

# 自然灾害保险问题的数学模型

韩中庚<sup>1,2</sup>

(1. 解放军信息工程大学 四院, 河南 郑州 450001; 2. 数学工程与先进计算国家重点实验室, 河南 郑州 450001)

**摘要:**针对2013年“深圳杯”数学建模夏令营D题“自然灾害保险问题”, 首先, 介绍了问题的背景和需要研究的几个问题; 然后, 给出了对气象数据的处理方法和需要研究的要素, 从承保人和投保人两个方面考虑了保险风险概率和风险损失, 以两方面的风险最小化和尽量均衡为目标, 建立了保险方案的优化设计模型, 并给出了求解和应用的思路; 最后, 针对参加夏令营交流活动的具体情况做了简要的点评, 并提出了值得进一步研究的几个问题。

**关键词:**自然灾害; 灾害保险; 政策性保险; 风险概率; 风险损失

中图分类号: O224; F307.5

文献标志码: A

文章编号: 2095-3070(2013)3-4-0046-08

## 1 问题的背景

2013年3月5日《环球时报》转摘美国《商业周报》的报道:“在2012年全世界发生的10大自然灾害中, 有4场发生在中国, 包括3场严重的夏季洪涝灾和席卷苏、鲁、冀等沿海地区的台风‘达维’造成的灾害。另外, 还有很多地区遭受了严重干旱、冰雹等自然灾害, 共造成290亿美元的损失。但通过投保, 由保险公司赔付的比例仅占总损失的4%左右, 这个比例相对美国的自然灾害保险赔付率相差甚远。”另据报道, 2013年3月20日发生在广东、广西等省部分地区的一场大风和冰雹灾害, 造成直接经济损失达13多亿元。这些事实警示我们, 中国需要重视和加强自然灾害保险的研究和实践, 特别是针对严重自然灾害的保险体系的建设和对策方案的研究, 推动由政府主导的自然灾害政策性保险方案的实施。

农业灾害保险是最有代表性的自然灾害保险, 也是国家政策性保险之一, 是政府为保障国家农业生产的发展, 基于商业保险的原理给予政策扶持的一类保险产品。农业灾害保险也是针对自然灾害, 保障农业生产的重要措施之一, 是现代农业金融服务的重要组成部分, 它与现代农业技术、现代农业信息化及市场建设共同构成整个农业现代化体系。农业灾害保险是专为农业生产者在从事种植业和养殖业生产过程中, 对遭受自然灾害和意外事故所造成的经济损失提供保障的一种保险。它是一种准公共产品, 基于投保人、保险公司和政府三方面的利益, 按照公平合理的定价原则设计, 由保险公司经营, 三方各承担不同的责任、义务和风险。农业保险按农业种类不同, 分为种植业保险、养殖业保险和林木保险; 按危险性质分为自然灾害损失保险、疾病死亡损失保险、意外事故损失保险; 按保险责任范围不同, 可分为基本责任险、综合责任险和一切险。

我国是一个农业大国, 又是世界上自然灾害最严重的国家之一。自然灾害的发生, 直接后果是农作物产量的下降或绝收, 同时造成农业生产的不稳定。而农业生产是国民经济的基础, 农业生产的不稳定性必然会影响到整个国民经济的稳定性。农业灾害保险也被认为是风险最大的险种。我国地域辽阔, 不同地区的自然状况、气候环境、经济状况、种植和养殖品种不同, 可能发生的农业灾害的形式和程度也有很大的差异, 所以各地地区的农业灾害保险的险种和方案各不相同。农业灾害保险在我国已经存在近30年, 但事实上没有像人们所期望的那样, 走从起步, 到发展, 到壮大的路子, 反而日益萎缩, 陷入了“农民保不起, 保险公司赔不起”的尴尬境地。人们不禁提出这样的疑问: 现行的农业灾害保险品种是否可行? 存在什么问题? 怎样解决所存在的问题? 这些问题很有必要从理论上进行建模分析和探讨。

收稿日期: 2013-08-24

通讯作者: 韩中庚, E-mail: zhghan@163.com

## 2 农业灾害保险问题的提出<sup>[1]</sup>

在我国,农业灾害保险分种植业保险和养殖业保险两大类,现有几十个险种,因不同地区的气象条件和作物种类不同,险种和设置方案都不尽相同。农业灾害保险除遵循保险的共同原理外,有其自身的特点。比如,其损失规律有别于人寿保险和通常的财产保险(如汽车保险、家庭财产保险)等;政府作为投保人和承保人之外的第三方介入,体现了对国家安全和救灾的责任。问题的附件1给出了P省种植业现行的部分险种方案,请从实际出发,查阅和参考附件中的数据资料,通过分析建模,研究解决下面的问题:

1)对问题附件2中的数据做必要的统计分析,研究P省现有农业灾害保险险种方案可能存在的风险,并分析方案是否存在不合理性。

2)针对P省的具体情况,选取其中部分农业灾害保险险种,设计更实际可行的农业灾害保险的险种方案,包括标的、保险金、保费、费率、赔付率、政府补贴率等;并对方案的有效性(即保险公司和投保人的风险大小)及可行性做出定量分析。

3)将你们的模型推广应用。根据某省(市、区)的实际情况(或参见问题的附件3),查阅相关资料,提出相应的农业灾害保险的险种方案,并对可能存在的风险做出分析;针对其他方面的自然灾害保险问题进行研究。

4)结合你们的模型结果,从地方政府、保险公司和投保人三个方面,提出有利于自然灾害保险长远发展的对策方案,希望能用定量依据或方法说明其对策方案的可行性和有效性,并给政府相关部门写一篇建议书。

注:问题的附件参见全国大学生数学建模竞赛组委会网站: [www.mcm.edu.cn](http://www.mcm.edu.cn)

## 3 农业灾害保险问题的模型建立

农业灾害保险问题涉及的险种多,范围广,地区的差异也大。所以,这个问题比较复杂,也是当前我国社会面临的一个重要问题。现有的相关文献大都出自于保险业、气象业、经济管理和政策性研究等领域的学者之手,更多地从本专业领域、宏观管理,或政策层面上研究,很少见到从科学定量的角度综合分析研究这类问题的文献。因此,从数学建模的角度研究解决这类问题应该是非常有实际意义的课题。事实上,这是一个风险决策和优化管理等方面的问题。

### 3.1 现有农业灾害保险方案的风险及合理性评价模型

现有的农业灾害保险品种出现了“农民不愿买,保险公司不愿保”的现象,或者说是“农民保不起,公司赔不起”的尴尬局面。问题究竟出在哪里?这些险种可能存在不合理的地方,需要分析其原因,找出解决办法。

问题的附件1给出的险种方案是P省的现行方案,也是具有代表性的农业灾害保险方案。选取某些险种方案进行评价,分析其不合理性,找出存在的问题。直观分析可知,之所以出现“农民不愿买,公司不愿保”的现象,主要是因为双方都认为所承担的风险太大。分别从保险公司和投保人两个方面分析承保与投保的风险所在。

#### 3.1.1 农业灾害保险方案风险概率的确定

通常的风险与风险概率和风险损失(期望损失)有关。从现有的险种方案来看,确定风险概率是一件较为困难的事情。从历史上看,农业灾害事件出现的随机性很大,没有很好的办法选择其服从的一个分布。现有的文献显示<sup>[2]</sup>,可以考虑其服从Beta分布、Gamma分布、Log-logistic分布、Logistic分布、Lognormal分布、Normal分布、Weibull分布和Chi-Squared分布等,但经历史数据检验,这些分布都存在一定的缺陷。在这里,根据旱灾、涝灾、风灾、冰雹灾出现的特点,对问题附件2的数据做相应的统计分析,计算出各种灾害发生的概率,即统计概率,利用大数定律这个统计概率应该是可信的。

##### 1)旱灾发生的概率

将一年分为四季,即3—5月、6—8月、9—11月、12—2月分别为春、夏、秋、冬。按照中华人民共和国的干旱等级划分方法<sup>[3]</sup>:

小旱:连续无降雨天数,春季达16~30天,夏季达16~25天,秋、冬季达31~50天;

中旱:连续无降雨天数,春季达 31~45 天,夏季达 26~35 天,秋、冬季达 51~70 天;

大旱:连续无降雨天数,春季达 46~60 天,夏季达 36~45 天,秋、冬季达 71~90 天;

特大旱:连续无降雨天数,春季在 61 天以上,夏季在 46 天以上,秋、冬季在 91 天以上。

据此统计出 P 省过去 10 年各地区出现小旱、中旱、大旱和特大旱的次数分别为  $n_i^{(10)}, n_i^{(11)}, n_i^{(12)}, n_i^{(13)}, i = 1, 2, \dots, 10$ , 其中  $i$  表示年份。由此可以得到各地区出现小旱、中旱、大旱和特大旱的概率分别为

$$p_i^{(k)} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} n_i^{(1k)}, k = 0, 1, 2, 3。$$

注意到,冬季和春季干旱对小麦有影响,夏季干旱对秋季作物有影响。因此,根据需要可以统计出干旱对具体的春季作物或秋季作物影响的概率。

## 2) 涝灾发生的概率

洪涝灾害大多发生在夏秋季,主要会对秋季作物造成影响,为此,主要考虑夏秋季出现洪涝灾害的可能性。中国气象局等单位分析研究了中国近 500 年的旱涝资料,采用降水量和标准差给出了旱涝分级方法<sup>[3]</sup>,如表 1 所示。其中  $R_i$  为第  $i$  年 5—9 月的降水量,  $\bar{R}$  为历年同期降水量的平均值,  $\delta$  为相应的标准差。

表 1 洪涝灾害的分级方法表

等级	状态	指标
1 级	涝	$R_i > \bar{R} + 1.76\delta$
2 级	偏涝	$\bar{R} + 0.33\delta < R_i \leq \bar{R} + 1.17\delta$
3 级	正常	$\bar{R} - 0.33\delta < R_i \leq \bar{R} + 0.33\delta$
4 级	偏旱	$\bar{R} - 1.17\delta < R_i \leq \bar{R} - 0.33\delta$
5 级	旱	$R_i \leq \bar{R} - 1.76\delta$

利用问题附件 2 中 10 地区的降雨量数据,计算每年的 5—9 月的降水量  $R_i$ , 10 年同期的降水量平均值

$$\bar{R} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} R_i \text{ 和相应的标准差 } \delta = \left[ \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (R_i - \bar{R})^2 \right]^{\frac{1}{2}}。$$

根据  $R_i$  的取值范围,统计出可能出现涝和偏涝的次数  $n_i^{(20)}$  和  $n_i^{(21)}$ , 即得到相应的统计概率为

$$p_2^{(0)} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} n_i^{(20)}, p_2^{(1)} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} n_i^{(21)}。$$

## 3) 风灾发生的概率

根据大风风力的分级标准<sup>[3]</sup>:

一般大风 相当于 6~8 级大风,主要破坏农作物,对工程设施一般不会造成破坏;

较强大风 相当于 9~11 级大风,除了破坏农作物、林木外,对工程设施可造成不同程度的破坏;

特强大风 相当于 12 级及以上大风,除了破坏农作物、林木外,对工程设施和船舶、车辆等可造成严重破坏,并严重威胁人员生命安全。

利用问题附件 2 中风速的数据,统计各地区 10 年间 5—9 月份出现 6 级(风速大于等于 10.84 m/s)以上大风的次数  $n_i^{(3)} (i = 1, 2, \dots, 10)$ , 5—9 月共 153 天,所以 10 年出现 6 级以上大风的统计概率为

$$p_3 = \frac{1}{10 \times 153} \sum_{i=1}^{10} n_i^{(3)}。$$

## 4) 冰雹灾的发生概率

根据问题附件 2 的数据,可以计算出各地区 10 年间 5—9 月间出现冰雹灾的次数  $n_i^{(4)} (i = 1, 2, \dots, 10)$ ,

于是 10 年中出现冰雹灾的统计概率为  $p_4 = \frac{1}{10 \times 153} \sum_{i=1}^{10} n_i^{(4)}。$

## 5) 病虫害发生的概率

农作物的病虫害发生与当年的气象因素有一定的关系,譬如,冬天的气温偏高,使得下一年的病虫害增加;夏秋季的连续阴雨闷热天气会促使病虫害蔓延和增加等。根据这一理论,通过问题附件 2 中的数据作

相应的统计分析,从而得到病虫害发生的可能性,也可通过一定的假设给出相应的结果。不妨设病虫害发生的概率为  $p_5$ 。

### 3.1.2 农业灾害保险风险损失的确定

由于没有种植面积和投保面积的数据,所以在这里把投保1亩某种作物受灾后的损失作为损失率。2012年P省政策性农业种植业保险费率明细如表2所示。

表2 2012年P省农业种植业保险费率明细表

品种	保险金额/(元/亩)	保险费率/%	保险费/(元/亩)	政府补贴(元/亩)	农户自担(元/亩)
小麦	311	5.8	18	14.4	3.6
玉米	251	5.9	15	12.0	3.0
水稻	278	5.8	16	12.8	3.2
豆类作物	98	5.1	5	4.0	1.0
棉花	302	6.0	18	14.4	3.6
花生	292	5.8	17	13.6	3.6
油菜	149	5.4	8	6.4	1.6
西瓜	1000	6.0	60	48.0	12.0
苹果	2 000,4 000	7.0	140,280	112,224	28,56

不妨设某险种方案的单位保险金额为  $M$  元/亩,保险费为  $m$  元,政府补贴  $m_1$  元,农户自交  $m_2$  元。

1) 对于冬春季作物小麦,主要可能受旱灾和风灾的影响。

当小麦受灾造成绝收时,保险公司根据作物不同的生长期,赔付率  $r_0$  也是不同的,返青期、抽穗期、灌浆期和成熟期的赔付率分别为 40%、60%、80% 和 100%,即保险公司净赔付额为  $(M \cdot r_0 - m)$  元。

当小麦受灾造成部分绝收时,则保险公司对返青期、抽穗期、灌浆期和成熟期的赔付率  $r_1$  分别为 30%、50%、70% 和 100%,即保险公司净赔付额为  $(M \cdot r_1 - m)$  元。

2) 对于秋季作物而言,可能受旱灾、涝灾、风灾、冰雹和虫灾等灾害的影响。

当作物受灾造成绝收时,则保险公司的赔付率为  $r_0$ ,即保险公司净赔付额为  $(M \cdot r_0 - m)$  元。

当作物受灾造成部分绝收时,则保险公司的赔付率为  $r_1$ ,即保险公司净赔付额为  $(M \cdot r_1 - m)$  元。

对于地方政府和投保农户而言,如果没有受灾,则政府和农户就直接损失  $m_1$  元和  $m_2$  元。

### 3.1.3 农业灾害保险风险的确定

根据风险决策的理论,通常的风险  $f$  等于风险概率  $p$  乘以风险损失  $R$ ,即  $f = pR$ 。

1) 对于小麦的保险方案,保险公司的风险为

$$f_1 = (p_1 + p_3)R。$$

其中:  $p_1, p_3$  分别为旱灾和风灾出现的概率;  $R$  为灾害发生后保险公司的风险损失。即

$$p_1 = \begin{cases} p_1^{(0)}, \text{小旱} \\ p_1^{(1)}, \text{中旱} \\ p_1^{(2)}, \text{大旱} \\ p_1^{(3)}, \text{特大旱} \end{cases}, p_3 = \frac{1}{10 \times 153} \sum_{i=1}^{10} n_i^{(3)}, R = \begin{cases} M \cdot r_0 - m, \text{受灾绝收} \\ M \cdot r_1 - m, \text{受灾部分绝收} \end{cases}。$$

而政府和投保农户的风险为  $f_2 = (1 - p_1 - p_3)m$ 。

2) 对于秋季作物的保险方案,保险公司的风险为

$$f_1 = (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5)R。$$

其中:  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$  分别为旱灾、涝灾、风灾、冰雹灾、虫灾发生的概率;  $R$  为自然灾害发生后保险公司的风险损失。政府和投保农户的风险为  $f_2 = (1 - p_1 - p_2 - p_3 - p_4 - p_5)m$ 。

### 3.1.4 现有农业灾害保险方案的不合理性分析

根据问题附件 2 给出的数据,计算出每一个地区每一项灾害可能发生的风险概率,针对某一个险种方案,再由保险公司和投保人两个方面的风险损失,即可计算出两个方面的风险  $f_1, f_2$ 。根据风险决策理论,一个合理的方案应该使得二者的风险尽量小,而且尽量均衡。为此,针对各个方案计算相应的风险,找出其不合理的方面和存在的主要问题。

### 3.2 农业灾害保险方案的优化设计模型

针对一个地区、一个险种方案进行讨论,提出评价险种方案的合理性标准,比如:投保和承保双方的风险(或风险损失)最小化,或综合效能指标最大化等。保险公司设计保险险种方案的一般原则是<sup>[3]</sup>:

保险费率 = 纯费率 + 附加费率 + 成本利润率。

1) 纯费率由  $Q = S_m(1 + \phi)$  确定,  $S_m$  为多年的平均损失率,亦称保额损失率,可作为制定纯费率的基本指标; $\phi$  为稳定系数,反映了损失率的离散程度,亦称变异系数,可作为制定纯费率的辅助指标。多年平均损失率  $S_m = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i$ , 其中,  $s_i$  表示第  $i$  年的年度损失率,  $m$  为统计总年数。稳定系数为  $\phi = \frac{\sigma}{S_m} \times 100\%$ , 其中,  $\sigma = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (s_i - S_m)^2$  为  $m$  年的方差。

2) 附加费率 =  $\frac{\text{业务总开支}}{\text{净保费总收入}} \times 100\%$ 。

3) 成本利润率 =  $\frac{\text{平均利润总额}}{\text{成本总额}} \times 100\%$ 。

农业灾害保险是国家政府指导下的政策性保险,通常要求保险公司不计算成本和利润。为此,不妨假设农业灾害保险的保险费率只有纯费率组成,当然,考虑少量的附加费率也是可以的,对于整体影响不大。

根据一个险种方案所涉及的因素和相互之间的关系,建立优化模型,通过求解模型得出设计方案,包括标的、保险金额、保险费、保险费率、赔付率等。按照 3.1 节计算风险或风险损失的方法,对应的风险或风险损失应有所改变,则说明方案是有效和可行的。

#### 3.2.1 小麦的保险方案优化设计模型

设每亩小麦的保险金额为  $X$  元,保险费为  $Y$  元,费率为  $R$ ,受灾绝收和部分绝收的赔付率分别为  $r_0, r_1$ ,建立式(1)的优化模型

$$\begin{aligned} \min f_1 &= (p_1 + p_3)S \\ \min f_2 &= (1 - p_1 - p_3)Y \\ \min (f_1 - f_2)^2 \\ \text{s. t. } S &= \begin{cases} X \cdot r_0 - Y, & \text{当受灾绝收时} \\ X \cdot r_1 - Y, & \text{当受灾部分绝收时} \end{cases} \\ X &\geq 300, Y = XR > 0 \\ 0.3 &\leq r_1 < r_0 \leq 1 \\ |R - S_{10}| &\leq 3\sigma \end{aligned} \quad (1)$$

其中: $p_1, p_3$  分别表示过去 10 年各地区对于小麦生长期发生旱灾和风灾的概率; $S$  为保险公司的损失(即赔付金额); $S_{10}, \sigma$  分别为按现有保险方案过去 10 年 10 个地区的平均损失率和方差,即

$$S_{10} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} s_i, \sigma = \frac{1}{10-1} \sum_{i=1}^{10} (s_i - S_{10})^2。$$

其中,  $s_i$  表示第  $i$  年的年度损失率,通过已有数据可以得出。

说明

1) 模型中 3 个目标分别为保险公司风险损失尽量小、投保人的风险损失尽量小和双方损失尽量均衡。

2) 第 2 个约束条件是基于近年 P 省的单亩小麦种植成本为 300 ~ 400 元,包括种子 40 元,肥料 170 元,农药 20 元,灌溉用电 30 元,整地、播种、收获的机器费用 100 元左右,合计 400 元左右。这里不计算人工费用,

同时因为受灾了无需收割,因此去掉收割费用。保险公司一般只赔付成本损失,不考虑盈利部分。

3) 第3个约束是依据现有的赔付率一般都在30%以上,而绝收赔付率大于部分绝收的赔付率。

4) 第4个约束是按 $3\sigma$ 原则,在一定的范围内调整保险费率。

模型的求解需要与小麦生长期所有可能出现的灾害(如旱灾和风灾)有关的数据,按照3.1节的方法计算出 $p_1, p_3$ ,代入式(1)进行搜索求解,可以确定保险方案,并计算相应的风险大小,说明方案的有效性和可行性。

### 3.2.2 秋季作物的保险方案优化设计模型

对于秋季作物的情况,可以类似地给出保险方案的优化设计模型:

$$\begin{aligned} \min f_1 &= (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5)S \\ \min f_2 &= (1 - p_1 - p_2 - p_3 - p_4 - p_5)Y \\ \min & (f_1 - f_2)^2 \\ \text{s. t. } S &= \begin{cases} X \cdot r_0 - Y, & \text{当受灾绝收时} \\ X \cdot r_1 - Y, & \text{当受灾部分绝收时} \end{cases} \\ &X \geq a, Y = XR > 0 \\ &0.3 \leq r_1 < r_0 \leq 1 \\ &|R - S_{10}| \leq 3\sigma \end{aligned} \quad (2)$$

其中: $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$ 分别表示过去10年10个地区对于秋季作物生长期内发生旱灾、涝灾、风灾、冰雹灾和虫灾的概率; $a$ 表示某种作物的单位成本;其他符号含义与式(1)相同。

另一方面,由于农业灾害保险是一类政策性保险,通常国家和地方政府都会给一定的政策性补贴。当前现行方案政府补贴率为80%。从理论上讲,当然是政府补贴越多越好,但事实上一定有一个适当的范围。究竟政府多少补贴为宜,使得能让这些补贴有最大效能?

针对某些保险险种方案,在保证能够基本解决问题的情况下,最少需要多少补贴能有效地减少投保人和承保人的风险损失率?实际上,根据实际,为双方的风险损失率设定一个阈值,即双方都能接受的风险损失率,由此可以计算出一个合适的政府补贴率。在确定了政府的补贴率之后,对政府补贴的这部分款项,如何使用才能有更大的效用呢?以前的方法是按比例平均分配给每一个投保项目,效果可能不是最好的,不能有效地调动农民投保和保险公司承保的积极性,尤其对保险公司来说,并没有直接增加保险公司的收益率。为此,可以考虑一种策略,能够有效地降低费率,调动农民投保的积极性,也能增加保险公司的收益,或降低保险公司的风险损失。比如,采用阶梯式的补贴比例分配,而非平均分配的策略等。

### 3.3 模型的应用与建议

根据附件3给出的全国各省市的1998—2011年的农业受灾的实际数据,结合某省(市)的实际情况,并查阅相关数据可以计算各种灾害平均发生的概率,也可以假设服从某种分布,应用前面的数学模型设计出某种作物相应的自然灾害保险方案,并对方案可能存在的风险做出分析。

我国农业灾害保险问题需要从长远的发展规划来考虑,更多地关注长期的效果,而不是仅考虑一时的效果。只有不断地减少投保人和承保人的风险损失率,增加双方的收益率,才能使这项保险健康有序地向前发展。

在所建模型的基础上,进一步考虑相关问题,从地方政府、保险公司和投保人3个方面提出有建设性的对策方案。

#### 3.3.1 对地方政府的建议

地方政府应该考虑加大对农业灾害保险的补贴和投入,同时考虑如何更合理地使用这些资金,让其发挥更大效用。这一问题可以从以下几个方面研究:

1) 采用阶梯式补贴方案,鼓励农民积极投保、多投保,使农民有更多的投保收益率;

2) 地方政府除了把一部分资金作为保险补贴之外,应投入一定的资金用于防灾,帮助农民减少损失,从而减少保险公司的赔付率,增加其收益率,这样可以进一步降低保险费率,使得农业灾害保险进入良性循环;

3) 地方政府在自然灾害面前应承担起更大的责任。根据保险公司的赔付能力,对于保险公司的赔付额

度设定一个上限阈值,超出部分由地方政府买单。这样既保证了保险公司的利益,也保证了投保人利益。对于未投保的受灾农民少补或不补,意在激励农民投保的积极性;

4) 地方政府可以设立农业灾害保险基金,配合保险品种充分发挥保险基金的作用,特别是出现巨灾的情况下,能够更好地发挥保险基金的作用。

### 3.3.2 对保险公司的建议

保险公司作为农业灾害保险的承保方,考虑做好以下两个方面的工作:

1) 要积极配合地方政府做好宣传导向工作,学习美国对于农业灾害保险的做法,即在保证基本收益率的前提下,拿出一定的保费收入用于帮助农民主动防灾,积极抗灾,力求将灾害影响降到最低,而不是等到严重灾害之后再去赔付损失。这样一来可以减少农民的损失,从而减少保险的赔付率。

2) 在条件允许的情况下,适当降低投保费率,激励农民多投保,也可以增加保险公司的收益率。还可以协调其他的保险行业,实行再保险制度,减轻承保人的风险。

### 3.3.3 对农民的建议

农民作为农业灾害保险的参与者和受益者,应该积极地参加农业灾害保险,尤其是对于自然灾害频发的地区的农民。买了灾害保险,利国利己,花小钱避大灾,避免灾后受到严重的损失。

## 4 总结与进一步研究的问题

2013 年“深圳杯”数学建模夏令营的 D 题,共有来自 16 省市的 18 所高校代表队的学生和指导教师参加了现场交流活动。从总体情况来看,主要有以下特点:

1) 根据问题提供的气象数据,利用相关的统计方法和数据挖掘方法计算出了建模研究所需要的规律与特征,包括各种灾害发生的概率、各种灾害的损失率等,利用气象数据分析研究了农业与气象条件的关系等。

2) 针对不同的地区,不同的标的,用不同的方法,通过建立数学模型给出多种不同的灾害保险方案,并且提出了很多有建设性的方案,如梯级保费方案、基准保费方案、巨灾准备金方案、灾害的再保险方案等。

3) 计算承保人和投保人的风险,利用保险学的精算公式,或建立优化模型等方法求解出新的保险方案。有的将 10 个地区按灾害发生风险的大小分为高、中、低 3 类,分别给出了政府补贴率的方案。有的引入政府参与灾害保险的效用概念,并利用博弈论的方法说明政府参与灾害保险的必要性。

4) 有的队没有从实际出发来研究问题,更多地是现有文献的简单套用或方法的堆积,所得的结果缺少针对性和适用性;有的过分依赖保险学中的经验公式,对于一些未知参数做了主观的假设,没有从数学建模的角度来研究解决实际问题,其结果缺少可信度。

虽然 2013 年数学建模夏令营活动结束了,但对于这个实际问题的研究还远远没有结束,还有很多值得进一步研究的问题:

1) 从数学理论的角度,充分利用气象数据,分析研究各种自然灾害发生的概率分布、自然灾害保险的风险和风险损失的规律性,或通过相应的假设检验,确定出最佳的概率分布。

2) 从数学建模的角度,深入研究探讨农作物的病虫害与气象因素的关联关系,或影响作用,并提出预防对策,即便是做相应的机理分析和统计分析研究都是有意义的。

3) 从问题本身出发,进一步研究农业灾害与气象条件的关系和影响作用,以及政府介入的灾害保险的必要性、介入的前提和方式、政府的补贴率多少、政府在政策性保险中的补贴效用如何、怎么才能使得政府补贴的效用最大化等。

4) 从推广应用的角度,对所建立的农业灾害保险方案的模型进行推广应用,针对某省区的具体情况进行研究,结合当地的实际情况设计出适用的灾害保险方案,并为当地的管理部門和财产保险公司提出合理化建议。

5) 从扩展应用的角度,将农业灾害保险问题的数学模型进行扩展研究,进一步分析讨论各种自然灾害的保险、养老保险、医疗保险、财产保险和人寿保险等,为我国的保险事业做出贡献。

## 参考文献

- [1]全国大学数学建模竞赛组委会. 2013年“深圳杯”夏令营问题[EB/OL]. [2013-08-20]. <http://mcm.edu.cn/夏令营/>.
- [2]徐磊,张峭. 中国农业巨灾风险评估方法研究[J]. 中国农业科学,2011,44(9):1945-1952.
- [3]中国气象局公共气象服务中心. 中国兴农网——气象百科[EB/OL]. [2013-08-20]. <http://baike.xn121.com/>.
- [4]郭迎春,闫宜玲,王卫,等. 农业自然风险评估及区域农业保险费率确定方法[J]. 应用气象学报,1998,9(2):231-238.
- [5]刘小康,谷洪波. 农业自然(巨灾)风险度量的数理方法研究[J]. 浙江农业学报,2011,23(4):847-850.
- [6]刘丽,代宏霞. 中国自然灾害保险风险度综合评判与区划[J]. 山地学报,2004,22(4):477-482.
- [7]中华人民共和国农业部. 新中国农业60年统计资料(1949-2008)[M]. 北京:中国农业出版社,2009.

## Mathematical Models of Natural Disaster Insurance

Han Zhonggeng

(1. Department Four, Information Engineering University of PLA, Zhengzhou, Henan 450001, China;

2. State Key Laboratory of MEAC, Information Engineering University of PLA, Zhengzhou, Henan 450001, China)

**Abstract:** Concerning the problem D “natural disaster insurance” of 2013 Shenzhen Cup summer camp of mathematical modelling, the background and some problems needed to solve are firstly introduced. Then, processing method used to study meteorological data and factors are raised. The insurance risk probability and the risk of loss are considered both from the viewpoint of insurers and policyholders. In order to minimize and equalize the risk of both sides, the optimization design models of insurance program are established. The solving methods are also put forward. Finally, a brief comment on the specific activities of discussion during summer camp and some follow-up problems for future study are proposed.

**Key words:** natural disaster; disaster insurance; policy insurance; risk probability; risk loss ratio

## 作者简介

韩中庚, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 军事运筹学, 数学建模及其应用。