٩٠٧٠٣

دانشکده صنایع

بهینه سازی سیستم های توزیع چند قلم کالا از طریق یک انبار مرکزی و چند انبار خرده فروشی

ابراهیم تیموری

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی صنایع

تیرماه ۱۳۷۲

استاد راهنما : دکتر محمد مدرس، دانشیار

اساتید مشاور : دکتر رسول حجی، دانشیار

دکتر میربهادر قلی آریانژاد، دانشیار

دکتر محمدسید حسینی، استادیار

تقدیم به پدر و مادر بزرگوارم

چکیده

در این پایان نامه، مسئله هماهنگی خرید و ارسال I قلم کالا را در یک سیستم موجودی شامل یک انبار مرکزی و N انبار خرده‌فروشی مطالعه می‌کنیم. مدل مورد نظر ما شامل هزینه نگهداری مربوط به هر سطح، هزینه‌های ثابت سفارش دهی و ارسال هر یک از اقلام، و یک هزینه ثابت برای تدارک توأم اقلام در هر انبار خرده‌فروشی می‌شود. تقاضای هر یک از اقلام در انبارهای خرده‌فروشی دارای نرخ ثابت و پیوسته است. یک مدل ریاضی بر اساس این فرضیات وهمچنین این فرض که خط‌مشی ایستا و غیرنستد پیروی شود، توسعه داده شده است. همچنین امکان در نظر گرفتن محدودیت‌های گوناگون مثل حداکثر متوسط سرمایه‌گذاری در سیستم موجودی یا حداکثر متوسط سرمایه‌گذاری در موجودی برای هر یک از انبارهای خرده‌فروشی هست. محدودیتی نظیر حداکثر تعداد سفارشات صورت پذیرفته از طریق انبار مرکزی از منابع خارجی می‌تواند اعمال گردد. دو الگوریتم کارا بر اساس ساختار مسئله ارائه می‌شود. مثالهائی نیز برای تشریح بیشتر دو الگوریتم ارائه شده، آورده می‌شود.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از زحمات استاد ارجمند آقای دکتر مدرس که راهنمای اینجانب در انجام پروژه و همینطور تهیه و ارائه این پایان نامه بوده‌اند سپاسگزاری و قدردانی می‌نمایم. همچنین از اعضاء هیات داوری، آقای دکتر حجی و دکترآریانژاد بخاطر حضور در جلسه دفاعیه صمیمانه تشکر می‌کنم.

امیدوارم پایان نامه حاضر مورد توجه کلیه علاقمندان واقع گردد.

تیر ۱۳۷۲

فهرست مطالب

	عنوان	صفحه
فصل اول:	مقدمه	۱
فصل دوم:	مسئله بدون محدودیت و غیر نستد *(nonnested)*	۶
	مقدمه	۶
	۱ـ۲ـ تعاریف	۹
	۲ـ۲ـ ارائه مدل والگوریتم	۱۰
فصل سوم:	مسئله با محدویت و نستد	۱۷
	مقدمه	۱۷
	۱ـ۳ـ بررسی ادبیات	۱۷
	۲ـ۳ـ ارائه الگوریتم	۱۸
	۳ـ۳ـ مسئله توزیع چند قلم کالا از طریق یک انبارمرکزی و چند انبار خرده‌فروشی بامحدودیت بر روی متوسط سرمایه‌گذاری درموجودی	۲۱
	۴ـ۳ـ مسئله توزیع چند قلم کالا از طریق یک انبار مرکزی و چند انبار خرده‌فروشی با محدودیت متوسط سرمایه‌گذاری در موجودی برای هر انبار خرده‌فروشی سیستم توزیع	۲۴
	۵ـ۳ـ مسئله توزیع چند قلم کالا از طریق یک انبارمرکزی وچندانبار خرده فروشی بامحدودیت تعداد سفارشات برای انبارمرکزی سیستم توزیع	۲۶
فصل چهارم:	نتایج	۲۹
ضمیمه :	سیستم‌های توزیع چندقلم کالاازطریق یک‌انبارمرکزی و چند انبار خرده‌فروشی با فرض نستد و بدون محدودیت	۳۱
	مقدمه	۳۱
	مدل سازی مسئله دوره‌های سفارش	۳۳
	ساختار مسئله	۳۳
	فرضیات و تعاریف	۳۵
	مدل مسئله‌د ورهٔ سفارش کالاومدل منتج‌ازآن باحذف یک شرط	۳۷
	حل مسئله P	۳۸
	خواص جواب مربوط به مسئله RP و ارتباط مابین مسئله P و RP	۳۸
	بعضی از مشاهدات کلیدی	۴۰
	الگوریتم حل مسئله RP	۴۱
منابع :		۴۴

فهرست جداول

جدول	عنوان	صفحه
فصل دوم:		
۱ـ۲	داده های مثال ۱	۱۴
فصل سوم:		
۱ـ۳	خلاصه تکرارهای الگوریتم برای مثال ۲	۲۶
۲ـ۳	خلاصه تکرارهای الگوریتم برای مثال ۳	۲۸

فصل اول

مقدمه

در دهه‌های اخیر شرکت‌های بسیاری، دست به تهیه و اجرای رویه‌های برنامه‌ریزی تولید در سطح وسیع برمبنای کامپیوتر نموده‌اند که معروف به سیستم‌های برنامه‌ریزی مواد مورد نیاز (*MRP*) است. این سیستمها عموماً برنامه‌ریز را وادار به تعیین اندازه انباشته‌ها، ذخیره‌های موجودی و دوره تولید (یا خرید) هر مرحله (یا هر سطح) می‌کنند. بنابراین شگفت‌انگیز نخواهد بود که در سطوح علمی (*Academic*) و صنعتی، محققین دست به تحقیقات وسیع در این زمینه و مباحث و معضلات آن بنمایند. در این خصوص، مسئله برنامه‌ریزی دوره‌های تولید (یا خرید) و اندازه انباشتهٔ متناظر با آن‌ها در سیستمهای تولیدی - توزیعی (یا توزیعی خالص) چند مرحله‌ای (چند سطحی) توجه زیادی را به‌خود جلب کرده است. بعضی از مقالاتی که در این زمینه به چاپ رسیده در قسمت مراجع مشهود است. اکنون به ذکر چند نمونه از ادبیات موجود در زمینه مزبور می‌پردازیم.

در سال *1973*، کراستون، واگنر و ویلیامز [7]، مقاله‌ای تحت عنوان "تعیین اندازه انباشته اقتصادی برای سیستمهای چندمرحله‌ای مونتاژ" ارائه نمودند. فرضیات آنان عبارت بود از، تقاضای ایستا و پیوسته محصول نهائی، تولید آنی، وافق برنامه‌ریزی نامحدود. هزینه‌های هر دستگاه تولیدی شامل مقدار ثابت هزینه تولید برای هر انباشته و هزینه نگهداری خطی می‌شود. با توجه به این که مقدار انباشته با زمان تغییر

نمی‌کند، ثابت کردند که اندازه انباشته بهینه برای هر دستگاه تولیدی، مضرب صحیحی از اندازه انباشته دستگاه تولیدی درست مابعد از آن می‌باشد.

شوارز [10] در سال 1973، بحث مسئله موجودی با یک انبار مرکزی و چند انبار خرده‌فروشی را در شرایط قطعی و مرور پیوسته مطرح کرد. هدف مقاله او ارائه یک خط‌مشی برای ذخیره کردن یک قلم کالا با توجه به حداقل کردن متوسط هزینه سیستم در واحد زمان در افق برنامه‌ریزی نامحدود بود. خاصیت‌های لازم یک خط‌مشی بهینه استخراج گردید و جواب بهینه برای حالت‌های "یک انبار خرده‌فروشی" و "چندین انبار خرده‌فروشی یکسان" تعیین گردید. جوابهای ابتکاری برای حالت کلی سیستم ارائه شد.

در سال 1978، ماکستادت و سینگر [12] مقاله‌های مربوط به گِرَوز [14] و شوارز [10] را مورد انتقاد قرارداده و خط مشی‌های پیشنهادی، قضیه‌ها و خواص ذکر شده در آنها را نادرست عنوان کردند. برای اثبات ادعای خود از مثالهایی استفاده نمودند.

گویال وبِلتُن [8] در سال 1979 مسئله تدارک توأم عنوان شده توسط سیلوِر را مورد بررسی قراردادند. آنها توانستند روشی بهتر توسط بهبود دادن قدم اول سیلور ارائه نمایند.

گِرَوز [9] در سال 1979، مسئله تعیین اندازه انباشتهٔ برنامه‌ریزی شدهٔ چند محصول بر روی یک ماشین را مطرح کرد. در آن مقاله هم از دیدگاه تعیین اندازهٔ انباشته برنامه‌ریزی شده و هم از دیدگاه تدارک توأم تولید بحث شده است. همچنین ارتباط بسیار نزدیک و تنگاتنگ این دو دیدگاه با مسئله سیستم موجودی یک انبار مرکزی و چند انبار خرده‌فروشی نیز ارائه گردیده است.

ماکسول و ماکستادت [1] در سال 1985، سیستمهای تولیدی - توزیعی را از جنبه تعیین دوره سفارش مورد تحلیل قراردادند. ایشان با ارائه یک مدل و یک الگوریتم دوره‌های بهینه سفارش را در یک سیستم

تولیدی - توزیعی بزرگ تعیین نمودند. در آن مقاله فرض شده است که سیستم مزبور دارای گراف غیرسیکلی (*acyclic*) هست. پس افت مجاز نیست. هزینه‌های راه‌اندازی (آماده‌سازی) و نگهداری در هر مرحله موجود است، و خط‌مشی نستد، ایستا و توان‌دو دنبال می‌شود.

روندی [4] در سال *1985* ، سیستمهای توزیع با یک انبارمرکزی و چند انبار خرده‌فروشی را مورد بررسی قرارداد. در آن مقاله پس‌افت مجاز نیست. هزینه‌های نگهداری خطی و همچنین هزینه‌های ثابت تدارک برای انبارهای خرده‌فروشی و انبارمرکزی موجود هستند. هدف، حداقل کردن متوسط هزینه در واحد زمان در یک افق برنامه‌ریزی نامحدود می‌باشد. خط‌مشی‌هایی درنظر هستند که هم از لحاظ محاسباتی و هم از لحاظ اجرا منطقی بوده و دارای ساختار ساده‌ای باشند. هزینه یک خط‌مشی بهینه با توجه به شرایط فوق ثابت می‌شود که در بدترین مواقع دو درصد بیشتر از هزینه خط‌مشی بهینه برای مسئله اصلی می‌باشد.

جاکسون، ماکسول و ماکستادت [6]، در سال *1985* مسئله تدارک توأم را با شرایط پیروی از خط‌مشی توان دو مطرح کردند. در آن مقاله یک فرموله ازنوع برنامه‌ریزی پویا برای مسئله تدارک‌توأم ارائه می‌شود. سپس مسئله تدارک توأم با توجه به ثابت بودن دوره‌های سفارش برای اقلام متعدد مورد بررسی قرار می‌گیرد. بعد از آن خط‌مشی توان‌دو و موضوع پریود برنامه‌ریزی پایه مطرح می‌شود.

در سال *1986* ، روندی [5] قاعده‌ای برای تعیین اندازه انباشته در سیستمهای چندکالائی، چند مرحله‌ای و تولید یا موجودی ارائه نمود. هزینه خط‌مشی حاصل توسط این قاعده دو درصد بیشتر از هزینه خط‌مشی بهینه است. خط مشی‌های ثابت، نستد و توان‌دو دنبال می‌شود.

ماکستادت [11] در سال *1986* ، برنامه‌ریزی دوره‌های دریافت اجزاء موجود در یک سیستم تولیدی

مونتاژ راکه دارای محدودیت است مورد بررسی قرارداد. هدف، حداقل کردن متوسط هزینه تدارک و نگهداری در سیستم در بلند مدت با توجه به محدودیت موجود در سیستم مونتاژ می‌باشد.

ماکستادت و روندی [2] درسال *1987*، الگوریتم و مدلی برای مسئله سیستمهای توزیع چند قلم‌کالا از طریق یک انبار مرکزی و چند انبار خرده‌فروشی ارائه نمودند. با همان فرضیات قبلی مجموع هزینه‌های سفارش‌دهی و نگهداری در انبارمرکزی و انبارهای خرده‌فروشی حداقل می‌گردد.

جاکسون، ماکسول و ماکستادت [3]، مسئله تعیین دوره‌های سفارش در سیستمهای تولیدی - توزیعی محدودیت‌دار را در سال *1988* حل کردند. سیستم بدون محدودیت آنها در مقاله [1] به‌طور کامل تشریح شده است. ایشان در مقاله [3]، الگوریتم و مدلی برای مسئله محدودیت‌دار همان سیستم ارائه کرده‌اند.

برای درک بهتر مطالبی که در قسمتهای بعدی از نظر شما خواهد رفت و همچنین شناخت بیشتر مسئله مورد نظر ما، به شما خواندن مقالات آورده شده در قسمت مراجع و همچنین ضمیمه را توصیه می‌کنیم. بعضی از روشهای ارائه شده برمبنای تعیین اندازه انباشته استوارند. ادبیات اولیه دراین زمینه بیشتر برپایه سیستمهای سریال، مونتاژ، و توزیع بنا نهاده شدند. تا این‌که در سال *1985* با انتشار مقاله [1]، راه برای بررسی انواع و اقسام سیستمهای تولیدی (بجز سیستمهایی که دارای نمایش تولیدی غیر *acyclic* هستند) باز شد. در این مقاله فرضیاتی درنظر گرفته شده است. این فرضیات آنچنان کارائی مدل ساخته شده را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد که نتوان از آن در عمل استفاده کرد. الگوریتم ارائه شده در آن جواب بهینه را به دست می‌آورد.

خط مشی‌های فرضی در آن (مقاله [1]) عبارت بودند از :

۱ - خط‌مشی ایستا (*Stationary*) دوره تولید

۲ - خط‌مشی نستد (*Nested*)

۳- خط‌مشی تهیه جواب از کلاس خاصی از جوابها به‌نام توان‌دو (*Powers - of - two*)

بعد از این مقاله در سال *1987* مقاله [*2*] به چاپ رسید که در آن با توجه به شکل خاص سیستمهای توزیعی از لحاظ گرافیکی و تمهیداتی که با توجه به آن حاصل خواهد شد، الگوریتم جدیدی ارائه گردید که منتج از الگوریتم عنوان شده در مقاله [*1*] بود. در انتهای مقاله [*2*] ادامه بررسیهای لازم جهت پیداکردن الگوریتم‌هائی که با آنها می‌توان، مسئله سیستم توزیع را با توجه به محدودیت‌ها و یا خط‌مشی‌های غیرنستد حل نمود، توصیه شد. البته برای واردکردن محدودیت‌های به مسئله سیستم توزیع باید مطالب ارائه شده در مقاله [*3*] را مطالعه نمود.

در این پایان نامه دو الگوریتم جدید جهت حل مسئله سیستم توزیع با توجه به یکسری محدودیت و همچنین خط‌مشی غیرنستد ارائه می‌گردد. در فصل دوم به بحث پیرامون خط مشی‌های غیرنستد در مسئله توزیع می‌پردازیم. در فصل سوم طرز واردکردن و حل محدودیتهائی در سیستم مزبور را بررسی می‌کنیم.

فصل دوم

مسئله بدون محدودیت و غیرنستد *(nonnested)*

مقدمه

هنگام برنامه‌ریزی و هماهنگ کردن (اقتصادی) ارسال چند قلم کالا از انبار مرکزی به انبارهای خرده‌فروشی توجه به عوامل زیر سودمند خواهد بود:

۱ - عموماً هزینه نگهداری اقلام در انبار مرکزی کمتر از هزینه نگهداری آنها در انبارهای خرده‌فروشی است زیرا ارسال یک قلم کالا از انبار مرکزی به انبار خرده‌فروشی باعث بیشتر شدن ارزش کالای مزبور می‌شود. یعنی ارسال کالا در دیرترین وقت ممکن.

۲ - هزینه‌هائی در رابطه با سفارش یک قلم کالای خاص می‌تواند رخ دهد. این هزینه‌ها عموماً بخاطر تهیه سفارش، ارسال و دریافت کالای مزبور از منبع خارجی یا از انبار مرکزی به انبار خرده‌فروشی به سیستم تحمیل می‌شوند. از طرف دیگر بخشی از این هزینه‌ها به نوع کالا وابسته بوده و برخی دیگر تنها بخاطر دریافت و یا انجام سفارش برای هر کالای خاصی یا هر تعداد اقلام کالا رخ خواهد داد.

۳ - عموماً انبار مرکزی از لحاظ ارسال اقلام کالا و پاسخگوئی به سفارشات در تنگنا می‌باشد. لذا ممکن است ارسال چندین قلم کالا بطور همزمان برای آن اقتصادی‌تر باشد.

۴ - عموماً سیستم توزیع علاقمند است که ثابت بودن دوره سفارشات برای هر قلم کالا و در هر سطح (هم در سطح انبار مرکزی و هم در سطح انبارهای خرده‌فروشی) حفظ شود.

با توجه به عوامل فوق در پی تهیه مدلی ریاضی هستیم تا برنامه‌ریزی و هماهنگ کردن ارسال و دریافت اقلام در انبار مرکزی و انبارهای خرده‌فروشی بصورت اقتصادی صورت پذیرد.

با توجه به پیچیدگی تهیه مدل واقعی که بیانگر رفتار حقیقی ارتباطات درون سیستمی و پارامترهای اندازه گیری شده سیستم مزبور باشد، با انجام فرضیاتی در مورد پارامترها و مشخصات سیستم، تهیه و تجزیه و تحلیل مدل را راحتر می‌کنیم. فرضیات مزبور آنچنان کارائی مدل تهیه شده را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد که نتایج حاصل از آن را نتوان مورد استفاده قرار داد. این فرضیات عبارتند از:

۱ - تقاضا برای هر قلم کالا در هر سطح سیستم توزیع موجودی بصورت پیوسته و با نرخ ثابت می‌باشد.

۲ - هزینه ثابت بخاطر انجام سفارش و یا، دریافت محموله‌ای در یک انبار خرده‌فروشی تحمیل می‌شود.

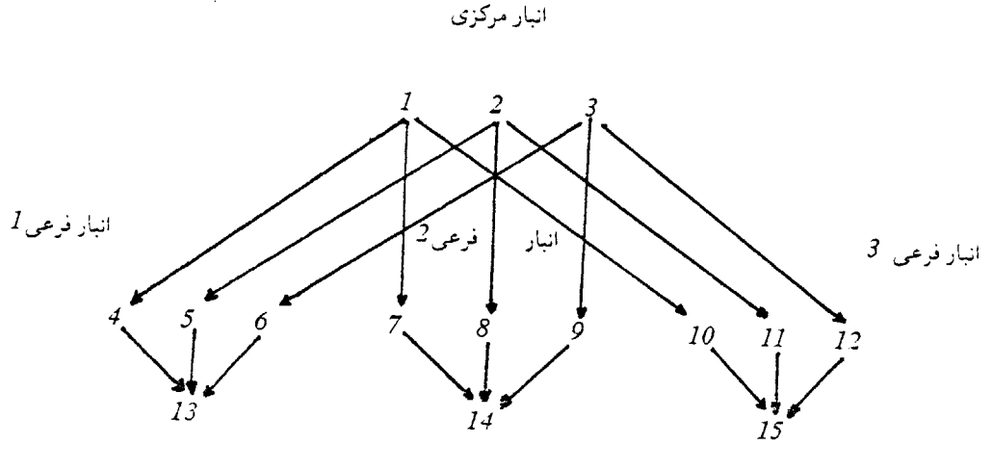
۳ - هزینه‌های نگهداری در هر جزء سیستم (انبار مرکزی و یا انبارهای خرده‌فروشی) متناسب با متوسط موجودی سالیانه برای هر قلم کالای نگهداری شده در آن جزء هستند. هزینه نگهداری یک واحد کالای خاص در سیستم با توجه به اینکه در انبار مرکزی و یا انبارهای خرده‌فروشی نگهداری می‌شود و نیز اینکه در کدامیک از این انبارها خواهد بود، تعیین می‌شود.

۴ - خط مشی‌های ارسال اقلام از انبار مرکزی به انبارهای خرده‌فروشی و یا تهیه اقلام از منابع خارجی، یک خط مشی "ایستا" بوده و می‌تواند غیرنستد هم باشد. مدل دارای متغیر تصمیم "دورهٔ سفارش کالای n در یک سطح خاص " است. علل اینکه چرا از دورهٔ سفارش بجای اندازه انباشته استفاده شده در مقاله [1] آمده است. در ضمن دوره‌های سفارش بر مبنای خط‌مشی توان دو

(*Power-of-two*) تعیین می‌شوند.

۵ ـ پس‌افت مجاز نیست.

برای نمایش بهترگردش موجودی در سیستم توزیع مورد نظر ما، از یک‌گراف (G) برای‌اینکاراستفاده می‌کنیم. در این گراف، گره‌ها نمایشگر نگهداری یک قلم کالای خاص در انبار مرکزی و یا انبارهای خرده‌فروشی بوده و از طرفی برای اینکه هزینه‌های حاصل از تدارک توأم یک یا چند قلم کالا در یک انبار خرده‌فروشی نیز وارد گراف شود، برای این هزینه‌ها، گره‌هائی را در نظر می‌گیریم که به گره‌های "تدارک‌توأم (*joint Replenishment*) " معروف هستند. این گره‌ها دارای هزینه نگهداری نیستند، چون، کالائی را در آنها نگهداری نمی‌کنند. بنابراین می‌توان گفت که گراف مزبور دارای دو دسته گره می‌باشد، یکی گره‌های موجودی (*Inventory node*) که بیانگر نگهداری یک قلم کالای خاص در یک محل (انبار مرکزی یا انبارهای خرده‌فروشی) می‌باشد و دیگری گره‌های تدارک‌توأم که تنها بیانگر تدارک یک یا چند قلم کالا در یک انبار خرده‌فروشی خاص است. یک مثال نمونه در زیر برای نمایش گرافیکی سیستم توزیع از طریق یک انبار مرکزی و سه انبار خرده‌فروشی برای سه قلم کالا نشان داده شده است.



شکل ۱ – ۲ : نمایش گرافیکی سیستم توزیع از طریق یک انبار مرکزی و سه انبار خرده‌فروشی برای سه قلم کالا

در این شکل کاملاً مشخص است که مثلاً کالا *1* در سه انبار خرده‌فروشی و انبار مرکزی نگهداری می‌شود. نگهداری این قلم کالا در انبار مرکزی را باگره *1* و در انبارهای خرده‌فروشی *1*، *2*، و *3* بترتیب با گره‌های *4*، *7*، و *10* نمایش می‌دهیم.

۱-۲ - تعاریف

اکنون تعاریف زیر را برای سیستم توزیع چند قلم کالا با توجه به نمایش گرافیکی آن بیان می‌کنیم:

۱ - $N(G)$ را مجموعه گره‌های داخل گراف G بگیرید. همچنین $A(G)$ را مجموعه تمام شاخه‌های (*arc*) موجود در شبکه فرض کنید.

۲ - W را مجموعه گره‌هائی از $N(G)$ فرض کنید که مربوط به انبار مرکزی هستند.

۳ - R را مجموعه گره‌هائی از $N(G)$ فرض کنید که مربوط به انبارهای خرده‌فروشی می‌شوند.

۴ - J را مجموعه گره‌هائی از $N(G)$ فرض کنید که مربوط به گره‌های "تدارک توأم" می‌شوند.

۵ - در گره موجودی $n \in W \cup R$، $g_n = h_n \lambda_n / 2$ برابر است با متوسط هزینه‌سالیانه نگهداری موجودی. g_n برای $n \in J$ صفر است.

۶ - G' را زیرگراف G گویند اگر وفقط اگر $N(G') \subset N(G)$ بوده و به ازاء هر $(m, n) \in A(G')$، $(m, n) \in A(G)$ نیز باشد.

۷ - $K(G')$ را برای یک زیرگراف G' از G بصورت $K(G') = \sum_{n \in N(G')} K_n$ تعریف می‌کنیم.

۸ - $g(G')$ رابرای یک زیرگراف G' از G بصورت $g(G') = \sum_{n \in N(G')} g_n$ تعریف می‌کنیم.

۹ - B را یک پریود برنامه‌ریزی پایه در نظر بگیرید.

۲-۲- ارائه مدل و الگوریتم

با توجه به این تعاریف می‌توان مدل مورد نظر را بصورت زیر بیان نمود.

$$Min \sum_{n \in N(G)} \{ \frac{K_n}{T_n} + g_n T_n \}$$

$$S.T. : \; M_m \geq M_n \qquad \exists (m , n) \in A(G)$$

$$M_n = 2^j \qquad j \in \{ 0 , 1 , \dots \} \; , \; n \in N(G)$$

$$T_n = M_n B$$

با توجه به مطالب عنوان شده در مقالات [5] ، [1] ، [2]، و [3] برای حل مسئله فوق می‌توان بصورت زیر جواب بهینه T_n ، $n \in N(G)$ ، را بدست آورد:

از روی گراف (G) سیستم توزیع موجودی می‌توان گراف دیگری بدست آورد. به این ترتیب که اول گره‌های موجود در شبکه G را منتقل می‌کنیم، سپس برای هر شاخه (Arc)، $(i , j) \in A(G)$، آزمون می‌کنیم که آیا رابطه $T_i \geq T_j$ وجود دارد یا خیر. اگر موجود باشد، شاخه آن در گراف G' کشیده می‌شود[1]، در غیر این صورت هیچ ارتباطی از لحاظ بهینه‌سازی بین T_i و T_j وجود ندارد لذا شاخه‌ی نیز بر روی گراف G' از i به j وجود ندارد. پس از انجام آزمون فوق به ازاء تمامی $(i,j) \in A(G)$ ، گراف G' بدست می‌آید. این گراف می‌تواند اجتماعی از چندین زیرگراف مستقل (جدا) از هم باشد. با نگاهی دقیق به این زیرگراف‌ها، تشخیص داده می‌شود که مربوط به یکی از مسائل زیر هستند:

۱ - بهینه سازی بدون محدودیت یک قلم کالای خاص در یک محل خاص .

۲ - بهینه‌سازی مسئله توزیع یک قلم کالا از طریق یک انبار مرکزی و چند انبار خرده‌فروشی .

۳ - بهینه‌سازی مسئله تدارک توأم چند قلم کالا در یک انبار خرده‌فروشی .

---

۱ - در صورتی که شاخه‌ی مثل $(i , j) \in A(G)$ وجود داشته باشد که برای آن رابطه $T_j \geq T_i$ در مدل وجود دارد، شاخه‌ی از j به i در گراف G' ترسیم کنید. g_j و g_i را به طرز مناسبی بدست آورید.

۴ - بهینه‌سازی مسئله توزیع چند قلم کالا از طریق یک انبار مرکزی و چند انبار خرده‌فروشی .

فرض کنید زیر مسائل حاصل را نیز با یک گراف نشان دهیم. در این صورت این گراف، یک زیرگراف از گراف G' خواهد بود. بنابراین می‌توان در صورتی که N زیر مسئله مستقل (جدا از هم) پدید آمده باشد، نوشت:

$$G'_1 \cup G'_2 \cup \ldots \cup G'_N = G'$$

براساس هر زیرگراف G'_i و مسئله متناظر با آن می‌توان مدل زیر را نوشت:

$$Min \sum_{i=1}^{N} \sum_{n \in N(G'_i)} \left\{ \frac{K_n}{T_n} + g_n T_n \right\}$$

$$S.T. : M_m \geq M_n \qquad (m , n) \in A(G'_i) \quad i = 1 , 2, \ldots , N$$

$$M_n = 2^j \qquad j \in \{ 0 , 1 , \ldots \} \; , n \in N(G)$$

$$T_n = M_n B$$

$$\bigcup_{i=1}^{n} G'_i = G'$$

با توجه به اینکه بهینه‌سازی سیستم کل توزیع می‌تواند با توجه به زیر مسائل حاصل شده، صورت گیرد، لذا برای هر زیرگراف G'_i خواهیم داشت:

$$Min \sum_{n \in N(G'_i)} \left\{ \frac{K_n}{T_n} + g_n T_n \right\}$$

$$M_m \geq M_n \qquad (m , n) \in A(G'_i)$$

$$M_n = 2^j \qquad j \in \{ 0 , 1 , \ldots \} \quad n \in N (G'_i)$$

$$T_n = M_n B \qquad n \in N (G'_i)$$

در حقیقت، با این کار بجای بهینه‌سازی سیستم کل توزیع موجودی، با بهینه‌سازی هر یک از زیرمسائل بوجود آمده، می‌توانیم کار را راحتر و مدل مورد نظر را تجزیه و تحلیل نمائیم. بنابراین با بدست آوردن

جواب بهینه هر یک از زیر مسائل می‌توانیم، جواب بهینه کل سیستم توزیع را بدست آوریم.

از آنجائیکه زیر مسائل فوق می‌تواند یکی از چهار مسئله کلی عنوان شده، باشد، بنابراین الگوریتم ذیل جواب بهینه مسئله سیستم توزیع چند قلم کالا از طریق یک انبار مرکزی و چند انبار خرده‌فروشی در حالت غیرنستد را بدست می‌آورد.

الگوریتم

قدم اول: گراف G را ترسیم کنید. تمام شاخه‌هائی که برای آنها فرض نستد وجود دارد مشخص کنید. به قدم دوم بروید.

قدم دوم: گراف G' راکه می‌تواند متشکل از زیرگراف‌های مستقل (جدا از هم) باشد، بترتیب زیر ترسیم کنید:

"برای هر شاخه‌ی که فرض نستد برای آن وجود ندارد، درگراف G' نیز شاخه‌ی‌برای آن نخواهدبود. در صورت وجود فرض نستد، شاخه‌مزبور رادر گراف G' ترسیم‌کنید."

این آزمون را برای تمامی شاخه‌های داخل گراف G انجام دهید.

قدم سوم: بررسی کنید که گراف G' از چند زیرگراف مستقل (از لحاظ بهینه‌سازی) تشکیل می‌شود و آن‌ها را از یکدیگر متمایز کنید.

قدم چهارم: برای هر زیرگراف مستقل (مثلاً G'_i)، مسئله متناظربا آن راتعیین کنید. باتوجه به مسئله کلی سیستم‌توزیع می‌توان انتظارداشت که مسئله‌متناظربازیرگراف مزبوریکی‌ازچهارحالت زیرباشد

الف - زیرگراف از یک گره انفرادی تشکیل شده و بهینه سازی آن بصورت غیرخطی و بدون

محدودیت انجام می‌پذیرد.

ب - زیرگراف مورد نظر مربوط به مسئله توزیع یک قلم کالا از طریق یک انبار مرکزی و چند انبار خرده‌فروشی می‌باشد و روش حل آن در مقاله [5] بررسی شده است.

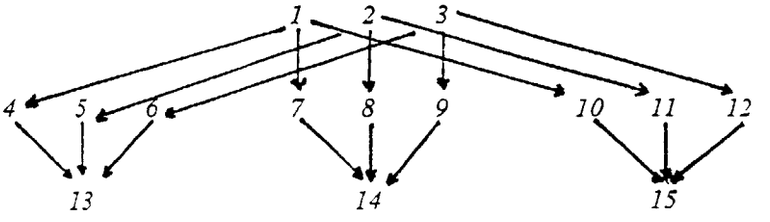
ج - زیرگراف مورد نظر مربوط به مسئله تدارک توأم چند قلم کالا در یک انبار خرده‌فروشی می‌باشد و روش حل آن در مقاله [3] بررسی شده است.

د - زیرگراف مورد نظر مربوط به مسئله توزیع چند قلم کالا از طریق یک انبار مرکزی و چند انبار خرده‌فروشی می‌باشد و روش حل آن در مقاله [2] آمده است.

قدم پنجم: برای هر زیرگراف مستقل $(G'_i \, , \, i = 1 \, , \, 2 \, , \, \ldots \, , \, N)$ ، مسئله متناظر با آن را حل کنید. جواب بهینه بدست آمده از زیرگراف‌های مستقل، جواب بهینه سیستم توزیع کل را ارائه می‌نماید.

مثال ۱

مسئله زیر راکه اطلاعات آن از مقاله [2] گرفته شده است در نظر بگیرید. فرض نستد برای کلیه گره‌های آن برقرار نیست. مدل مورد نظر به ترتیب زیر است:



شکل ۲-۲: گراف (G) مربوط به سیستم توزیع مثال ۱