

基于模糊理论的随机需求系统^①

毕 娅^{1,2}, 林 红¹, 李文锋¹

¹(武汉理工大学 物流工程学院, 武汉 430063)

²(湖北经济学院 物流与工程管理学院, 武汉 430205)

摘 要: 需求量是供销系统成本优化中的重要指标。目前常见的研究方法是采用泊松分布来拟合。通过数据统计和分析, 我们发现采用模糊三角去拟合随机需求量有更好的拟合度和科学性。采用模糊理论对随机需求进行了建模分析, 设计了随机需求系统的算法并最终对其进行了实现。

关键词: 随机需求; 泊松分布; 模糊三角; 最优需求量

Random Demand System Based on Fuzzy Theory

BI Ya^{1,2}, LIN Hong¹, LI Wen-Feng¹

¹(School of Logistics Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

²(Hubei University of Economics, Wuhan 430205, China)

Abstract: Demand is an important index of supply cost optimization system. The most common method of study is using poisson distribution to fit. Through the statistics and analysis, we found the triangle fuzzy function fitting the random demand have better fitting degree and scientific. This paper uses fuzzy theory to model the random demand system, then designs the system algorithm and realizes it.

Keywords: random demand; poisson distribution; fuzzy triangle theory; the optimal demand

1 引言

随着供应链、虚拟企业这些新的企业管理和运作模式的出现, 多级供销系统的成本优化成为管理科学研究的热点。其中, 影响系统成本很重要的一个参数就是需求量。在需求不确定环境下, 经常用随机变量来描述需求。用随机变量来描述需求, 一般需要大量的历史统计数据通过统计手段得到随机变量的分布函数, 如泊松分布, 指数分布等等。但在有些情况下我们无法得到这些数据。最近, 一些学者^[1]认为同时考虑事件的模糊性与随机性更能表达现实。一种有效的方法是利用模糊集理论对不确定需求进行定量描述, 确定它的隶属函数比确定随机变量分布函数要容易得多。文献[2]研究了需求为离散模糊数且存在三角形模糊缺货和存储成本的两种情况的报童问题, 并给出了最小成本目标的订货量。文献[3]研究了离散模糊随机需求报

童问题, 建立了模糊随机利润模型, 并利用模糊随机变量期望值理论和模糊数梯级平均综合表示的反模糊方法, 给出了利润最大的模糊订货量。

综上所述, 随机需求量关系到供应链的整体效益, 是非常重要的一个参数。目前对于随机需求量的研究方法大多仍然是采用泊松分布来模拟^[4]。泊松分布适合描述单位时间内随机事件发生的次数, 如某一服务设施在一定时间内到达的人数, 机器出现的故障数等, 但不适用于拟合离散的并呈现明显波动规律的随机需求量。采用三角模糊数拟合随机需求需要更少的信息量, 且拟合优度更好。

2 关于模糊三角和泊松流的讨论

2.1 数据说明

东莞某玩具企业创办于1963年, 主营电子与塑胶

① 基金项目: 湖北经济学院湖北省人文社科重点研究基地湖北物流发展研究中心课题基金(2011A03)

收稿时间: 2010-09-15; 收到修改稿时间: 2010-11-24

玩具，生产基地分布在中国东莞、印尼和美国，目前的经营模式中包括约 50% 的 OEM、30% 的 ODM 和少量的 OBM。产品原材料最主要的是胶粒。长期以来该玩具企业的订单需求呈现非常明显的淡旺季波动，传统淡季在每年的 2-6 月，旺季在 7-11 月。订单的高峰和低谷时期对于胶粒的需求往往会相差到 2 倍以上。我们采用了该企业近五年来胶粒的月需求值（见表 1）作为研究的数据来源。为了方便统计和分析，我们将每月的真实数据整理为区间数据，计算出 5 年来胶粒月需求量的区间频数和相对概率，并取该区间的中间值作为该月的需求值（见表 2）。

表 1 05—09 年胶粒月需求值的源数据

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
05	30	48	50	64	58	34	82	98	80	92	78	80
06	19	40	35	67	54	37	84	81	80	79	49	70
07	15	36	53	68	51	35	64	80	79	79	66	67
08	16	37	51	67	51	34	98	80	82	76	65	67
09	19	25	37	68	35	19	81	65	82	64	70	48

表 2 整理为区间数据

区间	频数	相对概率	取值点
[2,18]	2	0.0909	10
(18,34]	7	0.3182	26
(34,50]	11	0.5000	42
(50,66]	14	0.6364	58
(66,82]	22	1.0000	74
(82,98]	4	0.1818	90

根据表 2 的相对概率和取值点，我们分别采用泊松分布和模糊三角对真实的数据进行拟合。并将以上三个图像在同一个二维坐标中进行叠加（见图 1）。由图 1 我们可以非常直观地看出模糊三角对于真实数据的拟合优度要远远好于泊松分布。接下来，我们再根据数据对模糊三角和泊松分布做定量的统计分析。

2.2 模糊三角和泊松分布对真实数据拟合的定性分析

泊松分布作为概率论中的一种重要分布，在管理学、运筹学及自然科学的某些实际问题中有着广泛的应用。泊松分布常与时间单位的计数过程相联系，是在泊松过程中每单位时间的间隔内出现质点数目的计数。在自然界和人们的现实生活中，经常要遇到在随机时刻出现的某种事件，若事件流具有平稳性，无后效性，普通性，则称该事件流为泊松流。符合泊松流

的随机事件适合用泊松分布去拟合。采用泊松分布拟合真实数据的前提需要大量而准确的历史数据，这在现实情况中很难实现，并且它适用于对于数据的随机状态是完全无规律的拟合，而随机需求系统中的需求量虽然也是随机的，但随时间还是会呈现明显的淡旺季的规律性。所以泊松分布对随机需求系统的拟合程度往往失真较大。这引起了许多国内外学者对随机的、不确定的问题的研究，同时也就产生了许多研究方法和手段。

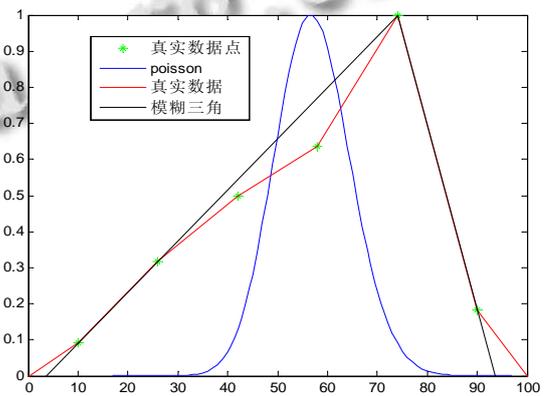


图 1 真实数据、泊松分布、模糊三角的叠加图

为了解决不确定环境下的问题，Zadeh 在 1965 年提出了模糊集的概念。定义：给定论域 X 上的“模糊集合” A 定义为：对于任意的 $x \in X$ ，都确定一个数 $u_A(x)$ ， $0 \leq u_A(x) \leq 1$ ，它表示 A 对 X 隶属度的大小，它在值域 [0,1] 区间上连续取值，不仅表明了该元素属于某一集合的模糊状态，而且说明了其属于该集合的隶属程度。运用模糊函数对随机需求系统建模有几个优点：第一，它不需要大量而准确的历史数据；第二，它可以非常好的用“模糊”的概念来拟合有一定趋势规律的“随机变量”。

2.3 模糊三角和泊松对真实数据拟合的定量分析

(1) 拟合优度比较：就用于预测的样本值，计算预测的相对百分比误差。

(2) 拟合优度 χ^2 检验

1) 对泊松拟合计算其相应的 χ^2 统计量 χ_1^2 。

则

$$\chi_1^2 = \sum_{i=1}^5 \frac{(N_i - np_i)^2}{np_i}$$

其中, N_i 表示在第 i 个区间中观测样本数; p_i 为按照假设的分布所确定的样本在该区间中出现的概率, $n = 60$ 为总的样本数, 此处 $n = 60$ 。

表3 对样本值计算相对百分比误差

区间	频数	真实数据		泊松流		模糊三角	
		总体概率	相对误差 %	总体概率	相对误差 %	总体概率	相对误差 %
[2,18]	2	0.03	0	0.0000	100.0	0.03	0.12
(18,34]	7	0.12	0	0.0006	99.44	0.11	9.50
(34,50]	11	0.18	0	0.1890	3.06	0.20	8.20
(50,66]	14	0.23	0	0.6996	199.8	0.29	24.78
(66,82]	22	0.37	0	0.1100	69.99	0.38	4.84
(82,98]	4	0.07	0	0.0008	98.81	0.08	19.98

表4 泊松分布检测统计量的计算过程

区间	频数	p_i	预计数目 np_i	$(N_i - np_i)^2 / np_i$
[2,34]	9	0.0006	0.0389	2063.2
(34,50]	11	0.1890	11.3370	0
(50,66]	14	0.6996	41.9750	18.6
(66,82]	22	0.1100	6.6015	35.9
(82,98]	4	0.0008	0.0476	328.4

则

$$\chi_1^2 = \sum_{i=1}^5 \frac{(N_i - np_i)^2}{np_i} = 2446.2$$

因此处 χ^2 分布的自由度为 $r - s - 1 = 5 - 1 - 1 = 3$, 对于 $\alpha = 0.05$, 查 χ^2 分布表得到 $\chi_{0.05, 3}^2 = 7.815$, 因为 $\chi_1^2 = 2446.2 \gg 7.815 = \chi_{0.05, 3}^2$, 故用泊松分布拟合需求在此处不合适。

2) 对模糊三角拟合计算其相应 χ^2 的统计量 χ_2^2 。

则,
$$\chi_2^2 = \sum_{i=1}^5 \frac{(N_i - np_i)^2}{np_i}$$

其中, N_i 表示在第 i 个区间中观测样本数; p_i 为按照假设的分布所确定的样本在该区间中出现的概率, $n = 60$ 为总的样本数, 此处 $n = 60$ 。

表5 模糊三角分布检测统计量的计算过程

区间	频数	p_i	预计数目 np_i	$(N_i - np_i)^2 / np_i$
[2,18]	2	0.0409	2.4558	0.0846
(18,34]	7	0.1132	6.7912	0.0064
(34,50]	11	0.1940	11.6421	0.0354

(50,66]	14	0.2749	16.4930	0.3768
(66,82]	22	0.3709	22.2541	0.0029
(82,98]	4	0.0869	5.2147	0.2829

则

$$\chi_2^2 = \sum_{i=1}^6 \frac{(N_i - np_i)^2}{np_i} = 0.7891$$

此处 χ^2 分布的自由度为 $r - s - 1 = 6 - 1 - 1 = 4$, 对于 $\alpha = 0.05$, 查 χ^2 分布表得到 $\chi_{0.05, 4}^2 = 9.488$, 因 $\chi_2^2 = 0.7891 \ll 9.488 = \chi_{0.05, 4}^2$, 故用模糊三角分布拟合需求在此处是合适的。由以上分析可以看出无论是定性分析还是定量分析, 采用模糊三角对真实需求量进行拟合, 其精度要优于泊松分布。

3 用模糊理论对最优随机需求建模

3.1 模型说明^[5]

1) 每个月的随机需求可以构成一个模糊集。模糊集中的任何一个值都有可能成为实际需求量, 但其可能性是不一样的, 这些可能性构成了对该需求的隶属度。需求点的可变消耗量用三角模糊数 $d=(d_1, d_m, d_2)$ 表示, 则隶属度表示为 $U(x_i)$: (见图 2)

$$U(x_i) = \begin{cases} (d_i - d_1) / (d_m - d_1), & d_1 \leq d_i \leq d_m \\ (d_2 - d_i) / (d_2 - d_m), & d_m \leq d_i \leq d_2 \\ 0, & d_i < d_1 \text{ and } d_i > d_2 \end{cases} \quad (1)$$

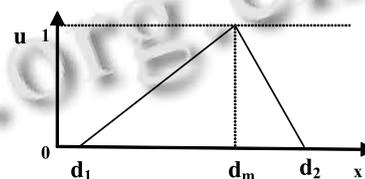


图2 隶属度

2) 考虑一年的需求, 每月产生一个需求期。一个需求期内如果实际需求大于库存, 产生缺货损失, 反之则产生库存费用。

3) 设 d_i 是需求点产生的当期消耗; w_i 是当期剩余库存; c_i 是单位库存成本; c_d 是单位商品价格; c_q 是单位缺货成本; c_o 是每一次的订购成本; Q 是需求量。第一期起始库存 $w_0 = Q$ 。

当实际需求 \geq 库存, 产生缺货费用:

$$F_{qi} = \max[c_q (d_i - w_{i-1}) + c_d Q + c_o, 0] \quad (2)$$

当实际需求 \leq 库存, 产生库存费用:

$$F_{ii} = \max[c_i(w_{i-1} - d_i), 0] \tag{3}$$

则，需求点的各项总费用为：

$$F_i = \sum_{i=1}^{12} (F_{qi} + F_{ii}) \Rightarrow \min F_i = \min F_i(d_i) \tag{4}$$

3.2 模型求解

1) d_i 是一个模糊值，因此 F_i 也是一个模糊值，需要对其进行反模糊化处理^[6]。反模糊化的方法很多，我们采用最简单的重心法先求得最优需求量下的总费用。即：

$$\min \text{def}F_i(d_i) = \frac{\sum F(d_i)u(d_i)}{\sum u(d_i)} \tag{5}$$

2) 根据最优的总费用求解最优的需求量。这里我们做这样的假设：最优的总费用是在最优的需求量下得到的；每月最优的需求量是在既不产生缺货，也不产生库存的情况下生，即：

$$\min Q = \left(\frac{\text{def}F_i(d_i)}{12} - c_o \right) / c_d \tag{6}$$

4 基于模糊三角的随机需求系统的算法设计与实现

4.1 算法设计

该最优随机需求系统的程序设计主要体现在两个算法上，第一是求解 $w[i]$ 和 $F[i]$ ；第二是计算每个月最优总费用 F_i 。需要作以下的说明：以上的最优随机需求模型是根据每个月的需求来建模的。由于在式 (5) 的求解的过程采用了对每个月所有可能的库存和缺货情况的遍历算法，按照表 2 的 6 个可能区间进行计算，需要 612 次计算量，这个计算量已经超过了目前计算机的计算能力。于是为了该系统的实现，我们对模型进行了一点改动。将求解每个月的最优需求量和总费用改为计算每个季度的最优需求量和总费用，同时表 2 的 6 个统计区间值不变。最优需求量的求解公式 (6) 变成：

$$\min Q_{\text{季度值}} = \left(\frac{\text{def}F_{\text{季度值}}(d_i)}{4} - c_{o\text{每季度采购一次}} \right) / c_d$$

改动后需要 6^4 次计算量。这样的改动满足了计算量的要求，但是舍弃了一定的精度。下面给出其该系统的算法设计。

1) 计算 $w[i]$ 和 $F[i]$ 值

其基本算法如下：

```

w[0]=Q; try{ for(int i=0;i<259;i++){
for(int k=0;k<6;k++){
if(d[k]<w[i])
{w[6*i+k+1]=w[i]-d[k];F[6*i+k+1]=C1*(w[i]-d[k]);
}
else
{w[6*i+k+1]=Q;F[6*i+k+1]=CQ*(d[k]-w[i])+CD*
Q+C0;}
}}} Catch (ArrayIndexOutOfBoundsException e){} //
抛出数组越界异常。

```

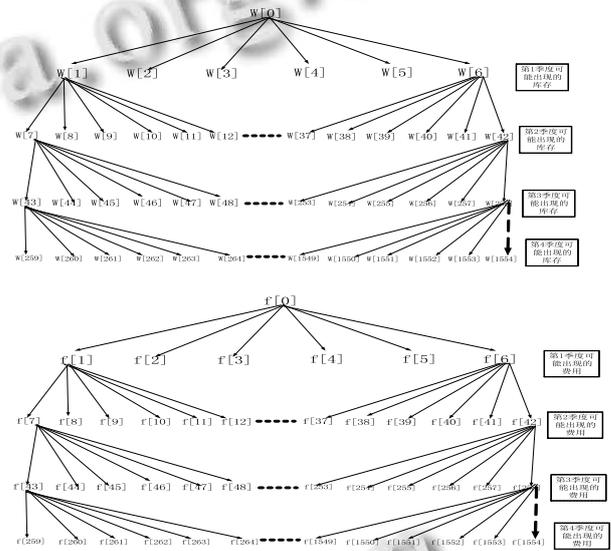


图 3 $w[i]$ 和 $F[i]$ 的算法实现

2) 每个季度的最优总费用计算（以第一个季度情况为例，其余季度类似）

① 当库存量为 $w[0]$ 时，可能出现的到该季度的库存余额为 $w[1]$, $w[2]$, $w[3]$, $w[4]$, $w[5]$, $w[6]$ 六种情况都有可能，其出现的概率分别为 $U[0]$, $U[1]$, $U[2]$, $U[3]$, $U[4]$, $U[5]$ 。

② 当库存量为 $w[0]$ 时，可能出现的该季度的费用为 $f[1]$, $f[2]$, $f[3]$, $f[4]$, $f[5]$, $f[6]$ 六种情况都有可能，其出现的概率分别为 $U[0]$, $U[1]$, $U[2]$, $U[3]$, $U[4]$, $U[5]$ 。

③ 综合分析①和②，可知第一季度的经费 $F1 = (f[1]*U[0]+f[2]*U[1]+f[3]*U[2]+f[4]*U[3]+f[5]*U[4]+f[6]*U[5]) / (U[0]+U[1]+U[2]+U[3]+U[4]+U[5])$ 。

其基本算法如下：

算法 1:

```
try {F1=(U[0]*F[1]+U[1]*F[2]+U[2]*F[3]+U[3]*F[4]+U[4]*F[5]+U[5]*F[6])*(1/(U[0]+U[1]+U[2]+U[3]+U[4]+U[5]));} catch(ArrayIndexOutOfBoundsException) {} //抛出数组越界异常
或者, 算法 2
for(int i=0;i<6;i++)
{F1=F1+(U[i]*F[i+1])*(1/(U[0]+U[1]+U[2]+U[3]+U[4]+U[5]));}
```

4.2 系统实现

表 6 05 年胶粒季度需求值的源数据

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
05年	16	48	50	64	58	34	82	98	80	92	78	80
季度均值	38			52			87			83		

系统输入为:

```
.....Random demand system based on the fuzzy theory....
<1>The optimal cost: 732000.0
<2>The optimal demand: 60.666666666666664
```

系统输出为:

```
C:\jdk\bin>javac BV_Agrithm.java
C:\jdk\bin>java BV_Agrithm 16 48 50 64 58 34 85 98 80 92 78 80 1000 2000 1000 3000
```

5 结论

1) 采用 2005 年的原始数据作为系统输入。系统需要输入 16 个值, 前 12 个是每年每个月的需求, 后四个分别是单位库存成本、单位缺货成本、单次订货费用和单位商品价格。系统会将 12 个月的需求

值转换成季度平均值, 并最终生成最优成本和最优需求量。

2) 用系统得到的最优需求量和 06 年真实数据以及采用泊松分布得到的模拟量进行对比, 证明模糊函数得到的拟合数据更贴近于真实情况, 且比泊松分布的拟合程度要好。说明该基于模糊算法的随机需求系统具有很好的实践意义。

3) 不足和改进: 该随机需求系统的模糊算法采用了遍历的算法, 这样可以得到最优值。但是因为计算机的计算能力不足, 我们在处理数据的时候只能将每个月的需求量改成每个季度的需求量, 这样就舍弃了一定的精度。下一步我们的工作优化该模糊算法, 减少运算量, 并保证系统的精度。

参考文献

- 1 于春云,赵希男,彭艳东,等.模糊随机需求模式下的扩展报童模型与求解算法.系统工程,2006,24(9):103-107.
- 2 Petrovic D, Petrovic R, Vujosevic M. Fuzzy models for the newsboy problem. International Journal of Production Economics, 1996,45(1/3):435-441.
- 3 Duttap C, Roy AR. A single-period inventory model with fuzzy random variable demand. Mathematical and Computer Modeling, 2005,41(8/9):915-922.
- 4 黎青松,袁庆达,等.结合库存策略的物流选址模型.西南交通大学学报,2000,5(3).
- 5 万志成,慕静.模糊需求下物流系统订货点量的建模与仿真.决策参考,2009,20.
- 6 朱卫锋,费奇复.物流系统订货点量建模与仿真优化.数学的实践与认识,2005,7(35).

(上接第 24 页)

4 结束语

经测试,该系统平均无故障时间大于 50 万次,换盘时间最长为 10 秒,具有运行速度快,工作稳定等特点。移植嵌入式 Linux,提高开发效率,并且开发的应用程序具有很强的可移植性,降低升级维护成本。本系统将光驱的数据通道和控制通道相分离,即使将来光驱的接口升级,也无需改变主控板,只需要将所需要的控制线和传感线从光驱引出,连接到马达板,符合低耦合、高内聚的设计思想。

参考文献

- 1 光盘库保海量数据安全.中国计算机报,2003.4:D07
- 2 张帆.基于 NAS 的光盘库系统嵌入式控制器的设计与实现[硕士学位论文].2004.
- 3 S3C2440A Datasheet.
- 4 韦东山.嵌入式 Linux 应用开发完全手册.北京:人民邮电出版社,2008.
- 5 刘升.S3C2440 平台上的视频监控系统的研究与实现.计算机技术与发展,2010:240-243.
- 6 SCSI Media Changer Commands -2(SMC-2).2003.