

学校编码: 10384
学号: 15420101151921

分类号__密级
UDC__

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于非线性回归模型的 IBNR 准备金的估计

Estimation for IBNR Reserve Based on Nonlinear Regression Models

周国鹏

指导教师姓名: 张志强教授

专业名称: 统计学

论文提交日期: 2013 年 4 月

论文答辩时间: 2013 年 5 月

学位授予日期: 2013 年 6 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2013 年 4 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为()课题(组)的研究成果，获得()课题(组)经费或实验室的资助，在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

本文主要研究非线性回归思想在预测已发生未报案未决赔款准备金（Incurred But Not Reported Reserve, IBNR）中的应用。首先通过两家保险公司的历史数据的三维图分析，确定选择使用指数模型的思想。然后通过研究每组数据方差和均值的关系，为了消除随机干扰项方差的非齐次性，分别提出了对数线性模型和加权双指数模型两个模型，主要揭示单位增量已报案索赔与进展单元之间的关系。由于在增量已报案索赔的数据列表中，每一个事故发生单元的 IBNR 都是一些缺失值的总和，因此在某一个评估时点上，总的 IBNR 就可以表示为所有预测的增量已报案索赔的加总。

首先，文章介绍了保险公司，特别是非寿险公司的经营性质，以及已发生未报案未决赔款准备金（IBNR）的来源和特点。然后介绍了目前实务界用以评估 IBNR 的三种方法并回顾了相关的文献，以及目前我国关于已发生未报案未决赔款准备金计提的相关法律规定。

在选择模型之后，本文简单陈列出研究所需要的关于精算学以及回归分析的准备知识和实务中评估 IBNR 准备金的基本方法，分别对两个模型的参数估计以及置信区间估计做出了理论推导，给出了具体的公式。

在实证部分，本文针对意外伤害保险的历史数据，对两个模型分别作了实证分析，得到参数的估计值和置信区间，预测值的估计值和置信区间，进一步得到已发生未报案未决赔款准备金（IBNR）的点估计和区间估计，并描绘模型的残差图以及预测值和实际值的关系图，检查模型的拟合效果。紧接着，用实务中计提 IBNR 准备金的三种常用方法分别用本文数据进行了计算，得到了已发生未报案未决赔款准备金的点估计，最后将五种方法得到的五个点估计与真实值作比较，发现非线性回归模型，尤其是双指数模型，在预测已发生未报案未决赔款准备金（IBNR）中是比较有效的。

关键词：对数线性 双指数 IBNR

ABSTRACT

The paper mainly studies the application of Nonlinear regression models in predicting the Incurred But Not Reported Reserve (IBNR). Firstly, by analyzing the 3D Scatterplot of two historical data sets which will be used in this paper, we choose to adopt exponential models for our research. Then, we study the relationship of variances and averages by groups. In order to exterminate the heteroscedasticity of random disturbing items, we come up with two models, one is loglinear model, the other is a weighted biexponential model, mainly to explain the relationship between unit incremental losses and ages. In the data list of the incremental losses, for each accident unit, because the Incurred But Not Reported Reserve is the sum of the missing values, so the aggregate Incurred But Not Reported Reserve at one assessment point is the sum of all of predicted values.

Firstly, the paper talks about the nature of business, the resource and the characteristics of the Incurred But Not Reported Reserve for insurance companies, especially, the nonlife insurance companies. Then it introduces the three methods which are used in practice to evaluate the IBNR at present in China, recalls relevant literatures for the Incurred But Not Reported Reserve, and express the rules for evaluating IBNR in our country.

When the models are selected, the paper briefly show the necessary knowledge which are related to both actuarial science and regression field. Immediately after, the paper does the theoretical research for the two models and obtain the concrete formulas of estimations and confidential intervals for both parameters and IBNR.

In the empirical study, the paper firstly do the empirical analysis both for two models to obtain the point estimation and interval estimation of the parameters and the vacant incremental losses, finally get the point estimations and the confidential interval estimations for the Incurred But Not Reported Reserve. Then we check the fitting effect of models by depicting the residual plot and correlation plot between

predicted values and real values. The next step, the paper estimates the Incurred But Not Reported Reserve by the three methods used in practice. Immediately after, we compare the predicted IBNR reserve by two models and those predicted by the methods in practice with the real IBNR, and we summarize that the nonlinear model, especially, the biexponential model is relatively efficient in predicting the Incurred But Not Reported Reserve.

Key Words: loglinear;biexponential;IBNR.

厦门大学博硕士论文摘要库

目 录

摘 要.....	I
----------	---

第 1 章 引言.....	1
---------------	---

1.1 IBNR 准备金的来源以及研究的历史和意义.....	1
1.1.1 IBNR 准备金的来源.....	1
1.1.2 IBNR 准备金的研究历史及相关文献.....	3
1.1.3 IBNR 准备金的研究意义.....	8
1.1.4 我国非寿险公司目前评估 IBNR 准备金的法律规定.....	9
1.2 研究内容和组织结构.....	10
1.2.1 研究内容.....	10
1.2.2 本文的努力.....	10
1.2.3 本文的组织结构.....	11

第 2 章 非线性回归与精算学准备知识.....	12
--------------------------	----

2.1 非线性回归.....	12
2.1.1 回归和非线性回归.....	12
2.1.2 非线性回归模型的定义.....	12
2.1.3 常见的非线性模型.....	13
2.1.4 高斯—牛顿迭代法.....	14
2.2 精算学的基本概念.....	16
2.2.1 符号介绍.....	16
2.2.2 流量三角形.....	16
2.2.3 我国目前评估 IBNR 准备金的三种方法.....	17

第 3 章 模型构建.....	20
-----------------	----

3.1 数据分析.....	20
3.2 对数线性模型及其理论推导.....	28
3.3 双指数模型及其理论推导.....	30

第 4 章 模型实证分析与方法比较	33
4.1 对数线性模型的实证分析.....	34
4.1.1 对数线性模型的数据拟合与修正.....	34
4.1.2 对数线性模型的参数估计以及拟合效果分析.....	35
4.1.3 对数线性模型的残差分析.....	35
4.1.4 模型预测.....	37
4.1.5 预测 IBNR 的点估计与区间估计.....	39
4.2 双指数模型的实证分析.....	40
4.2.1 双指数模型的数据拟合与参数估计.....	40
4.2.2 双指数模型的残差分析.....	42
4.2.3 模型预测.....	43
4.2.4 预测 IBNR 的点估计与区间估计.....	44
4.3 实务中估计的已发生未报案未决赔款准备金.....	46
4.3.1 链梯法.....	46
4.3.2 预算 IBNR 法.....	48
4.3.3 赔付率法.....	49
4.4 五种方法的比较.....	51
第 5 章 结论	52
5.1 文章结论及待研究问题.....	52
5.1.1 本文的结论.....	52
5.1.2 待研究问题.....	52
5.2 未来研究方向.....	53
参 考 文 献	54
致 谢	57

Table of Contents

ABSTRACT.....	I
Chapter 1 Introduction	1
1.1 The resource of IBNR and its history and significance	1
1.1.1 The resource of IBNR.....	1
1.1.2 History of the research of IBNRs and relative literatures	3
1.1.3 Significance of the research of IBNR.....	8
1.1.4 The regulation for the IBNR evaluation at present in China.....	9
1.2 Content and framework	10
1.2.1 Content	10
1.2.2 Attempts by the paper	10
1.2.3 Framework	11
Chapter 2 Preparations for Nonlinear models and Actuaries.....	12
2.1 Nonlinear regression	12
2.1.1 Regression and nonlinear regression	12
2.1.2 The definition of the nonlinear regression.....	12
2.1.3 The usual forms of nonlinear regression model.....	13
2.1.4 Gauss-Newton iteration method.....	14
2.2 Basic concepts in nonlife insurance.....	15
2.2.1 Symbols.....	15
2.2.2 The runoff triangles.....	16
2.2.3 The three methods for predicting IBNR in practice in China.....	17
Chapter 3 Models study	20
3.1 Data analysis.....	20
3.2 The loglinear model and its theoretical derivations	28
3.3 The biexponential model and its theoretical derivations	30
Chapter 4 Empirical analysis and methods comparison.....	33
4.1 Empirical analysis for the loglinear model	34
4.1.1 Data fitting and model revision of the loglinear model.....	34
4.1.2 Parameters estimation and fitting effect analysis for the loglinear model	35
4.1.3 The residual analysis for the loglinear model.....	35
4.1.4 Model prediction.....	37
4.1.5 The point and interval prediction of IBNR by the model.....	39
4.2 Empirical analysis for the biexponential model	40
4.2.1 Parameters estimation and data fitting for the biexponential model.....	40

4.2.2 The residual analysis for the biexponential model	42
4.2.3 Model predictions.....	43
4.2.4 The point and interval prediction of IBNR by the model.....	44
4.3 The predictions for IBNRs by the methods in practice.....	46
4.3.1 Chain ladder method.....	46
4.3.2 B-F method.....	48
4.3.3 Loss rate method.....	49
4.4 Methods comparison.....	51
Chapter 5 Conclusion and the future	52
5.1 Conclusion and further study topics	52
5.1.1 Conclusion.....	52
5.1.2 Further study topics.....	52
5.2 The future research directions	53
Reference	54
Acknowledgements	57

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第1章 引言

众所周知，保险公司的经营是负债经营，它有一个显著的特点，即业务收入发生在先，赔款支出发生在后。根据大数法则的原理，保险公司承保大量的同类风险保单，通过管理和运作客户预先缴纳的保费形成的保险基金，达到分散风险、分摊损失并获取利润的目的。但是保险公司对客户的负债具有很大的不确定性，对于一份没有到期或是没有终止的保险合同来说，无法确定在保险期间内，是否会发生保险事故。即使知道已经发生了保险事故，也不一定能很快确定最终的理赔金额和结案时间，因此，为了确保保险公司有足额的余款应付未来不确定的索赔，保险公司必须定期对这些未了责任进行评估，而这些未了责任评估后的资金准备就形成了保险准备金。

保险公司的业务分为寿险业务以及非寿险业务，责任准备金也就分为寿险责任准备金以及非寿险业务准备金。出于论文篇幅所限，本文只考虑非寿险业务。非寿险业务，是指除了人寿保险以外的保险，包括财产损失保险、责任保险、信用保险、保证保险和意外伤害保险等以及上述保险的再保险业务。非寿险责任准备金，则是指经营非寿险业务的保险公司，对其所承保的有效保单未了责任评估后的资金准备。对不同的评估时点而言，它是对该有效非寿险保单所承担的未了责任大小的最好估计。

保险公司通常以每年的最后一天（12月31日）作为会计评估日，对保险业务进行评估核算并编制相应报表^[1]。对于一张有效保单而言，以评估日为界，要么还没有发生保险事故，要么已经发生保险事故。相应地，责任准备金被分为保费责任准备金（Premium Reserve）和赔款责任准备金（Loss Reserve）。

1.1 IBNR 准备金的来源以及研究的历史和意义

1.1.1 IBNR 准备金的来源

在一个时刻，为了正确的了解保险公司的责任，评估索赔准备金的充足性对于保险人来说是一个至关重要的任务。同时，我们也意识到，长期以来，为了完

成这个目标，最具挑战性和最重要的任务是估计已发生未报案未决赔款准备金（IBNR）。

对于还没有发生保险事故的有效保单，保险公司在本年度不需要承担任何赔款支付，但对于已收取的所有保费收入，是不可以全部入账的。以评估时点为界，该张有效保单的保费可以分为两部分：一部分覆盖从保单生效日到评估时点这段时间，称为“已赚保费”；另一部分覆盖从评估时点到保单到期日的这段时间，称为“未赚保费”。保险事故可能发生在评估日和保单到期日这段时间之间的任何时刻，因此保险公司在评估日必须承担未来保险事故可能发生引起的责任，同时还应该承担退保风险。根据会计核算的权责发生制原则，这段时间的保费不应作为利润直接入账，而应在评估日提取相应地准备金，以反映在评估时点保险公司所应承担的责任，该部分准备金称为“保费责任准备金”，也称为“未到期责任准备金”。

对于已经发生保险事故的有效保单，在未结案之前，保险公司就需要准备向保单持有人履行赔付责任并承担赔付过程中的费用，这些统称为“赔款准备金”，包括未决赔款准备金（Outstanding Claim Reserve）和理赔费用准备金（Claim Adjustment Expense Reserve）。

根据评估时点和已发生事故报告日之间的关系，可以将未决赔款准备金进一步划分为两种，当评估日在事故发生日和事故报告日之间时，保险公司在评估日并不知道该事故已经发生，但保险公司肯定要对这种已发生，但由于报案延迟还未报案的赔案承担责任，为该种责任提取的准备金称为“已发生未报案未决赔款准备金”（Incurred But Not Reported Reserve），也就是 IBNR 准备金。当评估日在事故报告日之后时，保险公司已经收到赔案报告，但由于赔案延迟，必须经过勘查并确定赔付金额之后才会进行赔付，对于这类处于已报案但未完全赔付状态的赔案，保险公司必须计提相应地准备金，称为“已发生已报案未决赔款准备金”（Reported Claim Reserve）。

IBNR准备金，是保险公司对已经发生但尚未报告的赔款给付所必须提存的资金准备，是非寿险公司的一项非常重要的准备金负债，对于在评估日之前已经发生了保险事故的理赔责任，有报告延迟和理赔延迟两大不确定因素，所以其中一些赔案要经历数年的时间才能结清，因此需要精算师进行所谓的 IBNR 准备金

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库