

基于IAHP和信息熵的粮食可持续发展综合评价 ——以黑龙江省为例

索瑞霞, 王福林, 朱会霞

(东北农业大学 工程学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 本文基于指标体系构建原则构建了我国粮食可持续发展评价指标体系, 通过将主观的区间层次分析法与客观的信息熵法相结合, 建立了综合确权评价模型, 并应用该模型对黑龙江省不同时期的粮食可持续发展状况进行了综合评价, 对黑龙江省粮食综合生产能力及其组成部分的变动趋势进行了动态分析。结果表明, 黑龙江省粮食可持续发展水平呈逐年上升的趋势。

关键词: 粮食可持续发展; 区间层次分析法; 信息熵; 综合评价

中图分类号: F323.9 文献标识码: A 文章编号: 1002-980X(2010)11-0081-05

2005年, 中央出台了关于提高农业综合生产能力的“一号文件”, 将增强粮食综合生产能力提高到农业工作的中心地位。2006年, 农业部又全面启动增强粮食综合生产能力的行动, 围绕资源保障、科技支撑、物质装备、抗御风险和政策支持各方面, 来保障和提高粮食综合生产能力。2007年和2008年的中央“一号文件”也广泛涉及于此。在此背景下, 为建设现代农业和实现黑龙江省打造千亿斤粮食产能工程, 使黑龙江省粮食持续、稳定地发展, 也更加清楚地了解黑龙江省粮食的可持续发展能力, 对今后黑龙江省粮食可持续发展战略的制定提供科学的依据, 有必要采用较为科学的方法, 对黑龙江省粮食的可持续发展能力进行定量的测算。目前, 对粮食可持续发展的研究主要集中在粮食可持续发展的提出背景、现状、相关战略与对策等方面, 还没有系统地测算过粮食可持续发展水平究竟是多大。所以, 对粮食可持续发展能力的测算具有重要的理论意义。

1 粮食可持续发展能力评价指标体系构建

粮食可持续发展能力评价指标体系, 从大的领域来看, 主要包括资源禀赋指标、农业投入水平指标和农业资源转化水平指标3个方面。本文在前人研

究的基础上^[1], 遵循综合性、系统性、动态性、科学性、可比性、可操作性的原则, 同时考虑指标数据的可获得性, 结合粮食可持续发展能力评价问题的特点, 经过研究, 最终确定粮食可持续发展能力评价指标体系, 如表1所示。

2 粮食可持续发展能力评价方法

关于农业生产发展的评价可以采取不同的方法, 如回归分析法、系统聚类方法、运筹方法、DEA方法等。本文试图利用区间层次分析法和信息熵法对粮食可持续发展能力进行评价。

2.1 区间层次分析法

层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是1977年由Satty提出的一种实用的多准则决策方法^[2-3]。其思想是, 首先通过建立清晰的层次结构来分解复杂问题, 其次引入测度理论, 通过两两比较, 用相对标度将人的判断标量化, 并逐层建立判断矩阵, 然后求解判断矩阵的权重, 最后计算因素的综合权重并排序。

由于信息不完备, 因此在两两比较中往往会出现不确定的主观判断。对不确定性的判断, 用点值来表述是不合适的, 这时可以采用区间数来描述。于是出现了区间层次分析法(interval AHP, IAHP)。IAHP将传统AHP与区间数学结合, 用

收稿日期: 2010-08-24

基金项目: 国家“863计划”项目(2006AA10A310)

作者简介: 索瑞霞(1981—), 女, 内蒙古四子王旗人, 东北农业大学工程学院博士研究生, 研究方向: 农业系统工程与优化算法; 王福林(1960—), 男, 黑龙江安达人, 东北农业大学工程学院教授, 博士生导师, 研究方向: 农业系统工程与智能优化算法; 朱会霞(1978—), 女, 黑龙江富锦人, 东北农业大学工程学院博士研究生, 研究方向: 农业系统工程与优化算法。

区间数替代点值构成判断矩阵,然后求解权重向量,通过区间数矩阵和向量计算得到区间数综合权重,最后对其排序。该方法能有效表达判断的不确定性,模型建立和求解也较简便。

在区间层次分析法中,判断矩阵中的元素均为区间数,必须采用区间数判断矩阵的权重求解算法。有关这方面的研究是 20 世纪 90 年代才陆续开展的,包括区间特征根法、随机模拟法、迭代法、构造互补矩阵法等多种方法^[4]。本文采用区间特征根法进行权重求解。

设 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 为区间数判断矩阵,即 $a_{ij} = [\bar{a}_{ij}, \bar{a}_{ij}^+]$, 记 $A^- = (\bar{a}_{ij})_{n \times n}$, $A^+ = (\bar{a}_{ij}^+)_{n \times n}$, 并记 $A = [A^-, A^+]$ 。同样,对区间数向量 $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$, 即 $x_i = [x_i^-, x_i^+]$, 记 $x^- = (x_1^-, x_2^-, \dots, x_n^-)^T$, $x^+ = (x_1^+, x_2^+, \dots, x_n^+)^T$, 并记 $x = [x^-, x^+]$ 。且有 $a_{ji} = 1/a_{ij}$ 。

区间数特征根方法的具体计算步骤为^[5]:

①分别求 A^- 、 A^+ 的最大特征根所对应的具有正分量的归一化特征向量 x^- 、 x^+ 。

②由 $A^- = (\bar{a}_{ij})$ 、 $A^+ = (\bar{a}_{ij}^+)$ 计算 k 和 m 的值,其中:

$$k = \sqrt[n]{\frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\sum_{i=1}^n \bar{a}_{ij}^+}}{\sum_{i=1}^n \bar{a}_{ij}}}, m = \sqrt[n]{\frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\sum_{i=1}^n \bar{a}_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \bar{a}_{ij}^+}}.$$

③求权重向量 $w = [kx^-, mx^+]$ 。

④计算各层元素的组合权重区间向量。

假定已经算出第 $k-1$ 层上 n_{k-1} 个元素相对于总目标的排序权重区间矢量 $W^{(k-1)} = (W_1^{(k-1)}, W_2^{(k-1)}, \dots, W_{n_{k-1}}^{(k-1)})^T$, 第 k 层上 n_k 个元素对第 $k-1$ 层上第 j 个元素为准则的排序权重区间矢量设为 $p_j^{(k)} = (p_{1j}^{(k)}, p_{2j}^{(k)}, \dots, p_{n_k j}^{(k)})^T$, 其中不受 j 支配的元素权重为零。令 $P^{(k)} = (p_1^{(k)}, p_2^{(k)}, \dots, p_{n_{k-1}}^{(k)})$ 为 $n_k \times n_{k-1}$ 阶区间矩阵,表示 k 层上元素对 $k-1$ 层上各元素的排序,则第 k 层上元素对总目标的合成排序矢量 $W^{(k)}$ 为:

$$W^{(k)} = (w_1^{(k)}, w_2^{(k)}, \dots, w_{n_k}^{(k)})^T = P^{(k)} \cdot W^{(k-1)}.$$

通常 $W^{(k)} = P^{(k)} P^{(k-1)} \dots W^{(2)}$ 。

这里 $W^{(2)}$ 是第 2 层上元素对总目标的排序矢量,实际上也就是单准则下的排序矢量^[6]。

2.2 信息熵法

作为一物理概念,熵(entropy)最早是在热力学中由克劳修斯提出的,用以描述系统的无序状态。而后被引入多个领域,出现了玻尔兹曼熵(Boltzmann entropy)、信息熵、概率测度熵等。其中,信息

熵是由申农将热力学熵引入信息论而提出的,常被用作度量不确定性。

信息熵是用来度量信息量的大小,也是信息有用程度的一种表现形式^[7]。信息熵完全建立在原始数据的基础上,客观性比较强。信息熵法是把多目标决策评价各待选方案的固有信息和决策者的经验判断的主观信息进行量化和综合,进而建立基于熵的多目标决策评价模型,为多目标决策提供依据。

信息熵确定权重的步骤如下^[8]:

①对于某一评价指标集 $A = (a_{ij})_{n \times m}$, 利用适当方法把它正规化为 $R = (r_{ij})_{n \times m}$, 则第 j 个指标的信息熵为: $E_j = - [\sum_{i=1}^n r'_{ij} \ln r'_{ij}] / \ln n$ 。其中, $r'_{ij} = r_{ij} / \sum_{i=1}^n r_{ij}$, 并规定当某一个 $r'_{ij} = 0$ 时, $r'_{ij} \ln r'_{ij} = 0$ 。

②指标集 $A = (a_{ij})_{n \times m}$ 的第 j 个指标权重定义为: $w_j = (1 - E_j) / \sum_{k=1}^m (1 - E_k)$ 。

2.3 综合权重的确定

区间层次分析法考虑了专家的知识经验和决策者的意向和偏好,虽然指标权重的排序往往具有较高的合理性,但仍然无法克服主观随意性较大的缺陷;熵权法充分挖掘了原始数据本身蕴含的信息,结果比较客观,但却不能反映专家的知识经验和决策者的意见。综合分析两种方法的优缺点,本文把主观方法和信息熵法结果相结合确立综合权重:

$w_j' = \lambda_j w_j / \sum_{j=1}^n \lambda_j w_j$ 。其中, λ_j 为 IAHP 确定的主观权重; w_j 为信息熵法确定的客观权重。

3 黑龙江省粮食可持续发展能力测算

为了计算黑龙江省年度粮食可持续发展水平,我们使用年份作为样本,样本数为 12(1995—2006 年)。各指标值来源于历年《黑龙江统计年鉴》和《黑龙江农村统计年鉴》,所有样本指标都进行了归一化处理,具体见表 1。

3.1 基于 IAHP 的主观权重确定

应用 IAHP 方法确定指标权重,我们请 20 位农业领域、科研院所、农业高等学校等方面有经验的专家对表 1 所列的评价指标进行打分,通过适当的方法进行信息合成后,根据 2.1 节的具体方法求得总目标下和各准则下的区间判断矩阵及权重区间,如表 2~ 表 6 所示。

表 1 粮食可持续发展指标体系及样本数据

目标层	粮食综合生产能力(A)											
准则层	资源禀赋(B ₁)			农业投入水平(B ₂)						农业资源转化水平(B ₃)		
指标层	人均耕地面积	人均播种面积	人均粮食作物面积	农业固定资产投资	单位耕地面积化肥施用量	单位耕地面积农机总动力	科技人员比例	灌溉率	单位耕地面积农药用量	粮食单产	农民人均纯收入	成灾率
1995 年	0. 95	0. 93	0. 94	0. 43	0. 92	0. 79	0. 73	0. 62	0. 60	0. 89	0. 71	0. 66
1996 年	0. 96	0. 95	0. 97	0. 60	0. 95	0. 80	0. 75	0. 74	0. 68	0. 96	0. 88	0. 58
1997 年	0. 96	0. 96	0. 99	0. 62	1. 00	0. 81	0. 78	0. 88	0. 83	0. 94	0. 93	1. 07
1998 年	0. 96	0. 98	1. 00	0. 80	1. 03	0. 92	0. 80	0. 97	0. 86	0. 96	0. 91	1. 31
1999 年	0. 96	0. 98	1. 00	0. 75	1. 03	0. 98	0. 81	1. 05	0. 86	0. 94	0. 87	0. 91
2000 年	0. 95	0. 94	0. 92	0. 76	0. 96	0. 98	1. 13	1. 07	0. 86	0. 94	0. 87	1. 33
2001 年	0. 96	0. 96	0. 94	0. 82	0. 97	1. 01	1. 02	1. 09	0. 92	0. 92	0. 92	1. 14
2002 年	0. 95	0. 96	0. 93	1. 15	1. 03	1. 07	1. 14	1. 15	1. 05	1. 02	0. 97	0. 96
2003 年	0. 97	0. 97	0. 93	1. 22	0. 98	1. 09	0. 98	1. 09	1. 09	0. 94	1. 01	1. 26
2004 年	0. 99	0. 99	0. 98	1. 70	1. 10	1. 15	1. 06	1. 17	1. 38	1. 07	1. 21	0. 58
2005 年	1. 18	1. 17	1. 18	1. 40	0. 98	1. 12	1. 35	1. 04	1. 42	1. 10	1. 30	0. 84
2006 年	1. 20	1. 20	1. 23	1. 76	1. 04	1. 27	1. 45	1. 12	1. 45	1. 33	1. 43	1. 36

表 2 总目标下区间判断矩阵及权重区间

A	B ₁	B ₂	B ₃	权重区间	权重区间归一化
B ₁	[1, 1]	[1/3, 1]	[1/2, 1]	[0. 2027, 0. 2793]	[0. 2030, 0. 2797]
B ₂	[1, 3]	[1, 1]	[1, 2]	[0. 3715, 0. 5033]	[0. 3721, 0. 5041]
B ₃	[1, 2]	[1/2, 1]	[1, 1]	[0. 2918, 0. 3483]	[0. 2923, 0. 3488]

表 3 资源保障下区间判断矩阵及权重区间

B ₁	C ₁	C ₂	C ₃	权重区间	权重区间归一化
C ₁	[1, 1]	[2, 3]	[1, 3]	[0. 4327, 0. 5148]	[0. 4503, 0. 5357]
C ₂	[1/3, 1/2]	[1, 1]	[3, 4]	[0. 3080, 0. 3376]	[0. 3205, 0. 3513]
C ₃	[1/3, 1]	[1/4, 1/3]	[1, 1]	[0. 1286, 0. 2002]	[0. 1338, 0. 2083]

表 4 农业投入水平下区间判断矩阵及权重区间

B ₂	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	权重区间	权重区间归一化
C ₄	[1, 1]	[4, 5]	[3, 5]	[1/2, 1]	[2, 3]	[1, 2]	[0. 1885, 0. 2281]	[0. 2165, 0. 2619]
C ₅	[1/5, 1/4]	[1, 1]	[1/5, 1/2]	[1/4, 1/3]	[1, 1]	[2, 4]	[0. 0925, 0. 1180]	[0. 1062, 0. 1355]
C ₆	[1/5, 1/3]	[2, 5]	[1, 1]	[2, 3]	[1/6, 1/5]	[1/3, 1/2]	[0. 0829, 0. 1208]	[0. 0952, 0. 1387]
C ₇	[1, 2]	[3, 4]	[1/3, 1/2]	[1, 1]	[1/5, 1/3]	[1/3, 1]	[0. 0967, 0. 1275]	[0. 1110, 0. 1464]
C ₈	[1/3, 1/2]	[1, 1]	[5, 6]	[3, 5]	[1, 1]	[1/6, 1/4]	[0. 1484, 0. 1677]	[0. 1704, 0. 1926]
C ₉	[1/2, 1]	[1/4, 1/2]	[2, 3]	[1, 3]	[4, 6]	[1, 1]	[0. 1629, 0. 2076]	[0. 1871, 0. 2384]

表 5 农业资源转化水平转化下区间判断矩阵及权重区间

B ₃	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	权重区间	权重区间归一化
C ₁₀	[1, 1]	[4, 6]	[1/3, 1/2]	[0. 3009, 0. 3549]	[0. 3798, 0. 4480]
C ₁₁	[1/6, 1/4]	[1, 1]	[3, 5]	[0. 2165, 0. 2657]	[0. 2733, 0. 3354]
C ₁₂	[2, 3]	[1/5, 1/3]	[1, 1]	[0. 2076, 0. 2389]	[0. 2620, 0. 3015]

3 2 基于信息熵法的客观确权及综合权重确定

应用 2. 2 节信息熵法确定的客观权重, 结合 IAH P 确定的主观权重, 利用 2. 3 节的方法计算综合权重, 结果见表 6。

3 3 黑龙江省粮食可持续发展综合指数的测算

由表 6 所得的综合权重及表 1 标准化后的数据, 得到可持续发展水平各年的综合指标值, 见表 7。为了能够更清楚地观察黑龙江省农业综合生产能力的变动

过程, 本文以 1995 年为基年, 即以 1995 年的各项指数为基准数据 1. 0, 计算出其他年份的数据相对于 1995 年的变化情况, 计算结果如表 7。为了能够更加直观地考察黑龙江省粮食可持续发展能力的变动趋势, 本文根据表 7 的数据, 绘制图 1 所示的曲线图。

表 7 和图 1 所示的黑龙江省粮食可持续发展综合评价指数及构成数据, 显示了黑龙江省粮食可持续发展能力有如下趋势:

表 6 基于 IAHP Entropy 确定指标权重的过程参数表

指标	区间层次分析法 (IAHP) 主观权重			信息熵 (Entropy) 客观权重		综合权重
	权重区间	区间中值 λ_j	修正后 λ_j	信息熵 E_j	熵权 w_j	w'_j
C_1	[0.0914, 0.1499]	0.1207	0.0932	0.9986	0.0138	0.0168
C_2	[0.0651, 0.0983]	0.0817	0.0631	0.9986	0.0138	0.0114
C_3	[0.0272, 0.0583]	0.0428	0.0330	0.9982	0.0176	0.0076
C_4	[0.0805, 0.132]	0.1063	0.0821	0.9656	0.3427	0.3677
C_5	[0.0395, 0.0683]	0.0539	0.0417	0.9995	0.0046	0.0025
C_6	[0.0354, 0.0699]	0.0527	0.0407	0.9958	0.0418	0.0222
C_7	[0.0413, 0.0738]	0.0576	0.0445	0.9898	0.1013	0.0589
C_8	[0.0634, 0.0971]	0.0803	0.0620	0.9943	0.057	0.0462
C_9	[0.0696, 0.1202]	0.0949	0.0733	0.9855	0.1447	0.1387
C_{10}	[0.3798, 0.448]	0.4139	0.3199	0.9975	0.0249	0.1041
C_{11}	[0.0799, 0.117]	0.0985	0.0761	0.9924	0.0755	0.0751
C_{12}	[0.0766, 0.1052]	0.0909	0.0703	0.9837	0.1623	0.1490

(1) 1995—2006 年, 黑龙江省粮食资源禀赋能力增长相对缓慢, 2006 年粮食资源禀赋能力水平为 1.28, 比 1995 年增长了 28%, 年均增长速度为 1.64%。粮食资源禀赋能力的提高主要取决于人均粮食作物面积的增加, 2006 年人均粮食作物面积为 0.5724 公顷, 比 1995 年增长了 30.85%, 年均增长为 2.80%。

(2) 黑龙江粮食的农业投入水平能力增长最快, 2006 年其指数为 3.04, 比 1995 年增长了 18.55%。农业投入水平的提高主要来自农业固定资产投资、科技进步以及灌溉率, 2006 年黑龙江省农村固定资产投资为 195.6 亿元, 科技人员比例为 3.18%, 农田灌溉率为 22.82%, 与 1995 年相比分别增长了 309.3%、98.63% 和 80.65%, 年均增长率分别为

28.11%、8.97% 和 7.33%。因此, 科技在粮食经济增长中的作用日益突出, 有力地支撑了粮食的发展。

(3) 黑龙江省粮食的农业资源转化水平在这 12 年中有升有降, 但总体发展水平是上升的, 2006 年指数为 1.83, 比 1995 年增长了 83%, 年均增长速度为 6.64%。粮食产量的提高可以促进农业经济的发展, 提高农民生活水平, 且有利于国家粮食安全。

(4) 从总体上看, 黑龙江省粮食可持续发展能力在逐步增强。如果以 1995 年综合指数为基准数据 1.0, 2006 年指数上升到 2.46, 比 1995 年增长了 146%, 年均增长速度为 13.27%。在这 12 年的发展过程中, 不仅整体的粮食可持续发展能力持续增长, 而且其各组成部分都有不同程度的增长。

表 7 1995—2006 年黑龙江省粮食可持续发展水平综合指标值及其构成

年份	资源禀赋		农业投入水平		农业资源转化水平		综合指标值	
1995	0.0337	1.00	0.3336	1.00	0.2445	1.00	0.6118	1.00
1996	0.0344	1.02	0.4142	1.24	0.2531	1.04	0.7017	1.15
1997	0.0347	1.03	0.4497	1.35	0.3263	1.33	0.8107	1.33
1998	0.0349	1.04	0.5280	1.58	0.3633	1.49	0.9263	1.51
1999	0.0350	1.04	0.5168	1.55	0.2986	1.22	0.8504	1.39
2000	0.0337	1.00	0.5397	1.62	0.3612	1.48	0.9346	1.53
2001	0.0341	1.01	0.5634	1.69	0.3339	1.37	0.9314	1.52
2002	0.0340	1.01	0.7129	2.14	0.3212	1.31	1.0681	1.75
2003	0.0345	1.02	0.7336	2.20	0.3620	1.48	1.1301	1.85
2004	0.0354	1.05	0.9595	2.88	0.2884	1.18	1.2833	2.10
2005	0.0421	1.25	0.8665	2.60	0.3363	1.38	1.2449	2.03
2006	0.0432	1.28	1.0153	3.04	0.4484	1.83	1.5069	2.46

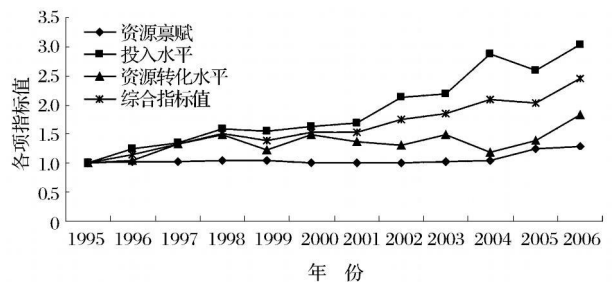


图 1 1995—2006 年黑龙江粮食可持续发展能力变化趋势图

4 结论

本文提出了一种将主观确权的 IAHP 与客观确权的信息熵法相结合的权重确定方法, 该方法既能有效避免单一主观确权的人为随意性, 又能克服单一客观确权无法反映专家经验和决策者偏好的缺点, 从而在考虑专家经验和决策者偏好的同时, 也从原始数据本身蕴含的信息角度提取权重信息, 因而消除了人为主观因素的影响。该方法既可以评价单

层次指标体系,也可以评价复杂的多层次指标体系,将它应用到粮食可持续发展能力测算中,从测算结果可知,黑龙江省粮食可持续发展能力呈逐年上升的趋势,年均增长速度为 13.27%。这说明黑龙江省粮食是沿着可持续发展道路前进的。因此该方法可为粮食的可持续发展的科学决策提供科学的理论指导,具有一定的研究价值。

参考文献

[1] 易元红. 湖北省粮食可持续发展能力的评价[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(7): 1310-1311.
 [2] SATTY T L. The Analytic Hierarchy Process[M]. New York: McGraw-Hill, Inc, 1980.
 [3] 尹航. 基于熵值法确权的科技成果转化项目后评价[J]. 科学与科学技术管理, 2007(10): 20-25.

[4] 肖峻, 王成山, 罗凤章. 区间层次分析法的权重求解方法初探[J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(11): 1597-1600.
 [5] 魏毅强, 刘进生, 王绪柱. 不确定型 AHP 中判断矩阵的一致性概念及权重[J]. 系统工程理论与实践, 1994, 14(4): 16-22.
 [6] 吴育华, 诸为, 高荣. 区间层次分析法——IAHP[J]. 天津大学学报: 自然科学版, 1995, 28(5): 700-705.
 [7] POPKOV A Y, POPKOV Y S, VAN WISSEN L. Positive dynamic systems with entropy operator: Application to labour market modeling[J]. European Journal of Operational Research, 2005, 164(3): 811-828.
 [8] 桂云苗, 朱金福. 一种用信息熵确定聚类权重的方法[J]. 统计与决策, 2005(8): 29-30.
 [9] 刘晓君, 李玲燕. 基于熵权 AHP 法的商品住宅价值评价研究[J]. 技术经济, 2009(10): 74-79.

Comprehensive Evaluation on Sustainable Development of Foodstuff Based on IAHP and Informaiton Entropy Method: A Case of Heilongjiang

Suo Ruixia, Wang Fulin, Zhu Huixia

(Engineering College, Northeast Agriculture University, Harbin 150030, China)

Abstract: Based on the principle of establishing indicator system, this paper builds up the evaluation indicator system for sustainable development of foodstuff, and establishes the comprehensive evaluation model to determine weight through combining the subjective interval AHP and the objective information entropy. And it applies the above model to evaluate comprehensively the sustainable development of foodstuff in Heilongjiang province in different periods, and makes a dynamic analysis on the change trends of comprehensive production capacity and its components on foodstuff. The results show that the level of the sustainable development of foodstuff in Heilongjiang is in a rising trend year by year.

Key words: sustainable development of foodstuff; interval analytic hierarch process; information entropy; comprehensive evaluation

(上接第 69 页)

参考文献

[1] 蒲晓松, 陈伟. 我国固定资产投资与经济增长的协整性研究[J]. 市场论坛, 2009(2): 13-14.
 [2] 王宇新. 我国固定资产投资与经济增长之间的关系[N]. 合肥工业大学学报, 2009(8): .
 [3] 司增绰. 我国固定资产投资结构实证研究[J]. 统计与决策, 2005(12): 73-75.
 [4] 高天成, 杨俊. 我国固定资产投资结构与经济增长的关系[J]. 工业技术经济, 2009(1): 50-52.
 [5] 胡永平, 祝接金. 我国固定资产投资结构分析[J]. 经济问

题探索, 2003(2): 35-38.

[6] DICKEY D A, FULLER W A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root[J]. Journal of the American Statistical Association, 1979, 74: 366, 427-431.
 [7] ENGLE R F, GRANGER C W J. Cointegration and Error Correction: representation, estimation and testing[J]. Econometrical, 1987, 55(2): 251-276.
 [8] PODREECA E, CARRNEEI G. Fixed investment and economic growth: new results on causality[J]. Applied Economics, 2001(33): 177-182.

Analysis on Relationship between Fixed Asset investment Structure and Economic Growth in Hubei Province

Li Ying, Gao Baojun

(College of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: This paper uses the data of Hubei province from 1985 to 2008, and analyzes the relationship between GDP and fixed asset investment in three industries in Hubei through the cointegration analysis and the error correction model. The result shows that, the growth of GDP depends on the fixed asset investment in second industry largely, and the impact of that in primary industry on GDP is not obvious, and that in tertiary industry is the main potential driving force for Hubei's economic development. Finally, it puts forward relevant policy recommendations.

Key words: fixed asset investment structure; economic growth; cointegration analysis; error correction model; Hubei