

农业系统地图在区域 经济布局及规划中的应用

祝国瑞 张根寿

摘 要

本文探讨了利用农业系统地图直接对区域经济布局及发展作出规划与预测,并将分析和解译地图的结果直接用于指导生产实践的可行性。结果表明,地图就是客观实际的科学模拟,可以揭示出自然与经济、经济系统内部的规律,是研究农业生产合理的规划和布局,发展区域经济和科学预测的极为有效的科学工具。

【关键词】 地图分析; 农业预测; 合理布局; 模糊线性规划

1 引 言

纵观地图科学的发展,地图生产一直受到极大的重视,并且从理论到实践不断得到发展和完善。但是,地图在社会和经济生活中的分析及实际应用一直未受到重视。主要原因有二:其一,仅把地图作为现象或成果的表达形式,而对地图是探索和研究科学问题的工具认识不足;其二,缺乏地图分析及应用的具体而有效的方法。所以,对地图分析方法从理论到实践进行研究,提高地图使用效果,成为地图科学未来的主要任务之一^[1]。

农业系统地图包括资源条件、技术条件、社会经济状况、农业生产各部门现状及发展过程的各种图幅及图表^[2,3]。从系统论观点出发,农业区划图集是由彼此联系的各图幅构成的一个整体,是一个为农业生产服务、指导农业生产活动的大系统,以数量和质量指标反映了区域农业系统的特征。

农业系统地图分析和解译正是为了寻求区域内农业系统要素间的合理结构与布局。在整体布局下还可进行农业内部、林业内部、牧业内部合理生产结构和经济效益的深入分析研究。

2 农业系统地图在进行规划中应用的可能性

2.1 质量保证性

农业系统地图的资料或经过统计部门审核,或直接来自官方统计,或由实际调查而得,

较全面地反映了区域内自然和经济总貌及其特点。资料的可信性是勿须置疑的。虽受制图者对区域现象的认识深度、表示方法及其它原因的影响，且地图上某些现象的数是相对指标，分级间隔较大成为“软”数据，对分析精度将会产生一些影响，但对宏观上规划和指导生产实践仍是实用的。

2.2 信息的充分性

地图及地图上显示的详尽而充足的资料可保证地图分析和解译的精度及结果应用的可靠性。但资料的详细性和充分性是相对的，它与分析研究的目的、深度和广度、区域特点、分析结果的使用对象及方式方法密切相关。农业系统图中自然条件、技术条件、社会经济状况等图组详尽显示出区域农业系统信息。可将这些信息划分为影响农业生产及布局的控制因素（如土地等）和描述现状及历史的状态因素（如农林牧分布等），区域经济规划与预测就是确立控制因素与状态因素之间的协调及合理关系。作为农林牧生态——经济系统合理生产结构的优化研究，是整个区域的自然、经济和社会的综合研究，是依据区域的过去和现在来预测将来的发展前景。本文的结论为：县级农业区划图集各图幅显示的信息基本能满足分析和研究区域农业合理布局与预测的需要。倘若信息不足时，可从图集外补充。

2.3 图幅要素的适用性

分析和解译过程所需的地图，一种是完全依据某种图集或系列图，其优点在于制图的指导思想、内容、精度等协调统一，数量和质量研究及图形分析解译均可省时省力。但该类图集（即使专门图集）不可能完全适用于不同规模的各种分析研究的需要；另一种是根据分析研究的目的和范围广泛采用必须的不同类型地图及不同形式地图，其优点是会大大增强分析和解译深度及结果应用的灵活性。地图分析及解译正是利用了地图就是客观现实的科学模拟，也是客观现象空间和时间分布序列信息载体的意义，完成信息的输出。

3 农业系统地图分析中的统计量构造

农业系统地图不仅直观地反映出农业系统现象空间分布的现状特征，而且表示出发展动态、韵律和周期。但农业地图所表示的农业现象（包括其它地理现象）分布特征和规律，往往“蕴含”其中，只有分析和解译才能揭示这些特征和规律。借助于统计方法，构造各种统计量，对它们进行测度，就可以用统计信息，即用“数学语言”把状态和过程模拟出来。

3.1 统计量的选择

由于理论和实践的需要，总是不断地构造出反映分析目的的新的统计量。如对农、林、牧资源——经济系统合理结构分析预测，构造出以下统计量：土地利用构成、水土流失、人口发展、耕地、人均占有粮食及经济效益等。主要有两个层次上的结构。第一层次是指农、林、牧的宏观结构，反映农、林、牧在系统中的整体地位，主要统计量是农、林、牧三者之间的资源——经济比例关系。第二层次是指农业、林业和牧业各自的内部结构，具体反映为农业中粮食作物与经济作物的播种面积；林业中防护林、用材林与水果经济林地面积；牧业中草场、饲养量与经济效益等关系的结构。当然还可有第三层次由反映农、林、牧各业内部最基本要素形成的结构。

3.2 图幅选择

图幅选择实质上取决于选择的统计量。如与农、林、牧资源——经济系统合理结构分析目的相应的图幅为：地势图、地面坡度图、草山及畜牧业区划图、畜牧业现状图、森林图、水果经济林图、林特基地现状图、人口图、耕地图、作物分布图、农业经济效益图等。

4 经济地图分析中的模糊线性规划原理

一个区域多种经济地理参变量分析和科学研究，经济效益预测等均可采用普通线性规划作为理论依据而进行。普通线性规划要求其目标集和条件集的数必须是确切的，而依据地图获得的数并非变量的精确值，只是某级差内上界与下界之间的大概值——模糊数。模糊数学方法则为其处理提供了方便。

〔例一〕分析农业经济中种植业各图幅，寻求获得最大经济效益的最优布局结构。它可作为目标是确定的，受到哪些条件约束是模糊的，称为条件模糊型。用数学描述为：

$$\begin{aligned} G: & \quad CX \longrightarrow \max \\ E: & \quad \begin{cases} AX \lesssim B \\ x \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

〔例二〕分析农业经济图进行区域内农、林、牧合理生产结构优化与规划，土地利用合理性评价及研究。它的目标是模糊的，条件约束或许是明确的，称为目标模糊型。用数学描述为：

$$\begin{aligned} G: & \quad CX \lesssim b. \\ E: & \quad \begin{cases} AX \leq B \\ x \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

〔例三〕分析研究农业系统图，预测区域内农业发展潜力。它的远景目标不完全清楚，由于时间较长，约束条件也是不确定的，称为全模糊型。用数学语言描述为：

$$\begin{aligned} G: & \quad CX \lesssim b. \\ E: & \quad \begin{cases} AX \lesssim B \\ x \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

这是“ \lesssim ”表示模糊，是一种留有余地的“软”指标。

农业系统含自然和经济（包括技术）两大系统。在系统研究中，目标可分为三类：一类是以经济、人类活动系统为出发点的区域经济收益和社会效益目的；一类是以自然环境状态为出发点的生态系统目标；一类是联合以上两个系统的经济——生态系统目标。

4.1 模糊线性规划的表达式

目标函数表达式^[4]：

$$G: f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_jx_j + \dots \longrightarrow \max (\min) \quad (4)$$

或 $G: f(x) \lesssim b$

约束条件表达式^[4]：

$$\begin{aligned}
 & a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \lesssim b_1 \quad \text{或} \leq b_1 \\
 \sim E: & a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \lesssim b_2 \quad \text{或} \leq b_2 \\
 & a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \lesssim b_m \quad \text{或} \leq b_m
 \end{aligned} \tag{5}$$

4.2 模糊线性规划过程

给定实数域上的目标函数（模糊的或非模数的）：

$$G: f(x) \quad \text{或} \quad \sim G: f(x)$$

要在模糊条件（大多数情况下） $\sim E$ 限制下，选择 x 的数值，使目标函数达到最大，其实质是在模糊条件下求条件极值的问题。解决的原理为，设模糊判定 $\mu f(x)$ ，确定 X^* ，使其满足：

$$\mu f(X^*) = \max_x \mu f(X) \tag{6}$$

X^* 是规划问题的解向量^[4]。

4.3 模糊数学规划的解

模糊数学规划用信度水平去衡量“最优解”的可实现程度，不同的信度水平也可作为不同时期的目标值。

4.3.1 具有期望目标值的解

我们从分析和解释地图获得的信息，预知某目标时，这个目标既是一个期望又是一个避免失控或超前发展的指标。实际问题中，由下式求解：

$$\begin{aligned}
 & \max \quad \lambda \\
 Q: & \begin{cases} \lambda \leq \frac{d_0 + b_0 - \sum c_j x_j}{d_0} \\ \lambda \leq \frac{d_1 + b_1 - \sum a_{1j} x_j}{d_1} \\ \dots\dots\dots \\ \lambda \leq \frac{d_m + b_m - \sum a_{mj} x_j}{d_m} \end{cases}, \quad x_j \geq 0
 \end{aligned} \tag{7}$$

式中， d_i 意为第 i 行的约束幅度。若图上是分级统计表示法时，为某级差的上界与下界，当取中值 \bar{x} 时，可变幅度 $d_i = |x_i| - \bar{x}$ ，如草场面积在某单元内大约为 5000 亩 ~ 7000 亩，取中值 6000 亩，则 $d_i = \pm 1000$ 亩，其它 d_i 取值类似。式中 λ 由具体问题解算过程中得到，并非预先给定。

4.3.2 无期望目标值的解

分析地图上载负的信息，不能得到目标值，或者说在现在条件下我们不能预测到可能实现的最好效益，求解过程如下：

$$M = \max_{x \in Q} (CX)$$

$$Q = \{x \mid AX \leq b', x \geq 0\}, \quad b' = (b_1 + d_1, b_2 + d_2, \dots, b_m + d_m)^T$$

d_i 是约束方程的可变幅度。

定义 d_i 对 E_i (或 \tilde{E}_i) 的隶属函数为:

$$\mu_{E_i}(d_i) = \begin{cases} 1 - d_i/w_i & 0 \leq d_i < w_i \\ 0 & d_i \geq w_i \end{cases} \quad (8)$$

①对 $AX \leq B$, 首先给定 λ ($0 < \lambda < 1$), E 的 λ 集 E_λ 为:

$$E_\lambda = \{x | AX \leq B^\lambda, x \geq 0\}$$

其中 $B^\lambda = (b_1 + d_1^\lambda, b_2 + d_2^\lambda, \dots, b_m + d_m^\lambda)^T$, $d_i^\lambda = \max\{d_i | \mu_{E_i}(d_i) \geq \lambda\}$

在 λ 水平下求得 $\max d_i$, 这时可取 $\lambda = \mu_{E_i}(d_i)$ 即 $\lambda = 1 - d_i/w_i$ ($w_i = \max d_i$)。求解:

$$\max \quad \tilde{G}: \quad \tilde{f}(x) = CX/M$$

$$\tilde{E}_\lambda: \quad \begin{cases} AX \leq B^\lambda \\ x \geq 0 \end{cases}$$

得到 $(f^\lambda(x))^k$ $x \in (E_\lambda)^k$, $k = 1, 2, \dots$ 意为在 λ 初值下, 第一过程得到的目标值 ($k = 1$) 时的模糊值)。

②对已给精度 $1 > \varepsilon > 0$, 计算:

$$\varepsilon_k = \lambda_k - (f^\lambda(x))^k$$

若 $|\varepsilon_k| > \varepsilon$, 转到③; 若 $|\varepsilon_k| \leq \varepsilon$, 转到④。

③取 $\lambda_{k+1} = \varepsilon_k$, 转到①。

④取最优水平 $\lambda = \lambda_k$, 得到:

$$\mu f(X^*) = \max_x \mu f(X) \quad X \in (E_\lambda)^k$$

由此可见 λ 水平随精度 ε 而变化, 当 ε 要求精度高时, λ 水平则高; 当 λ 愈趋近于 1, 可理解为区域内某指标达到极限值; 当 $\lambda = 0.95$ 时, 就不再寻求最高效益值。

5 利用农业区划图集进行区域经济效益预测

本文以湖北省大坪乡为例, 利用十堰市农业区划图集提供的区域自然和经济信息, 分析研究有关图幅。采用生态与经济联立的方法, 建立区域农业生产优化结构。用一组线性方程作为一系列约束条件, 反映农、林、牧之间制约关系。这从理论上理解为在地理系统分析基础上进行再次综合地理系统。但它不是复写已有的系统, 而是对系统的进一步探索, 由要素为单位作出系统的最优规划。

分析模型的建立考虑了当地自然条件, 按不同土地资源确定各项生产活动的约束条件, 来考察不同类型图上表象的比例关系及变化对整个生产过程和经济效益差异的影响。

5.1 约束条件方程的建立

据分析研究的目的, 变量选择为:

x_1 —— 平缓地 ($\leq 15^\circ$) 约占土地面积的 %;

x_2 —— 坡地 ($15^\circ < x_2 < 25^\circ$) 约占土地面积的 %;

x_3 —— 天然可利用草场约占土地面积的 %;

x_4 —— 可扩大草场约占土地面积的 %;

- x_5 ——水果经济林约占土地面积的%；
 x_6 ——森林及水保林约占土地面积的%；
 x_7 ——人口密度（人/百亩）。

①充分利用生产用地，大坪乡非生产性用地限于干沟谷、干河床、陡崖峭壁等，约占土地面积2%，可生产用地为98%，所以：

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \leq 98$$

②从耕地图上采集到农用耕地中平缓地为1 212.4 亩，坡耕地为1 756.7 亩，不宜扩大耕地面积。只能在基本农田上夺高产，且改坡耕地为梯田耕地，达到粮食自给有余：

$$x_1 + x_2 \leq 3.5$$

③随着人口的增长，农田产粮不能达到自给，应合理开发坡地，治理河床，利用河滩地等可扩大农田约0.4%：

$$x_1 + x_2 \leq 3.6 + 0.4$$

④据畜牧业图，目前可利用草场面积17 666.67亩，根据当地自然条件，草场可扩大面积约为7 333.33 亩：

$$x_3 + 2.4x_4 \leq 21.6$$

⑤据森林现状图及水果经济林图分析解译得到本地区林地面积为 53 803.9 亩，约占土地面积：

$$x_5 + x_6 \leq 66$$

⑥据水果经济林图，大坪乡的经济林主要为栓皮、耳林、油桐、漆树、五培子、龙须草、天麻等。但大坪乡山高坡陡，为有效保持水土，不宜再去大力扩展经济林面积，应以提高效益为主：

$$x_6 \leq 31$$

⑦据人口图，大坪乡每百亩载人量为两级：

3.33人/百亩——平沟村、大沟河村

6.66人/百亩——大坪村、莫家沟村、台子村

平均5.0人/百亩，但山区耕地面积小，应严格控制人口的发展速度。

$$x_7 \leq 7$$

⑧粮食平衡。大坪乡按每人每年有600斤粮食计算，每亩平缓地产粮400斤，坡地产粮300斤（据农作物图）

$$400x_1 + 300x_2 - 600x_7 \geq 0$$

⑨水土保持。各类用地土壤侵蚀量及水土流失量应限制在一定范围内，即不应大于一定限度。据参考资料^[6]，各类用地土壤侵蚀模数列在表1中。侵蚀模数的单位是：吨/平方公里

表 1 各类用地土壤侵蚀模数

用地方式	用材林	经济林	草地	平缓耕地	坡耕地
侵蚀模数	200	450	450	1500	4500
折合粮食（斤/亩）	0.5	1.125	1.125	3.75	11.25

里。折合粮食的折算系数依据土壤全氮含量图、土壤全磷含量图、侵蚀模数、全氮利用系数和生产每百斤粮食需氮量计算所得。

$$3.75x_1 + 11.25x_2 + 1.125x_3 + x_4 + 1.125x_5 + 0.5x_6 \leq 205$$

5.2 目标方程的建立

在以上的约束条件下，以经济效益最大，水土流失量最小作为规划目的。

$$\tilde{G}: f(x) = 80x_1 + 60x_2 + 27x_3 + 20x_4 + 90x_5 + 60x_6$$

x_1 和 x_2 的系数为粮食作物亩产乘以每斤粮食价格； x_3 和 x_4 的系数为每亩地中单位折算价格； x_5 和 x_6 分别为水果经济林和水保林（用材林）的平均收入。

据农经效益图，大坪乡总收入 <50 万元，可将50万元作为近期目标，规划实现这一目标的条件及预测可能达到的远期最好效益。

\tilde{E} 和 \tilde{G} 系数及其扩展列在表2。变量系数列在表前部， $x_8 \sim x_{16}$ 为扩展部分、上机运算按表2所列数据输入即可。

表2 \tilde{E} 和 \tilde{G} 系数及其扩展

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	d_i	b_i
1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	98	1
2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3.6	0.4
3	0	0	1	2.4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	21.6	3.5
4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	66	2
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	31	1
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	7	1
7	-400	-300	0	0	0	0	600	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.1
8	3.75	11.25	1.125	1	1.125	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	205	30
G	80	60	20	90	60	0											

5.3 结果分析

通过计算机进行了两种方案（有期望目标值和无期望目标值）的运算，结果列于表3。这两个方案就其本身意义讲，是在规定约束条件下的最优解。从计算结果分析方案是合理的，基本符合十堰市大坪乡实际情况。就方案I的结果有如下结论：

$x_1 = 3.6\%$ ， $x_2 = 0$ 理解为近期内不需垦荒，以增加耕地面积来扩大粮食生产，否则会导致水土流失加剧，使环境恶化而得不偿失；只需将坡耕地改造为梯田，效益就明显增加。从土壤肥力图上分析知道，大坪乡土壤的全氮、全磷和有机质含量水平低下，自然肥力差，

表 3 规 划 模 型 计 算 结 果

变 量		现 状 (%)	方 案 I	方 案 II
农 业 用 地	平 缓 地	1.5	3.6	4
	坡 地	2.1	0	0
林 业 用 地	经 济 林	31	0	0
	水 保 林	35	0	0
牧 业 用 地	天 然 草 场	21.6	0	0
	人 工 草 场	9.1	1	1
人 口	(人/百亩)		8	8
人 口 密 度	(人/km ²)	78	86	86
水 土 流 失 量	(吨/km ²)	2 270	1 500	1 500
粮 食 总 产	(斤)	890 700	1 187 600	1 308 360
人 均 收 入	(元)	350	1 054.48	1 059.86
收 益 总 额	(元)	1 430 800	4 732 522	4 756 667

应增加肥料投入，提高单位面积产量为宗旨。

$x_3 = 0$, $x_4 = 1$ 即目前自然草场不需要花费资金、人力、物力去改造成为人工草场或改善草场可利用条件，应以扩大草场面积作为近期开发饲料业，提高收入的方法之一，但必须限制在1% (800亩) 左右，速度不应太快，逐年进行。从土壤图上，大坪乡大部分为粗骨土，土质凝聚力小，极易被剥落，若大规模扩大草场面积，会造成水土流失加剧。原图上表示出的能扩大草场面积 (7333亩) 可作为长远规划逐步进行。

$x_5 = 0$, $x_6 = 0$ 林地面积比例目前状态是合理的，近期内也是最优方案，不同林种面积不作增减，重要的是加强科学管理，提高经济林产品的单产量，合理采伐用材林，增加经济效益。

$x_7 = 8$ 人口发展就本乡的土地与人口比例条件有较大余地，在7%的基础上可增加至8%，但应严格执行计划生育政策，不能突破8%/百亩。

从预测经济效益上看，规划方案在近期内也是符合实际的，可行的。各业不需作大的投入，在结构上略行调整，人均收入将增加一倍左右，尽管包括成本及生产管理费用的增长等因素，但这是在生态平衡这一系统下经济效益，是可信的。

表3既是规划模型计算结果，又是该乡今后一段时间内经济、生产布局的优化方案及经济效益的预测，把这种地图分析及解译方法应用于其它各乡，就能获得十堰市各乡的规划方案和经济预测及十堰市的总体规划方案和经济预测，将这些研究成果编制出规划及预测图，用于指导区域经济的发展。

需要指出的是,影响农、林、牧生产布局及经济预测的因素很多。这里主要将相应图中耕地面积、地貌类型、土壤类型及缓坡地等作为控制因子,将土地利用、农、林、牧各业生产分布现状作为状态因子来探讨农业系统地图分析及应用的可行性。这种利用地图的功能和特性进行的社会经济与自然的综合研究,从生态系统讲,优于单纯利用农林牧经济统计资料进行的规划和预测。

6 结 论

以上探讨及实验表明,利用地图信息研究农业地理系统,虽然某些具体数据是粗略的(主要指统计图上的分级数据),甚至在不断变化,但预测及规划是依据过去和现在的事实进行。采用的地图信息是客观存在,是科学的总结,历史的经验,资料确实可信。据此进行的研究所获得的结论是客观实际的正确反映。因此,农业系统地图在农林牧生产实践和指导经济系统的规划及预测中是有实用价值的科学工具,地图分析及解译的真正意义就在于此。

参 考 文 献

- 〔1〕 祝国瑞. 地图分析. 武汉测绘科技大学讲义, 1987.
- 〔2〕 张克权, 黄仁涛. 专题地图编制. 测绘出版社, 1982.
- 〔3〕 十堰市农业区划委员会. 湖北省十堰市农业区划图集. 1986.
- 〔4〕 陈贻源. 模糊数学. 华中工学院, 1984.
- 〔5〕 华东师范大学等. 经济地理学导论. 华东师范大学出版社, 1981.
- 〔6〕 十堰市农业区划委员会. 十堰市农业综合区划, 1985.

Agricultural-System Maps Analysis and Interpretation and the Application of the Result in the Arrangement and Program of the Regional Economy

Zhu Guorui Zhang Genshou

Abstract

This paper studies the feasibility of arranging and calculating the development of the regional economy by means of the information of the natural, economic, technical and social states showed in the agricultural-system maps without a great number of the original data that they are collected and processed and investigation of the special subjects by ourselves, and the result of analysing and interpreting these maps can be used directly to indicate the production of agriculture. It proves that a map is the scientific simulation of the objective world the scientific result of investigation and the scientific summation of production. It states clearly that a map is very effective tools in revealing the regulation between the nature and economy and that within the economy system. It is also useful in the study of the regional Program and arrangement of the agricultural production and in the development and the scientific calculation of the regional economy.

[Key word] map analysis; agricultural calculation; regional arrangement; fuzzy linear programming