

استفاده از برنامه‌ریزی خطی جهت توزیع بهینه آسفالت از کارخانه‌ها به پروژه‌های متعدد (مطالعه موردی: استان خوزستان)

مقاله پژوهشی

مهدی دزفولی نژاد*، دانشجوی دکتری، گروه عمران، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
محسن آخوند، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه عمران، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.dezfulinezhad@gmail.com

دریافت: ۹۸/۰۴/۱۲ - پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۵

صفحه ۱۷۶-۱۵۷

چکیده

روسازی راه‌ها همواره تحت تاثیر عوامل متعددی دچار خرابی می‌شوند، از این رو سازمان‌های بهره‌بردار راه به طور سالانه، پروژه‌هایی را جهت مرمت و اصلاح این خرابی‌ها تعریف می‌کنند که اجرای آن‌ها نیازمند تامین آسفالت از کارخانه آسفالت‌های در دسترس می‌باشد. کارخانه آسفالت مطلوب جهت تامین آسفالت مورد نیاز هر پروژه علاوه بر نزدیکی به محل پروژه می‌بایست ظرفیت تولید خالی متناسب با میزان تقاضا آن پروژه را داشته باشد، دوری کارخانه از محل پروژه موجب افزایش هزینه حمل و به تبع آن افزایش هزینه اجرا و عدم ظرفیت تولید خالی موجب تأخیر در تحویل آسفالت و افزایش زمان پروژه می‌گردد. یک سیستم متمرکز و یکپارچه برنامه‌ریزی تولید و توزیع برای کارخانه‌های مختلف می‌تواند بهینه‌ترین توازن را بین تقاضا و ظرفیت تولید کارخانه‌های مختلف تامین کننده، ایجاد نماید. این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی یکپارچه تولید و توزیع آسفالت (بیتا) برای کارخانه‌های مختلف آسفالت ارایه کرده است که به اختصار مدل بهینه‌سازی بیتا نامیده می‌شود، در این مدل پارامترهای، میزان آسفالت مورد نیاز هر پروژه (Da_i) ، ظرفیت تولید هر یک از کارخانه‌های آسفالت (Cap_j) ، فواصل حمل بین کارخانه و محل پروژه (dt_{ij}) ، هزینه‌های حمل در مسیرهای مختلف (Ct_{ij}) و هزینه فروش آسفالت هر کارخانه به هر پروژه (Cp_{ij}) به عنوان ورودی به مدل ارائه شده، سپس مدل در نرم افزار بهینه‌سازی GAMS کد نویسی شده و متغیر میزان آسفالت تخصیص یافته از هر کارخانه به هر یک از پروژه‌ها در هر دوره زمانی (X_{ijt}) ، به عنوان خروجی مدل با استفاده از Solver CPLEX محاسبه می‌شود. در انتهای مقاله نیز جهت بیان نحوه استفاده از این مدل، یک مثال کاربردی در خصوص یکپارچه سازی برنامه‌ریزی تولید و توزیع بین ۲۰ کارخانه آسفالت و ۱۵ محل نیازمند آسفالت در استان خوزستان در طول یک سال ارایه شده است.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی تولید، کارخانه آسفالت، بهینه‌سازی، مرمت روسازی راه

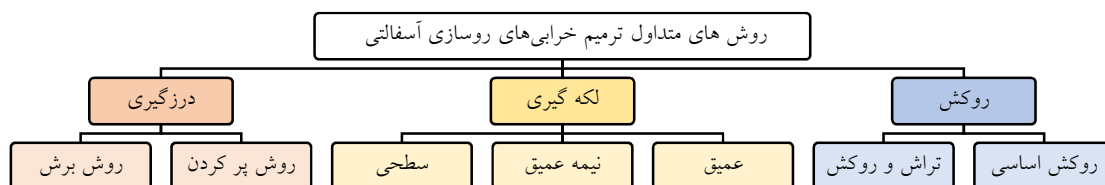
۱- مقدمه

روش‌های متداول ترمیم خرابی‌های روسازی آسفالتی را نمایش می‌دهد. مجریان پروژه‌های مرمت روسازی راه، به طور معمول آسفالت مورد نیاز پروژه خود را بصورت غیر متمرکز و بدون هماهنگی با نیاز سایر پروژه‌ها تأمین می‌کنند. عدم هماهنگی و نبود یک سیستم متمرکز و یکپارچه برنامه‌ریزی برای کارخانه‌های مختلف، این ریسک را ایجاد می‌کند که همه پیمانکاران امکان تامین آسفالت مورد نیاز پروژه خود را از مطلوب‌ترین گزینه ممکن در بین کارخانه‌های کاندید نداشته

روسازی راه‌ها همواره در معرض انواع تنش‌های ناشی از عواملی همچون بار ترافیکی، تغییر شکل لایه‌های اساس، زیراساس و بستر، میزان رطوبت و تغییر دما قرار دارند که این تنش‌ها نیز موجب خرابی‌هایی در روسازی راه‌ها می‌شوند. انواع ترک‌ها، چاله‌ها و تغییر شکل لایه‌ها از انواع این خرابی‌ها می‌باشند. متولیان و سازمان‌های بهره‌بردار راه بطور سالانه، پروژه‌هایی را جهت مرمت و اصلاح خرابی‌ها تعریف می‌کنند که اجرای آن‌ها نیازمند تامین آسفالت است. شکل (۱) برخی

کار می‌رود، تا محصولات مورد نیاز به مقدار مشخص و در زمان معین و در مکان معین تولید شده و به مشتریان عرضه شود تا هزینه‌های کل زنجیره حداقل گردد و در ضمن نیاز مشتریان با سطح خدمت بالا برآورده شود. هسته اصلی مسائل مدیریت زنجیره تأمین، مربوط به برنامه‌ریزی تولید و توزیع است، مسئله برنامه‌ریزی تولید در زنجیره تأمین، تصمیماتی است که سازنده جهت تولید کالای سفارش شده و زمان و تعداد آن به منظور برآورده کردن نیاز مشتری خواهد گرفت. مسئله برنامه‌ریزی توزیع در زنجیره تأمین نیز در برگیرنده تصمیماتی برای پیدا کردن کانالی جهت تحویل کالا از یک سازنده به یک توزیع کننده یا به یک مشتری است. این مسائل وابستگی متقابلی به یکدیگر دارند، از این رو بایستی آن‌ها را به طور همزمان در یک روش یکپارچه به کار برد تا هزینه‌ها یا سود حاصل از آن در زنجیره مینیمم (ماکزیمم) شود. یک سیستم متمرکز و یکپارچه برنامه‌ریزی تولید و توزیع برای کارخانه‌های آسفالت می‌تواند بهترین توازن را بین تقاضای پروژه‌ها و ظرفیت تولید کارخانه‌های تأمین کننده، ایجاد نماید. جدول (۱) به برخی از مزایای از یکپارچه سازی برنامه‌ریزی تولید و توزیع آسفالت اشاره می‌کند.

باشند. مطلوب‌ترین گزینه ممکن جهت تامین آسفالت علاوه بر نزدیکی به محل پروژه می‌بایست ظرفیت تولید خالی متناسب با میزان تقاضا آن پروژه را داشته باشند، اگر ظرفیت تولید مطلوب‌ترین کارخانه آسفالت برای یک پیمانکار، توسط پیمانکاران دیگری اشغال شده باشد، وی مجبور به تأمین آسفالت از کارخانه دورتر و یا کارخانه‌ای با ظرفیت تولید آزاد می‌شود، دوری کارخانه موجب افزایش هزینه حمل و به تبع آن افزایش هزینه اجرا، عدم ظرفیت تولید خالی نیز موجب تاخیر در تحویل آسفالت و به تبع آن تأخیر در اجرای پروژه می‌گردد، لذا استفاده از سیستم متمرکز و یکپارچه ساز برای کارخانه‌های مختلف ضروری به نظر می‌رسد. امروزه شیوه‌های مدیریت تولید سنتی که یکپارچگی کمتری را در فرایندهایشان دنبال می‌کنند، کارایی خود را از دست داده‌اند و مفهومی با عنوان مدیریت زنجیره تأمین به عنوان یک رویکرد یکپارچه برای مدیریت مناسب جریان مواد و کالا معرفی شده است، شکل (۲) نمونه از سامانه‌های مبتنی بر مدیریت زنجیره تأمین که به منظور یکپارچه سازی برنامه‌ریزی و موازنه عرضه و تقاضا در پروژه‌های عمرانی مورد استفاده قرار می‌گیرد را نمایش می‌دهد. مدیریت زنجیره تأمین یک مجموعه از روش‌هایی است که برای یکپارچه که نمودن مؤثر تأمین کنندگان، تولیدکنندگان به



شکل ۱. برخی روش‌های متداول ترمیم خرابی‌های روسازی آسفالتی



شکل ۲. نمونه‌ای از سامانه‌های یکپارچه برنامه‌ریزی عرضه و تقاضا در پروژه‌ها عمرانی

به اختصار مدل بهینه‌سازی بی‌تا نامگذاری شده است، در این مدل پارامترهای، میزان آسفالت مورد نیاز هر پروژه (Da_i،

این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای یکپارچه سازی تولید و توزیع برای کارخانه‌های آسفالت ارایه کرده است که

کارخانه آسفالت و ۱۵ محل نیازمند آسفالت در استان خوزستان در طول یک سال آرایه شده است.

۲- معرفی گام به گام مراحل مدل

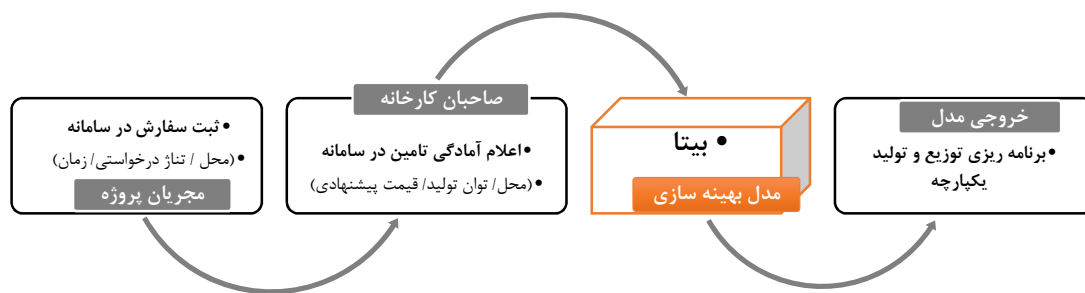
۲-۱- گام اول: تعیین محدوده مکانی برنامه‌ریزی

اولین گام جهت برنامه‌ریزی یکپارچه تولید و توزیع آسفالت، تعیین محدوده مکانی برنامه‌ریزی است. برنامه‌ریزی را می‌توان در محدوده‌های مختلف اعم از کشوری، استانی و یا منطقه‌ای مورد بررسی قرار داد، هر چه محدوده مکانی برنامه‌ریزی گسترده‌تر باشد، برنامه‌ریزی از یک طرف پیچیده‌تر اما از طرف دیگر یکپارچه‌تر خواهد بود. در این مقاله یکپارچه‌سازی برنامه‌ریزی تولید و توزیع آسفالت در محدوده‌ی استانی و با محوریت استان خوزستان مورد بررسی قرار گیرد.

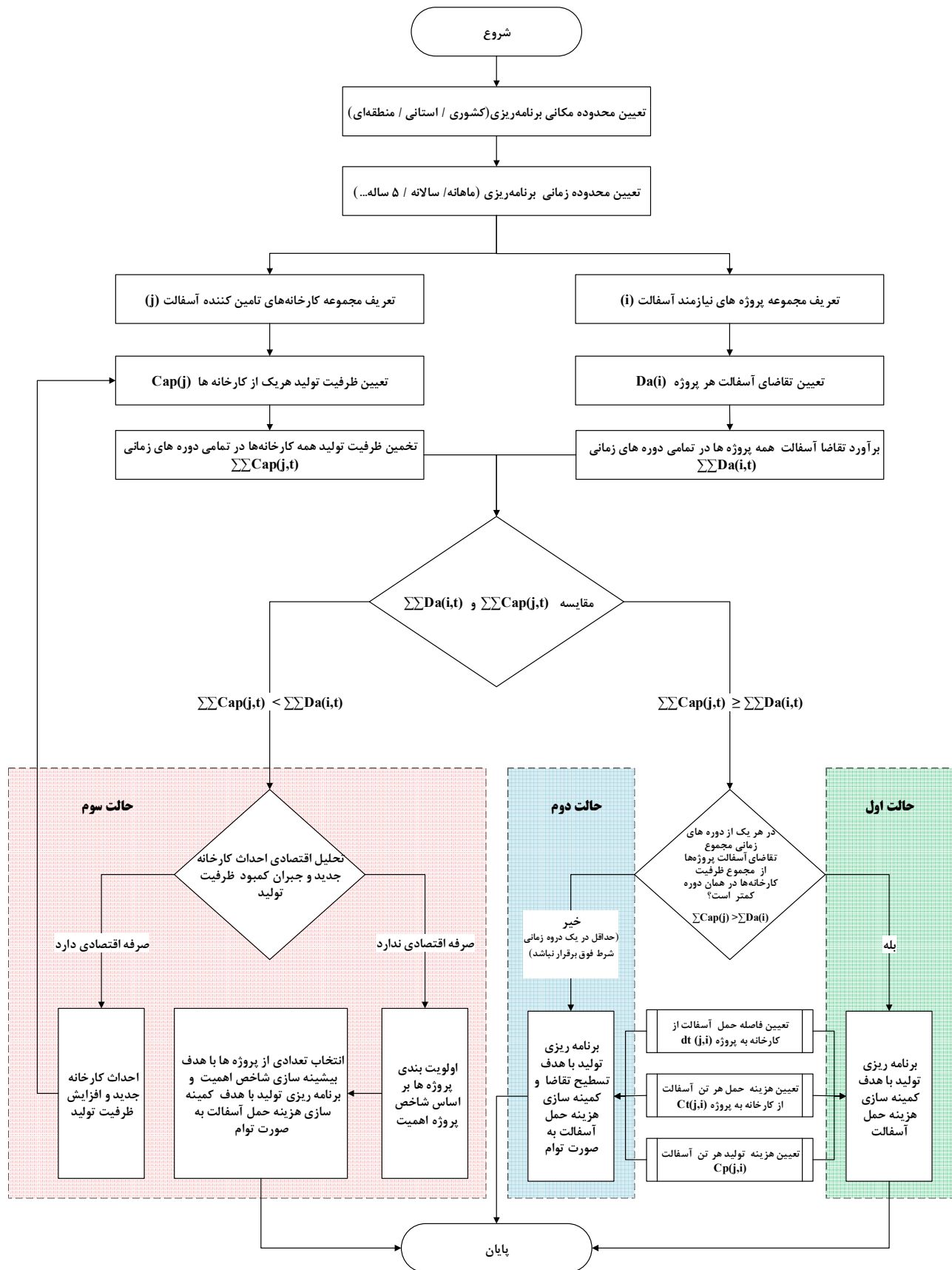
ظرفیت تولید هر یک از کارخانه‌های آسفالت (Cap_j)، فواصل حمل بین کارخانه و محل پروژه (dt_{ij})، هزینه‌های حمل در مسیرهای مختلف (Ct_{ij}) و هزینه فروش آسفالت هر کارخانه به هر پروژه (Cp_{ij}) به عنوان ورودی به مدل آرایه شده، سپس مدل در نرم افزار بهینه‌سازی GAMS کد نویسی شده و متغیر تصمیم‌گیری میزان آسفالت تخصیص یافته از هر کارخانه به هریک از پروژه‌ها در هر دوره زمانی (X_{ijt})، به عنوان خروجی مدل با استفاده از Solver CPLEX محاسبه می‌شود، شکل (۳) مدل مفهومی سامانه یکپارچه سازی عرضه و تقاضا آسفالت و جایگاه مدل بهینه سازی بیتا در این سامانه و شکل (۴) فرآیند و مراحل مختلف مدل بیتا را نمایش می‌دهند، در بخش‌های بعدی این مقاله مراحل مختلف این مدل به طور کامل و گام به گام تشریح خواهند شد، در انتهای مقاله نیز جهت بیان نحوه استفاده از این مدل، یک مثال کاربردی در خصوص یکپارچه سازی برنامه‌ریزی تولید و توزیع بین ۲۰

جدول ۱. مزایای استفاده از سیستم یکپارچه برنامه‌ریزی تولید و توزیع آسفالت از دیدگاه ذینفعان مختلف

مزایای عمومی و عام‌المنفعه	مزایای تقاضا کنندگان آسفالت (مجریان پروژه)	مزایای برای تأمین کنندگان آسفالت (صاحبان کارخانه)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ موازنه عرضه و تقاضا آسفالت ✓ کاهش مصرف سوخت ✓ کاهش اثرات زیست محیطی به دلیل کاهش تعداد حمل ✓ تحقق بهنگام نگهداری روسازی راه ✓ ثبت آمار واقعی تولید و توزیع آسفالت در سامانه و امکان برنامه‌ریزی برای سال‌های آینده براساس داده‌های واقعی 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ امکان برنامه‌ریزی خرید در زمان مورد نیاز و از بهینه ترین کارخانه آسفالت ✓ کاهش هزینه حمل ✓ کاهش زمان اجرای پروژه ناشی از حذف تاخیرات در تأمین آسفالت ✓ ایجاد رقابت در بین تأمین کنندگان و امکان آرایه تخفیف بیشتر و کاهش هزینه خرید آسفالت ✓ برنامه‌ریزی اکیپ‌های اجرای آسفالت متناسب با برنامه تأمین از پیش تعریف شده 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ امکان برنامه‌ریزی تولید و فروش آسفالت و ایجاد اطمینان از فروش تضمین شده ✓ امکان برنامه‌ریزی به منظور تعمیرات و نوسازی کارخانه در دوره‌های نبود سفارش ✓ امکان ایجاد انعطاف پذیری در قیمت‌دهی متفاوت در فصول گرم و سرد ✓ امکان ایجاد انعطاف پذیری در قیمت‌دهی متفاوت به پروژه‌های مختلف ✓ تصمیم‌گیری شفاف در خصوص تخصیص تولید به پروژه‌های شخصی یا غیر شخصی



شکل ۳. مدل مفهومی سامانه یکپارچه سازی عرضه و تقاضا آسفالت و جایگاه مدل بهینه‌سازی بیتا در این سامانه



شکل ۴. مدل برنامه ریزی یکپارچه تولید و توزیع آسفالت (مدل بیتا)

۲-۲-گام دوم: تعیین محدوده‌ی زمانی برنامه‌ریزی

مورد از این کارخانه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. بدیهی است که ظرفیت مدل ارایه شده در این مقاله محدود به این تعداد نبوده و در صورت نیاز می‌توان کلیه کارخانه آسفالت‌های موجود در استان خوزستان و یا کشور را به عنوان داده ورودی به مدل ارایه کرده و برنامه‌ریزی یکپارچه‌تری به دست آورد.

پیش از برنامه‌ریزی تولید و توزیع آسفالت می‌بایست محدوده‌ی زمانی مدنظر را مشخص نمود، برنامه‌ریزی را می‌توان به صورت ماهانه، سالانه، ۵ ساله و یا هر محدوده‌ی زمانی دلخواه دیگری انجام داد، در این مقاله برنامه‌ریزی تولید و توزیع به صورت ماهانه و در طول مدت ۱۲ ماه مورد بررسی قرار می‌گیرد. کدهای تعریف شده برای محدوده‌ی زمانی مورد بررسی در جدول (۲) ارایه شده است.

۲-۴-گام چهارم: تعیین ظرفیت کارخانه‌ها (Cap(j)

یکی از پارامترهای مهم پیش از برنامه‌ریزی، تعیین ظرفیت تولید هریک از کارخانه‌ها در محدوده‌های زمانی مختلف است، با توجه به اینکه کارخانه‌ها مدل‌های مختلفی دارند، ظرفیت‌های تولید آن‌ها نیز متفاوت خواهد بود، جدول (۴) ظرفیت‌های تولید کارخانه‌های تعریف شده در این مقاله را نمایش می‌دهد، ملاحظه می‌شود کارخانه‌های مورد بررسی به لحاظ ظرفیت تولید ۴ تیپ مختلف می‌باشند. در محاسبه ظرفیت تولید واقعی ماهانه تمامی کارخانه‌ها، کارکرد ساعتی روزانه ۸ ساعت، تعداد روزهای کاری در ماه ۲۰ روز، راندمان تولید در ماه‌های سرد ۷۰ درصد و در ماه‌های گرم ۶۰ درصد به عنوان فرضیات پایه محاسبات در نظر گرفته شده است.

۲-۳-گام سوم: تعریف مجموعه کارخانه‌ها (j)

پس از تعیین محدوده‌ی زمانی و مکانی برنامه‌ریزی، می‌بایست مجموعه کارخانه‌های تأمین کننده آسفالت موجود در محدوده‌ی مکانی مورد نظر را تعریف نمود، هر چه تعداد و ظرفیت کارخانه‌های آسفالت در دسترس بیشتر باشد، مدیران محدودیت‌های کمتری در برنامه‌ریزی خواهند داشت. در این مقاله از بین کارخانه آسفالت‌های موجود در استان خوزستان ۲۰ مورد انتخاب شده که لیست آن‌ها در جدول (۳) ارایه شده است. لازم به ذکر است تعداد کارخانه آسفالت‌های موجود در استان خوزستان بسیار بیش از این تعداد می‌باشد، در این مقاله صرفاً جهت آشنایی با نحوه استفاده از مدل و بیان یک مثال ۲۰

جدول ۲. تعریف کد برای محدوده‌ی زمانی مورد بررسی (۱۲ ماه)

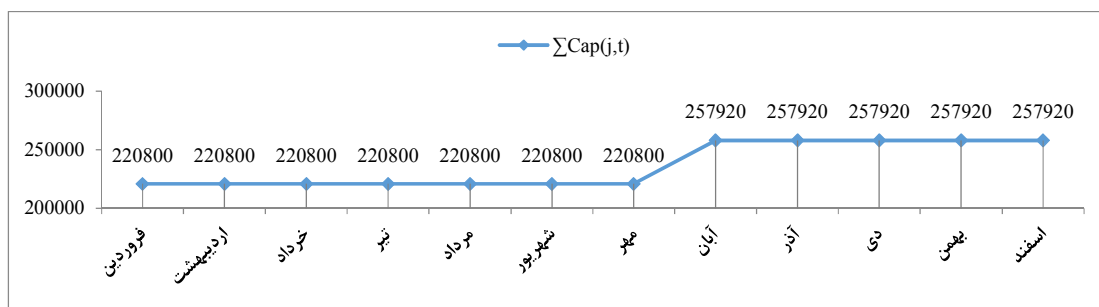
دوره‌های زمانی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
کد	(t ₁)	(t ₂)	(t ₃)	(t ₄)	(t ₅)	(t ₆)	(t ₇)	(t ₈)	(t ₉)	(t ₁₀)	(t ₁₁)	(t ₁₂)

جدول ۳. تعریف کد برای مجموعه کارخانه‌های تأمین کننده آسفالت

کد	نام	محل	کد	نام کارخانه	محل	کد	نام	محل	کد	نام	محل
F1	پدیده دوکوهه	اهواز	F6	سبز افشان کارون	ملاثانی	F11	راهسازان گرمسیر ۲	بندر ماهشهر	F16	دثار جنوب	خرمشهر
F2	پیشستان نوین جنوب	باغ‌ملک	F7	اسکان برج خوزستان	ایذه	F12	آبادگران خوزستان ۲	اندیمشک	F17	زاگرس راه سپهر	ایذه
F3	نستوه عمران پارس	بهبهان	F8	پیشگام صنعت مارون	بهبهان	F13	شرکت بنادر	اندیمشک	F18	شرکت پنادر (۳)	شوش
F4	آرین گستر پارسوماش	شوش	F9	مبارک صنعت کارون-۲	ابادان	F14	راهیان راه جنوب	رامهرمز	F19	کیانکار	شوشتر
F5	پویا ورزان خوزستان	شوشتر	F10	عدالت راه سهند	امیدیه	F15	شیم بار جنوب	باغ‌ملک	F20	سهام عمران	اهواز

جدول ۴. ظرفیت تولید ۲۰ کارخانه مورد بررسی در استان خوزستان (Cap_{jt}) (تن)

تیپ	کد کارخانه	تعداد	ظرفیت	ظرفیت	ظرفیت واقعی ماهانه (پایه محاسبات)	
			اسمی ساعتی	اسمی روزانه	آبان تا اسفند (ماه‌های سرد در خوزستان)	فروردین تا مهر (ماه‌های گرم در خوزستان)
A	F1, F5, F20	۳	۱۶۰	۱۲۸۰	۱۷۹۲۰	۱۵۳۶۰
B	F2, F3, F6, F9~F16, F18, F19	۱۳	۱۲۰	۹۶۰	۱۹۲۰۰	۱۱۵۲۰
C	F4, F7	۱	۸۰	۶۴۰	۱۲۸۰۰	۷۶۸۰
D	F8, F17	۳	۶۰	۴۸۰	۹۶۰۰	۵۷۶۰



شکل ۵. مجموع ظرفیت تولید تمامی کارخانه‌های آسفالت در هر ماه (تن - ماه)

مقاله ۱۵ محل مختلف در سطح استان خوزستان به عنوان نقاط نیازمند آسفالت در دو حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند، این دو حالت در ادامه مورد به طور کامل بررسی می‌شوند.

۲-۷-گام هفتم: تقاضای آسفالت تجمعی و دوره‌ای

در این مرحله تقاضای آسفالت تجمعی $\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^l Da_{it}$ و دوره‌ای $\sum_{i=1}^l Da_{it}$ تمامی پروژه‌ها به عنوان دو مورد دیگر از معیارهای تشخیص استراتژی برنامه‌ریزی محاسبه می‌شود.

۲-۸-گام هشتم: انتخاب استراتژی برنامه‌ریزی

پس از محاسبه چهار معیار مورد نیاز برای تشخیص استراتژی برنامه‌ریزی در مراحل قبل، در این مرحله نوع مساله مورد بررسی با مقایسه این چهار معیار مشخص شده و بر اساس آن استراتژی مناسب برنامه‌ریزی انتخاب می‌شود. جدول (۵) استراتژی‌های مختلف برنامه‌ریزی و معیارهای انتخاب مربوط به هریک را نمایش می‌دهد.

۲-۵-گام پنجم: تخمین ظرفیت تولید دوره‌ای و تجمعی:

در این مرحله می‌بایست ظرفیت تولید تجمعی $\sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m Cap_{jt}$ و دوره‌ای $\sum_{j=1}^m Cap_{jt}$ همه کارخانه‌های آسفالت به عنوان دو مورد از معیارهای تشخیص استراتژی برنامه‌ریزی محاسبه شود. طبق داده‌های این مقاله، ظرفیت تجمعی تولید ۲۰ کارخانه فوق در طول مدت ۱۲ ماه برابر تن $=2835,200$

می‌باشد، همچنین شکل (۵) ظرفیت تولید $\sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m Cap_{jt}$ دوره‌ای تمامی کارخانه‌های آسفالت مورد بررسی را نمایش می‌دهد، ملاحظه می‌شود در بازه زمانی فروردین تا مهر (ماه‌های گرم در استان خوزستان) تا حدودی کاهش ظرفیت تولید نسبت به سایر ماه‌ها وجود دارد.

۲-۶-گام ششم: تعریف مجموعه پروژه‌های نیازمند آسفالت (i)

در این مرحله می‌بایست پروژه‌های نیازمند آسفالت را به عنوان یکی از پارامترهای ورودی مدل تعریف کرد، در این

جدول ۵. استراتژی‌های مختلف برنامه‌ریزی و معیارهای انتخاب هر یک

توضیحات معیار تشخیص	معیار تشخیص استراتژی	استراتژی برنامه‌ریزی	حالت
مجموع ظرفیت تولید تمامی کارخانه‌های آسفالت در تمامی دوره‌های زمانی از مجموع تقاضا آسفالت مورد نیاز برای تمامی پروژه‌ها در تمام دوره‌های زمانی بیشتر است و در هیچکدام از دوره‌های زمانی تقاضای آسفالت مورد نیاز برای تمامی پروژه‌ها از مجموع ظرفیت تولید تمامی کارخانه‌های آسفالت در آن دوره بیشتر نیست.	$\sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m Cap_{jt} \geq \sum_{t=1}^n \sum_{i=1}^l Da_{it}$ <p style="text-align: center;">And</p> $\sum_{j=1}^m Cap_{jt} \geq \sum_{i=1}^l Da_{it}$	برنامه‌ریزی تولید و توزیع آسفالت با هدف کمینه سازی هزینه حمل	اول
مجموع ظرفیت تولید تمامی کارخانه‌های آسفالت در تمامی دوره‌های زمانی از مجموع تقاضا آسفالت مورد نیاز برای تمامی پروژه‌ها در تمام دوره‌های زمانی کمتر است ولی حداقل در یکی از دوره‌های زمانی تقاضا آسفالت مورد نیاز برای تمامی پروژه‌ها از مجموع ظرفیت تولید تمامی کارخانه‌های آسفالت در آن دوره بیشتر است.	$\sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m Cap_{jt} \geq \sum_{t=1}^n \sum_{i=1}^l Da_{it}$ <p style="text-align: center;">And</p> $\sum_{j=1}^m Cap_{jt} < \sum_{i=1}^l Da_{it}$	برنامه‌ریزی تولید و توزیع آسفالت با هدف تسطیح تقاضا و کمینه سازی هزینه حمل به صورت توام	دوم
مجموع ظرفیت تولید تمامی کارخانه‌های آسفالت در تمامی دوره‌های زمانی از مجموع تقاضا آسفالت مورد نیاز برای تمامی پروژه‌ها در تمام دوره‌های زمانی کمتر است.	$\sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m Cap_{jt} < \sum_{t=1}^n \sum_{i=1}^l Da_{it}$	تحلیل اقتصادی احداث کارخانه جدید و جبران کمبود ظرفیت و تبدیل شدن به حالت یک یا دو یا انتخاب تعدادی از پروژه‌ها و برنامه‌ریزی تولید و توزیع آسفالت با هدف بیشینه سازی شاخص اهمیت و کمینه سازی هزینه حمل به صورت توام	سوم ^۱

۱-۸-۲- حالت اول: برنامه‌ریزی با هدف کمینه سازی هزینه حمل

Minimize

$$z = \sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^l ((Ct_{jit} dt_{jit} + Cp_{jit}) X_{jit}) \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^l X_{jit} \leq Cap_{jt} \quad \forall j \in \text{factory}, \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m X_{jit} = da_{it} \quad \forall i \in \text{project}, \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (3)$$

$$X_{jit} \geq 0, dt_{jit} \leq 100 \quad (4)$$

۲-۸-۲- حالت دوم: برنامه‌ریزی با هدف تسطیح تقاضا و کمینه سازی هزینه حمل به صورت توام

Minimize

$$z = \sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^l ((Ct_{jit} dt_{jit} + Cp_{jit}) X_{jit}) \quad (5)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^l X_{jit} \leq Cap_{jt} \quad \forall j \in \text{factory}, \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (6)$$

$$\sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m X_{jit} = \sum_{t=1}^n da_{it} \quad \forall i \in \text{project} \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^l X_{jit} \leq \sum_{j=1}^m Cap_{jt} \quad \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^m X_{jit} \geq \min(4000, da_{it}) \quad \forall i \in \text{project}, \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^m X_{jit} \leq \max(da_{it}, da_{it+1}, da_{it-1}) \quad \forall i \in \text{project}, \forall t = 1, 2, \dots, T \quad (10)$$

$$X_{jit} \geq 0, dt_{jit} \leq 100 \quad (11)$$

پارامترهای ورودی مدل:

da_{it} : میزان تقاضا آسفالت (تناژ) پروژه i در دوره زمانی t

Cap_{jt} : ظرفیت تولید کارخانه تامین کننده j در دوره زمانی t

dt_{jit} : فاصله حمل بین کارخانه تامین کننده j تا پروژه نیازمند آسفالت i

Ct_{jit} : هزینه حمل هر تن آسفالت از کارخانه تامین کننده j به پروژه نیازمند آسفالت i در دوره زمانی t

Cp_{jit} : هزینه خرید هر تن آسفالت از کارخانه تامین کننده j به پروژه نیازمند آسفالت i در دوره زمانی t

متغیر تصمیم:

X_{jit} : میزان آسفالت (تناژ) که در دوره زمانی t از کارخانه تامین کننده j به پروژه نیازمند آسفالت i باید حمل شود.

۹-۲-گام نهم: کدنویسی در نرم افزار GAMS

تضمین می‌کند که برنامه‌ریزی تولید در هر دوره دقیقاً مطابق با مقدار اعلام نیاز شده در همان دوره محقق شود. محدودیت شماره (۴) نیز دامنه مجاز برای تأمین آسفالت را برای هر پروژه تا شعاع ۱۰۰ کیلومتری محدود می‌کنند. روابط (۵) الی (۱۱) مربوط به حالت دوم برنامه‌ریزی می‌باشند، در این حالت روابط (۵)، (۶) و (۱۱) مشابه حالت اول بوده با این تفاوت که در حالت دوم میزان تخصیص هر کارخانه به هر پروژه به نحوی تعیین می‌شود که به صورت توام هزینه تهیه و حمل کل سیستم کمینه شده و مجموع تقاضا آسفالت در هر دوره به نحوی تسطیح شود که اولاً در هیچ دوره‌ای تقاضا آسفالت بیش از ظرفیت تولید نگردد (رابطه ۸)، دوماً مجموع آسفالت تخصیص یافته به هر پروژه در تمامی دوره‌های زمانی برابر تقاضا تجمعی

پس از تعیین نوع مساله و انتخاب استراتژی برنامه‌ریزی، با کد نویسی در نرم افزار GAMS می‌توان بهینه ترین حالت برنامه‌ریزی متناسب با استراتژی انتخاب شده را محاسبه نمود، روابط (۱) الی (۴) مربوط کد حل مساله در حالت اول می‌باشند، در این حالت الگوریتم کل مجموعه کارخانه‌های تامین کننده و پروژه‌های متقاضی را به عنوان یک سیستم یکپارچه در نظر گرفته و کارخانه‌های مطلوب و میزان تخصیص آن‌ها به هر پروژه در هر دوره را به نحوی تعیین می‌کند که هزینه تهیه و حمل کل سیستم کمینه شود (رابطه ۱). محدودیت شماره (۲) موجب می‌شود تا میزان آسفالت تأمین شده از یک کارخانه به تمامی پروژه‌ها در هیچ دوره‌ای از ظرفیت آن کارخانه بیشتر نشود، محدودیت شماره (۳) نیز

پروژه‌ها در دوره‌های زمانی مختلف را نمایش می‌دهد، مشاهده می‌شود که کمترین تقاضا مربوط به فروردین یا اسفند (۱۵۰۰ تن) و بیشترین تقاضا مربوط به آبان ماه (۳۱۶۷۵ تن) می‌باشد.

۳-۱-۲- پارامتر Cap_{jt}

برای تعیین ظرفیت تولید هریک از ۲۰ کارخانه‌ی مورد بررسی در این مقاله از داده‌های جدول (۴) استفاده می‌شود.

۳-۱-۳- پارامتر dt_{ji}

برای تعیین فاصله حمل بین کارخانه j تا پروژه i از داده‌های جدول (۷) استفاده می‌شود. حداکثر فاصله حمل مجاز آسفالت از محل کارخانه تا محل پروژه، مطابق بند ۹-۱۳ نشریه ۲۳۴، ۷۰ کیلومتر است، در این مقاله این محدودیت، با توجه به شرایط آب و هوایی استان خوزستان و آنچه در واقعیت به آن عمل می‌شود، ۱۰۰ کیلومتر در نظر گرفته شده است. با ایجاد این محدودیت در کدنویسی نرم افزار GAMS، هر پروژه فقط امکان تخصیص به کارخانه‌ای را دارد که فاصله حمل بین آن‌ها کمتر از ۱۰۰ کیلومتر باشد، به طور مثال پروژه P_2 فقط امکان تامین آسفالت از سه کارخانه F_9 ، F_{11} و F_{16} را دارد در صورتیکه پروژه P_6 می‌تواند آسفالت مورد نیاز خود را از بین ۸ کارخانه تامین کنند. کارخانه‌هایی که هر پروژه مجاز به تامین آسفالت از آن‌ها نمی‌باشند، در جدول (۷) با رنگ قرمز نمایش داده شده‌اند.

۳-۱-۴- پارامتر Ct_{jit}

در این مقاله هزینه حمل هر تن آسفالت از کارخانه به پروژه برابر ۹۲۵،۲ ریال (تن-کیلومتر) در نظر گرفته شده، البته این نرخ صرفاً برای ماه‌های گرم (فروردین تا مهر) در استان خوزستان لحاظ می‌شود، در خصوص ماه‌های سرد (آبان تا اسفند)، هزینه حمل با ۱۰٪ افزایش نسبت ماه‌های گرم برابر ۲۱۷،۳ ریال در نظر گرفته شده، علت این افزایش بهاء، الزام نشریه ۲۳۴ به استفاده از پوشش برزنتی به روی کامیون حمل بار جهت جلوگیری از افت دمای آسفالت در ماه‌های سرد است.

آن شود (رابطه ۷). با توجه به اینکه به الگوریتم این آزادی داده شده تا با هدف تسطیح، توزیع تقاضا در ماه‌های مختلف (به ویژه در ماه‌های کمبود ظرفیت) را تغییر دهد، این امکان وجود دارد که الگوریتم در برخی از ماه‌های سال به یک پروژه هیچ آسفالتی تخصیص ندهد و در روند اجرایی پروژه گسستگی ایجاد کند، رابطه (۹) از این موضوع جلوگیری نموده و تضمین می‌کند که مجموع آسفالت‌های اختصاص یافته به یک پروژه از کارخانه‌های مختلف در هیچ یک از ماه‌های سال صفر نشود^۲. با توجه به اینکه جدول توزیع تقاضا هر پروژه بر اساس میزان آسفالت مورد نیاز، تعداد اکیپ اجرایی و ماشین آلات در اختیار، محدودیت‌های فصلی، برنامه زمانبندی و نمودار S پروژه تنظیم شده است^۳، الگوریتم تسطیح تقاضا نیز می‌بایست تا حد امکان از همین الگو پیروی کند، یک تسطیح یکنواخت و نامنتطبق با شرایط اجرایی پروژه، تغییرات زیادی در برنامه اولیه ایجاد کرده و موجب آشفته‌گی برنامه‌ریزی اولیه خواهد شد، رابطه (۱۰) از این موضوع جلوگیری کرده و تضمین می‌کند الگوریتم تسطیح تا حد امکان از الگوی توزیع تقاضا اولیه تعریف شده پیروی کند.

۳- کاربرد مدل

در این مقاله ۱۵ محل مختلف در سطح استان خوزستان به عنوان نقاط نیازمند آسفالت در دو حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند، در حالت اول در هریک از نقاط نیازمند آسفالت یک پروژه تعریف شده، بنابراین برنامه‌ریزی تولید و توزیع مجموعاً بین ۱۵ پروژه و ۲۰ کارخانه انجام می‌شود. در حالت دوم اما با افزایش تعداد پروژه‌های نیازمند آسفالت برنامه‌ریزی تولید و توزیع مجموعاً بین ۱۲۲ پروژه و ۲۰ کارخانه انجام خواهد شد. در ادامه پارامترهای مورد نیاز برای برنامه‌ریزی هر یک از این دو حالت ارائه می‌شوند.

۳-۱- مساله حالت اول

۳-۱-۱- پارامتر da_{it}

جدول (۸) تقاضا آسفالت هریک از پروژه‌های تعریف شده را در حالت اول نمایش می‌دهد، مشاهده می‌شود که کمترین تقاضا مربوط به آبادان (۱۱۰۰۰ تن) و بیشترین تقاضا مربوط به دزفول (۲۴۷۰۰ تن) می‌باشد. جدول (۶) نیز توزیع تقاضا این

جدول ۶. توزیع تقاضا آسفالت ماهانه پروژه‌های تعریف شده در حالت اول برنامه‌ریزی (تن) (Da_{it})

(t_{12})	(t_{11})	(t_{10})	(t_9)	(t_8)	(t_7)	(t_6)	(t_5)	(t_4)	(t_3)	(t_2)	(t_1)	(t_n) (P_i)
	۱۲۸۰	۱۹۲۰	۲۲۴۰	۳۲۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۲۸۰	۱۲۸۰	۸۰۰	۸۰۰		P_1
	۵۰۰	۱۲۰۰	۱۸۵۰	۲۵۰۰	۱۲۵۰	۱۲۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰			P_2
		۱۰۰۰	۳۲۰۰	۴۵۰۰	۳۹۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۴۰۰				P_3
				۱۳۰۰	۲۳۰۰	۵۲۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰	P_4
		۱۰۰۰	۱۱۰۰	۲۰۰۰	۳۷۰۰	۴۸۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۴۰۰		P_5
			۱۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۲۰۰						P_6
۱۵۰۰	۲۵۰۰	۳۹۰۰	۵۵۰۰	۴۰۰۰	۲۶۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰					P_7
			۱۸۰۰	۲۰۰۰	۳۷۰۰	۴۸۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۱۲۰۰		P_8
			۸۰۰	۱۵۰۰	۱۹۰۰	۴۴۰۰	۳۲۰۰	۳۰۰۰	۲۴۰۰	۲۵۰۰	۸۰۰	P_9
			۷۰۰	۲۷۰۰	۲۶۰۰	۵۰۰						P_{10}
			۷۰۰	۸۰۰	۵۰۰							P_{11}
		۳۷۵	۱۸۷۵	۲۶۲۵	۱۱۲۵	۱۱۲۵	۳۷۵					P_{12}
			۴۰۰	۸۵۰	۵۰۰	۵۰۰						P_{13}
	۷۰۰	۱۰۰۰	۸۰۰	۵۰۰								P_{14}
			۱۵۰۰	۲۶۰۰	۵۶۰۰	۵۲۰۰	۳۲۰۰	۲۶۰۰	۲۵۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	P_{15}
۱۵۰۰	۴۹۸۰	۹۸۹۵	۲۲۰۶۵	۳۱۶۷۵	۲۹۵۷۵	۳۰۷۲۵	۲۵۸۵۵	۱۹۲۸۰	۱۵۳۰۰	۸۴۰۰	۱۵۰۰	جمع دوره

جدول ۷. فاصله حمل بین کارخانه (F_j) و پروژه (P_i)

F_{20}	F_{19}	F_{18}	F_{17}	F_{16}	F_{15}	F_{14}	F_{13}	F_{12}	F_{11}	F_{10}	F_9	F_8	F_7	F_6	F_5	F_4	F_3	F_2	F_1	
۲۵	۱۱۰	۶۰	۲۰۰	۱۲۵	۱۶۱	۱۱۵	۱۵۰	۱۵۰	۱۲۵	۱۵۰	۱۱۵	۲۲۵	۲۶۰	۲۵	۱۲۰	۶۰	۲۲۵	۱۶۱	۲۵	P_1
۱۱۵	۲۱۵	۱۷۵	۲۹۵	۲۵	۲۵۰	۲۰۵	۲۸۸	۲۸۸	۱۰۰	۱۶۰	۲۵	۲۳۰	۳۴۵	۱۱۵	۲۳۵	۱۷۵	۲۳۰	۲۵۰	۱۱۵	P_2
۱۲۰	۱۱۰	۱۷۶	۸۳	۲۲۵	۴۵	۴۰	۱۸۵	۱۸۵	۱۴۵	۱۲۵	۲۱۰	۱۴۸	۱۸۳	۱۲۰	۹۵	۱۷۶	۱۴۸	۴۵	۱۲۰	P_3
۳۰	۶۰	۱۰۰	۱۷۵	۱۵۵	۱۳۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۶۰	۱۴۵	۲۲۵	۱۷۵	۳۰	۷۰	۱۰۰	۲۲۵	۱۳۰	۳۰	P_4
۷۵	۱۷۰	۷۷	۲۵۰	۱۵۰	۲۰۵	۱۶۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۸۰	۲۰۰	۱۶۵	۳۰۰	۳۱۰	۷۵	۱۹۵	۷۷	۳۰۰	۲۳۶	۷۵	P_5
۷۰	۹۸	۴۰	۲۷۰	۲۳۵	۲۳۵	۲۱۰	۴۰	۴۰	۲۳۰	۲۴۵	۲۵۰	۳۲۰	۳۳۰	۷۰	۱۱۵	۴۰	۳۲۰	۲۳۵	۷۰	P_6
۱۴۵	۵۰	۱۵۰	۱۴۵	۲۶۵	۱۰۰	۱۰۵	۱۴۰	۱۴۰	۲۱۰	۱۹۰	۲۵۰	۲۱۰	۲۰۵	۱۴۵	۳۰	۱۵۰	۲۱۰	۱۰۰	۱۴۵	P_7
۱۵۰	۱۹۰	۲۱۰	۲۱۰	۱۷۵	۱۴۳	۸۵	۲۸۵	۲۸۵	۶۴	۲۵	۱۶۰	۷۰	۲۷۰	۱۵۰	۱۶۰	۲۱۰	۷۰	۱۴۳	۱۵۰	P_8
۱۲۵	۱۹۵	۱۹۰	۲۳۰	۱۱۵	۱۶۰	۱۰۵	۲۶۵	۲۶۵	۲۵	۶۴	۱۰۰	۱۳۴	۲۹۰	۱۲۵	۲۱۰	۱۹۰	۱۳۴	۱۶۰	۱۲۵	P_9
۲۰۰	۱۶۸	۲۵۶	۲۵	۳۱۰	۴۵	۱۰۰	۲۶۰	۲۶۰	۲۳۰	۲۱۰	۲۹۵	۲۲۰	۶۰	۲۰۰	۱۸۰	۲۵۶	۲۲۰	۴۵	۲۰۰	P_{10}
۱۶۱	۱۲۵	۲۱۵	۴۵	۲۶۵	۲۵	۵۵	۲۱۵	۲۱۵	۱۶۰	۱۴۳	۲۵۰	۱۶۵	۸۳	۱۶۱	۱۳۵	۲۱۵	۱۶۵	۲۵	۱۶۱	P_{11}
۲۲۵	۲۲۵	۲۸۰	۲۲۰	۲۴۵	۱۷۵	۱۰۸	۳۲۰	۳۲۰	۱۳۴	۷۰	۲۳۰	۲۵	۲۸۵	۲۲۵	۲۴۰	۲۸۰	۲۵	۱۷۵	۲۲۵	P_{12}
۱۵۰	۹۵	۷۵	۲۶۰	۲۷۳	۲۱۵	۲۱۰	۲۵	۲۵	۲۶۵	۲۸۵	۲۸۸	۳۲۰	۳۲۰	۱۵۰	۱۰۵	۷۵	۳۲۰	۲۱۵	۱۵۰	P_{13}
۲۶۰	۲۲۰	۳۱۰	۶۰	۳۶۰	۸۳	۱۶۵	۳۲۰	۳۲۰	۲۹۰	۲۷۰	۳۴۵	۲۸۵	۲۵	۲۶۰	۲۳۵	۳۱۰	۲۸۵	۸۳	۲۶۰	P_{14}
۱۴۷	۸۰	۷۰	۲۵۰	۲۶۵	۲۱۰	۲۰۰	۲۵	۲۵	۲۵۵	۲۷۰	۲۸۰	۳۰۵	۳۱۰	۱۴۷	۹۵	۷۰	۳۰۵	۲۱۰	۱۴۷	P_{15}

جدول ۸. تقاضای آسفالت پروژه‌های تعریف شده در حالت اول برنامه‌ریزی (تن) $(\sum Da_i)$

کد	تعداد	محل	تقاضا (تن)	کد	تعداد	محل	تقاضا (تن)	کد	تعداد	محل	تقاضا (تن)
P1	۱	اهواز	۱۶۰۰۰	P6	۱	شوش	۱۱۰۰	P11	۱	باغملک	۲۰۰۰
P2	۱	آبادان	۱۱۰۰۰	P7	۱	مسجدسلیمان	۲۲۷۰۰	P12	۱	بهبهان	۷۵۰۰
P3	۱	هفتکل	۱۸۰۰۰	P8	۱	امیدیه	۲۲۵۰۰	P13	۱	اندیمشک	۲۲۵۰
P4	۱	ملائانی	۲۲۰۰۰	P9	۱	ماهشهر	۲۰۵۰۰	P14	۱	دهدز	۳۰۰۰
P5	۱	سوسنگرد	۲۱۰۰۰	P10	۱	ایذه	۶۵۰۰	P15	۱	دزفول	۲۴۷۰۰
جمع کل تقاضای آسفالت = ۲۰۰۷۵۰											

۳-۱-۵- پارامتر Cp_{jit}

جدول (۹) قیمت فروش هر تن آسفالت کارخانه (F_j) به پروژه (P_i) را نمایش می‌دهد، همانگونه که ملاحظه می‌شود، در این مقاله برای کارخانه‌های مختلف نرخ فروش متفاوتی در نظر گرفته شده، همچنین در شرایطی که پروژه تقاضاکننده خودش صاحب کارخانه آسفالت باشد، نرخ فروش با اعمال ضریب ۱۵٪ تخفیف برای همان پروژه در نظر گرفته شده است، به عنوان مثال نرخ فروش آسفالت کارخانه F_{11} برای تمامی پروژه‌ها یکسان بوده، اما کارخانه F_7 آسفالت را به پروژه P_{14} ۱۵٪ ارزانتر می‌فروشد. اعمال ضریب تخفیف سبب می‌شود تا الگوریتم بین دو کارخانه شخصی و غیر شخصی، اولویت تامین آسفالت را به کارخانه شخصی دهد. با توجه به نرخ‌های در نظر گرفته شده برای فروش و حمل آسفالت در این مقاله، فقط در شرایطی که فاصله کارخانه شخصی تا پروژه در حدود ۴۵ الی ۵۰ کیلومتر دور از کارخانه غیرشخصی باشد، الگوریتم اولویت تامین آسفالت را به کارخانه غیرشخصی می‌دهد.

۳-۱-۶- انتخاب استراتژی برنامه‌ریزی برای مساله اول

همانگونه که در شکل (۶) مشاهده می‌شود، مجموع ظرفیت تولید تجمعی کارخانه‌های آسفالت (۲۸۳۵،۲۰۰ تن) از مجموع تقاضای آسفالت مورد نیاز برای تمامی پروژه‌ها (۲۰۰،۷۵۰ تن) بسیار بیشتر بوده، همچنین هیچکدام در دوره‌های زمانی مجموع تقاضای آسفالت از مجموع ظرفیت تولید کارخانه‌های آسفالت در آن دوره بیشتر نیست. مساله در حالت اول قرار داشته و استراتژی کمینه‌سازی هزینه حمل برای برنامه‌ریزی آن انتخاب می‌شود. نتایج حاصل در بخش نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۳-۲- مساله حالت دوم

۳-۲-۱- پارامتر da_{it}

جدول (۱۰) تقاضای آسفالت هریک از پروژه‌های تعریف شده در حالت دوم نمایش می‌دهد، مطابق داده‌های ارائه شده در این جدول، کمترین تقاضا مربوط به شهر شوش (۳۶۰۰۰ تن) با دو پروژه تعریف شده و بیشترین تقاضا مربوط به شهر دزفول (۳۱۵۰۰۰ تن) با ۱۶ پروژه تعریف شده، می‌باشد. همچنین جدول (۱۱) توزیع تقاضای این پروژه‌ها در دوره‌های زمانی مختلف نمایش می‌دهد، همانگونه که مشاهده می‌شود کمترین تقاضا مربوط به فروردین ماه (۸۱۶۰۰ تن) و بیشترین تقاضا مربوط به شهریور ماه (۳۲۴۰۰۰ تن) می‌باشد.

۳-۲-۲- پارامترهای Cp_{jit} ، Ct_{jit} ، dt_{ji} ، Cap_{ji}

با توجه به اینکه در مساله دوم فقط تعداد پروژه‌ها افزایش یافته و محل پروژه‌های نیازمند آسفالت و تعداد و محل کارخانه‌های تامین کننده تغییری نکرده، لذا، می‌توان از داده‌های ارائه شده در مساله اول برای پارامترهای فوق استفاده نمود.

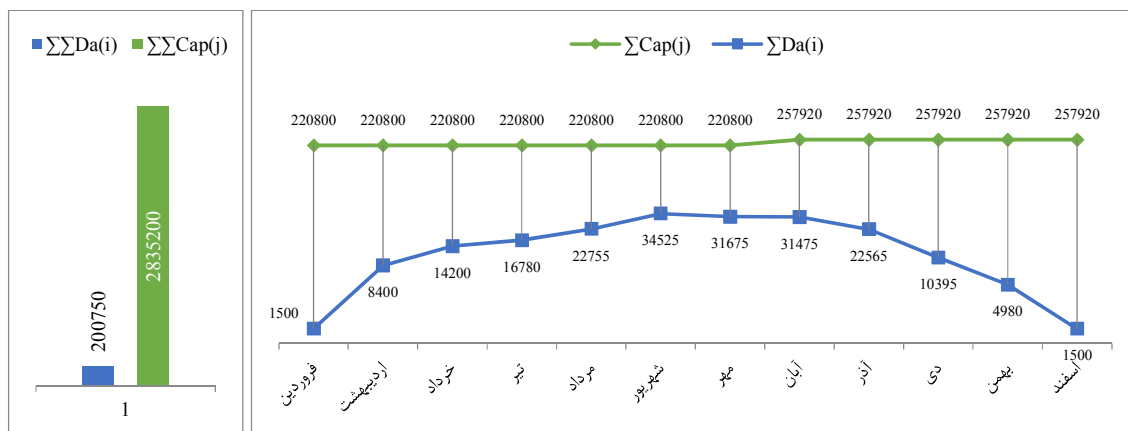
۳-۲-۳- انتخاب استراتژی برنامه‌ریزی برای مسئله دوم:

همانگونه که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، ظرفیت تولید تجمعی کارخانه‌ها (۲۸۳۵،۲۰۰ تن) از تقاضای تجمعی پروژه‌ها (۴۲۹،۲۰۰ تن) بیشتر است، اما در برخی از دوره‌های زمانی (مرداد تا آبان) مجموع تقاضای آسفالت از مجموع ظرفیت تولید کارخانه‌های آسفالت بیشتر است. این مساله در حالت دوم قرار داشته و باید از استراتژی تسطیح تقاضا و کمینه سازی هزینه حمل به صورت توأم در برنامه‌ریزی استفاده شود. نتایج حاصل در بخش نتیجه‌گیری ارائه شده است.

جدول ۹. قیمت فروش (زیرقیف) هر تن آسفالت کارخانه (F_j) به پروژه (P_i) (کلیه مبالغ به ریال می‌باشد)

F ₈		F ₇		F ₆		F ₅		F ₄		F ₃		F ₂		F ₁	
۱۰۱۵۵۳۷	P ₆	۸۹۵۰۵۰	P ₁₄	۸۶۰۶۲۵	P ₄	۷۹۱۷۷۵	P ₅	۷۹۱۷۷۵	P ₅	۹۹۸۳۲۵	P ₁	۷۹۱۷۷۵	P ₃	۸۴۳۴۱۲	P ₁₁
۱۱۹۴۷۵۰	سایر	۱۰۵۳۰۰۰	سایر	۱۰۱۲۵۰۰	سایر	۹۳۱۵۰۰	سایر	۹۳۱۵۰۰	سایر	۱۱۷۴۵۰۰	سایر	۹۳۱۵۰۰	سایر	۹۹۲۲۵۰	سایر

F ₂₀	F ₁₉	F ₁₈	F ₁₇	F ₁₆	F ₁₅	F ₁₄	F ₁₃	F ₁₂	F ₁₁	F ₁₀	F ₉
۱۰۳۲۷۵۰	۹۵۱۷۵۰	۹۵۱۷۵۰	۱۰۹۳۵۰۰	۱۱۳۴۰۰۰	۹۷۲۰۰۰	۸۹۱۰۰۰	۸۹۱۰۰۰	۹۱۱۲۵۰	۱۱۱۳۷۵۰	۱۰۵۳۰۰۰	۱۰۹۳۵۰۰



شکل ۶. مقایسه تقاضای آسفالت با ظرفیت تولید جهت تشخیص استراتژی برنامه‌ریزی

۴- نتیجه‌گیری

۲. علیرغم اینکه کارخانه F14 نزدیک‌ترین کارخانه به پروژه P3 می‌باشد، اما در جواب بهینه کارخانه F2 که در فاصله دورتری قرار دارد به پروژه P3 اختصاص داده شده، علت این موضوع ضریب ۱۵٪ تخفیف در نظر گرفته شده کارخانه F2 برای پروژه P3 است.

۳. در جواب بهینه به دست آمده برای تمامی پروژه‌های دارای کارخانه آسفالت شخصی در محدوده مجاز ۱۰۰ کیلومتری، تامین آسفالت از کارخانه شخصی پیشنهاد شده است. اختصاص F4 به P5، F6 به P4 و F7 به P14 مثال‌هایی از این حالت هستند. از طرفی امکان تخصیص ظرفیت کارخانه‌های F1، F3، F5، F8 به دلیل فاصله زیاد (بیش از ۱۰۰ کیلومتر) به پروژه‌های شخصی مربوط به آنها وجود ندارد و همگی آنها (به جز F8 که به هیچ پروژه‌ای تخصیص نیافته) به سایر پروژه‌ها تخصیص یافته‌اند.

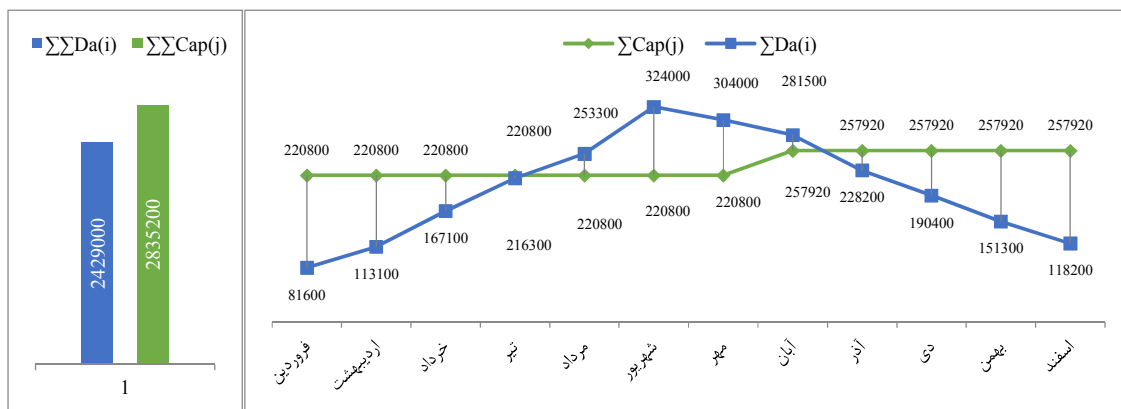
پس از تعیین نوع مساله و انتخاب استراتژی برنامه‌ریزی، هر یک از دو مساله تعریف شده در نرم افزار GAMS کدنویسی شد و پس از حل مساله توسط Solver Cplex نحوه تامین تقاضا پروژه نام از کارخانه نام در بهینه ترین حالت به دست آمد، شکل (۸) بخشی از کد مساله در نرم افزار GAMS را نمایش می‌دهد. جدول (۱۲) و شکل (۹) نتایج حاصل از برنامه‌ریزی در حالت اول را نمایش می‌دهد، از نتایج حل مساله در حالت اول به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: ۱. در مواردی که فاصله دو یا چند کارخانه به یک پروژه یکسان باشد، در جواب بهینه اولویت انتخاب با کارخانه‌ای است که آسفالت را با قیمت کمتری عرضه می‌کند. اختصاص ظرفیت کارخانه F9 به پروژه P2، F13 به P13، P15 و P6 مثال‌هایی از این حالت می‌باشد.

جدول ۱۰. تقاضای آسفالت پروژه‌های تعریف شده در حالت دوم برنامه‌ریزی (تن) $(\sum Da_i)$

کد	تعداد	محل	تقاضای آسفالت	کد	تعداد	محل	تقاضای آسفالت	کد	تعداد	محل	تقاضای آسفالت
P1	۹	اهواز	۱۸۷۰۰۰	P6	۲	شوش	۳۶۰۰۰	P11	۴	باغملک	۷۳۰۰۰
P2	۷	آبادان	۱۴۰۵۰۰	P7	۲	مسجد سلیمان	۴۱۱۰۰	P12	۹	بهبهان	۱۷۷۰۰۰
P3	۷	هفتکل	۱۴۹۱۰۰	P8	۱۲	امیدیه	۲۴۱۰۰۰	P13	۳	اندیمشک	۶۵۴۰۰
P4	۱۰	ملاثانی	۱۹۷۰۰۰	P9	۱۲	ماهشهر	۲۴۳۰۰۰	P14	۴	دهدز	۷۴۴۰۰
P5	۱۰	سوسنگرد	۱۹۶۵۰۰	P10	۱۵	ایذه	۲۹۳۰۰۰	P15	۱۶	دزفول	۳۱۵۰۰۰
جمع کل تقاضای آسفالت = ۲۴۲۹۰۰۰											

جدول ۱۱. توزیع تقاضای آسفالت پروژه‌های تعریف شده در حالت دوم برنامه‌ریزی (تن) (Da_{it})

(t_{12})	(t_{11})	(t_{10})	(t_9)	(t_8)	(t_7)	(t_6)	(t_5)	(t_4)	(t_3)	(t_2)	(t_1)	(t_0) (P_i)
۱۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۲۰۰۰	۲۵۰۰۰	۲۵۰۰۰	۱۸۰۰۰	۱۸۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۹۰۰۰	۸۰۰۰	۷۰۰۰	P1
۴۰۰۰	۶۰۰۰	۱۴۰۰۰	۲۱۰۰۰	۲۴۰۰۰	۱۸۰۰۰	۱۴۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۲۰۰۰	۶۰۰۰	۵۵۰۰	۴۰۰۰	P2
۹۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۲۰۰۰	۲۴۰۰۰	۲۴۰۰۰	۲۲۰۰۰	۱۶۰۰۰	۱۲۰۰۰	۸۰۰۰	۴۵۰۰	۴۰۰۰	۳۶۰۰	P3
۱۲۰۰۰	۱۲۵۰۰	۱۳۵۰۰	۱۶۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۶۰۰۰	۲۹۰۰۰	۲۶۰۰۰	۱۹۰۰۰	۱۲۰۰۰	۸۰۰۰	۳۰۰۰	P4
۱۱۰۰۰	۱۱۵۰۰	۱۲۰۰۰	۱۳۰۰۰	۲۳۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۴۰۰۰	۲۲۰۰۰	۱۷۰۰۰	۱۴۰۰۰	۵۰۰۰	۴۰۰۰	P5
۱۵۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰۰	P6
۱۷۰۰	۲۸۰۰	۴۴۰۰	۶۲۰۰	۴۵۰۰	۴۵۰۰	۳۵۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰۰	P7
۱۵۰۰۰	۲۱۰۰۰	۲۱۰۰۰	۲۱۰۰۰	۲۳۰۰۰	۳۰۰۰۰	۲۸۰۰۰	۲۴۰۰۰	۲۰۰۰۰	۱۷۰۰۰	۱۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	P8
۷۰۰۰	۸۵۰۰	۸۵۰۰	۹۰۰۰	۱۷۰۰۰	۲۲۰۰۰	۵۰۰۰۰	۳۶۰۰۰	۳۴۰۰۰	۲۴۰۰۰	۱۸۰۰۰	۹۰۰۰	P9
۱۶۰۰۰	۱۷۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	۳۱۰۰۰	۳۱۰۰۰	۳۵۰۰۰	۳۵۰۰۰	۲۸۰۰۰	۲۱۰۰۰	۱۸۰۰۰	۱۶۰۰۰	P10
۶۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۸۰۰۰	۹۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۵۰۰۰	۴۰۰۰	۳۰۰۰	P11
۱۰۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۹۰۰۰	۲۱۰۰۰	۳۰۰۰۰	۱۷۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۳۰۰۰	۱۳۰۰۰	۷۰۰۰	۵۰۰۰	P12
۳۰۰۰	۶۰۰۰	۷۰۰۰	۱۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۰۰۰	P13
۶۰۰۰	۸۰۰۰	۱۲۰۰۰	۹۰۰۰	۶۰۰۰	۵۵۰۰	۵۵۰۰	۴۸۰۰	۴۸۰۰	۴۴۰۰	۴۴۰۰	۴۰۰۰	P14
۶۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۶۰۰۰	۱۷۰۰۰	۳۰۰۰۰	۶۳۰۰۰	۵۹۰۰۰	۳۶۰۰۰	۳۰۰۰۰	۲۸۰۰۰	۱۲۰۰۰	۶۰۰۰	P15
۱۱۸۲۰۰	۱۵۱۳۰۰	۱۹۰۴۰۰	۲۲۸۲۰۰	۲۸۱۵۰۰	۳۰۴۰۰۰	۳۲۴۰۰۰	۲۵۳۳۰۰	۲۱۶۳۰۰	۱۶۷۱۰۰	۱۱۳۱۰۰	۸۱۶۰۰	جمع کل



شکل ۷. مقایسه تقاضای آسفالت دوره‌ای با ظرفیت تولید دوره‌ای در حالت دوم برنامه‌ریزی

```

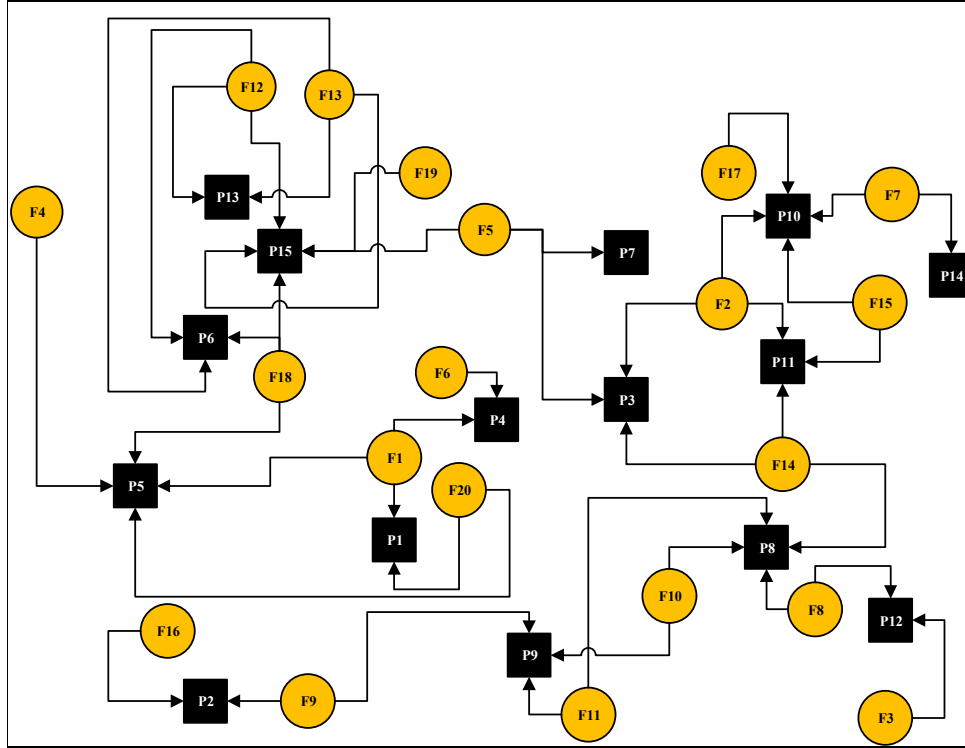
meta
$ gset / Areas , Areas , SetReg , MinArea , MaxArea , MinDist , MinDist , MinDist , MinDist , MinDist
$ Factory / Factory_Location , Factory_Location , Factory_Location , Factory_Location , Factory_Location
$ Periods / 1:12 / 1
$
parameter d(i,j) Demand for project i in period j
$ call gdxrw ASPH_Prob_two.xlsx par da cap=Sheet2!C2:G22 vdim=1 odim=1
$ gdxin ASPH_Prob_two.gdx
$ load da
$ gdxin
$
parameter cap(i,j) Capacity for factories j in period i
$ call gdxrw ASPH_Prob_two.xlsx par cap cap=Sheet2!C2:G22 vdim=1 odim=1
$ gdxin ASPH_Prob_two.gdx
$ load cap
$ gdxin
$
parameter ct(i,j,t) Distance Matrix for transport from factories j to project i in period t
$ call gdxrw ASPH_Prob_two.xlsx par ct ct=Sheet2!C2:G22 vdim=2 odim=2
$ gdxin ASPH_Prob_two.gdx
$ load ct
$ gdxin
$
parameter cp(i,j,t) Cost Matrix for transport from factories j to project i in period t
$ call gdxrw ASPH_Prob_two.xlsx par cp cp=Sheet2!C2:G22 vdim=2 odim=2
$ gdxin ASPH_Prob_two.gdx
$ load cp
$ gdxin

```

شکل ۸. بخشی از کد مساله در GAMS

جدول ۱۲. نتایج حاصل از برنامه‌ریزی در حالت اول (X_{jit})

(t ₁₂)	(t ₁₁)	(t ₁₀)	(t ₉)	(t ₈)	(t ₇)	(t ₆)	(t ₅)	(t ₄)	(t ₃)	(t ₂)	(t ₁)		
	۱۲۸۰	۱۹۲۰	۲۲۴۰	۳۲۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۲۸۰	۱۲۸۰	۸۰۰	۸۰۰		F1	P1
	۵۰۰	۱۲۰۰	۱۸۵۰	۲۵۰۰	۱۲۵۰	۱۲۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰			F9	P2
		۱۰۰۰	۳۲۰۰	۴۵۰۰	۳۹۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۴۰۰				F2	P3
				۱۳۰۰	۲۳۰۰	۵۲۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰	F6	P4
		۱۰۰۰	۱۱۰۰	۲۰۰۰	۳۷۰۰	۴۸۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۴۰۰		F4	P5
			۱۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۲۰۰						F13	P6
۱۵۰۰	۲۵۰۰	۳۹۰۰	۵۵۰۰	۴۰۰۰	۲۶۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰					F5	P7
			۱۸۰۰	۲۰۰۰	۳۷۰۰	۴۸۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۱۲۰۰		F10	P8
			۸۰۰	۱۵۰۰	۱۹۰۰	۴۴۰۰	۳۲۰۰	۳۰۰۰	۲۴۰۰	۲۵۰۰	۸۰۰	F11	P9
			۷۰۰	۲۷۰۰	۲۶۰۰	۵۰۰						F2	P10
			۷۰۰	۸۰۰	۵۰۰							F2	P11
		۳۷۵	۱۸۷۵	۲۶۲۵	۱۱۲۵	۱۱۲۵	۳۷۵					F3	P12
			۴۰۰	۸۵۰	۵۰۰	۵۰۰						F13	P13
	۷۰۰	۱۰۰۰	۸۰۰	۵۰۰								F7	P14
			۱۵۰۰	۲۶۰۰	۵۶۰۰	۵۲۰۰	۳۲۰۰	۲۶۰۰	۲۵۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	F13	P15
۴۹۸۰	۹۸۹۵	۲۲۰۶۵	۳۱۶۷۵	۲۹۵۷۵	۳۰۷۲۵	۲۵۸۵۵	۱۹۲۸۰	۱۵۳۰۰	۸۴۰۰	۱۵۰۰	۱۵۰۰	جمع دوره	



شکل ۱۰. نتایج برنامه‌ریزی در حالت دوم

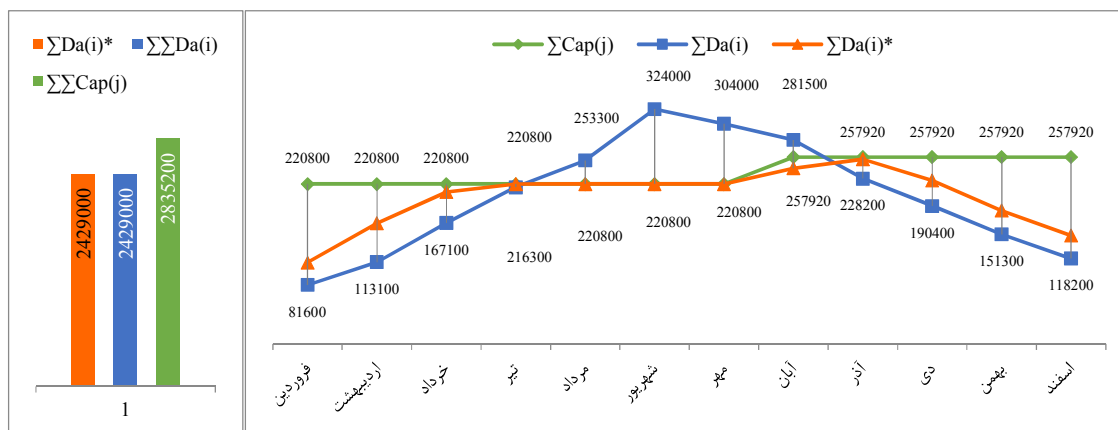
جدول ۱۳. نیز نتایج حاصل از برنامه‌ریزی در حالت دوم (X_{jit})

		(t ₁₂)	(t ₁₁)	(t ₁₀)	(t ₉)	(t ₈)	(t ₇)	(t ₆)	(t ₅)	(t ₄)	(t ₃)	(t ₂)	(t ₁)		
	P1	۱۵۰۰۰	۱۷۹۲۰	۱۷۹۲۰	۱۷۹۲۰	۱۷۹۲۰	۲۰۶۰		۱۳۶۸۰	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۹۰۰۰	۸۰۰۰	F1	
			۴۰۸۰	۷۰۸۰	۷۰۸۰	۷۰۸۰	۱۹۴۰	۱۱۳۲۰							F20
	P2	۶۰۰۰	۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۹۸۸۰	۴۸۸۰						۵۰۸۰	۵۵۰۰	F9	
				۵۶۰		۹۷۶۰	۱۳۴۴۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۹۲۰			F16
	P3	۱۰۰۰۰	۱۲۰۰۰	۸۶۰۰	۲۶۰۰	۲۶۰۰	۷۶۸۰					۴۵۰۰	۴۰۰۰	F2	
					۱۳۰۸۰	۱۳۹۲۰	۱۳۹۲۰	۹۶۶۰	۱۱۸۶۰	۱۲۳۶۰	۱۲۰۰۰	۸۰۰۰			F5
	P4													F14	
			۹۸۰						۱۵۳۶۰	۲۶۸۰	۳۶۰		۲۴۰۰		F1
	P4	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۹۶۰۰	۹۶۰۰	۹۶۰۰	۹۶۰۰	۹۶۰۰	۹۶۰۰	۸۰۰۰	F6	
					۴۴۸۰	۲۸۰	۱۰۸۴۰	۱۳۴۲۰	۴۰۴۰		۹۵۶۰	۹۴۰۰			F20
	P5													F1	
			۸۹۶۰	۸۹۶۰	۸۹۶۰	۸۹۶۰	۸۹۶۰	۷۶۸۰	۷۶۸۰	۷۶۸۰	۷۶۸۰	۷۶۸۰	۷۶۸۰	۵۰۰۰	F4
	P5													F18	
			۲۵۴۰	۳۰۴۰	۴۰۴۰	۹۲۶۰		۷۰۸۰	۷۵۲۰	۸۵۲۰	۸۵۲۰	۸۵۲۰	۶۳۲۰		F18
	P6													F20	
			۵۶۰	۲۰۰۰											F12
	P6													F13	
			۱۴۴۰										۲۵۰۰		F13
	P6													F18	
					۲۰۰۰	۳۵۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	F18
	P7													F5	
			۲۸۰۰	۴۳۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۳۵۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰	F5
	P8													F8	
								۵۷۶۰	۲۸۰	۳۳۲۰	۵۷۶۰	۵۷۶۰			F8
	P8													F10	
			۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۶۸۰	۵۶۰	۵۴۸۰	۵۰۴۰	F10
	P8													F11	
					۴۴۴۰										F11
	P9													F14	
			۷۵۶۰	۷۵۶۰	۳۱۲۰	۴۴۴۰	۴۴۴۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۰۴۸۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۵۹۶۰	F14
	P9				۳۵۶۰	۸۵۶۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۶۴۴۰	F9	

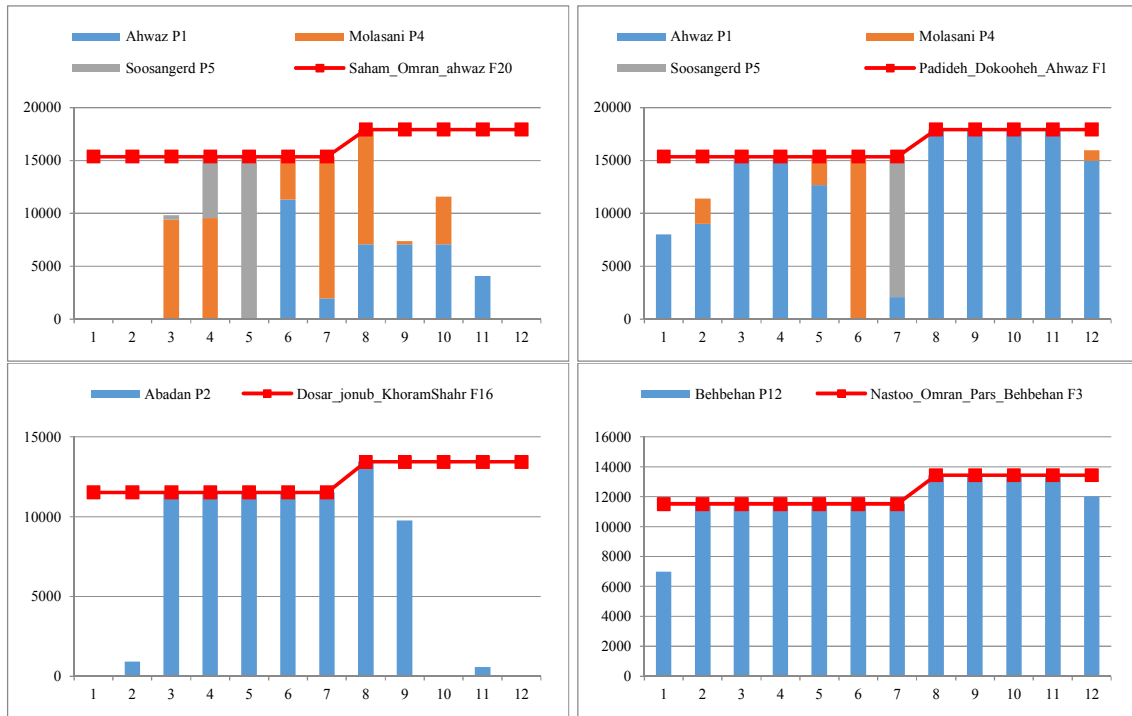
								۹۸۴۰	۱۰۹۶۰	۶۰۴۰	۶۴۸۰	F10
۸۵۰۰	۸۵۰۰	۹۰۰۰	۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	F11
۲۳۲۰	۱۴۴۰	۴۸۴۰	۱۰۸۴۰	۱۰۸۴۰	۳۸۴۰	۱۱۵۲۰	۵۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۲۰۲۰	۶۴۸۰	F2
					۳۶۸۰	۳۶۸۰	۲۱۸۰	۳۶۸۰	۳۴۲۰	۱۷۰۰		F7
۱۳۴۴۰	۱۲۳۲۰	۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۵۷۴۰	۷۵۲۰	۱۱۵۲۰	۸۵۶۰	۷۳۰۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	F15
۱۲۴۰	۶۲۴۰	۶۷۲۰	۶۷۲۰	۶۷۲۰	۵۷۶۰	۵۷۶۰	۵۷۶۰	۵۷۶۰	۵۷۶۰	۵۷۶۰		F17
۱۱۲۰							۶۰۰۰			۵۰۰۰	۱۰۴۰	F2
۵۸۸۰	۵۸۸۰	۸۰۰۰	۹۰۰۰	۹۰۰۰				۱۰۴۰			۲۹۶۰	F14
	۱۱۲۰				۵۷۸۰	۴۰۰۰		۲۹۶۰	۴۲۲۰			F15
۱۲۰۰۰	۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۷۰۰۰	F3
	۵۵۶۰	۶۷۲۰	۶۷۲۰	۶۷۲۰		۵۴۸۰	۲۴۴۰			۱۴۸۰		F8
۶۰۰۰	۷۰۰۰		۱۱۰۰۰	۵۵۰۰	۴۰۰۰		۳۵۰۰			۳۲۰۰	۳۲۰۰	F12
		۱۱۰۰۰						۳۵۰۰	۳۵۰۰			F13
۸۰۰۰	۸۹۶۰	۸۹۶۰	۸۹۶۰	۸۹۶۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۵۵۰۰	۴۰۰۰	۴۲۶۰	۴۴۰۰	۴۴۰۰	F7
					۱۷۰۰			۳۶۰				F5
	۲۵۶۰	۱۳۴۴۰	۲۴۴۰	۷۹۴۰	۷۵۲۰	۱۱۵۲۰	۸۰۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۸۳۲۰	۲۹۸۰	F12
۱۲۰۰۰	۱۳۴۴۰	۲۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۱۵۲۰	۷۵۲۰	۱۱۵۲۰	۸۰۲۰	۸۰۲۰	۱۱۵۲۰	۹۰۲۰	F13
		۱۱۲۰	۶۸۰	۹۴۴۰	۴۴۰					۲۲۰۰		F18
			۱۳۴۴۰	۱۳۴۴۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۱۵۲۰	۱۰۴۶۰	۵۹۶۰		F19
۱۸۵۲۸۰	۲۱۷۵۶۰	۲۴۳۸۰	۲۵۷۹۲۰	۲۲۰۸۰۰	۲۲۰۸۰۰	۲۲۰۸۰۰	۲۲۰۸۰۰	۲۰۹۸۶۰	۱۶۷۱۰۰	۱۱۳۱۰۰	۱۱۳۱۰۰	جمع کل

تخصیص نیافته‌اند و می‌توانند در این دوره‌ها برای تعمیرات و بازسازی‌های مورد نیاز برنامه‌ریزی کنند. شکل (۱۳) چهار نمونه از برنامه‌ریزی توزیع در پروژه‌های مختلف در جواب بهینه را نشان می‌دهد، در این شکل نمودار خطی نشان‌دهنده تقاضا آسفالت اولیه پیش از تسطیح و نمودارهای میله‌ای نشان‌دهنده برنامه توزیع آسفالت بعد از تسطیح تقاضا می‌باشند همانگونه ملاحظه می‌شود، تسطیح تقاضا تا حد امکان از الگوی اولیه برنامه‌ریزی پیروی کرده است، همچنین ملاحظه می‌شود که برخی از پروژه‌ها مانند P7 و P14 تمام تقاضای آسفالت خود را از یک کارخانه تامین می‌کنند در صورتی‌که بسیاری از محل‌های نیازمند آسفالت مانند P5 و P15 در هر ماه آسفالت مورد نیاز خود را از چند کارخانه مختلف تامین می‌کنند.

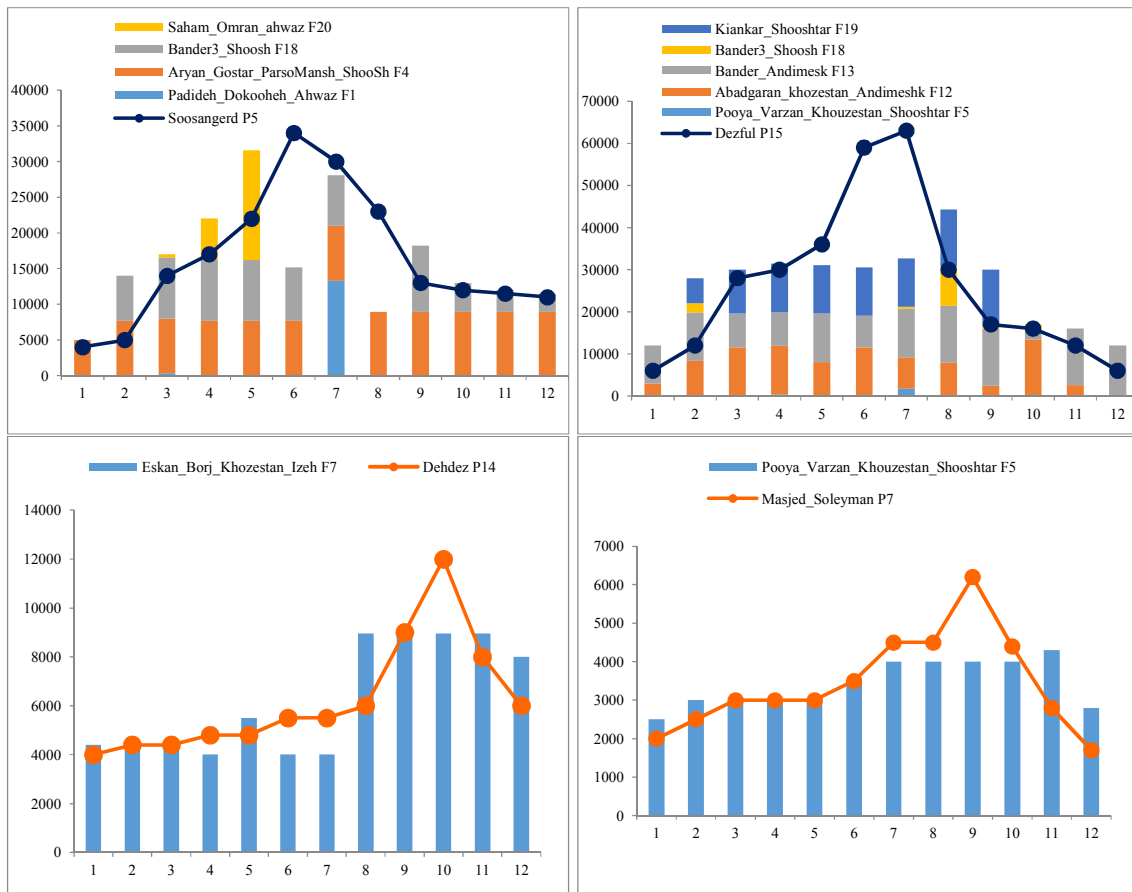
شکل (۱۱) تسطیح تقاضا را در دوره زمانی مختلف نمایش می‌دهد، در این در شکل مشاهده می‌شود که جواب بهینه، تسطیح تقاضا را به نحوی انجام داده است که تا حد امکان از الگوی برنامه‌ریزی اولیه پیروی کند و در هیچ دوره‌ای نیز از ظرفیت مجاز تجاوز نکند. شکل (۱۲) چهار نمونه از برنامه‌ریزی تولید کارخانه‌های مختلف در جواب بهینه را نمایش می‌دهد، مشاهده می‌شود که در برخی کارخانه‌ها مانند F3 و F16 تمام توان تولید فقط به یک محل تخصیص داده شده است، اما اکثر کارخانه‌ها مانند F1 و F20 بطور همزمان آسفالت مورد نیاز چند پروژه در محل‌های مختلف را تامین می‌کنند، در این شکل دیده می‌شود که برخی کارخانه‌ها مانند F20 یا F16 در برخی از ماه‌ها به هیچ پروژه‌ای



شکل ۱۱. نحوه تسطیح تقاضا در دوره زمانی مختلف



شکل ۱۲. چهار نمونه از برنامه‌ریزی تولید کارخانه‌های مختلف در جواب بهینه



شکل ۱۳. چهار نمونه از برنامه‌ریزی توزیع در پروژه‌های مختلف در جواب بهینه

۵- پی‌نوشت‌ها

- ۱- با توجه به فراوانی کارخانه‌های آسفالت در سطح کشور (یا هر استان) به نسبت تعداد پروژه‌های نیازمند آسفالت، به ندرت شرایطی ایجاد می‌شود تا مساله در حالت سوم قرار بگیرد، لذا، حالت سوم برنامه‌ریزی در این مقاله بررسی نمی‌شود. البته در برنامه ریزی در مقایسه‌های خیلی کوچک مانند محلی یا سازمانی، تحقق حالت سوم مساله امکان پذیر است.
- ۲- عدد ۴۰۰۰ تن در این رابطه متناسب با داده مساله حالت دوم این مقاله در نظر گرفته شده است و متناسب با نظر مدیران پروژه در مسایل دیگر قابل تغییر است.
- ۳- مطابق الگو رایج در شروع پروژه به منظور تجهیزکارگاه و تأمین ماشین آلات کمتر، در اواسط پروژه حداکثر و در انتهای پروژه کاهش می‌یابد.

۶- مراجع

- رشیدی، ع.ر.، (۱۳۹۳)، "مدل یکپارچه تأمین، تولید و توزیع در سیستم چند محصولی با هدف حداقل‌سازی کل هزینه‌های سیستم مطالعه موردی: گروه صنعتی آریان"، دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت چالش‌ها و راهکارها.
- کاظمی، الف.، (۱۳۹۳)، "ارایه مدلی به منظور برنامه‌ریزی یکپارچه تولید - توزیع در یک زنجیره تأمین"، مدیریت توسعه و تحول ۱۹. ص. ۶۶-۶۱.
- کاظمی، الف.، (۱۳۹۶)، "ارایه مدلی دو هدفه برای مسئله برنامه‌ریزی یکپارچه تولید- توزیع در یک زنجیره تأمین چند سطحی با در نظر گرفتن سطح خدمت"، مدیریت تولید و عملیات، ص. ۱۳۴-۱۱۵.
- Tian, X., Mohamed, Y., & AbouRizk, S., (2010), "Simulation-based aggregate planning of batch plant operations", *Canadian Journal of Civil Engineering*, 37(10), pp.1277-1288.
- Clist, M. Plant Location Modelling for the Concrete and Asphalt Industries. URL: <http://www.orsnz.org.nz/conf36/papers/Clist>.
- Galic, M., Zavrski, I., & Dolacek-Alduk, Z., (2016), "Methodology and algorithm for asphalt supply chain Optimization/ Metodologija i algoritam za optimizaciju lanca procesa transporta asfalta". *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette*, 23(4), pp.1193-1200.
- Neuro, S. M., & Pinto, J. M., (2003), "Supply chain optimization of petroleum refinery complexes", In *Proceedings of the 4th International Conference on Foundations of Computer-Aided Process Operations*, pp. 59-72.

Optimal Asphalt Production and Distribution Planning Using Linear Programming Technique (Case Study: Khuzestan Projects)

*Mehdi Dezfuli Nezhad, Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Ahvaz Branch,
Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
Mohsen Akhound, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering, Shoushtar Branch, Islamic
Azad University, Shoushtar, Iran.*

E-mail:m.dezfulinezhad@gmail.com

Received: November 2019-Accepted: February 2020

ABSTRACT

This paper presents an "integrated asphalt production and distribution planning model" for asphalt plants. The General Algebraic Modeling System (GAMS) used to code this model, different types of input data, such as (Da_i) amount of required asphalt for a project, (Cap_j) plants production capacity, (dt_{ij}) distance between plants and projects, (Ct_{ij}) transportation costs and (Cp_{ij}) asphalt price are used as input model data and most important output result of this model is (X_{ijt}) " amount of asphalt planned to produce and distribute form each plants to each projects in each period of time" that computed using CPLEX Solver. At the end of this paper, a numerical example about asphalt production planning during one year for 20 plants and distribution between 15 construction sites in Khuzestan is given to illustrate how the proposed model can be used.

Keywords: Production Planning, Asphalt Plant, Optimization, Supply Chain Management