

Study on Analysis and Simulation of Water Environment System in Liao River

Ling Xu^{1*}, Zhihong Liu¹, Jing Du¹, Zhongzheng Wang¹

Key Laboratory of Industrial Ecology and Environmental Engineering (MOE), School of Environmental Science and Technology, Dalian University of Technology
Dalian 116024, China
Email: ashongdian@yahoo.com.cn

Abstract: The social-economic-environmental complex system is analyzed with System Dynamics in this paper. And water environment model of regional social-economic-environment is established with Vensim DSS simulation software. The pollution quantity from point source and non-point source is simulated and forecasted in according to the features of agricultural area of Tieling in the upstream Liao River. The integrated relation among society-economy, use of water resource, pollution discharge and water quality is quantitatively confirmed by regulating correlation degree of some parameters, including water environment evolution, economy development, industrial distribution and land-use. And then, the response relation between economy development and water ecology evolvement is simulated and the trend of water ecology evolvement is forecasting.

Keywords: Water Environment; System Dynamics; Simulation; Liao River; Tieling

辽河水环境系统分析与模拟研究

徐凌^{1*}, 刘志宏¹, 杜静¹, 王中正¹

大连理工大学工业生态与环境工程教育部重点实验室, 大连 116024
Email: ashongdian@yahoo.com.cn

摘要: 采用系统动力学方法, 进行社会-经济-环境复杂系统分析, 利用 Vensim DSS 仿真软件建立区域社会-经济-水环境的水环境模型。结合辽河上游段的铁岭地区是农业粮食产区的特点, 充分考虑区域污染特点, 通过系统模拟分析, 模拟预测系统点源和非点源污染的产污量; 通过参数调控辨析铁岭段水环境演变、流域经济发展、产业布局、土地利用状况, 及各组成要素的关联度, 确定辽河流域社会经济、水资源利用、污染物排放与水环境质量的定量耦合响应关系, 完成区域经济发展与水生态环境演变响应关系模拟与水污染形成机制与演变趋势模拟。

关键词: 水环境系统; 系统动力学; 模拟; 辽河; 铁岭

0 引言

目前, 水环境模拟可以分为确定性模型模拟和随机方法模拟^[1]。确定性模型一般可以较全面的反应水环境系统变化的机理, 目前对其研究也较为深入^[2]。主要有运用神经网络预测法, 灰色非线性预测法、指数平滑法和回归分析法等^[3]。系统动力学在区域可持续发展^[4,5], 土地与水资源承载力^[6,7], 生态安全^[8,9]以及资源环境经济协调发展^[10]方面都有应用^[11], 发展比

较迅速。利用系统动力学解决污染物的不确定性, 目前少有研究。

1 辽河上游铁岭段水环境系统模型建立

1.1 系统边界的确定

本研究中系统边界为铁岭市, 位于辽宁省北部, 辽河上游。模拟年限为2007-2020年, 基准年为2007年, 模拟时间间隔为1年。

1.2 子系统划分及模型构建

城市水环境系统是一个涉及人口、社会、经济、

资助项目: 国家重大水专项 (2009ZX07526-006); 国家自然科学基金 (No.40801228)

2 系统动力学模拟

2.1 参数确定

参数的种类有常数类、表函数和初始值。模型中主要原始数据及参数来源于区域各类统计资料，以及辽宁省、全国其他地方的资料、研究成果作为补充和完善。

2.2 方案模拟

从人口政策,经济发展模式,环境保护力度等方面选取决策变量，并依据不同的侧重对决策变量进行取值，制定不同的模拟方案。2.3 模拟结果

(1) 模拟结果

经过修改运行参数，模拟结果见图7，

图中分别显示总人口、GDP、可用水资源量、工业废水排放量、等标排放量等变量在不同方案中的变化趋势。

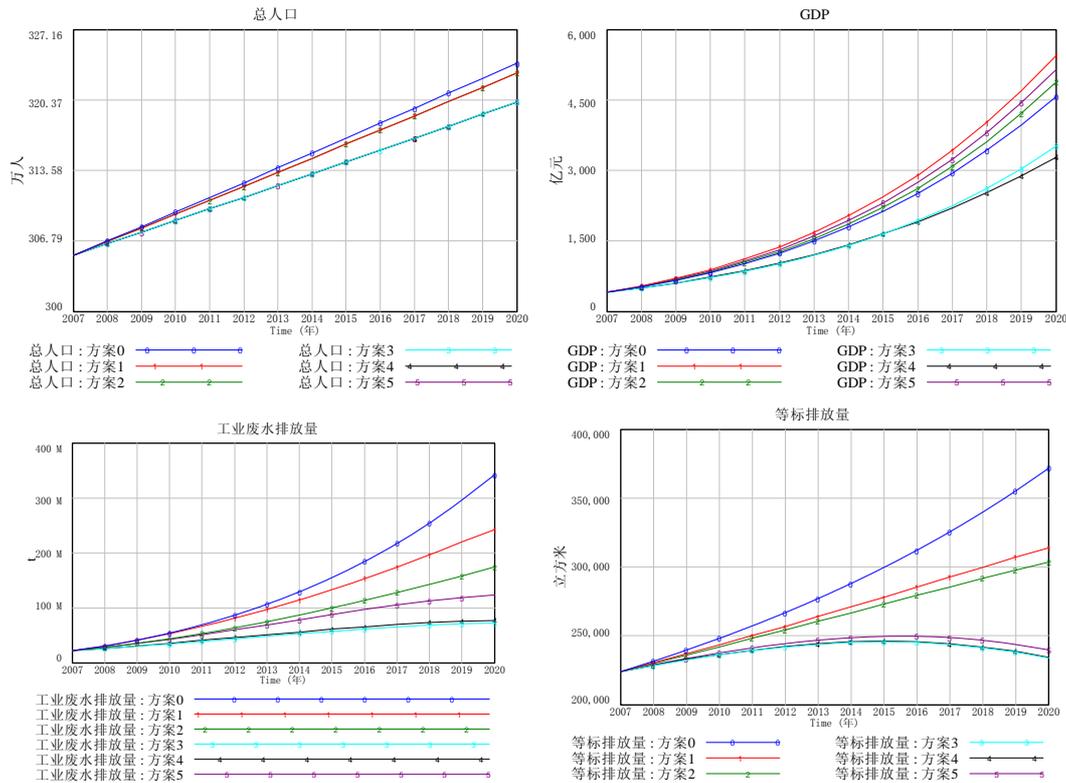


Figure 7 Tieling water environment system program predicted evolution compared

图7 铁岭市水环境系统演化方案预测结果对比图

(2) 方案分析

方案0分析: 在现有经济增长方式和治污力度下，2020年GDP达到4576亿元，高投入带来经济的快速增长，产业结构调整由2007年的25.0%：47.7%：27.3%变为2020年的17.0%：67.2%：15.8%，由于农业在产业结构中所占比例较大，加上粗放型工业结构，耗水量较大，2020年缺水量达11.13亿立方米，用水量是2007年的2.1倍，等标排放量为371381立方米，污染量是2007年的1.66倍。可见，按照现有发展方式，铁岭市的水环境污染和水资源短缺问题十分严重，同时这两个问题又会互相影响，加速环境的恶化。

方案1、2分析: 两方案均采用较高的投资比例，

科技水平，节水和水处理处于趋势性常规发展模式，稳步提高城市化水平，适度提高森林覆盖率。不同于方案1重点发展工业，工业投入比重较大，沿用目前发展模式。方案2三产均衡发展，投入比例较均衡。从模拟结果可以看出，2020年GDP分别达到5445亿元和4881亿元，产业结构分别调整为19.9%：66.8%：13.3%和27.9%：53.4%：18.6%，方案1工业比重较大，GDP增长速度较快，但可利用水资源量分别为-3.969亿立方米和-1.006亿立方米，资源损耗多出2.963亿立方米，而且本地水资源已不能满足经济发展。污染物等标排放量分别为313798立方米和303480立方米，污染量多出3.39%，即，方案1比方案2损耗更大的水资源和带

来更大的污染。

方案3、4分析：两方案均采用常规的投资比例，积极提高科技水平，加大节水和水处理投入，提高节水水平和污染处理率，提高城市化水平、森林覆盖率，加大生态环境保护。不同点仍在于经济结构，方案3较重视第三产业发展，方案4为三产均衡投入。从模拟结果可以看出，两方案至2020年GDP分别达到3521亿元和3283亿元，产业结构分别调整为18.1%：45.9%：35.9%和25.4%：52.5%：22.1%。可用水资源量分别为5.408亿立方米和5.203亿立方米。较2007年的2.13亿，还有增长。节水和循环利用率的提高，减少了经济发展的水资源需求量。污染物等标排放量分别为233755立方米和234290立方米，污染物排放量基本持平。从GDP，水资源和污染物排放的比较，方案3以较多的GDP量，经济结构也更为合理，比方案4更优。大力发展第三产业，不仅可以保持经济增长，而且相应减少污染和资源损耗。

方案4、5分析：两方案不同之处在于投入水平，科技、节水、治污及城市化等均为较高水平。方案5为保持高投入增长模式，均衡发展。模拟结果显示至2020年，GDP分别达到3283亿元和5148亿元，产业结构分别调整为25.4%：52.5%：22.1%和28.4%：53.9%：17.7%。可利用水资源量分别为5.203亿立方米和3.18亿立方米，污染物等标排放量分别为234290立方米和239575立方米。高投入的同时，加大环保投资和生态建设，提高城市化水平，在高增长的同时保持生态环境健康发展。方案5有明显优势。

综合各方案可以看出，单纯重视经济增长而忽视节水和污水治理，特别是依靠工业投资拉动经济增长的模式，会带来水资源紧缺和污染物的大量排放，水资源的供需紧张和水污染严重的矛盾必将影响区域经济的可持续发展。加大投入是增加经济发展速度的加速剂，但提高科技水平，加大节水和污染治理水平，是经济持续发展的必然选择。依靠某一种经济的发展拉动经济增长，在短时间内有明显的效果。但对于更长久的发展，三产业共同进步，特别是第三产业的繁荣发展，可以在减少污染的同时，稳步加速经济增长。如果考虑经济高速发展方案5为优选方案，而在常规的投入条件下，方案3经济结构更优，为优选方案。

3 总结

通过方案比对，污染源分析，在区域经济发展的过程中，优化产业结构，提高水资源利用效率、循环率，重视科技和环保投入，加快城市化步伐，合理布局土地利用方式，是保证区域经济健康发展，生态环境良性循环的必要条件。

方案对比显示，单纯重视经济增长而忽视节水和污水治理，特别是依靠工业投资拉动经济增长的模式，会带来水资源紧缺和污染物的大量排放，水资源的供需紧张和水污染严重的矛盾必将影响区域经济的可持续发展。铁岭地区畜牧业的非点源污染在环境污染中占有很大比重，走集约化养殖道路是区域经济健康发展的有效途径。合理施用农药化肥，提高森林面积，合理规划城镇建设，退耕还林，以及加快城市化进程，在减少非点源污染方面均有贡献。

References (参考文献)

- [1] Wang Jiaquan, Qian Jiazhong. System simulation of water environment[M]. He Fei: Hefei Industry Press,2006.
- [2] Li Bengang, Tao Peng, Cao Jun. Water environmental model and the warehouse management of water environmental model[J]. Water Science development.2002,13(1),14-20.
- [3] Gao Chengkang, Bao Cunkuan, Jiang Dahe, etc. Simulation analysis of water system in scarcity of Clean water areas based on SD——A case study of Shanghai Yangpu District[J]. Geographical Research,2007,(5):967-974.
- [4] Stave K A.A system dynamics model to facilitate public understanding of water management options in Las Vegas, Nevada [J].Environmental Management,2003,(67):303-313.
- [5] Janssen M A.An exploratory integrated model to assess management of lake eutrophication [J].Ecological Modelling, 2001,(140):111-124.
- [6] Cheng Xingpeng, Dai Qin. System Dynamics in the application of soil and water resources carrying Capacity in Hexi region in Gansu province[J]. Arid Land Geography,2002,25(4):377-382.
- [7] Yang Chunwei, Zhao Xiusheng, Yu Suhua. SD model for water resource allocation in Tarim basin river and its application[J]. Agriculture technique and economic,2001,(3):13-17.
- [8] Fang Chuanglin. The study on the regional sustainable development and the optimized allocation of water resource——A case study of Qaidam Basin in dry areas of northwest[J]. Journal of Natural Resources,2001,16(4):341-347.
- [9] Huang Guoyong, Chen Xingpeng. System Dynamicsanalysis of land carrying capacity in Ganan Tibetan Autonomous Prefecture[J]. Journal of Lanzhou University(Natural Science),2003,39(4): 75-79.
- [10] Yang Jie, She Xiaoyun, Lin Nianfeng. System dynamics simulation of ecological environmental Planning in Daan City of Jinlin Pronvince[J]. Journal of ecology.2005,25(5):1178-1183.
- [11] Meng Kaizhong, Wang Bin. The research Development of System Dynamics in sustainable development strategies of China.[J].Resource Development and market,2007,(1):78-80.