



50-56

# 基于 Internet/WWW 的自然资源管理与环境 教育多媒体工具——城市可持续发展案例研究<sup>①</sup>

黄京炜<sup>②</sup> 赵纯均  
(清华大学经济管理学院)

X24

**【摘要】**介绍开展城市可持续发展案例研究的系统分析框架。首先对本项工作的背景与思路进行论述,然后应用一种区域可持续发展规划模型进行工业产业结构优化,对产业与人口空间布局问题,在环境影响评价和交通影响评价的基础上应用遗传算法进行城市土地可持续利用优化。在上述案例研究的基础上,应用 HTML 和 JAVA 语言,建立案例教育网页和基于 Internet/WWW 平台对工业产业结构优化和土地利用优化等问题进行离散多属性决策分析的软件。

**关键词:**可持续发展,城市,决策分析,信息技术

## 0 引言

资源、环境是全球关注的焦点问题,解决这一问题的根本出路在于全球性的经济系统机制和相应的资源环境管理机制的改革。《21世纪议程》<sup>[1]</sup>把提高各级政府在决策过程中收集、分析各种信息的能力作为重要目标,并指出应特别重视将原始信息转化为对决策更有用的形式。新的信息技术的发展,特别是 Internet 的发展,正在使社会发生日新月异的变化,也为资源与环境管理提供了新的手段、新的机会。在此背景下,我们参加了由欧盟资助 10 个国家参与的合作项目“自然资源管理与环境教育多媒体工具”,旨在采用计算机网络技术、多媒体技术、模拟模型以及人工智能等新信息技术增强公众资源环境意识、特别是政府人员在管理决策过程中的资源环境意识,提高其收集分析各种信息的能力,进而提高管理水平使之有利于环境保护、资源高效利用和保护等。

2000 年世界 50% 以上的人口将居住在城市,一个高度城市化的世界意味着可持续发展将极大地取决于城市可持续发展能力<sup>[2]</sup>。自 1992 年联合

国环境与发展大会召开以来,城市可持续发展(Sustainable Urban Development)已成为发达国家和发展中国家共同关注的热点领域。全球 21 世纪议程和中国 21 世纪议程,均对人类住区可持续发展作了重点论述,城市是人类住区的最重要形式。1996 年联合国第二次人居会议(Habitat II)将城市可持续发展这一主题推向了高潮。伴随着改革与发展以及经济的高速增长,规模巨大的城市化进程在中国大陆迅猛兴起。我国城市数在 1980 年只有 223 个,1995 年已有 640 个;1980 年具有 2 874 个建制镇,而 1995 年已达 17 300 个。城市市区人口在 1950 年仅有 0.58 亿人,到 1995 年已达 3.52 亿人。对于一个拥有世界 1/4 的人口和 1/15 的土地并处于迅速发展中的国家,其城市化和城市可持续发展对未来世界具有举足轻重的影响。

城市总体规划是迈向城市可持续发展的关键步骤。本文的案例研究正是针对我国著名旅游城市桂林在城市总体规划过程中面临的可持续发展关键问题,运用系统工程方法和新的信息技术进行决策分析和案例教育。

① 国家自然科学基金资助项目(79600011)和欧盟资助项目(INC0950809)。

② 黄京炜:博士、副教授,通讯地址:清华大学经济管理学院,邮编:100084。

## 1 问题背景与系统分析

运筹学与系统分析应用于城市系统研究始于 50 年代已有很长历史,但城市这类开放复杂巨系统过去是将来依然是对系统科学与系统工程的挑战,城市系统为之提供了一个广阔的实际研究领域。

在城市规划中,涉及众多因素,关于这些信息具有不确定性、不完整性、多样性和多源性的特点,它们可能是统计数据、观测数据、评估数据、图形、图象,还可能为不同学科专业的理论知识、实际管理与观察中获得的经验性知识、历史案例、区域的发展战略与发展规划及国家的政策、法规条款,其中某些是抽象的,某些是具体的,某些是定性描述,某些是定量描述,这些信息可能来自不同观点、不同层次的管理者,来自不同学科的专家、不同的理论、不同的模型、不同的统计渠道及不同的观测点,这些信息可能具有下述特性:存在矛盾,是不一致的;存在盲区、欠缺,是不完整的;存在主观性、模糊性,是不精确的;存在局限性甚至虚假成份,是不完全可靠的。另外,自然灾害、事故、政治事件具有突发性,未来的发展具有不确定性,相关城市的行为也具有不确定性,对人文社会的描述具有模糊性,等等。社会、经济运动所具有的丰富的不确定性已是勿需多言的事实。另一方面,复杂系统的复杂行为不但来自其信息的复杂性和不确定性,而且源于其系统机制的复杂性,从系统进化的观点看,非线性系统的动态行为对其初始状态以及对其状态的微小扰动都是敏感的,但系统的未来状态在其状态空间中并非绝对不确定,它们在宏观尺度上是稳定的,它们落入状态空间中围绕若干吸引子的区域,只有少数因素支配其它因素使系统趋向某个吸引子,因此,在城市系统研究这种复杂信息条件下,如何正确辨识关键因素,恰当描述、充分利用有效信息,值得深入研究。

桂林是国际著名风景旅游城市,是国家历史文化名城,是广西东北部重要的经济、文化中心,桂林地区拥有宝贵的旅游资源与丰富的农业资源,但矿产资源较少,随着城市的快速发展,市区人口由 1975 年的 34.45 万人增长到 1995 年的

57.2 万人,1995 年的 GDP 是 1978 年的 6 倍,由于著名的漓江风景区居于桂林下游,如何在城市发展中保护好漓江山水,保护好桂林这座历史文化名城,成为受到广泛关注的问题,该问题的影响因素众多,其中城市的发展规模、发展方向、产业结构与空间布局,尤其是工业的规模、结构与布局,在国家宏观社会经济环境既定条件下,是影响桂林与漓江生态环境的基本因素,它们对人口、经济增长、基础设施建设、环境状况、水资源、能源及交通等诸多方面具有强烈影响,关于桂林城市性质国务院已有明确批复,对城市发展方向和宏观战略当地政府与城市规划专家也已进行了长期深入地研究,配合城市总体规划,针对桂林城市人口、经济增长速度和三产结构方案以及土地需求、资金需求,应用人口模型、计量经济模型和离散多属性决策分析方法与有关专家共同进行了研究,形成了总体规划纲要的社会经济发展报告。

基于前述系统观点、桂林城市可持续发展的突出问题的特点、工作基础与条件,在本案例研究中重点选择了环境容量约束下的工业产业结构优化、产业与人口的空间布局优化问题,应用一种区域可持续发展规划模型进行了工业产业结构优化,对产业与人口空间布局问题在环境影响评价和交通影响评价的基础上应用遗传算法进行了城市土地可持续利用优化,在上述研究的基础上,应用 HTML 和 JAVA 语言,建立了案例教育网页和基于 Internet/WWW 平台对工业产业结构优化和土地利用优化等问题进行离散多属性决策分析的软件。

## 2 工业产业结构优化

桂林工业门类齐全,但企业规模普遍偏小,难以形成规模经济,其企业产值规模低于全国城市平均水平;技术进步对工业增长的贡献率低于全国城市平均水平;在空间上也呈现高度分散格局,工业部门集中化与专业化水平较低,根据桂林工业现状和发展意向,将工业部门划分为 9 个工业部门,即机械、电子仪表、食品、纺织服装、化工医药、橡胶、冶金、其它轻污染及其它重污染,工业产业结构优化的决策分析采用一种区域可持续发展规划模型作为工具进行,下面从系统目标、系统结

构约束、系统的状态转移约束及系统资源约束 4 方面介绍模型的基本框架。

$$\max Z = g(z_1, \dots, z_n) \quad (1)$$

$$z_t = f_t(X^{(t)}, Y^{(t)}, \dots, X^{(n)}, Y^{(n)}) \quad (1')$$

$$S(X^{(t)}, Y^{(t)}) = 0 \quad (2)$$

$$h_T(X^{(t)}, X^{(t-1)}, Y^{(t)}, Y^{(t-1)}) \leq 0 \quad (3)$$

$$D^{(t)} X^{(t)} \leq R^{(t)} \quad (4)$$

$$P^{(t)} X^{(t)} \leq C^{(t)} \quad (5)$$

$$h_p(X^{(t)}, Y^{(t)}) \leq 0 \quad (6)$$

$\{X^{(t)}\}$  是系统的决策变量集, 为各个工业部门在规划年份的产值;  $\{Y^{(t)}\}$  为系统的状态变量, 包括工业增加值、工业部门产品的最终使用、部门污染排放量、耗水及耗能等;  $\{z_t\}$  为发展目标, 规划年份为 [1995, 2000, 2010, 2020], 各式意义如下:

1) 系统目标

工业产业结构优化问题的系统目标设置为:

- 工业部门增加值总和极大化;
- 污染排放极小化, 选择的代表性指标为废水、COD、SO<sub>2</sub> 的排放量;
- 耗水极小化;
- 耗能极小化;

2) 系统结构约束

系统结构约束表现为产业部门之间的投入产出关系

$$X^{(t)} - A^{(t)} X^{(t)} - Y_{int}^{(t)} - Y_{ext}^{(t)} - Y_{out}^{(t)} = 0$$

$\{Y_{int}^{(t)}, Y_{ext}^{(t)}, Y_{out}^{(t)}\}$  为工业部门产品的最终使用, 分别是为投资、消费、净输出,  $Y_{int}^{(t)}, Y_{ext}^{(t)}, Y_{out}^{(t)} \in Y^{(t)}$ ,  $Y_{ext}^{(t)}$  反映城市与外部的联系, 各行业产品可能以不同比例流入、流出, 根据不同工业部门的现状和发展意向, 设置了各工业行业产品对当地中间消耗需求、投资需求及消费需求的最低满足程度, 设置了各行业产品在外部可能的最大市场占有率, 从而将投入产出关系的等式约束转化为区间约束。

3) 系统的状态转移约束

系统的状态转移反映为产业发展速度区间和其它状态变量的容许变化范围, 包括系统初始状态约束。

4) 系统资源约束

系统资源约束体现为产业发展所需水资源、能源、资金和基础设施的约束, 它也包括外部市场

需求这种无形资源。

5) 环境容量约束

环境容量也可视为系统资源, 由于桂林案例中环境的特殊性而将之单列。根据漓江和城市环境保护要求和城市环保规划, 设置了废水、COD、SO<sub>2</sub> 的排放约束。

6) 发展目标与产业政策约束

包括工业总体发展速度约束、产业结构可接受区间约束及对特殊产业的限制等。

由于城市系统的复杂性, 其工业产业结构优化的决策分析需要把定性分析与定量计算结合起来, 把专家经验与数学模型结合起来。模型的构造与调试是一个交互式的问题分析、求解、知识求精的过程。而专家经验的引入, 可以使问题的搜索空间缩小, 可以在局部搜索空间以线性逼近非线性。从知识工程的角度看来, 模型中的约束近似于知识库的规则。在模型构造初期, 包含在模型中的知识是不完整的、不一致的, 甚至是错误的。在模型的试算过程中, 不断发现不一致的知识、不断获得新的知识。在决策分析的情景中使决策者、领域专家、系统分析人员不断发现新问题、增强对问题的洞察力、获取新知识, 不断完善模型。

由于工业产业结构优化问题是一个多目标问题, 可采用模糊多目标规划方法, 首先分别对各个目标进行优化, 然后确定各目标的满足度函数, 构造新的优化模型求使各目标得到最大满足的解。

所得结果如下表所示:

表 1 工业产业结构优化结果

	1995	2000	2010	2020
电子仪表	0.095	0.135	0.147	0.162
纺织服装	0.078	0.118	0.162	0.176
化工医药	0.157	0.144	0.093	0.057
机械	0.230	0.286	0.314	0.337
其它轻污染	0.080	0.070	0.048	0.029
食品	0.181	0.114	0.124	0.124
橡胶	0.079	0.088	0.096	0.107
冶金	0.018	0.014	0.007	0.004
其它轻污染	0.083	0.032	0.008	0.004

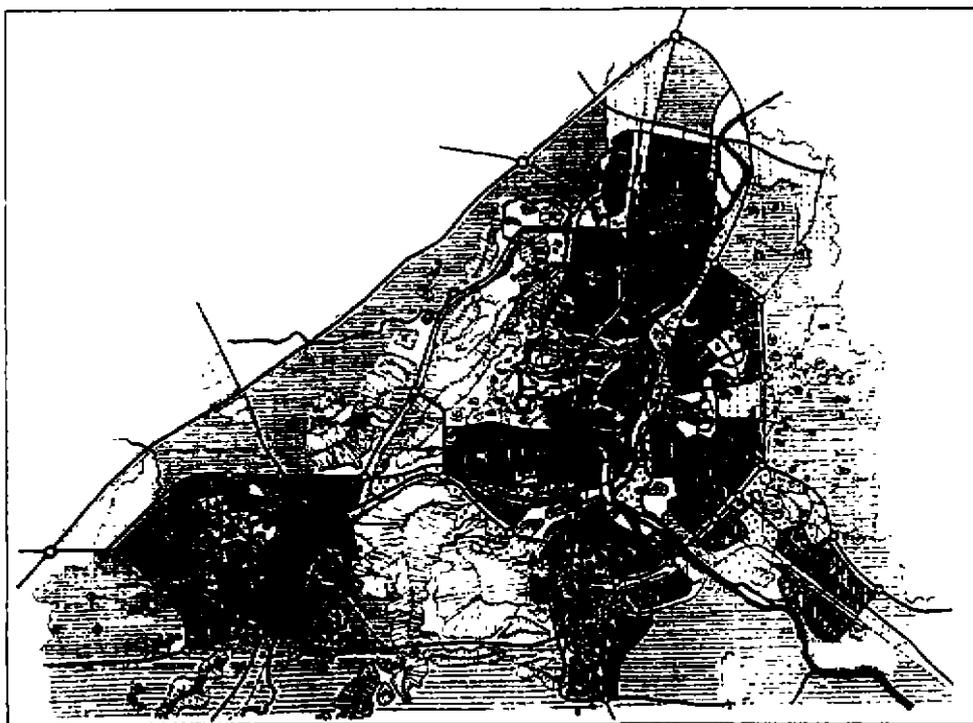


图1 桂林城市规划组团形态

### 3 城市产业与人口的空间布局优化

根据桂林城市山水环抱的特点,城市总体规划纲要确定城市用地总体布局采用多中心的分散组团式形态(如图1),城市由7个组团构成,每个组团均相对独立并具有相对齐全的功能.空间布局优化拟对城市各产业及城市人口在组团上的分布方案进行研究满足漓江和桂林城市的环境要求,并使环境质量和城市交通状况尽可能好.该问题的基本框架如下:

**决策变量:**在各个规划年份,9个工业部门、第三产业的4个层次<sup>[1]</sup>、商业(属第三产业第1层次,在此独立为一个产业部门)及城市人口在7个组团上的分布.

**约束:**重要环境监测点的环境标准约束;各组团土地利用强度约束;土地利用现状约束;各产业与城市人口总量.

**决策目标:**

1° 环境质量

a) 水环境

各个环境监测点的化学需氧量(COD)、悬浮

物(SS)和石油类浓度与监测点的环境标准之比(浓度标比)极小化;

b) 空气环境

各个环境监测点的二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、总悬浮微粒(TSP)浓度标比极小化.

2° 交通状况

a) 组团之间交通运输周转量极小化;

b) 组团之间交通运输熵极大化.

其中,交通运输分别为货物运输、居民上班出行和购物出行.交通熵极大化的意义在于使组团之间的交通运输尽可能均匀.

空间布局优化是在对布局方案的环境影响评价与交通影响评价的基础上进行的.环境影响评价对各产业与人口在各组团的污染排放或在河流网络或大气中的流动分别运用一维水质模型和大气多箱模型模拟计算.关于环境影响评价与交通影响评价将另文介绍.

由于目标函数和约束中均包含有复杂的非线性函数,并且问题规模较大,因而采用遗传算法求解.图2为所得优化结果中人口在组团的分布.

## 4 交互式离散多属性决策分析

采用数学模型所得到的工业产业结构优化结果或城市产业与人口优化结果都是基于一定假设和简化,如多目标的偏好结构、未来系统参数假设、未来系统环境条件假设和因技术原因而作的线性简化;另外,决策者考虑的某些因素很难量化或难以准确表达,因此,由模型所得优化结果不一定是决策者的满意解,对此,可采用交互式离散多属性决策分析方法对由多种观点、多种方法所得到的多个决策备选方案及其方案属性进行比较、改进、再设计或选择,这种决策分析方法的框架如下:

### 1) 收集、产生备选方案集

$$A_{1:n} = \{A[1], A[2], \dots, A[n]\}$$

$$A[i] = (X[i], Y[i], C[i])$$

$A[i]$ 表示第*i*号备选方案,  $(X[i], Y[i], C[i])$ 表示 $A[i]$ 的各项属性,  $X[i]$ 表示 $A[i]$ 的决策变量值集,  $Y[i]$ 表示状态变量值集,其中包括目标,  $C[i]$ 表示 $A[i]$ 的假设条件。

备选方案集中的备选方案可能代表不同观点,如不同的目标偏好、不同的条件假设等,可以由特定模型产生、专家提出,也可以随机产生。

收集、产生备选方案集后可由决策者选择进行2)方案审查,或4)方案比较。

### 2) 方案审查

从备选方案集中选择备选方案,按照决策者要求选择方案属性、选择方案表现方式,进行方案显示。

在审查备选方案后,决策者可选择进行3)方案修改或设计,或4)方案比较;如果决策者认为各备选方案均不可接受,可选择1)重新产生备选方案。

### 3) 方案设计

决策者可从备选方案集中选择一个备选方案作为参考方案对之修改,也可完全重新设计,包括提出假设条件*C*、设计决策方案*X*,对新方案的*X*

进行系统模拟,得到系统状态变量值*Y*,对*X*进行修改调整,直至得到满意设计。

方案设计后,可选择进行4)方案比较,或2)方案审查。

### 4) 方案比较

由决策者从 $(X, Y, C)$ 中选择比较指标,进行方案比较,并揭示假设条件及其可能性,选择决策指标并设置其偏好值,按决策指标从备选方案集中选出非劣解,并按对决策指标的偏好对非劣备选方案进行排序,作出决策选择。

如果决策者选择一个方案作为决策方案,则过程终止;如果决策者对所有备选方案均不满意,可选择3)进行方案设计、修改;如果决策者认为所有备选方案均不可接受,可选择1)重新产生备选方案。

## 5 案例教育网页与基于 WWW 平台的交互式离散多属性决策软件

在上述研究的基础上,应用 HTML 和 JAVA 语言,建立了基于 Internet/WWW 平台的城市可持续发展桂林案例教育多媒体软件系统,其中包括对工业产业结构优化和土地利用优化等问题进行交互式离散多属性决策分析工具软件,网址为:

"<http://web.sd.em.tsinghua.edu.cn/>"

图3、图2为软件界面示例。

## 6 结束语

城市可持续发展是对未来世界具有重要影响的问题,已成为发达国家和发展中国家共同关注的热点领域,城市系统具有高度复杂性和开放性,信息具有不确定性、不完整性、多样性及多源性,应用定性定量综合集成的系统分析方法和计算机信息处理的新技术,以决策者、专家群体为主导,把城市数据、案例、专家经验、理论与模型结合起来应用于城市发展的决策,是值得探索的。

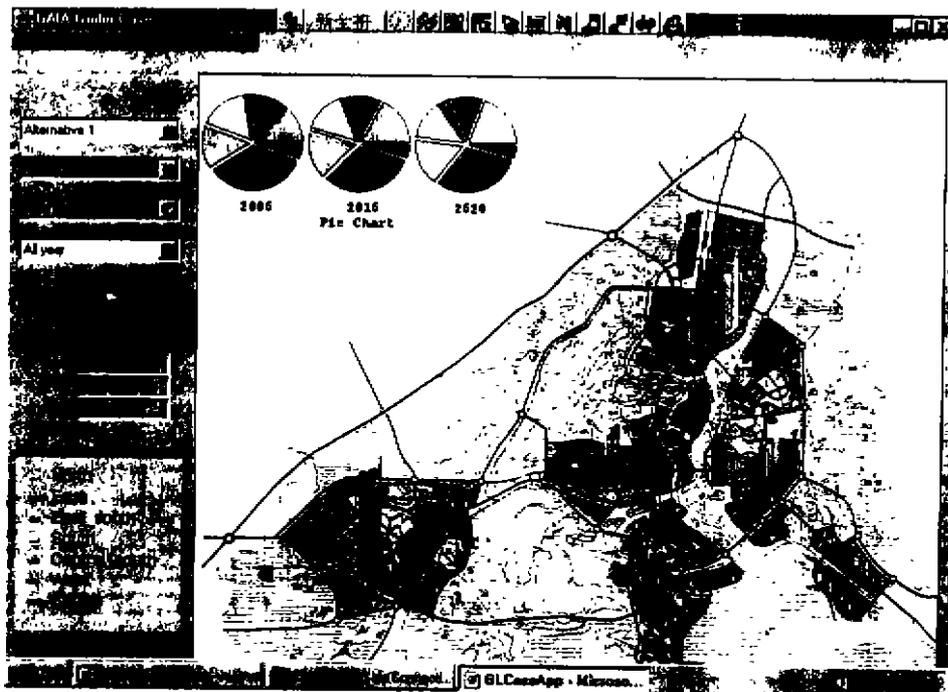


图 2 空间布局优化 L: 人口在组团的分布

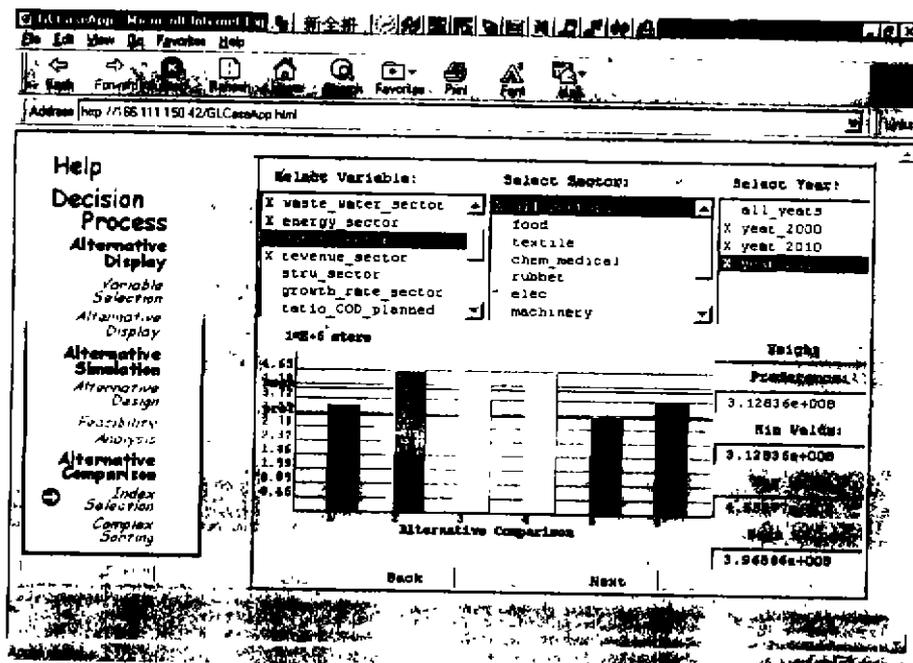


图 3 交互式离散多属性决策分析: 选择比较指标进行方案比较

## 参 考 文 献

- 1 Agenda 21. The United Nations Conference on Environment and Development, 1992
- 2 Habitat Agenda. The United Nations Conference on Human Settlements (Habitat II), 1996
- 3 Fedra Kurt, Li Zhenxi, Wang Zhongtuo, Zhao Chunjun. Expert systems for integrated development: A Case Study of Shanxi Province. P. R. China. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, Sep. 1987
- 4 王众托. 计算机在经营管理中的应用——一种新的系统集成. 大连: 大连理工大学出版社, 1995
- 5 Michael Wegener. Operational Urban Models. Journal of the American Planning Association, Winter 1994, 60 (1): 17~29
- 6 桂林城市总体规划纲要. 清华大学建筑学院、桂林规划设计院, 1996
- 7 胶州湾及邻近海岸带功能区划的数学模型. 胶州湾及邻近海岸带功能区划, 海洋出版社, 1996
- 8 Tian Jinmin, Huang Jingwei, Zhao Chunjun. Hybrid Systems Optimization Using Genetic Algorithms. IEEE International Conference on Intelligent Systems and Intelligent Processing, Beijing, 1997
- 9 谢文蕙, 邓 卫. 城市经济学. 北京: 清华大学出版社, 1996

## A Multimedia Tool for Natural Resources Management and Environmental Education—Guilin Case Study on Sustainable Urban Development

*Huang Jingwei, Zhao Chunjun*

School of Economics and Management, Tsinghua University

**Abstract** A systems analysis framework in Guilin case study of sustainable urban development is introduced in this paper. First, a regional sustainable development programming model and its application in urban industry structure optimization within environment capacity in Guilin city are presented. Second, a sustainable urban land use model is constructed for optimization of industry distribution on urban area. For the reasons of nonlinear and complex in this model, it is solved by Genetic Algorithms. And then, in order to integrate decision makers' preference on multi-objects and their judgments on urban problems, discrete multi-criteria decision making methods are utilized to improve the solutions obtained from urban industry optimization model and location optimization model. At last, a multimedia education system for this case study is implemented with Java on Internet/WWW.

**Keywords:** sustainable development, urban, decision analysis, information techniques