

文章编号:1671-8879(2007)01-0076-04

公路建设项目效用评价体系与方法

王 升, 吴群琪

(长安大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:针对目前中国公路建设项目评价内容和方法的局限性,依据效用理论,建立了公路建设项目总效用评价指标体系,对社会评价和环境评价内容进行了补充和完善。采用层次分析法确定各评价指标的权重,通过建立效用函数确定各评价指标的效用值,最后通过总效用函数模型求得公路建设项目总效用值。对青岛—银川高速公路(河北段)的实证研究结果表明,这种量化的评价方法加强了公路建设项目之间的可比性,在公路建设项目方案选择、项目序列遴选、路间规划等方面具有很好的适用性。

关键词:交通工程;公路建设;效用理论;层次分析法;评价体系;效用值

中图分类号:U412.21

文献标志码:A

Evaluation system and method of utility on highway construction projects

WANG Sheng, WU Qun-qi

(School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: The limitation of evaluation content and method on highway construction projects at present in China is discussed. According to utility theory, a total utility evaluation indices system on highway construction projects is set up, which complements and perfects the content of society and environment evaluation indices. Using analytic hierarchy process (AHP) to ascertain the weighing of every index and to ascertain the value of every index by constructing utility function, the total utility value of highway construction projects can be determined by total utility function model. The empirical research on Qingdao—Yinchuan expressway proves that this utility evaluation system can give a comparison of different highway construction projects, it has a great meaning for selecting optimum project and planning highway network. 4 tabs, 2 figs, 9 refs.

Key words: traffic engineering; highway construction; utility theory; analytic hierarchy process (AHP); evaluation system; utility value

0 引 言

目前中国对公路建设项目的立项审批,主要依据 1996 年 12 月交通部颁布的《公路建设项目可行性研究报告编制办法》^[1],其中采用的评价方法主要

是经济评价方法。随着中国社会经济的快速发展,这种评价方法的局限性日益突出,主要表现为:不能全面反映公路建设项目对地方社会经济整体的影响和作用,缺乏对地方经济拉动、消除贫困、生态影响、社会稳定以及文化教育等方面的效用评价。

收稿日期:2006-03-06

基金项目:交通部公路基础设施建设规划前期项目(20050316)

作者简介:王 升(1970-),男,黑龙江齐齐哈尔人,博士研究生,E-mail:wyx720@yahoo.com.cn.

近年来,中国学者对丰富和完善公路建设的评价指标体系发展做出了积极努力^[2-4]。但总体来说,这些研究大多侧重于某一方面,没有形成比较全面地评价指标体系,而且以定性评价为主,缺乏必要的量化手段,最终评价结果直观性不强,缺乏一定的说服力。为此,本文运用效用理论,尝试建立公路建设项目效用评价的体系与方法。

1 效用理论依据

效用的概念最早是由 Bernoulli 提出的,效用及效用函数的引入使经济学的发展产生了飞跃。随后 Von Neumann 和 Morgenstern 提出的一集效用理论,对决策论和经济理论有着巨大的影响^[5]。一集效用理论给出了决策人的价值与效用函数存在一致性的条件,即理性公理。由于基数效用在正线性变换下是唯一的^[6],则总效用可表示为

$$U = \sum W_i U(f_i) = W_1 U(f_1) + W_2 U(f_2) + \dots + W_n U(f_n)$$

式中: U 为总评价效用; W_1, W_2, \dots, W_n 为评价指标的相应权重; $U(f_1), U(f_2), \dots, U(f_n)$ 为评价指标的相应用。

2 公路建设项目效用评价指标体系

全面评价公路建设项目应包括 4 方面的内容,分别为经济评价、技术评价、社会评价和环境评价。这 4 方面内容为一级指标,每部分内容根据需要下分二级、三级指标。

2.1 经济效用评价指标

传统的经济评价包括国民经济评价和财务评价(公路收费项目),本文加入间接效益评价内容。国民经济效用评价指标包括效益费用比(BCR)、经济净现值(NPV)、经济内部收益率(IRR)和投资回收期(N);财务评价指标有财务净现值(FNPV)、财务内部收益率(FIRR)、投资回收期(N);间接效益评价指标有二、三产业比重、地区 GDP 的增长率等。

2.2 技术效用评价指标

技术效用评价指标包括路网密度、交通量大小、行驶时间变化和货物运输量变化等。

2.3 社会效用评价指标

社会效用评价是本文的重点,考察公路建设项目在社会效益方面所起到的效用,这方面的评价在以后道路建设项目评价中的比重将逐渐增大。社会效用的评价指标有贫困人口数量、文化教育(儿童失学率、教育经费支出)、城镇失业率、接待游客人数和

社会消费品零售总额等。

2.4 环境效用评价指标

环境效用评价的指标有环境污染指标(空气质量、噪音声达标率),绿化覆盖率和土地利用状况(耕地面积比重、建设用地增长率)等。

根据以上指标划分,建立公路建设项目效用评价体系,如图 1 所示。

3 效用评价方法

3.1 效用理论及评价指标体系

公路建设项目的总效用可表示为

$$U = W_1 U(f_1) + W_2 U(f_2) + W_3 U(f_3) + W_4 U(f_4) \quad (1)$$

式中: U 为公路建设项目总评价效用; W_1, W_2, W_3, W_4 分别为经济、技术、社会和环境评价指标的相应权重; $U(f_1), U(f_2), U(f_3), U(f_4)$ 分别为经济、技术、社会和环境评价指标的相应用。

同样,每一个评价指标的效用都是由下级指标效用决定,于是经济效用又可表示为

$$U(f_1) = W_{11} U(f_{11}) + W_{12} U(f_{12}) + W_{13} U(f_{13})$$

式中: $U(f_1)$ 为公路建设项目的经济效用; W_{11}, W_{12}, W_{13} 分别为国民经济、财务评价和间接效益评价指标的相应权重; $U(f_{11}), U(f_{12}), U(f_{13})$ 分别为国民经济、财务评价和间接效益评价指标的相应用。

其他评价指标以此类推。

3.2 效用评价指标权重的确定

本文采用层次分析法(AHP)确定各效用评价指标的权重^[7],指标层次划分见图 1。

3.3 各级评价指标效用值的确定

要确定效用值,首先要建立效用函数。建立效用函数就是在假定同一指标的不同值对于评价目标所提供的用处或价值(效用值),遵从同一折算标准的条件下,找出效用 U 与指标值 O 之间的函数表达式 $U(O)$ 及函数关系曲线。

若规定指标的最大值 O_{\max} 的效用 $U(O_{\max})$ 为 1,最小值 O_{\min} 的效用 $U(O_{\min})$ 为 0,这里的折算标准就是设法找出比 O_{\max} 差一些,比 O_{\min} 好一些,在 0.5 概率下出现最大指标值及在 0.5 概率下出现最小值的事态体等价的某一指标值 O_e ,其效用为 0.5,这是衡量指标值所能提供的效用大小的标准。

(1)原始数据的处理。先对指标进行同趋势化处理,再将每一指标的不同数值进行极差规格化,把数值换算为 $[0, 1]$ 区间上的数,其公式为

$$x = (O - O_{\min}) / (O_{\max} - O_{\min}) \quad x \in [0, 1] \quad (2)$$

目标层
中间层
指标层
子指标层

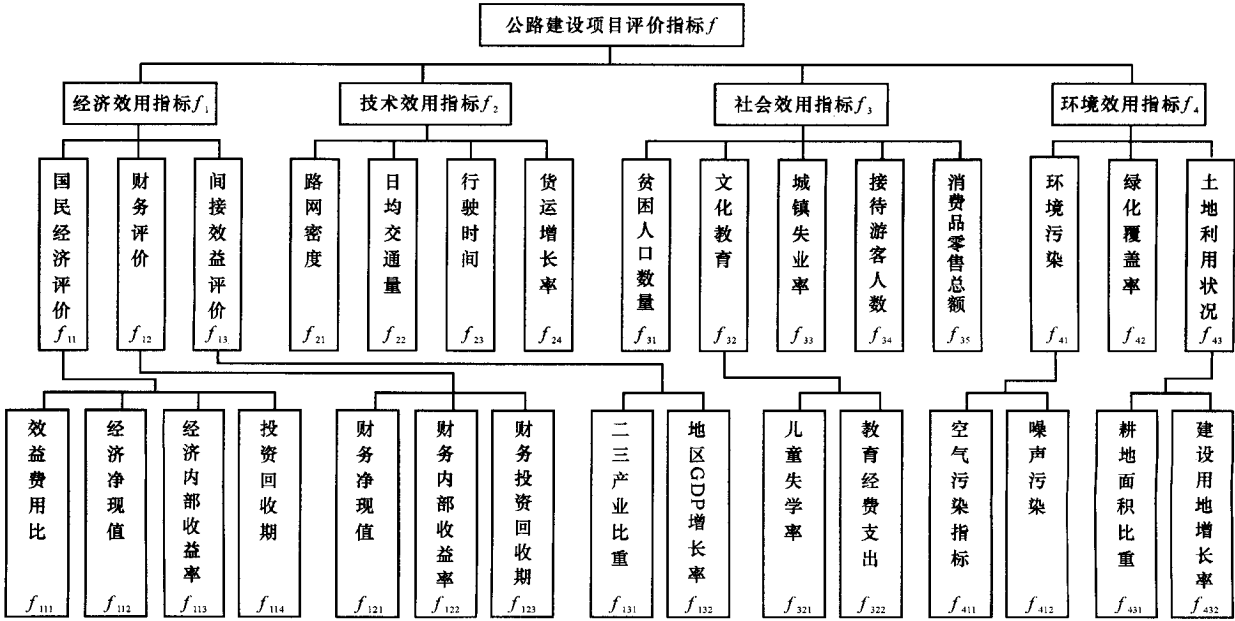


图1 公路建设项目效用评价指标体系

这时, U 与 O 之间的函数关系 $U(O)$ 就转变为 U 与 $[0,1]$ 区间上的 x 值之间的函数关系 $U(x)$ 。

(2)确定折算标准 ϵ 。通常采用心理测验法来确定,先请有经验的决策人员或专家,找一个与在概率为 0.5 的条件下出现最好结果和在概率为 0.5 条件下出现最差结果的事态体相等价的某一指标结果 O_ϵ ,然后对最好结果 O_{\max} 与 O_ϵ 、最差结果 O_{\min} 与 O_ϵ 再进行一次心理测验,分别得到 O_{ϵ_1} 、 O_{ϵ_2} 、 O_{ϵ_1} 的效用为 $U(O_{\epsilon_1})=1\times0.5+0.5\times0.5=0.75$, O_{ϵ_2} 的效用 $U(O_{\epsilon_2})=0.5\times0.5+0\times0.5=0.25$,最后再对 O_{ϵ_1} 和 O_{ϵ_2} 进心理测验得到结果 O_{ϵ_3} ,其效用 $U(O_{\epsilon_3})=0.75\times0.5+0.25\times0.5=0.5$ 。由于 $U(O_\epsilon)=U(O_{\epsilon_3})$,所以 O_ϵ 与 O_{ϵ_3} 等价;若 O_ϵ 与 O_{ϵ_3} 不等价,说明测得的 O_ϵ 有偏差,应该重新测定,直到 O_ϵ 与 O_{ϵ_3} 等价为止。折算标准 ϵ 取 O_ϵ 所对应的 x 值 x_ϵ , x_ϵ 可用式(2)求得,其效用值为 $U(\epsilon)=U(x_\epsilon)=0.5$ 。

(3)建立效用函数。当 $\epsilon<0.5$ 时,效用函数曲线为一条上凸曲线;当 $\epsilon>0.5$ 时,效用函数曲线为一条上凹曲线;当 $\epsilon=0.5$ 时,表明益损值的效用大小与益损值本身的大小成正比,效用函数曲线为一直线(图 2)。

建立效用函数,如表 1 所示。其中 $\epsilon<0.5$ 和 $\epsilon>0.5$ 的效用函数是对称的,当 $\epsilon<0.5$ 时,系数 b 、 c 可通过取一些特殊效用点及其对应的 x 值进行线性回归来

求得;当 $\epsilon>0.5$ 时,可利用对称性转化为 $\epsilon'=1-\epsilon<0.5$ 来求得 b 、 c ^[8-9]。

表 1 效用函数

ϵ 值	效用函数表达式
$\epsilon<0.5$	$U(x)=c+b\ln[x+\epsilon^2/(1-2\epsilon)]$
$\epsilon>0.5$	$U(x)=1- c+b\ln[(1-x)+(1-\epsilon^2)/(1-2(1-\epsilon))] $
$\epsilon=0.5$	$U(x)=x$

(4)对效用函数进行修正。经过测算,当 $\epsilon<0.5$ 时,求得的效用值偏高;当 $\epsilon>0.5$ 时,求得的效用值偏低。即当 $x=0$ 时, $U(x)\neq0$,此时对效用函数进行如下调整

$$U'(x)=U(x)-U(0)$$

可以看出,当效用函数建立起来以后,要求取函数效用值,关键在于评价指标折算标准 ϵ 的确定,需要决策人或专家反复进行“辨优”判定,这也是效用评价的特点,将人们的主观偏好判断与客观指标数据结合在一起,达到定性与定量相结合的全面评价效果。

4 实例分析

本文通过对青岛—银川高速公路(河北段)的全面效用评价来具体说明公路建设项目效用评价的过程。该路段全长 181.859 km,总投资 44.864 亿元。下面依据图 1 公路建设项目效用评价体系对这一路段进行效用评价。

4.1 计算各评价指标的权重

按照图 1,采用层次分析法(AHP)确定各层指

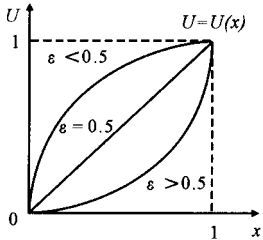


图2 效用函数曲线

标的权重。

以计算 f_{11} 子指标的权重为例。首先用“1~9 比率标度”,请专家对 f_{11} 指标下的子指标进行两两比较打分,得出比较矩阵。因为 $n=4$,计算出各子指标权重后还要进行一致性检验,如表 2 所示。

表 2 f_{11} 指标下子指标权重判断矩阵

指标	f_{111}	f_{112}	f_{113}	f_{114}	总合	W 归一化权重
f_{111}	1	5	3	7	16.00	0.51
f_{112}	1/5	1	1/3	3	4.53	0.14
f_{113}	1/3	3	1	5	9.33	0.30
f_{114}	1/7	1/3	1/5	1	1.67	0.05

f_{11} 判断矩阵的一致性判断值 $V_{CR}=V_{CI}/V_{RI}\leqslant 0.10$,具有满意的一致性,检验通过。

同理,可依此类推取得其他各指标层的权重分配值,如表 3 所示。

表 3 青岛—银川高速公路(河北段)效用评价体系各级指标权重

指标	权重 W	指标	权重 W	指标	权重 W	指标	权重 W
f_1	0.30	f_{23}	0.28	f_{43}	0.30	f_{132}	0.70
f_2	0.20	f_{24}	0.25	f_{111}	0.51	f_{321}	0.40
f_3	0.30	f_{31}	0.09	f_{112}	0.14	f_{322}	0.60
f_4	0.20	f_{32}	0.33	f_{113}	0.30	f_{411}	0.50
f_{11}	0.54	f_{33}	0.25	f_{114}	0.05	f_{412}	0.50
f_{12}	0.33	f_{34}	0.17	f_{121}	0.25	f_{431}	0.40
f_{13}	0.13	f_{35}	0.16	f_{122}	0.50	f_{432}	0.60
f_{21}	0.22	f_{41}	0.45	f_{123}	0.25		
f_{22}	0.25	f_{42}	0.25	f_{131}	0.30		

4.2 各评价指标效用值的计算

以计算效益费用比(f_{111})指标的效用值为例。经专家分析,在概率均为 0.5 的情况下, f_{111} 的最好结果值为 1.2(效用值为 1),最坏结果值为 0.94(效用值为 0),则这个方案的效用值为 0.5。通过反复“辨优”,确定等价方案 O_ϵ 是当 ϵ 等于 1.05 时效用值也为 0.5。再将 O_ϵ 方案分别与最好结果和最坏结果组合辨优,又分别得到两个等价方案, O_{ϵ_1} 是 ϵ_1 等于 1.09 时效用值为 0.75, O_{ϵ_2} 是 ϵ_2 等于 0.97 时效用值为 0.25。最后再对 O_{ϵ_1} 和 O_{ϵ_2} 组合辨优,找到等价方案 O_{ϵ_3} ,是 ϵ_3 等于 1.05 时效用值 0.5。由于 $U(O_\epsilon)=U(O_{\epsilon_3})=0.5$,所以 O_ϵ 与 O_{ϵ_3} 等价。确定折算标准 ϵ 等于 1.05。通过级差规格化公式, $x_\epsilon=(1.05-0.94)/(1.2-0.94)=0.42<0.5$ 。

将 $x_\epsilon=0.42$ 代入表 1 公式,通过取一些特殊效用点求得 b 、 c 的值分别为 1.6 和 -0.2,最后得到效用函数表达式 $U(x)=-0.2+1.6\ln(x+1.125)$ 。

当前,青岛—银川高速公路(河北段) f_{111} 的原始值为 1.15,经过级差同趋化处理后等于 0.81,代入上面效用函数表达式,得到 f_{111} 效用值为 0.856。

其他评价指标的效用值计算以此类推,具体计算结果见表 4。

表 4 青岛—银川高速公路(河北段)效用评价相关数据

指标	原始数据	效用值	指标	原始数据	效用值
f_{111}	115%	0.856	f_{24}	28%	0.60
f_{112}	48 874 万元	0.897	f_{31}	1.32 万人	0.650
f_{113}	13.57%	0.843	f_{321}	0.553%	0.630
f_{114}	19.35 a	0.630	f_{322}	11 亿元	0.660
f_{121}	109 921 万元	0.760	f_{33}	2.1%	0.340
f_{122}	5.71%	0.405	f_{34}	257.5 万人次	0.360
f_{123}	20.50 a	0.450	f_{35}	147.2 亿元	0.780
f_{131}	81%	0.670	f_{411}	0.92	0.600
f_{132}	15%	0.500	f_{412}	56	0.860
f_{21}	0.79(km·km ⁻²)	0.810	f_{42}	22%	0.790
f_{22}	15 481 veh	0.610	f_{431}	45%	0.420
f_{23}	1.5 h	0.520	f_{432}	27%	0.140

注:原始数据来源:①青岛—银川高速公路冀鲁界至石家庄段《工程可行性研究报告》,河北省交通规划设计院(2001 年 6 月);②青岛—银川高速公路(河北段)调研报告,长安大学课题组(2006 年 9 月)。

4.3 合并效用值

将以上计算出的效用评价指标的权重及效用值代入式(1),就可以得出青岛—银川高速公路(河北段)建设项目的效用评价值为

$$U(f)=0.617$$

一般来说,可将效用值分为 5 段,当 $U(f)\in[0,0.2)$ 时,效用评价很差;当 $U(f)\in[0.2,0.4)$ 时,效用评价较差; $U(f)\in[0.4,0.6)$ 时,效用评价一般;当 $U(f)\in[0.6,0.8)$ 时,效用评价较好;当 $U(f)\in[0.8,1)$ 时,效用评价很好。

青岛—银川高速公路(河北段)建设项目的效用评价值为 0.617,说明效用评价结论还是较好的。

5 结 语

(1)公路建设项目效用评价体系的建立,对以往的经济评价方法进行了完善和补充,充分考虑了公路建设对社会生活和环境的影响和促进,对公路建设做出更全面、综合的评价。

(2)效用评价方法的运用,将不同量纲、不同性质的评价指标用效用理论通过一定的合并原则归一化,并以效用值的表现形式直观反映出来,这种定量(下转第 106 页)

特别是,当 $\operatorname{Re} \lambda(\mathbf{A}) \leq 0$, 且 $\exists \lambda_i \in \sigma_p(\mathbf{A}), \operatorname{Re} \lambda_i = 0$ 时, 非线性项 $F(x)$ 决定了抓取系统的稳定性。

(2) 由于直接基于 Liapunov 函数的稳定性判别法既不能估计系统平衡点的收敛速度, 也限制了对平衡点吸引域的估计, 因而限制了抓取系统的实际应用。利用向量的加权范数则改进了这一缺点。但是求解 Liapunov 方程 $\mathbf{A}^T \mathbf{B} + \mathbf{B} \mathbf{A} = -\mathbf{I}$ 及不等式 $\|F(x)\| < \frac{\alpha}{2\|\mathbf{B}\|_2}, 0 < \alpha < 1$ 并不容易, 所以这个求解吸引域的方法还有待改进。

参考文献:

References:

- [1] Jen F, Shoham M, Longman R W. Liapunov stability of forced-controlled grasps with a multifingered hand[J]. Intl J Robot Res, 1996, 15(2): 137 - 154.
- [2] 廖晓昕. 稳定性的理论方法和应用[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1999.
- [3] 黄琳. 稳定性理论[M]. 北京: 北京大学出版社,

1992.

- [4] 徐成贤, 徐宗本. 矩阵分析[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1991.
- [5] 王凯明. 多指手机器人抓取的动态稳定性[D]. 西安: 西安交通大学, 2003.
- [6] Xiong C H, Li Y F, Xiong Y L, et al. On the dynamic stability of grasping [J]. International Journal of Robotics Research, 1999, 18(8): 951 - 958.
- [7] 熊蔡华, 熊有伦, 张卫平. 机器人滚动操作时手指的运动分析[J]. 自然科学进展, 1998, 8(6): 748 - 754. XIONG Cai-hua, XIONG You-lun, ZHANG Wei-ping. Kinematics of finger with rolling contact [J]. Progress in Natural Science, 1998, 8(6): 748 - 754.
- [8] 马知恩, 周义仓. 常微分方程定性及稳定性方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [9] 理查德·摩雷, 李泽湘, 夏恩卡·萨思特里. 机器人操作的数学导论[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [10] John J C. Introduction to robotics: mechanics and control[M]. 2nd ed. Boston: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.

(上接第 79 页)

化的评价方法加强了公路建设项目之间的可比性, 在公路建设项目方案选择、项目序列遴选、路网规划等领域具有广泛的适用性。

(3) 效用评价体系总体分为 4 大部分, 各部分的子指标可根据对公路建设项目评价目的的不同而进行适当的调整, 取主要特征指标。

(4) 效用评价方法效用函数的建立、各评价指标效用值的求得以及指标效用值的二级合并, 都可以通过编程在计算机上求得, 可以大大简化效用值的计算过程。

参考文献:

References:

- [1] 中华人民共和国交通部. 公路建设项目可行性研究报告编制办法(选审稿)[M]. 北京: 人民交通出版社, 1995.
- [2] 张生瑞, 邵春福, 严海. 公路交通可持续发展评价指标及评价方法研究[J]. 中国公路学报, 2005, 18(2): 74 - 78. ZHANG Sheng-rui, SHAO Chun-fu, YAN Hai. Evaluation indices and model of highway transportation sustainable development[J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(2): 74 - 78.
- [3] 沈毅, 吴丽娜, 王红瑞, 等. 环境影响后评价的进展及

主要问题[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2005, 25(1): 56 - 59.

SHEN Yi, WU Li-na, WANG Hong-rui, et al. Post-project-analysis in environmental impact: development and main problems[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(1): 56 - 59.

- [4] 马荣国, 刘艳妮. 公路建设项目综合评价权重确定方法[J]. 交通运输工程学报, 2005, 5(2): 110 - 112. MA Rong-guo, LIU Yan-ni. Weight value determination method of highway construction comprehensive evaluation[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(2): 110 - 112.
- [5] 成盛超. 决策效用理论中的若干问题[D]. 上海: 上海交通大学, 1993.
- [6] 陈珽. 决策分析[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [7] 萨蒂 T L, 许树柏. 层次分析法——在资源分配、管理和冲突分析中的应用[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1988.
- [8] 汪应洛. 系统工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [9] 毛义华. 效用方法评价施工企业综合经济效益[J]. 浙江大学学报: 自然科学版, 1997, 31(5): 592 - 599. MAO Yi-hua. Applying utility theory to the synthetic assessment of economic benefiton construction enterprises[J]. Journal of Zhejiang University: Natural Science Edition, 1997, 31(5): 592 - 599.