

## 특허 시스템의 정량 분석을 위한 시스템 다이내믹스 모형\*

### A System Dynamics Model for Quantitative Analysis of Patent Systems

윤민호\*\*

Yoon , Min-Ho

#### **Abstract**

In this paper, a system dynamics model for explaining the application, grant and maintenance of patents is provided. Existing literatures regarding the patent application system are mostly econometric approaches that consider only economic variables such as GDP and R&D. The model in this paper includes patent variables such as disputes as well as economic variables. Moreover, we show that the model can be used in not only a quantitative prediction but also policy experiment. The results of the policy experiment shows that strengthening protection of patents tend to increase the propensity to patent more than R&D investment.

**Keywords:** 특허 시스템, 시스템 다이내믹스, 정량적 예측, 정책실험

(Forecasting Patent Application, System Dynamics, Quantitative Analysis, Policy Experiment)

---

\* 이 논문은 2013년 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음 (NRF-2013S1A3A2053312)

\*\* 경북대학교 경제통상학부

## I. 서론

산업화 이후 특허 시스템은 지식의 생산 및 확산을 촉진 하는 데 있어 중요한 위치를 차지해 왔으며 지식경제의 도래에 따라 그 역할은 점차 확대되고 있다. 특히 전자, 전기, 생명공학 등 첨단 산업들의 경우 90년대 이후 특허 출원 수가 급격히 증가하여 그 중요성이 더욱 커지고 있다. 특히 이들 산업에서 특허 시스템은 단순히 지식 생산을 촉진하는 제도로서뿐만 아니라, 기업, 산업, 국가차원에서 경쟁전략의 요소로서도 중요한 역할을 차지하고 있다. (Ernst, 2003) 따라서 국가혁신시스템(National Innovation System)이나 부문혁신시스템(Sectoral Innovation System) 논의에 있어서도 특허시스템을 전체 시스템을 구성하는 주요 구성요소로서 경제적 분석에 포함시키고 있다. (Malerba, 2004) 한 편으로 특허 시스템은 후생경제학적으로 바람직하지 못한 독점을 초래한다는 근본적인 문제점을 지니고 있다. 또한 일부 첨단 산업에 있어서는 기술의 전유가능성(appropriability)을 높임으로서 혁신을 촉진한다는 고유의 역할은 제대로 하지 못하면서 특허 포트폴리오 경쟁(patent portfolio race)만을 촉발한다는 비판을 받는다. 특히 특허괴물(patent troll) 등이 렌트 추구 수단으로 활용하면서 기업의 비용 부담을 가중시킨다는 비판도 존재한다. (Hall and Ziedonis, 2001) 따라서 지식 생산의 활성화, 국가 경쟁력 제고 등 특허 시스템의 목적을 달성하면서 여러 가지 부작용들을 최소화할 수 있는 특허 시스템 설계가 필요하다고 할 수 있다. 효율적인 특허시스템을 설계하기 위해서는 특허시스템의 행태를 이해하는 것이 선행되어야 할 것이며 따라서 점차 이에 대한 학술적, 정책적 관심이 커지고 있다. (Derwishc, Sebastian, 2010) 또한 특허 제도를 운영하는 기관의 입장에서는 특허제도의 효율적 운영을 위해서 특허시스템의 행태 분석의 필요성이 존재한다고 할 수 있다. 특히 향후 특허 출원, 등록, 갱신에 대한 정량적 예측은 특허 당국의 수요가 매우 높으며 따라서 관련 연구가 활발히 행해지고 있다.

지금까지 특허시스템의 행태 분석은 주로 특허기관의 수요에 부응하여 특허 출원의 예측을 중심으로 이루어져 왔고 이는 주로 통계학적 방법론을 통해 행해졌다. ARIMA, Holt 평활법과 같은 단순한 통계적 기법부터, ADL, VAR, VECM, TVPM과 같은 계량경제학적인 모형을 이용한 방법 등 다양한 방법이 동원되었다.<sup>1)</sup> 하지만 기법의 다양함과는 달리 사용된 변수들은 GDP, R&D 지출액, R&D 인력 등 대동소이하고, 이론적으로 뒷받침되는 구조적인 모형 설정보다는 통계적 기법의 다양한 적용을 통해 예측력을 높이는 것에 집중하고 있다. 이러한 한계는 계량경제학적 방법을 통한 특허 출원 예측이 학술적 차원보다는 주로

1) 통계적인 방법을 통한 특허출원 예측 연구에 대한 서베이와 자세한 방법론에 대하여는 Hingley and Nicolas(2006)과 Hidalgo and Gabaly(2012)를 참조하라.

실용적인 목적에서 이뤄진 데에 기인하는 것으로 보인다. 또한 계량경제학적인 방법의 한계 상 특허의 출원, 등록, 유지 등 전 주기적인 관점에서 분석이 이뤄지지 못하고 경제변수들이 출원에 얼마나 영향을 주는지 단선적인 인과관계만 상정하고 있다. 따라서 이러한 연구들은 특허시스템 전반의 행태 분석 단계에 이르지 못하고 있다고 할 수 있다.

이 논문은 지금까지의 연구들과는 달리 시스템 다이내믹스를 활용하여 특허 시스템의 행태를 정량적으로 분석하고자 한다. 시스템 다이내믹스를 활용한 결과 두 가지 점에서 기존 문헌들의 한계를 극복할 수 있었다. 첫째, 순환적인 인과관계의 모형화이다. 특허 시스템은 R&D투자로부터 시작해서 지식의 생산, 문서화, 특허출원, 특허등록, 특허유지, 특허분쟁 등 다양한 요소들로 구성되어 있고 이들 요소들은 일방향적인 인과관계에 있기보다는 여러 가지 순환적인 인과관계로 연결되어 있다. 예를 들어 R&D 투자는 결국 특허 수에 영향을 미치는데 특허 수가 늘어날수록 특허분쟁이 늘어날 것이고, 특허분쟁이 늘어나면 다시 기업들이 R&D 투자의 중요성을 인식하게 될 것이다. 시스템 다이내믹스는 이러한 순환적 인과관계를 모형화할 수 있는 가장 좋은 방법론이라고 할 수 있다. 두 번째, 지금까지의 특허출원 시스템 연구가 단선적인 인과관계에 머물러 있기 때문에 연구개발부터 시작해서 특허의 출원, 등록, 분쟁, 유지와 소멸 등 특허의 전주기를 다루지 못하고 특정한 부분(대부분의 경우 출원과 분쟁)만을 연구대상으로 하고 있다. 본 논문에서는 시스템 다이내믹스를 활용하여 특허의 출원, 등록, 분쟁, 유지와 소멸 등 전 주기적 관점에서 특허 시스템을 이해 할 수 있는 모형을 개발하고자 한다.

이 논문에서는 특허 시스템의 시스템 다이내믹스 모형을 구성한 후, 과거의 특허 데이터와 경제 데이터를 이용하여 모형의 파라미터 값을 결정하고 이를 통해 특허 변수들의 향후 추세를 정량적으로 예측해 보았다. 또한 특허보호의 정도를 강화하거나 약화할 경우 전체 시스템에 어떠한 영향을 미치는지와 같은 정책적 실험에도 개발된 모형이 응용될 수 있음을 보였다. 정책 실험의 결과 현시점에서 특허보호의 정도를 강화시켰을 때 R&D 투자와 특허출원, 갱신료, 등록료 등이 모두 증가하는 것으로 나타났다. 특히 R&D 투자가 증가하였다는 것은 특허제도의 본질적 목적에 부합하는 결과라고 할 수 있다. 하지만 R&D 투자보다는 등록료의 증가율이 훨씬 더 높았는데 이는 지식생산에 대한 투자보다는 특허출원을 통해 생산된 지식을 보호하려는 경향이 더 컸다는 것을 의미한다. 특허권에 대한 보호가 지식생산에 대한 투자를 증가보다는 독점적 지위 유지 혹은 소송을 통한 이득 추구 목적에 더 많이 기여한다면 특허권 보호의 정도가 너무 높다고 판단할 수 있을 것이므로 이러한 분석은 적정 특허권 보호 정도 결정에 있어 중요한 함의를 가진다고 할 수 있다.

II절에서는 시스템 다이내믹스를 통한 특허 시스템의 행태분석에 관한 기존 문헌과 정량적 분석에있어서 시스템 다이내믹스의 장단점을 검토한다. III절에서는 특허시스템의 시스

템다이나믹스 모형을 제시하고 IV절에서는 모형을 칼리브레이션하고 그 결과를 가지고 특허 출원, 등록 등의 변수에 대한 예측값을 제시한다. V절에서는 칼리브레이션 된 모형에서 특허권을 강화했을 경우에 어떠한 일이 벌어지는지를 관찰하는 정책실험을 행한다. 마지막으로 VI절에서는 결론을 제시한다.

## II. 시스템 다이나믹스를 통한 특허 시스템의 행태 분석

그 동안 특허 시스템의 분석은 주로 계량경제학적인 방법을 사용하였지만 예외적으로 Derwisch and Kopainsky(2010)은 시스템 다이나믹스를 이용하여 특허출원, 특허위반, 특허소송 간의 순환적인 인과관계가 있음을 주장하였다. 특히 이들은 특허권보호의 정도가 다른 변수에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 하지만 이 연구는 질적인 분석에 그쳐서 실제 특허관련 변수들을 양적으로 설명하거나 예측하지는 않았다. 또한 연구개발투자가 특허의 보호 정도에만 영향을 받는다고 가정하고 있는데 실제 연구개발투자는 특허보호 정도보다 GDP 등 경제상황에 관련된 변수의 영향을 더 크게 받는다고 할 수 있다. 이러한 경제적 요인들을 고려하지 않았기 때문에 실제 특허시스템의 행태를 설명하는 데에는 미흡할 수 밖에 없다. 또한 특허소송이 전기 특허 등록의 영향을 받는다고 가정을 하였는데 실제 특허소송은 전기 특허 등록보다는 현재 잔존하고 있는 특허의 수의 영향을 받는다고 보는 것이 타당할 것이다. 이러한 측면을 놓친 것은 갱신률과 그로 인한 잔존특허의 변화를 모형 안에 포함하고 있지 않기 때문이다. 마지막으로 이 연구는 내외국인 특허 출원을 분리하지 않고 같은 요소들의 영향을 받는다고 가정하고 있다. 외국인의 연구개발투자는 국내 특허 요인보다는 다른 요인에 훨씬 더 많은 영향을 받을 것이므로 특히 한국과 같은 소규모 개방경제에서는 이 같은 가정이 심각한 문제가 된다.

본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하고자 GDP 등 다양한 경제변수들을 도입하는 한편, 갱신률, 잔존특허 등 새로운 변수들을 도입하고, 외국인의 출원은 별도의 변수로서 취급하였다. 또한 Derwisch and Kopainsky(2010)이 질적인 연구에 머물고 있는데 반해 본 연구는 정량적으로 과거의 데이터를 설명하고, 향후 특허 시스템의 행태를 예측할 수 있는 모형을 개발하고자 하였다.

시스템 다이나믹스를 정량적인 분석에 사용하는 것에 대해서는 많은 학자들이 관심을 가지고 있었으나 시스템 다이나믹스는 정량적인 분석에는 적합하지 않다는 지적 또한 많았다. 하지만 Lyneis(2000)는 시스템 다이나믹스를 가지고 설득력 있게 미래를 정량적으로 예측할 수 있으며, 단기 혹은 중기에서는 통계학적인 예측보다 오히려 뛰어나다고 주장하였

다. Lyneis(2000)의 주장을 바탕으로 Suryani et. al.(2010)은 시스템 다이내믹스 모형을 통해 항공 산업의 승객 수를 정량적으로 예측할 수 있음을 보였다. 조운숙(2014), 최남희, 전재호 (2002) 등도 정량적인 분석에 시스템 다이내믹스를 사용하고 있다.

시스템 다이내믹스를 통한 정량적 분석은 다음과 같은 장점들을 지니고 있다.

첫째, 시스템 다이내믹스는 기존의 해석적인 방법에서는 다루지 않던 자기제강화 과정, 경로의존성, 비선형적인 변화 등 복잡한 시스템의 동태적인 행태를 분석할 수 있는 방법론이다. 따라서 통계학에 기반한 모형보다 더 현실적인 모형을 통해 정량적인 분석을 행할 수 있다는 장점을 가진다. 모형 구성의 자유도가 높다는 것은 보다 정밀한 모형을 구성할 수 있다는 것을 의미하기도 한다. 실제 본 연구에서는 특허의 증가가 특허 소송을 증가시키고, 특허 소송의 증가가 다시 연구개발 투자를 통해 특허의 증가를 유도하는 등 복잡한 순환적인 인과관계를 다수 포함함으로써 정량적 분석의 타당성을 높이고자 하였다.

둘째, 시스템 다이내믹스를 통해 정량적 분석 모형을 개발할 경우 이를 통해 전체 시스템을 보다 잘 이해할 수 있게 된다. 시스템은 복잡한 순환적 인과관계를 지니고 있기 때문에 시스템 전체 행태 변화에 어떤 요인들이 작용하는지 판단하기가 쉽지 않다. 시스템 다이내믹스 모형은 질적으로 변수들 간의 상호작용을 모형화 하게 되는데 실제 데이터를 통해 칼리브레이션하게 되면 양적으로도 전체 시스템의 행태를 이해할 수 있게 된다. 이를 위해서는 여러 가지 변수와 가정들을 실제와 다르게 변화시키면서 다른 변수들에 어떠한 변동을 일으키는지 관찰하게 된다.

셋째, 시스템 다이내믹스 예측 모형은 자유로운 정책 실험을 가능하게 한다. 여러 가지 가정이나 변수를 변경시키는 정책을 시행할 경우 미래에 전체 시스템에 어떠한 영향을 미칠 것인지 관찰해 볼 수 있다. 예를 들어 특허권 보호의 정도를 강화하면 R&D 투자, 특허 출원, 등록률, 갱신률 등에 어떠한 영향을 미치는지 일목요연하게 살펴볼 수가 있다.

이상과 같은 장점에도 불구하고 여전히 시스템 다이내믹스의 한계점으로 지적되는 부분들도 존재한다. 통계학적인 방법론이 모형의 적합성, 파라미터 추정의 적합성을 테스트하는 다양한 방법론들을 갖추고 있는 반면 시스템 다이내믹스는 이러한 부분을 과거 데이터에 대한 설명력, 그리고 모형에 대한 이론에만 의지하고 있다고 할 수 있다. 설사 과거 데이터를 잘 설명하고 있더라도 현재의 가정과 파라미터들이 과연 과거를 “가장” 잘 설명하는 것들인가 하는 문제는 여전히 남는다. 또한 연산능력에는 한계가 있기 때문에 모든 파라미터 공간을 탐색하여 최적의 파라미터를 찾는 것은 불가능하다. 하지만 컴퓨터의 연산 능력 발달을 통해 이론적으로나 실증적으로 상식적인 수준에서 파라미터가 가질 수 있는 값의 한계를 지정하면 몬테카를로 실험을 통해 최적의 파라미터 조합을 간편하고 빠르게 찾을 수 있게 되었다.

모형의 설정이 최선의 것인지 알 수 없다는 것에 대해서는 통계학적 가정도 크게 다르지는 않기는 하지만 통계학적 방법론은 이론적 타당성 외에도 신뢰구간을 이용한 다양한 테스트 방법을 동원할 수 있다. 또한 통계학에서는 비모수적인 통계이론을 통해 모수적인 방법의 자의성을 벗어나고자 하고 있다. 하지만 시스템 다이내믹스는 이론적 타당성 외에는 모형의 설정 자체를 테스트할 수 있는 방법이 한정적이다. 과거 데이터에 대한 설명력이 모형의 타당성을 보여줄 수는 있지만 타당하지 않은 모형일지라도 과거 데이터에 대한 설명력은 높을 수 있다. 따라서 모형의 세부적인 설정들을 정당화 하기 위한 다른 방법론의 개발이 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 지적재산권 출원, 등록, 존속권리, 분쟁 등 데이터를 구할 수 있는 모든 변수에 대하여 모형이 현실을 설명할 수 있는지를 확인함으로써 모형 설정에 보다 정당성을 부여하고자 하였다. 모형에 사용된 대부분의 변수들이 잘 설명된다면, 그렇지 않은 경우 보다는 모형이 더 실제와 가까울 가능성이 클 것이기 때문이다.

시스템 다이내믹스 모형의 특성 상 작은 노이즈가 증폭되어 큰 변화를 일으킬 수가 있다. 이 때문에 많은 학자들이 과거를 설명하는 데에는 유용하지만 미래를 정량적으로 예측하는 데에는 그렇지 못할 수 있다고 지적하였다. 하지만 단기적으로는 노이즈가 증폭되어 큰 변화를 일으킬 가능성이 크지 않고, 시스템 자체도 큰 폭의 변화를 일으키지는 않을 것이다. 따라서 시스템 다이내믹스를 단기적인 예측에 사용하는 것에는 큰 문제가 없을 수 있다. 또한 이 문제는 모든 예측 모형들이 갖는 공통된 특성일 수 있다. 통계적인 예측 또한 외삽의 문제 등 때문에 장기적인 예측은 정확성이 매우 떨어질 수 밖에 없다. 그런 의미에서 시스템 다이내믹스를 통한 장기예측이 다른 방식보다 떨어진다고 말할 수는 없을 것이다.

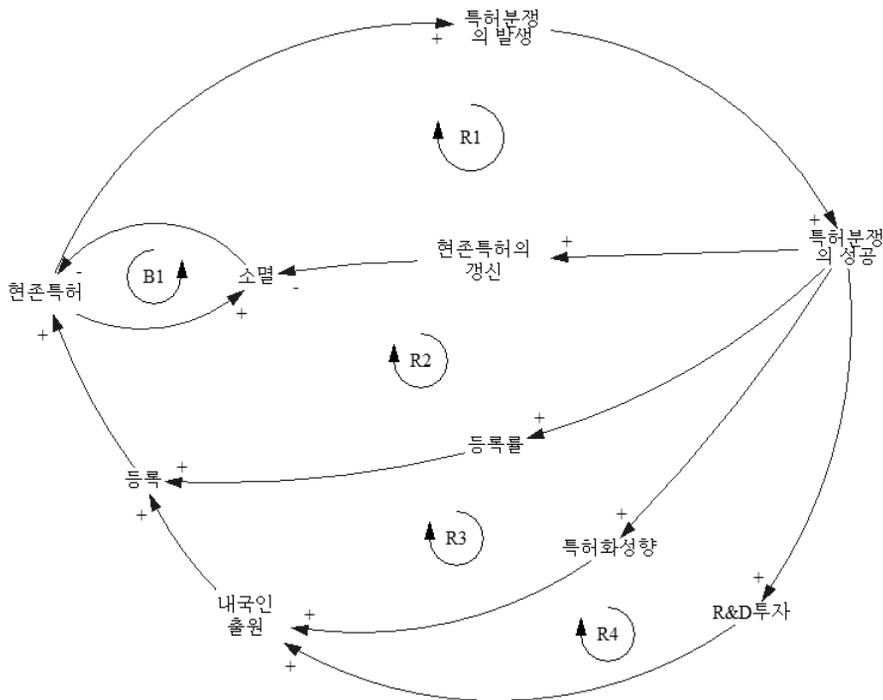
### III. 특허 출원, 등록, 유지의 시스템 다이내믹스 모형

[그림 1]은 외생변수를 제외한 특허 출원 시스템의 인과지도이다. 이 인과지도를 보면 현존특허를 중심으로 크게 한 개의 균형 피드백, 네 개의 강화 피드백이 있음을 알 수 있다.

현존특허는 신규 특허의 등록을 통해 늘어나지만 항상 증가하지는 않는다. 현실에서는 경제규모가 확대되고 R&D의 중요성이 올라가면서 현존특허의 수는 계속 증가하고 있지만 특허는 일정 기간이 지나면 자동 소멸되기 때문에 균형 피드백 루프가 존재한다. 더불어 특허를 갱신하기 위해서는 매년 일정한 비용을 지불해야 하는데 이를 지불하지 않은 특허

는 소멸된다. 당연히 특허의 수가 많을수록 매년 소멸되는 특허의 수는 증가하게 된다. 따라서 이 피드백 루프는 현실에서 현존특허 수 증가를 둔화시키고, 이론적으로는 현존특허의 수를 감소시킬 수도 있다. [그림 1]에서 B1이 이러한 균형 피드백 루프를 표시하고 있다.

인과지도의 가장 위에는 현존특허의 갱신을 결정하는 강화 피드백 루프(R1)가 있다. 먼저 특허분쟁의 발생은 현존특허의 영향을 받는다. 현존특허가 많을수록 보호 받고 있는 권리가 많기 때문에 권리 침해가 생길 가능성도 높아진다. (Derwisch and Kopainsky, 2010) 특허분쟁이 많이 발생하면 자연스럽게 특허분쟁의 성공도 증가할 것이다. 특허분쟁 중 성공하는 분쟁의 비율은 특허보호의 정도에 의해 달라지는데 정책변수이므로 기본모형에서는 시간에 따라 변하지 않는 파라미터로 가정하였다. 특허분쟁이 많이 성공할수록 특허권의 가치는 높이 평가 받을 것이고 따라서 현존특허의 갱신이 증가할 것이다. 그리고 현존특허의 갱신이 증가하면 매년 소멸되는 현존특허의 수가 감소하고 따라서 현존특허는 증가하게 된다.



[그림 1] 특허 출원 시스템의 인과지도(외생변수 제외)

두번째 강화 피드백 루프(R2)는 등록률을 통한 현존특허의 증가이다. 특허를 출원한다고 해도 상당 수는 심사에서 탈락이 되고, 일부는 출원인이 등록을 하지 않을 수도 있다. 출원된 특허 중 등록이 되는 비율이 등록율인데 실제 데이터를 보면 등록률이 해마다 상당히 큰 폭으로 변하는 것을 볼 수 있다. 심사과정의 난이도는 일정하다고 가정하면 출원인의 등록여부 결정이 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 특허분쟁의 성공이 증가한다면 지식을 특허화 했을 때 예상 가치가 증가하기 때문에 등록률이 상승할 것이다. 등록률이 증가하면 특허의 신규 등록이 증가하고 따라서 현존특허가 증가하게 된다.

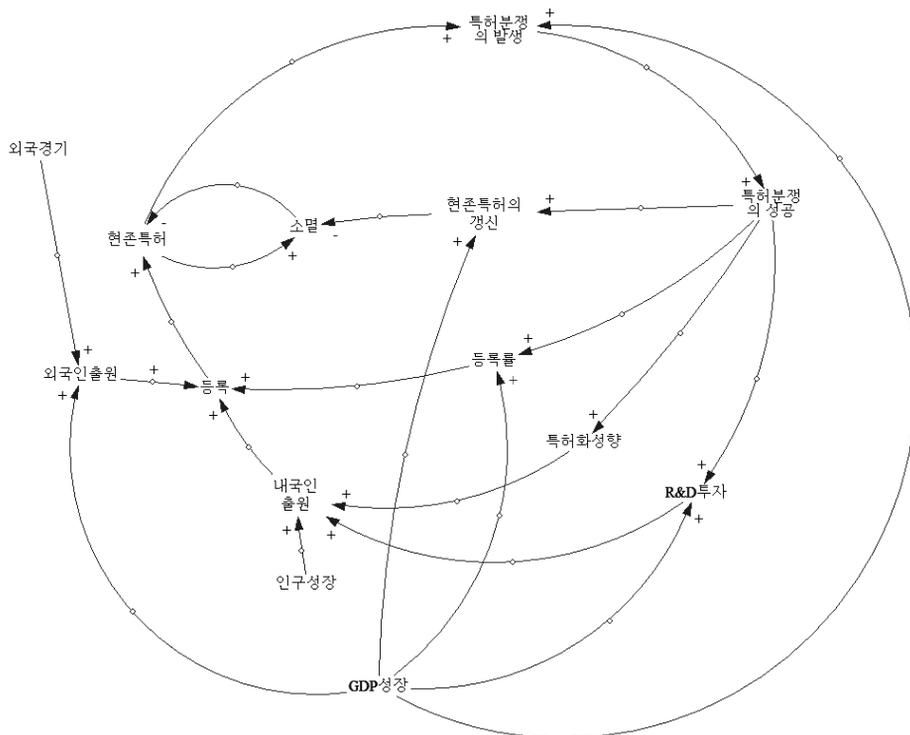
세번째는 특허화 성향을 통한 강화 피드백 루프(R3)이다. 우수한 지식이 창출된다고 해서 반드시 특허 출원이 일어나지는 않는다. 특허는 창출된 지식을 보호하는 여러 가지 방법 중 하나일 뿐이다. 특허를 출원하면 법적인 보호를 받는 이점이 존재하지만 오히려 정보를 공개하게 되기도 하고 출원에 많은 비용이 발생하기도 한다. 따라서 지식을 특허화 하기 보다는 사내 비밀로 남겨 두는 경우도 많다. 또한 창출된 지식의 암묵성이 커서 특허화 하기 힘든 경우도 있다. 따라서 기업은 여러 변수들을 고려하여 창출된 지식을 특허화하려고 시도한다. 창출된 지식 중 실제 특허 출원으로 이어지는 비율이 특허화 성향이다. 이때 특허화 성향은 특허분쟁의 성공의 영향을 받는다. 특허분쟁이 많이 성공할수록 기업들이 특허출원의 비용보다는 편익이 클 것이라고 예상할 것이기 때문이다. 특허화 성향이 높아지면 내국인의 출원이 증가하고, 따라서 신규 등록이 증가하며, 결국 현존특허의 수가 증가하게 된다.

네번째는 R&D 투자를 통한 강화 피드백 루프(R4)이다. 특허분쟁의 성공이 증가하면 기업들은 모방 등 다른 방법으로 지식을 습득, 사용하는 것이 더 많은 비용을 수반하게 됨을 깨닫게 된다. 따라서 기업은 경쟁을 위한 지식 창출을 위해 연구개발투자가 증가시킬 것이다. R&D 투자는 근원적인 불확실성을 수반하기 때문에 R&D에 투자가 반드시 우수한 지식 창출로 이어지지는 않는다. (Nelson and Winter, 1982; Dosi, 1982) R&D 투자와 지식창출의 연결고리가 R&D의 효율성이다. R&D 효율성 또한 여러 변수의 영향을 받을테고 시간에 따라 변화하겠지만 본 예측모형에서는 단순화를 위해 고정된 파라미터로 가정하였다. R&D 투자를 통해 지식이 창출되면 특허화 성향과 R&D 효율성에 따라 내국인 출원의 수가 결정되게 된다. 자연스럽게 R&D 투자의 증가는 내국인 출원과 정의 관계를 가진다. 그리고 내국인 출원이 증가하면 결국 현존특허의 수도 증가한다.

이와 같이 본 시스템 다이내믹스 모형은 기본적으로 하나의 음의 피드백, 네 개의 양의 피드백 루프로 구성되어 있다. 하지만 정량분석을 위해서는 시스템 내에서 내생적으로 결정되지는 않지만 여러 가지 변수에 영향을 미치는 중요한 외생변수들을 도입해야 한다. [그림 2]는 외국경기, 인구성장, GDP성장, 등 세 개의 중요한 외생변수들을 포함한 인과지

도이다.

상술하였듯이 본 논문이 과거 연구들과 크게 차별화되는 지점이 바로 내외국인 특허출원 구조의 분리다. 이는 소규모 개방경제인 한국의 특성 상 중요한 부분이라고 할 수 있다. 내국인의 특허출원에는 큰 영향을 미치지 않지만 외국인 특허출원에는 큰 영향을 미치는 것이 바로 외국의 경기상황이다. 외국의 경기가 좋을수록 외국의 R&D 활동이 활발해지기 때문에 지식생산이 증가하고 따라서 한국에 출원하는 특허의 수도 증가하게 될 것이다. 국내 GDP의 성장도 외국인 출원을 결정하는 중요한 요인이다. 국내 GDP의 성장은 해외 기업의 입장에서 시장의 크기가 증가하는 것을 의미하고 이는 국내 보유 특허의 가치 상승을 의미하기 때문이다. 다시 말해서 외국 경기는 외국인의 R&D 활동에 영향을 주고, 한국 경기는 외국인의 특허활동에 영향을 줌으로써 출원 수를 결정하게 된다. 실제 칼리브레이션의 결과를 보면 국내외 경기의 영향이 모두 확인되었지만 국내보다는 외국의 영향이 큰 것으로 나타났다. 한국은 경제학에서 말하는 소규모 개방경제에 해당되기 때문에 외국 경기의 경우 본 연구에서 사용하는 변수들의 영향을 거의받지 않을 것이다. 따라서 외국경기를 외생변수로 취급하는 것은 이론적으로 별 문제가 없다고 볼 수 있다.

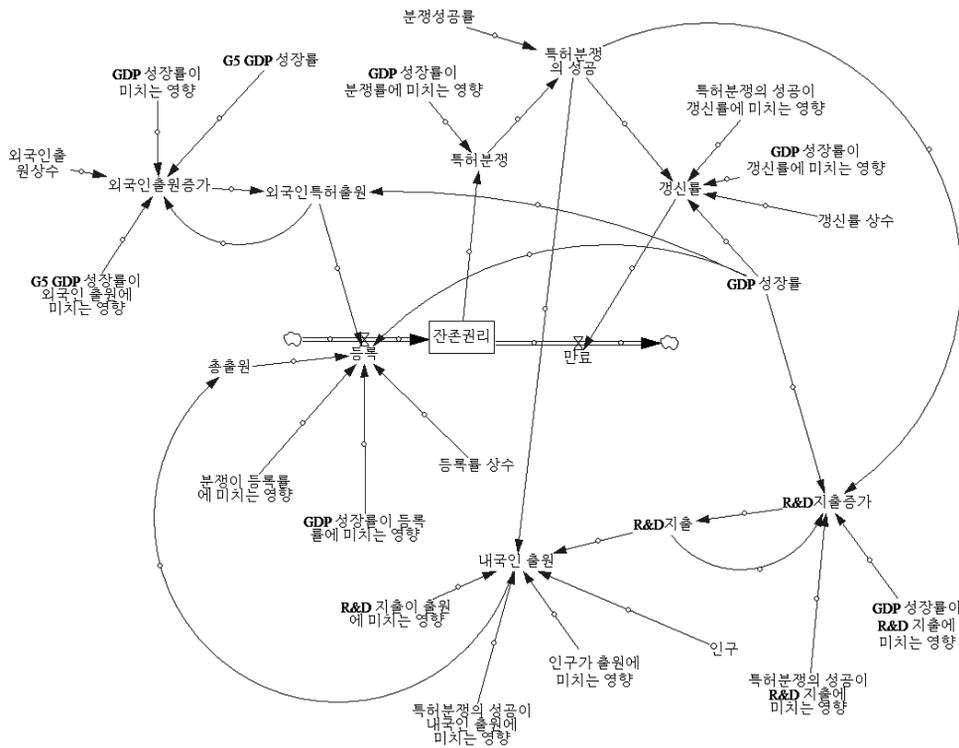


[그림 2] 특허 출원 시스템의 인과지도(외생변수 포함)

인구 혹은 인적자본은 지식생산의 중요한 변수로 취급되어 왔다. (Hidalgo and Gabaly, 2012; Diamond, 1997) 하지만 인구는 본 연구에서 다루는 요인들의 영향을 거의 받지 않을 것이기 때문에 국내출원에 영향을 주는 외생변수로 취급하였다.

GDP는 본 연구에서 다루는 많은 변수들에 영향을 미치는 중요한 요소이다. R&D 투자는 GDP와 가장 밀접하게 연관이 되어 있는 변수이다. 일반적으로 GDP가 성장하면 연구개발투자가 증가하게 되는데(Geroski and Walters, 1995; Fatas, 2000; Walde and Woitek, 2003) 이에 대해서는 두 가지의 이유가 있을 수 있다. 먼저 GDP가 성장하게 되면 소비가 증가하면서 연구개발투자의 기대이익이 높아지고 따라서 연구개발투자가 증가하게 된다. 두번째, 금융제약 때문에 연구개발투자를 못하고 있던 기업들의 경우 호황일 때 연구개발 투자 여력이 증가하게 되기 때문에 연구개발투자를 더 많이 하게 된다.

GDP는 기업의 R&D 투자 뿐 아니라 기업의 특허활동에도 영향을 미친다. 국내 경기가 좋을수록 국내에 등록된 특허의 가치가 높아지기 때문에 R&D 결과물을 국내에 많이 등록하려고 하고, 현존 특허의 갱신도 늘어나게 될 것이다. 또한 특허분쟁에서 이겼을 때 예상되는 편익이 증가하기 때문에 특허분쟁 발생에도 영향을 미치게 된다. 이러한 효과는 외국



[그림 3] 특허시스템의 시스템 다이나믹스 모형

인의 특허출원에도 영향을 주는데, 한국은 소규모 개방경제이기 때문에 한국의 GDP가 외국인의 R&D 활동에는 큰 영향을 주지 못하겠지만 외국인이 생산된 지식을 국내에 출원, 등록하는지의 여부에는 영향을 줄 수 있기 때문이다. 다른 변수와 마찬가지로 GDP 성장률이 높을수록 한국에 등록된 특허의 가치가 올라갈 것이기 때문에 외국인의 출원도 증가하게 된다.

[그림 3]은 이와 같은 인과지도를 바탕으로 만든 특허시스템의 시스템 다이내믹스 모형을 표시하고 있다. 실제 실험에 사용된 수식은 부록1에 표기하였다.

#### IV. 모형의 칼리브레이션

모형에서 다른 변수의 영향을 전혀 받지 않는 GDP성장, 외국의 경기, 그리고 총인구는 모두 외생변수이다. 다시 말해서 모형 내에서 결정되는 것이 아니라 실제 데이터를 그대로 입력하여 사용하였다. 외국의 경기는 세계총생산(GWP)을 사용할 수도 있으나 한국에 특허출원을 많이 하는 국가들의 경기와 동떨어질 수 있다는 문제점이 있다. 그래서 한국 특허청에 가장 많이 특허 출원을 하는 5개 국가의 GDP를 합산하여 사용하였다.

칼리브레이션을 위해 갱신률, 등록 수, 내국인 출원 수, 외국인 출원 수, 존속특허 수, R&D 투자 등 여섯 가지의 실제 데이터를 이용하였다. 되도록 많은 변수들에 대하여 실제 데이터와의 차이를 최소화시킬 수 있는지 여부를 확인함으로써 모형의 정당성을 부여하고자 하였다. 칼리브레이션은 몬테카를로 실험을 통하여 모형이 예측하는 데이터와 실제 데이터와의 차이의 평균제곱합을 가장 작게 할 수 있도록 파라미터 값을 정하는 과정을 거쳤다. 실제 칼리브레이션 과정은 Vensim을 통하여 자동으로 이루어졌다.

칼리브레이션은 모든 변수에 대한 데이터를 구할 수 있는 2002년부터 2012년까지의 데이터를 이용해서 행해졌고 분기 데이터를 구할 수 있는 데이터가 한정적이기 때문에 시간은 연(year)단위로 주었다. 칼리브레이션 결과 구해진 파라미터 값들은 부록2에서 볼 수 있다.

칼리브레이션을 통해 구해진 파라미터들의 신뢰성을 판단하기 위해 칼리브레이션을 위해 사용된 여섯 개의 벤치마크 변수와 모형에서 산출된 예측값의 평균절대백분율오차(Mean absolute percentage error: MAPE) 값을 살펴보았다. [표1]은 칼리브레이션을 한 후 각 변수들의 MAPE를 보여주고 있는데 등록에 대해서는 오차가 상대적으로 크게 나왔으나 나머지 변수들에 대해서는 전반적으로 높은 예측력을 보여주고 있음을 알 수 있다. Barlas(1994)는 오차가 5% 미만이라면 모형이 정당화될 수 있다고 보았고, Lewis(1982)는 10% 이하면 매우 정확한 예측, 20% 이하면 비교적 정확한 예측이라고 보았는데 어떠한

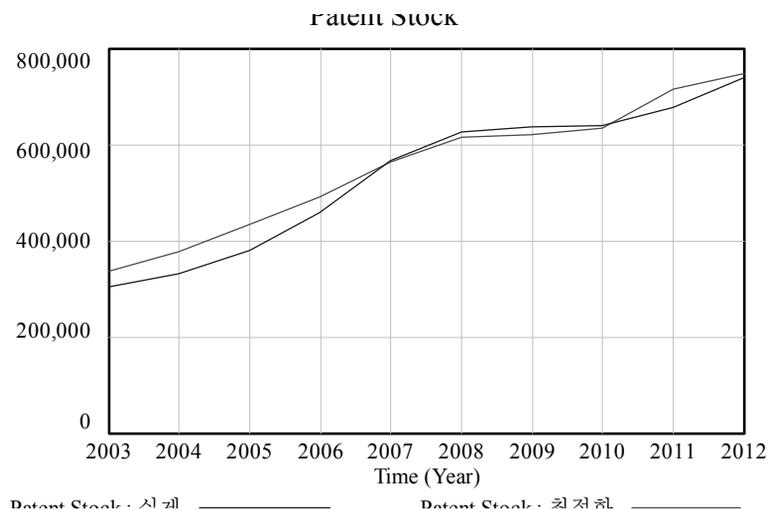
기준에서 보아도 대부분의 변수들에 대해서는 모형이 정당화되고 있다고 볼 수 있다.

〈표 1〉 실제 값과 예측 값의 MAPE (%)

	갱신률	등록	내국인출원	외국인출원	존속특허	R&D투자	총출원
MAPE	1.8856	18.4742	4.233	3.45277	5.88552	1.40656	3.54669

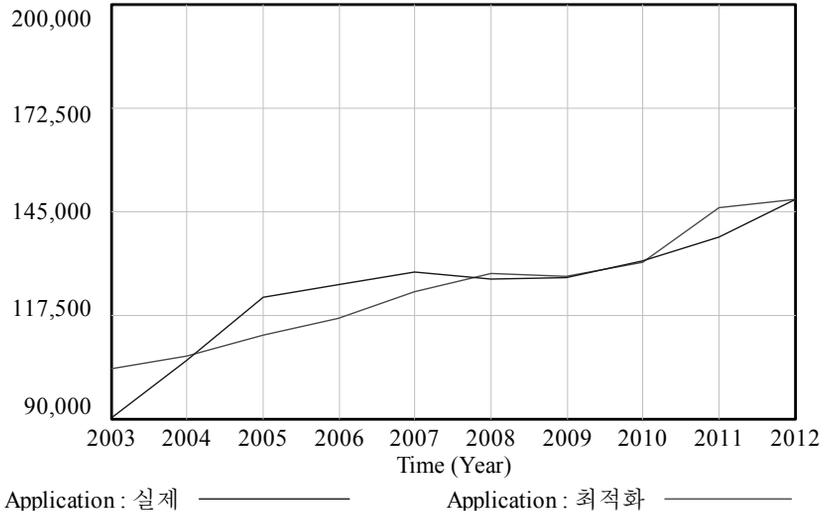
MAPE 값을 비교해 볼 수 있는 연구로서는 전술한 통계적인 방법을 통해 출원수를 예측하는 문헌들이 있는데, 통계적인 방법은 하나의 설명변수에 대해서만 MAPE를 구하게 되기 때문에 모든 변수의 MAPE를 비교할 수는 없다. 통계적인 방법으로 출원 수를 예측한 문헌들에 따르면 MAPE가 4.60(Hingley and Nicolas, 2012)부터 7.08(Adams et al., 1997)까지 다양하게 보고되고 있다. 비록 데이터의 차이는 있으나 본 모형에서 총출원수에 대한 MAPE가 3.54669라는 것은 최소한 통계적인 방법과 비교했을 때 나쁘지는 않은 결과라고 볼 수 있는 것이다. 또한 통계적인 방법과는 달리 본 모형은 출원수 뿐 아니라 갱신률, 등록, 존속특허, R&D투자까지 높은 예측력으로 예측하고 있으므로 예측 모형의 적합성이 더 크다고 할 수 있다.

추가적으로 그림을 통해서 각 변수들의 추세를 모형이 잘 반영하고 있는가를 확인하였다. [그림 4]부터 [그림 9]는 2003년부터 2012년까지 현존특허, 내국인 출원, 외국인 출원의 실제 데이터와 칼리브레이션된 모형의 산출결과를 비교한 것이다. 장기추세와 단기적인 변동 모두 상당히 근접하게 예측하고 있음을 볼 수 있다.



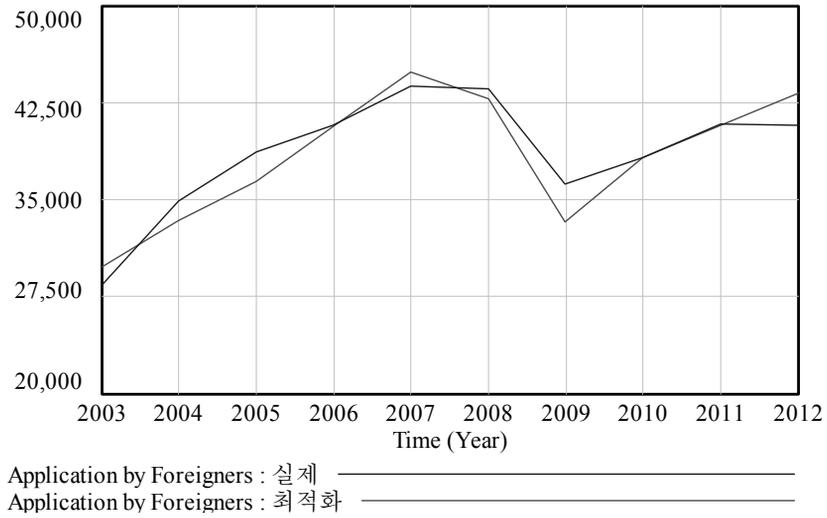
[그림 4] 존속 특허 수

### Application

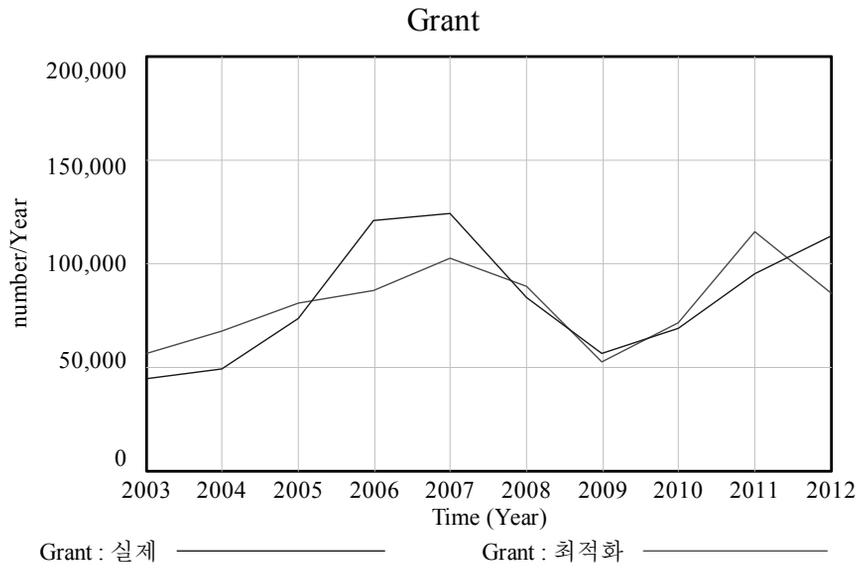


[그림 5] 내국인 출원 수

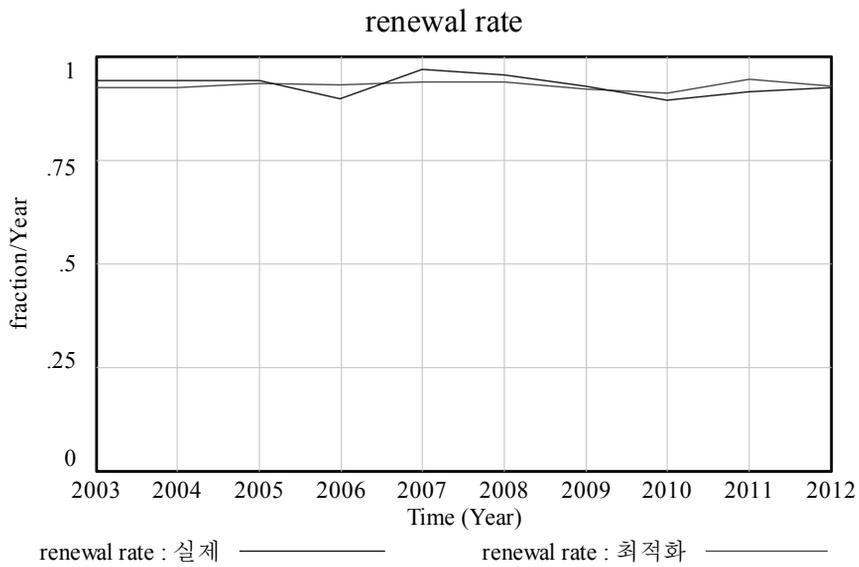
### Application by Foreigners



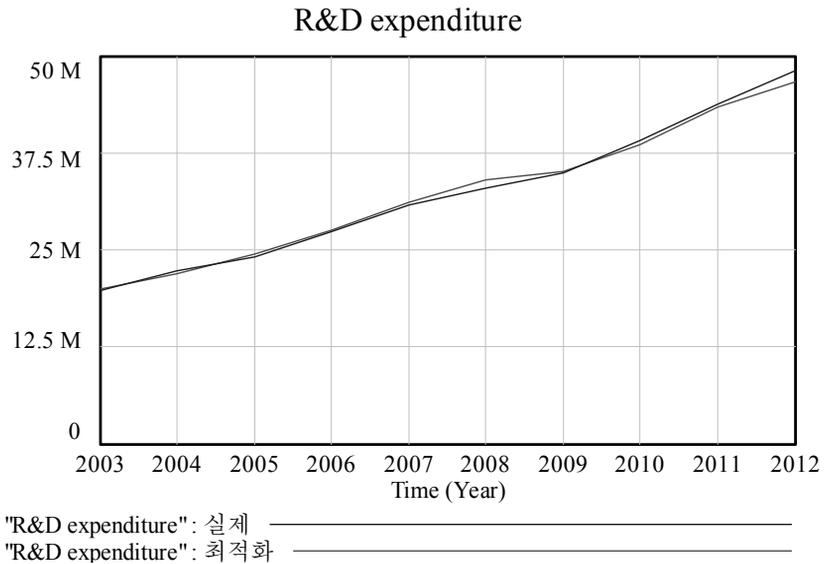
[그림 6] 외국인 출원 수



[그림 7] 등록



[그림 8] 갱신을



[그림 9] R&D 투자

## V. 정량적 예측

칼리브레이션한 모형에 초기값으로 마지막 해 데이터를 주어 향후 5년 간의 각 변수들의 값을 예측해 보았다. 모형 내에서 결정되지 않는 외생변수들에 대해서도 추가적인 예측이 필요한데 이 중 총인구의 경우 통계청의 인구예측을, GDP는 중기예측자료를 그리고 G5 국가의 성장률은 최근 3개년도 평균을 사용하였다.

<표 2>는 실제 모형을 이용하여 향후 추세를 예측한 값이다.

<표 2> 향후 5년 간의 예측치

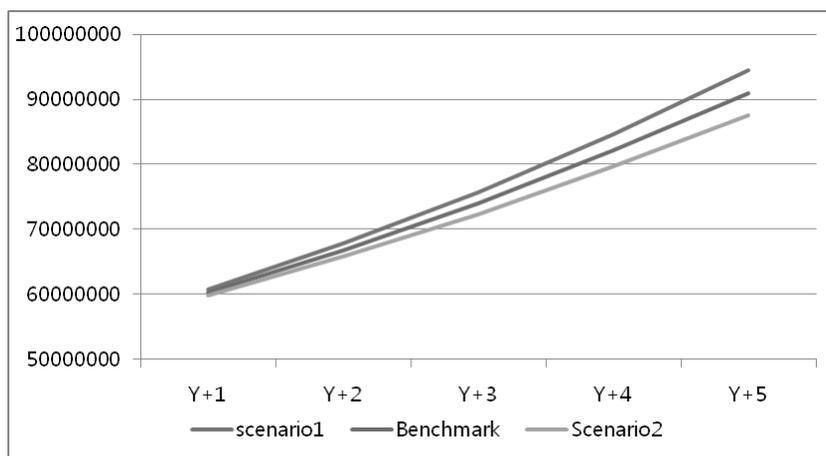
연도	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5
내국인출원	173,460	183,347	194,385	206,383	219,589
외국인출원	48,590	52,944	57,683	62,858	68,477
총출원	222,050	236,291	252,068	269,241	288,067
R&D지출	62,524,936	68,742,216	75,625,456	83,237,736	91,575,432
갱신률	0.929	0.929	0.929	0.929	0.930
잔존특허	865,478	922,334	984,493	1,051,043	1,122,805

## VI. 정책실험

본고에서 개발한 특허 시스템 모형은 파라미터 값을 변화시킴에 따라서 다양한 정책실험이나 예측에 활용될 수 있다. 여기서는 그 예의 하나로 특허권 보호를 강화시킬 경우 전체 시스템에 어떠한 영향을 주는지 살펴보기로 한다. 특허권 제도에서 중요한 정책변수로는 특허권 보호의 기간과 보호의 정도가 있다. 이 중에서 보호의 기간은 모형에서 별개의 변수로 다루고 있지 않기 때문에 특허권 보호 정도만을 변화시키면서 그 결과를 관찰하였다. 이 변수에 대해서는 기술혁신 촉진을 위해 재산권을 최대한 보호해야 한다는 주장과 모방을 통한 학습과 공공재로서 지식의 사용을 촉진하기 위해 보호의 정도를 낮춰야 한다는 주장이 맞서 있다. 특히 개발도상국의 경우 축적된 지식이 없기 때문에 기술혁신의 인센티브를 위해 높은 정도의 지적재산권 보호보다는 모방을 쉽게 할 수 있도록 낮은 정도의 지적재산권 보호를 하는 것이 더 좋다는 주장이 제기되고 있다.<sup>2)</sup>

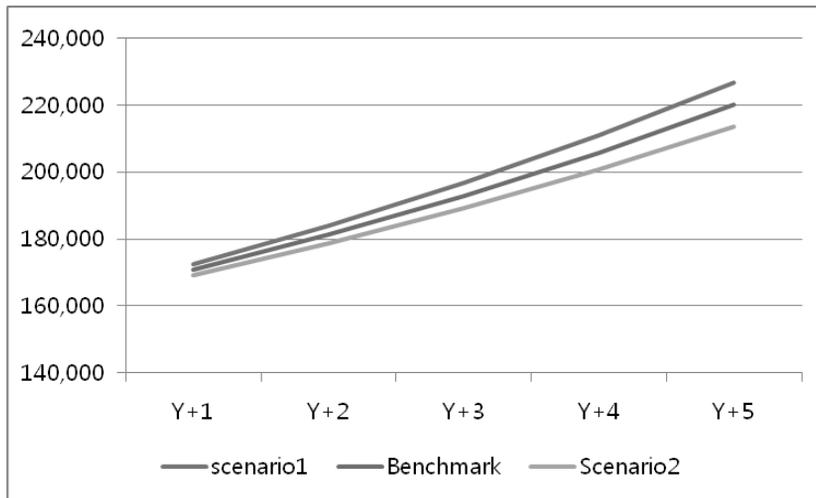
[그림1]에서 볼 수 있듯이 본 모형에서 특허권 보호를 강화하게 되면 특허 분쟁의 성공이 증가하게 되고 이것이 각각의 루프를 통해 전체 시스템에 영향을 미치게 된다. 특허 분쟁의 성공은 R&D투자, 특허화성향, 등록률, 갱신률에 영향을 미치고 이 변수들은 존속특허수에 영향을 미치며, 다시 존속특허 수는 특허분쟁에 영향을 미치게 되는 루프를 거친다.

지면 관계 상 모든 시스템의 변화를 보일 수는 없기 때문에 하나의 예만 살펴보기로 한다. [그림10]과 [그림11]은 각각 R&D 지출과 내국인 출원의 향후 5년 추세를 보여주고 있다. Benchmark는 칼리브레이션 된 특허보호의 정도를 사용했을 때의 결과이고, Scenario1은



[그림 10] R&D 지출의 변화 추이

2) 경제발전과 특허제도에 대한 다양한 논의는 Ahn et al. (2014)를 참조하라.



[그림 11] 내국인 출원의 변화 추이

특허권보호의 정도를 강화했을 때, Scenario2는 특허권보호의 정도를 약화했을 때의 결과다. 지재산 보호를 강화하게 되면 Benchmark에 비해 더 많은 R&D 투자가 이뤄지고 따라서 더 많은 특허가 출원되고, 또한 더 많은 특허가 등록된다. 이 때 Benchmark와 각 Scenario의 차이는 양의 피드백에 의해 점점 더 커지게 된다.

<표 3>은 각 시나리오의 최종 결과가 Benchmark의 최종 결과와 얼마나 차이가 나는지를 나타내고 있다. 특허권보호의 정도를 강화했을 때 R&D투자는 3.9% 증가하였다. 하지만 내국인출원은 3.1% 밖에 증가하지 않았다. 이는 내국인출원이 R&D 투자뿐 아니라 특허권 보호 정도의 영향을 받지 않는 인구와도 관련이 있기 때문이다. 특허권보호 정도를 높였을 때 가장 민감하게 반응하는 변수는 등록률이어서 7.3%가 증가하였다. 출원과 등록률이 증가하여 등록은 9.8%가 증가하였다. 하지만 갱신률은 0.5% 상승에 그쳐서 갱신률과 등록의 영향을 받는 잔존특허 수는 6.1%만 증가하였다.

<표 3> 각 Scenario와 Benchmark와의 차이

	R&D투자	내국인출원	갱신률	등록률	등록	잔존특허
Scenario1	3.9%	3.1%	0.5%	7.3%	9.8%	6.1%
Scenario2	3.7%	3.0%	0.5%	7.3%	9.4%	5.9%

이 결과를 해석할 때에는 두 가지 점에 유의해야 한다.

첫째, R&D투자가 증가하면 실제로는 GDP도 증가할 것이다. 그런데 본 논문에서는 GDP는 외생적으로 주어져 있는 것으로 보았기 때문에 이와 관련된 루프가 생략되어 있다.

GDP가 내생적으로 결정되었다면 R&D 투자가 더 증가했을 가능성이 크고, 이로 인한 GDP 증가까지 추계해볼 수 있었을 것이다. 이에 대해서는 향후 연구과제로 남겨둔다.

둘째, 특허권 보호의 정도를 높이면 R&D 투자와 존속특허의 수가 증가하게 되는데 이는 지식의 생산과 스톱을 모두 증가시키는 효과가 있다고 할 수 있다. 하지만 이러한 현상은 반드시 긍정적인 측면만 존재하는 것은 아니다. 과도한 특허권 보호는 모방을 통한 혁신을 저해할 수 있기 때문에 R&D 투자와 효율성을 떨어뜨릴 수도 있는데 이러한 점은 본 모형에서는 고려하지 않았다. 또한 특허권 보호의 정도가 커질수록 혁신의 사용과 전파가 지체되어 결국 최종 소비자의 효용이 감소할 수도 있다. 이러한 점에서 정책실험에서 R&D 투자의 증가보다는 등록률이 더 큰 폭으로 증가했다는 점은 주목할만하다. R&D 투자 증가를 통한 지식생산 증가도 있었지만 그보다는 생산된 지식을 특허화하려는 경향이 더 많이 증가했다는 것이다. 특허라는 것이 한계비용 가격책정에서 벗어나기 때문에 경제적 효율성이 감소함에도 불구하고 지식생산의 인센티브를 높이기 위해 필요하다는 점을 감안한다면, 특허보호의 정도를 높였을 때 지식생산 증가보다 생산된 지식을 특허화 하려는 경향이 더 높아졌다는 점은 적정 특허보호 정도에 대한 시사점을 가진다고 할 수 있다.

## VII. 결론

이 논문에서는 특허의 출원과 유지에 대한 시스템 다이나믹스 모형을 제시하였다. 기존에 특허 출원에 대한 문헌들은 특허의 출원에 대해 GDP 등 경제변수들을 사용하여 선형적인 인과관계를 제시하거나, 시스템다이나믹스 모형의 경우 특허소송과 출원에 대한 피드백 루프를 제시하는 데 그쳤고 정량적인 분석에는 이르지 못하였다. 본 논문의 모형은 GDP, R&D 등 경제변수와 특허소송 등의 변수들을 포괄하고 있고 따라서 실제 데이터를 사용하여 정량적인 예측에 사용할 수 있었다. 과거 데이터에 대한 설명력을 보면 통계 모형을 통한 예측에 비해 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 예측 결과를 보면 내국인 출원의 경우 향후 5년 후 219,589건, 외국인출원은 68,477건으로 증가하여 총출원은 288,067건에 달할 것으로 전망된다.

또한 개발된 모형을 정책적 실험에도 응용할 수 있음을 보였다. 특허권보호 정도를 칼리브레이션된 값보다 높이거나 낮추어보았는데 특허권보호 정도에는 R&D 투자보다는 등록률이 더 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 현상태에서 특허권보호 정도를 높일 경우 특허제도 본연의 목적인 혁신 인센티브의 제공보다는 특허제도의 단점인 혁신의 전파와 사용을 저해하는 효과가 더 클 수 있다는 점을 시사한다.

시스템 다이내믹스는 사회적 현상에서도 예측모형으로 많이 사용되고 있고 본 논문의 모형도 예측력에서는 좋은 결과를 보여주었다. 하지만 여전히 일정 정도 자의적일 수 밖에 없는 부분들이 존재한다. 이 논문에서는 이러한 점을 극복하고자 시도하였으나 향후 계량 경제학적인 방법론을 비롯하여 좀 더 다양한 방법론들에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구의 가장 큰 한계는 모형에서 가장 큰 역할을 차지하는 변수가 외생변수인 GDP라는 점이다. 고유의 다이내믹스들을 모형에 반영하였지만 여전히 외생변수인 GDP가 미치는 영향이 크다고 볼 수 있다. 이는 기본적으로 지금까지 대부분의 특허시스템 관련 연구에서 가정하였듯이 GDP와 특허시스템 간의 상관관계가 가장 크기 때문에 부득이한 측면이 있으나, 시스템 다이내믹스 모형으로서 완결성을 갖추기 위해서는 외생변수가 지나치게 많은 영향을 미치는 것은 적절하지 않을 수 있다. 실제 현실에서 GDP는 R&D 투자나 특허 출원 등의 영향을 상당히 받을 것이며 특히 기술혁신과 특허의 전략적 이용이 중요해짐에 따라 이 인과관계는 더욱 강해지고 있을 것이므로 본 연구의 틀에서 GDP의 내생화는 큰 의미가 있다. 그러나 GDP는 굉장히 다양한 변수의 영향을 받고 이들 변수들을 모두 연구에 포함시키는 것은 지나치게 방대한 작업이거니와 이 때문에 자칫 특허시스템의 행태라는 연구의 초점이 흐려질 수 있다. 하지만 GDP 결정에 대한 모든 변수를 포함시키지 않더라도 특허와 관련된 부분을 부분적으로 포함시키는 방안 등을 검토해 볼 필요가 있을 것이다. 이는 후속연구의 과제로 남겨둔다.

## 【참고문헌】

- 조운숙 (2014), 『산림자원 및 산림의 공익기능량 추정을 위한 시스템다이내믹스 모형 개발』, 『한국 시스템다이내믹스 연구』, 제15권 제3호 : 5-36
- 최남희, 전재호 (2002), 『시스템 다이내믹스 기법을 활용한 동태적 비용편익분석 모델구축과 사업성 평가에 관한 연구』, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제3권 제2호: 113-140.
- Ahn, S., B. H. Hall, and K. Lee ed. (2014) “Intellectual Property for Economic Development,” Edward Elgar.
- Barlas, Y. (1994), “Model Validation in System Dynamics,” International System Dynamics Conference.
- Ernst, Holger (2003), “Patent information for strategic technology management,” World Patent Information, 25, 233-242.
- Derwishc, Sebastian (2010) “Dynamics of Enforcement and Infringement of Intellectual Property Rights and Implications for Innovation Incentives,” presented at the 28th International Conference of the System Dynamics Society, July 25-29.
- Diamond, J. (1997), “Guns, Germs, and Steel: the Fates of Human Societies,” W. W. Norton.
- Fatas, A. (2000), “Do Business cycles cast long shadows? Short-run persistence and economic growth,” Journal of Economic Growth, 5, 147-162.
- Geroski, P.A. and C.F. Walters(1995), “Innovative activity over the business cycle,” Economic Journal, 105, 916-928.
- Hidalgo, A. and S. Gabaly (2012), “Use of Prediction Methods for Patent and Trademark Applications in Spain,” World Patent Information 34(1), 19-29.
- Hingley, P. and M. Nicolas(2006), “Forecasting Innovations: Methods for Predicting Numbers of Patent filings,” Springer.
- Malerba, F. (2004), Sectoral Innovation System, Cambridge University Press.
- Lewis, C.D. (1982), Industrial and Business Forecasting Methods. London: Butterworth.
- Lyneis, J.M. (1999) “System Dynamics for Market Forecasting and Structural Analysis,” System Dynamics Review, 16, 3-25.
- Suryani, E., Chou S-Y, and Chen C-H (2010), “Air Passenger Demand Forecasting and Passenger Terminal Capacity Expansion: A System Dynamics Framework,” Expert Systems with Applications, 37

Walde, K. and U. Woitek(2004), “R&D Expenditure in G7 countries and the implication for endogenous fluctuations and growth,” *Economics Letters*, 82(1), 91-97.

▶ 접수일 : 2015. 10. 14. / 수정일 : 2016. 3. 21. / 게재확정일 : 2016. 6. 26.

### 【부록 1】 시뮬레이션에 사용된 식

존속특허 수는 새로 등록되는 특허의 수와 기존 특허 중 갱신되는 특허의 수의 합이다.

$$P_t = r_t P_{t-1} + G_t$$

$P_t$ : 존속 특허 수

$G_t$ : 등록

$r_t$ : 갱신률

갱신률은 성공한 분쟁과 GDP 증가율의 영향을 받는다.

$$r_t = \text{Min}(1, \alpha_r + \beta_{rD} SD_t + \beta_{rG} GDPG_t)$$

$SD_t$ : 성공한 분쟁

$GDPG_t$ : GDP 증가율

새로 등록되는 특허의 수는 내국인 출원, 외국인 출원의 합에 등록률을 곱해서 구해진다.

$$G_t = (A_t + AH_t) g_t$$

$A_t$ : 내국인 출원

$AH_t$ : 외국인 출원

$g_t$ : 등록률

등록률은 GDP 증가율, 성공한 분쟁의 영향을 받는다.

$$g_t = \alpha_{gr} + \beta_{grGDPG} GDPG_t + \beta_{grSD} SD_t$$

분쟁은 존속 특허 수와 GDP 증가율의 영향을 받는다.

$$D_t = \beta_{DP} P_{t-1} + \beta_{DG} GDPG_t$$

$D_t$ : 분쟁의 발생

분쟁성공은 분쟁의 수와 성공률의 곱이다.

$$SD_t = \beta_{SD} D_{t-1}$$

연구개발투자는 GDP 증가율과 분쟁성공의 영향을 받는다.

$$R_t = (1 + \beta_{RG} GDPG_t + \beta_{RD} SD_t) R_{t-1}$$

$R_t$ : R&D 투자

내국인 출원은 연구개발투자, 인구, 그리고 분쟁성공의 영향을 받는다. 기본적으로 연구개발의 성과는 투자와 인구의 영향을 받는다. 연구개발 성과 중 얼마나 특허출원으로 이어지는 것은 특허화 성향에 달려 있는데 이것이 분쟁성공의 영향을 받는다고 할 수 있다.

$$A_t = (\beta_{AR} R_t + \beta_{AO} O_t) \beta_{ASD} SD_t$$

$O_t$ : 인구

외국인 출원은 주요 5개국 GDP 성장률과 GDP 성장률의 영향을 받는다.

$$AF_t = (1 + \alpha_{AF} + \beta_{AFGDPG} GDPG_t + \beta_{AFGS} GSG_t) AF_{t-1}$$

$GSG_t$ : 주요 5개국 GDP 성장률

**【부록 2】 칼리브레이션 된 파라미터 값**

$\alpha_r$	0.906585
$\beta_{rD}$	0.000260588
$\beta_{rG}$	0.0122194
$\alpha_{gr}$	0.207627
$\beta_{grGDPG}$	3.08047
$\beta_{grSD}$	0.00210904
$\beta_{DP}$	1.00059e-005
$\beta_{DG}$	8811.93
$\beta_{SD}$	0.3
$\beta_{RG}$	1.53843
$\beta_{RD}$	0.000489984
$\beta_{AR}$	0.00157785
$\beta_{AO}$	0.00156166
$\beta_{ASD}$	0.0502849
$\alpha_{AF}$	-0.104733
$\beta_{AFGDPG}$	5.53325
$\beta_{AFG5}$	5.53325