

水土保持规划中新技术的应用

—东周流域线性规划数学模型介绍

齐元栋 曹步山

(山东省泰安市水利水产局水保办·泰安市·271000)

摘要 该文就线性规划的数学模型的建立,约束条件的制定进行了详细介绍,经过电子计算机运算后,对结果进行系统分析,提出结论和修改意见,以调整控制规划结构布局,建立合理的农、林、牧、渔各业用地及发展比例,以达最佳配置获取最大效益。

关键词: 水土保持规划 线性规划模型 约束

Application of New Technique to Soil and Water Conservation Programming

—An Introduction to the Linear Program Model at Dongzhou Watershed

Qi Yuandong Cao Bushan

(Soil and Water Conservation Office, Tai'an Bureau of Water Conservancy
and Aquatic Resources, 271000, Tai'an Municipality, Shandong Province)

Abstract The problems about how to establish the mathematic model and the limitary factors of linear program are introduced in detail. Synthetical analysis is done by computer, then the conclusion is drawn and amendments are brought up to modify the structure of program. Rational ratio of the landuse and its development of farming, forestry, animal husbandry and aquatic should be built up to get the best disposition and the biggest benefit.

keywords soil and water conservation programming; linear program model; limits

东周流域地处黄河流域大汶河水系的源头,位于山东省新泰市境内。流域辖5个乡镇、136个行政村,1.5万人。流域总面积339km²,水土流失面积293km²占总面积的86.3%,年侵蚀模数5210t/(km²·a)。为加快治理步伐,改变生产条件落后状况,新泰市人民政府已将其作为“九五”期间重点山区综合治理开发项目,列入国民经济发展计划,并将该项目逐级上报至省、部申请立项。为此,在实地考察和科学分析论证的基础上,编制完成了“东周流域综合治理规划”,为提高规划的质量和决策的科学性,我们在整体规划的基础上,运用系统工程的理论和方法,进行了线性规划,对整体规划加以验证和补充,提高了规划的科学性。

1 系统线性规划模型

在总体规划确定后,依据各项措施的单项规划和整体规划的原则、构想及流域自然资源的现状,在调整某些约束条件的情况下,建立了东周流域5年农、林、牧、渔各业综合发展的线性规划的数学模型。本模型由30个变量、28个约束条件构成。一般的数学描述形式是:

$$MAx. F(x) = \sum_{j=1}^{30} C_j \cdot x_j \dots\dots (1) \quad (\text{目标函数})$$

$$\sum_{i=1}^{28} a_{ij} x_j * b_i \dots\dots (2) \quad (\text{约束条件 * 表示} \geq, = \text{或} \leq)$$

式中: $j=1, 2, 3 \dots\dots 30$ 表示模型有30个变量

$i=1, 2, 3 \dots\dots 28$ 表示模型有28个约束条件

C_j ——价值系数

x_j ——供选择的农林牧渔各业参加土地分配的生产活动方式

a_{ij} ——技术经济系数

b_i ——制约系数

30个变量是:

- x_1 ——种在川地上的小麦玉米面积;
- x_2 ——种在川地上的地瓜面积;
- x_3 ——种在川地上的花生面积;
- x_4 ——种在川地上的其它农作物面积;
- x_5 ——种在水浇梯田上的小麦玉米面积;
- x_6 ——种在水浇梯田上的地瓜面积;
- x_7 ——种在水浇梯田上的花生面积;
- x_8 ——种在水浇梯田上的其它作物面积;
- x_9 ——种在旱梯田上的小麦玉米面积;
- x_{10} ——种在旱梯田上的地瓜面积;
- x_{11} ——种在旱梯田上的花生面积;
- x_{12} ——种在旱梯田上的其它作物面积;
- x_{13} ——梯田堰埂利用面积;
- x_{14} ——水浇梯田经济林面积;
- x_{15} ——旱梯田经济林面积;
- x_{16} ——用材林面积(四旁植树);
- x_{17} —— $<15^\circ$ 坡地经济林面积;
- x_{18} —— $<15^\circ$ 坡地水保林面积;
- x_{19} —— $15^\circ \sim 25^\circ$ 坡地经济林面积;
- x_{20} —— $15^\circ \sim 25^\circ$ 坡地水保林面积;
- x_{21} —— $>25^\circ$ 坡地经济林面积;
- x_{22} —— $>25^\circ$ 坡地水保林面积;
- x_{23} —— $<15^\circ$ 坡地人工草地面积;
- x_{24} —— $15^\circ \sim 25^\circ$ 坡地人工草地面积;
- x_{25} —— $>25^\circ$ 坡地人工草地面积;
- x_{26} ——养牛头数;
- x_{27} ——养羊头数;
- x_{28} ——养猪头数;
- x_{29} ——养家禽只数;
- x_{30} ——库塘人工养鱼水面面积;

将确定的 c_j, a_{ij}, b_i 的具体数值代入(1)、(2)式中,模型的展开形式是:

目标函数:

$$MAx. F(x) = 2.65x_1 + 1.94x_2 + 4.48x_3 + 3.45x_4 + 1.93x_5 + 1.42x_6 + 3.15x_7 + 2.51x_8 + 0.40x_9 + 0.60x_{10} + 2.27x_{11} + 1.11x_{12} + 2.92x_{13} + 19.72x_{14} + 12.36x_{15} + 1.96x_{16} + 10.11x_{17} + 0.77x_{18} + 6.36x_{19} + 0.77x_{20} + 2.61x_{21} + 0.43x_{22} + 0.57x_{23} + 0.57x_{24} + 0.42x_{25} + 0.01x_{27} + 0.29x_{28} + 0.01x_{29} + 0.57x_{30} - 0.18x_{26}$$

约束条件:

1. 川地面积约束: $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 1715 \text{hm}^2$
2. 水浇梯田面积约束: $x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{14} \leq 3113 \text{hm}^2$

3. 旱梯田面积约束: $x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{15} \leq 10724 \text{hm}^2$

4. 梯田堰埂利用面积约束: $x_{13} \leq 1800 \text{hm}^2$

5. 其它作物面积约束: $x_4 + x_8 + x_{12} \leq 600 \text{hm}^2$

6. 水浇梯田经济林最大面积约束: $x_{14} \leq 80 \text{hm}^2$

7. 旱梯田经济林最大面积约束: $x_{15} \leq 140 \text{hm}^2$

8. 用材林最大面积(四旁植树)约束: $x_{16} \leq 1300 \text{hm}^2$

9. $<15^\circ$ 坡地经济林约束: $x_{17} \leq 400 \text{hm}^2$

10. $<15^\circ$ 坡地人工草地面积约束: $x_{23} \leq 50 \text{hm}^2$

11. $15^\circ - 25^\circ$ 坡地经济林面积约束: $x_{19} \leq 1800 \text{hm}^2$

12. $15^\circ - 25^\circ$ 坡地人工草地面积约束: $x_{24} \leq 560 \text{hm}^2$

13. $>25^\circ$ 坡地经济林面积约束: $x_{21} \leq 176.5 \text{hm}^2$

14. $>25^\circ$ 坡地人工草地面积约束: $x_{25} \leq 100 \text{hm}^2$

15. 养牛头数最小约束: $x_{26} \geq 3098$ 头

16. 养羊只数最小约束: $x_{27} \geq 49398$ 只

17. 家禽发展只数最小约束: $x_{29} \geq 335080$ 只

18. 库塘养鱼面积最大约束: $x_{30} \leq 794 \text{hm}^2$

19. 粮食需求约束: $9750x_1 + 9000x_2 + 4500x_4 + 8250x_5 + 6750x_6 + 3750x_8 + 5250x_9 + 5625x_{10} + 2250x_{12} = 71004680 \text{kg}$

20. 饲料粮平衡约束:

$$90x_{26} + 7.5x_{27} + 250x_{28} + 36x_{29} \leq 27784440 \text{kg}$$

21. 饲草平衡约束:

$$7245x_1 + 3000x_2 + 2310x_3 + 1875x_4 + 5625x_5 + 2250x_6 + 1848x_7 + 1560x_8 + 4005x_9 + 1650x_{10} + 1388x_{11} + 938x_{12} + 988(x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22}) + 3750(x_{23} + x_{24}) + 3000x_{25} - 2500x_{26} - 350x_{27} - 200x_{28} - 25x_{29} \geq 0$$

22. 土壤侵蚀允许量约束:

$$8.1(x_1 + x_2 + x_3 + x_4) + 24.6(x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{15}) + 27(x_{13} + x_{18} + x_{20} + x_{22}) + 24.8(x_{17} + x_{19} + x_{21}) + 24.4(x_{23} + x_{24} + x_{25}) \leq 713555 \text{t}$$

23. 投劳约束(工日):

$$547.5(x_1 + x_5) + 352.5(x_2 + x_6) + 190.5(x_3 + x_7) + 270(x_4 + x_8) + 487.5(x_9) + 321x_{10} + 160.5x_{11} + 240x_{12} + 150x_{13} + 315x_{14} + 270(x_{15} + x_{17} + x_{19} + x_{21}) + 15x_{16} + 67.5(x_{18} + x_{20} + x_{22}) + 30(x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{30}) + 24(x_{26} + x_{28}) + 19.2x_{27} + 2x_{29} \leq 18015300 \text{个}$$

24. 林地发展面积最大约束:

$$x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} \leq 95541 \text{hm}^2$$

25. $<15^\circ$ 坡地面积约束: $x_{17} + x_{18} + x_{23} = 500 \text{hm}^2$

26. $15^\circ - 25^\circ$ 坡地面积约束: $x_{19} + x_{20} + x_{24} = 3900 \text{hm}^2$

27. $>25^\circ$ 坡地面积约束: $x_{21} + x_{22} + x_{25} = 5614 \text{hm}^2$

28. 养猪头数最小约束: $x_{28} > 50000$ 头

C_j ——价值系数取值介绍从略; a_i ——技术经济系数取值,介绍从略。

2 线性规划成果

通过上机运算,获得2000年东周流域农、林、牧、渔综合发展结构布局成果。成果见表1、表2、表3、表4。

表1 种植业布局、产值表

项 目	川 地 (hm^2)	水平梯田(hm^2)		面积合计 (hm^2)	产 值(万元)	净收入 (万元)
		水 浇	旱			
小麦玉米	1715	3033		4748	2906.0	806.9
地 瓜			4962	4962	1856.3	515.5
花 生			5022	5022	1995.8	1139.3
杂 粮			600	600	294.5	81.8
合 计	1715	3033	10584	15332	7052.6	2544.1

表2 林草布局、产值表

项 目	水平梯田(hm^2)		<15° 坡 地	15°—25° 坡 地	>25° 坡 地	梯田堰埂	四旁 植树	面 积 合 计	产 值 (万元)	净收入 (万元)
	水 浇	旱								
经济林(hm^2)	80	140	400	1880	176.5			2676.5	2722	1976.95
用材林(hm^2)							1300	1300	261.90	254.8
水保林(hm^2)			50	1490	5337.5			6877.5	493.38	348.09
人工草地(hm^2)			50	560	100			710	53.25	38.97
堰埂利用(hm^2)						1800		1800	624.54	525.6
合 计	80	140	500	3930	5614	1800	1300	13364	4155.11	3144.41

表3 畜牧业布局、产值表

项 目	牛	羊	猪	家 禽	渔 业	合 计
数量(头)	3098	92500	58996	335080	794(hm^2)	
产值(万元)	138.64	1299.6	3171.0	1507.8	59.55	6176.71
净收入(万元)	55.76	925.5	1710.8	335.08	45.24	2127.94

表4 农林牧渔各业土地利用分配表

项 目	农 地	林 草	牧	渔	非生产用地	合 计
面积(hm^2)	15332	13364		794	4418	33908
比例(%)	45.22	39.41		2.34	13.03	100
人均(hm^2)	0.10	0.09			0.03	
产值(万元)	7052.6	4155.11	6117.16	59.55		17384.42
比例(%)	32.55	23.90	35.19	0.34		100
人均(元)	456.90	269.19	396.30	3.86		1126.24
净收入(万元)	2544.15	3144.41	2082.7	45.26		7816.52
比例(%)	32.15	40.22	26.65	0.58		100
人均(元)	164.82	203.71	134.93	2.92		506.39

3 成果分析

本线性规划主要是解决东周流域土地利用结构布局,调整产业结构,以达到减少水土流失、发展经济之目的。规划方案结果作为总体规划的验证和补充。

3.1 总体规划方案是基本正确的

3.1.1 从布局上看。总体规划安排农地面积 $15\,552.5\text{hm}^2$,线性规划方案为 $15\,322\text{hm}^2$,相差 1.42% ;林草由于受地类、地种面积的限制,结果是相同的,都是 $13\,364\text{hm}^2$,相差不到 0.5% ;畜牧业总体规划安排牛、羊、猪、家禽分别为 $3\,098$ 头、 $43\,398$ 只、 $69\,580$ 头、 $335\,080$ 只,线性规划结果分别是: $3\,098$ 头、 $92\,500$ 只、 $58\,996$ 头、 $335\,080$ 只,相差分别是: 0% 、 53% 、 15.21% 、 0% ;人工养鱼由于可养水面只有 794hm^2 ,因而其结果也是相同的。

3.1.2 从产值收入上看。总体规划结论是总收入 $80\,729$ 万元,线性规划是 $17\,384.42$ 万元,这是因为在线性规划方案中,考虑到乡镇工副业经济效益变化太大,难以计算正确,故没有计入,所以线性规划中总收入数值偏小。

从以上两点来看,总体规划结构布局是基本正确的,这说明总体规划方案是可行的。

3.2 总体规划实施过程中应依据线性规划作适当修改

3.2.1 农地中粮食面积和经济作物面积要调整。线性规划中安排小麦玉米作物面积为 $4\,748\text{hm}^2$,总体规划为 $4\,470\text{hm}^2$,在实施规划过程中要调整到 $4\,748\text{hm}^2$,而地瓜面积要从 $5\,194\text{hm}^2$ 降至 $4\,962\text{hm}^2$ 、花生面积要从 $5\,292.5\text{hm}^2$ 降至 $5\,022\text{hm}^2$ 。这说明要从地瓜、花生面积中拿出 270hm^2 种植小麦玉米主粮作物,以保证人均口粮的稳定,而这 270hm^2 农地正是水浇水平梯田,种植地瓜和花生在人均基本农田不足半亩的情况下也是不切实际的。

3.2.2 畜牧业结构要调整。线性规划同总体规划差别之大就在于畜牧业结构,从结果来看总体规划安排的养猪头数偏大,而养羊只数偏小。这说明粮食不足而饲草有余,基于此,在规划实施过程中,要把养猪的头数从 $69\,580$ 头减至 $58\,996$ 头,而养羊的只数要从 $48\,398$ 只发展到 $92\,500$ 只。