

基于系统动力学模型的铁路建设项目 宏观经济效益评价

林晓言

(北京交通大学 经济管理学院, 100044)

摘 要:系统动力学采用系统仿真方法进行长期动态模拟,不受描述方程的高阶非线性限制,也不受数据不完全的影响,且处理问题直观形象,便于人机对话。本文将系统动力学与区域经济-交通系统相结合,建立了铁路建设项目宏观经济效益评价的系统动力学模型,并对模型进行了合理性检验,证明了系统动力学方法在铁路建设项目宏观经济效益评价中具有可操作性和推广价值。

关键词:系统动力学;流图;区域经济-交通系统

中图分类号:F532 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2009)08-0054-06

铁路建设项目宏观经济效益一般是指铁路项目在其投资修建过程中通过对区域内的社会经济带来直接或间接消费的增加从而对宏观经济发展所产生的贡献作用,以及铁路新线建设项目在建成通车之后一定时期内对区域的社会、经济等方面产生的潜在积极影响和作用。根据效益扩散途径与产生时段的不同,铁路投资的社会经济效益包括以下5种:直接投入效益;产出效益;开发效益;传递效益;潜在效益。如何对这些产生于不同时段效益进行总量评价一直以来是人们所关注和讨论的焦点。

目前铁路建设项目宏观经济效益评价方法的理论及实证研究尚处于探索阶段,评价方法仍以定性分析为主、定量分析为辅,而定量方法中又以静态分析为多。并且在评价铁路建设项目宏观经济效益的动态性方面,即使一些定量化动态模型理论(例如投入产出法、多元统计方法等)已很完善,但由于其要求较高精确度的现实数据,因此进行实证研究变得非常困难。系统动力学方法在分析社会经济系统的长期动态趋势方面有其独到之处,其主要特点是采用系统仿真方法进行长期动态模拟,既不受描述方程高阶非线性的限制,也不受时间的约束,还可以在模型中引入制约因素,研究在随机干扰的情况下系统的行为机制;即使数据不完全准确或不完整,但多层反馈环的存在使系统行为对大多数参数的敏感性减弱,因此也不会影响相当精确的趋势分析,从而增加了它的可操作性和推广价值。

1 系统动力学模型及构建

系统动力学(system dynamics, SD)是以系统论、控制论、信息论等学科为基础,运用计算机模拟技术研究复杂社会系统的一种方法。它认为,任何现象之间都普遍存在着因果关系,任何系统都具有一定的结构,并由此结构表现出一定的系统功能和系统行为。通过对系统中各种信息流的处理来描述复杂系统的运行机制,建立表述系统内各种因素及其环境因素之间相互作用的多重非线性反馈模型,并通过计算机仿真运行及策略实验,得到模型用户所关心的达到系统未来状态发展策略的序列^[1]。

铁路建设项目宏观经济效益评价的基本目标是分析评价项目建设对区域社会经济发展所产生的直接或间接效益,以及铁路通车后对整个区域发展所产生的影响和作用。区域经济系统是一个开放的动态复杂系统,区域交通是它的一个子系统,铁路的建设改善了区域交通子系统的功能,进而促进了区域内其他子系统的发展演化,最终加速了区域经济的发展,其间存在着复杂的多环反馈机制。为了描述铁路建设对区域经济发展的促进作用,本文建立了区域经济-交通系统动力学模型,用系统因果关系图的形式综合出区域经济-交通发展的机理,并进而利用计算机模拟技术模拟区域经济发展的轨迹,比较在区域内建设铁路的情况下与不建设该铁路的情况下国民经济发展状况的差值,以此体现铁路投资对区域经济发展的总量效益,从而完成模型设计

收稿日期:2009-06-22

基金项目:国家自然科学基金项目(40571044);教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目(07JZD012)

作者简介:林晓言(1967—),女,山东人,北京交通大学经济管理学院教授,博士生导师,经济学博士,研究方向:技术经济学、公共经济学,中国技术经济研究会会员登记号:J030000113S。

的目标。模型构建主要包括 4 个步骤: 因果关系分析; 模型的流图设计; 流图的构造方程; 模型的参数估计。

1.1 因果关系分析

因果关系分析就是要理解整个研究系统的结构机制、因果机制以及通过高度抽象的变量或指标来描述系统的动态行为。本文基于区域经济 - 交通发展机理设计了因果关系图, 见图 1。

本模型设置了区域国内生产总值、区域第一产业产值、区域第二产业产值、区域第三产业产值 4 个水平变量。水平变量是 SD 中最重要的变量, 是在系统中具有积累作用的变量, 它们反映了系统整体规模的变化。区域国内生产总值表征了区域经济整体的发展水平, 又由于区域交通对不同产业造成的影响作用不同, 所以划分出第一、二、三产业来累积区域交通对其各自的贡献效益。

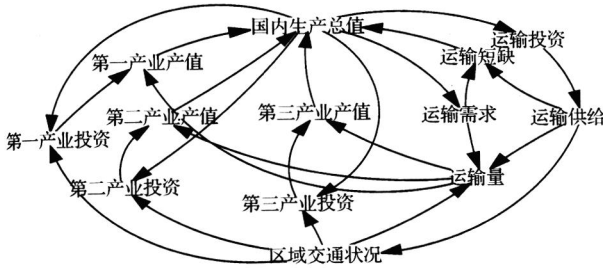


图 1 区域经济 - 交通发展因果关系图

1.2 模型的流图设计

通过对区域经济 - 交通系统进行分析, 基于图 1, 运用系统动力学原理, 将各要素划分为水平变量、辅助变量、常量, 做出了区域经济 - 交通发展互动性系统动力学流图, 见图 2^[2]。

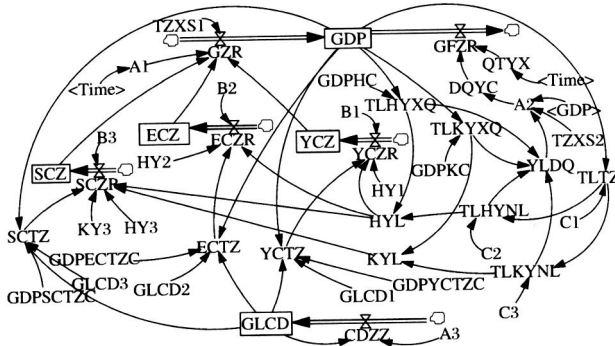


图 2 区域经济 - 交通发展互动性系统动力学流图

图 2 中: GDP 为区域生产总值; $YCTZ$ 为区域第一产业产值; ECZ 为区域第二产业产值; SCZ 为区域第三产业产值; $YCTZ$ 为对区域第一产业投资额;

负增长率表示每年减少的亿元数。

增长率表示每年增长的亿元数。

$ECTZ$ 为对区域第二产业投资额; $SCTZ$ 为对区域第三产业投资额; $YLDQ$ 为区域内运量短缺量; $TLHYXQ$ 为区域铁路货运需求量; $TLKYXQ$ 为区域铁路客运需求量; $TLHYNL$ 为区域铁路货运能力; $TLKYNL$ 为区域铁路客运能力; $GLCD$ 为区域铁路里程(当量数); KY_3 为区域第三产业对客运增长的弹性系数; GZR 为区域 GDP 增长率; $GFZR$ 为区域 GDP 负增长率; A_1 为区域生产总值自增长率; A_2 为区域运量短缺影响系数; A_3 为区域铁路里程自增长率; $TLTZ$ 为对铁路运输业的投资; $CDZZ$ 为区域铁路里程年增长量; HYL 、 KYL 分别为区域实现的货运量和客运量; $QTYX$ 为区域其他运输方式短缺影响系数; B_1 、 B_2 、 B_3 为区域第一、二、三产业的投资增长系数; $GDPHC$ 、 $GDPKC$ 为区域经济增长对货运、客运的需求系数; $YCZR$ 、 $ECZR$ 、 $SCZR$ 为区域第一、二、三产业的年增长量; HY_1 、 HY_2 、 HY_3 为区域第一、二、三产业对货运量增长的弹性系数; $GDPYCTZC$ 、 $GDPECTZC$ 、 $GDPSCTZC$ 为区域第一、二、三产业的投入系数; $GLCD_1$ 、 $GLCD_2$ 、 $GLCD_3$ 为交通状况改善对区域第一、二、三产业的刺激系数; C_1 为区域国内生产总值中铁路运输投资影响系数; C_2 为区域铁路运输业投资对铁路货运能力的影响系数; C_3 为区域铁路运输业投资对铁路客运能力的影响系数。

1.3 流图的构造方程^[3]

构建完流图后, 可以根据相应的区域经济的数据, 利用 Vensim 软件提供的公式编辑器建立量化的系统模拟模型, 写出系统动力学方程式。下面是部分公式:

$$ECTZ = GDP \times GDPECTZC + GLCD \times GLCD_2 \text{ (单位: 亿元)};$$

$$ECZ = INTEG(ECZR, ECZ_0) \text{ (单位: 亿元)};$$

$$ECZR = B_2 \times ECTZ + HY_2 \times HYL \text{ (单位: 亿元)};$$

$$GDP = INTEG(GZR - GFZR, GDP_0) \text{ (单位: 亿元)};$$

$$GFZR = QTYX \times DQYC \text{ (单位: 亿元/年)};$$

$$GLCD = INTEG(CDZZ, GLCD_0) \text{ (单位: 公里)};$$

$$GZR = (ECZ + SCZ + YCZ) \times A_1 \times TZXS_1 \text{ (单位: 亿元/年)};$$

$$HYL = MIN(TLHYNL, TLHYXQ) \text{ (单位: 万吨} \cdot \text{公里)};$$

$KYL = MIN(TL KYNL, TL KYXQ)$ (单位:万吨·公里);

$SCTZ = GDP \times GDP SCTZC + GLCD \times GLCD_3$ (单位:亿元);

$SCZ = INTEG(SCZR, SCZ0)$ (单位:亿元);

$SCZR = B_3 \times SCTZ + HY_3 \times HYL + KY_3 \times KYL$ (单位:亿元);

$YCTZ = GDP \times GDP YCTZC + GLCD \times GLCD_1$ (单位:亿元);

$Y CZ = INTEG(YCZR, YCZ_0)$ (单位:亿元);

$YCZR = B_1 \times YCTZ + HY_1 \times HYL$ (单位:亿元);

$YLDQ = TL HYXQ - TL HYNL + TL KYXQ - TL KYNL$ (单位:万吨·公里);

$A_1 = WITH LOOKUP(Time)$ (单位:Dmnl);

$A_2 = WITH LOOKUP(YLDQ \times TZXS_2 / GDP)^{[5]}$ (单位:Dmnl);

$DQYC = DELAY_3(A_2, 2)$ (单位:Dmnl);

$QTYX = WITH LOOKUP(Time)$ (单位:亿元/年)。

1.4 模型的参数估计^[6]

1) KY_3 , 即第三产业对客运增长的弹性系数; HY_1 、 HY_2 、 HY_3 , 即第一、二、三产业对货运量增长的弹性系数。以 KY_3 为例, 参数估计可利用式(1)实现:

$\log KYL = a + b \log SCZ。$ (1)

式(1)中, b 是弹性系数, 其含义是 SCZ 每增长 1%, KYL 就增长 $b\%$, 即 b 为 KY_3 。同理可得 HY_1 、 HY_2 、 HY_3 。

2) $GDP YCTZC$ 、 $GD PECTZC$ 、 $GDP SCTZC$ 、 $GDP HC$ 、 $GDP KC$ 、 $GLCD_1$ 、 $GLCD_2$ 、 $GLCD_3$ 、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 B_1 、 B_2 、 B_3 等系数的估计同 KY_3 一样, 都是取对数后线形回归, 其中 b 即为所估计的参数。

3) A_3 参数的估计。

$\log GLCD = a + bt(t = 1, 2, \dots, n)$, 其中 b 为 A_3 。

4) A_2 的参数估计可以利用专家打分法。专家对所研究线路的短缺影响进行分析, 然后给出他们所认为的影响系数。

2 实证分析——京九铁路总量效益

通过查资料, 得到以下所需的相关数据。有些数据是根据京九铁路所经过的 15 个主要城市(廊坊、衡水、沧州、聊城、菏泽、濮阳、商丘、信阳、阜阳、黄冈、九江、吉安、赣州、河源、惠州)得到的; 有些数据上述城市没有统计, 只能根据京九铁路所经过的省份(河北、山东、河南、安徽、湖北、江西、广东)得出, 包括 A_3 、 $GLCD_1$ 、 $GLCD_2$ 、 $GLCD_3$; 还有一些数据是根据全国数据估计的, 包括 C_1 、 C_2 、 C_3 。见表 1。

表 1 模型构建所需的主要原始数据

年份	GDP (亿元)	总投资 (亿元)	客运周转量 (万人·公里)	货运周转量 (万吨·公里)	运营里程 (公里)	国家铁路投资 (亿元)
1988	175.83	48.7	685276	787644	12221.8	149.53
1989	221.83	53	354811	569842	12437.1	131.64
1990	290.62	54.51	329725	553900	12573.7	147.17
1991	389.24	67.1	331800	720760	12605	167.76
1992	457.32	64.51	802008	1788805	12788.5	228
1993	702.39	103.6	387279	1511895	12996.9	449
1994	949.23	193.2	502365	824208	13119.4	565.7
1995	1190.6	234.82	579255	1319976	12123.7	540.4
1996	2268.2	390.33	598688	1643836	15021.2	615.1
1997	2991.33	813.74	1140096	2624930	15080.6	655.5
1998	3780.47	757.48	718173	1344406	15090.8	831.62
1999	3875.7	1069.6	989548	1165824	15135.3	819.49
2000	4064.66	1210.4	1268433	2549965	15106.7	788.4
2001	4374.17	1323.87	1422720	1832208	15071.7	808.68

注: 表 1 中数据除国家铁路投资外, 其他数据都与京九铁路直接相关。

这里将客运的单位换算成万吨·公里。
资料来源:《中国统计年鉴》(1997—2003)、《中国城市统计年鉴》(1989—2002)、《京九经济发展年鉴》(1997—1998)、《九江经济统计年鉴》(1998—2003)、《中国固定资产投资统计年鉴》(1990—2003)、京九铁路沿线各省的统计年鉴(1989—2003)。



2.1 相关数据的估计

利用上述参数估计方法(见 1.4 节),用 SPSS

软件得到相关数据的估计值。

A_3 的估计如下:

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0.866(a)	0.750	0.733	0.020924574

a. Predictors: (Constant), T

ANOVA ^b					
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
1	Regression	0.020	1	0.020	0.000 ^a
	Residual	0.007	15	0.000	
	Total	0.026	16		

a. Predictors: (Constant), T; b. Dependent Variable: GLCD

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)				
	T	0.007	0.001	0.866	0.000

a. Dependent Variable: GLCD

可见, A_3 的估计值为 0.007, 相关系数 r 为 0.866, F 检验线性相关且显著性水平很高。

同理, 可得以下参数值: $A_3 = 0.0069$ (单位: 1/年); $B_1 = 0.57$ (单位: 1/年); $B_2 = 1.02$ (单位: 1/年); $B_3 = 0.76$ (单位: 1/年); $GDPECTZC = 0.85$ (单位: Dmnl); $GDPSCTZC = 1.22$ (单位: Dmnl); $GDPYCTZC = 1.26$ (单位: Dmnl); $GDPHC = 0.37$ (单位: 万吨·公里/亿元); $GDPKC = 0.325$ (单位: 万吨·公里/亿元); $GLCD_1 = 11.94$ (单位: 亿元/公里); $GLCD_2 = 6.46$ (单位: 亿元/公里); $GLCD_3 = 10.36$ (单位: 亿元/公里); $HY_1 = 1.82$ (单位: 亿元/(万吨·公里·年)); $HY_2 = 1.84$ (单位: 亿元/(万吨·公里·年)); $HY_3 = 1.91$ (单位: 亿元/(万吨·公里·年)); $KY_3 = 2.38$ (单位: 亿元/(万吨·公里·年)); $C_1 = 0.967$ (单位: Dmnl); $C_2 = 0.189$ (单位: (万吨·公里)/亿元); $C_3 = 0.164$ (单位: (万吨·公里)/亿元); $GDP_0 = 175.83$ (单位: 亿元); $YCZ_0 = 55$ (单位: 亿元); $ECZ_0 = 72.51$ (单位: 亿元); $SCZ_0 = 48.23$ (单位: 亿元); $GLCD_0 = 12223.2$ (单位: 公里)。

2.2 模型仿真模拟及数据集分析

1) 动态分析。

模型建好后, 用系统动力学软件 (Vensim) 就可以进行模拟与数据集分析了 (在此只对总量效益 GDP 进行分析)。一般数据集分析是结合控制窗口的操作完成的, Vensim 提供了强大的控制输出功能, 使模型运行分析更方便、深入, 使输出结果更规范。图 3 便是输出的建设京九铁路后铁路沿线城市的 GDP 随时间变化图。

为了更加精确的看出修建铁路后 GDP 随时间变化的数值, 可以将图 3 中模拟的 GDP 数据用表格形式表示, 见表 2。

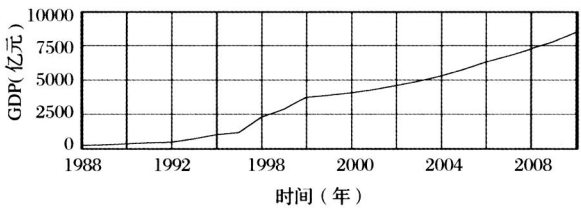


图 3 京九沿线城市的 GDP 变化图

表 2 1988—2010 年京九铁路沿线城市 GDP

亿元

年份	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
GDP	175.83	226.81	301.65	409.85	437.47	686.75	961.54	1143.62	2234.55	2876.15	3734.40	3883.97
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
GDP	4068.95	4306.02	4567.72	4904.44	5291.49	5762.22	6314.27	6783.67	7247.28	7812.35	8506.84	

2) 区域经济 - 交通发展互动性系统动力学模型中 GDP 变量的历史值检验。

在区域经济 - 交通系统模型中, 应对主要变量

进行历史性检验。通过比较系统变量的仿真值与历史数据的差异来判断模型的有效性。现列出系统中最重要的变量 GDP 的历史性检验表, 见表 3。

GDP 的实际值与模拟值之间的误差可用图 4 形象反映。从图 4 中可以看出误差都小于 6%,由此认为此模型通过了历史性检验。

表 3 京九铁路系统动力学模型中 GDP 历史值检验

年份		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
GDP (亿元)	模拟值	175. 83	226. 81	301. 65	409. 85	437. 47	686. 75	961. 54	1143. 62
	实际值	175. 83	221. 83	290. 62	389. 24	457. 32	702. 39	949. 23	1190. 60
	误差(%)	0. 00	2. 24	3. 80	5. 29	- 4. 34	- 2. 23	1. 30	- 3. 95
年份		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
GDP (亿元)	模拟值	2234. 55	2876. 15	3734. 40	3883. 97	4068. 95	4306. 02	4567. 72	
	实际值	2268. 20	2991. 33	3780. 47	3875. 70	4064. 66	4374. 17	4627. 60	
	误差(%)	- 1. 48	- 3. 85	- 1. 22	0. 21	0. 11	- 1. 56	- 1. 29	

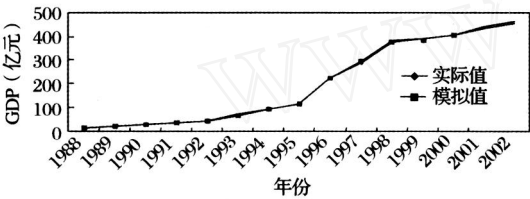


图 4 GDP 实际值与系统动力学模拟值比较图

3)“有无”京九铁路两种情况下 GDP 的比较。

为计算修建京九铁路的总量效益,本文的基本思想就是“有无法”,通过比较修建铁路和没有修建铁路两种情况下的 GDP,得出两者的差值,此差值便是修建京九铁路的总量效益。在上述系统动力学模型参数的基础上,把参数的影响程度降低了一些,便得到在没有修建铁路情况下 GDP 的变化图,见图 5。

用 Vensim 软件进行数据集选择,比较图 3 和图 5 便得到图 6,从而得出修建京九铁路的总量效益。从图 6 中的数据可以看出修建京九铁路总量效

益的数值,表 4 将图 6 中的可视化 GDP 进一步量化。

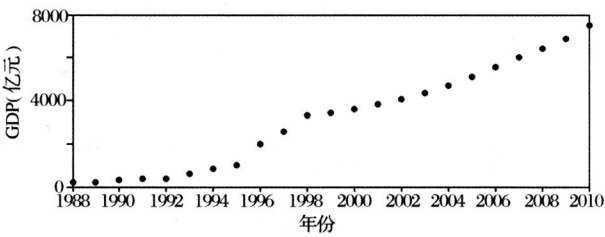


图 5 没有修建京九铁路时的 GDP 模拟变化图

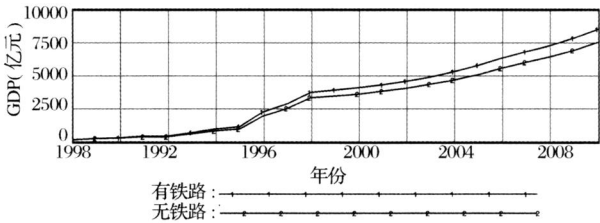


图 6 修建京九铁路前后沿线城市 GDP 变化比较图

表 4 1988—2010 年有无京九铁路沿线城市 GDP 数值对比

亿元

年份	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
有铁路时 GDP	175. 83	226. 81	301. 65	409. 85	437. 47	686. 75	961. 54	1143. 62	2234. 55	2876. 15	3734. 40	3883. 97
无铁路时 GDP	175. 83	226. 81	284. 74	349. 39	332. 26	530. 96	752. 42	879. 34	1795. 30	2333. 33	3060. 41	3175. 93
总量效益(亿元)	0. 00	0. 00	16. 92	60. 46	105. 22	155. 79	209. 12	264. 28	439. 25	542. 82	673. 99	708. 04
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
有铁路时 GDP	4068. 95	4306. 02	4567. 72	4904. 44	5291. 49	5762. 22	6314. 27	6783. 67	7247. 28	7812. 35	8506. 84	
无铁路时 GDP	3319. 69	3507. 07	3714. 28	3984. 13	4296. 06	4678. 96	5131. 09	5512. 17	5888. 34	6351. 10	6924. 27	
总量效益(亿元)	749. 26	798. 95	853. 44	920. 31	995. 43	1083. 26	1183. 18	1271. 50	1358. 94	1461. 25	1582. 57	

从表 4 可以看出,修建京九铁路的总量效益是很可观的。其在通车第 3 年即 1990 年开始取得 16. 92 亿元的投资总效益,1991 年达到 60. 46 亿元,之后逐年递增,到 2004 年已经达到 995. 43 亿元,预计到 2010 年将达到 1582. 57 亿元。

3 结论

1)系统动力学模型的优点是: 便于描述大系统,易于建立反馈结构,计算机操作简便,在模拟社会经济系统的动态行为方面有独特优势; 处理问

在修建铁路后的曲线所基于的参数上做了小小的处理(使影响系数变小),便得到没有修建铁路情况下的曲线。之所以这样做,是因为没有修建该铁路是一种假设情况,没有实际的数据可依。

题直观形象,通过因果关系图,系统流图等直观手段,同时借助于计算机图形、表格技术,易于人机对话进行政策模拟;不要求数据的绝对精确,即使在数据不完全的情况下也不影响其精确的趋势分析。本文将其应用于京九铁路建设项目宏观经济效益的实证分析中,检验了它的有效性,通过数据的历史性检验,误差很小(小于6%),可以认为其具有较好的操作性和推广价值。

2)系统动力学模型的不足在于,其模型的结构是机械性的,没有适应环境变化的能力,也不可能把自己的低级结构自组织成高级的形式^[7],因此在建立模型时不仅要收集反应系统外部现象的数据,而且要研究关于系统结构的信息,要深入到系统中去观察那些不可测量的因果关系,把系统的动态变化与其内部的反馈结构联系起来,这样才能获得真实

反映系统本质的模型。

参考文献

- [1] 张国伍. 交通运输系统动力学[M]. 成都:西南交通大学出版社,1993.
- [2] 张国伍. 交通运输系统分析[M]. 成都:西南交通大学出版社,1991.
- [3] 贾仁安. 系统动力学—反馈动态性复杂分析[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [4] 邓晓春. 铁路及公路运输系统动力学模型与分析[D]. 北京:北方交通大学,1991.
- [5] 何秋,桂寿平. 区域物流系统动态学模型的建立与合理性检验[J]. 交通与计算机. 2002,14(3):25-28.
- [6] 张风波. 中国交通经济分析[M]. 北京:人民出版社,1987.
- [7] 王其藩. 系统动力学[M]. 北京:清华大学出版社,1988.

Study on Macroeconomic Benefit Evaluation of Railway Construction Project Based on System Dynamic Model

Lin Xiaoyan

(School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract : System dynamics adopts system emulate method on long-term dynamic simulation, it can't be limited by the higher-order nonlinear of describing equation, and can't be impacted by the imcomplete data, moreover, and can visually deal with problems and be easy to man-machine conversation. This paper sets up a system dynamic model based on the characteristics of regional economy-traffic system and system dynamics, and tests the rationality of the model. It provides a good way to apply system dynamics to research into the problem of estimating the macroeconomic benefits of railway construction project.

Key words : system dynamics; flow drawing; regional economy-traffic system

(上接第 49 页)

Study on Integration of Hog Market in China

Yang Chaoying

(College of Economics and Management, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract : Using the data about wholesale price of hog from 2000 to 2008, this paper evaluates the integration degree of hog market as well as the evolution trend of integration of overall market through cointegration test and δ convergency. The main conclusions are as follows: there exist the long-term integration and short-term integration in Chinese hog market, and the market can adjust own price; the integration degree of hog market is gradually increasing, so the intervention of government to hog price is not necessary.

Key words : hog market; market integration; cointegration test; δ convergency