

## Summary of Researches on Basis Risk in Weather Index Insurance

Yueqin Wang<sup>1,2</sup>, Sijian Zhao<sup>1,2\*</sup>

1. Agricultural Information Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Digital Agricultural Early-warning Technology, MOA, Beijing 100081, China
2. China Institute of Actuarial Science, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China

Received January 1, 2019

Accepted June 25, 2019

### Abstract

Agricultural weather index insurance overcomes the technology and management problems existing in traditional agricultural insurance, and can effectively transfer agricultural meteorological disasters risk, providing strong guarantee for farmers with small production scale and scattered land. Although weather index insurance has many advantages, governments around the world have made a lot of efforts to expand the coverage, but farmers' demand is still not high. One of the reasons is basis risk. How to reduce it, and improve the operational efficiency of weather index insurance is an important issue that needs to be solved urgently. This paper has summarized researches on the theories and practices of weather index insurance at home and abroad, and systematically comments on the basis risk's definition, formation mechanism, quantitative methods and management measures. In order to provide useful ideas and references for the development of China's weather index insurance and the future research on basis risk.

**Keywords:** Agricultural Weather Index Insurance, Basis Risk, Formation Mechanism, Quantitative Methods, Risk Management

## 农业天气指数保险中基差风险的研究进展

王月琴<sup>1,2</sup>, 赵思健<sup>1,2\*</sup>

1. 中国农业科学院农业信息研究所/农业部智能化农业预警技术重点开放实验室, 北京 100081
2. 中央财经大学中国精算研究院, 北京 100081

**摘要:** 农业天气指数保险克服了传统农业保险中的技术管理难题, 能够有效转移分散农业气象灾害风险, 为生产规模小、地块分散的发展中国家提供有力保障。虽然天气指数保险有诸多优势, 各国政府也为扩大天气指数保险的承保范围做出很多努力, 但农户对天气指数保险的需求仍然不高, 造成这种现象的主要原因之一是基差风险的存在。如何降低基差风险、提高天气指数保险的实施效果是当前亟待解决的重要问题。本文在总结国内外天气指数保险理论与实践的基础上, 针对天气指数保险基差风险的界定、影响机理、量化方法、管理手段等方面进行了系统的梳理及评述, 以期为我国天气指数保险的发展和今后基差风险的研究提供有益的思路和参考。

**关键词:** 农业天气指数保险, 基差风险, 形成机理, 量化方法, 风险管理

\*通讯作者: 赵思健, 中国农业科学院农业信息研究所副研究员, 邮箱: [zhaosijian@caas.cn](mailto:zhaosijian@caas.cn)。

第一作者: 王月琴, 中国农业科学院农业信息研究所博士研究生, 邮箱: [1105118850@qq.com](mailto:1105118850@qq.com)。

1. 引言

全球气候变化增加了气象灾害风险的发生，频率高、强度大的气象灾害给农业生产带来巨大的损失。我国农业生产大都是小规模经营，基于“个体”的传统农业保险在推行过程中出现了勘查定损难、交易成本高等问题，大大削弱了农业保险作为风险管理手段的作用。因此，创新农业保险机制、降低定损理赔成本、拓宽保障范围，已成为关乎我国农业保险未来发展的重要命题<sup>1</sup>。农业天气指数保险（以下天气指数保险均指农业领域）是将一个或几个气象要素对农作物的损害程度指数化，当天气指数对产量的影响达到一定水平，农户就可获得相应标准的赔偿，是一种对气象导致的农作物产量下跌风险进行保障的保险产品。天气指数保险不基于农户的实际损失，而是基于区域气象部门的数据进行赔付，无需勘察定损，理赔迅速，可有效降低交易成本，有助于应对农业生产中的系统性气象风险<sup>2</sup>，因此在实践中得到了广泛的应用。

天气指数保险适合“农民数量多、生产规模小”的发展中国家，被越来越多的学者和保险公司视为发展中国家应对农业气象灾害风险的有效替代方式<sup>3</sup>。2002年，墨西哥首先将天气指数保险运用于农业领域。在世界银行的协助和推广下，天气指数保险陆续在印度、马拉维、孟加拉、埃塞俄比亚等发展中国家开展起来。其中，印度是天气指数保险商品化程度最高的国家<sup>4</sup>。在我国，天气指数保险引进时间较短。2007年上海安信农业保险公司推出全国首个西瓜天气指数保险产品。随后各种天气指数保险产品陆续在全国各地开展起来，涉及的农产品多样，主要有水稻、小麦、玉米等粮食作物，柑橘、杨梅等水果，茶叶、棉花等特色经济作物，虾、蟹等水产品，牛、羊等牲畜，其中特色经济作物居多。随着我国农村保险需求的不断提高，天气指数保险已成为农业保险多元化创新发展的重要驱动力。政府对天气指数保险的重视程度越来越高，在农业保险的相关政策中也越来越多被提到（表1）。可以预见，在未来，天气指数保险将成为我国转移气象灾害风险的重要方式。

尽管与传统农业保险相比，天气指数保险优势明显，但作为指数保险的一种，天气指数保险不可避免的存在基差风险（Basis Risk），即根据指数得到的理赔金额与投保人实际受损可能并不吻合。例如，Sarah等指出基差风险是指数保险等区域保险产品所固有的，当保险赔付依靠指数而不取决于投保人的实际损失时就会发生，使保险保障偏离投保人的预期<sup>5</sup>。几乎所有涉及天气指数保险的文献都达成

表 1. 与天气指数保险相关的国家政策

年份	部门	文件	内容
2014年	国务院	《关于加快发展现代保险服务业的若干意见》	明确提出要鼓励探索天气指数保险等新兴产品和服务，丰富农业保险风险管理工具。
2015年	保监会	《关于做好农业气象灾害理赔和防灾减损工作的通知》	要求各财产保险公司“加快推进天气指数保险”。
2016年	中共中央、国务院	“中央一号”文件	提出“积极开发适应新型农业经营主体需求的保险品种。探索开展重要农产品目标价格保险以及收入保险、天气指数保险试点”。重点提到通过创新天气指数保险等方式探索运用保险以及保险与其他金融工具融合，促进我国农业现代化发展的有效模式。
2016年	农业部	《关于开展2016年度金融支农服务创新试点的通知》	提出“积极开发适应新型农业经营主体需求的保险品种。探索开展重要农产品目标价格保险以及收入保险、天气指数保险试点”。重点提到通过创新天气指数保险等方式探索运用保险以及保险与其他金融工具融合，促进我国农业现代化发展的有效模式。
2017年	国务院	《关于加快构建政策体系培育新型农业经营主体的意见》	提出要加快开展天气指数保险的试点。
2018年	国务院	《乡村振兴战略规划（2018—2022年）》	提出要完善农业保险政策体系，设计多层次、可选择、不同保障水平的保险产品，鼓励开展天气指数保险等试点，完善农业风险管理和预警体系。

资料来源：作者整理。

普遍共识：基差风险是天气指数保险的最大缺陷<sup>6-8</sup>；基差风险并不能完全消除，但可通过保险产品的合理设计来降低<sup>9</sup>；天气指数保险的最大挑战是如何降低基差风险<sup>10</sup>。目前国内外关于天气指数保险基差风险的研究并没有很深入，只是认识到基差风险是天气指数保险的劣势，影响了农民参与保险的意愿，但基差风险究竟在多大程度上影响天气指数保险的推广、如何量化基差风险以及具体的降低基差风险的方法，目前的研究很少涉及<sup>11-13</sup>。基于上述背景，本文系统梳理和评述了国内外天气指数保险基差风险的研究进展，以期为进一步研究基差风险提供理论和方法指引。主要从以下几个方面展开：第1部分引言部分交代研究的背景和意义；第2部分是关于基差风险的概念界定研究，第3部分主要阐述了基差风险如何降低天气指数保险的需求；第4部分归纳总结基差风险的形成机理，第5部分和第6部分分别梳理量化和管理基差风险的方法，最后一部分是本文的结论和研究展望。

## 2. 基差风险的界定研究

风险是指在未来一定的时间和空间范围内, 由于决策者无法确定与控制的外在因素, 导致决策者在特定的活动中获得的实际收益低于预期收益的可能性<sup>14</sup>。基差风险也是风险的一种, 是农户预期损失的不确定性, 是农户承担的未被保险的剩余风险 (Residual Risk), 属于保险赔付的公平性问题<sup>15-17</sup>。从已有文献可以发现, 国内外对基差风险的界定主要是从根据保险赔付与实际损失关系这一角度, 或体现在二者不完全相关, 或体现在二者值的差异。学者们认为按照区域性指数而未按实际损失的赔付方法, 虽然数据客观、理赔方便迅速, 但由于指数和实际损失之间存在不完全相关性<sup>9</sup>, 保险赔付无法完全匹配每个农户的实际损失<sup>6, 7, 10, 13, 15, 18-20</sup>; 有些农户虽未达到区域指数触发值却得到赔偿; 有些农户虽发生严重损失却因未触发指数而没有得到赔偿或者得到的赔偿不足以弥补损失。即使同一个种植区域的农户受到同种气象灾害的侵袭, 灾后的实际受损情况也可能不同, 故保险保障的效果也会因人而异。

## 3. 基差风险对保险需求的影响研究

目前天气指数保险的试点区域有限且区域内有效需求十分不足。在已有关于天气指数保险需求的研究方面, 大多人认为农业收入占比、农户受教育程度、种植规模、农作物受灾程度等是影响天气指数保险需求的因素<sup>21</sup>。基差风险的存在到底是否会影响到天气指数保险的推广, 在多大程度上会降低农户对天气指数保险的需求, 是未来值得深入探讨的问题。国内外有部分学者研究了基差风险对保险需求的影响, 主要从以下两个方面展开:

一是理论分析层面。Carter 等将风险/模糊厌恶 (Ambiguity Aversion) 理论引入基差风险影响天气指数保险需求的研究中, 指出农户 (风险者) 不知道天气指数保险赔付的概率分布, 保险的赔付出现不确定性, 而且从历史上看很可能出现有损失但得不到赔付的情况, 所以农户不愿意冒着基差风险而去购买指数保险<sup>22</sup>。Elabed 和 Carter 利用样本中马里棉农偏好特征分布来预测指数保险需求如何随着基差风险而变化, 分别考虑基差风险对个人期望效用最大化需求和考虑风险厌恶需求的影响, 结果显示二者都随基差风险的增加而降低, 但考虑了风险厌恶的需求与个人期望效用最大化的需求相比, 保险需求降低了一半, 得出需要降低基差风险来提高指数保险需求的结论<sup>23</sup>。

二是定量分析层面。Mobarak 等基于基差风险和指数保险需求有相关关系的假定, 将到气象站的距离作为基差风险的替代性指标, 使用随机实验法研究距自动降雨站不同距离处的农户的保险需求。研究结果显示距离每增加 1 公里, 指数保险的需求就下降 6.4%<sup>24</sup>。Hill 等同样采用这种替代性指标计算方法证明了基差风险的存在会显著降低指数保险的需求<sup>25</sup>。Jensen 等使用家庭尺度数据来研究影响牲畜指数保险需求的因素, 结果表明基差风险和空间逆向选择在牲畜指数保险需求方面起着重要作用<sup>26</sup>。除此之外, 还有用问卷调查的方法研究基差风险对保险需求的影响。例如, 王振军等对陇东黄土高原区 524 户农户进行问卷调查, 研究显示相同保障水平下由于基差风险存在, 天气指数保险的购买意愿要低于传统农业保险<sup>27</sup>。

## 4. 基差风险的形成机理研究

在确定基差风险会降低天气指数保险的需求后, 了解基差风险是如何形成以及受到哪些因素的影响具有十分重要的意义。纵观国内外对基差风险形成机理的研究, 可以发现影响基差风险的因素大抵可以归为三类 (表 2) —— 作物生长期变化带来的时间基差风险、空间异质性导致的空间基差风险、保险设计产生的产品基差风险<sup>28</sup>。

### 4.1. 时间基差风险

总结国内外关于时间基差风险的研究, 可以发现时间基差风险主要是由于历史年际间作物的生长期变化引起的, 若用固定生长期设计保险期间会产生时间基差风险。Diaz Nietoa 等<sup>29</sup>, Collier 等<sup>6</sup>认为基差风险的来源之一是存在时间风险, 即天气事件对农作物每个生长阶段产量的影响在不同年份可能有所不同。牛浩, 陈盛伟也认为目前的天气指数保险产品存在作物生长阶段难以随年际间气象条件的变化作灵活调整的问题。农作物生长期不是固定不变的, 年际间种植时间的偏差和气象条件的不同都会造成作物生长期时间范围发生变化。因此, 在不同年份采用固定的生长期时间会存在时间基差风险<sup>30</sup>。

### 4.2. 空间基差风险

从已有对基差风险形成机理的研究中可以发现, 大多数人认为空间差异是基差风险的一个重要的来源。空间基差风险是由于空间异质性造成的, 这种异质性最终导致个体农户的实际损失与区域损失不

完全匹配。目前对空间基差风险的认识主要有两个方面：

一是区域内系统性 (Covariate Risk) 天气风险导致的空间基差风险。Diaz Nietoa 等<sup>29</sup>, Collier 等<sup>6</sup>认为由于空间异质性的存在导致同一天气事件对不同农户作物产量的影响可能不同。Barnett 和 Mahul 认为基差风险来自于天气变量的空间差异性, 即天气变量在空间上并非高度共变 (Highly Spatially Covariate), 目标区域可能存在区域性微气候, 导致个体农户之间的实际受灾程度并不完全一致<sup>7</sup>。Giné 和 Townsend<sup>31</sup>, Rao<sup>32</sup>认为小范围天气的差异性使个体农户实际受损不一致进而导致基差风险的存在。尹东也认为天气指数保险中的气象要素存在分布不统一的空间风险<sup>33</sup>。牛浩, 陈盛伟认为天气指数设计忽略了不同地域之间的差异, 区域内小气候的存在造成了天气指数保险空间误差的发生<sup>30</sup>。

二是除天气外的非系统性风险 (Idiosyncratic Risk) 导致的空间基差风险。例如, Barnett 和 Mahul 指出引起农作物减产的原因除了天气风险之外, 还可能与病虫害、个体农户的生产技能、土壤质量、农作物品种等其他因素有关, 这些因素导致了基差风险的发生<sup>7</sup>。Giné 和 Townsend<sup>31</sup>, Rao<sup>32</sup>也认同受灾情况不光与天气有关, 还有病虫害等其他非天气因素有关。Conradt 指出天气指数保险只承保天气等系统性风险, 没有将病虫害等非系统性风险包含其中, 而且承保地域越大, 投保人面临的风险异质性越大, 指数保险越难预测产量<sup>5</sup>。陈晓峰认为区域内的气候、土壤、地形、海拔等自然禀赋的同质化程度以及田间管理的标准化程度都会直接影响基差风险的大小<sup>34</sup>。丁少群, 罗婷指出基差风险产生的原因之一是保险产品中没有考虑个体之间的差异 (地形, 防范措施等), 这会增大基差风险<sup>13</sup>。

### 4.3. 产品基差风险

产品基差风险是人为设计误差造成的, 没有将影响作物损失的所有气象灾害考虑在内、模拟拟合不准确等都可能造成基差风险。例如, Rao 指出产品设计不合理会产生基差风险<sup>32</sup>。Conradt 指出若气象站与个别农场距离太远, 天气指数的设计则无法准确反映天气条件的变化; 若产品未能考虑天气条件对作物不同生长阶段的敏感性影响时, 会导致对实际损失的估计较差, 从而出现设计错误<sup>5</sup>。牛浩, 陈盛伟认为所有气象因素未能被全部考虑在内、历史数据缺乏、数据质量低、风险自救措施, 这些因素的存在会导致只根据气象统计数据来构建保险产品产生设计误差。另外, 模型方法准确性也值得商

榷<sup>30</sup>。丁少群, 罗婷就指出若保险定价模型出现差错则特定气象因子与实际损失率之间的关系就不会被准确刻画出来, 会产生产品设计基差风险<sup>13</sup>。

表 2. 基差风险的类型

类型	影响因素	说明
时间基差风险	作物生长期变化	年际间种植时间的偏差和气象条件的不同会造成作物生长期时间范围发生变化。 (1) 系统性天气风险: 气象站与个体之间的距离不同, 气象变量在空间上并非高度共变, 存在区域微气候;
空间基差风险	地理空间异质性	(2) 非系统性风险: 除天气之外, 作物的产量还受病虫害、管理水平、土壤质量、作物品种等其他非系统性风险影响。
产品基差风险	产品设计准确性	产品设计的气象要素和产量并不完全相关, 模型拟合效果不好, 天气指数选取不准确等。

## 5. 基差风险的量化研究

如何衡量基差风险的大小是天气指数保险基差风险研究至关重要的一步。目前学者们普遍认为指数设定与承保区域产量越相关, 基差风险就越小, 也有学者认为这种相关性体现在天气指数和农户所在地的气候条件上。量化基差风险的方法一般分为两种: 一种是衡量基差风险的程度; 另一种是衡量基差风险的数量。

(1) 衡量基差风险的程度。目前大多数学者是利用作物区域气象/产量与个体农户的相关性来衡量基差风险, 这种方法只能间接地定性描述基差风险的风险程度高低, 无法定量得出基差风险到底有多大。例如, 世界银行<sup>9</sup>, Fuchs 和 Wolff<sup>35</sup>指出指数和农场一级的产量相关性的大小决定了基差风险的大小。张峭<sup>17</sup>, 张惠茹<sup>10</sup>也认为如果天气指数和个体农户的气候条件高度相关, 基差风险就会相对较小。徐磊, 张峭进一步指出基差风险的大小与地区总水平和个体农户相关度成反比, 在其他条件一定的情况下, 相关度越小, 基差风险越大<sup>36</sup>。除了理论上的分析, 还有部分学者利用实证验证了基差风险的存在。例如, Clarke 和 Mahul 等使用研究区域作物平均产量占其历史 (1999 - 2007 年) 平均产量的比重来表示增产减产程度, 用 2006 年印度降雨指数保险的赔付率来表示保险赔付情况, 二者进行相关性分析发现作物产量与保险赔付之间存在弱的相关性, 用这种弱相关性表示该保险产品存在的基差风险较大<sup>37</sup>。杨太明, 刘布春等在设计安徽省宿州市冬小麦天气指数保险时, 将历史天气指数赔付率与历史产量损失率的对比定义为基差比函数 (公式 1),

基差比越接近于 0，表明基差风险越小。例如，历年平均赔付率为 5.84%，历年平均产量损失率为 -5.33%，基差比则为 -8.73%<sup>38</sup>。

$$\text{基差比} = \left( -1 - \frac{\text{历史平均产量损失率}}{\text{历史天气指数保险平均赔付率}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

(2) 衡量基差风险的数量。有部分国外学者利用替代性指标——样本数量到气象站的距离来直接量化基差风险的大小。例如 Woodard 和 Garcia<sup>39</sup>、Wang 和 Zhang<sup>40</sup>、Odening 和 Musshoff 等<sup>41</sup> 认为基差风险来自于天气变量之间的空间相关性，并将其描述为气象站间距离的函数。Mobarak 等<sup>24</sup>，Hill 等<sup>25</sup> 基于基差风险和指数保险需求有相关关系的假定，将样本数量到气象站的距离作为基差风险的替代性指标，用距离的大小来刻画基差风险的大小。朱俊生也赞同天气指数保险中气象站与保险标的之间的距离远近与空间基差风险的大小有关<sup>42</sup>。另外，还有利用保费空间差异性来量化基差风险的方法。例如，Norton 和 Turvey 等认为应该根据相邻位置保险保费支出的不同，考量空间地理特征（观测站之间的高度、经纬度）的差异进而量化天气指数保险

的基差风险<sup>43</sup>。

## 6. 基差风险的管理研究

虽然天气指数保险能弥补传统农业保险的很多缺陷，但并不是所有地区都有适宜发展天气指数保险，若在气象对产量影响不大的地区实施天气指数保险则会产生严重的基差风险问题。因此，保险公司在开展天气指数保险时，首先要判断保险实施的可行性。例如，Barnett 和 Mahul<sup>7</sup>，Yang<sup>44</sup>，张跃华和张琦<sup>12</sup>，张峭等<sup>45</sup> 指出若目标区域空间差异巨大（气候多变或地势复杂多变），天气指数则不能够准确衡量农户的作物损失，该地区不适宜引入天气指数保险。Woodard 和 Garcia 还认为指数应该反映的是密切影响特定地区作物产量的天气状况<sup>39</sup>。总结实施天气指数保险应该至少具备三个特点：一是气象条件与产量之间有相关性，即天气状况对作物的产量产生决定性影响；二是天气指数可观察、易于监测、客观可靠<sup>46</sup>；三是空间差异性较小，即不存在极大的区域微气候和复杂多变的地形。天气指数保险中的基差风险无法完全消除，但可以通过合理的手段把基差风险控制可在可接受的范围<sup>28, 36</sup>。本文在梳理相关研究的基础上，得出管理基差风险的技术流程（图 1）：

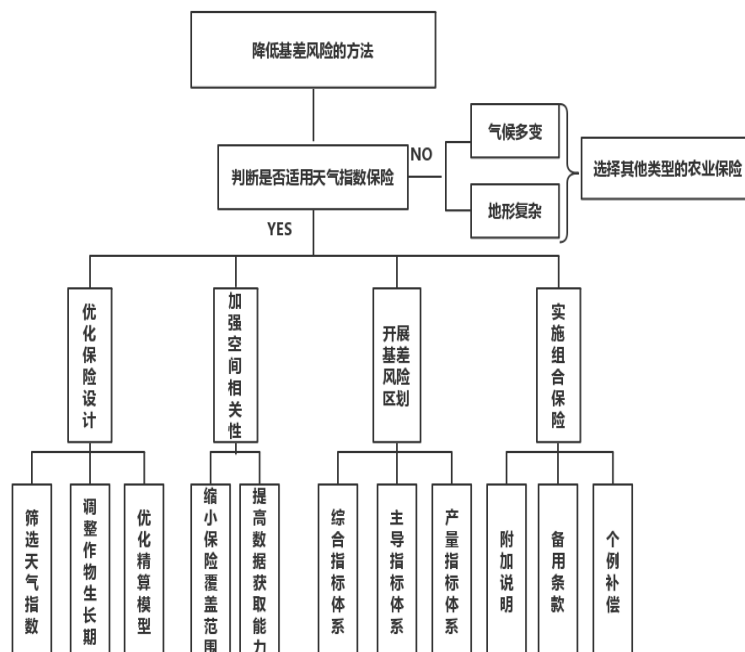


图 1 基差风险风险管理的技术流程

## 6.1. 优化保险产品的设计

为降低基差风险，优化天气指数保险设计是一种事前预防措施<sup>47</sup>，本文主要从以下几个方面梳理国内外研究进展。

### (1) 筛选天气指数

在设计天气指数保险合同时，应首先从各地区历史气象数据出发，考察分析气象要素和产量损失的相关性，筛选出与当地农作物减产相关的关键气象要素。综合已有研究，发现目前国内对天气指数的确定主要采取如下方法：

①根据调研情况，结合农户的种植经验确定当地的主要气象灾害。

②减产量与可能影响农作物减产的因子之间做回归分析<sup>48-50</sup>。

对于受到多个气象灾害影响的农作物，牛浩，陈盛伟认为可用隶属度函数（公式 2）来确定主因子天气指数，函数值越大表明该天气指数风险权重越大。

$$f(x) = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (2)$$

式中， $f(x)$  表示隶属度， $x$  表示天气指数， $x_{min}$  表示天气指数最小值， $x_{max}$  表示天气指数最大值。也可通过数学降维的处理方法将具有一定相关性的多个指标重新组合成一个新的综合指标<sup>51</sup>。③在实验室中模拟农作物气象受损情况，将处理后的减产量与天气指数构建相关关系<sup>52</sup>。

多数农作物并非只遭受一种气象灾害的影响，农作物的损失是多种气象灾害共同作用的结果<sup>53, 54</sup>。若保险产品只涵盖一种气象灾害会增大基差风险。Smith 和 Watts 论证了仅仅依靠一个指数难以开发出有效的天气指数保险产品这一观点。他们使用来自多个领域的文献研究发现降水量与测量站点附近作物产量的相关关系为 46%-53%，可见在监测点缺乏的情况下降水量与作物产量的相关性会更低。同时，他们在不同产量损失程度下进行了降水指数保险基差风险的模拟分析，结果发现降水量与作物产量的相关程度不高，存在很高的基差风险<sup>55</sup>。丁少群，罗婷也认为应该将多个气象因子囊括在产品设计中，承保不同的天气风险引起的损失。但他们也担忧多指数保险产品的设计难度大，难以精确度量致灾气象因子与产量损失的关系<sup>13</sup>。产品设计中倘若覆盖所有天气风险，基差风险会相对较小，但是也有人认为这种做法有一定的弊端：保险公司的风险会很大，保险产品的保费也会相对较高，对精算

技术要求会较高，指数的设计会变得更加复杂和难以理解<sup>56</sup>。

### (2) 调整作物生长期

年际间气象条件会随全球气候的变化而变化，因此农户种植作物的时间并不是完全一致，作物的生长期日期也不是一成不变。天气指数保险的赔付往往是根据生长期来赔付，在不同年份采用固定的生长日期设计保险产品会存在时间基差风险。因此，在优化产品设计时应该根据保险实施的时间调整生长期。国外针对精细区分作物生长阶段有专门的研究：Conradt 等利用 1980-2009 年哈萨克斯坦北部农场尺度上的小麦产量数据来研究灵活性天气指数保险的实施效果。他们使用 GDD (Growing Degree Days) 来确定每个保险期间变量开始和结束的日期，研究证明这种灵活确定天气指数的方法比固定日期法更能准确描述作物物候生长期的进程，能降低指数保险中的基差风险<sup>5</sup>。牛浩，陈盛伟认同应该随年际间气象条件的变化灵活调整天气指数保险中的生长期时间段<sup>30</sup>。

### (3) 优化精算模型

天气指数保险产品的核心在于利用历年气象与作物产量数据准确分析出指数与损失之间的关系，从而根据该关系制定赔付标准和费率。天气指数和作物产量之间的相关程度的高低直接影响保险产品基差风险的大小<sup>20</sup>。目前已有研究主要是从作物单产时序数据出发，遵循“作物单产—趋势剔除—指数选取—关系确定—费率厘定”的范式<sup>57, 58</sup>。但在各环节具体模型技术的选择上还未达成一致。

①产量去趋势模型。单产数据中包含多种影响作物生长的因素，如技术进步、作物品种、管理技能和气象条件等。除气象条件外，其他影响作物生长的因素视为趋势产量，将趋势产量去除是气象产量分离过程的核心。目前模拟方法主要有 5a 滑动平均<sup>48</sup>、灰色系统模型逐步滑动平均<sup>59</sup>、多元多项式回归方程<sup>38</sup>、HP 滤波法<sup>51</sup>、ARIMA 模型<sup>60</sup>、直线滑动平均法<sup>54, 61</sup>。利用滑动平均法模拟作物趋势过于简单，受异常值影响较大，步长的选择也具有较大的主观性；ARIMA 模型方法可能存在对作物产量趋势的拟合过于准确，即拟合优度过高，从而低估单产波动水平<sup>57</sup>。但目前的文献很少提到优化比较趋势模型的方法，而仅仅选择一类模型进行产量的拟合，容易导致较大的基差风险。因此在产量去趋势的环节，需要进行多种模型方法的比较，进行合理性检验，选择最符合实际受灾的最优模型。

②拟合产量与天气变量的关系。产量与气象之间的关系是确定赔付标准和最终费率的关键。不同的模型方法的拟合效果有很大的差异，进而影响天

气指数产品设计中基差风险的大小。评价天气变量和产量之间的关系，经常性使用的方法是通过一个回归模型评价产量对天气指数的敏感性，其中隐含假定是产量和天气指数之间是一种线性依存关系，每种气象灾害对作物的影响是累计相加影响。采用线性模型主要是因为拟合方法较为简单，这一假设过于严格。正如 Bokusheva 所说的那样，气象与产量的相关关系并不一定是线性的，可能存在其他函数关系<sup>62</sup>，各天气指数对作物产量损失的影响是否存在交叉影响（如经过持续干旱后，突降暴雨缓解旱情，干旱对农作物产量的影响会降低）还有待继续研究。储小俊，曹杰提出了新的非线性模型方法，他们通过支持向量机模型拟合天气变量和作物产量之间的关系，相对于线性回归，支持向量机预测模型的应用可以提高预测精度，有助于降低基差风险<sup>63</sup>。

**③风险拟合分布的准确性。**目前国内外学者对拟合分布的研究归纳起来大体分为参数法、非参数法和半参数方法三种。其中，参数方法包括正态分布，偏态分布（如 Beta 分布、Gamma 分布、Weibull 分布等）；非参数法包括 Kernel 核密度模型和贝叶斯模型，半参数模型实际上是参数模型和非参数模型的综合<sup>64</sup>。不同的模型对风险拟合的效果可能不同，有学者针对风险拟合效果做了研究证实了以上观点。如 Thomas 等研究了珠江流域的降水指数保险，用四种分布 Gamma3、GEV、广义帕累托和 Wakeby 来拟合降雨量的概率分布函数，对于 192 个气象台站的 1961-2007 年的时间序列数据的分布函数应用了三个拟合优度检验（Kolmogorov-Smirnov、Anderson-Darling 和 Chi Squared），结果表明最大降水量和 5 天最大降水量最好用 Wakeby 分布来描述，但在流域尺度上，GEV 是估算珠江流域降水指数保险最可靠和最稳健的分布<sup>65</sup>。

## 6.2. 加强空间相关性

空间异质性是基差风险的重要来源。因此，在设计天气指数保险时需要更多的考虑天气与产量的潜在时空变化。纵观已有研究，为降低基差风险，加强保险产品的空间相关性，主要有以下两种方法：

**一是缩小保险覆盖范围。**如果天气指数保险承保区域内使用统一费率，则承保范围越小，指数与保险标的相关程度就越高，基差风险就越低<sup>19</sup>。保险产品覆盖的范围过大会导致部分农户的高风险被区域水平平均化，进而低估农户风险，且空间尺度越大风险低估程度也越大<sup>57</sup>。因此，在成本可控的情况下缩小承保区域尺度有利于降低基差风险。

朱俊生就提出与以县为单位相比，以乡镇为单位测产理赔的方式可以有效降低县域范围内的基差风险<sup>42</sup>。Claasse 等也指出相比于农场水平的数据，在县级水平上说明时空异质性较为困难<sup>66</sup>。Clarke 和 Mahul 等<sup>37</sup>，丁少群等<sup>13</sup>，张峭等<sup>45</sup>都认为天气指数保险的设计应针对更小区域范围内的作物<sup>37</sup>。与传统农业保险相比，天气指数保险对相关数据要求更为苛刻，普遍认为需要有 30 年以上的数据才能很好的模拟指数的概率分布<sup>30, 47</sup>。根据国际要求一个标准的气象观测站的观测范围为 20 平方公里，大多数发展中国家因气象站基础设施落后很难达到这个标准。在我国乡镇一级气象站点的分布密度小，目前在乡镇一级开展天气指数保险的可能性低。

**二是提高数据获取能力。**专家学者们一致认为完整可靠的历史气象和产量数据是降低基差风险的基础，是成功研发天气指数保险产品的保证<sup>30, 67</sup>。相对于气象数据，产量数据人为干预因素更大，其获取及准确性更加难以估计。因此需要采用高科技技术、数据处理方法来弥补和精确保险设计所需的数据。在科技上，通过卫星遥感技术、无人机技术、计算机仿真等现代高科技技术可以填补天气指数保险设计数据缺失的缺陷<sup>20, 68</sup>。例如，殷剑敏等采用高分辨率的 GIS 小网格推算技术对南丰市蜜桔冻害风险作出考量<sup>69</sup>。Chantarat 等利用 NDVI 指数在高空间分辨率下反映植被的数量和活性，将卫星数据与地面农户层面数据相结合来降低设计基差风险<sup>70</sup>。由于我国组织化程度低，地块分散，所以在应用遥感技术时未免会存在地理信息与实际有差距、精度提高难度大、成本较高的问题。在数据处理方法上，目前大多采用空间插值法来弥补缺失的气象数据。鲁振宇等通过反距离加权法、张力样条函数法和普通克里格法对黄河源区的降水量进行空间插值<sup>71</sup>。对于整体数据的缺失，可选取最小临近点的已有数据代替。

## 6.3. 开展基差风险区划

个体农户与区域产量之间存在着空间差异性，空间差异性越大，基差风险也就越大。因此，在天气指数保险实施过程中要合理划分保险区域，针对损失各不相同的农户制定“异质性”费率，使其缴纳的保险费与其生产风险水平尽可能匹配，进而降低基差风险。目前关于风险区划的方法以聚类分析为主，但是对于风险区划的指标体系看法不一。现阶段主要有三大风险区划指标体系：

**(1) 综合指标体系。**按照区内相似性与区间差异性的原则使区域内气象条件、作物品种、土壤质

量、地理特征、生产技能等综合影响因素尽可能的一致。国外发达国家按照该指标体系对农业保险进行精细的风险区划,例如,加拿大曼尼托巴省根据土质、气候、地理和农作物生产历史情况将全省划分为16个风险大区,在每个风险大区中又按照作物种类、土壤类型进一步细分亚区,亚区内再依据农户特征作进一步调整,以使农户缴纳的保费与其风险水平相匹配<sup>16</sup>。虞国柱等<sup>72</sup>提出了作物产量水平、气候综合评判值等9个综合指标,并提供了指标图重迭法和模糊聚类分析法两种分类方法。王克以县域内所有农户的平均风险水平厘定县域农业保险平均费率,然后对所有农户按照土壤环境、生产条件、产量波动等因素进行聚类分析划分不同的类组,根据不同类组风险和县域平均风险的对比给予不同群组风险折算系数<sup>57</sup>。

**(2) 主导指标体系。**主导指标体系主要是定义一个或几个主要的计量指标来对风险区域进行区划。邢鹏等将定性和定量分析相结合,选择粮食单产变异系数、农作物成灾概率、专业化指数和效率指数4个主导指标,采用聚类分析法对我国粮食生产地进行了风险等级划分<sup>73</sup>。陈晓峰将广西糖料蔗区按照灾害风险分布、生产能力划分为不同的保险区域单元,设定不同的产量基准来控制基差风险<sup>34</sup>。陈雅子等设计江苏夏季水稻高温热害天气指数时,根据风险指标将全省划分为2个风险区域,在此基础上计算出2个区域的保险费率。对比发现保险费率的分布与风险指标的分布相似,得出该天气指数保险的设计能有效地减小基差风险的结论<sup>74</sup>。梁来存认为气象、水利、土壤等各种复杂因素对农作物的影响最终表现在产量的波动上,他从产量的角度建立包括单产和种植面积两个子系统在内的风险评价指标体系,利用聚类分析法、判别分析法进行风险区划并用Probit模型对结果进行验证<sup>75</sup>。

#### 6.4. 实施组合保险

传统农业保险的承保理赔模式可用于分散非系统性风险,而指数类保险则用于分散系统风险<sup>76</sup>。实际操作中可以利用组合保险的方式取长补短,即首先利用天气指数保险分散区域所有农户的系统天气风险,然后对个体农户的自身异质性风险再通过传统保险的方式进行承保。梳理已有研究,发现组合保险主要有附加说明、备用条款、个例补偿三种形式。

**(1) 附加说明。**美国团体风险计划(Group Risk Plan, GRP)的经验或许对天气指数保险合同的设计有一定的参考意义。Skees等指出基差风险对

于农户来说是一个全新的概念,农户可能无法准确地理解这些条款。美国GRP的做法是在保险合同中对基差风险进行专门的明示,农户需要专门签署一份文件以表示自己已经了解并承认了区域保险产品与传统农业保险产品的差异<sup>77</sup>。这种在保险合同中添加附加说明的做法,只能提升农户对基差风险的认知,无法真正的降低产品中的基差风险,在实践中需要将这种做法与实际降低基差风险的做法相结合。

**(2) 备用条款。**国外有部分研究通过设置备用条款来降低基差风险,主要包含设置备用指数和双层触发指数合同两种。Carter M等的研究指出指数保险设定的触发指数是一个区域的平均产量,一经赔付就要赔付整个区域损失,保险公司的风险较大,所以设定的触发水平往往比较低。如果承保的地区面临严重的基差风险问题,在保险合同中需要设置备用指数(secondary/backup/audit index)。备用指数是指设定一个范围,如果超过这一范围或者个体农户的损失占整个区域的比例超过一定范围,就启动备用指数。即如果农民遭受了损失,但天气指数并没有被触发,则实施备用指数。备用指数的保费可能较高,多用在基差风险高、风险异质性高的区域。埃塞俄比亚的IFPRI/I4项目采用了这种方法,实施效果还有待观察<sup>22</sup>。Elabed等提出了一种新的思路,他们以平均产量指数为基础设计了一个双层触发指数保险旨在减少马里棉花种植者的基差风险。第一份合同是传统的单一触发指数合同,根据被保险人所在地区的平均产量来赔付。第二份是双层触发(two-scale)指数合同。如果区域产量足够低,村里的产量也很低,就会赔偿。模拟结果表明双层触发指数合同相对于传统的单一指数保险合同降低了基差风险,农户对第二种合同的需求比对传统合同的需求高出约40%<sup>78</sup>。

**(3) 个例补偿。**在国内,朱俊生等在对北京区域产量指数保险研究时,创造性地提出采取区域产量保险与传统农业保险相配合的方式<sup>76</sup>。王克也认可这种方式既可以降低基差风险,又可以利用指数保险的优势降低农业保险经营管理成本,保障大部分参保农户的损失<sup>57</sup>。同样,牛浩,陈盛伟提出针对一些小气候频发地区,可以采用“统一赔付+个例补偿”的设计方式进行调整。当按照区域指数统一赔付后,在部分风险空间差异性较大的地区,农户遭受损失较大或几乎绝产,保险公司可对其进行补偿<sup>30</sup>。



## 7. 结论

关于基差风险的讨论普遍存在于所有涉及天气指数保险的文献中,主要围绕基差风险的界定、对保险需求的影响、形成机理和量化等方面,然后提出管理基差风险的方法。在基差风险的界定研究方面,普遍认为基差风险是一种由农户承担的未被保险的剩余风险,指数和实际损失之间无法完全匹配。在研究基差风险对保险需求的影响时,一致认为基差风险会降低天气指数保险的需求,但文献中大多未使用实际农户水平数据来验证基差风险对保险需求会产生多大的影响。从基差风险形成机理的角度,可以将基差风险分为时间、空间和产品基差风险。在量化基差风险方面,主要是衡量基差风险的程度和使用替代性指标量化基差风险的大小。在管理基差风险方面,主要是通过优化保险产品的设计,加强空间相关性,开展基差风险区划,实施组合保险这些方法来降低基差风险对天气指数保险的影响,各种研究中都可以发现这些方法并不是独立的,可以结合起来共同使用。

总的来说,国内外学者只是在设计天气指数保险产品时零星提到基差风险,专门系统研究基差风险的文献较少,对于如何降低基差风险的研究还未真正展开。但研究天气指数保险的学者们都十分关注基差风险的问题,一致认为天气指数保险需要落脚到降低基差风险上,这是天气指数保险未来的研究方向。因此,本文认为以后的研究至少可以从以下几个方面展开:(1)基差风险的概念和内在机理理论研究;(2)通过实证研究基差风险究竟在何种程度上降低了天气指数保险的需求;(3)采用何种方法量化基差风险;(4)采用何种方法降低天气指数保险中的基差风险。

## 致谢

国家自然科学基金面上项目(41471426),教育部人文社会科学重点研究基地重大项目《基于多源数据融合的农业生产风险评估研究》(项目批准号:17JJD910002)。

## 参考文献

1. Research Group of Coverage Level of China Agricultural Insurance, Research Report on the Coverage Level of China Agricultural Insurance, (China Financial Publishing House, Beijing, 2017)  
中国农业保险保障水平研究课题组,中国农业保险保障水平研究报告,(中国金融出版社,北京,2017).
2. Cao Qianjin, Solutions to the Problems with Agriculture Insurance: Innovation, Finance & Economics. (03)(2005)155-160.  
曹前进,农业保险创新是解决农业保险问题的出路,财经科学. (03)(2005)155-160.
3. Zheng Jun, Cao Cong, Review on the Researches of Crop Regional Index Insurance, Journal of Shandong Institute of Business and Technology. (01)(2015)106-112.  
郑军,曹丛,农作物区域指数保险研究述评,山东工商学院学报. (01)(2015)106-112.
4. Chen Xiaofeng, Huang Lu, Experience of Drought Index Insurance in Malawi and Its Inspiration for Development of Sugarcane Insurance in Guangxi, Journal of Regional Financial Research. (10)(2010)53-56.  
陈晓峰,黄路,马拉维干旱指数保险试点经验及其对广西甘蔗保险发展的启示,区域金融研究. (10)(2010)53-56.
5. Sarah Conradt and Robert Finger, et al, Flexible Weather Index-based Insurance Design, Climate Risk Management. 10(2015)106-117.
6. Benjamin Collier and Jerry Skees, et al, Weather Index Insurance and Climate Change: Opportunities and Challenges in Lower Income Countries, Geneva Papers on Risk & Insurance Issues & Practice. 34(3)(2009)401-424.
7. Barry J. Barnett and Olivier Mahul, Weather Index Insurance for Agriculture and Rural Areas in Lower-Income Countries, American Journal of Agricultural Economics. 89(5)(2007)1241-1247.
8. P. Hazell and J. Anderson, et al, The Potential for Scale and Sustainability in Weather Index Insurance for Agriculture and Rural Livelihoods, Ifad. (2010).
9. World Bank, China: Innovations in Agricultural Insurance (Promoting Access to Agricultural Insurance for Small Farmers), Sustainable Development, East Asia & Pacific Region Finance and Private Sector Development, 2007.
10. Zhang Huiru, Index Based Insurance Contract—Innovation in Agricultural Insurance, Journal of Central University of Finance & Economics. (11)(2008)49-53.  
张惠茹,指数保险合同——农业保险创新探析,中央财经大学学报. (11)(2008)49-53.
11. Chu Xiaojun, Caojie, Review of Weather Index Insurance Research, Inquiry Into Economic Issues. (12)(2012)135-140.  
储小俊,曹杰,天气指数保险研究述评,经济问题探索. (12)(2012)135-140.
12. Zhang Yuehua, Zhang Qi, Literature Review of Weather Index Insurance Development in Africa: Farmers' Production Behavior and Risk Dispersion Mechanism, African Studies. 1(12)(2018)134-150.  
张跃华,张琦,非洲气象指数保险发展综述——农户生产行为与风险分散机制,非洲研究. 1(12)(2018)134-150.
13. Ding Shaoqun, Luoting, Evaluation and Analysis of Weather Index Insurance Pilots Situation in China, Shanghai Insurance. (05)(2017)56-61.  
丁少群,罗婷,我国天气指数保险试点情况评析,上海保险. (05)(2017)56-61.
14. Zhao Qiao, Wang Ke, et al, China Agricultural Risk Management. (China Agricultural Science and Technology Press, Beijing, 2015)  
张峭,王克等,中国农业风险综合管理,中国农业科学技术

- 出版社,北京,2015.
- 15.Syroka Joanna and Bryla Erin, Developing Index-Based Insurance for Agriculture in Developing Countries, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, 2007.
  - 16.Zhang Qiao, Wang Ke, Assessment and Regional Planning of Chinese Agricultural Natural Disaster Risks, Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning. 32(03)(2011)32-36.  
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. 32(03)(2011)32-36.
  - 17.Tuo Guozhu, Zhang Qiao, Weather Index Insurance Enters "Test Field" in Anhui Province, China Financial and Economic News, 2008.  
庾国柱,张峭,气象指数保险进入安徽“试验田”,中国财经报, 2008.
  - 18.Michael R. Carter and Francisco Galarza, et al, Underwriting Area-Based Yield Insurance to Crowd-in Credit Supply and Demand, Savings & Development. 31(3)(2007)335-362.
  - 19.Zhang Yuhuan, An Exploration of Weather Index-based Insurance for Agriculture in the World, Chinese Rural Economy. (12)(2017)81-92.  
张玉环,国外农业天气指数保险探索,中国农村经济. (12)(2017)81-92.
  - 20.Chen Kecun, Chen Shengwei. Research on the Development of Agricultural Index Insurance in China, Contemporary Economics. (32)(2015)40-43.  
陈克存,陈盛伟,我国农业保险指数化发展研究,当代经济. (32)(2015)40-43.
  - 21.Niu Hao, Chen Shengwei, Research Summary of the Agricultural Meteorological Index Insurance, Journal of Shandong Agricultural University (Social science edition). 18(03)(2016)69-74+132.  
牛浩,陈盛伟,农业气象指数保险研究综述,山东农业大学学报(社会科学版). 18(03)(2016)69-74+132.
  - 22.Carter M and De Janvry A, et al, Index-based Weather Insurance For Developing Countries: A Review of Evidence and A Set of Propositions for Up-scaling, FERDI, AFD, 2014.
  - 23.Ghada Elabed and Michael Carter, Compound-risk Aversion and the Demand for Microinsurance: Evidence from a WTP Experiment in Mali, University of California, 2014.
  - 24.Mobarak and Ahmed Mushfiq, et al, Selling Formal Insurance to the Informally Insured, Social Science Electronic Publishing. (2012).
  - 25.Ruth Vargas Hill and John Hoddinott, et al, Adoption of Weather-Index Insurance: Learning From Willingness to Pay Among A Panel of Households in Rural Ethiopia, Agricultural Economics. 44(4-5)(2013)385-398.
  - 26.Nathaniel D. Jensen and Andrew G. Mude, et al, How Basis Risk and Spatiotemporal Adverse Selection Influence Demand for Index Insurance: Evidence from Northern Kenya, Food Policy. 74(2018)172-198.
  - 27.Wang Zhenjun, Analysis on the Scenarios of Farmers' Willingness to Purchase Agricultural Insurance—A Questionnaire Survey on 524 Farmers in the Regions of the Loess Plateau in Eastern Gansu Province, Journal of Lanzhou University (Social Sciences). 42(02)(2014)132-138.  
王振军,不同保险方式下农户购买农业保险的意愿分析——陇东黄土高原区524户农户问卷调查,兰州大学学报(社会科学版). 42(02)(2014)132-138.
  - 28.Futoshi Okada, Sustainable Growth in Crop Natural Disaster Insurance: Experiences of Japan, In FFTC-RDA International Seminar on Implementing and Improving Crop Natural Disaster Insurance Program, 2016.
  - 29.J. Diaz Nieto, A System of Drought Insurance for Poverty Alleviation in Rural Areas, Epilepsia Journal of the International League Against Epilepsy. 39(2)(2006)213-231.
  - 30.Niu Hao, Chen Shengwei, Developing Situation, Current Difficulty and Solutions & Suggestions Of China's Agricultural Meteorological Index Insurance Products, Forum on Science and Technology in Chian. (07)(2015)130-135.  
牛浩,陈盛伟,中国农业气象指数保险产品的发展现状、面临难题及解决建议,中国科技论坛. (07)(2015)130-135.
  - 31.Xavier Giné and Robert Townsend, et al, Statistical Analysis of Rainfall Insurance Payouts in Southern India, American Journal of Agricultural Economics. 89(5)(2007)1248-1254.
  - 32.Kolli N. Rao, Index based Crop Insurance, Agriculture & Agricultural Science Procedia. 1(2010)193-203.
  - 33.Yindong, Study on Weather Index Agricultural Insurance and Its Technical Issues, XianDai NongYe KeJi.(06)(2014)330-332+335.  
尹东,气象指数农业保险及其技术问题探讨,现代农业科技. (06)(2014)330-332+335.
  - 34.Chen Xiaofeng, Crop Regional Production Insurance: International Practice and Applicability Analysis, Journal of Financial Development Research. (02)(2014)9-16.  
陈晓峰,农作物区域产量保险:国际实践及适用性分析,金融发展研究. (02)(2014)9-16.
  - 35.Alan Fuchs and Hendrik Wolff, Concept and Unintended Consequences of Weather Index Insurance: The Case of Mexico, American Journal of Agricultural Economics. 93(93)(2011)505-511.
  - 36.Xu Lei, Zhang Qiao, Assessment Approach for Agricultural Catastrophic Risk in China, Scientia Agricultura Sinica. 44(09)(2011)1945-1952.  
徐磊,张峭,中国农业巨灾风险评估方法研究,中国农业科学. 44(09)(2011)1945-1952.
  - 37.Daniel J. Clarke and Olivier Mahul, et al, Weather Based Crop Insurance in India, Policy Research Working Paper. (2012)1-31.
  38. Yang Taiming, Liu Buchun, et.al, Design and Application of the Weather Indices of Winter Wheat Planting Insurance in Anhui Province, Chinese Journal of Agrometeorology. 34(02)(2013)229-235.  
杨太明,刘布春,等,安徽省冬小麦种植保险天气指数设计与应用,中国农业气象. 34(02)(2013)229-235.
  - 39.Joshua D. Woodard and Philip Garcia, Basis Risk and

- Weather Hedging Effectiveness, *Agricultural Finance Review*. 68(1)(2007)99-117.
40. Holly Wang and Hao Zhang, On the Possibility of A Private Crop Insurance Market: A Spatial Statistics Approach, *Journal of Risk & Insurance*. 70(1)(2003)111-124.
  41. Martin Odening and Oliver Musshoff, et al, Analysis of Rainfall Derivatives Using Daily Precipitation Models: Opportunities and Pitfalls, *Agricultural Finance Review*. 67(1)(2007)135-156.
  42. Zhu Junsheng, Tuo Guozhu, Innovation in agricultural insurance business requires policy support, *China's Insurance Quote*, 2016.  
朱俊生, 庾国柱, 农业保险经营模式创新需要相应政策支持, *中国保险报*, 2016.
  43. Michael T. Norton and Calum Turvey, et al, Quantifying Spatial Basis Risk for Weather Index Insurance, *The Journal of Risk Finance*. 14(1)(2012)20-34.
  44. Yong Yang, Weather Index Derivatives in Risk Transfer for Agricultural Natural Hazards, *Agriculture & Agricultural Science Procedia*. 1(2010)100-105.
  45. Zhang Qiao, Li Yue, et al, Development, Application and Suggestion of Agricultural Index Insurance, *Rural Finance Research*. (06)(2018)14-20.  
张峭, 李越, 等, 农业指数保险的发展、应用与建议, *农村金融研究*. (06)(2018)14-20.
  46. Huang Yingjun, Pu Yuecheng, Review on the Challenges Facing the Weather Index Insurance and Their Countermeasures, *Journal of Regional Financial Research*. (08)(2016)4-10.  
黄英君, 蒲玥成, 天气指数保险面临的挑战及其应对策略研究述评——基于印度等地的经验, *区域金融研究*. (08)(2016)4-10.
  47. K. Warner and K. Yuzva, et al, Innovative Insurance Solutions for Climate Change: How to Integrate Climate Risk Insurance into a Comprehensive Climate Risk Management Approach, *United Nations University Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS)*, 2013.
  48. Lou Weiping, Yao Yiping, et al, Design of Products for Rice Agro-Meteorological Index Insurance: A Case in Zhejiang Province, *Scientia Agricultura Sinica*. 43(23)(2010)4942-4950.  
吴利红, 娄伟平, 等, 水稻农业气象指数保险产品的设计——以浙江省为例, *中国农业科学*. 43(23)(2010)4942-4950.
  49. Lu Ping, Design of Weather Index Crop Insurance Contract for Northeast China, Master student thesis, Beijing: Tsinghua University, (2010)  
路平, 东北地区粮食作物气象指数农业保险合同设计, 清华大学学位论文, 清华大学, 2010.
  50. Wang Ren, Deng Chao, et al, Weather Index Insurance Design for Rice Based on Panel Data of 14 Cities in Hunan Province, *Seeker*. (01)(2015)69-73.  
王韧, 邓超, 等, 基于湖南省14地市面板数据的水稻气象指数保险设计, *求索*. (01)(2015)69-73.
  51. Niu Hao, Chen Shengwei, Design and Research of Corn Storm and Rainfall Index Insurance Products——Taking Ningyang County of Shandong Province as an Example, *Journal of Agrotechnical*. (12)(2015)99-108.  
牛浩, 陈盛伟, 玉米风雨倒伏指数保险产品的设计研究——以山东省宁阳县为例, *农业技术经济*. (12)(2015)99-108.
  52. Sun Qing, Yang Zaiqiang, et al, Estimation of Premium Rates of High Temperature Disaster for Early Rice in Jiangxi, *Chinese Journal of Agrometeorology*. 35(05)(2014)561-566.  
孙擎, 杨再强, 等, 江西早稻高温逼熟气象灾害指数保险费率厘定, *中国农业气象*. 35(05)(2014)561-566.
  53. Guo Shujun. The Meteorological Disaster Risk Assessment Based on the Diffusion Mechanism[A]. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*[C]. Atlantis Press, 2012.
  54. Zhao Sijian, Zhang Qiao, et al, Weather - related disaster risk recognizing and assessment of crop, *Journal of Catastrophology*. (02)(2018)51-57.  
赵思健, 张峭, 等, 农作物气象灾害风险识别与评估研究, *灾害学*. (02)(2018)51-57.
  55. Vincent H. Smith and Myles Watts, Index Based Agricultural Insurance in Developing Countries: Feasibility, Scalability and Sustainability, *Gates Foundation*. (2009).
  56. Wu Shan, Study on the Weather Index Insurance and Its Pricing Approach, Master thesis, Sichuan: Southwestern University of Finance and Economics, (2014).  
吴姗, 天气指数保险及其定价研究, 西南财经大学学位论文, 西南财经大学, 2014.
  57. Wang Ke, Effect Evaluation of Chinese Crop Insurance and its Improvement, PhD thesis, Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, (2014)  
王克, 中国农作物保险效果评估及相关政策改善研究, 中国农业科学院学位论文, 中国农业科学院, 2014.
  58. Zhang Qiao, China's Crop Production Risk Assessment and Zoning Theory and Practice, (China Agricultural Science and Technology Press, Beijing, 2013).  
张峭, 中国农作物生产风险评估及区划理论与实践, (中国农业科学技术出版社, 北京, 2013).
  59. Ren Yifang, Zhao Yanxia, et al, Winter Wheat Drought Disaster Insurance Risk Assessment and Regionalization in Henan Province, *Journal of Applied Meteorological Science*. 22(05)(2011)537-548.  
任义方, 赵艳霞, 等, 河南省冬小麦干旱保险风险评估与区划, *应用气象学报*. 22(05)(2011)537-548.
  60. Li Wenfang, Rating Area Yield Crop Insurance by Non-Parameter Kernel Density Model, *Ecological Economy*. (04)(2012)61-64.  
李文芳, 基于非参数核密度法的农作物区域产量保险费率厘定研究, *生态经济*. (04)(2012)61-64.
  61. Wang Ke, Zhang Qiao, A New Approach to Assess Crop Yield Risk Based on Mixed Source of Data, *Scientia Agricultura Sinica*. 46(05)(2013)1054-1060.  
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*. 46(05)(2013)1054-1060.
  62. Raushan Bokusheva, Measuring Dependence in Joint Distributions of Yield and Weather Variables, *Agricultural Finance Review*. 71(1)(2011)120-141.
  63. Chu Xiaojun, Caojie, Research on Agricultural Weather

- Risk Management and Products Pricing, Statistics & Information Forum. (05)(2015)99-104.  
 储小俊,曹杰,农业天气风险管理及产品定价研究,统计与信息论坛. (05)(2015)99-104.
64. Wang Ke, A Study on the Influence of Flexible Crop Yield Distributions on Crop Insurance Premium Rate, Master thesis, Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, (2008)  
 王克,农作物单产分布对农业保险费率厘定的影响,中国农业科学院学位论文,中国农业科学院, 2008.
65. Fischer Thomas and Su Buda. et al, Probability Distribution of Precipitation Extremes for Weather Index-Based Insurance in the Zhujiang River Basin, South China, Journal of Hydrometeorology. 13(3)(2012)1023-1037.
66. Roger Claassen and Richard E. Just, Heterogeneity and Distributional Form of Farm-Level Yields, American Journal of Agricultural Economics. 93(1)(2011)144-160.
67. Yao Qinghai, Meteorological Disaster and Weather Index Insurance Research, Shanghai Insurance. (01)(2015)7-11+20.  
 姚庆海,气象灾害与天气指数保险研究,上海保险. (01)(2015)7-11+20.
68. Hou Maozhang, Wumin, The Review of Weather-index based insurance, Journal of Central South University of Forestry & Technology (Social Sciences). 9(06)(2015)37-42.  
 侯茂章,吴敏,天气指数保险研究进展,中南林业科技大学学报(社会科学版). 9(06)(2015)37-42.
69. Yin Jianmin, Miao Qilong, et al, Climate Index and Risk Assessment of Frozen Injury of Nanfeng Tangerine(Citrus Reticulata), Chinese Journal of Agrometeorology. (04)(2008)507-510.  
 殷剑敏,缪启龙,等,南丰蜜桔冻害的气候指标及风险评估,中国农业气象. (04)(2008)507-510.
70. Sommarat Chantarat and Andrew G. Mude, et al, Designing Index Based Livestock Insurance for Managing Asset Risk in Northern Kenya, Journal of Risk and Insurance. 80(1)(2013)205-237.
71. Application of the spatial interpolation of rainfall—A case study of the headstream region of the Yellow River, Journal of Lanzhou University (Natural Sciences). (04)(2006)11-14.  
 鲁振宇,杨太保,等,降水空间插值方法应用研究——以黄河源区为例,兰州大学学报. (04)(2006)11-14.
72. Tuo Guozhu, Dingshaoqun, Discussion on Risk Division and Rate Division of Crop Insurance, Chinese Rural Economy. (08)(1994)43-47+61.  
 庾国柱,丁少群,农作物保险风险分区和费率分区问题的探讨,中国农村经济. (08)(1994)43-47+61.
73. Xing Peng, Zhong Funing, Research on Grain Production and Risk Zoning, Journal of Agrotechnical. (01)(2006)19-23.  
 邢鹏,钟甫宁,粮食生产与风险区划研究,农业技术经济. (01)(2006)19-23.
74. Chen Yazi, Shen Shuanghe, High Temperature and Heat Damage Weather Index Insurance for Rice in Jiangsu Province, Jiangsu Agricultural Sciences. (10)(2016)461-464.  
 陈雅子,申双和,江苏省水稻高温热害保险的天气指数研制,江苏农业科学. (10)(2016)461-464.
75. Liang Laicun, China's Grain Crop Insurance Risk Zoning and Test of Its Probit Ordered Choice Model, Economic Survey. (06)(2009)68-72.  
 梁来存,我国粮食作物的保险风险区划及其Probit排序选择模型验证,经济经纬. (06)(2009)68-72.
76. Zhu Junsheng, Zhaole, et al, Area-based Crop Yield Insurance in Beijing, Insurance Studies. (02)(2013)76-86.  
 朱俊生,赵乐,等,北京市农业区域产量保险研究,保险研究. (02)(2013)76-86.
77. Jerry R. Skees and J. Roy Black, et al, Designing and Rating an Area Yield Crop Insurance Contract, American Journal of Agricultural Economics. 79(2)(1997)430-438.
78. Ghada Elabed and Marc F. Bellemare, et al, Managing Basis Risk with Multiscale Index Insurance, Agricultural Economics. 44(4-5)(2013)419-431.