

“三条红线”约束下的种植结构多目标优化模型研究

马林潇, 何英*, 林丽, 彭亮

(新疆农业大学 水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052)

摘要:【目的】通过调整种植结构,达到水资源利用与配置更加合理化,以有限的水资源促进当地农业可持续发展。【方法】根据玛纳斯县农业结构种植特点,建立了基于遗传算法的多目标作物种植结构优化模型,并结合“三条红线”相关指标,运用MATLAB软件进行求解,提出了2020、2030年玛纳斯县主要农作物种植结构优化方案。【结果】现状年小麦种植面积可以维持现状,适当增加玉米、葵花和甜菜的种植面积,减少棉花种植面积,优化后灌溉节水量为137.01万 m^3 ,2020、2030年优先增加玉米和葵花的种植面积,当种植面积一定时,随着灌溉水利用系数的提高,可以增加棉花的种植面积。【结论】通过种植结构的调整,可以在兼顾经济、社会和节水效益的基础上缓解农业用水供需矛盾。

关键词:种植结构; 优化方案; 三条红线; 模型; 多目标优化

中图分类号: S274.3

文献标志码:

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2017.0498

马林潇,何英,林丽,等. “三条红线”约束下的种植结构多目标优化模型研究[J]. 灌溉排水学报,2018,37(9):123-128.

0 引言

新疆是典型的干旱、半干旱地区,降水量少,蒸发强度大^[1]。近年来,水资源日益减少对农业种植产生了一定的负面影响,如何利用有限的水资源来提高农业产值是促进当地农业可持续发展所急需解决的问题。玛纳斯县地处新疆腹地,单项节水技术已经非常先进,膜下滴灌技术占主导地位,面对有限的水资源,单靠灌溉技术的革新来发展节水农业的空间已经非常有限,非常有必要从种植结构的角度探索今后节水农业的发展方向,来缓解农业用水供需矛盾。

关于种植结构优化的研究始于20世纪80年代,主要揭示作物比例关系及其发展演变规律等诸多方面^[2],通过调整、优化等主要手段,最大限度地实现区域生态、经济、社会三方面效益的协调统一^[3]。综合分析我国目前农业发展的现状和趋势,要想从根本上突破农业节水的瓶颈,结构型节水农业的大力发展和应用是时代的必然选择^[4,5]。陈永红^[6]认为农民收入增长缓慢的主要原因之一是农业产业结构不合理。Pan等^[7]认为优化农业产业结构是提高能源效率和增加农民收入的重要方式。Anderson等^[8]认为在接下来的几十年里,经济学家们会觉得农业结构调整对于弥补经济市场失灵变得越来越重要。因此,农作物结构优化具有可实施的意义,而且会提高农业和农村经济的整体素质和效益。

近年来新兴的智能算法,如遗传算法、粒子群算法、神经网络等,是一类概率型的全局最优搜索算法^[9-10],不少学者已经将智能算法与多目标优化相结合进行模型应用。刘建强等^[11]对兖州市平原井灌项目采用遗传算法确定了项目区农业种植结构最优化设计方案。林忆南等^[12]建立了以充分利用水资源、增加种植业产值和提高投资收益等目标的模糊优化模型。龚懿等^[13]基于理想点法建立了灌区多目标种植结构优化模型。李茱等^[14]对黑河中游地区构建了基于双层分式规划的种植结构多目标优化模型,且得到的结果验证了模型及求解方法的可行性。赵庆恩等^[15]采用多层次决策分析法确立作物综合效益评价指标体系,并基于模糊多目标优化理论对好水川流域作物建立种植结构优化模型。在上述模型中,有的约束条件考虑较少,如未考虑粮食约束等^[11],有的计算过于复杂,如分式规划有时分子、分母难于求解,特别是大规模的分式规划求解问

收稿日期:2017-08-18

基金项目:国家自然科学基金地区基金项目(51569031);新疆水利水电工程重点学科基金项目(xjzdxk-2010-02-12)

作者简介:马林潇(1992-),女。硕士研究生,主要从事干旱区水资源利用与环境保护的研究。E-mail: 1415236663@qq.com

通信作者:何英(1982-),女。副教授,主要从事干旱区水文模拟与水资源评价方面的研究。E-mail: xjheyings@126.com

题^[14];有的在确定指标比例时有不合理的地方,如运用层次分析法确定目标函数权重时未说明各指标判断矩阵构造依据^[15]。兹兼顾经济效益、节水效益和社会效益,建立基于遗传算法的多目标作物种植结构优化模型,对其主要农作物进行种植结构优化,并结合最严格水资源管理下“三条红线”各项指标,提出种植结构调整优化方案。

1 材料与方法

1.1 自然地理概况

新疆玛纳斯县地理坐标为 $85^{\circ}34'—86^{\circ}43' E$, $43^{\circ}23'—45^{\circ}38' N$,玛纳斯县的地势东南高,西北低,地貌可以分为3大类型:南部为天山山区和丘陵区,中部为冲积平原区,北部为沙漠区。玛纳斯县属于典型的中温带大陆性气候,冬冷夏热,且冬季时间较长,光热充足,昼夜温差较大^[16]。年平均气温 $7.2^{\circ}C$,极端最低气温 $-37.4^{\circ}C$ 。全年无霜期 $165\sim 172 d$,最长达 $190 d$ 。玛纳斯县年平均降水量为 $173.3 mm$,历史最高为 $251.1 mm$ ^[17]。

玛纳斯县有玛纳斯河和塔西河2条河流,均隶属于玛纳斯湖水系。玛纳斯河又分为玛纳斯河干流和支流清水河^[18]。玛纳斯河和塔西河河流量年内分布极不均匀,夏季6—8月水量约占全年的65%,11月—次年3月为枯水期,流量较少,占全年的20%左右,最小的是冬蓄期^[17]。

1.2 经济与农业概况

玛纳斯县经济以农业为主,是昌吉州的农业大县,农业是传统产业,工业经济正在快速发展,农业主要以种植棉花、葡萄、蔬菜为主^[19]。至2015年末玛纳斯县总人口17.83万,地方生产总值(GDP)1 653 094万元,较2014年增长166 523万元。其中农业总产值为358 049万元,增长了3%。

玛纳斯县2015年末总耕地面积为 $142.651\times 10^3 hm^2$,其中水浇地占98%,旱地占1%。小麦和玉米是玛纳斯县主要的粮食作物;棉花是主要的经济作物,占总播种面积的1/2,在经济作物中占主导地位。

1.3 水资源开发利用情况

2015年玛纳斯县总用水量为55 000万 m^3 ,其中农业用水量为48 300万 m^3 ,占总用水量的87.8%;工业用水量为2 100万 m^3 ,占总用水量的3.8%;生活用水量为1 100万 m^3 ,占总用水量的1.9%;生态环境用水量为3 600万 m^3 ,占总用水量6.5%。按供水类型分,地表水供水量为42 600万 m^3 ,占总供水量的77.5%;地下水供水量为12 400万 m^3 。

2015年玛纳斯县灌溉面积为 $78.73\times 10^3 hm^2$,其中高效节水面积为 $40.60\times 10^3 hm^2$,占总灌溉面积的51.5%。农田综合灌溉定额为6 135 m^3/hm^2 ,比新疆平均定额8 925 m^3/hm^2 偏小32%,玛纳斯县单项节水技术已经非常先进,膜下滴灌技术占主导地位,说明灌溉水平在疆内较先进。

1.4 “三条红线”用水指标

2013年5月新疆维吾尔自治区人民政府向玛纳斯县行署下发了《关于实行最严格水资源管理制度落实“三条红线”控制指标的通知》(新政函[2013]111号)文件。2014年新疆维吾尔自治区政协在十一届七次常委会上,要求玛纳斯县2020年用水总量控制指标为51 800万 m^3 ,2030年用水总量控制指标为49 200万 m^3 ,分别较2015年用水量55 000万 m^3 减少3 200万 m^3 和5 800万 m^3 ,2020年农业用水总量控制在48 000万 m^3 ,2030年农业用水总量控制在43 500万 m^3 ,分别较2015年农业用水量48 300万 m^3 减少300万 m^3 和4 800万 m^3 。根据《新疆用水总量控制方案》,各规划水平年,按照自治区下达玛纳斯县用水总量“三条红线”控制指标下的分配水量来压减农业灌溉面积,以水定地,逐年压减灌溉面积,2016—2020年需退减 $2.733\times 10^3 hm^2$,2020—2030年需退减 $1.867\times 10^3 hm^2$,共计退减4.600 hm^2 。

2 种植结构优化模型

2.1 决策变量

玛纳斯县的主要粮食作物有玉米、小麦,主要经济作物有棉花、葵花和甜菜,兹选取以上5种作物为决策变量,其种植面积分别设为 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 和 x_5 ($\times 10^3 hm^2$)。

2.2 目标函数

以考虑经济效益最大和农业用水量最小的双目标为目标函数。

1)经济目标,以农产品经济产值最大化为目标。

$$\max f_1(x) = \sum_{i=1}^n x_i \left(P_i Y_i - \frac{P_x W_{di}}{\eta} \right), \quad (1)$$

式中: $f_1(x)$ 为结构优化后纯收益(万元); x_i 为作物种植面积($\times 10^3 \text{ hm}^2$); P_i 为作物 i 的产品单价(元/kg); Y_i 为单位面积产量(kg/hm^2); P_x 为单位水量供水费用(元/ m^3); W_{di} 为作物 i 的净灌溉定额(m^3/hm^2); η 为灌溉利用系数; i 为作物种类数($i=1, 2, \dots, n$)。

2) 农业用水量最小为目标。

$$\min f_2(x) = \sum_{i=1}^n W_{di} / \eta \leq W, \quad (2)$$

式中: W 为“三条红线”农田灌溉用水量(万 m^3)。

2.3 约束条件

1) 面积约束

$$\sum_{i=1}^n A_i \leq A, \quad (3)$$

$$0 \leq x_1 + x_2 + \dots + x_{n1} \leq A_a, \quad (4)$$

$$0 \leq x_3 + x_4 + \dots + x_{n2} \leq A_b, \quad (5)$$

式中: A 为耕地面积($\times 10^3 \text{ hm}^2$); x_1, x_2 代表粮食作物的种植面积($\times 10^3 \text{ hm}^2$), x_3 代表经济作物的种植面积($\times 10^3 \text{ hm}^2$), 该县主要的粮食作物种植面积不得大于近 3 a 来现有粮食种植总面积 A_a ($\times 10^3 \text{ hm}^2$), 主要经济作物也要小于目前的经济作物总种植面积 A_b ($\times 10^3 \text{ hm}^2$)。玛纳斯县耕地存在严重的破碎化, 导致农户复种指数下降, 近年来在促进耕地集中连片, 所以暂不考虑复种指数的约束。

2) 粮食约束

$$M \cdot P \leq \sum_{i=1}^n L_i, \quad (6)$$

式中: p 为总人口; $\sum_{i=1}^n L_i$ 为粮食的产量(kg); M 为全国人均粮食占有量(kg/人)。

3) 农作物产量约束 $Y_i A_i \geq Z_i$

$$\sum_{i=1}^n Y_i A_i \geq Z, \quad (7)$$

式中: x_i 代表作物 i 的种植面积($\times 10^3 \text{ hm}^2$); Z_i 代表近 5 a 作物 i 的最低产量(kg/hm^2); Z 代表近 5 a 各种作物的总产量的最小值(kg/hm^2)。

4) 非负性

$$x_i \geq 0. \quad (8)$$

5) 其他资源约束

考虑到玛纳斯县的土壤、气候等自然资源以及区域交通、投资能力、科技水平等经济社会资源实际, 本分区限制性资源约束应为水资源约束和耕地约束, 因此其他资源约束这里可不予考虑。

6) 其他产业需求及可持续地力约束

玛纳斯县种植小麦、玉米较多, 且有一定面积的天然草场和退耕还林还草面积, 能够为牲畜提供较为充足的秸秆和饲料草, 这里不再考虑该约束。根据《新疆用水总量控制方案》, 2016—2030 年共计退减 4.600 hm^2 , 故该县亦因退耕面积较多, 这里也不再考虑可持续地力约束。

3 模型求解及应用

3.1 模型求解

遗传算法是一种模拟生物进化和遗传变异机制的概率优化方法^[20-21]。Kalyanmoy Deb 带精英策略的快速非支配排序遗传算法(Nondominated Sorting Genetic Algorithm II, NSGA-II)是运用最为广泛和成功的一种^[16]。MATLAB 自带的 gamultiobj 函数所采用的算法, 就是基于 NSGA-II 的一种多目标优化算法, 称 gamultiobj 函数为基于遗传算法的多目标优化函数, 近年来该算法得到学术界的普遍重视, 并取得了丰硕的研究成果。在函数 gamultiobj 中, 先调用函数 gacommon 确定优化问题的约束类型, 然后调用函数 gamultiobj-

jsolve 对多目标问题进行求解^[22-24]。对于多目标函数而言,当目标函数和约束条件都是线性函数时,加入遗传算法后经过多次迭代,可以减少陷入局部最优的危险,利于全局择优。多目标最优解问题可以描述如下,函数组织结构图见图 1。

$$\min [f_1(x),f_2(x),\cdots,f_m(x)], \tag{9}$$

$$s.t. \begin{cases} lb \leq x \leq ub \\ Aeq \cdot x = beq \\ A \cdot x \leq b \end{cases}, \tag{10}$$

式中: $f_i(x)$ 为待优化的目标函数; x 为待优化变量; lb 和 ub 为优化变量 x 的下限和上限的约束; $Aeq \cdot x=beq$ 为变量的线性等式约束; $A \cdot x \leq b$ 为变量的线性不等式约束。

3.2 玛纳斯县主要农作物种植结构优化方案

3.2.1 模型参数设定

以 2015 年为现状年,2020 为近期水平年,2030 为远期水平年,不同作物具体的参数设定见表 1,现状年和不同水平年参数设定见表 2。产品单价、农作物单位面积产量、总人口和作物播种面积均为 2015 年新疆统计年鉴中的数据。净灌溉定额参照 2014 年《新疆维吾尔自治区农业灌溉用水定额地方标准》。单位水量供水费用参照新疆维吾尔自治区发改委发布的自 2016 年 1 月 1 日起执行的新的水资源费征收标准。灌溉利用系数和农业用水量参照 2015 年自治区“三条红线”有关控制指标。优化 2020 年和 2030 年时五种作物的单价按 2015 年计算,年末人口数利用 2002—2015 年的相应数据采用 SPSS19.0 版进行线性回归和人口序列分析预测得出。

表 1 不同作物具体参数

作物种类	产品单价/(元·kg ⁻¹)	单位面积产量/(kg·hm ⁻²)	净灌溉定额/(m ³ ·hm ⁻²) $P=75\%$	单位水量供水费用/(元·m ⁻³)
小麦	2.36	6 551	3 750	0.4
玉米	4.00	9 180	3 675	
棉花	8.80	2 160	4 200	
葵花	7.50	3 564	3 825	
甜菜	0.45	76 829	3 825	

表 2 不同年份具体参数

年份	总人口/万人	灌溉利用系数	农业用水量/万 m ³	作物播种面积/×10 ³ hm ²
2015	17.83	0.60	51 538	76.06
2020	18.17	0.69	48 027	65.04
2030	18.53	0.72	43 464	64.91

3.2.2 模型应用

利用 MATLAB R2014a 通过 GUI 方式调用函数 gamultiobj,对玛纳斯县现状年、近期及远期水平年进行主要农作物种植优化。由于遗传算法随机产生初始种群且根据适应度选择再生个体,所以模型优化结果为有多个优化方案的 Pareto 非劣解集,但是各非劣解集差别不大,不同水平年实际情况不同,且受不同决策者偏好的影响,不同水平年分别列出 3 种不同优化方案以供参考,优化方案如表 3、表 4 所示。

表 3 现状年优化前后结果对比

作物种类		现状种植 面积/×10 ³ hm ²	优化后种植 面积/×10 ³ hm ²	现状灌溉 用水量/万 m ³	优化后灌溉 用水量/万 m ³	优化前经济 效益/万元	优化后经济 效益/万元
粮食作物	小麦	1.78	1.78	1 112.50	1 112.50	2 306.94	2 306.94
	玉米	15.96	16.34	9 775.50	10 008.25	54 694.92	55 997.18
经济作物	棉花	46.99	44.95	32 893.00	31 465.00	76 161.39	72 854.96
	葵花	0.91	2.24	580.13	1 428.00	2 200.38	5 416.32
	甜菜	0.27	0.60	172.13	382.50	864.62	1 921.38
小计		65.91	65.91	44 533.26	44 396.25	136 228.25	138 496.78

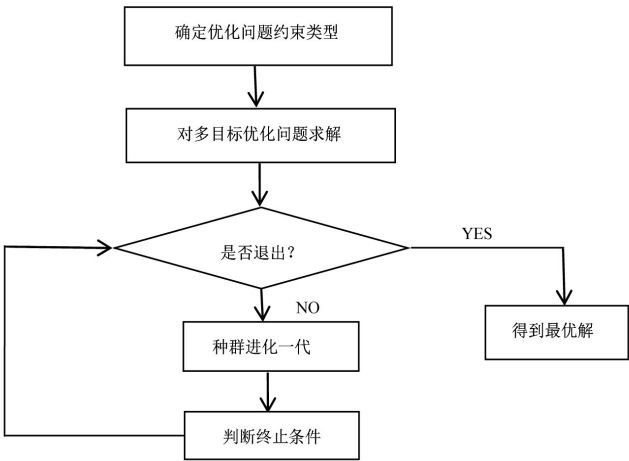


图 1 函数 gamultiobj 的组织结构

表4 不同水平年种植结构优化方案

年份	作物	种植面积/ $\times 10^3 \text{ hm}^2$			灌溉用水量/ 万 m^3			经济效益/万元		
		方案一	方案二	方案三	方案一	方案二	方案三	方案一	方案二	方案三
2020	小麦	1.78	1.79	1.78	927.08	932.29	927.08	2 381.11	2 394.49	2 381.11
	玉米	14.21	14.52	15.25	7 253.03	7 411.25	7 783.86	49 277.91	50 352.94	52 884.45
	棉花	38.81	38.79	38.77	22 639.15	22 627.49	22 615.82	64 714.39	64 681.04	64 647.70
	葵花	1.93	1.99	2.77	1 025.31	1 057.19	1 471.56	4 748.77	4 896.40	6 815.59
	甜菜	0.20	0.27	0.22	106.25	143.44	116.88	648.96	876.10	713.86
	合计	56.93	57.36	58.79	31 950.82	32 171.66	32 915.20	121 771.14	123 200.96	127 442.70
2030	小麦	1.81	1.79	1.96	1 003.37	992.28	1 086.52	2 404.85	2 378.27	2 604.14
	玉米	14.67	15.09	15.27	7 813.37	8 037.07	8 132.94	50 889.60	52 346.56	52 818.27
	棉花	38.80	38.77	38.87	23 617.40	23 599.14	23 660.01	64 304.09	64 254.37	64 420.11
	葵花	1.96	2.27	2.67	1 086.52	1 258.37	1 480.11	4 804.47	5 564.36	6 544.87
	甜菜	0.20	0.21	0.22	110.87	116.41	1 219.57	647.11	679.47	711.82
	合计	57.44	58.13	58.99	33 631.54	34 003.28	35 579.15	123 050.13	125 223.04	127 099.22

从表3和表4可以看出:1)2015年。①优化前后小麦的种植面积几乎没变,可以继续维持现状。玉米的种植面积由 $15.96 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 增加至 $16.34 \times 10^3 \text{ hm}^2$,增加了 $0.38 \times 10^3 \text{ hm}^2$,可以利用玉米带动畜牧业和加工业,完善种、养、加、产、供、销的一条龙模式,进一步提高玉米的经济效益。②棉花的种植面积由 $46.99 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 减少至 $44.95 \times 10^3 \text{ hm}^2$,减少了 $2.04 \times 10^3 \text{ hm}^2$,玛纳斯是产棉大县,但是近几年棉花上市时的价格远低于预期,从价差、财政负担、农资成本等多个角度综合来看,存在调减棉花种植面积的可能性。在缩减棉花种植面积时应尽量选择低产田,缩减的土地可以建设苗木花卉基地,发展特色农作物等。③葵花等油料作物的种植面积由 $0.91 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 增加至 $2.24 \times 10^3 \text{ hm}^2$,增加了 $1.33 \times 10^3 \text{ hm}^2$,可以把食用葵花当作特色农作物,政府和合作社应当加强引导,使农户生产经营具有针对性和统一性。④加大甜菜的种植,种植面积由 $0.27 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 增加至 $0.6 \times 10^3 \text{ hm}^2$,增加 $0.33 \times 10^3 \text{ hm}^2$,玛纳斯县有得天独厚的自然优势,新疆甜菜生产水平和栽培技术远高出其他省区^[25],在今后的生产中,增加甜菜品种类型和更新速度,不同甜菜品种科学合理搭配,加强病虫害的防治,继续推进耕作制度改革。优化后的农作物种植面积不变,经济效益由136 228.25万元增加至138 496.78万元,增加了2 268.53万元。优化后作物灌溉需水量由44 533.26万 m^3 减少至44 396.25万 m^3 ,减少了137.01万 m^3 。

2)2020年和2030年。①当作物播种面积在“三条红线”控制指标内,在耕地条件允许和保证居民口粮正常需求下,可优先考虑增加玉米和葵花的种植面积,小麦、棉花和甜菜的种植面积基本维持不变。②纵向比较2020年和2030年优化方案,随着灌溉水利用系数不断提高,小麦、玉米这类需水量较小且经济效益较高的作物播种面积会有所增加,棉花这类需水量较大且经济效益较高的作物播种面积可以保持不变。

4 结 论

1)玛纳斯县的种植业还有很大的优化空间,且种植结构优化不仅做到了农业可持续发展、水资源的高效利用,还有效地提高了农业经济。通过遗传算法与多目标优化的结合,可以形成高效利用水资源,保障人均粮食需求量、满足“三条红线”控制指标和增加种植业产值等目标的最优方案。

2)种植业结构调整涉及社会、经济和生态多个方面,兹通过模型计算得出的最优的主要农作物种植比例,还可以作如下改进:①增加约束条件,减少模型与实际问题的差距,如农药和化肥等生态约束、种子等成本投入约束和劳动力成本约束;②不同水文年(枯水年、较枯水年、平水年、较丰水年以及丰水年)下的种植结构优化。

在实际生产生活中,农作物种植比例不可能在短时间内达到最优状态,且不可盲目调整,但随着自治区实行最严格水资源管理制度深入落实,种植结构会变得更科学合理。

参考文献:

- [1] 范文波. 玛纳斯河流域种植业用水结构时空变化与种植结构关系研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [2] 徐敏雄. 德昌县农业产业结构多目标优化研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2015.
- [3] 马文礼. 宁夏引黄灌区结构节水型农作制研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2005.
- [4] 王燕. 基于虚拟水贸易的引黄灌区种植结构优化调整模型[D]. 郑州: 郑州大学, 2014.

- [5] 陈阜. 结构型节水农业技术及其应用前景[C]//中国作物学会2005年学术年会论文集. 北京: 中国作物学会、中国农业大学农学与生物技术学院, 2005: 372-376.
- [6] 陈永红, 刘峰, 尹希果. 西部地区农业结构调整与可持续发展[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2001, 7(2): 14-17.
- [7] PAN H, LIU Y, GAO H. Impact of agricultural industrial structure adjustment on energy conservation and income growth in Western China: a statistical study[J]. Annals of Operations Research, 2015, 228(1): 23-33.
- [8] ANDERSON K. Antipodean agricultural and resource economics at 60: national and global price - and trade - distorting policies[J]. Australian Journal of Agricultural & Resource Economics, 2016, 60(4): 629-630.
- [9] 高小永. 基于多目标蚁群算法的土地利用优化配置[D]. 武汉: 武汉大学, 2010.
- [10] 陈兆波. 基于水资源高效利用的塔里木河流域农业种植结构优化研究[D]. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2008.
- [11] 刘建强, 李庆国, 毕华军. 基于遗传算法的平原井灌区农业水土资源优化利用模式研究[J]. 水利发展研究, 2013, 13(5): 65-67, 73.
- [12] 林忆南, 金晓斌, 李效顺, 等. 渭北黄土台塬区水资源约束下的种植业结构多目标优化研究[J]. 南京大学学报(自然科学), 2014, 50(2): 211-218.
- [13] 龚懿, 张礼华. 基于理想点法的灌区多目标种植结构优化模式研究[J]. 现代农业科技, 2014(13): 211-218.
- [14] 李荣, 郭萍. 基于双层分式规划的种植结构多目标模型研究[J]. 农业机械学报, 2014, 45(9): 168-174, 130.
- [15] 赵庆恩, 张维江, 李娟, 等. 好水川流域作物种植结构优化研究[J]. 人民黄河, 2012, 34(9): 70-72.
- [16] 张志祺. 新疆玛纳斯县棉花生产面源污染治理的农户参与意愿及影响因素分析[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016.
- [17] 魏玲玲. 玛纳斯河流域水资源可持续利用研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2014.
- [18] 林丽. 新疆玛纳斯河流域水资源管理信息系统的开发及其应用研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016.
- [19] 祁丽霞. 新疆玛纳斯县循环经济研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆财经大学, 2008.
- [20] 史峰, 王辉. MATLAB 智能算法 30 案例分析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011: 89-101.
- [21] 吴英杰, 刘廷玺, 刘晓民. 基于 NSGA-II 算法的锡林浩特市多水源工业供水优化配置[J]. 中国农村水利水电, 2010(8): 95-98.
- [22] 胡洪静, 吴鑫淼, 齐成伟, 等. 节水压采区农业种植结构多目标优化研究: 以衡水市为例[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(10): 95-99.
- [23] 马细霞, 张李川, 路振广. 基于虚拟水贸易的灌区种植结构多目标优化模型[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(10): 103-108.
- [24] 于凤存, 方国华, 王文杰, 等. 基于多目标遗传算法的南水北调东线工程湖泊群优化调度研究[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(3): 78-85.
- [25] 王荣华, 王维成. 新疆甜菜品种的利用现状及发展对策[J]. 中国糖料, 2010, (3): 63-64, 67.
- [26] 《新疆兴农网》. 2016 年新疆农民对农业种植结构调整增收态势明显[J]. 新疆农垦科技, 2016, 39(4): 51.

Multi-objective Optimization of Main Crops Cultivation in Manasi County Using the Genetic Algorithm with the “Three Red Lines” in Consideration

MA Linxiao, HE Ying*, LIN Li, PENG Liang

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: 【Objective】 Adjusting crops cultivation is one way to develop sustainable agriculture for areas where available water resources are limited. The objective of this paper is to show how to achieve this using multi-objective optimization methods. 【Method】 We took Manasi County in Xinjiang as an example and developed a multi-objective optimization model to calculate the optimal cultivation areas of main crops using the genetic algorithm with the “three red lines” proposed for economic development in the region in consideration. The model was solved using MATLAB, which was then applied to calculate the optimal cultivation areas of the main crops for 2020 and 2030 in this county. 【Result】 The calculated results showed that the cultivation area of the wheat can remain as what it is, yet the areas for corns, helianthus and beetroots should be increased and the areas of cotton decreased.. These could save the water used for irrigation by 1.370 1 million m³. As for 2020 and 2030, the local government could give priority to increasing the cultivation areas of corns and helianthus. When the cultivated areas for each crop was established, the area of cotton could be increased if the irrigation water use coefficient can be improved. 【Conclusion】 Adjusting the current cultivation areas of the main crops can deliver economic and social benefits to the county.

Key words: planting structure; optimal scheme; three red lines; model; multi-objective optimization

责任编辑: 陆红飞