普通高等教育"十二五"规划教材

经济预测方法及MATLAB实现

杨德平　刘喜华　孙海涛　等编著

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

经济预测方法及MATLAB实现

杨德平　刘喜华　孙海涛　等编著

机械工业出版社

本书从模型的基本知识和理论出发，采用经济、金融等领域的实际案例，编写相应的 MATLAB 程序，轻松地得出含大量数据并套用模型的计算结果，使复杂的问题简单化。学习者无需掌握大量的计算机知识，只需根据例题、案例中相应的程序，就可以解决自己想处理的问题，本书真正为读者提供了一套“手把手”处理问题的方法和解决问题的手段。

本书主要讲述的经济预测方法有：定性预测法、弹性预测法、投入产出预测法、趋势外推预测法、时间序列预测法、干预分析模型预测法、马尔可夫链预测法、灰色预测法、景气预测法、神经网络预测法等，汇总了当代经济预测的方法、理论和模型，具有较高的学术参考价值。

本书不仅适用于经济、金融专业，也适用于管理、人力资源、统计学以及计算机等专业；既可作为大学生和研究生的教科书和参考书，也可作为从事经济研究、经济预测人员及计量经济学教学人员等的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

经济预测方法及 MATLAB 实现/杨德平等编著. —北京：机械工业出版社，2012.2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-36986-8

Ⅰ.①经… Ⅱ.①杨… Ⅲ.①经济预测—方法—Matlab 软件—高等学校—教材 Ⅳ.①F201-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 280143 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：曹俊玲 责任编辑：曹俊玲 何 洋

版式设计：张世琴 责任校对：张玉琴

封面设计：张 静 责任印制：乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 15.5 印张 · 395 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-36986-8

定价：32.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

社服务中心：（010）88361066

销 售 一 部：（010）68326294

销 售 二 部：（010）88379649

读者购书热线：（010）88379203

网络服务

门户网：http：//www.cmpbook.com

教材网：http：//www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前　言

当今社会市场竞争激烈，各国政府为指导本国市场经济发展，推动国际经济协作，都很重视对未来社会经济发展前景进行展望和预测，进而制订中长期发展计划，以阐述政府采取的政策措施和经济管理的指导方针。企业也要先于竞争对手预测到未来的发展前景和消费者的需求，作出符合市场需要的决策，只有这样才能立于不败之地。个人在进行理财、投资等项目上，也要根据历史、现状，预测未来，方能获得可观收益。总之，大到国家政府，中到企业集团，小到个人，无时不在进行预测，而准确的经济预测则是作出科学经济决策的重要依据和前提。为此，讨论预测理论、研究预测模型、求出预测结果，具有重要的理论价值。经济预测是一门科学，具有成熟的经济预测原理与方法，但数学模型较多，计算量大且复杂，需要人们通过有效的学习加以掌握。

MATLAB 是一套功能强大且比较易学的可视化软件，除具备数值计算、符号解析运算、图形显示等功能外，也已成为线性代数、自动控制理论、概率论及数理统计、数字信号处理、时间序列分析、金融经济计量、数学模型建立、神经网络以及动态系统仿真等方面重要的数学计算工具。它使人们可以摆脱重复、复杂的机械性的编程细节，把注意力集中在创造性地解决问题上，用尽可能短的时间得到尽可能有价值的结果。

本书力求做到将经济预测方法与 MATLAB 工具完美结合，并从实用角度出发，详细地讲述运用 MATLAB 工具对经济预测理论进行程序实现。学习者可以将社会经济、金融等领域的实际问题，轻松地选用合适的数据，套用正确的预测模型，得出预测结果，使复杂问题简单化。读者在学习经济预测理论知识和 MATLAB 工具的同时，也学会了解决社会实践问题的方法和技能。

本书具有以下主要特色：

（1）内容丰富，方法全面。本书讲述了目前常用的预测方法，主要包括定性预测法、弹性系数预测法、投入产出预测法、趋势外推预测法、时间序列预测法、干预分析模型预测法、马尔可夫链预测法、灰色预测法、景气预测法和神经网络预测法等，并借助实际案例用 MATLAB 程序实现，每章配有“练习与提高”，以方便学习者巩固所学方法，拓展课本内容，并给出实训案例和操作流程。

（2）案例丰富，实用性强。本书重点讲述预测的思想、原理，以及 MATLAB 的编程实现和实际应用。结合不同模型方法的实际需求，精心挑选大量经济实际案例，通过对案例数据的分析处理，帮助读者理解、领会和掌握 MATLAB 算法和经济预测方法，以达到预测方法与 MATLAB 工具完美结合。

（3）预测方法源代码丰富，编程参考价值高。在编程过程中深化对预测方法思想和理论的理解，强化对预测方法原理的掌握，精心编写和调试了大量 MATLAB 程序。通过学习这些程序，读者不仅可以更快、更透彻地理解和领会这些算法，而且能掌握 MATLAB 的使用方法，培养和提高实际计算的能力和技巧。

本书是作者多年来辅导本科生、研究生参加数学建模，从事青岛大学实验创新项目以及

课堂教学实践积累的结果。本书共分 12 章，主要由杨德平、刘喜华、孙海涛负责编写，高齐圣、李莉莉和李聪等参与编写了部分章节。另外，参与编写的人员还有管殿柱、李文秋、张轩、谈世哲，在此表示衷心的感谢。

由于时间和水平有限，书中难免会有不足和疏漏之处，恳请同行专家和广大读者批评指正。

编　者

目　　录

第 1 章　MATLAB 的基本计算与统计数据处理

本章要点

- 数值计算
- 符号计算
- 解方程
- 统计数据的处理

1.1　数值计算

1.1.1　基本运算与函数

1. 基本运算

在 MATLAB 下进行基本数学运算，只需在提示号（ > > ）之后直接输入运算式，并按 < Enter > 键即可。MATLAB 能识别一般常用的加（ + ）、减（ - ）、乘（ * ）、除（/）的数学运算符号，以及幂次运算（^）等。例如：

```
> >(6 * 5 - 1.5)^2 +36/4
   ans =
         821.2500
```

MATLAB 会将运算结果直接存入变量 ans，代表 MATLAB 运算后的答案（answer），并显示其数值。

若将编写的运算式、命令语句等程序保存，以便随时使用，需要打开编辑器窗口，在编辑窗口内编写语句程序，编写完后单击“保存”按钮并给文件命名（如 abc），则建立了一个文件名为 abc. m 的 M 格式文件。然后切换到命令窗口，在提示号（ > > ）之后输入 abc，并按 < Enter > 键，即可运行所编程序，显示其结果。

MATLAB 的永久常数主要有以下几种。

i 或 j：基本虚数单位。

inf：无限大，如 1/0。

nan 或 NaN：非数值（Not a number），如 0/0。

pi：圆周率 π。

2. 基本数学函数

MATLAB 常用的基本数学函数有以下几种。

abs(x)：纯量的绝对值或向量的长度。

sqrt(x)：开平方。

round(x)：四舍五入至最近整数。
fix(x)：无论正负，舍去小数至最近整数。
rat(x)：将实数 x 化为分数表示。
sign(x)：符号函数。
gcd(x,y)：整数 x 和 y 的最大公因数。
lcm(x,y)：整数 x 和 y 的最小公倍数。
exp(x)：自然指数。
pow2(x)：2 的指数。
log(x)：以 e 为底的对数，即自然对数。
log2(x)：以 2 为底的对数。
log10(x)：以 10 为底的对数。
sin(x)：正弦函数。
cos(x)：余弦函数。
tan(x)：正切函数。

3. 关于向量的常用函数

min(x)：向量 x 的元素的最小值。
max(x)：向量 x 的元素的最大值。
mean(x)：向量 x 的元素的平均值。
median(x)：向量 x 的元素的中位数。
std(x)：向量 x 的元素的标准差。
diff(x)：向量 x 的相邻元素的差。
sort(x)：对向量 x 的元素进行排序。
length(x)：向量 x 的元素个数。
range(x)：极差。
sum(x)：向量 x 的元素总和。
prod(x)：向量 x 的元素总乘积。
cumsum(x)：向量 x 的累计元素总和。
cumprod(x)：向量 x 的累计元素总乘积。
dot(x,y)：向量 x 和 y 的内积。
cross(x,y)：向量 x 和 y 的外积。

1.1.2 数组运算

1. 数组的生成

创建简单的数组有以下几种常用情况：

```
>>x=[a b c d]        %包含指定元素的行向量
>>x=first:last       %创建从 first 开始，加 1 计数，到 last 结束的行向量
>>x=first:increment:last      %创建从 first 开始，加 increment，到 last 结束的行向量
>>x=linspace(first,last,n)    %创建从 first 开始，到 last 结束，有 n 个元素的行向量
```

2. 数组元素的访问

（1）访问一个元素：x(i)表示访问数组 x 的第 i 个元素。

（2）访问一块元素：x(a：b：c)表示访问数组 x 的从第 a 个元素开始，以步长为 b 到第 c 个元素（但不超过 c），其中 b 可以为负数，b 默认时为 1。

（3）直接使用元素编址序号：x([a　b　c　d]）表示提取数组 x 的第 a、b、c、d 个元素构成一个新的数组[x(a)　x(b)　x(c)　x(d)]。

3. 数组的运算

（1）标量—数组运算。数组对标量的加、减、乘、除、乘方是指数组中的每个元素对该标量进行相应的加、减、乘、除、乘方运算。

设 a = [a1,a2,…,an],c = 标量

则 a + c = [a1 + c,a2 + c,…,an + c]

a. * c = [a1 * c,a2 * c,…,an * c]　（点乘）

a. /c = [a1/c,a2/c,…,an/c]　（右点除）

a. \c = [c/a1,c/a2,…,c/an]　（左点除）

a. ^c = [a1^c,a2^c,…,an^c]　（点幂）

c. ^a = [c^a1,c^a2,…,c^an]

（2）数组—数组运算。当两个数组有相同维数时，加、减、乘、除、幂运算可按元素对元素的方式进行，不同大小或维数的数组不能进行运算。

设 a = [a1,a2,…,an],b = [b1,b2,…,bn]

则 a + b = [a1 + b1,a2 + b2,…,an + bn]

a. * b = [a1 * b1,a2 * b2,…,an * bn]

a. /b = [a1/b1,a2/b2,…,an/bn]

a. \b = [b1/a1,b2/a2,…,bn/an]

a. ^b = [a1^b1,a2^b2,…,an^bn]

4. 数据索引

数据索引函数 find 是 MATLAB 中比较常用的函数。

例如，查找数组 X = [1 3 6 9 0 -2 4 -1 8 10] 中大于 0 的数，只需执行函数命令：find(X > 0)即可。

1.1.3　矩阵生成

1. 数值矩阵的生成

矩阵可直接按行方式输入每个元素来生成：同一行中的元素用逗号（,）或者用空格符来分隔，且空格个数不限；不同的行用分号（;）分隔；所有元素处于同一方括号（[ ]）内。如：

```
>> A=[1  2  3;4  5  6;7  8  9]
A =
     1     2     3
     4     5     6
     7     8     9
```

```
>>M=[ ]  %表示空阵
```

2. 特殊矩阵的生成

(1) 全零阵。

格式： X = zeros(n)　　　　%生成 n×n 全零阵

X = zeros(m,n)　　　%生成 m×n 全零阵

X = zeros([m n])　　%生成 m×n 全零阵

X = zeros(size(A))　%生成与矩阵 A 相同大小的全零阵

(2) 全 1 阵。

格式： X = ones(n)　　　　%生成 n×n 全 1 阵

X = ones(m,n)　　　%生成 m×n 全 1 阵

X = ones([m n])　　%生成 m×n 全 1 阵

X = ones(size(A))　%生成与矩阵 A 相同大小的全 1 阵

(3) 单位阵。

格式： X = eye(n)　　　　%生成 n×n 单位阵

X = eye(m,n)　　　%生成 m×n 单位阵

X = eye(size(A))　%生成与矩阵 A 相同大小的单位阵

(4) 产生以输入元素为对角线元素的矩阵。

格式： X =diag(a,b,c,d)　%产生以 a，b，c，d 为对角线元素的矩阵

例如：

```
>> X=diag(1,2,3,4)
X=
     1     0     0     0
     0     2     0     0
     0     0     3     0
     0     0     0     4
```

(5) 魔方（magic）矩阵。

格式： M = magic（n）　　%产生 n 阶魔方矩阵

例如：

```
>>M=magic(3)
M =
     8     1     6
     3     5     7
     4     9     2
```

3. 矩阵中元素的操作

(1) 矩阵 A 的第 r 行：A(r,:)。

(2) 矩阵 A 的第 r 列：A(:,r)。

(3) 依次提取矩阵 A 的每一列，将 A 拉伸为一个列向量：A(:)。

(4) 取矩阵 A 的第 i_1 ~ i_2 行、第 j_1 ~ j_2 列构成新矩阵：A(i_1 : i_2, j_1 : j_2)。

(5) 以逆序提取矩阵 A 的第 i_1 ~ i_2 行，构成新矩阵：A(i_2 : −1 : i_1, :)。

(6) 以逆序提取矩阵 A 的第 j_1 ~ j_2 列，构成新矩阵：A(:, j_2 : −1 : j_1)。

（7）删除矩阵 A 的第 $i_1 \sim i_2$ 行，构成新矩阵：$A(i_1 : i_2, :) = [\ ]$。
（8）删除矩阵 A 的第 $j_1 \sim j_2$ 列，构成新矩阵：$A(:, j_1 : j_2) = [\ ]$。
（9）将矩阵 A 和矩阵 B 拼接成新矩阵：[A,B]；[A;B]。

1.1.4 矩阵运算

1. 加减运算

运算规则：对应元素相加减，即按线性代数中矩阵的加法和减法运算进行。

2. 乘法运算

（1）两个矩阵相乘。运算规则：按线性代数中矩阵乘法运算进行，即将放在前面的矩阵的各行元素，分别与放在后面的矩阵的各列元素对应相乘并相加。

（2）矩阵的数乘。数乘矩阵是数与矩阵中的每一个元素相乘。

（3）两矩阵点乘。A. * B 表示矩阵 A 与矩阵 B 中的对应元素相乘。

3. 除法运算

（1）两种除法运算：左除（\）和右除（/）。一般情况下，X = A \ B 是方程组 A * X = B 的解；而 X = B/A 是方程组 X * A = B 的解。

（2）两矩阵点除：A./B 表示矩阵 A 与矩阵 B 中的对应元素相除。

4. 乘方运算

运算规则：当 A 为矩阵，P 为大于 0 的整数时，A^P 表示 A 的 P 次方，即 A 自乘 P 次；P 为小于 0 的整数时，A^P 表示 A^{-1} 的 P 次方。

5. 其他运算

（1）A′：矩阵 A 转置。
（2）det(A)：返回矩阵 A 的行列式的值。
（3）inv(A)：求矩阵 A 的逆矩阵。若 X 为奇异阵，将给出警告信息。
（4）rank(A)：求矩阵 A 的秩。
（5）[V,D] = eig(A)：求矩阵 A 的特征值 D 与特征向量 V。

例如：

```
>>A=[1  1  0;0  2  2;0  0  3];
>>format rat                          %指定有理式格式输出
>>X=det(A)
>>Y=inv(A)
>>[V,D]=eig(A)
X =
     6
Y =
       1            -1/2           1/3
       0             1/2          -1/3
       0             0             1/3
V =
       1        985/1393     881/2158
       0        985/1393     881/1079
```

```
      0          0          881/2158
D =
      1          0          0
      0          2          0
      0          0          3
```

即表示特征值 D 为 1 时，对应的特征向量 V1 = (1 0 0)^T；特征值 D 为 2 时，对应的特征向量 V2 = (1 1 0)^T；特征值 D 为 3 时，对应的特征向量 V3 = (1 2 1)^T。

1.2 符号计算

1.2.1 创建符号变量与对象

格式： S = sym(A)　　%用输入参量 A，构造一类型为"sym"的对象 s。若 A 为字符串，则 S 为符号数值或变量；若 A 为一数值标量或矩阵，则 S 为代表所给数值的符号表达式

x = sym('x')　　%创建一名字为"x"的符号变量，且将结果存于 x

pi = sym('pi')　　%创建一符号数值 π

syms x,y,z　　%创建多个符号变量

例如：

```
>>A = sym('[a b c d e f]')
A =
   [a   b   c   d   e   f]
>>B = sym('[1 2 3;a b c;sin(x)cos(y)tan(z)]')
B =
   [1              2              3   ]
   [a              b              c   ]
   [sin(x)     cos(y)     tan(z)]
>>syms  a  b  c  d
>>C = [a  b;c  d]
C =
   [  a    b ]
   [  c    d ]
```

1.2.2 符号微积分

1. 符号极限

格式： limit(f,x,a)　　%计算符号表达式 f = f(x)的极限值，当 x→a 时

limit(f,a)　　%用命令 findsym(f)确定 f 中的自变量，设为变量 x，再计算 f 的极限值，当 x→a 时

limit(f)　　%用命令 findsym(f)确定 f 中的自变量，设为变量 x，再计算 f 的极限值，当 x→0 时

limit(f,x,a,'right') %计算符号函数f的右极限，当 $x \to a^+$ 时
limit(f,x,a,'left') %计算符号函数F的左极限，当 $x \to a^-$ 时

【例1-1】 有关符号极限举例如下：

```
>>syms x a t h n;
>>L1 = limit((cos(x) -1)/x)
>>L2 = limit(1/x^2,x,0,'right')
>>L3 = limit(1/x,x,0)
>>L4 = limit((log(x+h) -log(x))/h,h,0)
>>L5 = limit((1+2/n)^(3*n),n,inf)
>>L6 = limit([(1+a/x)^x, exp(-x)],x,inf,'left')
```

计算结果为：

```
L1 =
    0
L2 =
    inf
L3 =
    NaN
L4 =
    1/x
L5 =
    exp(6)
L6 =
    [exp(a),  0]
```

2. 符号导数

格式： diff(f, 'x') %计算表达式f中指定符号变量x的1阶导数
diff(f, 'x', n) %计算表达式f中指定符号变量x的n阶导数
diff(f) %计算表达式f中指定符号变量x的1阶导数，其中x=findsym (f)
diff(f,n) %计算表达式f中指定符号变量x的n阶导数，其中x=findsym(f)

【例1-2】 有关符号导数举例如下：

```
>>syms x y
>>D1 = diff(y^2*sin(x))          %对默认自变量x求1阶导数
>>D2 = diff(y^2*sin(x),'y')      %对符号变量y求1阶导数
>>D3 = diff(y^2*sin(x),'y',2)    %对符号变量y求2阶导数
D1 =
    y^2*cos(x)
D2 =
    2*y*sin(x)
D3 =
    2*sin(x)
```

3. 符号积分

格式： R = int(f,x) %计算符号表达式f中指定的符号变量x的不定积分，只是函数f的一个原函数，后面没加任意常数C

R = int(f)　　　　% 计算符号表达式 f 中指定的符号变量 x 的不定积分，其中 x = findsym(f)

R = int(f,x,a,b)　% 计算符号表达式 f 中指定的符号变量 x 从 a 到 b 的定积分

R = int(f,a,b)　　% 计算符号表达式 f 中指定的符号变量 x 从 a 到 b 的定积分，其中 x = findsym(f)

【例 1-3】 有关符号积分举例如下：

```
>>R1 = int('log(x)')
R1 =
     x*log(x) - x
>>R2 = int('exp(x)*sin(x)','x')
R2 =
     -1/2*exp(x)*cos(x) + 1/2*exp(x)*sin(x)
>>R3 = int('x*exp(x)','x',0,1)
R3 =
     1
>>syms x t;
>>R4 = int(2*x, sin(t), 1)
R4 =
   1 - sin(t)^2
```

4. 符号级数

(1) Taylor 级数。

格式： T = taylor(f,n,x)　　% 返回符号表达式 f 中指定符号变量 x 的 n - 1 阶的 Maclaurin 多项式

T = taylor(f)　　　% 返回符号表达式 f 中符号变量 x 的 5 阶（即前 6 项）的 Maclaurin 多项式的近似式，其中 x = findsym(f)

T = taylor(f,n,x,a)　% 返回符号表达式 f 中指定的符号变量 x = a 点的 n - 1 阶的 Taylor 级数

【例 1-4】 有关 Taylor 级数举例如下：

```
>>syms x t
>>T1 = taylor(sin(x))
T1 =
   x - 1/6*x^3 + 1/120*x^5
>> T2 = taylor(t*exp(x),4,'x')
T2 =
   t + t*x + 1/2*t*x^2 + 1/6*t*x^3
>>T3 = taylor(x*log(x),5,'x',1)
T3 =
   x - 1 + 1/2*(x-1)^2 - 1/6*(x-1)^3 + 1/12*(x-1)^4
```

(2) 符号表达式求和。

格式： S = symsum(f)　　　% 对符号表达式 f 中的符号变量 k（由命令 findsym(f) 确定的）从 0 到 k - 1 求和

S = symsum(f,x)　　%对符号表达式 f 中指定的符号变量 x 从 0 到 k−1 求和

S = symsum(f,a,b)　　%对符号表达式 f 中的符号变量 k（由命令 findsym(f) 确定的）从 a 到 b 求和

S = symsum(f,x,a,b)　　%对符号表达式 f 中指定的符号变量 x 从 a 到 b 求和

【例 1-5】 有关符号表达式求和举例如下：

```
>>syms k x
>>S1 = symsum(k^3,1,10)
S1 =
  3025
>>S2 = symsum(1/(k*(k+1)),1,inf)
S2 =
  1
>>S3 = symsum(x^k/sym('k!'), k, 0,inf)
S3 =
  exp(x)
```

注：k！要通过 MATLAB 表达式的检验，必须把它作为一符号表达式。

1.3　解方程

1.3.1　代数方程的符号解

格式： X = solve(eq)　　%eq 可以是符号表达式或字符串，求解方程 eq = 0

X = solve(eq,var)　　%eq 中指定的变量 var 求解方程 eq(var) = 0

X = solve(eq1,eq2,…,eqn)　　%对方程组 eq1，eq2，…，eqn 中 n 个变量求解，返回 X 是“结构对象”

[x1,x2,…,xn] = solve(eq1,eq2,…,eqn)　　%返回的是解 x1，x2，…，xn 的值

说明： 对于单个的方程或方程组，若不存在符号解，则返回方程（组）的数值解。

【例 1-6】 有关代数方程的符号解举例如下：

```
>> X1 = solve('a*x^2 + b*x + c')
X1 =
    1/2/a*(-b+(b^2-4*a*c)^(1/2))
    1/2/a*(-b-(b^2-4*a*c)^(1/2))
>>X2 = solve('a*x^2 + b*x + c','b')
X2 =
    -(a*x^2+c)/x
>>solve('x + y=1','x - 11*y=5')
ans =
    x: [1x1 sym]
    y: [1x1 sym]
>>[x,y] = solve('x + y=1','x - 11*y=5')
x =
    4/3
```