

文章编号:1000-6788(2005)09-0065-06

## 土地利用监测策略对策论模型

吴宇哲<sup>1</sup>,吴次芳<sup>1</sup>,申立银<sup>2</sup>

(1. 浙江大学东南土地管理学院,浙江 杭州 310029;2. 香港理工大学建筑及房地产学系 香港九龙)

**摘要:** 通过处罚力度等因子构建中央政府与地方的对策论模型,从经济学角度分析国家应当采用的监测频率策略,综合考虑了经济效益和社会效益,同时分析了地方可能发生的用地违法频率.最后,举例演示了所建立模型的具体应用.

**关键词:** 土地利用监测;对策论;策略;处罚力度;监测成本

**中图分类号:** F301

**文献标识码:** A

## Modeling the Decision-making Using Game Theory in Monitoring Land-use Practice in China

WU Yu-zhe<sup>1</sup>, WU Ci-fang<sup>1</sup>, SHEN Li-yin<sup>2</sup>

(1. College of Southeast Land Management, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. Building &amp; Real Estate Department, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China)

**Abstract:** Using remote sensing technology becomes an important method for monitoring the land-use practice in China. For pursuing economic benefits, the local governments often implement various development programs by using state land illegally, thus it is essential to identify these illegal cases in using proper techniques such as remote sensing technology. The identification of those illegal cases will help government to adopt necessary punishment measures. It is believed that sufficient punishment measures will bring down the number of cases in using land illegally. In other words, increasing monitoring frequency will be able to control the land use practice. This paper is to build up a model using Game Theory for finding out an optimal monitoring frequency which enable the proper control over land use and at the same keep the monitoring costs to the minimum level. The model balances the monitoring frequency and the possibility of committing illegally land use by the local governments. A hypothetical example is presented to demonstrate the application of the model.

**Key words:** land use monitoring; Game Theory; game strategy; punishment intensity; monitoring cost

### 1 研究背景

中国是一个有着 13 亿人口的大国,人均土地资源贫乏,人地矛盾突出,尤其是耕地资源更是相对短缺.然而,近年来随着我国经济的快速发展,以及工业化和城市化进程的加速,需要大量土地用于开发建设,于是占用了大量的耕地资源.在可持续发展成为人类共识的今天,如何发展经济搞建设和保护耕地资源成为我国面临的一对现实矛盾.为此,国家实行耕地特殊保护,在建设征用耕地时采用严格的审批制度.而且,这一制度在 1999 年开始实施的新的《土地管理法》中更是得到了加强.《土地管理法》明确指出征用土地如果占用基本农田或其他耕地超过 35 公顷的,须由国务院批准通过.然而在实际管理中,往往仅有“有法可依”是不够的,还必须要做到“违法必究”.在这种背景下,1999 年国土资源部土地利用动态遥感监测项目开始实施,利用 TM 和 SPOT 等卫星数据,首先对国务院审批的 66 个 50 万人口以上的城市进行了土地利用监测.2001 年国土资源部又对全国 43 个 50 万人口以上的城市中的 373 个县级单位进行监测.目前 2003 年的土地利用监测项目正在实施中.实践表明,土地利用动态监测的实施为查处用地违法案件提

收稿日期:2003-10-29

资助项目:国家自然科学基金(70273039)

作者简介:吴宇哲(1970-),男,浙江乐清人,副教授,浙江大学环境与资源学院博士研究生,主要研究领域土地利用与管理,E-mail:wuyuzhe@zju.edu.cn.

供了可靠的技术保证。

在土地利用监测项目开始实施的前后几年间,国内许多研究学者纷纷开始着手于土地利用动态监测研究.这些研究主要是针对土地利用动态监测方法和技术而开展的.早在 1993 年“土地利用动态监测方法研究”课题组就开始着手建立我国土地利用监测体系的研究<sup>[1]</sup>;1997 年开始,一些研究者进行了应用遥感技术进行土地利用动态监测的探讨<sup>[2~4]</sup>;随后,许多学者开展了区域土地利用监测中如何利用大比例尺遥感数据源的研究<sup>[5~7]</sup>;1999 年后,大量的研究开始转向于遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)等技术在土地利用动态监测中的融合应用<sup>[8~11]</sup>.但是,几乎没有学者从经济效益和社会效益的角度,对国家应当采用的监测策略进行研究.目前,少数地方考虑小区域经济利益等原因,违法用地现象时有发生.因此,目前土地利用动态监测的主要目的是针对用地违法案件的查处和检验区域土地变更调查统计的可信度.如果用地违法案件很少,或者地方土地资源瞒报现象的消失,在一定程度上,土地利用监测的作用会随之降低.所以,如何以尽量少的监测成本达到预期的监测目的,在土地利用监测的实践操作中具有极其重要的意义.本文建立了一种对策论模型,提出了国家综合考虑社会效益和经济效益情况下应该采用的土地利用动态监测的最优策略.

## 2 基于对策论方法的期望赢得模型构建

对策论(Game Theory)也称博弈论.2000 多年前,我国战国时代的“田忌赛马”就孕育有对策论的朴素思想.最近十几年,尤其在 1994 年纳什(Nash)等人因对策论的贡献获诺贝尔经济学奖后,对策论的理论研究和应用研究进入快速发展时代.“囚徒困境”是对策论中的一个经典例子.这个例子指的是,假如甲和乙两人一起偷窃,作案过程中被警察抓到,但是警察没有当场获取物证而无法起诉.在警察局里,警察将甲乙二人分别关押,并单独告诉双方同样的话:如果两人都不坦白交代,两人都将被关押 1 年;如果一方交待而另一方不交待,交待的一方可因立功表现而不予起诉,不交待的一方将处以重刑,要关押 10 年;如果双方都坦白交待,两人都将分别都要关押 5 年.甲乙两人面临的对策如表 1 所示,在这种情况下,甲乙两人如何选择各自的策略呢?是否会选择两人都不坦白的最优方案?D. Lucc 和 H. Raiffa 研究给出了双方均衡对局,指出甲乙两人会都分别坦白,获得次优对策方案,而非并非两人都不坦白的最优对策方案<sup>[12]</sup>.

表 1 囚徒困境中的各对策的赢得值

	乙的策略	不坦白	坦白
甲的策略			
不坦白		- 1, - 1	- 10, 0
坦白		0, - 10	- 5, - 5

目前,对策论被广泛应用于军事、体育、经济、政治等领域.基于对策论的模型有很多类型,主要有以下三个方面的分类:1)“二人”或“多人”对策.一个对策模型中,只有两个局中人的对策模型称为“二人对策”,由两个以上局中人的称为“多人对策”.2)“有限”或“无限”对策.局中人的策略是有限的称为“有限对策”,策略是无限的称为“无限对策”;3)“零和”或

“非零和”对策.对策结束后,各局中人的赢得之和总是零的对策称为“零和对策”,不总是零的称为“非零和对策”<sup>[13]</sup>.可见,最简单的情形是“二人有限零和”对策问题,这也是对策论研究最成熟和应用最广泛的对策模型.上面提到的“囚徒困境”问题是一个“二人有限非零和”对策问题.由于非零和对策情形往往可通过变换成类似零和的情形,所以,“二人有限非零和”对策问题可转换成类似“二人有限零和”对策问题<sup>[14]</sup>.

本文构建的土地利用监测策略模型采用“二人有限非零和”的情形.在模型中,国家和地方视为对策局中的双方.如果违法用地发生时,地方取得的经济效益和国家失去的社会效益是密切关联的.所以,在土地利用监测对策论策略模型的建立时,需综合考虑国家社会效益和地方经济效益.为了模型简化,对国家与地方所取得效益假定如下:

- 1) 在违法用地发生时,地方取得的经济利益等于国家失去的社会效益,并用  $E$  表示经济利益;
- 2) 在查出有违法用地时,国家对地方采取一定处罚,处罚力度为地方所得到经济利益  $E$  的  $n(n - 1)$  倍,即除了剥夺地方取得的经济利益  $E$  外,并给予  $(n - 1)E$  的附加处罚,对于处罚所得  $(n - 1)E$ ,国家可用于其它方面建设,并被视为国家取得的社会效益;
- 3) 假设国家进行土地利用监测所需要的成本为  $C$ .

根据上述假定,当国家(A)、地方(B)采用不同对策时,有如下赢得表(见表 2):

表2 土地利用监测中的各对策的赢得值

	地方采用的策略	$B_1$ (违法用地)	$B_2$ (不违法用地)
国家采用的策略			
$A_1$ (监测)		$-C + (n-1)E, -(n-1)E$	$-C, 0$
$A_2$ (不监测)		$-E, E$	$0, 0$

为了便于计算,以上赢得表用赢得矩阵表示,则国家(A)、地方(B)的赢得矩阵分别为:

$$A = \begin{bmatrix} -C + (n-1)E & -C \\ -E & 0 \end{bmatrix}; \tag{1a}$$

$$B = \begin{bmatrix} -(n-1)E & 0 \\ E & 0 \end{bmatrix}. \tag{1b}$$

由于地方取得的经济利益  $E$  可表示为  $E = kC$ ,同时定义地方取得的经济利益与国家监测成本的比值

$$k = E/C \tag{2}$$

为效益—成本系数.一般地,有  $k > 1$ ,即国家付出的监测成本低于地方取得的经济利益.另外,不失一般性,假设国家进行土地利用监测成本为一个基本单位,即  $C = 1$ ,此时,上述国家(A)、地方(B)的赢得矩阵可简化如下:

$$A = \begin{bmatrix} -1 + k(n-1) & -1 \\ -k & 0 \end{bmatrix}; \tag{1c}$$

$$B = \begin{bmatrix} -k(n-1) & 0 \\ k & 0 \end{bmatrix}. \tag{1d}$$

设国家采用  $A_1$  (监测)、 $A_2$  (不监测)的概率分别为  $x, 1-x$  ( $x \in [0, 1]$ );地方采用  $B_1$  (违法)、 $B_2$  (不违法)的概率分别为  $y, 1-y$  ( $y \in [0, 1]$ ),即得到国家与地方的策略概率矩阵、:

$$= [x \quad 1-x]; \tag{3a}$$

$$= [y \quad 1-y]. \tag{3b}$$

进而有国家的期望赢得:

$$E_A = A^T = [x \quad 1-x] \begin{bmatrix} -1 + k(n-1) & -1 \\ -k & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ 1-y \end{bmatrix} = (kny - 1)x - ky \tag{4a}$$

和地方的期望赢得:

$$E_B = B^T = [x \quad 1-x] \begin{bmatrix} -k(n-1) & 0 \\ k & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ 1-y \end{bmatrix} = -k(nx - 1)y. \tag{4b}$$

### 3 不同处罚力度下国家与地方平衡对局分析

国家为使得期望赢得  $E_A$  尽可能大,采用的概率策略为:

$$x = \begin{cases} 0 & 0 < y < 1/(kn) \\ 0 \text{ 到 } 1 \text{ 之间任意值} & y = 1/(kn) \\ 1 & 1/(kn) < y < 1 \end{cases} \tag{5a}$$

式(5a)表明了三种情形:1)当地方采用的违法概率  $y < 1/(kn)$  时,式(4a)中  $x$  前的系数  $(kny - 1) < 0$  成立,因此当  $x = 0$  时可保证  $E_A$  最大,也就是说,国家为了使得  $E_A$  尽可能大,故国家不进行监测,即监测概率  $x = 0$ ;2)而当  $y > 1/(kn)$  时,式(4a)中  $x$  前的系数  $(kny - 1) > 0$  成立,因此当  $x = 1$  时可保证  $E_A$  最大,也就是说,为了使得  $E_A$  尽可能大,故国家必须进行监测,即监测概率  $x = 1$ ;3)当  $y = 1/(kn)$  时,即有式(4a)中  $x$  前的系数  $(kny - 1) = 0$ ,此时  $x$  取值不会影响  $E_A$  的大小,故国家可以采取任意监测概率  $x$ .

换言之,国家要根据地方的违法概率大小而确定进行土地利用监测的力度,同时,我们注意到地方的违法概率  $y = 1/kn$  恰好是决定国家是否进行土地利用监测的一个临界点.

另一方面,地方为使得期望赢得  $E_B$  尽可能大,采用的概率策略为:

$$y = \begin{cases} 0 & 1/n < x < 1 \\ 0 \text{ 到 } 1 \text{ 之间任意值} & x = 1/n \\ 1 & x < 1/n \end{cases} \quad (5b)$$

式(5b)表明了三种情况:1)当国家采用的监测概率  $x < 1/n$  时,式(4b)中  $y$  前的系数  $[-k(nx-1)] > 0$  成立,因此当  $y=1$  时可保证  $E_B$  最大,即地方为了使得  $E_B$  尽可能大,故地方肯定违法用地,即违法概率  $y=1$ ;2)而当  $x > 1/n$  时,式(4b)中  $y$  前的系数  $[-k(nx-1)] < 0$  成立,因此当  $y=0$  时可保证  $E_B$  最大,即地方为了使得  $E_B$  尽可能大,故不会违法用地,即违法概率  $y=0$ ;3)当  $x=1/n$  时,式(4b)中  $y$  前的系数  $[-k(nx-1)]=0$  成立,此时  $y$  取值不会影响  $E_B$  的大小,故地方可以采取任意违法概率  $y$ .

这同样说明,地方会根据国家的监测概率大小而确定是否采用违法用地行为,同时,我们注意到国家的监测概率  $x=1/n$  恰好是地方是否敢于违法用地的一个临界点.

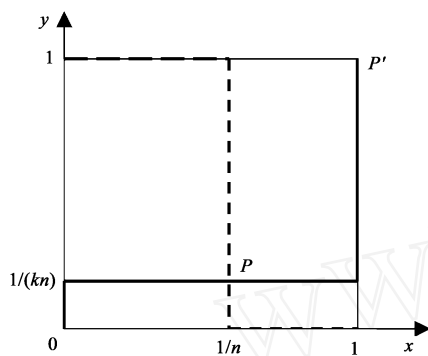


图1 国家与地方的概率平衡对局

根据上面的分析,可见国家与地方采用的策略是相互影响和相互制约的.如果将式(5a)和(5b)联合,可获得图1所示的图解.通过图解法可求得平衡决策对局.图1中的粗实线与粗虚线分别表示国家与地方的概率策略.

在图1中,点  $P(1/n, 1/kn)$  恰好表示了一个平衡对局.根据式(3a)和(3b),点  $P$  亦即表示求得国家与地方的概率平衡对局:

$$[(x, 1-x), (y, 1-y)] = \left[ \left[ \frac{1}{n}, \frac{n-1}{n} \right], \left[ \frac{1}{kn}, \frac{kn-1}{kn} \right] \right] \quad (6)$$

式(6)的平衡对局说明,国家采用的策略是平均每  $n$  年监测一次,或对每  $n$  个城市中的1个进行监测,其中  $n$  体现为处罚力度.显然,当处罚力度  $n$  越大时,监测间隔越大,或需要监测的城市越少.另外一方

面,地方平均  $kn$  年有1年出现违法用地现象,或  $kn$  个城市中会有1个城市出现违法现象.当处罚力度  $n$  越大时,出现违法越少.

另外,还有一个特例,在  $n=1$  时,即国家处理违法用地仅剥夺地方取得的经济利益,则图1中的  $P$  点将移动到  $P'$  点,即有平衡对局  $(A_1, B_1)$ .因为这时根据式(4b)有:  $E_B|_{n=1} = -k(x-1)y$ ,由于  $x < 1$ ,此时,  $y$  前的系数  $[-k(x-1)] > 0$ ,地方使得期望赢得  $E_B$  尽可能大,有  $y=1$ ,则图1中  $P'$  点为平衡对局的解.也就是说,尽管国家进行监测策略,但是地方总还是采用违法用地策略.其实,这也是显然的,因为,地方采用不违法策略时,地方期望赢得总为零;但是采用违法策略时,由于国家只没收地方经济收益而没有额外的处罚,如果国家一旦没有监测到其违法用地,则地方获得利益  $E_B$  就大于零.这也进一步说明,如果国家通过土地利用监测查出地方违法用地现象后,而采用得处罚力度  $n$  不够大时,其实不能使得违法用地现象减少.

#### 4 模型的应用

现在利用上面建立的模型来分析2003年国家应采用的土地利用监测策略.在模型应用前,要首先分析确定参数效益—成本系数  $k$ ,然后选取处罚力度  $n$ ,再根据公式(6)即可求得平衡对局.

分析确定系数  $k$  可以参考利用有关土地违法的统计数据 and 1999年或2001年的土地利用监测资料.假设每亩违法用地给地方带来的直接经济利益为2万元,而每个城市的国家监测成本为10万元.根据1999年土地利用监测资料,国家利用卫星遥感对北京等66个城市进行土地利用动态监测,查处非法用地2800多亩,则有地方获取的经济利益总共为5600万元,同时国家共需监测成本660万元.根据公式(2),则有  $k=5600/660=8.5$ .

在效益—成本系数  $k=8.5$  的条件下,下面我们针对不同的处罚力度  $n$ ,分析国家所采用的监测概率策略和地方可能采取的违法概率策略.

如  $n = 2$ , 即国家除没收地方经济收益而并处以一倍的额外处罚 (具体可采用“占一补二”的操作), 根据公式 (6) 可求得国家与地方的概率平衡对局:

$$[(x, 1 - x), (y, 1 - y)] = [(1/2, 1/2), (1/17, 16/17)],$$

即中央可采用仅随机对一半的城市进行土地利用监测的策略, 同时可能每 17 个城市中会有 1 个城市出现违法现象. 同样, 当  $n = 3$ , 即国家除没收地方经济收益而并处以二倍的额外处罚 (具体可采用“占一补三”的操作), 根据公式 (6) 可求得国家与地方的概率平衡对局:

$$[(x, 1 - x), (y, 1 - y)] = [(1/3, 2/3), (2/51, 49/51)],$$

即中央采用仅仅随机对 1/3 的城市进行土地利用监测的策略, 此时, 可能约每 25 个城市中会有 1 个城市出现违法现象.

将不同处罚力度  $n$  下所得到的策略概率值  $x$  和  $y$  列于表 3, 并将结果用图 2 表示.

表 3 不同处罚力度  $n$  下的平衡对局概率

处罚力度 ( $n$ )	1	1.5	2	3	4	5	6	7	8	9	10
国家监测概率 ( $x$ )	1	2/3	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
地方违法用地概率 ( $y$ )	1	4/51	1/17	2/51	1/34	2/85	1/51	2/119	1/68	2/153	1/85

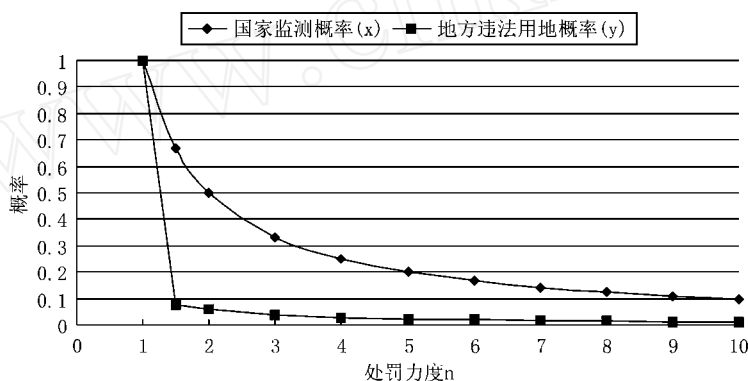


图 2 不同处罚力度  $n$  下的国家监测概率和地方违法用地概率

图 2 清楚地表明, 当处罚力度  $n$  越大, 国家需进行的监测概率越小, 同时地方出现违法用地的概率也越小.

### 5 结论和探讨

土地利用监测为检查土地利用规划的实施提供了技术保证. 目前, 一些地方在经济利益的直接驱使下, 不符合土地利用规划的违法用地现象时有发生. 国家如何以尽量少的监测成本到达预期的控制违法用地的监测目的, 具有重要的现实意义. 本文通过处罚力度等因子构建国家和地方期望赢得对策论模型, 综合考虑经济效益和社会效益的基础上, 给出国家监测策略和地方违法策略的概率平衡对局, 由此分析国家应当采用的监测策略和地方可能发生的用地违法频率.

在模型具体应用时, 如何科学合理确定效益—成本系数  $k$  直接关系到监测目标是否达到. 本文虽然给出了  $k$  值的具体计算方法, 但由于缺乏翔实的数据, 给出的  $k$  值是粗略的. 另外,  $k$  值反映了地方取的经济利益和国家进行监测成本的比值, 所以  $k$  值将随着社会经济的发展和检测技术的发展而变化. 关于处罚力度  $n$  的取值, 实际上这是一个政策因素, 或者说, 处罚力度的大小要符合社会经济水平, 使得在客观上具有可操作性.

#### 参考文献:

[1] “土地利用动态监测方法研究”课题组. 关于建立我国土地利用监测体系的设想[J]. 中国土地科学, 1993, 7(2): 13

- 15.
- Research Group of Methodology of Land Use Monitoring. On establishment of land use monitoring system in China [J]. China Land Science, 1993, 7(2): 13 - 15.
- [ 2 ] 赵庚星. 遥感土地利用设想与动态监测研究综述[J]. 山东农业大学学报, 1997, 28(1): 67 - 72.  
Zhao Gengxing. A review of land use investigation and monitoring by remote sensing method [J]. Journal of Shandong Agricultural University, 1997, 28(1): 67 - 72.
- [ 3 ] 李天峻, 阎君, 李伯衡. 遥感综合时空信息在土地利用动态监测中的应用[J]. 国土资源遥感, 1997, (2): 38 - 42.  
Li Tianjun, Yan Jun, Li Boheng. The application of remote sensing synthetical spatial-temporal information in land use dynamic change monitoring [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 1997, (2): 38 - 42.
- [ 4 ] 黄福奎. 论遥感技术在土地利用动态监测中的应用[J]. 中国土地科学, 1998, 12(3): 21 - 24.  
Huang Fukui. On application of remote sensing in land use dynamic change monitoring [J]. China Land Science, 1998, 12(3): 21 - 24.
- [ 5 ] 刘洋, 由伯成. 大比例尺卫片在土地利用动态监测中的应用[J]. 国土资源遥感, 1998, (1): 49 - 53.  
Liu Yang, You Bochong. Application of large scale image on the dynamic changes of land use [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 1998, (1): 49 - 53.
- [ 6 ] 沙晋明, 甘淑, 王人潮等. 绍兴市城镇用地扩展的遥感监测[J]. 国土资源遥感, 1998, (3): 51 - 55.  
Sha Jinming, Gan shu, Wang Renchao, et al. Using remote sensing techniques to monitor the land use expanding in Shaoxing city [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 1998, (3): 51 - 55.
- [ 7 ] 刘慧平, 朱启疆. 应用高分辨率遥感数据进行土地利用与覆盖变化监测的方法及其研究进展[J]. 资源科学, 1999, 21(5): 23 - 27.  
Liu Huiping, Zhu Qijiang. Studies of methodologies and their development on LUCC detection by using high spatial resolution remote sensing data [J]. Resources Science, 1999, 21(5): 23 - 27.
- [ 8 ] 张显峰, 崔伟宏. 运用 RS、GPS 和 GIS 技术进行大比例尺土地利用动态监测的实验研究[J]. 地理科学进展, 1999, 18(2): 137 - 145.  
Zhang Xianfeng, Cui Weilong. New approach to land use dynamic monitoring using remote sensing and GPS and GIS technologies [J]. Progress in Geography, 1999, 18(2): 137 - 145.
- [ 9 ] 赵庚星, 王人潮, 李涛. 区域土地利用监测系统(RLUMS)的研制与应用[J]. 农业工程学报, 1999, 15(4): 198 - 202.  
Zhao Gengxing, Wang Renchao, Li Tao. Establishment and application of regional land use monitoring system (RLUMS) [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999, 15(4): 198 - 202.
- [ 10 ] 张炳智, 张继贤, 张丽. 土地利用动态遥感监测中多源遥感影像融合方法比较研究[J]. 测绘科学, 2000, 25(3): 46 - 50.  
Zhang Bingzhi, Zhang Jixian, Zhang Li. Comparison of multi-source images fusion in land use dynamic detection [J]. Science of Surveying and Mapping, 2000, 25(3): 46 - 50.
- [ 11 ] 程昌秀, 严泰来, 朱德海, 等. GIS 与 RS 集成的高分辨率遥感影像分类技术在地类识别中的应用[J]. 中国农业大学学报, 2001, 6(3): 50 - 54.  
Cheng Chanxiu, Yan Tailai, Zhu Dehai, et al. The technique of high resolution image of RS & GIS integration for land use identify [J]. Journal of China Agricultural University, 2001, 6(3): 50 - 54.
- [ 12 ] 谢康. 信息经济学原理[M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1998: 40 - 46.  
Xie Kang. The Principle of Information Economics [M]. Press of Central South Industrial University, Changsha, 1998: 40 - 46.
- [ 13 ] 罗蕴玲, 杨义群. 数量经济学导论[M]. 北京: 学苑出版社, 1998: 55 - 70.  
Lou Yunling, Yang Yiqun. Introduction to Quantitative Economics [M]. Xueyuan Press, Beijing, 1998: 55 - 70.
- [ 14 ] 张盛开, 张亚东. 关于对策问题[J]. 科学通讯, 2002, 47(2): 161 - 166.  
Zhang Shengkai, Zhang Yadong. Review on the issue of game theory [J]. Bulletin of Science, 2002, 47(2): 161 - 166.