

张阐军. 农产品供应链重构赋时层次有色 Petri 网建模与仿真研究[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(15): 330–335.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.15.075

农产品供应链重构赋时层次有色 Petri 网建模与仿真研究

张阐军

(武汉轻工大学经济与管理学院, 湖北武汉 430048)

摘要:基于国内农产品供应链重构现实背景和系统复杂性,在对供应链系统及其重构内涵研究基础上构建农产品供应链组织结构、业务单元和功能模块重构框架;提出利用高级赋时层次有色 Petri 网(hierarchical timed colored Petri nets, HTCP-nets)表达复杂系统优势对农产品供应链重构进程建模、仿真和形式化定义;考虑土地流转引发以农产品生产供应企业为核心供应链重构,利用 CPN Tools 对农产品供应链重构 HTCP-nets 模型参数初始化、指标性能统计等仿真分析;最后,针对分析结论就如何改进重构进程和提高重构成功率与效率等提出相关建议。

关键词:农产品供应链;重构框架;重构路径;Petri 网;土地流转;CPN Tools;HTCP-nets 模型;功能模块子流程;仿真分析

中图分类号: S126;F252 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)15-0330-05

现代供应链发展和农业供给侧结构性改革、产业融合等为农产品供应链重构提供了先进支撑理论、技术和政策环境。当前我国农产品供应链重构操作随意性较大,进程还不规范,重构响应和竞争能力不强,成功率较低。究其原因:首先,我国农产品供应链节点属性复杂,组织模式多样但不成熟,重构资源局部不足与整体闲置并存;其次,农产品供应链重构系统复杂,相关重构理论支撑还较薄弱,实践环境和管理欠科学和规范,重构资源共享和创新不足。当前,我国农业现代化改革进入新阶段,农产品供应链重构实践日益常态化,需要相关重构理论和管理的不创新发展。

1 相关研究

国内外对农产品供应链重构现有研究多侧重于重构组织模式实证。Young 等对美国 and 加拿大农产品从生产者到消费者供应链的研究发现,近 20 多年来农产品生产或采购合同、特许权、战略联盟、合资和垂直一体化协调方式使用越来越普遍^[1]。John 等对欧洲农产品生产和销售组织方式统计发现,由农产品生产和加工者依靠其品牌和销售体系来驱动农产品配送和销售产业链正逐渐被大型零售商所主导^[2]。洪银兴等指出随着我国人均收入提高和城市化发展,现阶段反哺三农应着眼于改造传统农产品价值链,加强下游环节发展^[3]。江许胜指出土地流转后农产品供应链是通过钱德勒所提出的“看得见的手”连接^[4]。马林等认为当前我国农产品物流系统重构要实现契约式、直销式、物流联盟式等传统模式共存发展^[5]。田中玉等认为供应链重构主要涉及组织重构、资源重

组和业务流程重构,组织重构是主要内容和支柱^[6]。王炬香等将敏捷供应链重构分为结构重构和运行策略重构,在结构重构中采用模块化 Petri 网建模进行仿真实证^[7]。

Petri 网能用图形化的表现形式和严格的数学定义描述复杂网络结构。目前,Petri 网已经广泛应用于供应链系统建模,但对供应链重构 Petri 网建模仿真还不多。对于农产品供应链重构复杂系统,利用高级 Petri 网建模能避免经典 Petri 网模型节点众多、规模巨大而使得对模型特性分析非常困难。因此,提出基于赋时层次有色 Petri 网(hierarchical timed colored Petri nets,简称 HTCP-nets)建模和仿真农产品供应链重构进程。

2 重构框架与 HTCP-nets 建模

2.1 重构框架

供应链从架构上由生产供应、加工和销售 3 个主要环节及其配套服务组成,供应链重构不同于单纯业务流程重组,更具有综合性。为准确、完整表达农产品供应链重构内涵,将整体重构内容划分为组织结构、业务流程和功能 3 个维度,初始启动重构进程由供应链核心企业驱动,体现供应链战略与战术性统一。因此,构建由生产供应、加工和销售 3 个主要环节组成农产品供应链重构框架,如图 1 所示。每个环节由若干实体组成,表述为响应核心企业重构目标 3 个维度,每个维度由相应阶段重构响应子目标及其关联因子连接,并在重构机制保障下有序运作。

以上农产品供应链重构框架进程描述为(1)组织结构纵向重构 T_v 表现为供应链结构缩简或延长,定为 3 级,即 $T_v \in \{0, 1, 2\}$;横向重构 T_h 表现为结构单元组织规模与能力精简或扩展,定为 3 级,即 $T_h \in \{0, 1, 2\}$ 。定义:0 级界定此重构环节在 1 级基础上为缩简(或精简)重构;1 级界定此环节相对上一轮重构为基本组织(即无重构);2 级界定此重构环节在 1 级基础上为延长(或扩展)重构。(2)以组织结构重构

收稿日期:2018-04-08

基金项目:教育部人文社科研究青年基金(编号:15YJC630167);湖北县域经济发展研究项目(编号:HBXY2016201)。

作者简介:张阐军(1976—),男,湖北天门人,博士,副教授,主要从事农产品供应链研究。E-mail:zcj99@126.com。

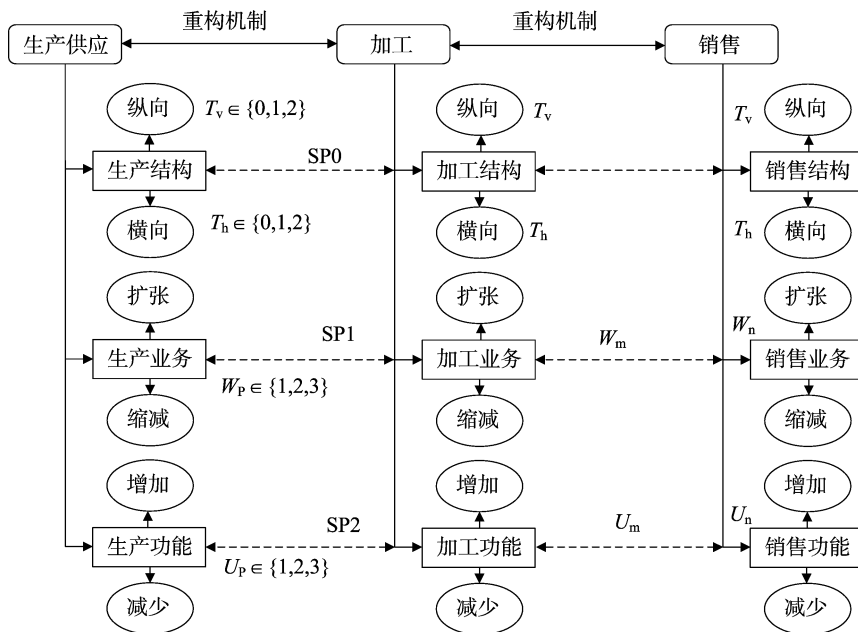


图1 农产品供应链重构框架

为基础,通过溢出效应指标关联业务流程和功能重构,控制因子表示为相应阶段重构允许时间延时。其中,核心企业驱动供应链溢出为组织结构重构,设定溢出效应指标 $SP0 \in \{0, 1\}$;继而溢出为业务单元重构,设定溢出效应指标 $SP1 \in \{0, 1\}$;继而溢出为功能模块重构,设定溢出效应指标 $SP2 \in \{0, 1\}$ 。涵义:0 表示供应链平衡未被打破,即重构企业响应度不足或超时,处于平衡态;1 表示供应链处于非平衡态,即重构态。(3) 供应链生产供应、加工和销售 3 个环节业务单元重构指标分别定义为 $W_p \in \{1, 2, 3\}$ 、 $W_m \in \{1, 2, 3\}$ 和 $W_n \in \{1, 2, 3\}$ 。涵义:1 表示此环节业务流程缩简重构;2 表示此环节业务流程不变;3 表示此环节业务流程扩张重构。同理,定义 3 个环节功能模块重构指标 $U_p \in \{1, 2, 3\}$ 、 $U_m \in \{1, 2, 3\}$ 和 $U_n \in \{1, 2, 3\}$ 。涵义:1 表示此环节功能减少重构;2 表示此环节功能不变;3 表示此环节功能增加重构。

统一界定重构框架进程指标变化梯度为 1,设计以下重构命题启动重构进程:

命题 1:以农产品生产供应企业为核心驱动供应链重构。农产品生产供应环节占主导地位,加工、销售环节发展较稳定。根据农产品生产供应质量(Q_s)、效率(E_s)和价格(P_s)核心要素确定供应链重构目标驱动指标值,取加权平均 $A_s = K_1 Q_s + K_2 E_s + K_3 P_s$,其中 K_1 、 K_2 、 K_3 为相应指标权重。

命题 2:以农产品加工企业为核心驱动供应链重构。农产品加工环节占主导地位,生产供应、销售环节发展较稳定。根据农产品加工质量(Q_m)、生产率(E_m)和成本(C_m)核心要素确定供应链重构目标驱动指标值,取加权平均 $A_m = K_1' Q_m + K_2' E_m + K_3' C_m$,其中 K_1' 、 K_2' 、 K_3' 为相应指标权重。

命题 3:以农产品销售企业为核心驱动供应链重构。农产品销售环节占主导地位,生产供应、加工环节发展较稳定。根据农产品需求质量(Q_n)、数量(N_n)和价格(P_n)核心要素确定供应链重构目标驱动指标值,取加权平均 $A_n = K_1'' Q_n +$

$K_2'' N_n + K_3'' P_n$,其中 K_1'' 、 K_2'' 、 K_3'' 为相应指标权重。

2.2 HTCP - nets 重构建模

农产品供应链重构 HTCP - nets 模型由方案主流程和若干功能子流程组成,构成层次网结构。利用颜色 Petri 网 (CP - nets) 仿真工具 CPN Tools 建模农产品供应链重构流程,重构框架主流程模型如图 2 所示。其中,Ce 和 Ft、Fw、Fu 分别表示供应链核心企业和合作企业库所节点。核心企业库所颜色集表示重构主导驱动目标,合作企业库所颜色集表示参与供应链重构上下游节点企业匹配目标。函数 $\text{lamf}(f, sp)$ 是合作企业 f 对核心企业主导重构目标 a 的响应度,它被表示为具有平均匹配延时 $1/\lambda$ 随机分布函数。当 sp 足够大时 (值 con),则认为 f 不能参与主导驱动目标 a 供应链重构。库所节点 TW、WU 和 End 是等待节点,其中的令牌表示实施重构目标状态。一旦满足相应阶段重构时间,则变迁 T、W、U (重构时间变迁) 可实施,实施结果是时间溢出进入下一阶段。在实际重构过程中,每个合作企业具有有限响应能力,即库所 TW、WU 和 End 是有界的,这个界限就表示合作企业最大重构响应度。在使用 CPN Tools 工具进行建模仿真时,由于工具限制不能表示库所界限,因此图 2 采用等价表示方法,增加了库所 CAW、CAU,其中的令牌表示一次相应阶段重构 f 可投入最大响应能力。

2.2.1 组织结构重构子流程 组织结构重构子流程分为纵向重构、横向重构和纵横综合重构 3 种模式,模型如图 3 所示。考虑组织结构缩简 (或精简) 与延长 (或扩展),可列出多种组织结构重构子方案。替代变迁 T 在核心企业重构主导目标确定后,加入合作企业组织结构重构方案信息 (由库所 Ft 复合颜色集提供) 和相应时间延时 [由响应函数 $\text{lamf}(ft, sp0)$ 给出]。若满足时间约束要求,则启动组织结构重构。否则,若延时足够大则表示响应重构能力不足无法参与重构。库所节点 TW 中令牌表示正在实施企业 Ft 组织重构,当库所 TW 中时间令牌在延时时间范围内,表明相应企业组织重构可以

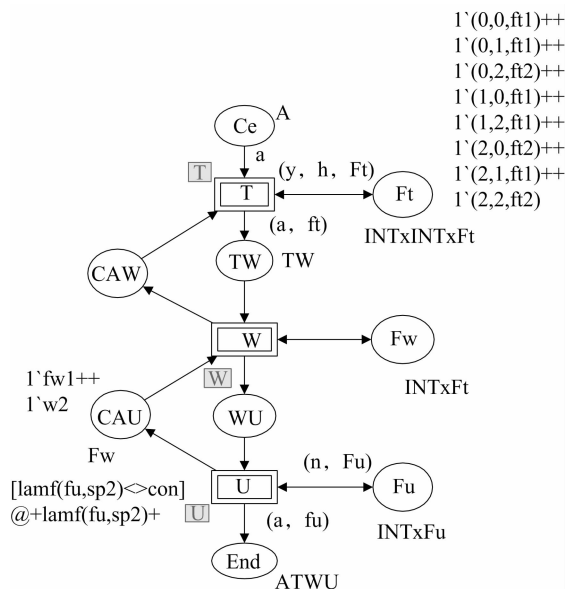


图2 供应链重构 HTCP-nets 主流程

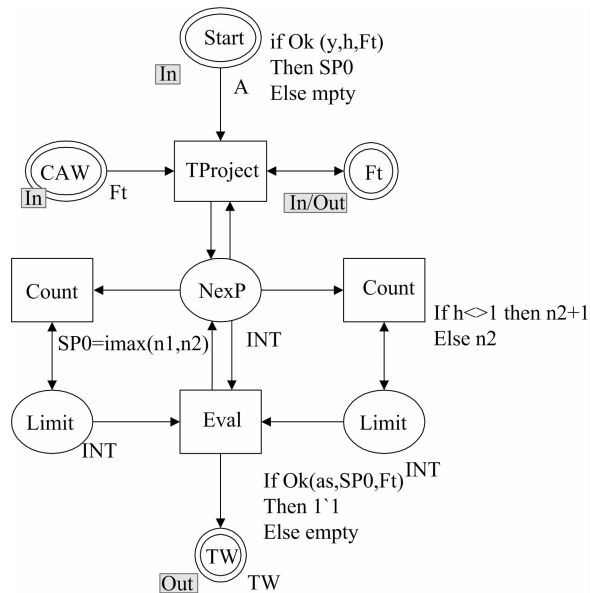


图3 组织结构重构子流程

$\{c_1, c_2, \dots, c_k\}$, 即重构单元有限集合。

$W: F \rightarrow L(C) +$;

$I: T \rightarrow L(C) +$;

$M: P \rightarrow L(C)$ 。

$L(C)$ 表示定义在颜色集 C 上的一个非负整数系数线性函数; $L(C) +$ 表示系数不全为 0 的 $L(C)$ 。初始标志 $M_0: P \rightarrow L(C_0)$ 对任意 $p \in P, M_0(s) \in C_0(s)$, 即 $M_0(p)$ 是 p 的令牌颜色集合上初始多重集。

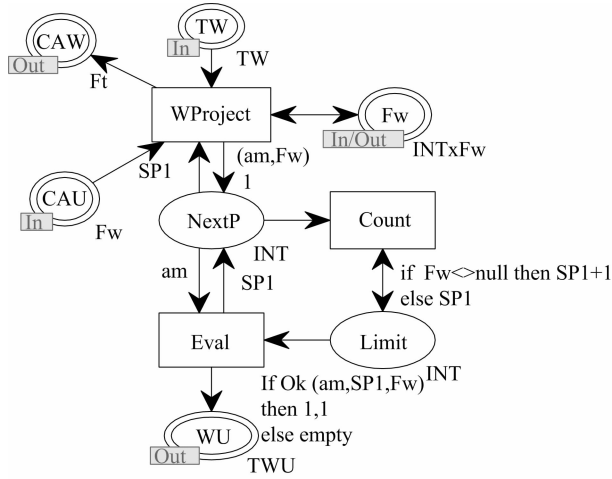


图4 业务单元重构子流程

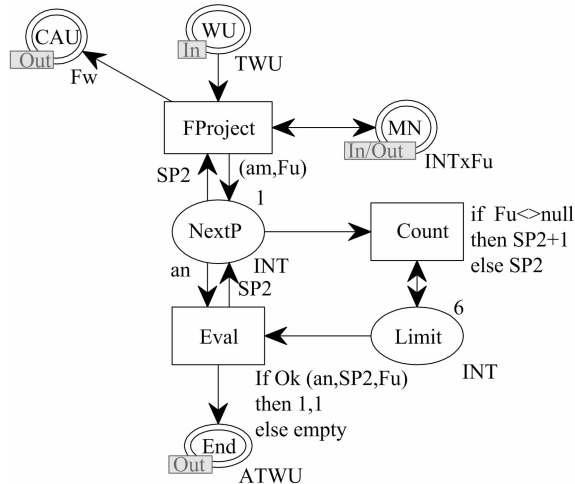


图5 功能模块重构子流程

完成并重归平衡态,对重构目标响应时间延时置为无限(或溢出效应为 0),直到进入下一循环重新评估和初始化响应函数。库所节点 CAW 中有色令牌表示溢出为对下一阶段参与重构企业 $fw1$ 、 $fw2$ 资源约束。

2.2.2 业务单元和功能模块重构子流程 业务单元和功能模块重构子流程模型分别如图 4、图 5 所示,具有方案相似性。组织结构重构产生业务流程和功能溢出,由溢出效应指标 $SP1$ 、 $SP2$ 控制,驱动相应替代变迁 W 和 U 子流程。一旦满足相应阶段(业务单元和功能模块)重构时间约束,则变迁 W 、 U (重构时间变迁)可实施,实施结果是进入下一阶段重构。同理,库所节点 CAU 中有色令牌表示溢出为对下一阶段参与重构企业 $fu1$ 、 $fu2$ 资源约束。

2.3 HTCP-nets 模型形式化定义

一个有色随机 Petri 网可以定义为 $CPN = (P, T; F, C, W, I, M)$, 其中: $(P, T; F)$ 是一个网; C 是颜色的一个有限集, $C =$

有色随机 Petri 网具有强大的表示能力,如图 2 所示,它可以表示供应链组织结构、业务流程和功能单元以时间延时为特征参数重构模型。其中,颜色集合为 $C = \{A, F, CA, TW, TWU, ATWU\}$ 。库所 A 是取值在 $\{A_s, A_m, A_n\}$ 上的颜色,表示核心企业驱动重构目标集;库所 F 分别取值 $Ft(ft1, ft2)$ 、 $Fw(fw1, fw2)$ 和 $Fu(fu1, fu2)$ 上的颜色,库所 $CA(CAW, CAU)$ 也分别具有这 2 种颜色,其标志多重集元素重数限制为 1,分别表示供应链中除核心企业外供应链重构节点每个重构方案取 1 次。 $TW, TWU, ATWU$ 是复合颜色,分别定义为 $TW = A \times Y \times H \times Ft, TWU = A \times Fw, ATWU = A \times Fu$ 。

3 HTCP-nets 重构仿真分析

在当前激烈的市场竞争环境和新技术革命推动下,通过

重构推动农产品供应链创新发展并促进农业产业融合将成为新常态。农村土地流转政策对于我国农业供给侧结构性改革具有显著推动作用,直接表现为农产品供应链中生产供应环节主体、模式以及业务等改革,从而驱动农产品供应链重构。因此,以下结合土地流转对农产品生产供应企业影响而触发以农产品生产供应企业为核心供应链重构,通过以上农产品供应链 HTCP-net 重构模型进行仿真分析。

3.1 HTCP-nets 模型初始化

当农产品供应链生产供应环节目标值 A_s 产生溢出 ($as \geq 0.5$),即启动以生产供应企业为核心驱动供应链重构,农产品供应链进入重构态。基于以上特定重构方案,考虑土地流转对农产品供应链生产供应环节的影响方式、规模和程度,HTCP-nets 重构模型参数初始化如表 1 所示。

3.2 模型性能指标分析

农产品供应链重构全周期包括 3 个可独立运行又相互关联的进程,通过目标响应指标连接构成完整重构系统。因此,

表 1 HTCP-nets 模型初始参数值

库所	初始标记
Ce	$as \geq 0.5, am + an < 0.5$
Ft	$ft1, ft2$
CAW	$1ft1 + 1ft2$
TW	$fw1, fw2$
CAU	$1fw1 + 1fw2$
WU	
Fu	$fu1, fu2$
End	

在一个完整重构仿真周期中,3 个环节关联响应能力、资源约束影响和重构效率等是重构系统关注的重点,决定和反映了重构模型性能和系统反应效率。基于以上全周期重构模式对模型进行仿真,图 6 是利用 CPN Tools 对 HTCP-nets 重构模型组织结构重构子页仿真界面。

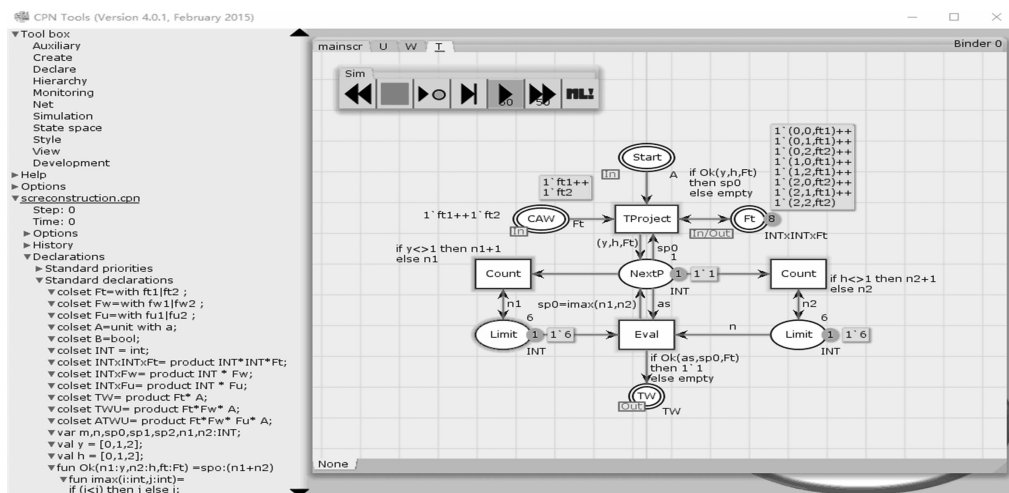


图 6 组织结构重构子流程仿真界面

模拟仿真结果只有通过科学统计分析,按给定精度检验合格后才有效用。根据统计学样本量固定原则,当模拟次数 n 达到一定数量后, $s^2(n)$ 变化很小。因此,采用计算逼近法确定模拟次数(样本) n ,设定模型仿真时间为一个完整的重构周期,在 CPN Tools 的 play 属性设置每次仿真 50 步。当相对误差给定 0.15,检验水平为 0.1 时,用计算逼近法计算所需模拟的次数,计算公式如下。

$$n_y^*(0.15) = \min \left\{ i \geq 10; \frac{t_{i-1, 0.95} \sqrt{\frac{3.172}{i}}}{1.982} \leq 0.15 \right\}.$$

由于模拟结果中指标较多,计算过程仍然较繁杂。因此,选择 Matlab 编写 M 函数程序进行计算可快速得到符合要求的模拟次数。最后得到 n_y^* ,取 $n = 100$ 次。通过 CPN ML 命令:CPN'Replication. nreplication 100 实现重复仿真 100 次结果,得到组织结构重构(a)、业务单元重构(b)、功能模块重构(c)3 个环节重构响应指标输出结果,统计得到不同环节关联关系,主要表现为平均重构响应能力(TAR)、资源平均利用率(RAU)和重构单元溢出效率(ERS)指标(如图 7、图 8、图 9 所示)。由于篇幅所限,表 2 仅给出部分仿真性能统计数据,在 α 为 0.1 检验水平下求得各指标相对误差,显示输出统计

结果精度符合要求。

分析以上指标,可以得出如下结论:(1)过滤时间延迟和免于重构环节,组织结构重构相对其他环节没有初始延迟,进程反应较平缓,说明受约束较少。相对而言,业务单元和功能模块重构响应相继分别滞后约 50% 和 25% 时间单位,但启动响应较快,重构周期时间则相继延长。组织结构和业务单元重构具有明显进程跟随性,功能模块重构具有显著不稳定性,且不稳定性逐渐增大。考虑完整的重构周期,组织结构重构进程完整程度占 65% 以上,业务单元重构进程完整程度占 40% 左右,最终能够执行功能模块重构只占 15%。由此可见,在不完整且成功重构进程中,组织结构重构是首要且较易发生的重构形式。(2)各重构环节对于重构资源(或时间约束)利用程度在启动和结束过程中,均存在时间变化交叉,反应相应阶段重构转换相对最小时间(约 25% 时间单位)和最迟时间(约 85% 时间单位)。整体重构周期相对利用率递增约 50%,虽然接近保持平衡状态,但波动幅度逐渐放大。反映到持续时间上面,功能模块重构对资源要求最高,反应最直接,持续时间也最长,业务单元重构和组织结构重构相对次之。相关结论对不同阶段重构资源设置和重构过程精确控制具有指导意义。(3)考虑重构环节时间及其延迟分布比例,

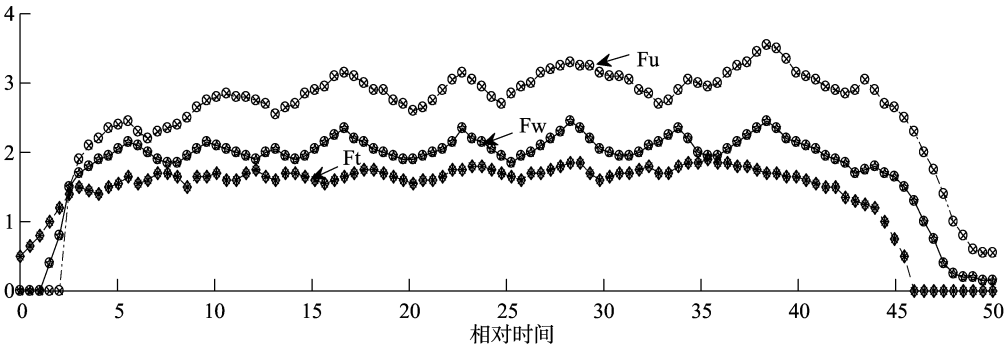


图7 平均重构响应能力指标

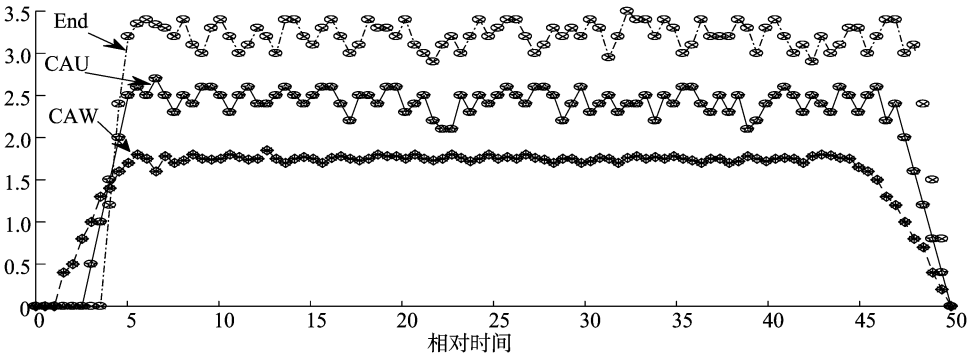


图8 资源平均利用率指标

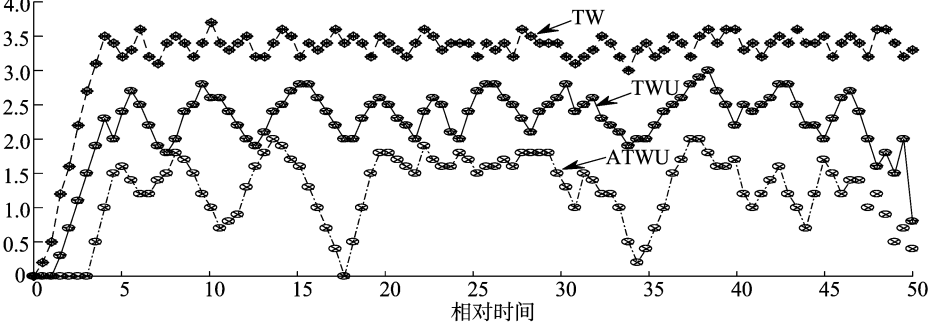


图9 单元溢出效率指标

表 2 主要性能指标统计

指标名称	TAR			RAU			ERS			综合	
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	最小	最大
均值	1.418	1.805	2.445	1.501	2.443	3.012	3.277	2.362	1.074	1.074	3.277
方差	0.004	0.007	0.025	0.002	0.005	0.006	0.004	0.029	0.054	0.002	0.054
相对误差	0.014	0.020	0.032	0.005	0.011	0.020	0.006	0.071	0.141	0.005	0.141

各环节转换时间比反映了其重构转换效率。核心目标驱动组织结构重构(TW)、组织结构重构向业务单元重构(TWU)以及业务单元重构向功能模块重构(ATWU)的转换效率呈现较大变化。首先,波动幅度呈显著递增状态,但转换成功率却下降;其次,在 TW 阶段转换成功率几乎是 100%,转换效率也最快,但在 TWU 和 ATWU 初始阶段都有延迟,并且转换失败概率在显著加大。

4 结束语

我国国情和农业产业化现状决定了农产品供应链重构问题具有复杂性,在该领域纷繁复杂管理问题中把握关联性、层次性和代表性是本研究的主要目的。通过以上针对土地流转

农产品供应链重构反应核心驱动 HTCP - nets 建模与仿真,主要统计了不同环节 TAR、RAU 和 ERS 表现差异性和反应规律,具有代表性。结合现实背景,相关结论对于当前农产品供应链重构研究和实践有如下意义。

对不完整重构进程和不成熟农产品供应链及其市场,验证了组织结构重构是农产品供应链的重构基础。业务单元、功能模块重构进程表现较分化,存在较大不稳定性;对于成熟农产品供应链及其市场,农产品供应链重构反应与进程控制重心则向业务单元、功能模块重构环节转移,并呈递进趋势。

组织结构重构、业务单元和功能模块重构所受约束呈扩散递增状态。如果初始组织结构重构约束小(表现为政策环境、市场规则和保障机制等完善),相应可以降低业务单元和

潘群星,陈旭.经济政策不确定性对我国农产品价格的影响研究[J].江苏农业科学,2019,47(15):335-338.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.15.076

经济政策不确定性对我国农产品价格的影响研究

潘群星,陈旭

(南京农业大学金融学院,江苏南京 210095)

摘要:基于 1998 年 1 月至 2019 年 3 月我国经济政策不确定性指数以及玉米、大豆农产品的月度价格数据,分别运用 Johansen 协整检验、Granger 因果关系检验和 BEKK-GARCH 模型,从长期和短期的角度探讨了不确定性因素对农产品价格的影响关系。实证结果发现:长期来看,我国经济政策不确定性能够主导农产品价格的走势,二者存在长期稳定的均衡关系;短期来看,经济和政策的不确定性对不同农产品的影响存在差异,不确定性指数仅对玉米具有单向的价格和波动溢出效应,但对大豆却没有任何溢出效应。

关键词:经济政策不确定性;农产品价格;溢出效应;BEKK-GARCH 模型

中图分类号:F323.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)15-0335-04

重农固本,是安民之基。在“新常态”的背景下,我国面临着新的形势、新的任务以及新的挑战,保证农产品价格的平稳运行是实行改革的必要前提。但是近 20 年来,我国主要农产品价格一直存在较大幅度的波动。2002 年 1 月至 2008 年 3 月,大豆价格从 1 932 元/t 的最低点上涨到 5 098 元/t,涨幅为 163.87%,随后又在短短的 12 个月内下降到 3 450 元/t,降幅为 32.33%。玉米价格同样如此,2000 年 5 月至 2014 年 9 月上漲了 179.45%。造成这一现象的原因是多种多样的,包括生产成本变化、进出口规模等供给侧因素,以及人口增长、经济发展等需求侧因素。除此之外,农业供给侧结构性改革下的经济政策不确定性在逐渐加大,经济和政策的不确定

因素也势必会对农产品的价格波动产生一定的影响。分析我国经济政策不确定性对农产品价格的长期和短期内的传导关系,对稳定农产品价格、保障国家粮食安全具有非常重要的意义。

经济政策不确定性指数是一国“经济”“政策”和“不确定性”的集中反映,用何种指标进行衡量一直是学者们争相讨论的话题。目前最具代表性的是 Baker 等建立的经济政策不确定性指数(简称“EPU”指数),并分析了与美国宏观经济形势之间的关系,结果验证了美国 EPU 指数与其宏观经济指标之间呈现出显著的负相关关系^[1]。随后,Baker 等对 EPU 指数进行了修正,根据不同国家的实际状况建立了各自对应的月度经济政策不确定性指数^[2]。由各国的不确定性冲击引起的经济变量的变化已成为一个重要的研究方向^[3]。例如,张兵兵和田曦采用多元回归分析的方法分析美国经济政策不确定性与我国企业出口产品质量间的关系,结果发现,美国 EPU 指数的上升将直接提高中国企业出口产品的质量^[4]。王奇珍等认为国际原油价格、美国经济不确定性和中国股票市场两两之间存在双向和非对称的波动溢出效应^[5]。许志伟等基于最大份额的 VAR 识别技术,认为政策不确定性的上

收稿日期:2019-05-12

基金项目:中央高校基本科研业务费人文社科基金(编号:SKTS2017019)。

作者简介:潘群星(1978—),男,安徽安庆人,博士,副教授,研究方向为金融工程。E-mail:pqxjs98@njau.edu.cn。

通信作者:陈旭,硕士研究生,研究方向为金融工程。E-mail:1582539953@qq.com。

功能模块重构约束限制,从而提高整体重构的成功率和效率。

核心目标驱动重构转换效率呈现较大变化规律,一方面说明 3 个阶段重构对驱动目标敏感性增大;另一方面说明在保证第 1 阶段重构成功的基础上,加大后面阶段重构资源投入对实现重构目标或提升供应链重构性能会更有效。

因此,通过构建农产品供应链三维重构框架,利用 HTCP-nets 进行方案建模和进程仿真分析,验证了相关研究方案的路线合理性,得到具有一定代表性的结论。为科学把握农产品供应链重构路径,规范重构操作进程,理清重构规则和提高重构成功率与效率等获得可靠保障依据,并为本领域其他问题研究奠定了有效基础。

参考文献:

[1] Young L M, Hobbs J E. Vertical linkages in agri-food supply

chains: changing roles for producers, commodity groups, and government policy[J]. Review of Agricultural Economics, 2002, 24 (2): 428-441.

[2] John H. Upgrading in global value chains[J]. Social Science Electronic Publishing, 2007(1): 209-239.

[3] 洪银兴,郑江淮.反哺农业的产业组织与市场组织——基于农产品价值链的分析[J].管理世界,2009(5):67-79,188.

[4] 江许胜.“土地流转”政策下农产品供应链的重构[J].山西农业大学学报(社会科学版),2012,11(3):233-237.

[5] 马林,张畅.基于供应链的农产品物流重构研究[J].管理现代化,2015,35(4):106-108.

[6] 田中玉,韩煦.“互联网+”背景下企业供应链重构的对策探讨[J].电子商务,2016(6):3-4.

[7] 王炬香,胡宗武,王安麟.支持敏捷供应链重构的模块化 Petri 网建模与分析[J].工业工程与管理,2002,7(6):14-17.