

## فهرست مطالب

۳	مقدمه.....
۳	تاریخچه بهینه سازی تولید.....
۴	برنامه ریزی تولید.....
۵	کاربردهای اصلی.....
۶	کاربردهای جنبی.....
۷	کارهای انجام شده در زمینه بهینه سازی تولید.....
۷	ارائه یک سیستم برنامه ریزی تولید سلسله مراتبی برای محیط های ترکیبی.....
۸	برنامه ریزی تولید با تقاضای احتمالی و محدودیت ظرفیت.....
۸	بهینه سازی سطح تولید در شرکت بابل ماشین با استفاده از مدل های خطی برنامه ریزی تولید پویا.....
۹	تعیین میزان ناب بودن فرآیند تولید و برنامه ریزی تولید سازمان های تولیدی در صنعت خودرو با استفاده از منطق فازی.....
۱۱	تعریف دقیق مساله.....
۱۵	مدل سازی.....
۱۵	تابع هدف.....
۱۷	محدودیت ها.....
۱۷	محدودیت های مربوط به تقاضا.....
۱۷	محدودیت های ستون.....
۱۷	محدودیت های تیر.....
۱۸	محدودیت های دیوار ۲.۵.....
۱۸	محدودیت های دیوار ۳.۰.....
۱۹	محدودیت های دال.....
۱۹	محدودیت های مربوط به منابع.....
۱۹	محدودیت های سیمان.....
۲۰	محدودیت های ماسه.....
۲۰	محدودیت های شن.....
۲۰	محدودیت مربوط به تعهدات شرکت نسبت به منابع.....

۲۰	تعهدات شن
۲۰	تعهدات سیمان
۲۱	محدودیت های مربوط به میزان مصالح مورد نیاز برای تولید قطعات
۲۱	محدودیت مصرف ماسه در سال
۲۲	محدودیت مصرف شن در سال
۲۳	محدودیت مصرف سیمان در سال
۲۴	محدودیت های انبار کردن
۲۴	انبار سیمان
۲۴	دپو شن
۲۴	دپو ماسه
۲۴	مزیت مدل سازی
۲۵	نتایج بدست آمده از حل مدل با استفاده از Lingo 11.0
۳۳	محاسبات مربوط به تحلیل حساسیت
۴۰	تحلیل حساسیت
۴۰	تحلیل حساسیت اعداد سمت راست
۴۵	تحلیل حساسیت ضرایب تابع هدف
۴۵	در جدول زیر تغییرات ضرایب بر اساس تغییر ضریب از بیشترین تغییر به کمترین تغییر آمده است.
۵۱	جدول زمان بندی انبار و تولید
۵۱	برنامه زمانبندی برای تولید و عرضه قطعات پیش ساخته بتنی از نوع ستون
۵۲	برنامه زمانبندی برای تولید و عرضه قطعات پیش ساخته بتنی از نوع تیر
۵۲	برنامه زمانبندی برای تولید و عرضه قطعات پیش ساخته بتنی از نوع دال
۵۳	برنامه زمانبندی برای تولید و عرضه قطعات پیش ساخته بتنی از نوع دیوار - ۲.۵
۵۳	برنامه زمانبندی برای تولید و عرضه قطعات پیش ساخته بتنی از نوع دیوار - ۳.۰

## مقدمه

### تاریخچه بهینه سازی تولید

برخی از تکنیک های بهینه سازی قدمتی بیش از یک قرن دارند. در ابتدا برای یافتن ماکزیمم و مینیمم یک تابع، از ریاضیات دیفرانسیلی استفاده می شد که در بسیاری از مسائل تجربی و تئوری کاربرد مناسبی نداشت. آغاز قرن بیستم را می توان آغاز توسعه استفاده از مدل های ریاضی و تکنیک های بهینه سازی دانست. در سال ۱۹۰۰ گانت نمودارهایی را برای برنامه ریزی ساعت کار ماشین ها به صورت اثربخش استفاده نمود که امروزه به عنوان «گانت چارت» شناخته می شود. در سال ۱۹۱۵ هریس فرمول بندی ریاضی خاصی را برای محاسبه میزان اقتصادی سفارش قطعه از تامین کننده ارائه نمود که امروزه با اصطلاح «مقدار اقتصادی سفارش» در مدیریت موجودی شناخته می شود و در سال ۱۹۱۷ ارلانگ، فرمولی ریاضی را برای تحلیل مسئله محاسبه تعداد تماس های وارده به یک تلفن خودکار استخراج نمود که توسعه آن منجر به محاسبات و تحلیل های مربوط به صف و در نهایت ایجاد موضوعی به نام تئوری صف گردد.

دولت بریتانیا در جنگ جهانی دوم تیمی از مهندسان عمران را جهت ارائه مشاوره به فرمانده ها در حل مسائل پیچیده، استراتژیک و تاکتیکی تشکیل داد. هدف از این کار حداکثر نمودن قوای جنگی با استفاده از منابع محدود در دسترس بود. موفقیت گروه بریتانیایی باعث شد ایالت متحده آمریکا نیز گروهی مشابه را در ۱۹۴۲ تاسیس کند، اگرچه تشکیل گروه کوچکتری نیز در سال ۱۹۳۷ گزارش شده است. جامعه دانشمندان بریتانیا به مجموعه فعالیت های این تیم ها اصطلاح «تحقیق عملیات» را اختصاص داد، در حالیکه در ایالت متحده از اصطلاح «تحقیق در عملیات» استفاده شد. در پی موفقیت های فراوان فعالیت این تیم ها، موضوعی با نام «تحقیق در عملیات» به صورت مجزا در مجموعه های آموزشی، دانشگاه ها و دانشکده ها معرفی گردید. لازم به ذکر است که بهینه سازی به عنوان زیرمجموعه ای از علم تحقیق در عملیات مطرح است.

پس از جنگ جهانی دوم، نتایج حاصل از بکاربردن تحقیق در عملیات در مسائل نظامی در زمینه های گوناگونی مورد استفاده قرار گرفت و بواسطه گسترش روز افزون استفاده از این علم در بسیاری از صنایع، علوم و حتی خدمات عمومی توسعه و پیشرفت قابل ملاحظه ای در تکنیک های تحقیق در عملیات حاصل شد. با توسعه این علم، مدیران و تصمیم گیرندگان به این نتیجه رسیدند که صرفه جویی های حاصل از بکارگیری تکنیک های تحقیق در عملیات در حل مسائل می تواند بسیار سودآور باشد زیرا حتی صرفه جویی ده ریالی در هر واحد در سیستم های تولید انبوه می تواند میلیون ها ریال سودآوری داشته باشد.

در سال ۱۹۴۷، جرج دانتزینگ الگوریتم سیمپلکس را برای حل مسائل برنامه ریزی خطی ارائه داد که این امر منجر به معرفی او به عنوان یکی از بزرگان علم تحقیق در عملیات شد. برنامه ریزی خطی یکی از تکنیک های پایه و اولیه در بهینه سازی است. توسعه سیستماتیک الگوریتم های محاسبه برای حل مسائل برنامه

ریزی خطی در سال ۱۹۵۲ در شرکت رند در سانتا مونیکای ایالت متحده و تحت رهبری دانتزینگ کلید خورد. دانتزینگ به طور مداوم تا اواخر سال ۱۹۵۶ روی این پروژه کار می کرد تا اینکه در این سال پیشرفت بزرگی در نسل اول کامپیوتر ها ایجاد شد. اهمیت برنامه ریزی خطی در سال ۱۹۸۰ توسط یک مهندس کامپیوتر با نام لازلو لوواز بیشتر مطرح شد و ادعا نمود « اگر اطلاعاتی آماری در رابطه با زمانی که کامپیوتر ها در سراسر دنیا بر روی مسائل مختلف صرف می کنند جمع آوری شود آنگاه احتمالاً برنامه ریزی خطی بیشترین زمان را در بین مسائل مختلف به خود اختصاص می داد.» همچنین در همان سال ایگن لاولدر برکلی در مقاله ای نوشت «برنامه ریزی خطی علمی است که می تواند در زمینه ها مختلف مورد استفاده قرار گیرد از جمله: تخصیص منابع، برنامه ریزی تولید، زمان بندی انجام کار، تصمیم گیری در انتخاب پروژه های سرمایه گذاری و حتی تعیین استراتژی های بازاریابی. تاثیر اقتصادی و فراگیر برنامه ریزی خطی در صنایع امروز دنیا غیر قابل انکار است.»

در مجموع توسعه تکنیک های بهینه سازی همچنان ادامه دارد و در نیم قرن اخیر پیشرفت هایی در زمینه تکنیک های ابتکاری مانند شبیه سازی تعمیم یافته، جستجوی ممنوعه، الگوریتم ژنتیک، محاسبات شبکه عصبی، منطق فازی و کلونی مورچگان صورت گرفته است که راه های جدیدی را برای مدیران در خصوص تصمیم گیری در مسائل پیچیده تر باز نموده اند.



## برنامه ریزی تولید

برنامه زمان بندی و توالی عملیات در مسائل برنامه ریزی تولید به عنوان یکی از عوامل کلیدی موفقیت در هر سازمان تولیدی نقش مهم و موثری دارد، زیرا زمانبندی تولید باعث جلوگیری از انباشت سرمایه، تقلیل ضایعات، کاهش و یا حذف بیکاری ماشین آلات و تلاش برای استفاده بهتر از آنها، پاسخگوئی بموقع به سفارش های مشتریان و تامین مواد اولیه و قطعات مورد نیاز در موقع مناسب می شود. مسائل زمانبندی تولید بسیار متنوع هستند.

هدف زمانبندی تولید تخصیص منابع محدود در طول زمان برای انجام گروهی از فعالیت های است. داشتن یک برنامه زمانبندی تولید مناسب، تاثیر زیادی بر افزایش کارائی و دسترسی به اهداف سازمان دارد. مدل زمانبندی تولید در هر یک از سازمان های تولیدی با توجه به اهداف و اولویت های دسترسی به هر یک از آنها متفاوت است. بنابراین برای تعیین مدل زمانبندی مناسب در سازمان ابتدا باید اهداف، اولویت و محدودیت منابع مورد بررسی قرار گیرد.

برنامه ریزی تولید در واقع زمان بندی و تعیین ترتیب اولویت های انجام کارها به صورت بهینه می باشد واضح است که برای یک واحد تولیدی حداقل نمودن هزینه و افزایش بهره وری اهمیت زیادی دارد بنابراین نوبت بندی در برنامه (در عدد، زمان و مکان) به منظور حداقل کردن هزینه و افزایش بهره وری ضرورت دارد.

امروزه اغلب کارخانه های کشور، بدون استفاده از روش های علمی برنامه ریزی تولید مشغول به کار هستند و لذا با مسائلی مانند وقفه های مختلف در تولید، عدم وجود پیش بینی درخصوص مواد اولیه مورد نیاز، مدت زمان لازم برای تولید، عدم توانایی تصمیم گیری در خصوص ترکیب تولید و ... مواجه هستند.

مدل سازی این امکان را فراهم می کند که مدیر بتواند فرایند تولید را از ابعاد مختلف زمانی و هزینه ای بهینه کرده و بهره وری تولید را افزایش دهد. روش های حل مسائل تولید از طریق مدل های کمی، نه تنها راه حل بهینه را برای وضعیت فعلی تولید نشان خواهد داد بلکه به برنامه ریزان کمک خواهد نمود که به سوالاتی از قبیل "چه خواهد شد اگر ... " نیز پاسخ گویند و حال آنکه پاسخ این گونه سوالات از طریق تجربی و عملی ممکن است هزینه زا و در بسیاری از موارد غیر ممکن باشد.

ضرورت برنامه ریزی بر کسی پوشیده نیست و بطور خاص موضوع برنامه ریزی در فرایند تولید گاه دارای چنان مزایایی است که در صورت عدم وجود، سازمانهای تولیدی را از مسیر سالم رشد و ادامه حیات در محیط رقابتی منحرف می سازد. در صورت پیاده سازی موفق یک سیستم مدیریت تولید جامع، شرکتها می توانند از مزایای زیر برخوردار گردند.

## کاربردهای اصلی

۱- کمک به مسئولین خط تولید در برنامه ریزی بهینه تولید

۲- کاهش حجم موجودی در انبار

۳- افزایش قدرت پیش بینی وضعیت تولید و در نتیجه کمک به تصمیم گیری در پذیرش سفارشات



۴- کاهش برون سپاری و استفاده حداکثری از توان داخلی شرکت

۵- استفاده بهینه از توان ماشین آلات و پرسنل

۶- مدیریت بهتر محصولات، قطعات و ضایعات

۷- افزایش سود و کاهش هزینه ها به واسطه نتیجه بهینه سازی

۸- افزایش خوش قولی به واسطه تحویل به موقع محصول به مشتری

۹- تعیین برنامه بهینه تولید هر ماشین

۱۰- کاهش زمان بیکاری ماشین آلات بواسطه انتظار برای دریافت قطعه نیم ساخته

## کاربردهای جنبی

۱- کمک به تصمیم گیری در زمینه بکارگیری ماشین آلات جدید

۲- تحلیل حساسیت عملیات تولید نسبت به تغییر شرایط مختلف

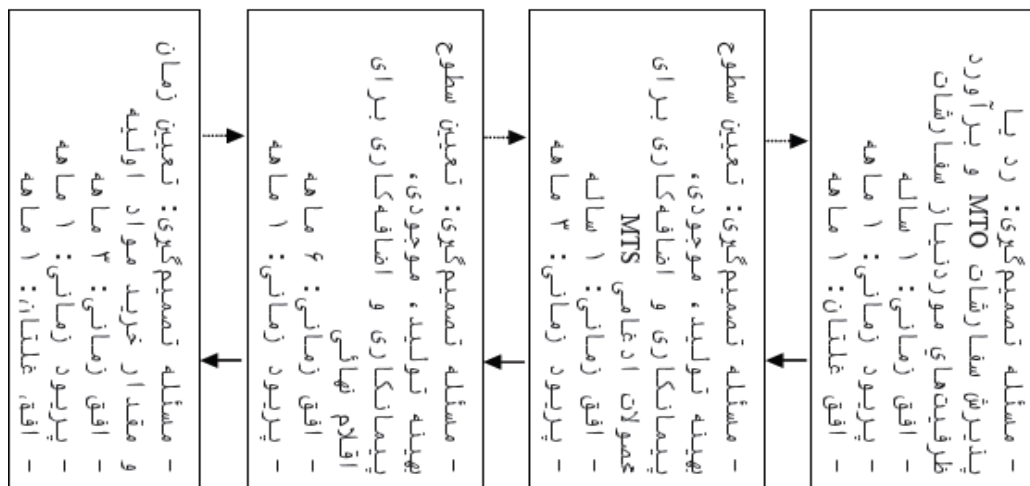
۳- کمک به شناسایی تنگناها و گلوگاه ها



## کارهای انجام شده در زمینه بهینه سازی تولید

### ارائه یک سیستم برنامه ریزی تولید سلسله مراتبی برای محیط های ترکیبی

در این مقاله یک ساختار سلسله مراتبی و یکپارچه برنامه ریزی تولید و مواد برای محیط های ترکیبی MTS/MTO ارائه شده است. این ساختار دارای چهار سطح مختلف تصمیم گیری بوده و برای هر سطح یک مدل تصمیم گیری مناسب توسعه یافته است. سطح اول مربوط به فرآیند رد یا پذیرش سفارشات MTO و برآورد ظرفیتهای مورد نیاز سفارشات پذیرفته شده است. در این مرحله با توجه به اهمیت سفارشات و ظرفیت در دسترس که برای محصولات MTO و MTS مشترک می باشد، ترکیبی از سفارشات ورودی پذیرفته شده و بقیه سفارشات رد می شوند. مراحل بعدی نیز طبق منطق سیستم MRP II مربوط به برنامه ریزی محصولات MTS می باشند. بدین ترتیب در سطح دوم، از یک مدل ریاضی عدد صحیح برای حل مسئله برنامه ریزی تولید ادغامی (AP) استفاده شده و هدف تعیین سطوح بهینه تولید، موجودی، پیمانکاری و اضافه کاری برای محصولات ادغامی در پیوندهای ادغامی می باشد. در سطح سوم، برنامه ادغامی تهیه شده در سطح دوم با استفاده از یک مدل تفکیک مناسب به برنامه اصلی تولید (MPS) در سطح مدل های محصولات قابل فروش و پیوندهای غیرادغامی تبدیل می شود. نهایتاً در سطح چهارم نیز با توجه به MPS تعیین شده در سطح سوم و سایر داده ها نظیر زمان تدارک خرید اقلام، برنامه زمانی سفارشات خرید (ماحول MRP) از طریق اجرای یک مدل ریاضی مختلط عدد صحیح تعیین می گردد. همچنین به منظور پویا نمودن این ساختار برنامه ریزی و بهنگام سازی سیستماتیک برنامه ها در سطوح مختلف، از رویکرد افق غلتان در هر یک از این سطوح استفاده شده است. ساختار پیشنهادی برای یک سازنده بزرگ وسایل الکترونیکی (شامل انواع تلویزیون، رادیوپخش خودرو و مانیتور) به اجرا در آمده و نتایج بدست آمده بیانگر کارایی بالای این رویکرد در برنامه ریزی یکپارچه تولید و مواد در این شرکت تولیدی می باشد.



## برنامه ریزی تولید با تقاضای احتمالی و محدودیت ظرفیت

تعیین اندازه دسته در حالت چند محصولی، چند دوره ای با هزینه آماده سازی، در حالت فروش از دست رفته و تقاضای احتمالی مورد بحث قرار گرفته است.

یک روش برای رسیدن به جوابهای نزدیک به بهینه ارائه شده است. شرایطی که روش به جواب بهینه می رسد، نیز مشخص شده است. در روش ارائه شده ابتدا با حل یک مدل خطی شده با متغیرهای صفر و یک، به نام PD، که تقریبی از مدل احتمالی مسئله است، دوره ایی که در آنها آماده سازی و تولید انجام می شوند بدست می آید. سپس با استفاده از روش ارائه شده در مدل بدون هزینه آماده سازی، جواب مقادیر تولید بهبود پیدا می کند. اگر مدل PD دوره های آماده سازی و تولید بهینه را بدست آورد، جواب بهینه مسئله بدست می آید.

## بهینه سازی سطح تولید در شرکت بابل ماشین با استفاده از مدل های خطی برنامه ریزی تولید پویا

در این مقاله، برنامه ریزی تولید در شرکت بابل ماشین به منظور تعیین سطح بهینه ی تولید با استفاده از روش برنامه ریزی خطی صورت گرفته است.

زمانی که نرخ تقاضا با زمان تغییر کند، مساله برنامه ریزی پویا نامیده می شود. موارد زیر طرق مختلفی است که برای برنامه ریزی به منظور تامین تقاضای در حال نوسان در اختیار مدیریت می باشد.

۱- سطح موجودی را در دوره هایی که دارای تقاضای کمتری بوده بیشتر کنیم تا از عهده ی تقاضاهای زیادتر آینده بر آییم.

۲- در دوره هایی که حداکثر تقاضا را داریم، فروش از دست رفته داشته باشیم یا اینکه سفارش عقب افتاده را قبول کنیم.

۳- در عین حالی که نیروی انسانی و وسایل تولید را ثابت نگه می داریم سعی می کنیم که از سیاست اضافه کاری در زمانهای حداکثر

تقاضا و تعطیلات در مواقع حداقل تقاضا استفاده نماییم.

۴- در مواقع حداکثر تقاضا از روش قراردادهای جنبی استفاده نماییم.

۵- با تغییر نیروی انسانی از طریق استخدام و اخراج ظرفیت تولید را تغییر دهیم.



ترکیب بهینه ی روشهای مطرح شده در زیر آورده شده است.

۱- هزینه های تدارک محصولاتی که از منابع خارج از کارخانه خریداری می گردد.

۲- هزینه های تولید که شامل هرنوع هزینه های مشهود بوده که به تولید تحت شرایط زمان نرمال مربوط بوده و آن با نرخ تولید تغییر می کند.



۳- هزینه های نگهداری موجودی.

۴- زیانهای کمبود موجودی مربوط به سفارشات عقب افتاده و فروشهای از دست رفته.

۵- هزینه های افزایش و کاهش سطح نیروی انسانی. این هزینه ها شامل هزینه های استخدام و آموزش و همچنین سایر هزینه های مربوط به اخراج یا بیکار کردن موقت کارگران می باشد.

۶- هزینه های مربوط به انحراف از سطح نرمال تولید از طریق اضافه کاری یا کم کاری. ممکن است نرخ دستمزد در ساعات اضافه کاری به مراتب بیشتر از ساعات معمولی باشد. همچنین به علت به کارگیری ظرفیت زیر نرمال وسایل تولید فرصت های مناسبی از دست داده شود.

۷- هزینه تغییر نرخ تولید. این هزینه ها نظیر هزینه آماده سازی ماشین و خراب بودن ماشین بوده که بر اثر آن زیانهایی در رابطه با کم شدن تولید همچنین عدم کارایی بر اثر تغییر برنامه تولید به دنبال خواهد داشت.

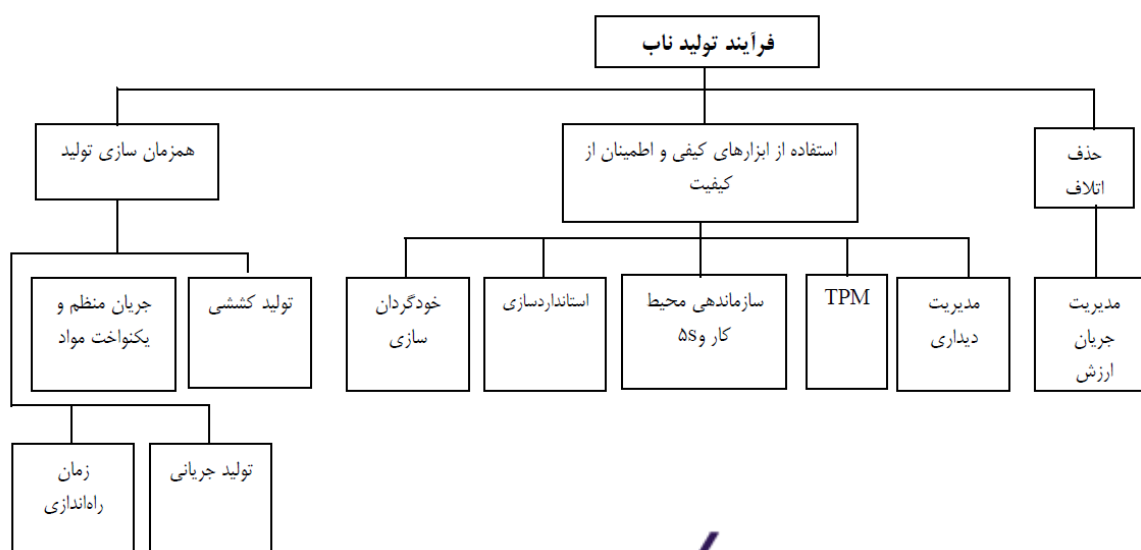
## **تعیین میزان ناب بودن فرآیند تولید و برنامه ریزی تولید سازمان های تولیدی در صنعت خودرو با استفاده از منطق فازی**

با توجه به اهمیت بهبود روش های تولیدی در رقابت پذیری شرکت های تولیدی و موفقیت و مقبولیت تولید ناب به عنوان سیستم تولیدی با مزیت رقابتی و مفاهیم و روش های جامع و مفید در جهت افزایش رضایت مشتری، کاهش هزینه و زمان تولید و تحویل محصولات، بررسی این مفهوم، شناسایی عوامل مورد نیاز در جهت پیاده سازی این روش تولیدی و ارائه یک روش و مدل اندازه گیری در جهت تعیین میزان موفقیت و توانمندی های سازمان های تولیدی در جهت پیاده سازی این سیستم تولیدی و استفاده از نتایج آن در جهت بهبود حرکت به سمت اجرای این سیستم تولید، می تواند در جهت ارتقای تولید ناب و اجرای آن به طور صحیح، مفید باشد.

تولید ناب نامی است که توسط تیم (IMVP (International Motor Vehicle Program به روش تولید تویوتایی داده شده و در بسیاری از سازمان های اروپایی از اوایل دهه ۹۰ شناخته شده است.

تولید ناب ابزاری اثربخش برای رسیدن به هدف نهایی هر سازمان، یعنی سود است. به این منظور، هدف اصلی تولید ناب کاهش هزینه یا بهبود بهره وری است. بسیاری از مطالعات نشان می دهد که تولید ناب باعث بالا رفتن کیفیت، بهره وری و پاسخگویی به مشتری می شود (کرافیک 1998، نیکولاس 1997).

در این تحقیق، سه عنصر حذف اتلاف، استفاده از ابزارهای کیفی و اطمینان از کیفیت و همزمان سازی تولید به عنوان عناصری که سازمان برای حصول به فرآیند تولید ناب به آن ها نیازمند است، مطرح می شوند. یعنی اگر سازمان فلسفه حذف اتلاف را در تمام مراحل فرآیند تولید جاری سازد، از ابزارهای کیفی مربوط به تولید ناب در جهت اطمینان از کیفیت استفاده کند و از همزمان سازی تولید بهره مند باشد، دارای فرآیند تولید ناب خواهد بود.



## تعریف دقیق مساله

یک شرکت سازنده قطعات پیش ساخته بتنی محصولات دال و دیوارو تیر و ستون را تولید می کند.

پروژه های زیر با این شرکت برای اجرای قسمت های مختلف قرارداد بسته اند.

پروژه ۱: پروژه ۱۲۰ واحدی در شهرک گلپهزار: ۱۰ تا ۱۲ واحدی

پروژه ۲: پروژه ۵ کیلومتری دیوار حائل ۲.۵ متری در سنگان

پروژه ۳: پروژه دیوار حائل ۳ کیلومتری با ارتفاع ۳ متر در مشهد

پروژه ۴: پروژه دیوار حائل ۵ کیلومتری با ارتفاع ۲.۵ در تربت حیدریه

پروژه ۵: دبیرستان ۳ طبقه در بجنورد

تقاضای ماهانه قطعات مختلف این پروژه ها به شرح زیر می باشد.



پروژه ۱	دال	دیوار	تیر	ستون
۱ ماه	۴۲۰ (4.5*1.5)	-	342	252
۲ ماه	۴۲۰ (4.5*1.5)	-	342	252
۳ ماه	۵۶۰ (4.5*1.5)	-	456	336
۴ ماه	۵۶۰ (4.5*1.5)	-	456	336
۵ ماه	۴۲۰ (4.5*1.5)	-	342	252
۶ ماه	۴۲۰ (4.5*1.5)	-	342	252
Total	2800		2280	1680

پروژه ۲	دال	دیوار	تیر	ستون
۱ ماه	-	300 (5*2.5)	-	-
۲ ماه	-	350 (5*2.5)	-	-
۳ ماه	-	350 (5*2.5)	-	-
۴ ماه	-	-	-	-
۵ ماه	-	-	-	-
۶ ماه	-	-	-	-
Total	-	1000 (5*2.5)	-	-

پرژه ۳	دال	دیوار	تیر	ستون
۱ ماه	-	-	-	-
۲ ماه	-	-	-	-
۳ ماه	-	300(5*3)	-	-
۴ ماه	-	300(5*3)	-	-
۵ ماه	-	-	-	-
۶ ماه	-	-	-	-
Total	-	600(5*3)	-	-

پرژه ۴	دال	دیوار	تیر	ستون
۱ ماه	-	-	-	-
۲ ماه	-	300(5*2.5)	-	-
۳ ماه	-	-	-	-
۴ ماه	-	-	-	-
۵ ماه	-	450(5*2.5)	-	-
۶ ماه	-	250(5*2.5)	-	-
Total	-	1000(5*2.5)	-	-

پرژه ۵	دال	دیوار	تیر	ستون
۱ ماه	-	-	-	-
۲ ماه	-	-	80	50
۳ ماه	100	-	70	50
۴ ماه	120	-	80	70
۵ ماه	80	-	60	50
۶ ماه	50	-	-	-
Total	350	-	290	220

هم چنین شرکت تمایل دارد در روزهایی که مشغول به ساخت سفارشات نمی باشد قطعات دیوار حائل با ارتفاع ۲.۵ متر را تولید نماید زیرا در آینده تقاضا برای این قطعات زیاد خواهد بود.

برای ایجاد قطعات از ۳ طرح اختلالات متفاوت برای مقاومت های متفاوت استفاده می شود. برای هر طرح اختلالات جزئیات در جداول زیر قرار داده شده است.

مقاومت (مگاپاسکال)	سیمان (تن)	ماسه (تن)	شن (تن)	شماره
۲۵	۰.۳۵	۱.۲۰	۰.۶	۱
۳۰	۰.۳۰	۱.۱۵	۰.۶۵	۲
۳۵	۰.۳۵	۱.۱۰	۰.۷۰	۳

برای تولید قطعات دیوارها مقاومت ۲۵ مگاپاسکال، برای قطعات ستون ها ۳۵ مگاپاسکال و برای تولید تیرو دال ها ۳۰ مگاپاسکال مقاومت مورد نیاز است.

میزان مصالح مورد نیاز برای تولید هر قطعه در هر یک از جداول زیر آمده است:

نوع قطعه	سیمان (تن)	ماسه (تن)	شن (تن)
دیوار ۳متری	۰.۵۲۵	۱.۸۰۰	۰.۹۰
دیوار ۲.۵ متری	۰.۴۳۸	۱.۵۰۰	۰.۷۵
دال ۱.۵*۴.۵	۰.۰۸۵	۰.۳۲۷	۰.۱۸۵
تیر	۰.۱۶۲	۰.۶۲۱	۰.۳۵۱
ستون	۰.۱۶۸	۰.۵۲۸	۰.۳۳۶

مصالح مورد استفاده از منابع زیر تهیه می شود و محدودیت های داخل جدول را نیز داریم:

منابع	سیمان (تن)		ماسه (تن)		شن (تن)	
	ظرفیت در هر ماه	قیمت	ظرفیت در هر ماه	قیمت	ظرفیت در هر ماه	قیمت
۱	۱۵۰	۹۶۰۰۰	۵۰۰	۱۶۰۰۰	۷۰۰	۱۵۰۰۰
۲	۲۰۰	۹۲۰۰۰	۴۰۰	۱۶۰۵۰	۴۵۰	۱۴۷۰۰
۳	۳۰۰	۹۹۰۰۰	۶۰۰	۱۵۹۰۰	۳۰۰	۱۴۹۰۰

با توجه به تعهدی که شرکت نسبت به منبع ۳ دارد، باید حداقل ۴۰ درصد از مقدار شن خود را از منبع ۳ تهیه نماید. همچنین باید به میزان حداقل ۴۵ درصد از مقادیر سیمان خود را از منبع ۳ تهیه نماید.

هزینه حمل هر تن از مصالح از منبع تا کارخانه به صورت زیر خواهد بود.

منابع	سیمان	ماسه	شن
قیمت تومان برای یک تن	قیمت تومان برای یک تن	قیمت تومان برای یک تن	قیمت تومان برای یک تن
۶۰۰۰	۴۹۰۰	۴۹۰۰	۱
۶۲۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۲
۵۹۵۰	۴۸۵۰	۴۸۵۰	۳

هزینه انبار کردن هر تن مصالح در هر ماه ۳۰۰ تومان است و همچنین هزینه انبار کردن قطعات برای هر قطعه در مدت زمان مشخص به صورت زیر خواهد بود.

تعداد ماه	هزینه
1	100
2	125
3	150
4	200
5	250

محدودیتی در زمینه انبار کردن قطعات تولید شده از لحاظ تعداد نخواهیم داشت ولی برای انبار کردن مصالح محدودیت های زیر را خواهیم داشت، که به صورت زیر می باشد.

سیمان	
1 ماه	10 تن
2 ماه	20 تن
3 ماه	30 تن
4 ماه	30 تن
5 ماه	10 تن
ماسه	
1 ماه	30 تن
2 ماه	50 تن
3 ماه	70 تن
4 ماه	50 تن
5 ماه	30 تن
شن	
1 ماه	30 تن
2 ماه	40 تن
3 ماه	70 تن
4 ماه	40 تن
5 ماه	30 تن

هدف شرکت حداقل کردن هزینه های تولید و انبار، با توجه به تقاضا در ۶ ماه آینده می باشد.

## مدل سازی

### تابع هدف

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 C_{ijk} * M_{ijk} + \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^5 \sum_{t=1}^6 C_{t-i} * E_{tijk} + \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 C * S_{ij}$$

$M_{ijk}$ : مصالح خریداری شده در ماه  $i$ -ام از نوع  $j$ -ام و از منبع  $k$ -ام.

$C_{ijk}$ : قیمت مصالح خریداری شده در ماه  $i$ -ام از نوع  $j$ -ام و از منبع  $k$ -ام.

$i=1,2,3$  و  $j=1,2,3$  سیمان و  $k=1,2,3$  شن و

$X_{ijk}$ : تعداد قطعات تولیدی در ماه  $i$ -ام از نوع  $j$ -ام و برای پروژه  $k$ -ام.

$i=1,2,3$  و  $j=1$ : ستون و  $j=2$ : تیرو و  $j=3$ : دیوار ۲.۵ و  $j=4$ : دیوار ۳.۰ و  $j=5$ : دال و  $k=1,2,3,4,5$

$E_{tijk}$ : تعداد قطعات تولیدی برای پروژه  $k$ ام در ماه  $i$ ام از نوع  $j$ ام برای استفاده در ماه  $t$ ام.

$S_{ij}$ : مقدار مصالح ذخیره شده در ماه  $i$ ام و از نوع  $j$ ام به مدت یک ماه.

$C_{t-i}$ : هزینه نگه داری قطعات به مدت  $(t-i)$  ماه

$C$ : هزینه نگه داری مصالح خریداری شده به مدت یک ماه  $= ۳۰۰$  تومان



$$\begin{aligned}
Min Z = & 102.00 * (M_{111} + M_{211} + M_{311} + M_{411} + M_{511} + M_{611}) \\
& + 98.20 * (M_{112} + M_{212} + M_{312} + M_{412} + M_{512} + M_{612}) \\
& + 104.95 * (M_{113} + M_{213} + M_{313} + M_{413} + M_{513} + M_{613}) \\
& + 20.90 * (M_{121} + M_{221} + M_{321} + M_{421} + M_{521} + M_{621}) \\
& + 21.05 * (M_{122} + M_{222} + M_{322} + M_{422} + M_{522} + M_{622}) \\
& + 20.75 * (M_{123} + M_{223} + M_{323} + M_{423} + M_{523} + M_{623}) \\
& + 19.90 * (M_{131} + M_{231} + M_{331} + M_{431} + M_{531} + M_{631}) \\
& + 19.70 * (M_{132} + M_{232} + M_{332} + M_{432} + M_{532} + M_{632}) \\
& + 19.75 * (M_{133} + M_{233} + M_{333} + M_{433} + M_{533} + M_{633}) \\
& + (0.1 * E_{2111} + 0.125 * E_{3111} + 0.15 * E_{4111} + 0.2 * E_{5111} + 0.2 * E_{6111} + 0.1 * E_{2115} + 0.125 * E_{3115} + \\
& 0.15 * E_{4115} + 0.2 * E_{5115} + 0.1 * E_{3211} + 0.125 * E_{4211} + 0.15 * E_{5211} + 0.2 * E_{6211} + 0.1 * E_{3215} + \\
& 0.125 * E_{4215} + 0.15 * E_{5215} + 0.1 * E_{4311} + 0.125 * E_{5311} + 0.15 * E_{6311} + 0.1 * E_{4315} + 0.125 * E_{5315} + \\
& 0.1 * E_{5411} + 0.125 * E_{6411} + 0.1 * E_{5415} + 0.1 * E_{6511} + 0.1 * E_{2121} + 0.125 * E_{3121} + 0.2 * E_{4121} + \\
& 0.2 * E_{5121} + 0.25 * E_{6121} + 0.1 * E_{2125} + 0.125 * E_{3125} + 0.2 * E_{4125} + 0.2 * E_{5125} + 0.1 * E_{3221} + \\
& 0.125 * E_{4221} + 0.2 * E_{5221} + 0.2 * E_{6221} + 0.1 * E_{3225} + 0.125 * E_{4225} + 0.15 * E_{5225} + 0.1 * E_{4321} + \\
& 0.125 * E_{5321} + 0.15 * E_{6321} + 0.1 * E_{4325} + 0.125 * E_{5325} + 0.1 * E_{5421} + 0.125 * E_{6421} + 0.1 * E_{5425} + \\
& 0.1 * E_{6521} + 0.1 * E_{2132} + 0.125 * E_{3132} + 0.1 * E_{2134} + 0.2 * E_{5134} + 0.25 * E_{6134} + 0.1 * E_{3232} + \\
& 0.15 * E_{5234} + E_{6234} + 0.15 * E_{6334} + 0.125 * E_{5334} + 0.125 * E_{6434} + 0.125 * E_{5434} + 0.1 * E_{6534} + \\
& 0.125 * E_{3143} + 0.15 * E_{4143} + 0.1 * E_{3243} + 0.125 * E_{4243} + 0.1 * E_{4343} + 0.1 * E_{2151} + 0.125 * E_{3151} + \\
& 0.15 * E_{4151} + 0.2 * E_{5151} + 0.25 * E_{6151} + 0.1 * E_{6551} + 0.1 * E_{6555} + 0.125 * E_{3155} + 0.15 * E_{4155} + \\
& 0.2 * E_{5155} + 0.25 * E_{6155} + 0.1 * E_{3251} + 0.125 * E_{4251} + 0.15 * E_{5251} + 0.2 * E_{6251} + 0.1 * E_{3255} + \\
& 0.125 * E_{4255} + 0.15 * E_{5255} + 0.20 * E_{6255} + 0.1 * E_{4351} + 0.125 * E_{5351} + 0.15 * E_{6351} + 0.1 * E_{4355} + \\
& 0.125 * E_{5355} + 0.15 * E_{6355} + 0.1 * E_{5451} + 0.125 * E_{6451} + 0.1 * E_{5455} + 0.125 * E_{6455}) + \\
& 0.3 * (S_{13} + S_{22} + S_{32} + S_{42} + S_{52} + S_{23} + S_{12} + S_{33} + S_{43} + S_{53} + S_{11} + S_{21} + S_{31} + S_{41} + S_{51})
\end{aligned}$$



## محدودیت ها

### محدودیت های مربوط به تقاضا

#### محدودیت های ستون

$$X_{111} \geq 252 + E_{2111} + E_{3111} + E_{4111} + E_{5111} + E_{6111}$$

$$X_{115} \geq E_{2115} + E_{3115} + E_{4115} + E_{5115}$$

$$X_{211} + E_{2111} \geq 252 + E_{3211} + E_{4211} + E_{5211} + E_{6211}$$

$$X_{215} + E_{2115} \geq 50 + E_{3215} + E_{4215} + E_{5215}$$

$$X_{311} + E_{3111} + E_{3211} \geq 336 + E_{4311} + E_{5311} + E_{6311}$$

$$X_{315} + E_{3115} + E_{3215} \geq 50 + E_{4315} + E_{5315}$$

$$X_{411} + E_{4111} + E_{4211} + E_{4311} \geq 336 + E_{5411} + E_{6411}$$

$$X_{415} + E_{4115} + E_{4215} + E_{4315} \geq 70 + E_{5415}$$

$$X_{511} + E_{5111} + E_{5211} + E_{5311} + E_{5411} \geq 252 + E_{6511}$$

$$X_{515} + E_{5115} + E_{5215} + E_{5315} + E_{5415} \geq 50$$

$$X_{611} + E_{6111} + E_{6211} + E_{6311} + E_{6411} + E_{6511} \geq 252$$

$$X_{111} + X_{211} + X_{311} + X_{411} + X_{511} + X_{611} \geq 1680 \text{ (محدودیت زاید)}$$

$$X_{115} + X_{215} + X_{315} + X_{415} + X_{515} + X_{615} \geq 220 \text{ (محدودیت زاید)}$$

#### محدودیت های تیر

$$X_{121} \geq 342 + E_{2121} + E_{3121} + E_{4121} + E_{5121} + E_{6121}$$

$$X_{125} \geq E_{2125} + E_{3125} + E_{4125} + E_{5125}$$

$$X_{221} + E_{2121} \geq 342 + E_{3221} + E_{4221} + E_{5221} + E_{6221}$$

$$X_{225} + E_{2125} \geq 50 + E_{3225} + E_{4225} + E_{5225}$$

$$X_{321} + E_{3121} + E_{3221} \geq 456 + E_{4321} + E_{5321} + E_{6321}$$

$$X_{325} + E_{3125} + E_{3225} \geq 50 + E_{4325} + E_{5325}$$

$$X_{421} + E_{4121} + E_{4221} + E_{4321} \geq 456 + E_{5421} + E_{6421}$$

$$X_{425} + E_{4125} + E_{4225} + E_{4325} \geq 70 + E_{5425}$$



$$X_{521} + E_{5121} + E_{5221} + E_{5321} + E_{5421} \geq 342 + E_{6521}$$

$$X_{525} + E_{5125} + E_{5225} + E_{5325} + E_{5425} \geq 60$$

$$X_{621} + E_{6121} + E_{6221} + E_{6321} + E_{6421} + E_{6521} \geq 342$$

$$X_{121} + X_{221} + X_{321} + X_{421} + X_{521} + X_{621} \geq 2280 \text{ (محدودیت زاید)}$$

$$X_{125} + X_{225} + X_{325} + X_{425} + X_{525} + X_{625} \geq 290 \text{ (محدودیت زاید)}$$

## محدودیت های دیوار ۲.۵

$$X_{132} \geq 300 + E_{2132} + E_{3132}$$

$$X_{134} \geq E_{2134} + E_{5134} + E_{6134}$$

$$X_{232} + E_{2132} \geq 350 + E_{3232}$$

$$X_{234} + E_{2134} \geq 300 + E_{5234} + E_{6234}$$

$$X_{332} + E_{3132} + E_{3232} \geq 350$$

$$X_{334} \geq E_{6334} + E_{5334}$$

$$X_{434} \geq E_{6434} + E_{5434}$$

$$X_{534} + E_{5334} + E_{5234} + E_{5134} + E_{5434} \geq 450 + E_{6534}$$

$$X_{634} + E_{6534} + E_{6434} + E_{6334} + E_{6234} + E_{6134} \geq 250$$

$$X_{132} + X_{232} + X_{332} + X_{432} + X_{532} + X_{632} \geq 1000 \text{ (محدودیت زاید)}$$

$$X_{134} + X_{234} + X_{334} + X_{434} + X_{534} + X_{634} \geq 290 \text{ (محدودیت زاید)}$$

## محدودیت های دیوار ۳.۰

$$X_{143} \geq E_{3143} + E_{4143}$$

$$X_{243} \geq E_{3243} + E_{4243}$$

$$X_{343} + E_{3143} + E_{3243} \geq 300 + E_{4343}$$

$$X_{443} + E_{4343} + E_{4243} + E_{4143} \geq 300$$

$$X_{143} + X_{243} + X_{343} + X_{443} + X_{543} + X_{643} \geq 600! \text{ (محدودیت زاید)}$$

## محدودیت های دال

$$X_{151} \geq 420 + E_{2151} + E_{3151} + E_{4151} + E_{5151} + E_{6151}$$

$$X_{155} \geq E_{3155} + E_{4155} + E_{5155} + E_{6155}$$

$$X_{251} + E_{2151} \geq 420 + E_{3251} + E_{4251} + E_{5251} + E_{6251}$$

$$X_{255} \geq E_{3255} + E_{4255} + E_{5255} + E_{6255}$$

$$X_{351} + E_{3151} + E_{3251} \geq 560 + E_{4351} + E_{5351} + E_{6351}$$

$$X_{355} + E_{3155} + E_{3255} \geq 100 + E_{4355} + E_{5355} + E_{6355}$$

$$X_{451} + E_{4151} + E_{4251} + E_{4351} \geq 560 + E_{5451} + E_{6451}$$

$$X_{455} + E_{4155} + E_{4255} + E_{4355} \geq 120 + E_{5455} + E_{6455}$$

$$X_{551} + E_{5151} + E_{5251} + E_{5351} + E_{5451} \geq 420 + E_{6551}$$

$$X_{555} + E_{5155} + E_{5255} + E_{5355} + E_{5455} \geq 80 + E_{6555}$$

$$X_{651} + E_{6151} + E_{6251} + E_{6351} + E_{6451} + E_{6551} \geq 420$$

$$X_{655} + E_{6155} + E_{6255} + E_{6355} + E_{6455} + E_{6555} \geq 50$$

$$X_{151} + X_{251} + X_{351} + X_{451} + X_{551} + X_{651} \geq 2800 \text{ (محدودیت زاید)}$$

$$X_{155} + X_{255} + X_{355} + X_{455} + X_{555} + X_{655} \geq 350 \text{ (محدودیت زاید)}$$

## محدودیت های مربوط به منابع

### محدودیت های سیمان

محدودیت های سیمان منبع ۱

$$M_{111} \leq 200, M_{211} \leq 200, M_{311} \leq 100, M_{411} \leq 200, M_{511} \leq 00, M_{611} \leq 00$$

محدودیت های سیمان منبع ۲

$$M_{112} \leq 300, M_{212} \leq 300, M_{312} \leq 300, M_{412} \leq 200, M_{512} \leq 00, M_{612} \leq 200$$

محدودیت های سیمان منبع ۳

$$M_{113} \leq 300, M_{213} \leq 300, M_{313} \leq 300, M_{413} \leq 00, M_{513} \leq 300, M_{613} \leq 300$$

### محدودیت های ماسه

منبع ۱

$$M_{121} \leq 500; M_{221} \leq 600; M_{321} \leq 600; M_{421} \leq 500; M_{521} \leq 500; M_{621} \leq 00;$$

منبع ۲

$$M_{122} \leq 500, M_{222} \leq 500, M_{322} \leq 400, M_{422} \leq 500, M_{522} \leq 500, M_{622} \leq 200$$

منبع ۳

$$M_{123} \leq 600, M_{223} \leq 600, M_{323} \leq 500, M_{423} \leq 600, M_{523} \leq 600, M_{623} \leq 00$$

### محدودیت های شن

منبع ۱

$$M_{131} \leq 700, M_{231} \leq 700, M_{331} \leq 00, M_{431} \leq 500, M_{531} \leq 400, M_{631} \leq 300$$

منبع ۲

$$M_{132} \leq 450, M_{232} \leq 00, M_{332} \leq 450, M_{432} \leq 00, M_{532} \leq 200, M_{632} \leq 200$$

منبع ۳

$$M_{133} \leq 500, M_{233} \leq 300, M_{333} \leq 300, M_{433} \leq 300, M_{533} \leq 300, M_{633} \leq 00$$

### محدودیت مربوط به تعهدات شرکت نسبت به منابع

#### تعهدات شن

$$0.6 * (M_{133} + M_{233} + M_{333} + M_{433} + M_{533} + M_{633})$$

$$-0.4 * (M_{131} + M_{231} + M_{331} + M_{431} + M_{531} + M_{631})$$

$$-0.4 * (M_{132} + M_{232} + M_{332} + M_{432} + M_{532} + M_{632}) \geq 0$$

#### تعهدات سیمان

$$0.55 * (M_{113} + M_{213} + M_{313} + M_{413} + M_{513} + M_{613})$$

$$-0.45 * (M_{111} + M_{211} + M_{311} + M_{411} + M_{511} + M_{611})$$

$$-0.45 * (M_{112} + M_{212} + M_{312} + M_{412} + M_{512} + M_{612}) \geq 0$$

## محدودیت های مربوط به میزان مصالح مورد نیاز برای تولید قطعات

### محدودیت مصرف ماسه در سال

$$M_{121} + M_{122} + M_{123} = 1.8 * X_{143} + 1.5 * X_{132} + 1.5 * X_{134} + 0.327 * (X_{151} + X_{155}) + 0.621 * (X_{121} + X_{125}) + 0.528 * (X_{111} + X_{115}) + S_{12}$$

$$M_{221} + M_{222} + M_{223} + S_{12} = 1.8 * X_{243} + 1.5 * X_{232} + 1.5 * X_{234} + 0.327 * (X_{251} + X_{255}) + 0.621 * (X_{221} + X_{225}) + 0.528 * (X_{211} + X_{215}) + S_{22}$$

$$M_{321} + M_{322} + M_{323} + S_{22} = 1.8 * X_{343} + 1.5 * X_{332} + 1.5 * X_{334} + 0.327 * (X_{351} + X_{355}) + 0.621 * (X_{321} + X_{325}) + 0.528 * (X_{311} + X_{315}) + S_{32}$$

$$M_{421} + M_{422} + M_{423} + S_{32} = 1.8 * X_{443} + 1.5 * X_{432} + 1.5 * X_{434} + 0.327 * (X_{451} + X_{455}) + 0.621 * (X_{421} + X_{425}) + 0.528 * (X_{411} + X_{415}) + S_{42}$$

$$M_{521} + M_{522} + M_{523} + S_{42} = 1.8 * X_{543} + 1.5 * X_{532} + 1.5 * X_{534} + 0.327 * (X_{551} + X_{555}) + 0.621 * (X_{521} + X_{525}) + 0.528 * (X_{511} + X_{515}) + S_{52}$$

$$M_{621} + M_{622} + M_{623} + S_{52} = 1.8 * X_{643} + 1.5 * X_{632} + 1.5 * X_{634} + 0.327 * (X_{651} + X_{655}) + 0.621 * (X_{621} + X_{625}) + 0.528 * (X_{611} + X_{615})$$

$$M_{121} + M_{221} + M_{321} + M_{421} + M_{521} + M_{621} + M_{122} + M_{222} + M_{322} + M_{422} + M_{522} + M_{622} + M_{123} + M_{223} + M_{323} + M_{423} + M_{523} + M_{623} =$$

$$1.8 * (X_{143} + X_{243} + X_{343} + X_{443} + X_{543} + X_{643}) +$$

$$1.5 * (X_{132} + X_{232} + X_{332} + X_{432} + X_{532} + X_{632} + X_{134} + X_{234} + X_{334} + X_{434} + X_{534} + X_{634}) +$$

$$0.327 * (X_{151} + X_{251} + X_{351} + X_{451} + X_{551} + X_{651} + X_{155} + X_{255} + X_{355} + X_{455} + X_{555} + X_{655}) +$$

$$0.621 * (X_{121} + X_{221} + X_{321} + X_{421} + X_{521} + X_{621} + X_{125} + X_{225} + X_{325} + X_{425} + X_{525} + X_{625}) +$$

$$0.528 * (X_{111} + X_{211} + X_{311} + X_{411} + X_{511} + X_{611} + X_{115} + X_{215} + X_{315} + X_{415} + X_{515} + X_{615}) \text{ (redundant Restriction)}$$

## محدودیت مصرف شن در سال

$$M_{131} + M_{132} + M_{133} = 0.9 * X_{143} + 0.75 * (X_{132} + X_{134}) + 0.185 * (X_{151} + X_{155}) + 0.351 * (X_{121} + X_{125}) + 0.336 * (X_{111} + X_{115}) + S_{13}$$

$$M_{231} + M_{232} + M_{233} + S_{13} = 0.9 * X_{243} + 0.75 * (X_{232} + X_{234}) + 0.185 * (X_{251} + X_{255}) + 0.351 * (X_{221} + X_{225}) + 0.336 * (X_{211} + X_{215}) + S_{23}$$

$$M_{331} + M_{332} + M_{333} + S_{23} = 0.9 * X_{343} + 0.75 * (X_{332} + X_{334}) + 0.185 * (X_{351} + X_{355}) + 0.351 * (X_{321} + X_{325}) + 0.336 * (X_{311} + X_{315}) + S_{33}$$

$$M_{431} + M_{432} + M_{433} + S_{33} = 0.9 * X_{443} + 0.75 * (X_{432} + X_{434}) + 0.185 * (X_{451} + X_{455}) + 0.351 * (X_{421} + X_{425}) + 0.336 * (X_{411} + X_{415}) + S_{43}$$

$$M_{531} + M_{532} + M_{533} + S_{43} = 0.9 * X_{543} + 0.75 * (X_{532} + X_{534}) + 0.185 * (X_{551} + X_{555}) + 0.351 * (X_{521} + X_{525}) + 0.336 * (X_{511} + X_{515}) + S_{53}$$

$$M_{631} + M_{632} + M_{633} + S_{53} = 0.9 * X_{643} + 0.75 * (X_{632} + X_{634}) + 0.185 * (X_{651} + X_{655}) + 0.351 * (X_{621} + X_{625}) + 0.336 * (X_{611} + X_{615})$$

$$M_{131} + M_{231} + M_{331} + M_{431} + M_{531} + M_{631} + M_{132} + M_{232} + M_{332} + M_{432} + M_{532} + M_{632} + M_{133} + M_{233} + M_{333} + M_{433} + M_{533} + M_{633}$$

=

$$0.9 * (X_{143} + X_{243} + X_{343} + X_{443} + X_{543} + X_{643}) +$$

$$0.75 * (X_{132} + X_{232} + X_{332} + X_{432} + X_{532} + X_{632} + X_{134} + X_{234} + X_{334} + X_{434} + X_{534} + X_{634}) +$$

$$0.185 * (X_{151} + X_{251} + X_{351} + X_{451} + X_{551} + X_{651} + X_{155} + X_{255} + X_{355} + X_{455} + X_{555} + X_{655}) +$$

$$0.351 * (X_{121} + X_{221} + X_{321} + X_{421} + X_{521} + X_{621} + X_{125} + X_{225} + X_{325} + X_{425} + X_{525} + X_{625}) +$$

$$0.336 * (X_{111} + X_{211} + X_{311} + X_{411} + X_{511} + X_{611} + X_{115} + X_{215} + X_{315} + X_{415} + X_{515} + X_{615}) \text{ (محدودیت زاید)}$$

## محدودیت مصرف سیمان در سال

$$M_{111} + M_{112} + M_{113} = 0.525 * X_{143} + 0.438 * (X_{132} + X_{134}) + 0.085 * (X_{151} + X_{155}) + 0.162 * (X_{121} + X_{125}) + 0.168 * (X_{111} + X_{115}) + S_{11}$$

$$M_{211} + M_{212} + M_{213} + S_{11} = 0.525 * X_{243} + 0.438 * (X_{232} + X_{234}) + 0.085 * (X_{251} + X_{255}) + 0.162 * (X_{221} + X_{225}) + 0.168 * (X_{211} + X_{215}) + S_{21}$$

$$M_{311} + M_{312} + M_{313} + S_{21} = 0.525 * X_{343} + 0.438 * (X_{332} + X_{334}) + 0.085 * (X_{351} + X_{355}) + 0.162 * (X_{321} + X_{325}) + 0.168 * (X_{311} + X_{315}) + S_{31}$$

$$M_{411} + M_{412} + M_{413} + S_{31} = 0.525 * X_{443} + 0.438 * (X_{432} + X_{434}) + 0.085 * (X_{451} + X_{455}) + 0.162 * (X_{421} + X_{425}) + 0.168 * (X_{411} + X_{415}) + S_{41}$$

$$M_{511} + M_{512} + M_{513} + S_{41} = 0.525 * X_{543} + 0.438 * (X_{532} + X_{534}) + 0.085 * (X_{551} + X_{555}) + 0.162 * (X_{521} + X_{525}) + 0.168 * (X_{511} + X_{515}) + S_{51}$$

$$M_{611} + M_{612} + M_{613} + S_{51} = 0.525 * X_{643} + 0.438 * (X_{632} + X_{634}) + 0.085 * (X_{651} + X_{655}) + 0.162 * (X_{621} + X_{625}) + 0.168 * (X_{611} + X_{615})$$

$$M_{111} + M_{211} + M_{311} + M_{411} + M_{511} + M_{611} +$$

$$M_{112} + M_{212} + M_{312} + M_{412} + M_{512} + M_{612} +$$

$$M_{113} + M_{213} + M_{313} + M_{413} + M_{513} + M_{613}$$

=

$$0.525 * (X_{143} + X_{243} + X_{343} + X_{443} + X_{543} + X_{643}) +$$

$$0.438 * (X_{132} + X_{232} + X_{332} + X_{432} + X_{532} + X_{632} + X_{134} + X_{234} + X_{334} + X_{434} + X_{534} + X_{634}) +$$

$$0.085 * (X_{151} + X_{251} + X_{351} + X_{451} + X_{551} + X_{651} + X_{155} + X_{255} + X_{355} + X_{455} + X_{555} + X_{655}) +$$

$$0.162 * (X_{121} + X_{221} + X_{321} + X_{421} + X_{521} + X_{621} + X_{125} + X_{225} + X_{325} + X_{425} + X_{525} + X_{625}) +$$

$$0.168 * (X_{111} + X_{211} + X_{311} + X_{411} + X_{511} + X_{611} + X_{115} + X_{215} + X_{315} + X_{415} + X_{515} + X_{615})$$

(محدودیت زاید)

## محدودیت های انبار کردن

### انبار سیمان

$$S_{11} \leq 10; S_{21} \leq 20; S_{31} \leq 30; S_{41} \leq 30; S_{51} \leq 10$$

### دیو شن

$$S_{33} \leq 30; S_{43} \leq 50; S_{53} \leq 70; S_{23} \leq 50; S_{13} \leq 30$$

### دیو ماسه

$$S_{32} \leq 30; S_{42} \leq 40; S_{52} \leq 70; S_{22} \leq 40; S_{12} \leq 30$$

## مزیت مدل سازی

با توجه به تعریف مسئله، برنامه تولید مطلوب برای این مسئله شامل تعیین تعداد و نوع محصولات برای پاسخگویی به سفارشات با حداقل هزینه می‌مکن است. و همچنین میزان انبار مصالح خریداری شده از منابع و میزان انبار محصولات تولیدی تعیین می‌شود. برنامه بگونه ای تدوین می‌شود که هزینه ی خرید مصالح از منابع و هزینه های عدول از تولید به موقع و خرید به موقع مصالح (هزینه ی انبار کردن) کمینه شود.

با توجه به متغیرهای تصمیم و معادلات تابع هدف و محدودیت ها که همگی مرتبه اول هستند، می‌توان از برنامه ی برنامه ریزی خطی برای برنامه ریزی و بهینه سازی تولید وانبار محصولات این شرکت بهره گرفت. مزیت برنامه ریزی خطی نسبت به سایر روش ها و الگوریتم ها این است که این روش حالت کلی دارد ولی سایر روش ها که ابتکاری و برگرفته از همین روش برنامه ریزی خطی هستند معمولاً برای برنامه ریزی و بهینه سازی مسائلی به کار می‌روند که حالت خاص و یا ویژگی خاصی دارند.



## نتایج بدست آمده از حل مدل با استفاده از Lingo 11.0

The screenshot shows the 'LINGO 11.0 Solver Status [4]' window. It contains several sections: 'Solver Status' with fields for Model Class (LP), State (Global Opt), Objective (466561), Infeasibility (4.54747e-013), and Iterations (114); 'Variables' with Total (220), Nonlinear (0), and Integers (0); 'Constraints' with Total (149) and Nonlinear (0); 'Nonzeros' with Total (1028) and Nonlinear (0); 'Generator Memory Used (K)' (102); and 'Elapsed Runtime (hh:mm:ss)' (00:00:00). There is also an 'Extended Solver Status' section with Solver Type, Best Obj, Obj Bound, Steps, and Active, all showing dashes. At the bottom, there is an 'Update Interval' set to 2, and buttons for 'Interrupt Solver' and 'Close'.

Global optimal solution found.

Objective value: 466560.9  
 Infeasibilities: 0.4547474E-12  
 Total solver iterations: 114

Variable	Value	Reduced Cost
M111	0.000000	3.800000
M211	0.000000	3.800000
M311	0.000000	3.800000
M411	200.0000	0.000000
M511	0.000000	0.000000
M611	0.000000	3.800000
M112	167.6074	0.000000
M212	259.4663	0.000000
M312	300.0000	0.000000
M412	200.0000	0.000000
M512	0.000000	0.000000
M612	79.78573	0.000000
M113	300.0000	0.000000
M213	233.3019	0.000000
M313	154.1286	0.000000
M413	0.000000	0.000000
M513	300.0000	0.000000
M613	0.000000	0.000000

M121	500.0000	0.000000
M221	600.0000	0.000000
M321	600.0000	0.000000
M421	500.0000	0.000000
M521	500.0000	0.000000
M621	0.000000	0.000000
M122	500.0000	0.000000
M222	500.0000	0.000000
M322	400.0000	0.000000
M422	414.0848	0.000000
M522	95.13523	0.000000
M622	200.0000	0.000000
M123	600.0000	0.000000
M223	600.0000	0.000000
M323	500.0000	0.000000
M423	600.0000	0.000000
M523	600.0000	0.000000
M623	0.000000	0.000000
M131	0.000000	0.2000000
M231	668.3940	0.000000
M331	0.000000	0.000000
M431	500.0000	0.000000
M531	103.7454	0.000000
M631	0.000000	0.2000000
M132	417.4440	0.000000
M232	0.000000	0.000000
M332	450.0000	0.000000
M432	0.000000	0.000000
M532	200.0000	0.000000
M632	158.3486	0.000000
M133	465.2880	0.000000
M233	300.0000	0.000000
M333	300.0000	0.000000
M433	300.0000	0.000000
M533	300.0000	0.000000
M633	0.000000	0.000000
E2111	0.000000	0.6800000E-01
E3111	123.2639	0.000000
E4111	336.0000	0.000000
E5111	0.000000	0.1800000E-01
E6111	0.000000	0.1141024
E2115	0.000000	0.6800000E-01
E3115	50.00000	0.000000
E4115	70.00000	0.000000
E5115	0.000000	0.1800000E-01
E3211	0.000000	0.7000000E-02
E4211	0.000000	0.7000000E-02
E5211	252.0000	0.000000
E6211	0.000000	0.1461024
E3215	0.000000	0.7000000E-02
E4215	0.000000	0.7000000E-02
E5215	50.00000	0.000000

E4311	0.000000	0.7500000E-01
E5311	0.000000	0.6800000E-01
E6311	0.000000	0.1891024
E4315	0.000000	0.7500000E-01
E5315	0.000000	0.6800000E-01
E5411	0.000000	0.6800000E-01
E6411	0.000000	0.1891024
E5415	0.000000	0.6800000E-01
E6511	0.000000	0.1961024
E2121	0.000000	0.7120000E-01
E3121	0.000000	0.3218750E-01
E4121	0.000000	0.3087261
E5121	0.000000	0.2837261
E6121	0.000000	0.2337261
E2125	0.000000	0.7120000E-01
E3125	0.000000	0.3218750E-01
E4125	0.000000	0.3087261
E5125	0.000000	0.2837261
E3221	0.000000	0.3598750E-01
E4221	0.000000	0.2625261
E5221	0.000000	0.3125261
E6221	0.000000	0.2125261
E3225	0.000000	0.3598750E-01
E4225	0.000000	0.2625261
E5225	0.000000	0.2625261
E4321	0.000000	0.3015386
E5321	0.000000	0.3015386
E6321	0.000000	0.2265386
E4325	0.000000	0.3015386
E5325	0.000000	0.3015386
E5421	0.000000	0.7500000E-01
E6421	113.6942	0.000000
E5425	0.000000	0.7500000E-01
E6521	228.3058	0.000000
E2132	0.000000	0.5000000E-01
E3132	0.000000	0.2083333E-01
E2134	0.000000	0.5000000E-01
E5134	102.6667	0.000000
E6134	0.000000	0.5972650E-02
E3232	0.000000	0.4583333E-01
E5234	16.87733	0.000000
E6234	0.000000	0.8059726
E6334	0.000000	0.1013932E-01
E5334	0.000000	0.2916667E-01
E6434	211.4765	0.000000
E5434	0.000000	0.4402735E-01
E6534	0.000000	0.5597265E-01
E3143	115.2059	0.000000
E4143	0.000000	0.1240698E-01
E3243	0.000000	0.3500000E-01
E4243	0.000000	0.4740698E-01
E4343	0.000000	0.8740698E-01

E2151	0.000000	0.8480000E-01
E3151	0.000000	0.7591435E-01
E4151	0.000000	0.2098633
E5151	0.000000	0.2468020
E6151	0.000000	0.1968020
E6551	177.9245	0.000000
E6555	50.00000	0.000000
E3155	0.000000	0.7591435E-01
E4155	0.000000	0.2098633
E5155	0.000000	0.2468020
E6155	0.000000	0.1968020
E3251	0.000000	0.6611435E-01
E4251	0.000000	0.2000633
E5251	0.000000	0.2120020
E6251	0.000000	0.1620020
E3255	0.000000	0.6611435E-01
E4255	0.000000	0.2000633
E5255	0.000000	0.2120020
E6255	0.000000	0.1620020
E4351	0.000000	0.2089489
E5351	0.000000	0.2208877
E6351	0.000000	0.1458877
E4355	0.000000	0.2089489
E5355	0.000000	0.2208877
E6355	0.000000	0.1458877
E5451	0.000000	0.8693875E-01
E6451	0.000000	0.1193875E-01
E5455	0.000000	0.8693875E-01
E6455	0.000000	0.1193875E-01
S13	0.000000	0.1000000
S22	0.000000	0.7773148
S32	0.000000	2.360323
S42	0.000000	0.3000000
S52	70.00000	0.000000
S23	50.00000	0.000000
S12	0.000000	0.3666667
S33	0.000000	1.259615
S43	0.000000	0.3672365
S53	0.000000	0.5000000
S11	0.000000	0.3000000
S21	0.000000	0.3000000
S31	30.00000	0.000000
S41	8.722854	0.000000
S51	0.000000	9.333006
X111	711.2639	0.000000
X115	120.0000	0.000000
X211	504.0000	0.000000
X215	100.0000	0.000000
X311	212.7361	0.000000
X315	0.000000	0.000000
X411	0.000000	0.3186373E-01
X415	0.000000	0.3186373E-01

X511	0.000000	0.2767228E-01
X515	0.000000	0.2767228E-01
X611	252.0000	0.000000
X615	0.000000	0.8589763E-01
X121	342.0000	0.000000
X125	0.000000	0.000000
X221	342.0000	0.000000
X225	50.00000	0.000000
X321	456.0000	0.000000
X325	50.00000	0.000000
X421	569.6942	0.000000
X425	130.0000	0.000000
X521	570.3058	0.000000
X525	60.00000	0.000000
X621	0.000000	0.8475340E-01
X625	0.000000	0.2097534
X132	300.0000	0.000000
X134	102.6667	0.000000
X232	350.0000	0.000000
X234	316.8773	0.000000
X332	350.0000	0.000000
X334	0.000000	0.000000
X434	211.4765	0.000000
X534	330.4560	0.000000
X634	38.52353	0.000000
X432	0.000000	0.1190274
X532	0.000000	0.2000000
X632	0.000000	0.2440274
X143	115.2059	0.000000
X243	0.000000	0.000000
X343	184.7941	0.000000
X443	300.0000	0.000000
X543	0.000000	0.2345802
X643	0.000000	0.2928328
X151	420.0000	0.000000
X155	0.000000	0.000000
X251	420.0000	0.000000
X255	0.000000	0.000000
X351	560.0000	0.000000
X355	100.0000	0.000000
X451	560.0000	0.000000
X455	120.0000	0.000000
X551	597.9245	0.000000
X555	130.0000	0.000000
X651	242.0755	0.000000
X655	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	466560.9	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	-0.3200000E-01

5	0.000000	-0.3200000E-01
6	0.000000	-0.1250000
7	0.000000	-0.1250000
8	0.000000	-0.1500000
9	0.000000	-0.1500000
10	0.000000	-0.1820000
11	0.000000	-0.1820000
12	0.000000	-0.8589763E-01
13	0.000000	-36.12329
14	0.000000	-36.12329
15	0.000000	-0.1087261
16	0.000000	-0.1087261
17	0.000000	-0.1375261
18	0.000000	-0.1375261
19	0.000000	-0.2015386
20	0.000000	-0.2015386
21	0.000000	0.000000
22	60.00000	0.000000
23	0.000000	-0.2500000E-01
24	0.000000	-0.2500000E-01
25	0.000000	-0.1250000
26	0.000000	-37.90279
27	0.000000	-37.90279
28	0.000000	0.000000
29	0.000000	-94.61348
30	0.000000	-0.5000000E-01
31	0.000000	-94.66348
32	0.000000	-0.1041667
33	0.000000	-94.71765
34	0.000000	-94.73251
35	0.000000	-94.81348
36	0.000000	-94.85751
37	0.000000	-94.61348
38	710.0000	0.000000
39	0.000000	0.000000
40	0.000000	-0.6000000E-01
41	0.000000	-0.1250000
42	0.000000	-0.1375930
43	0.000000	-113.4754
44	0.000000	-0.5986329E-01
45	0.000000	-0.5986329E-01
46	0.000000	-0.7506329E-01
47	0.000000	-0.7506329E-01
48	0.000000	-0.1089489
49	0.000000	-0.1089489
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	0.000000	-0.1306125E-01
53	0.000000	-0.1306125E-01
54	0.000000	-0.1130613
55	0.000000	-0.1130613
56	0.000000	-19.92848

57	0.000000	-19.92848
58	200.0000	0.000000
59	200.0000	0.000000
60	100.0000	0.000000
61	0.000000	4.933006
62	0.000000	5.233006
63	0.000000	0.000000
64	132.3926	0.000000
65	40.53367	0.000000
66	0.000000	0.000000
67	0.000000	8.733006
68	0.000000	9.033006
69	120.2143	0.000000
70	0.000000	0.000000
71	66.69806	0.000000
72	145.8714	0.000000
73	0.000000	8.733006
74	0.000000	9.033006
75	300.0000	0.000000
76	0.000000	2.754304
77	0.000000	2.687638
78	0.000000	2.210323
79	0.000000	0.1500000
80	0.000000	0.1500000
81	0.000000	2.916989
82	0.000000	2.604304
83	0.000000	2.537638
84	0.000000	2.060323
85	85.91523	0.000000
86	404.8648	0.000000
87	0.000000	2.766989
88	0.000000	2.904304
89	0.000000	2.837638
90	0.000000	2.360323
91	0.000000	0.3000000
92	0.000000	0.3000000
93	0.000000	3.066989
94	700.0000	0.000000
95	31.60600	0.000000
96	0.000000	1.026852
97	0.000000	0.6723647E-01
98	296.2546	0.000000
99	300.0000	0.000000
100	32.55600	0.000000
101	0.000000	0.2000000
102	0.000000	1.226852
103	0.000000	0.2672365
104	0.000000	0.2000000
105	41.65138	0.000000
106	34.71200	0.000000
107	0.000000	0.2000000
108	0.000000	1.226852

109	0.000000	0.2672365
110	0.000000	0.2000000
111	0.000000	0.000000
112	0.000000	-0.5000000E-01
113	0.000000	-6.750000
114	0.000000	-2.604304
115	0.000000	-2.537638
116	0.000000	-2.060323
117	0.000000	0.000000
118	0.000000	0.000000
119	0.000000	-2.766989
120	0.000000	-21.05000
121	0.000000	0.2000000
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	-1.026852
124	0.000000	-0.6723647E-01
125	0.000000	0.000000
126	0.000000	0.2000000
127	0.000000	-19.92000
128	0.000000	9.033006
129	0.000000	9.033006
130	0.000000	9.033006
131	0.000000	0.3000000
132	0.000000	0.000000
133	0.000000	9.033006
134	0.000000	-110.2705
135	10.00000	0.000000
136	20.00000	0.000000
137	0.000000	8.433006
138	21.27715	0.000000
139	10.00000	0.000000
140	30.00000	0.000000
141	50.00000	0.000000
142	70.00000	0.000000
143	0.000000	0.7268519
144	30.00000	0.000000
145	30.00000	0.000000
146	40.00000	0.000000
147	0.000000	2.466989
148	40.00000	0.000000
149	30.00000	0.000000



## محاسبات مربوط به تحلیل حساسیت

### Ranges in which the basis is unchanged:

Variable	Objective Coefficient Ranges		
	Current Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
M111	102.0000	INFINITY	3.800000
M211	102.0000	INFINITY	3.800000
M311	102.0000	INFINITY	3.800000
M411	102.0000	4.933006	INFINITY
M511	102.0000	5.233006	INFINITY
M611	102.0000	INFINITY	3.800000
M112	98.20000	0.5063657	0.0
M212	98.20000	0.0	0.0
M312	98.20000	0.0	INFINITY
M412	98.20000	8.733006	INFINITY
M512	98.20000	9.033006	INFINITY
M612	98.20000	0.0	2.001756
M113	104.9500	0.0	INFINITY
M213	104.9500	0.0	0.0
M313	104.9500	0.3000000	0.0
M413	104.9500	8.733006	INFINITY
M513	104.9500	9.033006	INFINITY
M613	104.9500	INFINITY	0.0
M121	20.90000	2.754304	INFINITY
M221	20.90000	2.687638	INFINITY
M321	20.90000	2.210323	INFINITY
M421	20.90000	0.1500000	INFINITY
M521	20.90000	0.1500000	INFINITY
M621	20.90000	2.916989	INFINITY
M122	21.05000	2.604304	INFINITY
M222	21.05000	2.537638	INFINITY
M322	21.05000	2.060323	INFINITY
M422	21.05000	0.3450864E-01	0.1500000
M522	21.05000	0.2543802	0.3450864E-01
M622	21.05000	2.766989	INFINITY
M123	20.75000	2.904304	INFINITY
M223	20.75000	2.837638	INFINITY
M323	20.75000	2.360323	INFINITY
M423	20.75000	0.3000000	INFINITY
M523	20.75000	0.3000000	INFINITY
M623	20.75000	3.066989	INFINITY
M131	19.90000	INFINITY	0.2000000
M231	19.90000	0.1000000	0.9722222E-01
M331	19.90000	1.026852	INFINITY
M431	19.90000	0.6723647E-01	INFINITY
M531	19.90000	1.259615	0.6723647E-01
M631	19.90000	INFINITY	0.2000000
M132	19.70000	0.0	0.1000000
M232	19.70000	0.2000000	INFINITY

M332	19.70000	1.226852	INFINITY
M432	19.70000	0.2672365	INFINITY
M532	19.70000	0.2000000	INFINITY
M632	19.70000	0.2000000	0.0
M133	19.75000	INFINITY	0.0
M233	19.75000	0.2000000	INFINITY
M333	19.75000	1.226852	INFINITY
M433	19.75000	0.2672365	INFINITY
M533	19.75000	0.2000000	INFINITY
M633	19.75000	0.0	INFINITY
E2111	0.1000000	INFINITY	0.6800000E-01
E3111	0.1250000	0.7000000E-02	0.0
E4111	0.1500000	0.7000000E-02	0.6800000E-01
E5111	0.2000000	INFINITY	0.1800000E-01
E6111	0.2000000	INFINITY	0.1141024
E2115	0.1000000	INFINITY	0.6800000E-01
E3115	0.1250000	0.0	0.6800000E-01
E4115	0.1500000	0.7000000E-02	0.6800000E-01
E5115	0.2000000	INFINITY	0.1800000E-01
E3211	0.1000000	INFINITY	0.7000000E-02
E4211	0.1250000	INFINITY	0.7000000E-02
E5211	0.1500000	0.1800000E-01	0.1820000
E6211	0.2000000	INFINITY	0.1461024
E3215	0.1000000	INFINITY	0.7000000E-02
E4215	0.1250000	INFINITY	0.7000000E-02
E5215	0.1500000	0.1800000E-01	0.1820000
E4311	0.1000000	INFINITY	0.7500000E-01
E5311	0.1250000	INFINITY	0.6800000E-01
E6311	0.1500000	INFINITY	0.1891024
E4315	0.1000000	INFINITY	0.7500000E-01
E5315	0.1250000	INFINITY	0.6800000E-01
E5411	0.1000000	INFINITY	0.6800000E-01
E6411	0.1250000	INFINITY	0.1891024
E5415	0.1000000	INFINITY	0.6800000E-01
E6511	0.1000000	INFINITY	0.1961024
E2121	0.1000000	INFINITY	0.7120000E-01
E3121	0.1250000	INFINITY	0.3218750E-01
E4121	0.2000000	INFINITY	0.3087261
E5121	0.2000000	INFINITY	0.2837261
E6121	0.2500000	INFINITY	0.2337261
E2125	0.1000000	INFINITY	0.7120000E-01
E3125	0.1250000	INFINITY	0.3218750E-01
E4125	0.2000000	INFINITY	0.3087261
E5125	0.2000000	INFINITY	0.2837261
E3221	0.1000000	INFINITY	0.3598750E-01
E4221	0.1250000	INFINITY	0.2625261
E5221	0.2000000	INFINITY	0.3125261
E6221	0.2000000	INFINITY	0.2125261
E3225	0.1000000	INFINITY	0.3598750E-01
E4225	0.1250000	INFINITY	0.2625261
E5225	0.1500000	INFINITY	0.2625261
E4321	0.1000000	INFINITY	0.3015386

E5321	0.1250000	INFINITY	0.3015386
E6321	0.1500000	INFINITY	0.2265386
E4325	0.1000000	INFINITY	0.3015386
E5325	0.1250000	INFINITY	0.3015386
E5421	0.1000000	INFINITY	0.7500000E-01
E6421	0.1250000	0.2060480E-01	0.2795200E-02
E5425	0.1000000	INFINITY	0.7500000E-01
E6521	0.1000000	0.2795200E-02	0.2060480E-01
E2132	0.1000000	INFINITY	0.5000000E-01
E3132	0.1250000	INFINITY	0.2083333E-01
E2134	0.1000000	INFINITY	0.5000000E-01
E5134	0.2000000	0.5972650E-02	0.1988636E-01
E6134	0.2500000	INFINITY	0.5972650E-02
E3232	0.1000000	INFINITY	0.4583333E-01
E5234	0.1500000	0.1988636E-01	0.5000000E-01
E6234	1.000000	INFINITY	0.8059726
E6334	0.1500000	INFINITY	0.1013932E-01
E5334	0.1250000	INFINITY	0.2916667E-01
E6434	0.1250000	0.5972650E-02	0.2440274
E5434	0.1250000	INFINITY	0.4402735E-01
E6534	0.1000000	INFINITY	0.5597265E-01
E3143	0.1250000	0.2500000E-01	0.1216718E-01
E4143	0.1500000	INFINITY	0.1240698E-01
E3243	0.1000000	INFINITY	0.3500000E-01
E4243	0.1250000	INFINITY	0.4740698E-01
E4343	0.1000000	INFINITY	0.8740698E-01
E2151	0.1000000	INFINITY	0.8480000E-01
E3151	0.1250000	INFINITY	0.7591435E-01
E4151	0.1500000	INFINITY	0.2098633
E5151	0.2000000	INFINITY	0.2468020
E6151	0.2500000	INFINITY	0.1968020
E6551	0.1000000	0.1193875E-01	0.0
E6555	0.1000000	0.0	0.1130613
E3155	0.1250000	INFINITY	0.7591435E-01
E4155	0.1500000	INFINITY	0.2098633
E5155	0.2000000	INFINITY	0.2468020
E6155	0.2500000	INFINITY	0.1968020
E3251	0.1000000	INFINITY	0.6611435E-01
E4251	0.1250000	INFINITY	0.2000633
E5251	0.1500000	INFINITY	0.2120020
E6251	0.2000000	INFINITY	0.1620020
E3255	0.1000000	INFINITY	0.6611435E-01
E4255	0.1250000	INFINITY	0.2000633
E5255	0.1500000	INFINITY	0.2120020
E6255	0.2000000	INFINITY	0.1620020
E4351	0.1000000	INFINITY	0.2089489
E5351	0.1250000	INFINITY	0.2208877
E6351	0.1500000	INFINITY	0.1458877
E4355	0.1000000	INFINITY	0.2089489
E5355	0.1250000	INFINITY	0.2208877
E6355	0.1500000	INFINITY	0.1458877
E5451	0.1000000	INFINITY	0.8693875E-01

E6451	0.1250000	INFINITY	0.1193875E-01
E5455	0.1000000	INFINITY	0.8693875E-01
E6455	0.1250000	INFINITY	0.1193875E-01
S13	0.3000000	INFINITY	0.1000000
S22	0.3000000	INFINITY	0.7773148
S32	0.3000000	INFINITY	2.360323
S42	0.3000000	INFINITY	0.3000000
S52	0.3000000	2.466989	INFINITY
S23	0.3000000	0.7268519	INFINITY
S12	0.3000000	INFINITY	0.3666667
S33	0.3000000	INFINITY	1.259615
S43	0.3000000	INFINITY	0.3672365
S53	0.3000000	INFINITY	0.5000000
S11	0.3000000	INFINITY	0.3000000
S21	0.3000000	INFINITY	0.3000000
S31	0.3000000	8.433006	INFINITY
S41	0.3000000	0.4793598	0.6502885E-01
S51	0.3000000	INFINITY	9.333006
X111	0.0	0.7000000E-02	0.0
X115	0.0	0.0	0.1800000E-01
X211	0.0	0.1800000E-01	0.7000000E-02
X215	0.0	0.1800000E-01	0.7000000E-02
X311	0.0	0.0	0.5722222E-01
X315	0.0	INFINITY	0.0
X411	0.0	INFINITY	0.3186373E-01
X415	0.0	INFINITY	0.3186373E-01
X511	0.0	INFINITY	0.2767228E-01
X515	0.0	INFINITY	0.2767228E-01
X611	0.0	0.1141024	0.8589763E-01
X615	0.0	INFINITY	0.8589763E-01
X121	0.0	INFINITY	0.3218750E-01
X125	0.0	INFINITY	0.3218750E-01
X221	0.0	0.7120000E-01	0.3598750E-01
X225	0.0	0.7120000E-01	0.3598750E-01
X321	0.0	0.3218750E-01	0.2015386
X325	0.0	0.3218750E-01	0.2015386
X421	0.0	0.2060480E-01	0.2795200E-02
X425	0.0	0.2500000E-01	0.7500000E-01
X521	0.0	0.2795200E-02	0.2060480E-01
X525	0.0	0.7500000E-01	0.2500000E-01
X621	0.0	INFINITY	0.8475340E-01
X625	0.0	INFINITY	0.2097534
X132	0.0	0.5000000E-01	0.2083333E-01
X134	0.0	0.1013932E-01	0.1988636E-01
X232	0.0	0.5000000E-01	0.4583333E-01
X234	0.0	0.1988636E-01	0.5000000E-01
X332	0.0	0.2083333E-01	0.1041667
X334	0.0	INFINITY	0.1013932E-01
X434	0.0	0.5972650E-02	0.4402735E-01
X534	0.0	0.4402735E-01	0.5972650E-02
X634	0.0	0.2440274	0.9626795E-01
X432	0.0	INFINITY	0.1190274

X532	0.0	INFINITY	0.2000000
X632	0.0	INFINITY	0.2440274
X143	0.0	0.2500000E-01	0.1216718E-01
X243	0.0	INFINITY	0.3500000E-01
X343	0.0	0.1216718E-01	0.2500000E-01
X443	0.0	0.1240698E-01	0.1375930
X543	0.0	INFINITY	0.2345802
X643	0.0	INFINITY	0.2928328
X151	0.0	INFINITY	0.5986329E-01
X155	0.0	INFINITY	0.5986329E-01
X251	0.0	0.8480000E-01	0.6611435E-01
X255	0.0	INFINITY	0.6611435E-01
X351	0.0	0.6611435E-01	0.1089489
X355	0.0	0.6611435E-01	0.1089489
X451	0.0	0.1306125E-01	0.1193875E-01
X455	0.0	0.1306125E-01	0.1193875E-01
X551	0.0	0.1193875E-01	0.0
X555	0.0	0.0	0.1306125E-01
X651	0.0	0.0	2.404209
X655	0.0	INFINITY	0.0

#### Righthand Side Ranges

Row	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease
2	252.0000	0.0	INFINITY
3	0.0	0.0	INFINITY
4	252.0000	0.0	291.6667
5	50.00000	0.0	100.0000
6	336.0000	0.0	123.2639
7	50.00000	0.0	50.00000
8	336.0000	0.0	336.0000
9	70.00000	0.0	70.00000
10	252.0000	0.0	252.0000
11	50.00000	0.0	50.00000
12	252.0000	0.0	252.0000
13	1680.000	16.46119	0.0
14	220.0000	16.46119	0.0
15	342.0000	0.0	61.16090
16	0.0	60.00000	0.0
17	342.0000	0.0	61.16090
18	50.00000	40.76651	50.00000
19	456.0000	0.0	61.16090
20	50.00000	60.00000	50.00000
21	456.0000	0.0	INFINITY
22	70.00000	60.00000	INFINITY
23	342.0000	0.0	113.6942
24	60.00000	60.00000	60.00000
25	342.0000	0.0	113.6942
26	2280.000	15.66617	0.0
27	290.0000	15.66617	11.43620
28	300.0000	0.0	INFINITY
29	0.0	5.794338	4.229826

30	350.0000	0.0	102.6667
31	300.0000	5.794338	4.229826
32	350.0000	0.0	138.2471
33	0.0	5.794338	0.0
34	0.0	5.794338	4.229826
35	450.0000	5.794338	4.229826
36	250.0000	5.794338	4.229826
37	1000.000	5.794338	0.0
38	290.0000	710.0000	INFINITY
39	0.0	0.0	INFINITY
40	0.0	0.0	0.0
41	300.0000	0.0	115.2059
42	300.0000	0.0	85.55556
43	600.0000	4.828615	0.0
44	420.0000	0.0	114.5098
45	0.0	0.0	0.0
46	420.0000	0.0	114.5098
47	0.0	0.0	0.0
48	560.0000	0.0	114.5098
49	100.0000	0.0	100.0000
50	560.0000	0.0	INFINITY
51	120.0000	0.0	INFINITY
52	420.0000	0.0	215.7116
53	80.00000	0.0	130.0000
54	420.0000	0.0	177.9245
55	50.00000	0.0	50.00000
56	2800.000	29.85788	0.0
57	350.0000	29.85788	0.0
58	200.0000	INFINITY	200.0000
59	200.0000	INFINITY	200.0000
60	100.0000	INFINITY	100.0000
61	200.0000	1.852664	2.537920
62	0.0	1.852664	0.0
63	0.0	INFINITY	0.0
64	300.0000	INFINITY	132.3926
65	300.0000	INFINITY	40.53367
66	300.0000	66.69806	40.53367
67	200.0000	1.852664	2.537920
68	0.0	1.852664	0.0
69	200.0000	INFINITY	120.2143
70	300.0000	40.53367	66.69806
71	300.0000	INFINITY	66.69806
72	300.0000	INFINITY	145.8714
73	0.0	1.852664	0.0
74	300.0000	1.852664	2.537920
75	300.0000	INFINITY	300.0000
76	500.0000	6.344739	8.691507
77	600.0000	6.344739	8.691507
78	600.0000	6.344739	8.691507
79	500.0000	414.0848	85.91523
80	500.0000	95.13523	404.8648
81	0.0	6.388219	0.0

82	500.0000	6.344739	8.691507
83	500.0000	6.344739	8.691507
84	400.0000	6.344739	8.691507
85	500.0000	INFINITY	85.91523
86	500.0000	INFINITY	404.8648
87	200.0000	6.388219	8.691507
88	600.0000	6.344739	8.691507
89	600.0000	6.344739	8.691507
90	500.0000	6.344739	8.691507
91	600.0000	414.0848	85.91523
92	600.0000	95.13523	404.8648
93	0.0	6.388219	0.0
94	700.0000	INFINITY	700.0000
95	700.0000	INFINITY	31.60600
96	0.0	8.875000	0.0
97	500.0000	18.89952	39.90665
98	400.0000	INFINITY	296.2546
99	300.0000	INFINITY	300.0000
100	450.0000	INFINITY	32.55600
101	0.0	668.3940	0.0
102	450.0000	8.875000	15.31700
103	0.0	18.89952	0.0
104	200.0000	103.7454	200.0000
105	200.0000	INFINITY	41.65138
106	500.0000	INFINITY	34.71200
107	300.0000	32.55600	31.60600
108	300.0000	8.875000	15.31700
109	300.0000	18.89952	34.71200
110	300.0000	32.55600	34.71200
111	0.0	32.55600	0.0
112	0.0	34.71200	32.55600
113	0.0	66.69806	40.53367
114	0.0	0.0	0.0
115	0.0	0.0	0.0
116	0.0	0.0	0.0
117	0.0	0.0	0.0
118	0.0	0.0	0.0
119	0.0	0.0	0.0
120	0.0	0.0	0.0
121	0.0	0.0	0.0
122	0.0	0.0	0.0
123	0.0	0.0	0.0
124	0.0	0.0	0.0
125	0.0	0.0	0.0
126	0.0	0.0	0.0
127	0.0	0.0	0.0
128	0.0	0.0	0.0
129	0.0	0.0	0.0
130	0.0	0.0	0.0
131	0.0	0.0	0.0
132	0.0	0.0	0.0
133	0.0	0.0	0.0

134	0.0	0.0	0.0
135	10.00000	INFINITY	10.00000
136	20.00000	INFINITY	20.00000
137	30.00000	1.852664	2.537920
138	30.00000	INFINITY	21.27715
139	10.00000	INFINITY	10.00000
140	30.00000	INFINITY	30.00000
141	50.00000	INFINITY	50.00000
142	70.00000	INFINITY	70.00000
143	50.00000	8.875000	15.31700
144	30.00000	INFINITY	30.00000
145	30.00000	INFINITY	30.00000
146	40.00000	INFINITY	40.00000
147	70.00000	6.388219	8.691507
148	40.00000	INFINITY	40.00000
149	30.00000	INFINITY	30.00000

## تحلیل حساسیت

### تحلیل حساسیت اعداد سمت راست

در جدول زیر برای هر یک از محدودیت ها به ترتیب بیشترین تاثیر در تغییر اعداد سمت راست آمده است.  
در جدول های زیر عدد 100000 به معنای بی نهایت می باشد.

Righthand Side Ranges(مرتب شده برای افزایش)				Righthand Side Ranges(مرتب شده برای کاهش)			
Allowable Decrease	Allowable Increase	Current RHS	Row	Allowable Decrease	Allowable Increase	Current RHS	Row
200	1000000	200	58	1000000	0	252	2
200	1000000	200	59	1000000	0	0	3
100	1000000	100	60	1000000	0	456	21
0	1000000	0	63	1000000	60	70	22
132.3926	1000000	300	64	1000000	0	300	28
40.53367	1000000	300	65	1000000	710	290	38
120.2143	1000000	200	69	1000000	0	0	39
66.69806	1000000	300	71	1000000	0	560	50
145.8714	1000000	300	72	1000000	0	120	51
300	1000000	300	75	700	INFINITY	700	94
85.91523	1000000	500	85	404.8648	95.13523	500	80
404.8648	1000000	500	86	404.8648	INFINITY	500	86
700	1000000	700	94	404.8648	95.13523	600	92
31.606	1000000	700	95	336	0	336	8
296.2546	1000000	400	98	300	INFINITY	300	75
300	1000000	300	99	300	INFINITY	300	99
32.556	1000000	450	100	296.2546	INFINITY	400	98
41.65138	1000000	200	105	291.6667	0	252	4



34.712	1000000	500	106	252	0	252	10
10	1000000	10	135	252	0	252	12
20	1000000	20	136	215.7116	0	420	52
21.27715	1000000	30	138	200	INFINITY	200	58
10	1000000	10	139	200	INFINITY	200	59
30	1000000	30	140	200	103.7454	200	104
50	1000000	50	141	177.9245	0	420	54
70	1000000	70	142	145.8714	INFINITY	300	72
30	1000000	30	144	138.2471	0	350	32
30	1000000	30	145	132.3926	INFINITY	300	64
40	1000000	40	146	130	0	80	53
40	1000000	40	148	123.2639	0	336	6
30	1000000	30	149	120.2143	INFINITY	200	69
INFINITY	710	290	38	115.2059	0	300	41
0	668.394	0	101	114.5098	0	420	44
85.91523	414.0848	500	79	114.5098	0	420	46
85.91523	414.0848	600	91	114.5098	0	560	48
200	103.7454	200	104	113.6942	0	342	23
404.8648	95.13523	500	80	113.6942	0	342	25
404.8648	95.13523	600	92	102.6667	0	350	30
40.53367	66.69806	300	66	100	0	50	5
40.53367	66.69806	0	113	100	0	100	49
0	60	0	16	100	INFINITY	100	60
50	60	50	20	85.91523	414.0848	500	79
INFINITY	60	70	22	85.91523	INFINITY	500	85
60	60	60	24	85.91523	414.0848	600	91
50	40.76651	50	18	85.55556	0	300	42
66.69806	40.53367	300	70	70	0	70	9
32.556	34.712	0	112	70	INFINITY	70	142
31.606	32.556	300	107	66.69806	40.53367	300	70
34.712	32.556	300	110	66.69806	INFINITY	300	71
0	32.556	0	111	61.1609	0	342	15
0	29.85788	2800	56	61.1609	0	342	17
0	29.85788	350	57	61.1609	0	456	19
39.90665	18.89952	500	97	60	60	60	24
0	18.89952	0	103	50	0	50	7
34.712	18.89952	300	109	50	0	50	11
0	16.46119	1680	13	50	40.76651	50	18
0	16.46119	220	14	50	60	50	20
0	15.66617	2280	26	50	0	50	55
11.4362	15.66617	290	27	50	INFINITY	50	141
0	8.875	0	96	41.65138	INFINITY	200	105
15.317	8.875	450	102	40.53367	INFINITY	300	65
15.317	8.875	300	108	40.53367	66.69806	300	66
15.317	8.875	50	143	40.53367	66.69806	0	113
0	6.388219	0	81	40	INFINITY	40	146

8.691507	6.388219	200	87	40	INFINITY	40	148
0	6.388219	0	93	39.90665	18.89952	500	97
8.691507	6.388219	70	147	34.712	INFINITY	500	106
8.691507	6.344739	500	76	34.712	18.89952	300	109
8.691507	6.344739	600	77	34.712	32.556	300	110
8.691507	6.344739	600	78	32.556	INFINITY	450	100
8.691507	6.344739	500	82	32.556	34.712	0	112
8.691507	6.344739	500	83	31.606	INFINITY	700	95
8.691507	6.344739	400	84	31.606	32.556	300	107
8.691507	6.344739	600	88	30	INFINITY	30	140
8.691507	6.344739	600	89	30	INFINITY	30	144
8.691507	6.344739	500	90	30	INFINITY	30	145
4.229826	5.794338	0	29	30	INFINITY	30	149
4.229826	5.794338	300	31	21.27715	INFINITY	30	138
0	5.794338	0	33	20	INFINITY	20	136
4.229826	5.794338	0	34	15.317	8.875	450	102
4.229826	5.794338	450	35	15.317	8.875	300	108
4.229826	5.794338	250	36	15.317	8.875	50	143
0	5.794338	1000	37	11.4362	15.66617	290	27
0	4.828615	600	43	10	INFINITY	10	135
2.53792	1.852664	200	61	10	INFINITY	10	139
0	1.852664	0	62	8.691507	6.344739	500	76
2.53792	1.852664	200	67	8.691507	6.344739	600	77
0	1.852664	0	68	8.691507	6.344739	600	78
0	1.852664	0	73	8.691507	6.344739	500	82
2.53792	1.852664	300	74	8.691507	6.344739	500	83
2.53792	1.852664	30	137	8.691507	6.344739	400	84
INFINITY	0	252	2	8.691507	6.388219	200	87
INFINITY	0	0	3	8.691507	6.344739	600	88
291.6667	0	252	4	8.691507	6.344739	600	89
100	0	50	5	8.691507	6.344739	500	90
123.2639	0	336	6	8.691507	6.388219	70	147
50	0	50	7	4.229826	5.794338	0	29
336	0	336	8	4.229826	5.794338	300	31
70	0	70	9	4.229826	5.794338	0	34
252	0	252	10	4.229826	5.794338	450	35
50	0	50	11	4.229826	5.794338	250	36
252	0	252	12	2.53792	1.852664	200	61
61.1609	0	342	15	2.53792	1.852664	200	67
61.1609	0	342	17	2.53792	1.852664	300	74
61.1609	0	456	19	2.53792	1.852664	30	137
INFINITY	0	456	21	0	16.46119	1680	13
113.6942	0	342	23	0	16.46119	220	14
113.6942	0	342	25	0	60	0	16
INFINITY	0	300	28	0	15.66617	2280	26
102.6667	0	350	30	0	5.794338	0	33

138.2471	0	350	32	0	5.794338	1000	37
INFINITY	0	0	39	0	0	0	40
0	0	0	40	0	4.828615	600	43
115.2059	0	300	41	0	0	0	45
85.55556	0	300	42	0	0	0	47
114.5098	0	420	44	0	29.85788	2800	56
0	0	0	45	0	29.85788	350	57
114.5098	0	420	46	0	1.852664	0	62
0	0	0	47	0	INFINITY	0	63
114.5098	0	560	48	0	1.852664	0	68
100	0	100	49	0	1.852664	0	73
INFINITY	0	560	50	0	6.388219	0	81
INFINITY	0	120	51	0	6.388219	0	93
215.7116	0	420	52	0	8.875	0	96
130	0	80	53	0	668.394	0	101
177.9245	0	420	54	0	18.89952	0	103
50	0	50	55	0	32.556	0	111
0	0	0	114	0	0	0	114
0	0	0	115	0	0	0	115
0	0	0	116	0	0	0	116
0	0	0	117	0	0	0	117
0	0	0	118	0	0	0	118
0	0	0	119	0	0	0	119
0	0	0	120	0	0	0	120
0	0	0	121	0	0	0	121
0	0	0	122	0	0	0	122
0	0	0	123	0	0	0	123
0	0	0	124	0	0	0	124
0	0	0	125	0	0	0	125
0	0	0	126	0	0	0	126
0	0	0	127	0	0	0	127
0	0	0	128	0	0	0	128
0	0	0	129	0	0	0	129
0	0	0	130	0	0	0	130
0	0	0	131	0	0	0	131
0	0	0	132	0	0	0	132
0	0	0	133	0	0	0	133
0	0	0	134	0	0	0	134

همانطور که در جدول مشخص است اعداد سمت راست محدودیت هایی که در جدول زیر آمده اند را می توان تا بی نهایت افزایش داد. این به این معنی است که با تغییر این محدودیت ها تا بی نهایت جواب پایه فعلی تغییر نخواهد کرد.

142	105	72	58
144	106	75	59
145	135	85	60
146	136	86	63
148	138	94	64
149	139	95	65
	140	98	69
	141	99	71

محدودیت های ۵۸ و ۵۹ و ۶۰ و ۶۳ و ۶۴ و ۶۵ و ۶۷ و ۷۱ و ۷۲ و ۷۵ و ۸۵ و ۸۶ و ۹۴ و ۹۵ و ۹۸ و ۹۹ و ۱۰۵ و ۱۰۶ مربوط به حداکثر مصالحی است که می توان تهیه کرد و تعیین کننده هزینه تمام شده نمی باشد، که نتیجه تحلیل حساسیت نیز منطقی می باشد.

محدودیت شماره ۳۸ را که میزان فعلی آن مقدار ۲۹۰ می باشد می توان حداکثر به میزان ۷۱۰ واحد افزایش داد.

$$38) X_{134} + X_{234} + X_{334} + X_{434} + X_{534} + X_{634} \geq 290$$

این به این معنا است که تا زمانی که میزان تولیدات در طول ۶ ماه برای پروژه ۴ از ۷۱۰ + ۲۹۰ بیشتر نشود جواب فعلی بهینه خواهد بود در غیر این صورت باید در مورد خرید مصالح یا تولید محصولات در ماه های مختلف تجدید نظر نمود.

در مورد حداکثر میزان کاهش اعداد سمت راست، اعداد سمت راست محدودیت های جدول زیر را می توان بی نهایت کاهش داد بدون اینکه تغییری در جواب پایه فعلی ایجاد شود. زیرا این محدودیت ها تعیین کننده نمی باشند.

51	39	28	21	2
	50	38	22	3

و اما در مورد دیگر محدودیت ها به طور مثال محدودیت شماره ۹۴ را می توان به میزان ۷۰۰ واحد افزایش داد بدون اینکه تغییری در جواب پایه فعلی ایجاد شود.

$$94) M_{131} \leq 700$$

## تحلیل حساسیت ضرایب تابع هدف

در جدول زیر تغییرات ضرایب بر اساس تغییر ضریب از بیشترین تغییر به کمترین تغییر آمده است.

Allowable Decrease	Allowable Increase	Current Coefficient	Variable	Allowable Decrease	Allowable Increase	Current Coefficient	Variable
3.8	1000000	102	M111	1000000	4.933006	102	M411
3.8	1000000	102	M211	1000000	5.233006	102	M511
3.8	1000000	102	M311	1000000	0	98.2	M312
3.8	1000000	102	M611	1000000	8.733006	98.2	M412
0	1000000	104.95	M613	1000000	9.033006	98.2	M512
0.2	1000000	19.9	M131	1000000	0	104.95	M113
0.2	1000000	19.9	M631	1000000	8.733006	104.95	M413
0	1000000	19.75	M133	1000000	9.033006	104.95	M513
6.80E-02	1000000	0.1	E2111	1000000	2.754304	20.9	M121
1.80E-02	1000000	0.2	E5111	1000000	2.687638	20.9	M221
0.114102	1000000	0.2	E6111	1000000	2.210323	20.9	M321
6.80E-02	1000000	0.1	E2115	1000000	0.15	20.9	M421
1.80E-02	1000000	0.2	E5115	1000000	0.15	20.9	M521
7.00E-03	1000000	0.1	E3211	1000000	2.916989	20.9	M621
7.00E-03	1000000	0.125	E4211	1000000	2.604304	21.05	M122
0.146102	1000000	0.2	E6211	1000000	2.537638	21.05	M222
7.00E-03	1000000	0.1	E3215	1000000	2.060323	21.05	M322
7.00E-03	1000000	0.125	E4215	1000000	2.766989	21.05	M622
7.50E-02	1000000	0.1	E4311	1000000	2.904304	20.75	M123
6.80E-02	1000000	0.125	E5311	1000000	2.837638	20.75	M223
0.189102	1000000	0.15	E6311	1000000	2.360323	20.75	M323
7.50E-02	1000000	0.1	E4315	1000000	0.3	20.75	M423
6.80E-02	1000000	0.125	E5315	1000000	0.3	20.75	M523
6.80E-02	1000000	0.1	E5411	1000000	3.066989	20.75	M623
0.189102	1000000	0.125	E6411	1000000	1.026852	19.9	M331
6.80E-02	1000000	0.1	E5415	1000000	6.72E-02	19.9	M431
0.196102	1000000	0.1	E6511	1000000	0.2	19.7	M232
7.12E-02	1000000	0.1	E2121	1000000	1.226852	19.7	M332
3.22E-02	1000000	0.125	E3121	1000000	0.267237	19.7	M432
0.308726	1000000	0.2	E4121	1000000	0.2	19.7	M532
0.283726	1000000	0.2	E5121	1000000	0.2	19.75	M233
0.233726	1000000	0.25	E6121	1000000	1.226852	19.75	M333
7.12E-02	1000000	0.1	E2125	1000000	0.267237	19.75	M433
3.22E-02	1000000	0.125	E3125	1000000	0.2	19.75	M533
0.308726	1000000	0.2	E4125	1000000	0	19.75	M633
0.283726	1000000	0.2	E5125	1000000	2.466989	0.3	S52
3.60E-02	1000000	0.1	E3221	1000000	0.726852	0.3	S23
0.262526	1000000	0.125	E4221	1000000	8.433006	0.3	S31
0.312526	1000000	0.2	E5221	9.333006	1000000	0.3	S51
0.212526	1000000	0.2	E6221	3.8	1000000	102	M111

3.60E-02	1000000	0.1	E3225	3.8	1000000	102	M211
0.262526	1000000	0.125	E4225	3.8	1000000	102	M311
0.262526	1000000	0.15	E5225	3.8	1000000	102	M611
0.301539	1000000	0.1	E4321	2.404209	0	0	X651
0.301539	1000000	0.125	E5321	2.360323	1000000	0.3	S32
0.226539	1000000	0.15	E6321	2.001756	0	98.2	M612
0.301539	1000000	0.1	E4325	1.259615	1000000	0.3	S33
0.301539	1000000	0.125	E5325	0.805973	1000000	1	E6234
7.50E-02	1000000	0.1	E5421	0.777315	1000000	0.3	S22
7.50E-02	1000000	0.1	E5425	0.5	1000000	0.3	S53
5.00E-02	1000000	0.1	E2132	0.367237	1000000	0.3	S43
2.08E-02	1000000	0.125	E3132	0.366667	1000000	0.3	S12
5.00E-02	1000000	0.1	E2134	0.312526	1000000	0.2	E5221
5.97E-03	1000000	0.25	E6134	0.308726	1000000	0.2	E4121
4.58E-02	1000000	0.1	E3232	0.308726	1000000	0.2	E4125
0.805973	1000000	1	E6234	0.301539	1000000	0.1	E4321
1.01E-02	1000000	0.15	E6334	0.301539	1000000	0.125	E5321
2.92E-02	1000000	0.125	E5334	0.301539	1000000	0.1	E4325
4.40E-02	1000000	0.125	E5434	0.301539	1000000	0.125	E5325
5.60E-02	1000000	0.1	E6534	0.3	1000000	0.3	S42
1.24E-02	1000000	0.15	E4143	0.3	1000000	0.3	S11
3.50E-02	1000000	0.1	E3243	0.3	1000000	0.3	S21
4.74E-02	1000000	0.125	E4243	0.292833	1000000	0	X643
8.74E-02	1000000	0.1	E4343	0.283726	1000000	0.2	E5121
8.48E-02	1000000	0.1	E2151	0.283726	1000000	0.2	E5125
7.59E-02	1000000	0.125	E3151	0.262526	1000000	0.125	E4221
0.209863	1000000	0.15	E4151	0.262526	1000000	0.125	E4225
0.246802	1000000	0.2	E5151	0.262526	1000000	0.15	E5225
0.196802	1000000	0.25	E6151	0.246802	1000000	0.2	E5151
7.59E-02	1000000	0.125	E3155	0.246802	1000000	0.2	E5155
0.209863	1000000	0.15	E4155	0.244027	5.97E-03	0.125	E6434
0.246802	1000000	0.2	E5155	0.244027	1000000	0	X632
0.196802	1000000	0.25	E6155	0.23458	1000000	0	X543
6.61E-02	1000000	0.1	E3251	0.233726	1000000	0.25	E6121
0.200063	1000000	0.125	E4251	0.226539	1000000	0.15	E6321
0.212002	1000000	0.15	E5251	0.220888	1000000	0.125	E5351
0.162002	1000000	0.2	E6251	0.220888	1000000	0.125	E5355
6.61E-02	1000000	0.1	E3255	0.212526	1000000	0.2	E6221
0.200063	1000000	0.125	E4255	0.212002	1000000	0.15	E5251
0.212002	1000000	0.15	E5255	0.212002	1000000	0.15	E5255
0.162002	1000000	0.2	E6255	0.209863	1000000	0.15	E4151
0.208949	1000000	0.1	E4351	0.209863	1000000	0.15	E4155
0.220888	1000000	0.125	E5351	0.209753	1000000	0	X625
0.145888	1000000	0.15	E6351	0.208949	1000000	0.1	E4351
0.208949	1000000	0.1	E4355	0.208949	1000000	0.1	E4355
0.220888	1000000	0.125	E5355	0.201539	3.22E-02	0	X321
0.145888	1000000	0.15	E6355	0.201539	3.22E-02	0	X325

8.69E-02	1000000	0.1	E5451	0.200063	1000000	0.125	E4251
1.19E-02	1000000	0.125	E6451	0.200063	1000000	0.125	E4255
8.69E-02	1000000	0.1	E5455	0.2	1000000	19.9	M131
1.19E-02	1000000	0.125	E6455	0.2	1000000	19.9	M631
0.1	1000000	0.3	S13	0.2	1000000	0	X532
0.777315	1000000	0.3	S22	0.196802	1000000	0.25	E6151
2.360323	1000000	0.3	S32	0.196802	1000000	0.25	E6155
0.3	1000000	0.3	S42	0.196102	1000000	0.1	E6511
0.366667	1000000	0.3	S12	0.189102	1000000	0.15	E6311
1.259615	1000000	0.3	S33	0.189102	1000000	0.125	E6411
0.367237	1000000	0.3	S43	0.182	1.80E-02	0.15	E5211
0.5	1000000	0.3	S53	0.182	1.80E-02	0.15	E5215
0.3	1000000	0.3	S11	0.162002	1000000	0.2	E6251
0.3	1000000	0.3	S21	0.162002	1000000	0.2	E6255
9.333006	1000000	0.3	S51	0.15	3.45E-02	21.05	M422
0	1000000	0	X315	0.146102	1000000	0.2	E6211
3.19E-02	1000000	0	X411	0.145888	1000000	0.15	E6351
3.19E-02	1000000	0	X415	0.145888	1000000	0.15	E6355
2.77E-02	1000000	0	X511	0.137593	1.24E-02	0	X443
2.77E-02	1000000	0	X515	0.119027	1000000	0	X432
8.59E-02	1000000	0	X615	0.114102	1000000	0.2	E6111
3.22E-02	1000000	0	X121	0.113061	0	0.1	E6555
3.22E-02	1000000	0	X125	0.108949	6.61E-02	0	X351
8.48E-02	1000000	0	X621	0.108949	6.61E-02	0	X355
0.209753	1000000	0	X625	0.104167	2.08E-02	0	X332
1.01E-02	1000000	0	X334	0.1	0	19.7	M132
0.119027	1000000	0	X432	0.1	1000000	0.3	S13
0.2	1000000	0	X532	9.72E-02	0.1	19.9	M231
0.244027	1000000	0	X632	9.63E-02	0.244027	0	X634
3.50E-02	1000000	0	X243	8.74E-02	1000000	0.1	E4343
0.23458	1000000	0	X543	8.69E-02	1000000	0.1	E5451
0.292833	1000000	0	X643	8.69E-02	1000000	0.1	E5455
5.99E-02	1000000	0	X151	8.59E-02	0.114102	0	X611
5.99E-02	1000000	0	X155	8.59E-02	1000000	0	X615
6.61E-02	1000000	0	X255	8.48E-02	1000000	0.1	E2151
0	1000000	0	X655	8.48E-02	1000000	0	X621
1000000	9.033006	98.2	M512	7.59E-02	1000000	0.125	E3151

همانطور که مشاهده می شود جدول بالا دامنه تغییرات ضرایب تابع هدف را نشان می دهد که اگر تغییرات در دانه نشان داده باقی بماند جواب پایه فعلی همچنان به عنوان جواب پایه باقی خواهد ماند.

در جدول زیر هزینه های ثانویه به ترتیب کاهنده ترین تا افزایشده ترین مرتب شده است.

Row	Slack or Surplus	Dual Price	Row	Slack or Surplus	Dual Price
43	0	-113.4754	66	0	0
134	0	-110.2705	69	120.2143	0
36	0	-94.85751	70	0	0
35	0	-94.81348	71	66.69806	0
34	0	-94.73251	72	145.8714	0
33	0	-94.71765	75	300	0
31	0	-94.66348	85	85.91523	0
29	0	-94.61348	86	404.8648	0
37	0	-94.61348	94	700	0
26	0	-37.90279	95	31.606	0
27	0	-37.90279	98	296.2546	0
13	0	-36.12329	99	300	0
14	0	-36.12329	100	32.556	0
120	0	-21.05	105	41.65138	0
56	0	-19.92848	106	34.712	0
57	0	-19.92848	111	0	0
127	0	-19.92	117	0	0
113	0	-6.75	118	0	0
119	0	-2.766989	122	0	0
114	0	-2.604304	125	0	0
115	0	-2.537638	132	0	0
116	0	-2.060323	135	10	0
123	0	-1.026852	136	20	0
1	466560.9	-1	138	21.27715	0
19	0	-0.2015386	139	10	0
20	0	-0.2015386	140	30	0
10	0	-0.182	141	50	0
11	0	-0.182	142	70	0
8	0	-0.15	144	30	0
9	0	-0.15	145	30	0
42	0	-0.137593	146	50	0
17	0	-0.1375261	148	50	0
18	0	-0.1375261	97	0	6.72E-02
6	0	-0.125	79	0	0.15
7	0	-0.125	80	0	0.15
25	0	-0.125	101	0	0.2
41	0	-0.125	104	0	0.2
54	0	-0.1130613	107	0	0.2
55	0	-0.1130613	110	0	0.2
48	0	-0.1089489	121	0	0.2



49	0	-0.1089489	126	0	0.2
15	0	-0.1087261	103	0	0.267237
16	0	-0.1087261	109	0	0.267237
32	0	-0.1041667	91	0	0.3
12	0	-8.59E-02	92	0	0.3
46	0	-7.51E-02	131	0	0.3
47	0	-7.51E-02	143	0	0.726852
124	0	-6.72E-02	96	0	1.026852
40	0	-6.00E-02	102	0	1.226852
44	0	-5.99E-02	108	0	1.226852
45	0	-5.99E-02	84	0	2.060323
30	0	-5.00E-02	78	0	2.210323
112	0	-5.00E-02	90	0	2.360323
4	0	-3.20E-02	147	0	2.466989
5	0	-3.20E-02	83	0	2.537638
23	0	-2.50E-02	82	0	2.604304
24	0	-2.50E-02	77	0	2.687638
52	0	-1.31E-02	76	0	2.754304
53	0	-1.31E-02	87	0	2.766989
2	0	0	89	0	2.837638
3	0	0	88	0	2.904304
21	0	0	81	0	2.916989
22	60	0	93	0	3.066989
28	0	0	61	0	4.933006
38	710	0	62	0	5.233006
39	0	0	137	0	8.433006
50	0	0	67	0	8.733006
51	0	0	73	0	8.733006
58	200	0	68	0	9.033006
59	200	0	74	0	9.033006
60	100	0	128	0	9.033006
63	0	0	129	0	9.033006
64	132.3926	0	130	0	9.033006
65	40.53367	0	133	0	9.033006

برای مثال محدودیت ۴۳ یک محدودیت تعیین کننده (کمیاب) می باشد و در اثر افزایش یک واحد به عدد سمت راست آن تابع هدف به میزان ۱۱۳.۴۷ واحد کاهش خواهد یافت.

$$X_{143} + X_{243} + X_{343} + X_{443} + X_{543} + X_{643} \geq 600$$

همچنین محدودیت ۱۳۳ یک محدودیت تعیین کننده (کمیاب) می باشد که در صورت افزایش یک واحد به عدد سمت راست آن تابع هدف به میزان ۹۰.۳۳ واحد افزایش خواهد یافت.

$$M_{611} + M_{612} + M_{613} + S_{51} = 0.525 * X_{643} + 0.438 * (X_{632} + X_{634}) + 0.085 * (X_{651} + X_{655}) + 0.162 * (X_{621} + X_{625}) + 0.168 * (X_{611} + X_{615})$$



**جدول زمان بندی انبار و تولید**  
**برنامه زمانبندی برای خرید مصالح از منابع**

شن			ماسه			سیمان			مصالح خریداری شده	ماه خرید مصالح
منبع- ۳	منبع- ۲	منبع-۱	منبع- ۳	منبع- ۲	منبع-۱	منبع- ۳	منبع- ۲	منبع-۱		
465.29	417.45	0	600	500	500	300	167.61		ماه-۱	
300	0	668.40	600	500	600	233.30	259.47		ماه-۲	
300	450	0	500	400	600	154.13	300		ماه-۳	
300	0	500	600	414.08	500	0	200	200	ماه-۴	
300	200	103.75	600	95.13	500	300	0		ماه-۵	
0	158.35	0	0	200	0	0	79.78		ماه-۶	

**برنامه زمانبندی برای تولید و عرضه قطعات پیش ساخته بتنی از نوع ستون**

مصرف		ماه-۱		ماه-۲		ماه-۳		ماه-۴		ماه-۵		ماه-۶	
		پروژه-۱	پروژه-۵	پروژه-۱	پروژه-۵	پروژه-۱	پروژه-۵	پروژه-۱	پروژه-۵	پروژه-۱	پروژه-۵	پروژه-۱	پروژه-۵
ماه	پروژه-۱	252	-	0	-	123	-	336	-	0	-	0	-
	پروژه-۵	-	0	-	0	-	50	-	70	-	0	-	-
ماه	پروژه-۱	-	-	252	-	0	-	0	-	252	-	0	-
	پروژه-۵	-	-	-	50	-	0	-	0	-	50	-	-
ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	213	-	0	-	0	-	0	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	-	-	0	-	0	-	0	-
ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	252	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

برنامه زمانبندی برای تولید وعرضه قطعات پیش ساخته بتنی از نوع تیر

مصرف		ماه-۱		ماه-۲		ماه-۳		ماه-۴		ماه-۵		ماه-۶	
		تولید	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱
۱-ماه	پروژه-۱	342	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	پروژه-۵	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	-
۲-ماه	پروژه-۱	-	-	342	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	پروژه-۵	-	-	50	-	0	-	0	-	0	-	0	-
۳-ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	456	-	0	-	0	-	0	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	50	-	0	-	0	-	0	-
۴-ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	-	-	456	-	0	-	114	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	130	-	0	-
۵-ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	228	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	-
۶-ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

برنامه زمانبندی برای تولید وعرضه قطعات پیش ساخته بتنی از نوع دال

مصرف		ماه-۱		ماه-۲		ماه-۳		ماه-۴		ماه-۵		ماه-۶	
		تولید	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱	پروژه-۱
۱-ماه	پروژه-۱	420	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-
۲-ماه	پروژه-۱	-	-	420	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-
۳-ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	560	-	0	-	0	-	0	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	100	-	0	-	0	-	0	-
۴-ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	-	-	560	-	0	-	0	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	-	-	120	-	0	-	0	-
۵-ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	420	-	178	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-
۶-ماه	پروژه-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	242	-
	پروژه-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-

برنامه زمانبندی برای تولید وعرضه قطعات پیش ساخته بتنی از نوع دیوار-۲.۵

تولید		ماه-۱		ماه-۲		ماه-۳		ماه-۴		ماه-۵		ماه-۶		مصرف	
		پروژه-۲	پروژه-۴	پروژه-۲	پروژه-۴	پروژه-۲	پروژه-۴	پروژه-۲	پروژه-۴	پروژه-۲	پروژه-۴	پروژه-۲	پروژه-۴		
ماه-۱	پروژه-۲	300	-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-		
۱	پروژه-۴	-	-	-	0	-	-	-	-	103	-	-	0		
ماه-۲	پروژه-۲	-	-	350	-	0	-	-	-	-	-	-	-		
۲	پروژه-۴	-	-	-	299	-	-	-	-	17	-	-	0		
ماه-۳	پروژه-۲	-	-	-	-	350	-	-	-	-	-	-	-		
۳	پروژه-۴	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	0		
ماه-۴	پروژه-۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
۴	پروژه-۴	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	212		
ماه-۵	پروژه-۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
۵	پروژه-۴	-	-	-	-	-	-	-	-	330	-	-	0		
ماه-۶	پروژه-۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
۶	پروژه-۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38		

برنامه زمانبندی برای تولید وعرضه قطعات پیش ساخته بتنی از نوع دیوار-۳.۰

تولید		ماه-۱	ماه-۲	ماه-۳	ماه-۴	ماه-۵	ماه-۶
		پروژه-۳	پروژه-۳	پروژه-۳	پروژه-۳	پروژه-۳	پروژه-۳
ماه-۱	پروژه-۳	-	-	115	0	-	-
ماه-۲	پروژه-۳	-	-	0	0	-	-
ماه-۳	پروژه-۳	-	-	-	185	-	-
ماه-۴	پروژه-۳	-	-	-	300	-	-
ماه-۵	پروژه-۳	-	-	-	-	-	-
ماه-۶	پروژه-۳	-	-	-	-	-	-