

허들이항모형을 이용한 기업의 혁신선택과 특허성과의 결정요인에 관한 연구[†]

The Selection and Decision in R&D and Patents:
A Hurdle Negative Binomial Approach

박재민(Jaemin Park)

목 차

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| I. 서론 | V. 추정 결과: 특허출원과 기업의
선택 |
| II. 이론적 배경 | VI. 결론 및 제언 |
| III. 분석자료 및 기초통계 | |
| IV. 실증모형의 개발: 음이항모형과
허들모형 | |

국문요약

그동안 기업의 R&D 투자와 기술혁신 성과의 관계에 관해 여러 연구가 있었다. 하지만 지식생산과정에 수반되는 기업의 의사결정 과정은 효과적으로 분석에 반영되지 못하였다. 특히 기업의 특허성과를 분석함에 있어 포와송모형의 한계에 대응해 최근 연구는 음이항모형을 적용해 극복하고자 했지만 기업의 선택과정을 분석하는데는 한계가 있다.

본 논문은 특허권 정보에 내재된 기업체의 의사결정 과정을 보다 효과적으로 반영하는 실증모형을 제시하고, 사업체조사 결과를 적용해 분석하였다. 특히 기업의 대표적 R&D 성과인 특허에 주목하여 특허 출원건수의 결정과정을 살펴보았다. 분석 결과, 과산포의 존재를 확인할 수 있었고, 허들모형과 일반적인 음이항모형의 결과에 유의한 차이가 있음을 제시하였다. 더불어 Wald-검정을 통해 허들의 설정이 타당하였고, 기업의 특허성과 분석에 있어서 기업의 선택과정을 고려할 필요가 있음을 보였다.

핵심어 : 지식생산함수, 특허출원, 의사결정과정, 허들이항모형

※ 논문접수일: 2014.7.31, 1차수정일: 2014.9.20, 게재확정일: 2014.9.22

* 건국대학교 기술경영학과 교수, jpark@konkuk.ac.kr, 02-450-3589

† 이 논문은 2013년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임.

ABSTRACT

There have been various researches on the relationship between a company's R&D investment and the outcome from innovation. However, these studies failed to effectively analyze the decision-making process followed by companies in relation to knowledge production. Especially, in analyzing the patent of companies, the Poisson model has been commonly used, but its limitations have been pointed out. In recent years, many studies have adopted negative binomial models, but they still pose limitations in analyzing the selection process. This paper proposed a hurdle negative binomial model to effectively reflect the company's decision embedded within patent information and conduct an empirical analysis on a survey of businesses' activities. In particular, the study analyzed the selection process of companies in determining the number of patents. As a result of estimation, the presence of over-dispersion was identified. In addition, the Wald-test confirmed that setting up of hurdles was valid, and there was a difference between the results of hurdle models and those of general negative binomial settings.

Key Words : Knowledge Production Function, Patent Application, Decision-making Process, Hurdle Negative Binomial Model

I. 서 론

최근 신기술산업이 경제성장의 원동력이 되면서 기업의 연구개발 활동과 그 성과로써 특허 같은 지식재산권이 중요하게 다루어지고 있다. 여러 선행연구를 통해서도 기술혁신이 기업 경쟁력을 높이는 가장 중요한 수단이라고 지적되고 있다(김진영·윤유진, 2009; 유태욱·양동우, 2009; 임부루·박규호·이근, 2011). 기술혁신역량이 부족할 경우 고객의 욕구를 충족시킬 수 있는 제품의 개발이 이루어질 수 없으며, 공정혁신을 통한 원가 절감도 어렵다는 것이 이들 선행 연구의 공통된 지적이다(Gurmu, Black & Stephan, 2010; Kondo, 1999; Hausman, Hall & Griliches, 1984).

이 같은 이유로 그동안 기업의 R&D 투자와 기술혁신 성과의 관계에 관하여 여러 연구가 이루어졌다. 최근 연구를 통해서도 지식생산함수(knowledge production function)의 추정을 위한 계량분석법의 개선도 많이 이루어졌다. 그럼에도 불구하고, R&D 투자와 지식생산에 수반되는 기업의 의사결정과정은 여전히 효과적으로 분석에 반영되지 못하다고 지적된다(Modi & Mabert, 2010; 김진영·윤유진, 2009). 예를 들어 기업의 기술혁신활동에 관한 조사를 살펴보면, 상당수의 기업체에서 특정기간 동안 지출된 R&D 비용과 특허 출원건수가 영(零)인 경우가 관측된다. 잘 알려진 바와 같이 상당수의 관측치가 영값을 가질 경우 최소자승법(OLS)을 적용하면 편의와 일치성에 문제가 발생한다(Cameron & Trivedi, 1998; Hilbe, 2011). 이에 따라 최근의 연구는 R&D 지출에 관해 주로 Tobit모형을 적용하여 분석하여 왔다(Amemiya, 1984). 그러나 만일 일부 기업체가 R&D 투자를 필요로 하지 않거나 선택하지 않는다면, Tobit모형의 적용은 이 같은 '기업체의 선택'을 반영하는데 한계가 있다(Hilbe, 2011; Martinesz-Espimeira, 2006).

또한 특허건수를 종속변수로 하는 분석에서 흔히 제기되는 가산변수(count variable)에 의한 문제에 대응해 최소자승법 대신 포와송모형(Poisson model)이 적용되어 왔는데(Hausman, Hall, & Griliches, 1984; Cameron & Trivedi, 1986, 1998), 과산포(overdispersion) 문제를 고려할 때 포와송모형은 분석에 한계가 있다. 다시 말해, 과산포된 가산자료에 포와송모형을 적용할 경우 추정된 계수의 표준오차가 작아지므로 실제로는 유의하지 않은 변수를 기각하지 못하는 오류를 범하게 되는 만큼 심각한 통계적 문제가 있다(Long & Freese, 2006; Greene, 2008; Hilbe, 2011).

이처럼 선행연구들이 특허성과에 관한 분석방법을 개선해 왔지만 여전히 한계가 있으며, 무엇보다 기업체의 의사결정을 적절히 실증모형에 반영하지 못하고 있다는 지적은 기술혁신에 관한 기업체의 행동을 다룸에 있어 보다 면밀히 검토되어야 하는 주제라고 하겠다. 이 같은

문제인식에 따라 본 논문은 기업의 지식생산에 수반된 선택과정을 반영하는 실증모형으로서 허들음이항모형(hurdle negative binomial model)을 제시하고, 사업체 조사 자료를 바탕으로 실증연구를 수행하고자 하였다. 더불어 본 연구에서 채택한 허들음이항모형(hurdle negative binomial model)의 결과와 일반적인 모형의 결과를 비교함으로써 기업선택을 반영되었을 때 어떤 함의를 도출할 수 있었는지 그 차이점을 확인해 보도록 하였다.

II. 이론적 배경

연구개발활동의 성과를 측정하는 변수들은 대단히 다양하다. 이중 특허정보는 성과지표로서 몇 가지 이점을 지니고 있다. 우선 특허는 지식재산권으로서 최소한의 기술적·경제적 가치를 인정할 수 있다(Griliches, 1990). 둘째, 특허는 논문과 같이 창조적인 성과물이면서 동시에 상업적인 함의를 제공한다(박규호, 2005). 셋째, 특허의 경우 객관적인 통계의 확보가 가능하다는 현실적인 장점도 있다.

이 같은 이유로 많은 선행연구는 특허를 기술혁신의 대표적인 성과지표로 사용하고 있다. 박상문(2005), 성태경(2006), 김영조(2005가, 2005나), 박상문·이병현(2006), 강경남·이윤식(2006) 등은 모두 특허등록건수를 종속변수로 하여 기술혁신 성과를 접근하였다. 단지 이들 연구들은 공통적으로 Scherer(1965)의 틀에 따라 최소자승법(OLS)을 채택하고 있고, 특허수와 같은 가산변수에 수반될 수 있는 문제점은 간과되었다. 예를 들어 김영조(2005가, 2005나)의 경우 특허성과를 기술혁신성과의 일부로 보고 최소자승법을 적용하였다. 최근 들어서도 유태욱·양동우(2009)는 기술혁신형 중소기업의 기술혁신 활동(R&D집약도 등), 기술적 성과(특허출원건수 등) 그리고 경제적 성과(매출액, 영업이익 등)의 관계에 관한 연구를 통해 특허수에 대한 기업 규모, 외부 네트워크, 기술인력 비중, R&D 집약도의 영향을 확인하였지만 분석방법 으로서는 최소자승법을 적용하였다. 또한 국가연구개발사업을 대상으로 특허기술동향조사를 받은 사업과 그렇지 않은 사업의 성과를 비교 분석한 임부루·박규호·이근(2011)의 경우도 종속변수로는 국내와 해외로 구분하여 특허출원과 등록을 모두 고려하였지만 분석모형은 최소자승법을 채택하였다.

이에 반해서 최근 연구로 올수록 선행연구가 가진 분석 상의 문제를 지적하고, 보다 적절한 분석모형을 적용하고자 하는 노력이 있었다. 예를 들어, 정진화·노재선·조현정(2008)의 경우 특허등록건수를 SCI 논문수, 기술이전건수 등 다른 가산성과변수들과 함께 포아송 회귀모형을 적용하였으나, 여전히 가산변수에 수반되는 과산포(over-dispersion) 문제는 고려되지 못하였

다. 반면 김진영·윤유진(2009)과 박재민·김효영(2011)은 음이항모형(negative binomial model)을 적용하여 특허성과에 접근함으로써 정진화·노재선·조현정(2008)에 남겨진 분석 상의 문제를 개선하는데 기여했다.

하지만 비록 이들 연구가 특허라는 가산성과변수에 수반되는 방법론 상의 문제점을 개선하는데 기여했지만 분석의 한계가 모두 개선된 것은 아니었다. 특히 연구개발 활동의 결과물로서 특허출원 과정에 수반되는 기업의 선택과정은 고려되지 못하였다. 다시 말하면, 기업이 특허를 출원하고, 유지하는 과정에 많은 경비와 시간 비용이 수반되고, 또한 특허는 출원을 통해 발명의 결과를 보호받을 수 있지만 동시에 기술정보가 공개될 위험도 있다. 따라서 특허는 출원의 이익이 위험과 비용을 상쇄할 수 있다는 출원자의 평가와 선택과정을 거쳐 이루어진다고 하겠다. 따라서, 연구개발의 성과를 특허로 출원할 것인지를 판단하고 평가하는 단계, 즉 허들(hurdle)을 거친 '선택의 결과'로 해석하는 것이 바람직할 것이다. 본 연구는 기업의 특허출원에 수반되는 이 같은 선택과정에 착안하여 허들모형을 통해 기술혁신 성과에 관한 기업의 행동에 한걸음 더 다가서고자 한다.

III. 분석자료 및 기초통계

1. 통계자료

기업의 혁신활동을 설명하기 위해 고려되어야 할 변수들은 대단히 다양하다. 그런 만큼 이론의 논의를 그대로 실증분석에 적용하려고 할 경우 통계적 제약에 자주 직면하게 된다. 대체로 기업체의 기술혁신 활동에 관한 연구들이 경험한 가장 큰 분석 상의 제약은 충분한 관측치를 확보하기 어렵다는 것과 기업의 혁신역량과 경영 여건에 관한 상세한 정보를 구하기 어렵다는 점에 있어 왔다. 이 같은 문제점을 극복하기 위해 본 연구에서는 과학기술정책연구원이 제조업체를 대상으로 시행한 「2008년 기술혁신활동조사」 결과를 활용하였다.

동 조사의 경우 그 모집단은 2005년 이전에 설립된 전국의 상시종사자 10인 이상의 제조업체이며, 통계청의 「2006년도 사업체 기초통계조사」에 기반을 둔 기업명부¹⁾와 사업체명부의 개인사업체를 사용하여 총 47,267개 업체가 표본추출틀로 사용되었고, 업종 및 상시종업원수를 기준으로 다단계층화계통추출법을 사용하여 결과적으로 3,081개의 유효표본이 조사되었다(과학기술정책연구원, 2008). 특히 대기업, 중기업, 소기업군으로 구분해 보더라도 대기업의

1) 통계청의 기업명부는 법인사업체만을 대상으로 한다.

경우 263개, 중기업과 소기업은 각각 963, 1,855개의 관측치를 제공하고 있어 기업 규모의 통제도 충분히 가능하다고 하다는 점에서 채택하였다.²⁾

2. 변수의 선정 및 기초통계량

전술한 바와 같이 본 논문은 기술혁신의 성과로서 특허건수에 대한 기업의 선택과 주요 결정요인을 분석하는 것이다. 이 분석에 있어 가장 중요한 논의는 기술혁신 활동이 어떤 활동과 과정을 거쳐 특허성으로 나타나는가 하는 것이라고 하겠다.

선행연구를 통해 볼 때 가장 대표적인 설명변수는 연구개발투자이다. 연구개발투자는 특허 성과 뿐 아니라 대부분 혁신성과지표에 직접적인 영향이 있는 것으로 밝혀져 있는데(Bound et al., 1984; Kondo, 1999), 본 논문에서는 내부R&D활동, 즉 기업 내부에서 수행된 연구개발 활동에 대한 투자와 외부R&D활동, 즉 타 기업 및 타 기관에 의뢰하여 수행된 연구개발 활동에 대한 비용을 모두 포함하도록 하였다.³⁾ 더불어 제품혁신에 관련된 활동을 외부지식 및 기술도입, 외부기계 장비 및 자본재 구입, 그리고 마케팅 활동 등으로 세분화하여 회귀분석에 반영하였다. 그 다음으로 선행연구에서 밝히고 있는 주요 영향변수는 기업 규모와 재무적 환경이다(성태경, 2003, 2004; Cohen, 1995; Ziedonis, 2004). 기업 규모에 대해서 선행연구는 로그 종업원수나 로그 매출액이 가장 흔하게 사용되었는데, 본 논문에서는 기업의 혁신역량에 관한 다른 설명변수들과의 다중공선성(multicollinearity)을 고려하여 후자를 선택하였다. 그리고 재무적 환경과 관련해서는 영업이익율을 설명변수로 채택하였다.

이처럼 앞선 변수들이 기업의 경영 요소에 초점을 둔 것이라면, 기업의 혁신역량은 R&D의 생산성을 결정하는 가장 중요한 변수라고 하겠다. 본 논문은 선행연구의 논의를 반영해 연구인력의 비중을 분석에 반영하였다. 즉, 다수의 연구인력을 보유한 것은 현재 시점의 혁신활동을 대면함과 아울러 그간 연구개발 활동이 수행되어 왔으며, 그렇기에 보다 높은 기술역량과 학습능력을 보유하고 있다고 하겠다. 그 외에도 본 논문에서는 산업적 특성과 제품의 특성에 따른 차별화된 기술혁신 패턴을 반영하기 위해 산업더미변수⁴⁾와 생산과정에 따른 주요 제품의 비중

2) 본문에 언급된 바와 같이 「2008년 기술혁신활동조사」는 총 3,081개의 사업체에 대한 조사 결과를 제공하고 있다. 조사의 응답률은 67.1%로 비교적 높았으며, 표본오차는 95% 신뢰수준에 $\pm 3.34\%$ 로 나타났다(과학기술정책연구원, 2008). 이에 반해 「2010년 기술혁신활동조사」의 응답율은 51.0%로 다소 낮았고, 일부 업종의 경우 45%에 미치지 못했다(과학기술정책연구원, 2010). 또 「2008년 기술혁신활동조사」는 2000년 3월 1일부터 시행된 한국표준산업분류 8차 개정판에 기반하고 있는 반면 2010년 조사는 2008년 2월 1일에 시행된 9차 개정판을 채택하였는데, 실제응답 규모에 대비한 결번 및 기타, 업종 다름, 부도/폐업의 비중에 있어 2008년 조사가 15.1%인데 반해 2010년 조사는 19.7%로 높아졌다. 특히 2010년 조사의 경우 조사 완료된 표본에 대한 최대허용오차를 밝히고 있지 않다.

3) 이 같은 점에서 본 논문에서의 연구개발투자는 내부혁신 활동의 정도와 외부정보원천 혹은 네트워크 기반의 혁신활동을 포함하는 것으로 해석되어야 하겠다.

(원료, 2차중간재, 1차중간재, 투자재, 소비재)을 설명변수로 포함하였다. 이것은 기업의 연구 개발 행위가 산업이나 제품 특성과 같은 요인들에 의해 영향을 받는다고 본 선행연구의 논의를 반영한 것이다(Pavitt, 1984; Cohen, 1995).

또한 주력제품의 평균수명은 이것이 짧을수록 기업의 기술혁신 활동이 더욱 활발하고, 그 결과를 특허로 보장받기 위해 더 적극적일 것으로 판단되므로 분석에 반영하였다. 더불어 기업의 의사결정이나 기술혁신 활동에 관한 선택에 있어 경영권의 합리성과 자율성을 고려하기 위해 그 대리변수로서 노동조합 설립 여부를 고려하였다. 그리고 본 논문에서는 제품혁신 결과를 보호하기 위한 방법으로서 특허권 등록을 통한 방법과 사내기밀로 유지하는 전략을 비교하도록 하여 기업이 연구개발의 결과물을 보호하기 위한 전략과 특허성과의 관계를 명시적으

〈표 1〉 기초통계

구분	N	평균	분산	최소값	최대값
매출액(백만원, 로그값)	843	11.21	2.08	4.77	19.11
영업이익율	843	0.06	0.12	-1.38	1.47
매출 중 원료 비중(%)	843	5.81	18.54	0	100
매출 중 2차중간재 비중(%)	843	14.51	32.03	0	100
매출 중 1차중간재 비중(%)	843	31.33	42.58	0	100
매출 중 투자재 비중(%)	843	7.70	23.37	0	100
매출 중 소비재 비중(%)	843	40.65	46.22	0	100
주력제품 평균수명(개월)	843	284.42	409.60	1	999
연구개발 전담인력 비중	843	0.09	0.11	0	0.88
노동조합 설립 여부(유=1)	843	0.73	0.45	0	1
외부지식·기술도입 여부(제품혁신활동, 유=1)	843	0.60	0.49	0	1
외부기계·장비·자본재 구입 여부(제품혁신활동, 유=1)	843	0.70	0.46	0	1
기타준비활동 여부(제품혁신활동, 유=1)	843	0.81	0.40	0	1
제품혁신 결과의 지식수명(년, 로그값)	843	1.41	0.96	0	4.60
총 R&D 활동 비용(백만원, 로그값)	843	7.29	1.84	2.30	13.95
특허권 등록(제품혁신 보호전략, 5점 척도, 무=0)	843	2.99	1.98	0	5
사내기밀 유지(제품혁신 보호전략, 5점 척도, 무=0)	843	2.73	1.87	0	5
네트워크 기반형(기술혁신유형, 요인값)	843	0.00	1.00	-1.92	2.45
내부역량 기반형(기술혁신유형, 요인값)	843	0.00	1.00	-2.03	2.60
특허 출원 여부(유=1)	843	0.60	0.49	0	1
특허 출원건수	843	22.02	149.73	0	2,500

4) 본 논문에서는 제조업을 11개로 구분하였다. 각각은 음식료품, 섬유, 의복, 목재, 펄프·종이, 코크스·석유, 비금속광물, 조립금속, 전기·전자·정밀기계, 자동차, 가구 등이다.

로 분석에 반영하였다. 또 기업이 연구개발 과정에서 내부역량에 의존적인 경우와 외부 정보 원천을 많이 활용하는 네트워크 기반형으로 구분하여 접근함으로써 개방형 혁신과 특허성과와의 관계도 고려하였다. 이들 주요 변수에 대한 기초통계 및 표본의 통계적 특성은 <표 1>에 제시되어 있다.

IV. 실증모형의 개발: 음이항모형과 허들모형

본 연구에서는 기업체의 특허수를 종속변수로 하는 지식생산함수를 추정하고자 한다. 특허와 같은 가산변수에 대해 일반적인 최소자승법과 포와송모형을 적용할 경우 그 추정치는 비일치(inconsistency)와 비효율(inefficiency) 그리고 과산포(overdispersion)라는 문제에 직면하게 된다(Hill et al., 2008). 이 같은 문제⁵⁾를 극복하기 위해 음이항모형의 적용이 제안된 바 있다.

음이항모형의 특징은 포와송모형의 동일산포(equidispersion) 가정을 완화함으로써 다음과 같이 나타낼 수 있다(Greene, 2008).

$$\text{Prob}[Y = y_i | X_i] = \frac{\Gamma(\alpha^{-1} + y_i)}{\Gamma(1 + y_i)\Gamma(\alpha^{-1})} \left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1} + \mu} \right)^{\alpha^{-1}} \left(\frac{\mu}{\mu + \alpha^{-1}} \right)^{y_i} \quad (1)$$

$$E[y_i | X_i, \epsilon_i] = h_i \mu_i; \mu_i = E[y_i | X_i] \quad (2)$$

여기서 $h_i = \exp(\epsilon_i)$ 는 평균값이 1이고, 분산이 α 인 감마분포를 따른다고 가정된다. 이 경우 주변음이항확률분포(marginal negative binomial distribution)의 평균과 분산은 다음과 같이 과산포(overdispersion)를 허용할 수 있다.

$$E[y_i | X_i] = \mu_i \quad (3)$$

$$\text{Var}[y_i | X_i] = \mu_i [1 + \alpha \mu_i] \quad (4)$$

5) 잘 알려진 바와 같이 포와송모형은 분산과 평균이 다른 과산포(overdispersion) 하에서는 유의하지 않은 변수를 기각하지 못하는 오류를 범하게 된다(Hausman, Hall and Griliches, 1984; Greene, 2008).

즉, 식 (3)과 (4)의 특징을 가지는 음이항모형은 과산포와 관측되지 않는 이분산성(heterogeneity)이라는 통계적 문제를 통제할 수 있다.

하지만 이론적 배경에서 언급된 바와 같이 식 (3)과 식 (4)로 제시된 음이항모형은 여전히 특허출원에 관한 기업의 선택과정을 반영하고 있지 못하다. 다시 말해, 기업체의 특허수를 관찰하면 일정 부분 0의 관측치가 나타난다. 이처럼 특허정보를 분석함에 있어 특허출원 여부와 정도를 동시에 분석해야 하는 상황 속에서 고려할 수 있는 방법이 Heckman(1974, 1979)과 Amemiya(1984)에 의해 제안된 Type II Tobit모형이다. 그러나 이 모형은 가산응답모형(count response models)을 다루는데 적합하지 않다(Cameron & Trivedi, 2005). 또한 Type II Tobit모형의 경우 응답은 선택조건이 충족되었을 때만 관측되는 것을 가정한다. 다시 말해 관측치 중 0의 값이 있다면 불완전한 관측치로 처리할 뿐(Wooldridge, 2005)⁶⁾ 특허출원에 대한 선택과정으로 취급되지 않는다. 이 같은 한계에 대응해 본 연구에서는 특허출원을 다음과 같은 허들(hurdle) 구조를 통해 고려하고자 한다.

우선 허들모형의 경우 일단 특허출원 여부를 결정하고, 그 다음 단계에서 어느 정도의 특허를 출원할 지 결정한다고 가정된다. 이 때, 로그우도는 다음과 같은데, 여기서 $f(0)$ 는 허들모형의 이항선택항을 나타내며 로짓분포(logistic distribution)를 따른다고 가정된다.

$$\mathcal{L} = \ln(f(0)) + \{\ln[1 - f(0)] + \ln P(t)\} \quad (5)$$

$$f(0) = P(y = 0; X) = \frac{1}{1 + \exp(X_i\beta_b)} \quad (6)$$

이 때, 식 (5)의 $P(t)$ 는 양(+)의 특허수를 가질 확률을, 이때 β_b 는 선택방정식의 설명변수를 이른다. 그리고 Cameron & Trivedi(2005), Hilbe(2011) 등에 따르면 이들 두 식으로부터 다음과 같은 로그우도함수가 도출된다.

$$LL = y_i \ln\left(\frac{\exp(X_i\beta)}{1 + \exp(X_i\beta)}\right) - \frac{\ln(1 + \exp(X_i\beta))}{\alpha} + \ln\Gamma\left(y_i + \frac{1}{\alpha}\right) - \ln\Gamma(y_i + 1) - \ln\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right) - \ln(1 - (1 + \exp(X_i\beta))^{-1/\alpha}) \quad (7)$$

6) 이 같은 관점에서 Type II Tobit모형은 절단(truncation)의 일종으로 볼 수 있겠고, 이 같은 점에서 Greene은 부수적 절단모형(incidental truncation model)으로 부른바 있다(Hilbe, 2011, p.433).

본 논문에서는 Hillbe(2011)의 제안에 따라 설명변수의 영향을 추정하도록 하되, 전술한 선택 과정을 고려하는 만큼 식 (7)을 통해 제시된 허들음이항모형은 앞서 식 (1)~(4)를 통해 제시한 음이항모형 보다 추정해야 할 계수값이 상대적으로 더 많은 만큼, 두 모형을 모두 채택하고, 추정결과를 비교하여 제시하기로 하겠다.

V. 추정 결과: 특허출원과 기업의 선택

1. 음이항모형 추정 결과

앞서 제시한 바와 같이 본 논문은 특허수를 종속변수로 하여 그 결정요인과 특허출원 과정에 수반되는 기업의 선택과정을 분석하고자 한 것이다. 이를 위해 본 논문에서는 실증분석을 세 단계로 구성하였다. 우선 본격적인 추정에 앞서 과산포 검정을 실시하였다.⁷⁾ 더불어 과분산에 대한 로그우도비 검정(log-likelihood ratio test)을 통해 과산포(overdispersion) 문제가 존재함을 확인하였다. 두 번째 단계로 제품혁신과 관련된 특허 출원건수를 종속변수로 하여 앞서 식 (1)~(4)을 통해 제시된 음이항모형을 추정하였다(〈표 2〉 참조). 다음으로 식 (7)에 따라 허들모형을 추정하고, 그 결과는 〈표 3〉에 제시하였다.

우선 〈표 2〉는 일반적인 음이항모형에 기초한 네 차례의 추정 결과를 보여주고 있다. (모형 1.1)은 가장 기본모형으로 〈표 1〉에 제시된 설명변수 중 매출액, 영업이익율, 제품의 유형별 비중, 주력제품의 평균수명, 연구인력 비중, 노동조합 유무, 제품혁신활동 수행 여부, 그리고 산업더미⁸⁾로 구성하였다. (모형 1.2)는 기본모형과 비교해 제품혁신 과정에서 획득된 지식의 평균수명과 기업체의 총 R&D 비용을 로그값으로 추가한 것이고, (모형 1.3)은 (모형 1.2)에 제품혁신 보호방법의 활용 여부에 관한 두 개의 더미변수를 설명변수로 추가한 것이다. 마지막으로 (모형 1.4)에는 오픈이노베이션 특성, 다시 말해 혁신활동에 사용된 정보원천에 관한 두 개의 변수가 추가로 포함된 것이다.

분석 결과, 매출액이 크거나 연구인력 비중이 높은 경우 특허성도가 상대적으로 높았다. 제품 혁신활동의 경우도 특허수에 대단히 유의하게 영향을 미쳤는데, 특히 외부지식·기술도입과 외부기계·장비·자본재 구입이 행해진 경우 해당 기업체의 특허성도에 긍정적으로 기여하는 것으

7) 과산포 가능성에 대해 동일산포를 귀무가설로 하는 t-테스트를 실시하였고(Cameron and Trivedi, 2005), 그 결과 1% 유의수준에서 과산포가 존재함을 확인하였다.

8) 산업더미의 경우 (각주 4)에 밝힌 바와 같이 표준산업분류 상 제조업 대분류 수준으로 정의되었다.

로 나타났다.⁹⁾ 반대로, 소비재를 기준으로 해당 기업체의 제품 중 투자재 비중이 높거나 주력 제품의 평균수명이 긴 경우에는 예상과 같이 특허 출원건수에 부(-)의 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다. 산업의 경우 음식료품 제조업과 비교해 여러 산업에서 특허출원이 더 활발한 것을 확인할 수 있었는데, 이 같은 산업더미효과는 모형에 관계없이 거의 동일하게 나타나 뚜렷

〈표 2〉 특허생산함수 추정 결과

구분	(모형 1,1)	(모형 1,2)	(모형 1,3)	(모형 1,4)
매출액(백만원, 로그값)	0.524***	0.203***	0.256***	0.259***
영업이익율	0.166	-0.111	0.024	-0.031
매출 중 원료 비중	-0.001	0.001	-0.003	-0.002
매출 중 2차중간재 비중	-0.001	-0.001	0.000	0.000
매출 중 1차중간재 비중	-0.003*	-0.003	-0.001	0.000
매출 중 투자재 비중	-0.008***	-0.006**	-0.004	-0.004
주력제품 평균수명(개월)	-0.0004**	-0.0003*	-0.0003**	-0.0003*
연구개발 전담인력 비중	3.164***	1.174*	0.914	1.106*
노동조합 설립 여부(유=1)	-0.228	-0.169	-0.359**	-0.360**
외부지식·기술도입 여부(제품혁신활동, 유=1)	0.560***	0.572***	0.447***	0.390***
외부기계·장비·자본재 구입 여부(제품혁신활동, 유=1)	0.721***	0.515***	0.552***	0.530***
기타준비활동 여부(제품혁신활동, 유=1)	-0.086	-0.244	-0.089	-0.110
제품혁신 결과의 지식수명(년, 로그값)	-	0.167**	0.054	0.057
총 R&D 활동 비용(백만원, 로그값)	-	0.438***	0.300***	0.286***
특허권 출원(제품혁신 보호전략, 유=1)	-	-	0.541***	0.453***
사내기밀 유지(제품혁신 보호전략, 유=1)	-	-	-0.059*	-0.062
네트워크 기반형(기술혁신유형)	-	-	-	0.240***
내부역량 기반형(기술혁신유형)	-	-	-	0.017
관측치수	843	843	843	843
Pseudo R-squared	0.119	0.132	0.169	0.171
로그우도값	-2,102.96	-2,071.21	-1,982.76	-1,978.98
LR 통계량	567.83 (0.000)	631.32 (0.000)	808.22 (0.000)	815.78 (0.000)

주: 1) ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 의미함.

2) 이 외에도 산업더미가 활용되었으나 지면 관계 상 제시하지 않음.

3) LR 통계량에서 괄호 안의 값은 p-값을 나타냄.

9) 제품혁신활동 중 기타준비활동의 경우 특허수와의 관계가 없었다. 기타준비활동은 시장출시를 위한 마케팅 활동이나 테스트, 직무훈련 등을 말하는데, 이 같은 활동이 직접적으로 특허생산에 기여가 적을 것으로 판단되는 만큼 여기서의 추정 결과는 설득력이 있다고 하겠다.

한 산업간 편이를 확인할 수 있었다.¹⁰⁾

(모형 1.2)도 전술한 바와 유사한 설명변수들에서 유의성을 확인할 수 있다. 또 설명변수로 추가된 제품혁신 과정에서 획득한 새로운 지식의 평균수명과 내·외부 R&D를 수행하면서 지출된 R&D비용에서 모두 유의한 정(+)의 효과가 확인되었다. 다시 말해, 개발된 기술의 가치를 더 오랫동안 향유할 수 있을 경우 그리고 연구개발 활동이 더 활발할 때 특허성과 역시 높다. (모형 1.3)은 제품혁신의 보호방법으로써 특허권을 선호하는 경우와 사내기밀로 유지하는 두 경우에 대한 더미변수를 추가한 것이다. 이들 두 변수는 제품혁신 결과의 보호방법으로 서로 상반된 전략을 나타낸다고 할 수 있는데, 분석 결과 전자를 활용한 기업체에서 특허수가 유의하게 더 많음을 확인할 수 있었다. 반면 사내기밀로 유지하는 경우 추정치는 통계적으로 유의한 음(-)의 값을 가졌고, 이것은 동일한 조건이라면 특허출원이 적다는 점을 말해준다. 마지막으로 정보원천의 두 유형을 추가한 (모형 1.4)에서는 네트워크 기반형 기술혁신을 추구하는 기업에서 유의한 정(+)의 효과를 확인할 수 있었다. 즉, 기업이 혁신활동을 수행하는 방식에 있어 민간서비스업체, 대학, 정부출연연구소 등을 보다 적극적으로 활용한 기업이 그렇지 않은 기업체에 비해 특허출원수에 있어서는 뚜렷하게 높은 성과를 보인다. 반대로 기업 내부 조직이나 기존의 공급사슬(supply chain)에 보다 의존적인 특성을 보이는 경우¹¹⁾ 상대적으로 특허성과가 낮았다.

2. 모형의 확장: 허들모형의 적용

아래의 <표 3>의 결과는 전술한 식 (7)로 제시된 허들이항모형(hurdle negative binomial regression)에 기반하여 도출된 두 차례의 추정 결과를 보여준다. 이 허들모형은 2단계의 추정 과정을 거치며, 각 단계의 결과는 <표 3>에 선택방정식과 성과방정식으로 각각 제시하였다. 즉, 선택방정식은 특허출원 선택에 대한 결정요인을, 성과방정식은 특허 출원성과를 설명하고 있다.

이 허들모형에 따른 추정 결과를 보면 특허를 출원한 기업의 경우 특허출원이 없는 기업에 비해 연구인력의 비중이 높고, 제품혁신 활동이 활발하며 제품혁신 성과의 보호전략으로 특허권 출원을 선호하는 것으로 나타났다. 특히 주목되는 결과는 특허권 등록을 보호전략으로 채택

10) 음식료품 제조업과 비교해 섬유, 코크스·석유, 비금속광물, 기계·장비, 전기·전자·정밀기기, 자동차 등의 산업에서 특허성과가 유의하게 더 많음을 확인할 수 있었다. 지면 관계 상 산업더미의 추정 결과는 <표 2>와 <표 3>에 제시하지 않았으나 요청에 따라 제공될 수 있음을 밝혀둔다.

11) 이들 기업체는 혁신활동에 있어 기업내부, 공급업체, 수요기업 및 고객, 동일산업내 경쟁사 및 타기업 등에 보다 의존적인 특성을 보인다.

한 기업에서 특허출원 경향이 높다는 점인데, 이것은 다른 조건이 동일하거나 기술혁신 역량이 유사할 때도 기업이 지식재산 보호전략에 따라 특허성도가 차이가 있다는 점을 보여준다. 이 같은 결과는 몇 가지 함의를 제시하는데 우선 특허성도가 기술혁신 활동에 의한 필연적인 산출물이 아니라 성과관리에 대한 의사결정의 결과물이라는 점, 그러므로 이 같은 의사결정과정을 허들모형과 같은 분석과정으로 명시적으로 반영해야 한다는 본 논문의 주장을 확인해 주는 결과이기도 하다.

이 같이 <표 3>에 제시된 특허출원기업의 특성을 고려하여 추정한 특허성도의 결정요인을

<표 3> 허들모형에 따른 특허생산함수 추정 결과

구분	(모형 2.1)		(모형 2.2)	
	선택방정식	성과방정식	선택방정식	성과방정식
매출액(백만원, 로그값)	0.069	0.269***	0.069	0.275***
영업이익율	-0.702	0.690	-0.736	0.484
매출 중 원료 비중	0.007	-0.006	0.007	-0.005
매출 중 2차중간재 비중	0.000	-0.001	-0.001	0.000
매출 중 1차중간재 비중	0.000	-0.003	0.000	-0.002
매출 중 투자재 비중	-0.002	-0.006*	-0.002	-0.005
주력제품 평균수명(개월)	-0.0001	-0.0004*	-0.0001	-0.0003
연구개발 전담인력 비중	1.863*	0.434	1.774*	0.772
노동조합 설립 여부(유=1)	0.226	-0.600***	0.232	-0.605***
외부지식·기술도입 여부(제품혁신활동, 유=1)	0.539***	0.236	0.541***	0.155
외부기계·장비·자본재 구입 여부(제품혁신활동, 유=1)	0.534***	0.642***	0.514**	0.617***
기타준비활동 여부(제품혁신활동, 유=1)	0.094	-0.131	0.093	-0.166
제품혁신 결과의 지식수명(년, 로그값)	0.117	0.028	0.119	0.031
총 R&D 활동 비용(백만원, 로그값)	0.085	0.341***	0.086	0.322***
특허권 등록(제품혁신 보호전략, 유=1)	0.635***	0.335***	0.675***	0.203***
사내기밀 유지(제품혁신 보호전략, 유=1)	-0.068	-0.043	-0.136	-0.033
네트워크 기반형(기술혁신유형)	-	-	-0.078	0.348***
내부역량 기반형(기술혁신유형)	-	-	0.153	-0.021
관측치수	843		843	
로그우도값	-1,923.13		-1,971.16	
Wald 통계량	221.22 (0.000)		221.33 (0.000)	

주: 1) ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 의미함.

2) 이 외에도 산업디미가 활용되었으나 지면 관계 상 제시하지 않음.

3) Wald 통계량에서 괄호 안의 값은 p-값을 나타냄.

〈표 2〉와 비교해 보면 다음과 같은 특징을 확인할 수 있다. 첫째, 앞선 〈표 2〉에서 확인된 주요한 설명변수는 대부분 허들모형에서도 여전히 유의한 것으로 확인된다. 하지만 허들모형에서 외부지식·기술도입, 사내기밀 유지, 그리고 연구인력 비중 등 세 변수는 더 이상 유의하지 않았다. 둘째, 앞서 언급한 세 변수 중 외부지식·기술도입과 연구인력 비중은 선택방정식에서 유의한 변수로 나타난 만큼, 이들은 특허출원기업과 그렇지 않은 기업의 차이를 설명하는 ‘허들 변수’로 해석된다. 즉, 특허출원에 적극적인 기업은 외부지식·기술도입을 통한 제품혁신활동을 더 많이 수행하는 경향이 있고, 연구인력의 비중 역시 상대적으로 높다. 하지만 일단 이 같은 기본적 요건이 충족된 이후에는, 다시 말해 허들을 통과한 후에는 다른 혁신활동이나 전략이 특허성과에 더 중요한 영향을 주는 것으로 나타난다고 하겠다. 셋째, 네트워크 기반형의 경우 허들모형에서 그 영향이 더 커진 것으로 나타났다. 기업체가 혁신활동을 수행함에 있어 민간서비스업체, 대학, 정부출연연구소 등 외부정보원천을 적극적으로 활용하는 기업에서 특허성과의 차이가 더 분명하게 드러난다.¹²⁾ 넷째, 기술혁신 활동이나 성과관리 전략의 선택에 있어 경영권의 합리성과 자율성의 효과를 측정하기 위한 대리변수로 채택한 노동조합 설립 여부가 허들 추정모형에서 유의성도 높아졌고, 그 계수값도 커졌다. 더불어 노동조합이 존재하는 경우 제품 혁신 보호전략으로 사내기밀 유지를 채택하거나 기술혁신에 있어서도 네트워크 보다는 내부역량에 의존적인 것으로 나타났는 점에서, 비록 일반화하기에는 아직 이르겠지만, 노동조합의 설립 여부가 기업의 일반적인 경영 상의 의사결정 뿐 아니라 기술전략에도 영향을 미치고 그 결과로 특허성과에도 차이가 나타나는 것이 아닌가 추측해 볼 수 있다.

VI. 결론 및 제언

최근 들어 기업의 기술혁신 활동과 성과의 상관관계에 대한 관심이 늘어나면서 기업의 특허 성과에 대해 다양한 분석이 이루어졌다. 특히 특허성과가 가산변수라는 점에서 여러 연구가 방법론적 개선도 모색되어 왔다. 과거에는 주로 포와송모형을 바탕으로 접근되었던 반면 최근으로 올수록 포와송모형의 적용시 예측되는 분석 상의 문제를 지적하고 음이항모형을 적용하는 사례가 늘고 있다. 이 같은 점에서 기술혁신 성과의 가장 중요한 대리변수라고 할 수 있는 특허 성과에 대한 이해는 크게 늘었다고 하겠다. 하지만 일반적인 음이항모형이 그 분석법 상 기업의

12) 허들모형의 경우 선택과정을 통해 이들 비출원기업의 영향이 통제되게 된다. Wald 검정을 통해서도 허들의 설정이 보다 바람직한 것으로 확인되는 만큼 허들모형에 따른 추정값이 보다 개방된 네트워크를 활용하는 기업에 예상되는 특허성과에 대한 영향을 보다 정확하게 나타낸다고 하겠다.

연구개발투자와 특허출원 과정에 내재되어 있는 의사결정과정을 충분히 반영하고 있지 못하다고 지적된다.

본 논문의 경우 허들음이항모형을 적용해 기업들이 특허출원을 추구하였는지와 이를 선택하였다면 그 성과는 어떤 요인에 의해 결정되었는지를 분석하였다. 실증분석을 위해서는 그 기술혁신활동에 관해 가용한 데이터 중 사업체를 대상으로 한 가장 큰 규모의 조사로 알려져 있는 「기술혁신활동조사」를 활용하여 특허성과를 음이항모형과 허들음이항모형을 적용해 분석하였다. 또 분석 모형의 적정성을 평가하기 위해 과산포 검정과 허들 구조의 존재 여부에 대한 Wald 검정을 실시하였다.

분석 결과, 예상과 같이 기업의 규모나 연구인력의 비중, 제품 특성 등은 특허성과를 유의하게 설명하는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 기술혁신 활동과 관련된 주요 변수들도 유의하게 나타났는데, 제품혁신 활동의 수행 여부나 R&D 투자액, 지식수명 등은 특허성과를 잘 설명하고 있었다. 더불어 본 논문에서 기존 연구와 차별화된 설명변수로 채택한 기술보호전략과 기술혁신 유형 역시 유의한 설명변수임을 확인할 수 있었다. 특히 Wald 검정을 통해 허들의 설정이 바람직한 것임을 확인할 수 있었고, 이론적으로 예측한 바와 같이, 특허출원의 선택과 특허출원의 규모는 서로 다른 요인에 의해 설명되는 것으로 나타났다. 즉, 허들구조를 적용함을 통해 네트워크 정도나 기술보호전략은 특허성과를 보다 잘 설명하는 것으로 나타났다.¹³⁾ 비록 많은 추가적인 분석과 연구가 필요하겠으나 본 논문은 기술혁신 성과의 결정과정을 이해하는데 있어 기존 연구와는 다소 차별화된 시각을 제시하였고, 실증연구를 통해 이를 확인했다는 점에서 연구의 의의가 있었다고 판단된다.

참고문헌

- 강경남·이윤식 (2006), “한국 바이오벤처기업의 혁신 활동에 영향을 미치는 요인 분석”, 「산업경제연구」, 19(4): 1723-1740.
- 과학기술정책연구원 (2008), 「2008년도 한국의 기술혁신조사: 제조업부문」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 과학기술정책연구원 (2010), 「2010년도 한국의 기술혁신조사: 제조업부문」, 서울: 과학기술정책연구원.

13) 한 익명의 심사자는 본 논문에서 채택된 일부 허들요인이 적절한 지 이론적·실증적 측면에서 보다 충실한 설명이 필요하다고 지적한 바 있으며, 이는 후속연구에 반영토록 할 것임을 밝혀둔다.

- 김영조 (2005가), “기술협력활동이 중소기업의 기술혁신성과에 미치는 영향”, 「경영학연구」, 34(5): 1365-1390.
- 김영조 (2005나), “중소기업의 기술협력활동이 기술혁신 성과 및 재무적 성과에 미치는 영향: 부산지역 중소 제조업체를 대상으로”, 「중소기업연구」, 27(3): 123-154.
- 김진영·윤유진 (2009), “기업 규모와 특허 생산성”, 「응용경제」, 11(1): 179-196.
- 박규호 (2005), “특허데이터를 활용한 경제학연구”, 「지식재산논단」, 2(1): 119-134.
- 박상문 (2005), “국내시장지향 벤처와 해외시장지향 벤처의 특성 비교연구”, 「기술혁신학회지」, 8(2): 809-831.
- 박상문·이병현 (2006), “외부자원 활용이 벤처기업의 기술혁신에 미치는 영향”, 「중소기업연구」, 28(2): 181-206.
- 박재민·김효영 (2011), “기술혁신 성과와 경영자 특성에 관한 연구 : IT벤처기업을 중심으로”, 「한국디지털정책학회」, 9(6): 173-186.
- 성태경 (2003), “기업규모와 기술혁신활동의 연관성: 우리나라 제조업에 대한 실증적 연구”, 「중소기업연구」, 25(2): 305-325.
- 성태경 (2004), “우리 나라 기업의 기술혁신활동 결정요인 : 지역 간 차이를 중심으로”, 「한국경제연구」, 13(4): 21-53.
- 성태경 (2006), “기술혁신활동의 결정요인 : 우리나라 제조기업과 서비스기업의 비교분석”, 「경영연구」, 21(4): 283-304.
- 유태욱·양동우 (2009), “기술혁신요인이 기술적 성과 및 경제적 성과에 미치는 영향에 관한 실증연구: 기술혁신형 중소기업을 중심으로”, 「벤처경영연구」, 12(4): 69-93.
- 임부루·박규호·이근 (2011), “선행기술조사가 국가연구개발사업의 성과에 미치는 영향: 특허 성과를 중심으로”, 「기술혁신연구」, 19(1): 177-201.
- 정진화·노재선·조현정 (2008), “농업연구개발의 기술적 성과 결정요인: 농촌진흥청 연구개발 사업을 중심으로”, 「농업경제연구」, 49(2): 73-98.
- Amemiya, T. (1984), “Tobit Models: A Survey”, *Journal of Econometrics*, 24(1): 3-61.
- Bound, J., Cummnings, C., Griliches, Z., Hall, B. and Jaffe, A. (1984), “Who Does R&D and Who Patents”, in Griliches, Z. (eds.), *R&D, Patents and Productivity*, National Bureau of Economic Research, University of Chicago Press, Chicago, 21-54.
- Cameron, A. and Trivedi, P. (1986), “Econometric Models Based on Count Data: Comparisons and Applications of Some Estimators and Tests”, *Journal of Applied Econometrics*, 1(1): 29-53.

- Cameron, A. and Trivedi, P. (1998), *Regression Analysis of Count Data*, Cambridge University Press.
- Cameron, A. and Trivedi, P. (2005), *Microeconometrics: Methods and Applications*, Cambridge University Press.
- Cohen, W. (1995), "Empirical Studies of Innovative Activity", in Stoneman, P. (eds.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford Blackwell Publishing, 182-264.
- Greene, W. H. (2008), *The Econometric Approach to Efficiency Analysis*, in Fried, H. O., Lovell, C. K. and Schmidt, S. S. (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, Oxford University Press, 92-250.
- Griliches, Z. (1990), "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, 18(4): 1661-1707.
- Gurmu, S., Black, G. C. and Stephan, P. E. (2010), "The Knowledge Production Function for University Patenting", *Economic Inquiry*, 48(1): 192-213.
- Hausman, J., Hall, B. H. and Griliches, Z. (1984), "Econometric Models for Count Data with an Application to the Patents-R&D Relationship", *Econometrica*, 52(4): 909-938.
- Heckman, J. (1974), "Shadow Prices, Market Wages, and Labor Supply", *Econometrica*, 42(4): 679-694.
- Heckman, J. J. (1979), "Sample Selection Bias as a Specification Error", *Econometrica*, 47(1): 153-161.
- Hilbe, J. M. (2011), *Negative Binomial Regression*, Cambridge University Press.
- Hill, R. C., Griffiths, W. E., Lim, G. C. and Adkins, L. C. (2008), *Principles of Econometrics*, NJ: Wiley Hoboken.
- Kondo, M. (1999), "R&D Dynamics of Creating Patents in the Japanese Industry", *Research Policy*, 28(6): 587-600.
- Long, J. S. and Freese, J. (2006), *Regression Models for Categorical Dependent Variables using Stata*, Stata Press.
- Modi, S. B. and Mabert, V. A. (2010), "Exploring the Relationship between Efficient Supply Chain Management and Firm Innovation: An Archival Search and Analysis", *Journal of Supply Chain Management*, 46(4): 81-94.
- Pavitt, K. (1984), "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards A Taxonomy and a

Theory”, *Research Policy*, 13: 343-373.

Scherer, F. M. (1965), “Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions”, *American Economic Review*, 55(5): 1097-1125.

Wooldridge, J. M. (2005), *Introductory Econometrics: A Modern Approach*, Cengage South-Western.

Ziedonis, R. H. (2004), “Don't Fence Me In: Fragmented Markets for Technology and the Patent Acquisition Strategies of Firms”, *Management Science*, 50(6): 804-820.

박재민

미 오하이오주립대학교에서 경제학 박사학위를 취득하고 현재 건국대학교 경영대학 기술경영학과 교수로 재직 중이다. 관심분야는 지식경영, 경제성분석, 공공기술경영 등이다.