

# 马尔科夫模型在企业技术工人供给预测中的应用

林 筠, 师红洲

(西安理工大学 工商管理学院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 基于马尔科夫过程, 建立了企业技术工人供给预测模型; 通过对具体历史数据的收集, 找出组织人事变动的规律, 由此推断未来人事变动的趋势。以某钢铁集团企业为案例, 最后, 对算法进行了实证分析。

关键词: 技术工人供给; 预测; 马尔科夫模型

中图分类号: F272.92

文献标识码: A

文章编号: 1001- 7348(2007) 03- 0123- 02

## 0 引 言

技术工人是应用型技能人才, 是将科学技术成果和先进工艺技术转化为现实生产力、促进经济增长方式转变的重要力量。然而在我国的一些企业, 却出现了技术工人短缺的现象。Shani D. Carter(2005)应用供给模型和时间序列分析模型, 通过 1990~2003 年期间美国的计算机、机械制造、健康护理等行业高级技术工人的需求与供给情况的研究, 得出, 雇主对受过高级培训和获得技术资格证书雇员的需求一直处于增长趋势<sup>[1]</sup>。因此, 进行技术工人的供给预测对我国企业来讲, 也显得尤为必要。在人力资源预测的方法中, 马尔科夫模型应用比较广泛。马尔科夫模型预测是将时间序列看作一个随机过程, 通过对事物不同状态的初始概率与状态之间转移概率的研究, 确定状态变化趋势, 预测事物的未来。在人员数量预测的方法中, 马尔科夫过程预测技术不需要连续不断的历史数据, 只需要近期的资料就可以预测未来。

## 1 马尔可夫模型的建立

### 1.1 马尔可夫模型的基本假定

在一定的时间段中, 从某一状态转移到另一状态的人数比例与以前的比例相同, 这个比例称为转移率, 以该时间段起始时刻的总人数的百分值来表示。所以, 可根据过去的时间段中人员流动的资料来构成转移矩阵, 作为预测的依据。当事物的未来发展及演变状态仅仅受事物现状的影响, 而与过去的状态无关, 则称其具有马尔可夫性<sup>[2]</sup>。

如果给定各个状态的人数、转移率和从外界补充进来

的人员数目, 那么各类人员在未来某时刻的人数就可以预测出来。这一转移模型可以用以下公式来描述:

设  $X_t$  是  $t$  时刻事物所处的状态, 对于任意的整数  $n$  以及  $i, j, i_k (k=0, 1, 2, \dots, n-1)$  有:

$$P\{X_{n+1}=j|X_n=i_n, X_{n-1}=i_{n-1}, \dots, X_0=i_0\} = P\{X_{n+1}=j|X_n=i\} \quad (1)$$

如果上式中的条件概率与  $n$  无关, 即:

$$P\{X_{n+1}=j|X_n=i\} = \dots = P\{X=j|X_0=i\} = P_{ij}^{(1)} \quad (2)$$

$P_{ij}^{(1)}$  表示由状态  $i$  经过一步转移到状态  $j$  的概率, 具有

下列性质:

$$0 \leq P_{ij} \leq 1 \quad i, j=1, 2, \dots, n$$

考虑到人力资源供给的特殊性, 即存在人员离职、退休问题, 所以

$$P_{ij} \leq 1 \quad i=1, 2, \dots, n$$

事物有几种状态, 则从某一状态开始, 相应有几个状态转移概率, 将事物  $n$  个状态的转移概率依次排列, 得到一个状态转移概率矩阵:

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

### 1.2 需求预测模型的建立

设事物有  $n$  个互不相容的状态, 其初始概率向量为:

$$S^{(0)} = [S_1^{(0)} \ S_2^{(0)} \ \dots \ S_n^{(0)}]$$

其中  $S_i^{(0)}$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) 为处于初始状态  $i$  的初始概率, 且有  $S_i^{(0)} \geq 0$ , 若经过  $t+1$  步转移后处于状态的概率向量为:

$$S = [S_i | i=1, 2, \dots, n]$$

收稿日期: 2006- 07- 25

作者简介: 林筠(1963-), 女, 陕西西安人, 西安理工大学工商管理学院副教授, 硕士研究生导师, 研究方向为人力资源开发与管理; 师红洲(1979-), 男, 陕西渭南人, 西安理工大学工商管理学院硕士研究生, 研究方向为人力资源开发与管理。

由切普曼——柯尔莫哥洛夫方程可知:

$$S^{(t+1)} = S^{(t)} \cdot P_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

写成矩阵形式, 即有:

$$[S_1^{(t+1)} \ S_2^{(t+1)} \ \dots \ S_n^{(t+1)}] = [S_1^{(t)} \ S_2^{(t)} \ \dots \ S_n^{(t)}] \cdot \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix} \quad (5)$$

由递推关系则有:

$$\begin{aligned} S^{(1)} &= S^{(0)} \cdot P \\ S^{(2)} &= S^{(1)} \cdot P \\ &\dots \\ S^{(t)} &= S^{(t-1)} \cdot P \end{aligned} \quad (6)$$

上述有限个马尔可夫过程的整体称为马尔可夫链。满足马尔可夫链的事物过程具有如下的3个特点<sup>[3]</sup>:

- (1) 过程的离散性, 事物的发展在时间上可离散化为有限或可列个状态。
- (2) 过程的随机性, 系统内部从一个状态转移到另一个状态是随机的。转变的可能由系统内部以前的历史情况的概率值表示。
- (3) 过程的无后效性, 系统内部的转移概率只与当前状态有关, 而与以前的状态无关。

马尔可夫模型可通过全面预测企业内部人员转移, 从而有效地预知企业内部人力资源供给状况。但该模型是建立在企业内部人员有规律地转移, 并且转移概率存在一定规律的基础上的, 即从某一状态转移到另一状态的人数比例与以前的比例基本一致。

## 2 案例应用及分析

某钢铁集团企业到2005年初共有技术工人62233人, 可以分为5大类: 初级工、中级工、高级工、技师、高级技师, 分别有19523人、29298人、11761人、1476人和175人。该企业技术工人结构在长期、动态的调整过程中, 主要有以下几种形式: 初级工晋升中级工、流动离岗或退休; 中级工晋升高级工、流动离岗或退休; 高级工晋升技师、流动离岗或退休; 技师晋升高级技师、流动离岗或退休。如果某一名技术工人年初为初级工, 则随着时间的推移, 年末其一定处于初级工、中级工、高级工、技师、高级技师、流失退休这几种状态之一。技术工人在企业内外进行流动和转移, 即人员补充和聘任、等级晋升和流失退休, 可理解为一类状态转移的现象。技术工人从当前的一类状态转移到以后的另一类状态的可能性, 可以归结为一种概率估计和概率预测问题。本文研究的企业技术工人供给预测是在假定一定时期人力资源管理政策不变的前提下进行的, 符合马氏链的要求。

### 2.1 确定技术工人流动转移概率矩阵

转移概率矩阵中每一个元素表示从一个时期到另一个时期人员流动的历史平均百分比, 一般以5~10年的周期来

估计年平均转移概率。周期越长, 根据过去人员的流动情况所推测的未来人员流动情况就越准确。根据该企业集团历年统计年鉴数据, 计算出每一级别的技术工人向另一级别转移的平均概率, 据此概率建立一个人员变动矩阵表, 即技术工人的转移概率矩阵:

$$P = \begin{pmatrix} 0.6 & 0.35 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.68 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.78 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.81 & 0.02 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.79 \end{pmatrix}$$

### 2.2 供给人数预测计算过程

以2005年初的各级别技术工人初值为, 根据上述概率转移矩阵, 预测第二年及以后各年该钢铁集团企业技术工人供给人数。通过对该企业2000~2004年这5年的技术工人数的计算, 得出, 该企业内部各级别技术工人流动情况趋于稳定。据此可以推算今后几年的技术工人供给情况:

- 2006年:  $S = [17\ 531 \ 24\ 584 \ 17\ 077 \ 2\ 687 \ 173]$ 。
- 2007年:  $S = [17\ 341 \ 22\ 916 \ 18\ 237 \ 3\ 372 \ 191]$ 。
- 2008年:  $S = [17\ 314 \ 21\ 714 \ 18\ 808 \ 4\ 008 \ 218]$ 。
- 2009年:  $S = [17\ 356 \ 20\ 885 \ 19\ 013 \ 4\ 563 \ 253]$ 。
- 2010年:  $S = [17\ 415 \ 20\ 334 \ 19\ 007 \ 5\ 027 \ 291]$ 。

由上面的计算结果可以得到附表。

附表 某钢铁集团企业技术工人供给预测结果 (单位: 人)

供给预测	初级工	中技工	高级工	技师	高级技师
2006年	17 531	24 584	17 077	2 687	173
2007年	17 341	22 916	18 237	3 372	191
2008年	17 314	21 714	18 808	4 008	218
2009年	17 356	20 885	19 013	4 563	253
2010年	17 415	20 334	19 007	5 027	291

注: 在计算过程中假设每年因退休、流失的技术工人能够得到及时补充

### 2.3 预测结果分析

到2005年底, 利用马尔可夫模型预测该企业初级技术工人数为11714人、中级工26755人、高级工15033人、技师2019人、高级技师168人、流失或退休6544人。已知2005年底企业各级别的技术工人实际值分别为: 初级工11823人、中级工26983人、高级工14902人、技师1997人、高级技师163人、流失或退休6365人。比较两者可知, 预测误差分别为: 0.93%、0.85%、0.87%、1.09%、2.98%和2.74%, 误差值都较小, 可以认为应用马尔可夫模型对企业技术工人人数预测是十分可行的。马尔可夫模型预测的结果表明: 某钢铁集团企业对高级技能人才的需求在一定时期内会一直处于增长趋势。

## 3 结论

本文通过建立马尔科夫模型, 对某钢铁集团企业的技术工人供给情况进行了预测。企业供给的技术工人人数经过多次转移后的数量如何, 主要取决于技术工人如何转移

# 粗糙集理论在高技术项目 投资风险评价中的应用

柯 孔 林

(浙江工商大学 金融学院, 浙江 杭州 310035)

摘 要: 在建立高技术项目风险评价指标体系的基础上, 根据粗糙集理论构建风险评价模型, 将模型输出的客观权重与专家确定的主观权重相结合, 对高技术项目投资风险进行主客观综合评价, 成功克服了传统风险管理的局限性和仅依赖专家经验决策等弊端, 较好地为风险投资机构的投资决策提供了参考。

关键词: 高技术; 风险投资; 风险评价; 粗糙集理论

中图分类号: F224.5

文献标识码: A

文章编号: 1001- 7348(2007) 03- 0125- 04

## 0 前 言

风险投资者在选择高技术项目时, 除了进行常规的可行性研究外, 加强对风险的控制与评价显得尤为重要, 它不仅是进一步控制与管理风险的前提, 更是投资决策的重要依据, 直接关系到投资的成败。对高技术项目投资风险进行评价时, 通常采用专家意见法, 这就使得指标和权重的确定带有很大的主观性, 评估过程过长, 不适宜大规模评价。传统的期限结构理论、均值- 方差理论、资本资产定价模型、期权定价理论、VAR 模型等理论由于基于理想化假设及需要历史数据预测, 神经网络模型没有解释能力, 使得它们在风险投资中的应用具有很大的局限性<sup>[1]</sup>。

粗糙集理论是波兰学者 Pawlak 教授于 20 世纪 80 年代

提出的一种研究不完整、不确定知识和数据的表达、学习和归纳的理论方法, 目前已成为人工智能领域的一个新学术热点<sup>[2]</sup>。由于其不需要建立解析式的数学模型, 无需提供问题所需处理的数据集合之外的任何先验信息, 完全由数据驱动来确定各个指标的重要性, 现已被广泛应用于人工智能、模式识别、决策支持与分析、银行贷款风险管理等领域<sup>[3]</sup>。针对以往所用评价模型主观性强、解释性弱的弊端, 本文尝试着将近年来备受信息科学领域研究者重视的粗糙集理论引入到高技术项目投资风险评价中, 为投资风险管理实现人工智能打下基础。

本文在建立高技术项目投资风险评价体系的基础上, 提出了一种基于粗糙集理论的多指标综合评价方法, 将投资风险评价指标客观权重确定问题转化为粗糙集中指标

(即人员转移概率分布)。因此企业在应用马尔科夫模型对技术工人进行供给预测时, 应考虑以下两点: 企业技术工人的合理比例。一般说来, 当企业处于发展初期时, 技术工人增长较快, 即人员转移概率较大; 企业技术工人增加到一定数量后, 增长就会慢下来, 即人员转移概率变小。也就是说企业都会存在不同级别技术工人最优组合的问题。

企业技术工人的平均年龄。据湖北省社会科学院课题组对全国 2 084 家企业抽样调查的统计数据显示, 在 46~60 岁年龄段的技术工人中, 高级工、技师、高级技师分布的比例依次为: 25.03%、32.16%、41.79%<sup>[4]</sup>。总体来看, 我国技术工人队伍的平均年龄偏大, 因此企业应该根据技工队伍发展的不同阶段, 技术工人的平均年龄变化, 对人员转移概率分布作适当的调整。

## 参考文献:

- [1] Shani D. Carter. The growth of supply and demand of occupational-based training and certification in the united states[J]. Human Resource Development Quarterly, 2005, vol. 16, No.1, pp33- 54.
- [2] 夏莉, 黄正洪. 马尔可夫链在人力资源预测中的应用[J]. 统计与决策, 2005, (2): 120.
- [3] 初铭畅. 马尔可夫模型在高校人力资源管理中的应用[J]. 辽宁工学院学报, 2004, (4): 52.
- [4] 冯桂林. 我国高技能人才需求问题的调查与思考[J]. 江汉论坛[J], 2005, (8): 126- 130.

(责任编辑: 胡俊健)

收稿日期: 2006- 04- 03

作者简介: 柯孔林(1978- ), 男, 浙江三门人, 浙江工商大学金融学院讲师, 西安交通大学金禾经济研究中心博士研究生, 研究方向为风险管理及投资决策分析。