تعیین تواتر و زمان‌بندی خطوط اتوبوسرانی شهری

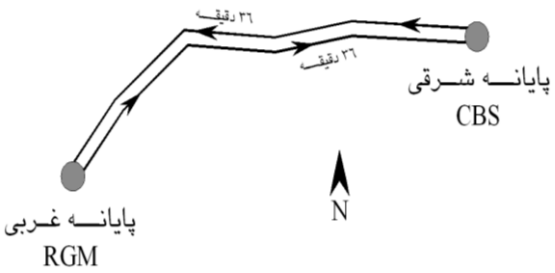
۱- تعیین تواتر و سرفاصله خطوط اتوبوسرانی شهری

در ادامه فرآیند ساخت برنامه زمان‌بندی بر اساس روش **TCRP R30** برای یک خط فرضی که در همین گزارش ارائه شده‌است، انجام خواهد شد.

۱-۴- برنامه زمان‌بندی خط شماره ۳۲

خط شماره ۳۲ دارای دو ترمینال شرقی (CBS) و غربی (RGM) در دو انتهای مسیر می باشد. زمان سفر رفت و برگشت هر کدام ۳۶ دقیقه برآورد شده‌است.

(شکل شماره ۱)



بر اساس قوانین موجود، زمان استراحت رانندگان ده درصد زمان سفر کل محاسبه می‌شود. سرفاصله این خط با توجه به تقاضای برداشت شده ۳۰ دقیقه می باشد که سرفاصله حداکثر در این خط تعیین شده‌است. این سرویس برای ساعات اوج تقاضا طراحی شده و بازه سرویس‌دهی آن از ۶:۰۰ تا ۱۰:۳۰ و از ۱۳:۳۰ تا ۱۸:۳۰ تعریف شده‌است.

بر اساس فرآیند معرفی شده در اولین گام در ساخت برنامه زمان‌بندی تقسیم بندی بازه زمانی سرویس‌دهی به زیر بازه‌های کوچک تر است. در مثال خط شماره ۳۲ بازه زمانی سرویس‌دهی فقط ساعت اوج می باشد و سطح تقاضا در این بازه زمانی ثابت فرض شده‌است؛ لذا تقسیم بندی بیشتر در این خط ضرورت ندارد.

در گام دوم، ساخت برنامه زمان‌بندی باید با توجه به روشی که برای تعیین تواتر و سرفاصله انتخاب شده، اطلاعات مورد نیاز برداشت و تواتر و سرفاصله محاسبه گردند؛ که در این مثال سرفاصله قبلاً تعیین شده‌است.

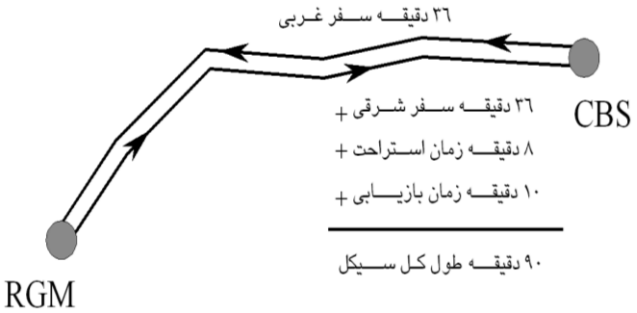
در سومین گام طول سیکل محاسبه می‌شود. مطابق آنچه در توضیح گام سوم و همچنین طی مثالی بیان شد، خواهیم داشت:

طول سیکل $C_k = 72 + (10\% \times 72) = 79.2 \approx 80_{min}$

ناوگان مورد نیاز $\frac{80}{30} = 2.67 \approx 3_{veh}$

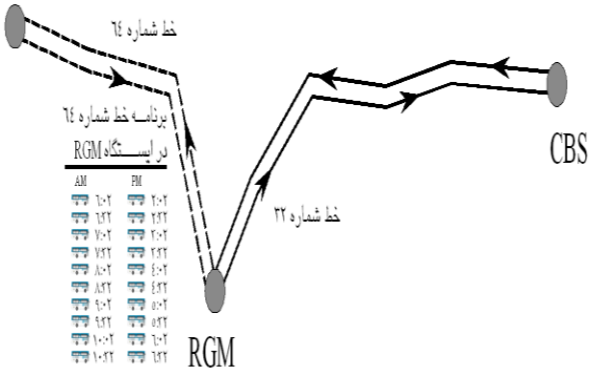
طول سیکل جدید $C_{kn} = 3 \times 30 = 90_{min}$

لذا در این مثال طول سیکل باید ۹۰ دقیقه باشد و در نتیجه ۱۰ دقیقه زمان بازیابی در نظر گرفته می‌شود.



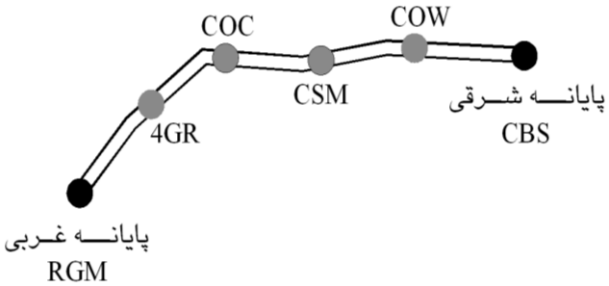
شکل شماره-۲: محاسبه طول سیکل جدید در مثال خط شماره ۳۲

گام چهارم به تعیین نقطه مبنا اختصاص می‌یابد. در خط شماره ۳۲ فرض شده که یک ایستگاه مشترک تغییر خط در ترمینال غربی (RGM) وجود دارد که یک خط اتوبوس دیگر با سرفاصله مشابه ۳۰ دقیقه در ساعت ۶:۰۲، ۶:۳۲ و ... به این ترمینال می‌رسد. این نقطه، نقطه‌ای است که اتوبوس‌های خط شماره ۳۲ نیز باید به طور همزمان به آن برسند تا تسهیل در تغییر خط مسافران صورت گیرد پس این نقطه به عنوان نقطه مبنا در نظر گرفته می‌شود.



شکل شماره ۳ : برنامه زمانی حرکت خط شماره ۶۴ که برنامه زمان‌بندی خط شماره ۳۲ بر مبنای آن ساخته می‌شود

تعیین‌گره‌های زمانی، پنجمین گام از فرآیند ساخت برنامه زمان‌بندی است که در خط شماره ۳۲ به صورت زیر انجام می‌شود. در این خط چهار گره زمانی میانی انتخاب می‌گردد که در شکل شماره ۵-۱۹ نمایش داده شده‌اند.



شکل شماره۴: گره‌های زمانی در خط شماره ۳۲

گره‌های زمانی با توجه به موقعیت و فاصله زمانی بین آن‌ها تعیین می‌گردند. در خط شماره ۳۲ فاصله بین گره‌های زمانی به ترتیب (از شرق به غرب) ۹، ۶، ۴، ۱۰ و ۷ می‌باشد.

پس از اینکه گره‌های زمانی شناسایی شدند، در ششمین گام، ماتریس زمان سفر ایجاد می‌گردد.

جدول شماره ۱: ماتریس زمان سفر خط شماره ۳۲ (بر حسب دقیقه)

گره زمانی	غیر اوج–صبح	اوج–صبح	غیر اوج–عصر	اوج–عصر
CBS	–	–	–	–
COW	۹	۹	۹	۹
CSM	۶	۶	۶	۶
COC	۴	۴	۴	۴
4GR	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
RGM	۷	۷	۷	۷
جمع	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶

همان گونه که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود، زمان سفر در بازه‌های زمانی مختلف یکسان است که این مسئله نشان می‌دهد، سنگینی ترافیک در این مسیر تاثیری بر روی زمان سفر ندارد.

در گام هفتم، با توجه به برنامه زمانی خط شماره ۶۴ که در نقطه مبنا یعنی ایستگاه (RGM) باید همزمان با خط شماره ۳۲ باشد، برنامه زمان‌بندی مرجع را می‌سازیم. برای این کار، ابتدا مطابق جدول شماره ۲ از نقطه مبنا آغاز به کار کرده و زمانی که اتوبوس باید در آن باشد را ثبت می‌کنیم.

جدول شماره ۲: درج مشخصات سفرها در نقطه مبنا

شماره سفر	CBS	COW	CSM	COC	4GR	RGM
1W	۰۶۲۶					۰۷۰۲
2W	۰۶۵۶					۰۷۳۲
3W	۰۷۲۶					۰۸۰۲
4W	۰۷۵۶					۰۸۳۲
5W	۰۸۲۶					۰۹۰۲
6W	۰۸۵۶					۰۹۳۲
7W	۰۹۲۶					۱۰۰۲
8W	۰۹۵۶					۱۰۳۲

ابتدا سفرهای غربی (از شرق به غرب) ساخته می‌شوند. از آنجا که زمان شروع سرویس از ساعت ۶:۰۰ می‌باشد، لذا زودترین زمانی که می‌توان با توجه به برنامه خط شماره ۶۴ به پایانه غربی رسید ۷:۰۲ است (که به اختصار ۰۷۰۲ درج شده‌است). اگر ۳۶ دقیقه زمان سفر را از این عدد کم کنیم، اولین سفر از پایانه شرقی به سمت پایانه غربی (سفر 1W) در ساعت ۰۶:۲۶ حرکت خواهد کرد. لذا مطابق آنچه در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود، ابتدا ردیف سایه دار تکمیل شده و بر اساس آن ردیف اول که بیان کننده زمان حرکت اتوبوس از پایانه شرقی است، معین می‌گردد.

با جمع کردن فاصله زمانی بین گره‌های زمانی با زمان آغاز حرکت در هر سفر، موقعیت اتوبوس در هر گره زمانی به دست می‌آید. بر این اساس برنامه زمان‌بندی مرجع برای جهت غربی در بازه ۶:۰۰ تا ۱۰:۳۰ ساخته می‌شود. همین روال برای بازه عصر (۱۳:۳۰ تا ۱۸:۳۰) نیز صورت می‌گیرد، که نتایج آن در جدول شماره ۳ آورده شده‌است.

جدول شماره ۳: برنامه زمان‌بندی مرجع خط ۳۲ برای جهت غربی بازه ۶:۰۰ تا ۱۰:۳۰

شماره سفر	CBS	COW	CSM	COC	4GR	RGM
						AM
1W	۰۶۲۶	۰۶۳۵	۰۶۴۱	۰۶۴۵	۰۶۵۵	**۰۷۰۲**
2W	۰۶۵۶	۰۷۰۵	۰۷۱۱	۰۷۱۵	۰۷۲۵	**۰۷۳۲**
3W	۰۷۲۶	۰۷۳۵	۰۷۴۱	۰۷۴۵	۰۷۵۵	**۰۸۰۲**
4W	۰۷۵۶	۰۸۰۵	۰۸۱۱	۰۸۱۵	۰۸۲۵	**۰۸۳۲**
5W	۰۸۲۶	۰۸۳۵	۰۸۴۱	۰۸۴۵	۰۸۵۵	**۰۹۰۲**
6W	۰۸۵۶	۰۹۰۵	۰۹۱۱	۰۹۱۵	۰۹۲۵	**۰۹۳۲**
7W	۰۹۲۶	۰۹۳۵	۰۹۴۱	۰۹۴۵	۰۹۵۵	**۱۰۰۲**
8W	۰۹۵۶	۱۰۰۵	۱۰۱۱	۱۰۱۵	۱۰۲۵	**۱۰۳۲**
						PM
9W	۰۱۲۶	۰۱۳۵	۰۱۴۱	۰۱۴۵	۰۱۵۵	**۰۲۰۲**
10W	۰۱۵۶	۰۲۰۵	۰۲۱۱	۰۲۱۵	۰۲۲۵	**۰۲۳۲**
11W	۰۲۲۶	۰۲۳۵	۰۲۴۱	۰۲۴۵	۰۲۵۵	**۰۳۰۲**
12W	۰۲۵۶	۰۳۰۵	۰۳۱۱	۰۳۱۵	۰۳۲۵	**۰۳۳۲**
13W	۰۳۲۶	۰۳۳۵	۰۳۴۱	۰۳۴۵	۰۳۵۵	**۰۴۰۲**
14W	۰۳۵۶	۰۴۰۵	۰۴۱۱	۰۴۱۵	۰۴۲۵	**۰۴۳۲**
15W	۰۴۲۶	۰۴۳۵	۰۴۴۱	۰۴۴۵	۰۴۵۵	**۰۵۰۲**
16W	۰۴۵۶	۰۵۰۵	۰۵۱۱	۰۵۱۵	۰۵۲۵	**۰۵۳۲**
17W	۰۵۲۶	۰۵۳۵	۰۵۴۱	۰۵۴۵	۰۵۵۵	**۰۶۰۲**
18W	۰۵۵۶	۰۶۰۵	۰۶۱۱	۰۶۱۵	۰۶۲۵	**۰۶۳۲**

ساخت برنامه زمان‌بندی مرجع برای جهت شرقی نیز به طریق مشابه انجام می‌گیرد. جدول شماره ۴برنامه زمان‌بندی مرجع را برای خط شماره ۳۲ برای هر دو جهت شرقی و غربی نشان می‌دهد.

جدول شماره ۴: برنامه زمان‌بندی مرجع خط شماره ۳۲

CBS	COW	CSM	COC	4GR	RGM		RGM	4GR	COC	CSM	COW	CBS
					غربی							شرقی
۰۶۲۶	۰۶۳۵	۰۶۴۱	۰۶۴۵	۰۶۵۵	۰۷۰۲							
۰۶۵۶	۰۷۰۵	۰۷۱۱	۰۷۱۵	۰۷۲۵	۰۷۳۲		۰۶۱۰	۰۶۱۷	۰۶۲۷	۰۶۳۱	۰۶۳۷	۰۶۴۶
۰۷۲۶	۰۷۳۵	۰۷۴۱	۰۷۴۵	۰۷۵۵	۰۸۰۲		۰۶۴۰	۰۶۴۷	۰۶۵۷	۰۷۰۱	۰۷۰۷	۰۷۱۶
۰۷۵۶	۰۸۰۵	۰۸۱۱	۰۸۱۵	۰۸۲۵	۰۸۳۲		۰۷۱۰	۰۷۱۷	۰۷۲۷	۰۷۳۱	۰۷۳۷	۰۷۴۶
۰۸۲۶	۰۸۳۵	۰۸۴۱	۰۸۴۵	۰۸۵۵	۰۹۰۲		۰۷۴۰	۰۷۴۷	۰۷۵۷	۰۸۰۱	۰۸۰۷	۰۸۱۶
۰۸۵۶	۰۹۰۵	۰۹۱۱	۰۹۱۵	۰۹۲۵	۰۹۳۲	AM	۰۸۱۰	۰۸۱۷	۰۸۲۷	۰۸۳۱	۰۸۳۷	۰۸۴۶
۰۹۲۶	۰۹۳۵	۰۹۴۱	۰۹۴۵	۰۹۵۵	۱۰۰۲		۰۸۴۰	۰۸۴۷	۰۸۵۷	۰۹۰۱	۰۹۰۷	۰۹۱۶
۰۹۵۶	۱۰۰۵	۱۰۱۱	۱۰۱۵	۱۰۲۵	۱۰۳۲		۰۹۱۰	۰۹۱۷	۰۹۲۷	۰۹۳۱	۰۹۳۷	۰۹۴۶
							۰۹۴۰	۰۹۴۷	۰۹۵۷	۱۰۰۱	۱۰۰۷	۱۰۱۶
					غربی							شرقی
۰۱۲۶	۰۱۳۵	۰۱۴۱	۰۱۴۵	۰۱۵۵	۰۲۰۲							
۰۱۵۶	۰۲۰۵	۰۲۱۱	۰۲۱۵	۰۲۲۵	۰۲۳۲		۰۱۴۰	۰۱۴۷	۰۱۵۷	۰۲۰۱	۰۲۰۷	۰۲۱۶
۰۲۲۶	۰۲۳۵	۰۲۴۱	۰۲۴۵	۰۲۵۵	۰۳۰۲		۰۲۱۰	۰۲۱۷	۰۲۲۷	۰۲۳۱	۰۲۳۷	۰۲۴۶
۰۲۵۶	۰۳۰۵	۰۳۱۱	۰۳۱۵	۰۳۲۵	۰۳۳۲		۰۲۴۰	۰۲۴۷	۰۲۵۷	۰۳۰۱	۰۳۰۷	۰۳۱۶
۰۳۲۶	۰۳۳۵	۰۳۴۱	۰۳۴۵	۰۳۵۵	۰۴۰۲		۰۳۱۰	۰۳۱۷	۰۳۲۷	۰۳۳۱	۰۳۳۷	۰۳۴۶
۰۳۵۶	۰۴۰۵	۰۴۱۱	۰۴۱۵	۰۴۲۵	۰۴۳۲	PM	۰۳۴۰	۰۳۴۷	۰۳۵۷	۰۴۰۱	۰۴۰۷	۰۴۱۶
۰۴۲۶	۰۴۳۵	۰۴۴۱	۰۴۴۵	۰۴۵۵	۰۵۰۲		۰۴۱۰	۰۴۱۷	۰۴۲۷	۰۴۳۱	۰۴۳۷	۰۴۴۶
۰۴۵۶	۰۵۰۵	۰۵۱۱	۰۵۱۵	۰۵۲۵	۰۵۳۲		۰۴۴۰	۰۴۴۷	۰۴۵۷	۰۵۰۱	۰۵۰۷	۰۵۱۶
۰۵۲۶	۰۵۳۵	۰۵۴۱	۰۵۴۵	۰۵۵۵	۰۶۰۲		۰۵۱۰	۰۵۱۷	۰۵۲۷	۰۵۳۱	۰۵۳۷	۰۵۴۶
۰۵۵۶	۰۶۰۵	۰۶۱۱	۰۶۱۵	۰۶۲۵	۰۶۳۲							

آخرین گام پس از ساخت برنامه زمان‌بندی مرجع این است که انواع برنامه‌های زمان‌بندی ایجاد شوند.

برنامه زمان‌بندی اعزام اتوبوس از پایانه شرقی ستون اول جدول شماره ۴ و برنامه زمان‌بندی اعزام از پایانه غربی ستون آخر جدول شماره ۴ می‌باشد. برنامه زمان‌بندی ایستگاه‌ها نیز ستون‌های مربوط به هر ایستگاه در جدول شماره ۴ خواهند بود. مسئله مهم در ساخت برنامه زمان‌بندی ایستگاه‌ها این است که باید عبور چند خط در آن در نظر گرفته شود، به عنوان مثال، اگر دو خط از یک ایستگاه عبور می‌کند، باید زمان رسیدن اتوبوس هر خط کاملاً مشخص شود.