

基于 GM(1 ,1) -马尔可夫模型的山东省 货物运输保险市场需求预测分析

吕子璇 锁彤佳 刘 伟

(鲁东大学 数学与统计科学学院 山东 烟台 264039)

摘要:近几年 在互联网背景下货物运输行业蓬勃发展,但货车侧翻、自燃等意外事故导致货物受损的事件也频繁发生。购买货物运输保险是一种降低此类风险的有效途径。本文通过对 2005—2019 年山东省货物运输保险需求相关指标数据的收集,运用多元线性回归与灰色 GM(1 ,1) 相结合的方式,建立货物运输保险需求预测模型,并利用马尔可夫过程对预测误差进行优化处理,得到预测效果较好的货物运输保险需求预测模型。

关键词:多元线性回归;灰色 GM(1 ,1);马尔可夫链;货物运输保险

中图分类号:Q213;F842.6 文献标志码:A 文章编号:1673-8020(2022) 01-0043-07

货物运输保险归属于财产保险类,其保险标的是在运输途中的货物。当被保货物在运输过程中由于意外造成损失,且符合保险合同赔偿条例,则由承保人进行风险承担以及赔付。保险业的发展起源于海上货物保险,随着运输方式的不断增多,海上货物保险逐渐演变成了现如今以海、陆、空三大运输方式为主的货物运输保险。货物运输保险的发展与我国经济发展、人口结构休戚相关。研究货物保险发展潜力不仅能够洞悉物流经济的升级趋势,而且对保险公司不断细化保险产品、加快自身发展有着重要意义。

近年来,学术界以及保险公司对于货物运输保险的研究主要集中在发展影响因素分析及保险利益问题上。文献[1]从经济环境、保险需求及保险供给 3 个方面建立了时间序列模型,对我国货运险的发展因素进行了分析;文献[2]利用因子分析法提取了安徽省货物运输保险发展影响因素;文献[3]通过建立多元回归模型,说明了在电子商务背景下货物运输保险的发展因素;文献[4—6]对货物运输保险的保险利益进行了探究。本文将在研究货物运输保险发展因素的基础上,对货物运输保险市场需求进行预测分析,为挖掘此项保险的市场潜力提供数据支持。

据 2020 年中国统计年鉴数据显示,山东省在 2019 年的货运量达到近 31 亿 t,仅次于制造业较发达的广东省和安徽省。这使得山东省具有较大的货物运输保险需求,其市场前景较为可观。2019 年统计数据显示,山东省全年财险收入达 865.362 亿元,而货物运输保险仅占 0.98%,说明山东省货物运输保险发展较为缓慢,应对其市场加强刺激。因此,对山东省货物运输保险需求进行预测分析,不仅能够保障货主的经济利益,而且有利于商品交易和运输业的正常发展。本文以山东省近 15 年的货物运输保险发展为研究背景,综合考量多方信息构建影响货物运输保险的指标体系,首次使用 GM(1 ,1) 回归对货物运输保险需求进行预测,并使用马尔可夫链优化预测误差,从而得到预测效果较好的货物运输保险需求预测模型。

1 货物运输保险需求指标体系的变量选取

1.1 数据来源

由于 2020 年数据缺失,为了降低缺失值对模型的影响,本文直接选取了中国统计年鉴、中国保险年

收稿日期:2021-04-19;修回日期:2021-11-01

基金项目:山东省自然科学基金(ZR2019MA049)

第一作者简介:吕子璇(1997—),女,新疆昌吉人,硕士研究生,研究方向为科学计算与数据分析。E-mail:lvzixuan0513@163.com

通信作者简介:刘伟(1981—),女,山东临朐人,副教授,硕士研究生导师,博士,研究方向为科学计算与数据分析。E-mail:sdu_

liuwei@163.com

鉴中 2005—2019 年山东省的时间序列数据作为原始样本。

1.2 指标选取

保险需求的直观货币体现就是保费收入, 本文将货物运输保费收入(y , 单位: h 万元) 作为被解释变量。保险密度(保费收入/人口数量) 和保险深度(保费收入/国内生产总值) 也常作为保险行业主要的研究对象, 但由于两者侧重说明保险在社会的普及程度, 且分析角度较宏观, 因此本文不考虑这两个因素。

通过相关文献研究成果^[1-2,7]以及专家意见(高校专业研究人员、保险公司业务人员) 进行货物运输保险需求因素分析, 本文将从 4 个方面选取解释变量: 经济发展水平、交通运输发展程度、保险市场需求因素、人口规模。根据指标可量化以及科学真实的原则, 从中提取了 11 个指标作为解释变量, 分别为: 进出口总额在 GDP 中占比(x_1)、城镇居民年人均可支配收入(x_2 , 单位: 元)、农村居民年人均可支配收入(x_3 , 单位: 元)、交通运输、仓储和邮政业增加值(x_4 , 单位: 亿元)、规模以上各工业企业主营业务收入年平均收入(x_5 , 单位: 亿元)、交通事故平均每次直接财产损失(x_6 , 单位: 万元)、普通高校(本科/专科) 毕业生人数(x_7 , 单位: 万)、货运量(x_8 , 单位: 万 t)、货运周转量(x_9 , 单位: 亿 t·km⁻¹)、常住总人数(x_{10} , 单位: 万)、交通运输行业人数(x_{11} , 单位: 万), 见图 1。

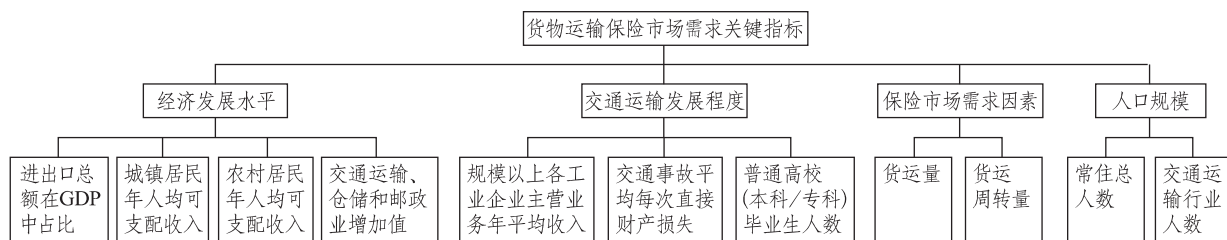


图 1 货物运输保险市场解释变量选取

Fig.1 Selection of explanatory variables in cargo transportation insurance market

2 货物运输保险需求预测模型

通过建立多元线性回归模型, 在排除多重共线性后得到与被解释变量相关性较强的部分解释变量; 使用 GM(1, 1) 模型对其序列进行预测, 再将解释变量代入回归方程中预测被解释变量; 最后, 利用马尔可夫模型对预测误差进行修正, 得到基于 GM(1, 1) 回归的货物运输保险需求预测模型。

2.1 灰色 GM(1, 1) 预测模型

1982 年, 邓聚龙教授首次提出灰色系统理论, 该理论允许未知信息的存在, 能够对某些复杂现象进行中长期预测。灰色 GM(1, 1) 预测是基于灰色系统建立的, 不需要大量样本支撑, 原理简单、适用性强, 各界学者将其广泛运用到实际研究中^[8-13]。货物运输保险需求与经济、市场以及人口息息相关, 其内部既有确定的又有未知的变化规律, 所以使用灰色 GM(1, 1) 模型预测货物运输保险需求是可行的。灰色 GM(1, 1) 模型的构建步骤如下:

1) 通过级别检验分析模型可行性。已知时间序列 $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$ (n 表示观测值的个数), 首先进行级别 $\sigma(k)$ 的计算, 其中 $\sigma(k) = \frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)}$, $k = 1, 2, \dots, n$ 。对 $\forall k$, 若 $\sigma(k) \in (e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}})$, 则建立 GM(1, 1) 模型。

2) GM(1, 1) 白化方程建立与检验。对 $X^{(0)}$ 做一次累加, 生成序列 $X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots,$

$x^{(1)}(n)$ 其中 $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad k=1, 2, \dots, n$ 。

设 $Z^{(1)} = \{z^{(1)}(1), z^{(1)}(2), \dots, z^{(1)}(n)\}$ 为 $X^{(1)}$ 的背景值, 其中 $z^{(1)}(k) = \frac{1}{2}(x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1))$,

则 GM(1,1) 白化方程为: $\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = \mu$ 这里 a 称为发展灰数 μ 称为内生控制灰数^[14]。设 $\hat{\alpha} = \begin{pmatrix} a \\ \mu \end{pmatrix}$ 为

待估参数向量 根据最小二乘法求得 $\hat{\alpha} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n$, 其中,

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & -z^{(1)}(3) & \cdots & -z^{(1)}(n) \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \end{bmatrix}^T, Y_n = [x^{(0)}(2) \quad x^{(0)}(3) \quad \cdots \quad x^{(0)}(n)]^T。$$

求解白化方程, 进一步得到相应的 GM(1,1) 灰色微分方程的时间响应序列:

$$\hat{x}^{(1)} = \left[x^{(1)}(0) - \frac{\mu}{a} \right] e^{-ak} + \frac{\mu}{a}。$$

取 $x^{(1)}(0) = x^{(0)}(1)$, 则 $\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{\mu}{a} \right] e^{-ak} + \frac{\mu}{a} \quad k=1, 2, \dots, n-1$ 。再做累减还原, 可得预测方程为:

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{\mu}{a} \right] (1 - e^{-a}) e^{-ak} \quad k=1, 2, \dots, n。$$

3) 检验灰色 GM(1,1) 模型。计算相对残差:

$$\varphi(i) = \frac{|X^{(0)}(i) - \hat{X}^{(0)}(i)|}{X^{(0)}(i)} \times 100\%, \quad i=1, 2, \dots, n。$$

式中, $\hat{X}^{(0)}(i)$ 代表序列的预测。计算得到的相对残差 $\varphi(i)$ 越小, 灰色 GM(1,1) 模型预测精度就越高。

2.2 灰色状态马尔可夫模型

计算 GM(1,1) 回归预测值与实际值之间的相对误差, 利用灰色状态马尔可夫理论对相对误差的状态进行划分, 通过状态转移概率对预测值进行优化, 从而减小预测模型的误差。

1) 相对误差状态划分

相对误差 $\Delta^0(t)$ 为非平稳随机序列。将其分为 n 个状态, 状态集合 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, 其中 $S_i = [e_i^1, e_i^2]$, e_i^1 和 e_i^2 分别是 S_i 的上限和下限。一般情况下 $n=3, 4, 5$ 。

2) 计算状态转移概率矩阵

若马尔可夫链在时刻 $(t-1)$ 的状态为 S_i , 在时刻 t 转移到状态 S_j , 则转移概率为 $p_{ij} = (X_t = S_j | X_{t-1} = S_i)$, $i, j=1, 2, \dots, n$ 。一步状态转移概率矩阵定义为

$$P^{(1)} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}, \quad p_{ij} \geq 0, \quad \sum_{j=1}^n p_{ij} = 1。 \quad (1)$$

一般通过式(1)得到下一步的状态 S_j , 根据最大概率准则, 选择 $\max\{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in}\}$ 所对应的状态作为预测对象状态。若最大元素不止一个, 则计算第2步概率矩阵, 直至预测状态概率有唯一最大值。 n 步状态转移概率计算公式为 $P^{(n)} = [P^{(1)}]^n$, n 为正整数。

3) 计算修正后预测值

假设下一步预测状态为 S_j , 则修正后预测值为:

$$\hat{L}(k) = \frac{\hat{x}^{(0)}(k)}{1 \pm 0.5 |e_j^1 + e_j^2|}, \quad (2)$$

其中, $\hat{x}^{(0)}(k)$ 为修正前灰色模型预测值。当 $\hat{x}^{(0)}(k)$ 大于实际值时, 式(2)取正号, 小于实际值时则取

负号。

货物运输保险市场需求预测建模过程,如图 2 所示。

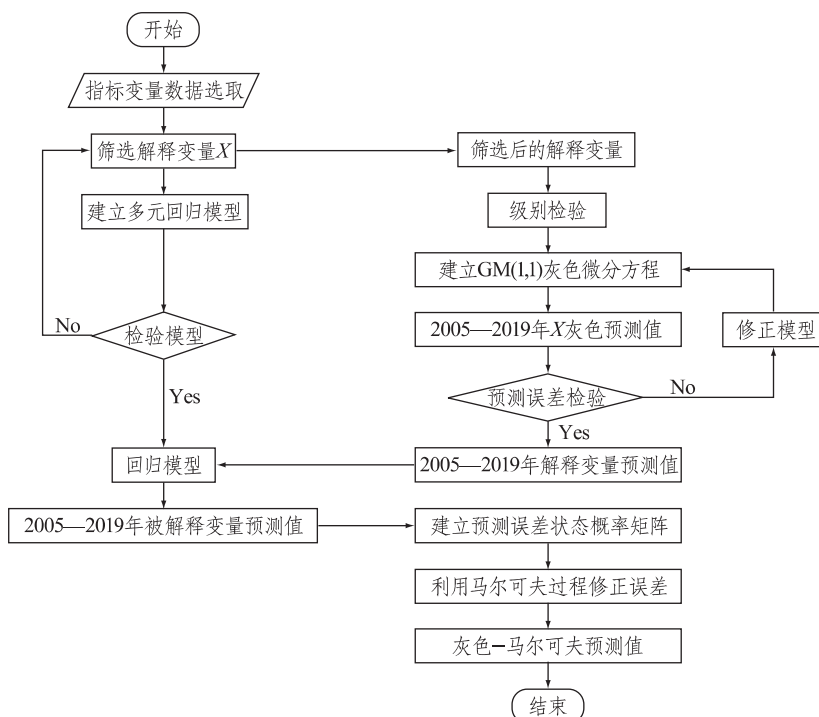


图 2 货物运输保险市场需求预测建模过程

Fig.2 Modeling process of cargo transportation insurance market demand forecast

3 山东省货物运输保险需求预测实例

根据选取的指标变量,收集 2005—2019 年山东省相关数据,建立基于 GM(1,1) 回归的货物运输保险需求预测模型。

3.1 多元线性回归方程

通过自变量筛选及模型检验,得到回归方程为

$$y = 417.563 + 53.258x_1 + 0.232x_4 + 50.035x_5 - 0.017x_{10} \quad (3)$$

经检验,各变量之间不存在多重共线性,且方程(3)拟合效果较好,调整后的拟合优度 $R^2 = 0.884$,各变量均通过了显著性检验,见表 1。由表 1 可以判断方程(3)可对货物运输保险需求进行预测。

表 1 多元线性回归方程显著性检验

Tab.1 The significance test of multiple linear regression equations

| 显著性检验 | 整体方程 F 检验 | t 检验(x_1) | t 检验(x_4) | t 检验(x_5) | t 检验(x_{10}) |
|-------|------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| P 值 | 2.173×10^{-5} | 0.045 1 | 0.000 1 | 0.017 6 | 0.037 4 |

3.2 解释变量灰色 GM(1,1) 预测

通过多元回归分析,最终得到对 y 有显著影响的 4 个解释变量:进出口总额在 GDP 中占比、交通运输、仓储和邮政业增加值、规模以上各工业企业主营业务收入、常住总人数。以上各序列均通过级别检验,故本文利用灰色 GM(1,1) 对 4 个解释变量进行预测^[15]。2005—2019 年预测结果及残差检验

值如表 2 所示。

表 2 2005—2019 年关键指标 GM(1,1) 预测值及相对残差序列

Tab.2 GM(1,1) predicted value and relative residual sequence of key indicators from 2005 to 2019

| 年份 | $x_1/\%$ | $\varphi_1/\%$ | $x_4/\text{亿元}$ | $\varphi_4/\%$ | $x_5/\text{亿元}$ | $\varphi_5/\%$ | $x_{10}/\text{万}$ | $\varphi_{10}/\%$ |
|------|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 2005 | 8.52 | 0.00 | 869.2 | 0.00 | 1.09 | 0.00 | 4 162.00 | 0.00 |
| 2006 | 8.64 | 0.13 | 1 078.3 | 0.32 | 1.21 | 1.38 | 9 315.96 | 0.07 |
| 2007 | 8.79 | 0.25 | 1 231.7 | 0.38 | 1.38 | 1.41 | 9 374.76 | 0.08 |
| 2008 | 8.86 | 0.07 | 1 589.6 | 0.41 | 1.46 | 0.33 | 9 433.93 | 0.18 |
| 2009 | 8.14 | 1.79 | 1 621.1 | 0.26 | 1.57 | 0.90 | 9 493.47 | 0.25 |
| 2010 | 8.26 | 0.10 | 1 727.4 | 0.05 | 1.79 | 5.78 | 9 553.39 | 0.36 |
| 2011 | 8.51 | 1.10 | 1 968.6 | 0.34 | 2.75 | 1.28 | 9 613.69 | 0.24 |
| 2012 | 8.01 | 0.53 | 2 139.5 | 0.31 | 3.14 | 0.05 | 9 674.37 | 0.11 |
| 2013 | 7.62 | 0.18 | 2 046.1 | 0.60 | 3.28 | 0.46 | 9 735.43 | 0.02 |
| 2014 | 7.39 | 0.91 | 2 279.8 | 0.23 | 3.48 | 0.91 | 9 796.88 | 0.08 |
| 2015 | 6.01 | 2.80 | 2 437.5 | 0.05 | 3.54 | 0.84 | 9 858.71 | 0.12 |
| 2016 | 5.78 | 0.71 | 2 667.8 | 0.11 | 3.77 | 0.98 | 9 920.93 | 0.26 |
| 2017 | 6.19 | 0.54 | 3 218.9 | 0.07 | 3.74 | 1.29 | 9 983.55 | 0.22 |
| 2018 | 6.49 | 0.43 | 3 382.4 | 0.07 | 3.52 | 1.20 | 10 046.56 | 0.00 |
| 2019 | 6.43 | 0.27 | 3 638.9 | 0.08 | 3.44 | 0.77 | 10 109.97 | 0.40 |

由表 2 可以看出,各序列预测值的误差大部分控制在 0.5% 以内,且 4 个关键指标的灰色 GM(1,1) 预测通过了后验差检验。

3.3 灰色-马尔可夫模型修正预测值

将由 GM(1,1) 模型得到的灰色解释变量预测值代入回归方程(3)中,得到货物运输保险保费收入的回归预测值,计算 2005—2019 年实际值与预测值的相对误差。

根据非平稳相对误差序列划分马尔可夫状态。将相对误差 $\Delta^0(t)$ 按等距离划分为 4 个区间,分别对应 4 个状态,其中 $S_1 \rightarrow [0.00, 0.05)$, $S_2 \rightarrow [0.05, 0.10)$, $S_3 \rightarrow [0.10, 0.15)$, $S_4 \rightarrow [0.15, 0.20]$ 。

根据相对误差得到 2005—2019 年山东省货物运输保险保费收入的预测误差状态,见表 3。

表 3 解释变量的 GM(1,1) 回归预测误差所处状态

Tab.3 The GM(1,1) regression prediction error state of explanatory variables

| 年份 | 预测误差 | 状态 | 年份 | 预测误差 | 状态 | 年份 | 预测误差 | 状态 |
|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
| 2005 | 0.00 | S_1 | 2010 | 0.01 | S_1 | 2015 | 0.01 | S_1 |
| 2006 | 0.16 | S_4 | 2011 | 0.01 | S_1 | 2016 | 0.07 | S_2 |
| 2007 | 0.11 | S_3 | 2012 | 0.01 | S_1 | 2017 | 0.18 | S_4 |
| 2008 | 0.12 | S_3 | 2013 | 0.12 | S_3 | 2018 | 0.07 | S_2 |
| 2009 | 0.16 | S_4 | 2014 | 0.03 | S_1 | 2019 | 0.10 | S_2 |

根据上述状态转移,得到状态转移概率矩阵

$$P^{(1)} = \begin{bmatrix} 0.50 & 0.17 & 0.17 & 0.17 \\ 0.00 & 0.50 & 0.00 & 0.50 \\ 0.33 & 0.00 & 0.33 & 0.33 \\ 0.33 & 0.33 & 0.33 & 0.00 \end{bmatrix}, P^{(2)} = [P^{(1)}]^2 = \begin{bmatrix} 0.361 & 0.222 & 0.194 & 0.222 \\ 0.167 & 0.417 & 0.167 & 0.25 \\ 0.389 & 0.167 & 0.278 & 0.167 \\ 0.278 & 0.222 & 0.167 & 0.333 \end{bmatrix}.$$

已知 2005 年预测误差处于状态 S_1 , 根据状态转移概率矩阵^[16] 可得 2006 年货物运输保险保费收入预测误差处于 4 个状态时的概率分别为 $[0.683, 0.132, 0.071, 0.114]$ 。结合式(2)以及原始数据,得到 2006 年货物运输保险保费收入的灰色-马尔可夫修正预测值 $\hat{y} = 203.05$ 。以此类推,按照 GM(1,1) 回归-马尔可夫修正模型计算,分别得到 2007—2019 年山东省货物运输保险保费收入预测值,预测结果见表 4。

表 4 货物运输保险保费收入预测值及相对误差

Tab.4 Forecast value and relative error of freight insurance premium income

| 年份 | 实际保费收入/h 万元 | GM(1,1) 回归模型 | | 马尔可夫修正 | |
|------|-------------|--------------|------|-----------|------|
| | | 保费预测/h 万元 | 相对误差 | 保费预测/h 万元 | 相对误差 |
| 2005 | 218.99 | 218.99 | 0.00 | 218.99 | 0.00 |
| 2006 | 228.07 | 190.80 | 0.16 | 203.05 | 0.11 |
| 2007 | 271.95 | 241.91 | 0.11 | 259.71 | 0.05 |
| 2008 | 297.20 | 331.75 | 0.12 | 279.30 | 0.06 |
| 2009 | 262.06 | 305.19 | 0.16 | 281.07 | 0.07 |
| 2010 | 349.89 | 346.23 | 0.01 | 347.78 | 0.01 |
| 2011 | 456.97 | 462.56 | 0.01 | 459.65 | 0.01 |
| 2012 | 499.39 | 494.09 | 0.01 | 497.60 | 0.00 |
| 2013 | 521.05 | 457.56 | 0.12 | 509.83 | 0.02 |
| 2014 | 523.49 | 508.53 | 0.03 | 517.60 | 0.01 |
| 2015 | 477.79 | 473.60 | 0.01 | 476.90 | 0.00 |
| 2016 | 492.14 | 525.27 | 0.07 | 487.54 | 0.01 |
| 2017 | 569.45 | 672.54 | 0.18 | 592.83 | 0.04 |
| 2018 | 667.43 | 714.39 | 0.07 | 689.18 | 0.03 |
| 2019 | 851.71 | 765.68 | 0.10 | 794.92 | 0.07 |

由表 4 可以看到,经马尔可夫修正后保费预测的相对误差变小。根据表 4 中的数据进行保险保费收入预测值对比,如图 3 所示。可以看到,在经过马尔可夫修正后,预测误差被控制在更小的范围内,货物运输保险保费收入的预测值更加接近实际值,说明马尔可夫修正提高了预测精度。

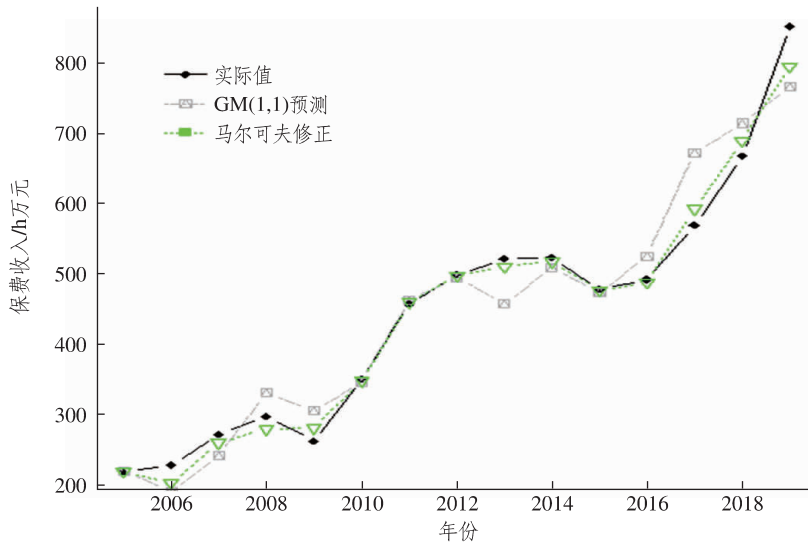


图 3 货物运输保险保费收入预测值对比

Fig.3 Cargo transportation insurance premium income forecast value comparison

4 结论

本文根据 2005—2019 年山东省货物运输保险关键信息建立指标体系,建立 GM(1,1) 回归预测需求模型,并通过灰色状态马尔可夫链对其误差进行优化。利用 GM(1,1) 回归-马尔可夫修正模型可得到保费收入预测值,修正后的预测误差明显减小,证明模型预测效果较好,可以用于预测山东省未来几年货物运输保险保费收入值,为货物运输保险行业提供数据支撑。

参考文献:

- [1] 安国勇,周怡媛,谭伟嘉.我国货物运输保险发展影响因素分析:基于分省面板数据的实证研究[J].保险研究,2016(4):27-37.
- [2] 朱家明,卢敏欣,邢泽斌.基于因子分析对安徽省货物运输保险发展潜力的实证探究[J].宁夏大学学报(自然科学版),2020,41(2):134-139.
- [3] LIU X P ,HUI Z ,YI Y et al.Analysis of factors affecting China's cargo insurance demand based on E-commerce background [J].Journal of Electronic Commerce in Organizations ,2019 ,17(1) : 16-29.
- [4] 李伟群,陶佳钰.承运人投保货运险纠纷解决的困境及破局之策:以最大诚信原则为视角[J].上海商学院学报,2020,21(1):54-62.
- [5] 林翠文.国际货物运输保险的保险利益原则研究[J].商场现代化,2019(19):39-40.
- [6] 谢敬萱.浅析可保利益原则在国际货物运输保险中的运用[J].现代营销(经营版),2019(5):202-203.
- [7] 刘小平,郑惠.我国货物运输保险需求影响因素实证研究:基于省级面板数据[J].武汉金融,2017(10):13-18.
- [8] 陈昕,刘媛华.基于灰色经济计量学模型的中国教育水平影响因素研究[J].科技和产业,2021,21(2):36-42.
- [9] 卜令营,侯宏,樊东鑫.基于GM(1,1)回归模型的烟台市物流需求预测[J].物流技术,2019,38(12):36-42.
- [10] 丁海峰,高凯,罗娟,等.基于GM(1,1)灰色预测模型的我国民营医院发展趋势预测[J].医学与社会,2021,34(3):1-6.
- [11] 牛丽文,李丽娜.基于GM(1,1)模型的市场碳交易价格预测:以北京、广东、湖北为例[J].中小企业管理与科技,2021(2):106-108.
- [12] 刘文惠,王少然.基于GM(1,1)回归模型的生鲜农产品市场需求预测研究[J].信息与物流,2018,18(3):127-132.
- [13] 白天晟,陈永刚.高铁中基于改进GM(1,1)马尔可夫模型的频谱预测策略[J].重庆邮电大学学报(自然科学版),2021,33(1):34-43.
- [14] WANG Y ,YAO D X ,LU H F.Mine gas emission prediction based on grey Markov prediction model [J].Open Journal of Geology ,2018 ,8(10) : 939-946.
- [15] 马创,袁野,尤海生.基于灰色-马尔可夫模型的农产品产量预测方法[J].计算机科学,2020,47(S1):535-539.
- [16] 陈长英.基于改进的灰色-马尔可夫链模型的广西物流需求预测研究[J].西部交通科技,2019(10):152-155.

Analysis of Freight Transportation Insurance Market Demand Forecast Based on GM(1,1)-Markov Model in Shandong Province

LÜ Zixuan ,SUO Tongjia ,LIU Wei

(School of Mathematics and Statistics Science ,Ludong University ,Yantai 264039 ,China)

Abstract: In recent years ,the cargo transportation industry has been booming in the context of the Internet ,but accidents such as truck overturning and spontaneous combustion that cause damage to cargoes also occur frequently.Purchasing cargo transportation insurance is an effective way to decrease such risks.In this paper ,by collecting data on indicators related to cargo transportation insurance demand in Shandong Province from 2005 to 2019 ,we used a combination of multiple linear regression and gray GM(1,1) to establish a cargo transportation insurance demand prediction model ,and optimized the prediction error by using Markov process to get a cargo transportation insurance demand prediction model with better prediction degree.

Keywords: multiple linear regression; grey GM(1,1); Markov chain; cargo transport insurance

(责任编辑 顾建忠)