盛　强,赵　雨,申　亮. 农产品供应链仿真建模与应用——以陕西周至猕猴桃为例[J]. 江苏农业科学,2019,47(2):333 – 337.
doi:10.15889/j.issn.1002 – 1302.2019.02.079

农产品供应链仿真建模与应用
——以陕西周至猕猴桃为例

盛　强,赵　雨,申　亮
(陕西科技大学,陕西西安 710021)

摘要:以陕西省周至县猕猴桃产业为研究对象,基于系统动力学思想建立猕猴桃产业供应链模型,在 Anylogic 软件环境下进行仿真,为种植户生产决策和产业政策设计提供指导。结果表明,使用激素类农药的果品折价系数存在临界值,当折价系数大于临界值时从成本角度考虑种植户会主动放弃使用激素类农药;减免分销商税率可以提高分销商收益,但在小区间内会降低供应链总体收益,仅当税率低于区间临界值时供应链总利润开始增加。该模型可用于同类农产品供应链的仿真与分析。

关键词:农产品;系统动力学;供应链;激素类农药;税率减免
中图分类号: F323.7　　**文献标志码:** A　　**文章编号:**1002 – 1302(2019)02 – 0333 – 04

农产品供应链是农产品从生产到消费过程中各个环节所涉及的物流、资金流、信息流的整合,是一个复杂的社会经济系统[1]。在实现价值增值的过程中,生产商、分销商、消费者以及政府必须相互协调、配合才可以实现供应链利益最大化以及经济的可持续发展[2]。陕西省周至县是全国最大的猕猴桃生产基地,目前已达到年产猕猴桃 45 万 t 左右,是当地的支柱性产业[3],调研发现当地的猕猴桃产业仍处于市场自发集成的农产品供应链模式,这种模式可以实现商流和物流功能,但缺乏长期合作的互信基础,存在交易风险,生产决策较盲目[4]。我国农产品供应链正处在转型发展的关键时期,深入研究农产品供应链,为种植户提供生产决策指导,为政府制定产业发展政策提供支撑,对促进地区农业、农村经济发展具有十分重要的意义,也是实现农业产业化发展的重要保证。

1　农产品供应链仿真研究现状

随着我国农业现代化的不断发展,许多学者开始关注我国农产品供应链相关的研究,相关研究大体可分为供应链协调机制和供应链主体博弈 2 类。供应链协调机制研究方面,庄晋财等从我国农产品流通的实际情况出发,提出建设以农产品批发市场为核心的信息平台是构建农产品供应链的有效路径[5]。杨金海等探讨农产品供应链失调的成因和后果,并从政府调控的角度提出协调农产品供应链的政策措施[6]。曹武军等针对生鲜农产品供应链系统成员合作关系不稳定,提出农产品三级供应链的两部收费制度[7]。孙亮等基于 Petri 网建立不确定市场条件下农产品供应链模型,得出农产品供应链库存和利润变化的定性关系[8]。供应链主体博弈方面,陈化飞建立绿色农产品供应链上政府、企业和消费者间的博弈模型,研究不同情况下供应链主体的动态收益,并提出绿色农产品供应链建设的对策和建议[9]。白世贞等研究双渠道下农资供应链各个节点成员的利益及供应链整体利益,指导农资企业减少成本,提高竞争优势[10]。孙文清运用系统动力学理论构建 CPFR 模式下的三级农产品供应链模型,证明牛鞭效应现象可以消除[11]。徐升华等建立农产品供应链知识共享系统的动力学模型,证明系统动力学方法能够有效分析农产品供应链知识共享系统[12]。

综上,尽管农产品供应链的研究已经取得了一些成果,但这些研究多采用理论诠释,由于农产品种类众多,各地特色农产品在产量、产值、政府相关扶持政策方面差异较大,相关理论研究对于生产实际的指导意义不强,缺乏可操作性。本试验以实证研究为基础,以陕西省周至县猕猴桃产业为案例,将政府作为农产品供应链中的一员,应用系统动力学思想提出一种农产品供应链仿真和分析方法,为种植户生产决策和产业政策设计提供指导,同时也为相关农产品供应链的研究提供借鉴。

2　猕猴桃种植户生产决策模型

种植户是猕猴桃产业供应链中的“生产商”,在生产过程中以自身收益最大化为目标,须要对品种选择和激素类药品使用等进行决策,而种植户的收益同时受产量和收购价格 2 个因素影响。根据周至县统计局、果业发展管理局数据公告得到 2004—2016 年该县猕猴桃产量、种植面积、平均售价、生产投入等核心变量数据(表 1)。

2.1　产量和收购价格分析

调研发现猕猴桃的产量受种植密度和管理投入等因素影响,周至县猕猴桃种植均采用密度为 3 m × 4 m 的“T”形架,种植密度稳定在 1 275 ~ 1 440 株/hm^2,产量较理想[3]。根据柯布 – 道格拉斯生产函数,建立产量与化肥量、用工数、农药投入和其他费用的函数 $M=\mu C^{\alpha}L^{\beta}S^{\gamma}F^{\eta}$,其中 M 表示 1 hm^2 产量;C 表示肥料投入;L 表示农药投入;S 表示雇工投入;F 表

收稿日期:2017 – 09 – 25
基金项目:陕西省教育厅专项科研项目(编号:16JK1095);陕西省农业科技创新与攻关项目(编号:2014K01 – 29 – 01)。
作者简介:盛　强(1983—),男,陕西西安人,硕士研究生,讲师,主要从事物流与供应链、系统建模仿真研究。E – mail:shengqiang@sust.edu.cn。

表 1　周至县猕猴桃产业核心变量数据

年份	总产量（万 t）	种植面积（hm^2）	平均售价（元/kg）	产量（t/hm^2）	生产投入（万元/hm^2）
2016	45.937 5	13 623.22	4.69	33.72	2.776 5
2015	43.540 0	13 273.58	4.45	32.80	2.697 5
2014	42.206 5	12 784.04	4.35	33.02	2.559 0
2013	36.183 0	11 229.98	3.80	32.22	2.550 8
2012	28.808 5	9 692.33	3.93	29.72	2.445 0
2011	25.749 5	9 704.34	3.60	26.53	2.368 3
2010	22.025 5	7 864.85	2.80	28.01	2.032 6
2009	17.500 0	7 067.57	2.61	24.76	2.020 2
2008	12.243 0	5 623.28	2.12	21.77	1.572 2
2007	10.433 5	4 922.62	2.00	21.19	1.075 3
2006	9.716 0	3 049.59	1.38	31.86	1.020 5
2005	8.410 5	3 203.63	1.69	26.25	1.163 3
2004	8.109 5	3 804.60	1.52	21.32	1.032 7

注：数据来源于 http://www.zhouzhi.gov.cn/xxgk.htm 周至县政府信息公开统计数据；http://www.029mht.com/周至猕猴桃信息网汇总整理。

示其他投入。α、β、γ、η 表示各种投入的弹性系数；μ 表示气候自然灾害等随机因素影响[13]。根据相关数据进行多元回归建立生产关系函数。

$$\ln M = 4.923 + 0.172\ln C - 0.337\ln L + 0.381\ln S + 0.158\ln F。$$

函数的 R^2 为 0.926，显著性良好，DW 统计量 1.893，不存在自相关。分析发现雇工投入弹性系数最高，说明劳动力投入对产量影响较显著；农药投入弹性系数为负，说明农药过度投入对产量有负增长作用，同时也验证了在猕猴桃种植过程中，对农药的浓度及使用频率较敏感。

调查还发现猕猴桃的收购价格受供需比和生产成本影响，因此建立模型 $P = \alpha D + \beta E + \lambda$，其中，$P$ 表示猕猴桃收购价格；D 表示供需比；E 表示生产成本；α、β 表示弹性系数；λ 表示政策等随机因素的影响。根据相关数据进行多元回归建立生产成本函数。

$$P = 8.352D + 0.002E - 6.867。$$

函数的 R^2 为 0.970，显著性良好，DW 统计量 2.358，不存在自相关。分析发现供需比对价格的影响远大于生产成本，符合实际情况。

2.2　种植户决策分析

激素类农药在我国猕猴桃产业发展的特定时期内较普遍，但随着对食品质量安全的要求越来越高，从 2006 年起国家层面开始逐渐禁止使用相关的农业投入品，2014 年 5 月陕西省颁布《陕西省果业条例》，禁止使用相关的农业投入品，2015 年陕西省果业管理局颁布《猕猴桃膨大剂禁用行动方案》，明确禁止猕猴桃种植户使用膨大剂，但由于历史原因以及种植户对收益的追求，使用膨大剂的情况在短期内很难杜绝。

目前陕西省周至县种植的猕猴桃品种共有十余种，根据推广时间、收购价格、自然产量等大体可分为 2 类（表 2）。近两年市场反馈信息显示，翠香、徐香、红阳等新品种使用膨大剂的现象难以杜绝，虽然膨大剂的使用会使收购价格出现 20% ~ 40% 的下降，但单位产量会增加约 30%，因此种植户在种植过程中主要面临品种选择和膨大剂使用 2 个方面的决策问题。

表 2　猕猴桃品种及主要特征分类

品种类别	品种名称	收购价格	自然产量	激素使用状况
A 类	翠香、徐香、红阳等	高	低	使用
B 类	秦美、海沃德、哑特等	低	高	不使用

2.3　种植户生产决策建模

种植户总收益为 A 类和 B 类品种的收益之和，影响 A 品种收益的因素有单位生产成本、单位收益、膨大剂使用比例、价格受膨大剂的影响系数，影响 B 品种收益的因素有单位生产成本和收益。设计 3 个变量，即 A 品种比例 $X \in (0,1)$；A 品种膨大剂使用比例 $Y \in (0,1)$；膨大剂折价系数 $Z \in (0.2, 0.4)$。则种植户决策模型的因果关系见图 1，种植户生产决策结构模型见图 2。

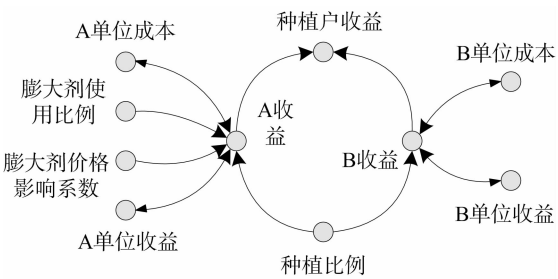


图1　种植户自身决策因果

系统模型中各参数函数关系如下：(a) 总利润 = X × A 品种单位收益 + (1 − X) × B 品种单位收益；(b) 单位收益 = 单位收入 − 单位投入；(c) A 品种单位收益 = 0.98 × 自然产量 × 参考价格 × (1 − Y) + 0.95 × 膨大剂作用后产量 × 膨大

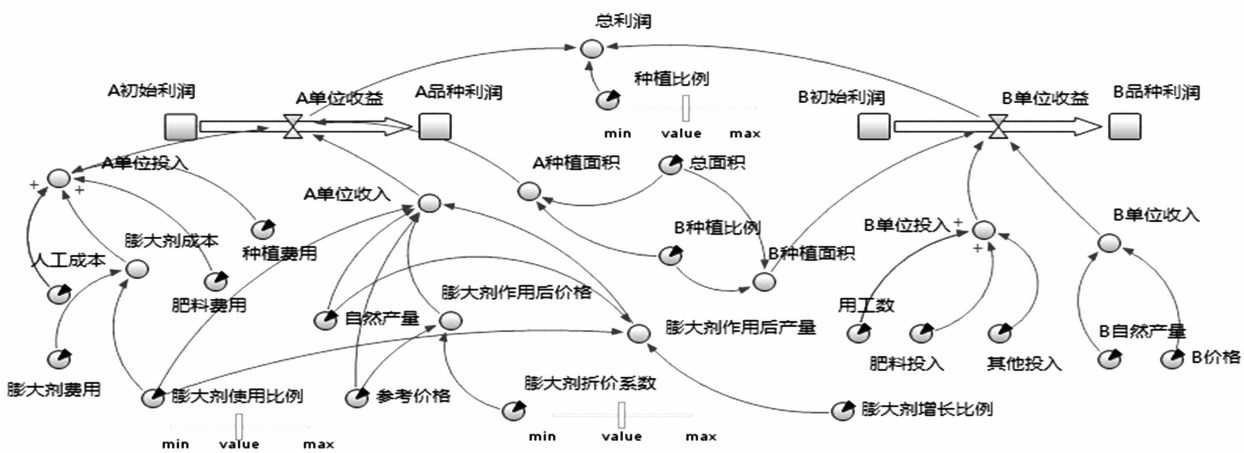


图2　种植户生产决策模型

剂作用后价格,0.98 和 0.95 为调查获得的自然损耗系数;(d)膨大剂作用后价格 = 参考价格 ×(1 − Z);(e)膨大剂作用后产量 = 膨大剂增长比例 × 自然产量 × 膨大剂使用的比例;(f)B 品种单位收益 = 0.98 × 自然产量 × 参考价格;(g)单位投入 = 人工成本 + 膨大剂成本 + 肥料费用 + 种植费用,B 品种无膨大剂成本项;(h)膨大剂成本 = 膨大剂费用 × Z。其中 X 为 A 品种种植比例;Y 为 A 品种膨大剂使用比例;Z 为膨大剂折价系数。

2.4　仿真结果与分析

农户的收益由 A、B 品种的收益组成,其中 B 品种收益与膨大剂使用比例 Y 和果品折价系数 Z 无关,因此重点分析 Y、Z 对 A 品种收益的影响。假定 A、B 品种种植比例相等,即 X = 0.5 时,通过调整模型中 Y、Z 变量,得到种植户 A 品种利润变化情况(仅取代表性数值)(表 3),可见当折价系数 Z = 0.221 42 时,种植户 A 品种的收益与膨大剂使用比例 Y 无关,当 Z > 0.221 42 时,种植户 A 品种的收益随膨大剂使用比例增加而减少,说明当折价系数大于 0.221 42 时,种植户会从成本角度主动放弃使用膨大剂。

表 3　A、B 品种种值总面积 667 m² 时 A 品种利润变化情况

折价系数 Z	使用不同比例膨大剂下的总利润(万元)										
	0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
0.2	3 948	4 079	4 210	4 340	4 471	4 602	4 733	4 863	4 994	6 151	6 395
0.221 42	3 948	3 948	3 948	3 948	3 948	3 948	3 948	3 948	3 948	3 948	3 948
0.4	3 948	3 737	3 526	3 314	3 103	2 892	2 681	2 470	2 258	2 047	1 836

按照相同方法可仿真出不同种植比例时折价系数 Z 的临界值(表 4)。说明激素类农药使用后的果品折价系数存在临界值,当折价系数大于临界值时,从成本角度考虑种植户会主动放弃激素类农药的使用。因此,政府可以通过对折价系数的宏观调控来推进激素类农药禁用的相关条例和法规。

表 4　不同种植比例下果品折价系数临界值

X	Z 临界值
0.4	0.192 43
0.5	0.221 42
0.6	0.291 61
0.7	0.357 34

3　猕猴桃产业供应链模型

3.1　分销商和冷库商子系统建模

目前周至县猕猴桃的经销方式主要依靠经销商上门收购,经销商会考虑市场供需情况等因素选择租赁冷藏库储藏部分果品,将其余部分直接销售。近年来随着市场环境和冷库租赁市场的波动,供应链的整体利润也在不断发生变化。

分销商和冷库运营商均为独立的经济体,都以自身收益最大化为目标。影响分销商收入的因素为收购量和销售价格,影响分销商成本的因素为收购价格、收购量和其他费用(图 3),影响冷库运营商收入的因素为冷藏量和单位租金,影响冷库运营商成本的因素为冷库运营成本、单位租赁成本和冷藏量(图 4),其中收购量和冷藏量之和为猕猴桃年产量。

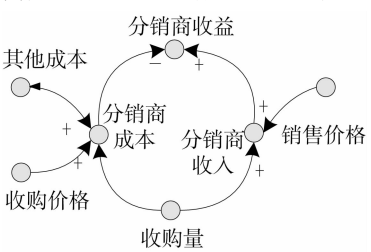


图3　分销商决策因果

3.2　猕猴桃供应链系统建模

猕猴桃产业供应链中种植户、经销商、冷藏库运营商之间紧密联系且互相影响,同时又都受政府产业政策、市场供需等因素 影响,因此在仿真模型中增加2个“事件类”控件,分别

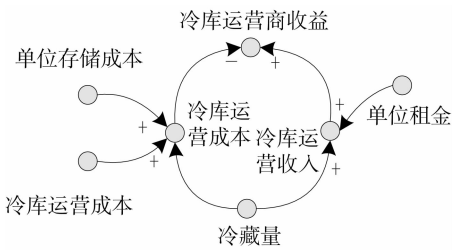


图4　冷库运营商决策因果

为政府补贴和所得税,反映政策性补贴对农户收益的影响和税率对分销商收益的影响。建立猕猴桃供应链系统动力学模型(图 5)。

系统模型中各参数函数关系如下:(a)种植户经营收益 =(单位收入 − 单位投入)× 种植面积;(b)单位收入 = 猕猴桃单位产量 × 收购价格 + 政府投入品补贴;(c)单位投入 = 肥料投入 + 用工数 + 农药投入 + 其他投入;(d)收购价格 = 8.352 × 供需比 + 0.002 × 单位投入 − 6.867;(e)总产量 = 猕猴桃单位产量 × 种植面积;(f)猕猴桃单位产量 = 4.923 + 0.158ln$C$ − 0.337ln$L$ + 0.381ln$S$ + 0.172ln$F$;(g)分销商经营收益 = 分销商利润 − 分销商所得税;(h)分销商利润 = 分销商收入 − 分销商成本费用;(i)分销商收入 = 收购量 × 零售价格;(j)分销商所得税 = 分销商利润 × 0.13;(k)零售价格 = 收购价格 × 1.2;(l)分销商成本费用 = 收购价格 × 收购量 + 分销商其他投入;(m)冷藏库收益 = 冷藏库储存收入 − 冷库储存成本;(n)冷藏库储存成本 = 储藏量 ×(储藏成本单价 + 收购价格);(o)冷藏库储存收入 = 储藏量 × 储藏后售价;(p)储藏后售价 = 零售价格 × N(N 指风险系数,为 0.8 ~ 1.2 随机分布函数)。

3.3　模型检验

通过模型仿真猕猴桃产业发展趋势,将仿真结果与真实状况相比较,进行历史检验反映模型是否能反映系统的主要特征,模型验证区间为 2005—2016 年,检验数据为单位产量和收购价。由图 6、图 7 可知,单位产量误差均值为 7.53%,收购价格误差均值为 11.35%,由于 2006 年国家出台了《农产品质量安全法》导致 2007—2010 年的产量和收购价格明显降低。同时进行后验差检验,后验差比值 C = 0.32 < 0.35,小误差频率 P = 1 > 0.95,模型预测结果合格。

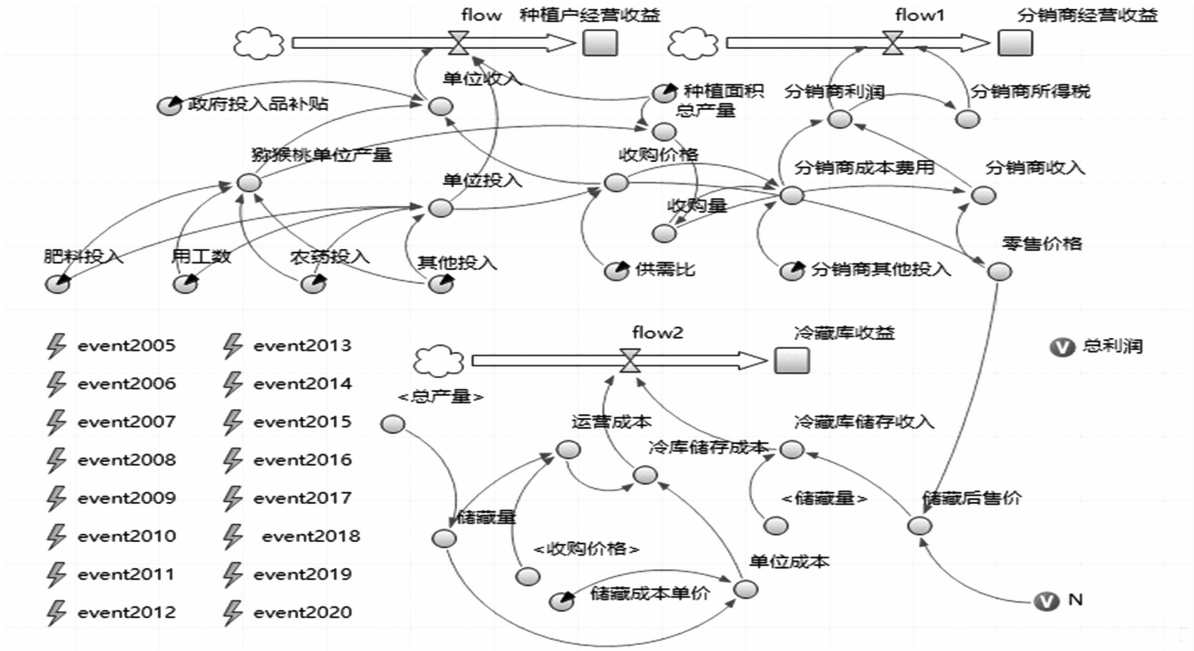


图5　猕猴桃供应链系统模型

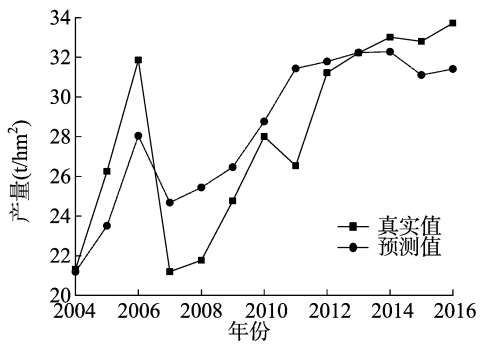


图6　产量预测分析

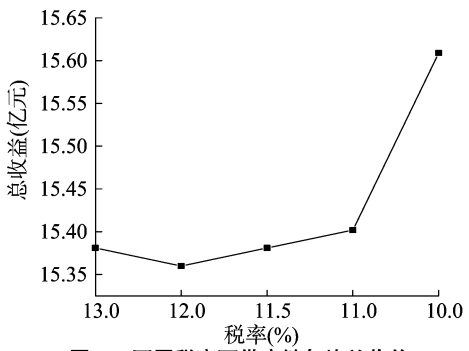


图8　不同税率下供应链年均总收益

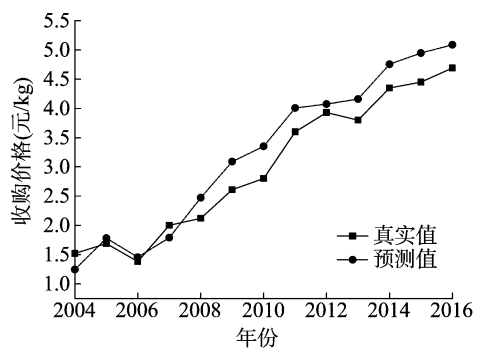


图7　收购价格预测分析

3.4　仿真结果与分析

通过调研发现分销商缴纳增值税税率为 13%，为增加自身收益分销商倾向于把猕猴桃储藏一段时间后销售，但冷藏销售存在一定的市场风险，同时也对供应链整体收益带来影响。为进一步研究税率与供应链总收益间的关系，按不同分销商税率运行模型，得到 2005—2020 年供应链总收益和年均收益值，以不同税率下供应链年均收益绘制折线（图 8）。

由图 8 可知，当分销商税率为 13% ~11.5% 时，供应链总利 润相比13% 税率时有所下降，随着税率进一步降低，供应链总利润才开始逐渐增加。说明对农产品供应链单一主体的减免税收政策提高了单一主体的收益，但在特定范围内时会降低供应链整体收益。因此，在政策制定过程中应对供应链总利润进行必要的分析与预判，避免出现“因小失大”的情况。

4　结论

通过建立猕猴桃产业供应链模型为种植户提供生产决策指导，为政府制定产业发展政策提供支撑。研究结果表明，使用激素类农药的果品折价系数存在临界值，在禁止使用激素类农药相关政策落实效果不理想时，政府可以通过干预果品折价系数让种植户主动放弃使用激素类农药；在制定农产品产业发展政策时，不能仅考虑各主体的收益，应以供应链总体收益为增加目标，以周至县猕猴桃产业供应链为例，减免分销商税率虽可提高分销商收益但会降低供应链总体收益，仅当税率低于 11.5% 时供应链总利润才开始增加。

农产品由于产地、产量、产值的差异，在税收政策及补贴政策上很难互相借鉴，各地政府在制定产业政策时往往缺乏理论依据，本研究提出的农产品系统动力学模型及分析方法能够用于同类农产品供应链的仿真与分析，为种植户提供生产决策指导，为政府制定产业发展政策提供支撑。

强　淼,于　慧. 基于分形理论的川西南山区河流与农村居民点分布关系研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(2):337 – 341.
doi:10.15889/j.issn.1002 – 1302.2019.02.080

基于分形理论的川西南山区河流与农村居民点分布关系研究

强　淼[1,2], 于　慧[1]
(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所,四川成都 610041; 2. 中国科学院大学,北京 100049)

摘要:河流的分形特征反映其复杂程度,农村居民点的分形特征反映其占据空间能力的大小。基于分形理论,利用四川省西南攀西地区 2010 年 TM 影像数据及数字高程模型(DEM)数据分析攀西地区河流与农村居民点的分维值,并探析农村居民点分维值在不同临水范围内的变化。结果表明,在不同流域内河流的分维值均大于农村居民点的分维值,在河流尚处于发育阶段时,流域内水资源可被农村居民有效利用;研究区内农村居民点具有靠河分布的现象;农村居民点的最大分维值出现在不同的临水范围内,当流域内河流主干化明显时农村居民点有靠河扩展的趋势,而当水系发育程度增强后,农村居民点扩展趋势的河流导向性将变小。

关键词:分形理论;山区河流;临水性;农村居民点
中图分类号: F323.1　　**文献标志码**: A　　**文章编号**:1002 – 1302(2019)02 – 0337 – 05

分形是指在较大尺度内,无特征尺度却有自放射性和自相似性的一种现象。分形是一种复杂的几何体,但只有具备自相似结构的几何体才是分形。分形理论是在分形概念上升华和发展起来的,它主要用于揭示和研究复杂的自然现象和社会现象中所隐藏的规律性、层次性和标度不变性[1]。流域水系中主河道与支河道之间就呈现出这样的一种分形结构,其分维数越大则流域内水系结构越复杂。车明亮等通过研究城市和农村居民点地理特征,发现农村居民点的空间分布具有无标度性和自相似性,其分形维数体现了农村居民点的空间占据能力和集聚性的强弱[2-3]。观察聚落的分布,无论是城市还是乡村,其发展都必然依托某种水源[4]。在其演进过程中,河流都发挥着直接或间接的作用。目前河流对聚落分布的影响研究集中在城市体系上,如 Cronon 等认为,河流、河口是城市聚落生长的第一自然优势区位[5-6]。陈彦光等在探讨河流 – 城市的对称关系时发现,城市的等级体系与水系分形结构的相似性实则是自然 – 人文系统的对称性[4];另外,刘继生等在探讨河南省城镇体系空间结构的多分形特征与河流分布关系时,发现城市体系的分形发育与水系的分形结构具有一定的数理关系[7]。刘沁萍等对 655 个建制城市的分布与自然环境的关系进行研究,发现城市对水的依赖程度最高,且城市等级越高,其依赖程度越强[8]。迄今为止,关于农村居民点分形特征的研究并不多见,而在已有的研究中,李玉华等发现居民点的选址具有一定的盲目性,当其分维值大于同一区域的水系分维值时会增加河流的承载压力,且周围自然

收稿日期:2017 – 09 – 20
基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号:41671529);中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所青年百人团队计划(编号:SDSQB – 2015 – 01)。
作者简介:强　淼(1993—),女,四川都江堰人,硕士研究生,主要从事山区发展与规划研究。E – mail:qmemily@163.com。
通信作者:于　慧,博士,副研究员,主要从事山区发展与规划研究。Tel:(028)85225828;E – mail:yuhui@imde.ac.cn。

参考文献:

[1]黄桂红,贾仁安. 基于动态反馈分析的农产品供应链整合实证研究[J]. 系统工程,2008,26(8):17 – 21.
[2]姜天瑞,张一豪,刘永悦,等. 农产品供应链中农民合作社的助农增收效应——以黑龙江省 240 个农户为例[J]. 江苏农业科学,2017,45(3):258 – 262.
[3]刘　旭. 陕西省猕猴桃产业发展战略研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014.
[4]冷志杰. 基于农产品供应链集成机制的大豆供应链集成对策研究[J]. 复旦学报(自然科学版),2007,46(4):481 – 488.
[5]庄晋财,黄群峰. 供应链视角下我国农产品流通体系建设的政策导向与实现模式[J]. 农业经济问题,2009(6):98 – 103.
[6]杨金海,刘纯阳,向林峰. 农产品供应链失调与政府调控[J]. 农村经济与科技,2007(1):77 – 78.
[7]曹武军,邢晓飞,陈志斐. 基于两部收费制的生鲜农产品三级供应链协调[J]. 江苏农业科学,2017,45(11):259 – 264.
[8]孙　亮,王晓原,于少伟,等. 不确定市场环境下农产品供应链建模与仿真分析[J]. 农机化研究,2011(9):27 – 31.
[9]陈化飞. 低碳经济下绿色农产品供应链主体博弈[J]. 江苏农业科学,2017,45(14):293 – 296.
[10]白世贞,丁小洲. 双渠道下农资供应链协调的 Stackelberg 博弈研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(3):254 – 257.
[11]孙文清. 农产品供应链参数对牛鞭效应和成本影响的仿真[J]. 统计与决策,2017(13):52 – 55.
[12]徐升华,徐生菊. 农产品供应链知识共享系统的动力学建模与仿真[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2013,36(11):1381 – 1387.
[13]林燕燕,王维新. C – D 生产函数在农业机械对农业生产贡献率测算中的应用[J]. 农机化研究,2005(4):207 – 208.