

توسعه مفهوم DBRS در تئوری محدودیت‌ها

احمد ماکویی
دانشجوی دکترا

میربهادر قلی آریانزاد
استاد

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

تئوری محدودیت‌ها یکی از دیدگاه‌های جدید در برنامه‌ریزی تولید است که در کنار MRP-II و JIT مطرح گردیده است. تکنیک تئوری محدودیت‌ها جهت زمان بندی، DBRS نامیده می‌شود که طی آن در یک سیستم تولید چند مرحله‌ای، زمان تخصیص یافته به تمام مراحل، برابر با زمان گلوگاه اصلی در نظر گرفته می‌شود و متعاقب آن، کار زمان بندی براساس اصول تئوری محدودیت‌ها انجام می‌شود. در این مقاله با استفاده از ارتباط ما بین دسته‌های انتقالی و ستانده سیستم تولید، DBRS موجود، توسعه یافته و با تغییر اندازه دسته‌های انتقالی با کمک یک رابطه ریاضی، ستانده بیشتری از سیستم حاصل می‌گردد.

کلمات کلیدی

تئوری محدودیت‌ها - DBRS - دسته انتقالی - سیستم‌های تولید چند مرحله‌ای.

The Development DBRS Concept in Theory of Constraints

M. B. Aryanezhad
Professor

A. Makui
Ph. D. Student

Industrial of Engineering Department,
University of Science and Technology

Abstract

The theory of constraints along with MRP-II and JIT is considered to be a fairly new concept in production planning. The implementation of this technique in scheduling is called Drum Buffer Rope Scheduling (DBRS) where in a multistage production planning, the time allocated for the entire stages is considered to be the same as the bottleneck resource. In this paper, we use the relationship between transfer batches and throughput in a production system in order to develop a new improved concept for DBRS to result more throughput in a given time interval.

Keywords

Theory of Constraints, Drum Buffer Rope Scheduling (DBRS), Transfer Batches, Multistage Production Planning.

تئوری محدودیت‌ها یکی از دیدگاه‌های جدید در برنامه‌ریزی و بهبود سیستم‌های تولید می‌باشد که در دههٔ هشتاد توسط گلدرات ابداع و به جامعهٔ علمی معرفی گردید. این دیدگاه که برای رفع مشکلات موجود در برنامه‌ریزی منابع تولیدی MRP-II و تولید بهنگام JIT بوجود آمده است، دارای دو مفهوم اساسی است: الف) هر سیستم تولیدی لاقبل دارای یک محدودیت می‌باشد، محدودیت هر عاملی است که باعث می‌گردد تا سیستم نتواند به کارایی بالاتری در قبال آرمان هایش دست یابد [۱]. ب) وجود محدودیت‌ها نشان دهنده توان بالقوه برای رشد و بهبود است. از دیدگاه تئوری محدودیت‌ها پدیده‌های مثبت هستند و نه منفی.

این محدودیت‌ها می‌توانند فیزیکی باشند (مواد، ماشین آلات، انسانها، تقاضا) و یا مدیریتی باشند (سیاست‌های مدیریت در قبال سیستم تولید).

روش زمان‌بندی سیستم تولید در تئوری محدودیت‌ها، DBRS نامیده می‌شود. وجه تسمیه این نام گذاری، مربوط به مثالی است که گلدرات در کتاب خود تحت عنوان The goal، در خصوص راه پیمایی یک دسته پسران کوهنورد ارائه داده است. یکی از موارد اساسی در تئوری محدودیت‌ها، وجود تمایز مابین دسته فرآیندی و دسته انتقالی در تولید می‌باشد [۲]. دسته فرآیندی عبارت است از تعدادی از یک قطعه یا محصول که پس از آنکه یک ایستگاه برای آن قطعه یا محصول تنظیم گردید، پیش از تنظیم مجدد آن برای تولید قطعه یا محصول بعدی، از آن تولید می‌گردد.

دسته انتقالی عبارت است از تعدادی از قطعه یا محصول که به طور فیزیکی از یک ایستگاه به ایستگاه بعدی حمل می‌گردد. هر مقدار حجم دسته انتقالی بزرگتر باشد، حجم موجودی‌های نیمه ساخته بیشتر شده، و در نتیجه پیش‌زمان تولید طولانی‌تر خواهد شد. لذا تئوری محدودیت‌ها به دنبال آن است که حجم دسته انتقالی تا حد مقدور کوچکتر باشد. [۳] به طور خلاصه مفهوم DBRS این چنین است:

در حالت ایده آل، تمامی ایستگاه‌های غیر گلوگاهی که قبل از ایستگاه گلوگاهی قرار دارند، به محض ارسال قطعه از اولین ایستگاه، تولید را آغاز می‌کنند. پس قطعات بسیار سریع از ایستگاه تغذیه کنندهٔ مواد اولیه به ذخیره محدودیت حرکت داده می‌شوند. سپس این قطعات به مدت نامعلومی در ذخیره محدودیت منتظر می‌مانند تا نوبت به عملیات آنها در گلوگاه برسد. به محض آنکه گلوگاه شروع به عملکرد روی قطعه نمود به صورت ایده آل، تمامی ایستگاه‌های غیر گلوگاهی مابین محدودیت و ایستگاه ارسال، فعال خواهند شد و قطعه به سمت ایستگاه نهائی پیش برده می‌شود.

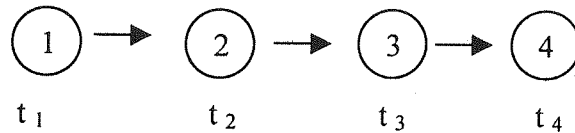
پس DBRS از دو مرحله تشکیل یافته است: اولاً یک زمان بندی دقیق برای گلوگاه باید ایجاد شود. این زمان‌بندی طبل (Drum) نامیده می‌شود. ثانیاً باید تعیین شود که چقدر زمان لازم است تا مواد از گلوگاه به ایستگاه برسند. این فاصله زمانی طناب (Rope) نامیده می‌شود. چرا که ارتباط مابین ایستگاه تغذیه کننده مواد را به گلوگاه نشان میدهد. به طوریکه گلوگاه بتواند مواد را به هنگام نیاز از این ایستگاه به جلو بکشد. یک طناب نیز مواد را از گلوگاه به ایستگاه ارسال نهائی می‌کشد. (یا در صورتی که محصولی داشته باشیم که نیاز به عملیات در گلوگاه نداشته باشد، این طناب آنرا از ایستگاه تغذیه مواد اولیه به سمت ایستگاه ارسال محصول نهائی می‌کشد).

پس می‌توان DBRS را به صورت خلاصه زیر بیان نمود:

گلوگاه را شناسائی کنید. کارها را در گلوگاه زمان‌بندی کنید. روی اندازهٔ ذخیره گلوگاه تصمیم بگیرید (طول طناب از ایستگاه تغذیه به ایستگاه ارسال). روی اندازهٔ ذخیره ارسال تصمیم بگیرید (در حقیقت زمان تحویل کالا به مشتری تعیین می‌شود)

۱- طرح مسأله

یک سیستم تولید چهار مرحله‌ای را در نظر بگیرید. فرض کنید که شکل زیر نشانگر این سیستم باشد. علائم نوشته شده در زیر هر یک از دایره‌ها زمان عملیات یک واحد محصول در آن مرحله خواهد بود:



شکل (۱) مثالی از یک سیستم تولید چهار مرحله‌ای.

اگر فرض کنیم که مرحله سوم مرحله گلوگاهی باشد بدین معناست که $t_3 > t_1$ و $t_3 > t_2$ ، $t_3 > t_4$ ، DBRS به این صورت عمل می‌کند که زمان عملیات در تمام مراحل می‌باید به میزان t_3 ، یعنی زمان گلوگاه در نظر گرفته شود. عملاً با این کار، مراحل غیر گلوگاهی دچار مازاد ظرفیت خواهند شد و مقداری زمان‌های بیکاری در هر بار انجام عملیات روی هر قطعه یا محصول وجود خواهد داشت. ولی این شکل از زمان بندی، باعث خواهد گردید تا از انباشته شدن موجودی نیمه ساخته در پشت گلوگاه جلوگیری شود. البته مراحل پس از گلوگاه، بالاجبار قادر نخواهند بود تا سریعتر از گلوگاه تولید داشته باشند.

در این میان نقش دسته‌های انتقالی مابین مراحل تولید بسیار مهم می‌باشد. در تئوری محدودیت‌ها، اندازه دسته فرآیندی برای تولید یک محصول برابر با مقدار تقاضای آن محصول در نظر گرفته می‌شود. بدین معنا که سیستم هنگامی که شروع به تولید یک محصول خاص نماید، تولید آنرا تا اتمام تقاضا از آن محصول، متوقف نخواهد نمود. ولی در خصوص اندازه دسته‌های انتقالی، تئوری محدودیت‌ها معتقد به کاهش اندازه آنها تا حد مقدور بوده و حتی توصیه می‌نماید که اندازه دسته‌های انتقالی تا میزان ۱ نیز تقلیل داده شوند. Russel و Fry [۴] نیز ضمن مطالعات خود به این نتیجه رسیده‌اند که در محیط DBRS با تقسیم دسته‌های فرآیندی به دسته‌های کوچک تر جهت تشکیل دسته‌های انتقالی، کارایی سیستم تولید افزایش خواهد یافت. با توجه به مثال چهار مرحله‌ای که ملاحظه گردید، زمان بین هر دو خروجی متوالی از مرحله چهارم، t_3 خواهد بود. به بیان دیگر در هر سیستم DBRS زمان سیکل تولید به اندازه زمان مرحله گلوگاهی می‌باشد و این در شرایطی است که اندازه دسته‌های انتقالی را با همدیگر برابر فرض نموده و جهت دارا بودن کمترین پیش زمان تولید، مقدار آن برابر با ۱ فرض شود. ولی آیا می‌توان با متغیر فرض نمودن اندازه دسته‌های انتقالی به شرایطی دست یافت که خروجی سیستم تولید چند، مرحله‌ای بیش از DBRS کلاسیک گردد؟ در این حالت چه رابطه‌ای مابین اندازه‌های متغیر دسته‌ها وجود خواهد داشت؟

۲- توسعه DBRS

با استفاده از یک مدل ریاضی ابتکاری برای زمان بندی و نیز با بررسی تعداد زیادی مثالهای مختلف با کمک مدل یادشده [۳]، نتیجه گیری ذیل حاصل شده است:

- در یک سیستم تولید n مرحله ای سری، بیشترین خروجی سیستم زمانی حاصل خواهد شد که اندازه دسته‌های انتقالی متغیر فرض شده و مابین اندازه هر دسته انتقالی با دسته انتقالی پیش از آن رابطه زیر وجود داشته باشد:

$$\frac{BS_j}{BS_{j-1}} = \frac{t'_2}{t'_1} = \frac{t'_3}{t'_2} = \dots = \frac{t'_n}{t'_{n-1}} \quad (1)$$

در این رابطه، t'_1 ، t'_2 تا t'_n به ترتیب زمان‌های تخصیص یافته به عملیات هر قطعه در مرحله اول، دوم تا n ام هستند. BS_j اندازه j امین دسته انتقالی و BS_{j-1} اندازه $(j-1)$ امین دسته انتقالی است. طبیعی است که رابطه (۱) در تمام شرایط ممکن است برقرار نباشد و اگر زمان‌های عملیات قطعات در مراحل تولید به گونه‌ای باشند که نتوان نسبتی به جز عدد ۱ برای این رابطه بدست آورد، عملاً همان سیستم کلاسیک DBRS بدست خواهد آمد. در اینجا لازم به توضیح است که زمان اختصاص یافته برای عملیات یک قطعه در یک مرحله، الزاماً برابر با زمان عملیات آن قطعه نخواهد بود. به عنوان مثال، در DBRS کلاسیک، زمان اختصاص یافته به هر مرحله، برابر با زمان عملیات در مرحله گلوگاهی است.

برای نشان دادن مزیت رابطه (۱) بر DBRS کلاسیک، استدلال ذیل ارائه می‌گردد:
 فرض کنید که در سیستم DBRS کلاسیک، اندازه دسته انتقالی را BS و زمان گلوگاهی در سیستم تولید n مرحله ای t_{max} در نظر گرفته شود. در این صورت اگر مجموع تقاضا را D بنامیم تعداد دسته‌های انتقالی برابر با $\frac{D}{BS} = k$ خواهند بود.
 اگر مجموع کل زمان اتمام عملیات را روی کل تقاضا با T_1 نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$T_1 = (BS \times t_{max} \times k) + (n-1) \times (BS) \times t_{max}$$

$$T_1 = BS \times t_{max} \times \frac{D}{BS} + (n-1) \times BS \times t_{max}$$

$$T_1 = D \times t_{max} + (n-1) \times BS \times t_{max}$$

حال برای سیستم فوق الذکر، توسعه DBRS و کاربرد رابطه (۱) را در نظر بگیرید. در این حال زمان‌های تخصیص یافته به عملیات مراحل تولید را به ترتیب با $t'_1, t'_2, t'_3, \dots, t'_n$ نشان داده میشود:

$$t'_1 \quad t'_2 \quad t'_3 \quad \dots \quad t'_{max}$$

t_{max} همان زمان گلوگاه است.

$$\frac{t'_2}{t'_1} = \frac{t'_3}{t'_2} = \dots = \frac{t'_n}{t'_{n-1}} = \frac{BS_j}{BS_{j-1}}$$

$$t'_j \times BS_{j-1} = t'_{j-1} \times BS_j$$

اگر زمان کل اتمام تقاضای D را با T_2 نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$T_2 = \left(\sum_{j=1}^L BS_j \times t'_n \right) + BS_1 \times \sum_{j=2}^n t'_j$$

$$\sum_{j=1}^L BS_j = D$$

به گونه‌ای که

$$T_2 = D \times t'_n + BS_1 \times \sum_{j=2}^n t'_j$$

داریم

با مقایسه جزء به جزء T_1 و T_2 ملاحظه می‌گردد که در خصوص جزء اول، $D \times t'_n = D \times t_{max}$ از آنجائیکه بهترین حالت در DBRS کلاسیک هنگامی شامل می‌گردد که $BS = 1$ گردد. حال اگر فرض کنیم که اندازه اولین دسته یعنی $BS = 1$ نیز برابر با یک بوده است، در خصوص جزء دوم T_1 و T_2 خواهیم داشت:

$$\sum_{j=2}^n t'_j \leq (n-1) \times t_{max}$$

$$t'_j \leq t_{max}$$

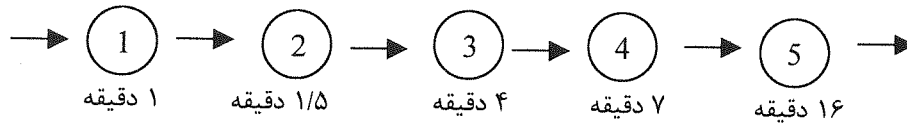
چرا که داریم:

$$T_2 \leq T_1$$

پس نتیجه می‌گیریم:

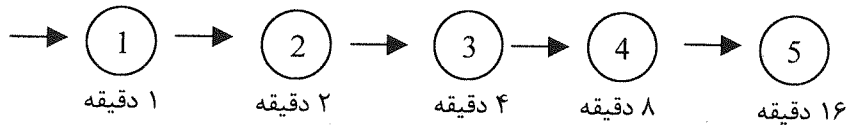
و لذا توسعه DBRS قادر به ایجاد زمان‌بندی مطلوب‌تری نسبت به DBRS کلاسیک می‌باشد.

برای روشن شدن مطلب، سیستم تولید ۵ مرحله‌ای زیر را در نظر بگیرید. اعداد نوشته شده در زیر مراحل، زمان‌های واقعی عملیات هر قطعه در آن مرحله می‌باشند.



شکل (۲) سیستم تولید ۵ مرحله‌ای با زمان‌های واقعی.

اگر زمان‌های تخصیص یافته به عملیات هر قطعه در هر مرحله را به صورت زیر در نظر بگیریم:

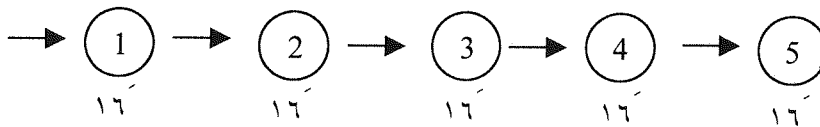


شکل (۲) سیستم تولید ۵ مرحله‌ای با زمان‌های تخصیص یافته.

در مرحله دوم، زمان واقعی عملیات ۱/۵ دقیقه بوده است که مقدار اختصاص یافته، ۲ دقیقه در نظر گرفته شده است، همینطور در مرحله چهارم زمان واقعی ۷ دقیقه بوده که مقدار اختصاص یافته به آن در ۸ دقیقه در نظر گرفته شده است. در این حالت می‌توان رابطه زیر را مابین اندازه دسته‌های انتقالی در نظر گرفت:

$$\frac{BS_j}{BS_{j-1}} = \frac{2}{1} = \frac{4}{2} = \frac{8}{4} = \frac{16}{8}$$

در این حالت اگر اندازه اولین دسته انتقالی برابر با ۱ در نظر گرفته شود. اندازه دومین دسته برابر ۲، سومین دسته برابر ۴، چهارمین دسته با ۸ و الی آخر خواهند بود (تا جائیکه تقاضا برآورده شود). در حالیکه در سیستم کلاسیک DBRS، چون مرحله ۵ مرحله گلوگاهی می‌باشد، زمان اختصاص یافته به تمام مراحل باید ۱۶ دقیقه باشد.

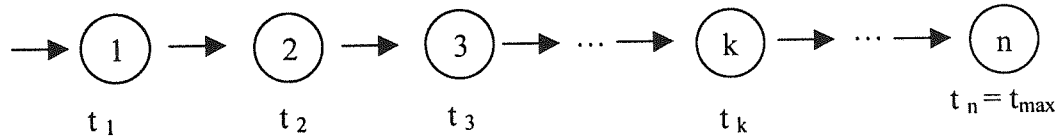


شکل (۴) سیستم تولید ۵ مرحله‌ای با DBRS کلاسیک.

رابطه (۱) جهت توسعه DBRS، شرایطی را فراهم می‌کند که زمان‌های انتظار و بیکاری دسته‌های انتقالی مابین مراحل تولید، به حداقل ممکن رسانیده می‌شود. در عین حال رابطه (۱) قادر است سیستم DBRS کلاسیک را نیز کاملاً پوشش دهد و در حقیقت DBRS کلاسیک حالت خاصی از رابطه (۱) خواهد بود. بسته به اینکه گلوگاه در ابتدای سیستم تولید یا در مراحل میانی و یا آخرین مرحله سیستم تولید قرار داشته باشد، می‌توان توسعه DBRS را مورد مطالعه قرار داد. در ذیل حالات مختلف توسعه DBRS بسته به مکان قرارگیری مرحله گلوگاهی در سیستم تولید، مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

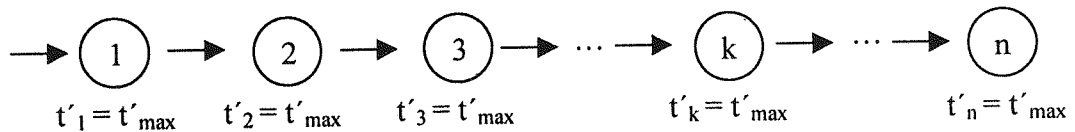
الف) مرحله گلوگاهی آخرین مرحله از سیستم تولید می‌باشد.

سیستم تولید n مرحله‌ای را در نظر بگیرید:



شکل (۵) سیستم تولید n مرحله ای با گلوگاه در آخرین مرحله.

اگر $t_1, t_2, t_3, \dots, t_k, \dots, t_n$ به ترتیب زمان‌های عملیات یک واحد محصول در مراحل ۱، ۲، ۳، ...، k، ...، n می‌باشند. اگر مرحله n ام را مرحله گلوگاهی فرض کنیم، پس بنابر DBRS کلاسیک $t_n = t_{max}$ بوده و لذا زمان‌های تخصیص یافته به این مراحل به صورت زیر خواهد بود.



شکل (۶) سیستم تولید n مرحله ای زمان‌های تخصیصی.

در این حالت با فرض اینکه تقاضا از محصول، برابر با D و اندازه دسته انتقالی نیز برابر با ۱ باشد (بهترین حالت)، کل زمان برای D واحد تقاضا، برابر مقدار زیر خواهد بود که آنرا با T_1 نشان دهیم:

$$T_1 = (n-1) \times t_{max} + D \times t_{max}$$

اگر بتوان برای همین سیستم، یک مقدار ثابت نظیر m به گونه‌ای بدست آورد که رابطه زیر برقرار گردد، می‌توان از توسعه DBRS به جای DBRS کلاسیک استفاده نمود:

$$\frac{t'_2}{t'_1} = \frac{t'_3}{t'_2} = \dots = \frac{t'_n}{t'_{n-1}} = m$$

در این حال با داشتن مقدار m، خواهیم داشت:

$$\frac{BS_j}{BS_j - 1} = m$$

(نسبت اندازه دسته‌های انتقالی به همدیگر)

در عین حال داریم:

$$t'_1 < t'_2 < t'_3 < \dots < t'_n = t_{max}$$

با فرض اینکه اندازه اولین دسته انتقالی برابر با ۱ باشد زمان عملیات D واحد محصول برابر خواهد بود با:

$$T_2 = (t'_1 + t'_2 + t'_3 + \dots + t'_{n-1}) + D \times t_{max}$$

با مقایسه T_1 و T_2 و با توجه به اینکه $(t'_1 + t'_2 + t'_3 + \dots + t'_{n-1}) < (n-1) \times t_{max}$ می‌باشد، $T_2 < T_1$ بوده و لذا توسعه DBRS زمان کمتری را صرف عملیات روی D واحد تقاضا می‌نماید تا DBRS کلاسیک.

(ب) مرحله گلوگاهی، اولین مرحله سیستم تولید می‌باشد.

در این حالت $t_1 = t_{\max}$ می‌باشد (مطابق شکل ۵)، لذا زمان‌های تخصیص یافته به مراحل 2، 3، ...، n نیز همگی باید برابر t_{\max} باشند. به بیان دیگر، در اینجا عملاً با همان شرایط DBRS کلاسیک مواجه خواهیم بود.

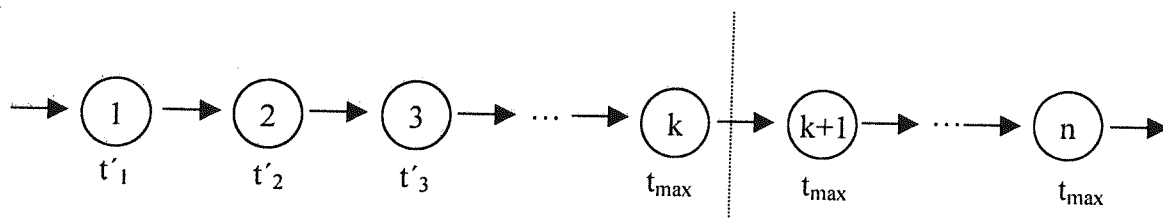
$$t'_1 = t'_2 = t'_3 = \dots = t'_n = t_{\max}$$

$$t_1 = t_{\max}$$

و توسعه DBRS به DBRS کلاسیک تبدیل می‌گردد.

(ج) مرحله گلوگاهی، یکی از مراحل میانی در سیستم تولید می‌باشد.

اگر سیستم تولید نشان داده در شکل (۵) را دوباره مورد نظر قرار دهیم، اینجا مرحله‌ای چون مرحله k گلوگاه خواهد بود. در این حالت با توجه به اینکه $t_k = t_{\max}$ می‌باشد، سیستم تولید به دو بخش تقسیم می‌گردد. مرحله 1 تا مرحله k و مرحله k+1 تا مرحله n. برای مرحله 1 تا k می‌توان از توسعه DBRS استفاده کرد و برای مرحله k+1 مطابق با DBRS کلاسیک زمان بندی خواهد شد. به بیان دیگر، زمانهای تخصیص یافته به مراحل تولید، مطابق با شکل ذیل خواهند بود.

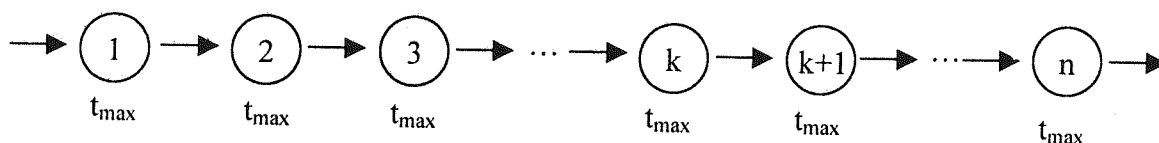


شکل (۷) سیستم تولید n مرحله‌ای با گلوگاه در یکی از مراحل میانی.

پس اگر بتوان ضریب ثابتی چون m را به گونه‌ای یافت که رابطه زیر برقرار باشد. می‌توان برای زمان بندی مراحل 1 تا k از توسعه DBRS بهره گرفت.

$$\frac{t'_2}{t'_1} = \frac{t'_3}{t'_2} = \dots = \frac{t'_k}{t'_{k-1}} = \frac{TB_j}{TB_{j-1}}$$

اگر قرار بود که سیستم فوق با DBRS کلاسیک زمان بندی شود، زمانهای اختصاص یافته به تمام مراحل تولید باید t_{\max} می‌شدند:



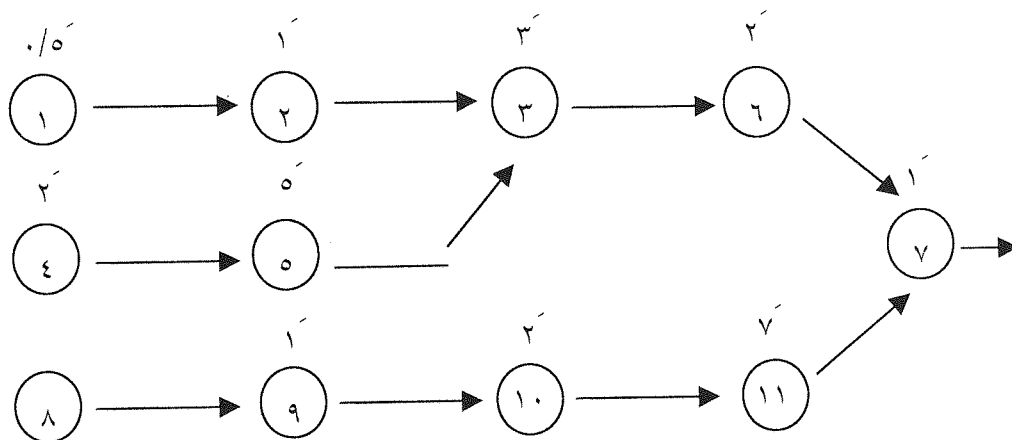
شکل (۸) سیستم تولید m مرحله‌ای با زمان‌های تخصیصی.

با مقایسه این دو شکل و نیز با توجه به اثبات انجام شده جهت مورد (الف) ملاحظه می‌گردد که در اینجا نیز توسعه DBRS زمان کمتری را جهت عملیات روی D واحد تقاضا نسبت به DBRS کلاسیک، تدارک می‌بیند.

۸- توسعه DBRS در شبکه تولید

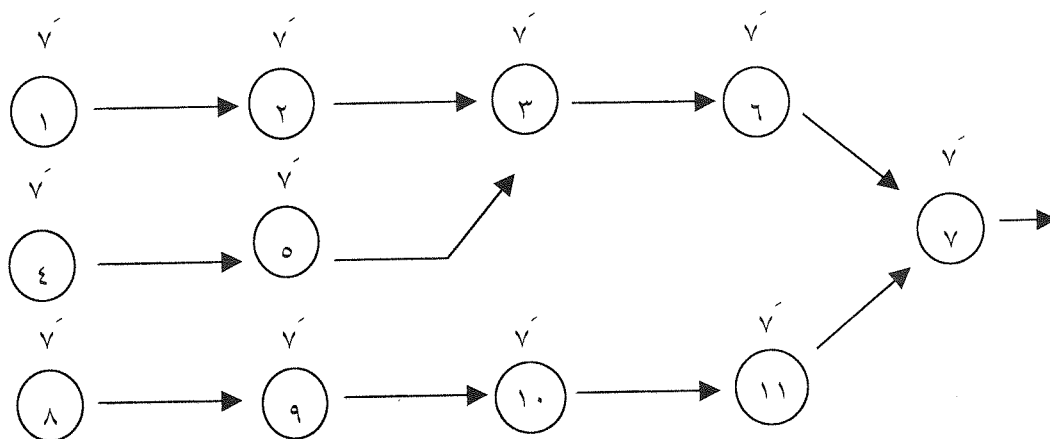
در این بخش، مفهوم DBRS در شبکه‌های تولید و توسعه DBRS در این شبکه‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد. یک شبکه تولید، مجموعه‌ای است از فعالیت‌های تولیدی که به صورت سری و موازی در کنار هم قرار گرفته‌اند. به طور معمول، این شبکه‌ها از

یک خط مونتاژ اصلی و تعدادی خطوط مونتاژ فرعی تشکیل شده‌اند که عهده دار تغذیه خط اصلی می‌باشند. به مثالی در این زمینه توجه فرمائید:



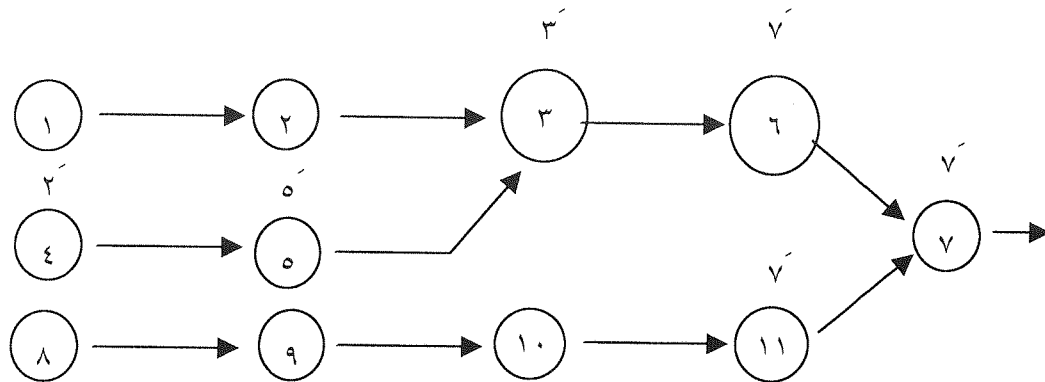
شکل (۹) مثالی از یک شبکه تولید با زمان‌های واقعی.

اعداد نوشته شده در روی گره‌ها، نمایانگر زمانهای عملیات تولیدی در آن گره‌ها هستند. در DBRS کلاسیک، جریان در شبکه فوق بالانس می‌گردد، به این صورت که نخست عملیات گلوگاهی شناسائی شده و سپس میزان تولید تمام عملیات، به اندازه ظرفیت گلوگاه تعیین می‌گردد. در شبکه شکل (۹) گره ۱۱ با زمان ۷ دقیقه، گلوگاه شبکه می‌باشد. لذا در یک سیستم کلاسیک DBRS، شبکه شکل (۹) به صورت زیر در نظر گرفته خواهد شد:



شکل (۱۰) شبکه تولید با زمانبندی DBRS کلاسیک.

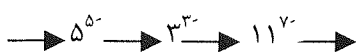
(در شبکه فوق، نقاط استقرار ذخیره‌های موجودی نیمه ساخته منظور نشده‌اند.)
 برای استفاده از توسعه DBRS در یک شبکه، همان شرایط ذکر شده در بخش سوم این مقاله، می‌باید وجود داشته باشند و در اینجا نیز همان رابطه ریاضی باید برقرار باشد. فقط می‌باید توجه نمود که جهت حداقل شدن موجودی‌های نیمه ساخته در سیستم، لازم است که زمان‌های اختصاص داده شده به هر عملیات، برای عملیات موازی، یکسان باشند.
 این نکته هم در خصوص خطوط مونتاژ اصلی و هم خطوط مونتاژ فرعی صادق می‌باشد. برای پیاده سازی توسعه DBRS در شبکه (۹)، به ترتیب زیر عمل خواهد شد.
 الف) عملیات موازی و هم راستا تعیین میشود.



شکل (۱۱) تعیین عملیات موازی و هم راستا در شبکه.

ب) در هر شاخه اصلی و فرعی، گلوگاهها تعیین می‌گردند. در شبکه شکل (۹) این گلوگاهها عبارت هستند از عملیات ۳، ۵، ۱۱.

ج) اگر این سه عملیات در کنار هم گذاشته شوند شبکه کوچک زیر می‌تواند حاصل گردد:



با استفاده از رابطه ریاضی ارائه شده، میتوان از نسبت ۱۰:۱ برای تعیین اندازه دسته‌های انتقالی برای شبکه فوق استفاده کرد.

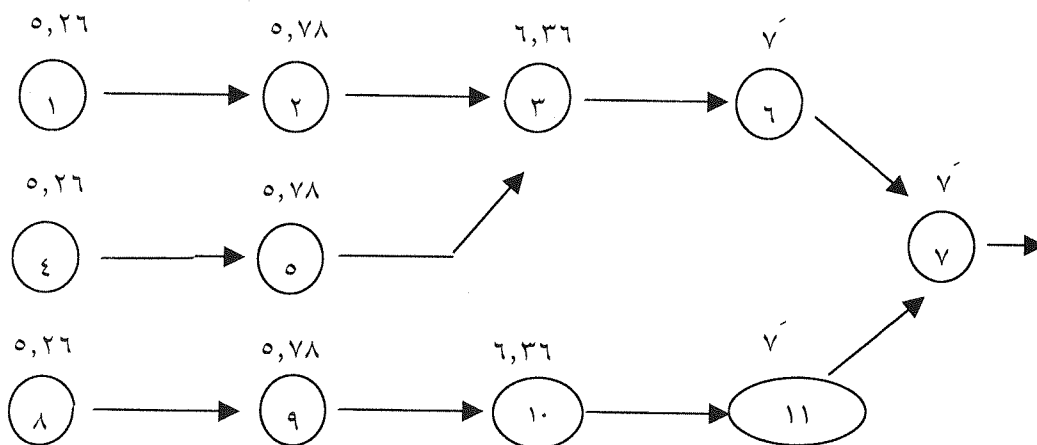
در این حالت زمان‌های تخصیص یافته به عملیات ۳، ۵، ۱۱ عبارت خواهد بود از:

$$T / t_3 = t_3 / t_5 = 1,1$$

$$t_3 = 6/36$$

$$t_5 = 5/78$$

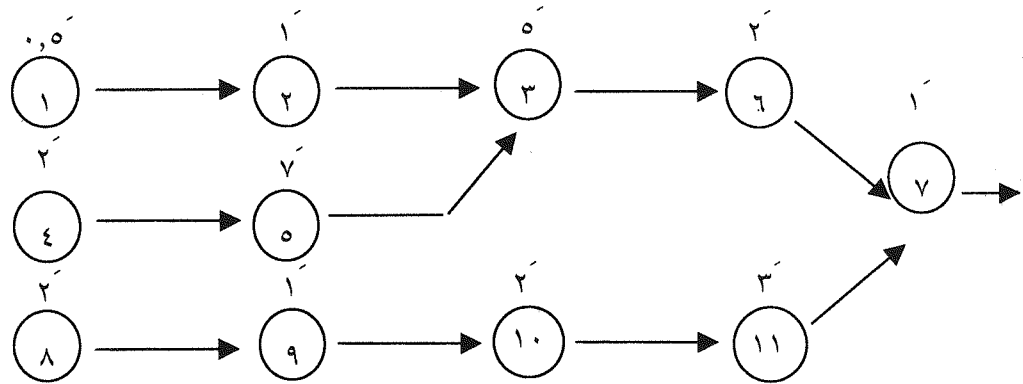
در نتیجه شبکه شکل (۹)، با استفاده از زمان‌های تخصیص داده شده به هر عملیات، به صورت زیر تبدیل خواهد شد.



شکل (۱۲) شبکه تولید با زمان تخصیصی توسط توسعه DBRS.

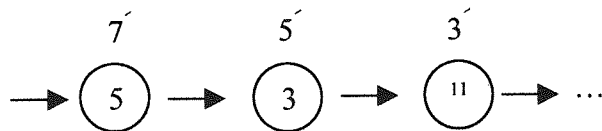
ملاحظه می‌گردد که نسبت ۱,۱ جهت تمام زمانهای تخصیص یافته، منظور می‌گردد. در عین حال زمان هائی که برای عملیات همراستا در نظر گرفته شده اند، با همدیگر برابر هستند.

حال اگر در همان شبکه شکل (۹)، زمان های عملیات به ترتیب زیر تغییر داده شوند، تحلیل شبکه تغییر خواهد نمود:

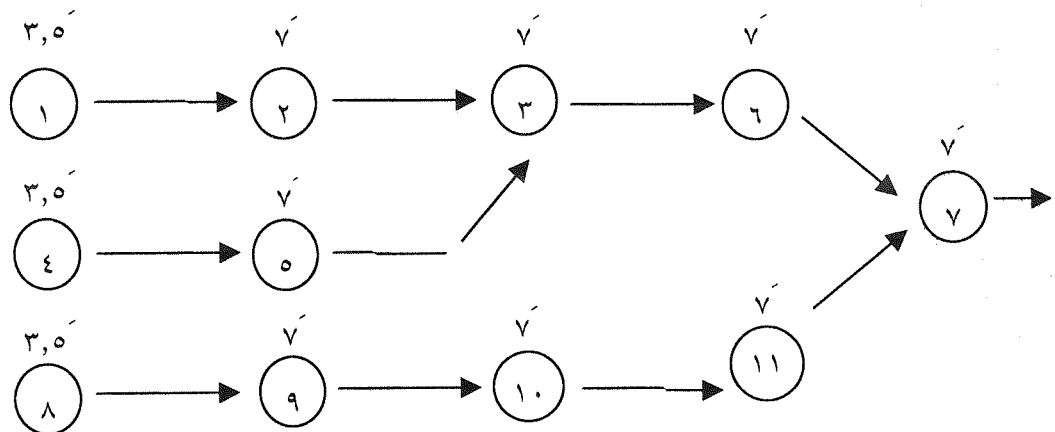


شکل (۱۳) مثال شبکه با زمان های تغییر یافته.

در این حالت، گلوگاهها در شاخه ها، عبارت خواهند بود از عملیات ۵، ۳ و ۱۱ و شبکه حاصل از آنها به صورت زیر می باشد:



ملاحظه می گردد که این شکل دارای شرایط (ب) در بخش سوم مقاله خواهد بود. در این حال چون گلوگاه اصلی، اولین مرحله می باشد، لذا زمان آن برای دیگر مراحل نیز در نظر گرفته خواهد شد. پس زمان های تخصیص داده شده به عملیات شبکه شکل (۱۳) بصورت زیر می باشد.



شکل (۱۴) شبکه جدید با زمان های تخصیص یافته شده.

برای عملیات ۱، ۴، ۸ می توان از نسبت ۲ برای اندازه های دسته های انتقالی استفاده نمود:

$$t_2 / t_1 = 2 \Rightarrow t_1 = 3/5$$

$$t_5 / t_4 = 2 \Rightarrow t_4 = 3/5$$

$$t_9 / t_8 = 2 \Rightarrow t_8 = 3/5$$

۵- نتیجه گیری

یکی از مهمترین مفاهیم در TOC، وجود تمایز ما بین دسته‌های فرآیندی و دسته‌های انتقالی می‌باشد. از این میان نقش دسته‌های انتقالی بسیار پر اهمیت است. علیرغم تأکید انجام شده در تئوری محدودیت‌ها روی این زمینه، استفاده کاملی از آن در زمان‌بندی سیستم‌های تولید در محیط تئوری محدودیت‌ها (DBRS) به عمل نیامده است. مقاله حاضر نشان می‌دهد که با متغیر فرض کردن اندازه دسته‌های انتقالی و تعیین اندازه آنها مطابق با یک رابطه خاص ریاضی، می‌توان به توسعه‌ای در DBRS دست یافت که ستانده بیشتری از سیستم تولید را نسبت به DBRS کلاسیک تدارک می‌بیند.

مراجع

- [1] Goldratt. E. M. (1988). "Computerized Shop Floor Scheduling" International Journal of Production Research. Vol. 26, N03.
 - [2] Fawcett. SE. (1991) "Understanding and Applying Constraint Management Inoday's Manufacturing Environment"..
 - [3] Fogarty, Blackstone, Hoffmann (1991)." Production & Inventonry Management". Second Editions-South Western.
 - [4] Russel. G.R. & Fry. T. D (1997)." Order Review/Release and Lot Spliting in Drum Buffer." International Journal of Production Research, Vol. 35.
- [۵] احمد ماکوئی، «تحلیل ریاضی و توسعه تئوری محدودیتها (TOC) در برنامه ریزی تولید،» تز دکتری - دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده صنایع.