

基于改进 TOPSIS 方法的甘肃省 土地利用结构合理性评价

文洁,刘学录

(甘肃农业大学资源与环境学院,甘肃兰州730070)

摘要:利用甘肃省1997~2007年土地利用变化调查数据,采用改进的TOPSIS方法对甘肃省土地利用结构的合理性进行了综合评价。结果表明:①1997~2007年期间甘肃省土地利用结构合理度总体上较高,均在80%以上,在时间上的变化呈波动趋势,并且可以明显地分为3个变化阶段:即1997~1999年期间土地利用结构不断趋于合理,而2000~2002年期间土地利用结构的合理性变差,2003~2007年期间土地利用结构的合理性有好转的趋势。②不同土地利用类型的变化对土地利用结构的合理性影响不同:与土地利用结构合理度呈负相关的土地利用类型为园地、林地、居民点及工矿用地、交通用地、未利用土地,其中未利用土地的变化与土地利用结构合理度的负相关性最显著;与土地利用结构合理度呈正相关的土地利用类型包括耕地、牧草地、水域,其中牧草地的变化与土地利用结构合理度的正相关性最显著。③开发未利用土地、保护牧草地对调整和优化甘肃省土地利用结构具有决定性的作用。

关键词:土地利用结构;改进TOPSIS方法;合理性评价

中图分类号:F301.24 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7601(2009)04-0234-06

土地利用结构是指在一定区域内各种土地利用类型的数量比例关系和空间分布格局,它集中反映了区域土地资源的特点、一定社会经济条件下的人地关系和土地利用特征^[1]。土地利用结构调整与优化是土地利用管理的基本问题之一,土地利用结构合理性的评价是土地利用结构调整与优化的基础。虽然,关于土地利用结构的特点、类型、空间分布、有序度、均衡度、时间变化及驱动力分析已经有了大量的研究^[2-7],但是,关于土地利用结构合理性的评价方法并未得到很好解决。本文拟采用改进的TOPSIS方法,对甘肃省土地利用结构的合理性进行模糊评价,以期探索土地利用结构合理性评价的数量方法,并为甘肃省土地利用总体规划的修编、土地利用结构的优化调整以及土地资源的可持续利用提供依据。

1 研究区概况

甘肃省地处中国西北内陆,介于北纬32°11'~42°57'、东经92°13'~108°46';东接陕西,南邻四川,西连青海、新疆,北靠内蒙、宁夏,并与蒙古接壤。甘肃省土地总面积为45.40万km²,其中,耕地、园地、林地、牧草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域、

未利用土地分别占土地总面积的10.17%、0.45%、11.40%、31.02%、1.93%、0.41%、1.55%、43.07%。甘肃省地貌复杂,类型多样,山地、高原、平川、河谷、沙漠、戈壁等地貌类型交错分布;地势自东南向东北倾斜;东西长1655 km,南北宽530 km,大致可分为各具特色的六大区域,即陇南山地区、陇中黄土高原区、甘南高原区、河西走廊区、祁连山地区和河西走廊以北地带。甘肃省大部分地区气候干燥,属大陆性温带季风气候,境内地海拔分异明显,气温差别较大,日照充足,昼夜温差大;年平均气温0~16℃,年降水量36.6~734.9 mm,大致从东南向西北递减;受季风影响,降水多集中在6~8月份,占全年降水量的50%~70%。全省设有兰州市、嘉峪关市、金昌市、白银市、天水市、武威市、张掖市、酒泉市、平凉市、庆阳市、定西市、陇南市、临夏回族自治州、甘南藏族自治州14个地级市(州)。

2 材料与方法

2.1 研究材料

研究材料为甘肃省国土资源规划研究院提供的1997~2007年间的土地利用变更数据和甘肃省地形图(2000年)、行政区划图(2000年)等基本图件。土

收稿日期:2008-09-22

基金项目:甘肃省土地利用总体规划修编前期研究(GAU—CX0516)

作者简介:文洁(1985—),女,甘肃平凉人,硕士研究生,主要从事土地资源管理研究。E-mail:148439630@qq.com

通讯作者:刘学录(1966—),教授,甘肃天水人,博士生导师,主要从事土地资源学和景观生态学的研究。E-mail:liuxl@gsau.edu.cn

地利用变更数据由土地变更调查所得。本研究中的土地利用类型采用 1984 年全国农业区划委员会颁布的《土地利用现状调查技术规程》的分类体系,为

为了避免分类类型过于简化或者复杂,文中选取了 8 个一级类型进行计算分析,详见表 1。

表 1 甘肃省 1997~2007 年土地利用变更数据(hm²)
Table 1 Land use changing data in Gansu Province from 1997~2007

年份 Year	耕地 Cultivated land	园地 Garden plot	林地 Woodland	牧草地 Grassland	居民点及 工矿用地 Residential and industrial land	交通用地 Traffic land	水域 Water	未利用土地 Unused land
1997	4994822.46	171719.61	4688688.80	14411092.37	863176.29	173350.98	707850.95	19466664.35
1998	4990489.61	177621.08	4693022.23	14407025.24	865771.36	174410.31	708157.77	19460868.20
1999	4994586.25	176266.46	4692577.98	14401605.81	868203.13	175536.03	707899.71	19460690.43
2000	4955703.28	186352.39	4728465.78	14264176.43	869109.19	177044.24	707589.68	19588924.81
2001	4942085.15	186290.99	4745619.26	14261037.70	869569.19	178157.34	707308.20	19587297.98
2002	4879954.23	190967.51	4805900.03	14178857.78	871262.25	179255.27	707036.17	19664132.57
2003	4685173.02	200175.33	5067298.95	14142239.47	872302.00	180343.83	706281.39	19623551.81
2004	4661193.45	201721.58	5119301.23	14126796.76	874499.63	181884.73	705957.14	19606011.29
2005	4632644.13	204585.61	5166289.61	14112915.37	875768.41	183454.95	705542.23	19596165.51
2006	4627126.31	205438.15	5177592.32	14109944.38	877714.41	183992.95	705230.41	19590326.87
2007	4624668.97	205458.80	5182503.05	14108389.26	879841.97	184444.59	705020.23	19587038.93

2.2 研究方法

采用改进的 TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)方法^[8]进行土地利用结构的合理性评价。TOPSIS 方法作为经典的多属性决策方法之一,首先被 Hwang 和 Yoon 用来研究多属性决策问题^[9]。目前,已被广泛地应用于社会、经济、军事等许多领域中来解决混合型多目标(属性)决策问题^[10-13]。TOPSIS 方法的基本原理为:首先,根据评价指标的标准化值与其权重构成的规范化矩阵确定评价指标的正、负理想解。然后,建立评价指标综合向量与正、负理想解之间距离的二维数据空间。在此基础上对评价方案与最优理想参照点之间的距离进行模糊评判。最后,依据该距离的大小对评价方案进行优劣排序。与传统的 TOPSIS 方法相比较,改进的 TOPSIS 方法主要是对评价对象与最优方案和最劣方案的评价值公式进行了改进^[14]。本研究以每年的土地利用结构为评价对象,以土地利用类型为评价指标。具体评价步骤如下。

2.2.1 数据标准化 采用功效系数法对评价指标进行标准化处理。功效系数即评价指标的实际值和该指标的最低值之差与该指标最高值和最低值之差的比值,它反映了评价指标实际值在该指标全距中所处的位置。即:

$$B_{ij} = \frac{A_{ij} - A_{\min}}{A_{\max} - A_{\min}}$$

式中, A_{ij} 为第 i 年第 j 项评价指标实际值; A_{\min} 为第

i 项评价指标最小值; A_{\max} 为第 i 项评价指标的最大值; $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ 。

经过变化后,指标原始数据 A_{ij} 转变为 B_{ij} , 并被压缩在 (0,1) 区间内, 形成一个规范化决策矩阵 $B = (B_{ij})$ 。

2.2.2 权重的确定 利用变异系数法确定评价指标的权重。对于规范化决策矩阵: $B = (B_{ij})$

(1) 评价指标的平均值 \bar{B}_j 和标准差 S :

$$\bar{B}_j = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^m B_{ij} \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{11} \sum_{i=1}^m (B_{ij} - \bar{B}_j)^2}$$

($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$)

(2) 评价指标的变异系数:

$$V_j = \frac{S_j}{\bar{B}_j} \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

(3) 对 V_j 作归一化处理, 做为评价指标的权重 W_j :

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^n V_j} \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

2.2.3 土地利用合理度的确定

(1) 规范化决策矩阵:

$B = (B_{ij})$ 和评价指标权重 $W_j = (W_1, W_2, \dots, W_n)$, 构成加权的规范化矩阵

$$X = (X_{ij}) = (W_j \times B_{ij})$$

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} W_1 B_{11} & W_2 B_{12} & \dots & W_n B_{1n} \\ W_1 B_{21} & W_2 B_{22} & \dots & W_n B_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_1 B_{m1} & W_2 B_{m2} & \dots & W_n B_{mn} \end{bmatrix}$$

(2) 确定正理想解 X^+ 和负理想解 X^- :

$$X^+ = \{[\max_i X_{ij} | j \in J], [\min_i X_{ij} | j \in J'] | i = 1, 2, \dots, m\} = \{X_1^+, X_2^+, \dots, X_j^+, \dots, X_n^+\}$$

$$X^- = \{[\min_i X_{ij} | j \in J], [\max_i X_{ij} | j \in J'] | i = 1, 2, \dots, m\} = \{X_1^-, X_2^-, \dots, X_j^-, \dots, X_n^-\}$$

其中“ J ”为效益型指标集合,“ J' ”为成本型指标集合。

(3) 分别计算不同年份指标评价向量到正理想解 X^+ 的距离 S^+ 和到负理想解 X^- 的距离 S^- :

$$S^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - X_j^+)^2} (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$S^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - X_j^-)^2} (i = 1, 2, \dots, m)$$

在确定正、负理想值时,考虑到人类利用土地的趋势,确定已利用土地为效益型指标,未利用土地为成本型指标。

(4) 建立各评价方案的 (S_i^+, S_i^-) 二维数据空

间:

设点 $A(\min(S_i^+), \max(S_i^-))$ 为最优理想参照点。计算各备选方案与该点之间的相对距离:

$$C_i = \sqrt{[S_i^+ - \min(S_i^+)]^2 + [S_i^- - \max(S_i^-)]^2} (i = 1, 2, \dots, m)$$

C_i 越大,表明评价对象距离最优理想参照点越远,评价方案越不理想。

(5) 土地利用结构合理度:

土地利用结构合理度为:

$$R_i = (1 - C_i) \times 100$$

C_i 为评价方案与最优理想参照的距离, R_i 为土地利用结构合理度, R_i 越大,评价对象越理想,土地利用结构越合理。

3 结果与分析

3.1 评价指标的权重与正、负理想解

表 2 为评价指标的权重、评价指标的标准化值与其权重构成的规范化矩阵以及评价方案的正、负理想解。从权重的分布来看,对评价方案综合评价向量影响最大的评价指标为牧草地,其次为林地,最小的为居民点及工矿用地。从评价方案正、负理想解的分布来看,未利用土地的正理想解为 0.0000,其余评价指标的负理想解为 0.0000。非零的正、负理想解由评价指标的权重来决定。

表 2 评价指标的权重与正、负理想解

Table 2 Weight and positive and negative-ideal solution of evaluation factors

年份 Year	耕地 Cultivated land	园地 Garden plot	林地 Woodland	牧草地 Grassland	居民点及工矿用地 Residential and industrial land	交通用地 Traffic land	水域 Water	未利用土地 Unused land
1997	0.1416	0.0000	0.0000	0.1697	0.0000	0.0000	0.0995	0.0032
1998	0.1400	0.0182	0.0014	0.1674	0.0154	0.0103	0.1103	0.0001
1999	0.1415	0.0141	0.0013	0.1644	0.0297	0.0212	0.1012	0.0000
2000	0.1267	0.0452	0.0129	0.0874	0.0351	0.0359	0.0903	0.0681
2001	0.1214	0.0450	0.0184	0.0856	0.0378	0.0467	0.0804	0.0673
2002	0.0977	0.0595	0.0379	0.0395	0.0478	0.0574	0.0708	0.1081
2003	0.0231	0.0880	0.1224	0.0190	0.0540	0.0679	0.0443	0.0866
2004	0.0140	0.0927	0.1392	0.0103	0.0670	0.0829	0.0329	0.0772
2005	0.0031	0.1016	0.1544	0.0025	0.0745	0.0982	0.0183	0.0720
2006	0.0009	0.1042	0.1580	0.0009	0.0860	0.1034	0.0074	0.0689
2007	0.0000	0.1043	0.1596	0.0000	0.0986	0.1078	0.0000	0.0671
\bar{w}	0.1416	0.1043	0.1596	0.1697	0.0986	0.1078	0.1103	0.1081
X^+	0.1416	0.1043	0.1596	0.1697	0.0986	0.1078	0.1103	0.0000
X^-	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1081

3.2 甘肃省 1997~2007 年土地利用结构合理性分析

表 3 甘肃省 1997~2007 年土地利用结构的合理度

Table 3 Land use structure rationality in Gansu Province from 1997~2007

年份 Year	正理想 距离 S^+ Positive ideal distance	负理想 距离 S^- Negative ideal distance	评价方案距最优 理想参照点的距离 C_i The distance between evaluation scheme and ideal reference point	土地利用结构 合理性 R_i Land use structure rationality
1997	0.2404	0.2641	0.032	96.85
1998	0.2211	0.2686	0.012	98.82
1999	0.2134	0.2656	0.005	99.48
2000	0.2151	0.1953	0.073	92.65
2001	0.2092	0.1902	0.078	92.17
2002	0.2325	0.1633	0.108	89.22
2003	0.2320	0.1832	0.088	91.17
2004	0.2363	0.2041	0.070	93.01
2005	0.2480	0.2258	0.058	94.23
2006	0.2526	0.2356	0.054	94.55
2007	0.2560	0.2437	0.053	94.70

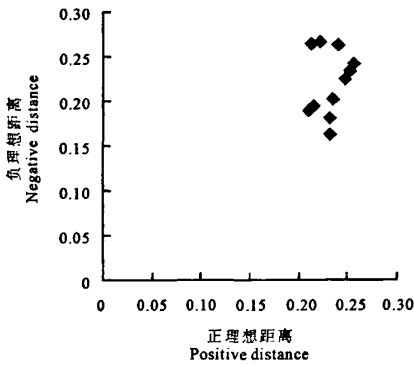


图 1 甘肃省土地利用结构的正、负理想距离二维数据空间分布

Fig.1 Planar data space distribution of positive and negative ideal distance of land use structure in Gansu Province

甘肃省 1997~2007 年土地利用结构合理度计

表 4 土地利用结构合理度与土地利用类型相关分析

Table 4 Correlation analysis between types and rationality of land use structure

类型 Type	耕地 Cultivated land	园地 Garden plot	林地 Woodland	牧草地 Grassland	居民点及 工矿用地 Residential and industrial land	交通用地 Traffic land	水域 Water	未利用 土地 Unused land	
合理性 Ration -ality	皮尔逊相关系数 Pearson correlation	0.350	-0.507	-0.300	0.662*	-0.355	-0.440	0.349	-0.940**
	双尾 t 检验 Sig. (2-tailed)	0.291	0.112	0.370	0.027	0.284	0.176	0.293	0.000
	样本数 N	11	11	11	11	11	11	11	11

注: ** 表示极显著相关 ($P < 0.01$); * 表示显著相关 ($P < 0.05$)。

Note: ** means correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). * means correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

算结果见表 3。图 1 为甘肃省土地利用结构的正、负理想距离二维数据空间分布图。从图中可以看出,土地利用结构的评价指标综合向量与正、负理想解之间的距离在二维数据空间中的分布相对集中在 (0.20,0.30) 的范围内,反映出参与评价土地利用结构的合理度在一个比较小的范围内变化。

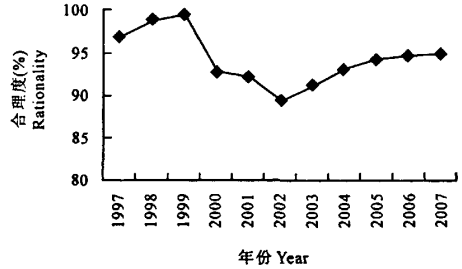


图 2 甘肃省土地利用结构合理度年变化

Fig.2 The annual change of land use structure rationality

土地利用结构合理度的时间变化见图 2。从图 2 可以看出:①总体上甘肃省土地利用结构的合理度较高,所有参评年份土地利用结构的合理度均在 80% 以上。最高为 1999 年的 99.48%,最低为 2002 年的 89.22%。这与土地利用结构的评价指标综合向量与正、负理想解之间的距离在二维数据空间中的分布所反映出的规律相似。同时,土地利用结构合理度随时间的变化呈波动变化的特征。②土地利用结构合理度随时间的变化趋势可以分为 3 个阶段,1997~1999 年为增长阶段,2000~2002 年为降低阶段,2003~2007 年为增长阶段。

3.3 土地利用结构合理度与土地类型相关分析

土地利用变化具体反映在土地利用类型的变化上,最终导致土地利用结构的变化。因此,土地利用结构合理度及其变化是由土地利用类型及其变化决定的。表 4 为土地利用结构合理度与土地利用类型的相关分析结果。

从表 4 可知,园地、林地、居民点及工矿用地、交通用地、未利用土地与土地利用结构合理度呈负相关,相关系数由大到小为:未利用土地 > 园地 > 交通用地 > 居民点及工矿用地 > 林地。其中,未利用土地与合理度之间的相关系数为 -0.940,达到极显著相关水平。耕地、牧草地、水域与土地利用结构合理度呈正相关,相关系数由大到小为:牧草地 > 耕地 > 水域。其中,牧草地与合理度之间的相关系数为 0.662,呈显著相关。以上结果说明,甘肃省所处的干旱半干旱的生态环境背景,决定了未利用土地和以天然草地为主的牧草地对土地利用结构的合理度具有决定性的影响。因此,合理开发未利用土地,控制交通用地、居民点及工矿用地的过快增长,严格保护耕地和水域,调整林地与牧草地的比例关系,是促进甘肃省土地利用结构合理度不断提高的可行措施。

4 讨 论

假设存在一种均衡的土地利用状态,即:在土地利用过程中某一年的 8 种土地利用类型面积相等。则该方案的 TOPSIS 模糊寻优的 C_i 值为 0,土地利用结构合理度 $R_i = (1 - C_i) \times 100$ 为 100%。换言之,可以把土地利用类型丰富且各类用地面积相等时的土地利用结构视为理论上最合理的土地利用结构。但实际上, TOPSIS 模糊寻优是以现存的土地利用结构作为评价方案,在评价指标权重的影响下来寻找最优方案的。因此,虽然理论上存在这种理想化的土地利用状态,但在土地利用实践中并不存在这种理想化的土地利用结构,也不参与 TOPSIS 模糊寻优过程。

现存的土地利用结构是在土地资源的自然属性决定下,通过人类利用土地的长期实践形成的。在土地利用过程中,宏观的土地利用目标决定着土地利用政策,土地利用政策又直接导致了土地利用类型和土地利用结构的变化。所以,现存土地利用结构的模糊寻优对于评价土地政策、调整土地利用目标,指导土地利用过程具有理论和实践意义。

从甘肃省土地利用结构合理度的评价结果来看,在评价期间土地利用结构合理度的时间变化具有明显的波动性和阶段性。这一时期是甘肃省相继贯彻落实生态退耕、耕地保护、土地开发整理、天然林保护、生态恢复与重建等重大的土地利用政策的时期。根据土地利用结构合理度的时间变化来评价这些土地利用政策的实施效果及其对土地利用结构的影响是促进土地利用结构合理度不断提高的有效途径。

参 考 文 献:

- [1] 李团胜,马超群.从土地利用变化看陕西省生态环境的转变[J].干旱区地理,2005,28(5):647—653.
- [2] Liu Yaobin, Song Xuefeng. Study on the Characteristics and Driving Forces of Changes of the Urban Land - Use Structure in Wu han in 1990s[J]. Ecological Economy, 2005, 1(2):57—60.
- [3] 冯 健.杭州城市形态和土地利用结构的时空演化[J].地理学报,2003,58(3):343—353.
- [4] 严金明.土地利用结构的系统分析与优化设计—以南京市为例[J].南京农业大学学报,1996,19(2):88—95.
- [5] 胡贤辉,张 震,杨钢桥.湖北省土地利用结构变化及驱动机制分析[J].长江流域资源与环境,2008,17(1):43—46.
- [6] 耿 红,唐 旭,马 玲.基于信息熵的城市土地利用结构合理性分析[J].国土资源科技管理,2006,23(1):84—87.
- [7] 刘耀彬,刘卫东,谭术魁.城乡土地利用结构合理性评判研究[J].人文地理,2008,123(3):45—48.
- [8] 刘军伟,曾 玲.模糊多属性群决策问题的一种新 TOPSIS 方法[J].桂林电子科技大学学报,2008,28(1):59—62.
- [9] HWANG C L, YOON K. Multiple attribute decision making: methods and applications[M]. Berlin: Springer - Verlag, 1981.
- [10] 夏勇其,吴折宗.一种混合型多属性决策问题的 TOPSIS 方法[J].系统工程学报,2004,19(6):630—634.
- [11] 王永兰,孙 雷,孙良田,等.改进的 TOPSIS 法在油气田开发中的应用[J].西南石油大学学报(自然科学版),2008,30(2):109—111.
- [12] 夏勇其,吴折宗.基于改进 TOPSIS 方法的温榆河水环境质量综合评价研究[J].南水北调与水利科技,2007,5(3):57—60.
- [13] 高 强,朱金福.混合型 TOPSIS 方法在多式联运服务商选择中的应用[J].物流科技,2008,(2):110—113.
- [14] 任力锋,王一任,张彦琼,等. TOPSIS 法的改进与比较研究[J].中国卫生统计,2008,25(1):64—66.

Assessment of rationality of land use structure in Gansu Province based on improved TOPSIS method

WEN Jie, LIU Xue-lu

(College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: The rationality of land use structure was assessed with TOPSIS method based on changing data of land use from 1997 ~ 2007 in Gansu Province. The results showed as following: ① During 1999 ~ 2007 the rationalities of land use structure were totally high and were all beyond 80%, the rationality of land use structure experienced a fluctuated tendency and that could be obviously divided into three phases, and the land use structure rationality showed an increase in 1997 ~ 1999 first, then it had a steady decline in 2000 ~ 2002 and was growing rational in 2003 ~ 2007 finally. ② The different change of land use types had different effects on the rationality of land use structure; land use types which had a negative correlation with the land use structure rationality were garden plot, woodland, residential and industrial land, traffic land and unused land, of them unused land had the most negative correlation with the land use structure rationality; on the other hand, land use types which had a positive correlation with the land use structure rationality included cultivated land, grassland and water, of them grassland had the most positive correlation with the land use structure rationality. ③ It could be decisive to develop unused land and conserve grassland in promoting the rationality of land use structure in Gansu Province.

Key words: land use structure; improved TOPSIS method; the rationality assessment

(上接第 233 页)

Discussion on the change of cultivated land resources and food security in Shaanxi Province

MA Li^{1,3}, ZHAO Jing-bo^{1,2}, ZHANG Zhang-quan³, LI Mei-juan³

(1. College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2. Center of Historical Environment and Socio-Economic Development in Northwest China,

Shaanxi Normal University, Xian 710062, China; 3. Department of Geographical Science and Environmental Engineering, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji, Shaanxi 721007, China)

Abstract: Analysis was made of the total grain output and the change of cultivated land area and relevant influencing factors since 1978 in Shaanxi Province. The results show that the cultivated land resources have continued to decline. The main reasons are due to the ecological returning of farmland to forest and the restructuring of agricultural related industries, then the construction use, disaster damage and so on. The grain outputs are on the fluctuant rise. The annual change rate of overall grain output is highly consistent with the grain planting area, and the decrease of cultivated land area results in the reduction of grain output. The quantity of cultivated land resources are the main influencing factors in grain output in Shaanxi Province. So, maintaining the dynamic balance of a certain quantity of cultivated land is a pre-requisite for the guarantee of food security.

Key words: Shaanxi Province; the quantity of cultivated land; the change of grain output; food security