

# طراحی سیستم برنامه ریزی تولید به کمک هوش مصنوعی و مدل های ریاضی

حمیدرضا فیلی  
دکتر

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس

محمد مدرس یزدی  
استاد

دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف

## چکیده

هدف این تحقیق هوشمند کردن سیستم برنامه ریزی تولید است تا مدیران را قادر سازد بدون وابستگی به کارشناسان مدل سازی، تصمیم گیری های برنامه ریزی تولید را در چارچوب تحقیق در عملیات، مدل های ریاضی و روش های علمی انجام دهند. به عبارت دیگر، هدف، طراحی سیستمی است که به کاربر کمک نماید تا از میان مجموعه بسیار وسیع اطلاعات موجود در سیستم، تنها آن دسته از اطلاعاتی که مورد نیاز است را انتخاب کند و سایر اطلاعات و قواعد نامربوط و غیرضروری را کنار گذارد. بدین صورت که سیستم به طور خودکار اطلاعات مناسب را انتخاب و پردازش نموده، مدل را طراحی کرده و در نهایت آن را بسازد. به طوری که ورودی برای نرم افزارهای تجاری آماده گردد.

## *Designing for Production Planning System by Using Artificial Intelligence and Mathematical Modelling*

M. Modarres Yazdi  
Professor

Industrial Engineering Department ,  
Sharif University of Technology

H. R. Faili  
Ph. D.

Industrial Engineering Department ,  
Tarbiat Modarres University

### Abstract

*The Purpose of this research is to make production planning system intelligent in order to enable managers to make production planning decision in the framework of operation research, and scientific methods. This intelligent system can be substituted for human experts in the process of modelling. In the other word, the main purpose is to design a system and help users to select appropriate information from huge available information and delete those are not needed. In this way, it is possible to build the model automatically and provide input for commercial optimization softwares.*

### Keywords

*Production Planning, Mathematical Modelling, Operation Research, Artificial Intelligence.*

برنامه ریزی تولید، مدل سازی ریاضی، تحقیق در عملیات، هوش مصنوعی.

### مقدمه

برای استفاده از روش های ریاضی تحقیق در عملیات در برنامه ریزی تولید، اولین گام ساختن مدل ریاضی است تا بتوان واقعیات موجود در سیستم را به صورت تجریدی بیان نماید و تصمیم گیری در قالب چنین مدلی انجام شود. لیکن ساختن چنین مدلی نیاز به تخصص و تجربه کارشناسان مجرب تحقیق در عملیات دارد و مدیران تولید به تنهایی از عهده این کار بر نمی آیند. از طرفی دیگر، متخصصین تحقیق در عملیات و مدل سازی نیز نمی توانند بدون همکاری نزدیک با مدیران، در این کار موفق شوند. این امر باعث می شود که مدیران و تصمیم گیران اغلب تمایلی به استفاده از مدل های تحقیق در عملیات نداشته باشند.

به منظور گسترش استفاده از روش های تحقیق در عملیات در برنامه ریزی تولید، لازم است که ساخت مدل ریاضی به نحوی آسانتر شود. به عبارت دیگر، با طرح نرم افزاری، مدیر تولید بتواند به طور مستقیم اطلاعات را به مدل تبدیل نماید، آنگاه با استفاده از نرم افزارهای تجاری حل مدل ها، جواب بهینه (یا نزدیک به بهینه) را به دست آورد. چنانچه این تسهیلات آماده شود، مدیران به سهولت می توانند برنامه ریزی تولید را با استفاده از روش های علمی انجام دهند.

در این راستا، هدف این تحقیق هوشمند کردن سیستم برنامه ریزی تولید است تا مدیران را قادر سازد بدون وابستگی به کارشناسان مدل سازی، تصمیم گیری های برنامه ریزی تولید خود را در چارچوب تحقیق در عملیات، مدل های ریاضی و روش های علمی انجام دهند. به عبارت دیگر، هدف، طراحی سیستمی است که به کاربر کمک نماید تا از میان مجموعه بسیار وسیع اطلاعات موجود در سیستم، تنها آن دسته از اطلاعات را که مورد نیاز است انتخاب کند و سایر اطلاعات و قواعد نامربوط و غیرضروری را کنار گذارد. بدین صورت که سیستم به طور خودکار اطلاعات مناسب را انتخاب، و پردازش نموده، مدل را طراحی کرده و در نهایت آن را بسازد. به طوری که ورودی برای نرم افزارهای تجاری آماده گردد.

در بسیاری از مقالات بر این نکته تأکید دارند که مدل های تصمیم گیری کمی، تنها به عنوان یک بخش

فرعی کوچک از فرآیند تصمیم گیری شناخته می شوند که باعث حداقل کردن انحراف در تصمیم گیری می شوند. همچنین بیان می دارند که حتی اگر مدل های کمی را بتوان استفاده نمود، تصمیم گیران به سختی می توانند آن را درک کنند. بلکه باید توجه داشت که برای پشتیبانی فرآیند تصمیم گیری احتیاج به دانش و هیوریستیک است و به تنهایی مدل های ریاضی کارساز نیستند [۵-۱]. سیلورمن، ضمن انجام مطالعه و بررسی مجددی که در ادبیات این موضوع انجام داده است، نتیجه فوق را دوباره بیان کرده است [۶].

در دامنه استفاده از علوم تصمیم گیری و مدل سازی در حوزه برنامه ریزی تولید، نیاز به کارهای گسترده ای احساس می شود که بسته به علایق محققین، در شاخه های مختلفی از حوزه برنامه ریزی تولید قرار گرفته اند. کوزیاک بخشی از کارهای انجام شده در زمینه مفاهیم ساخت و تولید را با توجه به روش های هوش مصنوعی ارائه کرده است [۷]. با توجه به مروری که در ادبیات مسأله انجام گردید به کاری که مشخصاً در زمینه شناخت و تعریف مسأله برنامه ریزی تولید در دامنه تصمیم گیری میان مدت باشد مواجه نشدیم. کارها بیشتر بر روی مسأله تحقیق در عملیات، و یا بر روی آموزش دانشجویان برای مدل سازی متمرکز شده اند که کاربرد مورد نظر آنها از توان به نسبت بالایی برای درک مسأله برخوردار هستند [۱۶-۸].

با توجه به مقالات فوق ملاحظه می گردد که این سیستم ها برای مدل سازی ریاضی نوشته شده اند. به عبارتی روشن تر، تمرکز آنها بر مفاهیم مطرح در برنامه ریزی ریاضی و معمولاً به طور خاص بر روی برنامه ریزی خطی است. گرچه مدل سازی ریاضی و برنامه ریزی خطی به کار ما نزدیک است، ولی کار تحقیقی ما بر روی حوزه و مفاهیم موجود در مسأله برنامه ریزی تولید متمرکز شده است که تفاوت قابل ملاحظه ای بین این دو زمینه وجود دارد.

پیشرفت های اخیر در زمینه های سخت افزاری و الگوریتمی، بهبودهای بزرگی را در مدت زمان مورد نیاز کامپیوتر برای حل مدل های بزرگ برنامه ریزی خطی بوجود آورده است. در نتیجه بخش کوچکی از هزینه ساخت و اجرای مدل ها، صرف مرحله حل کردن مدل می شود و بخش بزرگی از هزینه آن بر روی مرحله ساختن و تفسیر مدل صرف می شود. بنابر این نیاز به

توسعه روش های مدیریت مدل های پیچیده تر وجود دارد که به فرموله کردن، مستندسازی، مدیریت و تفسیر مدل های LP کمک می کند.

قابل ذکر است که می توان به کارهای انجام شده توسط سکسر و همکارانش اشاره کرد [۱۷ و ۱۸] که تا حدودی به کار تحقیقی ما در زمینه شناخت فرآیند مدل سازی نزدیک است. این کارها بر روی مبحث اکتساب دانش از طریق مصاحبه با خبرگان مدل سازی برنامه ریزی خطی متمرکز شده است، که در نهایت به این نتیجه که مدل سازان به طبقه بندی مدل ها می پردازند، می رسند. ولی روش شناسی مشخصی را برای تشخیص اینکه چگونه خبرگان این کار را انجام می دهند، ارائه نمی کنند.

در کل کار تحقیقی، چارچوب مشخصی جهت تشخیص مسأله در دامنه تصمیم گیری میان مدت ارائه می شود، به صورتی که کاربر، غیر متخصص در نظر گرفته می شود و سعی می گردد، به کاربر جهت تشخیص و تکمیل تعریف مسأله، تشخیص ویژگی های مدل مورد نیاز، کمک شود. سپس توصیه هایی به وی جهت شناخت شقوق مختلف دیگر تعریف مسأله، ارائه می گردد. قابل ذکر است که این بخش از کار تحقیقی به طور تفصیلی در مقاله ای تحت عنوان «فرآیند شناخت برای مدل سازی ریاضی برنامه ریزی تولید» بیان شده است. باتوجه به نتایج مرحله فوق، سعی می گردد در مراحل دیگری همچون تهیه اطلاعات، پارامترها و ساخت مدل مناسب منطبق با شرایط محیطی، سیستم را هوشمند نمود، که معمولاً شامل مراحل بسیار مشکل، زمان بر، پرهزینه و شدیداً وابسته به مهارت ها و دانش کارشناسان و متخصصین مربوطه است.

چارچوب روش پیشنهادی در بخش ۱ این مقاله، و فرآیند شناخت مدل سازی برنامه ریزی تولید در بخش ۲ بیان می گردند. در بخش ۳ به بررسی دقیقتر سیستم مدل سازی برنامه ریزی تولید پرداخته می شود و اجزاء و عناصر عمده این سیستم تشریح می شود و سپس به ارائه ساختار سیستم ایجاد مدل می پردازیم، آنگاه در بخش ۴ به نتیجه گیری و جمع بندی مطالب بیان شده در کار تحقیقی می پردازیم.

## ۱ - چارچوب روش پیشنهادی

سیستم مورد نظر می بایست اطلاعات پراکنده، دیدگاه ها و هدف های مدیران، امکانات تولید و سایر

منابع اطلاعاتی را به مدل ریاضی، تبدیل کند. باتوجه به ماهیت قدم های لازم جهت تحقق چنین هدفی، می توان کار ساختن مدل را به دو مرحله اصلی تفکیک کرد.

الف - تعریف مسأله یا فرآیند شناخت مدل برنامه ریزی تولید.

ب - طراحی سیستم مدل سازی برنامه ریزی تولید در مرحله اول، با استفاده از دیدگاه ها و سیاست های مدیریت و ماهیت نوع تولید، چارچوب مدل برنامه ریزی تولید تعیین می گردد. باتوجه به این که روش های تولید نیز برحسب ماهیت تولید متفاوت هستند، مدل های متعددی برای برنامه ریزی تولید بوجود آمده است که می توان برای هر کدام معیارها و هدف های گوناگونی را منظور نمود. به بیان دیگر، در مرحله اول، سیستم، ساختار مدل و اجزاء آن را تعیین می کند.

در مرحله دوم، جزئیات مدل مشخص می گردد و داده های مورد نیاز، آماده اجرای فرآیند حل مدل می شوند. به عبارت دیگر، مرحله اول متناظر با تعریف مسأله با استفاده از شناخت دنیای واقعی، و مرحله دوم متناظر با تهیه اطلاعات و ساختن مدل است. البته حل مدل و تحلیل نتایج آن نیز جزئی از فرآیند برنامه ریزی تولید است که پس از تکمیل این سیستم و با استفاده از نرم افزارهای تجاری انجام می شود.

برای ارائه مناسب تر مطالب فوق می توان به شکل ۱ مراجعه نمود.

## ۲ - فرآیند شناخت مدل سازی برنامه ریزی تولید

به منظور شناخت مدل، می بایست سیستم در ابتدای امر ساختار کلی حاکم بر مسأله را شناسایی کند. بدین جهت توسط بخش رابط کاربر سیستم، به کمک مکالمه ای که بین سیستم و کاربر انجام می شود، سیستم مفروضات مسأله را براساس اطلاعاتی که کاربر به آن داده است بنا می کند. پس از تشخیص مفروضات، سیستم اقدام به تعیین معیارهای عملکرد می نماید. بدین صورت که باتوجه به ساختار و منطقی که بر مفروضات مسأله حاکم است، تعدادی معیار عملکرد را به کاربر پیشنهاد می دهد و کاربر یکی از معیارهای عملکرد را انتخاب می کند، سپس سیستم به ارائه اهداف (و خواسته های اصلی) مسأله به کاربر می نماید تا کاربر به درک و شناخت صحیحی نسبت به ساختار مسأله برسد و نتایج مترتب بر حل مدل مربوطه را به صورت مناسبی

درک نماید.

در گام بعدی سیستم با در نظر گرفتن منطق حاکم بر ساختار مسأله (یعنی مفروضات، معیارهای عملکرد، و اهداف مسأله) و باتوجه به مدل های ریاضی تحقیق در عملیات مربوط به برنامه ریزی تولید، که در پایگاه مدل قرار دارند، مدل مناسبی را انتخاب می کند. البته بدیهی است که نمی توان ادعا کرد که همه مسایل برنامه ریزی تولید را می توان در چارچوب مدل ها جای داد، اما برای بسیاری از مسایل واقعی، چنین چارچوبی مناسب است. مدل هایی که فعلاً در سیستم قرار دارند، مدل هایی هستند که طبق نظر جانسون، کاربردی ترین مدل ها هستند و طبق بررسی که انجام گردید تعداد زیادی از تحقیقات و پایان نامه های مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی مربوط به برنامه ریزی تولید، در رابطه با این مدل ها می باشد، بدیهی است که در توسعه این سیستم، می توان مدل های دیگری را نیز منظور نمود.

### ۳-۱- ساختار مدل ریاضی

در صورتی که هدف، ساخت خودکار عبارات جبری کامل یک مدل ریاضی باشد، می توان به طور ساده ای یک مدل برنامه ریزی ریاضی را به صورت زیر نشان داد.

$$\text{Max } \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

s. t.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad \text{و} \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \quad \text{و} \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

### پاره ای از تعاریف

برای بیان نحوه عملکرد یک مدل ریاضی، تعاریفی به صورت زیر در نظر می گیریم.

تعریف	نماد	تعریف	نماد
سمت راست	$b_i$	متغیر تصمیم گیری	$x_j$
سمت چپ	$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j$	پارامتر	$c_j, a_{ij}$
حالت	Min, Max	عبارت	$C_j X_j, a_{ij} x_j$
اندیس	$i, j$	نوع رابطه	$\leq, =, \geq$

### ۳-۲- بررسی سیستم مدل سازی برنامه ریزی تولید

پس از تکمیل فرآیند شناخت مسأله تصمیم گیری تولید، کاربر به شناخت مناسبی از مسأله دست یافته است. به عبارتی روشنتر، وی به درک و تشخیص ساختار مسأله که شامل مفروضات اصلی، معیارهای تصمیم گیری، اهداف و خواسته های مسأله برنامه ریزی تولید می باشد، رسیده است.

در گام بعدی، سیستم باید به صورت هوشمند قادر به ساخت مدل مورد نظر باشد. بدین صورت که توانایی کسب پارامترها و سایر اجزاء سیستم را دارا باشد تا بعد از تلفیق نمادهای عددی و نمادین، مدل مناسب منطبق با شرایط محیطی را ایجاد کند.

برای درک مناسب تری از سیستم مدل سازی برنامه ریزی تولید، می توان به شکل ۲ مراجعه نمود. همانطور که ملاحظه می گردد این یک چارچوب کلی است و فقط به طور نمونه، به ارائه تعدادی از ورودی ها، محدودیت ها، تصمیمات، خروجی ها، و معیار عملکرد یک سیستم تصمیم گیری تولید می پردازد.

قبل از پرداختن به بررسی سیستم مدل سازی برنامه ریزی تولید به صورت خیلی مختصر مروری بر ساختار مدل ریاضی و پاره ای از تعاریف می نمایم، تا مراحل و نحوه ساخت یک مدل ریاضی را بتوان بررسی و مطالعه نمود.

### ۳-۲- نحوه ساخت یک مدل ریاضی

باتوجه به ساختار یک مدل ریاضی و تعاریف بیان شده، می توان نحوه ساخت یک مدل ریاضی را به صورت زیر به اختصار بیان کرد:

- تعریف متغیرهای تصمیم گیری
- تعریف پارامترها
- تشخیص انواع محدودیت های مورد نیاز
- ساخت تمام محدودیت های مورد نیاز
- ترکیب پارامترها و متغیرهای تصمیم گیری و ساخت عبارت
- ترکیب عبارات و ساخت سمت چپ
- تعریف و محاسبه سمت راست
- تشخیص نوع رابطه محدودیت
- ترکیب سمت راست، سمت چپ، نوع رابطه، و در نتیجه ساخت یک محدودیت

- تعریف تابع هدف

- ترکیب پارامترها و متغیرهای تصمیم‌گیری و ساخت عبارت

- ترکیب عبارات و ساخت تابع هدف

- تعریف حالت تابع هدف

- ساخت ترکیب نهایی تابع هدف

- ترکیب تمام محدودیت‌ها، تابع هدف، و ساخت مدل نهایی

باتوجه به مطالب فوق، می‌بایست سیستم را به صورتی طراحی نمود که توان ایجاد موارد فوق را دارا باشد. که در ادامه به بیان و تشریح اجزاء عمده سیستمی که قادر به ایجاد مدل باشد می‌پردازیم.

### ۳-۳- شناسایی نیازمندی‌های مدل

باتوجه به مفاهیم و توضیحات گذشته، در این مرحله، نیازمندی‌های اطلاعاتی سیستم را بررسی می‌نماییم. در واقع بسته به نوع و ساختار مدل، احتیاج به اطلاعات مختلفی وجود دارد که می‌توان این اطلاعات را به صورت زیر دسته‌بندی کلی نمود، تا براساس آن اجزاء سیستم را شناسایی کرد. این اطلاعات عبارتند از:

الف - اطلاعات مربوط به محصول (مانند: نام محصول، هزینه تولید، درآمد ناشی از تولید یا قیمت فروش، منابع مورد نیاز، میزان استفاده از هر منبع، توالی عملیات ساخت و غیره)

ب - اطلاعات مربوط به منابع (مانند: انواع منبع، نام منبع، مقدار منابع موجود، هزینه استفاده از واحد منبع، واحد شمارش و غیره)

ج - اطلاعات مربوط به تقاضا (مانند: مقدار قطعی تقاضا، حد پایین تقاضا، حد بالای تقاضا و غیره) با نگاهی دقیق‌تر، در می‌یابیم که منابع از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شوند، یکی ایستگاه‌ها و دیگری مواد اولیه.

باتوجه به نیازهای اطلاعاتی فوق، برای ایجاد مدل مناسب، می‌بایست توسط بخش دیگری از سیستم، اطلاعات متناسب با مدل شناسایی شده، و سپس از کاربر کسب گردد. این موارد در پایگاه اطلاعات قرار می‌گیرند. اطلاعات فوق در قالب جدول‌های مختلفی ذخیره می‌گردند.

### ۳-۴- پایگاه اطلاعات

پایگاه اطلاعات از دو بخش عمده تشکیل شده است:

الف - پایگاه اطلاعاتی جدول‌ها

ب - پایگاه اطلاعاتی ضرایب

در ذیل به تشریح اجمالی موارد فوق می‌پردازیم.

### ۳-۴-۱- پایگاه اطلاعاتی جدول‌ها

اطلاعات اولیه مورد نیاز سیستم، که در فوق به آنها اشاره گردید در این پایگاه اطلاعاتی قرار می‌گیرند. در طراحی پایگاه اطلاعات جدول‌ها، اجزاء و پایه‌های درگیر در سیستم به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱ - جدول‌های محصول

۲ - جدول‌های منابع

۳ - جدول‌های تقاضا

جداول فوق شامل فیلدهای اطلاعاتی در مورد مشخصات محصول، منابع و تقاضا هستند. در طراحی این جدول‌ها سعی شده است همه مشخصات مورد نیاز در نظر گرفته شوند. نمونه‌ای از این جدول در شکل ۳ ارائه شده است.

### ۳-۴-۲- پایگاه اطلاعاتی ضرایب

قبل از آنکه بتوان مدل ریاضی مناسب را ایجاد نمود، باید مقادیر پارامترهای مختلف مدل تهیه شود. بدین منظور پس از تشخیص نوع مدل مورد نظر که با توجه به شرایط محیطی سیستم واقعی انجام می‌شود، به دسته‌بندی و تهیه اطلاعات از پایگاه اطلاعاتی جدول‌ها می‌پردازیم. تا نیازمندی‌های مختلف مدل مورد نظر تهیه شود. به بیان روشن‌تر، سیستم باتوجه به قسمت‌های اصلی مدل، یعنی تابع هدف، محدودیت‌ها و مقادیر سمت راست‌ها، اطلاعات مورد نیاز آن را تهیه می‌کند. شکل ۴ یکی از جدول‌های مربوط به محدودیت‌های مواد اولیه را نشان می‌دهد. مقادیر پارامترهای مدل در پایگاه اطلاعاتی ضرایب قرار می‌گیرند.

در مرحله بعدی باتوجه به نوع مدل و نیازمندی‌های مختلف تهیه شده برای مدل، که در بالا به آن اشاره شد، سیستم به ایجاد مدل (یعنی تابع هدف و محدودیت‌های مناسب) می‌پردازد. شکل ۵، نحوه ایجاد محدودیت‌های مربوط به مواد اولیه را نشان می‌دهد. مشابه مراحل مذکور، تمام محدودیت‌ها و تابع هدف تهیه می‌شوند. پس از تکمیل محدودیت‌ها و تابع هدف، مدل نهایی ایجاد می‌گردد. بعد از این مرحله می‌توان مدل را به بخش حل‌کننده برای حل مدل انتقال داد.

### ۳-۵. ساختار مفهومی سیستم ایجاد مدل

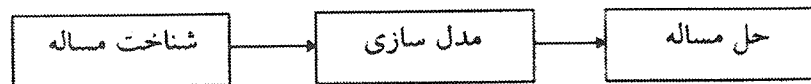
مطالب بیان شده در فوق به صورت تصویری در شکل ۶ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد در شکل اجزاء عمده سیستم، و نحوه ارتباط آنها نشان داده شده است.

### ۴- نتیجه گیری

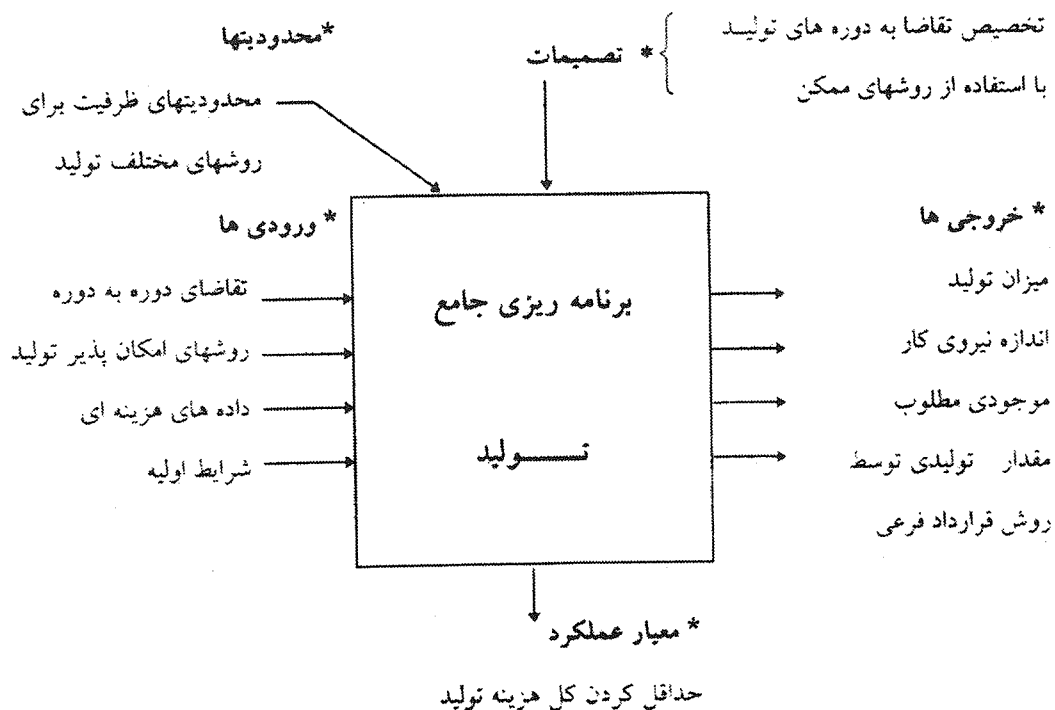
در این مقاله که خود بخشی از یک تحقیق است باتوجه به مسائلی از قبیل رقابت مبتنی بر زمان، مدیریت دانش، پیچیدگی و تنوع عوامل مختلف متأثر بر برنامه ریزی تولید و عدم دسترسی به خبرگان دانش، نگرش جدیدی به مسأله برنامه ریزی تولید ارائه گردید تا روش های کلاسیک موجود، و روش های ریاضی تحقیق در عملیات، قابلیت جوابگویی مناسب به شرایط حاکم بر صنعت را دارا شوند. بنابراین در ابتدا مراحل شناخت دنیای واقعی و

تعریف مسأله متناظر با آن هوشمند گردید. بدین صورت که در دامنه وسیعی از اطلاعات موجود در سیستم، چارچوب مناسبی برای تهیه اطلاعات مورد نیاز و حذف اطلاعات و قواعد غیر ضروری در سیستم هوشمند برنامه ریزی تولید، یا به برنامه ریز (در صورتی که وی خواهد بدون سیستمی مکانیزه، خود، کار، مدل سازی را انجام دهد)، ارائه می‌دهد.

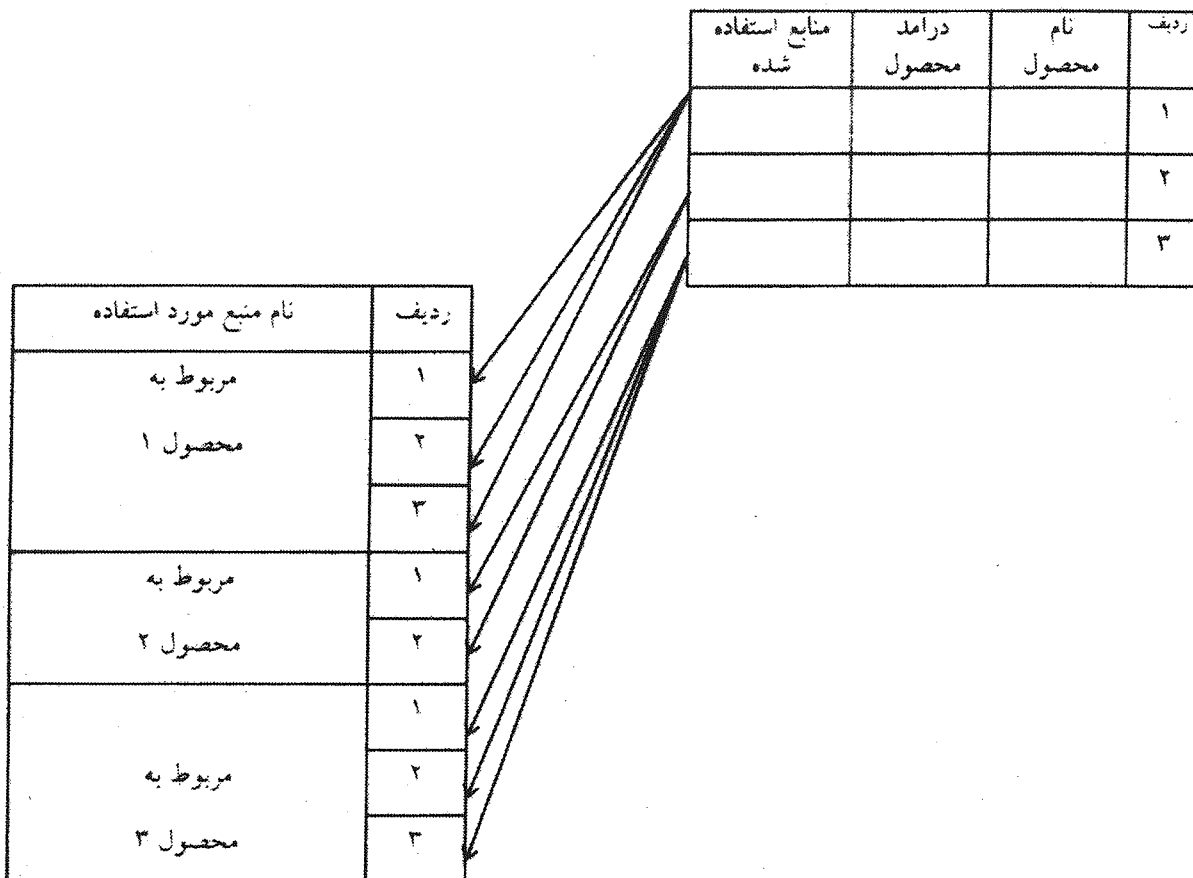
سپس به کمک اطلاعات، ساختار کلی مسأله و مدل مورد نظر را با توجه به شرایط محیطی بیان می‌نماید. یعنی به کاربر جهت تشخیص اهداف، معیارهای تصمیم‌گیری، و مفروضات مربوطه کمک می‌نماید. سپس سیستم شروع به ساختن مدل مورد نظر نموده، اجزاء و سایر پارامترهای مدل را از میان اطلاعات موجود، اقتباس می‌کند. و با تلفیق نمادهای عددی و نمادین مدل مورد نظر را بوجود می‌آورد.



شکل (۱) فرآیند کلی حل مسائل در دنیای واقعی.



شکل (۲) سیستم برنامه ریزی جامع تولید.



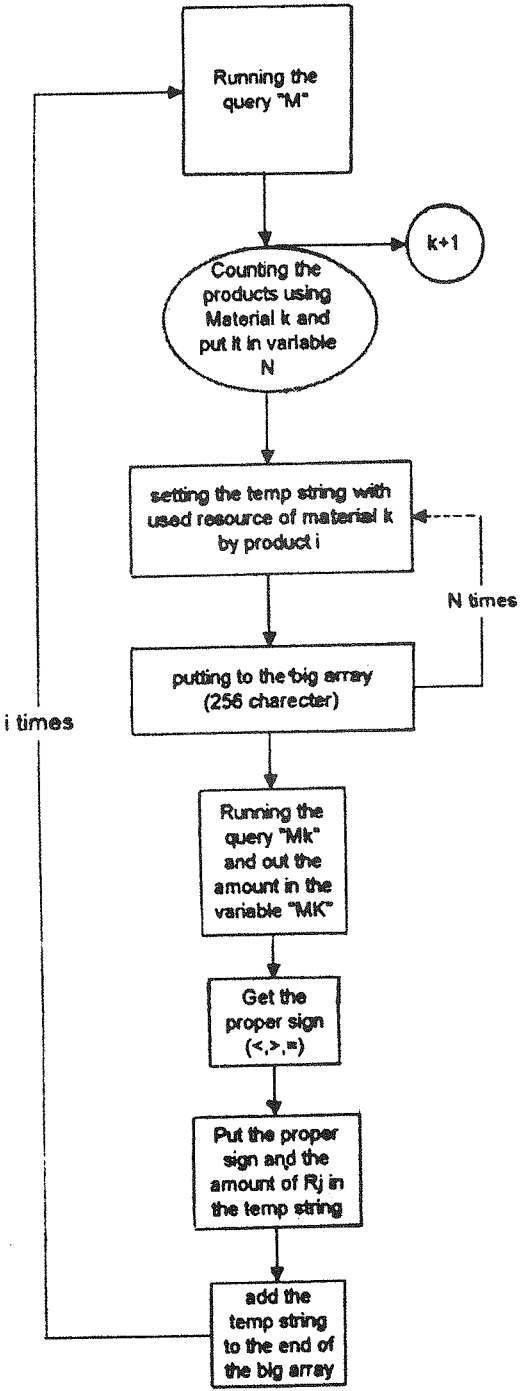
شکل (۳) بخشی از جدول های اطلاعات محصول.

نام فیلد	نوع فیلد	جدول مأخذ	ملاحظات
شمارنده	Auto Number		
شماره مواد اولیه	Number	Resource	
شماره محصولات	Number	Resource	که از این مواد استفاده می کنند
تعداد مورد نیاز	Currency	Resource	هر محصول از این ماده
مقدار در دسترس	Currency	Resource	از این ماده (برای سمت راست)

شکل (۴) جدول محدودیت های مواد اولیه.

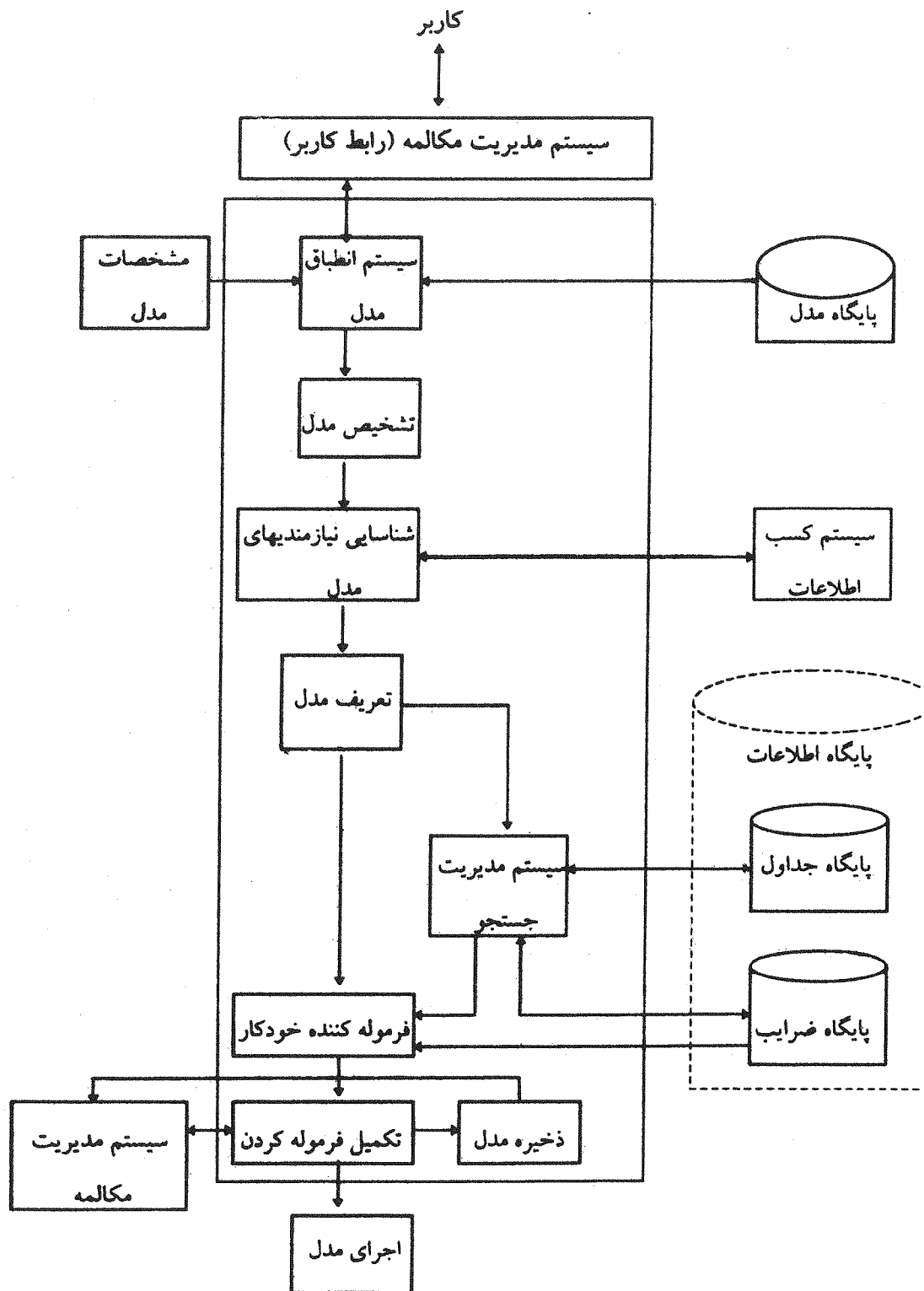
Object for creating Subject To (s) - Issue Material

**Actions:**



شکل (۵) نحوه ایجاد محدودیت های مربوط به مواد اولیه.





شکل (۶) سیستم مفهومی «ساختار ایجاد مدل».

- [1] Achoff, R. L. "The Future of Operational Research is Past", *J. Opl. Res. Soc.* 30. (1979) 93-104.
- [2] Achoff, R. L. "Resurrecting the Future of Operational Research", *J. Opl. Res. Soc.* 30 (1979) 189-199.
- [3] Little, J. D.C., "Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus", *Mgmt. Sci.*, 16 (1970).
- [4] Silverman, b. G., "Expert Intuition and Ill-Structured Problem Solving", *IEEE Trans. Eng. Mgmt.* EM-32 (1985) 29-32.
- [5] Fox, J., D. A. Clark, A. J. Glowiski, and M. J. O'Neil, "Using Predicate Logic to Integrate Qualitative Reasoning and Classical Decision Theory", *IEEE Trans. Syst. Man. and Cybern.*, 20 (1990) 342-357.
- [6] Silverman, B. G., "Unifying Expert Systems and the Decision Sciences", *Operations Research*, Vol. 42, No. 3 (1994) 393-413.
- [7] Kusiak, Andrew, *Intelligent Manufacturing Systems*, Perntice- Hall, Inc. 1990.
- [8] Bisschop J. J. and C. A. C Kurp, "Hierarchical Sets in Mathematical Programming Modelling Languages", Department of Mathematics, University of Twente. (1991).
- [9] Geoffrion, A. M., " An Introduction to Structured Modelling", *Management Sci.*, 33, 5 (1987) 547-588.
- [10] Geoffrion, A. M., "Indexing in Modelling Languages for Mathematical Programming", *Management Sci.*, 38, 3 (1992) 325-344.
- [11] Greenberg, H. G., "Analyze: A Computer-Assisted Analysis System for Linear Programming Models", *Oper. Res. Lett.*, 6 (1987) 249-255.
- [12] Ignizio, James P., "A Brief Introduction to Expert Systems", *Computers and Operations Research*, Vol. 17, no. 6 (1990).
- [13] Jiang James J., Gary Klein and Roger Alan Pick, "A Marketing Category Management System: A Decision Support System using Scanner Data", *Decision Support Systems* 23 (1998) 259-271.
- [14] Murphy, Frederic H., Edward Stohr and Ajay Asthana, "Representation Schemes for Linear Programming Models", *Management Science*, vol. 38, No. 7 (July 1992) 964-991.
- [15] Murphy, Frederic H. and Vankat Panchanadam, "Using Analogical Reasoning and Scheme Formation to Improve the Success in Formulating Linear Programming Models", Working Paper, Temple University, (July 1997).
- [16] Ormerod, Richard, "Putting Soft OR Methods to Work: Information System Strategy Development at Richards Bay", *Journal of Operational Research Society* (1996) 1083-1097.
- [17] Sklar, M., R. A. Pick, G. Brian Vesprani and James R. Evans, "Knowledge Representation for Linear Programming Formulation", Working Papers, University of Cincinnati, # IS. 1988-007.
- [18] Sklar, M. and R. A. Pick, "A Knowledge Engineered Linear Programming Formulation Assistant", *Proc. Twenty third Hawaii International Conf. On System Sci.* (1990) 269-278.