

基于蒙特卡洛的航次决策风险分析方法

杨 召

(江苏自动化研究所,江苏连云港 222061)

摘要:为了定量分析航次决策过程中存在的风险,给远洋运输公司提供科学的航次决策风险分析方法,文中将蒙特卡洛模拟法应用于航次收益的预估中。首先,针对远洋运输业务特征建立了航次决策风险分析模型;然后,确定出主要的风险因素及其概率分布情况并产生相应的随机数进行蒙特卡洛模拟实验;最后,根据模拟实验结果对航次决策中存在的风险进行分析。另外,文中还实现了风险分析的原型系统并结合实际航次业务数据进行应用验证,结果表明文中所提出的风险分析方法是可行的。

关键词:远洋运输;航次决策;蒙特卡洛模拟;风险分析

中图分类号:TP301

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)04-0034-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.04.009

Voyage Decision Risk Analysis Method Based on Monte Carlo

YANG Zhao

(Jiangsu Automation Research Institute, Lianyungang 222061, China)

Abstract: In order to analyze the risk in voyage decision quantitatively and provide ocean shipping enterprises with scientific voyage decision risk analysis method, pay great attention to the risk analysis of economic evaluation of voyage, by applying Monte Carlo to voyage decision. Firstly, a model for risk analysis of voyage decision is proposed in allusion to the character of ocean shipping enterprises. Then, determine the principal risk factors, figure out their probability distributions, and generate a group of random numbers for Monte Carlo Simulation. At last, the risk of economic evaluation of voyage is analyzed by the result of Monte Carlo Simulation. In addition, a prototype system of risk analysis is developed and the calculation result of the practical voyage data proves that the method proposed is feasible.

Key words: ocean shipping; voyage decision; Monte Carlo Simulation; risk analysis

0 引言

远洋运输公司在选择运输业务时,常常需要对备选航次方案的经济效益进行评估,以便做出是否承揽或承揽哪一航次的经济效益最好的决策^[1]。远洋运输业是一个资金密集型行业,每一航次所需的资金数量往往很大^[2],在航次决策中的任何失误都有可能给企业造成很大的经济损失。目前,船舶运输行业在进行航次决策时所采用的货载、航线、燃油价格等数据都是在历史数据或者决策者经验的基础上,通过预测、估算得出的,由此对航次经济指标进行预估就具有一定的不确定性,亟需相应的风险分析方法和工具为船舶运输企业的业务人员提供有力的决策支持。

在航次决策方面,陈仙桃^[3]考虑到吨位因素,利用启发式算法的思想求解船货匹配方案。姜红等^[4]指出,由于船舶所有人和租船人考虑的角度不同,相应的

估算目的和估算内容也不同,并给出了航次估算的实例。谭锋^[5]详细地分析了航次经营成本的构成,并基于利润最大化的目标构造出航次估算模型和航次计划模型。邓沂^[6]结合航运企业经营过程中的实际案例,进行了航运企业港口使费、燃油消耗、运费价格等重要风险因素的分析。然而,这些研究都没有考虑航次决策中的风险因素,或者仅仅对航运企业的风险进行分析而忽略了某一具体航次的经济风险。

蒙特卡洛模拟(Monte Carlo Simulation),又称随机模拟法,它利用随机数进行统计实验,以求得统计特征值作为待解问题的数值解。近年来,该方法被广泛运用到工程项目管理与决策领域。Florica Luban使用蒙特卡洛模拟方法估计一个净现值的概率分布,并设计出工程风险分析的模型与计算机程序,最终得出了决策者对风险的偏好对决策模型具有一定影响的结

收稿日期:2014-06-05

修回日期:2014-09-09

网络出版时间:2015-02-23

基金项目:总装“十二五”装备预先研究项目(51319080202)

作者简介:杨 召(1987-),男,硕士研究生,研究方向为信息管理、决策支持系统、软件测试。

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150223.1239.027.html>

论^[7]。K. Rezaie 等^[8]提出了一种扩展的蒙特卡洛模拟方法,即用旋转算法对传统的蒙特卡洛模拟进行智能化改进,解决了项目风险变量之间的相关性,使得建立的效用指标模型更加接近现实,从而使决策和风险分析变成基于现实和可能的模式,更好地辅助决策者进行风险管理和决策。Kim Bang Salling^[9]研究了应用蒙特卡洛模拟对运输系统进行风险分析的问题,他其实是在 CBA-DK 框架模型内阐述了采用蒙特卡洛模拟来进行风险分析的结果。

文中结合远洋运输行业的业务特点,首次将蒙特卡洛模拟法应用于航次决策,并详细阐述了风险分析的思想和求解方法,最后在工程实现的基础上选择某远洋运输公司的业务实例进行应用验证,结果表明文中的研究成果科学有效。

1 问题描述及风险分析模型

1.1 航次决策问题描述

文中主要研究不定期船舶运输方式下船舶承租人的决策方式。不定期船舶运输企业的航次决策主要包括船货匹配、航次预估和航次优选;首先,对备选货物和船舶进行匹配,获得初步船货匹配方案;其次,根据当前待选航次的货运量、运费率以及船舶本身的有关数据,估算各航次方案的经济指标,即航次预估;最后,在航次预估结果的基础上,决策主体依据决策目标最大化的原则,对航次是否可行进行决策^[10]。风险分析正是针对航次预估结果的不确定性进行量化分析,辅助航次优选决策。

1.2 航次决策风险分析模型

蒙特卡洛模拟法的第一步是构建风险分析模型,构建航次风险分析模型的过程包括航次决策模型的设计和风险分析指标的确定。

(1) 航次决策数学模型。

设计航次决策数学模型,即建立航次决策的目标经济指标与决策因素之间的数学公式。结合远洋运输企业的航次决策业务流程,文中给出航次时间、航次成本、运费等经济指标的计算模型。

定义 1:航次时间(totalT)。

航次时间包括航行时间、在港时间和其他时间。其中,航行时间分为压载航行时间和满载航行时间,在港时间包括货物装卸时间和额外时间,其他时间包括加油时间等。

$$\text{total}T = T_b + T_1 + T_{ip} + T_{wp} \quad (1)$$

其中, T_b 表示压载航行时间; T_1 代表满载航行时间; T_{ip} 代表在港空转时间; T_{wp} 代表在港作业时间。

定义 2:航次燃料费用(BC)。

航次燃料消耗包括航行和在港时消耗的燃油和柴

油,根据航行时间、燃油价格和燃油消耗定额可以计算出燃料费用。

$$\text{BC} = \text{FOA} * \text{foaP} + \text{FOR} * \text{forP} + \text{DOA} * \text{doaP} + \text{DOR} * \text{dorP} \quad (2)$$

其中, FOA 表示燃油加油量; foaP 表示燃油加油单价; FOR 表示原存加油量; forP 表示原存燃油单价; DOA 表示柴油加油量; doaP 表示柴油加油单价; DOR 表示原存柴油量; dorP 表示原存柴油单价。

定义 3:航次费用支出(VD)。

$$\text{VD} = D_p + D_c \quad (3)$$

其中, D_p 表示船舶停泊港口期间,使用港口提供的各种设施和服务所支付的费用; D_c 表示船舶途经运河所需支付的费用。

定义 4:航次成本摊销(CA)。

航次摊销成本指航次运输过程中单位重量货物需要摊派的成本费用。

$$\text{CA} = (\text{tcHC} + \text{FT} + \text{VD} + \text{BC} + \text{OC} + \text{FC}) / \sum Q_i \quad (4)$$

其中, tcHC 表示船舶租金; FT 表示货物税款; VD 表示固定的费用支出; OC 表示其他费用支出; FC 表示承运货物所付佣金; Q_i 表示第 i 种货物吨重。

(2) 航次决策分析指标。

不同航运企业在航次决策时所关注的经济指标并不相同,有的是考虑利润最大化,有的是航次时间最短,更为普遍的是基于多目标的航次决策。文中参考经济学中的投资利润率,设计出航次决策风险分析的指标,即航次收益率。

定义 5:航次收益率(ROI_v)。

根据经济学中的投资利润率指标,文中将货物运费率与航次成本摊销的比值定义为航次收益率,记为 ROI_v。

$$\text{ROI}_v = R / \text{CA} = R \sum Q_i / (\text{tcHC} + \text{FT} + D + \text{BC} + \text{OC} + \text{FC}) \quad (5)$$

其中, R 表示货物运费率,即单位货物的收益; CA 表示航次成本摊销。

(3) 航次决策风险因素分析。

航次决策风险分析模型的输入因素有很多,根据取值方式的不同将这些因素划分为三类,见表 1。

表 1 航次决策风险分析模型的输入因素分类表

模型输入因素分类	包含内容	输入方式
直接输入因素	船舶(日租金除外)数据、货物(数量除外)的基本数据及各港口间距	基础数据库输入
人工干预因素	船舶日租金、港口使费、单位时间油耗	人工输入
经验输入因素	各港口间距、各港口停靠及装卸时间、装卸率、燃油单价	人工输入

在确定风险因素时,首先要考虑该风险因素变化的可能性。由于基础数据库中数据的变化可以忽略不计,文中选取人工干预因素和经验修正因素作为风险因素。

2 蒙特卡洛模拟过程

2.1 风险因素敏感性分析

在确定航次决策的风险因素时,除了要求风险因素变化的可能性较大以外,还要求该因素对效果预期影响是否较大。因此,需要对风险因素进行敏感性分析,才能进一步确定航次的主要风险因素。设风险因素为 x , 敏感度为 Sen_x , 则有:

$$Sen_x = \frac{\partial ROI_V}{\partial x}$$

若敏感度大于决策者设定的风险阈值,则认为该风险因素是主要风险因素,否则就不是。

2.2 主要风险因素概率分布

风险因素概率分布的测定是决定风险估计结果是否有效的关键。一般来说,获得风险因素的概率分布有两种途径:一是利用已有数据资料分析风险因素的概率,即客观概率法;二是依靠个人主观判断获得风险因素的概率,称为主观概率法^[11]。

2.2.1 客观概率分布求解

燃油价格、运费率等风险因素存在大量的历史数据,通过对这些历史数据进行抽样统计,分析出风险因素的概率分布。具体步骤如下^[12-13]:

(1) 收集原始数据样本,为了确保样本数据能够充分反映总体的分布特征,样本的数据量越大越好,一般来说不得少于 50。记样本数据为 $\{x_i\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

(2) 概率分布拟合。

初步假定风险因素的分布服从某种常见的概率分布类型,然后对这种粗略估计的合理性进行检验,即假设检验。具体步骤如下:

步骤一:给出原假设,假设总体 X 服从某种分布,即:

$$H_0: \text{总体 } X \text{ 的分布函数为 } F(x)$$

步骤二:根据样本值,将总体 X 的所有可能取值 $(-\infty, +\infty)$ 分成 k 个两两不相交的集合 A_1, A_2, \dots, A_k , 记样本 x_1, x_2, \dots, x_n 落在 A_i 的实际频数 f_i , 则频率为 f_i/n , 其中, $k = 1 + 3.3 \log_{10} n$, $i = 1, 2, \dots, k$ 。

步骤三:由于总体 X 落在 A_i 的理论概率 $p_i = P(A_i)$, 则样本 x_1, x_2, \dots, x_n 落在 A_i 的理论频数为 np_i , 其中 $i = 1, 2, \dots, k$; 此时可以构造出检验统计量: $\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - np_i)^2}{np_i}$ 。当原假设 H_0 为真时,上述统计量近

似服从自由度为 $k - r - 1$ 的 χ^2 分布, r 是求解风险因素的概率分布时所需要估计的参数个数。

在检验水平 α 下,根据分布表得到 $\chi_{1-\alpha}^2(k - r - 1)$, 同时将 f_i 和 np_i 代入求解检验统计量,其中 p_i 通常由假设的分布函数近似估计。

步骤四:如果 $\chi^2 > \chi_{\alpha}^2(k - r - 1)$, 则拒绝原假设,重新选择分布类型进行拟合;否则接受假设,认为总体 X 服从分布 $F(x)$ 。

2.2.2 主观概率分布求解

航次决策过程中的其他因素如港口使用费、在港时间的变化往往是随机的,无法依据大量的历史数据进行分析和预估。所以,文中采用主观概率法来确定这些风险因素的概率分布,即依据决策人员的主观经验估算出它们的概率分布。

三角形分布是应用较广的主观概率分布,其优点是:只需提供最小值、最可能值和最大值三个数值,无需直接给出具体的概率,因此可减少计算工作量和人为影响^[14]。

以在港时间因素为例,首先利用航次决策的数学模型估计出在港时间的可能值 m , 然后由决策者根据经验给出了最低值 a 和最高值 b , 最后则可得出在港时间的概率密度函数。

2.3 主要风险因素的随机抽样

在求得主要风险因素概率分布的基础上就可以进行随机抽样和蒙特卡洛模拟试验。设随机变量 x 的概率分布为 $\Phi(x)$ 。由于 $\Phi(x)$ 是非减函数,且值域为 $[0, 1]$, 故其逆函数 $\Phi^{-1}(x)$ 在 $[0, 1]$ 上有定义。设 r 是 $[0, 1]$ 上均匀分布的随机变量,则有:

$$\Pr\{\Phi^{-1}(r) \leq y\} = \Pr\{r \leq \Phi(y)\} = \Phi(y) \quad (6)$$

那么变量 $x = \Phi^{-1}(r)$ 的概率分布函数为 $\Phi(x)$ 。由此,要产生服从分布为 $\Phi(x)$ 的随机数,只需产生 $[0, 1]$ 上的均匀分布的随机数 r , 然后由 $\Phi^{-1}(r)$ 求得,这种产生随机数的方法称为逆变换法^[15], 适合离散型概率分布求解。实际工程计算中往往使用 Matlab、Excel 等软件产生各种常用分布的随机数。

2.4 航次收益率的随机模拟

以所有风险因素的随机抽样为风险评价的基础数据进行蒙特卡洛模拟。将 N 组随机抽样值分别代入航次决策风险分析模型,得到航次收益率的 N 组统计特征值,即:

$$\begin{cases} y_1 = g(x_1^1, x_2^1, \dots, x_m^1) \\ y_2 = g(x_1^2, x_2^2, \dots, x_m^2) \\ \dots \\ y_n = g(x_1^n, x_2^n, \dots, x_m^n) \end{cases} \quad (7)$$

确定实验次数 N 是一个以经济评价指标为样本总体的样本容量确定问题。在置信度为 α , 允许误差 Δ 给定时, 样本数量即模拟次数 N 的计算公式为:

$$N = \frac{u_{\frac{\alpha}{2}}^2 \sigma^2}{\Delta^2}$$

其中, σ^2 是指航次收益率的个体观测值的方差, 在模拟之前是未知的。因此, 需要用初始实验次数为 N_0 的模拟方差 $S_{N_0}^2$ 替代 σ^2 来求解 N^1 。在此基础上模拟 N^1 次, 再判断模拟精度是否达到要求。

如果满足要求, 则停止; 否则重复上述步骤直到得到最终解为止。

2.5 航次决策风险评估

将模拟所得的航次收益率的随机抽样由小到大进行排列, 计算累计概率、绘制累计概率图和直方图, 并计算评价指标的期望值、方差。其中, 样本均值为 $E(y) = \bar{y} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_i$, 样本方差为 $S_y^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y})^2$ 。

在模拟结果的基础上, 就可以计算该航次实际能够达到某个收益水平的概率, 如果概率值超过给定的阈值, 则认为该航次不仅达到决策经济目标, 且风险不大, 是可行的; 否则, 认为该航次不可行, 需要选择其他航次进行决策。

3 应用验证

为了验证航次决策风险分析方法的科学性和有效性, 文中选取了 Uniwell (H. K.) 远洋运输公司在 2013 年 8 月 3 号的一单运输业务作为验证对象, 决策者根据历史数据估算出该航次收益率为 17.01%, 超过预期值, 认为该航次是可行的。

首先, 选取燃油价格、在港时间和运费率三个风险因素为主要风险因素, 并确定出其概率分布和随机抽样。共进行拟合实验 1 030 次, 有效数据共 1 025 组, 系统根据模拟结果求得航次收益率的概率分布类型为正态分布, 因此可以求出航次收益率大于等于 17% 的概率为 18.26%。据此可以断定, 本航次具有很大的风险, 不可行。

事实上, 根据 Uniwell 公司提供的资料显示, 该航次最终的收益率为 6.34%, 由此证明文中提出风险分析方法是有效的, 具有一定的使用价值。

4 结束语

文中通过将蒙特卡洛模拟法应用于航次决策的风险分析中, 确定航次决策中的风险因素, 并通过大量的重复实验, 模拟出航次经济指标的随机抽样, 计算出航次估算中所存在的风险, 而且, 在航次决策的风险分析中, 避免过度依赖业务人员的经验可能带来的不合理性和主观性, 充分利用了过往航次留下的大量历史数据, 使得风险分析更加可靠, 减少了航次决策的失误率和不必要的经济损失。

参考文献:

- [1] 屠琳桓. 航次估算及应用思路的探讨[J]. 广州航海高等专科学校学报, 2008, 16(1): 29-31.
- [2] 胡正华. 航次决策支持系统分析与设计[J]. 世界海运, 2002, 26(2): 18-19.
- [3] 陈仙桃. 面向远洋运输业的船货匹配方法研究及应用[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.
- [4] 姜 红, 王戈梁. 浅析航次估算[J]. 世界海运, 2004, 27(3): 29-30.
- [5] 谭 锋. 船舶航次经营辅助决策研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
- [6] 邓 沂. 航运企业全面风险管理研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2006.
- [7] Luban F. Integrated decision analysis procedure for investment projects[J]. Risk Management, 2008(10): 776-780.
- [8] Rezaie K, Amalnik M S, Gereie A, et al. Using extended Monte Carlo simulation method for the improvement of risk management; consideration of relationships between uncertainties[J]. Applied Mathematics and Computation, 2007, 190: 1492-1501.
- [9] Salling K B. Risk analysis and Monte Carlo simulation within transport appraisal [D]. Denmark: Technical University of Denmark, 2008.
- [10] 杨 召. 基于蒙特卡洛模拟的航次决策风险分析方法及应用研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2012.
- [11] Jorion P. VAR—the new Benchmark for managing financial risk [M]. New York: McGraw-Hill Company Ins, 1997.
- [12] 周 燕. 基于风险分析的公路建设项目经济评价方法研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2007.
- [13] 陈丹妮. 基于不确定环境下的湘渝货运新航线经济性分析[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.
- [14] 姚祖洪. 国际干散货航运市场研究[D]. 上海: 上海海运学院, 2002.
- [15] 苏绍娟. 沿海干散货船舶运输的不确定性分析方法研究及应用[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.

基于蒙特卡洛的航次决策风险分析方法

作者: [杨召, YANG Zhao](#)
作者单位: [江苏自动化研究所, 江苏 连云港, 222061](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) ISTIC
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2015(4)

引用本文格式: [杨召, YANG Zhao](#) [基于蒙特卡洛的航次决策风险分析方法](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(4)