

# 基于组件技术的中国金属矿产资源决策支持系统

## Development of the Decision Support System for the Metal Resource in China Based on Component Technology

胡东波 (广州暨南大学企业管理系 510632)

陈晓红 胡东滨 关键 (长沙中南大学商学院 410083)

**摘要:** 本文在分析中国金属矿产资源决策支持系统(CMDSS)的系统目标、用户需求、系统模型与系统结构的基础上,着重介绍了运用基于模型驱动的决策支持系统(MDDSS)开发组件的组件化开发方法。

**关键词:** 金属矿产资源 决策支持系统 组件化开发方法

### 1 引言

金属矿产资源是一个国家重要的战略资源,对国民经济和社会发展起着重要的支撑作用。我国是世界金属矿业的生 产大国,金属矿产资源总量和品种都比较丰富,但人均占有量却严重不足,同时,我国又是一个金属资源的消费大国,随着我国的改革开放与现代化进程,对金属矿产品的需求与日俱增,供需缺口及对国际市场的依存度不断增大。为确保我国金属矿业的可持续发展和全面建设小康社会战略目标的顺利实现,迫切需要对我国金属矿产资源保障程度和开发利用的发展战略进行调整,因此,构建中国金属矿产资源决策支持系统(CMDSS),为政府相关部门的决策和战略制定提供科学的依据,具有十分重要的意义。本文拟在相关课题研究的基础上,对该系统的开发进行介绍。

### 2 CMDSS 系统目标与需求分析

金属矿业涉及地质、采矿、选矿、冶金和经济管理等诸多学科领域,对金属矿产资源保障程度和开发利用的战略决策分析既包括定量分析,也包括定性分析;既包括经济技术指标的统计分析,也包括工程技术上的因果分析,

因而是一项极其复杂的工作。考虑到决策支持系统本身的特点和实现的可能性,CMDSS的开发目标将以定量分析和经济技术指标的统计分析为主。具体而言,CMDSS主要提供以下几类决策分析与数据支持:

#### 2.1 行业经济预测分析

对黑色与有色金属行业的整体经济发展趋势进行预测,为决策人员从宏观上把握相关行业的未来变化趋势提供数据支持。分析指标主要包括:总产值、增加值、投资额、资本存量、就业人数、出口额、进口额、国内总产量、国内消费量、国际总产量、国际消费量。其中,前7个指标用于反映行业宏观经济发展趋势,后4个指标则从总量上把握黑色与有色金属的供需变化趋势。

#### 2.2 投资敏感性分析

以投资额作为政策变量,来分析行业投资变化对其宏观经济指标的影响,使政府能够以投资作为一种调控工具,来达成一定的政策目标(如提高或降低产值、提高或减少就业等等),并能将有限的资金投入最有效(敏感性最强)的行业。

#### 2.3 国内供需预测分析

对主要金属的矿产品与冶炼制品的国内

供需状况进行预测,分析供需缺口的变化趋势。其中,国内供给由国内产量与进口量构成,国内需求由国内消费与出口量构成。在供需预测的基础上,以现有探明储量为依据,进一步分析各主要金属矿产资源的保障程度(可供开采和使用的年限)。对近期内可能出现严重短缺的品种,系统向决策人员提供预警。

#### 2.4 关键技术因素分析

为提高金属矿产资源的保障程度,在不断开拓充足与安全的国际供给市场的同时,还要不断提高国内自身的供给能力。在现有探明储量没有大幅增加的情况下,要做到这一点,必须加大科技开发与技术改造的力度,以提高矿产资源的利用率与产出率(例如过去没有开采价值的贫矿,通过改造技术变得可以开采了)。关键技术因素分析旨在为政府或企业的技术改造提供一个方向,将有限的科技开发资源用到最有效的地方。通过分析各主要金属的技术经济指标(如铝的技术经济指标包括露天品位、露天采矿损失率等22个)对产出的影响,可找出影响度最大的技术经济指标(关键技术因素),而提高这些技术经济指标则成为科技投入与技术

改造的首选目标。

### 2.5 关键财务因素分析

除技术因素外，管理水平也是影响企业产出与效益的一个重要因素，财务指标则是企业管理水平的集中表现，因此，通过对关键财务因素的分析，可以从一个侧面反映出黑色与有色金属企业管理上的薄弱环节及提高管理水平的切入点。与关键技术因素分析相似，通过分析黑色与有色金属行业的主要财务指标（如年末负债总额、利用外资额、境外投资等）对产出的影响，可找出关键财务因素，为企业改善管理与进行资本运作提供一个明确的方向。

### 2.6 结构性分析

对金属矿产品的进出口结构、投资结构与消费结构进行分析，主要是对历史数据进行整理分析，以图表方式反映出各种结构的变化趋势，为政府决策提供数据上的查询与支持。

除上述六种分析外，对金属矿产资源保障程度与开发利用的决策支持，还应包括更多的内容，如国内外金属矿产资源保障程度的比较分析，国内外技术水平的比较分析等，但是，受统计数据的制约（数据的可取得性与数据的可比性），暂未能在CMDSS中加以考虑。

## 3 CMDSS 中主要的数学模型

CMDSS主要运用了三种数学模型：

### 3.1 计量经济模型

这类模型主要用于各种预测分析，包括行业经济预测与国内供需预测。如铝的产量与消费量预测模型如下：

$$O = -12.696 + 1.072 C + 0.75(X - M)$$

$$\ln |C| = 3.625 + 0.00003558$$

$$GDP + 0.0001205 t^2$$

其中，O为总产量，C为消费量，X为出口量，M为进口量，GDP为国内生产总值，t为时间序列。

对不同行业与不同金属品种将分别建立不同的计量经济模型，并且这些模型的形式与参数，将随时间变化而不断进行调整，以保证拟合精度。

在行业预测计量经济模型的基础上，通过改变投资额大小，并计算其他宏观经济指标的相应变化，可得到投资对这些指标影响的程度（敏感性）。

### 3.2 灰度预测模型

由于各类金属品种的进口量与出口量波动较大，又难于寻找合适的回归解释变量，因此采用GM(1,1)灰度预测模型对其进行预测。

### 3.3 神经网络模型

这类模型主要用于关键技术因素与关键财务因素分析。例如，在关键技术因素分析中，以各种技术经济指标作为神经网络的输入层，产出作为输出层，建立神经网络模型，用“技术经济指标-产出”的历史数据作为教师值对神经网络进行学习训练，得到神经网络的连接权与阈值，然后通过分别改变各技术经济指标的大小，由神经网络计算出相应的产出值，从而得到各技术经济指标对产出的影响程度。

## 4 CMDSS 的系统结构

通过分析CMDSS的系统目标与功能需求，可以得到CMDSS的系统结构（图1），它包括以下4个基本模块：

### 4.1 数据管理

该模块完成对宏观经济数据、行业经济数据、国内供需数据、技术经济数据、财务指标数据、进出口结构数据、投资结构数据和消费结构数据的输入、修改、删除、存储与查询。

### 4.2 模型管理

该模块完成对行业预测分析模型、国内供需预测模型、投资敏感性分析模型、关键技术因素分析模型与关键财务因素模型的输

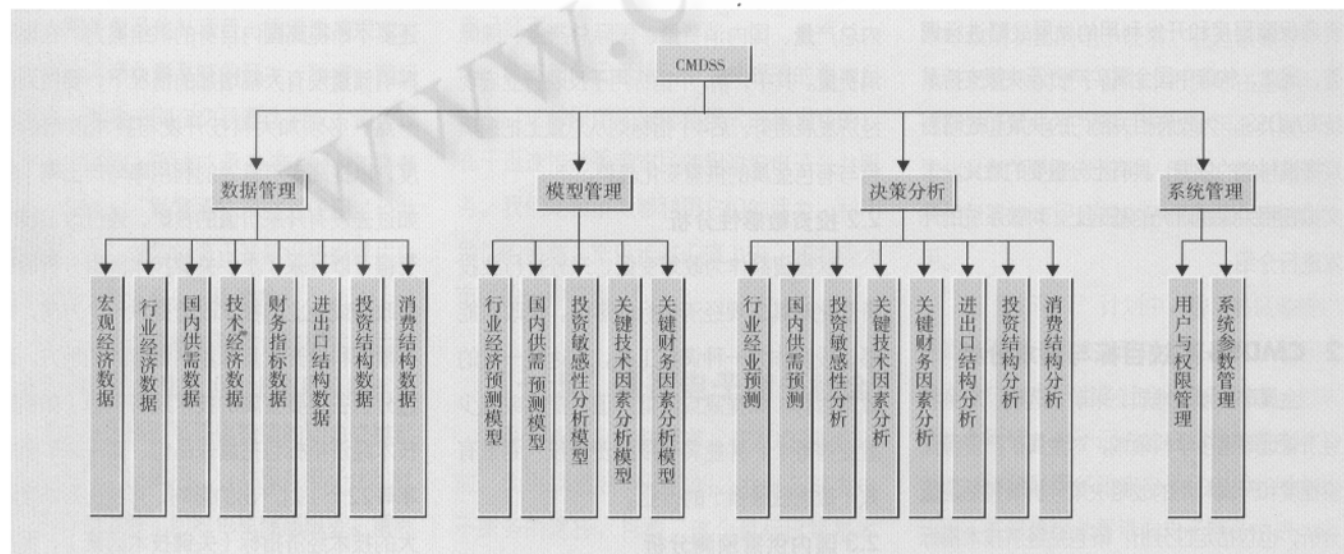


图1 CMDSS 的系统结构

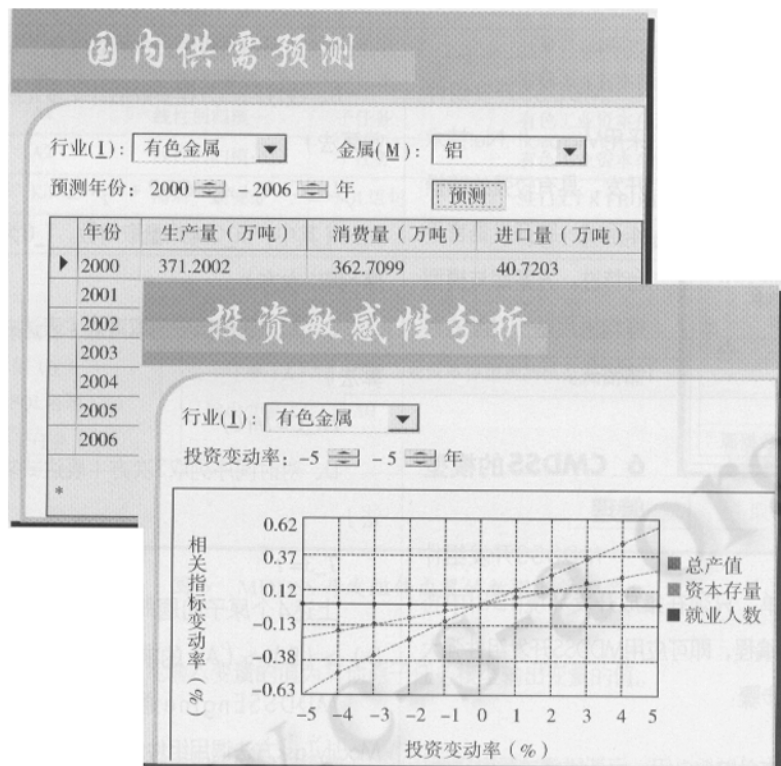


图2 CMDSS 决策分析结果示例

入、修改、删除与存储。各模型的算法类型、方程形式、参数等可根据需要随时进行修改与调整。一般由专家用户确定并输入模型，然后交由决策用户来使用。

### 4.3 决策分析

该模块是在专家用户设定各类模型的基础上，由决策用户进行各种预测与分析。决策用户输入要预测的年份或其他分析参数，系统根据已设定的模型进行求解，并以数据表格与图形方式显示预测与分析结果（图2）。

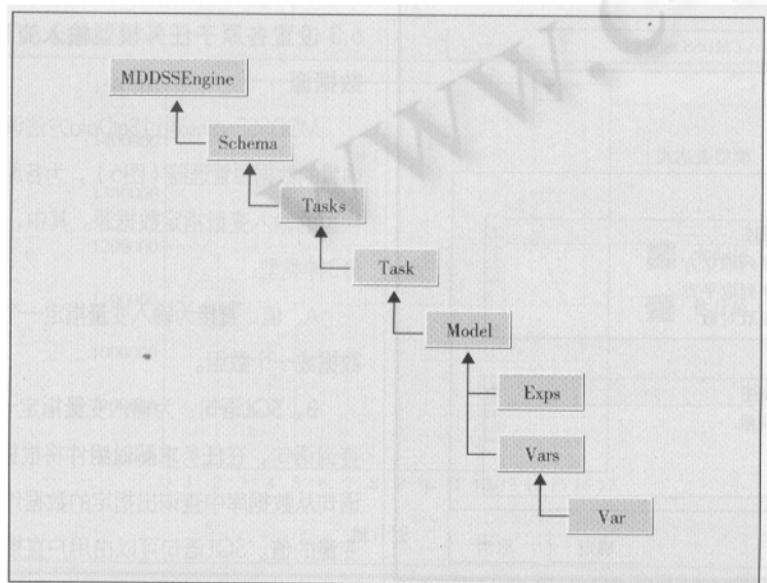


图3 MDDSS 开发组件中的类及其关系

### 4.4 系统管理

该模块主要完成对用户与系统参数的管理。

## 5 基于模型驱动的决策支持系统开发组件

模型管理是基于模型驱动的决策支持系统(MDDSS, Model Drive Decision Support System)开发的关键，在系统中按照用户的要求任意设置、修改决策模型通常是一件困难的事情。面向对象的方法是目下MDDSS模型管理研究的热点，但现有的研究大多停留在将面向对象方法应用在模型的表示与构造这一层次上，因此，尽管理论研究成果颇多，但真正实现的案例却少见。针对这一现状，我们将面向对象的方法引入MDDSS的开发层次，研究并开发出首个MDDSS开发组件，使MDDSS的快速开发成为可能。

在MDDSS开发组件中，定义了变量[Var]、变量集合[Vars]、表达式集合[Exps]、模型[Model]、决策任务[Task]、决策任务集合[Tasks]、决策方案[Schema]等7个基本类和决策管理引擎(MDDSSEngine)可视控件（图3），而在MDDSSEngine中，又设计了LoadSchema（读取决策方案）、SaveSchema（保存决策方案）、CreateTask（创建决策任务）、ModifyTask（修改决策任务）、DeleteTask（删除决策任务）、SetModel（设置任务模型）、SetData（设置模型数据源）、TrySolve（试算任务模型）、Solve（求解任务模型）、GetResult（读取求解结果）等10个方法，并在组件中内置了几十种常用的决策分析算法（如线性回归、灰度预测、神经网络、线性规划、表达式求值等），使得MDDSS具有强大的模型管理功能。此外，通过将决策问题与决策方案相分离、决策任务与决策模型相分离、决策模型与决策算法相分离、决策模型与决策数据相分离，大大提高了决策方案、决策模型与决策算法的可重

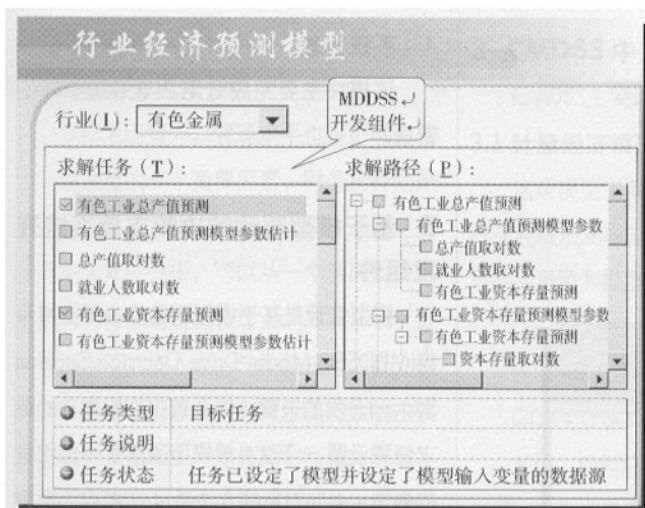


图 4 MDDSSEngine 可视控件

的运用,使CMDSS模型管理模块的开发变得相当简单,只需在集成开发环境(IDE)中将MDDSSEngine控件拖入窗体(图4),并进行少量简单的编程,即可应用MDDSS开发组件强大的模型管理功能。CMDSS的模型管理主要包括以下4个步骤:

### 6.1 设置决策问题的求解任务

对于一个决策问题,首先需要进行任务分解,即将一个复杂的问题分解为一系列的原子任务(仅用单一算法即可求解的任务)。原子任务又分为目标任务与中间任务两类,前者的计算结果即是决策问题所要求解的,而后者的计算结果则是求解其他任务所需的中间结果。各原子任务之间呈现出一种层级关系,我们称之为求解路径。所有原子任务及求解路径的集构成一个决策方案。例如,对铝产量的预测,其数学模型是:

$$\ln(C) = 3.625 + 0.00003558 \cdot GDP + 0.0001205 \cdot t^3$$

该决策问题可以分解为以下4个原子问题:

A、求产量预测值(表达式求值算法)

用性和专家用户的建模效率。

MDDSS开发组件采用Microsoft .Net技术开发,具有较强的跨操作系统、跨开发语言平台特性。方案库与模型库均采用基于XML的存储格式。

## 6 CMDSS的模型管理

MDDSS开发组件

$$C = (A_0 + A_1 \cdot GDP + A_2 \cdot t^3) \quad (\text{其中, } A_0, A_1, A_2 \text{ 为回归方程估计的参数})$$

B、线性回归方程参数估计(多元线性回归算法)

$$\ln_C = A_0 + A_1 \cdot GDP + A_2 \cdot t_3$$

(其中,  $\ln_C$  为产量取对数,  $t_3$  为时间序列取3次方)

C、对产量的历史值取对数(表达式求值算法)

$$\ln_C = \ln(C)$$

D、对时间序列取3次方(表达式求值算法)

$$T_3 = t^3$$

上述4个原子问题即构成了一个(C、D)→(B)→(A)的求解路径。

MDDSSEngine通过CreateTask和ModifyTask方法调用组件内置的任务管理器来完成决策任务的创建与修改。

### 6.2 设置各原子任务的决策模型

MDDSSEngine通过SetModel方法调用组件内置的模型管理器(图5),为各原子任务设置决策模型。如果所需模型在模型库中已存在,则直接选取,否则调用模型创建向导来建立一个新的决策模型。在向导中,用户根据提示来设置模型调用的算法、输入输出变量及模型表达式。

### 6.3 设置各原子任务模型输入变量的数据源

MDDSSEngine通过SelData方法调用组件内置的数据源管理器(图6),为各原子任务模型的输入变量指定数据源。其中,数据源分3种类型:

A、值:直接为输入变量指定一个具体的数据或一个数组。

B、SQL语句:为输入变量指定一个SQL查询语句,在任务求解时组件将根据该SQL语句从数据库中查询出指定的数据作为输入变量的值。SQL语句可以由用户直接输入,也可由组件内置的SQL语句生成器来生成。

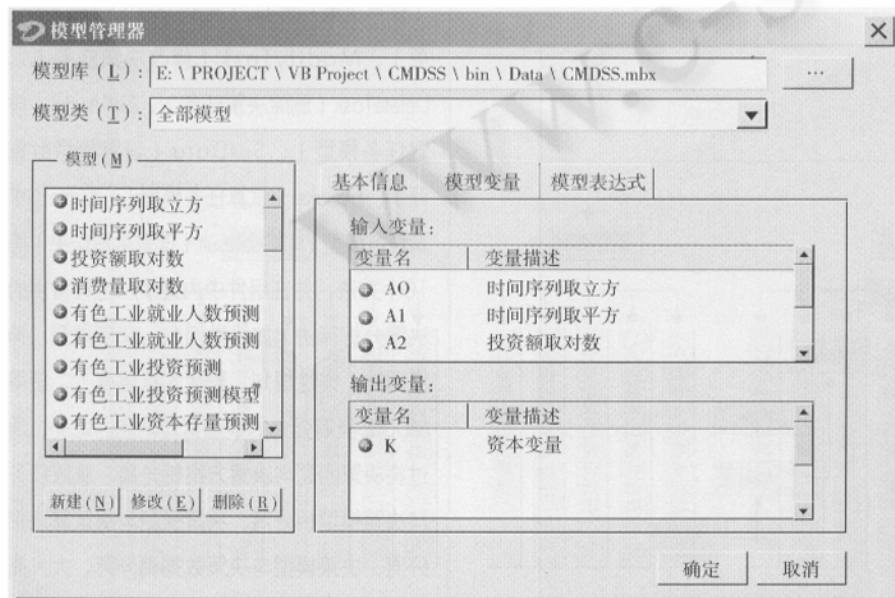


图 5 MDDSS 开发组件内置的模型管理器

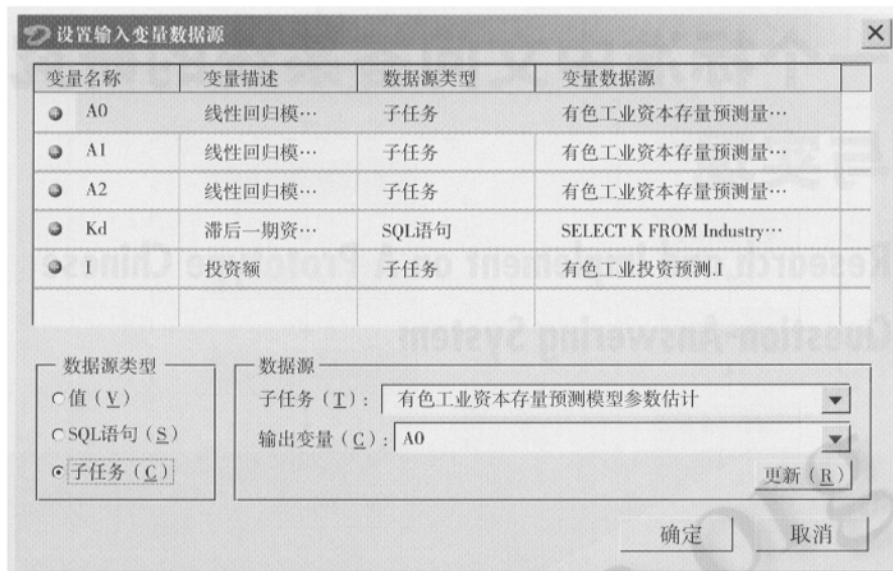


图6 MDDSS 开发组件内置的数据源管理器

C、子任务：指定输入变量的值为其他原子任务模型输出变量的值。

#### 6.4 试算任务模型

对于某些算法模型（如线性回归模型），当设置好模型与数据源后，用户希望检查一下该模型是否合适（如看一看模型的拟合程度，检查相关的统计检验量是否通过等等），此时，MDDSSEngine通过TrySolve方法对模型进行试算，并以数据表格或图形方式显示试算结果（图7），如发现模型不合适，则重新修改模型。

上述决策模型的创建过程均是在系统开发完毕后，在使用阶段由用户来完成，而不是在开发阶段由开发人员来完成。模型表达式符合一般数学表达式的书写习惯，用户不需具备任何编程经验，因此，系统具有较强的灵活性与适用性。

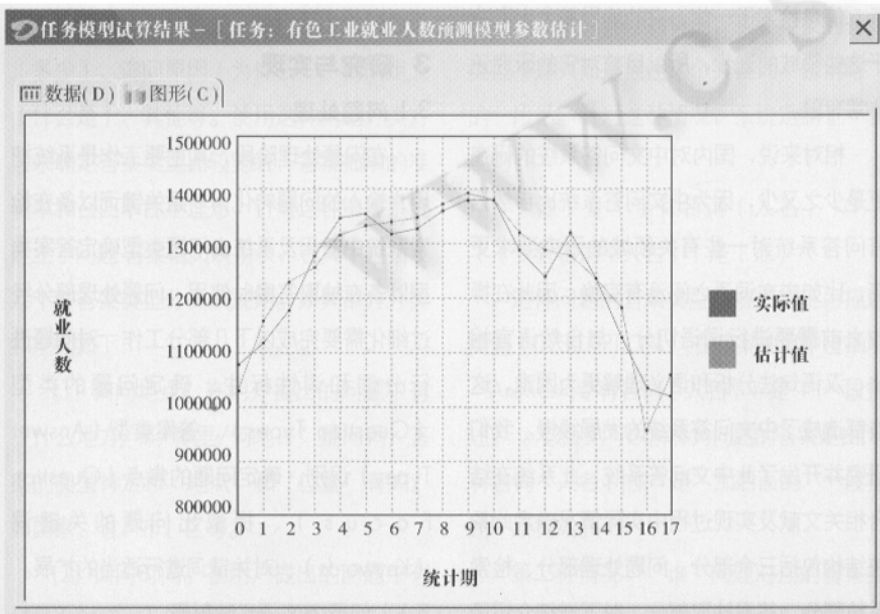


图7 MDDSSEngine 模型试算结果

## 7 结束语

目前，CMDSS在国家相关部委取得了较好的应用效果，为科学制定我国金属矿产资源保障程度与开发利用的战略决策发挥了十分重要的作用。在今后的应用中，要通过收集更多的数据资料，特别是国外的可比数据资料，进一步丰富和完善系统决策模型，使之发挥出更大的决策支持效力。CMDSS是MDDSS开发组件的第一个应用实例，实践表明，运用组件化的开发方法，能更加快速简便地开发决策支持系统，使决策支持系统从理论研究真正走向实际应用。

**基金项目：**国家十五科技攻关计划（2001BA609A01）、国家自然科学基金委国家杰出青年科学基金（70125002）、暨南大学“十五”人文社科青年基金（002JXQ003）资助项目

## 参考文献

- Hu Dongbin, Chen Xiaohong. Study on the vector space of decision support system related problems[J]. Proceedings of 2002 International Conference on Management Science & Engineering.
- Jian Ma. An object-oriented framework for model management[J]. Decision Support System. 1995, 13(2).
- 陈晓红, 决策支持系统理论和应用[M], 清华大学出版社, 2000。
- 王学萌、罗建军, 灰色系统预测决策建模程序集[M], 科学普及出版社, 1986.33-60。
- 张立明, 人工神经网络的模型及其应用[M], 复旦大学出版社, 1993.34-51。