

科技投入产出视角下山东省科研非企业科技活动单位创新能力分析

王伟华, 陈 媛, 王福颖

(济南市科学技术情报研究院, 济南 250001)

摘要:为了探索建立科研非企业科技活动单位创新能力评价方案,正确评价山东各地市的科技创新实力,对山东省科研非企业科技活动单位的创新能力进行评价,构建了包含科技创新资源和科研产出两个层次 10 个指标的创新水平评价指标体系。通过对山东省各地市科研非企业科技活动单位的科技创新资源和科研产出及总体数据分别进行因子分析,得出各地市创新水平的综合得分。根据评价得分,分析不足,提出加强山东省各地市科研非企业科技活动单位创新能力的对策建议。

关键词:科研非企业科技活动单位;创新能力;因子分析法

中图分类号:F204 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)16-0031-06

当今世界正经历百年未有之大变局,科技创新是其中一个关键变量。科研非企业科技活动单位包括科研事业单位和民办非企业科研单位,是引领我国科技发展、提升创新能力、推动我国经济战略性新兴产业转型的重要力量。

目前,国内对科研事业单位的创新评价有较少研究,而对科研非企业科技活动单位的研究则未见公开报道。王新等^[1]以河南省 18 个地市科研事业单位作为研究对象,运用因子分析的方法构建评价指标体系,根据评价结果提出加强河南省各地区科研事业单位创新能力的对策建议;孟媛等^[2]基于天津科学研究和技术服务业事业单位 11 年的数据进行因子分析,并针对目前存在的问题提出对策建议;兰良程^[3]利用软件工程方法对科研事业单位创新绩效评价系统总体架构、业务流程、功能模块、系统性能等方面进行设计,但文中未结合具体指标数据进行分析。上述文献均针对科研事业单位进行研究,未涵盖民办非企业科研单位。

近年,山东省大力实施科教强鲁人才兴鲁战略、创新驱动发展战略,推动经济社会发展全面创新。进行山东省科研非企业科技活动单位创新水平的评价研究,有助于把握其发展现状,明确制约

因素,从而为进一步提高山东省总体科技创新能力提供依据。

1 山东省科研非企业科技活动单位发展现状

按照统一统计口径、范围和计算方法,2021 年,山东省共有 227 家山东省科研非企业科技活动单位在有效统计范围,机构数和从业人员年末人数以济南最多,青岛次之,原因与济南是省会城市和副省级城市以及青岛是副省级城市有关。这 227 家机构中,按机构所属隶属关系分布,中央部门属 22 家,省级部门属 74 家,副省级城市属 30 家,地市级部门属 67 家;按从事的国民经济行业分布,227 家机构中研究和试验发展 162 家,专业技术服务业 33 家,科技推广和应用服务业 32 家;按机构服务的国民经济行业分布,机构服务涵盖了农林牧渔业、制造业、建筑业、道路运输、商务服务、科学研究和技术服务、水利生态环境、教育卫生文体、公共管理等行业。

为分析创新水平,选择科技活动人员、R&D 人员折合全时工作量、R&D 经费内部支出、专利、论文、标准、软件著作权等方面的数据进行分析,其中科技活动人员、R&D 人员折合全时工作量、R&D

收稿日期:2023-05-08

作者简介:王伟华(1980—),女,山东青岛人,济南市科学技术情报研究院,副研究员,研究方向为科技统计分析、科技发展战略;陈媛(1983—),女,河北衡水人,济南市科学技术情报研究院,高级经济师,硕士,研究方向为科技统计分析、科技发展战略;王福颖(1992—),女,山东淄博人,济南市科学技术情报研究院,硕士,研究方向为科技统计分析、科技发展战略。

经费内部支出作为科技创新资源,专利、论文、标准、软件著作权等作为科研产出。

1.1 科技创新资源

关于科技创新资源,学者们已有研究和界定。例如,陈宏愚^[4]认为,科技创新资源的要素可以分成 5 种类型,即科技创新的基本要素、科技创新的主体要素、科技创新的体制要素、科技创新的投入要素和科技创新的环境要素,这 5 种类型的要素又可以细分成 17 种不同的科技创新资源要素,在科技创新活动中缺一不可;曹贤忠等^[5]在长三角区域科技创新资源研究中提出,科技创新资源是开展科技创新活动、促进社会发展的物质基础,是带动社会发展的创新经济要素、制度要素和社会要素的总和。综合学者们对科技创新资源的定义和分类可以发现,任何有助于促进科技创新活动开展的因素均可视为是广义的科技创新资源,如区域开放度、产业结构等。而那些与科技创新活动联系紧密,能够直接或是易于投入到科技创新活动中的科技创新资源,是狭义上的科技创新资源。

本文的研究对象为科研非企业科技活动单位,因此选取了政府可以提供或者进行宏观管理的最直接相关的人力资源、财力资源和物力资源等作为科技创新资源样本进行分析。

1.1.1 科技活动人员

数据来自《2022 山东省研究与开发机构统计监测报告》及相关调查数据。2021 年山东省科研非企业科技活动单位共有科技活动人员 21 603 人,其中济南 9 138 人、青岛 6 363 人、烟台 1 640 人、济宁 1 309 人。

1.1.2 R&D 人员折合全时工作量

2021 年,山东省科研非企业科技活动单位 R&D 人员折合全时工作量 16 004 人年,其中济南 5 937 人年、青岛 6 842 人年、烟台 1 073 人年。

1.1.3 R&D 经费内部支出

2021 年,山东省科研非企业科技活动单位 R&D 经费内部支出 850 874 万元,其中济南 313 088 万元、青岛 394 936 万元、烟台 77 052 万元、潍坊 15 289 万元、济宁 21 116 万元。

1.1.4 科学仪器设备

截至 2021 年底,山东省科研非企业科技活动单位共有科学仪器设备 168 090 台/套,其中青岛以 74 069 台/套居于榜首,济南以 58 696 台/套位列第二,第三为烟台,拥有 14 011 台/套(表 1)。

表 1 科技创新资源

地市	科技创新资源			
	科技活动人员/人	R&D 人员折合全时工作量/人年	R&D 经费内部支出/万元	科学仪器设备/(台·套 ⁻¹)
济南	9 138	5 937	313 088	58 696
青岛	6 363	6 842	394 936	74 069
淄博	627	397	8 709	3 818
枣庄	54	0	0	99
东营	97	40	1 151	748
烟台	1 640	1 073	77 052	14 011
潍坊	615	377	15 289	5 259
济宁	1 309	445	21 116	4 185
泰安	377	165	1 447	454
威海	336	125	1 487	2 246
日照	380	132	4 043	2 235
临沂	112	112	328	118
德州	104	66	801	194
聊城	142	130	4 532	298
滨州	129	96	910	575
菏泽	180	51	987	1 085

1.2 科研产出

科研产出是科技创新能力的直接反应,专利、论文、标准、软件著作权是体现科研产出的重要因素,因此本文重点选择专利申请受理数、专利授权数、拥有有效发明专利总数、科技论文、国家标准、软件著作权等指标,分析科研产出状况。

1.2.1 专利及软件著作权产出

2021 年山东省科研非企业科技活动单位专利申请受理数 3 254 件(含发明专利 2 167 件),专利授权数 2 819 件。各地市中,济南专利申请受理数 1 527 件,含发明专利 1 022 件,专利授权数 1 276 件。青岛专利申请受理数 1 064 件(含发明专利 808 件),专利授权数 918 件。这两个地市遥遥领先。截至 2021 年底,山东省科研非企业科技活动单位共拥有有效发明专利总数 8 644 件,其中青岛拥有 4 101 件,位列第一,济南 3 036 件位列第二,烟台 661 件位列第三。2021 年,山东省科研非企业科技活动单位拥有的软件著作权数为 957 项,其中济南 469 项,青岛 375 项(表 2)。

1.2.2 论文及标准产出

2021 年,山东省科研非企业科技活动单位共发表科技论文 7 829 篇,其中青岛 3 402 篇高居榜首,济南市 2 720 篇居于第二,烟台市 913 篇居于第三。国家标准方面,2021 年山东省形成数为 219 项,其中济南 140 项、青岛 45 项、烟台 11 项、威海 10 项。

表2 科研产出

地市	科研产出					
	专利申请受理数	专利授权数	拥有有效发明专利总数	科技论文	形成国家或行业标准数	软件著作权数
济南	1 527	1 276	3 036	2 720	140	469
青岛	1 064	918	4 101	3 402	45	375
淄博	57	71	32	113	4	1
枣庄	5	0	0	8	0	0
东营	10	12	44	14	0	0
烟台	245	223	661	913	11	50
潍坊	41	25	56	66	1	6
济宁	117	141	182	182	1	14
泰安	23	52	157	145	0	3
威海	8	7	18	37	10	0
日照	26	24	40	53	1	0
临沂	44	2	197	39	0	0
德州	33	23	80	34	0	11
聊城	1	1	1	12	0	0
滨州	41	39	28	52	6	22
菏泽	12	5	11	39	0	6

2 评价体系构建

2.1 评价指标设置

综合文献检索结果,对科研非企业科技活动单位的评价指标体系分为两个层次,一级指标 2 个,二级指标共 10 个(表 3)。

2.2 评价方法选择

使用因子分析法进行实证研究,评价山东省各地市科研非企业科技活动单位的创新能力。因子分析数学模型为

$$\begin{cases} X_1 = a_{11}f_1 + a_{12}f_2 + \cdots + a_{1j}f_j + \varepsilon_1 \\ X_2 = a_{21}f_1 + a_{22}f_2 + \cdots + a_{2j}f_j + \varepsilon_2 \\ \vdots \\ X_p = a_{p1}f_1 + a_{p2}f_2 + \cdots + a_{pj}f_j + \varepsilon_p \end{cases} \quad (1)$$

式中: X 为标准化原始变量,设原有 p 个变量 X_1, X_2, \dots, X_p ; f_j 为因子变量($j < p$); a_{pj} 为因子载荷; ε 为随机误差。

表3 评价指标体系

一级指标	二级指标
科技创新资源	科技活动人员
	R&D 人员折合全时工作量
	R&D 经费内部支出
	科学仪器设备
科研产出	专利申请受理数
	专利授权数
	拥有有效发明专利总数
	科技论文
	形成国家或行业标准数
	软件著作权数

3 评价过程

3.1 科技创新资源和科研产出同时输入

3.1.1 样本数据效度检验

因子分析探索定量数据可以浓缩为几个因子,每个因子和题项为对应关系。因子分析的前提是变量之间存在较强的相关性,在因子分析之前,需要对数据进行检验,采用 KMO (Kaiser-Meyer Olkin) 检验和 Bartlett 检验 (Bartlett Test of Sphericity) 两种方法。

KMO 检验用于检查变量间的偏相关性,分析 KMO 值,若值高于 0.8,则说明非常适合进行因子分析;若值为 0.7~0.8,则说明比较适合进行因子分析;若值为 0.6~0.7,则说明可以进行因子分析;若此值小于 0.6,说明不适合进行因子分析。如果 Bartlett 检验对应 P 小于 0.05,也说明适合进行因子分析。

将原始数据进行以上两种检验,结果如表 4 所示。根据检验结果,KMO 统计量为 0.802,大于 0.6,说明非常满足因子分析的前提要求,且数据通过 Bartlett 检验, P 等于 0.000,小于 0.05,因此研究数据适合做因子分析。

3.1.2 提取主因子

运用主成分分析法提取主因子,并以旋转后提取的特征值大于 1 的原则,得出被提取的主因子数量、特征根、方差解释率和累计方差解释率。

在方差解释率小于 50% 时,表示当前数据为不可信状态;在方差解释率为 50%~80% 时,表示当前数据为一般可信状态;在方差解释率不小于 80% 时,表示当前数据为可信状态。方差解释率结果如表 5 所示。

根据因子提取信息量情况进行分析,可知旋转后提取的特征根大于 1 的主因子共有 2 个,这两个因子旋转后的方差解释率分别是 57.019%、42.694%,累计方差解释率为 99.713%,大于 80%,表示两个主因子足够描述 10 项创新水平指标所具有的主要信息。第一个主因子方差解释率最大,对科研非企业科技活动单位创新水平评价的贡献率最高。

表4 KMO 检验和 Bartlett 检验的结果

参量		数值
KMO 值		0.802
Bartlett 检验	近似卡方	562.361
	自由度	45
	P	0.000

表 5 方差解释率

因子编号	特征根			旋转前方差解释率			旋转后方差解释率		
	特征根	方差解释率/%	累积/%	特征根	方差解释率/%	累积/%	特征根	方差解释率/%	累积/%
1	9.553	95.526	95.526	9.553	95.526	95.526	5.702	57.019	57.019
2	0.419	4.188	99.713	0.419	4.188	99.713	4.269	42.694	99.713
3	0.014	0.135	99.849	—	—	—	—	—	—
4	0.006	0.065	99.913	—	—	—	—	—	—
5	0.006	0.055	99.968	—	—	—	—	—	—
6	0.002	0.016	99.984	—	—	—	—	—	—
7	0.001	0.008	99.992	—	—	—	—	—	—
8	0.000	0.004	99.997	—	—	—	—	—	—
9	0.000	0.002	99.999	—	—	—	—	—	—
10	0.000	0.001	100.000	—	—	—	—	—	—

3.1.3 因子载荷系数分析

使用最大方差旋转方法进行旋转,以便找出因子和研究项的对应关系。表 6 展示因子对于研究项的信息提取情况,以及因子和研究项对应关系。由表 6 可知,所有研究项对应的共同度值均高于 0.4,意味着所有研究项和因子之间有着较强的关联性,因子可以有效地提取出信息。

3.1.4 计算因子得分

运用 SPSS 软件可以直接得出主因子 1 和主因子 2 的得分,将各个样本的因子得分与相应因子权重相乘后求和,得出各个地市科研非企业科技活动单位的综合得分,计算结果如表 7 所示。

3.2 科技创新资源和科研产出分别评价

按照上述过程,分别对科技创新资源的 4 项指标和科研产出的 6 项指标进行输入分析。经样本数据效率度检验,KMO 分别为 0.790 和 0.792,均大于 0.6,满足因子分析的前提要求;数据均通过 Bartlett 检验($P < 0.05$),意味着均可用因子分析研究科技创新资源和科研产出指标数据。

表 6 旋转后因子载荷系数

名称	因子载荷系数		共同度
	因子 1	因子 2	
科技活动人员	0.659	0.748	0.994
R&D 人员折合全时工作量	0.837	0.545	0.998
R&D 经费内部支出	0.865	0.502	1.000
科学仪器设备	0.864	0.502	0.998
专利申请受理数	0.663	0.748	0.999
专利授权数	0.674	0.736	0.997
拥有有效发明专利总数	0.881	0.471	0.997
科技论文	0.864	0.500	0.996
形成国家或行业标准数	0.388	0.920	0.997
软件著作权数	0.711	0.700	0.996

表 7 因子得分矩阵

地市	因子 1	因子 2	综合得分	排序
济南	0.349 3	3.720 7	1.792 8	2
青岛	3.641 2	-0.591 1	1.829 1	1
淄博	-0.321 5	-0.146 5	-0.246 6	5
枣庄	-0.367 7	-0.282 6	-0.331 3	16
东营	-0.339 2	-0.290 7	-0.318 4	13
烟台	0.332 2	-0.214 9	0.097 9	3
潍坊	-0.218 9	-0.286 5	-0.247 8	6
济宁	-0.224 2	-0.111 5	-0.176 0	4
泰安	-0.274 7	-0.281 2	-0.277 4	7
威海	-0.490 1	-0.043 9	-0.299 1	10
日照	-0.323 9	-0.249 4	-0.292 0	8
临沂	-0.290 1	-0.315 6	-0.301 0	11
德州	-0.339 7	-0.258 9	-0.305 1	12
聊城	-0.336 1	-0.297 4	-0.319 5	14
滨州	-0.456 9	-0.072 4	-0.292 3	8
菏泽	-0.339 6	-0.278 0	-0.313 3	15

在科技创新资源的分析评价中,旋转后的方差解释率为 98.069%。在科研产出的分析评价中,旋转后的方差解释率为 94.791%。所有研究项对应的共同度值均高于 0.4,意味着因子与研究项之间有较强的关联性。因子载荷系数绝对值大于 0.4,说明指标项与因子均有对应关系。因此,由因子分析得出的各样本(各地市非研发机构)综合得分有较强的参考价值。结果如表 8 所示。

4 结论与建议

4.1 结论

从科技创新资源和科研产出同时评价结果可以看出,山东省科研非企业科技活动单位创新水平以青岛、济南最高。分析原因,一是青岛是副省级城市、计划单列市,济南是省会城市、副省级城市,与省内其他地市相比,这两个地市对科技创新的人、财、物支持力度较大;二是济南、青岛两市的此类机构数量较多,济南市最多,青岛次之,其他地市均较少,机构数量相差较大。

表 8 科技创新资源和科研产出分别评价的样本得分情况

地市	单独评价科技创新资源得分	单独评价科技创新资源排序	单独评价科研产出得分	单独评价科研产出排序
济南	4.824 3	2	6.778 5	1
青岛	5.202 7	1	5.249 0	2
淄博	-0.615 7	6	-0.852 5	6
枣庄	-0.938 9	16	-1.080 4	15
东营	-0.901 8	14	-1.045 1	14
烟台	0.252 8	3	0.241 2	3
潍坊	-0.562 7	5	-0.948 1	9
济宁	-0.414 6	4	-0.633 8	4
泰安	-0.824 5	9	-0.889 7	7
威海	-0.801 1	8	-0.943 7	8
日照	-0.780 7	7	-0.991 5	12
临沂	-0.899 5	13	-0.963 2	11
德州	-0.908 3	15	-0.958 7	10
聊城	-0.867 9	10	-1.081 2	16
滨州	-0.887 3	12	-0.846 0	5
菏泽	-0.876 5	11	-1.034 7	13

从科技创新资源单独评价结果可以看出,青岛科研非企业科技活动单位得分较高,济南第二,烟台第三,说明青岛在科技创新资源方面投入最多。从具体指标来看,科技活动人员中,济南最多,青岛第二,而 R&D 人员折合全时工作量、R&D 经费内部支出、科学仪器设备青岛投入最多。

从科研产出单独评价结果可以看出,济南市科研非企业科技活动单位得分较高,青岛第二,烟台第三,说明济南在科研产出方面整体较高。从指标来看,济南科研非企业科技活动单位的专利申请受理数、专利授权数、形成国家或行业标准数、软件著作权数较高,而青岛相关机构的科技论文数和拥有有效发明专利总数相对较高。

综合三项评价可以看出,科技创新资源对创新总体水平的影响较大。另外,无论是从科技创新资源和科研产出同时评价还是分别评价,可以看出,大部分地市科研非企业科技活动单位存在科技创新资源投入与产出体量偏小的情况,相对而言,烟台的创新水平具有一定优势,其次是济宁,但大部分地市相关单位的总体创新水平并不理想。

4.2 建议

加强引导和宏观调控。如省级或以上政府部门可制定规划,优化科研非企业科技活动单位的地

区配置和创新资源配置。从评价结果可以看出,加大科技创新资源的投入可更有效提升创新总体水平。因此,合理配置科技资源,提高投入产出效率,使各地区充分发挥科技资源优势。山东省各地市政府可根据具体情况制定差异化发展战略和路径,促进各地市科研机构均衡发展,如在制定优化科技发展计划、出台政策措施时鼓励科研机构的创新研发。

发挥科研非企业科技活动单位在科技创新中的作用,加强与政府部门、企业、高校院所的协同创新,聚焦国家战略需求,加强与国家重大战略目标任务的对接,并完善政策措施助力科技成果转化。同时,加强地市间的交流,如在现有基础上发挥黄河流域发展战略的引导作用,发挥省会城市都市圈的协同作用,发挥半岛城市群的“圈层”汇聚作用等,各地市利用不同区域优势加强协作。

加强对地方科研非企业科技活动单位的科研能力的培育,以提高创新效能为目标,引导支持体制创新、引进培养高层次科技人才,提高 R&D 经费在财政经费中的比例,加大财政科技投入对创新投入的增效作用,加强创新型科研人才、财政资金等科技创新资源的配置,更好地服务地方经济社会发展。

科研非企业科技活动单位内部加强创新绩效考核管理。目前大多单位的工作人员待遇与职务职称直接挂钩,而创新能力并没有充分体现。因此,在鼓励创新的同时可结合创新能力绩效管理,增加创新绩效在收入水平的贡献度,提高创新内驱力。

参考文献

- [1] 王新,任伟,尹君. 基于因子分析的河南省科研事业单位创新能力评价研究[J]. 河南科技,2023(2):149-153.
- [2] 孟媛,谭悦,王江平. 天津科学研究和技术服务业事业单位创新水平评价[J]. 天津经济,2022(8):42-45.
- [3] 兰良程. 科研事业单位创新绩效评价系统研究与设计——以福建省为例[J]. 情报探索,2022(8):94-99.
- [4] 陈宏愚. 关于区域科技创新资源及其配置分析的理性思考[J]. 中国科技论坛,2003(5):36-39.
- [5] 曹贤忠,叶雷,易臻真,等. 长三角区域科技创新资源空间差异及创新效应[J]. 科技导报,2021,39(24):22-29.

Analysis of the Innovation Capability of Non-enterprise Scientific and Technological Activity Units in Shandong Province from the Perspective of Input and Output of Science and Technology

WANG Weihua, CHEN Yuan, WANG Fuying

(Jinan Research Institute of Science and Technology Information, Jinan 250000, China)

Abstract: In order to explore the evaluation program of non-enterprise scientific and technological activities, and correctly evaluate the scientific and technological innovation capability of various cities in Shandong, the innovation capability of non-enterprise scientific research activity units in Shandong Province was evaluated, and the evaluation index system was constructed including 10 indexes at two levels of scientific and technological innovation resources and scientific research output. Factor analysis of scientific and technological innovation resources and scientific research output and overall data of scientific research non-enterprise scientific and technological activity units was performed, and the comprehensive score of the innovation level of each city was obtained. According to the score of evaluation, the countermeasures and suggestions are put forward to strengthen the innovation ability of the scientific research and technological activity units in Shandong Province.

Keywords: non-enterprise scientific and technological activity units; innovation capability; factor analysis