

· 管理纵横 ·

# 2010—2019 年度东北三省地区国家自然科学基金资助情况科学计量分析

——基于面上项目和青年科学基金项目研究

王星<sup>1\*</sup> 王宁<sup>1</sup> 张志旻<sup>2\*</sup> 杨顺昆<sup>3</sup> 刘文静<sup>3</sup>

1. 辽宁工程技术大学 电子与信息工程学院, 葫芦岛 125105
2. 国家自然科学基金委员会 科学传播与成果转化中心, 北京 100085
3. 北京航空航天大学 可靠性与系统工程学院, 北京 100191

**[摘要]** 国家自然科学基金是基础研究发展的重要支撑和引导力量之一。本文以东北三省地区在2010—2019年获得的面上项目和青年科学基金项目为研究对象,运用K-Means聚类算法对基金资助情况进行分析,研究东北三省地区基金资助变化情况,以区位基尼系数为指标分析基金资助项目在空间分布上的地区均衡程度,通过对各科学部基金申请和资助情况进行统计分析,研究东北三省地区在基础研究中的优势领域和非优势领域,并运用灰色预测模型对未来基金资助情况进行预测。本文针对东北三省地区在基础研究中存在的问题,提出相关建议,为未来东北三省地区基金资助工作以及相关政策的制定提供有益借鉴。

**[关键词]** 基础研究;面上项目;青年科学基金项目;K-Means;区位基尼系数;统计分析;灰色预测

习近平总书记指出,基础研究是整个科学体系的源头,是所有技术问题的总机关<sup>[1]</sup>。一个国家基础科学研究的深度和广度,决定着这个国家原始创新的动力和活力。国家自然科学基金作为支持我国基础研究的重要方式之一,重点资助具有良好研究条件、研究实力的高等院校和科研机构中的研究人员进行科学研究。设立三十多年来,国家自然科学基金不断探索科技管理改革,创新资助管理机制,完善同行评议体系,提升资助管理水平,在推动我国自然科学基础研究的发展、促进科技人才培养、基础学科建设和发展等方面起到了重要作用<sup>[2]</sup>。

作为科技创新之源,基础研究关乎我国源头创新能力和国际科技竞争力的提升,决定着世界科技强国建设进程,对促进实现“两个一百年”奋斗目标有着重要的基础性作用<sup>[3]</sup>。在中华人民共和国建国初期,东北三省地区是重要的重工业基地,在我国的经济建设和发展中具有重要地位。改革开放以来,随着我国经济的转型升级,东北三省地区在经济和



**王星** 辽宁工程技术大学电子与信息工程学院教授,副院长。中国中文信息学会语言与知识计算专委会委员,中国计算机学会多媒体技术专委会委员,中国图象图形学学会多媒体专委会委员;主要从事智能数据与知识工程、知识图谱、图像处理等方面的研究工作。发表学术论文30余篇;主持国家和省部级项目4项;授权发明专利5项,受理发明专利10项;培养博士生1名,硕士生23名,指导学生获国家和省级竞赛奖项30余项。



**张志旻** 国家自然科学基金委员会科学传播与成果转化中心科学传播部主任,高级工程师。2017年8月至今任现职,主要从事自然科学基金发展战略、资助政策、资助绩效和资助成果的传播工作。

科研等方面的发展面临着诸多困难。东北三省地区的公民科学素质水平略低于全国平均水平,提高东北三省公民的科学素质水平对于提高国家综合

收稿日期:2019-11-21;修回日期:2020-06-20

\* 通信作者,Email: xingwang\_lntu@163.com, zhangzm@nsfc.gov.cn

实力具有重要意义<sup>[4]</sup>。本文以面上项目和青年科学基金项目为代表项目,分析东北三省地区获得这两类科学基金项目的资助情况,对东北三省地区的基础研究发展情况以及科技人才储备情况进行较为深入的研究,发现基础研究以及基金资助工作中存在的问题,为东北三省地区基金政策的制定提供参考依据。

## 1 数据收集

面上项目是国家自然科学基金的主要资助项目,资助经费占比最大,可以体现一个区域的基础研究能力,而青年科学基金项目每年的资助数量仅次于面上项目,可以反映一个地区青年科技人才的储备情况。因此,本文以东北三省地区在2010—2019年获得的面上项目和青年科学基金项目为研究对象,数据主要是从国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)网站的各年度资助项目统计<sup>[5]</sup>和年度报告<sup>[6]</sup>中获取东北三省及各依托单位面上项目、青年科学基金项目的申请与资助情况,其中共收集了121个依托单位获得国家自然科学基金资助的数据,包括40个科研单位和81个高等院校。

## 2 分析方法

### 2.1 基金资助变化规律分析

聚类分析是数据挖掘领域的重要研究内容,聚类就是将一个数据集中相似度较高部分划分为同一个组<sup>[7]</sup>。为了分析东北三省地区获得国家自然科学基金资助经费变化规律,本文运用聚类算法对全国各省资助经费进行分级研究。

K-Means算法是一种无监督学习,同时也是基于划分的聚类算法。采用欧氏距离作为衡量数据对象间相似度的指标,相似度与数据对象间的距离成反比,相似度越大,距离越小<sup>[8]</sup>。该算法首先随机选取 $k$ 个数据对象作为初始聚类中心,每个数据对象代表一个簇,根据数据对象与聚类中心之间的相似度将其余数据对象划分到最近的簇,然后重新计算每个簇的平均值作为新的聚类中心,进行下一次迭代,不断更新聚类中心的位置,直到聚类中心不再变化或达到最大迭代次数结束,得到最终结果。数据对象与聚类中心间的欧式距离计算公式为:

$$D(x, C_i) = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_j - C_{ij})^2} \quad (1)$$

式(1)中 $x$ 为数据对象, $C_i$ 为第 $i$ 个聚类中心, $m$ 为数据对象的特征数量, $x_j$ 、 $C_{ij}$ 分别为 $x$ 和 $C_i$ 的

第 $j$ 个特征值。

本文通过使用K-Means聚类算法对每年全国各省资助经费进行聚类,得到各等级中所含省份以及各等级资助经费的平均值,并计算东北三省各省获资助经费所处等级和在等级内部的排名顺序,从而分析东北三省地区基金资助等级演化规律以及资助水平变化情况。

### 2.2 基金资助项目区域均衡程度分析

区位基尼系数是衡量空间单元地理集中与集聚的一种代表性指标。区位基尼系数值介于0~1之间,值越小表示数据越趋于均衡,值越大表示数据均衡程度差距越大<sup>[9]</sup>。区位基尼系数公式如下:

$$G = \frac{1}{2N^2 \bar{x}} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |x_i - x_j| \quad (2)$$

式(2)中 $N$ 表示空间单元数, $x_i$ 表示第 $i$ 个空间单元当年获得基金资助总项目数, $\bar{x}$ 为 $x_i$ 的平均值。为了比较东北三省及各省2010—2019年获基金资助项目的区域均衡程度,本文计算东北三省依托单位历年资助项目的区位基尼系数,设计的指标分别为:G1表示东北三省地区整体区位基尼系数,G2表示辽宁省区位基尼系数,G3表示吉林省区位基尼系数,G4表示黑龙江省区位基尼系数。

### 2.3 学科领域资助差异分析

本文通过对东北三省地区的各科学部科学基金申请与获资助数据进行统计分析,对各科学部历年的基金资助率作折线图、对各科学部历年申请总量和资助总量作环形饼图并分别进行对比分析,研究各科学部资助率变化情况以及资助数量差异的原因,并分析东北三省地区基础研究中的优势领域和非优势领域。

### 2.4 基金资助量预测分析

时间序列分析是动态数据分析处理的一种重要方法,通过分析时间序列数据建立数学模型,并进一步应用于预测、自适应控制等多方面<sup>[10]</sup>。灰色预测模型根据客观事物的发展规律以及少量和不完整的信息,借助数学模型对其发展趋势进行描述和分析,被广泛用于社会、经济和科技等领域的预测、决策和评估<sup>[11]</sup>。由于本文获得的国家自然科学基金时间序列数据量较小,所以选用灰色预测模型GM(1,1)模型对东北三省未来2年获资助项目数量进行预测分析,该模型的实质是对原始序列先作累加生成,然后构建一阶线性微分模型,在得到拟合函数后再对系统进行预测。这在一定程度上可以为东北三省的基金管理工作提供参考依据。

### 3 东北三省基金资助情况分析

#### 3.1 面上项目资助情况分析

##### 3.1.1 资助量变化情况分析

本文以全国获得国家自然科学基金资助的 31 个省(市、区)为对象,通过 K-Means 聚类算法将 31 个省(市、区)的面上项目资助经费进行聚类,共分为 6 个等级,得到 2010—2019 各年度的聚类结果(表 1),包括每个等级中所含省(市、区)数量和每个等级中各省资助经费的平均值,并在聚类结果中得到东北三省各省等级分布。结果显示,辽宁省在 2010—2019 年处于第四等级,2010—2012 年以及 2015—2017 年在第四等级中排名较为落后,2013—2014 年以及 2018—2019 年排名处于中上水平,而吉林省和黑龙江省在 2010—2019 年处于第五等级,相比于辽宁省资助水平较低,黑龙江省的资助水平略高于吉林省。可见 10 年来东北三省整体面上项目资助水平在全国范围内处于中下游水平,这说明东北三省地区基础研究竞争力较弱,基础研究能力有待提高。

通过对东北三省各年度面上项目资助经费和所处等级平均值进行对比分析(图 1),发现各省资助经费变化曲线和平均值变化曲线大致相同,在 2010—2012 年提升速度较快,2012 年后开始下降并趋于平稳状态,2010—2012 年资助经费提升速度较快的主要原因是自然科学基金委在 2011 年提高了面上项目的资助额度<sup>[12]</sup>。辽宁省和吉林省的资助经费每年均低于所处等级的平均资助水平,黑龙江省高于平均资助水平,这说明辽宁省和吉林省与所处等级的其他省份相比,基础科学研究竞争力较低。2015—2017 年,辽宁省的资助经费与平均资助水平差距较大,近 3 年差距在逐年减小。吉林省的资助经费近 3 年与平均资助水平的差距在逐年增大。

2018—2019 年黑龙江省的资助经费逐年降低,与平均资助水平的差距在逐渐减小。这反映了近 3 年东北三省中辽宁省的基础研究能力在小幅度稳步提高,而黑龙江省和吉林省基础研究能力则略有下滑。

##### 3.1.2 区域均衡程度分析

通过对各依托单位获面上项目资助数量计算区位基尼系数得到计算结果(表 2),可以看出,东北三省历年资助项目的区位基尼系数数值较大,东北三省整体的区位基尼系数在 0.8 左右,这说明地区均衡程度差距较为悬殊;2010—2013 年区位基尼系数呈现出下降趋势,这说明东北三省获资助项目数量在空间分布上呈现出逐年均衡的趋势。但是,近 3 年区位基尼系数较高,且在 2018 年的区位基尼系数为近 10 年来最大值,这说明近 3 年来东北三省地区均衡程度差距有所升高,获资助项目数量在空间分布上呈现出较为不均衡趋势。

对各省获面上项目资助数量的区位基尼系数进行对比分析(图 2),发现各省在 2011—2012 年区位基尼系数均呈现减小趋势,主要原因是自然科学基金委在 2011 年提高了面上项目的资助额度<sup>[12]</sup>。吉林省区位基尼系数在 0.834~0.870,2018 年达到 10 年间最大值 0.870,在东北三省中地区均衡程度差距最大,2018—2019 年区位基尼系数有较为明显的下降趋势,说明吉林省在 2018 年后地区均衡程度差距在缩小;辽宁省的地区均衡程度差距最小,区位基尼系数在 0.75 左右,但在 2016—2018 年区位基尼系数略有升高;黑龙江省地区均衡程度差距较大,在 2013 年地区均衡程度在 10 年间最小,近 3 年区位基尼系数略有提高,地区均衡程度差距增大。这说明东北三省各省获面上项目资助数量的区域均衡程度历年之间变化不稳定,相关基金政策的制定对于缩小地区均衡程度的差异具有重要作用。

表 1 2010—2019 年全国面上项目基金资助量各等级省(市、区)数量及资助经费平均值

单位:万元

年份	面上项目基金资助级别划分											
	第一级		第二级		第三级		第四级		第五级		第六级	
	数量	平均值	数量	平均值	数量	平均值	数量	平均值	数量	平均值	数量	平均值
2010	1	98 404.50	2	43 002.60	2	28 823.00	4	20 117.47	9	12 030.91	13	1 665.08
2011	1	193 488.60	2	86 611.65	2	5 9367.80	4	41 032.27	9	22 929.49	13	3 307.62
2012	1	263 595.20	2	124 405.60	2	82 833.40	4	57 120.95	9	31 420.89	13	4 511.92
2013	1	251 409.75	2	120 866.77	3	74 878.63	6	45 405.02	6	26 396.28	13	3 954.77
2014	1	26 4201.20	2	121 498.85	3	70 909.60	6	43 360.80	6	25 780.08	13	4 516.23
2015	1	212 221.35	2	107 536.67	2	69 748.32	4	44 688.79	9	25 954.28	13	3 455.00
2016	1	20 5321.80	2	109 244.55	2	68 805.70	4	44 654.12	9	25 567.86	13	3 644.42
2017	1	20 0641.30	2	115 808.45	2	79 607.05	5	44 926.04	8	25 282.19	13	3 863.85
2018	1	200 904.10	3	110 321.82	3	61 548.24	5	39 913.14	6	24 316.62	13	4 100.72
2019	1	201 325.00	3	113 667.33	3	61 739.33	5	38 812.70	6	22 940.58	13	4 111.31

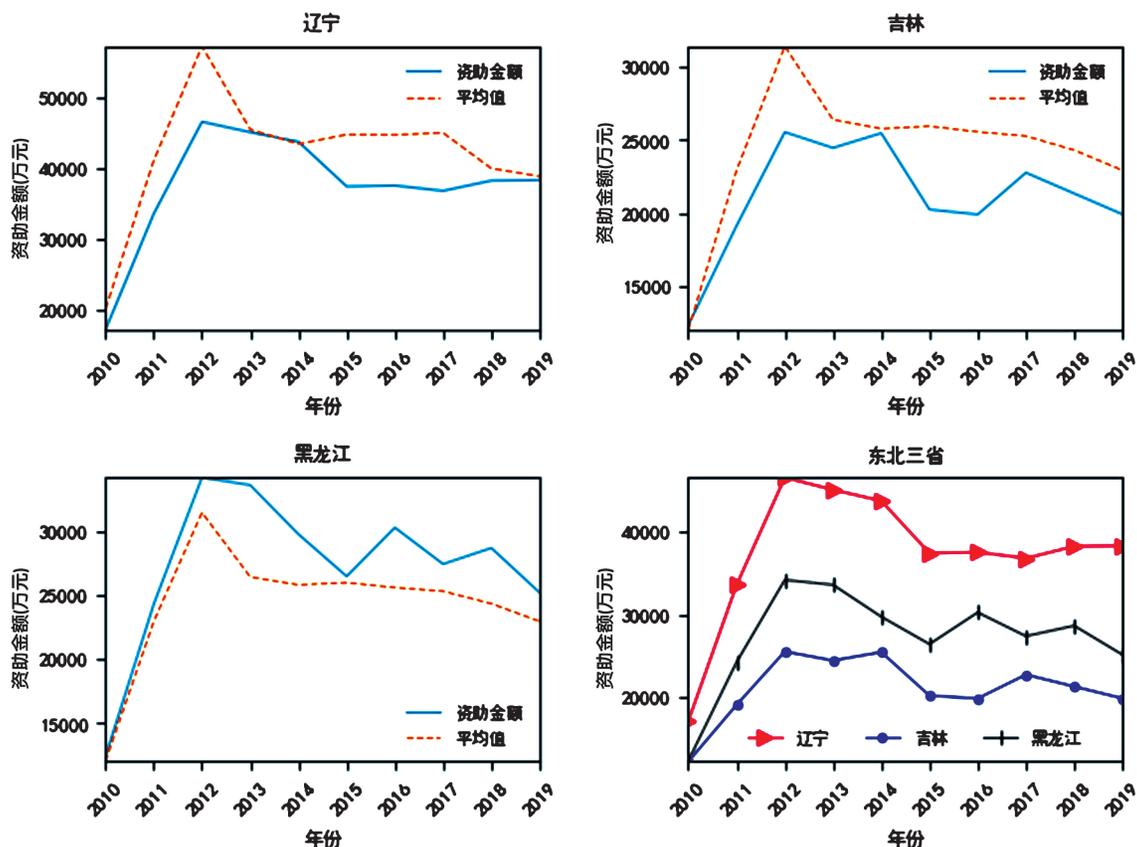


图1 东北三省面上项目资助数和所处等级平均值

表2 2010—2019 东北三省及各省区位基尼系数计算结果

年份	G1 <sub>东北三省</sub>	G2 <sub>辽宁</sub>	G3 <sub>吉林</sub>	G4 <sub>黑龙江</sub>
2010	0.810	0.763	0.863	0.810
2011	0.800	0.755	0.843	0.812
2012	0.791	0.738	0.837	0.807
2013	0.784	0.744	0.834	0.779
2014	0.802	0.761	0.856	0.801
2015	0.809	0.751	0.863	0.825
2016	0.798	0.737	0.848	0.818
2017	0.807	0.760	0.855	0.813
2018	0.824	0.786	0.870	0.825
2019	0.812	0.774	0.842	0.828

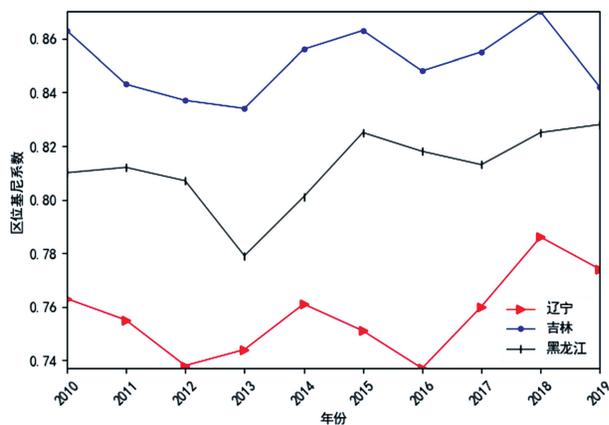


图2 东北三省各省面上项目资助数量区位基尼系数对比

### 3.1.3 各科学部资助情况分析

通过对比各科学部获得面上项目资助率可以发现(图3),东北三省地区医学科学部的资助率最低,数理科学部、化学科学部和地球科学部资助率较高。东北三省地区整体的资助率在2010—2012年逐年降低,2012—2014年资助率上升幅度较大,在2014年达到最大值,且在2016年资助率也处于较高水平,造成资助率提高的主要原因是自然科学基金委指出“自2014年开始,上两年连续申请面上项目未获得资助的申请人当年暂停面上项目申请1年”<sup>[13]</sup>。这一政策的提出使面上项目的申请数量减少,并提高了申请项目的质量,从而使各科学部资助率提高。近3年多科学部资助率呈现下降的趋势,可见东北三省各科学部面上项目申请数量在近3年增长幅度较大,也反映了在各省加强基础研究工作的同时,东北三省的基础研究竞争力相对较弱。

对各科学部面上项目申请数量和资助数量所占比例进行分析可以发现(图4):申请数量占比方面,工程与材料科学部和医学科学部的基金申请数量较多,大约占申请总量的50%,可见东北三省地区主要的基础研究领域为工程与材料科学领域和医学科

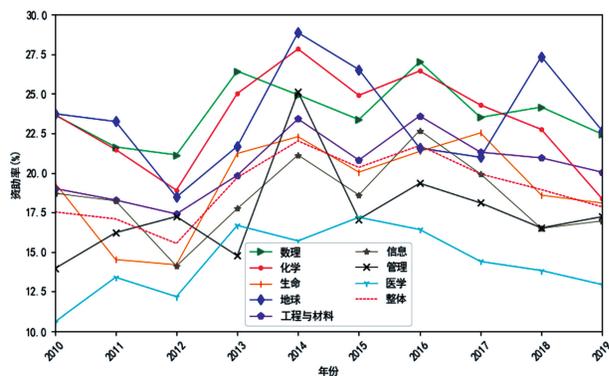


图 3 2010—2019 年东北三省各科学部面上项目资助率对比

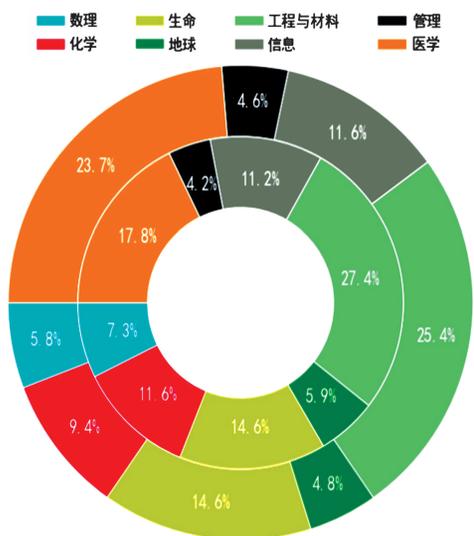


图 4 2010—2019 年东北三省各科学部面上项目申请和资助数量占比

(注：外环代表各科学部项目申请数量占比，内环代表各科学部项目资助数量占比)

学领域；资助数量占比方面，医学科学部所占比例与在申请总量中所占比例差距较大，说明东北三省地区在医学科学领域的基础研究工作较多，但是创新性的科学研究较少，这也是造成医学科学部资助率在各科学部中最低的一个因素。此外，工程与材料科学部获资助比例高于申请比例，说明东北三省地区主要的获资助领域是工程与材料科学领域，在该领域具备较为良好的基础研究能力，相比于其他领域有较为明显的优势，同时也反映了东北三省地区学科发展不平衡问题较为突出，在管理科学、地球科学、数理科学等领域的基础研究能力相对较弱。

### 3.1.4 各省资助量预测分析

以 2010—2019 年东北三省各省获得面上项目资助数量为依据，使用灰色预测模型对东北三省各省未来 2 年内获得面上项目资助数量的趋势进行预测，得到东北三省以及各省 2020—2021 年预测结果(表 3)。可以看出，在未来 2 年内，东北三省地区整体

表 3 东北三省及各省 2020—2021 年

		面上项目资助情况预测结果			单位：项
年份	辽宁	吉林	黑龙江	东北三省	
2020	645	347	465	1 457	
2021	649	351	470	1 470	

获得面上项目的资助数量得到进一步增长，各省获得面上项目资助数量保持逐年增长的趋势，但是增长幅度较小。由于新型冠状病毒肺炎疫情的影响，在相关领域对于该疾病的研究工作会增多，这对基金申请与资助情况也会产生一定影响，导致资助数量可能略高于预测值。东北三省各省的基础研究能力将会通过基金资助量的提升得到进一步发展。

## 3.2 青年科学基金项目资助情况

### 3.2.1 资助量变化情况分析

本文根据 2010—2019 年度青年科学基金项目资助经费对 31 个省(市、区)进行聚类分析，共分为 6 个资助等级，得到聚类结果(表 4)。其中，辽宁省在 2016 年、2018 年处于第五等级，其余年份均处于第四等级，并且和处于第四等级中的其他省(市、区)相比，辽宁省获得资助经费排名呈现出升高的趋势，2017 年和 2019 年在所处等级中排在第一名，吉林省和黑龙江省获基金资助水平较低，处于第五等级到第六等级之间，黑龙江省基金资助水平高于吉林省，吉林省在所处等级中排名较为落后。由此可见，虽然辽宁省获基金资助水平呈现升高趋势，但吉林省和黑龙江省获资助水平相对较低，从全国范围等级划分来看，东北三省地区获得青年科学基金项目资助水平处于中下游水平。

从各年度获青年科学基金项目资助经费和所处等级平均值对比情况来看(图 5)，各省获得基金资助经费在 2010 年后迅速提升，在 2013 年后有所下降并趋于稳定，获资助经费提升的主要原因是 2011 年的基金政策中规定女性申请青年科学基金项目的年龄限制从 35 岁提高到 40 岁，并且提升了青年科学基金资助额度<sup>[12]</sup>。辽宁省在 2013 年后资助经费低于所处等级的平均资助水平，其中 2016、2018 年资助经费高于平均值是由于辽宁省的资助等级由第四等级下降到第五等级，在第五等级中排名相对靠前，吉林省的资助经费除 2012 年外均低于所处等级的平均资助水平，黑龙江省资助经费围绕平均水平上下波动。从各省的获资助经费变化规律可以看出东北三省获得青年科学基金项目资助量在全国所占比例呈现下降趋势。这说明东北三省的青年科技人才储备数量较少，创新研究能力相对较弱。

表 4 2010—2019 年全国青年科学基金项目资助各等级中省(市、区)数量及资助经费平均值 单位:万元

年份	青年科学基金项目资助级别划分											
	第一级		第二级		第三级		第四级		第五级		第六级	
	数量	平均值	数量	平均值	数量	平均值	数量	平均值	数量	平均值	数量	平均值
2010	1	33 030.00	2	16 560.85	3	10 174.70	4	6 693.45	8	3 951.00	13	734.03
2011	1	56 878.80	2	30 187.10	4	17 482.25	5	11 780.26	6	7 485.78	13	1 593.23
2012	1	58 012.10	2	32 582.45	5	18 770.60	6	11 200.75	5	6 920.70	12	1 555.17
2013	1	61 443.00	2	36 516.50	3	21 492.93	4	16 295.38	8	9 848.09	13	2 083.00
2014	1	62 540.20	2	38 293.45	5	22 451.06	3	15 751.70	8	9 489.81	13	2 032.25
2015	1	46 469.50	1	36 766.50	3	22 843.26	5	15 131.51	8	8 630.20	13	1 768.85
2016	1	44 206.40	1	33 785.50	2	24 865.15	5	16 964.76	9	8 594.36	13	1 674.98
2017	2	48 817.35	2	33 663.60	4	23 046.03	4	14 697.55	6	9 363.30	13	2 165.69
2018	1	56 480.51	2	42 924.36	1	33 987.34	5	23 055.42	8	11 253.19	14	2 571.20
2019	1	56 858.20	3	42 376.57	4	24 498.92	4	14 542.98	7	8 169.81	12	1 954.23

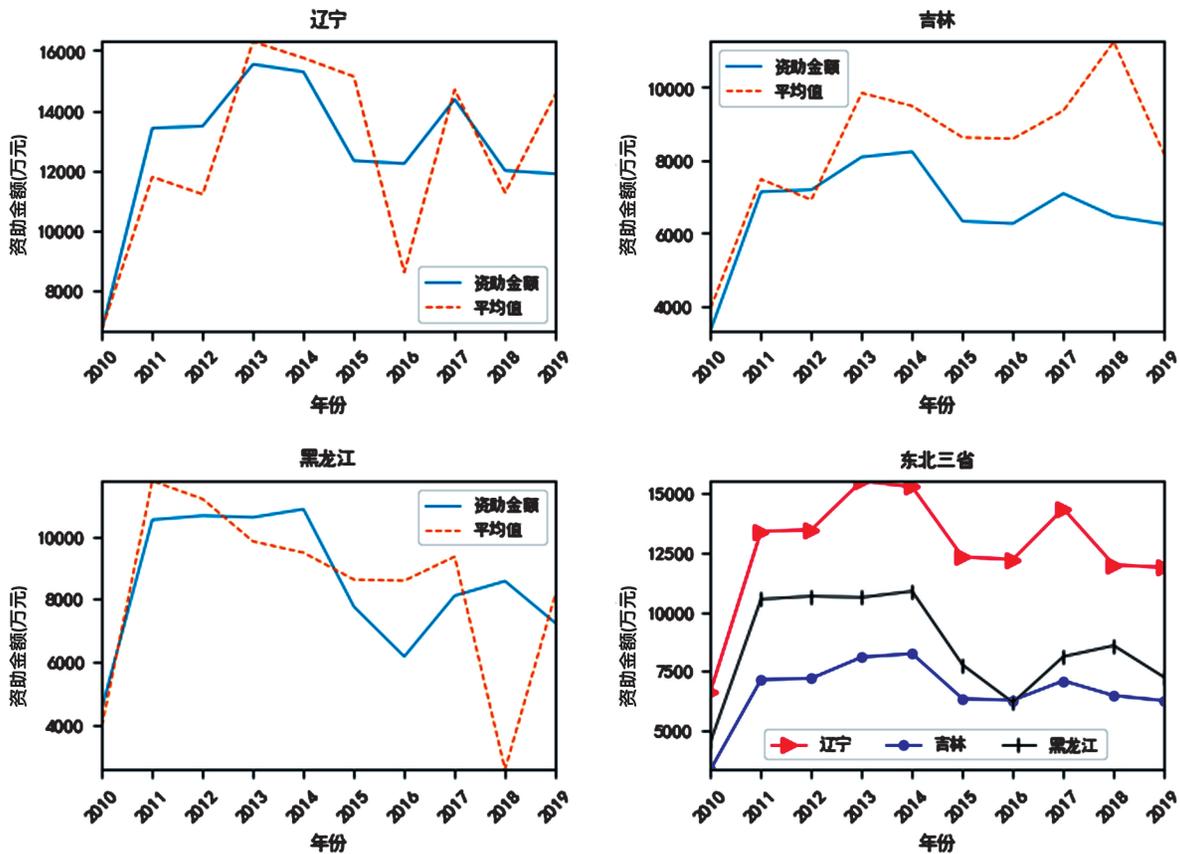


图 5 东北三省青年科学基金项目资助量和所处等级平均值

### 3.2.2 区域均衡程度分析

计算东北三省获得青年科学基金项目的区位基尼系数,得到计算结果(表 5)。可以看出,东北三省地区历年资助项目的区位基尼系数在 0.7 以上,这说明获资助项目数量的地区均衡程度差距较为悬殊;但是在 2010—2016 年间,青年科学基金项目获资助项目的区位基尼系数呈现出下降趋势,这说明地区均衡程度差距在逐渐减小。近 3 年区位基尼系数略有提高,则说明近年来东北三省获青年科学基金项目数量在空间分布上的不均衡程度有所升高。

通过对比各省依托单位获青年科学基金项目的区位基尼系数(图 6),可以看出辽宁省地区均衡程度差距最小,获资助项目数量的区位基尼系数最低达到 0.665,相比于其他两省均衡程度差距较小。但从区位基尼系数数值来看,辽宁省地区均衡程度差距仍然较为悬殊;吉林省的区位基尼系数最高,地区均衡程度差距最大,但近 2 年均均衡程度差距呈现下降趋势;黑龙江省的地区均衡程度差距较大,2010—2017 年区位基尼系数持续下降,这说明黑龙江省获资助项目数量的地区分布逐渐趋于均衡,

表 5 2010—2019 东北三省及各省区位基尼系数结果

年份	G1东北三省	G2辽宁	G3吉林	G4黑龙江
2010	0.830	0.790	0.859	0.851
2011	0.794	0.724	0.862	0.809
2012	0.758	0.683	0.814	0.786
2013	0.738	0.668	0.782	0.779
2014	0.752	0.717	0.774	0.769
2015	0.731	0.665	0.795	0.757
2016	0.713	0.666	0.741	0.753
2017	0.723	0.669	0.767	0.753
2018	0.732	0.681	0.767	0.757
2019	0.753	0.713	0.750	0.797

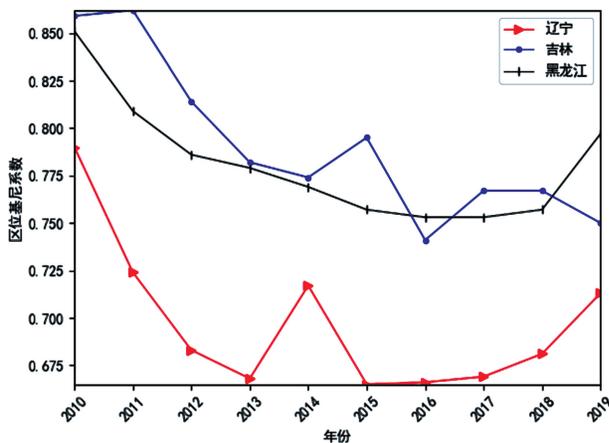


图 6 东北三省各省青年科学基金项目资助数量区位基尼系数对比

2018—2019 年区位基尼系数上升幅度较大,表明黑龙江省地区不均衡程度略有升高。

### 3.2.3 各科学部资助情况分析

通过对各科学部青年科学基金项目的资助率对比分析(图 7)可以看出,医学科学部资助率最低,而数理科学部和地球科学部资助率较高。东北三省整体的资助率年度变化情况为 2010—2015 年在 21%~23%之间小幅度波动,2015 年后处于逐年下降的趋势,并且从各科学部资助率年度变化趋势来看,在 2017 年后各科学部资助率下降幅度较大。这主要与国家自然科学基金在限制性别方面提出“2011 年起女性科研人员申请青年科学基金项目的年龄限制延长到 40 岁”<sup>[12]</sup>有关,这一政策鼓励了女性青年科研人员积极进行基础研究工作,从事医学研究的女性青年科研人员数量增长最为明显,使各科学部青年科学基金项目申请量得以增加;但是另一方面也反映了东北三省地区青年科技人才的基础研究创新能力相对较弱,从而导致各科学部基金资助率降低,尤其医学科学部项目申请量增长幅度相对较大,是东北三省医学科学部资助率

最低的一个主要原因。

从各科学部青年科学基金项目申请数量和资助数量所占比例情况来看(图 8):申请数量占比方面,工程与材料科学部和医学科学部的基金申请数量所占比例最高,医学科学部的基金申请比例高于工程与材料科学部,这说明东北三省在工程与材料科学和医学科学领域储备的青年科技人才较多。资助数量占比方面,医学科学部所占比例低于工程与材料科学部,这说明东北三省在医学科学领域的青年科研人员较多,但创新程度较高的研究内容相对较少。工程与材料科学部获资助数量比例高于申请比例,这说明东北三省主要获资助领域是工程与材料科学领域,青年科研人员在该领域的基础研究能力较强,人才储备优势比较明显,同时也反映了东北三省地区学科发展不平衡问题较为突出,管理科学、地球科学、数理科学等学科较为缺乏青年科技人才。

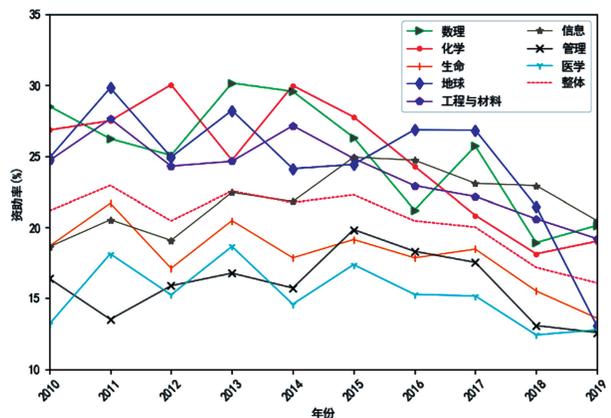


图 7 2010—2019 年东北三省各科学部青年科学基金项目资助率对比

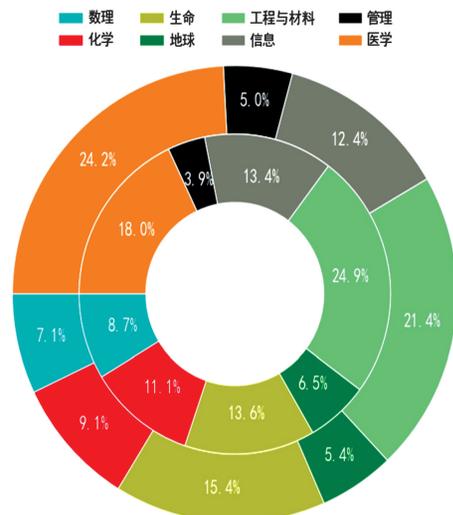


图 8 2010—2019 年东北三省各科学部青年科学基金项目申请和资助数量占比  
(注:外环代表各科学部项目申请数量占比,内环代表各科学部项目资助数量占比)

### 3.2.4 东北三省资助量预测分析

以2010—2019年东北三省各省获得青年科学基金项目资助数量为依据,使用灰色预测模型对东北三省未来2年内获得青年科学基金项目资助数量趋势进行预测,得到2020—2021年预测结果(表6)。2014—2019年东北三省整体青年科学基金项目总量呈现逐年下降的趋势,在未来2年内预测值仍保持小幅度下降趋势,并且各省获得资助数量也都处于小幅下降的趋势。这说明东北三省地区的青年科技人才在逐渐减少,青年科技人才流失较为严重,未来2年内青年科技人才可能进一步流失,同时也反映了东北三省地区的青年科技人员创新能力相对较弱。考虑到新型冠状病毒肺炎疫情的影响,科研人员对于该疾病的研究工作会增多,这对基金申请与资助情况也会产生一定影响,导致资助数量可能略高于预测值。

## 4 总结与展望

### 4.1 结论

本文以东北三省地区获得的面上项目和青年科学基金项目资助情况为研究对象,分别运用K-Means聚类算法、区位基尼系数、统计分析方法和灰色预测模型对这两类科学基金项目资助情况进行了较为详细的分析,发现以下东北三省地区基础研究以及科学基金资助工作中存在的一些问题,并对造成这些问题的原因加以思考。

(1) 东北三省获资助量等级较低,基础研究竞争力日益下降

从东北三省各省资助量变化情况可以看出,面上项目和青年科学基金项目资助量的变化趋势大致均为2010—2012年间逐步增加,之后在一定范围内波动并呈现出较小幅度的下降趋势,在对2010—2019年间国家自然科学基金资助量等级划分中,东北三省获资助水平处于中下游水平。这表明东北三省近年来的基础研究能力发展较为缓慢,处于全国中等偏下水平。从演化趋势来看,各省资助量等级划分变化情况较为固定,辽宁省和黑龙江省的资助经费略高于所处资助等级的平均资助水平,

吉林省低于平均资助水平,这说明东北三省地区基础研究竞争力相对较弱。

本文认为东北三省地区基础研究竞争力较弱的原因有以下两点:一是科研经费投入不足。科研经费是提高基础研究竞争力的重要因素,充足的科研经费才能保证科技人才的待遇福利,激发科技人才的创新能力。由于东北三省地区经济水平落后于部分经济发达省份,人均科技经费、人均研发经费等方面低于国家平均水平,科研经费投入不足导致科技人才无法进行正常的基础研究工作。二是科技人才过度流失。东北三省每年获得国家自然科学基金资助的依托单位主要是各省的高等院校,但近年来东北三省的高等院校人才外流问题趋于严重。工资待遇和科研环境等方面的水平略低,导致部分科技人才流向经济发展较快地区,使东北三省科技人才数量出现负增长,在一定程度上制约了东北三省地区基础研究的发展。

(2) 东北三省各学科资助率降低,学科发展不平衡问题较为突出

东北三省各科学部资助率近年来处于逐年降低的趋势,青年科学基金项目资助率降低趋势相比于面上项目更为明显。工程与材料科学部和医学科学部获得科学基金资助项目较多,这两个科学部的基金申请量和资助量大约占申请总量和资助总量的50%左右,这说明东北三省在工程与材料科学领域和医学科学领域储备了较多的科研人才,具备相对较强的基础研究能力。而在其他的学科领域,尤其是管理科学领域的基础研究能力较弱,学科发展不平衡问题较为突出,促进东北三省地区各学科均衡发展对于提升基础研究能力具有重要意义。东北三省各依托单位的优势学科各不相同,如果各依托单位间不能加强科研合作,取长补短,那么学科发展不平衡问题就难以得到解决。自然科学基金委在“十三五”期间也强调加强资助工具的优化组合,推动学科交叉。在促进学科均衡协调发展的同时,有效利用重大项目和重大研究计划等资助工具,探索基础科学中心等资助机制,切实推动学科交叉与融合<sup>[14]</sup>,这说明自然科学基金委对学科发展不平衡问题越来越重视。

(3) 东北三省资助项目的区位基尼系数下降,但地区均衡程度差距仍然悬殊

近10年来,东北三省各依托单位获国家自然科学基金资助项目的区位基尼系数整体呈现下降趋势,说明获资助项目在空间分布上整体趋于均衡,青

表6 东北三省及各省2020—2021年青年科学基金项目资助情况预测结果

年份	辽宁	吉林	黑龙江	东北三省
2020	552	280	303	1 135
2021	545	276	289	1 110

年科学基金项目的区域均衡程度差距小于面上项目,这说明青年科学基金项目资助情况相比于面上项目在空间分布上更均衡。但是,从区位基尼系数数值来看,科学基金资助项目的区位基尼系数数值仍然较大,说明东北三省获科学基金资助项目数量的空间分布仍处于均衡程度差距较为悬殊状态。获得面上项目或青年科学基金项目的主要依托单位仍然是综合实力较强的高等院校及少数科研院所,而普通高等院校每年获得的科学基金资助项目数量较少甚至没有获得资助项目,部分普通高等院校虽然进行了项目申请,但是资助率较低甚至为零。实力强的高等院校大多在哈尔滨、长春、大连、沈阳等经济实力较强城市,这使得东北三省基础研究区域发展不均衡问题更加突出。

#### 4.2 展望

本文将数据挖掘方法、衡量区域均衡程度指标以及统计分析方法综合应用到东北三省地区国家自然科学基金资助情况的科学计量分析之中,得到的东北三省资助等级划分较为理想,对科学基金资助项目的空间均衡程度分析较为合理,对各科学部的优势学科和非优势学科也有一定的合理分析,从而得出了东北三省地区基础研究中存在的一些问题,但研究中仍存在一些需要进一步研究,主要包括以下几个方面:

(1) 在研究过程中仅通过分析科学基金数据来评价东北三省地区基础研究情况,但一个地区基础研究情况还会受到其他因素的影响。因此,在未来的研究中要考虑其他影响因素,例如对东北三省的科研投入和科研产出加以分析,并研究基金投入、科研投入和科研产出之间的相互关系,从而更加全面地分析东北三省地区基础研究的发展情况。

(2) 在对东北三省未来获得科学基金的资助情况进行预测时,由于数据量较小,得到的预测结果可能存在一定的误差。在未来的研究中要进一步改进预测模型,并考虑相关政策的影响,使模型的预测结果更加准确。

### 5 思考与建议

科技人才是基础研究和原始创新的关键,东北三省地区科技人才的过度流失是基础研究竞争力较低的一个主要因素,因此对科技人才的引进、培养与稳定显得尤为重要。可以考虑在东北三省地区国家自然科学基金资助项目中增设科研合作项目,进一步为东北三省吸引科技人才;遵循基础研究科技人

才的成长规律,注重人才的早期培养,可以适当减少东北三省地区资助青年人才的年龄限制,鼓励硕博研究生等青年力量积极进行科研创新,为东北三省地区基础研究工作不断储备青年科技人才;适当延长国家自然科学基金的支持周期,为科技人才提供长期稳定的基金支持,充分发挥科技人才的基础研究能力。通过这些措施减少东北三省地区科技人才的过度流失,储备更多的科技人才,从而提高基础研究能力和竞争力。

适当增加国家自然科学基金对东北三省非优势学科的资助力度。鼓励科研人员在非优势学科积极申请国家自然科学基金并开展基础研究工作,为东北三省地区培养非优势学科领域的科技人才,提升在非优势学科领域的基础研究能力;适当增加交叉学科研究的资助力度,制定有效的基金管理政策,例如适当扩大基金申请条件的范围等,发展多学科、跨领域和交叉研究的基础研究工作,通过促进学科交叉研究的方式提高科研人员在非优势学科研究的积极性,提高东北三省在非优势学科的基础研究能力。这对东北三省地区各学科均衡、协调和可持续发展有重要的促进作用。

进一步完善和发展科学基金资助的管理模式。通过比较东北三省不同地区历年资助量的变化情况来适当调整地区资助策略,使一部分基金用于资助基础研究能力较弱的依托单位,鼓励科研人员积极开展基础研究工作,有助于东北三省地区科学基金资助的地区分布更趋于均衡,提高东北三省地区整体的基础研究能力;倡导东北三省地区各依托单位联合申请国家自然科学基金,尤其提倡基础研究能力较强的依托单位与基础研究能力较弱的依托单位联合申请,从而有利于加强各依托单位之间的协同研究,加强不同特色的依托单位间的科研合作,取长补短,以强带弱,也有利于促进各学科之间的交叉融合,使各依托单位的基础研究能力得以共同提高。通过这些方面使东北三省获科学基金资助项目的地区均衡程度差异逐渐减小。

### 参 考 文 献

- [1] 中共中央文献研究室. 习近平关于科技创新论述摘编. 北京: 中央文献出版社, 2016: 44.
- [2] 李静海. 构建新时代科学基金体系夯实世界科技强国根基. 中国科学基金, 2018, 32(04): 345—350.
- [3] 李静海. 抓住机遇推进基础研究高质量发展. 中国科学院刊, 2019, 34(05): 586—596.
- [4] 陶福胜, 刘洪辉, 李明珠. 东北三省公民科学素质建设现状分析. 科技创新与应用, 2017(33): 191—192.

- [5] 国家自然科学基金委员会. 资助项目统计. [2020-03-11]. <http://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab505/>.
- [6] 国家自然科学基金委员会. 年度报告. [2020-03-11]. <http://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab535/>.
- [7] 苑卫国, 刘云. 微博用户特征量增长规律研究. 计算机研究与发展, 2015, 52(02): 522—532.
- [8] 杨俊闯, 赵超. K-Means 聚类算法研究综述. 计算机工程与应用, 2019, 55(23): 7—14.
- [9] 吴泽斌, 李瑾. 基于区位基尼系数的江西省产业空间集聚分析. 资源与产业, 2014, 16(6): 100—103.
- [10] 魏宁. 时间序列分析方法研究及其在陕西省 GDP 预测中的应用. 西北农林科技大学, 2010.
- [11] 徐丽丽, 李洪, 李劲. 基于灰色预测和径向基网络的人口预测研究. 计算机科学, 2019, 46(S1): 431—435.
- [12] 国家自然科学基金委员会. 2011 年度国家自然科学基金项目指南. 2011.
- [13] 国家自然科学基金委员会. 关于 2013 年度国家自然科学基金项目申请与结题等有关事项的通告. 2012.
- [14] 国家自然科学基金“十三五”发展规划. (2015-09-17)/[2019-12-25]. <http://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/xxgk/043/info72249.htm>.

## Scientometric Analysis on the Funds of NSFC in the Three Northeastern Provinces From 2010 to 2019: Based on General Programs and Young Scientists Funds

Wang Xing<sup>1\*</sup>    Wang Ning<sup>1</sup>    Zhang Zhimin<sup>2\*</sup>    Yang Shunkun<sup>3</sup>    Liu Wenjing<sup>3</sup>

1. School of Electronic and Information Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105

2. Center for Science Communication and Achievement Transformation,

National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085

3. School of Reliability and Systems Engineering, Beihang University, Beijing 100191

**Abstract** The National Natural Science Foundation of China (NSFC) plays an important role in the development of fundamental research. In this paper, we take the General Program and Young Scientists Funds obtained in the three northeastern provinces from 2010 to 2019 as the research objects, through using the K-Means clustering algorithm to analyze the NSFC funding of the three northeastern provinces, we study the changes in the NSFC funding of the three northeastern provinces. We use the Locational Gini Coefficient as an indicator to analyze the regional equilibrium degree of the funded projects in spatial distribution. Through statistical analysis of the application and funding of the funds of various departments, we study the dominant and non-dominant areas of fundamental research in the three northeastern provinces. And we use the Gray Forecast Model to predict the future funding status. To further address the problems in fundamental scientific research of the three northeastern provinces, we give some corresponding suggestions. It has reference significance for the NSFC to support the three northeastern provinces and the formulation of relevant policies in future.

**Keywords** fundamental research; General Program; Young Scientists Funds; k-means; locational gini coefficient; statistical analysis; gray forecast

(责任编辑 齐昆鹏)

\* Corresponding Author, Email: xingwang\_lntu@163.com, zhangzm@nsfc.gov.cn