

طراحی مدل آرمانی برنامه‌ریزی تولید برای شرکت کابل‌های مخابراتی شهید قندی یزد

محمدرضا مهرگان^{۱*}، عالیه کاظمی^۲ امین کامیاب مقدس^۳

۱. دانشیار گروه مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران
 ۲. دانشجوی دکتری مدیریت تحقیق در عملیات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران
 ۳. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران
- (تاریخ دریافت ۸۵/۷/۲۶، تاریخ تصویب ۸۵/۲/۹)

چکیده

پویایی‌های حاکم بر محیط تجاری واحدهای تولیدی و تعدد عوامل مؤثر بر عملکرد آنها بر لزوم پرداختن به برنامه‌ریزی به عنوان یکی از وظایف اصلی مدیریت مورد تأکید بوده است. در این میان برنامه‌ریزی تولید در شرکت‌های تولیدی از مهمترین ابزار موفقیت محسوب می‌شود. در مقاله حاضر سعی بر آن است تا با استفاده از شیوه‌های تحقیق در عملیات، مدلی مناسب برای برنامه‌ریزی تولید در صنعت سیم و کابل ارائه داده شود به گونه‌ای که بتوان الگویی مناسب از ارتباطات منطقی بین عملیات را تدوین و به کمک آن مسوولین ذیربط را در امر برنامه‌ریزی آتی یاری نموده و باعث افزایش بهره‌وری شد. در این مقاله پس از آشنایی مختصر با برنامه‌ریزی تولید و تکنیک‌های آن و همچنین نحوه تولید کابل‌های مخابراتی مسی، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی، برنامه‌ریزی تولید انجام خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: مدل، برنامه‌ریزی تولید، برنامه‌ریزی آرمانی

مقدمه

پیشرفت روزافزون سیستم‌های تولیدی و مکانیزه شدن هرچه بیشتر این سیستم‌ها نیاز به برنامه‌ریزی را در آنها افزایش داده است. در دنیای کنونی که رقابت امر مهمی است، بهینه شدن سیستم‌های تولید از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است. از جمله فنون بهینه‌سازی سیستم‌های تولید، روش‌های علمی برنامه‌ریزی تولید می‌باشد که عموماً بر پایه تکنیک‌های تحقیق در عملیات بنا شده‌اند. عمده مساله موجود بر سر راه محققان در این زمینه به کارگیری یک استراتژی مناسب جهت برنامه‌ریزی تولید است که قابلیت هموارسازی نوسانات تقاضا را داشته و در عین حال تکنیک مناسبی از حیث در بر گرفتن وقایع تولیدی باشد. در صنعت کابلسازی به علت ماهیت خاص این صنعت که ماشین آلات حساس، دقیق و ایستگاه‌های کاری مختلف در طول فرایند از مشخصه‌های آن می‌باشد طراحی یک مدل ریاضی که به کمک آن بتوان ضمن افزایش بهره‌وری و بهینه کردن وضعیت موجود، زمان مورد نیاز جهت برنامه‌ریزی را نیز کاهش داد، ضروری به نظر می‌رسد، لذا این مقاله در صدد ارائه مدل ریاضی مناسب جهت برنامه‌ریزی تولید در شرکت کابل‌های مخابراتی شهید قندی یزد می‌باشد.

تعریف برنامه‌ریزی تولید

تولید به معنای هرگونه فعالیت جهت ارائه خدمات یا افزایش ارزش اشیاء مادی می‌باشد [۱]. می‌توان گفت به اندازه تعداد نویسندگان مختلف مباحث تولید، تعاریف متفاوت در مورد برنامه‌ریزی تولید وجود دارد. هرچند که تمام آنها ریشه در یک مفهوم دارند اما به شکل‌های مختلف بیان شده‌اند. در یک تعریف نسبتاً جامع از برنامه‌ریزی تولید می‌توان گفت: برنامه‌ریزی تولید، تعیین هدف تولید و اتخاذ روش‌های مناسب و مدرن در جهت تنظیم، هماهنگی و ترکیب مناسب کلیه عوامل تولید در افق زمانی تعیین شده می‌باشد که به منظور دستیابی به بالاترین و مقرون به صرفه‌ترین حدود تولید یک یا چند محصول و با توجه به مشخصات کیفی ضروری انجام می‌شود [۱۱].

برنامه‌ریزی تولید تلفیقی

برنامه‌ریزی تولید تلفیقی فرایند برنامه‌ریزی و کنترل وجوه مختلف کل فعالیت‌های تولید به منظور ارضاء تقاضای مشتریان کارخانه است، به عبارتی برنامه‌ریزی تولید میان مدت با فرایندی سیستم محور، تقاضای پیش بینی شده و ظرفیت را به برنامه‌های تولیدی برای هر کدام از خانواده محصولات در دوره‌های تولید آینده مربوط می‌کند. برنامه‌ریزی تلفیقی عبارت است از فرایند برنامه‌ریزی کمی و زمان بندی خروجی‌ها در طی دوره میان مدت با تنظیم نرخ خروجی، اشتغال نیروی انسانی، موجودی و دیگر متغیرهای قابل کنترل. ورودی‌های برنامه‌ریزی تلفیقی شامل ظرفیت تولید، سطح موجودی، سطح نیروی کار، میزان تقاضای محصول در دوره برنامه‌ریزی، فاکتورهای هزینه، امکان عقد قراردادهای خارجی، محدودیت‌های سیاسی اتخاذ شده از جانب مدیریت، محدودیت‌های کارکردی مؤثر بر تولید مانند محدودیت نقدینگی، محدودیت مواد اولیه، امکانات مورد نیاز برای تولید و در نهایت امکان افزایش ساعات کاری در قالب اضافه کاری و یا کاهش آنها، امکان ذخیره سازی مواد و امکان استخدام و اخراج کارکنان می‌باشد. خروجی برنامه‌ریزی تلفیقی نیز میزان تولید محصولات نهایی در افق زمانی برنامه است. بنابراین برنامه‌ریزی میان مدت تولید بر اساس اهداف کلان و بلند مدت (استراتژیک)، ماهیت کمی و کیفی فعالیت‌های شرکت را برای آینده مشخص می‌کند، به عبارت دیگر چگونگی حرکت شرکت را به سوی اهداف با توجه به تجهیزات موجود و محدودیت‌های ظرفیت معین می‌کند [۲].

اهداف برنامه‌ریزی تلفیقی

برنامه‌ریزی تلفیقی بر اقدام‌های کلی سازگار با اهداف استراتژیک بدون وارد شدن در جزئیات تمرکز می‌کند. به طور کلی شرکت‌ها محصولات، نیروی کار و زمان را تلفیق می‌کنند.

خانواده محصولات: دسته‌ای از کالاها یا خدمات که تقاضای مشابه، فرایند، نیروی کار و نیازهای مشترکی دارند، یک خانواده محصول نامیده می‌شوند.

نیروی کار: شرکت از راه‌های مختلفی می‌تواند نیروی کار را تلفیق نماید که بستگی به

انعطاف نیروی کار دارد. شرکتهایی که نیروی کار را بر مبنای خطوط تولیدی تلفیق می‌کنند باید برای تغییرات شرایط اقتصادی و تقاضای مشتریان که باعث توقف در تولید برخی از خانواده محصولات و افزایش در دیگر تولیدات می‌شود، برنامه‌ریزی کنند. هنگامی که این جابه‌جایی‌ها رخ دهد، نیروی کار قابل تبادل بین تولیدات نیستند. در چنین مواردی برنامه‌ریزی برای تغییر در سطح نیروی انسانی و استفاده از اضافه کاری با تلفیق نیروی انسانی با محور قرار دادن خانواده‌ای از محصولات، عملی‌ترین رویکرد است.

زمان: افق برنامه‌ریزی طول زمانی است که برنامه تلفیقی آن را شامل می‌شود. به طور معمول افق این نوع برنامه‌ریزی یک سال است، اگرچه در موقعیت‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد. برای اجتناب از هزینه و توقف ناشی از تغییرات در نرخ خروجی‌ها و نیروی کار، تنظیم و تعدیل‌ها به صورت ماهانه یا فصلی انجام می‌شود. در عمل دوره‌های برنامه‌ریزی نیازمند: ۱- تعداد محدودی نقاط تصمیم‌گیری برای کاهش پیچیدگی برنامه‌ریزی ۲- انعطاف در تنظیم نرخ خروجی‌ها و سطح نیروی کار در هنگامی است که پیش‌بینی‌ها تغییرات فصلی را نشان می‌دهند [۴].

مزایای برنامه‌ریزی تولید

- به کارگیری روش مناسب در برنامه‌ریزی تولید منافی را ایجاد می‌کند که عبارتند از:
 - افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از امکانات موجود همانند منابع، ماشین‌آلات.
 - موجودی انبارهای مواد اولیه و قطعات، انبارهای نیمه‌ساخته، انبار محصول نهایی و موجودی سفارش در راه تقلیل می‌یابند و در نتیجه هزینه نگهداری موجودی‌ها کاهش می‌یابد.
 - از تراکم و فشار کار بر مدیران و سرپرستان تولید کاسته خواهد شد.
 - از شلوغی کار در سطح سالن‌های تولید و سایر قسمت‌های مرتبط با تولید کاسته خواهد شد.
 - با انجام به موقع تعهدات به مشتری، رضایت بیشتری برای آنان حاصل می‌شود.
 - از توقف‌ها در مراحل مختلف کاری کاسته خواهد شد و در مجموع استفاده بهتری از زمان حاصل می‌شود.
 - مشکل تراکم کاری در گلوگاه‌ها با برنامه‌ریزی صحیح تولید تا حدود زیادی مرتفع

می شود.

- تحقق اهداف تولید یک کارخانه در قالب برنامه ریزی تولید امکان پذیر خواهد شد.
- وجود برنامه که وظایف قسمت های مختلف را مشخص می سازد، تاثیر بسیار مهمی در کاهش تنش و درگیری بین قسمت های مختلف تولید، فروش، بازرگانی خواهد داشت.
- برنامه ریزی تولید باعث کاهش زیان های ناشی از فروش از دست رفته می گردد.
- برنامه ریزی تولید باعث خواهد شد تا به طور متعادل تر از منابع و ظرفیت های موجود استفاده گردد.
- برنامه ریزی تولید از تصمیمات عجولانه و انجام هزینه های ناشی از کمبود وقت می کاهد و سبب کاهش فعالیت های بحرانی می شود [۱۰].

مضرات ناشی از فقدان سیستم مناسب برنامه ریزی تولید

- عدم استفاده حداکثر از امکانات و تجهیزات موجود (خصوصاً هنگامی که هزینه راه اندازی بالا باشد مانند تولید کارگاهی)
- عدم استفاده کامل از وقت کارگران
- یکنواخت نبودن حجم کار قسمت های مختلف کارخانه
- توقف خطوط تولید در صورت خراب شدن یکی از ماشین های موجود در خط
- افزایش سرمایه درگیر در تولید
- عدم پاسخگویی به مشتری
- ناشناخته بودن پرسنل فعال و غیرفعال [۳]

برنامه ریزی آرمانی

مدیران تولید در مورد آرمان های مختلف و متضاد با انتخاب سختی در زمینه اولویت دهی به آرمان ها مواجه هستند. برای حل این دسته از مسائل برنامه ریزی چندبعدی، روشی عملی و منعطف برنامه ریزی آرمانی است [۶] [۷]. چارنز^۱ و کوپر^۲ اولین کسانی بودند که در سال

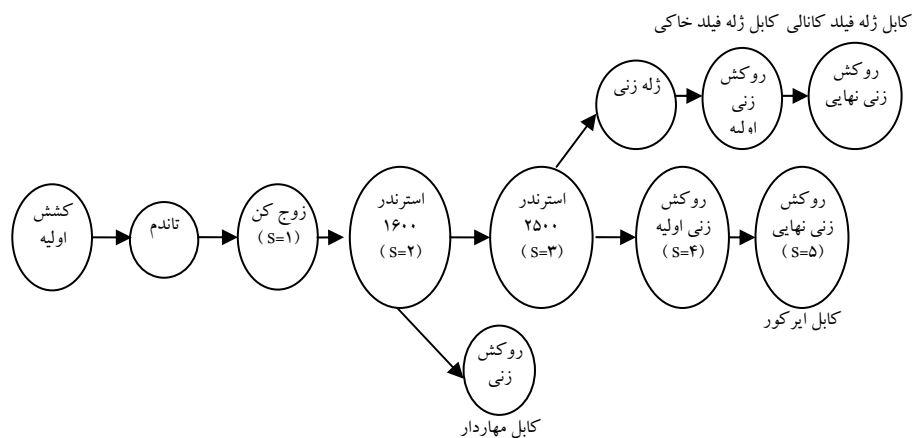
1. Charnes
2. Cooper

۱۹۶۱ با استفاده از متغیرهای انحرافی، آرمان‌ها را در قالب محدودیت‌ها تعریف کردند و نام برنامه‌ریزی آرمانی را برای مدل ایجاد شده پیشنهاد کردند [۸] [۹]. مدل پیشنهادی برای برنامه‌ریزی تولید در مقاله حاضر نیز با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی طراحی شده است.

آشنایی با خط تولید انواع کابل‌های مخابراتی مسی

در خطوط کشش اولیه، مفتول مس با درجه خلوص ۹۹/۹ به بالا و با قطر ۸ میلی‌متر، به سیم‌هایی با قطر ۳/۲ میلی‌متر و یا ۲/۳ میلی‌متر تبدیل می‌شود. با توجه به اینکه قطر سیم‌های مورد نیاز مخابرات عمدتاً زیر یک میلی‌متر می‌باشد، مفتول به دست آمده از خطوط کشش اولیه یکبار دیگر توسط دستگاه کشش میانی به قطرهای مورد نیاز تبدیل و پس از انجام عمل آنیل توسط دستگاه الکتروود روکش زده شده و عایق می‌گردند که پس از عبور از کانال آب خنک روی قرقره جمع می‌شوند. سیم‌های عایق شده در خطوط تندم بایستی با رنگ‌بندی خاص و با طول تاب مشخص زوج شوند. بدین منظور دو قرقره از سیم‌های عایق شده که پس از تست تأیید شده‌اند روی این خطوط قرار می‌گیرند و زوج می‌گردند. پس از این مرحله در دستگاه‌های استرندر ۱۶۰۰ که قادر است ۱۰۱ زوج سیم را به صورت چهار گروه ۲۵ زوجی و یک زوج اضافه به هم بتاباند تابانیده می‌شوند. برای مجزا کردن این گروه‌ها و علامت‌گذاری برای زوج‌یابی از نخ‌های پلاستیکی رنگی استفاده می‌شود و بدین ترتیب تمامی کابل‌های پرزوج در گروه‌های صدزوجی آماده می‌شوند. برای تاباندن هسته کابل‌های ۱۵۰ تا ۲۴۰۰ زوج از دستگاه‌های استرندر ۲۵۰۰ استفاده می‌شود، بدین صورت که گروه‌های تولید شده در خط تولید قبلی (استرندر ۱۶۰۰) بار دیگر در این خط به هم تابیده می‌شوند و هسته کابل‌های پرزوج را می‌سازند. اصولاً کابل‌های مخابراتی را باید از نفوذ آب حفظ کرد. در کابل‌های ایرکور این عمل توسط هوای فشرده در محل‌های نصب صورت می‌گیرد ولی در کابل‌های ژله فیلد خاکی و کانالی با تزریق ژله مایع به فضای خالی هسته کابل مانع از نفوذ آب می‌گردند. این وظیفه را خط ژله‌زنی برعهده دارد. مسلح‌سازی به صورت تیپ آرمورینگ (برای کابل‌های قشور) و با دوایر آرمورینگ (برای کابل‌های با قطر پایین) با استفاده از نوار گالوانیزه و با سیم فولادی به صورت عرضی انجام می‌گیرد. پس از آن با توجه به نوع کابل در مراحل مختلف، یک یا

دو بار آن را با پلی اتیلن روکش کرده و با توجه به لزوم استفاده از شیلد آلومینیومی در کابل‌های مخابراتی، نوار آلومینیوم به صورت طولانی روی هسته کابل قرار گرفته و سپس روکش می‌شود. پس از مرحله روکش کابل را از درون کانال آب طولی عبور می‌دهند تا امکان خنک شدن کابل را قبل از جمع شدن بر روی قرقره فراهم آورند. گفتنی است در این خط تولید، طبق مشخصات جدید شرکت مخابرات به منظور مسلح کردن کابل‌های حاکی، یک نوار استیل که کریگیت شده (دندان اره‌ای) همزمان با روکش پلی اتیلن، به صورت طولی بر روی کابل‌های حاکی کشیده می‌شود. برای تولید هر یک از کابل‌های مسی بایستی مراحل تولیدی در دستگاه‌های مختلف طی شود، بدیهی است این مراحل برای هر نوع کابل با توجه به مشخصات آن متفاوت می‌باشد. فرایند کلی تولید کابل‌های مسی در نمودار شماره (۱) مشخص شده است.



نمودار ۱. فرایند تولید کابل‌های مسی [۵]

با توجه به فرایند تولید و ساختار مدل برنامه‌ریزی آرمانی مورد استفاده، «متغیرهای تصمیم»، «پارامترهای مدل» و «محدودیت‌های» مربوطه در ادامه معرفی می‌گردند.

مشخصه‌های متغیرهای تصمیم

نگاره شماره (۱) مشخصه‌های متغیرهای تصمیم را نشان می‌دهد.

نگاره ۱. مشخصه‌های متغیرهای تصمیم

اندیس	شرح	دامنه
t	دوره ای که تولید در آن صورت می‌گیرد.	۱، ۲، ...، n
I	تعداد زوج سیمی که در فرایند استرندر ۱۶۰۰ به هم تابیده می‌شوند.	۱، ۲، ...، q
j	تعداد کابل‌هایی که در فرایند استرندر ۲۵۰۰ به هم تابیده می‌شوند.	۱، ۲، ...، J
l	نوع کابل تولیدی که در مرحله روکش زنی تفکیک می‌شود.	۱، ۲، ...، L
p	نوع فرایند روکش زنی	۱، ۲، ...، P
m	مشخصه دستگاه تولید که تعداد آن می‌تواند در هر ایستگاه متفاوت باشد.	۱، ۲، ...، M
s	مشخصه ایستگاه کاری	۱، ۲، ...، S

متغیرهای تصمیم

در نگاره شماره (۲) متغیرهای تصمیم بر اساس مشخصه‌های تعریف شده آمده است.

نگاره ۲. متغیرهای تصمیم

نام متغیر	شرح
$X_m(t)$	میزان تولید زوج سیم در دستگاه m در دوره t
$X_{im}(t)$	میزان تولید کابل استرندر شده ۱۶۰۰ حاوی زوج سیم در دستگاه m در دوره t
$X_{jm}(t)$	میزان تولید کابل استرندر شده ۲۵۰۰ حاوی زوج کابل استرندر ۱۶۰۰ در دستگاه m در دوره t
$X_{limp}(t)$	میزان تولید کابل نوع l با روکش p حاوی زوج سیم در دستگاه m در دوره t
$X_{ljmp}(t)$	میزان تولید کابل نوع l با روکش p حاوی زوج کابل استرندر ۱۶۰۰ در دستگاه m در دوره t
$Y_{sm}^+(t)$	میزان ساعات اضافه کاری دستگاه m از ایستگاه s در دوره t
$Y_{sm}^-(t)$	میزان ساعات بیکاری دستگاه m از ایستگاه s در دوره t
$I(t)$	موجودی زوج سیم در پایان دوره t
$I_i(t)$	موجودی کابل استرندر ۱۶۰۰ حاوی زوج سیم در پایان دوره t
$I_j(t)$	موجودی کابل استرندر ۲۵۰۰ حاوی زوج کابل استرندر ۱۶۰۰ در پایان دوره t
$I_{lip}(t)$	موجودی کابل نوع l با روکش p حاوی زوج سیم در پایان دوره t
$I_{ljp}(t)$	موجودی کابل نوع l با روکش p حاوی زوج کابل استرندر ۱۶۰۰ در پایان دوره t
$U_{li}^+(t)$	تعداد قرقه تولید شده از کابل نوع l حاوی زوج سیم در دوره t
$U_{lj}^+(t)$	تعداد قرقه تولید شده از کابل نوع l حاوی زوج کابل استرندر ۱۶۰۰ در دوره t
$O_{li}^+(t)$	تعداد قرقه تولید شده مازاد بر سفارش از کابل نوع l حاوی زوج سیم در دوره t
$O_{li}^-(t)$	تعداد قرقه تولید شده کمتر از سفارش از کابل نوع l حاوی زوج سیم در دوره t

ادامه نگاره ۲.

نام متغیر	شرح
$O_{lj}^+(t)$	تعداد قرقره تولید شده مازاد بر سفارش از کابل نوع ۱ حاوی ز کابل استرندر ۱۶۰۰ در دوره t
$O_{lj}^-(t)$	تعداد قرقره تولید شده کمتر از سفارش از کابل نوع ۱ حاوی ز کابل استرندر ۱۶۰۰ در دوره t
$W^+(t)$	میزان موجودی بیشتر از ظرفیت تعیین شده کابل با روکش میانی در دوره t
$W^-(t)$	میزان موجودی کمتر از ظرفیت تعیین شده کابل با روکش میانی در دوره t
$K_l(t-1)$	میزان موجودی کابل نوع ۱ از دوره t-1

پارامترهای مدل ریاضی

نگاره شماره (۳) پارامترهای مدل ریاضی را نشان می دهد.

نگاره ۳. پارامترهای مدل

پارامتر	شرح
α_m	توان سرعت تولید زوج سیم در دستگاه m
α_{im}	توان سرعت تولید کابل استرندر ۱۶۰۰ حاوی از زوج سیم در دستگاه m
α_{jm}	توان سرعت تولید کابل استرندر ۲۵۰۰ حاوی ز کابل استرندر ۱۶۰۰ در دستگاه m
α_{plim}	توان سرعت تولید کابل نوع ۱ در مرحله روکش زنی p حاوی از زوج سیم در دستگاه m
α_{pljm}	توان سرعت تولید کابل نوع ۱ در مرحله روکش زنی p حاوی ز کابل استرندر ۱۶۰۰ در دستگاه m
$H(t)$	زمان عادی در دسترس دستگاه m برای تولید در دوره t
$H'(t)$	زمان اضافه کاری در دسترس دستگاه m برای تولید در دوره t
γ_s	میزان ضایعات در ایستگاه کاری s
λ_i	ضریب کاهش طول زوج سیم که در مرحله استرندر ۱۶۰۰ به علت تابیده شدن به وجود می آید.
λ_j	ضریب کاهش طول زوج سیم که در مرحله استرندر ۲۵۰۰ به علت تابیده شدن به وجود می آید.
$U_s(t)$	ظرفیت موجودی پایان دوره محصولات تولیدی ایستگاه کاری s در دوره t
θ_l	کیلومتر کابل نوع ۱ که بر روی یک قرقره تابیده می شود.
$O_{li}(t)$	میزان سفارش تولید کابل نوع ۱ حاوی از زوج سیم در دوره t بر حسب تعداد قرقره
$O_{lj}(t)$	میزان سفارش تولید کابل نوع ۱ حاوی ز کابل استرندر ۱۶۰۰ در دوره t بر حسب تعداد قرقره

محدودیت های مدل

۴ دسته محدودیت برای مدل برنامه ریزی تولید در نظر گرفته شد. این محدودیت ها

عبارتند از:

۱. **محدودیت‌های مربوط به ظرفیت:** ظرفیت دستگاه بر اساس ساعات در دسترس در هر دوره مشخص می‌شود. در اینجا به دلیل تغییر سرعت تولید (برحسب کیلومتر بر ساعت) بر اساس دستگاه (m) توانی از سرعت (α) به مدل اضافه می‌شود. در مدل آرمانی انحراف از زمان عادی تولید با متغیرهای $Y_{sm}^+(t)$ و $Y_{sm}^-(t)$ مشخص شده است که بیانگر زمان بیکاری و اضافه کاری دستگاه‌های مختلف می‌باشد.
۲. **محدودیت‌های مربوط به بالانس:** برای ایجاد ارتباط موثر بین میزان تولید خطوط، به دسته دیگری از محدودیت‌ها به نام محدودیت‌های تعادل یا بالانس مراحل نیاز داریم. در این دسته از محدودیت‌ها میزان تولید هر محصول در هر ایستگاه با مقدار مورد نیاز از آن برای تولید محصول در مرحله بعد موازنه می‌شود. این تعادل با در نظر گرفتن موجودی‌های به جا مانده از دوره قبل یعنی $I(t-1)$ و احتساب موجودی پایان دوره یعنی $I(t)$ کامل می‌شود. از آنجایی که قسمتی از تولیدات ضایع می‌شود، مجموع تولیدات در عبارت $(1-\gamma S)$ ضرب می‌شود. از طرفی در برخی از مراحل بر اثر تابیده شدن، کابل‌ها کوتاهتر می‌شوند که این اختلاف با کمک پارامتر λ در نظر گرفته می‌شود.
۳. **محدودیت‌های مربوط به موجودی‌های پایان دوره:** محصولات تولید شده در مراحل مختلف می‌توانند برای استفاده در دوره‌های بعد ذخیره شوند، اما به علت محدود بودن فضا مقدار محصولات ذخیره شده در پایان هر دوره نباید از حد معینی تجاوز کند که البته این محدودیت با توجه به وسعت بسیار زیاد انبار شرکت در مقایسه با محصولات تولید شده برای محصولات نهایی وجود ندارد. از طرفی زوج سیم‌ها و کابل‌های استرندر شده باید در محل سالن سرپوشیده قرار بگیرند تا در معرض هوا، آفتاب، سرما و ... دچار آسیب نشوند، همین امر موجب می‌شود که محدودیت مربوط به آنها قطعی در نظر گرفته شود اما کابل‌های با روکش میانی غیرنهایی شده را می‌توان در فضای باز بیرون از سالن نیز قرار داد، به همین دلیل محدودیت مربوط به آنها آرمانی در نظر گرفته می‌شود. در مدل‌سازی آرمانی متغیرهای $W^-(t)$, $W^+(t)$ میزان موجودی بیشتر یا کمتر از ظرفیت تعیین شده را نشان می‌دهند.

۴. **محدودیت‌های مربوط به برآوردن سفارشات:** در بخش اول از این محدودیت میزان تولید کابل‌های مهاردار را با احتساب ضایعات آن (γ_s) برابر با مضربی از مترآژ استاندارد روی قرقره (θ_1) قرار می‌دهیم تا تعداد قرقره‌ها به دست آید و محدودیت آن با توجه به میزان سفارشات مطرح می‌شود.

در مدل‌سازی آرمانی متغیر $U(t)$ یعنی تعداد قرقره تولید شده را با انحرافات تولید از ماه‌های قبل و ماه حاضر برابر با تعداد قرقره سفارش داده شده قرار می‌دهیم.

مدل برنامه‌ریزی آرمانی

با مشخص نمودن متغیرها، پارامترها و محدودیت‌ها، مدل آرمانی برنامه‌ریزی تولید با در نظر گرفتن ۳ آرمان (طبق نظر مدیریت شرکت) به شرح زیر قابل طراحی می‌باشد:

۱. برآوردن سفارشات تا حد امکان
 ۲. حداقل نمودن ساعات بیکاری دستگاه‌ها
 ۳. حداقل نمودن موجودی کابل اضافه بر ظرفیت دارای روکش میانی
- d_1 و d_2 و d_3 ضرایب آرمان‌ها می‌باشند که میزان اهمیت هر آرمان را مشخص می‌کنند

:

$$\text{Min}Z = d_1 \sum_{l=3}^4 \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^n O_{lj}^-(t) + d_2 \sum_{s=1}^S \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T Y_{sm}^-(t) + d_3 \sum_{t=1}^n W^+(t)$$

s.t :

$$\alpha_m X_m(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t) = H_s(t)$$

$$\sum_{i=1}^q \alpha_{im} X_{im}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t) = H_s(t)$$

$$\sum_{j=1}^J \alpha_{jm} X_{jm}(t) + Y_{sm}^-(t) - Y_{sm}^+(t) = H_s(t)$$

$$\sum_{i=1}^q \alpha_{limp} X_{limp}(t) + \sum_{l=2}^4 \sum_{j=1}^J \alpha_{ljmp} X_{ljmp}(t) + Y_{sm}^-(t) + Y_{sm}^+(t) = H_s(t)$$

$$\sum_{l=3}^4 \sum_{i=1}^q \alpha_{limp} X_{limp}(t) + Y_{sm}^-(t) + Y_{sm}^+(t) = H_s(t)$$

$$Y_{sm}^+(t) \leq H_s'(t)$$

$$\begin{aligned}
(1 - \gamma_s) \left[\sum_{m=1}^a X_m(t) \right] + I(t-1) - I(t) &= \sum_{i=1}^q \lambda_i \sum_{m=1}^b X_{im}(t) \\
(1 - \gamma_s) \left[\sum_{m=1}^b X_{im}(t) \right] + I_i(t-1) - I(t) &= \sum_{j=1}^J \lambda_j \sum_{m=1}^c X_{jm} + \sum_{i=1}^q \sum_{m=1}^d X_{plim}(t) \\
(1 - \gamma_s) \left[\sum_{m=1}^c X_{jm}(t) \right] + I_j(t-1) - I_j(t) &= \sum_{l=2}^4 \sum_{m=1}^d X_{ljmp}(t) \\
(1 - \gamma_s) \left[\sum_{m=1}^d X_{ljm}(t) \right] + I_{lj}(t-1) + I_{lj}(t) &= \sum_{l=3}^4 \sum_{m=d+1}^e X_{2ljm}(t) \\
I(t) &\leq U_s(t) \\
I_i(t) &\leq U_s(t) \\
I_j(t) &\leq U_s(t) \\
\sum_{l=3}^4 I_{plj}(t) + W^-(t) - W^+(t) &= U_s(t) \\
(1 - \gamma_s) \left[\sum_{m=1}^d X_{plim}(t) \right] &= \theta_l U_{li}(t) \\
U_{li}(t) - O_{li}^+(t) + O_{li}^-(t) &= O_{li}(t) - K_l(t-1) \\
(1 - \gamma_s) \left[\sum_{m=1}^d X_{pljm}(t) \right] &= \theta_l U_{lj}(t) \\
U_{lj}(t) - O_{lj}^+(t) + O_{lj}^-(t) &= O_{lj}(t) - K_l(t-1) \\
(1 - \gamma_s) \left[\sum_{j=1}^J X_{pljm}(t) \right] &= \theta_l U_{lj}(t) \\
U_{lj}(t) - O_{lj}^+(t) + O_{lj}^-(t) &= O_{lj}(t) - K_l(t-1) \\
U_{li}(t), U_{lj}(t), O_{lj}^+(t), O_{lj}^-(t), O_{li}^+(t), O_{li}^-(t) &\in z \\
\text{All variables} &\geq 0
\end{aligned}$$

نتایج حاصل از حل این مدل با استفاده از نرم افزار Lindo به شرح نگاره شماره (۴)

است:

نگاره ۴. خروجی‌های مدل آرمانی

مقدار	متغیر	مفهوم متغیر
۴۷۹	DNCFC	میزان تولید کمتر از سفارش کابل ایرکور
۲۳۱۵۹۹	DNY4U	میزان بیکاری در مرحله روکش زنی اولیه کابل ایرکور
۲۶۳۲۰۹	DNY43	میزان بیکاری در مرحله روکش زنی اولیه کابل خاکی نوع ۳
۱۲۳۶۶	DNY5U	میزان بیکاری در مرحله روکش زنی نهایی کابل ایرکور
۱۶۵۶۵	XSG	میزان تولید کابل مهاردار نوع G در مرحله زوجکن
۵۰۲۱	XBO	میزان تولید کابل خاکی نوع O در مرحله زوجکن
۵۷	XUE	میزان تولید کابل ایرکور نوع E در مرحله زوجکن
۲۴۳۲۰	XFA	میزان تولید کابل کانالی نوع A در مرحله زوجکن
۳۶۴	DPY1	میزان اضافه کاری در مرحله زوجکن
۴۸	XUA1	میزان تولید کابل ایرکور نوع A در مرحله استرندر ۱۶۰۰
۴۴۹۶	XFD1	میزان تولید کابل کانالی نوع D در مرحله استرندر ۱۶۰۰
۱۲۰۳۹	XUE1	میزان تولید کابل ایرکور نوع E در مرحله استرندر ۱۶۰۰
۱۶۰۷۴	XSC1	میزان تولید کابل مهاردار نوع C در مرحله استرندر ۱۶۰۰
۱۲	XB11	میزان تولید کابل خاکی نوع I در مرحله استرندر ۱۶۰۰
۱۵۷۷۴	XFA2	میزان تولید کابل کانالی نوع A در مرحله استرندر ۲۵۰۰
۴۷۶۸	XB12	میزان تولید کابل خاکی نوع I در مرحله استرندر ۲۵۰۰
۷۰۷۵۱	XUD2	میزان تولید کابل ایرکور نوع D در مرحله استرندر ۲۵۰۰
۵۱۵۳	DPY3	میزان اضافه کاری در مرحله استرندر ۲۵۰۰
۹۳۶۴	XBB12	میزان تولید کابل خاکی نوع B در مرحله روکش زنی اولیه نوع ۲
۴۸۴۸	XB115	میزان تولید کابل خاکی نوع I در مرحله روکش زنی اولیه نوع ۵
۴۷۸۴	XUA16	میزان تولید کابل ایرکور نوع A در مرحله روکش زنی اولیه نوع ۶
۶۴۱۱	XUB2U	میزان تولید کابل ایرکور نوع B در مرحله روکش زنی نهایی
۶۴۱۱	XBB23	میزان تولید کابل خاکی نوع B در مرحله روکش زنی نهایی نوع ۳
۳۲۰۵	XBB27	میزان تولید کابل خاکی نوع B در مرحله روکش زنی نهایی نوع ۷
۱۲۰۷۵	XBB26	میزان تولید کابل خاکی نوع B در مرحله روکش زنی نهایی نوع ۶
۱۵۳۵	XSA4	میزان تولید کابل مهاردار نوع A در مرحله روکش زنی
۹۴۵	XBE15	میزان تولید کابل خاکی نوع E در مرحله روکش زنی اولیه نوع ۵
۸۵۰	DNP1B	میزان موجودی کابل خاکی با روکش اولیه
۱۰۹۷۹	DNP1U	میزان موجودی کابل ایرکور با روکش اولیه
۱۰۰۱۴	SSC	میزان تولید کابل مهاردار
۵۱	DPSSC	میزان تولید بیش از سفارش کابل مهاردار
۱۴۰۳۹	CFC	میزان تولید کابل کانالی
۷۴۸۹	BFC	میزان تولید کابل خاکی
۴۱۹۰	DPBFC	میزان تولید بیش از سفارش کابل خاکی
۷۳۵	CUC	میزان تولید کابل ایرکور
	DPCUC	میزان تولید بیش از سفارش کابل ایرکور

نتیجه گیری

نتایج حاصل از به کارگیری مدل پیشنهادی کاهش ۱۲ درصدی هزینه‌ها را موجب می‌گردد. از دیگر سودمندی‌های استفاده از این مدل آزاد شدن وقت بسیار زیادی از مدیران می‌باشد. برنامه‌ریزی به صورت سنتی و ذهنی چندین روز از وقت مدیران ارشد شرکت را به خود اختصاص می‌دهد. حال آنکه این زمان باید صرف رفع و رجوع امور سطح بالا و کلان شرکت شود. با استفاده از مدل برنامه‌ریزی طراحی شده مقدار زیادی از این زمان به چرخه کار مفید سازمان باز می‌گردد. مدل فعلی علاوه بر بالابردن ظرفیت تولید کارخانه، با در دسترس قرار دادن ساعات بیکاری دستگاه‌ها، امکان برنامه‌ریزی برای تعمیرات و تعدیل سرعت برای بهره برداری بهینه از دستگاه‌ها را امکان پذیر می‌سازد، این امر خود اثر بسیار زیادی بر کیفیت بهتر و عدم توقف دستگاه‌ها بر اثر خرابی محصولات دارد. علاوه بر این اعلام زمان‌های لازم برای اضافه کاری از طرف مدل، مشکلات هماهنگی و همکاری موجود برای ایام تعطیل کاری را کاهش می‌دهد. مزیت‌های بر شمرده شده مجموعاً برتری مدل برنامه‌ریزی طراحی شده را نسبت به روش ذهنی به اثبات می‌رساند و راه را برای استفاده موثر از آن هموار می‌سازد.

منابع

۱. درویتیسیوتیس، کستاس. (۱۳۷۰). مدیریت عملیات (طراحی سیستم تولید). ترجمه احمد جعفرنژاد. تهران، نشر غیاث.
۲. زارع احمدآبادی، حبیب (۱۳۸۲). طراحی مدل ریاضی برنامه ریزی در کارخانه فرآورده های نسوز پارس (پایان نامه کارشناسی ارشد). دانشگاه تربیت مدرس.
۳. زنجیرچی گازرگاه، محمود (۱۳۸۲). طراحی مدل ریاضی برنامه ریزی تولید در صنعت سیم و کابل (پایان نامه کارشناسی ارشد). دانشگاه تربیت مدرس.
۴. کاظمی، عباس و کسایی، مسعود (۱۳۸۰). مدیریت تولید و عملیات. تهران، چاپ سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت).
۵. مرکز آموزش و پژوهش، واحد مهندسی تولید شرکت کابل های مخابراتی شهید قندی یزد. (۱۳۷۴). آشنایی با تولید کابل های مخابراتی مسی.
6. Aouni, B. and Kettani, O. (2001), "Goal Programming Model: A Glerions History and A Promising Future", European Journal of Operational Research, Vol. 12. No 2, pp 70-81.
7. Charnes, A.; Cooper, W, and Injiri, Y. (1993), "Breach Budgeting and Programming to Goals", Journal of Accounting Research. Vol 9, No 2, pp 111-120.
8. Charnes, A, and Cooper, W. W, (1961). "Goal Programming and Multiple Objective Optimization", European Journal of Operational Research. Vol 3, No 1, pp 22-50.
9. Johnson.L.A. and Douglas.C. (1974), "Operation Research In Production Planning, Scheduling & Inventory Control", John Wiley & Sons Inc.
10. Korajewski, L. J, and Ritzman, L.P, (2001), "Operations Management", Prentice Hall, Sixth Edition, New Jersey
11. Tamiz, M. and Romer, C. (1998). "Goal Programming for Decision Making", Interfaces. Vol. 12, pp. 42-52.