در مجموعه‌ای با عنوان«کتاب ادوات یکنواخت کنترل ترافیک» [7] ارائه شده است.

راه و محیط اطراف آن

انتخاب سرعت و مسیر بستگی به این دارد که بتواند جاده‌ای را که در برابرش قرار دارد مشاهده کند. راننده باید بتواند وضعیت مسیر، سربالایی و سرپایینی و سایر خصوصیات راه پیش‌رو را در فاصله کافی با دقت مناسبی ببیند. وضعیت جاده شامل محیط مجاور راه نیز می‌گردد. اجزایی مانند شانه‌ها و موانع جانبی (شامل

پایهٔ علائم، پایه‌ها و دیوارهای کناری پل، نرده‌های ایمنی و حفاظ میانه) بر رفتار راننده مؤثر است و باید آن‌ها را به وضوح ببیند.

انتقال اطلاعات

رانندگان از حداکثر حواس خود برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده می‌کنند. دریافت اکثر این اطلاعات از طریق مشاهده مسیر راه، خط‌کشی و تابلوها انجام می‌شود. البته رانندگان تغییر در حرکت وسیله نقلیه را بصورت غریزی درک می‌کنند. این حالت مثلاً از طریق احساس لرزش چرخهای محرک و شنیدن صدای آژیر انجام می‌گیرد.

رانندگان در حین رانندگی چند عمل را به صورت همزمان انجام می‌دهند. آن‌ها به منابع اطلاع رسانی دقت می کنند، تصمیم‌های زیادی می‌گیرند و کنترل‌های ضروری را اعمال می‌کنند. اطلاعات لازم باید کاملاً در دید راننده بوده و در زمان‌ها و محل‌های مورد نیاز، به شکلی قابل استفاده و در وضعیتی که توجه راننده را جلب کند، موجود باشند. چون رانندگان، در هر مقطع زمانی، می‌توانند به یک منبع اطلاعات توجه کنند، اطلاعات دریافتی مختلف را جمع‌آوری و طی فرایند چند جانبه ای به محیط متغیر حین حرکت آگاهی می‌یابند. رانندگان مشاهدات لحظه ای را نمونه برداری می کنند و توجه خود را پی در پی از یکی به دیگری معطوف می دارند. آن‌ها در پاره‌ای از موارد به فوریت تصمیم می گیرند و در مواردی دیگر بمنظور پرکردن شکاف بین اطلاعات موجود، از طریق تکیه بر داوری، تخمین و پیش بینی، با تأخیر تصمیم‌گیری می‌کنند.

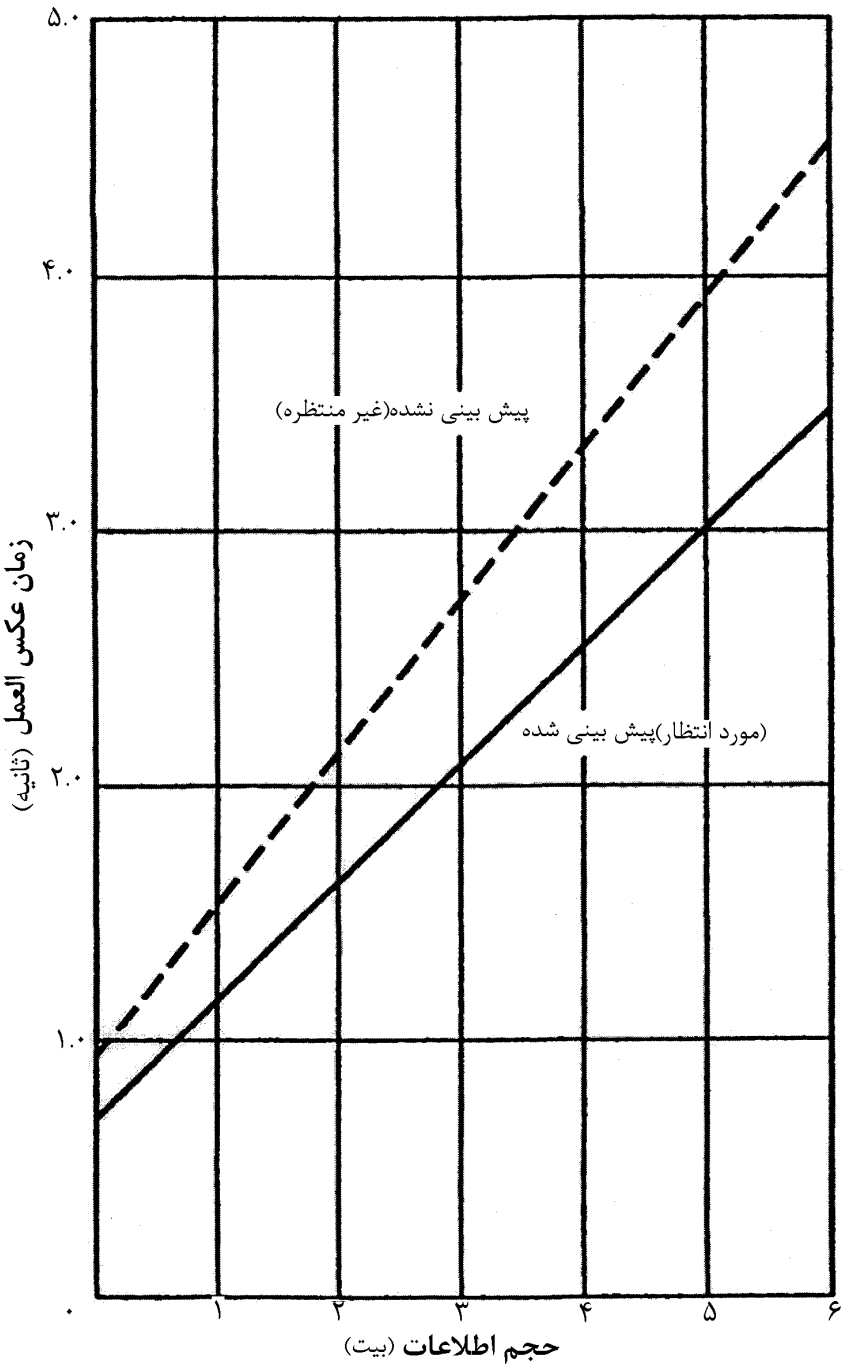
زمان عکس‌العمل

پردازش اطلاعات، به زمان نیاز دارد. زمان عکس‌العمل با افزایش میزان پیچیدگی و حجم اطلاعات افزایش می‌یابد. از طرفی افزایش زمان عکس‌العمل باعث افزایش احتمال اشتباه خواهد شد. جانسون و رومار، زمان عکس‌العمل ترمز را برای حوادث قابل پیش‌بینی و غیرقابل پیش‌بینی اندازه گرفتند. این مقدار، برای موارد قابل پیش‌بینی بطور متوسط 6/ ثانیه است و برای تعداد کمی از رانندگان تا 2 ثانیه نیز می رسد. این زمان، برای موانع غیر قابل انتظار تا حدود 35% افزایش می‌یابد. مثلاً ممکن است برای بعضی رانندگان، زمان تصمیم‌گیری و عکس العمل، تا 2/7 ثانیه برسد. یک تصمیم‌گیری پیچیده با گزینه‌های مختلف تصمیم گیری ممکن است نسبت به شرایط عادی چند ثانیه بیشتر زمان ببرد. شکل 2-26 ارتباط بین میزان اطلاعاتی که باید پردازش شود و زمان عکس‌العمل برای راننده متوسط را نشان می‌دهد و شکل 2-27 ، ارتباط بین حجم اطلاعات و زمان عکس‌العمل، که برای هشتاد درصد رانندگان اتفاق افتاده است را نشان می‌دهد. مقادیر نمودار برای دریافت اطلاعات بر حسب بیت می‌باشد. پردازش طولانی‌مدت، زمان لازم برای توجه به سایر مسائل را کاهش و احتمال اشتباه را افزایش می‌دهد.

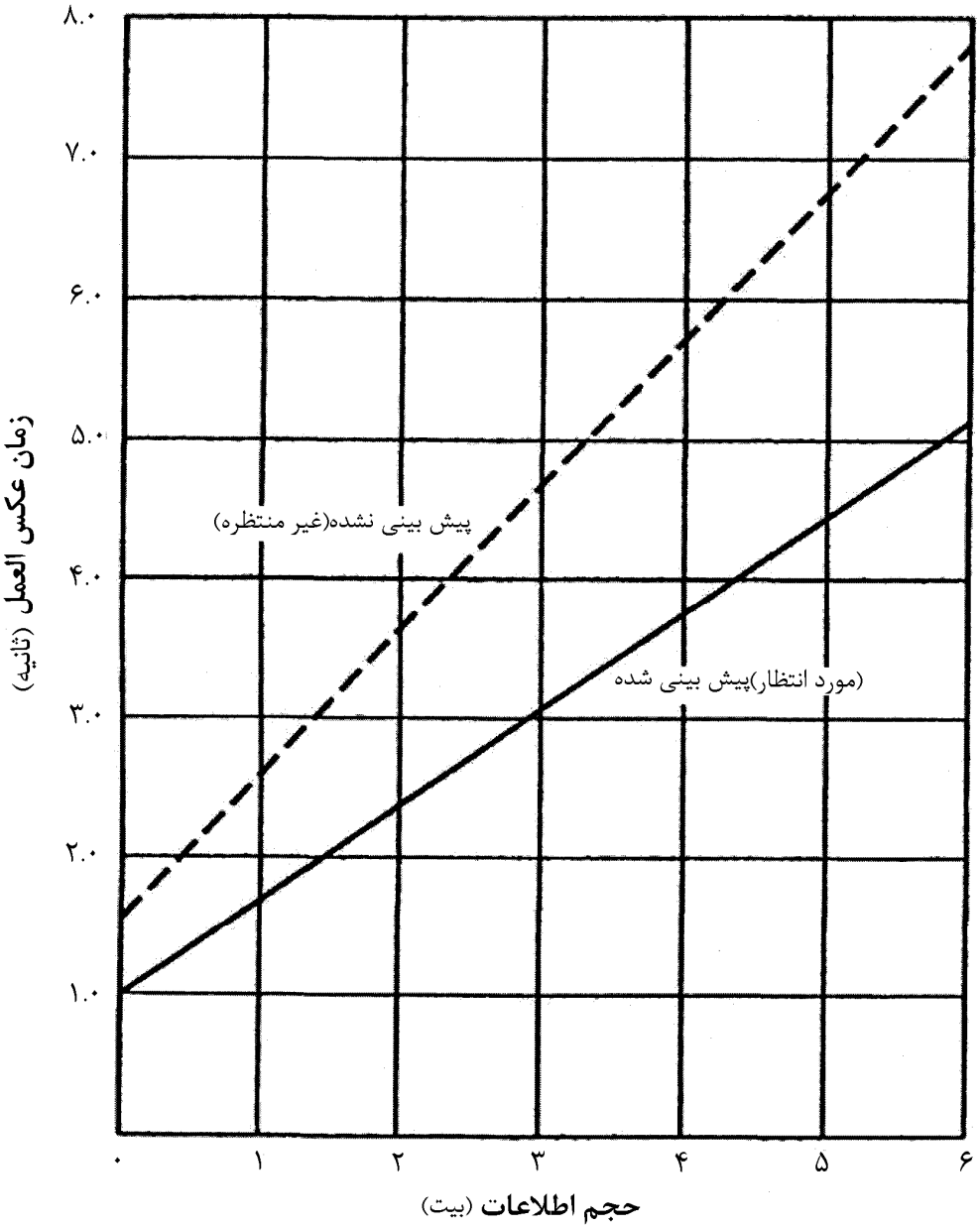
در طراحی راه‌ها مسئله زمان عکس‌العمل باید همواره مد نظر قرار گیرد. باید توجه داشت که پاسخ رانندگان در شرایط واقعی با یکدیگر متفاوت است و در موارد پیچیده و غیرقابل انتظار به زمان تصمیم‌گیری بیشتری نیاز دارند. خطوط دید بدون مانع و فاصله دید انتخاب مناسب در راستای کاهش خطاها می‌باشد.

اولویت

اولویت، به اهمیت نسبی اطلاعات مختلف از نظر ایمنی، بستگی دارد. اطلاعات مربوط به کنترل و هدایت، به این سبب مهم است که اشتباهات مربوط به آن ممکن است در ایجاد حوادث، مستقیماً دخالت داشته باشد. اطلاعات مربوط به عبور، دارای اهمیت کمتری است، چه اشتباهات ناشی از آن می‌تواند منجر به عدم کارآیی جریان ترافیک گردد و احتمال دخالت این اشتباهات در تصادف، ناچیز است. بنابراین، طرح راه باید توجه رانندگان را به سوی عناصری از طرح که به لحاظ ایمنی، جنبهٔ حیاتی دارد و نیز منابع اطلاعاتی با اولویت بالا متمرکز کند. به این هدف می‌توان از طریق تأمین خطوط دید واضح و فراهم کردن کیفیت دید بالا، دست یافت.



شکل2-26 : متوسط زمان عکس العمل راننده برای اطلاعات پیش‌بینی شده و پیش‌بینی نشده



شکل2-27: زمان عکس العمل 85% از رانندگان در برابر اطلاعات پیش بینی شده و پیش بینی نشده

انتظارات راننده

انتظارات رانندگان با توجه به تجربیات و آموزش آنان شکل می گیرد. عکس‌العمل موفقیت‌آمیز راننده در موقعیت‌های مشابه، موجب افزایش مهارت او خواهد شد. انتظارات راننده با پاسخ موفقیت‌آمیزی که در گذشته به موارد قابل پیش‌بینی داده مرتبط است. انتظارات راننده تاثیر به سزایی در دریافت و پردازش اطلاعات و در نهایت درانتخاب سرعت و نحوه رانندگی دارد.

انتظارات صحیح رانندگان باعث عکس‌العمل صحیح و سریع آنان خواهد شد. موقعیت‌های غیرمعمول و منحصربه فردی که با انتظارات رانندگان هماهنگ نیست، احتمالاً موجب طولانی تر شدن زمان عکس‌العمل، عکس‌العمل‌های نامناسب و یا بروز اشتباهات خواهد شد.

اغلب مشخصّات طرح راه، تشابه کافی بـا انتظـارات رانـندگان از مشخصـات هندسـی و عملکـردی راه و مسیر آن دارد. مثلاً چون رانندگان معمولاً در اغلب آزادراه‌ها انتظار دارند خروجی تبادل در سـمت راسـت باشـد وجود چنین حالتی به عکس‌العمل‌های صحیح و سریع آنان کمک خواهد کرد. چنانچه خروجی در سـمت چـپ طراحی شود موجب افزایش زمان عکس العمل و یا بروز اشتباه خواهد شد.

یکی از مهمترین روش‌ها در کمک به عملکرد صحیح راننده، طراحی مسیر مطـابق بـا انتظـارات متـداول رانندگان است. از جنبه‌های طراحی غیرمعمول باید اجتناب شود و عناصر طراحی بایـد سـازگار بـا هـر بخـش مسیر بکار برود. همچنین باید دقت شود که یکنواختی طراحی از یک قطعهٔ مسیر بـه قطعـه دیگـر آن حفـظ شود. زمانی‌که راننده اطلاعات مورد انتظار را از راه و تجهیزات کنترل ترافیک آن بدست مـی‌آورد، عملکـردش به سوی درستی میل می‌کند اگر راننده آنچه را که انتظار دارد دریافـت نکنـد و یـا آنچـه را کـه انتظـار نـدارد دریافت کند، ممکن است دچار اشتباه شود.

خطای راننده

یک خصوصیت مشترک بسیاری از نقاط حادثه‌خیز آن است که بر توان پردازش اطلاعات راننده، فشار زیاد و یا غیرعادی اعمال می‌کنند. عملکرد نامناسب و تصادف معمـولاً در زمـانی رخ مـی‌دهـد کـه خطـای انتقـال اطلاعات، بسیار محتمل باشد در محل‌هایی که حجم اطلاعـات بـرای پـردازش زیـاد باشـد، احتمـال خطـا و عملکرد نامناسب راننده افزایش می‌یابد.

خطاهای ناشی از ناکارآمدی راننده

بسیاری از خطاهای رانندگان ناشی از نا کار آمدی آنان و ناتوانی آن‌ها درشرایط خاص است و ایـن مسـأله همراه با طرح نامناسب یا مشکلات ترافیکی، احتمال تصمیم‌گیری های غلط را بوجـود مـی آورد. بعنـوان مثال، آموزش و تجربه ناکافی ممکن است باعث ناتوانی راننده در کنترل وسیله نقلیه در برابر لغزندگی شود یـا خطرپذیری نامناسب، می‌تواند منجر به خطا در پـذیرفتن فاصـلهٔ خـالی بـه هنگـام سـبقت شـود. [9] بعـلاوه رانندگان مسن ممکن است بدلیل کمبود روشنایی در شب دچار اشتباه شوند. [10]

مسائل دیگری از جمله استفاده از الکل، دارو و مواد مخدر نیز باعث تصـادف مـی شـود. خـواب آلـودگی و خستگی ناشی از رانندگی طولانی بدون استراحت با رانندگی مستمر در محیط یکنواخت ممکـن اسـت موجـب بروز تصادف شود.

بطور کلی ممکن نیست طراحی یا روال اجرایی که به نحوی باشد که خطاهای ذاتی رانندگان را کـم کنـد. با این وجود، باید تا حد امکان برای کاهش آثار این مشکل اقدام کرد. مـی‌تـوان بـا طراحـی مناسـب جـاده و شرایط بهره‌برداری آن خطاهای راننده را کاهش داد. بسـیاری از رانـنـدگان در شـروع بـه رانـنـدگی، قـوانین را رعایت می‌کنند و شایستگی رانندگی را دارند اما به مرور زمان مبادرت به رانندگی درازمدت و یا رانندگی بـدون استراحت می کنند و سرانجام از شرایط مناسب رانندگی خارج می شوند. واکنشی کـه رانـنـدگان خسـته در اثـر رانندگی طولانی مدت از خود بروز می دهند، باید در طراحی مدنظر قرار گیرد.

با وجود اختلاف نظر کارشناسان، این توافق کلی در مورد رانندگان وجود دارد که ازدیاد سن بر توانایی‌های چشمی و مغزی و نیز مهارت در رانندگی اثر منفی دارد. این توانایی‌ها برای هدایت خودرو عوامل مهمی اسـت. بنابراین لازم است که طراح راه نسبت به نیاز رانندگان مسن آگاهی داشته و در موقع خـود، آن‌هـا را در طـرح

منظور نماید. خلاصهٔ بعضی از مهم‌ترین اطلاعات و مشاهدات مربوط به تحقیقات اخیر دربارهٔ رانندگان مسن به شرح زیر است:

1- ویژگی‌های رانندگان مسن

در مقایسه با رانندگان جوان، کمبودهای عملکردی زیر در رانندگان مسن، مشاهده می‌شود:

- کندتر بودن پردازش اطلاعات
- کندتر بودن زمان عکس‌العمل
- کندتر بودن تصمیم‌گیری
- کمبود دید
- کمبود شنوایی
- کاهش توان تشخیص زمان، سرعت و مسافت
- محدودیت درک عمق
- محدودیت تحرک جسمی
- تأثیرات جنبی داروهای تجویز شده

2- کثرت تصادف

تعداد زیادی از تصادفاتی که نیازمند مهارت بیش از حد متوسط است، توسط رانندگان مسن به وقوع می‌پیوندد. حرکاتی که تصادفات ضمن آن ها رخ می دهد عبارت است از:

- گردش به چپ در عرض ترافیک
- پیوستن به ترافیک سریع
- تغییر خط به منظور گردش در خیابان‌های شلوغ
- عبور از تقاطع‌های پر ترافیک
- توقف سریع، پشت صف ترافیک
- توقف کردن

3- تدابیر اصلاحی

اقدامات زیر می‌تواند در کاهش مشکلات بالقوهٔ رانندگان مسن، مؤثر باشد:

- تعیین کلیه دستورالعمل‌ها بمنظور طرح کاربردی که برای حداقل 95 یا 99 درصد رانندگان مناسب باشد و جوابگوی توانایی‌های اجرایی رانندگان مسن باشد.
- افزایش فاصله دید با از میان برداشتن موانع، بخصوص در تقاطع‌ها و تبادل‌ها
- بررسی مثلث‌های دید از نظر کفایت فاصله دید
- تأمین فاصله دید انتخاب
- ساده کردن و طراحی مجدد تقاطع‌ها و تبادل‌هایی که نیازمند دریافت و پردازش چند نوع اطلاعات است
- در نظر گرفتن طرح‌های جایگزین برای کاهش برخوردها
- افزایش استفاده از فازهای گردش به چپ حفاظت شده
- افزایش فاصله زمانی بین شروع به حرکت اتومبیل‌ها در تقاطع‌های چراغ‌دار

- افزایش زمان عبور، برای پیاده‌ها
- تأمین خط‌کشی پهن‌تر و براق‌تر
- تأمین علائم بزرگتر و روشن تر
- کاهش بی‌نظمی در علائم
- تأمین اطلاعات اضافی از قبیل تابلوهای پیش راهنما برای نام خیابان‌ها، علائم نزدیک شدن به خطوط گردش و فلش‌های قائم الزاویه، پیش از تقاطع، در حالتی که راه می پیچد یا اطلاعات جهت حرکت مورد نیاز است.
- اعمال محدودیت‌های سرعت
- افزایش آموزش رانندگان

در طراحی، احتمالاً عملی‌ترین شیوه برای بهبود وضعیت راه متناسب با شرایط رانندگان مسن، افزایش فاصله دید است، که می‌توان، با استفادهٔ بیشتر از فاصله دید انتخاب، آن را اعمال نمود. با مسن‌تر شدن تدریجی جمعیت راننده، استفادهٔ فزایند از فاصله دید انتخاب احتمالاً به کاهش تصادف‌های مربوط به رانندگان مسن، کمک خواهد کرد. در جایی که فراهم کردن فاصلهٔ دید انتخاب عملی نباشد افزایش علائم پیش آگاهی و علائم راهنما مناسب به نظر می‌رسد.

خطاهای ناشی از وضعیت

رانندگان، اغلب به هنگام وادار شدن به انجام دادن چند عمل بسیار پیچیده در مدت زمان محدود مرتکب خطا می‌شوند. این نوع خطاها معمولاً در مناطق شهری با نقاط تصمیم‌گیری نزدیک به هم، فضاهای متراکم، طراحی پیچیده و ترافیک سنگین رخ می‌دهد. ضرورت پردازش اطلاعات بیش از ظرفیت پردازش راننده، ممکن است موجب انباشته شدن اطلاعات، گیج شدن راننده و در نتیجه درک ناکافی از وضعیت رانندگی گردد.

در مناطق دیگر، وضعیت‌های متفاوتی بروز می‌کند که با انواع دیگری از خطاها همراه است. این مناطق، معمولاً نواحی برون شهری است که در آن، نقاط تصمیم‌گیری از یکدیگر دور، فضاها خلوت و کم تراکم، مسیر دارای حالت ملایم و ترافیک سبک است. بنابراین درخواست اطلاعات به حداقل می‌رسد و بیش از آنکه انباشتگی اطلاعات، مشکلی ایجاد کند، فقدان درخواست اطلاعات و تصمیم‌گیری، ممکن است سبب بی-توجهی راننده گردد. خطاهای رانندگی، در این وضعیت ممکن است معلول عدم هشیاری باشد به نحوی که راننده از تشخیص و عکس‌العمل در برابر، منابع اطلاعاتی یا عناصر جدید طرح که بصورت غیرمنتظره با آن‌ها روبرو می شود، باز بماند.

سرعت و طراحی

سرعت موجب کاهش میدان دید و کاهش زمان لازم برای دریافت و پردازش اطلاعات، توسط راننده می-شود. راه‌هایی که برای سرعت بالا ساخته می شود، به تعدیل این محدودیت‌ها از طرق زیر کمک می کند:

- آسان کردن کنترل و هدایت
- کمک به رانندگان با اطلاعات مناسب و قراردادن این اطلاعات در محدودهٔ دید
- حذف بسیاری از نیازهای دیدن محیط اطراف

- ساده کردن تصمیم‌گیری‌های لازم و جدا کردن آن‌ها بمنظور کاهش نیازهای پردازش اطلاعات

طرح‌های آزادراهی، تقریباً به هدف تأمین سرعت بالا همراه با آسودگی و ایمنی، برای رانندگان دست یافته است. کنترل ورود به سواره رو، با فراهم کردن مسیر مشخص برای رانندگان، احتمال برخورد را کاهش می‌دهد. با حذف موانع یا طراحی مناسب آن‌ها می‌توان کناره راه بی‌مانع‌تری فراهم کرد. مسیر افقی و نیمرخ طولی آزاد راه‌های پیشرفته، همراه با سایر اجزاء آن، رغبت به سرعت‌های زیاد را بوجود می‌آورد.

اگر چه طراحی پیشرفته، منافع زیادی به ارمغان آورده است ولی خود موجب اشکالاتی نیز شده است. مثلاً رانندگی سریع به هنگام شب ممکن است به علت ضعف چراغ های جلو در روشن کردن مسیر راننده در طول زمان کافی برای واکنش بعضی رانندگان، منجر به کاهش دید جلو شود [13]، بعلاوه شدت تصادفات در سرعت بالا بیشتر است.

بالاخره همین واقعیت که آزاد راه‌ها، حمل و نقل ایمن و مؤثر را فراهم کرده‌اند، خود موجب اشکالاتی نیز شده است. مؤسسه مهندسین ترافیک [14] بیان می‌کند که « آزادراه‌ها موجب تشویق رانندگان به طولانی کردن مسافت و زمان سفر متعارف می‌شود، که نتیجه آن، خستگی راننده و کندی عکس‌المعل و نیز کاهش توجه و هشیاری است» .

بنابراین، رانندگی سریع و طولانی مدت در راه‌ها، همراه با تقاضای کم برای پردازش اطلاعات، ممکن است همیشه موجب انتقال صحیح اطلاعات، به رانندگان نباشد و بنابراین باعث خستگی راننده گردد. در طرح راه باید اینگونه آثار معکوس احتمالی را در نظر گرفت و راهی برای جبران آن جستجو کرد. مثلاً می توان به جای قطعات طولانی مستقیم راه در منطقه هموار در صورت امکان از پیچ‌های باز هماهنگ با زمین طبیعی استفاده نمود. ایجاد تأسیسات رفاهی در فواصل زمانی تقریباً یک ساعت رانندگی یا کم‌تر از آن نیز نتیجه بخش بوده است.

ارزیابی طرح

در قسمت‌های گذشتهٔ این فصل چگونگی استفاده رانندگان از اطلاعات ارائه شده بوسیله راه و متعلقات آن، بیان شد. این قسمت، رابطهٔ بین طراحی و نمایش اطلاعات را نشان می‌دهد. این هر دو باید در طراحی راه‌ها مورد ارزیابی قرار گیرند. چون رانندگان (حتی در صورت مغایرت علائم) بر اساس آن چیزی که در راه و محیط اطراف می‌بینند تصمیم گیری خواهند کرد، قطعه راهی که نامناسب طرح شده باشد نمی‌تواند با ایمنی و کارآیی، خدمت رسانی کند. برعکس راه دارای طراحی مناسب نیز نمی‌تواند بدون ادوات کنترل ترافیکی مناسب، کارایی مطلوب داشته باشد.

طراحان باید چگونگی تطبیق راه با مناظر موجود، طرح علائم و سیستم اطلاع رسانی را نیز مدنظر قرار دهند. دید راه بویژه برای رانندگان نا آشنا بسیار مهم است. بنابراین باید کیفیت دید راه مورد توجه قرار گیرد. با برنامه‌های دید سه بعدی کامپیوتر، بهتر می‌توان به این هدف دست یافت.

محل‌هایی که ممکن است نیاز به اطلاعات اضافی داشته باشند باید شناسایی و اصلاح شوند. کفایت خطوط دید و فواصل دید نیز باید مورد ارزیابی قرار گیرد و معلوم شود که آیا، نورهای غیرعادی لازم است و آیا ممکن است انتظارات محتمل راننده، دگرگون شود.

مشکلات بالقوهٔ راننده باید قبل از احداث راه، با استفاده از اطلاعات مربوط به فرایند رانندگی و خطاهای احتمالی راننده، برای ارزیابی طرح، پیش‌بینی کرد. وقتی انتخاب اصلح مقتضی باشد، این کار باید با در نظر

داشتن توانایی‌های راننده انجام پذیرد تا اطمینان حاصل شود که طرح، با آن توانایی‌ها سازگار است. راه‌های دارای طراحی مناسب که راهنمایی مثبتی را به راننده می‌دهد، می‌تواند در سطح بالایی از ایمنی و کارآیی مورد بهره‌برداری قرار گیرد. بنابراین طراحان باید این اصول را در طراحی راه مدنظر قرار دهند.

خصوصیات ترافیکی

نکات کلی

طرح راه و مشخصات آن باید براساس احجام ترافیک و خصوصیاتی باشد که باید تأمین گردد و تمام اطلاعات باید با هم در نظرگرفته شود. مسائل اقتصادی، کیفیت بستر، دسترسی به مصالح، هزینه حریم راه و دیگر مسائل همگی در طراحی دارای اهمیت هستند. حجم ترافیک، نیاز راه را معین می‌کند و اساس تعیین اجزاء طرح هندسی مانند تعدادخطوط، عرض خط، مسیر و شیب راه است. طراحی راه بدون توجه به ترافیک، مانند طرح پل بدون اطلاع از وزن و تعداد محورهای عبور، کار منطقی نیست. اطلاعات احجام ترافیک برای تعیین بارهای طرح هندسی راه، به کار می‌رود.

اطلاعات ترافیکی همهٔ راه یا بخشی از آن عموماً در دسترس است یا می‌تواند از مطالعات میدانی بدست آید. اطلاعات بدست آمده، شامل حجم ترافیک روزانه در سال و حجم ترافیک ساعتی در روز و نیز توزیع وسایل نقلیه بر حسب نوع و وزن آن‌ها می‌باشد. داده‌ها باید شامل اطلاعاتی باشد که طراح بتواند ترافیک آینده را پیش بینی کند.

حجم ترافیک

متوسط ترافیک روزانه

مهمترین معیار تقاضای ترافیک، متوسط حجم ترافیک روزانه[1] است. این معیار از تقسیم حجم ترافیک زمان معیّن (برحسب روز کامل)، به مدّت بیش از یک روز و کمتر از یک سال، بر تعداد روزها به دست می‌آید، اگر آمار ترافیک یک راه بصورت مداوم تهیه شود مقدار متوسط حجم ترافیک روزانه را می‌توان به آسانی تعیین کرد. اما اگر شمارش، فقط به صورت متناوب و دوره‌ای انجام شود، حجم ترافیک روزانه را می‌توان با اعمال ضرایب تبدیل فصلی، ماهانه، یا روز معینی از هفته تخمین زد.

آگاهی از متوسط حجم ترافیک روزانه، در بسیاری از موارد همچون تعیین هزینه پیشنهادی سالیانه راه یا طراحی اجزاء سازه ای راه اهمیت دارد. استفاده مستقیم از ADT در طرح هندسی راه بجز در مورد طراحی راه‌های جمع کننده و راه‌های محلی با ترافیک سبک مناسب نیست زیرا متوسط ترافیک روزانه، نشان دهنده تغییرات ترافیک در ماه‌های مختلف سال، روزهای هفته و ساعت‌های روز نیست. میزان افزایش حجم ترافیک یک روز مشخص از ترافیک متوسط روزانه محسوس و متغیر است. در مناطق برون شهری، حجم ترافیک در یک روز مشخص ممکن است به میزان قابل ملاحظه‌ای از ADT بیشتر باشد. بنابراین راه طرح شده برای ترافیک روز متوسط، در بخش قابل ملاحظه‌ای از سال، ملزم به انتقال ترافیک بیش از حجم طرح است و در بسیاری از روزها، انتقال ترافیک خیلی بیش از حجم طرح است.

[1] - ADT

ترافیک ساعت اوج

حجم های ترافیکی مربوط به فاصله زمانی کوتاه‌تر از یک روز به نحو مناسب‌تری منعکس‌کننده شرایط بهره‌برداری است که در طراحی باید مورد استفاده قرار گیرد. دوره‌های زمانی ساعت اوج ترافیک، که کوتاه ولی مکرر می‌باشد، در این رابطه، مهم است. تقریباً در همه حالت‌ها، دوره زمانی مناسب و عملی یک ساعت است.

الگوی ترافیکی هر راه نشان‌دهنده تغییرات قابل توجه حجم‌های ترافیک ساعت‌های مختلف روز و حجم‌های ساعتی در طول سال است. یکی از تصمیم‌های کلیدی در طراحی این است که کدام یک از این احجام ترافیکی ساعتی باید بعنوان مبنای طراحی مورد استفاده قرار گیرد. مبنا قراردادن حداکثر ترافیک ساعت اوج سالیانه برای طراحی، غیراقتصادی است و استفاده از ترافیک متوسط ساعتی نیز موجب ناکافی بودن طرح می‌گردد. حجم ترافیک ساعتی طرح باید به اندازه‌ای باشد که مقدار احجام ساعتی واقعی، خیلی از آن زیادتر نشود و به دفعات زیاد از آن تجاوز ننماید. از طرف دیگر حجم طرح، نباید آنقدر زیاد انتخاب شود که ترافیک واقعی به ندرت به آن حد برسد. یک راهنما برای تعیین مناسب‌ترین حجم ترافیک ساعتی برای استفاده در طراحی، منحنی‌ای است که نشان‌دهنده تغییرات در حجم‌های ترافیک ساعتی در طول سال باشد.

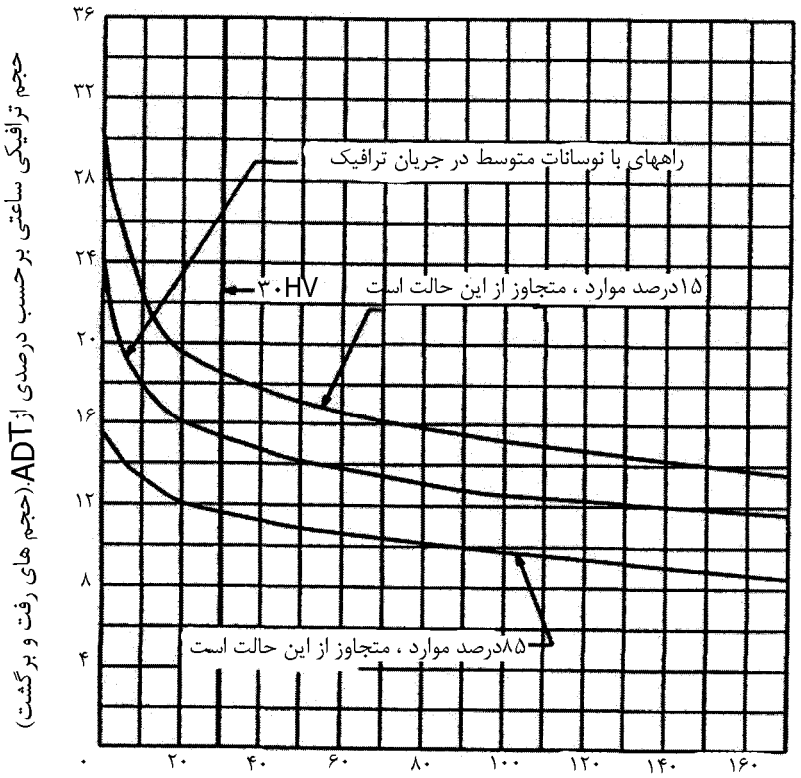
نمودار 2-28 ارتباط بین بالاترین احجام ترافیک ساعتی و ADT را در شریانی‌های برون‌شهری نشان می‌دهد. این نمودار از تجزیه و تحلیل داده‌های شمارش ترافیکی که محدوده وسیعی از احجام و شرایط جغرافیایی را پوشش داده، تهیه شده است. منحنی‌های ترسیم شده در نمودار، با مرتب کردن کل احجام ترافیک ساعتی در طی یک سال برحسب درصدی از ADT به صورت نزولی، تهیه شده است. منحنی وسط، میانگین کلیه مناطق مورد مطالعه بوده و نشان‌دهنده راهی با میانگین نوسانات حجم جریان ترافیک است.

براساس بررسی این منحنی‌ها، پیشنهاد می‌شود که حجم ترافیک ساعتی‌ای که عموماً باید در طراحی مورد استفاده قرار گیرد، سی‌امین بیشینه حجم ترافیک ساعتی در طول سال باشد که بطور خلاصه بصورت 30HV نشان داده می‌شود. منطقی بودن انتخاب 30HV به عنوان یک پارامتر کنترل طرح، از طریق بررسی تغییرات ناشی از انتخاب احجام ترافیک تا اندازه‌ای بالاتر و پایین‌تر مشخص شده است. منحنی شکل 2-28 با شیب زیاد از سمت چپ نقطه سی‌امین حجم ترافیک ساعتی بالا می‌رود و احجام ترافیکی زیاد، تنها در تعداد ساعات کمی رخ می دهد. در سمت راست حجم ترافیک سی‌اُم منحنی به آرامی پایین می‌رود و نشان‌دهنده تعداد ساعات زیادی است که در آن حجم ترافیک خیلی کمتر از حجم ترافیک ساعتی سی‌ام نیست.

در راه‌های برون شهری با میانگین نوسانات حجم جریان ترافیک، 30HV نوعاً 15درصد ADT است. صرفنظر از این که این حجم ترافیک ساعتی برای طراحی مناسب باشد یا نباشد، فقط حجم ترافیک در 29 ساعت از سال از آن تجاوز می کند. حجم ترافیک ساعتی حداکثر که طبق نمودار تقریباً 25درصد ADT است، حدود 67 درصد بیشتر از 30HV است.

بررسی زیاد بودن 30HV از نظر عملکرد اقتصادی در طراحی، را می‌توان با توجه به احجام ترافیک ساعتی کمتر از سی‌امین بیشینه ساعتی ارزیابی کرد. منحنی وسط در نمودار 2-28 نشان می‌دهد که احجام ترافیکی در 170 ساعت از سال از 11/5 درصد ADT تجاوز می‌کند. پایین‌ترین مقدار محدوده احجام ترافیک ساعتی تقریباً 23 درصد کمتر از 30HV است.

ویژگی مطلوب دیگر 30HV این است که تغییر مقدار آن، برحسب درصدی از ADT ، از سالی به سال دیگر، عموماً جزئی است هر چند تغییرات ADT ممکن است قابل ملاحظه باشد. افزایش ADT عموماً موجب کاهش اندکی در مقدار 30HV برحسب درصدی از ADT می‌شود. بنابراین درصد ADT مورد استفاده برای تعیین 30HV از اطلاعات ترافیکی کنونی برای تسهیلات ارائه شده می‌تواند با اطمینان، برای محاسبه 30HV برحسب ADT که برای چند سال آینده تعیین می‌شود، مورد استفاده قرار گیرد. این سازگاری بین حال و آینده، ممکن است در جایی که احداث راه سبب تغییر اساسی در کاربری زمین‌های اطراف گردد، قابل اعمال نباشد. در مواردی که خصوصیات و مشخصات توسعه، قابل پیش بینی باشد، ارتباط بین 30HV و ADT را می‌توان براساس تجربیات مربوط به راه‌هایی که زمین‌های اطراف آن‌ها دارای خصوصیات و کاربری مشابه است، به دست آورد.



شکل 2-28- رابطه بین ترافیک ساعت اوج و حجم متوسط ترافیک روزانه در شریانی‌های برون‌شهری

برای طراحی راه، تغییرات احجام ترافیکی می‌بایستی اندازه‌گیری شده و درصد ADT برای ترافیک سی اُمین بیشینه ساعتی تعیین شود. در مواردی که این گونه اندازه‌گیری‌ها غیر عملی است و فقط ADT مشخص باشد 30HV می‌بایستی براساس ضرایب درصد ساعت سی‌اُم برای راه‌های مشابه (از نظر محل و شرایط بهره‌برداری) برآورد گردد.

در راه‌های شریانی برون شهری متعارف، 30HV حدود 15درصد ADT است و حداکثر حجم ترافیک ساعتی حدود 25درصد ADT می‌باشد. همانطور که در نمودار 2-28 دیده می‌شود، 30HV در 70 درصد از موقعیت‌ها، بجز مواردی که معمولاً با نوسآن‌های غیر متعارف کم یا زیاد جریان ترافیک مواجه است، در

محدوده 12 تا 18 درصد ADT است. به همین ترتیب، حجم ترافیک ساعتی حداکثر، برای راه‌های مشابه تقریباً از 16 تا 32 درصد ADT تغییر می‌کند. از این معیارها برای طراحی اکثر راه‌های برون شهری استفاده می‌شود با این حال، راه‌هایی وجود دارد که در آن‌ها ترافیک دارای نوسانات فصلی زیاد و یا غیر معمول است، مثل جاده‌های تفریحی که در آن‌ها ترافیک آخر هفته در طی چند ماه از سال بیش از ترافیک در بقیه سال است. نوسانات فصلی موجب می‌شود که در اوقات شلوغی، ترافیک ساعت اوج برابر درصد بالایی از ADT و در دوره زمانی خلوت، این ترافیک، معادل درصد پایینی از ADT باشد.

چون درصد ارایه شده بوسیله 30HV در راه‌های با تغییرات فصلی زیاد احتمالاً با درصد ارایه شده برای اغلب راه‌های برون شهری خیلی متفاوت نیست، معیار 30HV ممکن است برای اینگونه راه‌ها مناسب نباشد. طرحی که در طی ساعات اوج ترافیک فصلی، نسبت به راه‌های برون شهری با نوسانات معمول ترافیکی تا حدودی به جریان ترافیک نامطلوب‌تری منجر می‌شود، بطور کلی توسط اکثریت مردم پذیرفته می‌شود. از طرف دیگر، طرح نبایستی آنقدر اقتصادی باشد که در آن ترافیک شدید در طول ساعات اوج ترافیک به وجود آید. بنابراین مطلوب است که حجم ترافیک ساعتی‌ای برای طرح انتخاب شود که برابر حدود 50 درصد حجم‌های ترافیک مورد انتظار در طی ساعات اوج ترافیک معدودی در طول سال طرح باشد خواه این حجم ترافیک برابر 30HV باشد و یا نباشد. برخی تراکم‌ها در ساعات اوج ترافیک پدید خواهد آمد اما از ظرفیت تجاوز نمی‌کند. باید کنترل شود که حجم ترافیک ساعتی حداکثر مورد انتظار از ظرفیت بیشتر نشود.

بنابراین حجم ترافیک ساعتی طرح (DHV) در راه‌های برون شهری، باید برابر 30HV مربوط به سال طرح باشد. استثنائاتی ممکن است در مورد جاده‌های با تغییرات زیاد ترافیک فصلی وجود داشته باشد که نیاز به استفاده از حجم های ترافیک ساعتی متفاوتی را توجیه کند. معیار 30HV بطور کلی در مناطق شهری نیز به کار می رود، با این وجود در جایی که تغییرات حجم جریان ترافیک بطور قابل ملاحظه‌ای با راه‌های برون شهری متفاوت باشد، ساعات دیگری از سال باید به عنوان مبنای طراحی در نظر گرفته شوند.

در نواحی شهری حجم ساعتی طرح (DHV) مناسب ممکن است از مطالعهٔ ترافیک در طی ساعات اوج ترافیک روزانه تعیین شود. به علت تکرار حجم ترافیک ساعت اوج صبح و بعد از ظهر، معمولاً اختلاف اندکی بین بیشینه حجم ترافیک ساعتی 30 ام و 200 ام وجود دارد. در شرایط شهری متعارف، بالاترین حجم ترافیک ساعتی در زمان اوج حرکت جریان ترافیکی از محل کار به منزل در عصرها دیده می‌شود. یک روش تعیین حجم ترافیک ساعتی طرح (DHV) مناسب، انتخاب بیشترین حجم ساعات اوج ترافیک بعدازظهر در هر هفته و تعیین میانگین این احجام ترافیک برای 52 هفته سال است. اگر احجام ترافیک ساعت اوج صبح، در هر هفته از سال کمتر از احجام ترافیک ساعت اوج بعدازظهر باشد، میانگین 52 هفته‌ای احجام ترافیکی ساعت اوج بعدازظهر تقریباً برابر بیست و ششمین بیشینه حجم ترافیک ساعتی سال خواهد بود. اگر حجم ترافیک ساعت اوج صبح برابر با حجم ترافیک ساعت اوج عصر باشد، میانگین ساعات اوج ترافیک عصر تقریباً برابر پنجاهمین بیشینه حجم ترافیک ساعتی سال خواهد بود.

حجم های ارائه شده توسط بیشترین احجام ترافیک ساعتی 26 ام و 50 ام سال آنقدر با 30HV متفاوت نیستند که بر طراحی موثر باشند. بنابراین در طراحی شهری، بالاترین حجم ترافیک ساعتی سی‌ام می‌تواند به عنوان یک معیار قابل قبول از احجام ترافیک ساعات اوج روزانه در طول سال باشد. استثنائاتی ممکن است در این مناطق یا محدوده‌هایی که شامل سفرهای تفریحی و غیر آن در طی فصل‌های خاصی از سال است،

مطلوب باشد. در این مناطق، توزیع حجم ترافیک در مـواردی کـه احجـام ترافیـک سـاعتی خیلـی بزرگتـر از 30HV است ممکن است به این نتیجه منجر شود که در این موارد 30HV بعنـوان DHV مناسـب نیسـت، و باید مقدار بیشتری در طراحی در نظر گرفت. حجم‌های ترافیکی باید بصورت ویژه اندازه گیری شوند تا DHV مناسب تعیین گردد.

برآورد ترافیک مورد استفاده در طراحی خیابان‌هـا و راه‌هـای شـهری معمـولاً بـه انـدازهٔ احجـام متوسـط ترافیک روزانه‌ای (ADT) بیان می‌شود که از فرآیند برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری بدست می‌آیند. بـا وجـود این، در سال‌های اخیر، استفاده از حجم ساعتی طرح (DHV) به جای متوسط ترافیـک روزانـه (ADT) مـورد توجه قرار گرفته است. اطلاعات و آمار سفر به محل کار مربوط به سـالهای 1980 و 1990، تـأثیر زیـادی بـر رویکرد اخیر داشته است.

در حالت معمولی، تقاضای سفر آینده، به کمک فرآیند برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری، بر حسـب مجمـوع سفرهای روزآن‌های تعیین می‌شود که به سیستم حمل و نقل اختصاص مـی‌یابنـد. تمـایز بـین حمـل و نقـل خصوصی و عمومی نیز در این فرآیند منظـور شـده اسـت. ایـن سـفرهای تخصـیص یافتـه، احجـام ترافیکـی شاخه‌های شبکه آینده راه‌ها و خیابان‌ها را تشکیل می‌دهند.

در پاره‌ای از موارد، احجام ترافیکی (ADT) مستقیماً در اختیار طراحان راه قرار می‌گیرد. در مـوارد دیگـر، کارشناسان مطالعات کاربردی حمل و نقل، ADT را به احجام ترافیک جهتی، برای ساعت طرح تبـدیل کـرده اند. در عمل این روش، ممکن است مطلوب‌تر باشد، زیرا کارشناسان مطالعات حمـل و نقـل اغلـب، صـلاحیت بیشتری برای ارزیابی اثرات فرضیه‌های اصلی فرآیند برنامه ریزی بر احجام طراحی حاصل از آن، دارند.

احجام رفت و برگشت ساعتی طرح در راه‌های دو خطه، (مثلاًَ30HV و یا معادل آن) ممکن است بـا اعمـال درصد معینی به ADT (معمولاً 8 تا 12 درصد در نواحی شهری) تعیین شـوند. در بسـیاری از حـالات ایـن درصد، بر اساس داده‌های حاصل از برنامه شمارش ترافیکی، به سراسر سیستم تعمیم می‌یابد. در حالـت‌هـای دیگر، ضرایب را می‌توان برای انواع مختلف راه یا برای مناطق مختلف منطقه شهری و یا برای هر دو بـه کـار برد. حداقل یک سازمان مرتبط با راه، معادلات روندگرایی که نشان‌دهنده‌ی ارتباط بین جریـان اوج ترافیـک و ADT هستند را ارائه کرده است. با توجه به تعداد خطوط عبـور و محـدوده احجـام ترافیـک متوسـط روزانـه، معادلات مختلفی استفاده شده است.

توزیع جهتی

در راه‌های برون شهری دو خطه، DHV عبارت از مجموع ترافیک هر دو جهت حرکت (رفت و برگشـت) است. در طراحی راه‌های با بیش از دو خط عبور و جاده‌های دو خطه ای که تقاطع های مهمی در مسیر آن‌هـا وجود دارد و یا در حالتی که افزایش خطوط عبور برای آینده پیش‌بینی شـده اسـت، آگـاهی از حجـم ترافیـک ساعتی برای هر یک از دو جهت حرکت ضروری است.

راه چند خطه‌ای که درصد ترافیک یک جهت آن، در ساعات اوج زیاد است ممکن است نسبت به راهی که دارای همان ADT اما درصد کمتری از ترافیک جهت‌دار است، به خطوط عبور بیشتری نیاز داشته باشـد. طـی ساعات اوج، در بیشتر راه‌های برون شهری، 55 تا 70 درصد و گاهی تا 80 درصـد ترافیـک، در مسـیر شـلوغ جریان دارد. وضعیت دو راه چند خطه که دارای ترافیک مساوی ولی توزیع جهتـی متفـاوت‌انـد (کـه اخـتلاف توزیع، تا 60 درصد هم می‌رسد)، به کلی متفاوت است. برای مثال یک راه برون شهری را در نظر بگیریـد کـه

برای حجم ترافیک 4000 وسیله نقلیه در ساعت، برای هر دو جهت حرکت، طراحی شده است. اگر در ساعت طرح، توزیع جهتی، یکسان و برابر با 2000 وسیله نقلیه در دو جهت باشد، احتمالاً دو خط عبور برای هر جهت کافی است. اگر 80 درصد از DHV در یک جهت باشد، حداقل سه خط عبور در هر جهت (برای 3200وسیله نقلیه) مورد نیاز است و اگر معیار 1000 وسیله نقلیه در هر خط اعمال گردد، چهار خط عبور برای هر جهت لازم خواهد شد.

توزیع ترافیک ساعت اوج در مسیر رفت و برگشت، بطور کلی از یک روز به روز دیگر و از سالی به سال دیگر در هر راه برون‌شهری یکنواخت است، مگر در برخی از راه‌ها که به مناطق تفریحی دسترسی دارد. بجز در راه‌های شهری، توزیع جهتی ترافیک شرایط کنونی عموماً به DHV سال طرح، اعمال می‌گردد.

حجم توزیع جهتی ترافیک در راه‌های چند خطه در ساعت طرح (DDHV)، باید به کمک مطالعات میدانی، روی راه مورد نظر یا راه‌های موازی و مشابه، معین گردد. در حالت دوم، راه‌های موازی باید ترجیحاً آن‌هایی باشند که بخش عمده ترافیک آن‌ها به راه جدید، منتقل خواهد شد.DDHV مورد استفاده در راه‌های چند خطه را می‌توان از ضرب کردن ADT در درصد 30HV نسبت به ADT و سپس ضرب کردن آن در درصد ترافیک جهت شلوغ در ساعت اوج طرح محاسبه کرد. بنابراین اگر DHV، 15 درصد ADT، و توزیع جهتی در ساعت اوج ترافیک، 60 به 40 باشد، DDHV از حاصل ضرب ADT×0/60×0/15 به دست می‌آید که برابر 9 درصد از ADT است. اگر ADT جهتی، تنها برای یک جهت معلوم باشد، مقدار کل آن (برای هر دو جهت) تقریباً همیشه دو برابر ADT جهتی است.

در طراحی تقاطع‌ها و تبادل‌ها، حجم ترافیک ساعت طرح همه حرکت‌ها، باید مشخص باشد. این اطلاعات برای هر دو زمان اوج ترافیک صبح و عصر مورد نیاز است، زیرا الگوی ترافیکی ممکن است از یک ساعت اوج ترافیکی به ساعت دیگر بسیار تغییر کند. بطور معمول، طراحی بر اساس آن مقدار DHV است که با ترافیک ساعت شلوغی صبح در یک جهت و ساعت شلوغی عصر در جهت دیگر تطابق دارد. مجموع حجم ترافیک دو جهت ممکن است در طول هر دو ساعت اوج ترافیک یکسان باشد، اما درصد ترافیک آن دو جهت، برعکس باشد. در تقاطع‌ها، درصد ترافیک چپ گرد و راست گرد، برای هر یک از شاخه‌های تقاطع، در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر باید بطور جداگانه تعیین شود. این اطلاعات باید از طریق شمارش واقعی ترافیک یا داده‌های مبدأ و مقصد و یا به کمک هر دو، تعیین گردد.

ترکیب ترافیک

وسایل نقلیه با اندازه‌ها و وزن‌های مختلف دارای ویژگی‌های عملکردی متفاوتی هستند که باید در طراحی راه‌ها در نظر گرفته شود. کامیون‌ها، علاوه بر وزن زیادشان، عموماً کندتر حرکت کرده و فضای بیشتری از معبر را اشغال می‌کنند. در نتیجه تأثیر کامیون‌ها در عملکرد ترافیکی راه نسبت به وسایل نقلیهٔ سبک بیشتر است. تأثیر یک کامیون در عملکرد ترافیکی، اغلب معادل تأثیر چند وسیلهٔ نقلیهٔ سبک است. تعداد وسایل نقلیهٔ سبک معادل با تأثیر یک کامیون، به میزان شیب طولی معبر، و برای راه‌های دو خطه، علاوه برآن به فاصله دید سبقت موجود بستگی دارد. بنابراین هرچه نسبت کامیون‌ها در جریان ترافیکی بیشتر باشد، ترافیک معادل سواری بزرگتر و ظرفیت مورد نیاز راه بیشتر خواهد بود.

در جریان ترافیک پیوسته، همچنانکه نوعاً در نواحی برون‌شهری یافت می‌شود وسایل نقلیه با ابعاد و وزن‌های مختلف، به لحاظ تأثیر بر عملکرد ترافیکی، به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند:

· **وسایل نقلیهٔ سبک** : کلیه وسایل نقلیهٔ سبک شامل وانت‌ها، استیشن‌ها، کامیونت‌ها و وسایل نقلیهٔ ورزشی.

· **کامیون‌ها**: کلیهٔ اتوبوس‌ها، کامیون‌ها، تریلی‌ها و وسایل نقلیهٔ تفریحی.

برای طبقه‌بندی ترافیکی، کامیون‌ها معمولاً به عنوان وسایل نقلیهٔ دارای وزن ناخالص (GVW) کارخانه-ای 4000 کیلوگرم یا بیشتر و حداقل یک محور عقب جفت چرخ تعریف می‌شود.

در گروه وسایل نقلیهٔ سبک، که در بالا تعریف شد، بیشتر وسایل نقلیه، ویژگی‌های عملکردی مشابهی دارند. در گروه کامیون‌ها، ویژگی‌های عملکردی، بخصوص از نظر ابعاد و نسبت وزن به قدرت وسیله نقلیه، تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد. با وجود این تفاوت، تأثیر میانگین کلیهٔ کامیون‌ها در جریان ترافیک اغلب راه‌ها در شرایط قابل مقایسه، مشابه است. بنابراین در طراحی هندسی راه، داشتن اطلاعات ترافیکی گروه کامیون‌ها ضروری است. این اطلاعات عموماً نشان‌دهنده انواع مهم کامیون‌ها و اتوبوس‌ها به صورت درصدهایی از کل ترافیک مورد انتظار راه است.

برای طراحی، باید درصد ترافیک کامیون در طول ساعات اوج ترافیک تعیین شود. در مناطق برون‌شهری، معمولاً اطلاعات جامعی در مورد توزیع ترافیک برحسب انواع وسایل نقلیه در طول ساعات اوج ترافیک در دست نیست، با این حال، درصد ترافیک کامیون در طول ساعات اوج ترافیک عموماً کمتر از درصد مربوط به یک دوره 24 ساعته است. با نزدیک شدن ساعت اوج معمولاً ترافیک وسایل نقلیه سبک، بیش از ترافیک وسایل نقلیهٔ سنگین افزایش می‌یابد. بیشتر کامیون‌ها در طول روز بطور یکنواخت تردد می‌کنند و بیشترین مقدار تردد آن‌ها در شب یا ساعات اولیهٔ صبح است. در اطراف پایانه‌های کامیون و اتوبوس، برنامه‌ریزی منظم حرکت این خودروها ممکن است باعث تراکم خودروهای سنگین در ساعات مشخصی از روز شود. با این حال به دلیل تأخیرات حاصل از سایر ترددها، در طی ساعات اوج ترافیک، برنامه‌ریزی‌ها عموماً با رعایت اجتناب از ساعات اوج انجام می شود.

در طراحی هر راه، باید با مطالعات ترافیکی، اطلاعاتی در مورد ترکیب ترافیک پیدا کرد. ترافیک کامیون باید برحسب درصدی از کل ترافیک در طول ساعت طرح بیان شود (در مورد راه‌های دو خطه برحسب درصدی از کل ترافیک دو جهت، و در مورد راه‌های چند خطه برحسب درصدی از کل ترافیک در جهت اوج تردد).

برای شرایط جریان ناپیوستهٔ ترافیک شهری، معیار تعیین ترکیب ترافیک با موارد دیگر متفاوت است. در تقاطع‌های مهم باید درصد کامیون‌ها در طول ساعات اوج ترافیک صبح و عصر بطور جداگانه تعیین شود. تغییرات ترافیک کامیون بین حرکت‌های ترافیکی مختلف در تقاطع‌ها، ممکن است قابل ملاحظه باشد و طرح هندسی مناسب را تحت تأثیر قرار دهد. درصد کامیون‌ها در ساعت معینی از روز نیز ممکن است، به میزان قابل ملاحظه‌ای تغییر کند. بنابراین مصلحت در آن است که شمارش کامیون‌ها در چند ساعت اوج که معرف سی‌امین حداکثر حجم ترافیک و یا حجم ساعت طرح می‌باشد انجام گیرد. یک مقدار مناسب برای طرح، میانگین درصدهای ترافیک کامیون در تعدادی از ساعات اوج هفته است. در تجزیه و تحلیل ظرفیت راه‌ها، اتوبوس‌های عبوری شهری باید جدا از سایر کامیون‌ها و اتوبوس‌ها در نظر گرفته شود.

پیش‌بینی نیازهای ترافیکی آینده

طرح هندسی راه‌های جدید و یا اصلاح راه‌های موجود، نباید تنها بر اساس احجام ترافیکی فعلی باشد، بلکه باید احجام ترافیکی که در آینده مورد انتظار است نیز در نظر گرفته شود. راه باید چنان طراحی شود که برای حجم ترافیک محتمل در طول عمر طرح، مناسب باشد.

تعریف عمر راه مشکل است زیرا قسمت‌های مختلف آن ممکن است عمرهای متفاوتی داشته باشد. هر قسمت به دلایلی که تجزیه و تحلیل آن آسان نیست، در معرض تغییراتی در طول عمر تخمینی مورد انتظار است مانند متروک ماندن اراضی یا تغییرات اساسی غیرمنتظره در کاربری زمین‌ها و در نتیجه تغییرات در حجم ترافیک، الگوها و تقاضاها. با فرض نگهداری مناسب و عدم فرسایش، برای حریم راه و بستر آن می توان طول عمر 100 سال برای قشر اساس و برای ابنیه کوچک تخلیهٔ آب 50 سال، برای پل‌ها 25 تا 100 سال، برای روکش 10 سال و برای روسازی 20 تا 30 سال را در نظر گرفت. عمر پل ممکن است متناسب با افزایش تردد بارهای سنگین تغییر کند. عمر رویه، بنا به عواملی که عمدتاً به کیفیت اولیه و تعداد و وزن بارهای محوری سنگین بستگی دارد، می‌تواند دارای تغییرات وسیع باشد.

فرض این حالت که فرسودگی عملکردی اصلاً پیش نیاید در معرض بحث جدی است. دلایل اصلی این فرسایش عبارت از افزایش تعداد تقاطع‌ها و راه‌های ورود و خروج و نیز افزایش تقاضای ترافیکی بیش از ظرفیت طراحی است. در معابر غیر آزاد راه، ممانعت از فرسایش ناشی از افزایش تقاطع‌ها و راه‌های ورود و خروج مشکل‌تر است. این حالت مخصوصاً در مناطق شهری و حاشیه شهری مشاهده می‌شود ولی ممکن است در مناطق برون شهری نیز پیش آید.

این یک سؤال قابل بحث است که آیا ظرفیت طراحی یک راه باید بر اساس عمر مورد انتظار آن باشد. تصمیم در این مورد بشدت تحت تأثیر مسایل اقتصادی است. بعنوان مثال ممکن است راهی برای حجم‌های ترافیکی 50 ساله طراحی شود، و از این رو انتظار رود که روسازی آن بعد از 20 تا 25 سال بازسازی شود. حال اگر افزایش هزینه یک طرح 50 ساله نسبت به طرح با 25 سال عمر مفید قابل ملاحظه باشد، ممکن است سرمایه‌گذاری بیشتر برای فراهم کردن ظرفیتی که حداقل تا 25 سال دیگر مورد نیاز نخواهد بود، منطقی نیست. صرفه‌جویی در هزینهٔ احداث راه را می‌توان صرف احداث راهی کرد که در حال حاضر مورد نیاز است. به این ترتیب هزینه تعمیر و نگهداری اضافی برای یک راه پهن‌تر، در طول حداقل 25 سال صرفه جویی می شود. اغلب راه‌ها توانایی انتقال جریان ترافیک بیش از حجم طرح ظاهری خود را دارند. اما این حالت ممکن است موجب وضعیت‌های نامطلوبی همچون کاهش سرعت و افت سهولت حرکت گردد.

مثلاً یک راه چهار خطهٔ جدا شده با ترافیک متوسط روزانهٔ (ADT) طرح 10 تا 15 هزار وسیله نقلیه در روز می‌تواند با توجه به عوامل چندی که بعداً مورد بحث قرار خواهد گرفت، دو یا سه برابر حجم طرح را انتقال دهد. بنابراین چنین راهی می‌تواند تا زمانی طولانی پس از سال طرح و در بسیاری از موارد بطور نامحدود، برای تردد کافی باشد.

از نظر عملی، حجم طرح باید مقداری باشد که با دقت کافی بتوان آن را برآورد کرد. بسیاری از مهندسین طراح اعتقاد دارند که حداکثر دوره طراحی در محدوده 15 تا 24 سال است. بنابراین عموماً یک دوره زمانی 20ساله به عنوان مبنایی برای طراحی در نظر گرفته می‌شود. ترافیک راه، معمولاً نمی‌تواند، بطور دقیق، برای بیش از این دوره زمانی پیش‌بینی شود علت این امر تغییرات احتمالی در وضعیت اقتصاد عمومی منطقه‌ای، جمعیت، و آبادانی زمین‌ها در طول راه است که نمی‌توان آن را با هیچ درجه اطمینانی پیش گویی کرد.

برآورد حجم ترافیک برای دوره طراحی 20 ساله ممکن است برای بسیاری از پروژه‌های بهسازی یا بازسازی مناسب نباشد. این پروژه‌ها ممکن است بر اساس یک دوره طراحی کوتاه‌تر (5 تا 10ساله) اجرا شوند این امر به دلیل عدم اطمینان در پیش‌بینی ترافیک و محدودیت‌های بودجه‌ای است.

سرعت

سرعت یکی از مهم‌ترین عواملی است که مسافرین، برای انتخاب مسیر یا اشکال حمل ونقل، مورد توجه قرار می دهند. مسافرین، ارزش تسهیلات حمل و نقل در جابجایی مردم و کالاها را با توجه به راحتی و صرفه‌جوئی اقتصادی آن ارزیابی می‌کنند که این دو بطور مستقیم به سرعت بستگی دارند. جذابیت هر سیستم حمل و نقل عمومی یا راه جدید برای مسافرین، برحسب زمان سفر، راحتی سفر و صرفه جویی مالی ارزیابی می‌شود. بنابراین رضایتمندی از حمل و نقل سریع بستگی به سرعت واقعی آن دارد. سرعت وسایل نقلیه، علاوه بر قابلیت‌های رانندگان و وسایل نقلیه شان به پنج عامل کلی نیز بستگی دارد که عبارت است از: مشخصات فیزیکی راه، میزان موانع کناری، وضعیت جوی، وجود سایر وسایل نقلیه و محدودیت‌های سرعت (که توسط قانون یا ادوات کنترل ترافیک اعمال می‌شود). باوجودیکه هر کدام از این عوامل می‌تواند بر روی سرعت حرکت تأثیر گذار باشد، تأثیر این شرایط عمومی معمولاً بهم مرتبط است.

هدف از طراحی هر یک از تسهیلات مهندسی تأمین خواسته مردم برای خدمت رسانی ایمن و اقتصادی است. بنابراین تسهیلات، باید تقریباً متناسب با کلیهٔ نیازها و تحت شرایط سخت ترافیکی پاسخگو باشند. پس راه‌ها باید بگونه‌ای طراحی شوند که سرعت مطلوب اکثر رانندگان را تأمین نمایند. چون فقط درصد کمی از رانندگان، با سرعت بسیار زیاد رانندگی می‌کنند، از نظر عملی، طراحی برای آن‌ها، اقتصادی نیست. البته این رانندگان می‌توانند از راه‌ها استفاده کنند اما به سرعت‌هایی کمتر از سرعت مطلوبشان محدود می‌شوند. از طرف دیگر سرعت طرح نباید سرعتی باشد که تحت شرایط نامطلوب (مثل آب و هوای نامساعد)، توسط رانندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا در این صورت راه در وضعیت عادی برای رانندگان، نامطلوب و احتمالاً غیر ایمن خواهد بود و انتظارات منطقی مردم را تأمین نخواهد کرد.

سرعت روان

سرعت روان سرعتی است که در آن رانندگان، در حالی که وسایل نقلیه خود را در وضعیت جریان آزاد ترافیک هدایت می‌کنند مشاهده می‌شوند. هشتاد و پنجمین درصد توزیعی سرعت‌های مشاهده شده، اغلب به عنوان معیار سرعت روان مربوط به یک محل یا وضعیت هندسی معین، بکار می‌رود.

سرعت حرکت

سرعتی که در آن، یک وسیله نقلیه منفرد در قطعه‌ای از راه با آن حرکت می کند، بعنوان سرعت حرکت تعریف شده است. سرعت حرکت، حاصل تقسیم طول قطعه راه بر زمان حرکت مورد نیاز وسیله نقلیه برای پیمودن آن قطعه است. میانگین سرعت حرکت کلیه وسایل نقلیه، مناسب‌ترین معیار سرعت برای ارزیابی سطح خدمت‌دهی و هزینه‌های کاربران راه است. سرعت متوسط حرکت، از تقسیم مجموع فواصل طی شده توسط وسایل نقلیه در قطعه‌ای از راه در طی یک دوره زمانی مشخص بر مجموع زمان‌های حرکت آن‌ها به دست می‌آید.

یکی از شیوه‌های تخمین سرعت میانگین حرکت برای معبر موجودی که عملاً جریان ترافیکی پیوسته دارد، اندازه‌گیری سرعت محلی در یک یا چند نقطه است. سرعت متوسط محلی، عبارت است از میانگین عددی سرعت‌های انواع مختلف ترافیک که در یک نقطهٔ معین جاده اندازه‌گیری شده باشد. برای قطعات کوچکتر راه که در آن‌ها سرعت‌ها تفاوت اساسی ندارند سرعت متوسط محلی در یک نقطه ممکن است تقریباً برابر سرعت متوسط حرکت باشد. در قطعه‌های طولانی‌تر راه‌های برون‌شهری می‌توان از میانگین سرعت‌های محلی در چند نقطه که هر یک از آن‌ها نمایندهٔ مشخصات سرعت در قطعهٔ معیّنی از راه است، (یا منظور نمودن طول‌های نسبی مربوط به آن قطعات) استفاده کرد.

سرعت متوسط حرکت در طول روز بسته به حجم ترافیک تا اندازه‌ای متغیر است. بنابراین وقتی به سرعت حرکت اشاره می شود باید روشن شود که مقصود، سرعت مربوط به ساعات اوج ترافیک یا ساعات غیر اوج و یا میانگین روزانه است. سرعت‌های حرکت اوج و غیر اوج در طراحی و بهره‌برداری و سرعت‌های متوسط حرکت در کل روز، برای تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی به کار گرفته می شود.

تأثیر حجم ترافیک بر سرعت متوسط حرکت راه را می‌توان با استفاده از روش‌های «کتاب ظرفیت راه‌ها (HCM)» تعیین کرد. این کتاب نشان می‌دهد که :

- در آزادراه‌ها و راه‌های چند خطه، برای دامنه وسیعی از شدت جریان ترافیک، حتی برای شدت جریان‌های زیاد، سرعت نسبت به شدت جریان ترافیک حساس نیست ولی وقتی شدت جریان در هر خط، به ظرفیت نزدیک می‌شود، با افزایش شدت جریان، سرعت به میزان قابل ملاحظه-ای کاهش می‌پذیرد.

- در راه‌های دو خطه، با افزایش شدت جریان ترافیک در محدودهٔ بین صفر و ظرفیت، سرعت بطور خطی کاهش می‌یابد.

سرعت طرح

سرعت طرح، سرعتی است که برای تعیین ویژگی‌های مختلف طرح هندسی راه مورد استفاده قرار می‌گیرد. سرعت طرح در نظر گرفته شده باید به لحاظ عوارض طبیعی، سرعت روان مورد نظر، کاربری زمین‌های هم‌جوار و گروه‌بندی عملکردی راه، مقدار منطقی و مناسبی باشد. بجز در مورد خیابان‌های محلی که محدودیت سرعت، بطور عمدی و مکرر، اعمال می‌شود، باید نهایت کوشش در بکارگیری سرعت زیاد، به عمل آید تا سطح مطلوبی از ایمنی، سهولت جابجایی و کارایی، با در نظرگرفتن محدودیت‌های زیست محیطی، اقتصادی، زیبایی، سیاسی و اجتماعی، حاصل گردد. وقتی سرعت طرح انتخاب شد، همهٔ مشخصات مربوط راه را باید با آن مرتبط کرد تا طرح متوازنی به دست آید. در صورت امکان باید مقادیر بالاتر از حداقل مقدار طرح را انتخاب کرد. برخی از مشخصات طرح مانند انحنا، یک‌بری و فاصله دید، مستقیماً به سرعت طرح بستگی دارند و به تبع آن به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کنند. ویژگی‌های دیگر مانند عرض خطوط عبور و شانه‌ها و فاصله آزاد تا دیوارها و نرده‌ها بطور مستقیم با سرعت طرح ارتباط ندارد، اما سرعت وسیله نقلیه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین برای سرعت‌های طرح بالاتر، باید خطوط عبور و شانه‌های پهن‌تر و

فاصله آزاد جانبی بیشتر در نظر گرفته شود. پس با تغییر در سرعت طرح، بسیاری از اجزاء طرح راه، به تبع آن تغییر خواهد کرد.

سرعت طرح انتخابی باید با سرعت‌های مورد انتظار احتمالی رانندگان در یک راه، متناسب باشد. در جایی که دلیل مشهودی برای محدود کردن سرعت وجود دارد، رانندگان بیش از وضعیتی که چنین دلیلی یافت نمی‌شود، آمادگی پذیرش سرعت پایین‌تر را دارند. راه با طبقه‌بندی عملکردی بالاتر ممکن است انتخاب سرعت طرح بالاتری نسبت به راه با طبقه‌بندی پایین‌تر را در عوارض طبیعی مشابه، توجیه کند، به خصوص در جایی که صرفه‌جویی‌های حاصل از حرکت خودروها و سایر هزینه‌های بهره‌برداری برای جبران افزایش هزینه‌های تصرف حریم راه و احداث راه، کافی باشد. در جایی که با توجه به عوارض طبیعی احتمال حرکت رانندگان با سرعت زیاد وجود دارد، نباید سرعت طرح را کم انتخاب کرد. رانندگان سرعت خود را نه براساس اهمیت راه بلکه بر اساس مشاهده و محدودیت‌های فیزیکی راه و ترافیک آن تنظیم می‌کنند.

سرعت طرح انتخاب شده باید متناسب با عادات و تمایلات اغلب رانندگانی باشد که از راه استفاده می کنند. در جایی که شرایط راه و ترافیک به گونه ای است که رانندگان می‌توانند با سرعت مطلوب خود حرکت کنند، سرعت‌های انتخاب شده توسط آن‌ها، همواره در محدوده وسیعی قراردارد. نمودار توزیع تجمعی سرعت-های جریان آزاد وسایل نقلیه (درصد وسایل نقلیه برحسب سرعت مشاهده شده) معمولاً به شکل S است. سرعت طرح انتخابی باید مقدار بالایی از درصد توزیعی در منحنی مذکور باشد (یعنی در صورت امکان، تقریباً شامل همه سرعت‌های مطلوب رانندگان بشود).

منحنی‌های توزیع سرعت، محدوده سرعت‌هایی را که باید در انتخاب سرعت طرح مناسب مورد نظر باشد، نشان می‌دهد. سرعت طرح 110 کیلومتر در ساعت، باید برای آزادراه‌ها، بزرگراه ها و دیگر راه‌های شریانی برون شهری در نظر گرفته شود.

مطلوب آن است که سرعت حرکت بخش وسیعی از رانندگان کمتر از سرعت طرح باشد. تجربه نشان می‌دهد که انحراف از این هدف، بسیار نمایان و در پیچ‌های تند مشکل آفرین است. بویژه در پیچ‌های با سرعت طرح پایین (نسبت به انتظار راننده) که به دفعات به سرعت پیموده می‌شود و سابقه ایمنی ضعیفی دارد. بنابراین این نکته مهم است که سرعت طرح مورد استفاده در طراحی قوس افقی انعکاس محافظه کارآن‌های از سرعت مورد انتظار در راه مورد احداث باشد.

در جایی که ویژگی‌های فیزیکی راه، کنترل‌های اصلی سرعت هستند و در جایی که بیشتر رانندگان، حرکت با سرعت نزدیک به حد را انتخاب می‌کنند، سرعت طرح 120 کیلومتر در ساعت برای درصد عمده ای از رانندگان کافی است. در راهی که با این سرعت طراحی شده، فقط درصد کمی از رانندگان ممکن است در شرایط با حجم ترافیک کم و سایر شرایط مطلوب با سرعتی بیشتر (از سرعت طرح) حرکت کنند. در عین حال با سرعت طرح 80 کیلومتر در ساعت، کارایی مطلوب را فقط در انواع خاصی از راه‌ها می‌توان انتظار داشت. وقتی سرعت طرح پایین‌تر انتخاب شود، ممکن است اعمال محدودیت سرعت در ساعت‌های غیر اوج دارای اهمیت باشد.

در بسیاری از آزاد راه‌ها، بخصوص در نواحی برون شهری و حومه شهری، سرعت طرح 100 کیلومتر در ساعت یا بیشتر را می توان با هزینه اضافی کمی نسبت به سرعت طرح 80 کیلومتر در ساعت فراهم کرد. اگر آزادراه نسبتاً مستقیم باشد و ویژگی و موقعیت تبادل‌ها اجازه سرعت حرکت بالا را بدهد، سرعت طرح 110 کیلومتر در ساعت، مطلوب خواهد بود.

بطور کلی، در انتخاب سرعت طرح، بین آزاد راه‌های کف گذر (همکف)، بالا گذر و پایین‌گذر، تمایزی وجود ندارد. هرچند ویژگی‌های حرکتی آزاد راه بالا گذر با آزاد راه پایین گذر، متفاوت است.

در آزاد راه پایین گذر، خروج ترافیک از رابطهای سر بالا و ورود ترافیک از رابطهای سرپایین صورت می‌گیرد که مشوق حرکت مطلوب است. برعکس در آزاد راه بالا گذر، خروج ترافیک از رابطهای سرپایین و ورود ترافیک به آزاد راه از رابطهای سر بالا انجام می‌شود که نامطلوب است، زیرا خودروهای وارد شونده به آزاد راه، بخصوص خودروهای سنگین، برای رسیدن به سرعت حرکت آزاد راه، نیاز به پیمودن مسافت زیادی دارند. بعلاوه، خودروهای خارج شونده از آزاد راه بالا گذر، در مسیر سرپایینی، تا رسیدن به یک خیابان شریانی، نیاز به فاصله ترمز اضافی دارند و ممکن است پیش از رسیدن به ابتدای رابط، سرعت خود را در خطوط عبور آزاد راه، کاهش دهند. در اینگونه آزاد راه‌ها، مکرراً از خطوط کاهش سرعت موازی، رابطهای طولانی‌تر و شیب‌های کم‌تر استفاده شده تا احتمال کاهش سرعت مذکور را کم کند. در هر حال سرعت حرکت در آزاد راه‌های بالاگذر، بویژه در حالتی که نقاط دسترسی نزدیک به هم وجود دارد، نسبت به آزاد راه‌های پایین گذر کاهش مختصری دارد.

در مناطق سردسیر، سازه‌های بالاگذر، به علت روباز بودن، در معرض یخزدگی سریع قرار دارند و در این شرایط، استفاده از مقادیر یک‌بری کم‌تر، احتمالاً مناسب است. گرچه سرعت‌ها، در محل پل‌ها، نسبت به قطعات پایین‌گذر کم‌تر است ولی تفاوت این دو، احتمالاً ناچیز است. بنابراین سرعت طرح 80 تا 110 کیلومتر در ساعت هم برای آزاد راه بالا گذر و هم برای آزاد راه پایین‌گذر، به کار می‌رود.

با در نظر گرفتن محدوده کلی سرعت‌های طرح، بین 20 تا 120 کیلومتر در ساعت که در طرح هندسی مورد استفاده قرار می‌گیرد، انتخاب سرعت‌های طرح، با افزایش‌های10 کیلومتر در ساعت مطلوب است. افزایش‌های کوچک‌تر، منتج به تفاوت‌های کوچک در ابعاد اجزاء طرح، بین یک سرعت طرح و سرعت طرح بیشتر می‌گردد. افزایش‌های بیشتر به میزان 20 تا 30 کیلومتر در ساعت، باعث تفاوت‌های بسیار زیادی در ابعاد اجزاء طرح، بین دو سرعت طرح می شود. با این حال، در پاره‌ای از موارد، استفاده از افزایش‌های متوسط، برای سرعت طرح، ممکن است مفید باشد. افزایش‌های 10 کیلومتر در ساعت در طرح راه‌های گردشی، رابط‌ها و راه‌های کم سرعت نیز باید به کار رود.

واحد متریک	واحد معمول در آمریکا
سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	سرعت طرح نظیر (مایل در ساعت)
20	15
30	20
40	25
50	30
60	40
70	45
80	50
90	55
100	60
110	70
120	75
130	80

جدول 2-29 سرعت‌های طرح نظیر در واحد متریک و واحد معمول در آمریکا

جدول 2-29 سرعت‌های طرح نظیر در واحد متریک و واحد متداول در آمریکا برای افـزایش 10 کیلـومتر در ساعت (5 مایل در ساعت) را نشان می‌دهد. این جدول باید در تبدیل واحدهای انـدازه‌گیـری سـرعت‌هـای طرح بکار رود.

اگرچه سرعت طرح انتخاب شده، برای شعاع قوس و حداقل فاصله دید، محدودیت‌هایی ایجاد می‌کنـد کـه باید در طراحی بکار گرفته شود، ولی هیچ گونه محدودیتی در استفاده از قوس‌های افقی بازتر یـا فواصـل دیـد بیشتر، در وضعیتی که اینگونه اصلاحات، جزئی از طرح اقتصادی باشند، وجود ندارد.

حتی در زمین‌های ناهموار، یک مسیر مستقیم یا پیچ باز ممکن است مطلوب باشد. طراحـی مـوردی برخـی از اجزاء راه با سرعت طرح زیاد الزاماً رانندگان را به افزایش سرعت تشویق نخواهـد کـرد ولـی تکـرار ایـن کـار ممکن است سبب افزایش سرعت گردد. در اینگونه حالت‌ها، کل راه باید برای یک سرعت بیشتر طراحی شـود. احداث یک قطعه مسیر مستقیم طولانی بین دو پیچ نیز، ممکن است باعث تشویق به افزایش سرعت شـود. در اینگونه موارد، سرعت طرح بالاتری باید برای همه اجزاء هندسی، مسیر بـویژه فاصـله دیـد روی قـوس قـائم محدب و داخل قوس‌های افقی انتخاب شود.

نکته قابل توجه در انتخاب سرعت طرح، میانگین طول سفر است. هرچه سفر طولانی‌تر باشد علاقه راننده به استفاده از سرعت‌های بیشتر افزایش می‌یابد. در طراحی طول قابل توجهی از راه، انتخاب سرعت یکنواخـت مطلوب است. هرچند تغییرات عوارض زمین و محدودیت‌های فیزیکی دیگر ممکن است تغییر در سرعت طـرح بعضی قطعات را تحمیل نماید. اگر این چنین باشد در نظر گرفتن سرعت طرح کمتر، نبایـد بصـورت ناگهـانی انجام شود، بلکه این تغییر باید بتدریج و در طول کافی باشد تا امکان تغییر تدریجی سـرعت، بـرای رانـنـدگان، قبل از رسیدن به قطعه با سرعت طرح کم‌تر، فراهم گردد.

در جایی که کاهش مشخصات افقی و عمودی راه، مقتضی باشد، بسیاری از رانندگان ممکن است نتوانند وضعیت سرعت کم‌تر را در جلو درک کنند بنابراین آگاه کردن قبلی آنان دارای اهمیت است. این تغییر شرایط را باید با اعلام منطقه با سرعت محدود و علائم سرعت در پیچ نشان داد.

در راه‌های برون شهری و معابر شهری درجه یک، درصدی از وسایل نقلیه معمولاً می‌توانند با سرعت نزدیک به جریان آزاد، که تابع عناصر طرح هندسی است حرکت کنند. بنابراین انتخاب سرعت طرح مناسب، اهمیت ویژه‌ای دارد. هر چند در بسیاری از خیابان‌های شریانی سرعت وسایل نقلیه، طی ساعاتی از روز به علت ترافیک زیاد یا ادوات کنترل ترافیک، محدود و تنظیم می‌شود و وضعیت فیزیکی خیابان در این محدودیت، کم‌تر مؤثر است. در این موارد، انتخاب سرعت طرح، در کارایی و ایمنی حرکت، نقش کم رنگ-تری دارد.

طی دوره‌های زمانی که حجم ترافیک کم یا متوسط است، سرعت خیابان‌های شریانی تابع عواملی همچون علائم محدودیت سرعت، گردش در محل بریدگی‌ها برای دسترسی و ورود به املاک مجاور یا خروج از آن، گردش تقاطع‌ها، فاصله چراغ‌های راهنمایی و زمان‌بندی آن‌ها است. در برنامه‌ریزی برای پروژه خیابان‌های شریانی باید عواملی مانند محدودیت سرعت‌های آتی، محدودیت‌های فیزیکی و اقتصادی و تأمین سرعت‌های حرکت مربوط به مواقع غیر اوج، مورد توجه قرار گیرد. کلیه این عوامل برانتخاب سرعت طرح مناسب تأثیر گذار است.

بطور کلی، مسیر افقی عامل تعیین کننده‌ای در محدود نمودن سرعت خیابان‌های شریانی نیست. بهسازی‌ها معمولاً با حفظ خیابان‌های موجود انجام می‌شود و تغییرات کوچک در مسیر افقی، در تقاطع‌ها انجام می شود. معمولاً تأثیر این تغییرات، اندک است زیرا حرکت در محل تقاطع‌ها بسته به نوع وسایل کنترل ترافیکی مورد نیاز برای انتقال ترافیک متقاطع و ترافیک گردشی، تنظیم می‌شود. در خیابان‌های شریانی شهری، ممکن است برای قوس‌ها، یک‌بری در نظر گرفته شود، لیکن روش تعیین آن با روش مربوط به راه‌های برون شهری متفاوت است. سواره‌روهای عریض، همجواری با آبادانی‌های کناری، ضوابط شیب عرضی و نیمرخ طولی برای تخلیهٔ آب، فراوانی خیابان‌های متقاطع و دسترسی‌ها، همگی نیاز به بربلندی کم‌تر را در خیابان‌های شریانی شهری توجیه می‌کند. عرض خطوط عبور، عقب‌نشینی از جدول‌ها، نزدیکی تیرها و درختان به خط عبور، حضور عابرین پیاده در محدوده حریم و نزدیکی ساختمان‌های تجاری و مسکونی منفرد یا مجتمع، اغلب سرعت‌ها را در معابری که حتی مسیر خوب و نیمرخ ملایم دارند، محدود می‌کند. به رغم این عوامل، طراحان باید برای ارائه مسیر خوب و نیمرخ ملایم کوشش کنند، تا ایمنی و ویژگی‌های بهره‌برداری را، بویژه در زمان غیر اوج، بهبود بخشد. فصل سوم، رهنمودهایی برای طرح مسیر افقی در مناطق شهری با سرعت پایین، ارائه می‌کند.

وضع پستی و بلندی منطقه می‌تواند انتخاب سرعت طرح خیابان‌های شریانی را، بطور اساسی، تحت تاثیر قرار دهد. بسیاری از شهرها در امتداد سواحل رودخانه‌ها گسترش یافته و دارای مناطق کم عارضه تا کوهستانی هستند. معابر، ممکن است با دستکاری مختصری در زمین طبیعی و با تبعیت هرچه بیشتر از آن ساخته شوند. چون خیابان شریانی معمولاً، هم در مناطق تجاری و هم در نواحی مسکونی، با حفظ مسیر خیابان موجود احداث می‌گردد، در حالت کلی مستلزم ایجاد تغییر در نیمرخ طولی است. همین که سرعت طرح انتخاب شد فاصله دید مناسب، در همه قوس‌های قائم محدب و داخل قوس افقی باید تأمین شود. طراحی شیب‌های یکنواخت طولانی، در نیمرخ

طولی، باید با توجه به سرعت حمل‌ونقل انبوه و خودروهای سنگین، انجام شود. در سربالایی‌ها، ممکن است ایجاد خطوط اضافی ضرورت یابد تا ظرفیت این قسمت‌ها با سایر قطعات راه هماهنگ باشد و خودروهای معمولی بتوانند با سرعت معقولی از وسایل نقلیه سنگین، سبقت بگیرند.

طراحی خیابان‌های شریانی شهری و تنظیم ادوات کنترل باید به نحوی باشد که در صورت امکان، سرعت‌های حرکتی 30 تا 75 کیلومتر در ساعت تأمین گردد. سرعت‌های پایین‌تر این محدوده، برای خیابان‌های محلی و جمع کنندهٔ مناطق مسکونی و نیز خیابان‌های اصلی مناطق تجاری شلوغ‌تر، کاربرد دارد، در حالی که از سرعت‌های بالاتر محدوده، برای شریانی‌های سطح بالا در مناطق مهم حومه شهری استفاده می‌شود. در مورد خیابان‌های شریانی مناطق تجاری پر جمعیت، عموماً باید از چراغ‌های راهنمایی هماهنگ در تقاطع‌های متوالی استفاده کرد تا رسیدن به سرعت‌های حتی پایین‌تر امکان‌پذیر گردد. بسیاری از شهرها، دارای طول‌های معتنابهی از خیابان‌های دارای چراغ راهنمایی هستند که این خیابان‌ها با سرعت 20 تا 40 کیلومتر در ساعت کار می‌کنند.

در مناطق کم جمعیت حاشیه شهر، بطور معمول خیابان‌های خاص دارای نوعی منطقه‌بندی سرعت یا کنترل سرعت هستند تا سرعت‌های روان زیاد، محدود شود. در این گونه مناطق عابرین پیادهٔ امتداد راه شریانی یا وسایل نقلیه خیابان‌های عرضی متقاطع، هر چند به میزان نسبتاً کم، ممکن است در معرض تصادف با رانندگان راه شریانی واقع شوند. اینگونه رانندگان عبوری، ممکن است با پشت سرگذاردن محدودیت‌های شهری، بتدریج بر سرعت خودرو بیافزایند یا سرعت برون شهری خود را در هنگام ورود به منطقه شهری، همچنان حفظ کنند. بنابراین گرچه سرعت ترافیک عبوری تا آنجا که عملاً امکان دارد، باید بالا باشد، کاهش سرعت‌ها نیز برای کم کردن خطر تصادف و خدمت رسانی به ترافیک محلی دارای همان اهمیت است.

حدود سرعت اعلام شده، بعنوان یک روش اجرایی، بالاترین سرعتی نیست که احتمالاً توسط رانندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد. بلکه این مقادیر حد سرعت تقریباً براساس هشتاد و پنجمین درصد توزیعی سرعت ترافیک در نظر گرفته می شوند که با اندازه‌گیری سرعت‌های نمونه قابل اندازه‌گیری از وسایل نقلیه به دست می‌آید. هشتاد و پنجمین درصد توزیعی سرعت، معمولاً به اندازه 15 کیلومتر در ساعت با دامنه سرعت مورد استفاده اکثر رانندگان اختلاف دارد. اگر محدودیت‌های سرعت بصورت دلخواه تعیین شده باشند، مناطق با سرعت مشخص عملکرد مناسبی نخواهند داشت. علاوه بر این، مناطق با سرعت مشخص، باید از طریق مطالعات مهندسی ترافیک تعیین شوند، با شرایط عمومی موجود در طول و عرض خیابان هماهنگ بوده و بالاخره قابلیت معقول اجرایی داشته باشند.

راه‌ها و خیابان‌های شریانی شهری عموماً دارای سرعت‌های حرکت 30 تا 70 کیلومتر در ساعت هستند. در نتیجه سرعت‌های طرح مناسب برای شریانی‌ها باید بین 50 تا100 کیلومتر در ساعت باشد. سرعت طرح انتخاب شده برای شریانی شهری به فاصله چراغ‌های راهنمایی، نیمرخ عرضی میانه، وجود یا عدم جدول بندی و جوی در لبه خارجی سواره رو و میزان و نوع دسترسی به خیابان، بستگی دارد. بازسازی شریانی‌های شهری عموماً باید برای سرعت روان حداقل50 کیلومتر در ساعت طراحی شوند.

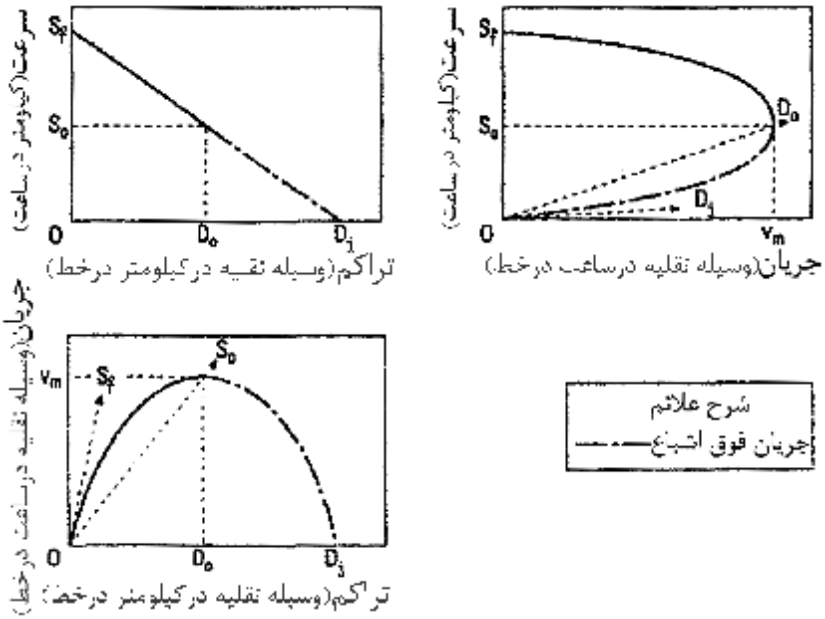
بحث گذشته، نکات مربوط به انتخاب سرعت طرح مناسب را بیان می‌دارد. به کمک آن مشخص می‌گردد که تفاوت‌های مهمی بین معیارهای طرح قابل اعمال در طراحی‌های با سرعت کم و سرعت زیاد وجود دارد.

به دلیل این اختلاف مشهود، بالاترین حد طراحی سرعت پایین،70 کیلومتر در ساعت و پایین‌ترین حد طراحی سرعت بالا 80 کیلومتر در ساعت است.

روابط جریان ترافیک

وضعیت جریان ترافیک در معابر، می‌تواند بوسیله شدت جریان ترافیک برحسب وسیله نقلیه در ساعت، سرعت متوسط برحسب کیلومتر در ساعت و تراکم ترافیک برحسب وسیله نقلیه در کیلومتر مشخص شود. این سه متغیر یعنی، حجم، سرعت و تراکم، به یکدیگر وابسته‌اند و روابط قابل پیش‌بینی دارند. روابط کلی بین حجم، سرعت و تراکم در معابر دارای جریان پیوسته طبق مندرجات کتاب «راهنمای ظرفیت راه» [15] در شکل 2-30 ارائه شده است. ارتباطات نشان داده شده در این شکل، طبیعت ذهنی دارد و الزاماً با روابط واقعی عملی مورد استفاده در رویه‌های خاص HCM مطابقت نمی‌کند. برای مثال، رویه‌های HCM برای آزادراه‌ها و راه‌های چندخطه، نشان می‌دهد که مطابق شکل 2-30 سرعت نسبت به حجم در بخش اعظم محدوده احجام متوسط و پایین تغییر نمی‌کند ولی همین رویه‌ها برای راه‌های دو خطه نشان می‌دهد که سرعت نسبت به حجم، بصورت خطی در سراسر محدوده احجام از صفر تا مقدار ظرفیت، تغییر می‌کند.

تراکم، یا تعداد وسایل نقلیه در واحد طول راه، با جمع شدن و نزدیک هم شدن آن‌ها، افزایش می‌یابد. بطوری که شکل 2-30 نشان می‌دهد، وقتی که سرعت کم می‌شود، تراکم افزایش می یابد و رانندگان می‌توانند به راحتی، در فاصله کم‌تری، پشت سر دیگر وسایل نقلیه حرکت نمایند. تراکم در HCM به عنوان معیار کیفیت خدمت‌دهی ترافیک در آزاد راه‌ها و راه‌های چند خطه، مورد استفاده است.



شکل 2-30- رابطه‌های عمومی تراکم – حجم – سرعت

احجام ترافیک نسبت به تراکم مطابق شکل 2-30 از صفر تا حداکثر شدت جریان تغییر می‌کند. دو نقطه با جریان ترافیکی صفر در نمودار، نشان دهندهٔ نبودن وسیله نقلیه روی راه و یا وجود تعداد زیادی وسیله نقلیه در جاده است که در اثر آن جریان ترافیک متوقف شده است. در حالت اخیر حداکثر جریان ترافیک به نقطهٔ حداکثر تراکم رسیده است.

تداخل در جریان ترافیک باعث می‌شود که سرعت‌ها کاهش یابد، وسایل نقلیه نزدیک‌تر به هم حرکت کنند و تراکم افزایش یابد. تداخل، ممکن است در اثر شرایط آب و هوایی، ترافیک متقاطع، خودروهای معیوب، تصادفات وسایل نقلیه و یا دیگر شرایط به وجود آید. وقتی این شرایط باعث تداخل بیشتر می‌شود، شدت جریان در محدوده‌های خاصی می‌تواند با کاهش سرعت، نزدیک‌تر شدن وسایل نقلیه و تراکم بیشتر برقرار بماند. وقتی که تداخل، علیرغم فاصله نزدیک‌تر وسایل نقلیه و تراکم بیشتر آن‌ها آنقدر زیاد شود که سرعت متوسط به پایین‌تر از مقدار لازم برای حفظ جریان پایدار برسد، سرعت و جریان ترافیک به سرعت کاهش می یابد و تراکم زیاد می‌شود.

وقتی که ترافیک راه با تداخلی مواجه می‌شود که ظرفیت آن را در منقطه معینی محدود می‌کند ویا کاهش می‌دهد، گلوگاه ایجاد می‌شود. اگر جریان ترافیکی که به این گلوگاه می‌رسد افزون بر ظرفیت آن نباشد، جریان پایدار می‌ماند و هیچ مشکلی بوجود نمی‌آید. اما، وقتی که تعداد وسایل نقلیه جریان بالادست بیش از ظرفیت جاگیری گلوگاه باشد، افت جریان حاصل می‌گردد. سرعت‌ها تا حد خزش کاهش می‌یابد و وسایل نقلیه شروع به ایجاد صف ترافیکی به سمت بالادست می‌نمایند تا اینکه جریان ورودی مجدداً کمتر از ظرفیت جریان خروجی شود. برای جلوگیری از پیدایش گلوگاه، باید دقت کرد که راه‌ها براساس ظرفیت عبور ثابت و پیوسته طراحی شوند. مفهوم سطح خدمت‌دهی که در فصل بعد مورد بحث قرار می‌گیرد برای رسیدن به این حالت ثبات کمک می‌کند.

یک تقاطع اغلب یک گلوگاه اجتناب ناپذیر است. این کاهش ظرفیت هنگامی بجا است که تقاطع توسط علائم توقف یا چراغ راهنمایی کنترل شود. در تقاطع چراغدار وسایل نقلیه‌ای که به چراغ قرمز می‌رسند به گلوگاهی با ظرفیت صفر وارد می‌شوند. این وسایل نقلیه یک صف تشکیل می‌دهند تا وقتی که چراغ سبز شروع و مانع بر طرف گردد و صف وسایل نقلیه تخلیه شود. اگر حجم خودروهای ورودی خیلی زیاد باشد همهٔ وسایل نقلیه نمی‌توانند در طی مدت سبز تخلیه شوند و تشکیل صف ادامه می‌یابد.

رسیدن خودروها به تقاطع‌ها، عموماً در مناطق شهری قابل پیش‌بینی است زیرا در اینجا وسایل نقلیه بوسیله چراغ راهنمایی بالادست گروه‌بندی می‌شوند. در مناطق برون شهری و حاشیه شهری، رسیدن وسایل نقلیه اغلب نامنظم است. این الگوی نامنظم رسیدن به تقاطع باید در طرح زمان‌بندی مناسب چراغ راهنمایی، طول خطوط انتظار (جاگیری) گردش و ظرفیت نزدیک شدن به تقاطع مورد توجه باشد.

در گلوگاه‌ها که جریان ترافیک باید کند یا متوقف شود، وسیله نقلیه و سرنشینان، متحمل تأخیر مشخصی می‌شوند. تأخیرات، موجب افزایش مصرف سوخت و آلودگی هوا می‌گردد که تأثیرات نامطلوب اقتصادی و زیست محیطی دارد.

ظرفیت راه
ویژگی‌های کلی

اصطلاح ظرفیت، برای بیان حداکثر نرخ ساعتی است که در آن، به صورت منطقی انتظار می‌رود، افراد یا وسایل نقلیه بتوانند از یک نقطه (مثلاً قطعه یکنواختی از یک خط عبور یا یک معبر) طی دورهٔ زمانی معین و شرایط معمولی معبر و ترافیک، عبور کنند. دامنه جریان ترافیک راه می‌تواند از احجام کم تا حجم نزدیک به ظرفیت که در بالا تعریف شد، تغییر کند. به مفهوم کلی، ظرفیت، شامل روابط گسترده‌تر بین شرایط و ویژگی‌های راه، ترکیب ترافیک و الگوی جریان و بالاخره میزان نسبی تراکم در احجام مختلف ترافیک، نیز می‌گردد. مباحث ظرفیت راه در این مفهوم وسیع متعاقباً مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فصول آتی، یک نظر اجمالی بر اصول و عوامل مهم مربوط به ظرفیت طراحی راه را، ارائه می‌کند. برای تعیین ظرفیت مربوط به طراحی یک راه خاص، طراح باید به آخرین ویرایش کتاب« راهنمای ظرفیت راه »[15] مراجعه نماید. این کتاب به عنوان منبع اصلی، در بحث زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کاربرد

تجزیه و تحلیل ظرفیت راه، سه هدف کلی را دنبال می کند، که عبارتند از:

- **مطالعات برنامه‌ریزی حمل و نقل**: تجزیه و تحلیل ظرفیت، برای ارزیابی کفایت و کارائی شبکه راه‌های موجود در خدمت رسانی به ترافیک کنونی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعلاوه برای تخمین زمانی که در آینده ممکن است رشد ترافیک، بر ظرفیت راه پیشی بگیرد یا شاید به وضعیت نامطلوب تراکم نزدیک ظرفیت برسد، نیز کاربرد دارد.
- **طرح راه**: شناخت و آگاهی از ظرفیت راه، برای تطبیق مناسب راه برنامه‌ریزی شده با تقاضاهای ترافیکی لازم است. تجزیه و تحلیل ظرفیت هم برای انتخاب نوع راه و هم برای تعیین ابعادی مثل تعداد خطوط و حداقل طول قطعات ضربدردی بکار برده می‌شود.
- **تجزیه و تحلیل‌های جریانی ترافیک**: در این مورد تجزیه و تحلیل ظرفیت راه، برای اهداف زیادی مورد استفاده قرار می گیرد ولی مخصوصاً برای شناسائی محل گلوگاهها (اعم از موجود یا بالقوه) به کار می‌رود. همچنین برای ارزیابی بهبود عملکرد ترافیک که ممکن است در اثر کنترل‌های ترافیکی آینده یا تغییر موضعی شکل هندسی راه بوجود آید، به کار می‌رود.

اطلاعات ترافیکی لازم برای این کاربردها بسته به میزان دقت مورد نیاز تغییر می‌کند. در تجزیه و تحلیل جریانی ترافیک که در آن میزان موفقیت اصلاحات کوچک، ممکن است برحسب چند وسیله نقلیه در ساعت باشد، استفاده از دقت در سطح بالا، مطلوب است. در طراحی راه، دقت بسیار پایین‌تر، کافی است، زیرا اطلاعات ترافیکی اغلب برای دوره 10 تا 20 سال آینده برآورد می‌شود و نه تنها شامل تخمین احجام ترافیک است بلکه شامل عواملی مانند ترکیب ترافیک و الگوهای جابجایی نیز می‌باشد. بحث زیر، سطح مطلوب جزئیات برای اطمینان از توازن معقول بین طرح راه و تخمین ترافیک آینده را نشان می‌دهد. اینگونه بررسی‌ها اطمینان می‌دهد که وضعیت جریانی آینده، در زیر سطح قابل قبول قرار نخواهد گرفت. در صورت نیاز به دقتی بیش از آنچه که در روش ارائه شده وجود دارد، به HCM و سایر گزارش‌های مربوط به تجزیه و تحلیل جریانی ترافیک مراجعه شود.

ظرفیت به عنوان یک ضابطهٔ طرح

شدت جریان خدمت‌دهی طرح در برابر حجم طرح

حجم طرح، عبارت است از حجم ترافیکی که در نظر است از یک معبر معین در طول سال طرح، که معمولاً 10 تا 20 سال آینده است، استفاده کند. حجم‌های طرح در فرآیند برنامه‌ریزی برآورد می‌شوند و اغلب به عنوان حجم ترافیک مورد انتظار در ساعت طرح معین، بیان گردند. انحراف از DHV قبلاً در این فصل و در بخش "خصوصیات ترافیکی" مورد بحث قرار گرفت.

شدت جریان خدمت‌دهی طرح، حداکثر شدت جریان ساعتی ترافیک است که راه می‌تواند با مشخصات طراحی معین آن را عبور دهد، بدون آن که میزان تراکم (براساس آنچه متعاقباً بیان خواهد شد) از سطح مور نظر کمتر شود.

هدف عمده در طراحی یک راه، ایجاد تسهیلاتی با چنان ابعاد و مسیری است که بتواند شدت جریان خدمت‌دهی طرح را (که حداقل به اندازه شدت جریان 15 دقیقه اوج در ساعت طرح است) بدون زیاده‌روی در طرح، از خود عبور دهد. هرگاه این هدف تأمین گردد یک پروژه راه اقتصادی و کاملاً متوازن حاصل خواهد شد.

معیارهای تراکم

سه رکن اصلی طرح هندسی، عبارت است از: طراحی معبر، ترافیکی که از راه استفاده می‌کند و میزان تراکم معبر. دو مورد اول را می‌توان با معیارها و واحدهای دقیق، سنجید. مثلاً، در یک معبر، یا کنترل دسترسی کامل یا غیر آن می‌توان ابعاد نیمرخ عرضی را برحسب متر و شیب‌ها را برحسب درصد بیان کرد. همین طور، جریان ترافیک می‌تواند برحسب تعداد وسایل نقلیه در واحد زمان و ترکیب ترافیک برحسب درصدی از وسایل نقلیهٔ هر گروه بیان شود و خصوصیات اوج و توزیع جهتی نیز معین گردد.

معیار و مقیاس بیان میزان تراکم چندان دقیق و روشن نیست. برای مجموعه خدمت‌دهی ارائه شده بوسیله قطعه‌ای از معبر، معیارهای متعددی ارائه شده که عبارت است از: ایمنی، آزادی جابجایی، نسبت حجم ترافیک به ظرفیت (V/C)، سرعت روان، سرعت متوسط حرکت و غیره. در مورد چهارراه‌های چراغدار، تأخیر حاصل از توقف خودروها معمولاً به عنوان معیار تراکم به کار می‌رود.

در مورد جریان پیوسته ترافیک (یعنی جریانی که تحت تأثیر چهارراه‌های چراغدار نیست) شرایط جریان ترافیک با استفاده از سه معیار اصلی، سرعت، حجم (یا شدت جریان) و تراکم تعریف می‌شود. تراکم، نزدیکی وسایل نقلیه به یکدیگر و آزادی برای مانور آن‌ها در جریان ترافیکی را منعکس می‌کند و معیار تعیین کننده‌ای برای بیان روانی ترافیک در جریان پیوسته است. با افزایش تراکم از مقدار صفر، شدت جریان هم افزایش می‌یابد زیرا وسایل نقلیه بیشتری در مسیر راه قرار می‌گیرند. با پیدایش این حالت، سرعت شروع به کاهش می‌کند (به دلیل اثر متقابل وسایل نقلیه). این کاهش، در حقیقت برای تراکم و شدت جریان پایین، قابل صرفنظر است. اما با ادامه افزایش تراکم، وضعیت ترافیک، به نقطه‌ای می‌رسد که در آن سرعت بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. حداکثر شدت جریان نهایتاً در وضعیتی حاصل می‌گردد که تراکم بالا موجب کاهش چشمگیر سرعت‌ها و تقلیل شدت جریان می‌شود. این حداکثر شدت جریان، تحت عنوان ظرفیت راه تعریف می‌شود. با رسیدن به حد ظرفیت، جریان به شدت ناپایدار می‌شود چون فضاهای خالی قابل استفاده در ترافیک کم و کمتر می‌شوند. در حد ظرفیت، فواصل خالی قابل استفاده‌ای در جریان ترافیک وجود ندارد، و هر گونه برخورد بین وسایل نقلیهٔ ورودی و خروجی یا برخورد حاصل از جابجا شدن خودروها در خطوط عبور،

موجب نوعی آشفتگی می‌گردد که نمی‌توان آن را به نحو مؤثر فرونشاند یا کاهش داد. بنابراین برقـرار مانـدن جریان در حد ظرفیت یا نزدیک به آن در مدت زمان طولانی، بـدون پـس زدن ترافیـک بـه سـمت بالادسـت مشکل است و ایجاد جریان ترافیکی ناکارآمد و تحت فشار، تقریباً اجتناب‌ناپذیر است. به این دلیل بیشتر معـابر برای برقراری جریان در احجامی کمتر از ظرفیت طراحی می‌شوند.

در جریان ناپیوسته، مثل آنچه که در خیابان‌های دارای چراغ راهنمایی مشاهده می‌شود، اسـتفاده کننـده از راه، به اندازه‌ای که از توقف‌های طولانی یا توقف‌های پی در پی در تقاطع‌ها نگران است، به حرکت سریع فکر نمی‌کند. میانگین تاخیر ناشی از زمان توقف، معیار اصلی اندازه‌گیری کارایی، در ارزیـابی تقـاطع‌هـای چراغـدار است. تأخیر حاصل از زمان توقف، که به دلیل سهولت اندازه‌گیری و سادگی مفهوم، مورد اسـتفاده قـرار مـی-گیرد، مشخصه‌ای از عملکردهای تقاطع است که رابطـه تنگـاتنگی بـا احسـاس رانـندگان از کیفیـت جریـان ترافیک دارد.

ارتباط بین تراکم و شدت جریان ترافیک

تراکم، الزاماً به معنی توقف کامل جریان عبور نیست بلکه می‌توان آن را بمنزله محدودیت یا نوعی تـداخل در جریان آزاد معمول، در نظر گرفت. در هر گروه معین راه تراکم، با افزایش شدت جریان افزایش مـی‌یابـد تـا اینکه شدت جریان تقریباً برابر با ظرفیت شود که در این نقطه تراکم، بحرانی می‌شود. افزایش تدریجی تـراکم در اثر افزایش شدت جریان، فارغ از معیاری که برای شاخص به کار رفته، کاملاً مشهود است.

ارتباط بین سرعت حرکت و شدت جریان ترافیک در آزادراه‌ها، راه‌های چند خطه، و راه‌های دو خطه، قـبلاً در این فصل در بخش"سرعت حرکت" بحث شده است. هنگامی که شدت جریـان ترافیـک بـه ظرفیـت راه، نزدیک می‌شود، همانطور که در HCM [15] ذکر شده، هر گسستگی کوچک در جریان آزاد ترافیک ممکـن است باعث شود که ترافیک به حالت افتان و خیزان درآید که حاصل آن کاهش شدت جریان ترافیک عبـوری است.

قسمت‌هایی از راه که مسیرهای عبور باید در طول‌های نسبتاً کوتاهی به هم بپیوندد یا از هـم جـدا شـوند، بخش‌های ضربدری نام دارند. سرعت متوسط حرکت و بنابراین میزان تراکم، نه تنها تابع حجم ترافیک درگیـر در حرکات ضربدری است بلکه تابع فاصله‌ای است که در طول آن حرکات ضربدری، باید انجام شوند(حرکـات ضربدری، در یک بخش جداگانه در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد).

در خیابان‌های شریانی نواحی شهری، سرعت متوسط حرکت فقط انـدکی در اثـر تغییـرات شـدت جریـان ترافیک، تغییر می‌کند. اما تأخیر در تقاطع‌های چراغدار، ممکن است به هنگام نزدیک شدن شـدت جریـان بـه ظرفیت، افزایش چشم‌گیری بیابد. در این صورت تراکم بیشتری بوجود می‌آید که حاصل آن کاهش سراسـری سرعت‌های سفر، بالا رفتن زمان متوسط سفر و پس زدن ترافیک به سمت تقاطع‌های بالادست است.

درجات قابل قبول تراکم

از دیدگاه استفاده‌کنندهٔ راه، بهتر است که هر نفر دارای یک حق انحصاری نسبت به راه باشد تا رانـنده بـه هنگام نیاز یا فراهم شدن فرصت، از آن استفاده کند. علاوه بر این، راننده ترجیح مـی‌دهـد کـه همـهٔ راه‌هـا از انواعی باشند که در آن‌ها استفاده از سرعت‌های بسیار فراتر از مقدار معمول در خیابان‌های شهری مجاز باشـد. اما استفاده کنندگان این واقعیت را دریافته‌اند که اگر دیگران در هزینه‌های تسـهیلات حمـل و نقـل، شـریک هستند، در استفاده از آن‌ها هم حق دارند. بنابراین آن‌ها به آسانی یک حد متوسط از تراکم را می‌پذیرند. اینکـه

عموم رانندگان، دقیقاً چه درجه‌ای از تراکم را به عنوان مقدار منطقی می‌پذیرند، بصورت یک مسأله تخمینی باقی مانده است، ولی این مشخص است که این مقدار از چند عامل، تبعیت می‌کند.

راننده متوسط، این مفهوم کلی را درک می‌کند که اقدامات اصلاحی برای سبک کردن تراکم در پاره‌ای موارد ممکن است پرهزینه‌تر از موارد دیگر باشد. در نتیجه رانندگان، عموماً در مناطقی که اصلاحات را فقط با صرف هزینه‌های زیاد می‌توان انجام داد، درجه بیشتری از تراکم را می‌پذیرند. همچنین رانندگان، در سفرهای کوتاه، محدودیت بیشتری را، نسبت به سفرهای طولانی، می‌پذیرند، اما بطور کلی با وضعیتی که در آن، حجم ترافیک به حد ظرفیت نزدیک می شود، موافق نیستند.

از دید مسئولین راه، درجه تراکمی که استفاده کنندگان از راه تحمل می‌کنند با میزان منابع مالی هماهنگی دارد. سوابق، نشان می‌دهد که اعتبارات، هیچگاه برای تأمین همه نیازها، کافی نبوده و باعث می شود که عملیات بهسازی، قبل از آن که تقاضای ترافیک از ظرفیت تجاوز کند، سرعت کافی نیابد.

درجه تراکم مناسبی که در برنامه‌ریزی و طراحی پروژه‌های بهسازی باید بکار برود، با سنجش خواسته-های رانندگان در برابر منابع موجود برای تأمین این خواسته‌ها تعیین می‌گردد. میزان درجه تراکم یک راه، در طول سال طرح را می توان به نحو زیر، بصورت واقع بینآن‌های ارزیابی کرد:

1) تعیین شرایط عملکردی که به نظر اغلب رانندگان رضایت بخش است،
2) تعیین گسترده‌ترین بهسازی راه که به نظر مقامات دولتی، جنبه عملی دارد،
3) هماهنگ کردن خواسته‌های رانندگان و مردم با اعتبارات موجود، برای تحقق بخشیدن به این خواسته‌ها.

این تطبیق خواسته‌ها با منابع اعتباری موجود، فرآیند اداری بسیار مهمی است. ابتدا باید در مورد حد درجه تراکم در طول دوره طرح، تصمیم‌گیری شود. طرح مناسب برای یک راه معین (مانند تعداد خطوط عبور) را می‌توان به کمک مفاهیمی که در فصول بعد مورد بحث قرار می‌گیرد، تخمین زد.

اصول تعیین درجات قابل قبول تراکم

هیچ روش علمی برای تصمیم گیری در مورد حداکثر درجه تراکم، وجود ندارد که بتوان آن را به عنوان مبنای طراحی پذیرفت. این فرایند تصمیم گیری، قابل مدل سازی و برنامه‌ریزی کامپیوتری نیست. با این وجود، برخی اصول یا رهنمودهایی که برای رسیدن به این گونه تصمیم‌ها کمک می‌کند، در زیر عنوان شده و مورد بحث قرار گرفته است.

1- طرح راه باید به گونه‌ای باشد که وقتی حجم طرح را انتقال می‌دهد، تقاضای ترافیک حتی در فاصله زمانی کوتاهی نیز، از ظرفیت آن تجاوز نکند.

وقتی تقاضای ترافیک، از ظرفیت خیابان یا راه تجاوز می‌کند، شرایط به وجود آمده می‌تواند برای رانندگان، غیر قابل تحمل گردد. علاوه براین وقتی که ترافیک، در اثر تراکم معابر، به حالت افتان و خیزان درآید (بجز موارد ناشی از چراغ راهنمایی)، شدت جریانی که راه قادر به عبور آن است به شدت کاهش می-یابد. اگر شدت جریان، حتی در فاصله زمانی کوتاه، از ظرفیت تجاوز کند، توقف‌های ترافیک، پدیدار خواهد شد. چون ترافیک در سراسر مدت یک ساعت، بطور یکنواخت جریان نمی‌یابد، برای زمان اوج، باید تعدیلی در نظر گرفت. در راهکارهای HCM، این کار از طریق تعدیلی تحت عنوان « ضریب ساعت اوج » انجام گرفته که در قسمت‌های بعدی این فصل، مورد بحث قرار خواهد گرفت.

درجاییکه ترافیک در تقاطع‌ها با چراغ راهنمایی کنترل می‌شود، رابطه بین تأخیر و ظرفیت، ممکن است بسیار پیچیده باشد. وقتی تقاضای ترافیک به 75 تا 85 درصد ظرفیت نزدیک می‌شود، احتمال پیدایش تأخیرات وسیع غیر قابل قبول و صف‌های طولانی خودرو، وجود دارد. برعکس این حالت نیز امکان‌پذیر است یعنی در محدوده تقاطعی که تقاضای ترافیک مساوی با ظرفیت است، چنانچه زمان هر دوره تعویض چراغ، کوتاه باشد و یا امکان طولانی شدن زمان چراغ وجود داشته باشد، احتمالاً تأخیرات کوتاهی وجود خواهد داشت.

2- حجم طرح هر خط عبور نباید بیش از میزانی باشد که در آن، ترافیک بتواند از حالت یک صف ایستا خارج شود.

این اصل در مرتبه اول برای آزادراه‌ها و سایر راه‌های چند خطهٔ درجه یک کاربرد دارد. برای مثال، اگر ترافیک در یک خط آزادراه حتی لحظه‌ای متوقف شود، دیگر نمی‌تواند شدت جریان برابر با ظرفیت ترافیک روان یک خط را باز یابد. اگر تقاضای ترافیک بیش از میزانی باشد که در آن اتومبیل‌ها می‌توانند از جلوی یک صف ایستا به حرکت درآیند، حتی پس از حذف علت راه‌بندان به جای اینکه صف از بین برود، طول آن افزایش می‌یابد. شدت جریانی که در آن، خودروها می‌توانند در حالت صف ایستا به حرکت درآیند، توسط مراجع مختلف در محدوده بین 1500 تا 1800 وسیله نقلیه در ساعت در هر خط عبور، برآورد شده است.

3- رانندگان باید امکان انتخاب محدوده‌ای از سرعت را داشته باشند. حدود آزادی در انتخاب سرعت، باید مرتبط با طول سفر باشد.

این اصل برای همهٔ خیابان‌ها و راه‌ها کاربردی است. میزان آزادی که باید فراهم گردد، بطور نظری تعیین می شود. در آزادراه‌های شلوغ، مثلاً با سرعت متوسط حدود 100 کیلومتر در ساعت، تفاوت سرعت بین سریع‌ترین و کندترین راننده، نوعاً حدود 25 کیلومتر در ساعت است. این حالت می‌تواند برای سفر کوتاه رضایت بخش باشد.

در سفرهای طولانی‌تر ممکن است سرعت‌های متوسط بالاتر مجاز شود (شاید10 کیلومتر در ساعت بیشتر از سرعت سفرهای کوتاه در مناطق آباد متراکم). دستیابی به سرعت متوسط 110 کیلومتر در ساعت یا بیشتر در آزادراه‌های دارای احجام ترافیک کم و ملایم، امکان‌پذیر است. اما احداث آزادراه شهری با سرعت زیاد (جز در نواحی حاشیه‌ای) به لحاظ هزینه احداث و آثار زیست محیطی، به صرفه و صلاح نیست. شرح مطلب، موضوع اصل 6 است.

4- وضعیت جریان عبور باید به گونه‌ای باشد که راننده، از هیجان و تنشی که مرتبط و هماهنگ با مدت زمان سفر و طول مسیر است، تا اندازه‌ای رهایی یابد.

ممکن است چنین به نظر برسد که این اصل، نتیجه اصل قبلی است. اما اصل 3 به تنش‌های ناشی از بی حوصلگی می‌پردازد، در حالیکه اصل 4 از تنش‌هایی بحث می‌کند که حاصل رانندگی در جریان متراکم ترافیک و با سرعت‌هایی است که یک راننده ممکن است آن را به لحاظ راحتی، خیلی زیاد بداند ولی توان کنترل آن را نداشته باشد. اگر این راننده سرعت را کم کند، رانندگان دیگر وادار به سبقت می‌شوند و با عبور به سمت جلو، فاصله ایمنی را که راننده مذکور، به دنبال افزایش آن بود، کاهش می‌دهند. رانندگی در آزاد راه‌ها با سرعت 65 تا 100 کیلومتر در ساعت در وضعیت با تراکم بالا، برای خیلی‌ها سخت است و در صورت امکان، از تداوم آن باید پرهیز شود. در حال حاضر، هیچ سابقه تحقیقاتی برای تایید نظریه‌های مربوط به

حداکثر مدت زمانی که رانندگان می توانند در وضعیت تراکم بالا رانندگی کنند، وجود ندارد، ولی این نکته کـه تداوم این وضعیت، باعث افزایش تنش است عموماً مورد قبول است.

برای سفرهایی که در مناطق مرکزی شهر، انجام می شود، تنش های رانندگی ناشی از تـراکم آزاد راه، بـه میزان حداکثر 26 وسیله نقلیه سبک در کیلومتر برای هر خط، بطور کلـی قابـل قبـول تلقـی مـی‌شـود. بـرای سفرهای طولانی، تمرکز ذهنی مورد نیاز و تنش‌هایی که حین رانندگی در چنین ترافیک سنگینی پدیدار مـی-گردد فوق‌العاده است، بنابراین در طرح آزادراه‌هایی که برای سفرهای نسبتاً طولانی طراحی می شـوند، بایـد از احجام کمتری استفاده کرد.

5- *محدودیت‌های واقعی، مانع طرح یک آزاد راه مطلوب می‌شوند.*

یک قطعه مطلوب آزاد راه باید در قسمت مستقیم، دارای خطوط عبور و شانه‌های عریض و فاقـد هرگونـه موانع در فاصله آزاد جانبی باشد. چنین آزاد راهی قادر به انتقال ظرفیت مشخص شده در HCM، برای قطعـه اصلی آزاد راه خواهد بود. معمولاً رعایت اعتدال در مشخصات طرح، بـرای گنجانـدن آزاد راه (یـا شـریانی) در حریم قابل دستیابی، و صرفه‌جویی کردن در بعضی مشخصات مانند انحنا یا طول خطوط تغییـر سـرعت و یـا فاصله مطلوب محل تبادل‌ها، لازم می‌گردد. معمولاً طرح قطعه‌ای از آزاد راه بـا ظرفیـت یکنواخـت در سراسـر طول آن، عملی نیست.

6- *نظر رانندگان در مورد نامساعد بودن عملکرد راه، تحت تأثیر آگاهی آن‌ها از هزینه‌های احـداث معبـر و هزینه‌های تصرف حریم مورد نیاز برای خدمت رسانی بهتر، قرار دارد.*

اگر رانندگان دریابند که مسیر موجود، بهترین طرحی است که می توانـد منطقـاً در آن محـل ارائـه شـود، شرایط ضعیف عملکرد آن را می‌پذیرند. آن‌ها بطور کلی می‌دانند که احداث راه در منـاطق آبـاد پرجمعیـت، بـا توجه به قیمت بالای زمین، وجود عوارض طبیعی و برخورد با موانعی همچون جریان‌های قابـل کشـتیرانی یـا بنادر، بسیار پر هزینه است. بنابراین آن‌ها، در حالتی که هزینـه‌هـای احـداث معبـر سـنگین اسـت (نسـبت بـه وضعیتی که دلیل مشخصی برای کمبودها مشاهده نمی‌شود و نواقص را با هزینه متوسطی می‌توان بـر طـرف نمـــــــــود) جریـــــــــان عبـــــــــور نامســـــــــاعدتـــــــــری را می‌پذیرند. چون هزینه‌های ساخت در شهرهای بزرگ به مراتب از شهرهای کوچک، بیشتر است، نتیجه نهایی این است که این اصل، تا آنجا که به آثار طول سفر در مناطق آباد پرجمعیت مربوط است، جایگزین اصل سوم خواهد شد.

تلفیق اصول برای دست‌یابی به درجات قابل قبول تراکم

همانطور که در بالا اشاره شد، ظرفیت‌های مربوط به شرایط پایه که در HCM [15] ارائـه شـده ممکـن است بسته به طرح و استفاده مورد نظر از یک معبر مشخص، در مورد آن معبر، قابل دستیابی یا مطلوب نباشد. این اصول به نتایج عمومی وسیعی اشاره می‌کند که در زیر خلاصه شده است.

آزادراه‌ها: در سفرهای کوتاه، دامنه تراکم قابل قبول تا حدود زیادی به تنش‌های رانـدگی بسـتگی دارد. از دست دادن زمان سفر، در درجه دوم اهمیت است مگر در مورد توقف‌های کامل یا ترافیـک افتـان و خیـزان کـــه ممکـــن اســـت قابـــل تحمـــل نباشـــد. بـــا توجـــه بـــه ایـــن نکـــات، پیشـــنهاد می‌شود که تراکم ترافیک در آزادراه‌های شهری بیش از 26 وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در هـر خـط نباشـد.

علاوه بر این، اگر تراکم از این سطح بالاتر نرود، در اثر توقف‌های لحظه‌ای مشکل اندکی بوجود خواهد آمد، و محدودیت‌های طرح، اثر نامطلوب قابل ملاحظه‌ای در وضعیت جریان عبور نخواهد داشت.

برای سفرهای طولانی‌تر در مناطق مرکزی شهرهای بزرگ، زمان سفر برای استفاده کننده مهم‌تر است. تنش‌های راننده در تراکم‌های حدود 26 وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در هر خط غیر قابل تحمل و قطعاً ناخوشایند است. هیچگونه معیاری برای تثبیت رقم قطعی وجود ندارد، اما به دلایلی تراکم 20 وسیله نقلیه سبک در کیلومتر در هر خط عبور درجه تراکم قابل قبولی را نتیجه می دهد.

در آزادراه‌های برون شهری، سرعت حرکت از اهمیت خاصی برخوردار است. براساس تجارب گذشته، تراکم13 وسیله سبک در کیلومتر در هر خط، عبور مطلوب مناطق برون شهری را امکان‌پذیر می‌کند.

سایر راه‌های چند خطه: به جز در جایی که ترافیک توسط چراغ راهنمایی کنترل می‌شود، معیارهای تراکم در سایر راه‌های چند خطه شبیه به آزادراه‌ها است، در جاییکه تداخل، با ترافیک ناشی از توسعهٔ کناره راه، جزئی است، تراکم ترافیکی منجر به درجات قابل قبول تراکم در آزادراه‌ها ممکن است در راه‌های چند خطهٔ دیگر هم بکار رود. این حالت بویژه در نواحی برون شهری صادق است. در نواحی شهری، احجام ترافیکی که می‌تواند در راه‌های چند خطهٔ دیگر بکار رود، برای سطوح قابل قبول تراکم به شرحی که متعاقباً در این فصل مورد بحث قرار خواهد گرفت، معمولاً تا اندازه‌ای کمتر از مقادیر مربوط به آزاد راه‌ها است.

عوامل مؤثر بر وضعیت جریان عبور غیر از حجم ترافیک

توانایی راه در خدمت رسانی کارآمد و مؤثر بر ترافیک، تحت تأثیر خصوصیات ترافیک و طرح هندسی راه قرار دارد.

عوامل مرتبط با راه

تعداد کمی از راه‌ها دارای طرح ایده‌آل هستند. اگر چه بیشتر آزاد راه‌های جدید دارای ابعاد کافی، در نیمرخ عرضی هستند، ولی بسیاری از آن‌ها، به لحاظ سرعت طرح، طراحی قسمت‌های ضربدری و طراحی پایانهٔ رابط، وضع مطلوبی ندارند. عدم کفایت این ویژگی‌ها منجر به استفاده ناکارآمد از بخش‌های دیگر آزاد راه می‌گردد.

در گروه‌های دیگر راه‌های چند خطه، تقاطع‌ها حتی تقاطع‌های بدون چراغ اغلب در جریان آزاد ترافیک تداخل می‌کنند. آبادانی‌های مجاور راه و مرتبط با آن و تداخل حاصل از ورود به خطوط جریان عبوری و خروج از آن، موجب افت کارایی، تراکم و مشکلات ایمنی در احجام نسبتاً پایین ترافیک است. این اثر نامطلوب هرچند به سهولت قابل مشاهده است ولی بیان عددی آن می‌تواند دشوار باشد[16]. پیچ‌ها و شیب‌های تند، همیشه قابل اجتناب نیستند و گاهی سازش در مورد ابعاد نیمرخ‌های عرضی، مناسب است. ترکیب همه این شرایط، سبب می‌شود که آثار تراکم، در احجام ترافیک کمتر از حجم ترافیک متناسب با راه‌های دارای طرح مطلوب، کنترل دسترسی کامل یا مدیریت دسترسی، احساس گردد.

در خیابان‌های شهری با تقاطع‌های چراغدار نسبتاً نزدیک به هم، احجام ترافیک قابل خدمت رسانی، کاهش می‌یابد، زیرا بخشی از چرخه زمانی چراغ راهنمایی به راه متقاطع اختصاص داده می‌شود.

برای معابری که به لحاظ بعضی از خصوصیات خود ناقص هستند و در حالتی که جریان ترافیک غیر از وسایل نقلیه سبک، شامل وسایل نقلیه دیگر نیز باشد، لازم است که ضرایب تعدیل جبرانی به شدت جریان ترافیک اعمال گردد تا به عنوان مقادیر طرح برای شرایط مطلوب راه به کار رود. این تعدیل‌ها، برای تعیین حجم ترافیک مختلط که می‌تواند تحت حداقل شرایط عملکرد قابل قبول، خدمت‌رسانی شود، مورد نیاز است.

کتاب «راهنمای ظرفیت راه» [15]، ویژگی‌های مهمی از راه را، که ممکن است بر وضعیت جریان ترافیک، اثر نامطلوب داشته باشد، مشخص می‌کند و دستورالعمل‌ها و ضرایبی برای تعیین احجام ترافیکی که راه غیر مطلوب در همهٔ زمینه‌ها می‌تواند جوابگوی آن‌ها باشد ارائه می‌کند. عواملی که می‌تواند باعث افت ویژگی‌های عملکردی راه از حد مطلوب گردد عبارت است از: عرض کم خطوط عبور و شانه‌ها، شیب‌های تند، سرعت طرح پایین، وجود تقاطع‌ها، پایانه‌های رابط و قسمت‌های ضربدری. برای مطالعه بیشتر این جنبه‌ها و آثار آن‌ها بر وضعیت جریان عبور، می‌توان به HCM مراجعه کرد. با این وجود، آنچه ذیلاً ذکر خواهد شد، آن بخش از HCM که در مورد مسیر افقی، قسمت‌های ضربدری و پایانهٔ رابط بحث می کند را تکمیل و تشریح می‌کند.

مسیر افقی

برای جریان عبور با هر سرعت، هرچه مسیر افقی راه بهتر باشد، ترافیک بیشتری را منتقل می‌کند. به عبارتی اگر سرعت طرح کم باشد، تراکم در احجام کمتری نسبت به احجام در سرعت طرح زیاد مشاهده خواهد شد. برای استفاده از روش تحلیل HCM، باید راه را به قطعاتی تقسیم کرد که هر یک دارای مشخصات طرح هندسی یکنواخت باشند. یک پیچ یا شیب تند در یک مسیر افقی ملایم، عامل بحرانی محدود کننده ظرفیت، به حساب می‌آید.

قسمت‌های ضربدری

قسمت‌های ضربدری، بخش‌هایی از راه هستند که الگوی ترافیک ورودی و خروجی نقاط دسترسی مجاور در آن‌ها منجر به تقاطع مسیر حرکت وسایل نقلیه با یکدیگر می‌شود. اگر فاصله‌ای که این تداخل در آن انجام می شود نسبت به حجم ترافیک ضربدری، نسبتاً کوتاه باشد، در این قسمت، تراکم بوجود خواهد آمد. در حالتی که تقلیل کارایی جریان عبور اندک بوده و موارد آن زیاد نباشد، این کاهش، در قسمت‌های ضربدری می‌تواند از سوی استفاده کنندگان از راه نادیده گرفته شود. بطور کلی کاهش سرعت حرکت، تا حدود 10 کیلومتر در ساعت را می‌توان به عنوان حد تراکم قابل قبول برای قسمت‌های ضربدری، در نظر گرفت.

وضعیت جریان در قسمت‌های ضربدری تحت تأثیر طول و عرض آن و نیز احجام ترافیک مربوط به چند حرکت قرار دارد. این روابط، در بخش بعدی این فصل و نیز در HCM توضیح داده شده است.

پایانه‌های رابط

رابط‌ها و پایانه‌های رابط، در صورتی که دارای تقاضای استفاده زیاده از حد باشند و یا طراحی آن‌ها دچار نقص باشد، تأثیر نامطلوبی بر وضعیت جریان عبور آزادراه‌ها می‌گذارند. وقتی تراکم در محل‌های اتصال رابط با آزاد راه زیاد می‌شود، بعضی از خودروهای عبوری، از خط عبور خارجی آزاد راه کنار می‌کشند و در نتیجه،

تراکم را در بقیه خطوط افزایش می‌دهند. بنابراین اگر فقط دو خط عبور در هر جهت وجود داشته باشد، کارایی هر خط بطور متوسط به اندازه حالتی که در هر جهت سه یا چهار خط عبور وجود داشته باشد، نخواهد بود.

افت کارایی، تابع حجم ترافیک ورودی یا خروجی رابطها، فاصله بین نقاط ورود و خروج و شکل هندسی پایانه‌ها است. برای آنکه ارزیابی کمّی اثر این متغیرها بطور جداگانه امکان‌پذیر گردد، اطلاعات اندکی وجود دارد. اثر مجموعه متغیرها، به کمک ارزیابی یکنواخت خط عبور خارجی، صرفنظر از علل یا وسعت تداخل در محل‌های مشخص، محاسبه می شود.

صرفنظر از تأثیر ترافیک عبوری، ترافیکی که از رابط عبور می کند، در معرض الگوی متفاوتی از تراکم قرار می‌گیرد که اندازه‌گیری آن برحسب سرعت سفر، تأخیر و یا تنش راننده، نیست. درجه تراکم رابط، به حجم ترافیک عبوری از خط خارجی آزاد راه در محل اتصال رابط و حجم ترافیک رابط بستگی دارد (مثلاً مجموع حجم ترافیک عبوری از خط خارجی آزادراه و حجم ترافیک رابط).

کتاب «راهنمای ظرفیت راه» روش‌هایی برای تخمین احجام ترافیک عبوری در خط خارجی آزاد راه، در بالادست رابط ورودی یا خروجی، برای ترکیب‌های مختلف شرایط راه و ترافیک، ارائه کرده است.

ضرایب ترافیکی

جریان‌های ترافیکی، معمولاً ترکیبی از وسایل نقلیه، یعنی وسایل نقلیه سبک، کامیون‌ها، اتوبوس‌ها و گاهی وسایل نقلیه تفریحی و دوچرخه‌ها، هستند. علاوه بر آن، ترافیک در تمام دوره‌های زمانی ساعت، روز، فصل و سال، با شدت یکنواخت جریان ندارد. این دو متغیر، یعنی ترکیب ترافیک و نوسانات جریان، باید در تصمیم‌گیری درباره احجام ترافیکی که منجر به درجات قابل قبول تراکم می‌گردد (به مبحث بعدی تحت عنوان «سطوح خدمت‌دهی» مراجعه شود) و نیز در تصمیم گیری درباره دوره زمانی که طی آن، جریان باید ادامه پیدا کند، مورد توجه قرار گیرند.

تأثیر کامیون‌ها و اتوبوس‌ها، در HCM [15] مورد بحث قرار گرفته است. روش‌های مفصلی برای تبدیل احجام ترافیک مختلط به احجام ترافیک معادل وسیله نقلیه سبک، ارائه شده است. ضرایب هم ارزی وسیله نقلیه سبک (PCE) که در HCM مورد استفاده قرار گرفته، برای انواع تسهیلات راه، بسیار متفاوت است.

ضریب ساعت اوج

واحد پذیرفته شده زمان، برای بیان شدت جریان، دوره یک ساعته است. معمولاً طراحی راه‌ها، با خطوط عبور کافی و سایر ویژگی‌هایی که به راه، توان جابجایی حجم طرح ساعتی (DHV) پیش‌بینی شده در سال طرح (اغلب 20 سال از تاریخ احداث) را می‌دهد، انجام می‌گیرد.

چون جریان عبور، در طول یک ساعت، یکنواخت نیست، در آن ساعت دوره‌های زمانی وجود دارد که طی آن، تراکم بدترین وضع را نسبت به سایر اوقات پیدا می‌کند. کتاب «راهنمای ظرفیت راه» [15] وضعیت جریان عبور غالب، طی متراکم‌ترین دوره 15 دقیقه‌ای را برای تعیین سطح خدمت‌دهی کل یک ساعت، در نظر می‌گیرد. بنابراین حجم ساعتی کلی که می‌تواند، بدون تجاوز از درجه تراکم مشخص، خدمت رسانی شود، مساوی یا کم‌تر از چهار برابر حداکثر تعداد وسیله نقلیه 15 دقیقه‌ای است.

ضریبی که برای تبدیل شدت جریان دوره 15 دقیقه‌ای بیشینه به حجم ساعتی کل به کار می‌رود، ضریب ساعت اوج (PHF) نام دارد. این ضریب را می‌توان با نسبت حجم ساعتی کل به چهار برابر

تعداد وسایل نقلیه دوره 15 دقیقه‌ای بیشینه، بیان کرد. حداکثر ضریب ساعت اوج برابر 1/00 و مقدار آن معمولاً بین 0/75 تا 0/95 است. بنابراین، مثلاً اگر حداکثر شدت جریانی که می‌تواند، بدون تراکم زیاد، از آزاد راهی عبور کند، طی دوره 15 دقیقه‌ای اوج، برابر 4200 وسیله نقلیه در ساعت و ضریب ساعت اوج برابر با 0/8 باشد، آنگاه حجم ساعتی کل در سطح خدمت‌دهی مورد نظر، 3.360 وسیله نقلیه یا 80 درصد شدت جریان متراکم‌ترین دوره 15 دقیقه‌ای است.

سطوح خدمت دهی

فنون و روش‌های تعدیل عملکرد و ضرایب مشخصات راه، برای همخوانی با شرایطی غیر از وضعیت مطلوب را می‌توان در HCM [15] پیدا کرد. بهتر است بین نتایج این روش‌ها با طرح راه همسویی ایجاد گردد.

کتاب «راهنمای ظرفیت راه» [15] کیفیت خدمت ترافیکی ارائه شده بوسیله معابر معین، تحت تقاضاهای ترافیک مشخص را با «سطح خدمت‌دهی» تعریف می‌کند. سطح خدمت‌دهی، وضعیت عملکرد معبر را، برحسب معیارهای کارایی مرتبط با سرعت و زمان سفر، آزادی حرکت، وقفه‌های ترافیک و راحتی و آسانی، مشخص می‌کند. محدوده سطح خدمت دهی، بین « سطح خدمت دهی A » (کم‌ترین تراکم) و « سطح خدمت دهی F» (بیشترین تراکم) قرار دارد. جدول 2-31 تعاریف عمومی این سطوح خدمت دهی را نشان می دهد. تعاریف خاص سطح خدمت دهی، با توجه به نوع معبر، تغییر می‌کند. بحث کامل‌تر مفهوم سطح خدمت دهی، در HCM ارائه شده است.

سطح خدمت دهی	وضعیت عمومی جریان
A	جریان آزاد
B	جریان منطقاً آزاد
C	جریان پایدار
D	نزدیک به جریان ناپایدار
E	جریان ناپایدار
F	جریان تحت فشار و شکننده

تبصره : تعاریف خاص سطوح خدمت دهی« A» تا «F» با توجه نوع معبر تغییر می‌کند و در HCM [15] ذکر شده است.

جدول 2-31: تعاریف عمومی سطوح خدمت دهی

نقاط جدایی بین سطوح خدمتی دهی « A » تا « F » بصورت ذهنی مشخص می شوند. بعلاوه، HCM شامل هیچ توصیه‌ای در مورد قابلیت کاربرد سطوح خدمت دهی در طرح راه، نیست. انتخاب سطوح خدمت دهی مناسب کاملاً در اختیار طراح گذارده شده است. رهنمودهای بحث گذشته، باید طراح را قادر نماید که ارتباطی بین درجه تراکم مناسب و سطوح خدمت دهی خاص برقرار کند. در جدول 2-32، ارتباط بین نوع راه و منطقه عبور و سطح خدمت دهی مناسب برای طرح، خلاصه شده است. این ارتباط، از معیارهای مربوط به درجات قابل قبول تراکم، که رئوس مطالب آن قبلاً در این مبحث ذکر شد، نتیجه گرفته شده است.

با توجه به شرایط، مسئولین راه باید در تأمین بالاترین سطح خدمت دهی ممکن، کوشش کنند. مثلاً در مناطق بسیار آباد مرکز شهر ممکن است، استفاده از سطح خدمت دهی « D » برای آزاد راه‌ها و شریانی‌ها مناسب باشد، اما این سطح، باید با احتیاط بکار رود و دست کم سطح خدمت‌دهی «C» در نظر گرفته شود.

طبقه عملکردی	سطح خدمت مناسب برای ترکیب مشخص منطقه و نوع زمین			
	دشت برون شهری	تپه ماهور برون شهری	کوهستانی برون شهری	شهری و حومه شهری
آزاد راه	B	B	C	C
شریانی	B	B	C	C
جمع کننده	C	C	D	D
محلی	D	D	D	D

جدول 2-32 راهنمای انتخاب سطوح خدمت دهی طرح

شدت جریان‌های خدمت دهی طرح

شدت جریان‌هایی را که می‌تواند در هر سطح خدمت دهی، عبور کند «شدت جریان‌های خدمت‌دهی » می نامند. هنگامی که سطح خدمت دهی مشخصی، برای طرح، قابل کاربرد شمرده شد، شدت جریان نظیر آن، منطقاً «شدت جریان خدمت دهی طرح» خواهد بود، به این معنی که اگر شدت جریان ترافیک گذرنده از معبر، از آن تجاوز نماید، وضعیت جریان از سطح خدمت دهی که معبر برای آن طراحی شده است، افت خواهد کرد.

هنگامی که سطح خدمت دهی، انتخاب شد، بهتر است که تمامی اجزاء راه، هماهنگ با آن سطح، طراحی شوند. این هماهنگی شدت جریان خدمت دهی طرح، منجر به حالت تقریباً یکنواخت آزادی جابجایی ترافیک و آزادی سرعت روان می‌شود و می‌تواند از وقفه‌های ناشی از گلوگاه‌ها، جلوگیری کند.

کتاب ظرفیت راه، مبنای تحلیلی برای محاسبات و تصمیم‌های مربوط به طراحی، ارائه می‌کند ولی طراح در انتخاب سطح خدمت دهی مناسب، باید از قضاوت خود نیز استفاده کند. جدول 2-32 رهنمودهایی را ارائه می‌کند که می‌تواند مورد استفاده طراحان در انتخاب سطح خدمت دهی مناسب باشد. در مورد برخی مسیرهای تفریحی یا به دلایل زیست محیطی یا برنامه‌ریزی کاربری زمین، طراح ممکن است شدت جریان خدمت دهی طرح کمتر از تقاضای پیش‌بینی شده را انتخاب کند.

برای هر یک از موارد طراحی، اعم از تقاطع، تبادل، شریانی و آزاد راه، انتخاب سطح خدمت‌دهی مطلوب باید دقیقاً مورد سنجش قرار گیرد، زیرا کفایت عملکرد ترافیک به این انتخاب بستگی دارد.

قسمت‌های ضربدری

قسمت‌های ضربدری، هنگامی بوجود می‌آیند که جریان ترافیک یک طرفه، توسط حرکات همگرا یا حرکات واگرای ترافیکی قطع شود. انواع اصلی قسمت‌های ضربدری در شکل 2-33 نشان داده شده است. قسمت‌های ضربدری به نحوی طراحی، کنترل و تنظیم می‌شوند که سطح خدمت دهی آن‌ها، با بقیه راه هماهنگ باشد. سطح خدمت دهی طرح یک قسمت ضربدری، بستگی به طول آن، تعداد خطوط عبور، درجه قابل قبول تراکم و احجام نسبی حرکات جداگانه دارد. حرکات ضربدری با حجم زیاد، معمولاً منجر به برخورد قابل ملاحظه و کاهش سرعت تمامی ترافیک می‌گردد. بعلاوه، حد معینی از ترافیک را می‌توان، بدون ایجاد

تراکم نامربوط، از قسمت ضربدری عبور داد. این حجم محدود ترافیک، تابع توزیع ترافیک بین حرکات ضربدری، طول قسمت ضربدری و تعداد خطوط عبور است.

قسمت‌های ضربدری ممکن است به شکل ساده یا مرکب در نظر گرفته شوند. شکل 2-34-الف، قسمت ضربدری ساده‌ای را نشان می‌دهد که در آن یک خروجی منفرد بعد از یک ورودی منفرد قرار دارد. قسمت ضربدری مرکب، از هم پوشانی دو قسمت ضربدری یا بیشتر تشکیل می شود. حرکت ضربدری مرکب را می-توان به عنوان قسمتی از یک راه یکطرفه‌ای تعریف کرد که شامل یک یا چند خروجی بلافاصله بعد از دو ورودی متوالی، یا دو یا چند خروجی بلافاصله بعد از یک ورودی است (شکل 2-34-ب). قسمت‌های ضربدری مرکب، در مناطق شهری که جمع‌آوری و توزیع انبوه ترافیک مورد نیاز است، به فراوانی مشاهده می‌شود. برای آگاهی بیشتر درباره عملکرد و تجزیه و تحلیل قسمت‌های ضربدری ساده و مرکب، به HCM مراجعه شود.

طول و تعداد خطوط عبور قسمت‌های ضربدری باید براساس سطح خدمت دهی مناسب، مطابق جدول 2-32 تعیین شود. کتاب ظرفیت راه (HCM)، فرمولی برای پیش‌بینی سرعت متوسط حرکت ترافیک ضربدری و غیر ضربدری، براساس شرایط راه و ترافیک، ارائه می‌کند. معیارهای سطح خدمت دهی قسمت‌های ضربدری، مبتنی بر این سرعت‌های متوسط است.

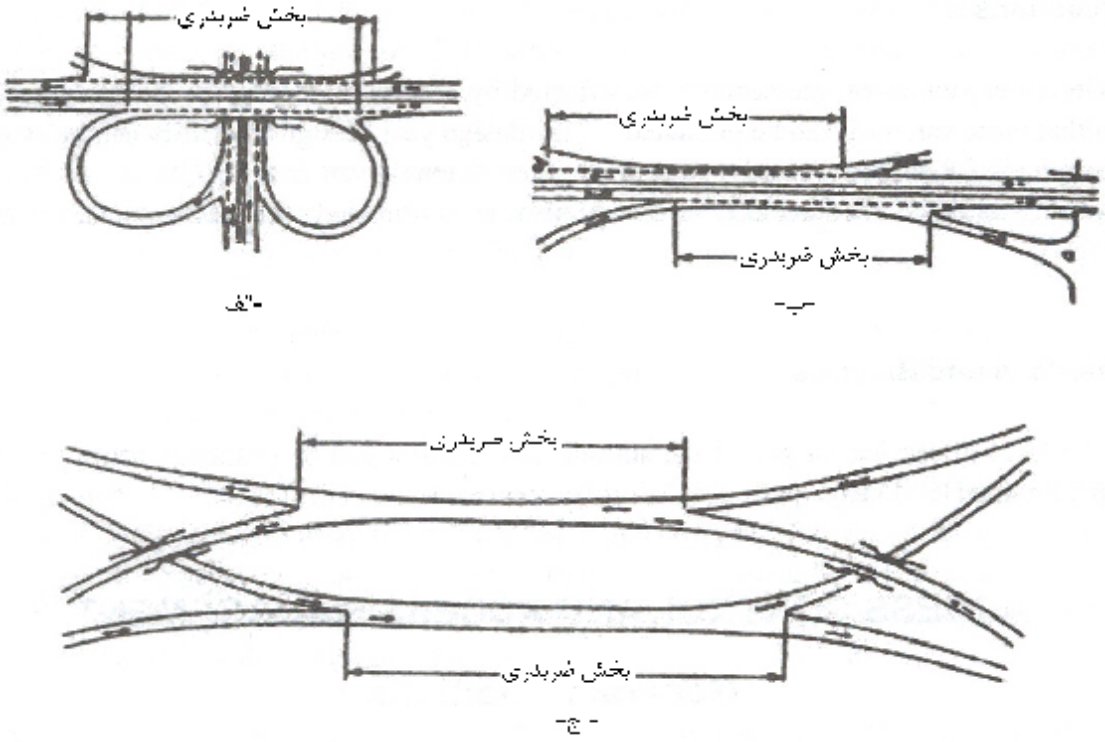
راه‌های چند خطه بدون کنترل دسترسی

راه‌های چند خطه، در سه حالت ممکن است شبیه آزاد راه‌ها تلقی شوند، یکی آنکه تقاطع‌های متعدد با راه‌های مهم نداشته باشند. دوم آنکه بسیاری از تقاطع‌ها، غیر همسطح باشند و سوم آنکه آبادانی حاشیه راه آنچنان پراکنده باشد که تداخل مختصری ایجاد کند. حتی در راه‌هایی که اینگونه تداخل‌ها، در حال حاضر کم است، طراح باید، احتمال زیاد شدن تداخل‌ها در سال طرح را در نظر بگیرد، مگر آنکه دسترسی به راه، خوب مدیریت شود. در اغلب موارد، طراح باید توسعه‌های تجاری و افزایش راه‌های متقاطع در طول عمر طرح را، محتمل فرض کند.

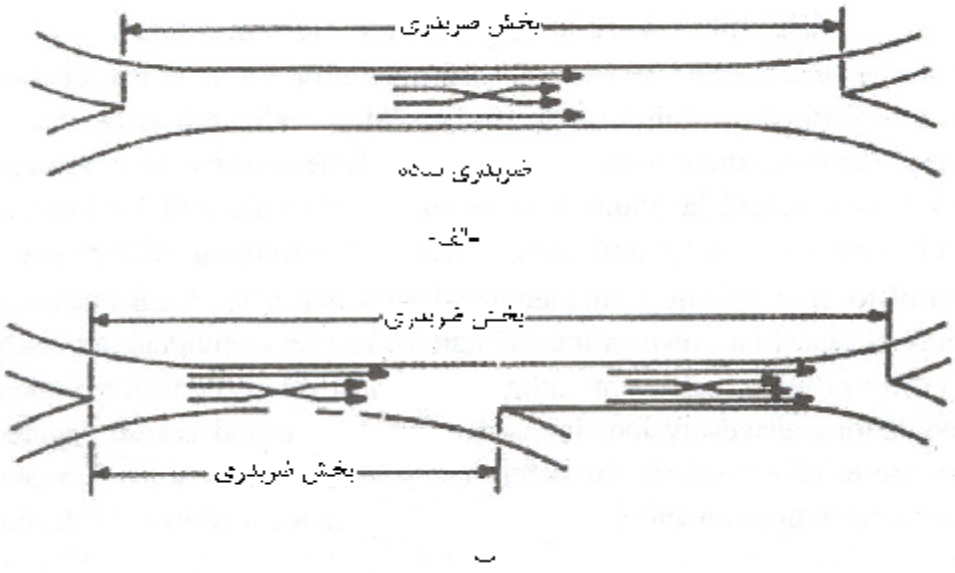
چنانچه معابر متقاطع مهم وجود داشته باشد یا توسعه‌های کناری راه، منجر به تداخل‌های مؤثر گردد، معبر را باید به عنوان راه چند خطهٔ بدون کنترل دسترسی، تلقی کرد.

خیابان‌های شریانی و راه‌های شهری

اغلب برقرار کردن « شدت جریان‌های خدمت دهی طرح » در خیابان‌های شریانی و راه‌های شهری دشوار است، زیرا سطح خدمت دهی ارائه شده بوسیله این معابر، با گذشت زمان، پایدار نمی‌ماند و به نحوی غیر قابل پیش‌بینی، میل به کاهش می‌کند. با این حال، اگر اصول مدیریت دسترسی از آغاز به خیابان یا راه اعمال شود، سطح بالایی از جریان عبور می‌تواند برقرار گردد [16، 17، 18]. ظرفیت یک شریانی، بطور کلی تحت تاثیر ظرفیت تقاطع‌های چراغدار آن است. سطح خدمت‌دهی، برای بخشی از یک شریانی، بوسیله سرعت متوسط کل سفر در آن قسمت، بیان می‌گردد.



شکل2-33-بخش های ضربدری



شکل2-34-بخش های ضربدری ساده و مرکب

تقاطع‌ها

ظرفیت‌های طرح تقاطع‌ها، تحت تأثیر متغیرهای زیادی قرار دارد. ظرفیت‌های طرح تقاطع‌های چراغدار و بدون چراغ را می‌توان بوسیله روش‌های ارائه شده در HCM [15]، تا حدی که متغیرهای مذکور، برای

سال طرح قابل پیش‌بینی باشند، برآورد نمود. طرح و فاصله تقاطع‌های چراغدار باید با طرح چـراغ راهنمـایی و مرحله بندی آن هم هماهنگ باشد.

پیاده‌ها و دوچرخه‌ها

سطح خدمت دهی پیاده‌روها و دوچرخه‌ها را می‌توان با استفاده از روش‌های ارائـه شـده در HCM [15] ارزیابی کرد.

کنترل دسترسی و مدیریت دسترسی

شرایط کلی

تنظیم دسترسی را کنترل دسترسی می نامند. این کنترل، از طریق اعمال مقررات دسترسی عمومی از معابر بـه املاک مجاور و بالعکس، حاصل می‌شود. مقررات مربوط به تنظیم دسترسی بطور کلـی بـه چهـار رده تقسـیم می‌شود: کنترل کامل دسترسی، کنترل محدود دسترسی، مدیریت دسترسی و مقررات ورود و انشـعاب. مزایـای اصلی کنترل دسترسی، حفظ و بهبود خدمت رسانی و ایمنی است.

مزیت عملکردی تأمین کنترل دسترسی در راه یا خیابان، در واقع، مدیریت تداخل با ترافیک عبوری اسـت. ایـن تـداخل، توسـط وسـایل نقلیـه یـا عـابرین پیـاده‌ای کـه بـه راه وارد یـا از آن خـارج می‌شوند یا آن را قطع می‌کنند بوجود می‌آید. در جایی کـه دسترسـی بـه راه مـدیریت مـی‌شـود، ورودی‌هـا و خروجی‌ها در بهترین نقاط از نظر تأمین نیازهای ترافیکی و کاربری زمین قرار می‌گیرند و به گونـه‌ای طراحـی می‌شوند که ورود و خروج خودروها به صورت ایمن و با حداقل تداخل با ترافیک عبـوری انجـام شـود. ورود و خروج خودروها از محل‌های دیگر ممنوع می‌شود، بنابراین صرفنظر از اندازه و میزان آبادانی مناطق مجـاور راه، کیفیت بالایی از خدمت رسانی تأمین می‌شود و احتمال تصادف، کاهش مـی‌یابـد. بـرعکس، در خیابـان‌هـا یـا راه‌هایی که هیچگونه مدیریت دسترسی وجود ندارد و صاحبان مشاغل حاشیه راه نسبت به هرگونه توسـعه‌ای، مجاز هستند، تداخل ناشی از کناره راه، می‌تواند عامل مهمی در کاهش ظرفیـت، افـزایش احتمـال تصـادف و افـت تـوان جابجـایی معبر گردد.

شیوه های کنترل دسترسی را از طریق دو قدرت قانونی اصولی می توان به انجام رساند: قدرت پلیس و اختیـار تملـک. بـا اسـتفاده از قـدرت پلـیس، اقـدامات فـردی بـه خـاطر مصـالح عمـومی، محـدود می شود و اختیارات کافی برای اعمال اغلب شیوه های کنترل دسترسی مرتبط با عملکرد ترافیکـی راه، محـل انشعاب‌ها، طرح انشعاب‌ها و حذف دسترسی ها فراهم می‌گردد. قـدرت قـانونی دوم، عبـارت از اختیـار تملـک است که به دولت اجازه می دهد تا املاک مورد نیاز مصارف عمـومی (طرحهـای عمرانـی) را در قبـال جبـران خسارت مالک، تصرف کند. استفادهٔ دولت از اختیار تملک، ممکن است برای احداث راه‌های دسترسـی محلـی، به دست آوردن حریم اضافی و گرفتن حقوق دسترسی، مورد نیاز باشد. با این حال، معمولاً یک نهاد دولتی، در صورتی که دسترسی جایگزین منطقی دیگری موجود باشد، اختیار حذف دسترسی مستقیم را دارد.

بطور کلی دستگاه‌های دولتی، تا آنجا که دسترسی منطقی برای املاک مجاور تامین گردد، اختیار کـافی بـرای ساماندهی (مدیریت) دسترسی را دارند. هر چند که تامین دسترسی منطقی، الزامـاً بـه معنـی تـأمین دسترسـی

مستقیم به شبکهٔ راه‌های اصلی (سراسری) نیست. تنظیم شیوه های دسترسی در قالب مقررات قطعی، استفاده از قدرت پلیس را آسان می کند.

کنترل کامل دسترسی به معنی اولویت دادن به ترافیک عبوری، از طریق تأمین دسترسی با ایجاد شاخه-های ارتباطی محدود با معابر عمومی مشخص و پرهیز از ایجاد تقاطع همسطح و ارتباط اختصاصی مستقیم به املاک مجاور، است.

کنترل محدود دسترسی، اولویت را تا حدی به ترافیک عبوری می‌دهد. اتصالات دسترسی که ممکن است هم سطح یا غیر هم سطح باشند، به کمک ارتباط با معابر عمومی مشخص یا شاخه‌های ارتباطی اختصاصی میسر می‌گردد.

مدیریت دسترسی، شامل تأمین (یا مدیریت) دسترسی به آبادانی‌های مجاور، همراه با حفظ جریان ترافیک در شبکه معابر، به لحاظ ایمنی، ظرفیت و سرعت است [17]. مدیریت دسترسی برای تمامی انواع راه‌ها و خیابان‌ها کاربرد دارد و مستلزم تعیین روش‌های دسترسی برای انواع معابر، تهیه طرح‌های مربوط به آن و یافتن روش‌هایی متناسب با قوانین و دقت در اجرای قوانین است.

مدیریت دسترسی، راه و فعالیت‌های اطراف آن را به صورت بخشی از سیستم واحد می‌نگرد. اجزاء این سیستم عبارتند از مرکز فعالیت و سامانه‌های گردش آن، دسترسی به مرکز و از مرکز، موجود بودن امکانات ترابری عمومی و راه‌هایی که به مرکز، خدمت رسانی می‌کنند. همه اجزا، دارای اهمیت هستند و بر یکدیگر تاثیر می-گذارند. هدف این است که برنامه‌ریزی و طراحی هر مرکز فعالیت، هماهنگ باشد تا ظرفیت تمامی سیستم محفوظ بماند و دسترسی کارآمد به محل فعالیت‌ها و از این محل‌ها میسر گردد.

مدیریت دسترسی، اصول مهندسی ترافیک را به تعیین موقعیت، طراحی و عملکرد راه‌های دسترسی که به فعالیت‌های واقع در امتداد خیابان و راه، خدمت رسانی می‌کنند، تعمیم می‌دهد. مدیریت دسترسی همچنین شامل ارزیابی تناسب یک محل برای انواع مختلف آبادانی، از نظر دسترسی است و به یک معنا، عنصر جدیدی از طرح راه است.

مقررات ورود و خروج را می‌توان حتی اگر هیچگونه کنترل دسترسی وجود نداشته باشد بکار برد. در این حالت هر یک از املاک مجاور، برای دسترسی به خیابان مجاز هستند، اما، موقعیت، تعداد و طرح هندسی نقاط دسترسی، تابع ضوابط است.

مدیریت دسترسی، این سؤالات اساسی را مطرح می‌کند که چه وقت، کجا و چگونه دسترسی باید تأمین شود و یا از آن صرفنظر شود و چه تغییرات قانونی یا سازمانی برای اعمال این تصمیمات، مورد نیاز است. در یک دید وسیع، مدیریت دسترسی، مدیریت چاره‌جویی است، زیرا وسیله‌ای برای پیش‌بینی و جلوگیری از تراکم و شیوه‌ای برای اصلاح جریان ترافیک است.

عناصر کلیدی مدیریت دسترسی عبارت است از: مشخص کردن دسترسی مجاز و فاصله بین محل‌های دسترسی برای گروه‌های مختلف معابر، تأمین فرایندی برای پذیرش تغییرات و استثنائات در مواردی که تأمین دسترسی معقول به طریق دیگر ممکن نشود و بالاخره برقرار کردن وسایلی برای اعمال روش‌ها و تصمیم-گیری ها. این عناصر کلیدی به موازات روش‌های مناسب طراحی، باید در قالب یک ضابطه قانونی که اساس منظم و قابل تداومی را برای تصمیم‌گیری فراهم می‌نماید، تحقق پیدا کند. ضابطه قانونی باید اساس مشترک تصمیمات در مورد بخش دولتی و بخش خصوصی باشد.

اصول مدیریت دسترسی

اصول زیر فنون مدیریت دسترسی را بیان می‌کند:

- **طبقه‌بندی سیستم جاده‌ای با توجه به عملکرد اصلی هر معبر**: در آزادراه‌ها تأکید بر حرکت است و دسترسی به طور کامل کنترل می شود. در خیابان‌های محلی دسترسی به املاک بیش از جابجایی مورد تأکید است. راه‌های شریانی و جمع‌کننده‌ها باید ترکیبی از دسترسی و حرکت را تأمین کنند.
- **محدود کردن دسترسی مستقیم به راه‌هایی که طبقه‌بندی عملکردی بالاتری دارند**: اگر دسترسی منطقی، به راهی از طبقه پایین‌تر، قابل تأمین است. دسترسی مستقیم در امتداد راه‌های طبقه بالاتر باید حذف یا محدود گردد.
- **تعیین موقعیت چراغ‌های راهنما با اولویت ترافیک عبوری**: نقاط دسترسی چرغدار، باید با برنامهٔ هماهنگی مجموعه چراغ‌ها تناسب داشته باشد تا کیفیت ترافیک ارتقاء پیدا کند.
- **تعیین محل انشعاب‌ها و ورودی‌های مهم برای کاهش تداخل با جریان ترافیک**: ورودی‌ها و انشعاب‌ها باید در محل‌هایی دور از سایر تقاطع‌ها قرار بگیرند تا تصادف‌ها کاهش یابد، تداخل ترافیکی کمتر شود و طول ذخیره کافی برای گردش وسایل نقلیه به ورودی‌ها فراهم گردد.
- **استفاده از میانه‌های جدول‌دار و تعیین محل بریدگی‌های میانه به منظور مدیریت حرکت‌های دسترسی و کمینه کردن برخوردها**

گسترهٔ مدیریت دسترسی، به موقعیت، نوع و تراکم مناطق توسعه یافته و طبیعت سیستم راه بستگی دارد. عملیات مدیریت دسترسی، هم برنامه‌ریزی و طراحی جاده‌های جدید و هم اصلاح راه‌ها و انشعاب‌های موجود را شامل می‌شود.

طبقه‌بندی دسترسی

طبقه‌بندی دسترسی، اساس برنامه مدیریت دسترسی جامع است و مشخص می‌کند که چه زمانی، کجا و چگونه می‌توان دسترسی بین راه‌های عمومی و ورودی‌ها و خروجی‌های اختصاصی را فراهم کرد. طبقه‌بندی دسترسی، دسترسی مجاز به هر یک از انواع راه را همراه با اهداف، اهمیت و خصوصیات عملکردیش بیان می‌کند.

سیستم طبقه‌بندی عملکردی نقطه شروع تخصیص راه‌ها به طبقات مختلف دسترسی را فراهم می‌کند. عوامل مؤثر شامل مناطق توسعه یافتهٔ موجود، تراکم انشعاب‌ها و مشخصات طرح هندسی مانند بودن یا نبودن میانه‌های بلند جدول‌دار است.

سیستم طبقه‌بندی دسترسی، نوع و فاصله دسترسی‌های مجاز برای هر طبقه راه را تعیین می‌کند. دسترسی‌های مستقیم، ممکن است حذف شود، محدود به حرکات گردش به راست ورودی یا خروجی گردد، یا برای همه یا بیشتر حرکات، بسته به طبقه و نوع راه، مجاز شود. فاصله زمانی علائم نیز بر حسب مسافت بین آن‌ها و عرض کلی باند (سرعت پیشروی) معین می‌شود. مثال‌هایی از طرح طبقه‌بندی دسترسی در گزارش NCHRP348 تحت عنوان « رهنمودهای مدیریت دسترسی برای مراکز فعالیت » [17] ارائه شده است.

روش‌های کنترل دسترسی

نهادهای عمومی می‌توانند دسترسی را به کمک قوانین، ضوابط کاربری زمین، ضوابط طرح هندسی و مقررات مربوط به انشعاب‌ها، مدیریت و کنترل کنند.

- **کنترل بوسیلهٔ اداره ترابری** : هر اداره ترابری استانی و محلی، قدرت قانونی اولیه را، برای کنترل همه جنبه‌های طرح، بمنظور حفظ سلامت، ایمنی و رفاه عمومی، دارد. اینکه یک اداره تا چه اندازه می‌تواند ضوابط ویژه‌ای را برای ورودی‌ها و انشعابات، موقعیت چراغ راهنمایی، کنترل‌های کاربری زمین و حذف دسترسی مستقیم به کار برد، بوسیله قوانین و تا اندازه‌ای بوسیله دادگاه ایالتی بیان می‌شود.
- **ضوابط کاربری زمین**: کنترل کاربری زمین، معمولاً بوسیله مقامات محلی اداره می‌شود. ضوابط منطقه‌بندی محلی و تفکیک، می‌تواند طرح محوطه، فاصله عقب‌نشینی، نوع دسترسی، محدودیت‌های توقف و سایر عناصر مؤثر بر نوع، حجم و محل تولید ترافیک، را مشخص کند.
- **طرح هندسی**: مشخصات طرح هندسی، مانند استفاده از میانه‌های بلند جدول‌دار، فاصله بریدگی میانه، استفاده از راه‌های جانبی، بستن بریدگی‌های میانه و جریان‌بندی تقاطع‌ها با استفاده از جدول بلند، همگی به کنترل دسترسی کمک می‌کنند.
- **ضوابط مربوط به انشعاب‌ها**: نهادها می‌توانند، در صورت داشتن اختیار قانونی، خط مشی‌های تفصیلی در مورد دسترسی‌ها، ورودی‌ها و انشعاب ها را از طریق رهنمودها، ضوابط و دستورات، وضع کنند. تدوین خط مشی‌ها معمولاً نیاز به اختیارات قانونی ندارد ولی به لحاظ قانونی، ضعیف است. شهرها می‌توانند روش‌های اعمال مدیریت دسترسی را تصویب کنند. به همین ترتیب ادارات کل نیز در صورت داشتن اختیار قانونی می‌توانند ضوابطی وضع کنند. ضوابط می‌توانند، دسترسی مستقیم به یک راه را در صورت تأمین دسترسی منطقی جایگزین، حذف کنند ولی نمی‌توانند حقوق دسترسی را از بین ببرند.

مزایای کنترل دسترسی

آمار تصادفات در راه‌های با کنترل کامل دسترسی، فقط 25 تا 50 درصد راه‌های بدون کنترل دسترسی است. این میزان، برحسب تعداد تصادف‌ها در میلیون وسیله نقلیه ـ کیلومتر تعریف می‌شود. آزادراه‌ها تعداد و نوع رویدادهایی را که مستلزم عکس‌العمل راننده است محدود می‌کنند و به این ترتیب تعداد تصادفات کاهش می‌یابد.

مزایای ایمنی و بهره برداری کنترل دسترسی، از دیر زمان شناخته و ثبت شده است. با افزایش میزان دسترسی، افزایش متناظری در میزان تصادف‌ها و زمان‌های سفر صورت می‌گیرد.

گزارش مطالعه تراکم بوسیله مؤسسه ترابری تگزاس، نشان می‌دهد که افزایش هر چراغ راهنمایی در کیلومتر، موجب کاهش سرعت به میزان 5 تا 8 کیلومتر در ساعت می‌گردد[19]. یک کار مطالعه تحقیقاتی در مورد تأثیر مدیریت دسترسی به این نتیجه رسیده است که تعداد خودروهای عبوری در خط سمت راست، 20 درصد تعداد خودروهایی است که برای ورود به املاک مجاور، به سمت راست گردش می‌کنند[18].

با افزایش تعداد انشعاب‌ها در طول راه، میزان تصادفات نیز افزایش می‌یابد. تأثیر فراوانی انشعاب‌ها و محل‌های کسب و کار بر میزان تصادفات، در شکل‌های 2-35 تا 2-37 نشان داده شده است. با افزایش

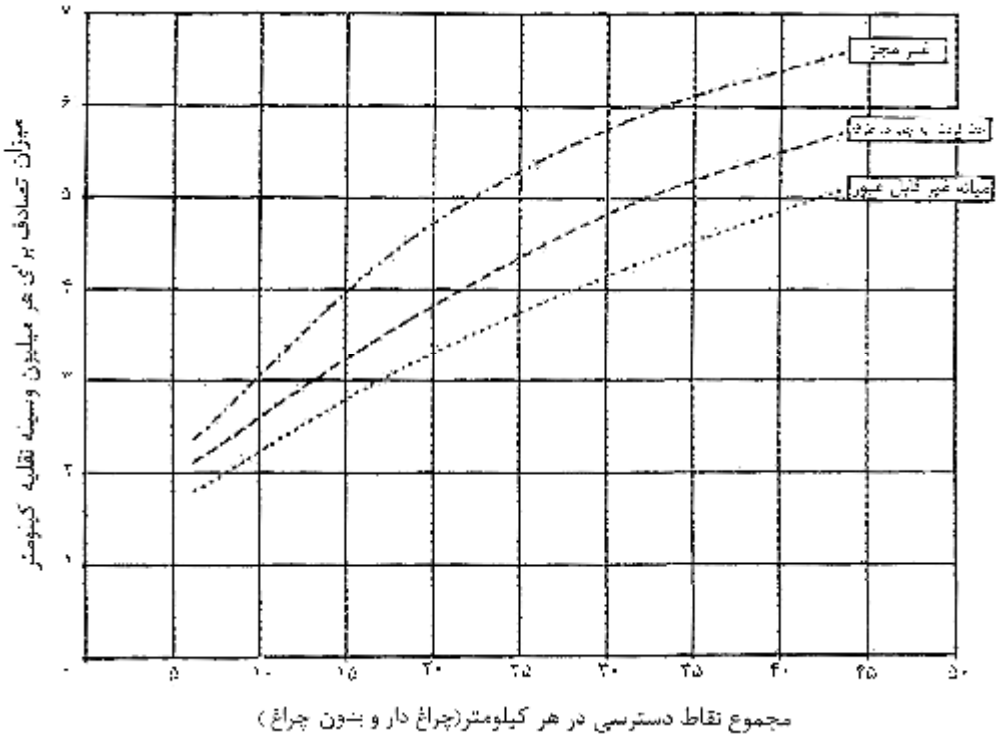
تعداد محلهای کسب و نقاط دسترسی در طول راه، میزان تصادف‌ها هم افزایش متناظری پیدا می‌کند. این حالت، کاملاً برعکس میزان تصادف‌های آزاد راه است که وضعیت ثابتی دارد و یا حتی در طول زمان، اندکی کاهش می‌یابد.

تأثیرات کلی فاصله بین نقاط دسترسی بر تصادفات ترافیکی، حاصل بررسی و تجزیه و تحلیل 37000 تصادف است[18]. این تجزیه و تحلیل، میزان افزایش نسبی تصادف‌های مورد انتظار، در اثر افزایش تعداد انشعاب‌ها را نشان می‌دهد. افزایش نقاط دسترسی از 10 به 30 نقطه در هر کیلومتر تقریباً باعث دو برابر شدن میزان تصادفات می‌شود. هر نقطه دسترسی اضافی در هر کیلومتر میزان تصادف را در حدود 5 درصد افزایش می‌دهد.

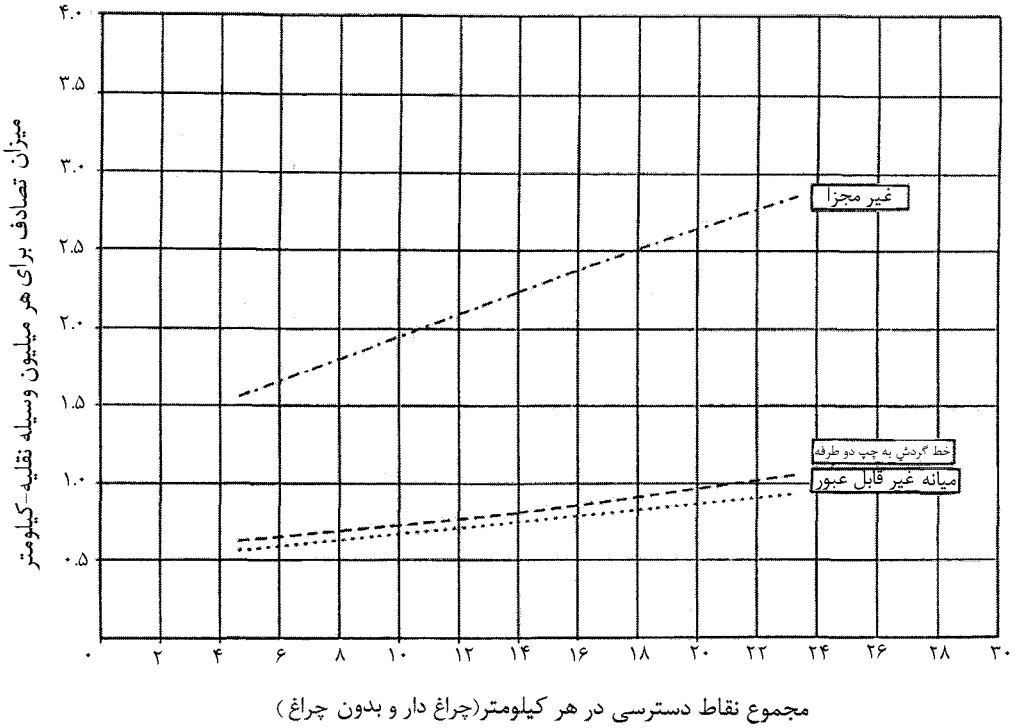
شکل‌های 2-35 و 2-36 میزان تصادفات را برحسب تعداد نقاط دسترسی برای انواع میانه‌ها نشان می-دهد. شکل2-35 برای راه‌های شهری و حومه شهری و شکل 2-36 برای راه‌های برون شهری است. برای هر نوع میآن‌های، با افزایش تکرار دسترسی، میزان تصادف بالا می‌رود. معمولاً برای هر میزان تراکم دسترسی، تعداد تصادفات در مسیرهای با میانه‌های غیر قابل عبور، کمتر از تعداد تصادفات در خطوط گردش به چپ راه‌های دو طرفه و راه‌های غیر مجزا است. با این وجود، همانطور که در فصل هفتم بحث خواهد شد، تأمین میانه‌های غیر قابل عبور موجب حذف حرکات گردش به چپ در برخی تقاطع‌ها و انشعاب‌ها می‌شود، اما ممکن است موجب افزایش دورزدن در سایر محل‌ها در همان راه شود یا باعث انتقال بخشی از ترافیک به سایر راه‌ها گردد. شکل‌های 2-35 و 2-36 نمی‌تواند پی آمدهای ایمنی ناشی از افزایش دور زدن یا انتقال ترافیک را منعکس کند.

در شکل 2-37 میزان تصادفات در راه‌های شهری و حومه شهری برحسب ترکیبی از تراکم دسترسی چراغدار و بدون چراغ نشان داده شده است. با توجه به این شکل در هر دو حالت دسترسی چراغدار و بدون چراغ، میزان تصادفات با افزایش تراکم دسترسی، نسبت مستقیم دارد.

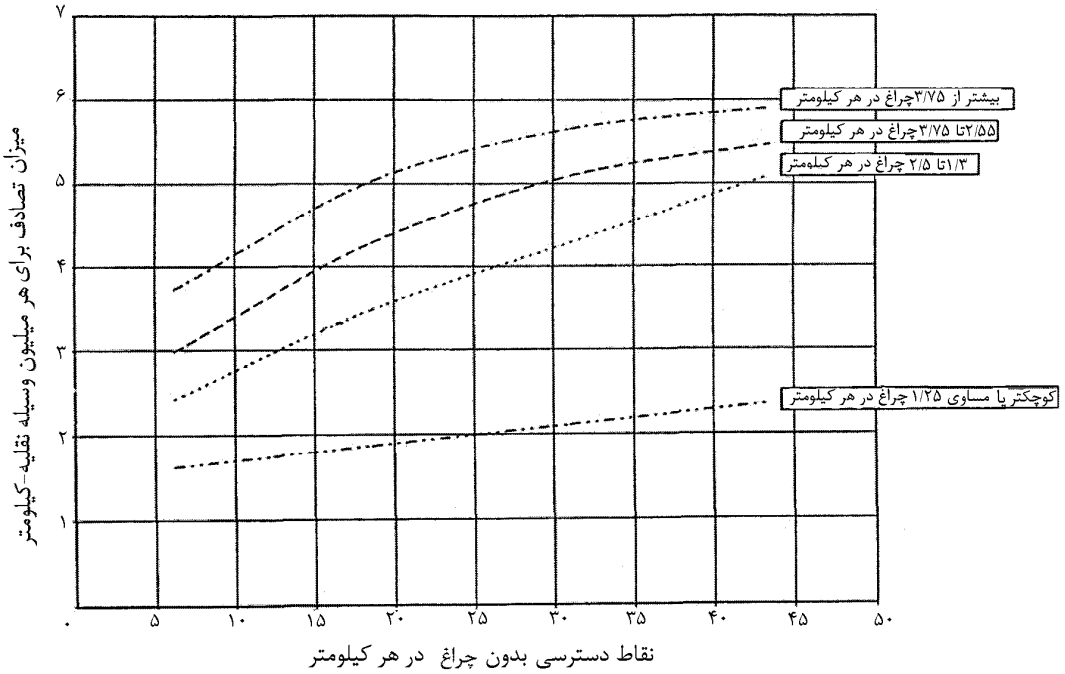
بطور خلاصه، کنترل دسترسی یا مدیریت دسترسی را باید تا اندازه‌ای در توسعه معابر شهری و برون شهری درنظرگرفت، بویژه در مورد احداث معابر جدید که احتمال توسعه تجاری آن‌ها وجود دارد. نوع خیابان یا راه مورد احداث، باید با برنامه کاربری محلی زمین هماهنگ شود تا اطمینان حاصل گردد که دسترسی مطلوب را می‌توان از طریق دستورات منطقه‌بندی محلی یا ضوابط بخشداری برقرار نمود. کنترل دسترسی، ممکن است از ضوابط حداقل مربوط به انشعاب‌ها تا کنترل کامل دسترسی، تغییر کند. بنابراین وسعت و میزان مدیریت دسترسی واقعی، عامل مهمی در تعیین نوع خیابان یا راه، است.



شکل2-35: میزان تخمینی تصادفات با توجه به نوع میانه-مناطق شهری و حومه شهری[18]



شکل 2-36: میزان تخمینی تصادفات با توجه به نوع میانه-مناطق برون شهری[18]



شکل2-37: میزان تخمینی تصادفات با توجه به تراکم دسترسی چراغ دار و غیرچراغ دار -مناطق شهری و حومه شهری[18]

عابر پیاده

نکات کلی

اثر متقابل عابران پیاده و ترافیک، نکته مهمی در برنامه‌ریزی و طرح راه است. پیاده‌ها بخشی از محیط هر راه هستند و حضور آن‌ها در مناطق برون شهری باید همانند مناطق شهری، مورد توجه قرار گیرد. عابران پیاده در مناطق شهری، به سبب عمومیت آن‌ها، بیش از مناطق برون شهری بر طرح راه تأثیر می‌گذارند. به علت وجود ترافیک وسایل نقلیه در مناطق متراکم، پیش‌بینی کافی برای عابران پیاده، غالباً بسیار مشکل است. با این حال این پیش‌بینی‌ها باید به عمل آید، چرا که عابرین پیاده بویژه در مناطق مرکزی شهر و سایر مناطق خرده فروشی، مایه حیات محیط شهری هستند بطور کلی موفق‌ترین بخش‌های خرید و فروش، آن‌هایی است که آسایش و تسهیلات بیشتری برای پیاده‌ها فراهم می‌کنند. تسهیلات عابرین پیاده، عبارت است از: پیاده-روها، پیاده‌گذرها، ویژگی‌های کنترل ترافیک و بریدگی‌های جدول (جدول‌های پایین‌رفته و پیاده‌روهای شیب‌دار)، و بالاخره مسیرهای شیب دار برای عابرین مسن و اشخاصی که از لحاظ تحرک، مشکل دارند. تسهیلات پیاده همچنین شامل ایستگاههای اتوبوس یا سایر مناطق بارگیری، پیاده‌روهای محل تقاطع غیر همسطح، پله‌ها، پله برقی‌ها و یا بالابرهای مربوط به این تسهیلات نیز می‌شود. به هنگام طرح معبری که وجود پیاده در آن قابل پیش‌بینی است «رهنمودهایی در مورد قابلیت دسترسی معلولین» (ADAAG)[1] [23] باید مورد توجه قرار گیرد.

ویژگی‌های کلی

به منظور برنامه‌ریزی و طرح کارآمد تسهیلات پیاده، شناخت خصوصیات عابر پیاده ضروری است. عابرین پیاده به احتمال قوی برای رسیدن به محل کار، بیش از 1/5 کیلومتر پیاده روی نمی‌کنند و برای رسیدن به

[1] Americans with Disabilities Act Accessibility Guidelines

ایستگاه اتوبوس بیش از 1/0 کیلومتر راه نمی‌روند و بالاخره بیش از 80 درصد فواصلی که توسط آن‌ها پیموده می‌شود کم‌تر از 1/0 کیلومتر است [24]. پیاده روی متعارف در حدود 50 درصد موارد، برای خرید و فقط 11 درصد برای رفت و برگشت روزمره است. در نتیجه حجم اوج پیاده، بیش از آنکه در اوقات اوج رفت و برگشت‌های روزمره باشد در حدود ظهر اتفاق می‌افتد. احجام پیاده، تحت تأثیر شرایط زودگذری مانند وضعیت آب و هوا یا در پاره‌ای موارد اوقات حراج، قرار دارد. برای اطلاع از افزایش و کاهش احجام پیاده در خیابان‌های شهری به کتاب « راهنمای برنامه‌ریزی، طرح و بهره‌برداری تسهیلات پیاده » [25] مراجعه شود.

پیش بینی رفتار پیاده‌ها سخت‌تر از رفتار رانندگان است. بسیاری از پیاده‌ها، در مسائل ترافیک، خود را خارج از قانون می‌پندارند و در بسیاری از موارد، ضوابط پیاده‌ها بطور کامل، اعمال نمی‌شود. وجود این حالت، طرح تسهیلات برای جابجایی منظم و ایمن پیاده‌ها را، مشکل می‌کند.

پیاده‌ها مایلند که در مسیر کوتاه‌ترین فاصله بین دو نقطه حرکت کنند، بنابراین در بعضی محل‌ها، ممکن است، احداث گذرهایی علاوه بر گذرهای محل تقاطع‌ها، مناسب باشد. همچنین پیاده‌ها اصولاً نسبت به تغییر شیب یا ارتفاع، به هنگام گذر از معابر مقاومت می‌کنند و مایلند بدون استفاده از زیرگذر یا رو گذر عابر پیاده از یک طرف به طرف دیگر بروند. بعلاوه، زیرگذرهای عابر پیاده ممکن است محل‌های بالقوه‌ای برای وقوع جنایت باشد که این حالت موجب کاهش استفاده از آن می‌گردد.

سن عابر پیاده، عامل مهمی است که مبین رفتار منجر به تصادف بین وسایل نقلیه موتوری و عابران پیاده است. پیاده‌های بسیار جوان، اغلب به سبب نادانی یا جسارت، در مسأله ترافیک بی‌احتیاط هستند، در حالیکه پیاده‌های مسن‌تر ممکن است تحت تأثیر محدودیت حواس، ادراک یا چابکی در مقابل ماشین قرار داشته باشند. تصادف عابر پیاده ممکن است مربوط به نبودن پیاده رو نیز باشد که در نتیجه آن عابران ناگزیر به اشترک معبر با اتومبیل‌ها گردند. بنابراین احداث پیاده رو باید به عنوان بخشی از توسعه و احداث خیابان در مناطق شهری و حومه شهری، در نظر گرفته شود.

نکات زیر به عنوان معیارهایی برای کمک به پیاده‌های مسن‌تر و استفاده کنندگان از معابر، پیشنهاد شده است:

- از طرح‌هایی استفاده کنید که عرض معبر در محل گذر را به حداقل برساند و عناصر پیچیده‌ای همچون جریان‌بندی و خطوط جداگانه گردش را هر چه کمتر به کار برد. در جائیکه کاربرد چنین مواردی مناسب است، گزینه‌ای را مشخص کنید که به پیاده‌های مسن‌تر کمک کند (مانند عرض 3/3 متر برای خطوط عبور).
- سرعت‌های پیاده روی کم‌تر را در نظر بگیرید.
- در تقاطع‌های عریض، جان پناه میانه را با پهنای کافی درنظر بگیرید.
- در نقاطی که مستلزم جمع‌آوری و پردازش اطلاعات چند گانه است روشنایی را تأمین و منابع روشنایی خیره کننده را حذف کنید.
- در زمینه طرح هندسی، سیستم کنترل ترافیکی را درنظر بگیرید که هماهنگی آن مورد اطمینان باشد و علائم راهنمایی یا هشداری کافی برای نقاطی که ممکن است موجب شگفتی و تأثیر معکوس بر رانندگان و پیاده‌های مسن‌تر شود، فراهم گردد.
- از وسایل کنترل ترافیک پیشرفته استفاده کنید.

- از علائم بازتابی موازی بزرگ با خوانایی مناسب استفاده کنید.
- اندازه‌های حروف تابلو را بزرگتر و دارای بازتابشی موازی در نظر بگیرید که قدرت دید افراد را کاهش ندهد.
- از چراغ راهنمای بزرگ نصب شده در جای مناسب استفاده کنید.
- از خط کشی و طرحهای پیشرفته استفاده کنید.
- در طرح و نصب علائم از شیوه تکرار و فراوانی استفاده کنید.

برای اطلاع بیشتر در مورد رانندگان و پیاده‌های مسن، به نشریه اداره راه‌های فدرال[1] با عنوان « راهنمای طرح راه برای رانندگان مسن » [6] مراجعه شود.

سرعت پیاده‌ها

چون سرعت پیاده‌روی افراد دامنه تغییرات وسیعی دارد، سرعت‌هایی که ممکن است برای گذر از عرض معبر مورد استفاده قرار گیرد، در طراحی دارای اهمیت است. سرعت متوسط عابرین پیاده از حدود 0/8 تا 1/8 متر در ثانیه، تغییر می‌کند. کتاب « ادوات یکنواخت کنترل ترافیک» [7]، سرعت پیاده روی متعارف 1/2 متر در ثانیه را به کار می‌برد. اشخاص مسن‌تر معمولاً با سرعت حد پایین دامنه یاد شده راه می‌روند.

سرعت پیاده‌روی، در محل بریدگی‌ها بیش از تقاطع‌ها است و برای مردان بیش از زنان است. شیب‌های تند نیز روی این سرعت تأثیر می‌گذارند. درجه حرارت هوا، اوقات روز، هدف از پیاده روی و بالاخره برف و یخ بندان همگی بر سرعت عابر پیاده مؤثر است. سن، معمولی‌ترین علت برای آهسته‌تر راه رفتن است و در مناطقی که تعداد اشخاص مسن زیاد است، باید سرعت 0/9 متر در ثانیه را برای طرح، بکار برد.

ظرفیت پیاده‌رو

در اثر افزایش تراکم عابرین پیاده، در پیاده‌رو، سرعت‌های پیاده روی کاهش می‌یابد. در اینجا نیز مانند ظرفیت‌های سواره رو، سرعت و تراکم بهینه‌ای وجود دارد که در آن، پیاده رو، بالاترین حجم را انتقال خواهد داد. هنگامی که وجود عواملی مانند پارکومتر، شیر آتش نشانی، تابلوی اعلانات، سطل آشغال، تیر چراغ برق و غیره، مانع استفاده از همه عرض پیاده رو می‌شود، باید عرض مؤثر مورد استفاده در محاسبات پیاده رو را کاهش داد. محاسبات ظرفیت پیاده برای پیاده‌روها و پله‌ها، و تأثیر چراغ راهنمایی شامل فرآیندهای متفاوتی است که متعاقباً بحث خواهد شد. برای تجزیه و تحلیل مفصل‌تر در مورد طرح و ظرفیت‌های پیاده‌رو، به نشریه آشتو با عنوان «راهنمای برنامه‌ریزی، طرح و بهره‌برداری تسهیلات پیاده» [25] و چاپ اخیر «کتاب ظرفیت راه» [15] مراجعه شود.

پیاده‌روها

سطوح خدمت‌دهی برای اندازه گیری توان جابه جایی نسبی عابر پیاده و برخورد او با سایر پیاده‌ها ارائه شده است که این بر سرعت پیاده روی، محل حرکت و احساس راحتی عابرین مؤثر است [26]. همانند مفهوم سطح خدمت‌دهی ترافیک موتوری که قبلاً در این فصل (و نیز در «کتاب راهنمای ظرفیت راه» [15]) مورد

[1] FHWA

بحث قرار گرفته، سطوح خدمت‌دهی ترافیک پیاده (A تا F) منعکس کننده افزایش شلوغی و کاهش آزادی حرکت است. این سطوح خدمت‌دهی مبتنی بر، سطح در دسترس برای هر نفر است و به ترتیب زیر، تعریف می‌شود [27]:

سطح خدمت‌دهی A: انتخاب سرعت مطلوب پیاده روی و پرهیز از برخورد با سایر عابرین را برای هر شخص، میسر می‌سازد.

سطح خدمت‌دهی B: پیاده‌ها شروع به آگاه شدن از حضور عابرین دیگر، می‌کنند.

سطح خدمت‌دهی C: مستلزم تعدیل مختصری در سرعت و جهت حرکت عابر به منظور پرهیز از برخورد با سایر عابران می‌باشد.

سطح خدمت‌دهی D: آزادی انتخاب سرعت پیاده‌روی برای شخص و گذشتن از کنار سایر پیاده‌ها، دچار محدودیت می‌شود. تغییرات مکرر در سرعت و موقعیت، لازم می‌گردد.

سطح خدمت‌دهی E: شرایط پیاده روی در محیط بسیار شلوغ را فراهم می کند بطوریکه زمان‌هایی صرف از این سو به آن سو رفتن می‌شود و جریان ترافیک معکوس یا متقاطع را بسیار دشوار می‌سازد. در واقع سرعت همه پیاده‌ها کاهش می‌یابد.

سطح خدمت F : مثل این است که شخص در یک محیط انتظار، بی حرکت ایستاده یا می‌تواند فقط بوسیله از این سو به آن سو رفتن قدم به جلو بردارد. برخوردهای مکرر غیر قابل اجتناب با سایر عابران وجود دارد.

در محاسبات ظرفیت پیاده‌رو، در صورت وجود دیوار مجاور، باید از عرضی که 500 میلی‌متر کاهش یافته استفاده کرد و اگر خرید به صورت توقف در جلوی پیشخوان مغازه انجام شود باید یک کاهش 500 میلی-متری اضافی هم منظور نمود. تأسیسات نصب شده در خیابان، مانند پارکومترها و تیرهای چراغ نیز عرض موجود پیاده رو را کاهش می‌دهند.

تقاطع‌ها

وقتی عابرین پیاده به تقاطعی می‌رسند توقف بزرگی در جریان عبور پیاده بوجود می‌آید. پیاده‌رو باید محوطه انتظار کافی برای آن‌هایی که منتظر گذر از عرض خیابان هستند و جایی برای عبور پیاده‌هایی که از عرض معبر گذشته‌اند، فراهم کند.

همین که چراغ عابر پیاده سبز شد، عرض و طول محل عبور پیاده، دارای اهمیت می‌شود. گذر پیاده باید به اندازه کافی پهن باشد تا در طول مرحله چراغ سبز عابر، جریان پیاده دو طرفه را از خود عبور دهد. هر قدر خیابان پهن‌تر باشد، گذر عابر طولانی‌تر است و به همان نسبت زمان کمتری برای حرکت ترافیک خیابان وجود خواهد داشت. بعلاوه، هر قدر زمان گذر عابر طولانی‌تر باشد احتمال وقوع برخورد عابر و وسیله نقلیه بیشتر است.

اگر تقاطع، بدون چراغ باشد یا تابلو ایست، ترافیک موتوری عبوری را کنترل نکند، پیاده‌ها باید تا رسیدن فرجه مطلوب، در محل گذر، منتظر بمانند. هرقدر خیابان پهن‌تر باشد، باید فرجه طولانی‌تری برای گذر ایمن پیاده‌ها فراهم شود. در شرایط شهری، با انتخاب خطوط عبور باریک‌تر، یا میانه‌های با جدول بلند، می‌توان زمان گذر پیاده را کاهش داد. به هر حال ضمن کاهش زمان گذر، باید ایمنی ترافیک و نیازهای منطقی ظرفیتی تقاطع و معبر نیز تحقق بیابد.

کاهش برخورد پیاده با وسیله نقلیه

در طرح راه‌های شهری که شامل برخوردهای زیاد پیاده با وسیله نقلیه است، تمهیداتی که متعاقباً ذکر می‌شود، بخشی از معیارهایی است که منظور نمودن آن‌ها می تواند به کاهش این برخوردها کمک کند و ممکن است کارایی جریان عبور راه را افزایش دهد: (1) حذف گردش به چپ‌ها و یا گردش به راست‌ها (2) پرهیز از آزاد کردن حرکت گردش به راست (3) پرهیز از گردش به راست در چراغ قرمز (4) تبدیل جریان دو طرفه خیابان به جریان یک طرفه (15) تأمین مرحله سبز جداگانه برای عابران پیاده (6) حذف پیاده گذرهای انتخابی (7) ایجاد گذر غیر همسطح پیاده. تفصیل این تمهیدات و سایر نکات در فصول آینده و نیز در نشریه آشتو با عنوان « راهنمای برنامه‌ریزی، طرح و بهره‌برداری تسهیلات پیاده » [25]، ارائه شده است.

ویژگی‌های افراد ناتوان (معلول)

در نظر گرفتن افراد ناتوان در طراحی راه، می‌تواند توان جابه‌جایی این بخش از جامعه را به مقدار قابل توجهی، بالا ببرد. برای یاری رسانی کافی به افراد ناتوان، طراح باید از حدود ناتوانی مورد انتظار، آگاه باشد تا طرح بتواند به طور مقتضی متناسب با آن‌ها باشد. طراح می‌داند که باید به حد کافی، همه رهنمودهای ملی و محلی را از نظر بگذراند تا از رعایت دقیق قوانین و مقررات مورد عمل، اطمینان حاصل کند [26]. برای اطلاع از جزئیات بیشتر به بخش « پخی‌های جدول پیاده‌رو» در فصل 4 و نیز نشریه آشتو، با عنوان « راهنمای برنامه‌ریزی، طرح و بهره‌برداری تسهیلات پیاده » [25] و نیز ADAAG [23] مراجعه شود.

آسیب‌های حرکتی

مشکلات حرکتی، شامل کسانی می‌شود که بدون وسایل کمکی ولی با اشکال حرکت می‌کنند تا افرادی که از زانو بند، عصا یا چوب زیر بغل کمک می‌گیرند تا آن‌ها که از صندلی چرخدار استفاده می‌کنند. پله‌ها، جدول‌ها و میانه‌های جدول‌دار بلند، موانع عمده راه، برای این عابرین پیاده است. اصلاحات طرح باید به جای پله و جدول از سطح شیب‌دار استفاده کند. چرخ‌های جلو صندلی چرخدار نسبت به موانع، بسیار حساس است، هرگونه ضربه‌ای ممکن است به پیشروی صندلی چرخدار آسیب برساند و احتمال بیرون افتادن معلول از صندلی را افزایش دهد.

آسیب‌های دید

پیاده‌هایی که نقص دید دارند باید مورد توجه خاص قرار بگیرند. تقاطع‌ها پیچیده‌ترین بخش معابر برای افراد دارای نقص دید است. تقاطع‌های پیچیده مانند تقاطع‌های جریان‌بندی شده را می‌توان با نصب نوار راهنما، اصلاح کرد. پخی‌های جدول پیاده‌رو برای صندلی چرخدار، افراد کم دید را در تشخیص امتداد جدول، دچار اشکال می‌کند. اضافه کردن نوار هشدار قابل ردیابی به طول 600 میلی‌متر در پایین پخی جدول پیاده‌رو که با مشخصات ADAAG [23] مطابق باشد، برای افراد کم دید، مفید است. با توجه به این که افراد کم دید، در عبور از تقاطع‌ها معمولاً به صدای ترافیک توجه می‌کنند، برای در نظر گرفتن مراحل گردشی خاص یا سایر حرکات ترافیکی غیرعادی، باید محتاطانه عمل شود.

کمبودهای خاص

افراد بسیاری، به علت وضعیت خاص نمی‌توانند رانندگی کنند و بنابراین، اغلب به صورت پیاده تردد مـی‌کننـد. برای آنکه از عکس‌العمل درست اینگونه پیاده‌ها و از جمله افراد کم سن و سال اطمینان حاصل گـردد، چـراغ-های راهنمایی پیاده یا سایر تسهیلات پیاده باید دارای مفهوم ساده، روشن و منطقی باشد.

تسهیلات دوچرخه

در نظر گرفتن دوچرخه، عنصر مهمی در فرآیند طراحی راه شده است. خوشبختانه، بیشتر مسیر مورد نیاز تـردد دوچرخه را سیستم خیابان و راه موجود تأمین می‌کند. در حالیکه بسیاری از نهادهای راه به دوچرخـه، در معـابر دارای کنترل نسبی دسترسی، اجازه تردد می‌دهنـد، اغلـب آن‌هـا در معـابر دارای کنتـرل دسترسـی کامـل بـه دوچرخه، اجازه عبور نمی‌دهند مگر آنکه مسیر جایگزین دیگری وجود نداشته باشـد. مـوارد اصـلاحی از قبیـل آنچه اینک ذکر می‌شود و هزینه آن کم یا مناسب اسـت مـی‌توانـد ایمنـی خیابـان یـا راه را بـه میـزان قابـل ملاحظه‌ای بالا ببرد و آنرا برای تردد دوچرخه، آماده کند.

- شانه‌های تسطیح شده (رویه دار)
- خط عبور خارجی پهن‌تر (حداقل 4/2 متر) در صورت نبودن شانه
- دریچه مشبک تخلیه آب ایمن برای عبور دوچرخه
- همکف کردن دریچه‌های آدم‌رو فاضلاب
- تأمین رویه هموار مناسب برای دوچرخه سواری

در بعضی محل‌ها یا مسیرها، مقتضی است که سیستم معابر موجود، با مسیر ویژه دو چرخه (کـه اسـتفاده از آن مخصوص دو چرخه باشد یا نباشد) تکمیل گردد. بمنظور ایجاد امکانات کافی برای عبور دوچرخه، طـراح بایـد نسبت به ابعاد دوچرخه، خصوصیات کاری و نیازهای آن آشنایی داشته باشد. این عوامل، شعاع گـردش مجـاز، شیب‌ها و فاصله دید را مشخص می‌کند. در بسیاری از موارد، خصوصیات طرح دو چرخه روهای مجزا، بوسـیله معبر مجاور کنترل می‌شود و تابع طرح آن است. برای راهنمایی بیشتر، به آخرین چاپ نشریه آشتو با عنـوان « راهنمای احداث دو چرخه روها» [28] و سایر تحقیقات اخیر [29] مراجعه شود.

ایمنی

تصادف‌ها، به ندرت از یک علت واحد ناشی می شود. معمولاً چند علت، در هر زمـان معـین، بـر وقـوع حادثـه تأثیر می‌گذارد. عوامل این تأثیرات را به سه دسته می‌توان تقسیم کرد: عامـل انسـانی، عامـل وسـیله نقلیـه و عامل راه. اگرچه این کتاب اصولاً به طرح و خصوصیات راه مـی پـردازد، نقـش عوامـل روانشـناختی همـواره مشهود است. یک خطا در ادراک یا داوری یا ارتکاب خطا از سوی راننده، می تواند بـه آسـانی باعـث تصـادف گردد.

طراحی راه‌ها باید چنان باشد که تعداد تصمیمات راننده را بـه حـداقل برسـاند و موقعیـت هـای غیرمنتظـره را کاهش دهد. تعداد تصادف‌ها با افزایش تعداد تصمیم‌گیری‌های مورد نیاز راننده افـزایش مـی یابـد. یکنواخـت بودن جوانب طرح راه و آلات کنترل ترافیک نقش مهمی در کاهش تعداد تصمیمات مورد نیاز ایفـا مـی‌کنـد و بدینوسیله، راننده از آنچه که روی راه معین باید در انتظار آن باشد آگاه می‌شود.

مهم‌ترین عامل طراحی که در ایمنی نقش دارد، تأمین کنترل کامل دسترسی اسـت. کنتـرل کامـل دسترسـی، تعداد، تکرار و نوع پدیده‌هایی را که رانندگان باید به آن‌ها واکنش نشان بدهند را کاهش مـی‌دهـد. اثـر مثبـت

این عامل، در گزارش‌های مطالعات تحقیق مشترک [33] اداره راه‌های فدرال و 39 اداره ایالتی راه، ثبت شده است. یکی از نتایج اصلی این مطالعات، آن است که در راه‌های بدون کنترل دسترسی، همواره میزان تصادف-ها بیش از راه‌های دارای کنترل دسترسی بوده است. این مطالعات نشان داده است که تصادف، جراحت و مرگ و میر در راه‌های بین ایالتی، 30 تا 76 درصد میزان مشابه در راه‌های معمولی است که پیش از بازشدن راه‌های بین ایالتی وجود داشته‌اند. هیچ عنصر طرحی نمی‌تواند بطور منفرد، مدعی چنین کاهشی باشد.
تحقیقات، از وجود نوعی رابطه بین تصادف‌ها و تعداد نقاط دسترسی روی راه، حکایت دارد [18، 19،34]. روابطی از این نوع در شکل‌های 35-2 تا 37-2 نشان داده شده است.
اصل کنترل دسترسی، به عنوان وسیله‌ای برای حفظ ظرفیت راه‌های شریانی و کاهش احتمال تصادف، اصل با ارزشی است، اما در همه جا نمی‌توان آن را به کار برد. راه‌های بدون کنترل دسترسی، برای خدمت رسانی به املاک مجاور لازم است، جوانب طرح و ویژگی‌های بهره‌برداری این راه‌ها چنان دقیق باشد که برخوردها را کاهش دهد، تداخل بین خودروها را به حداقل برساند و در عین حال نیازهای رهنوردان را برآورده سازد.
سرعت، غالباً عامل دخیل در تصادف است اما باید نقش آن در رابطه با شرایط واقعی محل تصادف شناخته شود. این نتیجه‌گیری که هر سرعت معین، برای همه حالات مرکب از انواع رانندگان، وسایل نقلیه، راه‌ها و وضعیت محل، از سرعت دیگر ایمن‌تر است، نادرست است. برای یک راه، بویژه در شرایط نامساعد، سرعت نسبتاً پایین ممکن است منجربه تصادف‌های کم‌تری نسبت به سرعت بالا گردد، اما این الزاماً به آن معنی نیست که می توان تمام تصادف‌های بالقوه را به وسیله سرعت پایین، حذف کرد. همینطور، خودروهایی که در راه‌های خوب با سرعت نسبتاً بالا حرکت می‌کنند ممکن است دچار تصادف‌های کم‌تر از وسایل نقلیه‌ای گردند که با سرعت‌های کم‌تر حرکت می‌کنند، اما نتیجه، الزاماً این نیست که سرعت بالاتر، ایمن‌تر است.
ایمن‌ترین سرعت برای هر راه بستگی به خصوصیات طرح، شرایط راه، احجام ترافیک، شرایط آب و هوا، آبادانی‌های مجاور راه، فاصلهٔ راه‌های متقاطع، احجام ترافیک تقاطع و سایر عوامل دارد. تصادف‌ها، به اندازه‌ای که به محدودهٔ سرعت از بالاترین مقدار تا کم‌ترین آن مربوط است به خود سرعت مربوط نیست. صرفنظر از مقدار سرعت متوسط در یک راه اصلی برون شهری، هر قدر انحراف سرعت راننده از این سرعت متوسط (خواه بیشتر و خواه کمتر از آن) زیادتر باشد، احتمال روبرو شدن با تصادف بیشتر خواهد شد. بنابراین آن دسته از خصوصیات طرح که اختلاف سرعت را کاهش می‌دهند (مانند شیب‌های ملایم، خطوط تغییر سرعت، تقاطع غیرهمسطح، خط کشی و نصب مناسب علائم) در ایمنی راه سهیم‌اند. معمولاً، تصادف‌ها در سرعت بالا، شدیدتر از سرعت پایین است.
در طراحی راه، نوع و خصوصیات رانندگانی که انتظار می‌رود از آن استفاده کنند، باید مورد توجه قرار گیرد. اهداف سفر (مانند تفریحی، رفت و آمد به محل کار و سفر سراسری) از جمله عواملی است که تا اندازه‌ای بر طرح مؤثر است. اهداف سفر، با مجموعه انواع خودروهایی که احتمالاً از راه استفاده می‌کنند مرتبط است (از حالتی که همه خودروها، وسیله نقلیه سبک باشند تا حالتی که درصد بالایی از آن‌ها وسیله نقلیه سنگین تجاری باشند). وقتی یک نوع سفر، حالت غالب دارد، تسهیلات راه باید متناسب با نیازهای خاص همان نوع طرح شود.
مطالعه‌ای در زمینه تأثیر سیستم راه‌های بین ایالتی بر تصادفات، به این نتیجه رسیده است که میزان تصادف-ها در راه‌های چهار خطه مجزا کم‌تر از چهار خطه غیر مجزا است[35]. این مطالعه از روی داده‌های مربوط به

راه‌های واقع در دهلیز راه‌های بین ایالتی در طول دوره‌های قبل از افتتاح قطعات جدید این راه‌ها و پس از آن انجام شد.

در راهی با میانه 15 متر یا بیشتر، تصادفات شاخ به شاخ ناشی از عبور خودروها از میانه، بسیار کم است. عرض میانه 23 متر تا 30 متر در آزاد راه‌ها، وسیله مطلوبی برای کاهش تصادف‌های ناشی از عبور خودروها از میانه، است. در راه مجزا با کنترل نسبی دسترسی (یعنی بزرگراه) و یا در وضعیت بدون کنترل دسترسی، عرض میانه باید عملکرد تقاطع‌های همسطح را نیز در نظر بگیرد.

در میانه‌های کم عرض‌تر، حفاظ میانه از تصادفات شاخ به شاخ جلوگیری می‌کند ولی این کار به قیمت افزایش تصادف‌های همان جهت عبور است، زیرا فضای بازیابی کاهش می‌یابد. حفاظ‌های میانهٔ دارای طرح مناسب، خسارت وسیله نقلیه را به حداقل می‌رساند و شدت تصادف را کاهش می‌دهد. با این وجود، چنانچه میانه باریکی همراه با حفاظ، برای راه با سرعت بالا منظور شود، طرح راه باید شامل شانه چپ به عرض کافی برای توقف‌های اضطراری و استفاده اضطراری خودروها باشد.

مطالعه دیگری در زمینه ارتباط تصادف‌ها با عرض شانه، مسیر افقی و شیب راه، نشان می‌دهد که میزان تصادف در قسمت‌های شیب دار و پر پیچ و خم، بسیار بیش از قسمت‌های مستقیم و هموار است. این مطالعه، همچنین نشان می دهد که میزان تصادف در راه‌هایی که مرکب از شیب‌های تیز و پیچ‌های تند باشد، بسیار بالاتر است[36]. این مطالعه که محدود به راه‌های برون شهری دو خطه است، بر این اصل مسلم پا می‌فشارد که راه‌های برون شهری هموار و بدون تقاطع یا بدون تعداد زیادی انشعاب خصوصی، ایمن‌ترین راه‌ها در گروه مربوط به خود هستند. هر چند که تصادف‌های اندکی که در راه‌های برون شهری هموار و مستقیم و بدون تقاطع رخ می دهند، منبع اطلاعاتی پایداری را ارائه نمی‌کنند. بین قطعات مشابه راه و بین سال‌های مختلف برای یک قطعه معین، اختلافات زیادی در آمار تصادف وجود دارد. رابطه آشکار بین یک عنصر طرح هندسی، مانند عرض شانه و میزان تصادفات، به دلیل تغییرات اتفاقی الگوی تصادفات، از نظر دور خواهد ماند.

زگیر[37] روابط بین طرح هندسی پیچ‌ها (قوس‌های افقی) و عملکرد ایمنی آن‌ها را ارائه کرده است. این تحقیق، رابطه ایمنی با طول پیچ و شعاع آن را بیان می کند.

بروز تصادف‌ها در جایی محتمل است که رانندگان هنگامی که وسیلهٔ نقلیهٔشان قادر به عکس‌العمل مناسب نیست، در معرض تصمیم گیری قرار گیرند، مانند وقتی که وسیله نقلیه سنگین در سرازیری حرکت می‌کند. انتظار بیشتر بودن تصادف‌ها در شیب‌ها و پیچ‌ها نسبت به قسمت‌های مستقیم و هموار راه (که تصمیم‌گیری-های راننده به دفعات کم‌تر مورد نیاز است و خودروها آمادگی هرگونه واکنشی را دارند)، یک انتظار منطقی است. در عین حال طراحی مسیر مستقیم، بطور یکسره نیز مبالغه آمیز است.

در قسمت‌های مستقیم و طولانی راه، رانندگان، بویژه پس از رانندگی در راه شلوغ، قبل از ورود به آزادراه، مایلند که کاملاً راحت باشند. در پاره‌ای از آزاد راه‌ها، نوعی نگرانی نسبت به تصادف‌هایی که ظاهراً به علت چرت زدن راننده رخ داده، وجود داشته است. تأمین انحنای ملایم و پرهیز از نیمرخ عرضی ثابت برای بخش مستقیم طولانی راه، کار بسیار مطلوبی قلمداد می شود. تحقق این شیوه، بوسیله تغییر دادن پهنای میانه، انتخاب مسیرهای جداگانه برای رفت و برگشت و بهره‌گیری از وضعیت زمین، میسر است. به علاوه می‌توان به شانه راه، نوارهای صدادار اضافه کرد تا تصادف‌های ناشی از انحراف وسیله نقلیه به خارج راه در اثر چرت زدن رانندگان، کاهش یابد.

وقتی طرح پلان، خط پروژه و نیمرخ عرضی سواره رو، اصلاح شد، طرح کناره راه نیز اهمیت فزاینـده‌ای مـی-یابد. تصادف‌های ناشی از پرت شدن وسیله نقلیهٔ تک به بیرون راه، بیش از نصف تصادف‌هـای منجربـه فـوت در آزاد راه‌ها را تشکیل می‌دهد.

وقتی خودرو به بیرون راه منحرف می‌شود، راننده قادر به کنترل کامل آن نیست. هر چیـزی کـه در مسـیر یـا نزدیک مسیر خودرو قرار دارد، بصورت بالقوه، عامل مؤثر در شدت تصادف است. مفهوم کنارهٔ راه رام یـا ایمـن را نباید به عنوان یک نتیجه فرعی استفاده از معیارهای ایمنـی بـرای هـر عنصـر طـرح نگریسـت بلکـه بایـد همچون بخش برنامه‌ریزی شده‌ای از کل مهندسی راه دیده شود. نشریه آشتو بـا عنـوان « راهنمـای طـرح و اجرای ایمنی راه » [31] یک نگاه کلی بر روش‌های آشتو در ایـن زمینـه دارد. ایـن روش‌هـا در سراسـر ایـن کتاب، در معیارهای مربوط به عناصر طرح هندسی خاص، منعکس شده است.

اساس مفهوم کنارهٔ راه رام به معنی تأمین یک فضای بازیابی بدون مانع است. مطالعات نشـان داده اسـت کـه در راه‌های با سرعت بالا، نوار نسبتاً هموار قابل عبوری به عرض حدود 9 متر از لبـه سـواره‌رو، بـه 80 درصـد خودروهای منحرف شده از راه امکان می‌دهد که با ایمنی به حال سکون در آیند یا به راه بازگردنـد. هـر چنـد که پهنای 9 متر، رقم جادویی نیست و استفاده از قضاوت مهندسی ضرورت دارد، این رقم در سطحی وسیع بـه عنوان راهنما برای فضاهای بازیابی، به کار رفته است.

در طرح کنارهٔ راه، طراح باید دو عنصر مهم را کنترل کند، یکی شیب شیروانی و دیگر موانع خطرناک. گـزارش NCHRP 247 [38]، کارایی فضاهای بازیابی را مورد بحث قرار می‌دهد. نشریهٔ آشتو با عنوان « راهنمـای طرح کنارهٔ راه » [39] نیز درباره آثار شیب شیروانی و پستی و بلندی، برکارایی فضاهای بازیابی بحث می‌کند.

در مورد راه‌های موجود، آشتو اولویت‌های زیر را برای چاره جویی موانع، توصیه می‌کند:

- برداشتن مانع یا طراحی مجدد آن به نحوی که بتوان با ایمنی از آن عبور کرد.
- جا به جا کردن مانع به محلی که احتمال برخورد با آن کمتر باشد.
- کاهش شدت برخورد با مانع با استفاده از ادوات دارای اتصالات مفصلی.
- منحرف کردن خودرو با ایجاد سپری مانند حفاظ طولی و یا ضربه گیر در برابر مانع.
- نمایان کردن مانع، در صورتی که تمهیدات فوق‌الذکر مناسب نباشد.

طرح سیسـتم‌هـای نـرده ایمنـی و حفـاظ، موضـوع تحقیقـات زیـادی شـده اسـت. نشـریه آشـتو بـا عنـوان « راهنمای طرح کنارهٔ راه » [39] و گزارش NCHRP 350 [40] از جمله نشریات فراوانـی اسـت کـه بـه بحث در این زمینه می‌پردازد. نشریات مذکور، به این نکته توجه دارند که ترمیم پایانهٔ حفاظ، اهمیـت ویـژه ای دارد.

طراحان راه باید از توسعه پویایی که مستمراً در کلیه زمینه‌های طرح کنـارهٔ راه در جریـان اسـت آگـاه باشـند. گرچه نشریات سعی دارند که جدیدترین اطلاعات موجود در زمینه طرح کنارهٔ راه را ارائه دهند، تحقیقـات آتـی و پروژه‌های تکمیلی، بدون شک نتایج تازه‌تر و بهتری در آینده، پیش رو خواهد گذارد. طراحان راه بایـد سـعی کنند که جدیدترین اطلاعات قابل قبول را در طرح‌های خود به کار برند.

ارتباط با راننده، احتمالاً یکی از پیچیده‌ترین مسائل برای طراح است. یکی از بهترین ابزارهای موجود در زمینـه ارتباط با راننده، کتاب «ادوات یکنواخت کنترل ترافیک» [7] است که معیار ملی برای کاربرد علائم (تابلوهـا)، چراغ راهنمایی، جریان بندی بوسیله خط کشی و خط کشی‌های رویه را برای کلیـه راه‌هـای ایـالات متحـده، ارائه می‌کند. اولین پیام این نشریه، اهمیت یکنواختی است.

کاربران راه، برای اطلاع، آگاهی و راهنمایی، به وسایل کنترل ترافیک (تابلو، خط کشی و چراغ راهنمایی) وابسته‌اند. این وابستگی آن قدر شدید است که نصب ادوات کنترل ترافیک یکنواخت درجه یک برای کاربرد ایمن و کارا و نیز پذیرش همگانی بر راه، بدون توجه به مطلوب بودن عرض، مسیرافقی و طرح سازه‌ای آن، الزامی است.

همه ادوات کنترل ترافیک باید دارای این ویژگی‌ها باشند: (1) نیاز مهمی را برآورند، (2) توجه را جلب کنند (3) مفهوم ساده و روشنی را انتقال دهند (4) رعایت کردن قانون را به کاربران راه گوشزد کنند و (5) زمان عکس‌العمل کافی را تأمین نمایند. علاوه براین، وسایلی که ترافیک را کنترل یا منظم می کنند باید دارای مجوز قانونی باشند.

برای اطمینان از کارایی ادوات کنترل ترافیک، دارا بودن چهار ویژگی اصلی، لازم است: طرح، نصب، نگهداری و یکنواختی. در طرح راه باید این ویژگی‌ها مورد توجه قرار گیرند تا اطمینان حاصل شود که تعداد ادوات مورد لزوم در حداقل نگه‌داشته شده و آن‌هایی که لازم است به خوبی نصب گردد.

راندن وسیله نقلیه، بویژه در جاهای شلوغ، تمرکز قابل توجهی را می‌طلبد. راننده باید بتواند خودرو را با حداقل آشفتگی، براند. تابلوهای تبلیغاتی یا سایر علائم کناری نباید در جایی نصب شود که با مفهوم وسایل استاندارد کنترل ترافیک تداخل داشته باشد یا آنرا به هم بریزد. در این زمینه، تابلوهای تبلیغاتی با رنگ‌های روشن یا چراغ‌های چشمک‌زن، بویژه قابل مشاهده است. نورهایی که به سمت راننده پرتو افکند، با توجه به توانایی چشمی او، می‌تواند در طول‌های متفاوت زمانی موجب محدود شدن جزیی یا کلی دید جلو او گردد. در واقع نورهای روشن می‌تواند پرده‌ای در مقابل آنچه پیش‌رو قرار گرفته بکشد و بدینوسیله رانندگان و پیاده‌ها را در معرض خطر قرار دهد.

بخش مهمی از تصادف‌های راه‌های برون شهری، در تقاطع‌ها اتفاق می‌افتد. مطالعات مختلفی در تقاطع‌های با شرایط مختلف انجام شده است و نتایج برحسب شرایط مطالعه شده، متفاوت بوده است. عواملی که باید در طرح تقاطع در نظر گرفت، عبارت است از حجم کل ترافیک، میزان ترافیک متقاطع، حرکات گردشی، نوع راه، نوع کنترل ترافیک مورد نیاز، طرح فاصلهٔ دید راه متقاطع و بالاخره استفاده از میانه و جریان بندی.

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که به کمک جریان‌بندی، تأمین فواصل دید مناسب (شامل فاصلهٔ دید توقف، فاصلهٔ دید انتخاب و فاصلهٔ دید تقاطع) تأمین میانهٔ جان‌پناه و پیاده رو برای عابرین پیاده، چراغ روشنایی و بالاخره نصب تابلو و ادوات کنترل ترافیک، می‌توان اصلاحاتی در ایمنی تقاطع، به عمل آورد. این مفاهیم در رهنمودهای طرح هندسی ارائه شده در این کتاب منظور شده است.

ارزیابی ایمنی پایدار و برنامه بهبود و اصلاح، بخش حیاتی برنامه کلی اصلاح راه است. شناسایی مشکلات بالقوهٔ ایمنی، ارزیابی کارایی راه حل‌های مختلف و برنامه‌ریزی اعتبارات موجود برای مؤثرترین اصلاحات، در درجه اول اهمیت است. ایمنی عموم مسافرین، باید در سراسر برنامهٔ راه، نمایان باشد: در پروژه‌های ایمنی موضعی، در پروژه‌های بهسازی راه، در پروژه‌های راه سازی و در هر جای دیگر. دو نشریه با عناوین « روش‌های طرح و اجرای مرتبط با ایمنی راه » [30] و « راهنمای طرح و اجرای ایمنی راه » [31] شامل توصیه‌های مهمی در زمینه ایمنی، به عنوان بخشی از برنامه جامع راه می‌باشند.

محیط زیست

راه، علاوه بر خدمت رسانی ترافیکی به استفاده کنندگان، الزاماً آثار گسترده‌ای دارد. ضروری است که راه به عنوان جزئی از کل محیط زیست در نظر گرفته شود. اصطلاح « محیط زیست » که در این جا به کار رفته به مجموعه شرایط پیرامون نوع بشر، اعم از اجتماعی، فیزیکی، طبیعی و مصنوعی، اشاره دارد و شامل مجموعه-های انسانی، حیوانی و نباتی و نیروهای حاکم بر هر سه است. راه می‌تواند و باید برای تکمیل محیط اطراف خود طراحی و ساخته شود و به عنوان وسیله‌ای برای اصلاح محیط به کار رود.

منطقه‌ای که راه پیشنهادی را احاطه کرده، سامانه ارتباط داخلی عوامل متغیر طبیعی، مصنوعی و جامعه شناسی است. تغییرات یک متغیر در این سامانه نمی‌تواند بدون نوعی اثر بر متغیر دیگر انجام شود. پی آمدهای بعضی از این آثار، ممکن است قابل اغماض باشد ولی بعضی دیگر مانند گذران زندگی و کیفیت زندگی انسان، ممکن است آثار قوی و ماندگاری بر محیط زیست داشته باشد. چون تصمیمات مربوط به مسیریابی راه و طرح آن، بر توسعهٔ مناطق مجاور تأثیر دارد، درنظرگرفتن متغیرهای محیطی دارای اهمیت است. همچنین باید دقت لازم به عمل آید تا از رعایت ضوابط زیست محیطی محلی، استانی و کشوری، اطمینان حاصل گردد.

تجزیه و تحلیل اقتصادی

اقتصاد راه به هزینه یک پروژه و سودهای حاصل از آن مربوط است. از نشریه آشتو با عنوان «تجزیه و تحلیل سودکاربران راه » [41] می‌توان برای انجام تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی پروژه‌های راه استفاده کرد.

منابع:

1. Fong, K. T., and D.C. Chenu. "Simulation of Truck Turns With a Computer Model," *Transportation Research Record 1100*, Transportation Research Board, 1985: 20-29.
2. Fambro, D. B., K. Fitzpatrick, and R. J. Koppa. *Determination of Stopping Sight Distances*, NCHRP Report 400, Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1997.
3. Olson, P. L., D. E. Cleveland, P. S. Fancher, L. P. Kostyniuk, and L. W. Schneider. *Parameters Affecting Stopping Sight Distance*, NCHRP Report 270, Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1984.
4. Alexander, G. H., and H. Lunenfeld. *A User's Guide to Positive Guidance* (3rd Edition), Report No. FHWA/SA-90/017, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1990.

5. "Human Factors and Safety Research Related to Highway Design and Operations," *Transportation Research Record 1281*, Transportation Research Board, 1990.
6. Staplin, L., K. Lococo, and S. Byington. *Older Driver Highway Design Handbook*, Report No. FHWA-RD-97-135, McLean, Virginia: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, December 1998.
7. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*, Washington, D.C.: 1988 or most current edition.
8. Johannson, C., and K. Rumar. "Driver's Brake Reaction Time," *Human Factors*, Vol. 13, No. 1, 1971: 22-27.
9. Fell, J. C. *A Motor Vehicle Accident Causal System. The Human Element*, Report No. DOT-HS-801-214, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, July 1974.
10. Schmidt, I., and P. D. Connolly. "Visual Considerations of Man, the Vehicle and the Highways," *Paper No. SP-279-SAE*, New York: Society of Automotive Engineers, 1966.
11. Tilley, D. H., C. W. Erwin, and D. T. Gianturco. "Drowsiness and Driving; Preliminary Report of a Population Survey," *Paper No. 730121-SAE*, New York: Society of Automotive Engineers, 1973.
12. Alexander, G. J., and H. Lunenfeld. *Driver Expectancy in Highway Design and Operations*, Report No. FHWA-TO-86-1, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, May 1986.
13. Adler, B., and H. Lunenfeld. *Three Beam Headlight Evaluation*, Report No. DOT/HS-800-844, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, April 1973.
14. Institute of Traffic Engineers. *Freeway Operations*, Washington, D.C.: Institute of Traffic Engineers, 1961.
15. Transportation Research Board. *Highway Capacity Manual,* HCM2000, Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2000 or most current edition.
16. Bonneson, J. A., and P. T. McCoy. *Capacity and Operational Effects of Midblock Left-Turn Lanes*, NCHRP Report 395, Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1997.
17. Koepke, F. J. and H. S. Levinson. *Access Management Guidelines for Activity Centers*, NCHRP Report 348, Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1992.
18. Gluck, J., H. S. Levinson, and V. Stover. *Impacts of Access Management Techniques*, NCHRP Report 420, Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1999.
19. Lomax T., S. Turner, H. S. Levinson, R. Pratt, P. Bay, and T. Douglas. *Quantifying Congestion*, NCHRP Report 398, Washington, D.C.: Transportation Research Board, March 1997.
20. State of Colorado Access Control Demonstration Project. Colorado Department of Highways, June 1985.
21. Cribbins, P. D., J. W. Horn, F. V. Beeson, and R. D. Taylor. "Median Openings on Divided Highways: Their Effect on Accident Rates and Level of Service," *Highway Research Record 188*, Highway Research Board, 1967.
22. Glennon, J. C., J. J. Valenta, B. A. Thorson, and J. A. Azzeh. Technical Guidelines for the Control of Direct Access to Arterial Highways, Volumes 1 and 2, Report Nos. FHWA-RD-76-87 and -88, McLean, Virginia: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, August 1975.

23. Architectural and Transportation Barriers Compliance Board (Access Board). *Americans With Disabilities Act Accessibility Guidelines* (ADAAG), Washington, D.C.: July 1994 or most current edition.
24. Maring, G. E. "Pedestrian Travel Characteristics," *Highway Research Record 406*, Highway Research Board 1972: 14-20.
25. AASHTO. *Guide for the Planning, Design, and Operation of Pedestrian Facilities*, Washington, D.C.: AASHTO, forthcoming.
26. Older, S. J. "Movement of Pedestrians on Footways in Shopping Streets," *Traffic Engineering and Control*, August 1968: 160-163.
27. Fruin, J. J. "Designing for Pedestrians: A Level-of-Service Concept," *Highway Research Record 355*, Highway Research Board, 1971: 1-15.
28. AASHTO. *Guide for the Development of Bicycle Facilities*, Washington, D.C.: AASHTO, 1999.
29. Wilkinson, III, W. C., A. Clarke, B. Epperson, and R. L. Knoblauch. *Selecting Roadway Design Treatments to Accommodate Bicycles*, Report No. FHWA-RD-92-073, McLean, Virginia: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, January 1994.
30. AASHTO. *Highway Design and Operational Practices Related to Highway Safety*, Washington, D.C.: AASHTO, 1974.
31. AASHTO. *Highway Safety Design and Operations Guide*, Washington, D.C.: AASHTO, 1997.
32. AASHTO, et al. *Enhancing Highway Safety in an Age of Limited Resources*, A report resulting from a symposium conducted by the Transportation Research Board, unpublished, November 1981.
33. Fee, J. A., et al. *Interstate System Accident Research Study 1*, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, October 1970.
34. Dart, Jr., O. K. and L. Mann, Jr. "Relationship of Rural Highway Geometry to Accident Rates in Louisiana," *Highway Research Record 312*, Highway Research Board, 1970.
35. Byington, S. R. "Interstate System Accident Research," *Public Roads*, Vol. 32, December 1963.
36. Billion, C. E., and W. R. Stohner. "A Detailed Study of Accidents as Related to Highway Shoulders in New York State," *Proceedings of HRB,* Vol. 36, Highway Research Board, 1957: 497-508.
37. Zegeer, C. V., J. R. Stewart, F. M. Council, D. W. Reinfurt, and E. Hamilton. "Safety Effects of Geometric Improvements on Horizontal Curves," *Transportation Research Board 1356*, Transportation Research Board, 1992.
38. Graham, J. L., and D. W. Harwood. *Effectiveness of Clear Recovery Zones*, NCHRP Report 247, Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1982.
39. AASHTO. *Roadside Design Guide*, Washington, D.C.: AASHTO, 1996.
40. Ross, H. E., D. L. Sicking, R. A. Zimmer, and J. D. Michie. *Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features*, NCHRP Report 350, Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1993.
41. AASHTO. *A Manual on User Benefit Analysis of Highway and Bus-Transit Improvements*, Washington, D.C.: AASHTO, 1977.