

doi:10.3772/j.issn.1000-0135.2010.06.020

# 基于产生式规则的情报管理中的知识扩散模型研究<sup>1)</sup>

张铁男 曹洪亮 唐书林 杨贵彬  
(哈尔滨工程大学经济管理学院, 哈尔滨 150001)

**摘要** 从技术角度看,情报包含着大量的知识性内容。对于知识的无序扩散问题,组织的情报管理部门应该加强预测和引导。本文建立在情报产生式规则基础上,以空间场和马尔可夫过程为研究工具,将企业视为最小研究单位,建立了企业情报知识管理体系中知识扩散的模型,设定扩散空间指标体系并运用正交变换转化为虚拟三维扩散空间,提出了知识扩散取决于知识创造者与知识受体的扩散空间比值和知识以“学习型曲线”扩散的新观点。最后通过实证计算了知识在系统内部无序扩散的扩散空间场和知识扩散概率,提出改变扩散空间边界(空间性)和扩散概率(时间性)能够影响知识在组织中的扩散速度的论断。

**关键词** 情报管理 知识扩散 产生式规则 空间场 马尔可夫过程

## Research on Knowledge Diffusion Model of Intelligence Management Based on Production Rule

Zhang Tienan, Cao HongLiang, Tang Shulin and Yang Guibin  
(School of Economic and Management, Harbin Engineering University, Harbin 150001)

**Abstract** From the angle of technology, intelligence includes a lot of knowledge. As to the irregular diffusion of knowledge, department of intelligence management should improve the capability to forecast and guide the knowledge diffusion. Based on intelligence production rule, this article, regarding an enterprise as the minimal research unit, builds the model of knowledge diffusion in intelligence knowledge management system, establish the index system of spatial diffusion and uses orthogonal transformation to translate spatial diffusion into Virtual three-dimensional spatial diffusion, and then get a new perspective that knowledge diffusion depend on the ratio of knowledge creator and knowledge acceptor's spatial diffusion as well as knowledge diffusion curve is learning curve. At last, this paper calculates the irregular diffusion, referring to spatial fields of knowledge diffusion as well as the probability inside the system with empirical research and comes to the conclusion that changing the boundary (spatiality) and probability (timeliness) of diffusion can influence the speed of knowledge diffusion in organization.

**Keywords** intelligence management, knowledge diffusion, production rule, spatial fields, Markov process

收稿日期: 2009年8月25日

作者简介: 张铁男,男,1963年生,教授,博士,博士生导师,主要研究方向:战略管理。曹洪亮,男,1973年生,黑龙江哈尔滨人,副教授,在读博士,硕士生导师,主要研究方向:科技情报管理。唐书林,男,1985年生,硕士,主要研究方向:企业经营与战略管理。E-mail: tangshulin00.student@sina.com。杨贵彬,男,1975年生,副教授,博士,硕士生导师,主要研究方向:国防经济管理,人力资源管理。

1) 国防技术基础项目(Q172006A001-18);黑龙江省社科基金项目(基于知识管理的政府信息资源管理体系研究08E008)。

## 1 引言

随着知识转化为生产力的速度越来越快,社会模式再次发生变革:由信息社会转变为知识社会。这种转变对情报管理提出了更高的要求,不仅要求情报管理部门能收集到更多的情报,而且要将情报中包含的知识在组织中尽可能地扩散。组织对知识的消化与吸收一直都是组织能否迅速成长的关键因素,也是知识管理研究的难点和重点。如果情报管理部门能够很好地解决情报知识扩散问题,那么组织就能够适应迅速变化的外部技术环境并提供与之相配套的产品,实现可持续性发展。

岳洪江在知识扩散研究中引入社会网络分析技术研究管理科学研究者共同体的交流模式,并描述管理科学期刊引证网络的变化,通过揭示管理科学两个不同时期引证模式的变化来描述其演化和成熟度<sup>[1]</sup>。谢荣见、孙建平以产业集群中的知识为出发点,研究了基于知识链的产业集群创新知识扩散过程,分析了影响知识扩散的因素及扩散方式,提出了知识扩散程度与知识扩散成本密切相关的观点<sup>[2]</sup>。王壮提出知识管理应知识内容、管理方式、扩散技术和人文维度进行企业内部优化的观点给本文构建知识扩散场提供了部分支持<sup>[3]</sup>。从关于知识扩散的解释有很多种,冯斯波、吕筱萍指出“知识扩散是指知识信息跨越时空使不同个体之间实现知识共享的过程,这个过程包纳在知识扩散系统中,该系统是一个大而抽象的概念,包括了知识元、扩散介质、扩散方式以及扩散效果一系列内在要素涉及知识经济各个层面的内容”<sup>[4]</sup>。从经济学角度分析,知识扩散能否发生,是否被知识需求主体接受并获得应用,应视其对于成本与利益的期望而定<sup>[5]</sup>。有学者研究发现,行业内龙头企业对知识扩散路径的选择具有导向性,并在很大程度上影响了知识的吸收程度<sup>[6]</sup>。

目前很多学者都在分析知识扩散过程中引入了相对精确的量化模型,这些量化模型为情报管理提供了很好的文献参考。在 Hagerstrand 开创了空间扩散理论以后,张黎、蓝峻等学者将场的概念引入到知识扩散中,这些研究分析了知识扩散的空间问题<sup>[7]</sup>。另外,康凯等学者在借助马尔科夫过程的基础上将空间扩散加入了时间因素,使扩散过程由静态研究变成了动态研究,并使时空统一成一个总体<sup>[8]</sup>。关于情报知识扩散的过程研究,本文通过比较和分析后认同袁安府和江蕾提出的知识扩散的四个阶段

——孵化阶段、培育阶段、推广阶段和普及阶段的观点<sup>[9]</sup>,并且本文在后续模型中对四个阶段划分提出了以相应的概率作为划分标准的建议。

## 2 概念的提出

知识管理所管理的对象是知识,所以我们在情报扩散中引入知识管理理论,其扩散对象必然是包含有知识的情报。本文建立模型所要研究的对象为知识与情报二者的交汇区域的内容。如果单从信息论的角度去看,情报就是一些非结构化、组织化的数据和信息的机械总和。但实际中,情报中包含了很多知识的成分,有学者就提出,情报是“为了解决一个特定问题所需要的知识,借助语言、符号在载体上传递的知识”<sup>[10]</sup>。它的产生或识别一定需要人的加工或鉴别,使之产生符合人的需要的价值,否则就不称其为“情报”。所以,可以认为“情报”是一种特殊的“知识”,其在本质上是“知识”的一种应用<sup>[11]</sup>。

对于情报知识扩散空间的描述,本文选择了情报价值指向力维度来涵盖情报知识扩散源的各个要素;对于情报知识的接受信宿则采用了信宿自身具备的一些能力来衡量受体信宿;至于扩散介质和扩散方式,本文则选取了情报知识扩散的环境来确定其影响。以上三个维度构成了情报知识的整个扩散空间,任意信宿接受情报知识的能力大小都可以由这三个维度的矢量和来表示。此外,本文认为情报知识扩散速度的快慢与接受信宿和扩散源信宿的扩散空间比值大小正相关。

综上所述,我们提出如下概念:

概念1:情报知识是情报中包含知识或具有知识属性的部分,通常此类情报可以被学习和实践并加以创新,不是单一非结构化、非组织化而是带有经验或部分智能的数据或信息,具有知识产权或类知识产权,难以被模仿或复制。

概念2:情报知识扩散空间,指影响信宿对情报知识接受程度的各项因素构成的虚拟空间( $Q$ ),包括情报价值指向力( $a$ ),扩散环境影响力( $b$ )和信宿自身能力( $c$ )三个方面。

概念3:扩散源信宿与潜在接受情报知识的情报扩散空间矢量模比值 $r$ (简称扩散空间比值),是指潜在接受信宿与扩散源信宿的扩散空间矢量模比值,即 $r = |\vec{Q}_i|/|\vec{Q}_0|$ 。

3 模型建立

3.1 建模问题描述与基本假设

3.1.1 模型问题描述

目前国内的情报知识转化为生产力的速度很低,影响情报知识扩散速度的原因主要有以下几个:①组织无法准确判断情报知识将会给组织带来的价值;②组织无法判断自身的能力和对象对环境的影响力;③组织在得到情报知识后,无法制定完善的计划来保证情报知识严格按进度转化为生产力,导致组织丧失竞争优势。前两个问题正是本文要解决的扩散空间衡量问题,最后一个问题则是通过调查或分析情报价值、组织能力、所处环境和组织目标这类状态数据,在已有的数据基础上选取适当的组合对预先设定的情报知识扩散状态加以描述、确定合理的目标来加以解决。在情报知识扩散中,测度情报知识在虚拟的空间内扩散的远近程度和时间长短解决上述三个问题是本模型量化控制的重点。

3.1.2 模型的基本假设

本文的研究主要集中在情报知识扩散空间场与马尔科夫理论的结合,其切入点是情报知识在扩散过程中符合马尔科夫过程定义且与情报知识扩散空间有直接关系,故做如下假设:

(1) 实际当中难免会出现离散过程,为了不失一般情况,我们假设情报知识扩散是一个连续渐变的过程,扩散的质变由接受情报的信宿占总数的一定比例或单个信宿接受情报知识的程度来决定。

(2) 情报知识扩散具有马氏性,即情报知识扩散是无记忆性过程,信宿接受情报知识只跟当前时刻的信宿接受状况及信息积累效果有关,而与过去的状态无关。

(3) 本文认为在整个扩散过程中不存在情报知识停留在某一信宿而无法向其他信宿扩散的情况,所以假设信宿一旦接受情报知识则该信宿最终会变成该情报知识的扩散源。

(4) 情报扩散空间比值  $r$  相同的信宿接受情报知识的概率是相等的,而且信宿接受情报知识的行为符合择时博弈理论。

3.2 模型构造

3.2.1 模型指标设定

为了实现情报知识扩散空间的计算,必须首先

建立情报知识扩散空间场的指标体系。指标体系的建立应坚持系统性、科学性、可行性、动态性和易取性的原则。本文将扩散指标设计为四个层次:目标层、要素层、变量层和状态层。

情报知识扩散空间作为一个整体,本文认为是由情报价值指向力、扩散环境影响力和信宿能力三个方面构成。情报的价值是客观存在,但是同样的情报对于不同的信宿其判断标准不尽相同。因此以信宿的标准去衡量情报价值是影响情报知识扩散空间的重要指标,本文选取了情报成本和情报收益两个方面的指标。所处的环境对信宿进行情报知识扩散的影响是不容忽视的,本文选取了技术环境、经济环境和政治环境三个便于采集和量化的指标来进行计量。对于信宿来说,自身能力的高低是情报知识扩散的决定性因素,本文选取了信宿规模、运营能力、研发能力和劳动成本四个指标。情报知识扩散系统的变量和参数汇总见表 1。

表 1 情报知识扩散空间的变量与参数表

目标层	要素层	变量层	状态层
情报知识扩散空间场	情报价值指向力	情报成本	获得成本 转换成本 使用成本
		情报收益	情报产出值 情报附加值
	扩散环境影响力	技术环境	行业研发投入水平 科研机构数
		经济环境	融资贷款额 社会需求额 新增投资额
		政治环境	政府补贴额
	信宿能力	信宿规模	固定资产原价 员工人数(科研人数) 主营业务收入 利润
		运营能力	总资产周转率 总资产收益率 资产负债率
		研发能力	研发投入 新产品开发费用 新产品产值 新产品销售收入 科学家和工程师占员工比例 R&D 活动人员折合全时当量
		劳动成本	劳务支出

### 3.2.2 基于产生式规则的情报知识扩散模型

产生式规则是人们最常用的一种知识转移或转变表示形式,采用“IF...THEN...”的形式表示知识,这种表示形式直观、自然,便于推理。产生式规则的一般形式如下<sup>[12]</sup>:

$$A \rightarrow B[\alpha, \beta] \quad (1)$$

本文基于情报的产生式规则对知识性情报的扩散进行描述,  $A$  表示情报的原有状态;  $B$  表示情报转移后状态;用  $\alpha$  和  $\beta$  分别表示规则的可信度和阈值,因此  $\alpha$  和  $\beta$  是本文需要研究的重点。

假定情报扩散符合马尔科夫概率转移过程,设  $\{x(t), t \geq 0 \text{ 且取整}\}$  为定义在情报知识扩散概率空间上的随机序列,  $i, j \in I, I = \{x(t), t \geq 0 \text{ 且取整}\}$  是扩散系统在  $t$  时刻的状态空间,则  $x(t + \Delta t)$  所处的状态可以表达为:

$$p\{x(t+1)=j | x(0)=i, x(1)=i, \dots, x(t)=i\} = p\{x(t+1)=j | x(t)=i\} \quad (2)$$

该式含义是  $x(t+1)$  所处的状态仅与随机变量  $x(t)$  的状态有关。

令

$$P_r(i \rightarrow j) = p\{x(t + \Delta t) = j | x(t) = i\} i, \quad j \in I \quad (3)$$

则  $P_r(i \rightarrow j)$  即是扩散系统中扩散空间比值为  $r$  的潜在接受信宿在  $t$  时刻未接受状态  $i$  的条件下,到  $t + \Delta t$  时刻转移到已接受状态  $j$  的条件概率。将  $P_r(j, t + \Delta t) = \sum_n P_r(i \rightarrow j) \cdot P_r(i, t)$  按二阶泰勒级数展开:

$$P_r(j, t + \Delta t | i, t) = P_r(j, t | i, t) + \Delta t \cdot \frac{dP_r(i \rightarrow j)}{dt} |_{t+\Delta t \approx t} \quad (4)$$

当  $k=1$  时就是下一步转移概率,当  $k=0$  时,规定为 0 步转移概率:

$$P_{ij}^{(0)}(m) = \begin{cases} 1(i=j) \\ 0(i \neq j) \end{cases} \quad (5)$$

表明  $m$  时刻  $i$  转移到  $i$  的概率为 1,  $i$  转移到  $j$  的概率为 0,所以有  $P_r(j, t | i, t) = 0$ , 令

$$\frac{dP_r(i \rightarrow j)}{dt} = \omega(i \rightarrow j) \quad (6)$$

即为由扩散空间比值为  $r$  的信宿从  $i$  状态转移到  $j$  状态的概率,则可变为:

$$\frac{dP_r(j, t + \Delta t)}{dt} = \sum_{n_r} \omega(i \rightarrow j) \cdot P_r(i, t) \quad (7)$$

其中,  $\omega(i \rightarrow j)$  是系统中情报扩散空间比值为  $r$  的某一信宿由未接受状态  $i \in I$  ( $I$  为系统中所有的状态空间)转换到已接受状态  $j$  的扩散率,扩散率的强弱程度与扩散空间比值有直接联系;  $P_r(j, t)$  是  $t$  时刻扩散系统中的一个子系统(情报扩散空间比值为  $r$  的信宿总体)处在  $j$  状态的概率;

本模型认为知识扩散相当于从一种状态渐变入另一种状态的产生过程,所以引用情报的产生式规则来表示情报知识的扩散过程,其表达形式为:

$$A \rightarrow B[r, P_r(j, t + \Delta t)] \quad (8)$$

其中:  $A$  是情报知识原有状态;  $B$  是情报知识经过扩散后现有状态;  $r$  是扩散空间比值为  $r$ ;  $P_r(j, t + \Delta t)$  是信宿从  $i$  状态转换到  $j$  状态的概率。

对于情报知识时空扩散系统而言,该方程能确定系统演变到发生这种演变的可信程度和情报接受状态的概率。

### 3.3 模型参数计算

#### 3.3.1 $r$ 的计算

根据对情报知识扩散空间的定义,我们构造一个由单位空间矢量  $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$  构成的一个坐标系,分别代表情报价值指向力、扩散环境影响力和信宿自身能力三个维度。 $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$  的取值通过上面的指标体系根据不同情况进行衡量,三个空间矢量之间的角度为  $\alpha, \beta, \gamma$ , 并且  $\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$  的现实意义为这三个维度两两之间的正相关程度。为了便于研究,根据史密特正交法将该坐标系转化为一个新的正交坐标系。首先我们以  $\vec{a}, \vec{b}$  向量所在平面建立一新坐标平面,以  $\vec{a}$  为新坐标系的  $x$  轴,通过史密斯变换得到新的  $y$  轴,最后以与平面  $xOy$  垂直的方向设定为  $z$  轴。这样新的正交交坐标系构造完毕,具体转换公式如下所列:

$$\begin{aligned} \vec{x} &= \vec{a}, \\ \vec{y} &= \vec{b} - \left\langle \vec{b}, \frac{\vec{x}}{|\vec{x}|} \right\rangle \cdot \frac{\vec{x}}{|\vec{x}|}, \\ \vec{z} &= \vec{c} - \left\langle \vec{c}, \frac{\vec{x}}{|\vec{x}|} \right\rangle \cdot \frac{\vec{x}}{|\vec{x}|} - \left\langle \vec{c}, \frac{\vec{y}}{|\vec{y}|} \right\rangle \cdot \frac{\vec{y}}{|\vec{y}|} \end{aligned} \quad (9)$$

已知空间矢量  $\vec{a}, \vec{b}$  的坐标值为  $(a, 0, 0)$ 、 $(b \cos \alpha, b \sin \alpha, 0)$ , 设矢量  $\vec{c}$  的坐标值为  $(x_1, y_1, z_1)$ 。通过空间矢量相关计算得,

$$\begin{aligned} x_1 &= c \cos \gamma \\ y_1 &= \frac{c \cdot \cos \beta - c \cdot \cos \gamma \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} \end{aligned}$$

$$z_1 = c \cdot \sqrt{\sin^2 \gamma - \frac{(\cos \beta - \cos \gamma \cdot \cos \alpha)^2}{\sin^2 \alpha}} \quad (10)$$

通过这个计算我们可以把原来的坐标系在新的正交坐标系下重新表示出来。而任意情报扩散空间矢量  $\vec{Q}$  都可以写成如同  $n_1 \cdot \vec{a} + n_2 \cdot \vec{b} + n_3 \cdot \vec{c}$  的形式,这样所有的  $\vec{Q}$  都能换算成新的正交坐标系下的坐标值(如图 2 所示),即

$$\vec{Q} = \begin{pmatrix} n_1 \cdot a + n_2 \cdot b \cos \alpha + n_3 \cdot c \cos \gamma, \\ n_2 \cdot b \sin \alpha + n_3 \cdot \frac{c \cdot \cos \beta - c \cdot \cos \gamma \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}, \\ n_3 \cdot c \cdot \sqrt{\sin^2 \gamma - \frac{(\cos \beta - \cos \gamma \cdot \cos \alpha)^2}{\sin^2 \alpha}} \end{pmatrix} \quad (11)$$

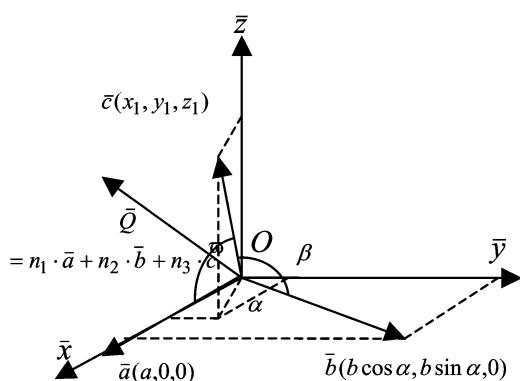


图 1 运用史密斯正交法构造新坐标系

其中,  $n_1, n_2, n_3$  表示三个维度对情报扩散空间影响的权重且  $n_1 + n_2 + n_3 = 1$ 。所以矢量  $\vec{Q}$  的模为,

$$\begin{aligned} |\vec{Q}|^2 &= (n_1 \cdot a + n_2 \cdot b \cos \alpha + n_3 \cdot c \cos \gamma)^2 \\ &+ \left( n_2 \cdot b \sin \alpha + n_3 \cdot \frac{c \cdot \cos \beta - c \cdot \cos \gamma \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)^2 \\ &+ (n_3 \cdot c)^2 \\ &\cdot \left( \sin^2 \gamma - \frac{(\cos \beta - \cos \gamma \cdot \cos \alpha)^2}{\sin^2 \alpha} \right) \end{aligned} \quad (12)$$

$|\vec{Q}|$  即为文中所要确定的情报扩散空间值,  $|\vec{Q}_i|$  表示接受情报的情报扩散空间值,  $|\vec{Q}_0|$  为扩散源的情报扩散空间值。至此,情报扩散空间比值  $r$  已经能够确定。

### 3.3.2 $\omega(i \rightarrow j)$ 和 $P_r(j, t + \Delta t)$ 的计算

因为信宿在是否接受情报知识的过程中存在着对自身利益和限制对方的考虑,所以本文前提假设中设定接受情报知识的信宿的行为符合择时博弈论理论。因此,当  $\Delta t \rightarrow 0$  时,第  $m$  次扩散博弈的纳什

均衡解为  $[\omega^*, \omega^*, \dots, \omega^*]^{[13]}$ , 那么有

$$\omega(i \rightarrow j) = \begin{cases} \omega^* & (\text{当 } \Delta U \geq 0 \text{ 时}) \\ 0 & (\text{当 } \Delta U < 0 \text{ 时}) \end{cases}$$

( $\Delta U$  表示预期收益)

根据物理场中库伦定律,情报知识扩散动力的表达式为<sup>[14]</sup>:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (13)$$

其中,  $F$  为知识扩散场的扩散动力,  $k$  为知识吸收体对某种具体知识扩散的系数,用  $q_1$  和  $q_2$  分别表示知识扩散场中扩散源信宿和接收信宿的影响能力,也就是知识扩散场源的推动力和知识吸收体的牵引力。根据力学相关推导可知,可以导出情报知识扩散的引力梯度也就是上面所说的扩散率  $\omega(i \rightarrow j)$ ,表示形式如下:

$$\omega(i \rightarrow j) = -\text{grad} F(R^3) = 2k \frac{Qq}{r^3} \quad (14)$$

已知扩散率  $\omega(i \rightarrow j)$ , 状态概率  $P_r(j, t + \Delta t)$  因为与时间和情报扩散空间都有直接联系,则这个情报知识扩散系统演化到  $t$  时刻的情报知识接受率  $P_r(j, t + \Delta t)$  随时间和空间的变化可以用下式表示:

$$P_r(j, t + \Delta t) = \iint_{\substack{r \in \Phi \\ i \in T}} \sum \omega(i \rightarrow j) \cdot P_r(i, t) dr dt \quad (15)$$

定义域由情报扩散空间与时间两部分构成,由前面的研究可知  $t$  的取值范围为  $[0, +\infty)$ ,  $r$  的取值范围为  $[0, |\vec{Q}_{\max}|/|\vec{Q}_0|]$ , 由于研究的是未接受情报知识状态的信宿,所以  $P_r(i, t)$  恒等于 1。

## 4 实证研究

本文实证引用《2008 年中国高技术产业统计年鉴》和《2008 年中国统计年鉴》中 2005~2007 年的航空航天工业统计原始数据,并加以整理变为本文构造模型所能计算的数据,如表 2 所示。 $\vec{Q}_0$  为情报知识扩散源企业,  $\vec{Q}_{\max}$  为整个分类中扩散空间最大的企业,  $\vec{Q}_i$  是任意选取的一家接受情报知识的企业。

### 4.1 数据处理

第一步,首先确定扩散空间  $\vec{Q}$ 。通过相关拟合运算,本文给定三个维度的计算公式如下:

表 2 航空航天工业 2005—2007 年数据统计表 单位:万元、个和人

			大型航空航天企业			中小型航空航天企业		
			$\vec{Q}_0$	$\vec{Q}_{\max}$	$\vec{Q}_i$	$\vec{Q}_0$	$\vec{Q}_{\max}$	$\vec{Q}_i$
情报价值 指向力	情报 成本	获得成本 $A_{11}$	1246	697.7241	873.4828	24.24138	56.65517	173.7241
		转换成本 $A_{12}$	9189.414	14491.28	10378.59	1980.276	3541.552	2342.759
		使用成本 $A_{13}$	115.0345	106.1724	47.75862	3.310345	17.24138	1.827586
	情报 收益	情报产出值 $A_{21}$	215324.1	263420.7	214689.7	56310.34	73141.38	50506.9
		情报附加值 $A_{22}$	56320.69	66965.52	49800	21024.14	28431.03	19003.45
扩散环境 影响力	技术 环境	行业研发投入 $B_{11}$	260378	345556	203709	74260	80382	73040
		科研机构数 $B_{12}$		34			69	
	经济 环境	融资贷款额 $B_{21}$	573.9655	520.2759	408.3448	132.6522	150.7536	155.3623
		社会需求额 $B_{22}$	6244400	7639200	6226000	1633000	2121100	1464700
		新增投资额 $B_{23}$	17764.71	25875	17455.17	2437.8	3631.52	2421.25
	政治 环境	政府补贴 $B_{31}$	6122.759	12075.83	4761.31	682.3793	783.4828	764.5862
信宿 能力	技术 环境	固定资产原价 $C_{11}$	156390.6	173003.9	153373.9	51753.9	62045.31	58691.07
		主营业务收入 $C_{12}$	209824.1	260534.5	211220.7	53982.76	72103.45	48748.28
		员工人数 $C_{13}$ (科研人数)	1168.235 (652.38)	1438.345 (831.31)	1185.111 (614.5)	182.4125 (102.4375)	188.8902 (103.5122)	150.1304 (85)
		利润 $C_{14}$	9096.552	12989.66	6072.414	5279.31	7317.241	4124.138
	经济 环境	总资产周转率** $C_{21}$	134.17%	150.59%	137.72%	104.31%	116.21%	83.06%
		总资产收益率** $C_{22}$	5.82%	7.51%	3.96%	10.20%	11.79%	7.03%
		资产负债率** $C_{23}$	67.6%	66.68%	68.18%	69.27%	69.01%	70.15%
	研发 能力	研发投入 $C_{31}$	8978.552	11915.72	7024.448	2560.69	2771.793	2518.621
		新产品开发费用 $C_{32}$	9280.931	11846.97	7805.621	2771.621	3265.655	2595.517
		新产品产值 $C_{33}$	117137.4	125419.6	103889.5	12360.97	14086.83	11676.31
		新产品销售收入 $C_{34}$	105585.7	125419.6	103889.5	11502	13790.03	10744.21
		R&D 人员折合全时当量 $C_{35}$	753.1034	789.8966	750	190.8276	240.1034	187.3103
		科研人员占员工比例** $C_{36}$	55.84%	57.79%	51.85%	56.15%	56.61%	54.80%
	劳动 成本	劳务支出 $C_{42}$	2434.559	2659.361	3031.103	417.4634	402.3804	422.4375

\*\* 表示数据经过处理后的结果

$$a = A_{21} + A_{22} - A_{11} - A_{12} - A_{13}$$
$$b = B_{22} \times \frac{B_{21} + B_{31}}{B_{23}} \times \frac{1}{\ln B_{12}} - B_{11}$$
$$c = \frac{C_{11} + C_{12} + C_{14}}{3} \times \ln \frac{C_{13}}{100} \times C_{21} \times (1 + C_{22})$$

$$\times C_{23} + \frac{(C_{31} + C_{32} + C_{34})}{3} \times \frac{C_{34}}{C_{33}} \times \ln \frac{C_{35}}{100} \div C_{36} - C_{42}$$

(16)

将上表中数据代入式(16)中计算得到三个维度的值,如表 3 所示。

表 3 扩散空间分矢量数值表

	大型航空航天企业			中小型航空航天企业		
	$\vec{Q}_0$	$\vec{Q}_{\max}$	$\vec{Q}_i$	$\vec{Q}_0$	$\vec{Q}_{\max}$	$\vec{Q}_i$
$\vec{a}$	261094.34	315091.04	253189.87	75326.65	97956.96	66992.04
$\vec{b}$	407148.20	709018.13	319192.47	90444.65	78689.44	81291.37
$\vec{c}$	427255.16	603571.45	448949.75	23303.53	36495.27	14571.64

对于实证中航空航天企业的三维正相关度和权重的确定,本文通过向航空航天技术及管理领域专家发送相关指标的调查问卷,通过计算得出各个系数和权重的数值(如表 4 所示),然后根据空间场理论的矢量模计算方法算出扩散空间  $|\vec{Q}|$ ,结果如表 5 所示。确定扩散空间比值  $r$  的取值范围:大型航空航天企业的扩散空间比值的取值范围为  $[0,1.4916]$ ,中小型航空航天企业的扩散空间比值的取值范围为  $[0,1.1219]$ 。

表 4 扩散空间分矢量正相关系数和权重表

	大型航空航天企业	中小型航空航天企业
$\cos \alpha$	0.275	0.3
$\cos \beta$	0.325	0.5
$\cos \gamma$	0.425	0.2
$n_1$	0.4	0.3
$n_2$	0.3	0.3
$n_3$	0.3	0.4

表 5 扩散空间矢量模

大型航空航天企业			中小型航空航天企业		
$ \vec{Q}_0 $	$ \vec{Q}_{\max} $	$ \vec{Q}_i $	$ \vec{Q}_0 $	$ \vec{Q}_{\max} $	$ \vec{Q}_i $
283674.53	423143.25	319001.63	45153.68	50660.08	38932.16

第二步,确定  $\omega_i(i \rightarrow j)$  和  $P_r(j, t + \Delta t)$ 。根据研究和分析发现,知识扩散的影响系数  $k = a$ ,扩散源的扩散空间和信宿的扩散空间对情报的扩散影响力的经验函数分别为:

$$q_1 = \frac{e^{-at} \cdot r}{1 + 2000 e^{-art}},$$

$$q_2 = \frac{r^2 (1 - art + 2000 e^{-art} + 2000 arte^{-art})}{(1 + 2000 e^{-art})^2}$$

所以有,

$$\omega_i(i \rightarrow j)$$

$$= 2000 a \times \frac{e^{-art} (1 - art + 2000 e^{-art} + 2000 arte^{-art})}{(1 + 2000 e^{-art})^4}$$
  
$$P_r(j, t + \Delta t)$$
  
$$= \int_{-\infty}^r \int_{-\infty}^t \frac{2000 ae^{-art} (1 - art + 2000 e^{-art} + 2000 arte^{-art})}{(1 + 2000 e^{-art})^3} dr dt$$
  
$$= \frac{1}{1 + 2000 e^{-art}}$$

大型航空航天企业  $a$  取 0.444,中小型航空航天企业取 0.333,时间  $t$  从 2005 年 1 月到 2007 年 12 月,总共为 36 个月,用 MATLAB 软件对概率函数  $P_r(j, t + \Delta t)$  进行运算得到结果如图 3、图 4 所示。

4.2 结果分析

本文将航空航天工业企业分为大型企业和中小型企业两类,目的在于通过本模型的研究探讨两类企业在进行情报知识扩散过程中的异同。

(1)对扩散空间值  $|\vec{Q}|$  和扩散空间比值  $r$  的结果分析

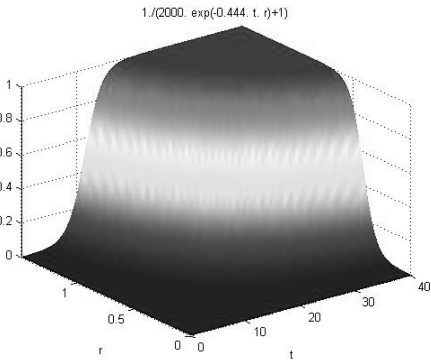


图 2 大型航空航天企业扩散概率随时间  $t$  和扩散空间比  $r$  变化的分布图

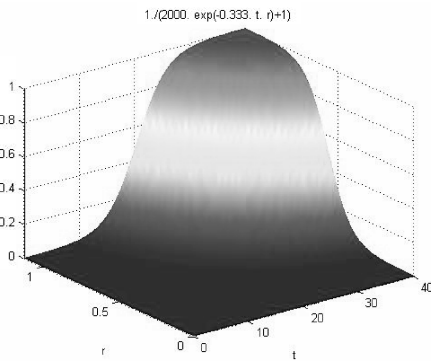


图 3 中小型航空航天企业扩散概率随时间  $t$  和扩散空间比  $r$  变化的分布图

大型航空航天企业的扩散空间矢量模普遍比中小型航空航天企业大 10 倍以上,说明①大型航空航天企业在情报知识扩散上比较重视重大情报知识的扩散或者情报知识扩散的数量较多。因为大型企业之间扩散的情报知识一般具有很高的商业或使用价值,创新程度高,只有通过自行研发或者合作研发这种费用昂贵的方式来进行扩散,中小型企业则通过技术引进和改造等成本、风险都低的方式进行扩散。②大型航空航天企业在对环境的利用能力上也要比中小型企业强很多。例如在取得银行贷款和政府补贴等方面,大型航空航天企业很容易就能拿到这笔资金,而中小型企业获得这笔资金时就会困难重重。③大型航空航天企业在研发和新产品开发投入了大量资金,相关情报知识的壁垒较低,这使得企业在进行情报知识扩散的过程中对情报知识有很强的引力,利于情报知识扩散。中小型航空航天企业多采用购买情报知识的做法,对相关情报知识吸收并不理想,导致情报知识在扩散过程中速度较慢。

大型航空航天企业的扩散空间比值的范围比中小型航空航天企业的要大,这是因为大型航空航天企业多数是国有独资企业,由国家或各部委直接控制,企业的经营方向和规模受到政策、产品需求、地域和注资等方面的影响较大,导致企业在扩散空间比值上差距较大;而中小型企业大多是国有控股企业,吸纳了部分民间或国外资金,其经营方向大多以生产民品为主,根据市场需求变化而改变规模,规模基本相当,而且产品差异度不大,扩散能力空间值都相当,所以扩散空间比值差异不是很大。

(2)对扩散概率  $P_r(j, t + \Delta t)$  的结果分析

由图 3 和图 4 可知,无论是对于大型航空航天企业还是中小型航空航天企业,情报知识扩散概率是一个 S 形曲面。这说明情报知识的扩散并不是爆炸式、无限增长的扩散模式,而是“缓慢—快速—缓慢”的一个扩散过程,情报知识的增长经历了一个高峰期后会逐渐减缓扩散速度。另外,扩散概率随着扩散空间比值  $r$  增大而增大,说明企业扩散空间相对扩散源比值越大则扩散速度越快。对于扩散概率  $P_r(j, t + \Delta t)$  的结果,根据相关研究把情报知识扩散过程分成四个阶段,并用德尔菲法确定航空航天领域的知识扩散各个阶段的合理概率,本文对每个阶段进行量化分段如表 6 所示。

本文从行业管理者和企业两个视角进行分析  $P_r(j, t + \Delta t)$  的变化。首先,从行业管理者的角度来看,行业管理者关注的是行业内所有企业接受情

报知识的概率,通过整体接受情报知识的概率来制定相应的行业规划和扩散时间表。因此按照表 6 对  $P_r(j, t + \Delta t)$  进行横向切面得到扩散空间比值  $r$  与时间  $t$  的关系图如下面图 5 至图 7 所示。行业管理者在制定每个阶段的时间点时,可以根据两个指标来确定,第一个指标是单个企业情报知识扩散的概率,第二个指标是扩散空间大于某一  $r$  值的企业占总企业数的比率。当第一个指标等于第二个指标时,这个组合的时间点就是阶段划分的时间点。

表 6 情报知识扩散阶段的概率标准

<div>阶段 概率</div>	孵化阶段	培育阶段	推广阶段	普及阶段
	$P_r(j, t + \Delta t)$	0~15%	15%~30%	30%~80%

以图 5 为例,当  $P_r(j, t + \Delta t) = 15\%$  时,行业管理者认为满足这条  $r-t$  曲线就能够完成孵化阶段任务,同时只要在这个曲线上有 15% 的企业能够完成任务 ( $r \geq 1.201$  的企业数)就是孵化阶段完成的时间点。同理,其他阶段的临界点也可通过这种方法来确定(如图 6、图 7)。

其次,从企业自身角度去看,企业更看重的是自己在情报知识扩散过程中所处的位置。企业通过分析与扩散源企业相比的优势和劣势,确定扩散空间比值  $r$ ,然后以  $r$  值做一个切面,得到扩散概率  $P_r(j, t + \Delta t)$  与时间  $t$  的关系。本文从大型航空航天企业和中小型航空航天企业中各选取了一个企业来研究企业随时间变化的扩散概率变化情况。按照表 6 的概率,我们可以在图中找到相应的时间点,企业决策者可以根据这些时间点来设置企业引进情报知识的进度和相应的配套计划。由图 8 可知,某大型企业扩散空间大于扩散源企业扩散空间,所以其情报知识扩散速度非常快,整个扩散过程在很短的时间内就需要完成,因此该大型企业需要建立一个快速、有效率的扩散管理团队来监控整个过程,让时间成为企业竞争力提升的关键因素。由图 9 可知,该中小型企业在进行情报知识扩散的过程中解决情报知识的技术性或者细节性问题是影响企业接受该情报知识的关键因素。企业决策者在控制扩散过程中应在孵化阶段多投入技术人员和资金来缩短孵化时间。



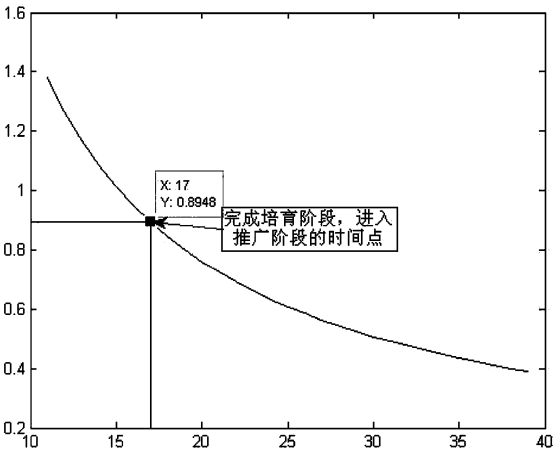


图4  $P_r(j, t + \Delta t) = 15\%$  时航空航天工业完成  
孵化阶段时间点  
(上图为大型企业, 下图为中小型企业)

另外,若企业必须在规定的时间内完成扩散各个阶段的任务,这就需要从时间  $t$  轴做一个切面,来观察扩散空间比值  $r$  与扩散概率  $P_r(j, t + \Delta t)$  之间的关系,如图 10 所示(限于篇幅,在此仅以某大型企业进入第二阶段的临界点为例)。通过企业改变自身扩散空间搜寻相应的  $r$  这种方法给在时间一定的情况下如何调整企业扩散空间来完成任务提供了操作方法。

5 结论与展望

本文在预测模型基础上,引进组合预测的思想,重点探讨了扩散新宿空间比值和时间组合预测模型方法,实证表明该方法预测效果良好,具有重要的理

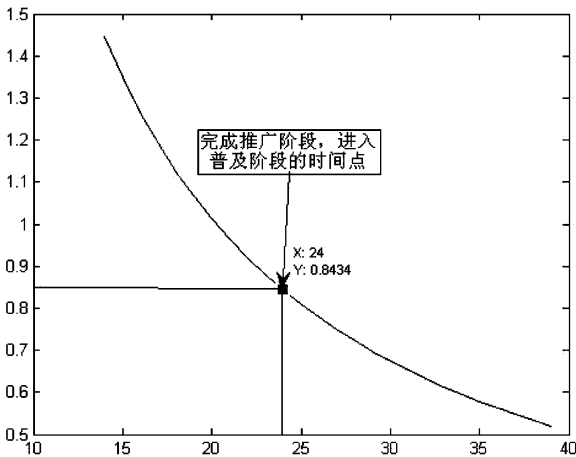


图5  $P_r(j, t + \Delta t) = 30\%$  时航空航天工业完成  
培育阶段时间点  
(上图为大型企业, 下图为中小型企业)

- 论与使用价值。由此可得如下结论：
- (1)本文提出的扩散空间比值能够较好地反应接受新宿与扩散源新宿之间的能力差距,接受新宿扩散空间值与新宿源扩散空间值比率越大说明接受新宿扩散情报知识的能力越强,改变新宿扩散空间值能够改变情报知识的扩散速度。
  - (2)本文认为情报知识扩散的时间可以也应该精确化,这样能为管理层的决策提供更多可靠的资料和信息。
  - (3)马尔可夫过程应用于计算状态阈值是可取的,但是用于描述扩散的各个阶段的变化有一定的局限性。另外模型在假设时考虑因素太少,与实际情况符合程度较低,在后续的研究中应引入更多的实际影响因素,使模型更具有真实性。
  - (4)按照本模型的计算和分析结果,可以把知识

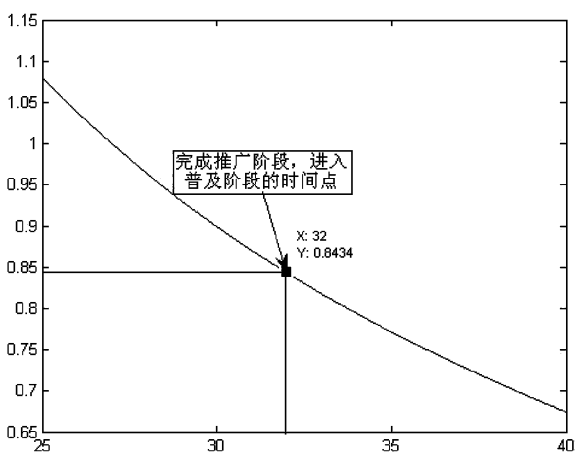
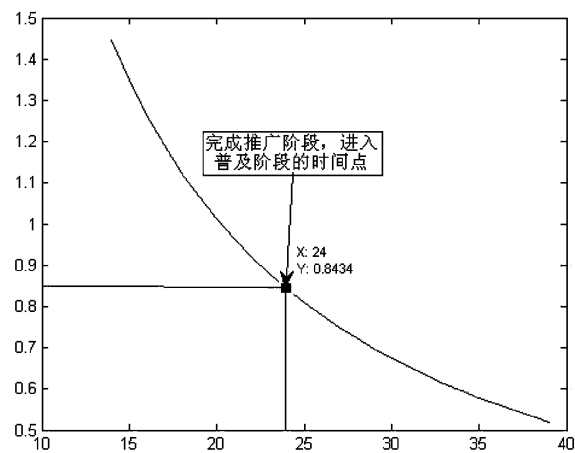


图6  $P_r(j, t + \Delta t) = 80\%$  时航空航天工业完成推广阶段时间点  
(上图为大型企业, 下图为中小型企业)

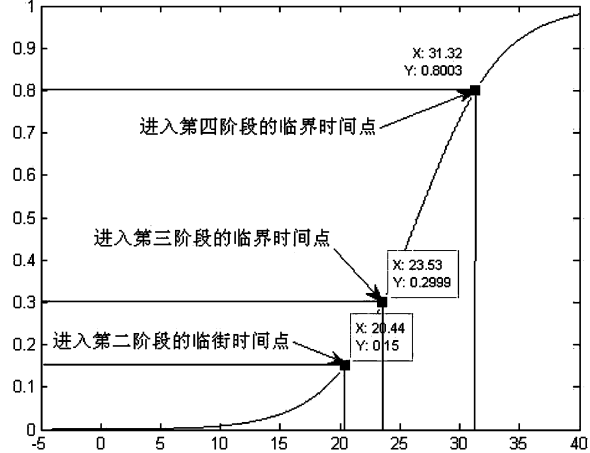


图8 某中小型航空航天工业的  $p-t$  分布图

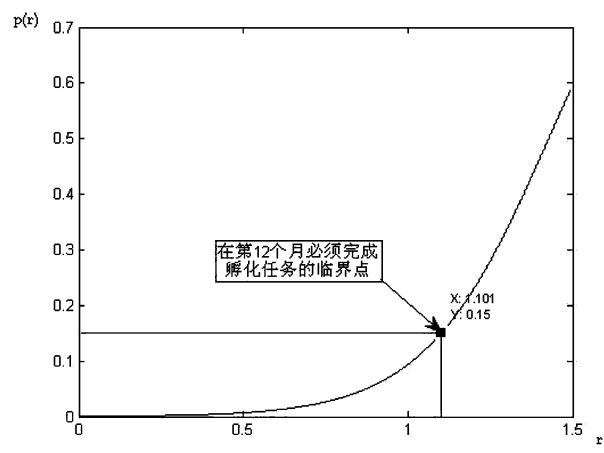


图9 某大型航空航天企业在12个月内完成孵化阶段  $p-t$  分布图

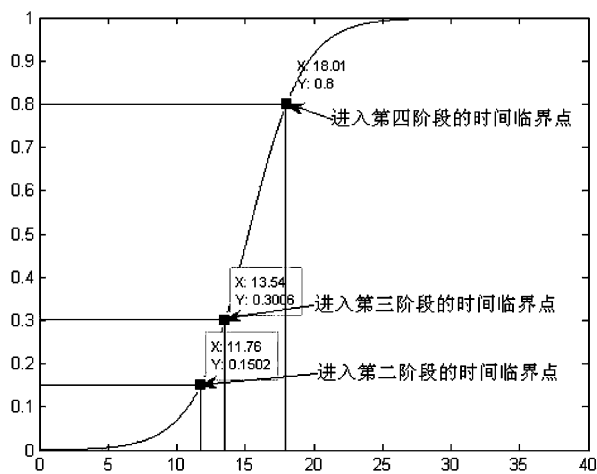


图7 某大型航空航天工业的  $p-t$  分布图

管理与技术路线图在知识扩散中结合运用,例如将航空航天工业的产业技术路线图的时间轴精确量

化<sup>[15]</sup>,弥补了技术路线图只能大体估算时间的缺陷。

### 参考文献

[1] 岳洪江. 管理科学知识扩散网络的结构研究[J]. 科研管理, 2008, 26(4): 779-786.

[2] 谢荣见, 孙建平. 产业集群创新环境下基于知识链的知识扩散研究[J]. 中国科技论坛, 2009(7): 64-67.

[3] 王壮. 基于知识管理的知识型企业信息资源管理优化研究[J]. 图书情报工作, 2008, 53(10): 75-78.

[4] 冯斯波, 吕筱萍. 知识扩散系统的复杂性及其分形特征研究[J]. 科技进步与对策, 2004(1): 66-68.

[5] 常荔, 邹珊刚, 李顺才. 基于知识链的知识扩散的影响因素研究[J]. 科研管理, 2001, 22(5): 122-127.

[6] 杨菊萍, 贾生华. 知识扩散路径、吸收能力与区域中小企业创新[J]. 科研管理, 2009, 30(5): 17-24.

[7] 张黎, 蓝峻. 知识扩散场的构建、分析与应用[M]. 管

理科学,2005(2):21-26.

[ 8 ] 康凯. 技术创新扩散理论与模型[M]. 天津:天津大学出版社,2004:204-208.

[ 9 ] 袁安府,江蕾. 知识扩散的进程及知识管理[J]. 上海企业,2005(09):55-58.

[10] Schultze U, Boland Jr R J. Knowledge management technology and the reproduction of knowledge work practices [J]. Journal of Strategic Information Systems ,(2000) :193-212.

[11] 王娟茹,潘杰义. 产学研合作中的知识扩散研究[J]. 中国科技论坛,2003(4):74-76.

[12] 叶鹰,潘有能,潘卫. 情报学基础教程[M]. 北京:科学出版社,2006:144-145.

[13] 信继欣. 高科技创业企业的博弈模型分析[J]. 科技创业月刊,2007(3):44-45.

[14] 陈飞翔,张黎,胡靖. 知识扩散场的建立与实证分析[J]. 科学学研究,2005(2):253-257.

[15] Gedsri N, Kocaoglub D F. Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to build a strategic framework for technology roadmapping [J]. Mathematical and Computer Modelling , 2007(46):1071-1080.

(责任编辑 王建平)