

城市经济系统脆弱性仿真研究方法的探讨

蔡文香¹ 卢万合²

(1. 对外经济贸易大学国际经贸学院, 北京 100029; 2. 吉林师范大学旅游与地理科学学院, 吉林 四平 136000)

摘要 分析了系统脆弱性概念, 提出城市经济系统脆弱性仿真研究方法的步骤: 城市经济系统时空边界的界定, 城市经济系统脆弱性要素的识别, 城市经济系统脆弱性评价, 城市经济系统仿真, 基于仿真结果的城市经济系统脆弱性再评价。以辽源市为案例城市, 具体解析了城市经济系统脆弱性仿真研究的方法。最后, 展望了城市经济系统脆弱性仿真研究的完善途径。

关键词 城市经济系统; 脆弱性; 评价; 仿真

中图分类号 F061.5

文献标识码 A

文章编号 1002-2104(2015)11增-0058-04

“脆弱性”(vulnerability)作为一个专有名词,已成为众多评价方法的基础,在气候影响评价、灾害评价、粮食安全评价等诸多领域被广泛应用^[1-2]。脆弱性的研究方向也逐渐从以前只关注自然系统脆弱性向关注社会、经济系统脆弱性的研究方向发展,城市经济系统脆弱性的研究已经成为科学与决策讨论的核心因素,同时也是可持续性科学关注的热点问题^[3]。进入21世纪,我国学者也开始注重从脆弱性角度研究区域经济问题,夏建新、杨若明探讨了导致西部地区社会经济系统脆弱性的原因^[4],李尊实等界定了区域经济系统脆弱性的内涵^[5],李鹤、张平宇、苏飞、那伟等人以东北矿业城市为案例,探讨了城市经济系统脆弱性的定量评价方法^[6-9]。城市经济系统脆弱性评价事实上是对脆弱性状况的认定,评价的最终目的就是为了降低脆弱性,目前大多数评价研究的研究思路亦是如此。然而,城市经济系统的运行机制极其复杂,依据城市经济系统过去的脆弱性状况提出的调控策略是否合理值得商榷,经济系统仿真恰恰能够解决这个问题,通过对城市经济系统运行状况的高度模拟,并对仿真后的经济系统进行脆弱性评价,依据评价结果提出优化策略将更为科学。因此,将城市经济系统脆弱性评价研究同城市经济系统仿真研究结合起来具有重要意义。

1 城市经济系统脆弱性仿真研究方法

1.1 系统脆弱性的内涵

如前所述,脆弱性的概念在各个研究领域莫衷一是,就是在一个领域内,不同的学者也有不同的理解。Turner

等人给出这样一个定义:“由于危险、扰动或者压力的暴露,系统、子系统或者系统的组成部分可能受到伤害的一个度。”^[10] Luers等学者在相关文章中纷纷引用。基于此定义,脆弱性作为系统的内部属性,与其自身的敏感性和恢复力有关,是其敏感性和恢复力相互作用的结果,具体来说,脆弱性与其自身的敏感性成正比,而与其自身的恢复力成反比。

1.2 城市经济系统脆弱性仿真研究方法的具体步骤

城市经济系统脆弱性仿真研究方法实质上是将城市经济系统脆弱性评价研究与城市经济系统动力学仿真研究有效地整合在一起,但这绝不是两种研究的简单相加,本文总结了如下步骤:①城市经济系统时空边界的界定。城市经济系统是极其复杂的,尤其表现出明显的尺度效应,这里所讲的尺度包括空间尺度与时间尺度。②城市经济系统脆弱性要素的识别。③城市经济系统脆弱性评价。④城市经济系统仿真。⑤城市经济系统再评价。

2 城市经济系统脆弱性仿真研究方法的实例:以辽源市为例

2.1 辽源市经济系统时空边界的界定

经济系统的发展进化与行政区划有着密切联系,本文将辽源市行政区划范围作为研究区域,其经济系统的空间边界与行政区划边界一致,时间边界确定为1990-2030年。

2.2 识别辽源市经济系统脆弱性要素,构建脆弱性评价指标体系

根据辽源市经济系统脆弱性的特征,并结合相关学者

收稿日期:2015-09-15

作者简介:蔡文香,博士生,主要研究方向为应用统计学。

基金项目:吉林省社会科学基金项目(编号:2011B336);对外经济贸易大学优秀博士学位论文培育基金阶段性研究成果。



的研究结果^{[8][11-16]},全面识别辽源市人经济系统的敏感性影响因素和恢复力影响因素,其中敏感性因素34个,恢复力因素48个(略)。运用DEMATEL分析方法,制定并发放了30份问卷,主要发放对象为脆弱性理论及实践领域的研究人员(包括部分在校博士研究生),对辽源市经济发展较为了解的政府工作人员,共收回有效问卷27份,问卷回收率达到90%。假设敏感性因素的直接影响矩阵为 $X(X=[x_{ij}]_{34 \times 34})$,恢复力因素的直接影响矩阵为 $Y(Y=[y_{ij}]_{48 \times 48})$ 。将两个直接影响矩阵 $X、Y$ 进行标准化处理,得到标准化矩阵 $G、H$,其中 $G = X / \max_{1 \leq j \leq 34} \sum_{i=1}^{34} x_{ij} = (g_{ij})_{34 \times 34}$, $H = Y / \max_{1 \leq j \leq 48} \sum_{i=1}^{48} y_{ij} = (h_{ij})_{48 \times 48}$,并进一步计算出敏感性因素的综合影响矩阵 A 和恢复力因素的综合影响矩阵 B ,其中 $A = G(E - G)^{-1} = (a_{ij})_{34 \times 34}$, $B = H(E - H)^{-1} = (b_{ij})_{48 \times 48}$ 。将敏感性因素综合影响矩阵 A 中的元素按行相加得到相应因素的影响度 c_i ,按列相加得到相应因素的被影响度 d_j ,其中 $c_i = \sum_{j=1}^{34} a_{ij}$ ($i=1, 2, 3, \dots, 34$), $d_j = \sum_{i=1}^{34} a_{ij}$ ($j=1, 2, 3, \dots, 34$)。将恢复力因素综合影响矩阵 B 中的元素按行相加得到相应因素的影响度 k_i ,按列相加得到相应因素的被影响度 l_j ,其中 $k_i = \sum_{j=1}^{48} b_{ij}$ ($i=1, 2, 3, \dots, 48$), $l_j = \sum_{i=1}^{48} b_{ij}$ ($j=1, 2, 3, \dots, 48$)。接下来就可以计算出敏感性因素中心度 m_i ,原因度 n_i ,其中 $m_i = c_i + d_j$, $n_i = c_i - d_j$,以及恢复力因素中心度 $p_i = k_i + l_j$, $q_i = k_i - l_j$,选取原因度排序在前20%的影响因素。根据识别结果,构建辽源市经济系统脆弱性评价指标体系(见表1)。

2.3 辽源市经济系统脆弱性评价与结果分析

采用辽源市历年统计年鉴的数据,运用层次分析法与

表1 辽源市经济系统脆弱性评价指标体系

目标层 A	准则层 B	指标层 C
经济系统脆弱性 A1	系统敏感性 B1	煤炭产业从业人数 C11; 人口自然增长率 C12; 煤炭产业投资占总投资的比重 C13; 煤炭产业增加值占 GDP 的比重 C14; 国有企业产值占 GDP 的比重 C15; 国有企业数 C16; 第一产业产值占 GDP 比重 C17
	系统恢复力 B2	GDPC21; 第一产业产值 C22; 固定资产投资 C23; 接续产业产值占 GDP 的比重 C24; 第三产业产值 C25; 非国有企业产值 C26; 财政自给率 C27; 吸引外资金额 C28; 第三产业从业比重 C29

熵权法确定综合权重^[17], $W_j = aW'_j + (1 - a)W''_j$,其中式 W_j 为综合权重, W'_j 为层次分析法确定的权重, W''_j 为熵权指数法确定的权重, a 为权重系数的取值依具体情况^[17],而定最终计算出1990-2010年辽源市经济系统脆弱性的结果(见表2)。

在1990-2010年的21年间,辽源市经济系统脆弱性总体上呈现震荡降低的趋势,其中经济系统脆弱性的最大值出现在1990年,最小值出现在2010年,前者的值是后者的65倍,反映出辽源市经济总体发展趋势是朝着健康运行方向的。

辽源市经济系统敏感性在1990-2010年的21年间呈现反复震荡,总体下行的趋势,其中最大值出现在1990年,最小值出现在2001年,前者是后者的7.5倍,值得注意的是辽源市经济系统敏感性在2008-2010年呈现小幅上升的趋势,而这一阶段辽源市经济结构转型已经基本完成,这也说明了辽源市经济转型中亦同样存在着隐忧。

辽源市经济系统恢复力在1990-2010年间总体上是

表2 1990-2010年辽源市经济系统脆弱性的评价结果

时间	S_e	R_e	V_e	时间	S_e	R_e	V_e
1990	0.111 003	0.021 5517 13	5.150 542	2001	0.014 708	0.0184 047 48	0.799 142
1991	0.085 165	0.022 134 347	3.847 64	2002	0.024 899	0.025 394 638	0.980 483
1992	0.069 249	0.022 870 717	3.027 846	2003	0.063 212	0.027 811 157	2.272 901
1993	0.099 31	0.025 128 775	3.952 043	2004	0.051 94	0.034 280 623	1.515 142
1994	0.077 047	0.023 409 187	3.291 315	2005	0.044 658	0.039 857 998	1.120 428
1995	0.047 488	0.020 285 52	2.340 98	2006	0.030 77	0.058 207 404	0.528 627
1996	0.050 858	0.023 964 27	2.122 243	2007	0.034 619	0.069 655 566	0.497 003
1997	0.058 757	0.023 790 452	2.469 772	2008	0.015 272	0.127 075 915	0.120 18
1998	0.042 281	0.022 020 744	1.920 053	2009	0.016 418	0.143 779 014	0.114 189
1999	0.024 894	0.016 397 128	1.518 193	2010	0.017 12	0.214 925 373	0.079 656
2000	0.020 608	0.019 513 045	1.056 114				

呈现上升的发展趋势,最大值出现在2010年,最小值出现在1999年,前者是后者的13倍。

2.4 辽源市经济系统仿真

基于系统动力学研究方法,通过对系统结构的深入分析,构建了辽源市经济系统的SD模型,将CD生产函数嵌入到模型当中,主要数学表达式为:

$$dpop/dt = mov + fer - mor - dep \quad (1)$$

$$drio/dt = ria \quad (2)$$

$$rion = ritz + \alpha_1 * cliz + \beta_1 * ciez \quad (3)$$

$$riay = \max\{\text{sgn}(cor - cop) \rho\} \quad (4)$$

$$dfioi/dt = fapi \quad (5)$$

$$fioiz = airiz + \alpha_i * eaiiz + \beta_i * iaiiz \quad (6)$$

$$gdp = tio + pig + tig \quad (7)$$

其中状态变量是人口数量(pop)、资源产业理论产值($rion$)、第*i*个接续产业产值($fioi$)。其它变量和参数分别是人口出生人口(fer)、死亡人口(mor)、迁入人口(mov)、迁出人口(dep)、资源产业增加值(ria)、资源产业产值增长率($rion$)、资源产业技术进步增长率($ritz$)、资源产业投资增长率($cliz$)、资源产业从业人数增长率($ciez$)、资源约束系数($riay$)、资源储量(cor)、资源开采量(cop)、第*i*个接续产业增加值($fapi$)、第*i*个接续产业产值增长率($fioiz$)、*i*个接续产业的技术进步增长率($airiz$)、第*i*个接续产业的投资增长率($eaiiz$)、第*i*个接续产业的从业人数增长率($iaiiz$)、国内生产总值(gdp)、工业生产总值(tio)、第一产业产值(pig)、第三产业产值(tig)。此外,表达式(3)中的 α_1 是CD函数中资源产业投资增长率的系数, β_1 是资源产业劳动力增长率的系数,表达式(6)中 α_i 是CD函数中第*i*个接续产业投资增长率的系数, β_i 是第*i*个接续产业劳动力增长率的系数。

根据辽源市2005-2010年数据进行趋势外推仿真,

得到辽源市2011-2030年经济系统的若干仿真曲线,具体过程与结果参见文献[18]不再复述。

2.5 辽源市经济系统脆弱性再评价与结果分析

根据前文评价方法,利用辽源市经济系统仿真结果,对辽源市2011-2030年经济系统脆弱性进行再评价,具体结果如表3。

自2011-2030年间,辽源市经济系统脆弱性持续降低,其中2027-2028年间,辽源市经济系统脆弱性降幅剧烈,造成这种趋势变化最主要的原因就是辽源市的煤炭资源在2028年枯竭。

2011-2018年,敏感性的值缓慢降低,2019-2027年,敏感性的值又开始缓慢升高,2028年,该数值骤然降低,原因是煤炭资源枯竭的强烈扰动,2029-2030年,辽源市经济系统敏感性又开始缓慢降低。

2011-2015年辽源市经济系统恢复力缓慢降低,2016-2030年恢复力持续升高。

3 城市经济系统脆弱性仿真研究方法完善途径的展望

3.1 将“暴露”纳入到城市经济系统脆弱性仿真研究中

本文未将暴露作为脆弱性的要素,也没有考虑不同暴露下的脆弱性评价问题,实际上暴露对城市经济系统脆弱性仿真研究具有重要意义,结合具体问题,可以考虑把它作为脆弱性的内部要素,纳入到脆弱性的评价之中,尤其是在涉及到横向比较的城市经济系统脆弱性仿真研究中,这一点更为重要。

3.2 脆弱性评价的基础模型的深化

本文仅依据相关定义,提出了脆弱性评价的基础模型,既: $V_i = S_i/R_i$,事实上这个模型有进一步完善及优化的空间。敏感性与恢复力直接相除固然简单,但遇到具体问

表3 2011-2030年辽源市经济系统脆弱性的评价结果

时间	S_e	R_e	V_e	时间	S_e	R_e	V_e
2011	0.044 236	0.009 469	4.671 75	2021	0.032 24	0.014 112	2.284 596
2012	0.039 976	0.008 72	4.584 25	2022	0.034 243	0.017 122	1.999 926
2013	0.036 583	0.008 224	4.448 207	2023	0.036 853	0.021 402	1.721 938
2014	0.033 951	0.007 964	4.263 014	2024	0.040 261	0.027 678	1.454 632
2015	0.031 987	0.007 933	4.031 99	2025	0.044 319	0.037 038	1.196 574
2016	0.030 665	0.008 136	3.768 998	2026	0.049 342	0.051 515	0.957 81
2017	0.029 867	0.008 591	3.476 745	2027	0.055 365	0.074 557	0.742 587
2018	0.029 584	0.009 332	3.170 026	2028	0.004 364	0.112 289	0.038 864
2019	0.029 93	0.010 423	2.871 41	2029	0.004 543	0.176 227	0.025 779
2020	0.030 806	0.011 964	2.574 861	2030	0.004 726	0.286 904	0.016 472

题时还需进一步调整,因为敏感性要素和恢复力要素在很多情况下是具有极强相关性的,有时候也不是恢复力越大越好,可能需要寻找一个相对稳定的状态,敏感性亦是如此。

3.3 系统仿真方法的拓展

本文只提到了系统动力学的方法,事实上系统仿真方法还有许多,只要能够对城市经济系统进行精确仿真,并能与脆弱性评价方法有效契合都可以作为城市经济系统脆弱性仿真研究的仿真方法。

(编辑:田红)

参考文献

- [1] Maxx Dilley, Tanya E, Boudreau. Coming to Terms with Vulnerability: A Critique of the Food Security Definition [J]. Food Policy, 2001, 26: 229 - 247.
- [2] 史培军,王静爱,陈婧,等.当代地理学之人地相互作用研究的方向——全球变化人类行为计划(HIDP)第六届开放会议透视[J].地理学报,2006,61(2):115-126.
- [3] Turner B, Kasperson R, Matson Q, et al. A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science [J]. PANS, 2003, 100(7): 8074 - 8079.
- [4] 夏建新,杨若明.西部地区社会经济系统的脆弱性及生态风险评估方法[J].中央民族大学学报:自然科学版,2003,12(4):331-335.
- [5] 李尊实,刘艳红,高铭杉.区域经济系统脆弱性的内涵与界定[J].经济论坛,2005,(20):9-11.
- [6] 苏飞,张平宇,李鹤.中国煤矿城市经济系统脆弱性评价[J].地理研究,2008,27(4):907-916.
- [7] 李鹤,张平宇.东北地区矿业城市经济系统脆弱性分析[J].煤炭学报,2008,33(1):116-120.
- [8] 那伟.辽源市人地系统脆弱性与可持续发展研究[D].长春:东北师范大学,2008.
- [9] 苏飞,张平宇,李鹤.石油城市经济系统脆弱性评价——以大庆市为例[J].自然资源学报,2009,24(7):1267-1274.
- [10] B Turner, Pamela Matson, James McCarthy, et al. Illustrating the Coupled Human - Environment System for Vulnerability Analysis: Three Case Studies [J]. PANS, 2003, 100(14): 8080 - 8085.
- [11] 李鹤.东北地区矿业城市人地系统脆弱性评价与调控研究[D].长春:中国科学院东北地理与农业研究所,2009.
- [12] 刘继生,那伟,房艳刚.辽源市社会系统脆弱性及其规避措施[J].经济地理,2010,30(6):944-948.
- [13] 孙平军.矿业城市经济发展脆弱性及发展策略研究[D].长春:东北师范大学,2010.
- [14] 邹显强,冯静.贵州产业结构低度化的成因及对策[J].北方经贸,2009,(4):32-35.
- [15] 康金.河北省区域经济脆弱性综合评价研究[D].秦皇岛:燕山大学,2011.
- [16] 吴玮.中国主要城市群人地系统脆弱性评价[D].长春:东北师范大学,2010.
- [17] 王明涛.多指标综合评价中权重系数的一种综合分析方法[J].系统工程,1999,17(2):56-61.
- [18] 卢万合,刘继生,那伟.基于系统动力学的资源枯竭型矿业城市产业转型仿真分析——以吉林省辽源市为例[J].地理科学,2012,32(5):577-583.

Initial Discussion on Simulation Research of Vulnerability of City's Economic System

CAI Wen-xiang¹ LU Wan-he²

(1. School of International Trade and Economics, University of International Business and Economics, Beijing 100029, China; 2. School of Tourism Management and Geography, Jilin Normal University, Siping Jilin 136000, China)

Abstract This paper analyzes the concept of vulnerability of system, and summarizes 5 steps of the simulation research of Vulnerability of city's economic system including the definition of temporal-spatial boundaries, the recognition of vulnerability elements of city's economic system, the assessment of vulnerability of city's economic system, the simulation of city's economic system and second assessment of vulnerability of city's economic system based on the simulation results. Taking a case in Liaoyuan City, it analyzes the method of simulation of the vulnerability of city's economic system. Finally, the article summarizes the perfect way of simulation research of vulnerability of city's economic system.

Key words city's economic system; vulnerability; assessment; simulation