



# 农业生产风险评估及农业保险费率厘定的不确定性：研究进展和破解之道

张峭<sup>1, 2</sup>, 王克<sup>1, 3</sup>✉

<sup>1</sup> 中国农业科学院农业信息研究所, 北京 100081; <sup>2</sup> 中央财经大学中国精算研究院, 北京 102206; <sup>3</sup> 中国农业再保险股份有限公司, 北京 100083

**摘要:** 鉴于准确厘定农业保险费率在保障农业保险持续健康发展中的重要性, 20 世纪 80 年代起学界围绕农业生产风险的科学评估和农业保险精算开展了大量研究, 但尚不完善, 评估结果仍存在较大不确定性。为提高农业保险定价的可信度, 推动我国农业保险精算技术的发展, 本文作者对国内外学界关于农业生产风险评估和农业保险费率厘定的最新研究进行了综述, 在文献梳理的基础上分析了农业保险费率厘定不确定产生的根源及应对之策。研究发现, 数据的稀缺性、技术问题的模糊性以及风险评估和保险定价的空间不匹配性是造成农业生产风险评估和农业保险费率厘定结果存在不确定性的 3 个主要原因, 提高农业保险定价结果的可信度成为国外学者最新研究的努力方向。在大数据时代, 降低农业保险费率厘定不确定性、提高农险定价信度最终需要依靠大数据技术, 融合多种数据资源, 但农业保险的精算定价并不能完全解决逆选择问题, 还需要提供更加多样更具有弹性的农业保险产品进行配合。

**关键词:** 农业保险; 农业生产风险评估; 农业保险定价; 费率厘定; 不确定性

## The Uncertainty of Agricultural Yield Risk Assessment and Agricultural Insurance Pricing: Literature Review and Wayforward

ZHANG Qiao<sup>1,2</sup>, WANG Ke<sup>1,3</sup>✉

<sup>1</sup>Agricultural Information Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; <sup>2</sup>China Institute for Actuarial Science of Central University of Finance and Economics, Beijing 102206; <sup>3</sup>China Agriculture Reinsurance Corporation, Beijing 100083

**Abstract:** As the importance of making an accurate rate to the sustainable development of agricultural insurance programs, lots of literature on agricultural risk assessment and agricultural insurance pricing had been conducted since the 1980s. Yet, uncertainty still existed regarding the risk assessment results and/or the agricultural insurance premium. With the purpose of improving the credibility of Chinese agricultural insurance pricing, we firstly conduct a literature review on the recent development in the field of agricultural risk assessment and insurance pricing, and then put forward the uncertainty sources for agricultural insurance pricing, followed by a solution. It is found that the data scarcity, the fuzziness in dealing with technical issues, and the unmatched spatial scale of risk assessment and pricing are the three reasons for the uncertainty of agricultural risk assessment and insurance pricing, and improving the agricultural insurance pricing credibility has been emerging as a hot topic in recent literature. Reducing the uncertainty of agricultural insurance pricing can be achieved in the big data era with the help of data mixing technology and data-intensive research. While making a sound agricultural insurance rate cannot overcome the essential adverse selection problem which could hamper the agricultural insurance sustainable development, however, it can be partly addressed by providing more flexible agricultural insurance

收稿日期: 2021-01-18; 接受日期: 2021-04-27

基金项目: 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(17JJD910002)

联系方式: 张峭, E-mail: zhangqiao@caas.cn. 通信作者王克, E-mail: wangke@China-agrore.com

products with alternative coverage levels.

**Key words:** agricultural insurance; agricultural yield risk assessment; agricultural insurance pricing; insurance ratemaking; uncertainty

近半个世纪以来, 世界各国政府对农业保险和农业风险管理的重视程度不断增加, 农业保险在全球获得了快速发展, 已在 100 多个国家推广或试点<sup>[1]</sup>。在有关农业保险的研究问题中, 农业保险精算及农业生产风险评估得到了学术界的高度关注, 许多学者都将之视为克服农业保险逆选择问题、确保农业保险持续健康发展的重要手段<sup>[2-5]</sup>。20 世纪 80 年代起国外学者主要是美国的学者围绕农业生产风险评估和农业保险精算开展了大量深入的研究, 相关研究极大地支撑和促进了美国农业保险的发展<sup>[6-7]</sup>, 我国学者在这方面的研究起步较晚, 尽管发展很快, 初步形成了农业生产风险评估理论方法和技术体系<sup>[8]</sup>, 但当前农业生产风险评估和农业保险精算的技术方法还不成熟, 不管是经验费率法还是基于单产分布的费率厘定方法都存在相当程度的不确定性<sup>[9]</sup>, 前者简单易行, 但受数据所限信度不高, 而后者理论方法严谨, 但对趋势拟合和产量分布模型选择等技术环节非常敏感<sup>[10-11]</sup>。对同一地区的风险评估, 采用不同的技术方法得到的结果差异明显, 甚至会得到完全相反的结论<sup>[12]</sup>。目前, 农业生产风险评估和农业保险精算在全球仍是一个具有挑战性的工作, 农业保险为精算师开辟了一个新兴领域, 但许多关键精算技术依然在发展中, 不够完善<sup>[13]</sup>。从国内外最新文献看, 学者们近期的研究围绕如何提高农业生产风险评估及农业保险费率厘定的精确度和可信度开展了许多卓有成效的研究。为推动我国农业保险精算技术的发展, 使之在我国农业保险科学定价和保险区划等业务实践中发挥更大作用, 助力农业保险的精细化和高质量发展, 本文基于前人研究对农业保险费率厘定不确定产生的根源及应对之策进行分析, 并提出下一步研究的思路 and 设想。

## 1 当前农业生产风险评估及保险费率厘定的主要方法及不确定性

农业生产风险评估和农业保险费率厘定是两个不同的概念, 前者是指对农业生产过程中遭受的各种影响因素发生可能性及由此引起的实际产量低于预期产量的偏差程度进行评估<sup>[4]</sup>, 后者是在前者工作基础上

确定农业保险价格, 实现“保费和风险对等原则”的过程。保险费率厘定的基础和核心是风险评估<sup>[14]</sup>, 严谨科学的农业生产风险评估是准确厘定农业保险费率的基础和前提<sup>[8]</sup>, 因此, 从方法角度讲, 农业生产风险评估和保险费率厘定所采用的方法具有相当程度的一致性(除特殊说明外, 本文未将农业生产风险评估方法和农业保险费率厘定方法进行区分)。

农业保险费率厘定方法主要有损失成本比率法(loss cost ratio, LCR)和产量风险分析法<sup>[15]</sup>。损失成本比率法又称经验费率法, 是依据单个农户或地区的经验赔付数据, 先通过历史的实际赔付金额与保障水平之比计算个体的损失成本比率, 再对个体的损失成本比率取平均, 得到一个基准的损失成本比率, 这种费率厘定的方法和非寿险精算领域的精算方法基本一致, 也是美国农作物保险精算业务中的推荐方案<sup>[6,16]</sup>。但由于两个方面的原因, 农业保险采用 LCR 费率厘定方法可能导致较大的误差。第一个原因是农业保险开办时间较短, 历史赔付数据积累较少, 保险理赔数据质量不高, 保险赔付很可能不能真实反映风险大小, 这一点在发展中国家尤为明显。《中国农业保险保障研究报告 2019》研究发现, 2008—2018 年我国农业保险赔付率在不断走高的同时赔付率波动变小, 不能排除农业保险协议理赔的可能性<sup>[17]</sup>。“协议赔付”的普遍存在使得依据实际赔付数据的精算定价变得不可靠, 足以影响准确定价<sup>[18]</sup>; 第二个原因是, 即便农业保险赔付没有行政干预, 完全按照实际损失进行赔付, 但农业保险合同条款在不同年份会发生变化和调整, 保险条款、承保单位和保险期限可能都不一样, 如何处理这种变化使不同年份的农业保险赔付率具有可比性, 即 Restate 的方法也对费率厘定结果会产生显著影响<sup>[19-20]</sup>。

产量风险分析法是从作物单位面积产量的时间序列数据出发, 遵循“作物单产—趋势剔除—分布拟合—定量评估”的范式, 通过趋势产量的拟合和去趋势化, 分离出单产波动序列, 随后用参数、半参数或非参数方法拟合单产波动序列的概率分布, 进而得到费率<sup>[8]</sup>。国内外的学术研究主要采用这一方法, 相关研究成果很多在此不再赘述。总体来看, 该方法具有理论严谨、数学推理性强等许多优点<sup>[8]</sup>, 但是存在几个

方面的缺点：一是趋势和单产分布的选择还没有一致的方法和结论<sup>[14,21]</sup>，费率对产量分布的拟合方法非常敏感，无论是选择参数方法还是核密度方法，估计的费率都存在较大差异；二是点估计的误差没有得到恰当地刻画。费率制定者常常对结果的选择感到困惑，缺乏足够的可确信度<sup>[9]</sup>；三是受限于统计数据的可得性，大多数时候只能得到较大空间尺度（如县域）的历史单产序列数据，而大尺度的单产数据会产生空间加总偏差的问题<sup>[12,22]</sup>，基于产量统计方法得到的保费是区域产量保险的保费，和业务实践中对个体农户收取保费进行赔付的操作不相符<sup>[23]</sup>。由于农业生产风险的空间相关性，风险评估和保险费率厘定中如果不考虑这一点将会放大评估结果的偏误程度<sup>[24]</sup>，而且农业生产的特点决定了一年只有一个农业产量数据，和其他财产险定价相比，农业保险精算定价所依赖的数据量太小，数据量严重不足，致使农业保险费率缺乏足够的可信度<sup>[25]</sup>。

综合来看，尽管上述两种方法不尽相同，但具有共通性。笔者认为，农业生产风险和保险费率厘定的通用流程可分为 4 步（图 1）。第一步是收集整理能够反映和刻画农业生产风险的数据资料。候选的数据类型较多，除了作物产量数据和保险损失数据以外，也有学者利用气象数据、灾害数据、卫星遥感等数据开展农业风险评估。第二步是估算能反映特定产品（保险标的）风险的损失数据，根据原始数据的不同所采用的方法也不同，既可以直接计算，也可以通过单产数据去趋势化、损失数据再调整（Restate）等技术处理手段进行间接估计；第三步是利用概率论和数理统计等方法对风险损失序列进行量化评估，计算得到均值、偏度、峰度、标准差、在险价值（VaR）等统计量，所用的方法主要是利用参数、非参数或半参数方法进行概率分布拟合；第四步是结合保险方案条款，对第三步得到的风险量化结果进行空间转化，计算得到农业保险精算费率。

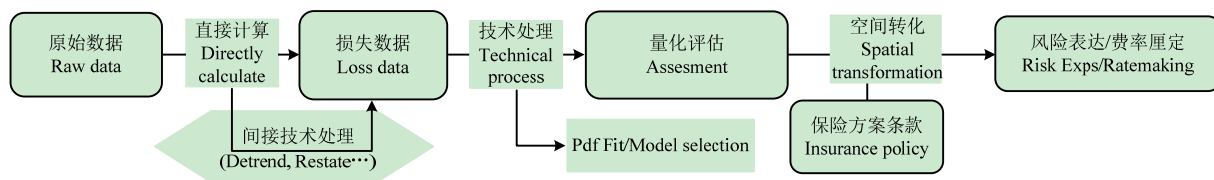


图 1 农业生产风险评估及保险费率厘定的一般流程

Fig. 1 The general process of agricultural risk assessment and insurance pricing

在图 1 所示农业生产风险评估和保险费率厘定的过程中，农业保险费率厘定的不确定性主要产生于后 3 个环节。（1）损失数据估计环节，该环节的不确定性来源于两个方面，一是数据量不足或数据质量不高造成的误差，因为在统计学上统计结果的可信度很大程度上取决于数据量的多少，如果数据量太小，则任何一个异常值或“脏数据”都会对定价结果造成很大影响；二是利用风险数据间接估计风险损失过程中技术处理上的模糊性，如对产量数据进行去趋势处理可采用不同方法，导致不同的风险损失计算结果；（2）量化评估环节，该环节的不确定性主要来源于从风险损失到风险量化的技术处理环节，如概率分布模型和分布拟合方法的选择及由此产生的不稳定性；（3）风险表达和费率厘定环节，该环节的不确定性主要来自于风险评估和保险定价空间尺度不一致造成的误差。因为在我国和大多数国家农业保险是对个体农户进行

承保、依据被保险农户个体损失进行理赔的“个体保险”，农业保险保费应该是和该个体农户的风险情况相对应，但是由于微观尺度农户数据不足，只能基于较大尺度（如县级）数据厘定农业保险费率，厘定出的费率自然和农户真实的风险大小不完全对应。考虑到第一个环节的不确定性有部分原因是技术造成的，本文将之和第二个环节的技术问题进行合并，认为造成农业生产风险评估和农业保险费率厘定结果不确定性的原因主要有数据的稀缺性、技术问题的模糊性以及风险评估和保险定价的空间不匹配性。

## 2 应对农业生产风险评估及保险费率厘定不确定性的国内外研究进展

从研究脉络看，国外学者围绕农业生产风险评估和农业保险精算的研究大体可以分为两个阶段：一是

侧重于风险损失概率分布拟合的早期研究阶段,这方面的研究主要是 2000 年之前。第二个阶段是 2000 年之后,研究的重点转向农业生产风险损失的估计和农业保险精算的可信度。相比国外,我国学者在农业生产风险评估及保险费率厘定方面的研究在 2004 年以后才开始逐渐增多,目前基本停留在国外第一个阶段的水平,但开始有学者注意到了农业生产风险损失估计的重要性,在提高农业保险精算可信度方面开展了相关研究。

### 2.1 为破解农业保险精算数据量不足而开展的研究

针对农业保险精算数据量少的问题,不管是国外学者还是国内学者,基本思路都是利用气象、土壤等信息来补充和扩展农业保险精算所需的数据量。REJESUS 等<sup>[26]</sup>提出了在农业保险费率厘定中考虑气象数据信息以提升费率厘定科学性的方法。SHEN 等<sup>[27]</sup>提出了将专家知识纳入农业保险定价的新框架,以中国东北三省水稻产量巨灾保险为例的实证研究表明,该框架会提升定价的稳健性。KER 等<sup>[28]</sup>提出了一个新的定价思路,某区域  $i$  的费率并不仅以该地区数据为基础进行测算,而是以所有区域的数据进行计算,研究表明该方法具有很好的优势,可以提高费率厘定的精度。WOODARD 等<sup>[29]</sup>提出了在农业保险费率厘定中将土壤信息纳入模型进行考虑的思路和方法,研究结果表明纳入土壤信息后农业保险费率更加准确和稳健。PORTH 等<sup>[25]</sup>针对农业保险精算数据不足的问题,首次将保险精算领域的信度理论纳入农业保险精算,利用全国平均赔付率或气象数据来对某一省份农业保险费率定价进行赋权,提升了定价的信度。在国内,有学者根据我国有高质量农业灾情统计数据的情况,提出了基于灾情数据的农作物生产风险评估方法<sup>[30-31]</sup>。还有很多学者利用气候数据对农业生产风险进行评估(如,王月琴等<sup>[32]</sup>、赵思健等<sup>[33]</sup>、牛浩等<sup>[34]</sup>),但这类研究多用于天气指数保险的定价。吴海平等<sup>[35]</sup>以河北省为例验证了 KER (2016) 研究思路在中国应用的可行性,结果表明同时利用特定县及风险同质区域的产量数据进行农业保险定价,能够显著提升农业保险费率厘定的信度。除此之外,肖宇谷等<sup>[9]</sup>提出了农业保险费率厘定区间估计的思路和方法,在传统评估方法的基础上利用 Bootstrap 方法估算出可能的保险费率区间,并利用区间的长度来判断费率厘定的可信度水平,为解决农业生产风险评估信度不高问题提供了新的思路。

### 2.2 解决农业风险评估技术不确定性而开展的研究

在“作物单产—趋势剔除—分布拟合—定量评估”——这一国外学者普遍采用的评估范式中,早期学者研究集中在分布拟合方面,就农业风险分布拟合模型开展了深入的研究。2000 年左右有学者对这些研究提出批评,认为这些研究不严谨,没有经过严谨的单产趋势处理就轻率得出作物生产风险不服从正态分布的结论<sup>[36-37]</sup>。这几篇文献指出了国外早期研究忽视作物风险损失估计的不足<sup>[21]</sup>,引起了国外学者的重视,对如何准确估计作物风险损失的研究越来越多。但学者们对采用何种方法准确拟合和刻画作物单产的时间趋势并没有达成一致,有学者主张利用计量经济学中的经典回归技术(如线性、二次回归)<sup>[38]</sup>,有学者认为 ARIMA 等现代时间序列技术是作物产量趋势拟合最好的方法<sup>[39]</sup>,还有的学者认为过于简单或复杂的方法都不合适,主张使用直线滑动平均法或非线性局部回归法<sup>[40-41]</sup>,任金政和李晓涛针对单产去趋势可能存在的主观选择和异方差问题,提出了基于异方差调整的粮食作物风险评估和保险费率厘定方法<sup>[42]</sup>。RAUSHAN 对上述研究提出了挑战,认为产量和气象的关系并不是稳定不变的,主张利用分层贝叶斯的方法来准确刻画技术进步、气象变化和产量趋势之间的关系<sup>[43]</sup>。TOLHURST 等的研究也表明,过去 60 年气候变化使农业产量波动增加,对作物损失的影响更大<sup>[44]</sup>。

除了尽可能准确拟合作物单产趋势外,国外学者也在早期参数分布、非参数分布和半参数分布模型的基础上,对农业保险定价中的单产分布模型进行了更深入的研究,主要有 3 个研究趋向。一是针对农业保险定价中纳入更多数据变量的需求,提出了新的单产分布模型和农业保险定价原则,如 Erlang mixed model<sup>[45]</sup>和多变量加权定价原则(The multivariate weighted premium principle, MWPP)<sup>[46]</sup>;二是在农业保险定价中对尾部风险和农业风险的空间相关性给予更多考虑,如利用广义皮尔洛模型(Generalized Pareto Distribution)和贝叶斯克里金方法(Bayesian Kriging Approach)对单产分布进行拟合和农业保险定价<sup>[47]</sup>;三是研究提出新的农业保险定价方法,如利用嵌套双正态分布法直接厘定保险费率,不再需要先从产量数据中进行趋势拟合,分离单产波动后进行拟合。新方法的优点:(1)更加灵活,可近似表达为多种分布;(2)可以检验单产分布随时间的变化情况<sup>[48]</sup>。

### 2.3 针对农业生产风险评估和农业保险定价空间尺度不一致而开展的研究

由于农户层次单产时序数据的缺乏,利用单产历史数据评估作物生产风险的研究大部分都基于大空间尺度(至少为县级)的单产时序数据,而在一个较大的空间区域内,部分农户的高风险可能会被另外一些农户的低风险所“抵消”,导致区域平均后的单产波动变小,不能反映农户真实风险损失,产生“数据空间加总偏差(Data Aggregation Bias)”和低估风险的问题<sup>[49-50]</sup>,且空间尺度越大风险低估程度也越大<sup>[12,51-52]</sup>。COBLE 等利用农户、县、省和全国 4 个不同空间尺度的单产数据对美国玉米、大豆和棉花的单产变异系数进行了比较,结果表明利用农户层次数据计算出的作物单产变异系数最大,是省级和全国水平变异系数的 2 倍和 3 倍多<sup>[53]</sup>。

如何解决数据空间加总偏差的问题?在过去的 5 年里,许多研究提供了关于农户和区域产量尺度置换关系模型,为使用县级单产数据推算农户级别保险损失风险和费率厘定提供了更多的经验数据<sup>[54]</sup>。基本思路是首先计算出不同空间尺度(如农户层次和县域层次)作物单产波动水平,然后估算两者的差异或比值,最后利用该比值对基于大空间尺度单产数据的风险评估结果进行修正,其中,农户层次单产波动的计算方法又分为两种,第一种是利用农户层次可获得的有限样本直接计算<sup>[55-56]</sup>,另一种是利用农业保险公司的实际赔付数据间接估计<sup>[50,52,57]</sup>。国内也有一些研究致力于解决这个问题,王克等提出了综合利用灾情数据和农情数据,通过数据融合的风险评估来克服“数据空间加总偏差”的新方法<sup>[12]</sup>;陈军等实证检验了数据空间加总的程度,研究结果表明从县级单产到地市级单产数据的加总,导致湖北三地级市水稻单产风险程度低估了 51.27%,为农业保险费率厘定后的空间尺度转换提供了参考<sup>[22]</sup>。ZHANG 等构建了作物生产风险评估中数据空间加总偏差程度及其主要影响因素(生产集中度和区域气候条件一致性)的计量经济模型,提出了利用该规律对作物生产风险评估结果进行修正的建议<sup>[58]</sup>。

## 3 农业生产风险评估及农业保险费率厘定的研究展望

准确评估农业生产风险、科学厘定农业保险费率是解决逆选择道德风险问题、确保农业保险持续健

康发展的根本保障,也是推动农业保险高质量发展的力量。但如本文第一部分所言,目前农业生产风险评估及农业保险费率厘定还存在较大的不确定性,这一问题不仅在中国存在,在全球范围内也是一个棘手的难题,提高农业生产风险评估和农业保险费率厘定结果的可信度或可靠性已经成为本领域研究的一个重点。笔者认为,在造成农业保险费率厘定结果不确定的根源中,第一个问题(数据的稀缺性)是最为根本和亟需解决的问题。第二个问题(技术问题的模糊性)尽管也会造成误差,但会随着方法的进步和研究的深入应该会逐渐得到解决。而造成第三个问题(风险评估和保险定价的空间不匹配性)的根本原因是在较小的空间尺度上,长序列、高质量的风险数据缺失,尽管不同空间尺度风险评估转换关系方面的深入研究有助于解决这一问题,但治本之策还是要依靠数据稀缺问题的解决。

从国际最新研究文献看,针对农业保险费率厘定的数据稀缺性问题,国内外学者研究的一个共同点是利用其他类型的数据对作物产量数据或损失数据进行“增信”,这无疑是一个正确的方向,也是大数据时代第四科学范式数据密集型研究的必然要求<sup>[59]</sup>。在大数据时代,社会科学领域的研究开始从模型驱动向数据驱动转变<sup>[60]</sup>,从本领域的研究趋向看,随着数据获取技术、渠道的多样化以及社会经济发展不确定性的增大,学者们对农业生产风险评估及农业保险费率厘定的可信度或可靠性给予了更高的关注,开展了基于多源数据融合的农业生产风险评估和农业保险费率厘定的努力和探索。令人高兴的是,这些努力和探索不仅局限在学术研究,还体现在产业应用方面的突破。2020 年在《关于加快农业保险高质量发展的指导意见》指导下,我国农业保险精算工作取得了重大突破。中国银保监会组织中国精算师协会和中国银保信息技术管理有限公司等行业力量,基于全国农业保险平台积累的 11.6 亿条保单级农业保险理赔数据,采用“一体两翼”的策略完成并发布了全国地市级三大主粮作物农业保险纯风险费率区划,在推动农业保险精细化发展、破解“一省一费”的粗放发展模式上迈出了坚实一步。另外,在此之前,中国农业科学院农业信息研究所农业风险管理研究创新团队也在 10 余年研究基础上,利用详实的农业统计数据、农业保险业务数据、典型农户调查数据和一些典型案例研究数据,完成并发布了《中国农业生产风险区划地图册》,对 31 个省份自治区县域尺度上 11 种主要农产品的生



产风险情况进行了区划和制图 (“农险论坛” 微信公众号,《成果推荐: 中国农业生产风险区划地图册》<https://mp.weixin.qq.com/s/bz4rt7PNtxjCh6DcudEpEQ>)。这两项成果都在行业产生了极为重要的影响,从技术路线上来讲都不是局限于某一种数据源和某一方法,前者以经验费率法为基础,赋予基于单产的费率厘定方法 10%权重和基于灾害因子的费率厘定方法 10%权重进行调整。后者以作物单产统计方法为基础,根据省级尺度农业保险赔付数据和不同空间尺度费率厘定结果的转换关系对评估结果进行调整,都是在已有研究成果上的集成创新,是基于多源数据融合农业生产风险评估和保险费率厘定的生动实践。但这两项成果仍有改进的余地。前者对 3 种费率厘定结果给予 80%、10%和 10%权重的做法有较大的武断性,当前我国农业保险领域广泛存在的“协议赔付”和“数据失真”问题也降低了其可信度;而后者风险评估结果的准确性在很大程度上依赖于作物单产数据的质量以及数据调整方法的科学性,无法证明风险评估结果的可靠性有多大。未来建议,一是要开展两项成果的互相校正,二是要研究不同数据源风险评估结果的信度,完善农业保险费率厘定的数据融合方法,为我国农业保险提供更加科学、更为可靠的费率厘定结果。

未来,笔者认为应该重点开展两方面的工作,一是深入开展农业保险费率厘定多源数据融合的机理和方法研究,不断提升农业保险费率厘定的科学性和可靠性;二是要特别注重农业保险基础数据的积累、整合和开放共享,这是数据融合技术应用的基础,也是对农业保险费率厘定科学性和可靠性的根本支持。需要说明的是,农业生产风险评估及农业保险费率厘定自 20 世纪 80 年代以来一直是国际农业保险领域研究的重点,相关领域的研究可谓汗牛充栋,许多国际知名的学者都对此开展过深入研究。受知识背景、能力和水平的限制,笔者在对本领域最新研究进展梳理和归纳时并没有将所有最新文献都涵盖在内,如本文并未涉及作物模型、卫星遥感和机器学习应用于农业保险定价的研究文献,这方面的研究同样重要,也是大数据时代非常重要的研究领域,但超出了现阶段笔者的能力范围,只能留待未来加以解决。

另外,从学理上讲,科学评估农业生产风险、准确厘定农业保险费率的根本目的在于通过保费的精准来降低农业保险运作中的逆选择问题,但保险精算方法是用历史数据来推测未来,暗含的假设是“历史会重演、历史损失数据能够反映未来”,这一假设并不

成立,因此,农业生产风险评估以及农业保险费率精算的准确性和可靠性只能是一个相对的概念,农业保险精算并不能完全消除逆选择问题<sup>[61]</sup>。由此,笔者提出两条实务性建议,一是除了利用大数据和数据融合技术不断提升农业生产风险评估和农业保险精算结果的可信度之外,还需要在多元化多层次的农业保险供给上下功夫,通过提供更加多样更具有弹性的农业保险产品来满足不同农户的多样化需求,这也是降低农业保险逆选择行为的一种有效手段<sup>[62]</sup>;二是在未来农业保险费率厘定结果的发布时,除展示风险损失率和纯费率外,增加一个费率波动值或费率参考区间,给予费率一定的变动性,使各地政府和保险机构在保险实务应用中可根据需要进行调整。

## 参考文献 References

- [1] MAHUL O, STUTLEY C J. Government Support to Agricultural Insurance: Challenges and Options for Developing Countries. The World Bank: Washington D.C. 2010,
- [2] KNIGHT T O, COBLE K H. Survey of US multiple peril crop insurance literature since 1980. Review of Agricultural Economics, 1997, 19(1): 128. doi:10.2307/1349683.
- [3] GLAUBER J W. Crop insurance reconsidered. American Journal of Agricultural Economics, 2004, 86(5): 1179-1195.
- [4] 张峭. 中国农作物生产风险评估及区划理论与实践. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2013.  
ZHANG Q. The Theory and Practice of Chinese Crop Yield Risk Assessment and Regionalization. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2003. (in Chinese)
- [5] 张峭, 徐磊, 王克. 加强农业生产风险评估与区划 保障农保持健康持续发展. 人民网, 2011.  
ZHANG Q, XU L, WANG K. Promoting the sustainable development of Chinese agricultural insurance program by enhancing the crop yield risk assessment and regionalization. People Newspaper, 2011. (in Chinese)
- [6] COBLE K H, KNIGHT T O, GOODWIN B, MILLER M F, REJESUS R M. A Comprehensive Review of the RMA APH and COMBO Rating Methodology, 2010, RMA USDA.
- [7] RACINE J, KER A. Rating crop insurance policies with efficient nonparametric estimators that admit mixed data types. Journal of Agricultural and Resource Economics, 2006, 31(1): 27-39.
- [8] 王克, 张峭. 农业生产风险评估方法的评述及展望. 农业展望, 2013(2): 38-43.  
WANG K, ZHANG Q. Agricultural yield risk assessment: review and

- outlook. *Agricultural Outlook*, 2013, 9(2): 38-43. (in Chinese)
- [9] 肖宇谷, 王克, 王晔. Bootstrap 方法在农业产量保险费率厘定中的应用. *保险研究*, 2014(9): 21-28.
- XIAO Y G, WANG K, WANG Y. The application of bootstrap method in ratemaking procedure of crop yield insurance. *Insurance Studies*, 2014(9): 21-28. (in Chinese)
- [10] 叶涛, 谭畅, 刘杨宾. 基于县域单产数据的种植业保险定价模型关键假设检验. *保险研究*, 2014(6): 3-10.
- YE T, TAN C, LIU Y B. Testing for the key assumptions of crop insurance pricing models using county-level yield data. *Insurance Studies*, 2014(6): 3-10. (in Chinese)
- [11] 王克, 张峭. 农作物单产风险分布对保险费率厘定的影响: 以新疆 3 县(市)棉花单产保险为例. *中国农业大学学报*, 2010, 15(2): 114-120.
- WANG K, ZHANG Q. Influence of flexible crop yield distributions on crop insurance premium rate: A case study on cotton insurance in three counties of Xinjiang. *Journal of Agricultural University*, 2010, 15(2): 114-120. (in Chinese)
- [12] 王克, 张峭. 基于数据融合的农作物生产风险评估新方法. *中国农业科学*, 2013, 46(5): 1054-1060.
- WANG K, ZHANG Q. A new approach to assess crop yield risk based on mixed source of data. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(5): 1054-1060. (in Chinese)
- [13] VILLENEUVE R. Issues in Agricultural Insurance, in 2015 SOA Annual Meeting, 2015.
- [14] 叶涛, 聂建亮, 武宾霞, 李曼, 史培军. 基于产量统计模型的农作物保险定价研究进展. *中国农业科学*, 2012, 45(12): 2544-2551.
- YE T, NIE J L, WU B X, LI M, SHI P J. Crop insurance premium rating based on yield simulation models. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(12): 2544-2551. (in Chinese)
- [15] 肖宇谷. 农业保险中的精算模型研究. 北京: 清华大学出版社, 2018.
- XIAO Y G. The Actuarial Model in Agricultural Insurance. Beijing: Tsinghua University Press, 2018. (in Chinese)
- [16] WOODARD J D, SHERRICK B J, SCHNITKEY G D. Actuarial impacts of loss cost ratio ratemaking in US crop insurance programs. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2011, 36(1): 211.
- [17] 张峭, 王克, 宋建国. 中国农业保险保障分析与评价. 北京: 中国金融出版社, 2020.
- ZHANG Q, WANG K, SONG J G. The Analysis and Evaluation of Chinese Agricultural Insurance. Beijing: China Financial Publication House, 2020. (in Chinese)
- [18] 鹿国柱. 农业保险协议理赔该清理了. *中国银行保险报*, 2020.
- TUO G Z. The claim deal of Chinese agricultural insurance should be cleaned up. *China Banking and Insurance News*, 2020. (in Chinese)
- [19] VILLENEUVE R. Restating Losses in Crop Insurance, in International Agricultural Risk. Finance and Insurance Conference, Vancouver Canada, 2013.
- [20] ELAINE H A, GOODWIN B. Big assumptions for small samples in crop insurance. *Agricultural Finance Review*, 2014, 74(4): 477-491.
- [21] YE T, NIE J L, WANG J, SHI P J, WANG Z. Performance of detrending models of crop yield risk assessment: evaluation on real and hypothetical yield data. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2015, 29(1): 109-117.
- [22] 陈军, 赵思健, 聂谦. 区域农业产量风险低估的评价研究. *保险研究*, 2020(2): 19-29.
- CHEN J, ZHAO S J, NIE Q. A study on the underestimated evaluation of regional agricultural yield risk. *Insurance Studies*, 2020(2): 19-29. (in Chinese)
- [23] 叶涛, 史培军, 王静爱. 种植业自然灾害风险模型研究进展. *保险研究*, 2014(10): 12-23.
- YE T, SHI P J, WANG J A. A review on crop natural disaster risk models. *Insurance Studies*, 2014(10): 12-23. (in Chinese)
- [24] GOODWIN B K, HUNGERFORD A. Copula-based models of systemic risk in u.s. agriculture: implications for crop insurance and reinsurance contracts. *American Journal of Agricultural Economics*, 2015, 97(3): 879-896.
- [25] PORTH L, ZHU W K, TAN K S. A credibility-based Erlang mixture model for pricing crop reinsurance. *Agricultural Finance Review*, 2014, 74(2): 162-187.
- [26] REJESUS R M, COBLE K H, MILLER M F, GOODWIN B K, AND KNIGHT T O. Accounting for weather probabilities in crop insurance rating. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2015, 40(2): 306-324.
- [27] SHEN Z W, ODENING M, OKHRIN O. Can expert knowledge compensate for data scarcity in crop insurance pricing? *European Review of Agricultural Economics*, 2015, 43(2): 237-269.
- [28] KER A P, TOLHURST T N, LIU Y. Bayesian estimation of possibly similar yield densities: Implications for rating crop insurance contracts. *American Journal of Agricultural Economics*, 2015, 98(2): 360-382.
- [29] WOODARD J D, VERTERAMO-CHIU L J. Efficiency impacts of utilizing soil data in the pricing of the federal crop insurance program. *American Journal of Agricultural Economics*, 2017, 99(3): 757-772.
- [30] 张峭, 王克. 我国农业自然灾害风险评估与区划. *中国农业资源与区划*, 2011, 32(3): 32-36.

- ZHANG Q, WANG K. Assessment and regional planning of Chinese agricultural natural disaster risks. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2011, 32(3): 32-36. (in Chinese)
- [31] 张峭, 王克, 张希. 农作物灾损风险的评估方法研究. *上海农业学报*, 2010, 26(增刊): 22-26.
- ZHANG Q, WANG K, ZHANG X. Research on the assessment approach of agricultural disaster and loss risk. *Acta Agriculturae Shanghai*, 2010, 26(Suppl.): 22-26. (in Chinese)
- [32] 王月琴, 赵思健, 聂谦. 山西沁县谷子综合天气指数保险研究. *保险研究*, 2019(4): 15-26.
- WANG Y Q, ZHAO S J, NIE Q. A study on synthetic weather index insurance for millet in Qinxian, Shanxi Province. *Insurance Studies*, 2019(4): 15-26. (in Chinese)
- [33] 赵思健, 张峭, 聂谦, 郑茗曦. 农作物气象灾害风险识别与评估研究. *灾害学*, 2018, 33(2): 51-57.
- ZHAO S J, ZHANG Q, NIE Q, ZHENG M X. Weather-related disaster risk recognizing and assessment of crop. *Journal of Catastrophology*, 2018, 33(2): 51-57. (in Chinese)
- [34] 牛浩, 陈盛伟. 山东省玉米气象产量分离方法的多重比较分析. *山东农业科学*, 2015, 47(8): 95-99.
- NIU H, CHEN S W. Multiple comparative analyses of separation methods for meteorological yield of corn in Shandong Province. *Shandong Agricultural Sciences*, 2015, 47(8): 95-99. (in Chinese)
- [35] 吴海平, 李士森, 李晓涛, 任金政. 混合数据信度优化模型及其在农作物保险定价中的应用: 以河北省县级玉米保险费率厘定为例. *金融理论与实践*, 2020(12): 110-115.
- WU H P, LI S S, LI X T, REN J Z. Mixed data optimal model and its application in crop insurance pricing: taken the county-level maize insurance pricing of Hebei Province as an example. *Financial Theory and Practice*, 2020(12): 110-115. (in Chinese)
- [36] JUST R E, WENINGER Q. Are crop yields normally distributed? *American Journal of Agricultural Economics*, 1999, 81(2): 287-304.
- [37] HARRI A, ERDEM C, COBLE K H, KNIGHT T O. Crop yield distributions: A reconciliation of previous research and statistical tests for normality. *Review of Agricultural Economics*, 2009, 31(1): 163-182.
- [38] WOODARD J D, SHERRICK B J, SCHNITKEY G D. Revenue risk reduction impacts of crop insurance in a multi crop framework. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 2010, 32(3): 472-488.
- [39] GOODWIN B K, KER A P. Nonparametric estimation of crop yield distributions: Implications for rating group-risk crop insurance contracts. *American Journal of Agricultural Economics*, 1998, 80(1): 139-153.
- [40] KER A P, GOODWIN B K. Nonparametric estimation of crop insurance rates revisited. *American Journal of Agricultural Economics*, 2000, 82(2): 463-478.
- [41] ZHANG Q, WANG K. Evaluating production risks for wheat producers in Beijing. *China Agricultural Economic Review*, 2010, 2(2): 200-211.
- [42] 任金政, 李晓涛. 基于异方差调整的粮食单产风险分布对保险费率厘定的影响研究. *保险研究*, 2019(9): 74-87.
- REN J Z, LI X T. The impact of crop unit yield risk distribution based on heteroscedasticity adjustment on premium rates. *Insurance Studies*, 2019(9): 74-87. (in Chinese)
- [43] BOKUSHEVA R. Measuring dependence in joint distributions of yield and weather variables. *Agricultural Finance Review*, 2011, 71(1): 120-141.
- [44] TOLHURST T N, KER A P. Innovation Induced Volatility: 65 Years of Increasing and Asymmetric Crop Yield Volatility in the US Corn Belt. 2017.
- [45] ZHU W. Actuarial Ratemaking in Agricultural Insurance[D]. University of Waterloo, 2015.
- [46] ZHU W J, TAN K S, PORTH L. Agricultural insurance ratemaking: Development of a new premium principle. *North American Actuarial Journal*, 2019: 23(4): 512-534.
- [47] PARK E J, BRORSEN B W, HARRI A. Using bayesian Kriging for spatial smoothing in crop insurance rating. *American Journal of Agricultural Economics*, 2019, 101(1): 330-351.
- [48] TOLHURST T N, KER A P. On technological change in crop yields. *American Journal of Agricultural Economics*, 2015, 97(1): 137-158.
- [49] BECHTEL A, YOUNG D L. The importance of using farm level risk estimates in crop enrollment decisions. *Western Agricultural Economics Association*, 1999.
- [50] KNIGHT T O, COBLE K H, GOODWIN B K, REJESUS R M, SEO S. Developing variable unit-structure premium rate differentials in crop insurance. *American Journal of Agricultural Economics*, 2010, 92(1): 141-151.
- [51] WANG H H, ZHANG H. Model-based clustering for cross-sectional time series data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 2002, 7(1): 107.
- [52] CLAASSEN R, JUST R E. Heterogeneity and distributional form of farm-level yields. *American Journal of Agricultural Economics*, 2011, 93(1): 144-160.
- [53] COBLE K H, DISMUKES R, THOMAS S. Policy implications of crop yield and revenue variability at differing levels of disaggregation, in Selected Paper for presentation at the American Agricultural



- Economics Association Annual Meeting, Portland, Oregon, July 29-August 1, 2007. 2007: Portland, Oregon.
- [54] 叶涛, 牟青洋, 史培军. 编制全国农业保险区划、支撑农业保险高质量发展//中国保险学会. 加快农业保险高质量发展政策解读和成果汇编. 北京: 中国金融出版社, 2020: 186-199.
- YE T, MOU Q X Y, SHI P J. Supporting the high-quality development of China agricultural insurance by drafting the national agricultural insurance regionalization//Chinese Insurance Society. The Collection of Papers on Promoting China Agricultural Insurance High-quality Development. Beijing: China Financial Publication House, 2020: 186-199. (in Chinese)
- [55] WANG H H, MAKUS L D, CHEN X M. The impact of US commodity programmes on hedging in the presence of crop insurance. *European Review of Agricultural Economics*, 2004, 31(3): 331-352.
- [56] POPP M, RUDSTROM M, MANNING P. Spatial yield risk across region, crop and aggregation method. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 2005, 53(2.3): 103-115.
- [57] RUDSTROM M, POPP M, MANNING P, GBUR E. Data aggregation issues for crop yield risk analysis. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 2002, 50(2): 185-200.
- [58] ZHANG Q, LI Y, WANG K. The measure of data aggregation bias for crop production risk assessment//HUANG C. *Emerging Economies, Risk and Development, and Intelligent Technology—Proceedings of the 5th International Conference on Risk Analysis and Crisis Response*. USA: CRC Press, 2015: 35-42.
- [59] 邓仲华, 李志芳. 科学研究范式的演化——大数据时代的科学研究第四范式. *情报资料工作*, 2013(4): 19-23.
- DENG Z H, LI Z F. The evolution of scientific research paradigm: the fourth paradigm of scientific research in the era of big data. *Information and Documentation Services*, 2013(4): 19-23. (in Chinese)
- [60] 黄欣卓, 彭康珺. 第四研究范式: 大数据时代的社会科学研究——“大数据与社会科学转型高端学术研讨会”综述. *清华社会科学*, 2019, 1(1): 254-264.
- HUANG X Z, PENG K J. The fourth paradigm of scientific research: social sciences research in the era of big data—the workshop review of big data and social sciences research. *Tsinghua Social Sciences*, 2019, 1(1): 254-264. (in Chinese)
- [61] RAMIREZ O A, COLSON G. Premium estimation inaccuracy and the distribution of crop insurance subsidies across participating producers//Agricultural & Applied Economics Association's 2013 AAEA & CAES Joint Annual Meeting. Washington D.C, 2013.
- [62] MAISASHVILI A, BRYANT H L, JONES J P H. Implications of alternative crop insurance subsidies. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 2020, 52(2): 240-263.
- (责任编辑 李云霞)