

国内小流域综合治理规划方法刍议

李靖 秦向阳 柳林旺

(黄委会黄河上中游管理局·西安市·710043)

摘要 该文综合国内小流域治理的规划方法,通过对其理论方法的分析,提出了各种规划方法的适应性及其局限性,探讨了今后小流域综合治理规划的发展动态。

关键词 规划方法 系统工程 小流域

A Brief Discussion on Method of Planning for Comprehensive Small Watershed Control in China

Li Jing Qin Xiangyang Liu Linwang

(The Administrative Bureau of the Upper and Middle Reaches of Yellow River, Xian, 710043)

Abstract The method of planning for small watershed control in china is synthesized in this paper. By analysis on their theoretical method, the adaptability and limitations of varied methods of planning are presented. It is also probed into that the development of comprehensive small watershed control planning in the future.

Key words planning method system engineering small watershed

小流域综合治理是一项复杂的系统工程,它综合了自然生态、社会经济等方面的内容。小流域综合治理,在于用最少的投入,获取最大的经济效益,以实现小流域经济繁荣、环境优美的治理目标。水土保持规划作为小流域综合治理的基础,其目的就是通过对小流域生态经济系统的模拟和构造,调整“系统”的内部结构,改善“系统”的总体功能,实现“系统”的良性循环。

水土保持规划,从过去以定性为主的经验规划,逐步发展为以定量为主的系统优化,从有限几组规划方案的对比选择,到数学模型的寻优求解,规划的手段日趋先进,规划的方法更加科学。但基于小流域生态经济系统是一个涉及多因素、多层次、多功能、多效益的开发系统,系统内灰色与白色、静态与动态,可控与不可控并存,这就使系统的模拟和再造受到诸多不确定因素的干扰,一定程度上影响了规划成果的精度和实效性。

本文试图通过对现有规划方法的综合、分析、总结,了解各种方法的适应性和局限性,掌握规划研究的发展趋势,以期更好地服务于生产建设。

1 经验规划法

1.1 经验规划法简介

经验规划法是根据规划者的经验,在定性分析的基础上,从有限几组规划方案中选优作为规划成果的方法。这种方法没有确定的数学模型,没有特定的指标衡量体系。

1.2 经验规划法主要步骤

1.2.1 基本资料收集 包括生态、经济两个系统的基本状况调查,其主要内容有地貌、地质、土壤、气候、水文、生物、土壤侵蚀与防治、人口与劳力、土地类型与利用、产品与收益等。

1.2.2 确定小流域的发展战略 针对小流域经济开发和生态环境改善方面所存在的问题,抓住主要矛盾,寻找突破口,确定小流域综合治理的发展方向。

1.2.3 土地资源的适宜性评价 根据影响土地生产力的主导因子,进行土地资源的分级,根据植物的生长特性,提出每个等级上可能的土地利用方式。

1.2.4 土地利用结构的调整和水土保持措施的布设 根据小流域的发展目标,按照土地资源的适宜性评价结果,提出土地资源的若干利用方案,安排各种水土保持措施,主观上尽可能兼顾经济、生态、社会效益。

1.2.5 成果的合理性评价 估算各种规划方案的经济效益、生态效益,检查其是否能满足规划的有关目标,如不能满足,则反馈调整规划方案,最后选择经济、生态、社会方面都较好的方案作为规划成果。

1.3 经验规划法的优点

这一方法的优点是:直观、简单,计算不需复杂,规划易于落实掌握。

1.4 这一方法的缺点

1.4.1 规划的精度不高 只用有限的几组方案加以比较分析,难以判断规划成果的优劣。

1.4.2 规划的主观性很强 小流域生产建设的发展方向 and 成果优劣,全凭规划者的经验判断,很难排除人为因素的干扰。

1.4.3 不宜在小流域运用 对于地形复杂面积较大的小流域,为保证规划成果的精度,会大大增加工作量,影响规划进度,增加规划的费用。

2 线性规划(LP)法

2.1 线性规划法及其应用简介

线性规划法,就是把生态经济理论和系统工程的线性规划理论相结合,采用层次分析法进行系统诊断,揭示小流域生态经济系统的全部内容和内在联系,采用LP模型,优化土地资源的组合方式和水土保持措施体系配置。从目前的情况来看,线性规划法主要用于塬坡面水土保持综合治理的优化布局。

LP模型的一般形式为:

$$\text{目标函数: } \quad \max f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

约束条件:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_j, (i = 1, 2, \dots, m) \\ x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (2)$$

式中: n ——决策变量个数; m ——约束条件个数; x_j ——决策变量; a_{ij} ——常量系数,指生产单位数量;产品所需某种生产要素投入量; c_j ——效益系数,即第 j 种产品的单位收益; b_j ——限制常量,指某种生产要素的限制量。

黄委会黄河上中游管理局在神府——东胜矿区水土保持规划中^[1],运用线性规划法进行了

活鸡兔矿点群流域综合治理规划,选择保土量最大为系统目标,不同土地利用方式为决策变量,以技术、经济、资源等因素为约束条件,建立了 LP 系统模型,并对模型最优解进行了灵敏度分析。

按照系统工程的理论,各子系统的最优化并不代表总系统的最优化,即遵循“非加和原则”,为实现总系统的优化,需要各子系统相互协调、互相配合,以总系统的优化作为自身的存在前提;另一方面,最优化方法,特别是线性规划法其理论体系较为成熟,从理论上可保证规划方案是原模型的最优解。所以把系统工程的最优化理论和生态经济理论相结合,进行水土保持综合治理规划,不仅能反映系统内质的联系,还可以把握子系统间量的变化规律,从而实现规划方法在理论上的突破。

2.2 线性规划法的优点

2.2.1 速度快 对于地形复杂,面积较大的小流域,建立 LP 系统模型,借助计算机进行小流域综合治理的优化规划,计算结果可靠,规划速度快。

2.2.2 精度高 采用线性规划法进行小流域综合治理规划,使规划方法从定性到定量,由有限几组规划方案的对比,发展为数学模型的寻优求解,大大提高了规划成果的精度。

2.3 线性规划法存在的主要问题

(1)LP 模型是静态模型,它表示既定条件下的既定结果,而小流域是开放的动态系统,所以 LP 模型对于小流域生态经济系统的模拟具有一定的局限性。

(2)小流域水土保持措施体系,尤其是沟道工程体系,其工程费与效益、坝高与库容、坝高与淤地面积之间都存在着非线性关系,所以线性规划法主要用于坡面治理规划。

(3)LP 模型只能进行单目标优化,而小流域是一个多功能、多效益的复杂系统,需要实现多目标优化,所以 LP 模型从某种意义上讲是片面的,单一的。

3 多目标规划法

3.1 多目标规划法及其应用简介

基于小流域生态经济系统多功能、多效益的特点,水土保持规划应在定量化的基础上,实现多目标优化,以满足小流域治理多层次、多方位的需求,多目标规划法正是在这一前提下应运而生的。

多目标规划数学模型的一般形式为:

$$(VP) \begin{cases} v - \min [f_1(x), \dots, f_p(x)]^T \\ g_j(x) \geq 0 \end{cases}$$

$x = [x_1, \dots, x_n]^T$, 为一向量,实际为规划中的活动变量; $v - \min$ 表示对 p 个目标 $[f_1(x), \dots, f_p(x)]^T$ 求最小; ($P \geq 2$), 以区别于单目标最小; $[f_1(x), \dots, f_p(x)]^T$ 为 p 个目标函数; $g_j(x)$ 为 m 个约束条件。

北京林业大学在宁夏西吉县黄家二岔小流域综合治理试验示范区研究中^[2],采用多目标规划法进行了资源最优分配。他们以纯收益和生物量两个指标作为目标函数,把其它目标作为约束,选择 60 个决策变量,14 组约束方程,建立了该流域的多目标规划数学模型,并对优化后的农林牧结构进行了动态性和稳定性分析。

3.2 多目标规划法的优点

较之于单目标线性规划,多目标规划法充分体现了小流域生态经济系统的多重功能,有助于

合理调整系统的内部结构,发挥系统的多重效益,更切合小流域系统的实际运行状态,进一步提高了优化规划的精度。

3.3 多目标规划法的缺点

多目标规划法,仍属线性规划,为静态模型,尚难解决小流域系统的非线性问题。另一方面,该方法需要对各个规划目标赋予权重,而权重系数的确定,往往受制于主观因素的干扰,也须在实践中完善解决。

4 非线性规划法

4.1 非线性规划法及其应用简介

如上所述,小流域生态经济系统往往是非线性的、动态的,这种关系在沟道工程体系中表现的更为直接,为此,非线性规划法被用来解决坝系的优化规划问题。

非线性规划的一般形式为:

$$\begin{cases} \min f(x) \\ g_i(x) \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (2)$$

其中: $f(x)$, $g_i(x)$ 至少有一个包含非线性关系;

$\min f(x)$ 表示对目标函数 $f(x)$ 求最小; $g_i(x)$ 表示 m 个约束方程; x 为一向量,表示规划中的决策变量。

西北林学院在甘肃平凉纸坊沟流域^[3]选择拦泥、滞洪坝高为决策变量,在经济、社会、生态效益确定的前提下,以坝系的工程费用最小为目标,建立了非线性规划的数学模型,解决了坝高和布坝密度的优化问题。

黄委会黄河上中游管理局在坝系的优化规划中^[4],用拦泥坝高反映布坝密度的优化,用建坝年反映建坝顺序及其间隔年限的优化,从而在考虑坝高、建坝顺序及建坝间隔年限协调影响的前提下,一次解决了坝系的优化规划问题。

4.2 非线性规划法的优点

运用非线性规划法进行坝系优化规划,克服了单目标、多目标线性规划模型的局限性,拓宽了系统工程最优化理论的运用范畴,广义上讲,可以解决包括塬坡面在内的水土保持措施体系优化布局问题。

4.3 非线性规划法存在的主要问题

4.3.1 非线性规划方法不够成熟^[5] 根据目前对非线性规划理论的研究,非线性规划模型,特别是具有不等式约束的非线性规划问题,目前尚无通用算法,应按其函数类型,选择相应的计算方法。但小流域系统的非线性模型其形式复杂,对其函数类型进行判别,需要进行大量复杂的数学变换,故而根据函数类型选择计算方法还少有尝试。

4.3.2 无论用那种数学方法求解非线性规划问题,都须经过多次分析、试算 对于同一问题,非线性规划给出的优化成果,往往随规划者的初始赋值变化而变,所以,对于非线性规划问题,须进行包括算法在内的多次分析、计算,才能确定全局最优解。

5 结 语

80年代以来,运用系统论和计算机技术,国内小流域综合治理规划,实现了方法理论上的突破,并在小流域治理的实践中被广泛推广。

(下转第32页)

4 结 语

草地截留受草地盖度、降雨强度和降雨时间等因素的影响,其关系为: $P_j = -0.0186 - 0.0601CIT - 0.00612C^2I^2T^2$ 。沙打旺草地可能取得的最大截留率为 29.7%,一般的草地为 29.7% C ;草地盖度、降雨强度和降雨时间对草地截留的影响不尽相同。

参 考 文 献

- [1] 余新晓. 森林植被减弱降雨侵蚀能量的数理分析. 水土保持学报, 1988 年
- [2] 刘向东等. 六盘山森林保持水土生态功能评价. 水土保持学报, 1987 年
- [3] 刘向东等. 森林植被垂直截留作用与水土保持. 水土保持研究, 1994 年
- [4] 郑粉利等. 子午岭林区林冠对降雨截留作用的研究. 中科院水利部西北水土保持所集刊, 第 17 集
- [5] 岩田悦行著, 祝廷成等译. 草地生态学. 1981 年
- [6] S. B. 查普曼等著, 阳含熙等译. 植物生态学的方法. 北京: 科学出版社, 1980 年

(上接第 11 页)

但鉴于小流域系统的复杂性,有关技术方法的局限性,水土保持规划方法目前还不完善,还没有在理论上走向全面统一,尚有一些值得探讨的问题和借鉴的方法。

系统观方面,有人提出目前在小流域综合治理规划中,普遍将坡面、沟道分别优化,而忽视了这两个子系统的影响和协调,主张以“相对平衡系数”,作为联系上述子系统的综合性定量化指标,从而将这两个子系统置于更大的动态系统中,以保证总系统的优化规划。优化方法方面,目前非线性规划方法不尽完善,但线性规划的单纯形法是成熟的,故而主张^[6]通过控制区间变化范围,用直线近似代替曲线,把非线性问题线性化,克服非线性规划方法的局限性,并在沟道工程体系的优化中进行了尝试。地理信息系统(GIS)在图形处理、信息管理方面具有很强的功能,可把各地块自然、生态、经济要素的综合影响,全面反映在规划中,并实现优化方案与规划地块的对应落实,在小流域综合治理规划中,有广阔的运用前景。

综上所述,目前国内小流域综合治理规划方法渐趋成熟,但其在系统观和优化方法上还须进一步完善;另一方面,水土保持学、系统学、地理学和计算机科学的相互渗透、有机结合,必将成为今后小流域综合治理规划的发展趋势。

参 考 文 献

- [1] 神府东胜矿区水土保持规划. 黄委会黄河上中游管理局. 1992 年
- [2] 孙立达, 孙保平, 齐实. 小流域综合治理理论与实践. 北京: 中国科学技术出版社, 1992 年
- [3] 武永昌, 崔云鹏等. 淤地坝系拦泥、滞洪坝高的双优化. 水土保持学报, 1991 年
- [4] 秦向阳, 郑新民. 小流域治沟骨干坝系优化规划模型的研究. 中国水土保持, 1994 年
- [5] 希梅尔布劳 DM. 实用非线性规划. 北京: 科学出版社, 1981 年
- [6] 武永昌. 变区间线性化方法及淤地坝系库容、建坝时序的同步优化. 水土保持学报, 1994 年
- [7] 李怀甫. 小流域治理理论与方法. 北京: 水利电力出版社, 1989 年