

R&D投入要素를 利用한 特許豫測模型에 관한 研究

A Study on the Forecasting Model for Patent Using R&D Inputs

李 在 河*

Lee, Jae-Ha

朴 東 珍*

Park, Dong-Jin

Abstract

Patents often serve as leading indicators of technological change. This patenting activity reflected R&D (Reserach & Development) of new technology. The purpose of this study is to set up a forecasting model that anticipate the number of domestic patent applications and the number of patents granted relating to R&D inputs (R&D expenditure, R&D manpower) at the level of three industrial sectors in Korea : elctrical-electronic, machinery, chemical etc.

In this study, forecasting models were used trend extrapolation and a set of regressions. Both Theil's inequality coefficient and MAE(Mean Absolute Error) were utilized to test the precision of predicted value. The patent data and the R&D data were based on Indicators of Industrial Technology data throught 1980 to 1996. The major results obtained in this study are as follows :

(1) The regression model is more usefull for forecasting the trends of the number of patent applications and patents granted than the trend extrapolation method.

(2) The variance of Theil's inequality is smaller in patent applications than in patent granted.

1. 序 論

지난 30여년 동안 우리경제의 工業化過程에서 主 原動力으로 작용해 온 製造業이 최근에 이르러 그 活力을 상실하면서 성장세의 둔화현상이 두드러지고 있다. 이러한 불안한 추세는 우리나라 제조업의 國際競爭力이 크게 약화된 데 기인하고 있으며, 결국 우리나라 산업이 총체적으로 위기에 빠지는 상황에 까지 이어지고 있다.

이 위기상황을 극복하기 위해서는 무엇보다도 국제경쟁력의 강화가 절실히 요구되는 바, 이는 신기술 및 신제품개발 그리고 생산성 및 품질향상 등 技術革新能力의 강화를 통한 技術競爭力의 제고여부에 달려있다. 더구나 기술경쟁력을 높이기 위한 노력은 비단 우리나라 뿐만 아니라 세계경쟁 각국에서 치열하게 전개되고 있는 양상으로 변하여, 이제는 競爭技術의 先占化를 위한 특허권의 강화로 집중되고 있다. 이렇듯 특허권이 더욱 강화되고 있는 현실에서 우리나라 산업의 실정을 파악하기 위한 특허활동의 동향 및 예측연구가 시급하다고 본다.

* 남서울대학교 경영학과

이에 본 연구에서는 기술경쟁력의 대표적 성과물인 특허에 초점을 맞추어 우리나라 주요산업에서 특허정보가 향후 어느 정도 창출될 것인가에 대하여 특허창출에 가장 직접적인 研究開發(R&D : Research & Development)투입지표인 R&D비용과 R&D인력을 통하여 예측모형을 도출해 보고자 한다.

여기서 과거 R&D투입지표와 특허건수와의 관계를 다룬 주요 연구들을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 Soete[1]는 OECD 18개국을 대상으로 1975년과 1977년의 WIPO(세계지적소유기관)의 통계를 이용하여 국가별 특허출원 및 등록건수를 예측하고 있다. 분석결과, 특허출원보다는 특허등록의 경우가 더 有意한 것으로 밝혀졌다. Schiffel & Kitti[2]의 경우는 1961년부터 1974년까지의 선진 8개국을 대상으로 R&D투자액과 특허법규의 변화를 중심으로 특허출원건수를 예측한 바 있다. 아울러, 日本發明協會[3]에서는 제조산업을 대상으로 특허건수와 상관관계가 높은 지표(3개)를 선정하여 각 산업별 특허출원건수를 예측하고 있다. 또한, 간접적인 연구로서 近藤正行[4]은 1975년에서 1984년까지 일본의 로봇산업과 遺傳工學産業을 대상으로 출판물과 특허건수를 통하여 당시의 R&D활동상태에 대한 정량분석을 행하였다.

이러한 선행연구들을 토대로 본 연구에서도 우리나라 주요 산업을 대상으로 Macro한 차원에서 R&D투입지표를 통하여 특허건수를 예측하는 정량적 모형을 도출해 보고자하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 分析對象 및 範圍

투입측면의 기술경쟁력 지표로서 흔히 사용되는 지표는 R&D인력과 R&D투자비용이다[5]. 일반적으로 R&D투자나 R&D인력이 많으면 그 만큼 기술혁신이 활발할 것이고, 결과적으로 技術競爭力이 강화되는 결과를 가져와 그 성과인 특허창출에도 강한 연관을 갖게 될 것이 자명하다. 본 연구에서 기술경쟁력의 투입지표로서 이들 R&D지표를 선정한 이유도 여기에 있다.

그러나, 絶對值로서는 큰 의미를 갖지 못하여 R&D투자비용에 대해서는 분석대상기간(1980년부터 1996년까지) 전체를 Laspeyres방법¹⁾을 이용하여 1980년도를 기준으로 디플레이터시킨 금액으로 변환시켜 활용하였다. R&D인력에 대해서도 인건비의 상승분을 적용시켜 디플레이터시켜보고자 하였으나, 관련자료의 미비로 적용하지는 못하였다.

한편, 본 연구에서 예측의 초점을 맞추고 있는 특허는 R&D투자비용이나 R&D인력의 통계와는 달리 산출측면에서 파악되는 통계중의 하나로서, 이 통계는 기술활동의 정도와 기술혁신능력을 간접적으로 나타내는 지표로 널리 활용되고 있다[6]. 본 연구에서는 이 특허건수를 예측함에 있어 주요 산업별로 출원건수와 등록건수로 각각 구분하여 분석하고 있다.

아울러, 본 연구를 행함에 있어 분석대상은 R&D활동이 가장 활발하다고 여겨지는 전자(전기산업포함)산업과 기계산업 그리고 화학산업으로 하였으며, 제조업 전체에 대해서도 분석을 병행하여 실시하였다. 이상의 분석에 요구되는 데이터는 「과학기술연감」과 「과학기술연구활동보고」, 그리고 「광공업통계조사보고서」, 「특허년감」 등을 참조하여 인출하였다. 또한, 특허건수를 예측함에 있어 사전적으로 해결하여야 할 문제는 시간차(time-lag)의 문제로써, 이는 李在河[7]의 선행연구 결과를 그대로 활용하는 것으로 하였다.

3. 分析模型의 設計

본 연구에서는 특허건수의 예측을 행함에 있어 크게 2가지의 접근방식을 취하고 있다. 하나

1) 개별물가지수(도매물가지수)를 개별지출항목에 적용하는 방식으로서, 우리나라 과학기술연감의 경상 R&D자료의 경우 인건비와 기타 경비 그리고 기계장치와 토지, 건물 등으로 구성되어 있어 이들 비용별 디플레이터지수를 구하여 개별지출항목에 적용시키게 된다.

는 R&D비용(R&D_E)과 R&D인력(R&D_M)의 투입에 따른 특허건수와와의 관계를 설명하는 데 적합한 함수식을 추출하고, 그 함수식을 통하여 특허건수를 예측하는 因果型 접근방식이다. 다른 하나는 시간적 추이를 설명변수로 하여 특허건수를 예측하는 傾向外插型 접근방식이다. 즉, 前者는 특허를 창출함에 있어서 그 근원적인 바탕이 되는 R&D투입변수를 통하여 향후의 특허를 예측해 보자는 접근방식이고, 後者는 예측대상의 과거 경향을 연장시켜 장래의 출원건수를 예측하는 것으로서 발전추이에 근거하고 있는 접근방식이다.

한편, 因果型 豫測을 위한 기본데이터의 처리에 있어, R&D비용의 경우²⁾는 百萬單位를 기준으로 豫測式에 적용하는 것으로 하였고, R&D인력의 경우³⁾는 名數를 그대로 적용하는 것으로 하였다. 또한, 趨勢分析을 통하여 특허건수를 예측함에 있어서는 크게 1次線型(linear type), 指數型(exponential type), 2次函數型(quadratic type), S曲線型(s-curve type)등의 범주내에서 가장 적합한 趨勢函數式을 도출하는 것으로 하였다.

그런데 이들 2가지 접근방식에 따라 각각의 예측모형이 산출되게 되어, 그 중 어느 모형의 경우가 더 정확도가 높은가를 검정할 필요가 발생한다. 예측의 사후평가는 豫測値와 實際値간의 差異인 豫測誤差의 크기에 따라 예측의 질을 평가하는 것으로 여러 가지 평가척도가 사용된다.⁴⁾ 여기에는 平均絶對誤差, 平均제곱誤差, Theil의 不一致係數, 야누스係數 등이 있는데, 본 연구에서는 예측의 正確度를 誤差의 變化率과 絶對値로서 판정하기 위하여 일반적으로 사용되고 있는 Theil의 不一致係數와 平均絶對誤差(Mean Absolute Deviation : MAD)을 활용하였다. 먼저, Theil의 不一致係數는 다음과 같이 정의된다.

$$V^2 = \frac{\sum (P_t - A_t)^2 / N}{\sum A_t^2 / N}, \quad 0 \leq V \leq \infty$$

여기서, P_t : 종속변수의 예측된 변화치, A_t : 종속변수의 실제변화치,
N : 분석기간 등을 의미한다.

다른 척도와는 달리 Theil의 不一致係數는 예측치와의 절대수준의 차이를 측정하지 않고 이들의 변화율의 차이를 측정하는데, 일반적으로 V계수는 0과 ∞사이의 값을 갖게 된다. 이 경우, 0에 가까울수록 정확도가 높다고 볼 수 있다. 만약 P_i = A_i이면 V=0 이므로 그 모형으로 완전한 예측을 할 수 있음을 의미한다.

따라서 P_i=0이면 V=1이 되므로 0-변화의 예측밖에 할 수 없게 되며, 그리고 V > 1이면 모형의 예측력은 0-變化예측보다 더 떨어지게 된다. 不一致係數의 분자는 평균자승 예측오차에 Root를 씌운 값이며 이 측정법에서 중요한 항목이며, 분모는 단순히 측정단위로부터 V의 독립성을 얻기 위한 것이다.

한편, 平均絶對誤差(MAD)으로서도 예측치의 정확도를 검정하고 있는데, 예측치와 실제치와의 차이에 대한 절대값의 평균을 平均絶對誤差라 하며, 다음과 같이 표현된다.

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^N |P_t - A_t|}{N}$$

여기서, P_t, A_t, N은 Theil의 불일치계수에서 정의된 바와 동일하다.

2) R&D費用의 경우는 費目別로 볼 때, 經常費(Current Exp.)와 資本的 支出(Capital Exp.)로 구성되어 있다. 특히, 經常費는 人件費와 기타 經常費로 세분되어 있다. 본 연구에서는 R&D인력과의 중복성(=統計分析時 多重共線性)을 피하기 위해 전체 R&D費用에서 經常費의 人件費費目を 額數를 활용하였다.

3) R&D인력의 구성은 研究員과 研究補助員 및 技術·技能關係者, 그리고 기타 관계자로 구성되어 있다. 본 연구에서는 特許라고 하는 성과물의 성격을 고려하여 研究員만을 분석에 활용하고 있다.

4) 오광우, 이우리, 豫測方法과 應用, 自由아카데미, pp.14-19, 1993.

4. 分析結果 및 結論

앞에서 제시된 예측모형의 설계절차에 따라 먼저 각 산업별 특허건수에 대하여 R&D투입 변수와의 관계모형을 線形回歸式에 따라 도출하였고, 이에 근거하여 예측치를 산출하였다. 또한, 傾向外插方式에 따라 특허건수와 시간 t와의 趨勢函數式을 도출하여 예측치를 산출하였다. 이어 위의 두 접근방식에 따라 도출된 예측치를 실적치와 비교하여 그 정확도를 Theil의 불균등계수와 절대오차평균을 이용하여 검정하였다. 각 산업별 결과는 表 1에서부터 表 4까지 나타난 바와 같다. 표에서 I, II는 각각 경향의삼형 함수와 인과함수를 의미하고 있다.

表1. 예측식의 정확도 검증(제조업 전체)

분류	예	측	식	Theil(V)	M A D
특허출원	I	Exp (8.4123 + 0.6785 × t)		0.168	528.434
	II	1390.033 + 0.0043 RD _E + 0.0847 RD _M		0.079	346.571
특허인용	I	Exp (5.788 + 0.2604 × t)		0.453	414.845
	II	617.140 + 0.0362 RD _E + 0.1076 RD _M		0.395	385.285

表2. 예측식의 정확도 검증(전자산업)

분류	예	측	식	Theil(V)	M A D
특허출원	I	567.231-106.153×t+20.356×t ²		0.216	226.347
	II	63.286 + 0.0043 RD _E + 0.115RD _M		0.176	196.149
특허인용	I	34.675+3.476×t + 0.1356×t ²		0.358	44.352
	II	31.038 + 0.0016RD _E + 0.0073 RD _M		0.268	25.156

表3. 예측식의 정확도 검증(기계산업)

분류	예	측	식	Theil(V)	M A D
특허출원	I	- 94.5 + 193.249 × t		0.175	105.243
	II	286.313 + 0.0003 RD _E + 0.0817 RD _M		0.130	83.176
특허인용	I	45.432 + 0.668 × t + 0.973 × t ²		0.454	37.845
	II	64.108+ 0.0001 RD _E + 0.0026 RD _M		0.296	25.851

表4. 예측식의 정확도 검증(화학산업)

분류	예	측	식	Theil(V)	M A D
특허출원	I	451.421- 82.125 × t + 3.675 × t ²		0.181	105.443
	II	190.033 + 0.0135 RD _E + 0.0244 RD _M		0.270	88.271
특허인용	I	71.1363-30.38×t + 0.876×t ²		0.554	56.135
	II	17.1400 + 0.0003 RD _E + 0.0342 RD _M		0.359	45.219

분석결과 중 가장 확연한 특징은 특허예측에 있어서 대체로 外插型 예측모형보다는 因果型 예측모형에 의한 경우가 절대평균오차가 적고, Theil계수의 수치 또한 낮아 正確度 면에서 앞서고 있다는 것이다. 이러한 결과는 성과변수인 특허의 경우 시간적 추세에 따른 일정증가형태를 갖는다고 보다는 R&D투입의 정도와 더욱 밀접한 관계를 갖고 산출되고 있음을 말해주고 있다.

또한, Theil의 不一致係數를 살펴 보면, 特許登錄보다는 出願쪽이 오차가 적은 것으로 밝혀졌다. 이러한 결과는 곧, 특허출원의 경우는 R&D투입에 어느 정도 비례하는 것으로 판단해 볼 수 있으나, 출원된 것이 쉽사리 등록으로까지에는 연결하지 못하고 있는 우리산업의 질적 수준의 미약함을 간접적으로 나타내는 현상으로 보여진다.

한편, R&D투입요소의 각년도별 증감을 살펴보면 R&D비용보다는 R&D인력에 대한 분산이 훨씬 큰 경향을 띠고 있는데, 이 결과를 통해서 그간 우리나라 산업의 투자형태가 R&D인력의 확보보다는 비용위주의 R&D투자였음을 간접적으로 파악할 수 있다. 따라서 상기의 결과들을 종합해 볼 때, 특허예측에 있어서는 R&D관련투입변수를 통하여 예측하는 것이 바람직하겠으나, 특히 특허등록의 경우의 예측에 있어서는 신중을 기할 필요가 있겠다.

끝으로 R&D투입변수가 특허예측에 유용한 변수임은 틀림없겠으나, 보다 정확한 특허예측을 위해서는 특허와 관련투입변수와의 다각적인 관계규명을 통하여 향후 더 정교한 예측모형이 개발되기를 기대한다.

參考文獻

- [1] L. Soete, " The impact of technological innovation on international trade pattern: The evidence reconsidered," *Research Policy*, vol.16, pp.106-130, 1987.
- [2] Schiffler & kitti, " Rates of invention : international patent comparison," *Research Policy*, vol.7, pp.324-340, 1978.
- [3] 日本發明協會, 特許情報による技術-産業關照查, 發明協會, p.351-352, 1983.
- [4] 近藤正行, "Quantitative analysis of the dynamic of japan R&D in robotics and genetic engineering using publication and patent data," *研究技術計劃*, vol.3, no.2, pp.172-181, 1988.
- [5] K. Pavitt, " Patent statistics as indicator of innovative activities: possibilities and problems," *Scientometrics*, vol.7, pp.77-99, 1985.
- [6] A.(ed) Griliches, "Patents, R&D and Productivity," University of chicago press, 1984.
- [7] 李在河, "R&D투입과 성과간의 시간지연분석," 技術經營經濟學會 夏季學術發表論文集, pp.166-167, 1997.
- [8] I, Dror, " Technology innovation indicators," *R&D Management*, vol.19, no.3, pp.243-249, 1989.
- [9] 오광우, 이우리, 예측방법과 응용, 자유아카데미, 1993.