

21世纪 经济学教材

经济预测与决策 及其Matlab实现

李工农

阮晓青 编著

徐晨

Forecasting and Decision
Methods in Economics



清华大学出版社

Forecasting and Decision

Methods in Economics

21世纪 经济学教材

经济预测与决策 及其Matlab实现

李工农

阮晓青 编著

徐 晨

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统阐述了在经济预测与决策领域中各种常用方法的原理,并附有大量的应用算例以及各种方法的计算机操作。全书共10章,前6章分别是经济预测技术、定性预测方法简介、简单时间序列预测模型、线性及非线性回归预测模型、马尔可夫预测简介等;后4章讨论了经济决策中常用的线性规划决策、模型决策、主成分分析、聚类分析以及判别分析等。

本书可作为大学本科和大专学校有关专业经济预测与决策课程的教学用书,也可作为数学建模课程的辅助用书,同时也适合于经济、管理领域内的技术人员与管理人员学习参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

经济预测与决策及其 Matlab 实现/李王农,阮晓青,徐晨编著.

—北京:清华大学出版社,2007.8

(21世纪经济学教材)

ISBN 978-7-302-16066-3

I. 经… II. ①李… ②阮… ③徐… III. ①经济预测-高等学校-教材 ②经济决策-高等学校-教材 ③数学-算法语言-应用软件-高等学校-教材 IV. F20 O245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 138237 号

责任编辑:陈仕云 张志强

封面设计:王大龙

版式设计:杨 洋

责任校对:焦章英

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:北京市清华园胶印厂

装订者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:13.5 字 数:264千字

版 次:2007年8月第1版 印 次:2007年8月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:24.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:026745-01

前 言

预测是对未来事物的一种估计或描述。古人云：“凡事预则立，不预则废。”这句话说明预测自古以来就受到了人们的极大重视。而决策则是根据决策者所拥有的各种资料对未来将要采取的行动作出的决定。显然，不论是预测还是决策，都是针对尚未发生的、未来的事物作出的一种行为。

各种预测与决策技术应用到不同领域就形成了各种专业领域的预测与决策。将其应用到经济领域，则称其为经济预测与决策。随着我国经济、社会改革的不断深化，预测与决策技术越来越显示出其应用的重要性和广泛性。从培养大学生的实际应用能力的角度出发，开设经济预测与决策这门课程有着十分重要的意义。

本书的内容分为预测与决策两大部分。预测部分中将经济预测分为定性预测与定量预测。由于预测对象的复杂性，定量预测与定性预测一定要相互结合。本书侧重于讲述各种定量经济预测的技术，对于各种经济预测技术所牵涉到的数学理论作适当的简化，与其他经济预测类教材不同的是，本书强调各种方法的 Matlab 实现。决策部分介绍确定与非确定型决策、统计分析决策以及综合决策等内容，通过一些具体实例介绍决策者在不同状态下怎样作出科学合理决策的过程。

经济预测与决策的定量分析方法所牵涉到的预备知识有微积分、线性代数以及概率论和数理统计。本课程的开设应该在上述几门课程之后。书中 Matlab 程序仅供学习参考，不一定是最优的。

由于作者的水平有限，书中不当之处在所难免，敬请各位专家和读者批评指正。

编 者
2007 年 7 月

目 录

第 1 章 经济预测技术	1
1.1 预测与经济预测概述	1
1.2 经济预测的分类	2
1.2.1 定性预测与定量预测	3
1.2.2 短期预测、中期预测和长期预测	3
1.2.3 微观预测、宏观预测以及地区与部门预测	3
1.3 经济预测的一般步骤	4
1.4 预测方法的选择及其结果评价简述	5
1.4.1 预测方法的选择	5
1.4.2 预测结果的评价	7
习题	9
第 2 章 定性预测方法简介	10
2.1 类推预测	10
2.2 简单判断预测	11
2.2.1 完工进度预测法	11
2.2.2 比例关系预测法	11
2.2.3 加权平均预测法	11
2.3 专家评估预测	12
2.3.1 单个专家判断法	12
2.3.2 专家会议法	12
2.3.3 专家调查法	13
2.4 主观概率预测	13
2.5 历史数据获取方法	14
习题	19
第 3 章 简单时间序列预测模型	21
3.1 时间序列的概念	21

3.1.1	时间序列分析方法的特点	21
3.1.2	时间序列的特征	22
3.1.3	时间序列特征的识别	24
3.2	时间序列的移动平均预测法	28
3.2.1	移动平均法的基本原理	28
3.2.2	均方差 (MSE) 检验	29
3.3	时间序列的指数平滑预测法	31
3.3.1	一次指数平滑法	32
3.3.2	二次指数平滑法	35
3.3.3	布朗 (Brown) 非线性指数平滑法	39
3.4	具有季节性特点的时间序列的预测	42
3.5	用于时间序列的灰色系统预测方法	46
3.5.1	$GM(1,1)$ 模型	46
3.5.2	提高模型的精度	53
3.5.3	$GM(1,N)$ 模型	57
	习题	63
第 4 章	线性回归预测模型	66
4.1	回归模型概述	66
4.2	一元线性回归模型	67
4.2.1	参数估计	67
4.2.2	模型检验	71
4.2.3	回归模型的预测和置信区间的计算	74
4.3	多元线性回归模型	76
	习题	85
第 5 章	几种非线性曲线预测模型	88
5.1	用于预测的几种初等函数模型	88
5.1.1	幂函数预测曲线模型	88
5.1.2	指数函数预测曲线模型	89
5.1.3	对数函数预测曲线模型	90
5.1.4	双曲线函数预测模型	91

5.1.5	多项式曲线预测模型	95
5.2	龚伯兹曲线及罗吉斯蒂曲线预测模型	97
5.2.1	Gompertz 曲线预测模型	97
5.2.2	Logistic 曲线预测模型	100
5.3	一般非线性回归模型	106
5.3.1	Matlab 程序使用说明	106
5.3.2	非线性回归程序应用示例	107
5.4	非线性预测模型的检验问题	108
	习题	109
第 6 章	马尔可夫预测简介	111
6.1	基本原理	111
6.2	马尔可夫预测在经济中的应用举例	116
6.2.1	产品市场占有率预测	116
6.2.2	商品销售的期望利润预测	119
6.2.3	马尔可夫过程在设备维修方面的应用	121
6.2.4	马尔可夫过程在项目选址问题上的应用	122
	习题	123
第 7 章	确定与非确定型决策	125
7.1	确定型决策	125
7.1.1	产量与价格的决策	125
7.1.2	线性盈亏决策	127
7.1.3	非线性盈亏决策	129
7.1.4	库存的决策	132
7.2	期望损益决策	133
7.2.1	期望收益决策法	133
7.2.2	期望损失决策法	135
7.3	贝叶斯决策	137
7.4	矩阵决策	139
7.4.1	决策问题的矩阵结构形式	139
7.4.2	矩阵决策法的应用举例	140

习题	142
第 8 章 线性规划决策模型	144
8.1 线性规划的基本知识	144
8.2 线性规划模型的 Matlab 求解	147
8.3 线性规划在决策中的应用	148
习题	155
第 9 章 统计分析决策方法	157
9.1 主成分分析法	157
9.1.1 主成分分析的计算步骤	158
9.1.2 主成分的作用与意义分析	160
9.2 判别分析法	161
9.2.1 判别问题	161
9.2.2 两组判别分析的基本思想	162
9.2.3 Fisher 判别准则和判别函数	163
9.2.4 计算步骤	165
9.2.5 判别函数的检验	166
9.2.6 应用举例	166
9.2.7 判别分析与回归分析	169
9.3 聚类分析法	172
9.3.1 相似性与距离	172
9.3.2 层次聚类法	174
习题	177
第 10 章 综合评价决策模型	179
10.1 模糊综合评价模型	179
10.2 层次分析法	182
习题	195
附录 1 相关系数检验表	196
附录 2 T 分布表 (简表)	197

附录 3 F 分布表	198
附录 4 DW 检验表.....	201
附录 5 χ^2 分布表	204
参考文献.....	205

第 1 章 经济预测技术

本章主要介绍与经济预测技术有关的各种概念、经济预测的目的、方法以及分类。并讨论做好经济预测工作的一般方法和步骤。

1.1 预测与经济预测概述

预测就是根据历史推测未来。明确地说，预测是在对历史资料进行整理和分析的情况下，采用一定的手段对不确定事件或未知事件进行估计或表述，属于探索未来的活动。从这个意义上来讲，预测是人类自古就有的活动。据《史记》记载，我国春秋战国时代就有根据市场上商品供求情况的变化来预测商品价格变化的思想（“……贵上极则反贱，贱下极则反贵……”）。著名的《孙子兵法》里大部分内容谈的都是预测问题。西方的情况也类似。比如西方的星象术也是占卜者根据所拥有的材料对未来进行估计或描述。在这些古代人们的预测活动中，通常都是经验的总结。用现在的术语来讲，属于定性预测的范畴。这还不能说形成为一门科学，只能说具有了预测的思想。

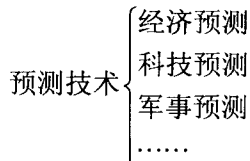
至于当代预测技术，一般认为起源于 20 世纪初。当时，随着资本主义经济危机的日益加剧，垄断资本迫切需要了解有关方面未来的前景以便进行垄断经济经营活动。到 20 世纪 20 年代，随着综合指数法、趋势外推法等方法的纷纷出现并应用于经济活动中，经济预测开始受到重视。

20 世纪 40 年代以后，预测技术在欧美得到了广泛传播，据统计，60 年代以来欧美各国建立了大量的预测咨询机构，70 年代世界各国已有 2 500 多家专业咨询机构从事与预测有关的咨询工作。在我国，50 年代就已经开展了预测的研究与运用。但由于历史的原因，直到改革开放以后，预测的研究和运用才真正得到了重视和发展。当代的预测技术一方面继续重视定性预测，另一方面则非常重视定量的预测技术。定量预测技术是运用科学的、数学的判断方法，对事物未来可能演变的情况作出数量上的推断的一种技术。

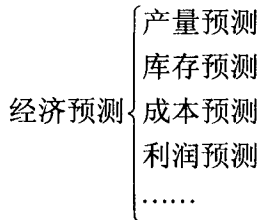
作出一个好的（准确的）预测需要两方面的知识：一是被预测对象本身所处学科领域的知识；二是预测方法本身的理论（主要是数学方面的有关理论）。

根据上面所说的预测的概念，预测存在于人们生活的各个方面。将预测技术应用于不同领域就可划分为不同的预测技术。用于经济领域则称为经济预测，用于军事领域则

称为军事预测，用于科技领域则称为科技预测等。



经济活动是十分复杂多变的，因此，经济预测还可以进一步划分为：



显然，从这些名词上不难理解各种预测的主要适用范围。同时，预测技术也有相对“一般”或者“标准”的方法。本书将主要讨论预测在经济方面的应用，讨论在经济方面相对“一般”或“标准”的基本方法和模型。

如上所述，经济预测是在遵循有关经济理论的基础之上，通过调查研究和有关的历史资料，以科学的定性分析判断和严格的定量分析为手段，对被预测对象有关的经济活动的发展演变规律进行分析和揭示，进而对预测对象的未来发展和演变预先作出科学的推断。

经济预测的目的和意义在现代市场经济环境下至少可以归结为以下四个方面：

(1) 在现代市场经济环境下，原材料的组织、产品的生产、加工和销售等各个环节都具有一定的不可捉摸性，科学的预测可以减少这种盲目性。

(2) 由于信息的不完全性和不对称性，对某项经济活动的历史数据进行整理和加工并作出科学的预测可以为企业制定战略发展目标提供依据，避免片面性和局限性。

(3) 当代社会科技迅猛发展，通过科学的预测可以为企业寻找到新的利润增长点。

(4) 预测是经济管理的重要环节。管理的关键在于经营，经营的关键在于决策，决策的关键在于预测。

1.2 经济预测的分类

经济预测从不同的角度进行分类，可以分为：

1.2.1 定性预测与定量预测

从使用数学工具的多少来划分，可以分为定性预测和定量预测。

所谓定性预测主要是运用经济理论以及预测者个人经验对预测对象的未来作出估计、描述、分析和判断，在定性预测中，并不是不用有关数据来进行计算，只是所用数学模型和工具较少。

定性预测常常为所谓传统的经济学家所采用。由于经济现象的复杂性，以及数学工具的局限性，由经验丰富的经济学家根据其知识和经验作出的定性预测（特别是在宏观经济预测方面）常常是准确的。定性预测进一步可以划分为：判断分析法、专家评估法（Delphi法）、市场调查法、类推法（比拟法）等。

定量预测则是在有关经济理论的基础上，利用历史数据建立有关的数学模型，通过数学模型的计算结果对未来的经济活动作出估计、描述、分析和判断。

由于经济活动是十分复杂的大系统，到目前为止的所有经济理论都不能完全、准确地描述经济现象，都只是针对“经济大象”作出的局部描绘。同时，数学工具在描述经济现象时也显得不够有力量（远远不够），所以，在实际的经济预测中，常常是定性预测与定量预测相结合，以提高预测的可信度。定量预测则可划分为：情景分析法、时间序列分析（移动平均法、指数平滑法、季节系数法以及Box-Jenkins法等）和因果分析（线性回归、非线性预测模型、投入产出方法以及计量经济模型等）。

1.2.2 短期预测、中期预测和长期预测

这是从预测的时间范围来划分的。划分短期、中期和长期预测的时间标准无法明确加以统一。但一般来讲，短期预测是指1~2年以内，甚至更短，如几个月、几周等。中期一般是指2~5年以内，而长期则是指5年以上的预测。

总的来说，预测精度随着预测周期的延长而降低。

1.2.3 微观预测、宏观预测以及地区与部门预测

从预测对象的范围来划分可以分为微观预测、宏观预测和地区与部门预测。

微观预测是指针对一个企业或公司范围内所作的各种经济预测。比如，企业产品的销售量预测、产量预测、市场占有率预测、产品成本预测等。

宏观预测是指对国家的整个国民经济活动总量进行分析和预测。比如，国内生产总

值 (GDP) 预测、国民收入预测、商品零售总额预测、财政收入与支出总量预测、货币供应总量预测等。

地区与部门预测则是以一个部门或地区的经济活动为研究对象, 预测其经济发展方向和前景。比如, 预测汽车工业的发展方向和前景, 石化产业的发展方向及前景预测, 深圳市综合经济发展目标, 内部产业比率及其调整的安排, 以及各种技术、经济效益指标的预测等。

当然, 这些划分不是绝对的。一个实际预测常常是各种预测形式的组合。比如, 预测某公司下个季度的销售量就是微观的、短期的、定性预测与定量预测相结合的预测。另外, 常用的预测方法有很多种, 要做好某项经济活动的预测, 关键在于针对该问题选择适当的数学模型并结合定性分析的手段。但由于各种方法都有其缺陷或限制, 所以, 常常是采用多种预测方法同时预测, 以便互相检验和印证, 并强调要以定性分析为根据、定量分析为手段, 使得定性预测和定量预测相结合。

1.3 经济预测的一般步骤

一般地说, 预测的对象是随机的, 与预测对象相联系的因素错综复杂, 预测对象不同, 其背景也不同, 与预测对象本身所处的学科领域的知识相结合, 应该采取不同的预测方法和手段。经济预测 (包括其他领域的预测) 一般应该遵循以下步骤:

1. 明确预测目的

首先要对有关情况进行分析和思考, 确定预测对象, 明确预测目的和目标。

2. 收集、整理有关预测对象的历史资料和数据

明确预测目的和目标以后, 应该尽可能将预测对象的历史资料和数据收集齐全, 并去伪存真、填平补齐、口径统一, 最后整理成一个完整、可用的数据样本。在这里, 往往需要对历史数据根据统计学的有关方法进行处理。

3. 建立预测模型

预测的数学模型繁多。对同一个预测对象, 通常可以采取不止一个数学模型。这时需要选择一个或几个符合预测对象特点的数学模型。这需要熟悉预测对象的背景和相关的预测模型。

4. 模型参数估计

数学模型一般是带有参数的。这里需要针对建立的数学模型进行相应参数的估计 (利

用收集到的数据样本），最终识别和确认所选用的具体数学模型。

5. 模型检验

针对第4步建立的具体数学模型进行合理性检验、误差检验等。如有必要，还需回到第3步。

6. 预测与结果分析

运用前面建立的数学模型，使用有关预测对象的数据样本作出预测，并在有关经济理论的基础上作出合理分析和解释。

1.4 预测方法的选择及其结果评价简述

前面已经讨论了经济预测的目的、意义及其分类等问题。在本书后面章节中将主要按照定量预测的若干种方法展开讨论。这里作为经济预测的综述，将先行初步讨论预测方法的选择及其预测结果的评价等问题。

1.4.1 预测方法的选择

正如前面所讨论的那样，任何经济预测都需要经历明确预测目标、收集历史数据、建立（选择）数学模型、估计模型参数并检验、得到预测结果并分析、评价预测结果等步骤。由于经济现象十分复杂以及数学手段的有限性，不论什么数学模型，在进行经济预测时都是近似的，甚至有时预测结果与实际之间相差较大。所以，对预测方法的合理选择（建立）是搞好预测工作的核心。对于预测方法的选择，不仅要考虑预测对象的特征，而且要考虑到预测方法本身的特性以及预测的成本和预测收益等方面。

1. 预测对象的特征

在进行经济预测时需要考虑的预测对象的特征主要有以下几方面：

(1) 预测的时间范围。不论什么层次的预测都有自己的时间范围。预测者在进行预测工作时必须考虑到自己预测的目的是短期、中期还是长期，这与预测方法的选择有直接的关系。有些预测方法适用于短期预测，有些预测方法则适用于中期或长期预测。一般来说，随着预测时间的延长，预测精度会降低。

(2) 预测对象的性质。按照预测对象可知信息的利用程度，可以将其划分为白色、灰色以及黑色系统等，也可以将其划分为确定性的和随机性的。在选择预测方法时应该充分考虑到预测对象的这些信息。比如，预测对象的大部分信息未知，只知道某些信息，

则可以选择灰色预测模型；将某些因果分析看成为有随机因素影响，则可以选择回归分析；如果忽略随机因素的影响，则可以从曲线拟合的角度选择、建立数学模型。

(3) 经济过程的平稳性。经济过程的平稳程度直接影响到预测模型的选择。当某个经济现象其过程是平稳运行时，只需用预测方法揭示出规律性，并定期检验就可以满足决策者的要求。如果经济运行过程波动较大，则需要经常收集更新历史数据，并注意最近期的数据对预测的重要性。比如，近几年我国宏观经济运行平稳，对宏观经济进行预测就比较简单。而证券市场起伏波动较大，在对与证券市场有关的问题进行预测时就需要不断更新历史数据，对所用预测方法进行不断修正。

(4) 决策的目的及其详细程度。决策目的不同，决策的详细程度不同，显然所采用的方法也不同。对于决策目的，可以分为控制性决策和计划性决策。控制性决策是指决策的目的在于控制经济运行过程，这时，预测应该是详细、周详的。计划性决策通常需要假定经济运行过程按照当下的发展趋势进行，此时，预测不用太过详细，应该在于揭示未来可能的演变方向和趋势，更加合理的预测可以是区间预测。

2. 预测方法的特征

(1) 预测方法本身所使用的时间范围。与预测者自己所确定的时间范围不同，这是指预测方法本身的局限性。有些方法只适用于对短期事件作出预测，比如后面将要介绍的某些时间序列预测方法。有些方法则比较适用于对中长期事件作出预测，同样是时间序列，有些方法就属于此列。

(2) 通过预测方法得到结果的精度。一般来说，通过简单方法得到的预测结果精度比较低。但也未必是越复杂的方法，预测精度就越高。同时，在多数情况下，同样的问题往往可以用不同的预测模型进行预测，因此，为了提高预测精度，应该对同一个问题进行多种方法的选择，并将定性预测、分析与定量手段相结合，也可以采用加权预测的思想。

设 \hat{y}_i ($i=1,2,\dots,m$) 是同一个问题通过 m 种预测方法（每种方法都通过各自的检验）所得到的预测结果， y'_{ij} 是第 i ($i=1,2,\dots,m$) 种预测方法对原始数据 y_j ($i=1,2,\dots,m$) 的模拟值。则这 m 种方法的加权预测值为：

$$J = x_1 \hat{y}_1 + x_2 \hat{y}_2 + \dots + x_m \hat{y}_m$$

其中， $\sum_{i=1}^m x_i = 1$ ， $x_i \geq 0$ ，($i=1,2,\dots,m$)。 $e_{ij} = \hat{y}_{ij} - y_j$ 表示第 i 种预测方法对第 j 个历史数据的模拟值 ($j=1,2,\dots,n$) 之间的误差，记

$$E_j = \begin{pmatrix} e_{1j}^2 & e_{1j}e_{2j} & \cdots & e_{1j}e_{mj} \\ e_{1j}e_{2j} & e_{2j}^2 & \cdots & e_{2j}e_{mj} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{1j}e_{mj} & e_{2j}e_{mj} & \cdots & e_{mj}^2 \end{pmatrix}$$

则有

$$\begin{aligned} L &= \sum_{j=1}^n (\hat{J}_j - y_j)^2 = \sum_{j=1}^n (x_1 \hat{y}_{1j} + x_2 \hat{y}_{2j} + \cdots + x_m \hat{y}_{mj} - y_j)^2 \\ &= \sum_{j=1}^n (x_1 e_{1j} + x_2 e_{2j} + \cdots + x_m e_{mj})^2 = \sum_{j=1}^n x^T E_j x \end{aligned}$$

那么, 确定这些系数 x_i 按照最优化的思想, 可以求 x_i 满足:

$$\begin{aligned} \min L &= \sum_{j=1}^n x^T E_j x \\ \text{s.t.} & \sum_{i=1}^m x_i = 1, \quad x_i \geq 0, \quad i=1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (1-1)$$

通过求解二次规划 (1-1) 得到系数 x_i ($i=1, 2, \dots, m$), 最后得到加权预测值 J 。除了这种优化方法确定加权系数以外, 还有诸如等权法、递规等权法等。

3. 仔细分析、利用历史数据的特点

经济活动中的历史数据大致上可以分为趋势型、季节型、水平型和循环型四种, 或者是这四种类型的组合。结合历史数据的这些特点, 选择合适的预测方法能够提高预测的精度。关于历史数据的这些特点在本书后面章节中将会论述。在选择预测方法时, 除需要考虑上述问题外, 还需要考虑预测工作的成本、预测模型的适用性等问题。

1.4.2 预测结果的评价

在预测工作中, 不论采用什么样的预测方法和手段都不可能与预测对象的未来保持完全的一致。实际上, 预测是用历史数据去推测预测对象的未来表现。所以, 对预测结果的评价也是建立在预测方法得到的历史数据的模拟值与真实的历史数据之间的拟合程度之上的。假设有 n 个历史数据 y_j ($j=1, 2, \dots, n$), 通过某种预测方法得到其模拟值 \hat{y}_j ($j=1, 2, \dots, n$), 对此, 有如下一些指标可以从不同角度来评价预测的结果:

(1) 平均绝对误差 MAD 。这是 n 个模拟值绝对误差的平均值, 这个值越小越好。

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |e_j| = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |\hat{y}_j - y_j| \quad (1-2)$$

(2) 相对误差绝对值的平均值 *AARE*。这是 n 个模拟值相对误差绝对值的平均值。

$$AARE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |\tilde{e}_j| = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left| \frac{\hat{y}_j - y_j}{y_j} \right| \quad (1-3)$$

这个值越小，预测的精度就越高。若以百分数表示这个指标的计算结果，一般来说，预测精度的接受程度利用 *AARE* 的评价参考标准如表 1-1 所示。

表 1-1 评价预测精度的 *AARE* 参考标准

<i>AARE</i> 范围	预测模型精度
10%以下	精度很高
10%~20%	精度良好
20%~50%	预测较为可行
50%以上	预测不可行

(3) 方差 S^2 。这个指标反映的是误差的平方和，与平均绝对误差 *MAD* 类似。

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e_j^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\hat{y}_j - y_j)^2 \quad (1-4)$$

其算术平方根 S 称为标准差，其作用与 S^2 一样，但量纲不一样。

(4) 不等系数 *IC*。

$$IC = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\hat{y}_j - y_j)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \hat{y}_j^2} + \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j^2}} \quad (1-5)$$

IC 的值介于 0 和 1 之间，越接近 0 说明预测精度越高，越接近 1 说明预测精度越差。

(5) 修正的不等系数 *RIC*。

$$RIC = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^n (\hat{y}_j - y_j)^2}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n y_j^2}} \quad (1-6)$$

RIC 的值介于 0 和 ∞ 之间，越接近 0 说明预测的精度越高。如果 $RIC=0$ ，则称为完美预测。此外，还有很多其他指标可以用来衡量预测的精度，在这里不再继续讨论。另外，