模糊随机输入下考虑折扣和补贴的连续盘点库存模型

狄军锋[1,2]，俞明南[1]

（1. 大连理工大学 管理学院，辽宁 大连 116023；2. 河南理工大学 经济管理学院，河南 焦作 454000）

摘　要：针对输入不确定性的特点，运用模糊变量的可能性均值理论，分三种情形讨论了连续盘点补货模型，并对最优解的存在性进行了证明。通过数值算例分析了折扣系数和提前期内需求的不确定性对总成本、最优订货量和最优订货点的影响，为模糊环境下销售商的补货策略提供了理论指导。

关键词：连续盘点策略；模糊随机输入；可能性均值

中图分类号：TP272　　　**文献标志码**：A　　　**文章编号**：1001-3695(2010)07-2563-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2010.07.045

Continuous preview model with discount and allowance under fuzzy random input

DI Jun-feng[1,2], YU Ming-nan[1]

(1. *School of Management, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning* 116023, *China*; 2. *School of Economics & Management, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan* 454000, *China*)

Abstract: When input was uncertain, this paper studied a continuous preview model by possible mean value theory of fuzzy variable. Discussed the model under three conditions and proved existing of optimal solution. Provided numerical examples to analyze the influences of discount parameter and demand uncertainty in the lead time to total cost, optimal order quantity and optimal order point, which could offer theoretic guidance for the buyer under fuzzy environment.

Key words: continuous preview policy; fuzzy random input; possible mean value

0　引言

连续盘点策略是供应链库存管理研究的重点之一。文献[1]把提前期作为决策变量，通过额外的压缩成本来控制提前期。文献[2]研究了随机提前期和随机需求下考虑预算限制的多产品库存模型，提前期和需求的分布函数未知但是均值和方差确定的情形。文献[3]在考虑供应商向零售商提供离散的价格折扣时，将提前期、再订货点以及订货量作为模型的决策变量，并且放松了对提前期内需求服从具体分布的假定，考虑提前期内需求分布未知的连续盘点库存模型。

目前不少学者已经开始研究模糊环境下的连续盘点库存模型。文献[4]基于模糊理论建立了提前期内需求为三角模糊数的最优订货批量模型。牟宗玉等人[5]研究了含可变提前期的模糊随机连续盘点的最小成本模型，采用符号距离法得出了模糊随机缺货量的估计值和使总成本最小的最优提前期及最优订货量。Handfield 等人[6]建立了多模糊参数下的连续盘点库存模型，并研究了决策者风险态度对最优解的影响。但是由于原材料、生产过程、气候原因、运输过程等的不确定性，销售商实际接收到的产品数量与订货量之间可能存在差异，就会造成输入的不确定性。文献[7]考虑了允许缺货且输入随机情形的 EOQ 模型。文献[8]从供应链的视角研究了整合经济批量订货模型。

本文与上述文献相比，具有以下特点：a) 考虑输入和输出均为模糊随机变量的连续盘点库存模型；b) 由于输入的不确定，引入价格折扣和补贴系数以弥补输入不确定给销售商带来的损失。

1　基本理论知识

1) 对于三角模糊数 $\tilde{X} = (\underline{x}, x, \bar{x})$，其隶属度函数为

$$\mu_{\tilde{x}}(y) = \begin{cases} L(y) = (y - \underline{x})/(x - \underline{x}) & \underline{x} \leqslant y < x \\ R(y) = (\bar{x} - y)/(\bar{x} - x) & x \leqslant y \leqslant \bar{x} \end{cases}$$

其 α 截集可表示为 $X_a = [X_\alpha^-, X_\alpha^+]$，$\alpha \in [0,1]$。其中 X_α^- 和 X_α^+ 表达式为

$$X_\alpha^- = \underline{x} + \alpha(x - \underline{x})\text{；}X_\alpha^+ = \bar{x} - \alpha(\bar{x} - x) \tag{1}$$

2) 对于给定的模糊数 $\tilde{X}$，其可能性均值为

$$M(\tilde{X}) = \int_0^1 \alpha(X_\alpha^- + X_\alpha^+)\,\mathrm{d}\alpha \tag{2}$$

3) 对于模糊随机变量 $\tilde{Z}$，其期望值是一个模糊数，可表示为 $E(\tilde{Z}) = \int \tilde{Z}\,\mathrm{d}P = \{\int Z_\alpha^-\,\mathrm{d}P, \int z_\alpha^+\,\mathrm{d}P / 0 \leqslant \alpha \leqslant 1]\}$，模糊期望的截集为 $E(\tilde{Z})_\alpha = [E(Z_\alpha^-), E(Z_\alpha^+)]$。

以上模糊随机理论知识可详细参阅文献[9,10]。

2　模型描述

2.1　基本假设及符号说明

考虑一个销售商，采取连续盘点的补货政策 (Q, r)。即当

收稿日期：2009-12-11；**修回日期**：2010-01-19

作者简介：狄军锋(1978-)，男，河南叶县人，博士研究生，主要研究方向为供应链管理(pdsdjf@163.com)；俞明南(1963-)，男，江苏人，副教授，博士，主要研究方向为质量管理、供应链管理.

库存量降至再订货点 r(决策变量)时,销售商发出订货,订货量为 Q(决策变量)。每次订货成本为 A,年平均需求率为常数 D,单位库存持有成本为 h,单位缺货成本为 s。

以下是本模型的几个基本假设:

a)单一产品。

b)提前期内允许缺货且可完全后补。

c)假设订货提前期 L 为常数,且提前期内需求为 $\tilde{D}_L=(D_L-\Delta_1,D_L,D_L+\Delta_2)$,$\Delta_1,\Delta_2\geqslant 0$。

d)零售商实际接收到的产品数量为 $\tilde{U}Q$。$\tilde{U}$(订货量系数)为模糊随机变量,服从模糊随机分布 $\tilde{U}=\{(\tilde{U}_1,q_1),(\tilde{U}_2,q_2),\cdots,(\tilde{U}_n,q_n)\}$。其中:$\tilde{U}_i$ 为三角模糊数,满足 $\tilde{U}_i=(U_i-\Delta_{i1},U_i,U_i+\Delta_{i2})$;$p_i$ 为其发生的概率,$\sum_{i=1}^{n}p_i=1$。

e)生产商向零售商提供的单位购买价格为 $P(Q,\tilde{U})$,如式(3)所示。

$$P(Q,\tilde{U})=\beta+\gamma Q^{-0.5}-\rho(1-\tilde{U})^2 \tag{3}$$

其中:β、γ、ρ 均为正常数。β 为最小的单位购买价格,γ 为折扣系数,ρ 为补贴系数(当零售商的订货量与实际接收的数量不等时,供应商对零售商的单位补贴)。通常情况下,销售商实际接收到的产品数量与订货量的比值不会太大,本文假设 $0<U<2$。并且为了保证单位产品购买价格大于 0,假设 $\beta>\rho$(考虑极端情况,当 $Q\to\infty$,$U\to 0$ 或 $U\to 2$ 时,为了保证单位产品的购买成本为正数)。

2.2 模型的建立

设周期初始位置为货物到达时间,此时的库存量为 $\tilde{U}Q+r-\tilde{D}_L$,期末的库存量为 $r-\tilde{D}_L$(可能为负值),则周期内的平均库存为 $\tilde{U}Q/2+r-\tilde{D}_L$,周期长度为 $\tilde{T}=\tilde{U}Q/D$。显然缺货仅在提前期内可能发生,周期内的期望缺货量为 $M(\tilde{D}_L-r)^+$。所以单位时间的总成本表达式为 $\tilde{C}(Q,r)=[DA+D\tilde{P}(Q,\tilde{U})+sDM(\tilde{D}_L-r)^+]/(\tilde{U}Q)+h(\tilde{U}Q/2+r-\tilde{D}_L)$。

另外,为了保证安全库存 SS 的非负性,$SS=M(r-\tilde{D}_L)\geqslant 0$,可以得到下面的规划问题:

$$\begin{cases}\min\limits_{Q,r} M(E\tilde{C})\\ \text{s.t.}\ \ r\geqslant M(\tilde{D}_L)\end{cases}$$

3 模型的求解

整理目标函数,可得单位时间总成本可能性均值为

$$M(E\tilde{C})=N_1+hr+hN_2Q+D\gamma Q^{-0.5}+DN_3Q^{-1}[A+sM(\tilde{D}_L-r)^+] \tag{4}$$

其中:$N_1=D[\beta-\rho+2\rho M(E\tilde{U})-\rho M(E\tilde{U}^2)]-hM(\tilde{D}_L)$;$N_2=M(E\tilde{U})/2$;$N_3=M(E\tilde{U}^{-1})$。

定理 1 提前期内缺货量可能性均值是再订货点的分段减函数,具体表示为

$$M(\tilde{D}_L-r)^+=\begin{cases}D_L+(\Delta_2-\Delta_1)/6+\Delta_1L^3(r)/6-r & r\in[D_L-\Delta_1,D_L]\\ \Delta_2R^3(r)/6 & r\in[D_L,D_L+\Delta_2]\\ 0 & r\in[D_L+\Delta_2,\infty]\end{cases}$$

证明 从式(4)可以看出,$M(\tilde{C})$ 与 $M(\tilde{D}_L-r)^+$ 有关。当 $\tilde{D}_L>r$ 时,缺货产生。根据约束条件,为了保证安全库存的非负性,$r\geqslant D_L-\Delta_1$ 一定成立。分三种情况进行分析:

a)$D_L-\Delta_1\leqslant r\leqslant D_L$。对于给定的 r,存在惟一的 α_0 满足 $r=D_L-\Delta_1+\alpha_0\Delta_1$,所以 $\alpha_0=L(r)$,可得

$$[(\tilde{D}_L-r)^+]_\alpha=\begin{cases}[0,D^+_{L\alpha}-r] & \alpha\leqslant\alpha_0=L(r)\\ [D^-_{L\alpha}-r,D^+_{L\alpha}-r] & \alpha>\alpha_0=L(r)\end{cases}$$

因此,$M(\tilde{D}_L-r)^+=\int_0^1\alpha D^+_{L\alpha}\mathrm{d}\alpha+\int_{L(r)}^1\alpha D^-_{L\alpha}\mathrm{d}\alpha-r[1-0.5L^2(r)]=D_L+(\Delta_2-\Delta_1)/6+\Delta_1L^3(r)/6-r$。

b)$D_L\leqslant r\leqslant D_L+\Delta_2$。此时 $[(\tilde{D}_L-r)^+]_\alpha=[0,D^+_{L\alpha}-r]$,$\alpha\leqslant R(r)$,因此,$M(\tilde{D}_L-r)^+=\int_0^{R(r)}\alpha D^+_{L\alpha}\mathrm{d}\alpha-0.5rR^2(r)=\Delta_2R^3(r)/6$。

c)$r\geqslant D_L+\Delta_2$。此时缺货不会发生,所以 $M(\tilde{D}_L-r)^+=0$。

结合式(4)和定理 1,单位时间总成本可能性均值表达式也存在三种情形,为了以示区别,用 $M_1(E\tilde{C})$、$M_2(E\tilde{C})$、$M_3(E\tilde{C})$ 分别表示 a)~c)三种情况下的单位时间总成本的可能性均值。

$$M_1(E\tilde{C})=N_1+hr+hN_2Q+D\gamma Q^{-0.5}+DN_3\{A+s[D_L+(\Delta_2-\Delta_1)/6+\Delta_1L^3(r)/6-r]\}/Q$$

$$M_2(E\tilde{C})=N_1+hr+hN_2Q+D\gamma Q^{-0.5}+DN_3[A+s\Delta_2R^3(r)/6]/Q$$

$$M_3(E\tilde{C})=N_1+hr+hN_2Q+D\gamma Q^{-0.5}+DN_3A/Q$$

定理 2 不论情形 a)b)或 c),一定存在(Q^*,r^*)使单位时间总成本的可能性均值最小。

证明 情形 a)中考虑约束条件 $SS\geqslant 0$,对 r 的范围进行修正可得 $D_L+\Delta_2-\Delta_1/6\leqslant r\leqslant D_L$。只有当 $\Delta_1>\Delta_2$ 时,情形 a)才会存在。对 $M_1(E\tilde{C})$ 分别求 r 的一阶偏导和二阶偏导:

$$\partial M_1(E\tilde{C})/\partial r=h-DsN_3[1-0.5L^2(r)]/Q$$

$$\partial^2 M_1(E\tilde{C})/\partial r^2=DsN_3L(r)/(Q\Delta_1)>0$$

所以 $M_1(E\tilde{C})$ 是 r 的凸函数。对于任意 Q,存在惟一的 r 使式 $M_1(E\tilde{C})$ 存在最小值。令一阶导数等于 0,可以得到

$$r_1^*=D_L-\Delta_1+\Delta_1\sqrt{2[1-hQ/(DsN_3)]}$$

将上式代入约束条件,可以求得 Q_1 的范围为 $\dfrac{DSN_3}{2h}\leqslant Q_1\leqslant\dfrac{DSN_3}{h}[1-0.5(\dfrac{\Delta_2/\Delta_1+5}{6})^2]$,将 $r_1{}^*$ 代入 $M_1(E\tilde{C})$ 表达式,问题就转换为求解一元函数在闭区间上的最小值问题,所以一定有最优的 $Q_1{}^*$ 存在,可采取一维搜索技术进行求解。

同理可得情形 b)的最优再订货点:

$$r_2^*=D_L+\Delta_2-\Delta_2\sqrt{2hQ/(DsN_3)}$$

此时 Q_2 的取值范围为 $Q_2\leqslant\dfrac{SDN_3}{2h}(\dfrac{\Delta_1/\Delta_2+5}{6})^2$。

情形 c)中,因为 $\partial M_3(E\tilde{C})/\partial r=h>0$,$M_3(E\tilde{C})$ 是 r 的增函数,所以 $r_3{}^*=D_L+\Delta_2$。代入 $M_3(E\tilde{C})$ 表达式,容易验证 $M_3(E\tilde{C})$ 是 Q 的凸函数,最优的订货量 $Q_3{}^*$ 满足 $0.5D\gamma Q^{-1.5}+DN_3Q^{-2}A=hN_2$。

通过上述分析,可以得出三种情形下的模型最优解均存在,分别计算 $M_i(E\tilde{C})$ 的最小值,其中 $i=1,2,3$。并对三个最小值进行比较,选取 $\min M_i(E\tilde{C})$ 的最小值所对应的 r 和 Q,即为该模糊随机输入下的连续盘点库存模型的最优解。

4 数值分析

设某销售商向其上游供应商按连续盘点库存策略订购某种化学药品,相关模型参数为 $\beta=10$ 元/千克,$\rho=6$ 元/千克,$h=12$ 元/千克/年,$s=15$ 元/千克,$A=100$ 元/次,$D=1\,000$ 千克,$\tilde{D}_L=(50-\Delta_1,50,50+\Delta_2)$ 千克。根据以往交易的历史记录,零售商预测的订货量系数信息如表 1 所示。

表 1　订货量系数信息

订货量系数	概率	订货量系数	概率
(0.5,0.6,0.8)	0.2	(0.9,1.2,1.3)	0.25
(0.7,0.9,1.0)	0.40	(1.0,1.4,1.5)	0.15

根据第 1 章中的相关理论,可以计算出提前期内需求的可能性均值为 $M(E\widetilde{D}_L)=50+(\Delta_2-\Delta_1)/6$。订货量系数相关值 $M(E\widetilde{U})$、$M(E\widetilde{U}^{-1})$、$M(E\widetilde{U}^2)$ 分别为 0.970 8、1.102、1.007 7。将上述计算结果代入三种情况下单位时间总成本表达式。采用 Mathematica 5.0 软件分别计算 $M_1(E\widetilde{U})$、$M_2(E\widetilde{U})$、$M_3(E\widetilde{U})$ 的最小值并进行比较,即可得到该库存问题的最优解。当参数 γ、Δ_1 和 Δ_2 取不同值时,该库存问题对应的最优的总成本、订货量和再订货点,其结果如表 2 所示。

表 2　Δ_1、Δ_2 和 γ 对最优值的影响

	γ	γ=0	γ=5	γ=10	γ=15	γ=20	γ=25
Δ_1=3 Δ_2=3	单位时间总成本	11241	11654	12044	12413	12766	13105
	最优订货量	137.59	155.86	173.89	191.76	209.23	226.34
	最优订货点	51.66	51.58	51.50	51.42	51.35	51.28
Δ_1=3 Δ_2=5	单位时间总成本	11260	11673	12062	12432	12785	13124
	最优订货量	137.62	155.90	173.99	191.80	209.27	226.39
	最优订货点	52.77	52.63	52.49	52.37	52.25	52.14
Δ_1=3 Δ_2=7	单位时间总成本	11279	11692	12082	12451	12804	13143
	最优订货量	137.65	155.93	174.03	191.84	209.32	226.44
	最优订货点	53.88	53.68	53.49	53.32	53.15	53.00
Δ_1=3 Δ_2=9	单位时间总成本	11299	11711	12101	12471	12824	13162
	最优订货量	137.69	155.97	174.06	191.88	209.36	226.49
	最优订货点	54.99	54.73	54.49	54.26	54.05	53.85
Δ_1=5 Δ_2=3	单位时间总成本	11245	11659	12048	12417	12770	13109
	最优订货量	137.59	155.86	173.89	191.76	209.23	226.34
	最优订货点	51.66	51.58	51.50	51.42	51.35	51.28
Δ_1=5 Δ_2=5	单位时间总成本	11264	11677	12066	12436	12789	13128
	最优订货量	137.62	155.90	173.99	191.80	209.27	226.39
	最优订货点	52.77	52.63	52.49	52.37	52.25	52.14
Δ_1=5 Δ_2=7	单位时间总成本	11283	11696	12086	12455	12808	13147
	最优订货量	137.65	155.93	174.03	191.84	209.32	226.44
	最优订货点	53.88	53.68	53.49	53.32	53.15	53.00
Δ_1=5 Δ_2=9	单位时间总成本	11303	11715	12105	12475	12828	13166
	最优订货量	137.69	155.97	174.06	191.88	209.36	226.49
	最优订货点	54.99	54.73	54.49	54.26	54.05	53.85
Δ_1=7 Δ_2=3	单位时间总成本	11249	11662	12052	12421	12774	13113
	最优订货量	137.59	155.86	173.89	191.76	209.23	226.34
	最优订货点	51.66	51.58	51.50	51.42	51.35	51.28
Δ_1=7 Δ_2=5	单位时间总成本	11268	11681	12070	12440	12793	13132
	最优订货量	137.62	155.90	173.99	191.80	209.27	226.39
	最优订货点	52.77	52.63	52.49	52.37	52.25	52.14
Δ_1=7 Δ_2=7	单位时间总成本	11287	11700	12090	12459	12812	13151
	最优订货量	137.65	155.93	174.03	191.84	209.32	226.44
	最优订货点	53.88	53.68	53.49	53.32	53.15	53.00
Δ_1=7 Δ_2=9	单位时间总成本	11307	11719	12109	12479	12832	13170
	最优订货量	137.69	155.97	174.06	191.88	209.36	226.49
	最优订货点	54.99	54.73	54.49	54.26	54.05	53.85
Δ_1=9 Δ_2=3	单位时间总成本	11253	11666	12056	12425	12778	13117
	最优订货量	137.59	155.86	173.89	191.76	209.23	226.34
	最优订货点	51.66	51.58	51.50	51.42	51.35	51.28
Δ_1=9 Δ_2=5	单位时间总成本	11272	11685	12074	12444	12797	13136
	最优订货量	137.62	155.90	173.99	191.80	209.27	226.39
	最优订货点	52.77	52.63	52.49	52.37	52.25	52.14
Δ_1=9 Δ_2=7	单位时间总成本	11291	11704	12094	12463	12816	13155
	最优订货量	137.65	155.93	174.03	191.84	209.32	226.44
	最优订货点	53.88	53.68	53.49	53.32	53.15	53.00

现在分析 γ、Δ_1 和 Δ_2 的变化对单位时间总成本、最优订货量和最优订货点的影响。从表 2 可以看出,当 γ 和 Δ_2 一定时,最优订货量和最优订货点也就随之确定。

4.1　γ、Δ_1 和 Δ_2 对单位时间总成本的影响

由表 2 可以得出, 当 Δ_1 和 Δ_2 一定时,γ 越大,单位时间总成本增加,这主要是由于单位产品的购买成本增加所导致,销售商可以和供应商协商以确定较低的 γ,以提高销售商的订货积极性;当 γ 一定时,Δ_1 或 Δ_2 越大,单位时间总成本越大,这主要是由于提前期内需求的波动性引起的,销售商应提高对提前内需求预测的精度,尽可能降低由于预测不准确所造成的成本损失。

4.2　γ 对最优订货量和最优订货点的影响

图 1 显示了 γ 取不同值时最优订货量和最优订货点的变化趋势,其中 $\gamma=0$ 表示不采取折扣的情形。γ 越大,最优的订货量随之增大,说明采取折扣可以激励销售商提高订货量; 随着 γ 的增加,最优的订货点随之减少,由安全库存表达式可知,安全库存水平降低,周期内缺货量增加,因此较高的 γ 会导致较低的服务水平。

4.3　Δ_2 对最优订货量和最优订货点的影响

图 2 为 Δ_2 取不同值时最优订货量和最优订货点的变化趋势。Δ_2 越大,最优订货量和最优订货点均增大。这主要是由于 Δ_2 增大引起提前期内需求的增加,为了保证安全库存的非负性,需要提高再订货点水平以降低提前期内缺货量。

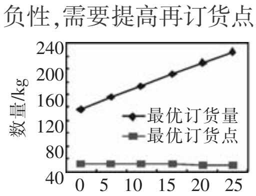

图 1　γ 对最优订货量和最优订货点的影响(Δ_2=3)

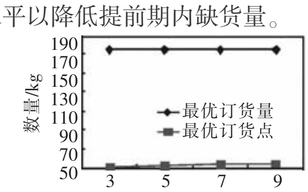

图 2　Δ_2 对最优订货量和最优订货点的影响(γ=10)

5　结束语

本文采取连续盘点补货策略研究了模糊随机输入下考虑折扣和补贴的库存控制模型。与以往的连续盘点补货模型相比,本文的创新之处在于同时考虑折扣和补贴策略,销售商实际接收到的产品数量是一个模糊随机变量,分三种情况讨论了提前期内的平均缺货量,分析了使单位时间总成本最小的订货量和订货点的计算方法。通过数值分析,研究了参数 γ、Δ_1 和 Δ_2 对单位时间总成本、最优订货量和最优订货点的影响。本文的研究可考虑更为复杂的单位成本表达式,如 $P(Q,U)=\beta+\gamma Q^{-\eta}-\rho(1-U)^{\delta}$。另外本文假设总需求是确定的,提前期内需求是模糊变量,可以考虑需求和提前期也为模糊随机变量的情形。因此,在以后的研究中,可以考虑这些因素,以使模型更具有现实意义。

参考文献:

[1] EYNAN A,KROPP D H. Effective and simple EOQ-like solutions for stochastic demand periodic review systems[J]. European Journal of Operation Research,2006,180(3):1135-1143.

[2] BERA U K,RONG M,MAHAPATRA N K,*et al*. A multi-item mixture inventory model involving random lead time and demand with budget constraint and surprise function [J]. Applied Mathematical Modeling,2009,33(12):4337-4344.

(下转第 2568 页)

例如：事件 E_1——员工 Employee1 购买某件物品，先需上级经理审批，再交相应的财务人员审批，如购买金额大于某一数值，还需由财务经理审批，待审批流程全部通过后，才通知采购员进行采购。采购员将订单提交给供应商，供应商发现此类产品已停产，而相类似的新型产品价格较之老型号高，供应商无法确定客户是否愿意购买新型号，并将此信息返回给系统。系统接收该信息后，通过智能判断通知有关人员。该事件定义如下：

E_1 = 〈Complex: Goods Change
Property: {Description Change, Price Change, Function Change, Change Date, };
Node: {Buyer, Employee1}〉

事件相关节点为提交订单的采购员和发起请求的员工，这些节点为与 E_1 事件直接相关联，无须判断即可加入通知队列，而对于其他节点，则需进一步的判断。

如前所述，复杂事件在该智能通知模型中的流程如下：

a) 根据事件类型确定此事件在感知树中的通知首层 layer[i]。
b) foreach (node[j] in layer[i])//遍历首层中每个节点
{ if(node[j] == E_2. Node)
//判断节点是否是事件定义中的相关节点
{ node[j]→InfoNode[i]}//直接进入 i 层的通知队列
else
if(DecisionTreee(E, node[j]))
//如果未在事件定义中表明的节点，则进行决策树判断
{ node[j]→InfoNode[i]}
}
c) foreach(node[m] in layer[i+1])
foreach (node[j] in InfoNode[i])
/* 在 i+1 层中遍历每个于 i 层中通知节点的相关节点（即子关系或依赖关系）*/
if (w(node[j], node[m]) > k)
{node[j]→InfoNode[i]}/* 如果 i+1 层中的某一节点与 i 层中确认通知的节点依赖度大于某个阈值，则把此节点也加入通知队列 */
d) 重复步骤 c) 直至感知树的最底层，确定所有需通知节点。
e) 保存通知结果，供系统学习更新决策树或阈值。

在 E_1 中，对于产品变更类型事件的通知首层为第三层。共有三种类型的节点，即采购员、财务人员、部门经理。除去已确定的一个采购员节点外，需要通过决策树去分别判断部门经理、财务人员 1 和其余采购员是否需要通知。

计算 E_1 事件各个属性对相应节点的信息增益比确定决策树，对于采购员节点，建立如图 4 所示的决策树。

财务人员的决策树如图 5 所示。

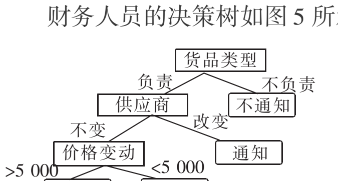

图 4 判断 E_2 通知采购员的决策树

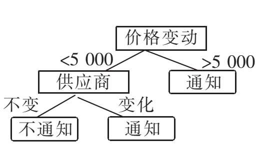

图 5 判断 E_2 通知财务专员的决策树

部门经理的决策树与采购员的决策树类似，如图 6 所示。

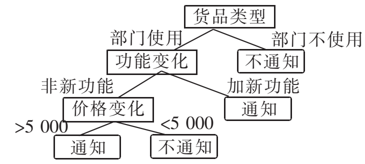

图 6 判断 E_2 通知部门经理的决策树

确定通知首层的节点之后，就需要根据感知树节点判断 i+1 层中的节点与通知队列中每个节点的依赖度。第四层只有各部门下的节点员工，如前感知树中定义的依赖方向，员工节点并不依赖于其他节点（第三层的财务人员和采购员定向依赖于这些节点），只与第三层的经理节点有父子关系，父子关系等同于 10 的依赖值。在事件 E_1 中，通知的依赖阈值为 10，所以对于每个确认通知的部门经理下属的子节点都需要列入通知队列。

3 结束语

利用 SOA 实现 EDA 架构的现代 ERP 系统具有广阔的应用前景。智能通知作为一种高效、便捷的信息获取方法必将是一个重要的研究课题。本文提出的智能通知模型利用感知树和决策树对信息进行分类通知，不仅有效地利用了企业各部门之间的联系，而且准确地把握事件属性，大大提高了“信息找人”的准确度。在该智能通知模型中，由于决策树的建立依赖于样本事件的通知结果，而对于突发事件或系统未曾处理过的事件就无法建立决策树进行节点判断。因此对于全新事件的处理是智能通知系统以后尚需改进和进一步研究的方向。

参考文献：

[1] KRAFZIG D, BANKE K, SLAMA D. Enterprise SOA: service-oriented architecture best practices[M]. [S. l.]: Prentice Hall PTR, 2004: 12-13.
[2] VERA J, PERROCHON L, LUCKHAM D C. Event-based execution architectures for dynamic software systems[C]//Proc of Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture. Deventer: Kluwer BV Press, 1999: 22-24.
[3] 刘伟成，孙吉红. 网络环境中“信息找人”服务机制的实现[J]. 图书馆理论与实践, 2007(1): 81-84.
[4] 王曙光，韩燮. ERP 财务管理中的智能决策研究[J]. 科技情报开发与经济, 2006, 16(3): 222-224.
[5] MITCHELL T M. 机器学习[M]. 曾华军，译. 北京：机械工业出版社, 2003: 38-52.

（上接第 2565 页）

[3] 夏海洋，黄培清. 未知需求分布下含数量折扣的可变提前期库存模型[J]. 上海交通大学学报：自然科学版, 2008, 42(9): 15-19.
[4] 代颖. 具有模糊提前期内需求的库存模型[J]. 西南交通大学学报：自然科学版, 2008, 43(4): 14-18.
[5] 牟宗玉，胡劲松. 可变提前期的模糊随机连续盘点策略[J]. 青岛大学学报：自然科学版, 2008, 21(4): 77-83.
[6] HANDFIELD R, WARSING D, WU Xin-min. (Q, r) Inventory policies in a fuzzy uncertain supply chain environment[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 197(2): 609-619.
[7] KALRO A H, GOHIL M M. A lot-size model with back-logging when amount received is uncertain[J]. International Journal of Production Research, 1982, 20(6): 775-786.
[8] SHAH N H, GOR A S. An integrated economic lot-size model for vendor-buyer inventory system when input is random[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2009, 49(7-8): 1326-1330.
[9] 刘宝碇，彭锦. 不确定性理论教程[M]. 北京：清华大学出版社, 2005.
[10] DEY O, CHAKRABORTY D. Fuzzy periodic review system with fuzzy random variable demand[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 198(1): 113-120.