科技投入与科技产出的关联分析及趋势预测

董奋义
(河南农业大学 信息与管理科学学院,郑州 450002)

摘 要:本文基于 2002—2007 年的年度数据,采用灰色系统理论方法,对我国科技产出与科技投入及其关联关系进行分析和预测。结果显示:目前我国科技成果登记数的发展主要由科技活动人员投入推动,属于低层次的劳动密集型科技发展模式,预计 2008—2012 年这种状况将得到一定程度的改善;技术市场成交额和发明专利产出数受科技活动经费的影响最大。

关键词:科技活动;科技产出;关联分析;趋势预测
中图分类号:F270 **文献标识码**:A **文章编号**:1002-980X(2009)07-0022-05

科学技术对经济社会发展的影响日益显著,其发展的好坏已经成为衡量某一国家和地区经济社会整体发展水平高低的最主要指标之一。我国作为独立自主的大国,必须大力推进科技进步,才能在国际竞争中立于不败之地。

在新时期"科教兴国"战略和建立"创新型国家"战略的引导下,我国科技活动快速发展,对我国经济社会的发展越来越显现出巨大的推动作用。但同美国等西方发达国家相比,我国科技发展还相当滞后于经济发展的需要。

由于之前我国对科技发展重视不够,尤其是科技统计工作的滞后,制约了我国科技发展研究的深入。根据现有的统计资料,我国科技投入和产出较为完善的数据是从 2002 年开始的。因此,本文基于 2002 年以来的数据资料,对我国科技产出与投入及其关联关系进行分析和预测。考虑到我国科研活动统计数据十分有限,且难以找出典型的分布规律,不能采用数理统计方法进行分析,本文采用灰色系统理论方法进行研究。灰色系统理论是我国学者邓聚龙教授于 1982 年创立的,是研究少数据贫信息不确定性问题的有力工具[1]。灰色系统理论自创立以来,以其强大的生命力在经济管理和工程技术领域得到广泛应用。

1 中国科技产出的关联分析

1.1 数据采集和灰色关联分析简介

依据国家统计局对我国科技活动的统计口径,本文选取了有关我国科技活动的 9 项指标:科技成果登记数、技术市场成交额、发明专利申请受理数、发明专利申请授权数、科技活动人员、R &D 折合全时人员、科技经费筹集额、科技经费内部支出、R &D 经费支出。具体数据来源于《中国统计年鉴》(2003—2008)的官方统计资料(见表 1)。

在上述 9 项指标中,科技成果登记数、技术市场成交额、发明专利申请受理数、发明专利申请授权数 4 项指标属于科技产出指标;科技活动人员、R &D 折合全时人员、科技经费筹集额、科技经费内部支出、R &D 经费支出 5 项属于科技投入指标,其中科技活动人员、R &D 折合全时人员 2 项指标可以看作人员投入指标,科技经费筹集额、科技经费内部支出、R &D 经费支出 3 项指标属于资金投入指标。

灰色关联分析是灰色系统理论的重要分支之一,其基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断其联系是否紧密,曲线越接近,相应序列之间的关联度就越大,反之越小。灰色关联分析方法弥补了数理统计方法存在的缺憾,对样本量多少和样本有无规律无要求。尤其是中国的科研活动,统计数据十分有限,没有什么典型的分布规律,采用数理统计方法往往难以奏效。灰色关联度的计算步骤见文献[2]。

1.2 科技产出灰色关联分析

我们分别选取科技成果登记数、技术市场成交额、发明专利申请受理数、发明专利申请授权数 4 项科技产出指标为参考序列,科技活动人员、R &D 折合全时人员、科技经费筹集额、科技经费内部支出、R &D 经费支出 5 项科技投入指标为比较序列,并取分辨系数 $\zeta = 0.5$。可以得到 2002—2007 年我国科技产出 4 项指标与对应 5 项投入指标的灰色关联

收稿日期:2009-06-01
基金项目:国家自然科学基金项目(70572001);河南省教育厅软科学基金项目(2009B630005)
作者简介:董奋义(1972—),男,河南平舆人,河南农业大学信息与管理科学学院硕士生导师,管理学博士,研究方向:决策分析、金融市场与企业融资。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

度(见表 2)。

把特征行为序列与各相关因素行为序列 X_i (i = 1 ,2 , …,5)的灰色关联度按由大到小顺序排列起来,可以得到灰色关联序。

表 1 中国科技活动情况

年份	科技成果登记数(项)	技术市场成交额(亿元)	发明专利申请受理数(件)	发明专利申请授权数(件)	科技活动人员(万人)	R &D 折合全时人员(万人年)	科技经费筹集额(亿元)	科技经费内部支出(亿元)	R &D 经费支出(亿元)
2002	26697	884	80232	21473	322. 2	103. 5	2938. 0	2671. 5	1287. 6
2003	30486	1085	105318	37154	328. 4	109. 5	3459. 1	3121. 6	1539. 6
2004	31720	1334	130133	49360	348. 1	115. 3	4328. 3	4004. 4	1966. 3
2005	32359	1551	173327	53305	381. 5	136. 5	5250. 8	4836. 2	2450. 0
2006	33644	1818	210490	57786	413. 2	150. 2	6196. 7	5757. 3	3003. 1
2007	34170	2227	245161	67948	454. 4	173. 6	7695. 2	7089. 9	3710. 2

资料来源:《中国统计年鉴》(2003 —2008)。

表 2 中国科技活动产出指标与各投入指标的灰色关联度

科技投入指标	科技活动人员	R &D 折合全时人员	科技经费筹集额	科技经费内部支出	R &D 经费支出
科技成果登记数	0. 951339	0. 910897	0. 709057	0. 656269	0. 67563
技术市场成交额	0. 640709	0. 668326	0. 838534	0. 817515	0. 897761
发明专利申请受理数	0. 683734	0. 710663	0. 822832	0. 831992	0. 881581
发明专利申请授权数	0. 654971	0. 663168	0. 685758	0. 696504	0. 710258

由表 2 的数据可以得到科技成果登记数与 5 项科技投入指标的关联序为 X_1 ① X_2 ② X_3 ③ X_5 ④ X_4。科技成果登记数与科技活动人员 X_1 的关联度最大,其次是 *R &D* 折合全时人员 X_2,之后依次是科技经费筹集额 X_3、R &D 经费支出 X_5,最后是科技经费内部支出 X_4。

科技成果是指利用科学技术知识、信息和经验做出的涉及产品、工艺、材料及其改进等的技术方案,包括应用技术成果、基础理论成果和软科学研究成果 3 种类型。显然,在 5 项科技投入指标中,科技活动人员数 X_1 和 R &D 折合全时人员数 X_2 对科技成果登记数量有巨大影响。这说明我国科技成果登记数量主要是由科技活动人员数量和他们的时间投入总量决定的。相对而言,科研经费投入对科技成果登记数的影响却显得不重要 ——这与目前我国科技成果申报的整体质量不高相关。高质量的科技成果是以长期持续和大量的科研经费投入为支撑的。

技术市场成交额与 5 项科技投入指标的关联序为 X_5 ① X_3 ② X_4 ③ X_2 ④ X_1。技术市场成交额与 R &D 经费支出 X_5 的关联度最大,其次是科技经费筹集额 X_3,之后依次是科技经费内部支出 X_4、R &D 折合全时人员 X_2,最后是科技活动人员 X_1。

技术市场成交额与 R &D 经费支出 X_5、科技经费筹集额 X_3 和科技经费内部支出 X_4 的关联度最大,与科技活动人员 X_1 和 R &D 折合全时人员 X_2 的关联度不大。这反映出两个问题,一是我国科研人员数量多但科技成果产出低;二是现有科技成果整体市场化水平低、科技成果转化不畅。

我国现有科技人员 3500 万人,数量居世界第一位,研究开发人员 136 万,居世界第二位[3],但科技成果的产出却很低。以 2007 年为例,由表 1 可以看出,2007 年我国科技活动人员达 454. 4 万人,科技成果登记数为 34170 项,平均 133 人才有 1 项科技成果。按科技人员人均从事科技活动 40 年计算,平均 3 个以上的科技活动人员耗尽毕生精力才出 1 项科技成果。这显然是很低的产出水平。

与科技成果登记数量不同,技术市场成交额反映了高质量成熟阶段科技成果的市场化活跃程度。我国科技成果转化率与世界发达国家相比存在着很大差距,发达国家科技成果转化率为 50 %,我国科技成果转化率平均仅为 20 %,实现产业化的不足 5 %[4]。技术市场不成熟、不规范,导致一些有实力的企业不敢贸然投入成果转化,缺乏实施科技成果转化的动力和能力[5]。科技成果的转化属于市场行为,必须遵从市场运作规律。在政府投资仍将继续发挥重要作用的条件下,思考如何建立健全促进科技成果转化的市场化机制将会有力地提升我国的科技成果转化率[6]。关于提高科技成果转化的途径,文献[7]认为,科技人员基层挂职是科技创新和科技成果转化的有效途径。科技成果转化受 3 个要素影响,一是科研项目立项的合理性,二是科技成果的市场推广,三是成果转化后的跟踪服务[8]。科技成果转化过程主要涉及成果的产生、成果的转移和成果的受让使用三大环节,而研究开发与市场需求脱节是影响我国科技成果转化的重要因素[9]。

发明专利申请受理数与 5 项科技投入指标的关联序为 X_5 ① X_4 ② X_3 ③ X_2 ④ X_1。发明专利申请

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

受理数与 R &D 经费支出 X_5 的关联度最大,其次是科技经费内部支出 X_4,之后依次是科技经费筹集额 X_3、R &D 折合全时人员 X_2,最后是科技活动人员 X_1。发明专利申请授权数与 5 项高校科技投入指标的关联序和发明专利申请受理数与 5 项高校科技投入指标的关联序完全相同。

发明专利申请受理数和发明专利申请授权数与 R &D 经费支出 X_5、科技经费内部支出 X_4 和科技经费筹集额 X_3 的关联度最大。相反,与 R &D 折合全时人员 X_2、科技活动人员 X_1 的关联度不大。这与目前我国从事科研的人员多但整体学术水平不高的现实相吻合。目前我国科研人员中真正能从事前沿创新研究的大师级人物较少,而他们所在的群体是发明专利获得的主体。发明专利属于高质量的科技成果,高质量的科技成果以科研经费为支撑。发明专利的获得往往由高质量的学术团体成员共同努力完成,而没有长期持续和大量的科研经费投入是形不成高质量的学术团体的。

2 科技产出趋势预测分析

2.1 科技活动的预测

为了反映我国科技活动的动态变化,本文分别对反映我国科技活动的 9 项指标的发展进行预测。鉴于我国高校科技活动系统"小样本、少数据、贫信息"的特点,预测采用 GM(1,1)模型进行。GM(1,1)模型是灰色系统理论的核心内容之一,能较好地对系统行为特征值大小的发展变化进行预测,其应用价值在越来越多的领域得到体现。GM(1,1)模型的建模过程见文献[10]。

建立我国科技活动各项指标的灰色预测模型如下:

①科技成果登记数:$\hat{x}_1^0(2002+t)=1058372e^{0.028536t}-1032034$,平均相对误差 0.5%;

②技术市场成交额:$\hat{x}_2^0(2002+t)=5707e^{0.174986t}-4823$,平均相对误差 1.2%;

③发明专利申请受理数:$\hat{x}_3^0(2002+t)=476858e^{0.206538t}-396626$,平均相对误差 3.4%;

④发明专利申请授权数:$\hat{x}_4^0(2002+t)=288742e^{0.130328t}-267269$,平均相对误差 4.2%;

⑤科技活动人员:$\hat{x}_5^0(2002+t)=3739.2e^{0.083025t}-3417.0$,平均相对误差 0.8%;

⑥R &D 折合全时人员:$\hat{x}_6^0(2002+t)=824.0e^{0.120839}-720.5$,平均相对误差 2.1%;

⑦科技经费筹集额:$\hat{x}_7^0(2002+t)=16336.3e^{0.194208t}-13398.3$,平均相对误差 1.4%;

⑧科技经费内部支出:$\hat{x}_8^0(2002+t)=14821.5e^{0.196109t}-12150.0$,平均相对误差 1.9%;

⑨R &D 经费支出:$\hat{x}_9^0(2002+t)=6403.2e^{0.218015t}-5115.6$,平均相对误差 1.1%。

应用上述预测模型,可以得到 2008—2012 年我国高校科技活动的各项指标的预测值(见表 3)。

表 3 2008—2012 年科技活动指标预测值

年份	科技成果登记数(项)	技术市场成交额(亿元)	发明专利申请受理数(件)	发明专利申请授权数(件)	科技活动人员(万人)	R &D 折合全时人员(万人年)	科技经费筹集额(亿元)	科技经费内部支出(亿元)	R &D 经费支出(亿元)
2008	35347	2618	307258	77118	490.3	193.7	9246.8	7036.3	3730.9
2009	36370	3118	377747	87853	532.7	218.5	11228.9	8560.8	4639.7
2010	37423	3715	464408	100083	578.8	246.6	13635.8	10415.6	5770.0
2011	38507	4425	570950	114014	628.9	278.3	16558.6	12672.2	7175.6
2012	39621	5271	701935	129885	683.4	314.0	20107.9	15417.7	8923.6

表 4 2008—2012 年中国科技活动产出指标与各投入指标的灰色关联度

科技投入指标	科技活动人员	R &D 折合全时人员	科技经费筹集额	科技经费内部支出	R &D 经费支出
科技成果登记数	0.825209	0.739120	0.618202	0.615660	0.596513
技术市场成交额	0.784301	0.847135	0.928968	0.922652	0.809461
发明专利申请受理数	0.746415	0.793760	0.954487	0.960931	0.800394
发明专利申请授权数	0.861015	0.964139	0.803772	0.799319	0.742690

2.2 科技产出的趋势分析

仍然选取科技成果登记数、技术市场成交额、发明专利申请受理数、发明专利申请授权数 4 项科技产出指标分别作为参考序列,其他 5 项科技投入指标作为对应比较序列,并取分辨系数 $\zeta=0.5$。可以分别计算得到 2008—2012 年我国科技产出指标与对应 5 项投入指标的灰色关联度(见表 4)。

由表 4 的数据可以得到科技成果登记数与 5 项科技投入指标的关联序为 X_1 ④ X_2 ③ X_3 ① X_4 ② X_5。科技成果登记数与科技活动人员 X_1 的关联度最大,其次是 R &D 折合全时人员 X_2,之后依次是科技经费筹集额 X_3、科技经费内部支出 X_4,最后是

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

R &D 经费支出 X_5。这一阶段的科技成果登记数与 5 项科技投入指标的灰色关联度排序没有大的变化,只是科技经费内部支出 X_4 与 R &D 经费支出 X_5 调换了位置,但它们依然排在关联序的最后。从发展趋势看,我国科技成果登记数由科技活动人员数量及其时间投入推动为主的格局还将持续。

技术市场成交额与 5 项科技投入指标的关联序为 X_3 ③ X_4 ③ X_2 ③ X_5 ③ X_1。技术市场成交额与科技经费筹集额 X_3 的关联度最大,其次是科技经费内部支出 X_4,之后依次是 R &D 折合全时人员 X_2、R &D 经费支出 X_5,最后是科技活动人员 X_1。在这一阶段的技术市场成交额与 5 项科技投入指标的关联度中,科技经费筹集额 X_3 由原来的第 2 位上升到第 1 位,R &D 经费支出 X_5 由原来的第 1 位下降到第 4 位,而科技活动人员指标 X_1 居最后一位保持不变。从发展趋势看,科技活动经费依然是影响技术市场成交额的最主要因素,但 R &D 经费支出的作用会显著下降,而科技经费筹集和科技经费内部支出的作用将进一步上升。

发明专利申请受理数与 5 项科技投入指标的关联序为 X_4 ③ X_3 ③ X_5 ③ X_2 ③ X_1。发明专利申请受理数与科技经费内部支出 X_4 的关联度最大,其次是科技经费筹集额 X_3,之后依次是 R &D 经费支出 X_5、R &D 折合全时人员 X_2,最后是科技活动人员 X_1。在这一阶段的发明专利申请受理数与 5 项科技投入指标的关联度中,科技经费内部支出 X_4 由原来的第 2 位上升到第 1 位,R &D 经费支出 X_5 由原来的第 1 位下降到第 3 位,而 R &D 折合全时人员 X_2 和科技活动人员数 X_1 处于最后两位的位置保持不变。在这一阶段,科技经费内部支出额在发明专利申请受理数发展中的作用更加突出,R &D 经费支出的作用则大幅下降。

发明专利申请授权数与 5 项科技投入指标的关联序为 X_2 ③ X_1 ③ X_3 ③ X_4 ③ X_5。发明专利申请授权数与 R &D 折合全时人员 X_2 的关联度最大,其次是科技活动人员数 X_1,之后依次是科技经费筹集额 X_3、科技经费内部支出 X_4,最后是 R &D 经费支出 X_5。在这一阶段的发明专利申请授权数与 5 项科技投入指标的关联度中,R &D 折合全时人员 X_2 由原来的第 4 位上升到第 1 位,R &D 经费支出 X_5 由原来的第 1 位下降到第 5 位,而科技活动人员数 X_1 由原来的最后一位上升到第 2 位。发明专利申请授权数已由上一阶段的科技经费投入带动过渡到这一阶段的科技人员活动时间和人数主导。

3 结论

对 2002 —2007 年我国科技成果登记数、技术市场成交额、发明专利申请受理数、发明专利申请授权数 4 项科技产出指标与科技活动人员、R &D 折合全时人员、科技经费筹集额、科技经费内部支出、R &D 经费支出 5 项科技投入指标进行了关联分析和未来 5 年的趋势预测。

结果显示,在科技成果登记方面,目前主要由科技活动人员数量和他们的时间投入总量决定,且未来 5 年内这种状况不会改变。在技术市场成交额方面,目前主要由科研经费投入决定,从发展趋势看,R &D 经费支出的作用会显著下降,而科技经费筹集和科技经费内部支出的作用将进一步上升。在发明专利申请受理数和发明专利申请授权数方面,目前均主要由科研经费投入决定,与人员投入的关联度不大。从发明专利的发展趋势看,在未来 5 年内科研经费投入依然是影响发明专利申请受理数的主要因素,而发明专利申请授权数已由上一阶段的科技经费投入带动过渡到这一阶段的 R &D 折合全时人员和科技活动人员数主导。

在“科教兴国”战略和创建“创新型国家”战略的指引下,我国政府正逐步加大科技投入力度。而企业为了自身发展的需要也正逐步加大科技投入。我们深信,我国科技产出无论在数量上还是在质量上都会迎来一个前所未有的发展时期。

参考文献

[1] 刘思峰,党耀国,方志耕,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,2004:10-15.

[2] 刘斌,张慧,白洪远,等. 农村居民消费结构的灰色关联分析及趋势预测[J]. 农业系统科学与综合研究,2008(3):308-311.

[3] 尚勇. 我国科技人员数量居世界第一[J]. 科技风,2007(Z2):13.

[4] 田东良,郝桂琴. 提高科技成果转化率的措施分析[J]. 农业科技管理,2008(4):78-81.

[5] 吕耀平,吴寿仁. 科技成果转化不成功之原因分析[J]. 华东科技,2007(1):22-25.

[6] 饶莉. 科技成果转化必须坚持资源配置的市场化[J]. 企业经济,2007(2):30-32.

[7] 高林森. 科技人员基层挂职是科技创新和科技成果转化的有效途径[J]. 农业科技管理,2007(4):61-63.

[8] 刘姝威,陈伟忠,王爽,等. 提高我国科技成果转化率的三要素[J]. 中国软科学,2006(4):55-59.

[9] 王红亮,薛蓉娜,贾玉花. 新时期信息产业科技成果转化现状及问题[J]. 科学学与科学技术管理,2007(9):36-40.

[10] 董奋义,田军. 背景值和初始条件同时优化的 GM(1,1)模型[J]. 系统工程与电子技术,2007(3):464-466.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Correlative Analysis on Sci-tech Input and Sci-tech Output and Trend Forecast in China

Dong Fenyi
(School of Information and Management Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Based on the data about inputs and outputs of sci-tech activities in China during 2002-2007, this paper analyzes and forecasts outputs and inputs of sci-tech activities in the future and the correlative relationships between them by the grey system theory. The results shows that: the enhancement of registration number of scientific and technological achievements is mainly promoted by the input of sci-tech staff, which belongs to the low-level output mode, and is improved during 2008-2012 to some extent; the transaction value in technical market and the patent output are determined by sci-tech funds.

Key words: sci-tech activity; sci-tech output; correlative analysis; trend forecast

(上接第 10 页)

[15] SCHMITZ P W. On monopolistic licensing strategies under asymmetric information [J]. Journal of Economic Theory, 2002, 106: 177-189.
[16] SEN D. On the coexistence of different licensing schemes [J]. International Review of Economics and Finance, 2005, 14: 393-413.
[17] TAYLOR C, SILBEISTONE Z. The Economic Impact of Patent system [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1973.
[18] YAN Q Y, LI J B, ZHANG J L. Licensing schemes in Stackelberg model under asymmetric information of product costs [J]. Journal of Industrial and Management Optimization, 2007, 3(4): 763-774.

Licensing Scheme of Innovative Technology-holding Firm under Asymmetric Information on Innovation Value

Yan Qingyou, Zhu Lili
(School of Business Administration, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: In this paper, a licensing game between an innovation-holding firm and a potential licensee is analyzed under an asymmetric information framework on innovation value. The pooling equilibriums and separating equilibriums of the licensing game are found by backward induction. The result shows that: for high quality innovation with great probability, licensing by means of high magnitude royalty is the most profitable from the view of the innovation-holding firm; for low quality innovation with great probability, licensing by means of low magnitude royalty is superior. Fixed fee licensing schemes under asymmetric information are also considered. However, there is no separating equilibrium where technology license occurs.

Key words: innovation technology; license strategy; asymmetric information; game model

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net