

# 基于无标度网络的农户 ADM 决策羊群效应仿真研究

章德宾,南杨子涵,罗 瑶

(华中农业大学 公共管理学院,湖北 武汉 430070)



**摘 要** 以无标度网络模拟农户群体结构,用多智能体方法对农户种植面积决策中的羊群效应进行仿真研究。首先,以改进的种植面积决策模型为基础设计并实现了基于无标度网络的农户种植决策行为仿真模型,模拟农户间消息传递影响及彼此间相互跟随的羊群行为。其次,基于此仿真模型从农户风险偏好和市场信息在无标度网中的传播路径与传播距离两方面,验证和分析二者对农户种植面积决策的影响规律。研究突出群体成员间无标度网络联结、农户个体间消息传播与相互影响,是基于个体属性测量和数理统计的经典方法所欠缺的。研究发现,农户跟风行为较多地受到个体交互影响,农户个体间消息传递距离远近影响不显著。

**关键词** 种植决策;羊群效应;邻居影响;无标度网络;多智能体

**中图分类号:** TP 391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2019)02-0071-10

**DOI 编码:** 10.13300/j.cnki.hnwkxb.2019.02.009

农户种植面积决策(acreage decision making, ADM)对于稳定农产品供给具有重要现实意义。当前中国某些周期短的生鲜农产品如蔬菜,经常出现价格剧烈波动,带动供给周期性巨幅起落,造成农户种植和市民消费双重受损。小农户大市场中,众多散户的跟风种植是这种波动的重要成因,如果散户能够科学决策而不是简单地跟风种植,作为整体的总供给就能够避免剧烈波动。蔬菜是典型的小散户从众跟风种植导致总体供给波动产业<sup>[1]</sup>,农户种植面积决策规律研究具有重要现实和科学意义。

农户种植决策行为受周围邻居影响显著,具有明显的羊群效应特征。在一类有大量小规模参与者的群体中,个体决策往往受周围邻居和自身风险偏好影响,而大量微观个体跟风决策,将产生巨大的宏观涌现并可能带来灾难性后果。农户个体行为往往受群体和环境的影响,从众在中国是很多人的默认选择<sup>[2]</sup>;现有研究越来越重视从群体和网络角度<sup>[3]</sup>,而不单纯从个体属性角度进行研究<sup>[4]</sup>。农户在进行 ADM 决策时,主要考虑的影响因素有上期价格、本人和群体的未来价格预期、邻居的种植决策选择等;如果将价格和预期价格看作农户群体的公共知识,则农户个体受周围邻居包括经销商影响就成为影响种植决策的最重要现实因素。即使个体判断与群体选择存在差异,出于对销售成本的考虑,微观上不少农户还是选择从众跟风种植,在宏观上就形成显著的羊群效应,这加剧了行业的总体供给波动。

本文以无标度网络表达农户群体结构,采用多智能体模拟农户间交互影响。无标度网络是一种少数节点具有较多连接,多数节点仅与局部中心节点相连的网络,与现实中的互联网、人际网络有较高的拓扑结构<sup>[5]</sup>。本文将在已有 ADM 决策的数学模型基础上,设计并实现种植面积决策行为的 MAS(multi-agent simulation, MAS)仿真模型;将农户间以无标度网络方式进行连接,价格消息和种

收稿日期:2018-04-10

基金项目:国家自然科学基金项目“信息不对称对蔬菜主产区农户与经销商合作稳定性的影响机制研究”(71873052);国家自然科学基金“生鲜蔬菜供应链农户与经销商合作行为研究:结构、前置因素及对成员绩效的影响”(71373096)。

作者简介:章德宾(1975-),男,副教授,博士;研究方向:农产品流通、合作行为研究。

植决策信息以不同长度在此网络中传播。基于此仿真模型,验证不同邻居连接特征下,不同农户个体风险偏好对于 ADM 的影响规律,并对各组合条件下的仿真输出进行结果分析。

## 一、农户的 ADM 决策机理

### 1. Chavas 的经典 ADM 模型

农业生产中由于天气和价格波动等外部不可控限制因素,风险及其对农户种植面积决策的影响长久以来被持续关注。美国学者 Chavas 等运用预期利润概念,结合政府法规和未来价格以及现货价格,建立了针对玉米和大豆的 ADM 模型<sup>[6]</sup>。随后,他们在研究中又进一步加入了预期的效用函数和关于风险厌恶的讨论。1990 年,Chavas 等完善的 ADM 模型由于其广泛的参数设置以及微观的建模方法而十分接近现实生活的应用,其学术文献也成为广泛引用的权威著作<sup>[7]</sup>。

Chavas 的模型中假设农户的最初资本为  $I$ ,以价格表  $q = (q_1, \dots, q_m)$  和面积约束函数  $f(A)$  的关系来消费  $G$ ,用  $i$  来表示第  $i$  种蔬菜,对应的产量为  $Y_i$ ,产出价格为  $p_i$ ,种植面积为  $A_i$ , $i$  英亩的投入成本为  $C_i$ ,最终农民一共投资了  $m$  种蔬菜。则收入  $R$  和成本  $C$  可以表示为:

$$R = \sum_{i=1}^m p_i Y_i A_i \quad (1)$$

$$C = \sum_{i=1}^m C_i A_i \quad (2)$$

式(1)中,价格  $p_i$  和收益  $Y_i$  都是在做出种植面积决定后才相应生成的值。

农民面临的预算是:

$$I + R - C = qG \quad (3)$$

当  $\omega = \frac{I}{q}$  且  $\pi_i = \frac{p_i Y_i - C_i}{q}$  时,预算等式变为:

$$I + \sum_{i=1}^m (p_i Y_i - C_i) A_i = qG \quad (4)$$

同时可以得到:

$$G = \omega + \sum_{i=1}^m \pi_i A_i \quad (5)$$

将  $\omega$  看作是默认的初始财富, $\pi_i$  是第  $i$  蔬菜的正常利润;由于  $q$  是消费者价格,所以  $\omega$  和  $\pi_i$  都会收敛。如果考虑 von Neumann-Morgenstern 的预期效用,使用不确定的产量  $Y_i$  和产出价格  $p_i$ ,农场的最大化效用如下:

$$\max_A \{EU(\omega + \sum_{i=1}^m \pi_i A_i)\} s.t. f(A) = 0 \quad (6)$$

令  $A^*$  表示 Lagrange 方法得到的上述最大效用,可以得到经济含义: $A^*$  在  $(I, c, p, q)$  间表现为零度均匀,而在  $(\frac{\omega}{q}, \frac{c}{q}, \frac{p}{q})$  间,表示为  $A^*(\omega, \tilde{\pi})$ ,其中,  $\tilde{\pi} = (\pi_1, \dots, \pi_m)$ ;农户通过分析初始财富和对不确定利润的预测得出了最终的种植面积决策:

$$\frac{\partial A^*}{\partial \tilde{\pi}} = \frac{\partial A^*}{\partial \tilde{\pi}} + \frac{\partial A^*}{\partial \omega} A^* \quad (7)$$

Pope 等在 1991 年发现并证实了这一等式<sup>[8]</sup>。在不确定性的情况下,  $(\frac{c}{q}, \frac{p}{q})$  之间的初始财富和比较价格也有助于最终的种植面积决策,这意味着补偿效应可以表示为替代效应和财富效应。

上述研究表明:决定农户种植决策面积  $A^*$  的主要因素是不同品种间的相对产出价格、农户的初始资本量、生产资料与消费价格比、产出价格与消费价格比。本文农户种植面积决策主要影响因素选择中,将参考上述研究并从中确定智能体主要参数。

### 2. 考虑从众和风险偏好的决策逻辑模型

假设农户是自由市场中独立的个体,会根据已有资本技术约束和对市场的判断做出自我寻优,通

过调整种植面积达到下期收益最大化,同时决策过程中会与其他农户产生信息交流并修正自我的市场预期判断,这种个体间互动因农户特质显示为盲目从众行为。

基于这样的特性考虑,可将市场中每个农户都看作一个智能体,多个农户组成农户智能体群,在同一市场条件下进行独立种植决策,就构成了一个 MAS 系统。运用 MAS 可以通过设定单个农户行为逻辑从而在个体层次模拟每个农户的决策行为,个体交互行为在总体上就呈现群体的变化趋势和规律,从而反映存在交互影响的农户群体在不同外部约束和变化下总体种植决策面积受到的影响。参考 Chavas 的相关研究,如图 1 所示本文建立了一个考虑从众和风险偏好的 ADM 决策模型,以多智能体和消息为核心,研究不同农户之间相互影响最终得到决策的行为方法。农户面积决策影响因素可简化为:销售价格波动  $P$ 、投入成本(化肥  $C_1$ 、种子、 $C_2$  农药  $C_3$ )、种植大户的影响  $I_1$ 、散户间相互影响  $I_2$ 、风险偏好  $R$  影响。

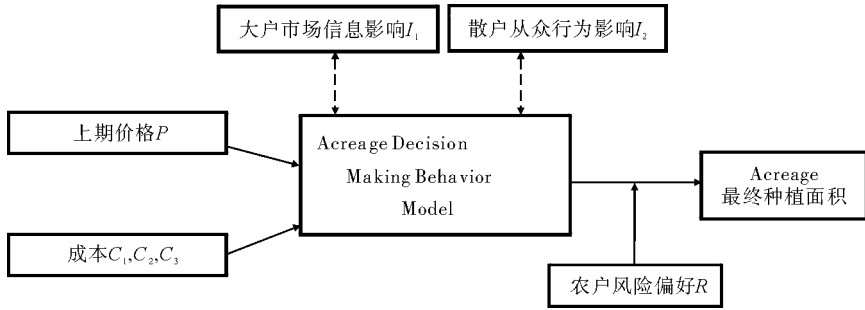


图 1 考虑从众和风险偏好的 ADM 逻辑模型

如图 1 逻辑模型所示,农户个体 ADM 行为主要受上期价格波动和种植成本影响并产生未来市场预期。大户和其他散户的判断意向,将通过邻居关系影响 ADM 决策过程,此外农户内在风险偏好程度,也同样对种植面积决策产生重要影响。农户风险偏好相同的个体,在面临不同的外部环境时,仍可能表现出不同面积决策。对于此种复杂的多因素决策问题,建立仿真模型,综合考虑多种因素的不同组合下的种植户 ADM 行为,能够更全面有效地反映客观规律。

## 二、影响因素与作用机制

种植面积的宏观剧烈波动,本质上是风险厌恶的微观个体农户面临市场不确定时,受周围邻居意见的影响,从众式地进行个体种植面积决策,引起产量宏观波动“涌现”。因此本文主要从个体特性、交互行为与影响因素几方面进行建模,研究这些对最终面积决策的影响规律。

农户个体都具有自己独特的属性,如土地面积、风险厌恶程度等,这些属性决定了他们即使面对完全相同的外部条件也可能做出不同的种植决策;通常土地面积越大的农户往往是风险厌恶型的投资者,进行决策时更加保守和谨慎。同时,农户通过分析市场的当期价格利润率形成自身的预期,市场中农户集合就形成一个群体,也就有了市场的预期以及农户的邻居预期,同时大户的预期也会更强烈地影响与其相关联散户,这三者共同作用下,农户个体的市场预期会受到一定程度影响和修正。基于此逻辑过程,农户最终做出种植面积决策,确定自己当期的种植面积。

### 1. 羊群效应水平

群体中的个体进行决策时,由于信息不完全或竞争优势不明显,经常会产生模仿同行或竞争对手的行为;如果市场参与者数量少、不确定性程度低就会形成商业模仿,如果存在大量参与者同时又有高度不确定则会形成羊群行为<sup>[9]</sup>。羊群行为是指人类中个体行为在没有中心支配情况下,仅仅由于内部邻居交互导致的行为收敛现象,体现为个体参与者跟随大众所做出从众决策行为,并非完全是自我信息集之上的理性决策,正如原本松散无组织的羊群会跟随“领头羊”前进,而不管方向是否正确一样<sup>[10]</sup>。

个体决策从来都不单纯是个体约束的理性计算,而是受到群体中其他个体影响的结果;人类本就

有从众和模仿特性,随着网络的不断拓展和应用,为降低风险和不确定,人类个体间联系和影响比从前更加密切<sup>[11]</sup>。羊群行为对个体从众特征的表达刻画比较贴近现实<sup>[12]</sup>,在金融股票市场中相关研究中应用较多<sup>[13]</sup>。羊群行为的界定中,有观点认为只有自身初始决策与主流决策不同,最终从众改变自身决策的行为才能称为羊群行为,但也有观点认为,只要是最终决策与主流一致的便可以称为羊群行为。两种观点区别在于,群体中是否存在原先方向就与“领头羊”一致的行为人,也就是本来决策方向与领头羊一致的应当属于“伪羊群行为”者<sup>[14]</sup>。

羊群行为的数理鉴定目前并不存在公认的分析框架,在羊群行为观测较为常见的金融股票领域,已有羊群行为鉴定主要有三个维度:参与者的决策聚合度、市场环境总体变化与来参与者的行为相关性、不同类型的参与者的相关度情况<sup>[15]</sup>。参与者决策聚合度常用方法是基于 Lakonishok 等研究的 LSV 方法<sup>[16]</sup>。该方法认为,当某一时期群体的决策情况显著偏离随机状态时,即证实存在羊群行为,因此需要测度的指标为某时刻个体的决策情况与该时刻其总决策距离市场均值的偏离程度,再加入无羊群效应时的因子进行考虑。观察相关度方面,不同的学者有着不同的见解,也有着不同的衡量标准,但大多围绕个体特性与群体的决策行为展开<sup>[17]</sup>。不同的学者有着不同的测度指标,无论是从收益率的分散度进行分析<sup>[18]</sup>,还是从买卖极值占总体比例的角度进行分析<sup>[19]</sup>,其总体思想均是通过衡量群体的行为水平论证羊群行为。

本文参考上述类似思想,计算调整自身初始决策与主流决策一致的农户所占总农户数量比例作为羊群行为指数,观察这一指标的变化情况以说明群体特征,同时将个体决策结果以矩阵形式输出,研究个体之间联系,这与刘海飞等<sup>[20]</sup>在人工股市羊群行为研究中的选择方法一致。

## 2. 农户预期与风险偏好

农户的市场预期取决于市场的利润率。利润率  $P_r$  为模型外部变量,满足  $P_r \sim (\frac{\alpha + \beta}{2}, 1)$ , 其中  $\alpha$ ,  $\beta$  为农户所能接受的阈值,农户将被动地接受市场的利润率,当利润率高于农户的目标价时,农户便会产生“未来行情良好”的预期,反之亦然,即:

$$E_x = \begin{cases} true, & P_r > \beta \\ false, & P_r < \alpha \end{cases} \quad (8)$$

散户具有不同的初始土地面积和种植规模。不同的农户有着不同的初始财富,体现在本模型中就是农户有着不同的土地面积。此处的土地面积分为总面积和单位调整面积,总面积是指农户能投入的最大面积,单位调整面积是指不受外界影响时农户调整的最小面积(实际受外界影响时调整的面积可能小于单位调整面积)。

风险偏好的存在让农户做决策的过程更加贴近实际。在真实市场中,不同的风险偏好必然影响最终农户种植决策。比如某农户的收入全部来源于作物的收成,他更希望追求稳定的收益,如果他是风险厌恶者,即使大家都看好未来行情,他也会更谨慎的调整自己的种植策略。不同的个体有着不同的风险偏好,在本模型中个体风险偏好的设定采用  $R = \alpha + \beta \times random()$  的方式得到每个农户的风险偏好,调整  $\alpha, \beta$  的值,使所有农户的风险偏好  $R$  均落在  $(0, 2)$  的区间内。

对于风险偏好者而言,在同样的外界情况下,他们愿意选择风险更大的方式,而对于风险厌恶者而言,他们更偏好于风险低的。这也就导致了他们在做面积决策时,风险偏好者会投入更多土地。体现在模型中,  $R > 1$  的农户将其认为是风险偏好者,  $R < 1$  的为风险厌恶者,  $R = 1$  的则为风险中性者,即决策不受风险影响。

## 3. 消息的传播路径与作用距离

外界影响无论正负,在聚集的农户群体中往往呈现病毒式扩散,对农户决策产生重要影响,极大加剧了种植面积波动。消息传播机制在 ADM 研究中不可忽视。在形成市场的总预期之后,每个农户会针对性地做出调整,同时农户的邻居以及与农户直接联系的大户也将对农户的预期产生影响。

(1) 消息传播网络与路径。现实中大量关系可以用复杂网络表达,其中无标度网络以小世界效应和无标度特性成为构建和再现各种关系的重要网络之一。无标度网络是指某一节点的相邻节点数与

具有相同的相邻节点数的节点数目成幂函数关系的网络,目前在交通运输以及社交传播等方面均有广泛应用,其结构特点可以很好地模拟出所需环境,其节点重要度以及网络拓扑性和稳定性的研究也是当前无标度网广泛展开的研究方向。

在本模型中,消息的传播也以网络的形式进行,从上端的节点进入下端的多个节点,一直延伸下去。大户将与周围一定距离范围内的散户建立关系,而散户之间也会与其周围一定距离内散户存在连接,最终群体呈现出类似于无标度网络的结构特征。

$G = (V, A)$  表示  $n$  个顶点的无向图,  $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$  是节点集合,  $A = \{(v_1, v_2), (v_1, v_3), (v_1, v_4), \dots, (v_1, v_n)\}$  代表连通路集合,有序对  $(v_a, v_b)$  表示节点  $v_a, v_b$  存在通路。在收到消息之后,根据级别选择深度优先或者广度优先路径,根据消息的生命时长选择传播长度。可传播节点的选择算法如下所示:

$\forall v_i \in V, M = (m_{cont}, m_{grade}, m_{time})$ , 收到  $M$  后的可传播节点算法:

(a) 路径生成方法选择, *if*  $m_{grade} = high$ , 采用深度优先算法生成, 否则采用广度优先算法生成路径。

(b) 生成路径长度  $m_{time}$  的可传播集合  $V_m = \{v_i \mid \forall v_i v_j \in V_m, (v_i, v_j) \in A; v_i \in V\}$

(c)  $\forall v_i \in V_m$ , 响应  $M$ , 同时  $m_{time} = m_{time-1}$ , 如果  $m_{time} > 0$ , 转(a)

农户群体的信息传播中,机密信息采用深度优先路径传播,比如重要市场信息往往通过私密的方式有选择地向外传播;非机密信息采用广度优先路径传播,比如有关化肥农药信息一般在物理上相邻的个体间传播。

(2) 消息的作用范围。生活在群体中的农户不可避免地会获取到他人的信息,进而影响自身的决策,而在本文中,假设农户是一个理想的智能体,只会受到大户和其他散户的预期影响<sup>[21]</sup>。

1) 大户消息的作用范围。在市场中,大户常会被权威机构邀请去分享自己对未来的预期,而他个人的看法会对散户造成很大的影响。本模型中模拟了这种情况,假设某一散户受且仅受某一大户的消息影响,  $A = (A_1, A_2, \dots, A_n)$  表示  $n$  个大户的集合,  $B = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$  表示  $m$  个散户的集合, 则有  $f: B \rightarrow A$ 。实现过程中,对大户 FarmerA 的每一个实例  $farmerA_i$  通过两次遍历,对散户集合  $F_{fB} = \{farmerB_j \mid farmerB_j \in FarmerB, j = 1, 2, \dots, m\}$  进行判断,如果二者在先前的网络构建中完成链接,则对大户的预期进行读取,并将结果以 0, 1 存储在变量 A 中。伪代码如下:

```

1  for FarmerB 1 to 80 /*varAttinextMarket 为个体的市场预期*/
2  do for FarmerA 1 to 20
3      do if FarmerAn.isConnectedTo(FarmerBm)
4          then if FarmerAn.varAttinextMarket = true
5              then FarmerBm.A = 1
6              else FarmerBm.A = 0
7      end
8  end

```

2) 邻居的影响与作用范围。农户邻居间消息传递能对生活在一定范围内的农户产生相互影响。通过前述网络及构建,物理坐标在一定距离内的农户就能形成“邻居圈子”,每个农户会综合自身邻居圈子内的所有农户的预期,得到邻居总预期,其中距离越近的农户有着更强的影响。与市场影响类似,当邻居总预期大于 0 时,散户的自有变量  $N$  赋值为 1,同时涉及的还有两次遍历、不同距离的权重计算。伪代码如下:

3) 一般公开市场信息的作用范围。农户个人预期集合到一起便形成了市场预期,而市场的预期又反向影响农户的个人预期。当市场都对未来行情看好时,农户往往会由于从众心态而选择“跟风”,这样的决策会让农户最大程度降低因决策失误而带来的可能损失。其中,大户以更高的权重值累加得到市场中所有农户的总预期,最终市场总预期  $E_m$  为  $E_m = \alpha \times \sum_{k=1}^n E_A + \beta \times \sum_{k=1}^m E_B$ 。

得到市场的总预期后,可分别计算下一期各参与人的预期情况。在函数 `funMarket` 中以散户为

```

/*varExpectNeighbor 邻居的市场总预期 */
1   for FarmerB 1 to 80
2       do for FarmerB 1 to 80
3           do if distance(FarmerBn,FarmerBm)<a           /*a 为距离阈值 */
4               then if FarmerBm.varAttinextMarket = true
5                   then FarmerBn.varExpectNeighbor   k1/*k1,k2 为权重
6                   else FarmerBn.varExpectNeighbor   k1
7               elseif FarmerBm.varAttinextMarket = true
8                   then FarmerBn.varExpectNeighbor   k2
9                   else FarmerBn.varExpectNeighbor   k2
10          end
11          if FarmerBn.varExpectNeighbor>0
12              then FarmerBn.M   1
13          else FarmerBn.M   -1
14      end

```

主,当市场总预期大于0时,散户的自有变量  $M$  赋值为1,反之为-1。外界影响的汇总,得到了外界影响值后,通过 `funEffect` 将它们综合起来。遍历每个农户,对他们的三个影响赋予不同权重,计算终值,如果大于0,向农户发送未来预期良好的消息,则农户当期的最终预期将置为乐观,反之亦然。本模型中三种影响机制共同作用于农户,设置三个变量存储结果,通过同一事件中的三个函数计算当期的影响情况,最终计算得到加权后最终值。这三种方式相互作用,以不同的权重得到农户的外界总影响,最终作用于农户的种植决策上。

### 三、仿真模型的设计与实现

MAS方法在微观上具有细致丰富的个体表现能力,同时又能够动态地对交互行为<sup>[22]</sup>、群体影响<sup>[23]</sup>做出逼真模拟,在小农户决策、农户群体行为等有较好的应用<sup>[24]</sup>;近年来MAS在中、外经济类<sup>[25]</sup>及农业问题研究<sup>[26]</sup>中越来越多见。仿真模型中设定为20个种植大户,80个散户,有共同的物理空间中,以上述无标度网络特征联系,大户具有更好的市场信息,其也能通过与散户的连接,将其信息和看法以指定距离传播和影响到连接散户;市场公开信息对所有是透明的;散户之间存在连接,在进行种植面积决策时,散户之间会参考周围邻居的意见。

#### 1. 主要智能体及其参数

主要智能体有种植大户 `FarmerA` 类和散户 `FarmerB` 类,他们作为邻居,其行为选择和判断言行通过邻居关系影响到农户 `ADM` 行为。同时,外界的环境变量也将影响农户的 `ADM` 行为。

`FarmerA` 智能体。风险偏好、总面积以及单位调整面积这三个属性是大户和散户都具有的,但是由于规模不同,导致二者有所区别。大户种植规模大,土地面积大,需要更仔细地核实当前的形势,风险偏好会更低。种植大户对市场未来的预期建立在市场利润率的基础上,当利润越高时,其对未来预期看好,反之亦然。在这里通过其状态图的两个状态之间的相互转换来实现,而转换的速率则是依照其特有的变量 `varSpeedA`,通过事件 `eventSpeedA` 来控制,当利润率进入某一区间内时,对 `varSpeedA` 进行赋值。主空间中的 `storm` 变量则是决定了这一区间的范围。

大户的种植面积决策也遵循 `ADM` 公式,不过由于大户的预期不受他人影响,因此在具体的决策过程中,大户将依据自身的预期好坏决定本期变化量的增减,即

$$A_i = A_{i-1} \pm A_0 \times R + \epsilon_i \quad (9)$$

`FarmerB` 智能体。与大户相类似,散户也有风险偏好、总面积以及单位调整面积三个属性,并有更大范围的风险偏好与更小的土地。散户更容易受外界影响,决策行为生成过程较为复杂,本文选择三种不同的方式进行模拟。首先模型中综合三个影响属性之后发送相应市场消息,在状态图中则进

行两组转换,一是由利润率决定的速率转换,二是接受消息后的消息转换。散户自身对未来的预期将通过速率转换进行状态间的转移和变化,而对外界的反应将通过消息转换进行。FarmerB 自身基于利润率的速率转换与大户类似的采取 eventSpeedB,让散户在不同的价格区间时有着不同的转换速率。外界的总体影响结果以-1 到 1 的范围存储在变量  $Ef$  中,而  $Ef$  是由存储了大户影响结果的  $A$ 、市场影响的  $M$ 、邻居影响的  $N$  这三者综合计算得到。最终的种植面积由 ADM 公式决定,输入个体的单位调整面积、最终预期、风险偏好,即可得到 FarmerB 本期的调整决策面积。智能体主要参数见表 1。

表 1 智能体主要参数

名称	意义	类型	取值范围	默认值
parRiskAP	风险厌恶的 Arrow-Pratt 系数	双精度	0.4~0.9	无
parArce0	农民种植作物的最小面积	整数	3~5	无
parTotalAcre	农户的土地面积	整数	6~16	无
(x,y)	智能体物理坐标位置	坐标值	二维空间	(0,0)
varSpeed	预期转换的速率	双精度	0~1	0.5
varDeciAcre	农户的决策种植面积	整数	3~16	3
varAttinextMarket	对市场的乐观或悲观预判	二进制	是:否	否

## 2. 智能体间无标度网络连接的实现

网络拓扑中,将无标度网络定义为网络中有相同度数的节点数量与度数本身具有幂次定律关系:  $P(k) \sim k^{-V}$ ;直观上呈现为少数节点与其他节点有较多联系,而大量节点只与周围少数节点有联系<sup>[27]</sup>。随机网和小世界网中,大多数节点具有基本相同的度,现实世界中农户间连接显然更类似于无标度网,而不类似于小世界网或随机网<sup>[28]</sup>。本文将按无标度网络的基本特征,构造类似但不严格限定于原始定义的智能体间连接网络。构建智能体间无标度网络时,农户间的连接可分为两类:大户与散户间连接,散户与散户间连接。默认大户之间存在直接联系。

(1)种植大户 farmerA 与散户 farmerB 连接的构建。遍历每个 farmerA,检测与其物理距离小于指定值的 farmerB,对于在范围内的 farmerB 集合,建立 farmerA 与集合内每个智能体的连接。现实生活中,农户群体中种植大户也主要联系本村与其关系较好、平时联系密切的小农户。伪代码如下:

```

/*farmerA farmerB 将大户与散户连接*/
1 for FarmerA 1 to 20
2   do for FarmerB 1 to 80
3     do if distance(FarmerAn,FarmerBm) < parFarmerA
4       then FarmerAn.connectTo(FarmerBm) 5   end
6   end
    
```

其中,distance(a,b)是构造函数,通过读取 a,b 两个智能体坐标,用于计算出二者之间 Euclidean 距离。

(2)散户 farmerB 之间连接的构建。散户间,除了可能因为前述大户主动施加连接存在的联系外,也可能存在与其他散户的联系。故在建立大户之间和大户对散户影响的连接之后,对每个散户检测其周围的散户与其本人之间的距离,对指定距离之内的散户,可以一定比例建立连接。伪代码如下:

```

/ *farmer B之间的无标度网络连接*/
1 for FarmerA 1 to 20
2   do for FarmerB 1 to 80
3     do if distance(FarmerAn,FarmerBm) < parFarmerA
4       then FarmerAn.connectTo(FarmerBm) 5   end
6   end
    
```

在模型开始运行时,在模型初始化阶段首先将 20 个 farmerA 和 80 个 farmerB 随机的放置于模拟空间中,每个实例都有相应物理位置,然后分别调用上述两算法计算和连接农户。最终形成的农户间类无标度网络连接如图 2 所示。

图 2 中,方块图标表示种植大户 FarmerA,圆图标表示散户 FarmerB。图标颜色深浅表示此农户对市场的悲观乐观预期,其中,白色表示悲观、灰色表示中性或一般乐观、黑色表示很乐观;图标大小表示种植面积大小,图标大的表示此农户当期种植面积大,图标小的表示此农户种植面积小。图标颜色和大小,随仿真迭代运行动态实时变化。任何图标之间存在连接线,表示此两个农户间存在联系,多智能体中表示此两个智能体有连接关系。

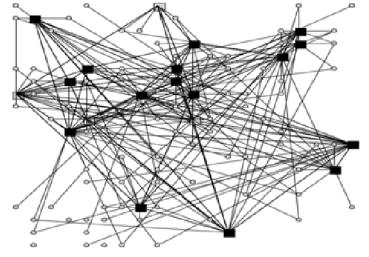


图 2 智能体间类无标度网络连接

### 3. 农户智能体面积决策的计算

迭代计算的实现:仿真模型中状态和数据的更新,部分通过定时更新智能体进行,有的数据需要迭代计算,因此引入函数 `funcal()`,通过在事件中循环来计算模型中的各个变量的值,记录模型的运行情况。其中市场预期是与农户的预期状况有关的数据,而农户预期可以直接利用智能体类内置的状态图读取,这里给智能体类加入一个新的统计方法 `statel()`,条件为:

$$\text{item.statechart.isStateActive}(\text{item.statel})$$

对农户类调用这一方法,即可得到当前满足该状态的实例的数量。加入大户散户不同的权重后,即可得到最终的市场预期。收益率作为外部变量,在本模型中将设置为一组服从正态分布的数据,将随着时间的推移而获得每期的值,通过调用系统自带的 `normal` 函数指定均值方差收益率表。农户间连接与决策面积变化见图 3。

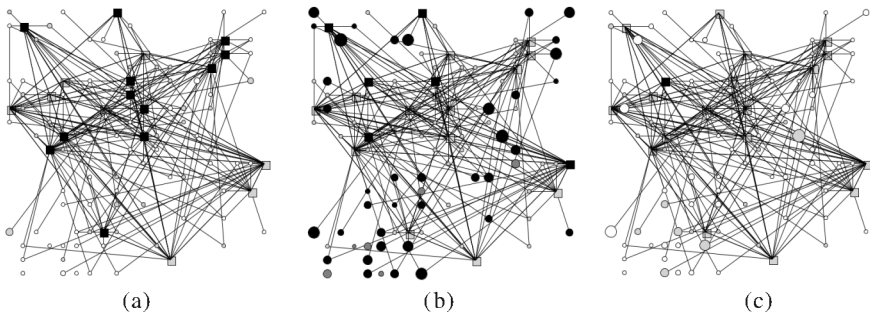


图 3 农户间连接与决策面积变化

农户当期的种植决策最终取决于上期的种植面积、当期的最终预期以及农户的自身风险偏好,表现在公式中即为:

$$A_i = A_{i-1} + A_0 \times E_f \times R + \epsilon_i \quad (10)$$

式(10)中, $A_i$  为当期的种植面积, $A_{i-1}$  为上期种植面积, $A_0$  为单位面积; $E_f$  为受影响的外界预期,值为-1到1,决定了变化方向以及整体变化大小; $R$  为风险偏好,决定个体变化幅度; $\epsilon_i$  为当期的调整因子,模拟客观因素,例如部分农田之前存在收成不理想或超产等情况。通过公式(10),农户得到了当期的种植面积决策,这将在时间推进的最后一个节点进行,确保所有因素均达到稳定状态。

## 四、模型的验证

为验证所创建模型有效性,本文对模拟运行过程中的记录数据进行了方差分析。农户个体风险偏好差异和农户群体内部消息传播是影响 ADM 的最重要因素,选择此二项数据进行独立的单因素方差分析,其中风险偏好存在二个水平,消息的传播距离存在三个水平。



### 1. 风险偏好的单因素方差分析

将有无风险偏好的两组随时间更新的种植面积导入分析,单因素方差分析,得到结果如下。

表 2 风险偏好的单因素方差分析

差异源	SS	df	MS	F	P-value	F crit
组间	178.95	1	178.9	101.58	0.00	3.85
组内	1 775.76	1 008	1.76			

从表 2 可以看出,  $F$  对应的  $p$  值为 0.00, 小于 0.05 的显著性水平  $\alpha$ , 因此从统计学意义上而言, 两组数据存在显著差异, 即考察因素风险偏好是造成差异的主要因素。可以从两个角度分析风险偏好结果: 蔬菜相对长期的供给将稳定在一条基准线上, 不会因为短期的增减波动而发生剧烈变化, 表现为均值的一致性; 个体的风险偏好越剧烈, 整个群体的羊群行为越明显, 也就造成了种植决策的波动, 表现为方差的差异性。此时蔬菜更倾向于“风险品”, 即受个体风险偏好影响大的商品。

### 2. 消息传播距离的单因素方差分析

选择三组实验组, 分别设定邻居的消息传播距离为 100、200 与 300 (单位为模型中的物理单位距离), 导出羊群行为指数, 三组数据进行方差分析如表 3 所示。

表 3 消息传播距离的方差分析

差异源	SS	df	MS	F	P-value	F crit
组间	0.000 9	2	0.000 4	0.079 8	0.923 3	3.001 7
组内	8.202 7	1 500	0.005 5			

可以看出三组的均值、方差大致相同, 而组内差异也远大于组间差异, 同时检验  $P$  值为 0.923 3, 远大于 0.05 的显著性水平, 因此认为三组间没有显著差异, 但组内差异显著。组间差异明显表示 ADM 面积差异来源于消息传播距离远近能作用于个体决策, 并使同组内部存在明显不同, 但从总体来看总体种植面积不存在明显变化; 种植面积差异主要来源于组内, 也就是同样消息传播距离下个体交互影响的结果。

假设每个农户的承诺可信, 且所有农户的信息均完备, 则邻居信息在网内传播最终会导致预测和市场信息完备, 作为经济人的农户在寻优后将使得市场不会出现羊群行为。羊群行为出现的前提就是市场中农户信息不对称, 农户个体对于时间周期短的信息不具备较好的寻找和鉴别能力, 这导致了农户跟随市场以尽可能降低决策成本。相应的, 消息传播距离越长则农户获取的信息也就越多, 羊群效应减弱, 极端情况下如果传播距离等于市场半径, 也就是市场所有信息对所有人都透明, 每个人都是信息完全的, 此时就不存在羊群效应。

## 五、结 语

本文以无标度网络模拟农户群体结构, 运用 MAS 方法建立农户种植面积决策模型, 以模拟市场中的农户行为, 研究农户间消息传递影响及彼此间相互跟随的羊群效应。基于仿真模型从农户风险偏好和市场信息在无标度网中的传播路径与传播距离两方面, 验证和分析对农户种植面积决策的影响规律。通过对模拟输出数据的统计分析表明, 农户群体内个体间相互追随是造成种植面积波动的主要显著性因素; 而消息在农户群体内的传播距离远近对总体种植面积波动影响不显著, 可以说明羊群效应确实存在且主要源于农户间交互行为, 较少来源于外部消息影响。

### 参 考 文 献

- [1] 李崇光, 包玉泽. 我国蔬菜产业发展面临的新问题与对策[J]. 中国蔬菜, 2010(15): 1-5.
- [2] 章德宾, 徐娟, MITCHELL P D, 等. 一种农户与经销商合作的市场风险分担模型[J]. 中国管理科学, 2017, 25(7): 93-101.
- [3] 袁剑锋, 许治. 中国产学研合作网络结构特性及演化研究[J]. 管理学报, 2017(7): 1024-1032.
- [4] 黎耀奇, 谢礼珊. 社会网络分析在组织管理研究中的应用与展望[J]. 管理学报, 2013(1): 146-154.

- [5] 周涛,柏文洁,汪秉宏,等.复杂网络研究概述[J].物理,2005(1):31-36.
- [6] CHAVAS J P, POPE R D, KAO R S. An analysis of the role of future prices, cash prices and government programs in acreage response[J]. Western journal of agricultural economics, 1983, 8(1): 27-33.
- [7] CHAVAS J P, HOLT M T. Acreage decisions under risk -- the case of corn and soybeans[J]. American journal of agricultural economics, 1990, 72(3): 529-538.
- [8] POPE R D, JUST R E. On testing the structure of risk preferences in agricultural supply analysis[J]. American journal of agricultural economics, 1991, 73(3): 743-748.
- [9] LIEBERMAN M B, ASABA S. Why do firms imitate each other[J]. Academy of management review, 2006, 31(2): 366-385.
- [10] RAAFAT R M, CHATER N, FRITH C. Herding in humans[J]. Trends in cognitive sciences, 2009, 13(10): 420-428.
- [11] ORDANINI A, RUBERA G, DEFILLIPPI R. The many moods of inter-organizational imitation: a critical review[J]. International journal of management reviews, 2008, 10(4): 375-398.
- [12] MUNOZ, TORRECILLAS M J, YALAMOVA R, et al. Identifying the transition from efficient-market to herding behavior: using a method from econophysics[J]. Journal of behavioral finance, 2016, 17(2): 157-182.
- [13] LIN W T, TSAI S C, LUNG P Y. Investors' herd behavior: rational or irrational[J]. Asia-Pacific journal of financial studies, 2013, 42(5): 755-776.
- [14] 李平,曾勇.资本市场羊群行为综述[J].系统工程学报,2006(2):176-183.
- [15] 曲建文.金融市场羊群行为理论研究综述[J].企业技术开发,2006(12):83-84.
- [16] LAKONISHOK J, SHLEIFER A, VISHNY R W. The impact of institutional trading on stock prices [J]. Journal of financial economics, 1992, 32(1): 23-43.
- [17] 袁建辉,邓蕊,曹广喜.模仿式羊群行为的计算实验[J].系统工程理论与实践,2011(5):855-862.
- [18] 宋军,吴冲锋.证券市场中羊群行为的比较研究[J].统计研究,2001(11):23-27.
- [19] 伍旭川,何鹏.中国开放式基金羊群行为分析[J].金融研究,2005(5):60-69.
- [20] 刘海飞,姚舜,肖斌卿,等.基于计算实验的股票市场羊群行为机理及其影响[J].系统工程理论与实践,2011(5):805-812.
- [21] 李备友,刘思峰,路英,等.基于二分网络演化的市场波动与羊群行为[J].系统工程,2011(9):59-65.
- [22] LAMMER S, HELBING D. Self-control of traffic lights and vehicle flows in urban road networks[J]. Journal of statistical mechanics-theory and experiment, 2008(4): 4019-4053.
- [23] SCHREINEMACHERS P, BERGER T. An agent-based simulation model of human-environment interactions in agricultural systems[J]. Environmental modelling & software, 2011, 26(7): 845-859.
- [24] LATYNSKIY E, BERGER T. Assessing the income effects of group certification for smallholder coffee farmers: agent-based simulation in Uganda[J]. Journal of agricultural economics, 2017, 68(3): 727-748.
- [25] MARKS R E. Analysis and synthesis: multi-agent systems in the social sciences[J]. Knowledge engineering review, 2012, 27(2): 123-136.
- [26] BERGER T, TROOST C, WOSSEN T, et al. Can smallholder farmers adapt to climate variability, and how effective are policy interventions? Agent-based simulation results for Ethiopia[J]. Agricultural economics, 2017, 48(6): 693-706.
- [27] 谢逢洁,崔文田,贾卫峰,等.无标度网络的同配性对群体合作行为的影响[J].系统工程,2012(3):104-110.
- [28] 谢逢洁,武小平,崔文田,等.博弈参与水平对无标度网络上合作行为演化的影响[J].中国管理科学,2017(5):116-124.

(责任编辑:金会平)