

# GIS 在中国粮食单产空间变化研究中的应用

党安荣

阎守邕 王世新

(清华大学建筑学院 GIS 实验室 北京 100084)

(中国科学院遥感所 GIS 研究室 北京 100101)

**提 要** 依据 1985 与 1994 两个年份的分县粮食生产统计数据,运用 GIS 为分析手段,从空间变化特征、变化成因及变化趋势三个方面,着重对 1984 年以来我国粮食单产的空间变化进行了定量研究。结果表明:在过去十年里,我国粮食单产增长占绝对优势,其中北方地区增产强度较大、南方地区下滑现象明显;生产条件的改善对北方粮食单产的增长有重要作用,比较利益的驱使导致南方粮食单产下滑。

**关键词** GIS 中国 粮食单产 空间变化

**分类号** 中图法 S126

建国 40 多年来,我国粮食生产取得了举世瞩目的成就,用全球 7% 的耕地、基本上解决了全球 22% 人口的吃饭问题。随着粮食生产的发展,粮食生产的区域格局发生了很大变化,长期以来“南粮北调”的局面已告结束,代之而起的是“北粮南运”(中国科学院 1995,张落成等 1997)。而自 1952 年以来,我国粮食总产的增加,已经可以完全归结为单产水平的提高(林毅夫,1995)。所以,研究我国粮食单产的空间变化,有助于揭示我国粮食生产发展的空间变化机制,为粮食生产规划决策服务。本文拟在地理信息系统(GIS)支持下,以县为统计单位,研究我国粮食单产的空间变化特征、成因及趋势。

## 1 粮食单产空间变化研究方法

GIS 是管理空间信息的计算机系统,包括空间数据的输入、存储、检索、运算、显示、分析和输出(陈述彭等 1990),具有独特的空间分析、动态预测与提供决策支持的功能,目前已被广泛应用于资源管理、环境监测、城市规划等许多领域,但在我国粮食生产研究中还很少开展应用。本文根据 GIS 的特点和研究粮食单产空间变化的需要,采用如图 1 所示的研究方法流程。

### 1.1 数据处理

数据处理是粮食单产空间变化研究的基础工作。根据粮食单产空间变化研究的需要,首先应用

GIS 建立全国县级行政区划和粮食生产区划空间数据库,并借助数据库管理系统(DBMS)建立 1985 年和 1994 年全国分县粮食生产数据库;然后,应用 GIS 特有的空间分析功能,将相关的空间数据与属性数据进行匹配、叠加等一系列处理,生成用于粮食单产空间变化研究所需要的“分县空间·属性一体化数据库”,其中包括行政界线、行政代码、区划代码等空间信息和分县粮食总产、耕地面积、化肥用量、农业机械等属性信息。

### 1.2 变化研究

变化研究是粮食单产空间变化研究的主体。本文是以“分县空间·属性一体化数据库”为依据,分别计算 1985 年及 1994 年两个年份的粮食单产及单产差值、各种粮食生产条件变化差值等,然后根据差值数据的分布特征进行制图分析、统计分析、相关分析等一系列分析研究,从中认识和总结我国粮食单产的空间变化特征、变化成因和变化趋势。

### 1.3 成果表达

本文针对传统研究手段只用文字或表格形式表达研究成果的不足,充分应用 GIS 的优势,以县级行政区划图作为表达空间变化分析成果的基本载体,同时以适当的统计表格和文字分析相配合,使研究成果分别以空间变化图、数据表格及文字论述三种形式综合表达。

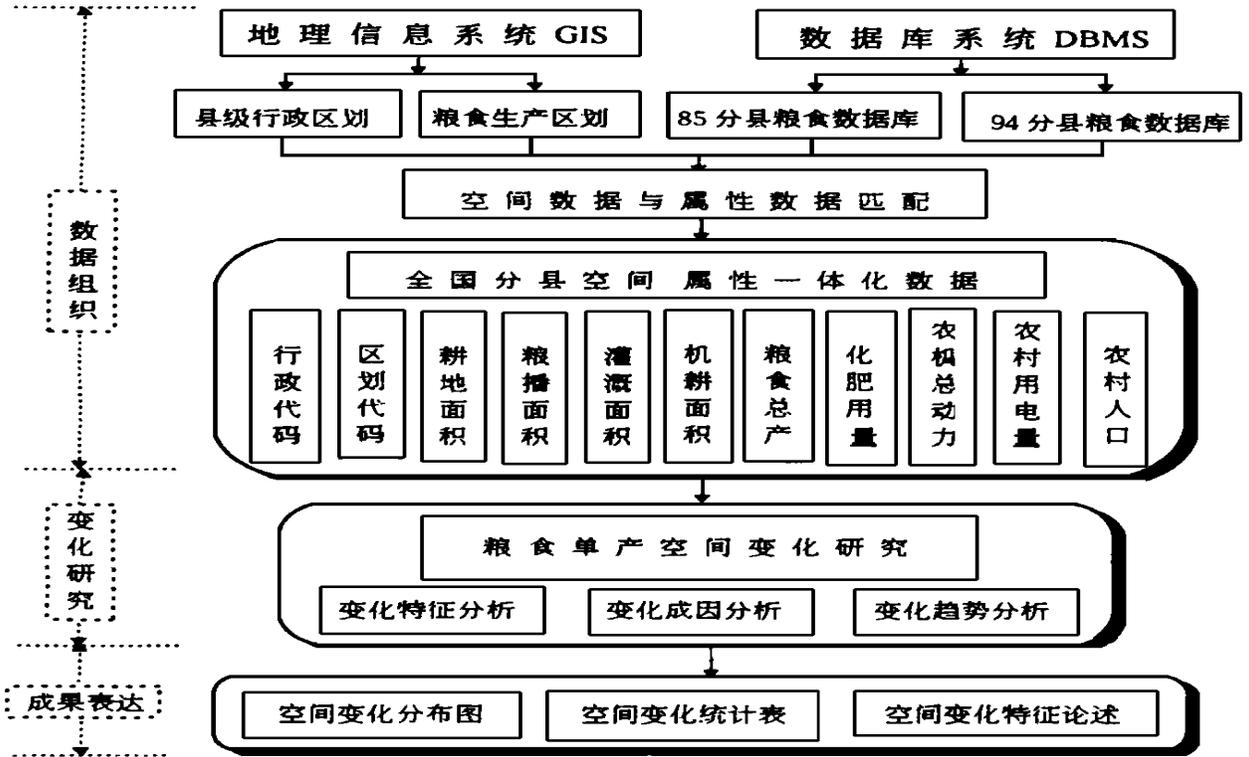


图 1 全国粮食单产空间变化研究方法流程

Fig. 1 Research Process on Spatial Variation of China's Grain Yield

## 2 粮食单产空间变化特征分析

依据分县粮食生产空间·属性一体化数据库, 分别计算 1985 及 1994 两个年份的粮食单产及单产差值, 然后根据差值数据的分布特征进行分级制图(图 2)、分级统计、分区统计(表 1), 从中可以总结出中国粮食单产的空间变化特征。

### 2.1 粮食单产增长占绝对优势

从“中国粮食单产变化图”(图 2)中可见, 单产增长县市数多、量大; 而单产减产的县市数少、量小, 形成明显的对比。定量统计进一步表明, 单产减产县市共占全国的 16.0%, 其中 14.1% 的县市减产在 750 kg/hm<sup>2</sup> 以内; 而增产的县市占 81.6%, 且 43.7% 的县市增产在 750 kg/hm<sup>2</sup> 以上。当然, 即使

表 1 中国粮食单产变化分区统计(1985~1994)\*

Table 1 Regional Statistics of Grain Yield Variation in China During 1985 to 1994

一级区划	1985 年单产 (kg/hm <sup>2</sup> )	1994 年单产 (kg/hm <sup>2</sup> )	减产县比例 (%)	减产总量 (10 <sup>4</sup> t)	减产总量比例 (%)
东北区	2888.93	4317.98	5.12	- 59.35	9.44
内蒙及长城沿线区	1817.18	2834.93	5.39	- 35.86	5.70
黄土高原区	2372.25	2827.20	16.44	- 94.57	15.04
黄淮海区	3462.90	4610.93	8.36	- 119.33	18.98
长江中下游区	4626.08	5180.48	20.75	- 116.82	18.58
西南区	3483.45	3904.28	29.65	- 174.30	27.72
华南区	3341.55	4094.40	3.77	- 21.99	3.50
甘新区	2920.43	4642.20	0.00	0.00	0.00
青藏区	2538.68	3189.38	10.51	- 6.56	1.04
全国	3370.05	4151.55	100.00	- 628.78	100.00

\* 全国减产总量= 全国减产县的减产量之和; 减产县百分比= [各区减产县个数 / 全国减产县个数] %;

各区减产总量= 各区减产县的减产量之和; 减产总量百分比= [各区减产总量 / 全国减产总量] %。

16%的减产县市也是不容忽视的,需要深入分析其形成原因。

## 2.2 单产减产县市主要位于南方

图2表明,单产减产县市主要分布在南方,特别是以江浙、川西、陕南较为集中;而北方则在燕山周围的长城沿线及辽河平原有所分布。按粮食生产区划一级区统计粮食单产变化(表1)可以发现,南方四区(长江中下游、华南、西南及青藏区)减产的县市数占全国的64.51%,北方五区(东北、内蒙、黄淮海、黄土高原及甘新区)减产县市数占全国的35.49%。

## 2.3 北方粮食单产增长强度较大

对粮食单产的变化按粮食生产区划一级区进行定量统计分析(表2)可知,以增产县市的数量而论,南方略多(52.9%)、北方稍少(47.1%);以增产强度论,北方远大于南方,特别是东北区和甘新区,增产县市单产增长分别达 $1759.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $1749.83 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,位居全国前两位;即使补偿减产量以后,东北区单产平均增长也达 $1528.13 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,成为新兴粮食增长区。而南方单产增长较多的华南区净增长亦只有 $752.75 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,低于全国平均水平。

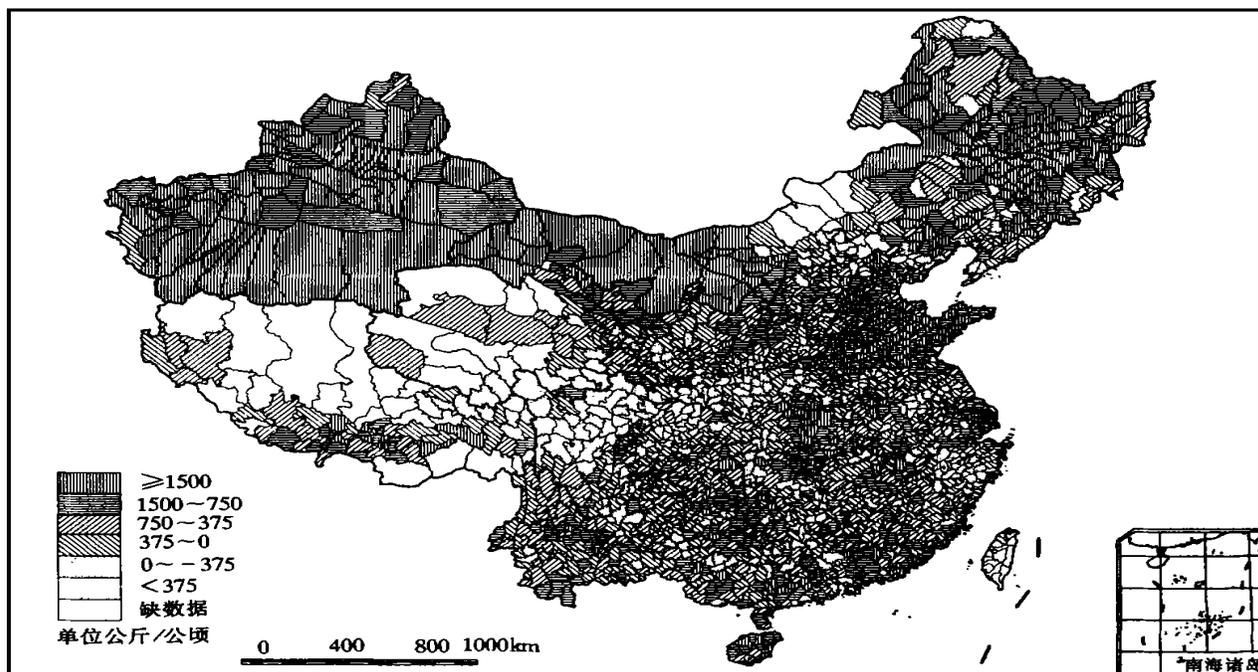


图2 中国粮食单产变化图(1985~1994)

Fig. 2 Map of Grain Yield Variation in China During 1985 to 1994

表2 中国粮食单产变化分区统计(1985~1994)\*

Table 2 Classification Statistics of Grain Yield Variation in China During 1985 to 1994

一级区划	单产净增长 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	单产毛增长 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	增产县比例 (%)	净增产总量 ( $10^4\text{t}$ )	净增产总量比例 (%)
东北区	1528.13	1759.50	8.77	2329.09	24.17
内蒙及长城沿线区	1018.43	1383.38	3.83	401.26	4.16
黄土高原区	457.95	706.20	10.24	495.81	5.15
黄淮海区	1146.68	1295.63	18.70	3104.33	32.21
长江中下游区	555.83	742.73	19.22	1378.39	14.30
西南区	423.68	645.30	19.85	1013.91	10.52
华南区	752.93	842.03	9.19	561.42	5.83
甘新区	1749.83	1749.83	5.57	292.59	3.04
青藏区	651.53	1086.68	4.62	60.03	0.62
全国	792.75	1017.83	100.00	9636.83	100.00

\* 单产毛增长=单产增产县平均增长量;单产净增长=单产毛增长-单产减产县平均减产量;

全国增产总量=全国增产县的增产总量之和;全国净增产总量=全国增产总量-全国减产总量;

各区增产总量=各区增产县的增产总量之和;各区净增产总量=各区增产总量-各区减产总量;

增产县百分比=[各区增产县个数/全国增产县个数]%;净增产总量百分比=[各区净增产总量/全国净增产总量]%

### 3 粮食单产空间变化成因分析

定量分析结果表明,粮食单产变化与有效灌溉面积、农机总动力、化肥施用量及农村用电量等粮食生产条件,具有非常高的相关性(党安荣等 1998)。因此,下文将通过分析 1985 及 1994 年全国各县粮食生产条件的状况及其变化,来探寻粮食单产空间变化的驱动力。鉴于从 1985 年到 1994 年,耕地面积与粮播面积均有不同程度的变化,致使有效灌溉面积、农机总动力、化肥施用量及农村用电量等生产条件绝对量的可比性较差;因此,我们首先对上述统计数据进行转化,生成具有较好可比性的相对指标,如水利化程度、机械化程度、单位面积化肥用量、农村人均用电量等,然后以相对指标为基础计算各项生产条件的变化值,最后按粮食生产区划单位进行分区统计,并分析其对单产空间变化的贡献。当然,单产的变化还与组成粮食生产系统的其它因子有关,如优良品种和耕作技术的推广等,但由于无数据支持,只能做定性分析。

#### 3.1 生产条件的改善促进北方粮食单产增长

从 1985 年到 1994 年各区主要粮食生产条件指标的变化(表 3),不难看出,9 年来全国粮食生产条件均有不同程度的改善,特别是机械化程度提高了 10.82 个百分点。但粮食生产条件的改善在空间上有很大差异:北方地区,各项指标均有较大的变化,其中东北区水利化程度提高了 7.27 个百分点,机械化程度

提高了 16.40 个百分点,化肥用量由每公顷 103.8 kg 增加到 194.40 kg;内蒙区则以化肥和机械化程度改善为主,化肥施用量由 52.05 kg/hm<sup>2</sup> 增至 109.50 kg/hm<sup>2</sup>;黄淮海区化肥、农机及机械化程度大幅度提高,单位面积农机总动力几乎翻了一番,由 2 288.1 W/hm<sup>2</sup> 增至 4 445.7 W/hm<sup>2</sup>。上述各区生产条件变化幅度表明,单位面积化肥用量的大幅度增加与机械化程度的提高,是形成北方地区粮食单产增长的重要驱动力。当然,优良品种和耕作技术的推广也是粮食单产增长的重要原因,对于东北地区来说甚至是主要原因。

#### 3.2 比较利益的驱使造成南方粮食单产下滑

表 3 中的统计数字表明,从 1985 年到 1994 年,南方各区主要生产条件的改善普遍低于全国平均水平,特别值得注意的是西南区及华南区的水利化程度有不同程度的下降,这当然是昔日粮仓变成缺粮区的原因之一;不过,多数县市生产条件尽管改善不明显,但毕竟是正增长,所以引起南方粮食单产提高较少甚至大量降低的主要原因并不在生产条件方面,而是农田的粗放经营。由于粮食生产的比较利益低下,粮食生产在农民家庭收入中的地位已显的微不足道(张落成等 1997),导致农民弃农经商,对于粮食生产只是下种和收割,没有田间管理,不充分利用农时,造成粮食减产。

表 3 中国主要粮食生产条件变化对比(1985~1994)\*

Table 3 Regional Comparison of Main Grain Production Condition in China During 1985 to 1994

项目 区域	水利化程度 (%)	单位面积化肥 (kg/hm <sup>2</sup> )	机械化程度 (%)	单位面积农机 总动力 (W/hm <sup>2</sup> )	人均用电量 (kW·h)
东北区	7.27	90.60	16.40	388.95	115.10
内蒙古及长城沿线区	11.25	57.45	40.71	1563.30	102.90
黄土高原区	1.49	92.10	10.31	777.30	97.45
黄淮海区	4.00	130.58	14.19	2157.60	96.20
长江中下游区	1.68	118.95	8.36	1063.95	134.52
西南区	-1.38	70.58	4.53	495.45	37.60
华南区	-1.56	109.20	2.65	1751.85	161.90
甘新区	3.24	99.83	21.93	1667.70	61.87
青藏区	6.15	30.83	4.44	1282.50	25.92
全国	2.24	96.38	10.82	1159.80	93.54

\* 水利化程度 = [有效灌溉面积/农作物总播面积]%; 机械化程度 = [机耕面积/农作物总播面积]%;

### 4 粮食单产空间变化趋势分析

为了能够准确把握粮食单产空间变化的趋势,本文在以上各项分析的基础上,以二级区划区为统计单

元,对单产变化及单产引起的总产变化进行统计分析(表 4,表 5),通过分析两表统计结果得出如下单产空间变化趋势。

表 4 粮食单产增长强度最大的区域(1985~1994)

Table 4 Main Regions of Higher Increasing Range of China's Grain Yield During 1985 to 1994

二级区划	1985 年单产 (kg/hm <sup>2</sup> )	1994 年单产 (kg/hm <sup>2</sup> )	单产净增长 (kg/hm <sup>2</sup> )	净增产总量 (10 <sup>4</sup> t)	增产总量比例 (%)
南疆地区	2620.43	4523.78	1903.28	130.72	1.54
半岛丘陵区	4076.10	5822.03	1746.00	882.12	10.4
一江两河地区	3009.38	4750.95	1741.58	21.46	0.25
北疆地区	2495.40	4193.78	1698.45	91.67	1.08
东北平原区	3054.38	4593.08	1675.13	2153.15	25.38
蒙甘地区	4150.58P	5600.33	1525.50	67.98	0.80
低洼平原区	3009.68	4355.48	1339.50	776.64	9.16
海南岛区	2417.70	3717.00	1277.03	69.93	0.82
山前平原区	3561.45	4727.33	1153.28	529.93	6.25
长白山地区	2864.10	3912.68	1048.58	110.16	1.30

表 5 粮食单产减产强度最大的区域(1985~1994)

Table 5 Main Regions of Higher Decreasing Range of China's Grain Yield During 1985 to 1994

二级区划	1985 年单产 (kg/hm <sup>2</sup> )	1994 年单产 (kg/hm <sup>2</sup> )	单产减产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	减产总量 (10 <sup>4</sup> t)	减产总量比例 (%)
四川盆地	4421.33	4718.33	-450.23	-109.15	17.99
黄淮平原区	3409.73	4001.70	-508.05	-84.67	13.95
东北平原区	3054.38	4593.08	-590.18	-67.45	11.12
汾渭谷地区	3090.15	3200.93	-398.33	-63.62	10.49
长江中下游区	4724.10	5471.93	-305.18	-47.64	7.85
江南丘陵区	4737.83	4994.48	-354.38	-40.08	6.61
秦巴山地区	2522.40	2604.53	-322.20	-29.33	4.83
长城沿线区	2016.68	3065.78	-360.90	-24.99	4.12
浙闽丘陵区	4467.38	4747.43	-343.65	-24.14	3.98
山前平原区	3561.45	4727.33	-732.15	-22.37	3.69

#### 4.1 保持北方单产增长势头任务艰巨

表 4 所列是粮食单产增长强度较大的前 10 个二级区划区,其中属于北方的区域占绝对优势,说明北方单产增长势头强劲。然而,正是由于在过去的 9 年中单产的大幅度增长,预示着今后单产的增长将会减缓,因为生产条件的改善及物质的投入与粮食产量之间普遍遵从着报酬递减规律。另一方面,从各区域单产增长所带来的总产增产量占全国的总比例看,不少区域(如北疆、南疆及蒙甘地区)由于耕地面积和粮播面积有限,对全国粮食总产量的贡献不大,这必将影响对这些区域进一步发展粮食生产的投入,同时影响单产的稳步提高。所以,保持北方地区单产的高速稳定增长是比较艰难的。

当然,北方必将是我国粮食增长的新兴中心,加强对北方粮食生产发展的管理和投入,确保其快速增长的势头,应该成为今后我国粮食生产发展的基本方针。

#### 4.2 控制南方单产下滑局势势在必行

表 5 的定量统计进一步说明,南方几个主要粮食

生产基地,如长江中下游平原、四川盆地、江南丘陵等,由于单产下滑造成的总产减产在全国占较大比例。这种局面出现在经济高速发展、耕地大量流失之时,不但使区域内部粮食供需发生矛盾,而且引起了区域之间粮食供需平衡格局的变化;如果任其发展,必将造成全国性的粮食供需问题。因此,全力以赴控制南方单产下滑的局面,以单产的提高来弥补耕地减少的影响,确保粮食生产基地的功能和地位势在必行。众所周知,南方水热资源丰富、复种指数高、社会经济条件优越,如果充分发挥这些潜在的优势,通过提高单产来保持其总产的比例,对全国经济发展、社会稳定都有重大意义。

## 5 主要结论

上述研究表明:

(1) GIS 是研究粮食单产空间变化的非常有效、快捷、直观的技术手段;

(2) 1985 到 1994 年,我国粮食单产增长占绝对优势,尤其是北方地区;

(3) 北方单产的增长源于生产条件改善, 南方单产下滑是因为比较利益驱动;

(4) 保持北方单产的稳步提高任务艰巨, 控制南方单产的下滑局面意义深远。

### 参 考 文 献

- 1 中国科学院农业问题专家组. 我国农业生产的问题、潜力与对策. 中国科学报, 1995. 3. 6
- 2 张落成, 吴楚材. 我国 21 世纪粮食生产地区结构变化. 科技导报, 1997(4): 7~ 9

- 3 林毅夫. 我国主要粮食作物单产潜力与增产前景. 中国农业资源与区划, 1995, (3): 4~ 7
- 4 刘志澄. 对我国未来的粮食发展问题浅议. 中国农业资源与区划, 1995, (3): 8~ 10
- 5 陈述彭, 赵英时. 遥感地学分析. 北京: 测绘出版社, 1990
- 6 党安荣, 等. 建国以来我国粮食单产的时序变化研究. 中国农村观察, 1998, (3): 7~ 11
- 7 党安荣, 等. 中国粮食生产发展的时序变化研究. 地理研究, 1998, 17(3): 242~ 248
- 8 闫守邕, 等. 中国农业状况图集. 北京: 星球地图出版社, 1997

## GIS APPLICATION IN SPATIAL VARIATION STUDYING ON CHINA'S GRAIN YIELD

Dang Anrong

(GIS Lab. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084)

Yan Shouyong, Wang Shixing

(GIS Division, Institute of Remote Sensing Application, CAS, Beijing 100101)

### ABSTRACT

Using GIS as an analyzing tool, the characteristics, reasons, and trends of spatial variation of China's grain yield are studied quantitatively based on the national grain production database ( by county unit ) in two periods ( in 1985 and 1994 ). The result is that the increase of China's grain yield in the past decade was very obvious, especially in north area, while the decrease of grain yield was exist in some of the south area of China. The increase of grain yield in north area was mainly come from the improvement of grain production condition while the decrease of grain yield in south area was driven by the comparison profits.

**Key words:** GIS, China, Grain Yield, Spatial Variation