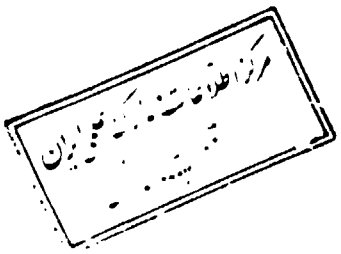
بسم الله الرحمن الرحيم

٢٧٣١٤

۱۳۷۸ /۱۰/ ۸



دانشگاه تهران

دانشکده فنی ـ گروه مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد

موضوع :

الگوریتم توالی عملیات با هدف کمینه کردن دیر کرد و زود کرد

4551

نگارش

مریم زهتابان

استاد راهنما : جناب آقای دکتر آزمندیان

شهریور ۱۳۷۸

۲۷۳۱۴

تقدیم به عزیزانم:

«پدر و مادر،

همسر

طاهره و محمد حسین»

با تشکر از اساتید ارجمند :

جناب آقای دکتر آزمندیان

جناب آقای دکتر امامی زاده

نخست از خود بپرسید «من برای یادگیری و خودآموزی چه کرده‌ام؟، سپس همچنان که پیشتر می‌روید، بپرسید «من برای کشورم چه کرده‌ام؟» و این پرسش را آنقدر ادامه دهید تا به این احساس شادیبخش و هیجان‌انگیز برسید که شاید سهم کوچکی در پیشرفت و اعتلای بشریت داشته‌اید. اما هر پاداشی که زندگی به تلاش‌هایمان بدهد، یا ندهد، هنگامی که به پایان تلاش‌هایمان نزدیک می‌شویم، هرکداممان باید حق آن را داشته باشیم که با صدای بلند بگوییم : «من آنچه در توان داشته‌ام انجام داده‌ام »

لویی پاستور

SCHEDULING WITH EARLINESS AND TARDINESS PENALTIES ON PARALLEL MACHINES

Abstract.

Due date determination problems have gained significant attention in recent years due to the industrial focus in the just-in-time (JIT) philosophy.In this thesis we consider the problem of scheduling a set of simultaneously available jobs on parallel and identical machines under a common due date, in which job processing times are controllable with linear costs.The common due date is a decision variable too. The objective is to allocate and sequence the jobs on the machines such that some are early and some are late so as to minimize a penalty function. We also seek to determine the optimal due date and optimal processing times.The penalty function is composed of the due date assignment, the total earliness and tardiness costs and total processing costs.

For the single machine problem, we present a simple proof of the well-known optimality results, and show that the optimal job sequence can be easily determined. We prove that the same optimal due date result can be generalized to the parallel machine problem. However determination of the optimal job sequence for such a problem is much more complex. We present an optimal solution, but because of the prohibitive computational requirement, it is practically impossible to apply mathematical programming to solve even a small problem. So we present a simple heuristic to find an approximate solution. On the basis of a limited experiment, we observe that the heuristic is very effective in obtaining near-optimal solution.

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: تاریخچه مطالعات انجام شده ۵

۱-۲- مقدمه ۶

۲-۲- مدلهای موجود ۱۰

۱- حداقل کردن مجموع قدر مطلق اختلاف بین زمان تکمیل و

زمان تحویل (زمان تحویل مشترک بین همه کارها) ۱۰

۲- جریمه‌های دیرکرد و زودکرد متفاوت: ۱۷

۳- جریمه‌های مضاعف ۱۹

۴- جریمه‌های غیرخطی ۲۴

۵- جریمه‌های دیرکرد و زودکرد وابسته به هرکار ۲۵

۱-۵) تولرانس زمان تحویل* ۲۸

۲-۵) مسایل Minimax ۳۰

۶- زمان‌های تحویل مجزا ۳۱

فصل سوم: روش تحقیق ۳۴

۱-۳) شرح مساله و فرمولاسیون آن: ۳۵

۲-۳) مدل بهینه مسأله: ۴۳

۳-۳) الگوریتم هیوریستیک جهت حل مدل ۴۵

فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری ۴۷

۱-۴) بررسی کارآیی مدل ۴۸

مطالعه موردی ۴۸

۲-۴) نتیجه‌گیری: ۵۷

پیوست ۱ ..... ۵۸

منابع و مراجع .....

فصل اول

مقدمه

مطالعه جریمه‌های دیرکرد و زودکرد در مدلهای برنامه‌ریزی زمانبندی[1] نزدیک به دو دهه است که بعنوان یک زمینهٔ تحقیقاتی جدید مطرح شده است. قبل از آن، سالها تحقیقات موضوع زمانبندی تنها بر روی یک شاخص اندازه‌گیری که شاخصی با قاعده[2] باشد، متمرکز شده بود. (شاخص با قاعده، شاخصی است که اولاً هدف کمینه کردن آن باشد و ثانیاً افزایش در مقدار آن، تنها در صورتیکه زمان تکمیل حداقل یکی ازکارها در برنامه افزایش یابد، ممکن باشد) بسیاری از مقالات شاخصهای با قاعده‌ای مانند: متوسط زمان شناوری[3]، متوسط اختلاف زمان تکمیل با زمان تحویل[4]، درصد کارهای دارای دیرکرد[5]، و متوسط دیرکرد[6] در برنامه را بررسی کرده‌اند. آن دسته از مسایل که متوسط دیرکرد را بعنوان شاخص اندازه‌گیری در نظر می‌گیرند، روش استانداردی جهت انداره‌گیری همسویی برنامه با زمان تحویل[7]* است اگر چه در این حالت از تکمیل زودتر از موعد کارها (زودکرد) چشم پوشی می‌شود. از طرفی فشار حاصل از رقابت جهانی و تلاش برای موفقیت در این رقابت شرکتها را وادار به تجدید نظر در استراتژیهای خود و استفاده از فلسفه‌های جدید در سیستم تولید می‌نماید. یکی از فلسفه‌های جدید تولید که علاوه بر ایجاد انعطاف‌پذیری در پاسخگویی به نیاز مشتری تأثیر بسیاری نیز در کاهش هزینه‌ها دارد،

1- scheduling
2- regular measure of performance
3- mean flowtime
4- mean lateness
5- percentage of jobs tardy
6- mean tardiness
7- due date

فلسفهٔ Just in time (JIT) می‌باشد، با در نظرگرفتن این مساله که کارهایی که زودتر از زمان تحویل تکمیل می‌شوند و به اصطلاح دارای زودکرد هستند مشمول هزینه‌هایی همچون هزینهٔ سرمایه‌گذاری برای موجودی کالای ساخته شده، هزینهٔ تسهیلات انبارداری و نگهداری، هزینهٔ صدمه دیدن و از بین رفتن کالا و ... می‌شوند و از طرفی تکمیل کار بعد از زمان تحویل متحمل هزینه‌هایی همچون جریمهٔ دیر تحویل دادن، هزینهٔ استفاده از وسایل حمل و نقل سریع (که معمولاً هزینهٔ بالاتری نسبت به وسایل عادی دارند) جهت تحویل هرچه سریعتر به مشتری، از دست دادن مشتری و فروش و ... می‌شود. در این وضعیت در یک محیط JIT فرض وجود زمان تحویل برای کارها در نظرگرفته می‌شود و از زودکرد نیز همچون دیرکرد دوری می‌شود. یک برنامه ایده‌آل در محیط تولید JIT برنامه‌ای است که کارها در آن دقیقاً در موعد مقرر تحویل (due date)، تکمیل شوند و سطح موجودی کالای ساخته شده حتی‌المقدور به صفر نزدیک باشد. به همین دلیل مسایل برنامه ریزی و زمانبندی دیرکرد و زودکرد[1]* (E/T) به جهت سعی در مدلسازی محیطهای تولید Just in time (JIT) مورد توجه قرارگرفته‌اند.

در این رساله با در نظرگرفتن مطالب فوق و اهمیت مسایل برنامه ریزی زمانبندی دیرکرد - زودکرد، به مطالعهٔ این گروه از مسایل برنامه ریزی تولید پرداخته شده است.ابتدا تاریخچه این مساله و جمعبندی جامعی از تحقیقات و مطالعات انجام شده در این زمینه از سال ۱۹۸۱ تاکنون ارائه شده است. در این بررسی با عنایت به حالتهای مختلف جریمه‌های دیرکرد و زودکرد و سایر جریمه‌ها و تابع هدف حاصله، تقسیم‌بندی کلی انجام شده و در هرگروه مطالعات انجام شده به

1- Earliness/Tardiness scheduling Problem.

اختصار آمده است. سپس با توجه به کلیهٔ مدلهای ارائه شده تاکنون، حالتی از مساله کـه قـبلاً بررسی نشده، بعنوان مساله اصلی این رساله در نظرگرفته شده و در فصل سوم مدل سازی و ارائه الگوریتمی جهت حل آن ارائه شده است. در فصلهای بعد نیز به بررسی مسایل حل شده توسط این الگوریتم و نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

فصل دوم

تاریخچه مطالعات انجام شده

۱ـ۲ـ مقدمه

در بررسی تاریخچه مدلهای E/T، اکثریت مقالات حالت استاتیک برنامه‌ریزی را در نظر گرفته‌اند. به عبارت دیگر، مجموعه کارهای[۱] مورد نظر برای برنامه‌ریزی از قبل مشخص هستند و همزمان در دسترس می‌باشند. همچنین اکثریت غریب به اتفاق مقالات این مساله را بر روی مدلهای تک ماشین[۲] بررسی کرده‌اند و در چند مورد، مساله تک ماشین به حالت ماشینهای موازی[۳] تعمیم داده شده است. در این دسته از مسایل، کمیتی که اندازه گرفته می‌شود مجموع هزینه‌های جریمه دیرکرد و زودکرد است که هدف حداقل کردن آن می‌باشد. همچنین تنوع موجود در این گروه از مسایل به علت فرضیات مختلف در مورد زمان تحویل کار و جریمه‌ها ایجاد می‌شود.

بمنظور شرح مدل E/T، n را تعداد کارهایی که برنامه‌ریزی می‌شوند در نظر بگیرید. کار j بوسیله زمان عملیات P_j و زمان تحویل d_j تعریف می‌شود. همانطورکه قبلاً گفته شد، فرض بر این است که کلیه کارها همزمان در دسترس می‌باشند. یکی از نتایج برنامه‌ریزی، تعیین یک زمان تکمیل عملیات برای کار j است که بوسیله C_j نمایش داده می‌شود. E_j و T_j نیز بترتیب نمایش دهنده زودکرد[۴] و دیرکرد[۵] کار j می‌باشد. مقادیر این دو بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$E_j = \max(0, d_j - C_j) = (d_j - C_j)^+$$

---

۱ - job
۲ - single machine
۳ - parallel machine
۴ -Earliness
۵ - Tardiness

$$T_j = \max(0, C_j - d_j) = (C_j - d_j)^+$$

در ارتباط با هر کار یک هزینه واحد زود کرد $\alpha_j > 0$ و یک هزینه واحد دیر کرد $\beta_j > 0$ در نظر گرفته می‌شود. با فرض اینکه توابع جریمه خطی باشند، تابع هدف کلی مدل E/T برای برنامه S را می‌توان بصورت $f(s)$ نوشت که در آن

$$f_{(s)} = \sum_{j=1}^{n} [\alpha_j (d_j - C_j)^+ + \beta_j (C_j - d_j)^+]$$

$$f_{(s)} = \sum_{j=1}^{n} (\alpha_j E_j + \beta_j T_j)$$

در حالتهای کلی‌تر، کار j ممکن است مشمول جریمه زمان تکمیل یعنی $\theta_j C_j$ و همچنین جریمه زمان تحویل یعنی $\gamma_j d_j$ نیز باشد بنابر این، تابع هدف کلی‌تر بصورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$f_{(s)} = \sum_{j=1}^{n} (\alpha_j E_j + \beta_j T_j + \theta_j C_j + \gamma_j d_j)$$

در بعضی از فرمولاسیون‌های مدل E/T زمان تحویل کار داده شده است و در بعضی دیگر علاوه بر تعیین توالی عملیات بهینه باید زمان تحویل بهینه را نیز بدست آورد. در گروهی از مسایل کلیه کارها زمان تحویل مشترک دارند $(d_j = d)$ و در مدلهای کلی‌تر زمانهای تحویل متفاوت داریم که این دو دسته راه‌حلهایی کاملاً متفاوت دارند. همچنین بعضی از مدلها هزینه‌های مساوی و مشترک را در نظر می‌گیرد، در حالیکه بعضی دیگر تفاوت بین جریمه کارهای مختلف و یا تفاوت بین جریمه‌های دیر کرد و زود کرد قائل می‌شود.

با وجود اینهمه تنوع در مسایل E/T، سئوال اینجاست که از نظر کاربرد عملی کدامیک از

مدلهای فوق اهمیت بیشتری دارند؟ در واقع هر کدام از این حالتها با توجه به مورد استفاده و هدف مورد نظر، ارزش خاص خود را دارد. مثلاً مساله‌ای که زمانهای تحویل را بعنوان متغیرهای تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرد در عمل می‌تواند منعکس کننده کارگاهی باشد که زمانهای تحویل کارها را بصورت داخلی تنظیم می‌کند، با هدف اینکه این زمانهای تحویل کمکی به پیشرفت در فعالیتهای سطح کارگاه باشد.

تعریف یک زمان تحویل مشترک برای کلیه کارها، نمایش دهنده حالتی است که در آن چندین قطعه (کار) تشکیل دهنده سفارش یک مشتری هستند و یا حالتی که در یک محل مونتاژ چندین قطعه باید همزمان آماده باشند تا بتوان عملیات مونتاژ را انجام داد. بهمین ترتیب هر یک از حالتهای مساله کاربرد خاص خود را دارا می‌باشد.

در جدول (۱) شمای کلی از طبقه‌بندی حالتهای مختلف مساله که در این رساله استفاده شده، ارائه شده است. در ادامه شرح این حالتها و مروری بر مقالات ارائه شده در هر گروه آمده است.