



علم شبکه‌ها و CPM و کاربرد آن در کارتوگرافی

تدوین: فرید الویری

یکی از حساسترین وظایف مدیریتی، برنامه‌ریزی می‌باشد. سایر وظایف مدیریتی یعنی سازماندهی، رهبری و کنترل، هدفهایی را پی می‌گیرند که در فرآیند برنامه‌ریزی تهیه شده است. به سختی دیگر، برنامه‌ریزی شامل تعریف هدفهای سازمانی تعیین راهرو برای نیل به این هدفها و پدید آوردن سلسله مراتبی از برنامه‌های جامع برای یک پارچه کردن و هماهنگی فعالیتهاست.

فرآیند برنامه‌ریزی شامل تعیین مأموریت سازمان، مشخص کردن هدفها و پدید آوردن برنامه‌هاست. ابزارهای برنامه‌ریزی، شیوه‌هایی هستند که مدیران می‌توانند برای پدید آوردن برنامه‌ها از آنها مدد بگیرند. یک دسته از این ابزارها «کنترل زمانی» است. کنترل زمانی فرآیندی است برای تنظیم فهرستی از جزئیات، فعالیتهایی که باید برای تحقق هر هدف اجرا شود. این فهرست کردن جزئیات بخش مکمل برنامه‌ریزی سازمانی است.

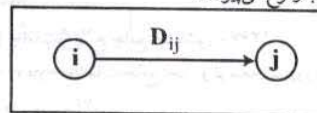
ابتدا به معرفی CPM که یک روش کنترل در برنامه‌ریزی است می‌پردازیم سپس کاربرد آن را در تولید نقشه در واحد کارتوگرافی دیجیتال توضیح می‌دهیم.

شبکه CPM نمایش گرافیکی طرحی می‌باشد که ارتباط بین فعالیتهای مختلف طرح را نشان می‌دهد. این طرح برای اولین بار در سال ۱۹۵۸ میلادی به نام Critical Path Method ارائه شد. در ترسیم شبکه، فعالیتها را با برداری که شرح کار و زمان در آن نوشته شده است، نشان می‌دهند. ابتدا و انتهای فعالیتها (بردارها) را واقعه می‌گویند که به صورت دایره شماره‌دار نشان داده می‌شود. فعالیت مجازی، برداری است که فقط وابستگی را نشان می‌دهد و زمان مصرف نمی‌کند و با خط چین نمایش داده می‌شود. قبل از اینکه فعالیتی شروع شود، باید تمام فعالیتهای قبل از آن کامل شده باشد.

حرکت محاسبات شامل دو عبور محاسباتی در طول شبکه هستند. یکی از گروه (واقعه) آغازین به پایانی به نام حرکت رفت Forward Pass و دیگری از گروه پایانی به گروه آغازین به نام backward pass یا حرکت برگشت.

در حرکت رفت براساس زمان واقعه آغازین، زودترین زمانهای ممکن برای وقوع واقعه‌های شبکه تعیین می‌شود.

در حرکت برگشت براساس زمان مشخص شده برای وقوع واقعه پایانی، دیرترین زمانهای وقوع واقعه‌های شبکه تعیین می‌شود. فعالیتها یا واقعه‌هایی را که دیرترین زمان شروع آنها مساوی زودترین زمان شروع آنها باشد فعالیتهای بحرانی می‌نامند. و مسیری که این واقعه‌ها را بهم پیوند می‌دهد مسیر بحرانی شناخته می‌شود. دو واقعه‌ای که از آن به وقوع می‌پیوندد:



- D_{ij} = برآورد زمان متوسط فعالیت $i-j$
- E_i = زودترین زمان وقوع واقعه i
- L_i = دیرترین زمان وقوع واقعه i
- E_{Sij} = زودترین زمان شروع فعالیت $i-j$
- E_{Fij} = زودترین زمان ختم فعالیت $i-j$
- L_{Sij} = دیرترین زمان شروع فعالیت $i-j$
- L_{Fij} = دیرترین زمان ختم فعالیت $i-j$

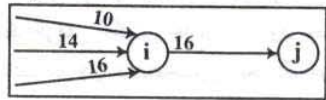
محاسبه حرکت رفت

محاسبه حرکت رفت به منظور زودترین زمانهای وقوع واقعه‌های یک شبکه انجام می‌شود و شامل سه دستورالعمل است.

(۱) فرض شود که واقعه آغازین در زمان صفر واقع می‌شود یعنی $E_1 = 0$.

(۲) فرض شود که همه فعالیتها در زودترین زمان ممکن شروع می‌شوند یعنی بلافاصله بعد از آنکه همه فعالیتهای ماقبل آنها خاتمه یابد.

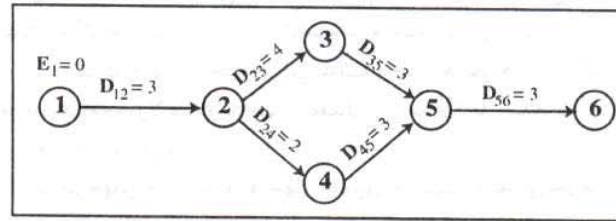
$$ES_{ij} = \max(EF_{ki} \forall k)$$



مثال ۱: اگر فعالیتهای قبل از i در روزهای ۱۰، ۱۴ و ۱۶ تمام شود فعالیت i باید در روز شانزدهم شروع شود.

(۳) زودترین زمان ختم یک فعالیت برابر است با حاصل جمع زودترین زمان شروع و مدت زمان اجرای آن فعالیت

$$EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij}$$



$$E_{1-2} = 0 + 3 = 3$$

$$E_{2-3} = 3 + 4 = 7$$

$$E_{2-4} = 3 + 2 = 5$$

در این مثال زودترین زمان ختم یک پروژه که شامل فعالیت از ۱ تا ۶ می‌باشد جمعا ۱۳ روز است.

$$E_{5-6} = 13$$

محاسبه حرکت برگشت

این محاسبه شامل قواعد زیر است:

(۱) دیرترین زمان مجاز برای وقوع واقعه پایانی را برابر با مقدار دلخواه یا برابر زودترین زمان وقوع آن واقعه در نظر می‌گیریم. در مثال $L_6 = E_6 = 13$ می‌تواند باشد.

(۲) از آخرین فعالیت شروع کرده و به طرف واقعه آغازین به صورت زیر حرکت می‌کنیم: دیرترین زمان ختم فعالیت $i-j$ را برابر با کوچکترین مقدار دیرترین زمانهای شروع فعالیتها بلافاصله بعد از $i-j$ می‌گیریم:

$$LF_{ij} = \min(LS_{jk} \forall k)$$

(۳) دیرترین زمان شروع یک فعالیت برابر است با دیرترین زمان ختم منهای مدت زمان اجرای آن فعالیت یعنی:

$$L_{Sij} = LF_{ij} - D_{ij}$$

$$LS_{5-6} = 13 - 3 = 10$$

$$LS_{3-5} = 10 - 7 = 3$$

$$LS_{4-5} = 10 - 3 = 7$$

و مسیر بحرانی عبارت است از مسیر 1-2-3-5-6 در مثال ۲.

با توجه به مطالب فوق اینک به حل یک مسئله که عبارت است از برنامه‌ریزی برای تولید یک نقشه (با $\frac{1}{50000}$ یا $\frac{1}{75000}$) که توسط مدیریت کارتوگرافی دیجیتال انجام می‌شود می‌پردازیم. این برنامه‌ریزی که به وسیله شبکه‌بندی CPM انجام می‌شود در واقع مدت زمان لازم را که برای شروع به طراحی توسط عامل طراحی انجام می‌گیرد که تا رسیدن به مرحله چاپ مورد نیاز است، برآورد می‌کند. و مدیر کارتوگرافی به وسیله CPM می‌تواند مقدار پیشرفت هر عامل و در نتیجه کل واحد را زیر نظر بگیرد.

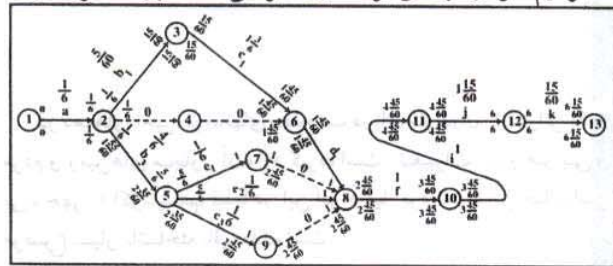
مرحله اول:

ابتدا لازم است تا کلیه فعالیتهای لازم برای تولید یک نقشه را فهرست کرده و سپس شبکه CPM را با توجه به اولویت فعالیت ترسیم کرد. زمان لازم نیز محاسبه می‌شود.

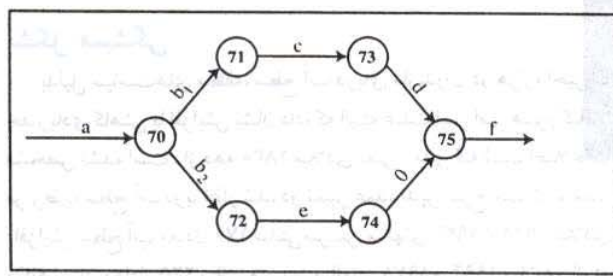


i	j	زمان بر حسب ساعت	ES	EF	LS	LF
1	2	$\frac{1}{6}$	0	$\frac{1}{6}$	0	$\frac{1}{6}$
2	3	$\frac{5}{60}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{15}{60}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{15}{60}$
2	4	0	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$1 \frac{45}{60}$	$1 \frac{45}{60}$
2	5	$\frac{40}{60}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{5}{6}$	$1 \frac{55}{60}$	$2 \frac{35}{60}$
3	6	$1 \frac{3}{6}$	$\frac{15}{60}$	$1 \frac{45}{60}$	$\frac{15}{60}$	$1 \frac{45}{60}$
4	6	0	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$1 \frac{45}{60}$	$1 \frac{45}{60}$
5	7	$\frac{1}{6}$	$\frac{5}{6}$	1	$2 \frac{35}{60}$	$2 \frac{45}{60}$
5	8	$\frac{1}{6}$	$\frac{5}{6}$	1	$2 \frac{35}{60}$	$2 \frac{45}{60}$
5	9	$\frac{1}{6}$	$\frac{5}{6}$	1	$2 \frac{35}{60}$	$2 \frac{45}{60}$
6	8	1	$1 \frac{45}{60}$	$2 \frac{45}{60}$	$1 \frac{45}{60}$	$2 \frac{45}{60}$
7	8	0	1	1	$2 \frac{45}{60}$	$2 \frac{45}{60}$
8	10	1	$2 \frac{45}{60}$	$3 \frac{45}{60}$	$2 \frac{45}{60}$	$3 \frac{45}{60}$
10	11	1	$3 \frac{45}{60}$	$4 \frac{45}{60}$	$3 \frac{45}{60}$	$4 \frac{45}{60}$
11	12	$1 \frac{15}{60}$	$4 \frac{45}{60}$	6	$4 \frac{45}{60}$	6
12	13	$\frac{15}{60}$	6	$6 \frac{15}{60}$	6	$6 \frac{15}{60}$

ترسیم نمودار شبکه‌ای مرحله اول (طراحی نقشه) جهت کنترل کار:



کد	شرح فعالیت
a	کنترل نقشه توسط عامل کنترل
b1	مجوز صدور فیلم مشکی و دریافت آن توسط دستگاه processor
b2	کاربر روی نقشه دیگر هنگامیکه عامل کنترل در حین کنترل است
c	کنترل فیلم مشکی توسط عامل کنترل و صدور مجوز برای گرفتن ۶ فیلم مثبت دیگر
d	کنترل فیلمهای دریافت شده و صدور امضاء چاپ و ارسال به چاپخانه
e	اتمام کار و چاپ نمونه نقشه جدید و ارسال به واحد کنترل نظارت هنگامیکه عامل کنترل مشغول بررسی فیلمهای مثبت باشد
f	شروع کار بعدی



قسمتی از شبکه CPM مربوط به عملیات آخر تولید نقشه

طبق فرمولهای محاسبات دیرترین و زودترین زمان شروع و ختم یک فعالیت جدول زیر به دست می آید:

کل زمان به دست آمده برای مرحله اول (طراحی نقشه) ۶ ساعت و ۱۵ دقیقه مسیر بحرانی طبق نمودار و محاسبات به دست آمده مسیر 1-2-3-4-6-8-10-11-12-13 می باشد. که نشان دهنده آن است که واقعه‌های 1-2-3-4-6-8-10-11-12-13 دارای هیچگونه انعطاف پذیری نیستند. در صورتی که مثلاً واقعه 9 می تواند به اندازه $1 \frac{45}{60}$ ساعت انعطاف داشته باشد $[(LS-ES=LF-EF=2 \frac{45}{60} - 1 = 1 \frac{45}{60})]$ واقعه 9 اصطلاحاً دارای $1 \frac{45}{60}$ ساعت فرجه یا شناوری است و واقعه‌های مسیر بحرانی دارای فرجه نیستند.

فهرست فعالیتهای لازم توسط طراح در مرحله اول (طراحی نقشه):

شرح فعالیت	کد فعالیت	برآورد زمان متوسط فعالیت (به ساعت)
دریافت دستور طراحی نقشه الف توسط طراح از مبد پرکار توگرافی - (شروع واقعه ۱)	-	-
ایجاد DXF کردن لایه‌های نقشه در نرم افزار Auto cad از عامل طرح به عامل دیجیتال و گرفتن File های DXF شده از شبکه کامپیوتر	a	$\frac{1}{6}$
تبدیل فایل های DXF شده به EPSF به وسیله نرم افزار Cad mover	b1	$\frac{5}{60}$
گرفتن مدارک نقشه و لیست مشخصات دکارتی نقشه از عامل دیجیتال	b2	0
گرفتن سایر مدارک (فیلم آبی و دو فیلم قهوه‌ای) از واحد آرشیو فنی	b3	$\frac{4}{6}$
Load کردن فایل های EPSF شده و مونتاژ لایه‌ها در نرم افزار Illustrator	c1	$1 \frac{3}{6}$
محاسبه درصد scale برای اندازه کردن کلیه لایه‌ها بر این اندازه واقعی نقشه	c2	0
اسکن فیلم آبی توسط عامل اسکن و به وسیله دستگاه scanner دریافت آن از شبکه کامپیوتر	e1	$\frac{1}{6}$
اسکن فیلم قهوه‌ای اول توسط عامل اسکن و دریافت آن از شبکه کامپیوتر	e2	$\frac{1}{6}$
اسکن فیلم قهوه‌ای دوم توسط عامل اسکن و دریافت آن از شبکه کامپیوتر	e3	$\frac{1}{6}$
دادن scale برای همه اندازه کردن لایه‌های اولیه در کامپیوتر و طراحی تک لایه‌ها جهت طراحی کل نقشه	d1	1
رونش هر سه فیلم اسکن شده در نرم افزار photoshop و مونتاژ هر سه اسکن روی نقشه در محیط illustrator	f	1
مونتاژ اسامی مشکی و آبی بر روی نقشه طراحی شده	I	1
بستن نقشه و انعام طرح آن - سپس چاپ دو نمونه کاغذی بطور جدا گانه (هر نمونه شامل ۹ برگ کاغذ A4 موزائیکر در کاغذهای A4 و سپس ارسال آنها به همرامدارک نقشه به واحد کنترل نظارت جهت کنترل اولیه نقشه	J	$1 \frac{15}{60}$
	K	$\frac{15}{60}$

فعالیهایی مانند 2-4 و یا 7-8 فقط وابستگی را نشان می دهند و زمان لازم برای وقوع آنها قابل صرف نظر کردن است. لذا این فعالیتها مجازی بوده و به صورت خط چین و با زمان صفر نشان داده شدند.

عامل طراح در این مرحله نقشه «ب» را تحویل گرفته و مراحل مرحله اول را طبق شبکه CPM تکرار می کند تا اینکه نقشه الف برای تصحیح به قسمت کار توگرافی عودت داده می شود. **مرحله دوم:** در این صورت در هر قسمت از شبکه که پیش رفته باشد کار جدید را موقتاً متوقف ساخته و نقشه الف را برای تصحیح به صفحه کامپیوتر فرا می خواند و پس از اتمام کامل مجدداً نمونه چاپی کاغذی را برای مرحله نهائی به واحد کنترل نظارت ارسال می کند و پروژه جدید (نقشه ب) را طبق برنامه شبکه CPM ادامه می دهد. در این مرحله برآورد زمان کاری کل شبکه کمی بیش از ۶ ساعت و ۱۵ دقیقه خواهد بود.

مرحله آخر:

هنگامی که نقشه ارسال شده مجدداً عودت داده شود پس از رفع اشکالات وارده عملیات زیر را می توان فهرست کرد تا قسمتی از شبکه عملیات به شکل زیر طرح ریزی گردد: عملیتهای لازم پس از رفع اشکالات نقشه بازگشتی (مرحله آخر). در این مرحله نیز برآورد کاری از نظر زمان بندی نیز با توجه به موارد فوق می تواند در حدود ۷ ساعت باشد که بسته به شرایط بین فعالیتها و نسبت به نوع هر فعالیت تقسیم می شود.