



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2017年 2月

박사학위논문

시스템다이나믹스를 활용한
공간정보 R&D 투자기법개발 및 평가

조선대학교 대학원

토목공학과

임창용

시스템다이내믹스를 활용한 공간정보 R&D 투자기법개발 및 평가

Development and Evaluation of Spatial Information R&D Investment
Method Using System Dynamics

2017년 2월 24일

조선대학교 대학원

토목공학과

임창용

시스템다이내믹스를 활용한 공간정보 R&D 투자기법개발 및 평가

지도교수 박 상 준

이 논문을 공학박사학위신청 논문으로 제출함

2016년 10월

조선대학교 대학원

토 목 공 학 과

임 창 용

임창용의 박사학위논문을 인준함.

위원장 조선대학교 교수 박 吉 鉉 (인)

위 원 순천제일대학교 교수 박 正 南 (인)

위 원 조선대학교 교수 金 雲 中 (인)

위 원 조선대학교 교수 박 正 雄 (인)

위 원 조선대학교 교수 박 祥 濬 (인)

2016년 12월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT

제 1 장 서론	1
1.1 연구의 배경과 목적	1
1.2 연구동향	3
1.3 연구의 방법과 범위	5
제 2 장 이론적 고찰 및 동태모형	7
2.1 국가R&D사업 개괄	7
2.1.1 R&D사업의 개념	7
2.1.2 R&D사업의 성과의 개념	9
2.1.3 국가R&D사업 현황 및 운영체계	11
2.1.4 국가R&D사업 성과분석	13
2.2 공간정보R&D사업	16
2.2.1 공간정보정책의 개관	16
2.2.2 공간정보정책 기본계획 및 시행계획	19
2.2.3 공간정보R&D 투자현황	25
2.2.4 공간정보R&D 사업성과 및 평가체계	29
2.3 시스템다이내믹스와 동태모형	31
2.3.1 시스템다이내믹스의 이해	31
2.3.2 시스템사고의 이해	33
2.3.3 시스템다이내믹스 모형 및 모델링	43
2.3.4. 시스템다이내믹스와 R&D 성과분석에 적용	45

제 3 장 공간정보 R&D 투자성과 인과구조 분석	47
3.1 시스템의 정의와 변수의 선정	47
3.1.1 시스템의 정의	47
3.1.2 공간정보 R&D 변수 선정	48
3.2 공간정보 R&D 투자 인과지도	53
3.2.1 인과관계의 설정의 기준	53
3.2.2 공간정보 R&D 투자성과 인과관계	53
3.2.3 시스템다이내믹스 분석 SW	57
3.2.4 공간정보 R&D 투자 성과 인과지도	59
3.3 공간정보 R&D 투자 성과 피드백 루프	63
제 4 장 공간정보 R&D 투자성과 구조 및 시뮬레이션	73
4.1 원인변수와 결과변수 분석	73
4.1.1 원인변수 분석	73
4.1.2 결과 변수의 분석	79
4.2 공간정보 R&D 투자성과 동태모형	84
4.2.1 동태모형 모델링	84
4.2.2 공간정보 R&D 투자성과 모형 상수값	87
4.3 시뮬레이션 모형검증 및 분석	90
4.3.1 시뮬레이션 모형 검증	90
4.3.2 시뮬레이션 결과(Base case)	91
4.4 시나리오 및 민감도 분석	93

4.4.1 시나리오 1-R&D 교육비 비율 변화	94
4.4.2 시나리오 2-기술자 교육기간	95
4.4.3 시나리오 3-정부 R&D 예산중 공간정보 연구비 예산비율	97
4.4.4 시나리오 4-기술 사업성	99
4.4.5 시나리오 5-기술수준	100
4.4.6 민감도 분석	102
제 5 장 결론	105
참 고 문 헌	107
부록1. 공간정보 R&D 투자 성과 모형 수식	111
부록2. 민감도 분석 수식	112
부록3. 정부 R&D예산(2011~2015)	114
부록4. 공간정보 R&D예산(2011~2015)	115

표 목 차

표 2.1 시대별 국가연구개발사업의 특징과 성격 변화	8
표 2.2 전문학술지 논문게재 실적	9
표 2.3 학술대회 논문발표 실적	10
표 2.4 지식재산권 실적	10
표 2.5 기술실시계약 체결실적	11
표 2.6 우리나라의 연도별 연구개발비 투자 실적	12
표 2.7 국가공간정보 정책의 범위	18
표 2.8 국가공간정보 R&D 예산 비율	27
표 2.9 국가공간정보 R&D 예산	28
표 2.10 시스템다이내믹스방법론과 기존연구 비교	33
표 3.1 공간정보 R&D투자 영향 요인	49
표 3.2 공간정보 R&D 투자 모델의 변수 구분	50
표 3.3 심층면접(Depth Interview) 대상자 현황	51
표 3.4 공간정보 R&D 투자 성과 모델의 변수	52
표 3.5 공간정보 R&D 투자 변수들 간의 영향요소 상관관계	55
표 3.6 공간정보 R&D 투자성과 피드백 루프	63
표 4.1 공간정보정책 시행계획 예산 항목 내 R&D 예산항목	87
표 4.2 전문가 검증 결과	88
표 4.3 공간정보 R&D 투자모형 상수값	89
표 4.4 시나리오 분석 가정	93
표 4.5 민감도 분석 모수값과 분포모델	103

그림 목 차

그림 1.1 연구의 개념적 분석틀	5
그림 1.2 연구구성 및 흐름	6
그림 2.1 국가연구개발사업 성과분석 운영체계	13
그림 2.2 국가연구개발사업 성과분석 과정	15
그림 2.3 국가공간정보정책 발전과정	17
그림 2.4 국가공간정보정책 기본계획 비전 및 목표	19
그림 2.5 공간정보 융합기술 R&D 추진	20
그림 2.6 국가공간정보정책 추진절차	24
그림 2.7 국가공간정보정책 예산(2011~2015)	26
그림 2.8 국가공간정보정책 R&D예산(2011~2015)	28
그림 2.9 시스템다이내믹스 연구 절차	32
그림 2.10 일방향의 단선적 사고의 인과관계(One-Way Causality)	35
그림 2.11 원형의 시스템 사고에 의한 내부 순환적 환류체계	36
그림 2.12 시스템 사고의 접근방법	37
그림 2.13 시스템 사고 분석 절차	38
그림 2.14 물과 댐 수위와의 인과지도	39
그림 2.15 양의 피드백 루프(Positive feedback loop)	41
그림 2.16 음의 피드백 루프(Negative feedback loop)	42
그림 3.1 분석 SW 메뉴구성	58
그림 3.2 공간정보 R&D 투자성과 인과지도	60
그림 3.3 공간정보 R&D 투자성과 인과지도(극성표시)	62
그림 3.4 R1 피드백 루프	65
그림 3.5 R2 피드백 루프	66
그림 3.6 R3 피드백 루프	67
그림 3.7 R4 피드백 루프	68
그림 3.8 R5 피드백 루프	69
그림 3.9 R6 피드백 루프	70
그림 3.10 R7 피드백 루프	71
그림 3.11 R8 피드백 루프	72

그림 4.1 Cause Tree - 비 공간정보 R&D 예산	74
그림 4.2 Cause Tree - 공간정보 정부 R&D 예산	74
그림 4.3 Cause Tree - R&D 투자	75
그림 4.4 Cause Tree - 공간정보 R&D 연구비	75
그림 4.5 Cause Tree 기술 사업성	76
그림 4.6 Cause Tree - 기술수준	76
그림 4.7 Cause Tree - R&D 교육	77
그림 4.8 Cause Tree - 논문 수(SCI)	77
그림 4.9 Cause Tree - 특허	78
그림 4.10 Cause Tree - 연구자	78
그림 4.11 Use Tree - 비 공간정보 R&D 예산	79
그림 4.12 Use Tree - 공간정보 정부 R&D 예산	80
그림 4.13 Use Tree - R&D 투자	80
그림 4.14 Use Tree - 공간정보 R&D 연구비	81
그림 4.15 Use Tree - 기술 사업성	81
그림 4.16 Use Tree - 기술수준	82
그림 4.17 Use Tree - R&D 교육	82
그림 4.18 Use Tree - 논문 수(SCI)	83
그림 4.19 Use Tree - 특허	83
그림 4.20 공간정보 R&D 투자 성과 측정을 위한 인과지도	84
그림 4.21 동태모델 구성	85
그림 4.22 공간정보 R&D 투자 성과 측정 동태모형	86
그림 4.23 변수 수식입력	86
그림 4.24 시뮬레이션결과와 실제 데이터 비교	91
그림 4.25 데이터비교를 위한 선형회귀모형	91
그림 4.26 공간정보 R&D 투자 성과 시뮬레이션 결과	92
그림 4.27 공간정보 R&D 투자 성과 시나리오 1	95
그림 4.28 공간정보 R&D 투자 성과 시나리오 2	97
그림 4.29 공간정보 R&D 투자 성과 시나리오 3	98
그림 4.30 공간정보 R&D 투자 성과 시나리오 4	100
그림 4.31 공간정보 R&D 투자 성과 시나리오 5	101
그림 4.32 민감도 분석 결과 - 논문 수 증가	104

ABSTRACT

Development and Evaluation of Spatial Information R&D Investment Method Using System Dynamics

Yim, Chang Yong

Advisor : Prof. Park, Sang-jun, Ph. D.

Department of Civil Engineering

Graduate School of Chosun University

The fact is that the reliance on the country of R & D budget, which is indispensable for the technical development of the spatial information industry and the development of the industry, is very high. However, the actual analysis and evaluation of the outcome of the R & D investment including the spatial information industry is not actually done. It is a time when it is necessary to make a system for accurately measuring and evaluating the results of investment from a long-term perspective.

In this research, we aim to develop a dynamic model to evaluate the outcome of R & D investment of spatial information by using analysis method suitable for long-term analysis differentiated from existing research method. Specifically, we try to empirically analyze the relationship between the outcome of the internationally recognized thesis (SCI), which is a research result resulting from R & D investment of spatial information, using a dynamic model. We used System Dynamics(SD) for modeling and analyzing dynamic models to achieve the objectives of our research. The SD method is an analysis method suitable for quantitatively analyzing and simulating a dynamic model and the conventional analysis methodology is an

approach from the viewpoint of other viewpoints. The conclusions derived through research execution are as follows.

1. It turned out that a total of eight R-feedback loops exist among the variables constituting the outcome of R & D investment of spatial information. In addition, it was found that continuous interaction occurred through the discovered feedback loop.

2. We modeled the dynamics model of spatial information R & D investment. For the constant values and initial values of each variable used for modeling, simulation was carried out using statistical data and deep interview materials. As a result, it is analyzed that the results of 149 SCI papers in 2016 will increase to 201 in 2025 if the R & D budget of spatial information continues to be invested like present.

3. Analysis was made that the increase in research results through changes in government 's R & D budget showed the effect in the shortest time. Increasing the ratio of R & D expenditure of spatial information from 8% to 24% or increasing the proportion of spatial information research expenditure of government R & D budget from 11% to 33%, shows the greatest research result and analysis It was done.

4. It is analyzed that research results are displayed high enough to shorten the time required for teaching engineers in the spatial information field. Currently, it is analyzed that it shows the greatest research result when shortening the education period of technicians taking about 5 years to 2 years.

5. In the case of technical feasibility and technology level, it does not have much effect on the increase of research performance. The higher the level of technological feasibility and technology, the slower the increase of the research result. That is, when the value of the variable of the initial level is high, it is limited to the amount of change that can change according to the change of time (when the initial level is 40%, the maximum change amount is 60%, the initial level is 70% , The maximum change amount is 30%), it was possible to learn through analysis showing the effect on the paper outcome is low.

제 1 장 서론

1.1 연구의 배경과 목적

정보기술의 발전과 함께 공간정보산업은 변화를 거듭하며 그 시장 규모가 날로 커지고 있다. 초기에 공간정보는 국토의 효율적 이용과 관리, 각종 공간계획, 환경 및 재난 관리 등을 위해 도입되었지만, 스마트사회로 진입하면서 그 활용분야가 확대되고 있다. 이에 국가에서는 공간정보산업을 미래를 이끌어갈 핵심동력으로 보고 있다. 그렇기 때문에 정부는 공간정보산업을 육성하기 위해 정보의 생산·관리·가공·유통·융합과 관련된 연구(이하 R&D)분야에 막대한 예산을 투자하고 있다.

우리나라 R&D는 2008년부터 매년 34조원이 넘는 규모의 투자를 받고 있다. 이는 GDP의 3.3%를 넘는 막대한 수준이다(한국과학기술기획평가원, 2010). 이중에서도 공공연구기관과 대학의 R&D에 투자되는 규모는 8조원이 넘으며, 이러한 점에서 우리나라 R&D는 국가의 영향력을 상당히 받고 있다고 할 수 있다. 공간정보산업도 기술개발 및 산업발전에 있어 필수적인 R&D 예산의 국가 의존도가 매우 높은 실정이다. 하지만 공간정보산업을 포함한 R&D 투자에 대한 성과의 분석과 평가가 제대로 이루어지고 있는가에 대해서 많은 이견이 존재한다. 실제로도 정확한 평가체계가 정립되지 않았다고 볼 수 있다. (한국과학기술기획평가원, 2009).

국가의 R&D에 대한 예산지원은 본질적으로 투자(Investment)행위라고 볼 수 있다. 투자란 미래의 이익을 기대하고 현재의 비용을 감당하는 행위이다. 이러한 점에서 R&D에 대한 투자는 “미래의 기대에 근거를 둔 의사결정 행위”라고 할 수 있다(김동환·안승구, 2011). 장기적인 관점에서 투자에 따른 성과를 정확하게 측정하고 평가하기 위한 체계 마련이 필요한 시점이다.

국가의 R&D 투자와 관련된 연구들은 R&D투자에 대한 국제간 비교나 GDP, 노동, 자본 등의 시계열 분석을 통해 얻어진 총 요소생산 분석 등 투입요소들이 생산성에 어떠한 영향을 미치는지 실증적 분석을 통해 수행되었다(신태영, 2004; 이원기·김봉기, 2003; 하준경, 2005). 위의 연구들은 단기적인 투자 방향을 설정하는데 있어 유의한 결과를 얻을 수 있었다. 하지만 이 연구들로 얻은 탄력성 값들은 시간에 영향을 받지 않는 분석 기간의 평균값이기 때문에 몇 가지 문제점들을 지닌다. 이러한 접근방법은 정

태적이고 부분적이며 단선적 사고로 문제를 접근하는 방법으로써, 전체적인 관점에서 R&D 투자 성과 측정 시스템 부분의 연관성과 의존성을 이해하는데 한계가 있다(한국과학기술기획평가원, 2010). 또한 시계열분석은 단기예측의 경우 정확도가 높지만 장기예측의 경우 정확도가 현저히 떨어지는 특징이 있다. 따라서 국가의 R&D 투자와 같이 장기적인 관점에서 투자방향을 수립하고 평가체계를 구축하기 위한 근거로 활용하기에는 미흡하다는 평가가 많다. 특히 국가의 R&D 투자는 다양한 요소들이 개입되어 있다. 뿐만 아니라 기업매출 증가에 따른 R&D 증가효과, 다른 R&D 창출 등 투자에 따른 복잡한 인과관계를 가지고 있기 때문에 시계열분석을 통한 예측은 일정부분 한계성을 가지고 있는 것이 사실이다(한국과학기술기획평가원, 2009).

이에 본 연구에서는 기존의 연구방법과는 차별화된 장기적인 분석에 적합한 분석기법을 이용하여 공간정보 R&D 투자 성과 평가를 위한 동태모형 개발을 목적으로 한다. 구체적으로 공간정보 R&D 투자로 인해 발생하는 연구 성과인 국제저명 논문(SCI) 성과간의 관계성을 동태모형을 이용하여 실증분석 하고자 한다.

연구 목적을 달성하기 위해 동태모형의 모델링과 분석에 시스템다이내믹스(System Dynamics, 이하 SD로 표기)방법론을 적용하였다. SD방법론은 동태모형을 정량적으로 분석 및 시뮬레이션 하는데 적합한 분석 기법으로 기존의 분석 방법론과는 다른 시각과 관점에서 접근한다. 기존에는 대부분 원인과 결과가 단선적으로 연결되어 있다는 전제로 접근하였다. 반면에 SD방법론은 원인과 결과가 단선적이지 않고 유기적으로 연결되어 있어, 지속적인 상호작용이 일어난다는 관점에서 접근한다. 이러한 접근은 복잡한 사회현상을 설명하고 미래를 예측하는데 매우 유용하다고 평가받고 있다. 때문에 본 연구 수행에 적절한 방법론으로 생각된다.

시스템다이내믹스를 이용한 동태모형을 이용한 접근은 공간정보 R&D투자에 대한 연구 성과를 평가하는데 있어 기존의 단선적 접근에 비해 타당한 결론 도출이 가능할 것으로 판단된다.

1.2 연구동향

국가 과학기술 투자 배분에 관한 연구는 다양한 방법에 의해 수행되어 왔다(한국과학기술기획평가원, 2010). 어떤 R&D 분야에 집중하여 투자할 것인가를 결정하는데 있어서 일반적인 방법으로 델파이(Delphi) 분석이 사용된다. 일본의 과학기술정책연구소는 델파이 분석을 활용하여 2030년까지의 연구투자 방향을 제시한 바 있다(일본 과학기술정책연구소, 2002). 델파이 분석에 비해 보다 체계화된 분석방법으로 계층분석법(AHP: Analytic Hierarchy Process)이 있다. AHP는 과학기술 투자배분을 구성하는 요인들에 대한 쌍대비교를 통하여 각각의 우선순위를 도출한다. 이를 통하여 투자의 우선순위를 도출한다. 국가연구개발투자 우선순위 도출과 관련하여 AHP 방법론으로 접근한 연구로는 이동엽 외(2002)의 연구가 대표적이다.

델파이 분석이나 AHP 분석은 근본적으로 전문가들의 의견을 수렴하는 도구라고 할 수 있다. 이러한 분석은 과학기술 R&D 투자 배분의 객관적인 요인들에 대한 분석이라기보다는 주관적인 판단의 취합이라고 할 수 있다. R&D 투자 배분에 관한 보다 객관적인 분석으로는 연산가능 일반균형모형(CGE: Computable General Equilibrium)이 있다. CGE 모형은 일반균형모형으로써 현실경제의 가계부문과 생산부문 및 정부부문을 모형화하여 모든 재화시장이 동시에 균형을 이루는 가격 벡터를 구하는 방법을 이용하여 과학기술 투자의 효율성을 측정하는 분석모형이다.

CGE 모형을 이용하여 국가 R&D 투자를 연구한 사례로는 Ghosh(2007), Bor(2010) 등과 같은 해외 연구와 김성태, 임병인, 조경엽(2007)의 연구가 있다. CGE 모형은 객관적인 파라미터에 근거하여 R&D 투자 효과를 전망한다는 점에서보다 객관적인 접근이라고 할 수 있다. 하지만 CGE 모형은 지나치게 추상화된 균형경제모델에서 도출된 파라미터를 사용하기 때문에 다양한 과학기술 분야의 고유한 특성을 반영할 수 없다는 한계점을 지닌다. 결국 국가과학기술 투자에 관한 기존의 연구는 주관적인 평가에 치우치거나 지나치게 추상화된 파라미터에 의한 일반적인 평가에 그쳤다고 할 수 있다. 현실에서 실제로 이루어지는 과학기술 투자의 메커니즘을 도식화하는 연구는 이루어지지 못하였다.

국가과학기술 투자에 관한 시스템다이내믹스 접근은 어떻게 이루어졌을까. 안타깝게도 R&D 투자배분에 관한 시스템다이내믹스 접근을 이용한 연구를 찾기가 쉽지 않았다. 다만 박현준, 오세홍, 김상준(2004)은 국가 연구개발 투자시스템에 관한

SD(System Dynamics) 모델링을 수행한 바 있다. 이들은 R&D 예산을 관리하는 행위자들이 예산 과정을 거치면서 연구개발투자에 대한 효용을 느끼게 되는 과정을 모델링하고 있다. 효용이 있다는 믿음으로 인하여 효율적이지 못한 R&D 프로그램에 투자를 하는 투자의 역설이 발생될 수 있다는 점을 지적하고 있다. 하지만 이들의 모형에서 R&D 기술개발 및 이로 인한 국가경제의 성장은 모두 외부 섹터로 설정되어 있다. 즉, R&D 투자로 인한 기술개발 효과 및 산업의 성장과 그 효과를 축으로 하는 기본적인 R&D 투자결정 과정이 이들의 모델링에는 포함되어 있지 않다. 결국 이들의 모델링은 R&D 투자배분에 관한 의사결정을 모델링하는 것이 아니라 R&D 투자를 관리하면서 발생하는 심리적 효과에 초점을 두고 있는 셈이다.

KISTI(2004) ‘국가 R&D 혁신성과측정을 위한 동태모형 구축’에서 R&D 투자, 지식 축적도, 국가 R&D종합조정능력, 기술혁신도 국가 R&D 성과, 국가 경쟁력 등을 수준 변수로 모형을 구축하여 국가경쟁력이 좋은 평가를 얻기 위해 걸리는 시간을 도출한 바가 있다.

김순선·김동환(2007)은 공공 R&D 기관의 기술 상용화 과정을 시스템사고를 통해 인과지도로 표현하였다. 기술상용화를 둘러싸고 정부기관, 공공 R&D기관, 중소기업들의 예산과 기술의 흐름과 관련된 상호관련성을 분석하였다.

최강화 외(2006)은 기술혁신에서 발생하는 과정혁신(Process Innovation)과 생산품 혁신(Product Innovation)을 중심으로 연구개발 투자, 신제품 개발, 제품생산의 상호작용을 파악하여 기술혁신의 효율성을 분석·평가하였다. 주요 내용은 기존의 기술혁신과 관련된 다양한 정태적 관계들을 분석하여 동태적으로 모형화 및정량화하여 기술혁신의 동태적 프로세스를 제시하였고, 기업의 연구개발 투자와 기술혁신, 기업의 이익창출과 재투자의 순환적인 프로세스를 제시하였다.

이상의 선행연구를 살펴볼 때 국가연구개발투자와 관련하여 기존의 단선적 시각에서의 접근은 다양한 방법론을 이용하여 연구가 진행되었지만, 대부분이 주관적인 평가에 치우치는 등의 한계를 보였고, 시스템사고의 시각에 동태적으로 모델링하여 분석을 시도한 경우가 있으나 하지만 많은 부분에서 미흡한 실정임을 알 수 있다.

1.3 연구의 방법과 범위

본 논문은 동태모형을 개발하고 이를 활용하여 공간정보 R&D에 대한 투자로 발생하는 성과를 평가하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 공간정보 R&D 투자 예산을 투입변수 혹은 정책변수로 하고 그에 따른 결과변수 혹은 목적변수를 논문 수(SCI)로 정하여 그 관련성을 시스템다이내믹스 방법론을 이용하여 분석한다.

투입과 결과에 대한 영향을 주는 주요 변수들에 대해서는 공간정보 R&D산업의 특성 및 현황을 파악하여 다양한 요인들을 검토하여 적용하도록 한다. 연구의 목적과 흐름을 설명하는 연구의 개념적 분석틀은 다음 그림 1.1과 같다

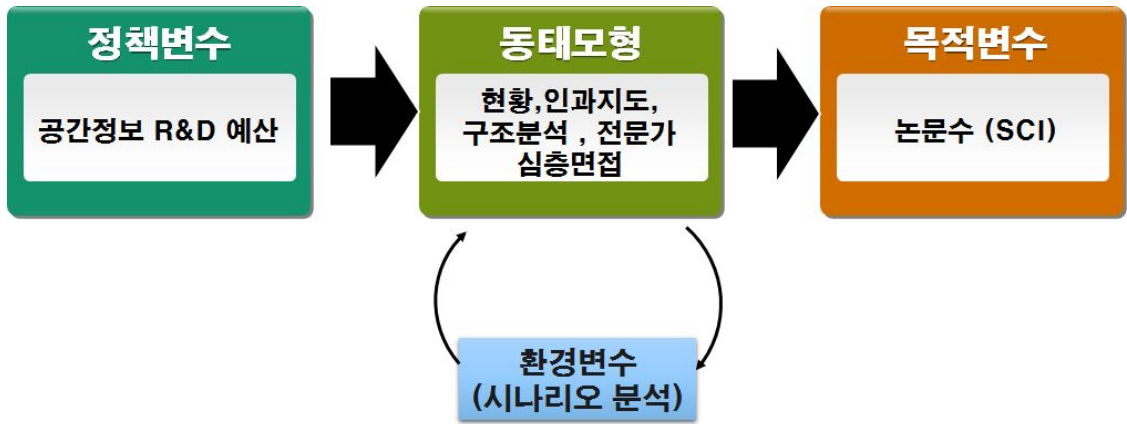


그림 1.1 연구의 개념적 분석틀

설정된 연구목적을 달성하기 위한 본 논문의 구성은 그림 1.2와 과 같다.

제1장에서는 연구 배경 및 목적 그리고 개념적 분석틀에 대해 설명한다.

제2장에서는 국가 R&D사업에 대한 개괄로서 국가 R&D 사업의 개념, 성과의 개념, 현황 및 운영체계, 성과 분석을 살펴본다. 이후 공간정보 R&D사업 부분에 있어서 공간정보정책을 개관하고, 기본계획 및 시행계획, R&D 투자현황, 사업성과 및 평가체계를 살펴본다.

제3장에서는 공간정보 R&D 투자성과 인과구조를 분석한다. 인과구조분석에는 연구

목적에 맞는 시스템을 정의(문제정의)하고, 공간정보 R&D 투자와 관련된 변수를 선정한다. 이후 변수들의 인과관계를 기초로 인과지도를 작성하고, 작성된 인과지도를 이용하여 시스템을 피드백 루프를 통해 분석한다.

제4장에서는 앞서 작성된 인과지도를 기초로 중요변수들에 대한 구조분석을 수행하는데 구조분석의 방법은 원인변수 분석과 결과변수 분석을 수행한다. 이후 공간정보 R&D 투자성과에 대한 동태 모형을 작성하고, 모형에 사용된 변수들의 상수값을 설정한다. 이후 동태모형을 검증한 후 시뮬레이션을 활용하여, 시나리오 분석을 통해 정책적 시사점을 도출하도록 하였으며, 민감도 분석을 통해 입력변수의 변동성이 결과에 미치는 영향을 산정하였다.

제5장에서는 연구전반에 대한 분석 결과를 중심으로 종합결론 및 한계를 제시하였다.



그림 1.2 연구구성 및 흐름

제 2 장 이론적 고찰 및 동태모형

2.1 국가R&D사업 개괄

2.1.1 R&D사업의 개념

국가연구개발사업(R&D)이란 법령에 근거하여 중앙행정기관이 과학기술 분야에서 연구개발과제를 특정해 연구개발비의 전부 또는 일부를 출연하거나 공공기금 등으로 지원하는 것을 말한다.(국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제2조 1항)

연구개발은 연구(Research)와 개발(Development)로 구성된다. 「국제회계기준위원회(IASC)」는 연구를 새로운 과학적, 기술적 지식과 이해를 얻기 위한 독창적이고 계획적인 조사로 정의하였다. 또한 IASC는 개발은 상업적 생산이나 사용되기 전에 새로운 재료 등을 생산계획이나 설계에 연구 성과와 다른 지식을 적용하는 것으로 규정하였다(김현민, 2012).

OECD(Organization for Economic Cooperation and Development)는 연구개발을 인간, 문화, 사회와 관련된 지식을 포함하여 모든 사물에 대한 새로운 지식을 획득하거나 이미 획득한 지식을 새롭게 응용하기 위한 체계적인 방법으로 수행되는 창조적 활동으로 정의한다(최태진, 2007).

연구개발은 일반적으로 기초연구, 응용연구, 개발연구의 세 가지 유형으로 구분된다.(OECD, 2002) 기초연구는 새로운 과학지식의 발견을 위한 원초적 연구 활동으로써 순수성은 매우 큰 반면 응용성이 상대적으로 적은 부분에 대한 연구이다. 또한 새로운 이론, 가설, 법칙 등을 창안 혹은 발견하는데 목적을 두고 추진하는 연구로 순수기초연구와 목적기초연구로 구분된다. 응용연구는 기초연구로부터 도출된 결과의 활용가능성을 결정하기 위한 연구이다. 응용연구의 결과는 제한된 수의 상품, 작업방법, 시스템 등에 유용하게 활용되며, 응용연구는 전략응용연구와 특정응용연구로 구분된다. 개발연구는 조직적인 연구로써 실제 경험이나 연구를 통해 얻은 기존 지식에 의존하여 새로운 소재, 제품 또는 장치를 생산하거나 새로운 방법 시스템 및 서비스를 개설하는 것 또는 이미 생산, 가설된 것들을 향상시키는 것 등을 의미한다(최태진, 2007).

표 2.1에서 간략하게 정리한 내용을 자세히 살펴보면 다음과 같다. 우리나라의 과학

기술정책은 1953년도부터 경제개발계획과 함께 문교부의 과학교육국에서 추진되었다. 1966년에는 기술개발을 통해 취약한 사업기반을 지원하기 위해 한국과학기술연구원(KIST)을 설립하였다. 1967년에는 과학기술처를 신설하였으며 이 시기에 주요임무는 시험 및 조사였다. 1980년대부터는 과학기술을 통한 국가경쟁력확보가 국정의 주요과제로 인식되기 시작하였으며, 1982년에는 우리나라 최초의 국가연구개발사업인 ‘특정연구개발사업’이 시작되었다. ‘특정연구개발사업’은 기업과 대학의 연구개발 역량강화를 위한 정부출연연구기관이다. 이 기관을 중심으로 한 산학연 공동연구 형태로 추진되었으며, 선진기술의 모방 및 연구개발의 양적 성장을 핵심으로 시행되었다. 1990년대에는 국가 전략기술 개발에 연구개발자원을 집중하여 선진국의 기술을 소화·개량이라는 국가 연구개발사업의 질적 고도화를 추구하였다. 이 시기의 대표적인 국가연구개발사업은 선도기술개발 사업(G7)이다. 2000년대에는 우리나라 전체 연구개발투자규모 확대와 더불어 미래유망 신기술 분야의 투자규모가 확대되었다. 그 결과 2001년 6개 미래유망 신기술 분야가 선정 되었으며, 국가가 주도적으로 기초·원천연구를 적극적으로 추진했다.(이준호, 2016).

표 2.1 시대별 국가연구개발사업의 특징과 성격 변화

구분	1960~70년대	1980년대	1990년대	2000년대
특징	선진기술 도입·개량	선진국 추격형	선진국 추격형	창조형 전환 도모
성격	산업현장 애로기술 지원	수출주력 산업 기술개발	첨단산업 기술개발	기초·원천 기술개발
연구수행주체	출연(연) 주도	출연(연) 주도	출연(연) 기업 대학	기업주도 대학-출연(연)

(출처 : 유화선, 2015)

2.1.2 R&D사업의 성과 개념

국가 R&D사업의 성과는 크게 과학적 성과, 기술적 성과, 경제적 성과로 구분할 수 있다. 과학적 성과는 SCI논문과 국내전문학술지와 같은 비 SCI논문이 있으며, 학술대회 논문발표 실적도 성과에 포함된다. 표 2.2과 2.3은 논문게재 및 발표실적을 평가하는 도구인 과학적 성과지표와 분석기준을 나타 내었다.(미래창조과학부, 2015).

표 2.2 전문학술지 논문게재 실적

구분	성과지표	분석기준	주요내용
양적 지표	총 게재 논문 수	사업별, 분야별	SCI·비SCI로 구분
	연구비 1억당 논문 수	사업별, 분야별	총 논문 및 SCI 등으로 구분
	기여도를 고려한 논문 수	사업별	과제별 기여율 감안
	국제공동 논문 수	사업별	저자 주소 기준
	순수(Net) 논문 수	사업별	사업간 중복 논문제거
질적 지표	세계 3대 저널(NSP) 게재 논문 수	사업별	NATURE, SCIENCE, PNAS
	1,000억당 NSP 논문 수	사업별	투입대비 산출기여도
	5년 주기별 논문의 평균 피인용 수	-	선도연구센터, 창의적연구
	주요 과학저널 게재 논문 수	사업별	주요 국가 및 우리나라 비교
	1,000억당 주요 과학저널 논문 수	사업별	투입대비 산출 기여도 (국내 전체와 비교)
	평균 IF(Impact Factor)	사업별	우리나라 전체 비교
	분야대비 영향력지수	사업별	우리나라 전체 비교
	IF 상위 논문 수	사업별	IF가 5, 10, 20 이상인 논문으로 구분/ 우리나라 전체 비교
	표준화된 순위보정지수	사업별	우리나라 전체 비교
	보완된 순위보정지수	사업별	우리나라 전체 비교
	국제공동연구 SCI 논문 분석	사업별, 분야별	우리나라 전체 비교
	IF 백분율 기준 상위 5%, 상위 10% 저널 논문 수	사업별	사업 평가 지표로 활용되어 분석 추가

(출처 : 미래창조과학부, 2015)

표 2.3 학술대회 논문발표 실적

구분 / 성과지표	분석기준	주요 내용
발표 논문 총수	사업별, 분야별, 주체별, 기관별	국내, 국제로 구분
연구비 1억 당 학술회의 논문발표 수	사업별	국내, 국제로 구분

(출처 : 미래창조과학부, 2015)

기술적 성과로는 특허와 같은 지식재산권 실적(표 2.4)이 있다. 또한 경제적 성과(표 2.5)로는 기술실시계약체결실적 또는 사업화가 있으며, 기타 성과로는 인력양성 실적 등이 있다.

표 2.4 지식재산권 실적

구분	성과지표	분석기준	주요내용
양적 지표	특허 출원 및 등록 수	사업별	
	특허 출원·등록 수 및 점유율	사업별, 분야별	국내·외로 구분
	연구비 1억당 특허 출원 및 등록 수	사업별, 분야별	국내·외로 구분
	해외출원 특허 및 등록 수	국가별	
	특허활용형태	사업별	기술이전, 자체활용, 미활용 등
	순수(Net) 출원 및 등록 수	사업별	사업간 중복 제거
	특허 출원 및 등록 실적 기여도	과제별 기여율 감안	
	미국 등록 특허 현황(연도별)	-	최근 5년간 미국 등록 특허(세계/국가 비교)
	미국 등록 특허 수	사업별	최근 5년간 미국 등록 특허(우리나라)
질적 지표	미국 등록 특허의 피인용 수준 분석	사업별	최근 5년간 미국 등록 특허(세계/국가 비교)

(출처 : 미래창조과학부, 2015)

표 2.5 기술실시계약 체결실적

성과지표(양적지표)	분석기준	주요 내용
체결실적	사업별	건수 및 금액
주관기관 징수실적	사업별	금액
전문기관 이체실적	사업별	금액
기술료 상위 20개 기관	사업별	주관기관 징수액 기준

(출처 : 미래창조과학부, 2015)

개정된 성과평가법(국가연구개발사업등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률)이 실시된 후 국가연구개발사업 성과평가 유형은 중간평가, 특정평가, 종료·추적평가로 구분되었다. 중간평가는 부처가 추진하는 R&D 사업에 대하여 전반적인 사항을 주기적으로 평가하며, 그 후 미래부에서 주관하는 상위평가로 이어진다. 특정평가는 과학기술 정책 이슈 및 사업간 조정 또는 연계 등이 필요한 사업을 미래창조과학부가 직접 선정하여 성과를 심층·분석하는 평가이다. 종료평가는 부처가 추진하여 종료된 사업을 대상으로 기획 당시 설정한 성과목표 달성도와 성과활용·확산 계획에 대해 평가한다. 추적평가는 연구개발 종료 후 일정기간 동안의 기술이전, 사업화 지원·실적 등 연구 성과의 관리 및 활용에 대해 추적조사를 실시한다. 그리고 종료 후, 5년 이내 R&D사업 중 추적평가 대상사업을 선정하여 부처 자체평가 및 이에 대한 미래창조과학부(이하 미래부) 상위평가를 실시한다(유화선, 2015).

2.1.3 국가R&D사업 현황 및 운영체계

표 2.6을 보면 우리나라의 총 연구개발비는 계속 증가추세를 보이고 있으며, 2014년 총 연구개발비는 전년대비 7.5% 증가한 63조 7,341억 원이다. 이는 GDP대비 연구개발비의 비중이 4.29%에 육박함을 말한다. 연구개발비의 비율은 정부(공공)기관이 24% 민간부분이 76%의 비율을 나타낸다. 부처별로는 미래부, 산업통상자원부, 방위사업청,

교육부, 중소기업청 주요 5개 부·처·청 예산이 국가 연구개발 사업 예산의 80%를 차지하고 있다. 미래부와 교육부는 기초연구 중심으로 지원산업부와 중소기업청은 개발연구를 중심으로 R&D 예산을 지원하고 있다.(유화선, 2015).

우리나라의 재원별 R&D 재정 투자 실적은 정부·공공재원이 15조 2750억원으로 전체의 24%를 차지하며, 민간재원은 48조 83억원 75.3%, 외국재원은 4,508억원 0.7%를 차지한다. 그러나 우리나라의 경우 정부·공공재원 연구개발비 비중이 프랑스, 미국, 영국, 독일 등에 비해 여전히 낮은 수준이다(미래창조과학부, 2015).

표 2.6 우리나라의 연도별 연구개발비 투자 실적 (단위 : 10억원, %)

구분	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
연구개발비	기초 (15.3)	4,143.30 (15.2)	4,918.70 (15.7)	5,537.10 (16.1)	6,849.10 (18.1)	7,991.00 (18.2)	9,013.20 (18.1)	10,153.30 (18.3)	10,665.77 (18.0)	11,242.60 (17.6)
	응용 (20.8)	5,034.10 (19.9)	6,210.80 (19.8)	6,773.90 (19.6)	7,574.30 (20)	8,742.70 (19.9)	10,116.50 (20.3)	10,572.70 (19.1)	11,315.88 (19.1)	12,058.50 (18.9)
	개발 (63.8)	15,414.40 (65)	20,171.90 (64.4)	22,187.10 (64.3)	23,505.10 (62)	27,121.20 (61.9)	30,760.70 (61.6)	34,724.20 (62.6)	37,319.30 (62.9)	40,433.00 (63.4)
	계 (100)	24,155.40 (100)	27,345.70 (100)	31,301.40 (100)	34,498.10 (100)	37,928.50 (100)	43,854.80 (100)	49,890.40 (100)	55,450.20 (100)	59,300.95 (100)

(출처 : 미래창조과학부, 2014)

우리나라의 국가연구개발사업 성과평가제도는 '80년대부터 연구과제 평가 중심이었으나 90년대 이후 사업 및 기관에 대한 평가 제도를 도입하게 되었다. 2005년에는 연구개발 성과평가법의 제정과 함께 성과중심의 평가제도가 도입되었으며, 이후 정부조직 개편과 함께 성과평가법이 개정되었다. 2008년 2월에는 국가연구개발(R&D)평가 주체가 국가과학기술위원회에서 기획재정부로 이관되었으며, 2011년에는 R&D평가에 대한 주체를 다시 국가과학기술위원회로 이관하였다. 2013년에는 정부조직법 개편으로 연구개발 성과평가법이 재개정되어 미래창조과학부로 이관하였다(유화선, 2015).

성과분석은 아래의 그림 2.1과 같은 절차로 진행된다. 미래부의 국가과학기술심의회

에서 성과분석 기준과 시행지침을 마련하고 한국과학기술기획평가원(KISTEP)에서 성과분석 제출 자료를 검증한다. 이렇게 처리된 성과분석결과를 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 이용하여 일반에 공개하는 체계로 되어있다.

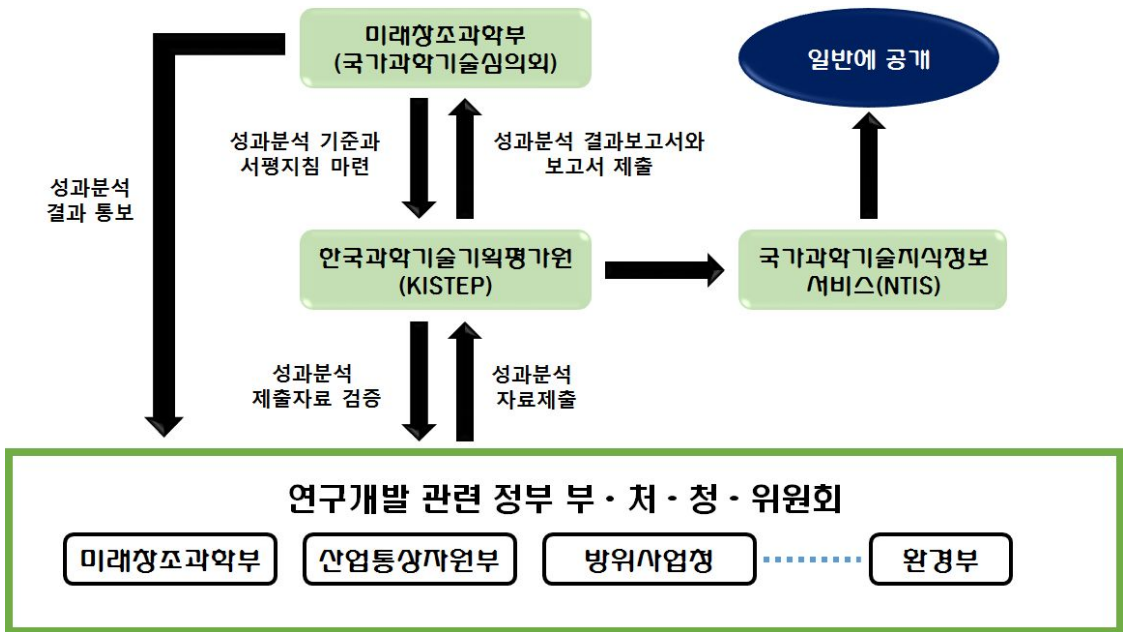


그림 2.1 국가연구개발사업 성과분석 운영체계(출처 : 미래창조과학부, 2015)

2.1.4 국가R&D사업 성과분석

국가연구개발사업의 성과평가란 사업 또는 정책의 기반이 되는 개입논리의 정당성을 검증하는 것으로 과학적 기법을 통해 과제·사업·조직이 기대했던 성과를 달성하는 데 얼마나 기여했는지를 분석하며, 그 결과를 객관적으로 평가하여 사업운영체계 개선 등의 용도에 활용할 수 있도록 하는 것을 말한다(유화선, 2015).

국가 R&D 사업의 성과분석의 목적은 지속적인 정부연구개발 투자의 증가에 따라 R&D 효율성을 제고하고 성과분석의 수요를 확대하는 것이다. 또한 성과에 대한 다각적 분석 자료를 산출하고 증거기반 정책결정의 기초자료를 제공하는 것에 목적이 있다. 성과 분석의 근거는 「과학기술기본법」에 따른다. 성과분석의 대상은 대학, 정부

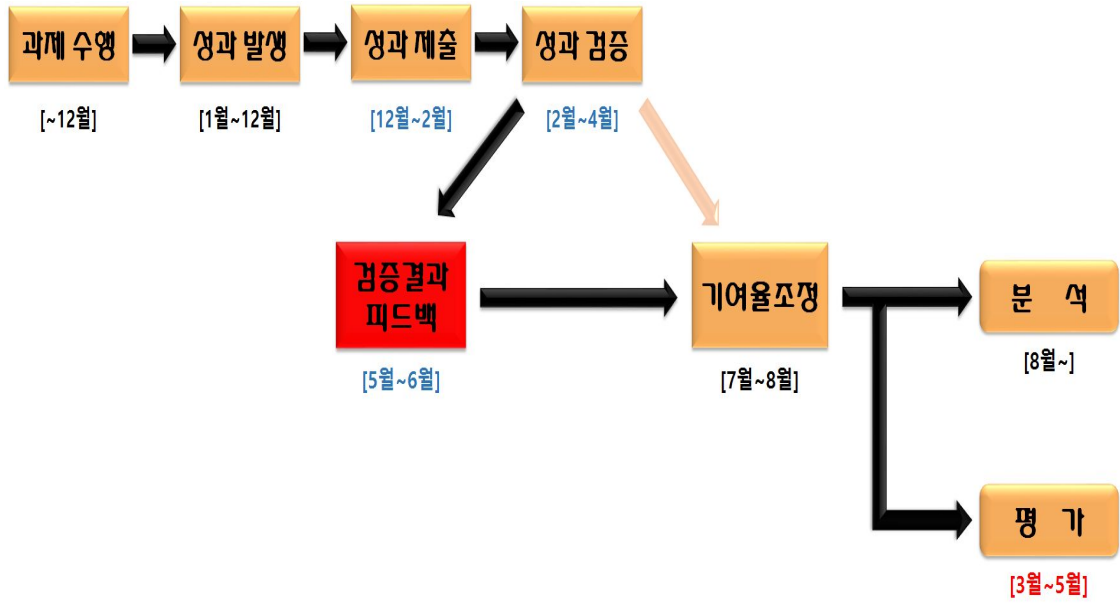
출연(연), 기업 등이 국가연구개발사업을 수행하여 생산한 성과를 대상으로 한다. 성과 분석과 관련된 주요 연혁은 아래와 같다(미래창조과학부, 2015).

- 2005년 성과자료 제출 가능한 사업에 한하여 시범조사 실시
- 2006년 모든 사업에 대해 성과자료 입력 시행
- 2007년 성과지표 간소화(15개 → 6개), SCI논문·국내특허·기술료 항목 검증 시작, 조사·분석과 연계하여 공식 집계 착수 (성과분석은 미실시)
- 2008년 SCI논문, 국내특허, 기술료, 사업화 성과분석 최초 실시
- 2011년 SCI논문 피인용도 분석 시작 및 성과통계 시계열 분석 강화(5년)
- 2014년 SCI논문과 특허성과의 분석 강화

연혁에 따르면 2008년 SCI논문, 국내특허, 기술료, 사업화 성과분석이 최초로 실시됨을 알 수 있다.

성과분석의 범위는 국가연구개발사업 조사·분석 대상과제에서 해당 조사년도에 발생한 성과를 대상으로 하며, 성과 항목은 논문, 특허, 기술료, 사업화, 인력양성, 연수지원 6대 성과물을 대상으로 한다. 미래창조과학부의 경우 이 중 논문, 특허, 기술료, 사업화 4가지 항목을 분석하고 있다. 분석 항목은 크게 5개 항목으로 구분되며, 부처는 미래창조과학부, 산업통상자원부 등 연구개발 관련 33개 부·처·청·위원회이며, 연구개발단계에서는 기초연구, 응용연구, 개발연구로 구분된다. 연구수행주체는 국공립연구소, 정부출연연구기관, 대학, 대기업, 중소기업, 기타 등으로 구분되며, 미래유망 신기술로는 정보통신기술(IT), 생명공학기술(BT), 우주항공기술(ST), 나노기술(NT) 등으로 구분된다. 마지막으로 지역은 연구비가 집행된 17개 광역자치단체로 구분된다.

국가연구개발 성과평가의 종류는 평가의 시점에 따라 선정(사전)평가, 연차·단계평가, 최종평가, 추적(사후)평가로 구분할 수 있으며, 평가의 주체에 따라 외부평가와 내부평가로 구분할 수 있다. 선정(사전)평가는 연구자원의 투입이 시작되기 전 사업수행자가 요구 사항을 적절하게 수행할 수 있는지 평가한다. 단계평가는 사업수행 도중에 실시되는 평가이며, 최종평가는 사업 마무리에 단계의 평가로 장기적인 영향에 대하여 평가하는 것이다. 추적(사후)평가는 사업이 프로그램의 완성 이후에 수행하며 결과의 효율성과 효과성을 중점적으로 평가한다(유화선, 2015). 선정된 과제의 성과분석 과정(Process)은 아래의 그림2.2와 같다.



- ☀ 국가연구 개발사업 성과 제도 개선 : 9월~ 10월
- ☀ 입력설명외 : 11월

그림 2.2 국가연구개발사업 성과분석 과정(출처 : 미래창조과학부, 2015)

2.2 공간정보R&D사업

2.2.1 공간정보정책의 개관

국가공간정보 기본법과 공간정보산업 진흥법에서는 공간정보를 ‘지상·지하·수상·수중 등 공간상에 존재하는 자연적 또는 인공적인 객체에 대한 위치정보 및 이와 관련된 공간적 인지 및 의사결정에 필요한 정보’라고 정의하고 있다. (국가공간정보 기본법 제2조 1항) 공간정보정책의 경우 공간정보와 관련된 법을 기초로 하며, 국가공간정보 R&D 사업역시 법을 바탕으로 진행된다. 이와 관련된 법으로는 「국가공간정보 기본법」, 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」, 「공간정보산업 진흥법」이 있다.

국가공간정보기본법은 국가공간정보체계의 효율적인 구축과 종합적 활용 및 관리에 관한 사항을 규정한다. 이로써 국토 및 자원을 합리적으로 이용할 수 있게 해 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 한다. 이 법에서는 공간정보를 생산하거나 관리하는 기관을 정의하였으며, 국민의 공간정보복지 증진을 위하여 국가 및 지방자치단체는 국민이 공간정보에 쉽게 접근하여 활용할 수 있도록 체계적으로 공간정보를 생산 및 관리하고 공개함으로써 국민의 공간정보복지를 증진시킬 수 있도록 노력하여야 한다고 명시되어 있다.

공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률은 측량 및 수로조사의 기준 및 절차와 지적공부(地籍公簿)·부동산종합공부(不動産綜合公簿)의 작성 및 관리 등에 관한 사항을 규정함으로써 국토의 효율적 관리와 해상교통의 안전 및 국민의 소유권 보호에 기여함을 목적으로 한다. 이 법은 공간정보의 구축 방법뿐만 아니라 육상 및 해상 안전을 위한 공간정보 관리 방안과 국민의 토지 소유권인 지적제도에 대한 내용을 주요 골자로 하고 있다.

공간정보산업 진흥법은 공간정보산업의 경쟁력을 강화하고 그 진흥을 도모하여 국민경제의 발전과 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 한다. 또한 공간정보산업의 진흥 시책과 방향에 대해 제정하고 있다.

우리나라는 이러한 법률에 근거하여 매 5년마다 공간정보 기본계획을 수립하고 있으며, 이와 관련된 공간정보 R&D 사업을 추진하고 있다. 본 논문에서는 2013년부터 2017년까지의 제5차 국가공간정보정책 기본계획과 2011년부터 2015년까지의 국가공간정보정책 시행계획을 바탕으로 공간정보정책의 방향과 투자현황, 평가체계에 대해 분

석한다.

그림 2.3을 보면 국가공간정보정책의 추진과정이 기반구축, 기반확대, 활용확산, 연계통합순서로 진행됨을 알 수 있다. 95년부터는 NGIS 사업을 통하여 진행되었다. 기반구축과 관련하여 제1차 국가 GIS 구축사업('95~'00)을 통하여 국가기본도 및 지적도 등의 지리정보의 구축 표준을 제정하였다. 그리고 2차 사업('01~'05)을 통해서도 공간정보 구축의 기반확대와 토지·지하·환경·농림 등 부문별 GIS 시스템 구축을 이뤘다. 3차 사업('06~'09)에서는 기관별로 구축된 데이터와 GIS 시스템을 연계하여 효과적인 활용확산을 추진했다. 4차 사업('10~'15)에서는 공간정보시스템간 연계통합 강화 및 융·복합정책의 추진을 마련하였다.



그림 2.3 국가공간정보정책 발전과정(출처 : 국토교통부, 2013)

국가공간정보정책의 목적은 공간정보의 중복 구축을 방지하여 유지관리 비용을 줄일 수 있다. 또한 신뢰성과 일관성 있는 공간정보를 제공하여 공간정보의 공유·연계를 통해 융·복합시너지 효과 및 다양한 부가가치를 창출할 수 있다.

국가공간정보정책의 범위는 여러분야로 구분할 수 있으며 아래 표 2.7과 같다.

표 2.7 국가공간정보 정책의 범위

분 류	설 명
생산정책	누가 어떤 공간정보를 만들 것인지, 갱신주기, 정확도 등 품질을 어떻게 관리할 것인지
유통정책	공간정보의 공개범위, 가격, 유통 방법을 정함
활용정책	공공부문의 행정부문에 공간정보를 활용하고, 대민서비스를 개선
표준화정책	공간정보의 생산·유통·활용을 위한 국제표준과 국가표준, 단체표준, 기술기준 제정에 관한 정책
기술개발정책	공간정보의 생산·유통·활용을 위한 R&D사업 발굴 및 지원
인력양성정책	공간정보 생산·유통·활용 전문인력 양성 지원, 커리큘럼 발굴, 학비 지원, 공간정보 중앙교육센터 운영
법제도정책	공간정보 생산·유통·활용을 위해 국가공간정보에 관한 법률 등 제·개정하고 관리
협력체계정책	공간정보를 공유·연계하기 위한 기관 간 협력체계를 구축하고, 국가공간정보정책에 따라 공간정보사업이 추진될 수 있도록 기본계획과 시행계획을 수립
산업육성정책	공간정보 및 공간정보와 융·복합한 산업을 활성화하기 위한 정책을 추진하고, 해외진출을 지원

(출처 : 2013년도 국가공간정보정책 시행계획)

2.2.2 공간정보정책 기본계획 및 시행계획

제5차 국가공간정보 정책 기본계획은 법률에 따라 국토교통부 장관 고시를 실시하고 있다. 제5차 국가공간정보정책은 2013년부터 2017년까지의 국가공간정보정책의 기본계획을 수립하였다. 수립배경에는 스마트폰 등 ICT 융합기술의 급속한 발전, 창조경제와 정부 3.0으로의 국정운영 패러다임 전환과 같이 변화된 정책 환경이 뒷받침 되어있다. 기본계획의 비전 및 목표는 아래의 그림 2.4와 같이 융·복합을 통한 창조경제의 활성화와 공유·개방을 통한 정부 3.0 실현에 있다.

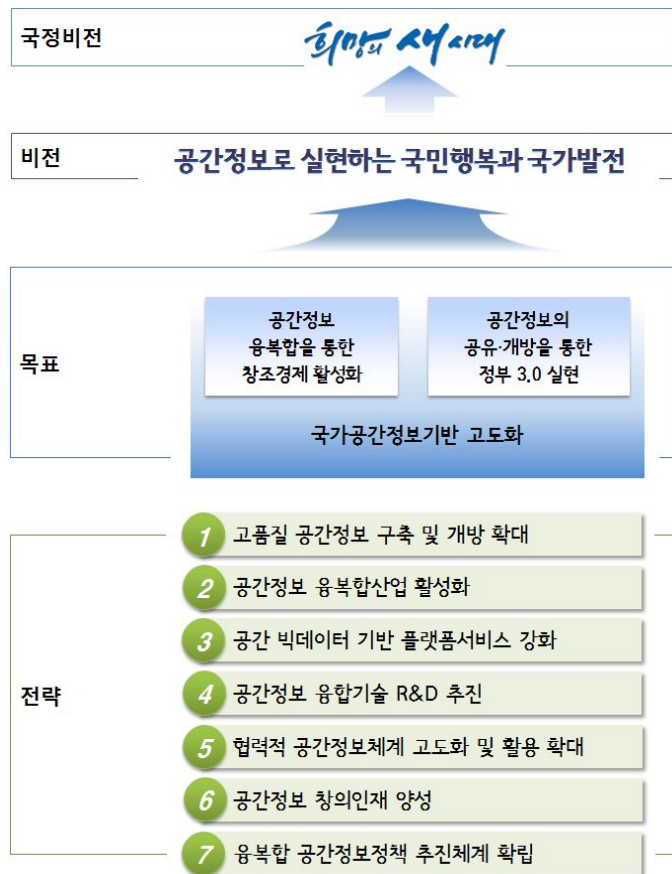


그림 2.4 국가공간정보정책 기본계획 비전 및 목표(출처 :국토교통부, 2013)

제5차 국가공간정보 정책 기본계획의 추진전략은 7가지로 구분되며, 27개의 세부추

진과제로 이루어져 있다. 이 중 공간정보 R&D사업과 공간정보 융·복합 산업 활성화 전략은 서로 관련되어 있다. 구체적으로 살펴보면, 창업아이디어 발굴 및 사업화 지원을 위한 창업지원센터 설치와 R&D를 통해 개발된 기술의 실용화와 상용화를 위한 적극 지원하는 과제가 있다. 또한, 그림 2.5와 같이 공간정보 융합기술 R&D 추진 전략을 통해 기업이 쉽게 공간정보 소프트웨어를 활용할 수 있도록 오픈소스 기반의 공간정보 소프트웨어를 개발하고 산업 맞춤형 공간정보 가공기술을 개발하는 과제를 추진하고, 시민의 안전과 편의를 위하여 실내위치서비스, 3차원 가상체험, 지하공간에 대한 체계적인 관리를 위한 기술개발을 추진하는 계획을 수립하였다. 그리고 공간정보 상시 확보를 위하여 공간정보 전용위성기술, 남·북 교류확대에 대비한 국토정보체계와 북극지역의 연구와 자원개발을 위한 공간정보 구축 및 관련 기술 개발을 추진한다.

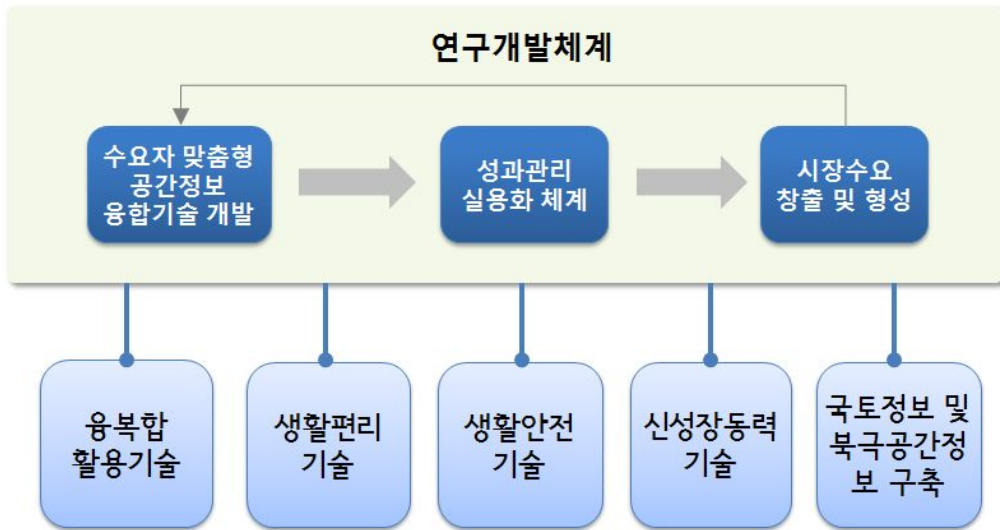


그림 2.5 공간정보 융합기술 R&D 추진(출처 : 국토교통부, 2013)

(1) 2011년도 국가공간정보정책 시행계획

2011년 국가공간정보정책은 제4차 국가공간정보정책 기본계획('10-'15)의 5대 추진전략에 맞추어 시행되었다. 국가공간정보 인프라의 효율적인 구축과 공간정보 환경변화에 대한 대비 및 미래시장 창출을 위해 5대 전략으로 구분하여 수립하였으며, 자체평가와 외부평가 등의 다면평가 결과의 반영으로 부처 간의 중복을 검토하고 타 사업과의 연계를 고려하였다. 또한 2009년도 시행계획을 평가하고 2011년 시행계획 추진전략을 수립하였다.

2009년 시행계획 평가의 결과로는 공급자 위주의 정책에서 수요자가 원하는 정책으로의 전환과 타 사업 및 타 시스템과의 연계, 신기술과 공간정보기술과의 융합, 국가공간정보의 전반적인 주기관리가 필요하다는 의견이 있었다. 예산 집행 실적과 관련하여 중앙부처의 국가공간정보사업의 예산 계획대비 총 2,322억에서 93.8%인 2,180억의 집행이 이루어졌다.

2011년 국가공간정보정책 시행계획 추진전략 수립에 있어 공간정보 표준, 기술개발, 유통 등 국가공간정보체계 구성요소의 효과적인 구축·관리 및 공유·활용 촉진으로 설정하였다. 국가공간정보정책 시행계획 사업대상은 총 317개 사업 3,217억원 규모로 전년대비 13.4% 증가율을 나타냈다. 이는 중앙부처 사업과 지자체 사업으로 구분되며, 9개 중앙부처에서는 50개 사업에 총 2,037억의 사업이 진행되며, 지자체는 107곳에서 267개 사업에 총 1,180억의 예산을 계획하였다.

5대 추진전략과 관련하여 상호 협력적 거버넌스 부문에서는 844억을 이용하여 인력양성사업과 공간정보산업육성 등과 같은 정책 및 제도 부분과 지하·수자원·문화재·환경·농업·산림·해양·교통 등과 같이 다양한 분야의 공간정보를 인프라 차원에서 접근하며 다양한 공간정보를 함께 공유하고 이용하는 방향으로 계획을 수립하였다. 쉽고 편리한 공간정보 접근 부문에서는 공간정보 유통과 관련하여 71억원의 예산을 계획하였다. 공간정보 상호 운용 부문에서는 표준화 연구에 28억을 계획하였다. 공간정보 기반 통합 부문과 관련하여 사용자의 필요성과 우선 순위가 높은 기본공간정보를 개발 구축하는데 960억을 계획하였다. 마지막으로 공간정보 기술 지능화 부문에서는 공간정보와 유비쿼터스 관련기술을 연계한 R&D사업을 지속적으로 추진하고, 지능형 공간정보의 유용성을 실험할 수 있는 테스트베드의 구축 및 운영을 주요 추진방향으로 설정하고 134억원의 예산을 계획하였다.

(2) 2012년도 국가공간정보정책 시행계획

2012년 국가공간정보정책은 2011년과 마찬가지로 제4차 국가공간정보정책 기본계획('10-'15)의 5대 추진전략에 맞추어 시행되었다. 녹색성장 등 정부의 국정과제 수행을 뒷받침 할 수 있도록 시행계획을 수립하였으며, 2010년도 시행계획을 평가하고 2012년 시행계획 추진전략을 수립하였다. 평가는 자체검토, 전문가검토, 성과발표회 등을 통한 심층검토 결과를 반영하였다. 그리고 2013년 시행계획 수립부터는 전년도 국가공간정보정책 시행계획 성과발표회를 확대하는 방안으로 계획을 수립하였다.

2010년 시행계획 평가의 결과로는 2009년 평가와 같이 공급자 위주의 정책에서 수요자가 원하는 정책으로의 전환이 필요하다는 평가와 공간정보의 인프라 조기 확충, 유사분야 사업과의 시스템 연계·통합 추진확대, 차세대 공간정보 기술경쟁력 제고 등이 필요하다는 평가가 이루어졌다. 예산 집행 실적과 관련하여 중앙부처의 국가공간정보사업의 예산 계획대비 총 2,165억에서 98.17%인 2,125억의 집행이 이루어졌다.

2012년 국가공간정보정책 시행계획 추진전략 수립에 있어 기본공간정보·표준·유통사업의 개별 추진을 지양하고, 기 추진 중인 공간정보 오픈플랫폼 구축사업 장기 로드맵을 토대로 기본공간정보·표준·유통사업을 연계·통합 하며 이를 국가공간정보통합체계와 연계함으로써 활용중심의 공간정보인프라 정책을 추진국가공간정보정책 시행하는 것을 계획하였다. 계획 사업대상은 총 370개 사업 3,356억원 규모로 전년대비 11.31% 증가율을 나타냈다. 이는 중앙부처 사업과 지자체 사업으로 구분되며, 10개 중앙부처에서는 50개 사업에 총 2,070억의 사업이 진행되며, 지자체는 130곳에서 320개 사업에 총 1,286억의 예산을 계획하였다.

5대 추진전략과 관련하여 상호 협력적 거버넌스부문에서는 국가공간정보인프라(NSDI) 차원에서 국가의 다양한 공간정보를 함께 공유하고, 이해관계자간의 협력을 강조하는 공간정보 운영 체계 구축하는 전략을 수립하였다. 공간정보 정책·지하·수자원·문화재·환경·농업·산림·해양·교통 등과 같이 다양한 응용 분야와 상호 협력적 운용체계 구축을 목표로 계획을 수립하였으며 2012년 계획 예산은 908억이며, 11년도 예산보다 증가하였다. 쉽고 편리한 공간정보 접근 부문에서는 공간정보 유통과 국가공간정보 센터 구축과 관련하여 37억 원의 예산을 계획하였다. 공간정보 상호 운용 부문에서는 표준화 연구에 27.5억을 계획하였다. 공간정보 기반 통합 부문과 관련하여 공공 및 민간 부문의 공간정보 공유체계 강화를 주요 추진방향으로 설정하고 예산을 1,068억으로 계획하였다. 마지막으로 공간정보 기술 지능화 부문에서는 차세대 국토해양공간정보기술

사업이 추진되며 30억 원의 예산을 계획하였다.

(3) 2013년도 국가공간정보정책 시행계획

2013년의 국가공간정보정책 시행계획에는 2011년 공간정보정책의 평가를 실시하였으며, 집행실적은 302개 사업에서 총 2,823억 원으로 집행률이 92.9%로 나타났다. 2013년도에는 공간정보의 생산·유통·활용되는 주기를 타 공간정보산업과의 관계로 분석하였다. 생산측면에서는 건물데이터와의 연계 및 활용이 필요하며, 유통측면에서는 유통체계 역할을 하는 사업 간의 역할 정립이 필요하다는 것을 제시하였다. 활용측면에서는 국토공간계획지원체계(KOPSS)를 활용방안을 제시하였다.

2013년도 추진전략은 중복투자 방지 및 성과중심 사업추진으로 투자효과 극대화하고 타 사업추진에 기반이 되고, 상호운용성 및 활용성이 높은 사업에 우선투자하는 전략을 세웠다. 그리고 새로운 사업 추진보다는 기존 사업의 연계·통합을 통해 시너지 효과를 창출하고 공간정보사업 사후검토 결과를 시행계획에 반영하는 전략을 수립하였다. 2013년에 중앙부처 및 지방자치단체에서 추진하는 공간정보사업은 총 359개 사업으로 예산은 2,589억 원 규모이며, 전년 대비 665억 원(20.4%) 감소하였다. 감소 원인은 공간정보 기반부문에서 국가기본도 수정갱신 및 제작사업의 사업비 축소로 예산 감소하였으며, 활용부문에서는 국가공간정보통합체계 사업 종료로 예산 감소한 것으로 분석되었다. 2011년과 2012년과 다른 점은 공간정보정책을 공간정보 구축/유통/활용/표준화/인력양성 및 홍보/기술개발 및 정책지원으로 구분하여 정책을 수립하였다.

(4) 2014년도 국가공간정보정책 시행계획

2014년부터 국가공간정보정책을 추진하는 관리기관이 국토해양부에서 국토교통부로 변화했다. 2014년부터 공간정보정책은 창조경제의 핵심자원으로 인식되며 새로운 부가가치를 가진 지식을 창출할 수 있는 자원과 새로운 산업의 창출을 할 수 있는 것으로 기대되었다. 또한 정부 3.0의 실현수단으로 인식되어 공간정보를 정책 결정과정에 활용하는 방안을 제시하였다. 국가공간정보정책의 추진절차는 다음과 같다. 우선 국가공간정보정책을 추진하기 위하여 5년 단위로 기본계획을 수립하고 시행계획은 기본계획에 따라 중앙정부와 지방자치단체가 매년 추진해야 할 공간정보정책의 내용과 활용계획을 제시한다. 세부적으로 공간정보사업의 중복을 방지하고, 시너지 효과를 제고하기 위해

공간정보사업 발주 전에 사전검토를 실시하고 사업에 대한 사후평가를 실시한다. 아래 그림 2.6은 국가공간정보정책의 추진절차를 나타내었다.

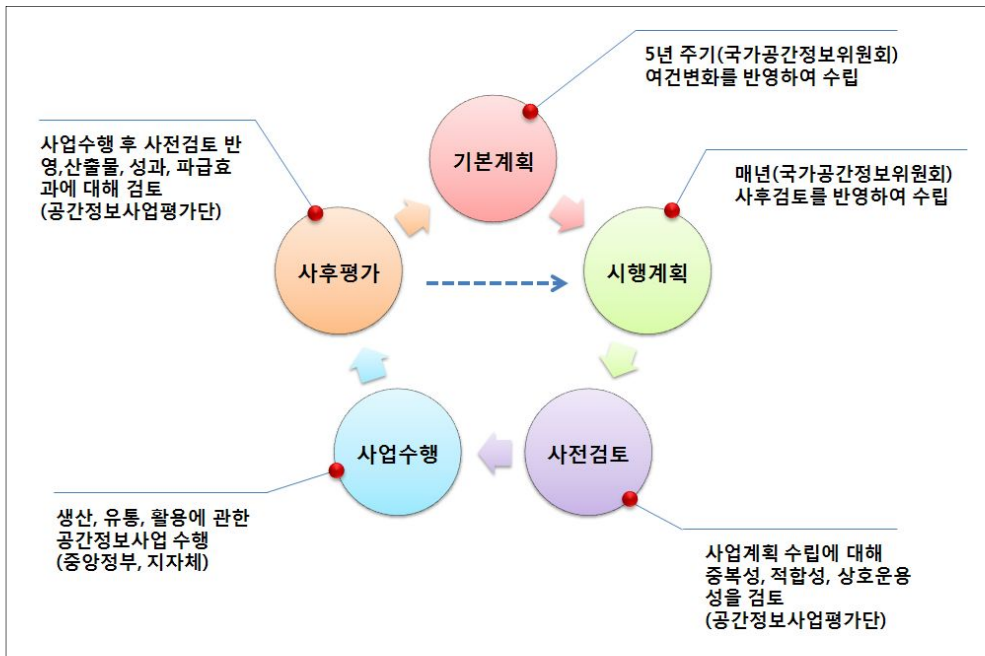


그림 2.6 국가공간정보정책 추진절차 (출처 : 국토교통부, 2014)

2014년의 국가공간정보정책 시행계획에는 2012년 공간정보정책의 평가를 실시하였으며, 중앙부처에서 추진된 공간정보사업은 51개 사업에서 총 1,976억원을 집행하였으며, 집행률은 97.8%이다. 지방자치단체에서는 400개 사업에서 총 1,068억원을 집행하였으며, 집행률은 86.7%이다. 2012년의 개선사항으로는 항공사진측량에서 시·군 공동추진으로 예산 절감이 필요하며, 유통과 관련하여 공간정보 외부활용이 가능하도록 하고, 공간정보 품질 확보를 위한 모니터링 및 품질관리기준 마련 필요하다. 2014년도부터는 제5차 국가공간정보정책 기본계획('13~'17)의 전략에 따르며 공간정보기반의 창조경제 활성화 및 정부3.0 실현하는 것을 목표로 하였다. 공간정보 구축과 관련된 부분과 관련하여 실내공간정보 구축 등 고품질 공간정보 구축을 지속적으로 확대되고 있으며, 유통부분은 민간 및 지자체가 보유한 공간정보의 유통을 단계적으로 확대방안이 고려되었다. 활용부분에서는 다양한 분야와의 융·복합 활용 확대와 해외진출, 인재 양성 등이 시사점으로 제시되었다. 2014년에 공간정보사업의 예산은 총 385개 사업으로 예산은 2,946억 원 규모이며, 전년 2,968억 원 대비 22억 원(0.7%) 감소하였다.

(5) 2015년도 국가공간정보정책 시행계획

2015년 공가공간정보정책은 국민안전의 역할로 추진되며, 정부 3.0의 실현수단이자 창조경제의 핵심자원으로 인식되었다. 중앙부처에서 추진된 공간정보사업은 55개 사업에서 총 1,875억 원이 사용되었으며, 집행률은 97.0%로 나타났다. 지방자치단체는 38개 사업의 948억으로 88.1%가 집행되었다. 2015년 국가공간정보정책의 추진방향으로는 국가공간정보위원회를 총리실 산하 위원회로 격상시켜 각 부처에서 수행하는 공간정보사업의 총괄 및 조정기능을 추진할 수 있는 기반을 마련하고 다원화 되어 있는 사전검토체계의 일원화를 통한 공간정보사업의 중복 추진 방지하는 전략을 수립하였다. 2015년에 추진하는 공간정보사업은 총 381개 사업으로 예산은 3,204억 원 규모이며, 전년 2,975억 원 대비 229억 원(7.6%) 증가하였다.

2.2.3 공간정보 R&D 투자현황

공간정보 분야의 R&D 투자현황을 조사하기 위하여 2011년부터 2015년까지의 국가공간정보정책 시행계획을 참고하였다. 현재 시행계획에는 R&D를 포함한 국가공간정보 전분야에 대한 예산이 포함되어 있으며, 이 중 표준화, 기술개발, 인력양성/홍보, 정책 지원으로 세분화하여 R&D 투자현황을 조사하였다.

(1) 국가공간정보정책 예산

2011년에서 2015년까지 5년간 국가공간정보 분야의 전체 예산현황은 아래 그림2.7과 같다. 연간 평균 3,062억 원 투자되었으며, 2012년에 가장 많은 예산이 배정되었고 2013년은 가장 적은 예산이 배정되었음을 알 수 있다. 2013년에 예산이 적은 원인은 국가기본도 수정갱신 및 제작사업의 사업비 축소와 국가공간정보 통합체계 사업이 종료된 영향으로 판단되었다. 2014년과 2015년에는 정부 3.0과 공간정보를 이용한 융·복합 기반 기술로 인식되어 예산이 증가한 것으로 판단된다.

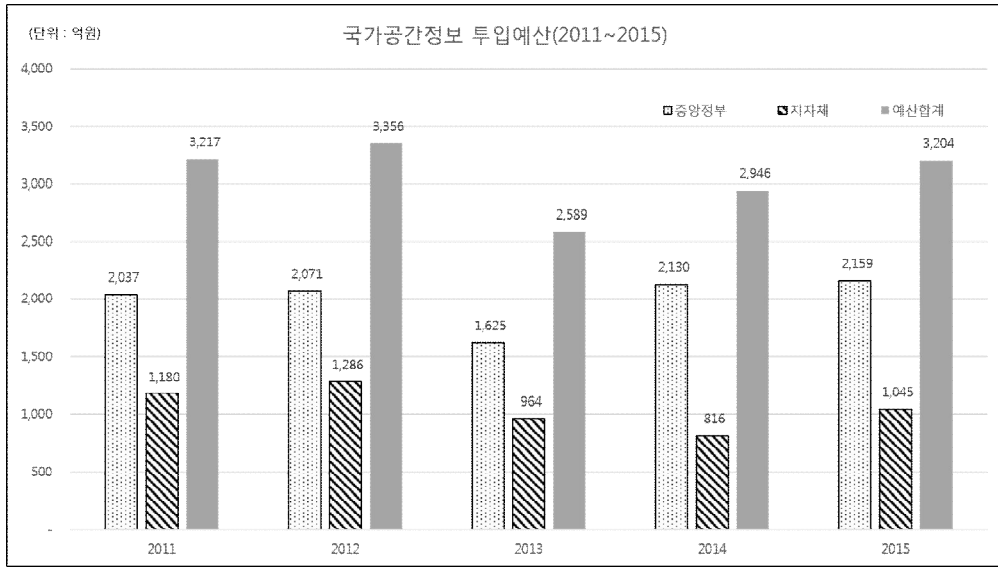


그림 2.7 국가공간정보정책 예산(2011~2015)(출처 : 국토교통부)

(2) 국가공간정보정책 R&D 예산

2011년에서 2015년까지 5년간 국가공간정보정책 R&D 예산은 다음 표 2.8과 같다. 시행계획에는 해당연도 2년 전의 집행 실적과 해당연도의 예산이 기술되기 때문에 2011년에서 2013년은 집행된 예산을 2014년과 2015년은 계획된 예산을 분석하였다.

국가공간정보 중앙정부의 예산 중 R&D 예산의 비율을 분석한 결과 평균 8%의 예산이 R&D에 투자되고 있었다. 아래 표를 보면 2012년부터 R&D 예산과 비율이 증가하고 있음을 할 수 있다. 2011년의 경우에는 대규모 R&D 사업인 '지능형국토정보기술 혁신 사업'이 추진되어 예산이 많은 것으로 조사되었다.

표 2.8 국가공간정보 R&D 예산 비율

연 도	중앙정부예산(억원)	R&D 예산(억원)	R&D 비율(%)
2011	2,037	197.4	9.7
2012	2,071	94.3	4.6
2013	1,625	111.2	6.8
2014	2,130	184.4	8.7
2015	2,159	207.1	9.6

(출처 : 국토교통부)

국가공간정보 R&D는 위에서 기술한 바와 같이 표준화, 기술개발, 인력양성/홍보, 정책지원으로 구분하여 조사하였다.

표준화의 경우 공간정보의 생산·유통·활용을 위한 국제표준과 국가표준, 단체표준, 기술기준 제정에 관련된 R&D 정책이며, 기술개발은 공간정보의 생산·유통·활용을 위한 R&D 사업을 발굴하고 지원하는 정책이다. 인력양성은 공간정보 전문 인력을 양성하고 커리큘럼발굴이나 교육센터 등의 운영을 위한 정책이다. 마지막 정책지원은 법제도의 제·개정 및 관리를 위한 R&D 정책이다.

그럼 2.8과 표 2.9를 보면, R&D 사업 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 기술개발로 5년간 R&D 전체 예산 중 55.8%를 나타내었다. 그리고 나머지 3가지는 5년간 평균 약 14.7%의 예산이 비슷하게 투자되었다. 또한 연도 간 변동률도 기술개발이 가장 크게 발생하였으며 나머지 표준화, 인력양성/홍보, 정책지원 R&D 예산은 큰 변동 없이 지속적으로 투자되었다.

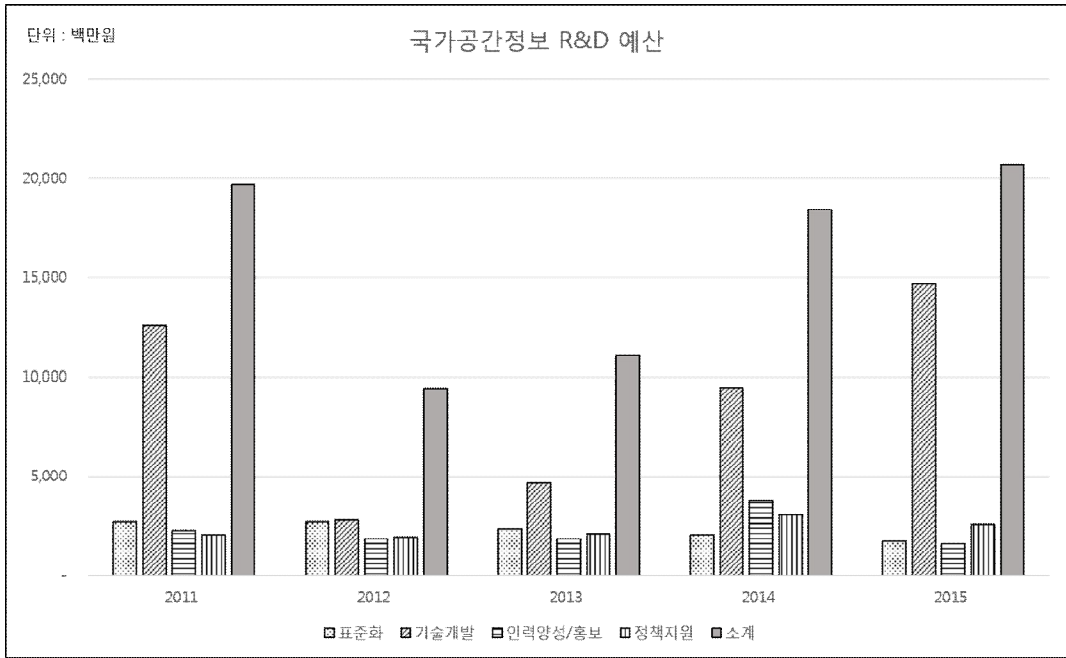


그림 2.8 국가공간정보정책 R&D예산 (2011~2015) (출처 : 국토교통부)

표 2.9 국가공간정보 R&D 예산

(단위 : 백만원)

연도	표준화	기술개발	인력양성/홍보	정책지원	소계
2011	2,750	12,620	2,300	2,070	19,740
2012	2,750	2,803	1,900	1,975	9,428
2013	2,391	4,700	1,900	2,125	11,116
2014	2,086	9,500	3,780	3,070	18,436
2015	1,750	14,690	1,655	2,615	20,710
소계	11,727	44,313	11,535	11,855	79,430

(출처 : 국토교통부)

2.2.4 공간정보R&D 사업성과 및 평가체계

공간정보 R&D의 평가체계는 2011년부터 강화되어 온 것으로 조사되었으며, 2015년의 평가절차는 다음과 같다.

우선 각 사업별로 추진부서에서 공간정보사업 사후평가지침에 따라 사업의 개요, 산출물, 성과, 파급효과 등 평가지표에 따른 자체평가 결과와 보고서를 제출하고 국토교통부에서는 관련분야의 전문가로 ‘공간정보사업평가단’을 구성하여 각 사업추진 부서에서 제출한 자체평가 및 관련 자료를 이용하여 전문평가를 실시한다.

국토교통부의 평가는 서면평가와 사업간 관계분석, 심층평가로 진행되었다. 서면평가의 경우 중앙부처의 사업과 지자체 사업을 구분하여 공간정보 분야의 전문가가 모든 사업에 대해 서면으로 사후평가를 실시한다. 사업간 관계분석은 중복투자 및 공간정보의 공유·연계현황을 분석하여 사업의 우선순위, 투자효율성을 파악한다. 마지막으로 심층평가에서는 서면평가와 사업간 관계분석을 토대로 분과별로 우수사업 후보를 선정한 후 전체회의를 통해 최종 우수 사업으로 선정한다.

(1) 표준화 관련 사업성과

국가공간정보 표준화 사업과 관련된 2012년의 결과물에 대한 평가에서는 공간정보 표준화의 역량강화 및 국제 경쟁력 확보를 위해 ISO/TC211 국제표준 개발 및 활동 지원, 공간정보 표준 역량측정 방법론 개발 및 국내외 실증 분석, OGC 총회운영 계획 수립 및 교육/안내자료 개발 등 사업을 추진하였고, 각각의 결과물 및 교육 자료를 사업성으로 제시하였다. 2013년 표준화 결과물에 대한 성과로는 공간정보표준 통합관리 체계 구축, 국제표준화 활동 대응체계 구축이라는 정책목표를 실현하기 위해 포털 재편, 표준 적합성 평가제도 도입, 국제 표준 활동에 대한 개별 대응활동 등을 성과물로 제시하였다.

(2) 기술개발 관련 사업성과

2013년에 진행된 기술개발 분야의 성과는 2015년도 시행계획에 기술되었으며, 차세대 공간정보 표현기술 R&D에서는 생활편리 공간정보기술 및 제품 개발과 공간정보기

반 창업 및 기업역량 강화 지원에 기여하고자 하였으나, R&D 시작단계이므로 아직 구체적인 성과는 제시하지 못하였다.

공간정보 오픈플랫폼 인프라 고도화 기술개발 사업은 기술개발, R&D와의연계, 교육 지원체계, 해외마케팅전략, 패키지상품모형개발, 기술지원체계(안)을 마련하고 국가공간정보통합체계 및 공간정보 오픈플랫폼과 연계하여 공간정보 오픈플랫폼 기반의 융·복합 패키지상품 모형을 개발하였다. 이를 통하여 공간정보 오픈플랫폼 접속자 증가('12년 94.5만 명에서 '13년 487만 명으로 515% 증가), 활용자 증가(key 발급건수 '12년 334건에서 '13년 1,118건으로 354% 증가)가 사업성으로 나타났다.

(3) 인력양성 및 홍보 관련 사업성과

인력양성과 관련된 성과로는 국가공간정보 창의인재 양성 사업에서 주요 공공사업(V-World, 오픈소스, 공간 빅데이터, KOPSS 등)에 대한 온라인 콘텐츠 제작 및 온라인 교육지원을 통해 회원누적수 38,582명('13년 신규 1,519명), 접속자 누적수 202,362명('13년 신규 7,762명)을 달성하였으며, 공간정보 특성화대학원 양성 계획 목표(78.5명/80명 목표), 공간정보 거점대학 교육인원 계획 목표(962명/960명 목표)를 달성하는 성과를 달성하였다. 공간정보 분야의 홍보와 관련하여 스마트 국토엑스포를 운영하고 있으며, 독자적인 전시나 영업루트 확보 등 홍보기회를 만들기 어려운 1인 창조기업, 중소기업에게 홍보기회를 부여함으로써 인적 네트워크 확대 및 미래 비즈니스 창출에 기여하고 일반인과 학생들을 대상으로 다양한 공간정보 체험 프로그램을 제공하여 공간정보에 대한 인식을 높이고, 공간정보 활용확산에 기여하는 성과를 도출하였다.

(4) 정책지원 관련 사업성과

공간정보와 관련되어 국가공간정보정책 지원연구를 통하여 접근불능지역의 국토정보 통합분석시스템 개발을 위한 구체화된 전략을 제시하고 기본구상 및 로드맵 개발로 그 목표를 달성하였으며, 빅데이터 활용모델 제시 등의 정책목표를 달성하는 성과를 제시하였다.

2.3 시스템다이내믹스와 동태모형

2.3.1 시스템다이내믹스의 이해

시스템다이내믹스는 1961년 MIT의 포레스터(Jay Forrester)교수가 산업체 재고량과 노동력의 불안정한 변화, 시장점유율의 감소문제들을 다룬 「산업동태론」을 발표한 이후 기업경영, 공공정책, 공학 그리고 각종 인간의 의사결정행위에 대한 이해와 문제 해결을 위한 독특한 시각과 방법으로 광범위하게 응용되어 왔다.

시스템다이내믹스는 산업분야에 대한 응용을 시작으로 발전되어 왔으며 최근까지도 산업체의 경영전략, 조직, 재고문제 등에 가장 활발히 적용되고 있다. 그러나 시스템다이내믹스의 발전은 초창기에 예상되었던, 특정분야에 국한된 응용을 초월하는 것으로 규제완화, 전기공급, 에너지 문제, 복지 및 건강문제 교육, 미래비전의 제시, 방송, 국방, 식유, 환경문제 등 광범위한 이슈들을 대상으로 활발히 응용되고 있다. 최근, 미국에서는 유치원에서부터 중·고등학생에 이르기까지 시스템 사고와 시스템다이내믹스를 활용한 교육을 위하여 각종 교육프로그램이 개발되고 적용을 위한 노력(K-12 Project)이 활발하게 전개되고 있어 시스템다이내믹스의 활용분야는 더욱 광범위해 지고 있다.

시스템다이내믹스가 무엇인지 한마디로 설명하기는 쉽지 않지만 대체로 다음과 같은 정의는 가능하다. 시스템다이내믹스는 동태적이고 순환적인 인과관계의 시각(Dynamics Feedback Perspective)으로 현상을 이해하고 설명하거나, 이러한 이해에 기초한 컴퓨터 모델을 구축하여 복잡한 인과관계로 구성된 현상이 어떻게 동태적으로 변해 나가는지를 컴퓨터상에서 실험해보는 방법론이자, 현상을 바라보는 시각이며 준거틀(Framework)이다.

시스템다이내믹스의 대상인 시스템의 개념은 어떠한 현상을 이루고 있는 요소(element)와 관계(Relationship)로 구성된다. 시스템에 있어서 요소는 ‘변수’를 의미하고 관계는 변수간의 ‘인과관계’를 의미한다. 두 개의 요소(변수)가 하나의 인과관계로 연결되어 있을 때, 이는 가장 단순한 시스템이라고 할 수 있으며 이러한 시스템이 모여서 보다 커다란 시스템을 구성한다. 보통 단순한 시스템을 하위 시스템이라고 하고, 이들이 모인 시스템을 상위 시스템이라고 부른다. 따라서 개개인의 인과관계를 하위 시스템이라고 한다면 이들이 연결되어 창출되는 시스템을 상위 시스템이라고 할 수 있다.

이러한 점에서 개개의 인과관계는 하위 시스템이 되고, 하위시스템이 이루어 상위 시스템을 이루는 것이다. ‘전체는 부분의 합 이상이다’라는 명제가 있다. 이 명제는 부분과 전체 사이에 무엇인가 부분의 합을 변형시키는 메커니즘(mechanism)이 존재한다는 점을 의미하며 이러한 메커니즘을 바로 피드백 구조라고 말한다(김동환, 2000).

시스템다이내믹스의 문제의 근원이 되는 원인구조를 밝히고 구조를 파악하여 문제를 해결하기 위한 방법론이다. 그림 2.9에서 볼 수 있듯이, 시스템다이내믹스 연구 방법론의 일반적인 연구방법은 해결하고자하는 문제를 정의함에서부터 시작한다. 문제를 정의한다는 의미는 시스템을 정의함을 의미하고, 문제(시스템)가 정의된 이후 문제를 해결하기 위해 필요한 구성변수를 선정하고 변수들 간의 상호관계성을 기초로 연결된 인과지도를 작성한다. 인과지도를 작성하였으면 해결하고자 하는 문제의 동태모델을 구축하기 위한 정량적 모형을 작성한 다음 모형의 타당성을 검증하고 모형을 분석에 활용하는 분석 방법으로 진행된다. 문제의 정의에서부터 인과지도를 작성을 통해 구조와 인과관계를 파악하는 단계까지를 시스템 사고라고 하며, 이후 동태모델을 만든 이후 모형을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 시도하는 전체 단계를 시스템다이내믹스라고 한다.

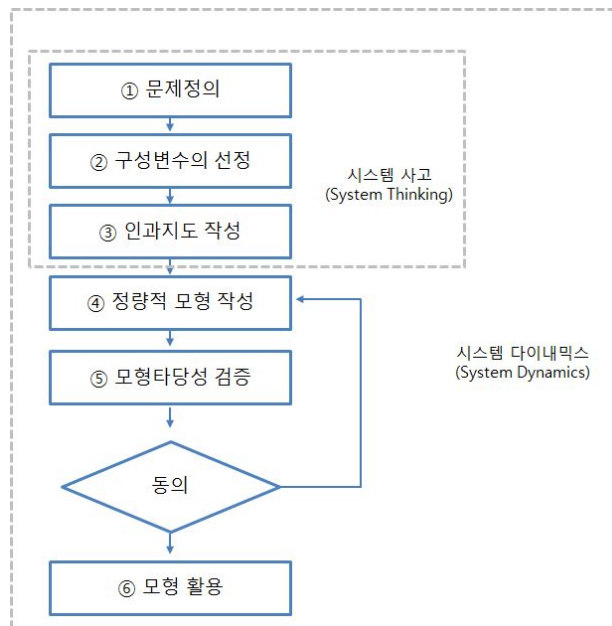


그림 2.9 시스템다이내믹스 연구 절차 (출처 : 임창용 · 박상준, 2016)

시스템다이내믹스 방법론과 기존 연구의 차이는 표 2.10에서와 같이 사고체계, 연구 방법론을 중심으로 나누어 살펴볼 수 있다. 사고체계를 살펴보면 기존연구방법론은 단선적사고, 정태적, 부분적, 단기적 분석방법론을 지향한다. 시스템다이내믹스 방법론은 전체론적(시스템)사고 체계, 동태적, 전체적, 장기적 분석 방법론을 지향한다. 연구방법론은 기존 연구방법론은 회귀방정식, 계량경제분석에 초점이 맞추어져 있다면, 시스템다이내믹스 방법론은 인과지도, 저장/유량 다이어그램의 방법에 초점이 맞추어져 있다.

표 2.10 시스템다이내믹스방법론과 기존연구 비교

구 분	기존 연구 방법	시스템다이내믹스 방법
사고체계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 단선적 사고 ▪ 정태적, 부분적, 단기적 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 전체론적(시스템)사고 체계 ▪ 동태적, 전체적, 장기적 분석
연구방법론	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 회귀방정식(Regression Analysis) ▪ 계량경제분석 (Econometric Analysis) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인과지도(Causal Loop Diagram) ▪ 저장/유량 다이어그램 (Stock Flow diagram)
Research Question	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구 성과에 미치는 투입변수는 무엇인가? ▪ R&D투자 증가는 투입요소의 생산성이나 전체 국가 GDP에 어떤 영향을 미치나? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국가 GDP 극대화를 위한 최적의 자원 배분 의사결정은 무엇인가? ▪ 정책 변수 변화에 따른 의사결정은 시간의 변화에 따라 어떻게 달라지는가?

2.3.2 시스템사고의 이해

시스템다이내믹스에서 말하는 시스템 사고는 시스템다이내믹스의 질적인 접근 즉, 질적 분석 방법을 시스템 사고라고 지칭한다. 이는 컴퓨터 시뮬레이션을 하지 않고 인과지도만을 이용하여 문제를 이해하고 대응방향을 모색하는 연구를 의미한다. 시스템 사고를 기반으로 하는 연구들은 사회현상을 단순화 시킨 피드백 구조를 제시하여 복잡

한 문제에 대한 대응방안을 제시하는 연구들이 대표적이다(문태훈, 2012). 시스템다이내믹스에 뿌리를 둔 시스템 사고는 단선적 사고로 대표되는 기존의 사고를 대처하는 사고 틀로 제안된 것이다(신혜성 외, 2005). 시스템 사고는 일방향적이고 단선적 사고의 특징인 정태적 시각, 단기적 시각, 부분적 시각의 한계를 극복하기 위해서 문제의 요인들이 내재적으로 순환적 인과관계의 고리들로 연결되어 있고, 문제를 유발하는 요인들의 상대적 중요성이 시간의 흐름에 따라 변화하기 때문에 장기적, 전체적 변화 패턴에 주목해야 한다는 점을 강조하는 사고이다. 복잡한 인간 시스템의 기본적인 특징은 원인과 결과가 시공간적으로 직접 결합되어 있지 않고 다수의 요인들이 상호작용 관계로 얽혀 있는 경우가 많으며, 특정 시점에서 시스템의 변화방향과 장기적인 시스템의 변화행태가 근본적인 차이점을 가질 수 있다. 이것은 단선적 사고로는 문제의 정확한 이해는 물론이며, 정책적 처방의 오류를 초래할 수 있음을 의미한다(김미경, 2004).

이러한 단선적 사고와 대비되는 시스템 사고는 크게 세 가지 사고를 기반으로 하고 있다 첫째, 시스템 사고는 연구하고자 하는 특정변수가 시간의 변화에 따라 어떻게 동태적으로 변화해 나가는지에 대한 동태적 사고(Dynamics Thinking)에 기본적인 관심을 둔다. 예를 들어 산업체 고용 인력의 증감, 도시의 변영과 쇠퇴, 의료 보험비용의 급격한 상승 등 연구대상 변수의 시간에 따른 동태적인 변화가 어떻게 일어나고 있는지 관심을 둔다. 앞으로는 어떻게 변화해 갈 것인가에 대해 관심을 둔다는 것이다. 따라서 시스템다이내믹스는 일회적인 사건이나 모델 파라미터의 정확한 측정 혹은 변수의 추정 값을 구하기보다는 관심의 대상이 되는 변수가 시간의 흐름에 따라 어떤 동태적인 변화의 경향을 보이는지에 보다 큰 관심을 둔다(문태훈, 2007).

둘째, 시스템 사고는 모든 현상을 내부 순환적 환류체계(Close Loop Thinking, Circular feedback system)의 관점에서 이해하는 피드백 사고(Feedback Thinking)에 관심을 둔다(김도훈 외, 1999). 즉, 어떠한 변수의 동태적인 변화를 시스템 내부에 존재하는 변수들과의 원형의 역동적인 상호작용(circular causation, two-way causation or feedback)에 의하여 일어나는 것으로 파악한다. 변수의 동태적 변화는 시스템 내부의 원인에 의하여 발생하는 것이지 시스템 밖의 외부 변수에 의해서 발생하는 것이 아닌 것으로 판단한다. 이런 의미에서 시스템다이내믹스는 내부 순환적, 또는 내부지향적 관점(endogenous point of view)을 가지며, 관련된 변수들이 일방향의 단선적인 영향을 주는 것이 아니라 원형의 인과관계에 의하여 동태적인 상호작용을 하고 있는 것으로 파악하기 때문에 원형의 피드백 관점을 가진다.

이러한 기존의 변수 간의 일방향의 단선적인 영향관계를 말하는 단선적 사고와 시스템다이내믹스에서 추구하는 내부 순환적 환류체계의 인과관계인 시스템 사고는 다음 예를 통해 그 차이를 살펴볼 수 있다.

학업성취도에 영향을 주는 요인이 동기, 출석, 교육의 질, 부모의 관계, 지적능력, 건강, 교실의 환경 등이 있다고 가정한다. 일방향의 단선적 사고로 영향관계를 바라볼 때 학업성취도라는 종속변수에 영향을 주는 독립변수로 나머지 요인을 규정한다. 즉, 동기, 출석, 교육의 질, 부모의 관계, 지적능력, 건강, 교실의 환경이라는 독립변수가 학업성취도라는 종속변수에 영향을 끼치고 있다고 말한다. 이러한 접근방식이 일반적인 사고인 단선적 사고의 방식이며 그림 2.10과 같이 표현된다.

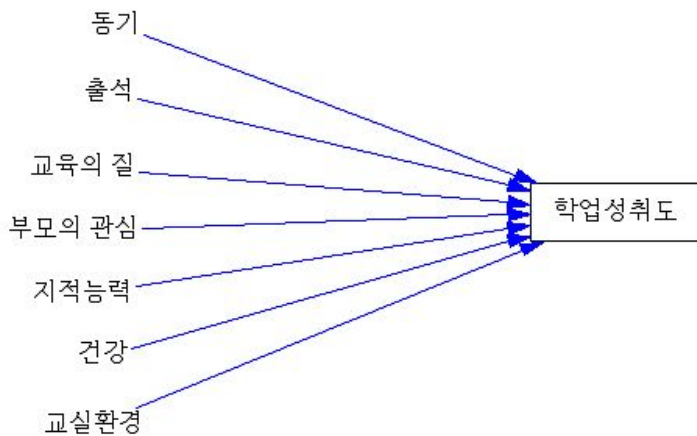


그림 2.10 일방향의 단선적 사고의 인과관계(One-Way Causality)

하지만, 시스템 사고를 통한 인과관계를 나타낸 그림 2.11을 살펴보면 학업성취도에 영향을 미치는 변수들이 순환하면서 영향을 주고받는 상호작용 관계에 놓여 있음을 알 수 있다. 각 변수들이 상호관계 속에서 영향을 주고받고 있어 단선적 사고에서 구분지어진 종속변수와 독립변수의 관계는 피드백 관점에서 의미가 없음을 알 수 있다. 시스템 사고는 순환적 인과관계를 구성하는 모든 변수들이 관찰의 목적에 따라 모든 변수가 목적변수로 인식될 수 있는 입장을 취하고 있다.

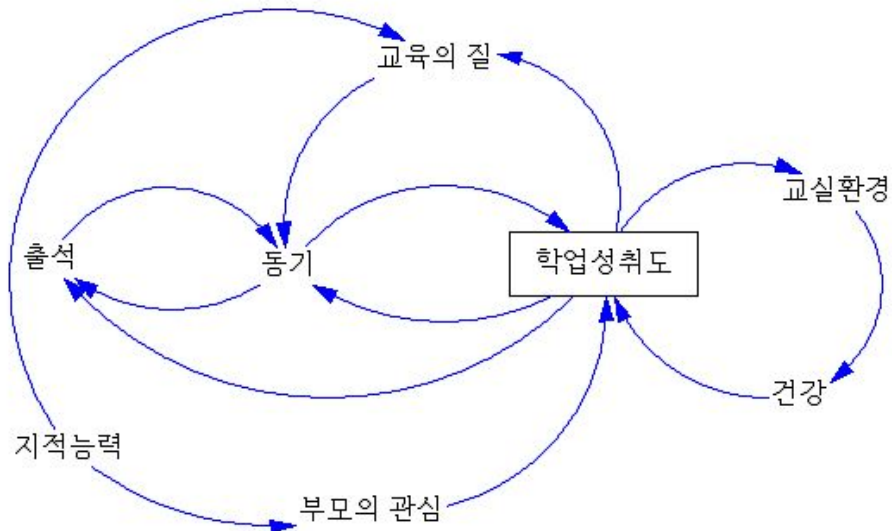


그림 2.11 원형의 시스템 사고에 의한 내부 순환적 환류체계

셋째, 그림 2.12를 참고하면, 시스템 사고에 있어 사실적 사고(Operation thinking)가 한 축을 차지하고 있다는 것을 볼 수 있다. 사실적 사고란 변화가 실제로 어떻게 해서 일어나고 있는지 변화의 과정에 초점을 맞추고 시스템 작동의 매커니즘을 파악하고자 하는 사고이다(김도훈 외 2, 1999). 미국의 한 유명한 경제학 논문지에 우유생산을 예측하는 이코노메트릭 모델이 발표된 적이 있다. 그 모델의 회귀식은 [우유생산 = $a_1 \times (\text{국민총생산}) \times a_2 \times (\text{이자율}) + \dots$] 형태를 띠고 있었다. 우유생산은 국민총생산, 이자율과 같은 거시경제적 변수의 함수라는 것이다. 그리고 각 거시경제적 변수가 우유생산에 영향을 주는 상대적 중요성은 회귀계수인 a_i 로 표시하고 있다. 이 모델은 우유가 실제로 어떻게 생산되는지 분명히 나타내 주고 있지 않다. 모델 어디에도 우유생산에 필수적인 젖소가 표현되어 있지 않다. 만일 우리가 실제적 사고를 한다면 젖소야 말로 모델에서 제일 먼저 고려해야 할 변수일 것이다. 다음으로 젖소 한마리가 매년 만들어내는 우유의 평균생산량이 중요 변수일 것이다. 적어도 이 두 변수가 포함되어 있어야 우유생산에 대해 실제적인 언급을 할 수 있을 것이다. 사실적 사고란 추상적이거나 수학적인 모델을 가지고 현실변화를 예측하는 것이 아니라 실제 현실 변화 과정에 무엇이 어떻게 일어나고 있는가를 파악하려는 사고이다(문태훈, 2007).

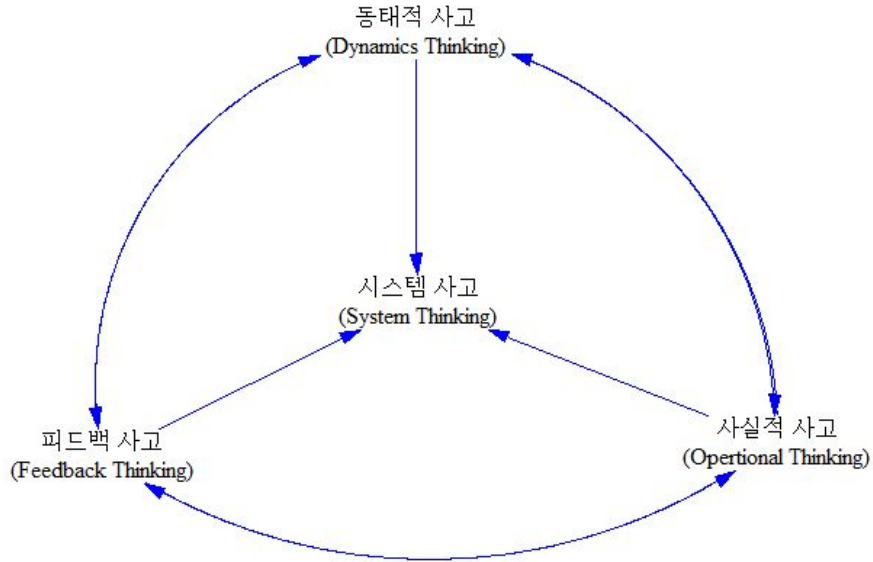


그림 2.12 시스템 사고의 접근방법

시스템 사고의 근본적인 목적은 문제의 원인에 대한 근본적인 진단과 해결책을 제시하는 것이고 이를 위한 모형을 제시하는 것이다. 그러기 위해서는 시스템의 구조를 명확하게 이해하는 것이 필요하며 단순한 사건을 접하고 이를 해결하려는 관심보다는 관심의 대상이 되는 시스템의 패턴을 인식하는 것뿐만 아니라 보다 근본적으로 구조를 보면서 구조적인 문제점이 무엇인가를 분명하게 살피는 것이 필요하다. 시스템 사고 분석 절차는 문제가 되는 현상을 보고 이러한 문제의 패턴을 그려보고 인과지도를 작성하여 구조를 파악하는 것이라고 할 수 있다(서혁, 2006).

시스템 사고의 분석 절차 및 분석의 중요한 요소는 시스템다이내믹스와 동일하다. 그러나 시스템 사고 기법에서는 시스템다이내믹스의 시뮬레이션을 위한 저장 유량도 다이어그램을 구축하지 않고 관심의 대상이 되는 시스템의 구조적인 문제를 파악하여 정책 레버리지를 식별하기 위한 인과지도를 작성하고 인과지도에 대한 타당성 평가를 시행한다. 이후 정책 레버리지를 식별하고 레버리지를 이용하여 정책 레버리지 전략을 세부적으로 수립하는 것이다. 이러한 시스템 사고의 연구절차를 도식화면 그림 2.13과 같다.

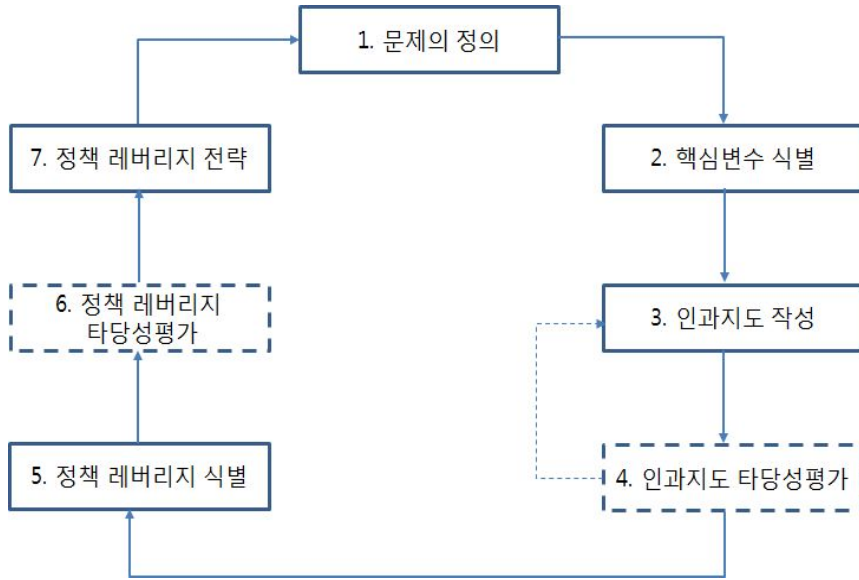


그림 2.13 시스템 사고 분석 절차(출처 : 서혁 , 2006)

인과지도(Causal map)는 시스템의 각 변수 간의 피드백 구조를 시각화 하여 이해를 도와주는 매우 중요한 도구이다. 연구자는 인과지도를 통해서 문제의 원인에 대한 가설을 빠르게 검증하고, 개인이나 집단의 사고모형을 도출, 파악하며, 하나의 시스템 내에서 어떤 변수간의 관계가 가장 중요한 영향력을 갖는지 등을 찾아 낼 수 있다(삼성경제연구소, 2008).

시스템 사고에서 문제를 정의하고 인과지도를 작성하는 것은 시스템을 분석하기 위한 시작이자 중요한 부분으로 시스템다이내믹스의 질적 분석인 시스템 사고기법의 적용을 위해서는 가장 중요한 부분이다. 시스템다이내믹스의 질적 분석을 위한 인과지도(Casual map)는 시스템 피드백 구조 표현의 중요한 도구로 다이내믹한 인과관계에 대한 가설 도출이 용이하고, 도출된 중요한 피드백이 문제에 합당한지 정보를 제공한다.

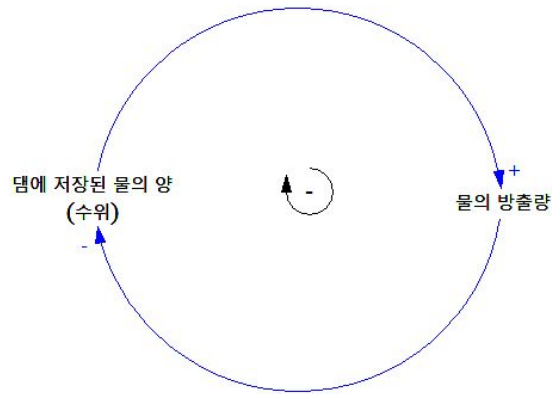


그림 2.14 물과 댐 수위와의 인과지도

일반적으로 인과지도는 세 가지 요소로 구성되어 있다(Weick 1979, Hall 1994). 그림 2.14의 댐 수위와 물의 방출량 인과지도를 통해 그 내용들을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 화살표를 사용하여 요소와 요소, 즉 변수와 변수간의 인과관계의 방향을 표시한다. 화살표의 기점이 원인이 되는 변수이며 화살표의 종점이 영향을 받는 변수이다. 댐에 저장된 물의 양(수위)와 물의 방출량과의 인과지도를 통해 화살표의 의미를 살펴보면 댐에 저장된 물의 양(수위)가 많아(높아)지면 물의 방출량이 많아지게 되고 물의 방출량이 증가하게 되면 댐에 저장된 물의 양(수위)가 줄어들게 된다는 것을 상호 영향관계를 화살표 방향으로 표시한 것이다.

둘째, 화살표와 함께 사용된 (+), (-) 부호의 의미는 변화의 방향, 인과관계의 방향을 이야기 한다. (+) 표시의 의미는 두 요인이 같은 방향으로 변화하고 있다는 것을 의미한다. 댐에 저장된 물의 양(수위)이 많아질수록 물의 방출량은 많아진다는 것을 의미한다. 다른 상황으로는 댐에 저장된 물의 양(수위)이 적을수록 물의 방출량 역시 적다는 것을 의미한다. 다음으로 (-) 표시의 의미는 (+)와 반대로 두 요인이 다른 방향으로 변화하고 있다는 것을 의미한다. 물의 방출량이 많으면 댐에 저장된 물의 양(수위)는 적어지고 있다는 것을 의미한다. 다른 상황으로는 물의 방출량이 적으면 댐에 저장된 물의 양(수위)는 높은 채로 남아 있을 것이라는 의미이다.

셋째, 여러 개의 인과관계들이 하나의 폐쇄된 원을 형성할 때, 이를 피드백 루프(Feedback Loop)라고 한다(Maruyama 1963, Weick 1979). 앞서 사례로 든 댐에 저장된 물과 물의 방출량 간의 관계가 하나의 피드백 루프를 구성하고 있다. 사실상 시스

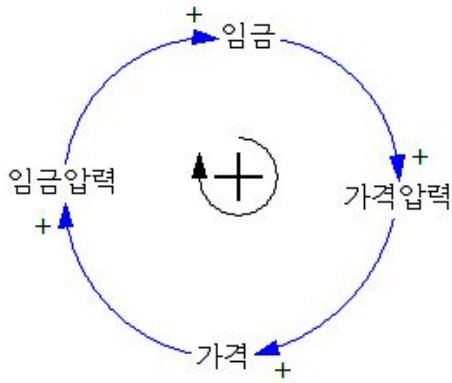
템다이내믹스에서 인과지도를 구축하는 근본적인 목적은 피드백 루프의 존재를 확인하는 데 있다. 이러한 피드백 루프로 인해 시스템이 동적인 상호관계를 가지고 움직이고 있다는 것을 파악할 수 있기 때문이다. 이러한 움직임은 시스템내부의 움직임으로 내부의 추진력으로 움직이는 자발적인 움직임이다. 이러한 시스템 내부에서 일어나고 있는 움직임인 피드백 루프를 판단하여 시스템이 올바르게 작동하고 있는지, 문제가 있는지 파악할 수 있으며 문제가 있는 시스템일 경우 이 피드백루프의 구조를 변화시키기 위한 전략인 대안을 찾아내는 것은 전략의 레버리지 도출(식별)을 의미한다.

시스템 사고에서 피드백 구조는 인과관계의 순환적인 구조를 말하며 이러한 순환적인 구조는 모든 시스템의 동태성을 초래하는 문제의 본질이라고 할 수 있다. 따라서 시스템 문제의 증상을 이해하기 위해서는 그 증상의 본질에 해당하는 인과순환 관계의 피드백 구조를 먼저 발견하고 이를 해석하려는 시스템 사고의 해석체계에 따라야 한다 (최남희, 2011).

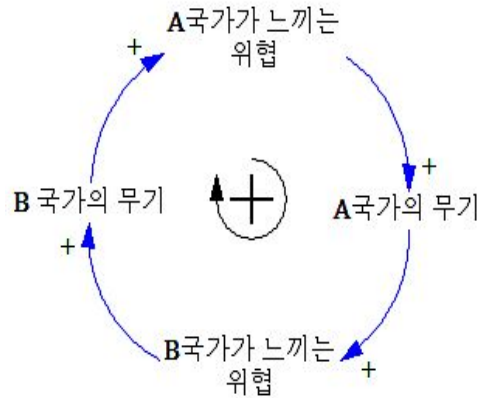
피드백이라는 개념을 통하여 복잡한 인과관계의 연결고리들을 종합적인 관점에서 설명할 수 있다. 그리고 피드백에 대한 관념은 부분적인 인과관계의 합을 통하여 창조되는 새로운 차원의 세계(피드백 루프)를 인식할 수 있도록 허용한다. 이러한 이유에서 복잡한 인과관계를 피드백을 중심으로 하는 인과지도로 단순화 시키는 것이다.

인과관계가 하나의 폐쇄된 원을 형성하는 피드백 루프는 그것에 내재되어 있는 자발적인 추진력을 직관적으로 이해하기 위해서 시스템다이내믹스 연구자들은 일반적으로 양의 피드백루프(Positive Feedback Loop)와 음의 피드백 루프(Negative Feedback Loop)로 구분한다. 양의 피드백 루프와 음의 피드백 루프의 구분은 피드백 구조의 속성을 분석하는데 유용한 개념중의 하나로서 피드백 구조의 극성(Polarity)를 의미한다. 피드백 구조의 극성을 판단하는 기준은 하나의 피드백 구조를 구성하는 요소(변수)간의 인과관계의 부호의 곱에 의해 결정된다(김동환, 2000).

양의 피드백 루프와 음의 피드백 루프의 차이는 다음과 같다. 양의 피드백 루프는 “자기강화적 피드백 루프(Self-Reinforcing Feedback Loop)”라고 한다. 자기강화적이라는 의미는 현재의 변화방향이 가속화 된다는 의미이다. 이는 증가가 가속되거나 감소가 가속화된다는 양면적인 의미를 포함하고 있다. 환언하면 속성의 방향이 동일한 방향으로 가속화 된다는 의미로 이는 양의 피드백 루프라는 의미가 긍정의 의미로 이해해서는 안 되는 부분이다. 양의 피드백 루프에 대해서는 아래 사례를 통해 살펴보도록 하겠다.



<임금과 가격간의 인과구조>



<국가 간 군비경쟁>

그림 2.15 양의 피드백 루프(Positive feedback loop)

그림 2.15은 모두 양의 피드백 루프를 표현한 것으로 왼쪽 피드백 루프에서 임금과 가격간의 인과구조를 살펴보면 임금, 가격압력, 가격, 임금압력간의 상호 상승적인 양 (+)의 순환관계가 있음을 보여주고 있다. 임금의 상승은 가격상승의 압력을 유발한다. 가격의 상승은 다시 임금압력의 가중으로 나타나며 결국은 임금의 상승으로 이어지는 순환관계를 되풀이 하게 된다. 임금의 상승은 물론 또 다른 가격 상승의 압력을 유발하게 된다. 이러한 양의 피드백 루프는 원의 중심부에 \oplus 기호로 표시한다. 회전하는 모양의 화살표는 인과관계의 순환방향을 의미하며 내부의 (+) 의미는 피드백 루프가 양의 순환관계임을 의미한다.

양의 순환관계를 가지는 또 다른 예로서 그림 2.15의 오른쪽에 있는 국가 간의 군비경쟁 사례를 설명하면 다음과 같다. A, B 두 국가 간 군비경쟁이 확대되어 나가는 것은 A 국가가 보유하고 있는 무기에 의해 B 국가가 위협을 느끼게 되어 B 국가가 군비를 확장하여 무기체계나 무기의 양을 확대시키면 이러한 B 국의 행동이 A 국가에게 위협으로 느껴지게 되고 A 국은 군비를 다시 확장하게 되는 결과를 가져오게 되는 것이다. 이러한 A 국의 군비확장은 또 다른 B 국의 위협을 가져오게 되고 양 국가 간에는 군비경쟁의 악순환이 되풀이 되어 진행된다. 이렇게 양의 피드백 루프는 시스템이 동일한 속성 방향으로 지변화가 지속되는(상승 혹은 하강) 구조를 의미하고 있다.

다음으로 음의 피드백 루프는 양의 피드백 루프와는 다르게 시스템을 일정한 목표치

로 이동시키는 안정적인 작용을 일으키는 피드백 루프를 의미한다. 음의 피드백 루프는 '목표지향형 피드백 루프(Goal Seek Feedback Loop)', '안정화 피드백 루프(Stabilizing Feedback Loop)', '자기억제 피드백 루프(Self Restraining Feedback Loop)'라고 한다. 이는 피드백을 구성하는 개별 인과관계의 부호를 모두 곱한 값이 (-)이기 때문에 음의 피드백 루프라고 할 수 있으며 피드백 루프내에 \ominus 기호로 표시한다.

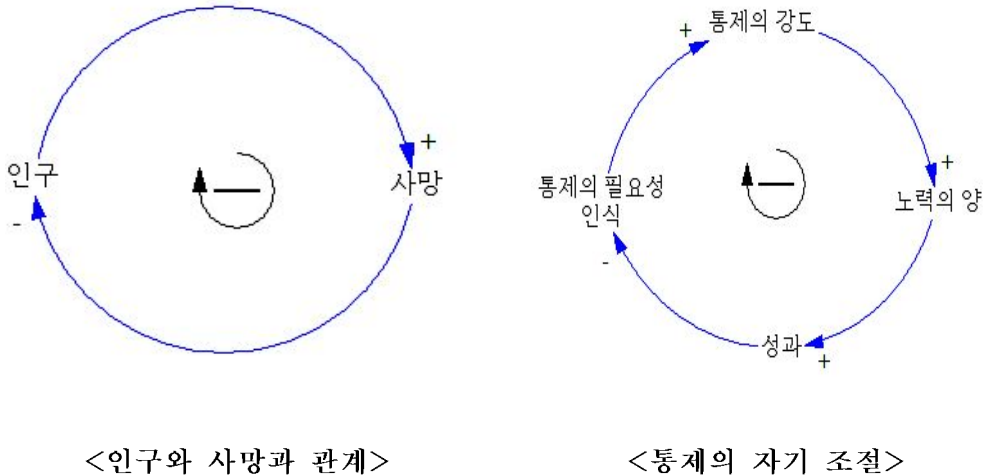


그림 2.16 음의 피드백 루프(Negative feedback loop)

그림 2.16에서 인구와 사망과 관계를 설명하면 다음과 같다. 인구가 증가하면 사망하는 사람도 증가하지만 사망하는 사람이 많아지면 인구는 감소할 것이다. 다른 사례인 통제의 자기 조절의 사례를 살펴보면 통제의 강도를 높이면 노력을 많이 하게 되고, 이는 노력의 양이 증가한다. 그 결과 성과는 많이 나올 것이고 통제의 필요성에 대한 인식이 줄어들게 되어 결국 통제의 강도가 약화된다는 것을 의미한다.

두 가지 사례에서 보듯이 음의 피드백 루프는 음(-)이라는 의미가 부정의 의미가 아닌 안정화, 목표지향, 자기억제의 의미를 가지고 있으며 일정 균형점을 지향하여 수렴하려는 특성을 지니고 있다. 이러한 음의 피드백 루프가 우리의 일상생활에서도 가장 많이 나타나는 인과구조라 할 수 있다. 범죄율이 높은 우범지대의 경우 경찰의 순찰 단속을 강화하면 범죄율이 낮아지고 이후 단속을 약화시키면 범죄율이 다시 증가한다. 다시 단속을 강화하면 범죄율이 다시 낮아지는 등 음의 피드백 루프는 일상생활에서 가장

많이 나타나는 피드백 루프이다.

이상 살펴본 양의 피드백 구조와 음의 피드백 구조의 중요한 특징을 정리하면 다음과 같다. 양의 피드백 루프는 자기 강화적 속성을 가지고 있어 한쪽 방향으로 시스템 지속적으로 변화하는 불안정성을 증가시키는 특징을 가지고 있다. 그러나 양의 피드백 루프와는 다른 속성을 가진 음의 피드백 루프는 균형점 주변에서 머무르고자 하는 자기 균형적인 속성을 지니고 있어 안정적인 속성을 지니고 있다. 다른 측면의 특징으로 자기 강화적 루프인 양의 피드백 루프는 시스템의 발전을 가져오곤 하지만 자기균형적인 음의 피드백 루프는 기존의 질서를 고수하려는 보수적인 행태를 보이기도 한다. 종종 아무리 정책을 수행해도 시스템 전체적으로 변화의 기미가 보이지 않는 경우가 있다. 구조조정을 해도 경쟁력이 향상되지 않거나, 개혁을 하더라도 부패의 근절이 이루어지지 않는 것이 그 예이다. 이러한 경우에는 음의 피드백 구조가 자기 균형적 속성으로 인하여 기존의 질서를 고수하려고 하기때문에 변화를 지향하는 정책이 투입되더라도 시스템은 전체적으로 변화에 저항하는 것이다(김동환, 2000).

2.3.3 시스템다이내믹스 모형 및 모델링

시스템다이내믹스의 문제해결 관점인 피드백 체계의 관점에서 문제를 인식하는 사고 방식은 컴퓨터의 도움을 받을 때 보다 정확하게 현상을 파악할 수 있다. 인간의 두뇌 능력으로는 한두 가지의 피드백 인과관계에 대해서는 형성되어 있는 시스템에 대해서는 비록 이해할 수 있다고 하더라도 그 동태적 변화를 추론하기란 거의 불가능하다.

작성된 인과지도를 컴퓨터상에서 반영한 계량적인 모형에 대한 동적 시뮬레이션을 지원하고, 이를 이용하여 정책 및 전략 개발 의사결정자에게 합리적인 의사결정을 지원하는 시뮬레이터를 동시에 지원할 수 있는 통합형 시스템다이내믹스 시뮬레이션 프로그램이 필요하다.

시뮬레이터는 시뮬레이션 하고 그 결과를 테이블이나 그래프로 제시하는 역할을 하는 것이다. 1960년대에서 1980년대 초반까지 사용된 Dynamo를 중심으로 다양한 시뮬레이션 프로그램이 사용되었다. 최근에는 인터넷 웹 환경과 멀티미디어 정보기술 수준에 맞추어, 의사결정자에게 효과적인 의사결정 정보를 제공하고 사용자를 위한 그래픽 기능, 시나리오 분석, 최적화 및 리스크관리기능이 강화되어 자체 시뮬레이터를 제공하는 소프트웨어가 주로 사용되고 있다.

전통적으로 시스템다이내믹스 연구는 두 가지 모델링 방법을 사용해 왔다. 첫째는 전체우선의 모델링 방법이며, 다음은 개체우선의 모델링 방법이다. 이는 앞서 설명하였던 인과지도와 시스템다이내믹스 모형 중 어느 것을 먼저 구축 하느냐에 의해 구분된다. 전체우선의 모델링 방법에서는 “피드백루프 사고방식”을 강조하여 먼저 인과지도를 구축해 나가는 방식이다.

전체우선의 모델링이 먼저 산을 보고 그 다음에 나무를 보는 방식이라면, 개체우선의 모델링은 점진적으로 나무를 심어나가는 방법이라고 할 수 있다. 전통적으로 전체우선의 모델링이 선호되어 왔지만, 최근에는 개체우선의 모델링도 상당한 설득력을 얻고 있다.

어떠한 모델링 방법을 사용할 것이냐의 결정은 모형 작성자의 개인적인 선호나 경험, 교육적인 배경과 연구대상인 시스템의 특성에 의해 결정되는 것이 일반적이다.

기존 경험에 의하면 정책결정자들은 시스템다이내믹스 모형보다는 인과지도의 구조를 이용하여 보다 쉽게 이해할 수 있으나, 인과지도의 경우에도 세 가지 이상의 피드백 구조가 상호 얽혀있는 경우에는 정책결정자에게 의사결정이나 판단에 있어 상당한 혼돈을 불러일으킨다.

시스템다이내믹스 연구자는 아무리 복잡한 모형이라고 하더라도, 이를 두개 이하의 피드백 구조를 지닌 인과지도로 단순화시키는 작업이 필요하다. 현실적으로 인과지도가 두 개 이상의 구조로 이루어진 경우에는 스톡 플로우 모형을 이용하여 각각의 루프에 대한 피드백특성을 분석하고, 이를 통합하여 하나의 전체 스톡 플로우 다이어그램을 작성하여 문제를 동태적으로 분석하여야 한다.

동태적으로 분석을 위한 시스템다이내믹스 모델링에 적용되는 변수들의 특성에 따라서 저장변수와 유량변수, 일반 보조변수, 상수의 종류로 구분해 사용한다. 저장변수는 시간에 따라 변화는 변화의 누적된 값을 가진다.

의사결정자는 이러한 스톡변수의 동적인 변화 상태를 근거로 유량변수에 의사결정 사항에 대한 명령을 내리게 된다. 시간의 흐름에 따라 변화 형태를 보이는 유량변수에 의해서 스톡변수에 대한 유입과 유출의 증감이 일어나게 된다.

다른 예측기법과는 달리 시스템다이내믹스 모형에서는 자료가 없는 변수도 포함해서 모델링하기 때문에 완성된 모형은 반드시 타당성 검증의 절차를 거쳐야 한다. 사회현상의 내부 구조를 파악하고 평가하기 위하여 확보된 데이터나 실측 자료가 부족한 경우가 있기 때문이다.

계량 데이터로 구성된 모형의 타당성 검증은 일반적으로 모형의 시뮬레이션 예측 값

과 과거 실적자료를 비교하여 통계적으로 검정을 하게 되며 이때 회귀분석을 실시하여 실제 값을 갖는 데이터와 시뮬레이션 모형에서 도출되는 실험치와 차이를 회귀결정계수 값으로 검증하게 된다. 일반적으로 시뮬레이션 결과가 과거 실적자료와 유사한 행태를 보이면 타당성이 있다고 판단할 수 있으며 과거 실적자료가 부족한 경우에는 전문가 집단의 의견이나 사용자 그룹의 의견을 참고하여 결정한다. 모형 타당성 검증에는 모형구조에 대한 검증과 객관성 검증이 있다. 모형 구조 검증은 모형의 식과 관계들이 연구자의 의도대로 완성되었는지 확인하는 과정으로 모형의 단위 체크, 민감도 분석 등이 있다.

모형의 객관성 검증은 모형이 문제의 이질에 적합하게 표현하였는지에 대한 과정으로 객관성을 부여하고 사용자에게 신뢰를 주는 과정이다. 검증방법은 모형이 실제 있었던 과거의 자료에 얼마나 근접하게 구현하는지 살펴보는 것이 있다. 시나리오 분석에 결과에 대한 전문가의 동의를 구하는 방법도 객관성을 입증하는 방법이다. 구현된 모형의 활용은 모형 타당성이 검증된 후에는 실제 현장의 시스템에 적용하여 정책의 분석, 예측, 평가 등에 활용하게 된다. 모형 활용단계에서 문제의 이해와 변수들의 인과관계를 파악하게 되므로 시스템을 이해하는 학습의 틀로서 사용할 수 있고 이러한 학습과정이 반복되면서 보다 나은 미래 예측과 합리적인 대안을 찾는다.

2.3.4. 시스템다이내믹스와 R&D 성과분석에 적용

시스템다이내믹스는 기업전략, 연구개발, 그리고 미국과 소련간 냉전 무기경쟁 이슈 등 어떤 동태적 시스템에도 적용된다. 1960년대 초기의 연구개발 관련 연구들의 대부분은 DYNAMO(dynamic models)를 활용하여 군수품 및 방산제품 개발 조직의 동태성을 주로 다루었다. 이러한 연구로 정부 연구·개발·검증 및 평가기관의 기술적 효과성에 관한 조사연구(Wachold, 1963), 군수품 개발 조직에 관한 동태적 모델 연구(Beaumariage, 1960), 연구개발조직의 동태적 행태 분석(Welles III, 1963), 연구개발의 동태성(Roberts, 1962), 다중 시장(multiple markets)에서의 선택과 할당 : 연구개발시스템 분석(Nay, 1965), 방산제품개발조직의 산업 동태성 분석(Lett, jr., 1961), 생산성제고를 중심으로 한 소규모 R&D 조직의 시스템 동태성 모델(Byrnes, 1990), 우주산업에서의 기업연구소의 성장 동태성(Blackman, 1966), 연구개발조직의 구조와 성과를 연구하기 위한 모델-중심적 접근방법(Kane, 1963) 등을 들 수 있다.

60년대의 방산조직을 포함한 연구개발조직의 동태성을 중심으로 적용되던 시스템다이내믹스 방법론은 80년대 접어들면서 큰 변화를 겪었다. 특히 Barry Richmond의 STELLA가 기존의 DYNAMO를 대체하면서 그래픽 시뮬레이션을 도입하여 시스템다이내믹스 모델링이 대중화에 기여했다. 한편, 90년대에는 Senge의 “The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization”가 베스트셀러가 되면서 시스템다이내믹스의 유용성에 대한 광범위한 인식이 형성되었고 프로젝트 관리, 조직학습 등 다양한 분야에 광범위하게 적용하기 시작하였다. 연구개발과 관련한 적용사례로는 프로젝트 관리의 동태성에 관한 연구(Ford, 1995), 건설프로젝트관리시스템에 있어서 변화와 재작업을 이해하기 위해 시스템다이내믹스를 적용한 연구(Love et al., 2002) 등을 들 수 있다. 이외에 R&D 커뮤니티의 성장과 확산(Rose, 1990), R&D 네트워크의 진화(Zirulia, 2004), 조직학습 등 다양한 분야에 시스템다이내믹스 방법이 적용되고 있다.

그러나 R&D 투자와 관련하여 시스템다이내믹스 방법론을 적용한 연구는 거의 드문 편이다. R&D 자원할당과 관련하여 관리적 통찰력을 제공하기 위해 시스템다이내믹스 방법론을 적용한 연구(Hansen et al., 1999)와 제약 산업의 대규모 R&D 프로그램의 자원할당을 다룬 연구(Ahn, 1999), 그리고 제품개발에서 자원 의존성이 바람직하지 않은 자원할당을 초래하고, 그러한 오류가 자기 강화적이라는 점에서 이를 완화시키는 전략의 필요성에 대해 제시하고 있는 연구(Repenning, 1999)가 대표적이다. 한편, Sterman(1992)은 대규모 공정 및 건설 프로젝트가 복잡하고 상호의존적인 요소로 구성되어 있고, 대단히 동태적이고 여러 개의 피드백 과정과 비선형관계 등의 특징을 가지고 있다는 것을 설명하고, 대규모 프로젝트 관리에 대한 시스템다이내믹스 모델링 방법, 특히 컴퓨터 모델링의 유용성에 대해 소개하고 있다.

제 3 장 공간정보 R&D 투자성과 인과구조 분석

3.1 시스템의 정의와 변수의 선정

3.1.1 시스템의 정의

시스템의 정의는 시스템다이내믹스 방법론의 특징을 살펴볼 때 문제의 근원이 되는 원인구조를 밝힘으로써 구조에서 문제에 대한 해결을 찾으려는 시도이므로 시스템에서 나타나고 있는 현재의 상황은 반드시 이전 시스템의 결과가 원인으로 작용한다. 이러한 시스템다이내믹스의 메커니즘을 이해하고 모형을 효율적으로 구축하기 위해서는 시스템 사고를 통한 정교한 인과지도 작성은 필수적이다.

시스템의 정의는 곧 문제 정의를 의미하는 것으로 문제에 대한 이해와 이를 통한 시스템의 문제를 해결하기 위한 과정이자 시스템의 경계를 확정하는 것으로 시스템다이내믹스 방법론의 동태모형 구축을 통한 문제 해결을 위해서는 시스템 사고의 기반에서 이루어져야 하며 시스템 경계 설정을 통해 문제 해결의 범위와 분석 수준이 결정된다.

시스템다이내믹스의 문제 정의, 즉 시스템 정의 단계에서는 모형에 영향을 주는 구성변수들을 다양한 관점에서 연구의 목적에 부합되도록 고려해서 선정한다. 변수가 너무 많으면 시스템 구조가 복잡해져서 이해하기 어렵고, 변수가 너무 적으면 문제의 원인을 찾아내기 어렵기 때문이다.

공간정보 R&D 투자 성과 시스템의 정의는 공간정보 R&D 투자 정책 이슈에 대한 이해와 이를 통한 정책이슈를 해결하기 위한 단순화 과정 및 시스템 경계(공간정보 R&D 투자 모형)을 확정하는 단계이다. 공간정보 R&D 분야는 범위가 매우 넓고 관련 연구가 이루어지기 위해서는 장시간이 소요되기 때문에 공간정보 R&D가 이루어지는 프로세스를 분석하여 시스템의 경계를 확정하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 공간정보 R&D와 관련된 연구를 토대로 공간정보 R&D 예산이 투입되어 연구 성과로 이어지는 과정에 직접적인 연관이 있다고 판단되는 부분에 국한해서 설정하였다. 공간정보 R&D 예산의 투입 시 연구개발예산의 본디 목적인 학술적 노력을 통해 지식 및 기술을 창출하고, 기술이전을 거쳐 사업화를 거쳐 관련 산업(사업)이 발전되어 국가발전에 이바지하고 있음에 핵심 가치를 두었다. 이를 위해 공간정

보 R&D예산의 투입 시 예산이 주로 반영되는 인력양성, H/W, S/W 인프라, 지식정보 인프라 등을 통해 확산되어 가는 내용으로 시스템을 정의하였고, 경계를 설정하고자 한다.

3.1.2 공간정보 R&D 변수 선정

공간정보 R&D 투자 동태모형을 구성하기 위해서는 공간정보 R&D 투자에서부터 성과를 창출하는 전 과정에 대한 관련 변수를 선정해야 한다. 통상 시스템다이나믹스 모형은 크게 4가지 변수로 나뉘어 구성된다.

첫 번째는 외생(환경)변수로 외부의 경제상황이나 경쟁사의 정책 등이 대상이 된다.

두 번째는 내생변수로 시뮬레이션 과정에서 모형수식에 의해 발생하는 변수이다.

세 번째, 정책 변수로 시뮬레이션 모형의 연구자 또는 기업 내부에서 변수의 크기를 통제하는 것이다.

네 번째, 목적변수로 시뮬레이션의 결과 변수, 즉 연구를 통해 조망하고자 하는 대상이 되는 변수로 이상 4가지 유형의 변수로 구성된다.

공간정보 R&D 연구 성과에 영향을 주는 구성변수는 앞서 정의한 시스템의 정의에 해당하는 부분으로 공간정보산업의 특성을 고려할 때 다음과 같이 크게 3가지 부분으로 나눌 수 있다.

첫 번째, 지식 및 기술창출(Knowledge Creation) 부분으로 공간정보 연구에 있어서 기본 원리, 특성을 규명하는 논문이나 특허가 있을 수 있고, 기술 구현에 있어서 연구 장비, 소재 개발, 기기, 장비개발, 시스템구축 등이 해당된다.

두 번째, 지식 및 기술이전(Technology Transfer) 부분은 지식의 이전(특허판매, 로열티 계약, 벤처 창업 등)과 기술이전(기술지도, 자문, 컨설팅, 구현기술의 판매, 시스템 활용 등), 신산업 Funding 확보(사업의 확대, 새로운 사업 수탁 등)가 해당된다.

세 번째, 사업화(Commercialization) 부분은 로열티, 창업, 매출(수입) 등으로 구성된다.

또한 이상의 3가지 부분을 지원하는 영역으로 인력양성, H/W 인프라(시설, 장비, 시스템), 지식 정보 인프라, S/W 인프라로서 지원시스템 (제도, 규정, 연구 및 창업지원 등)이 있으며 이는 표 3.1과 같다.

표 3.1 공간정보 R&D투자 영향 요인

1. 지식 및 기술창출 (Knowledge Creation)	2. 지식 및 기술이전 (Technology Transfer)	3. 사업화 (Commercialization)
1) 원리, 특성규명 - 논문, 특허 2) 기술 구현 -연구장비, 소재개발 - 기기, 장비개발, - 시스템구축	1) 지식이전 - 특허판매, 로열티 계약, 벤처 창업 등 2) 기술이전 - 기술지도, 자문, 컨설팅, 구현기술의 판매, 시스템 활용 등 3) 신산업 Funding 확보 - 사업의 확대, 새로운 사업 수탁 등	1) 로열티 2) 창업 3) 매출(수입)



인력양성	H/W 인프라 (시설, 장비, 시스템)	지식 정보 인프라	S/W 인프라 지원시스템 (제도, 규정, 연구 및 창업지원 등)
------	--------------------------	-----------	--

본 연구에서는 표 3.1을 바탕으로 공간정보 R&D 투자 시스템의 구조를 을 하나의 시스템으로 보고 시스템다내믹스에서 활용될 연구 모형의 구성변수를 4개 유형으로 정리하면 표 3.2와 같이 정리될 수 있다.

표 3.2 공간정보 R&D 투자 모델의 변수 구분

외생변수	내생변수	정책변수	목적변수
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 연구인력 ▪ 연구인프라 ▪ R&D 예산 ▪ 기술이전 및 사업성 ▪ 연구성과 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공간정보 R&D 사업수 ▪ 공간정보 R&D 논문 ▪ 성공 Rate 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ R&D 예산 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 논문 성과 (SCI급)

표 3.2에서 제시된 연구모형의 구성변수 중 외생변수를 중심으로 모형을 구성하는 세부 변수를 도출하면 크게 다섯 가지 부분인 연구인력, 연구 인프라, R&D예산, 기술이전 및 사업성, 연구 성과로 나눌 수 있다.

연구 인력은 연구자와 기술자로 나눌 수 있는데 순수 학문을 연구하는 연구자와 현장에서 실제 적용하는 기술자로 구분할 수도 있지만, 공간정보산업의 특성을 고려할 때 본 연구에서는 산업의 부가가치 창출의 대부분이 국가연구개발사업(공간정보R&D사업) 혹은 국가정책사업을 중심으로 이루어지는 것을 고려할 때 연구자와 기술자의 구분을 두는 것이 의미가 없을 수 있어 구분하지 않기로 한다.

연구 인프라는 대규모 시설 및 장비, R&D교육으로 구분할 수 있다. 공간정보 연구개발 시설 및 장비에 있어서는 대학과 민간 기업이 보유하고 있는 시설 및 장비는 앞서 산업의 특수성을 고려할 때 국가의존도가 대부분으로 R&D예산을 통해 시설이 구축 및 관리 운영되고 있다는 것을 알 수 있다. R&D교육의 경우 대학에서 이루어지는 연구자 혹은 기술자를 양성과정도 있지만 연구자와 기술자를 동시에 교육하는 전문 교육과정 등이 국가예산을 통해 운영되는 점에 주목하였다.

R&D예산은 비 공간정보 R&D예산, 정부 R&D예산, 민간 R&D 예산, R&D 투자, 공간정보 R&D예산으로 나눌 수 있다. 다음으로 기술이전 및 사업성 부분에 있어서는 기술 수준, 시장 불확실성, 기술 난이도, 기술 사업성, 기술 이전, 기업수익, 제품개발로 나눌 수 있으며, 연구 성과는 논문 IF, 논문 수(SCI), 논문의 피 인용지수, 특허로 구분할 수 있다. 이상의 구성변수는 연구자가 관련 문헌과 경험을 통해 선정한 변수로서 이에 대한 타당성을 확보하기 위해 관련 분야 전문가를 대상으로 선정변수에 대한 심층면접을 수행하였다.

심층면접법은 1명 또는 소수의 인터뷰 대상자들을 대상으로 특정주제에 대해서 사전에 구조화된 질문을 통해 장시간의 질의응답을 인터뷰 방식으로 진행하는 방법이다. 심층면접은 공간정보관련 산학연관에 종사하는 전문가들 각 1명씩을 대상으로 실시하였으며 변수 선정 시에는 면접대상자들의 공통된 의견을 중심으로 변수선정에 반영하였다. 또한 변수들 간의 상호관계인 관계성에 대해서도 깊이 있는 의견청취를 통해 다음절에서 기술하는 변수들 간의 관계성을 표시한 인과지도 작성 그리고 이후 동태모델 구축 시 객관적인 데이터가 존재하지 않는 변수에 대한 상수값을 선정하는데 전문가의 의견을 참고 기준으로 삼았다. 심층면접을 수행한 대상자 구성은 다음 표 3.3과 같다

표 3.3 심층면접(Depth Interview) 대상자 현황

구분	소속	대상인원
2016. 9.1 ~ 9.30	대학교수	5
	공무원	3
	연구기관	3
	공간정보기업	3

연구자가 정리한 변수에 전문가 심층면접을 종합한 최종 구성변수를 정리하면 다음 표 3.4와 같다

표 3.4 공간정보 R&D 투자 성과 모델의 변수

외 생 변수	내 생 변수
연구인력	<ul style="list-style-type: none"> - 연구자 - 기술자
연구 인프라	<ul style="list-style-type: none"> - 대규모 시설 및 장비 - R&D 교육
R&D예산	<ul style="list-style-type: none"> - 비 공간정보 R&D예산 - 정부 R&D 예산 - 공간정보 R&D 예산 - 공간정보 R&D 투자 - 공간정보 R&D 연구비
기술이전 및 사업성	<ul style="list-style-type: none"> - 기술수준 - 시장진망 - 기술난이도 - 기술 사업성 - 기술이전 - 기업수익 - 제품개발
연구 성과	<ul style="list-style-type: none"> - 논문 IF - 논문 수 (SCI) - 논문의 피 인용지수 - 특허

3.2 공간정보 R&D 투자 인과지도

3.2.1 인과관계의 설정의 기준

시스템다이내믹스 연구 방법론은 시스템을 구성하고 있는 요소(변수)와 그들의 관계(행태)에 관심을 갖는 분석기법이다. 본 절에서는 앞서 선정한 공간정보 R&D 투자와 관련된 변수들 간에 어떠한 관계가 형성되어 있는지를 파악하여 인과관계를 설정하고자 한다. 변수들 간의 인과관계 설정이 견고하게 이루어질 경우 시스템다이내믹스 방법론에서 분석이 가능한 시스템사고에 의한 분석과 이후 동태모델을 통한 시스템다이내믹스 분석결과가 매우 신뢰도 있게 수행될 수 있기에 중요한 절차라고 할 수 있다.

연구결과에 대한 신뢰도를 높이기 위해서는 변수들간의 관계성을 정의하고 규정하는 기준 및 근거가 매우 객관적이고 타당해야 한다. 하지만 공간정보산업 뿐만 아니라 모든 분야에서 객관적인 근거를 가지고 관련성을 결정하기에는 특정 산업이 가지고 있는 매우 복잡 다양하다는 한계성을 가지고 있다. 이러한 의미는 현재 각 분야별로 특정 변수들 간 혹은 현상들 간 인과관계를 객관적이고 명확하게 제시하기에는 근거가 매우 부족하다는 의미이며, 실제 지속적으로 연구자들이 해당부분에 대한 연구를 수행중임에는 큰 이견이 없을 것이다.

이에 본 연구에서는 앞서 선정한 변수들 간의 상호 관련성에 대한 인과관계 설정은 앞서 수행한 심층면접 결과 그리고 연구자의 주장을 중심으로 변수간의 인과관계를 설정하였다. 인과관계 설정의 직접적인 대상 변수는 내생변수에 해당하며 설정방식은 공간정보 R&D 투자 성과 모델을 구성하고 있는 20개 변수들 간의 상호관계성을 중심으로 인과관계를 설정하였다.

3.2.2 공간정보 R&D 투자성과 인과관계

공간정보 R&D 투자 성과 변수간의 인과관계를 설정의 이유, 기준 등은 앞서 설명한 바와 같이 관련 문헌, 심층면접 결과, 연구자의 의견을 종합하여 설정하였는데, 객관성을 확보하기 위해서 선행연구, 참고문헌을 위주로 관계를 설정하였다

변수간의 인과관계 설정 시에는 변수간의 관계성에 주목하여 인과관계를 설정하는데 특정변수가 다른 변수에 영향을 준다고 할 때, 영향을 주는 변수는 원인변수라고 하고 영향을 받는 변수는 결과변수라고 한다. 또한 변수간의 관계성에는 속성값이 내포되어 있는데, 원인변수의 값이 증가(↑)할 경우에 결과변수가 감소(↓)하면 두 변수간의 관계는 부(Negative)의 관계를 가진다고 말하고 (-) 극성을 갖는다고 말한다. 다른 측면에서 원인변수의 값이 증가(↑)할 경우 결과변수가 증가(↑)할 경우 혹은 원인변수의 값이 감소(↓)할 때 결과변수도 감소(↓)할 경우에는 정(Positive)의 관계를 가진다고 말하고 (+) 극성을 갖는다고 말한다.

각 변수간의 인과관계를 살펴보면 공간정보관련 분야 기술자가 증가하게 되면 관련 기술 사업성이 높아지게 되고, 대규모 시설장비가 늘어나게 되면 역시 기술 사업성이 증가하게 될 것이다.

국가연구개발 예산중에서 비공간정보 R&D예산이 증가하게 되면 공간정보 R&D 연구비는 상대적으로 줄어들게 될 것이다. 정부 R&D예산이 증가하게 되면 공간정보 R&D예산과 R&D투자가 확대 될 것이다. 공간정보R&D예산이 증가하게 되면 비 공간정보 분야 R&D 예산은 감소하게 될 것이나, 관련 분야 R&D투자는 증가하게 될 것이다. 공간정보R&D 투자가 늘어나게 되면 관련 연구자, 기술자, 대규모 시설 및 장비, 공간정보 R&D예산이 늘어나게 될 것이다.

공간정보 R&D연구비가 증가하게 되면 관련 기술 사업성은 증가하게 될 것이다. 공간정보기술수준이 높아지게 된다면 R&D교육 수준 및 수요가 증가하게 된다. 공간정보 산업 시장의 불확실성이 높아지게 되면 정부는 관련 산업 활성화를 위해 R&D예산을 확대 지출하게 될 것이다. 공간정보기술난이도가 올라가게 되면, 정부 R&D예산, 공간정보 R&D 예산은 지속 발전 성장을 위해 추가 지출하게 될 가능성이 높으며 시장전망은 보다 밝게 될 것이다.

기술 사업성이 높아지게 된다면 관련 기술수준도 높아지게 될 것이고, 기술성과를 바탕으로 한 논문 수(SCI)도 증가하게 될 것이며, 관련 특허도 많이 출원될 가능성이 높다. 기술이전의 기회가 많아지게 되면, 기업수익은 높아지게 되고 관련 제품개발이 활발하게 될 것이며 제품개발이 많아지게 되면 기업수익 역시 높아지게 될 것이다.

논문 수(SCI)의 증가는 논문 IF지수 및 피 인용지수 상승에 영향을 줄 것이고, 논문 피인용지수가 높아지게 된다는 의미는 기술수준 향상을 가져올 가능성이 매우 높음을 의미한다. 특허가 많아지게 된다면 공간정보 R&D예산 확대, 기술수준이 높아짐, 시장전망 긍정적, 기술이전 촉진을 야기하게 될 것이며, 표 3.5와 같다.

표 3.5 공간정보 R&D 투자 변수들 간의 영향요소 상관관계

원인변수		결과변수		극성	기준 및 근거
변수명	속성	변수명	속성		
① 연구자	-	-	-	-	-
② 기술자	↑	⑬ 기술 사업성	↑	(+)	중소기업청기술개발사업종합관리센터 (2014)
③ 대규모 시설 및 장비	↑	⑬ 기술 사업성	↑	(+)	중소기업청기술개발사업종합관리센터 (2014)
④ R&D 교육	-	-	-	-	-
⑤ 비 공간정보 R&D 예산	↑	⑨ 공간정보 R&D 연구비	↓	(-)	국토연구원 (2011)
⑥ 정부 R&D 예산	↑	⑦ 공간정보 R&D 예산	↑	(+)	공간정보연구원 (2014)
		⑧ 공간정보 R&D 투자	↑	(+)	국토연구원 (2011)
⑦ 공간정보 R&D 예산	↑	⑤ 비공간정보 R&D 예산	↓	(-)	공간정보연구원 (2014)
		⑧ 공간정보 R&D 투자	↑	(+)	공간정보연구원 (2014)
⑧ 공간정보 R&D 투자	↑	① 연구자	↑	(+)	김학만 (2005)
		② 기술자	↑	(+)	국토연구원 (2011)
		③ 대규모 시설 및 장비	↑	(+)	국토연구원 (2011)
		⑦ 공간정보 R&D 예산	↑	(+)	공간정보연구원 (2014)
⑨ 공간정보 R&D 연구비	↑	⑬ 기술사업성	↑	(+)	국토연구원 (2010)
⑩ 기술수준	↑	④ R&D 교육	↑	(+)	중소기업청기술개발사업종합관리센터 (2014)
⑪ 시장전망	↑	⑦ 공간정보 R&D 예산	↑	(+)	국토연구원 (2011)

표 3.5 계속

⑫ 기술난이도	↑	⑥ 정부 R&D 예산	↑	(+)	정문섭 외(1998), 김학만 (2005)
		⑦ 공간정보 R&D 예산	↑	(+)	국토연구원 (2011)
		⑪ 시장전망	↑	(+)	국토연구원 (2011)
⑬ 기술 사업성	↑	⑩ 기술수준	↑	(+)	중소기업청기술개발 사업종합관리센터 (2014)
		⑱ 논문 수(SCI)	↑	(+)	중소기업청기술개발 사업종합관리센터 (2014)
		⑳ 특허	↑	(+)	중소기업청기술개발 사업종합관리센터 (2014)
⑭ 기술이전	↑	⑮ 기업수익	↑	(+)	중소기업청기술개발 사업종합관리센터 (2014)
		⑯ 제품개발	↑	(+)	중소기업청기술개발 사업종합관리센터 (2014)
⑮ 기업수익	-	-	-	-	-
⑯ 제품개발	↑	⑮ 기업수익	↑	(+)	중소기업청기술개발 사업종합관리센터 (2014)
⑰ 논문 IF	-	-	-	-	-
⑱ 논문 수(SCI)	↑	⑰ 논문 IF	↑	(+)	국토연구원(2010) 공간정보연구원 (2014)
		⑲ 논문 피 인용지수	↑	(+)	국토연구원 (2010) 공간정보연구원 (2014)
⑲ 논문 피 인용지수	↑	⑩ 기술수준	↑	(+)	국토연구원 (2011)
⑳ 특허	↑	⑦ 공간정보 R&D 예산	↑	(+)	국토연구원 (2013)
		⑩ 기술수준	↑	(+)	국토연구원 (2013)
		⑪ 시장전망	↑	(+)	공간정보연구원 (2014)
		⑭ 기술이전	↑	(+)	공간정보연구원 (2014)

3.2.3 시스템다이내믹스 분석 SW

앞서 설정된 변수들 간의 인과관계를 바탕으로 인과지도 작성, 인과지도를 바탕으로 동태모형 모델링, 동태모형을 이용한 시뮬레이션, 시나리오 분석 등은 시스템다이내믹스 분석 도구 중 하나인 Vensim 6.4 Pro 버전의 SW를 이용하였다.

Vensim 라는 분석 SW는 전 세계적으로 시스템다이내믹스 분석에 사용되는 3대 SW중 하나이다. 시스템다이내믹스 분석 방법이 만들어진 이후 보다 정교한 모델에 대한 정교한 분석을 위한 SW 개발이 많이 이루어 졌고 그 결과 현재 전 세계적으로 Vesim, iThink, Powersim 이 가장 널리 사용되고 있다.

가장 처음 나온 소프트웨어는 ithink로 기존의 Flow Chart를 바로 프로그램 하도록 하는 방법을 사용하였다. SD(System Dynamics) 학자를 가장 많이 배출하는 미국 MIT대에서 Vensim을 사용하기 전까지 수업시간에 ithink를 사용하였기 때문에, 유명한 SD 학자들은 대부분 ithink를 아직도 사용하는 사람들이 많다. 그러나 다양한 Tool 을 갖춘 Vensim이 나오고 MIT에서 수업시간에 Vensim을 사용하면서 Vensim의 사용자들이 점차 늘고 있는 실정이다. PowerSim은 학교 보다는 업무용으로 주로 사용되어 왔다. 지금도 ERP 등에는 PowerSim을 사용하는 경우가 자주 있다.

ithink나 PowerSim은 기능이 많지 않기 때문에 초보자들이 사용하기가 편리한 반면, Vensim은 기능이 많고 그만큼 사용하기가 어려운 단점이 있다. 모델의 크기에 따라서도 사용하는 소프트웨어도 차이가 난다. 변수의 수가 1000 개 미만인 조그만 모델인 경우는 ithink나 PowerSim으로 충분히 소화할 수 있으나, 변수의 수가 많아지고 처리하는 자료의 수가 많아지면 Vensim을 사용하는 것이 더 효율적이다. 다른 프로그램과의 연계 문제도 소프트웨어의 선택과 관련이 있다. ithink는 매킨토시 컴퓨터로부터 출발한 소프트웨어인 까닭에 다른 언어(가령 비주얼 베이직, C++ 등)과의 연계성이 매우 약하다. 따라서 자체에 다양한 인터페이스 프로그램 도구가 있어 대개 Stand Alone 프로그램으로만 활용된다. 반면에, PowerSim과 Vensim은 다른 소프트웨어와의 연계성이 매우 좋다.

Vensim의 제작사는 미국 보스톤 지역에 소재한 Ventana Systems, Inc (www.vensim.com)이며 한국의 시스테믹스(주) (www.systemix.co.kr) 가 한국의 배포사로 되어 있다.

Vensim은 기능에 따라 다음과 같은 다양한 종류가 있으며, 본 연구에서는 Vensim

Pro 버전을 이용하였다.

Vensim PLE

Vensim Standard

■ Vensim Professional

Vensim DSS

그림 3.1에서 알 수 있듯이 Vensim SW는 Title Bar, Menu, Main Tool Bar, Sketch Tools, Analysis Tools, Status Bar, Sketch Area 등의 요소로 된 작업 환경으로 이루어져 있다.

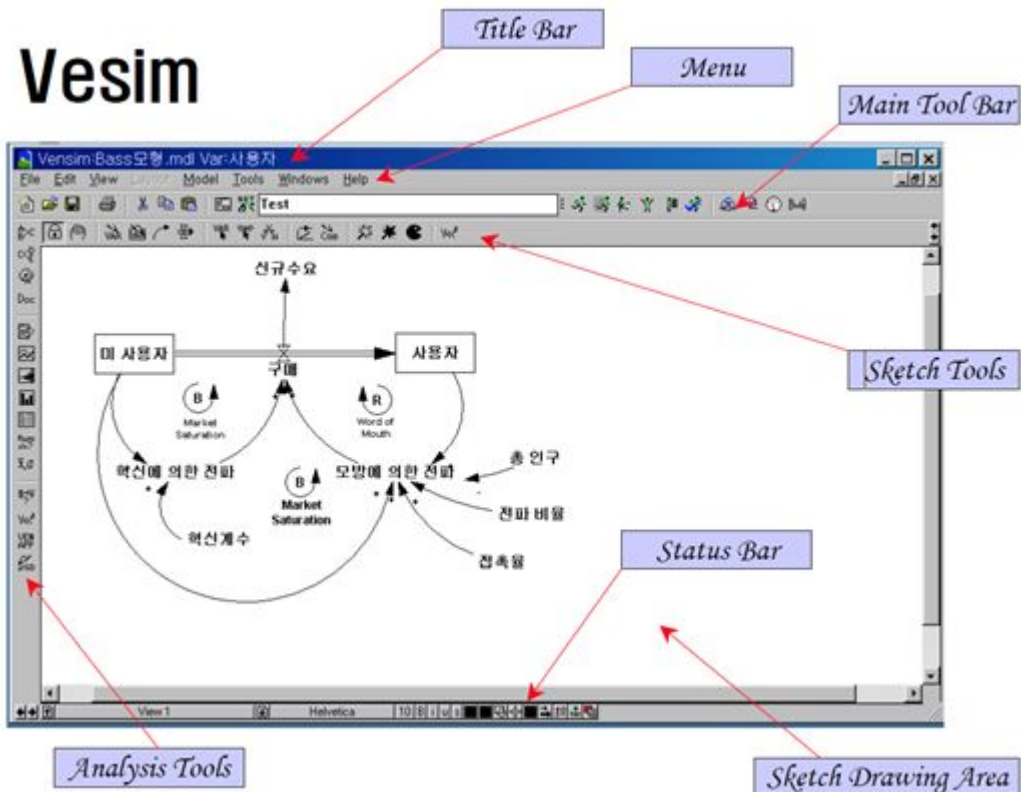


그림 3.1 분석 SW 메뉴구성

3.2.4 공간정보 R&D 투자 성과 인과지도

앞서 공간정보 R&D 투자 성과를 구성하는 변수 상호간에 관계성을 기초로 상관관계를 설정하여 보았다. 하지만 위와 같은 관계설정으로는 공간정보 R&D 투자 성과라는 시스템이 어떠한 요소(변수)들이 관계(행태)을 보이고 있는지 판단하기 쉽지가 않다. 이에 시스템다이내믹스 방법론에서는 시스템을 직관적으로 이해하기 용이하도록 변수간의 인과관계를 화살표로 연결하여 일종의 지도의 형태로 표현하는 방법을 제공하고 있다. 앞서 2장에서 설명했듯이 시스템다이내믹스 방법론에서는 이를 인과지도(Causal map) 혹은 인과순환지도(Causal Loop Diagram)이라고 말한다.

먼저 시스템을 구성하고 있는 변수들 간의 관계성을 기초로 원인변수에서 결과변수 쪽으로 화살표가 바라보게 표현하여 전체 변수들의 관계성을 표현하면 그림 3.2와 같이 표현될 수 있다.

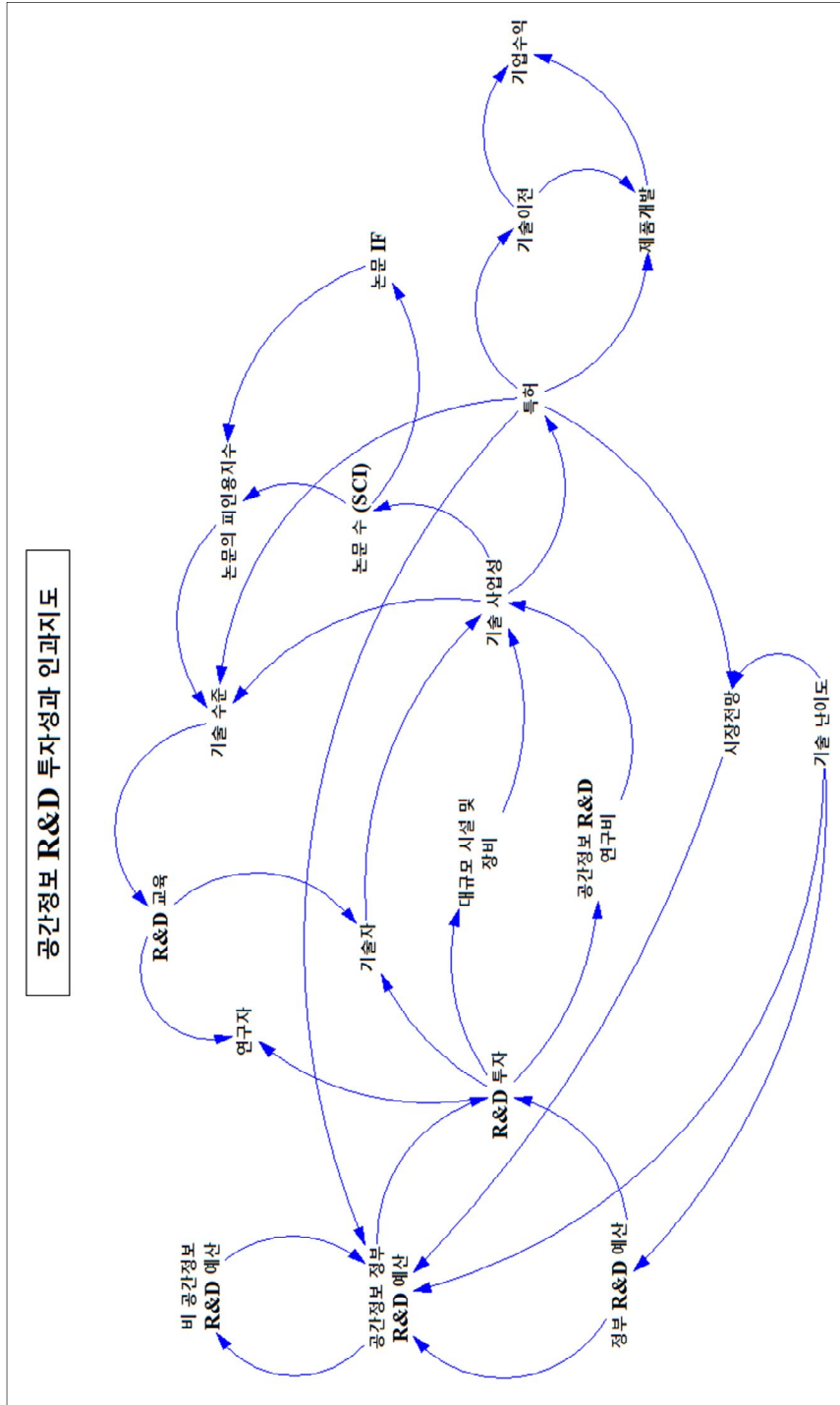


그림 3.2 공간정보 R&D 투자성과 인과지도

그림 3.2는 공간정보 R&D투자성과 인과지도를 표현한 것으로 변수간의 어떠한 행태를 보이고 있는지 알 수 있도록 한다. 이는 시스템다이내믹스가 타 방법론과 차별화된 접근 방법인 피드백 사고를 가능케 하는 직관을 제공한다라는 점에서 유용한 점이 있다.

하지만 상기 인과지도의 경우 변수간의 관계성 알 수 있지만 변수간의 속성이 표현되어 있지 않다는 단점이 있다. 이러한 의미는 속성값이 표현되지 않으며 시스템다이내믹스 방법론에서 찾고자 하는 궁극적인 목적인 피드백 사고의 대상인 변수간의 순환구조가 어떠한 방향으로 흘러가는지 파악하지 못한다는 단점이 있다.

다시 말하면 변수들 간의 인과관계 설정을 통해 인과지도를 작성하고 인과지도내에서 피드백 루프를 발견하여 피드백 루프의 속성인 양(+), 음(-)의 피드백 루프인지, 양(+), 음(-) 피드백 루프인지를 찾아내야 하는데, 그림 3.2의 경우에는 피드백 루프는 파악할 수 있지만 피드백 루프의 속성을 파악할 수는 없다는 문제가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 앞서 변수들 간의 관계성에서 표현된 속성을 토대로 파악한 극성을 인과지도내에 표현해 주어야 한다. 표현하는 방식은 화살표 끝에 (+), (-) 부호 표시를 통해 변수 간 관계인 극성표시를 한다.

이상의 극성표시를 한 인과지도는 다음 그림 3.3과 같이 표현되는데 그림 3.2와 비교하여 볼 때 결과 변수 쪽 화살표 옆에 부호(극성)가 표시되어 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이 변수간의 극성이 표현되면 이후 시스템사고를 통해서 피드백 루프를 찾아내서 지속적인 순환구조의 고리의 특징을 분석, 시스템의 구조 및 특징을 파악할 수 있게 된다.

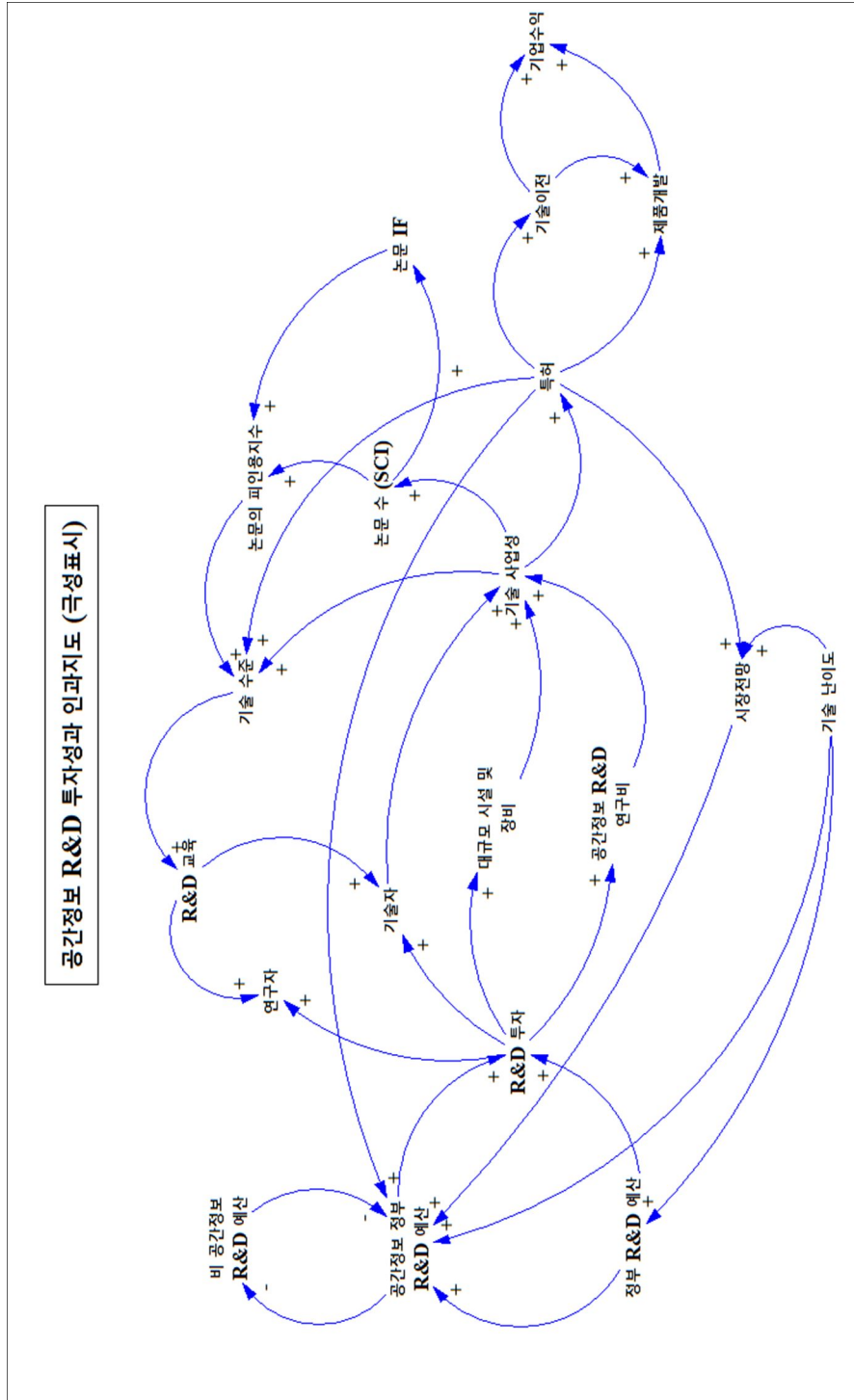


그림 3.3 공간정보 R&D 투자성과 인과지도(극성표시)

3.3 공간정보 R&D 투자 성과 피드백 루프

앞 절에서 작성한 공간정보 R&D 투자성과 인과지도에서 지속적인 순환구조를 나타내고 있는 피드백 루프를 발견할 수 있었다. 많은 피드백 루프가 발견되었는데, 이는 공간정보 R&D 투자성과를 구성하는 변수들 간에 지속적인 상호작용이 일어나고 있음을 의미한다. 이에 본 연구에서 집중적으로 살펴보고자 하는 정책변수인 공간정보 R&D예산이라는 변수와 목적변수인 논문 수(SCI)라는 변수가 속해 있는 피드백 루프를 중심으로 어떠한 피드백 루프가 형성되어 있는지, 피드백 루프의 속성은 어떠한지 살펴보고자 하겠다.

공간정보 R&D 예산이라는 변수가 직접 관계되어 있는 피드백 루프는 총 8로 양(+)의 피드백 루프의 속성을 보이고 있으며 피드백 루프를 구성하는 변수와 루프 속성은 다음 표 3.6과 같다.

표 3.6 공간정보 R&D 투자성과 피드백 루프

루프 번호	루프 구성 변수	루프 속성
R1	Loop Number 1 of length 1 공간정보 정부 R&D 예산 비 공간정보 R&D 예산	(+) Reinforcing Loop
R2	Loop Number 2 of length 4 공간정보 정부 R&D 예산 R&D 투자 기술자 기술 사업성 특허	(+) Reinforcing Loop
R3	Loop Number 3 of length 4 공간정보 정부 R&D 예산 R&D 투자 대규모 시설 및 장비 기술 사업성 특허	(+) Reinforcing Loop

표 3.6 계속

R4	Loop Number 4 of length 4 공간정보 정부 R&D 예산 R&D 투자 공간정보 R&D 연구비 기술 사업성 특허	(+) Reinforcing Loop
R5	Loop Number 5 of length 5 논문 수 (SCI) 논문의 피인용지수 기술 수준 R&D 교육 기술자 기술 사업성	(+) Reinforcing Loop
R6	Loop Number 6 of length 6 논문 수 (SCI) 논문 IF 논문의 피인용지수 기술 수준 R&D 교육 기술자 기술 사업성	(+) Reinforcing Loop
R7	Loop Number 7 of length 5 공간정보 정부 R&D 예산 R&D 투자 공간정보 R&D 연구비 기술 사업성 특허 시장전망	(+) Reinforcing Loop
R8	Loop Number 8 of length 5 공간정보 정부 R&D 예산 R&D 투자 대규모 시설 및 장비 기술 사업성 특허 시장전망	(+) Reinforcing Loop

(1) R1 피드백 루프

첫 번째 R1 피드백 루프의 경우 길이는 자신을 포함한 2개의 변수로 구성되어 있다 (Loop Number 2 of length1). 공간정보 정부 R&D예산이라는 변수와 비 공간정보 R&D예산이라는 변수가 한쪽이 증가하면 한쪽은 감소하는 형태로 지속적으로 순환하는 양의 피드백 루프의 구조임을 알 수 있다. 이를 인과지도내에서 살펴보면 다음 그림 3.4와 같다.

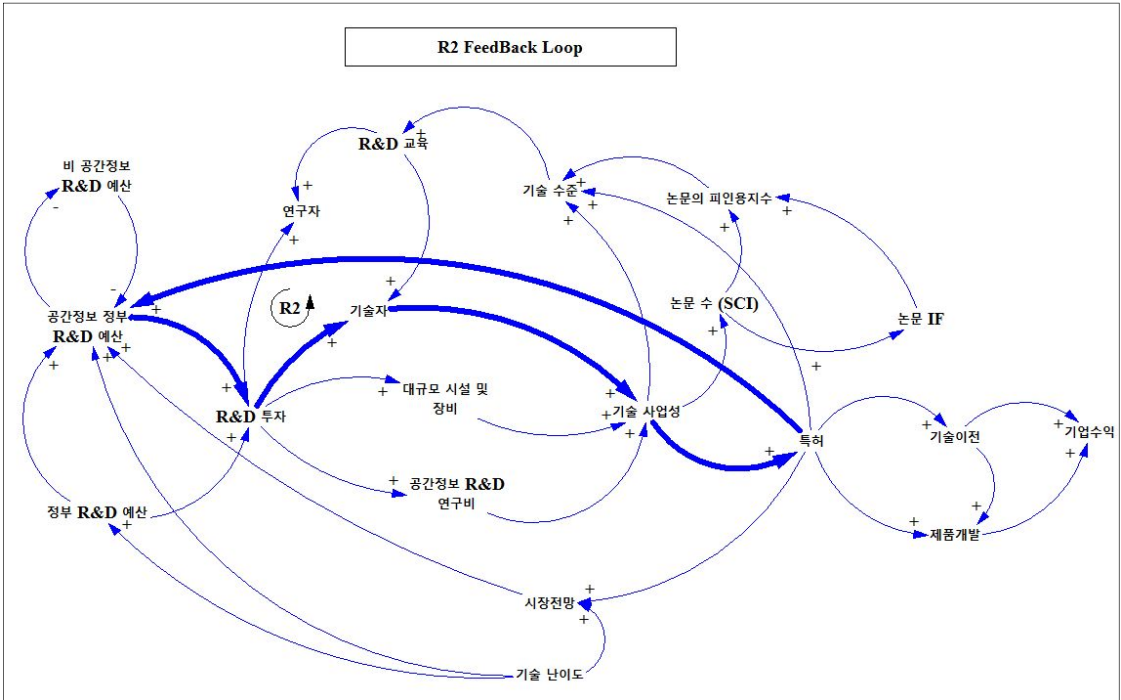


그림 3.4 R1 피드백 루프

(2) R2 피드백 루프

두 번째 R2 피드백 루프의 경우 길이는 자신을 포함한 5개의 변수로 구성되어 있다 (Loop Number 1 of length 4). 공간정보 정부 R&D예산이라는 변수가 증가하게 되면 R&D투자가 증가하게 되고 R&D투자가 증가하게 되면 기술자가 늘어나고, 기술자가 늘어나면 기술사업성이 높아지고, 기술사업성이 높아지면 특허수가 많아지고, 특허가 많아지면 정부는 지속적인 투자를 늘리는 순환구조를 가지고 있다. 두 번째 피드백 루프는 지속적으로 순환하며 상승하는 구조의 양의 피드백 루프임을 알 수 있다. 이를 인과지도를 통해 살펴보면 다음 그림 3.5와 같다.

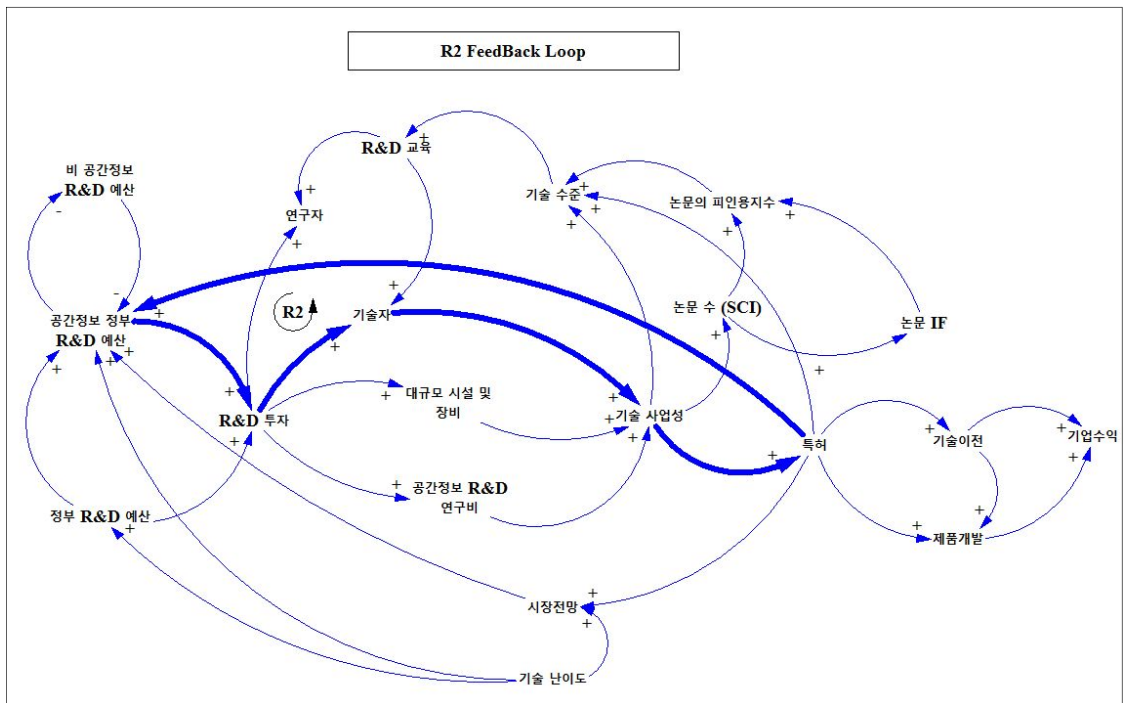


그림 3.5 R2 피드백 루프

(3) R3 피드백 루프

세 번째 R3 피드백 루프의 경우 길이는 자신을 포함한 5개의 변수로 구성되어 있다 (Loop Number 3 of length 4). 공간정보 정부 R&D예산이라는 변수가 증가하게 되면 R&D투자가 증가하게 되고 R&D투자가 증가하게 되면 대규모 시설투자가 늘어나고, 시설투자가 늘어나면 기술 사업성이 높아지고, 기술 사업성이 높아지면 특허수가 많아지고, 특허가 많아지면 정부는 지속적인 투자를 늘리는 순환구조를 가지고 있다. 세 번째 피드백 루프 역시 지속적으로 순환하는 양의 피드백 루프의 구조임을 알 수 있다. 이를 인과지도를 통해 살펴보면 다음 그림 3.6과 같다.

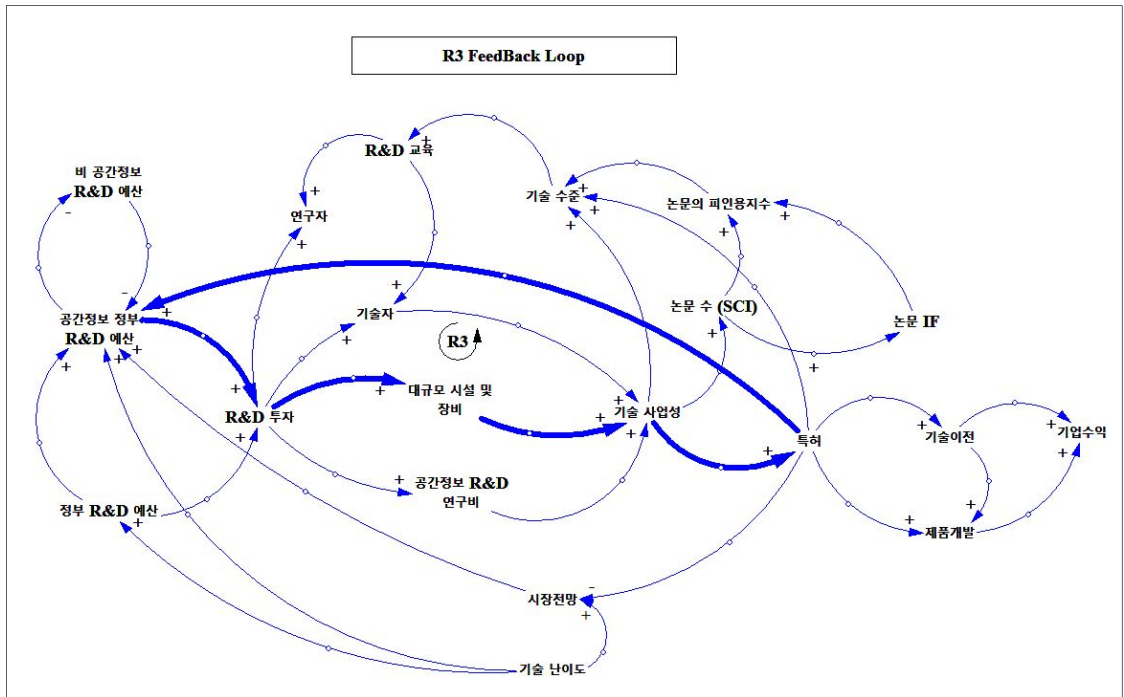


그림 3.6 R3 피드백 루프

(4) R4 피드백 루프

네 번째 R4 피드백 루프의 경우 길이는 자신을 포함한 5개의 변수로 구성되어 있다 (Loop Number 4 of length 4). 공간정보 정부 R&D예산이라는 변수가 증가하게 되면 R&D투자가 증가하게 되고 R&D투자가 증가하게 되면 공간정보 R&D연구비가 증가하게 되고, 연구비가 늘어나면 기술 사업성이 높아지고, 기술 사업성이 높아지면 특허수가 많아지고, 특허가 많아지면 정부는 지속적인 투자를 늘리는 순환구조를 가지고 있다. 네 번째 피드백 루프 역시 지속적으로 순환하는 양의 피드백 루프의 구조임을 알 수 있다. 이를 인과지도를 통해 살펴보면 다음 그림 3.7과 같다.

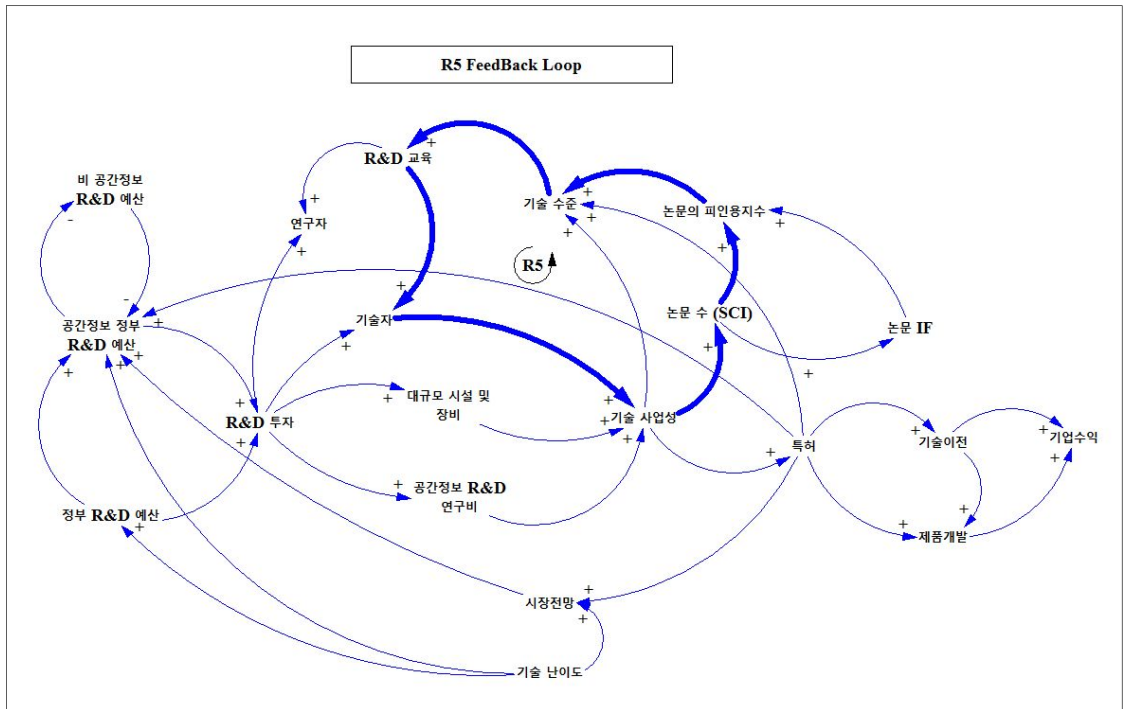


그림 3.8 R5 피드백 루프

(6) R6 피드백 루프

여섯 번째 R6 피드백 루프의 경우 길이는 자신을 포함한 7개의 변수로 구성되어 있다(Loop Number 6 of length 5). 논문 수(SCI)수가 많아지는 경우 논문이 실리는 학술지의 IF지수가 높아질 수 있음을 의미하고, 논문의 IF지수가 높아지면 피인용지수를 늘리는 효과가 있고, 논문의 피인용지수가 높다는 의미는 연구 성과가 우수하다는 의미로서, 기술수준 향상을 가져올 수 있다. 기술수준 향상은 R&D교육의 활성화를 의미하고, R&D 교육이 활성화 되는 경우 기술자의 양적 질적 확대를 의미하여, 결국 기술 사업성에도 긍정적 영향을 미치는 순환구조를 나타내고 있다. 여섯 번째 피드백 루프 역시 지속적으로 순환하는 양의 피드백 루프의 구조임을 알 수 있다. 이를 인과지도를 통해 살펴보면 다음 그림 3.9와 같다.

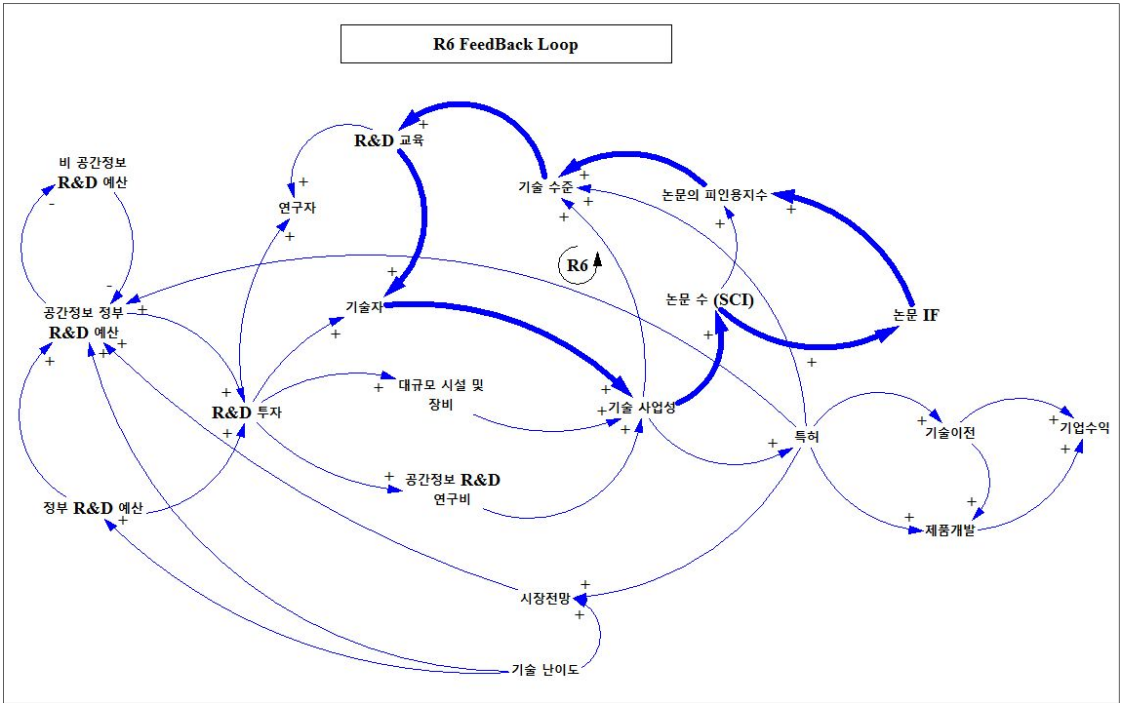


그림 3.9 R6 피드백 루프

(7) R7 피드백 루프

일곱 번째 B1 피드백 루프의 경우 길이는 자신을 포함한 6개의 변수로 구성되어 있다(Loop Number 7 of length 5). 공간정보 R&D 예산의 증가는 공간정보 R&D 투자 확대로 이어지고, R&D투자는 공간정보 R&D 연구비 증가로 이어져 기술 사업성을 높이는 효과를 가져 온다. 기술 사업성이 높아지면 특허수가 늘어나고 특허수가 늘어나면 시장전망은 밝을 것이며, 시장전망이 밝다는 의미는 정부로 하여금 투자에 대한 효과가 높아진 만큼 R&D예산의 확대로 이어질 수 있는 구조로 이어진다. 일곱 번째 피드백 루프 역시 지속적으로 순환하는 양의 피드백 루프의 구조임을 알 수 있다. 이를 인과지도를 통해 살펴보면 다음 그림 3.10과 같다.

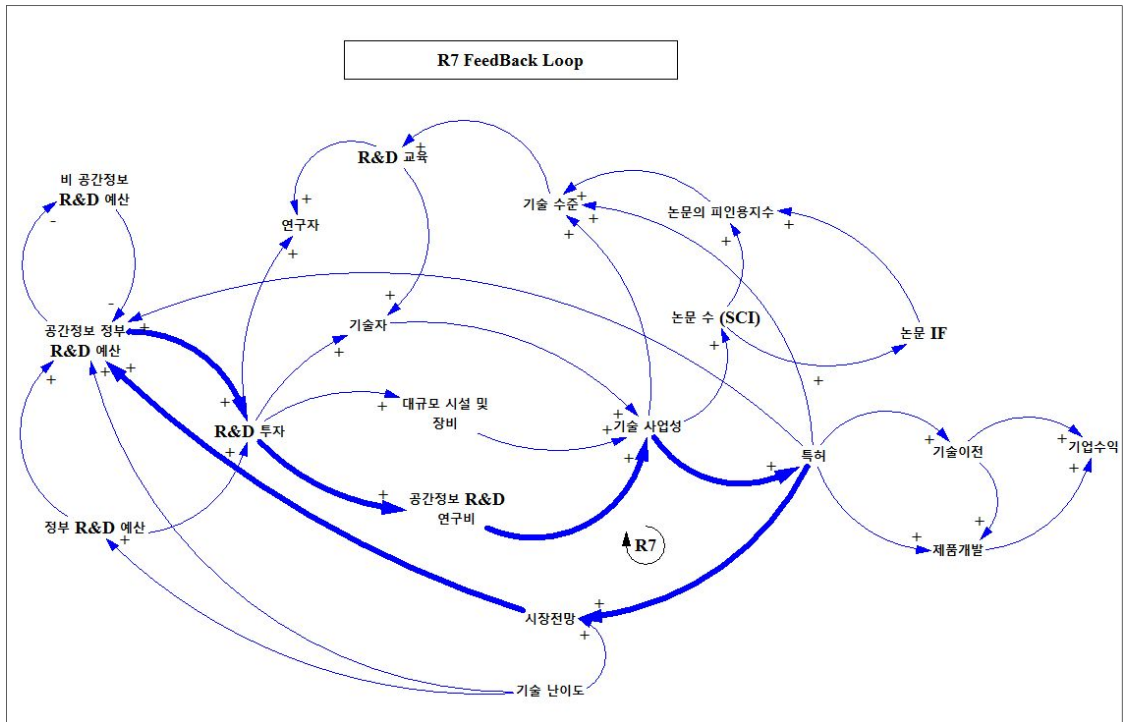


그림 3.10 R7 피드백 루프

(8) R8 피드백 루프

여덟 번째 B2 피드백 루프의 경우 길이는 자신을 포함한 6개의 변수로 구성되어 있다(Loop Number 8 of length 5). 공간정보 R&D 예산의 증가는 공간정보 R&D 투자 확대에 이어지고, R&D 투자 확대는 대규모 시설 및 장비 확충이 가능할 것으로 이는 기술사업성을 높이는 효과를 가져 온다. 기술 사업성이 높아지면 특허수가 늘어나고 특허수가 늘어나면 시장전망은 밝게 되고, 시장전망이 밝아질 경우 정부로 하여금 투자에 대한 효과가 높아진 만큼 R&D 예산의 확대에 이어질 수 있는 구조로 이어진다. 여덟 번째 피드백 루프 역시 지속적으로 순환하는 양의 피드백 루프의 구조임을 알 수 있다. 이를 인과지도를 통해 살펴보면 다음 그림 3.11과 같다.

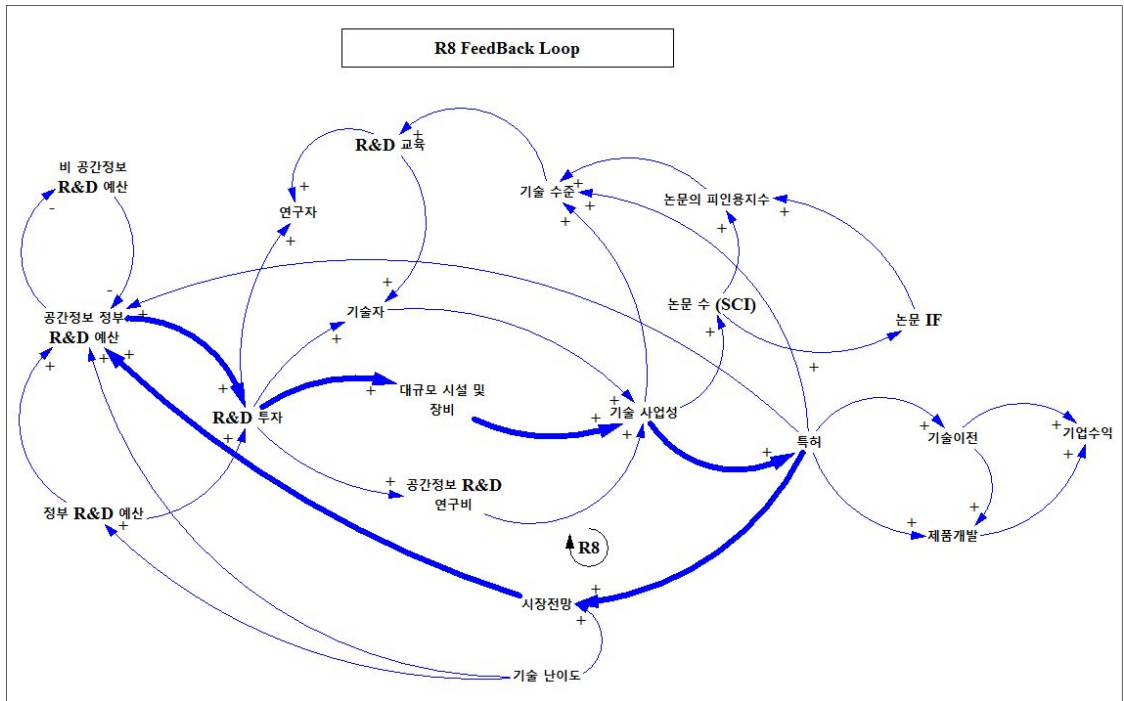


그림 3.11 R8 피드백 루프

이상과 같이 본 연구에서 중요한 정책변수와 목적변수를 포함한 피드백 루프를 살펴 보았다. 변수간의 1:1의 상관관계로 연결된 인과지도를 통해서 전체적인 시스템을 파악 하고 시스템 내에서 순환구조를 파악할 수 있어 문제의 원인 및 구조에 대한 분석을 수행할 수 있다는데 피드백 루프의 분석에 의미가 있다 할 수 있다.

제 4 장 공간정보 R&D 투자성과 구조 및 시뮬레이션

4.1 원인변수와 결과변수 분석

시스템다이내믹스의 방법론은 변수간의 관계를 통해서 전체적인 시스템을 이해하고 연구자가 파악하지 못한 문제의 숨은 의도(원인)와 예상하지 못한 간접 영향(결과)을 파악하는데 유용성을 제공한다는데 있다. 기존의 단선적 사고를 통한 접근방법은 문제의 원인을 직접적인 원인만을 식별하여 해결하려 시도한다. 또한 직접적인 결과만을 고려한 선택을 통해 의사결정을 한다. 하지만 근본적인 문제의 원인을 찾아내지 못하거나, 드러나지 않는 간접적인 파급효과 등을 고려한 선택이 이루어지지 못해 불완전한 해결방안을 제시하여 정책의 실패로 이어지는 경우가 많이 있었다.

본 절에서는 동태모형의 모델링에 앞서 기 작성한 인과지도를 이용하여 변수들에 영향을 주는 원인변수를 단선적 사고에서 접근하는 직접적인 원인뿐만 아니라 간접적인 원인, 직접적인 결과와 간접적인 결과까지 찾아내도록 한다. 각 변수별 원인변수 분석은 Cause Tree 분석을 이용하였고, 결과변수 분석은 Use Tree 분석 방법을 이용하였다.

원인변수와 결과변수의 분석 수행 결과는 시스템의 전체적인 내용을 파악하여 이후 수행되는 동태모형을 모델링하는 과정에 유용한 정보를 제공하는 의미 있는 분석이라고 할 수 있다.

4.1.1 원인변수 분석

원인변수를 분석하는 대상 변수는 앞서 살펴본 피드백 루프내에 존재하는 변수들을 대상으로 원인변수 분석을 실시하였다.

(1) 비 공간정보 R&D 예산

비 공간정보 R&D 예산에 직접 영향을 주는 변수는 공간정보 R&D 예산으로 앞서 인과관계 설정에서 제시하였지만 비 공간정보 R&D 예산에 간접영향을 주는 변수는

그림 4.1과 같이 기술난이도, 시장전망, 정부 R&D 예산, 특허 등으로 나타났다. 즉, 비 공간정보 R&D 예산 수립 시 고려요인 혹은 결정요인은 기술난이도, 시장전망, 정부 R&D 예산, 특허를 고려하거나 비 공간정보 R&D 예산 결정의 원인임을 알 수 있다.

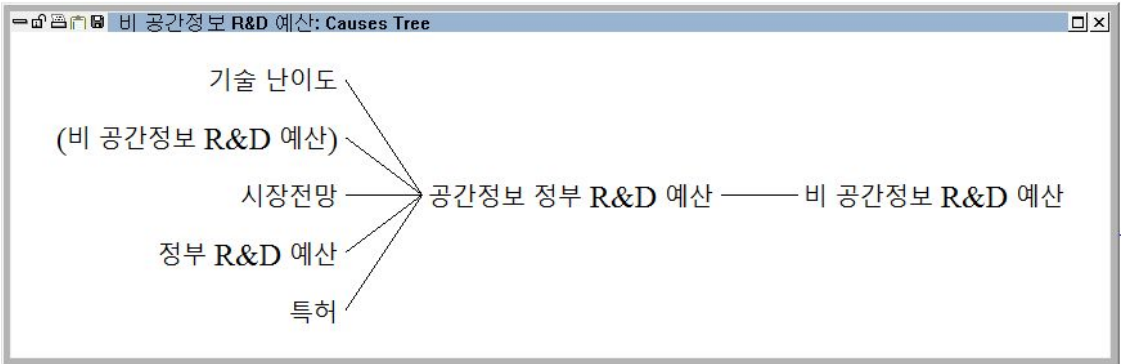


그림 4.1 Cause Tree 비 공간정보 R&D 예산

(2) 공간정보 R&D 예산

그림 4.2를 보면 공간정보 R&D 예산에 직접적인 원인이 되는 변수는 기술난이도, 비 공간정보 R&D 예산, 시장전망, 정부 R&D 예산, 특허이지만 간접원인으로 기술 사업성도 공간정보 정부 R&D 예산에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

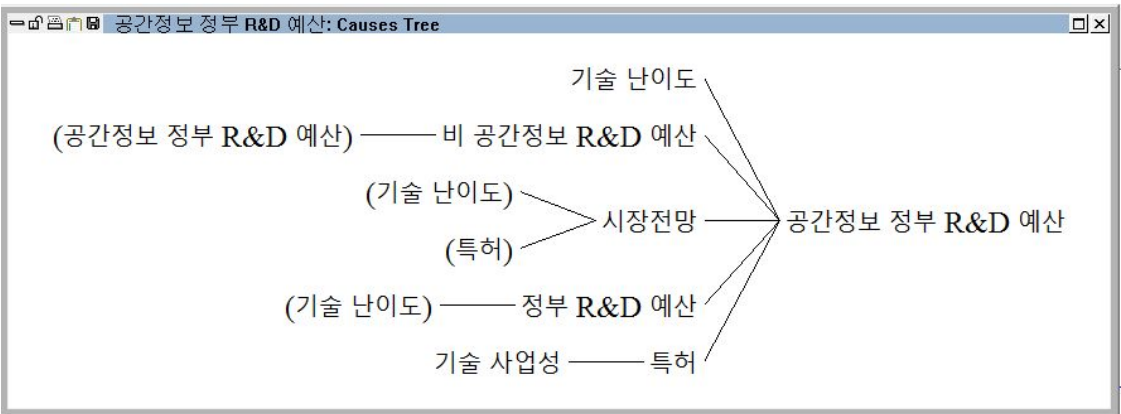


그림 4.2 Cause Tree - 공간정보 정부 R&D 예산

(3) R&D 투자

그림 4.3을 보면, R&D 투자에 영향을 주는 직접 원인이 되는 변수는 공간정보 정부 R&D 예산과 정부 R&D 예산이지만, 간접원인으로 비 공간정보 R&D 예산, 시장전망, 특허, 기술난이도 등이 R&D 투자에 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다.

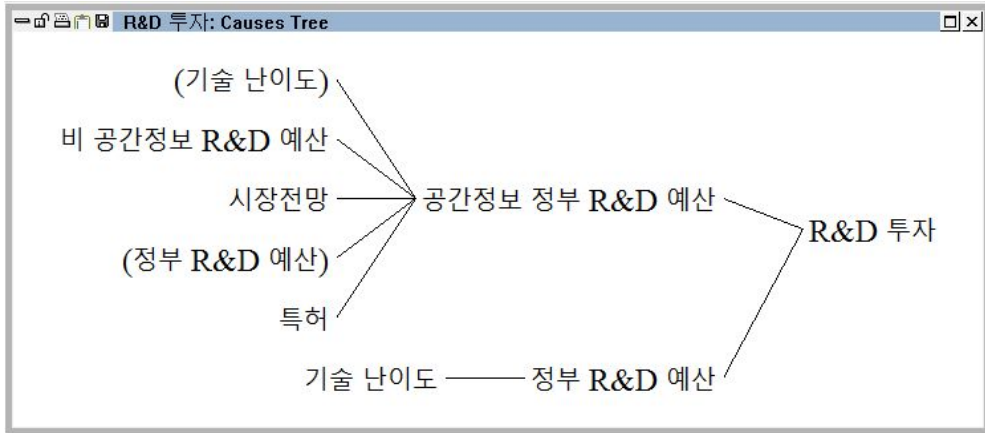


그림 4.3 Cause Tree - R&D 투자

(4) 공간정보 R&D 연구비

그림 4.4를 보면, 공간정보 R&D 연구비에 직접 영향을 주는 변수는 R&D 투자이지만, 간접원인으로는 공간정보 정부 R&D 예산과 정부 R&D 예산이 공간정보 R&D 연구비에 영향을 주고 있는 것으로 나타났다.

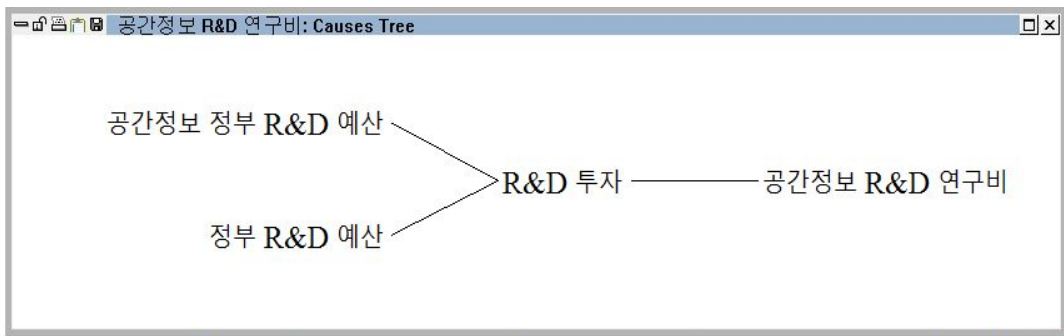


그림 4.4 Cause Tree - 공간정보 R&D 연구비

(5) 기술 사업성

그림 4.5를 보면, 기술 사업성에 직접 영향을 주는 변수는 공간정보 R&D 연구비, 기술자, 대규모 시설 및 장비이지만, 간접 영향을 주는 변수는 R&D 투자, R&D교육으로 기술 사업성에 영향을 주고 있는 것으로 나타났다.

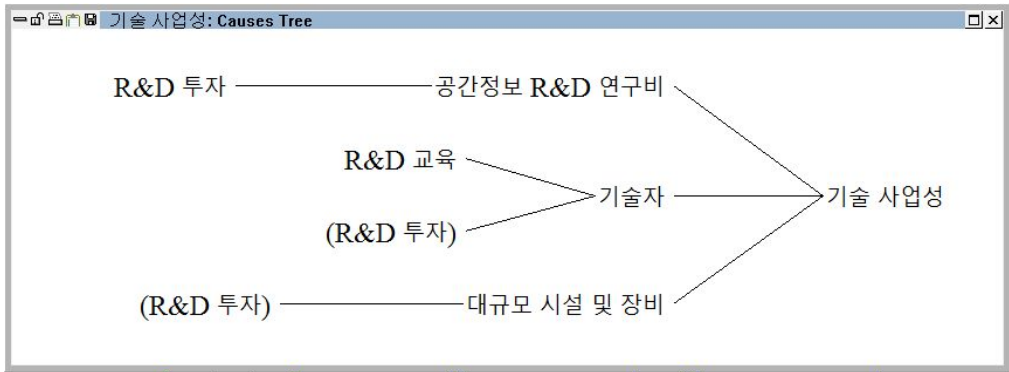


그림 4.5 Cause Tree 기술 사업성

(6) 기술수준

그림 4.6을 보면, 기술수준이라는 변수에 직접적으로 영향을 주는 변수는 기술사업성, 논문의 피인용지수, 특허이지만, 간접원인으로는 공간정보 R&D 연구비, 기술자, 대규모 시설 및 장비, 논문 IF, 논문수(SCI)가 기술수준에 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

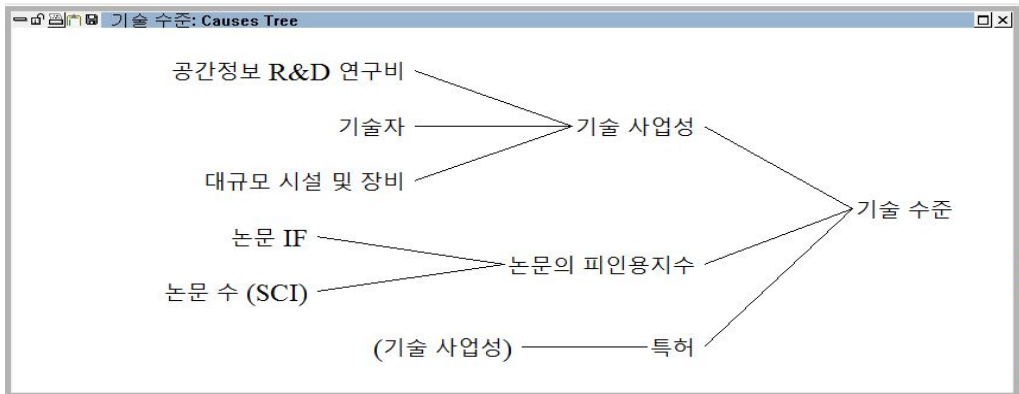


그림 4.6 Cause Tree - 기술수준

(7) R&D 교육

그림 4.7을 보면, R&D교육이라는 변수에 직접 영향을 주는 변수는 기술수준이지만, 간접영향을 주는 변수는 기술 사업성, 논문의 피 인용지수, 특허가 R&D 교육에 영향을 주고 있는 것으로 나타났다.

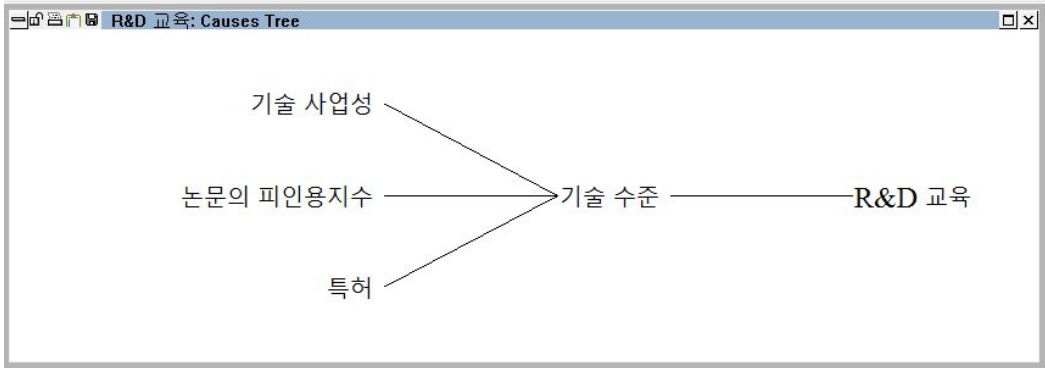


그림 4.7 Cause Tree - R&D 교육

(8) 논문수(SCI)

그림 4.8을 보면, 논문수(SCI)에 직접 영향을 주는 변수는 기술사업성이지만, 간접영향을 주는 변수는 공간정보 R&D 연구비, 기술자, 대규모 시설 및 장비가 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

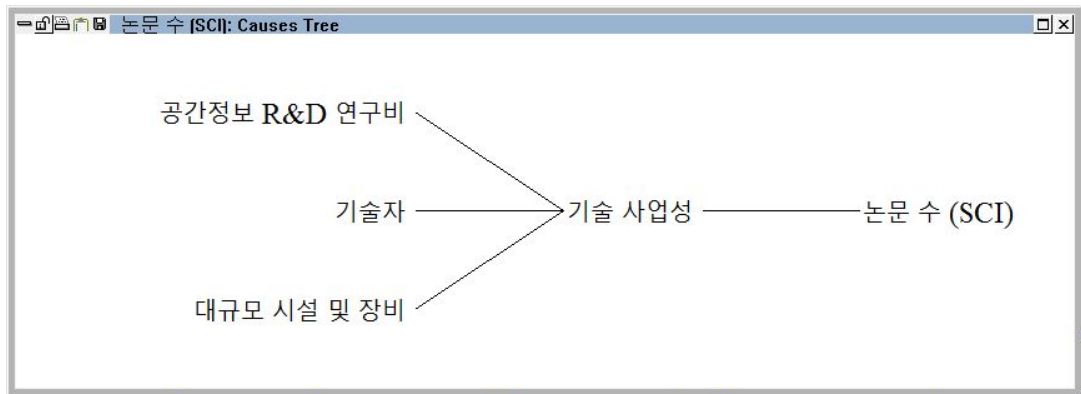


그림 4.8 Cause Tree - 논문수(SCI)

(9) 특허

그림 4.9를 보면, 특허에 영향을 미치는 직접원인변수는 기술사업성이지만, 간접 영향을 주는 변수는 공간정보 R&D 연구비, 기술자, 대규모 시설 및 장비로 나타났다.

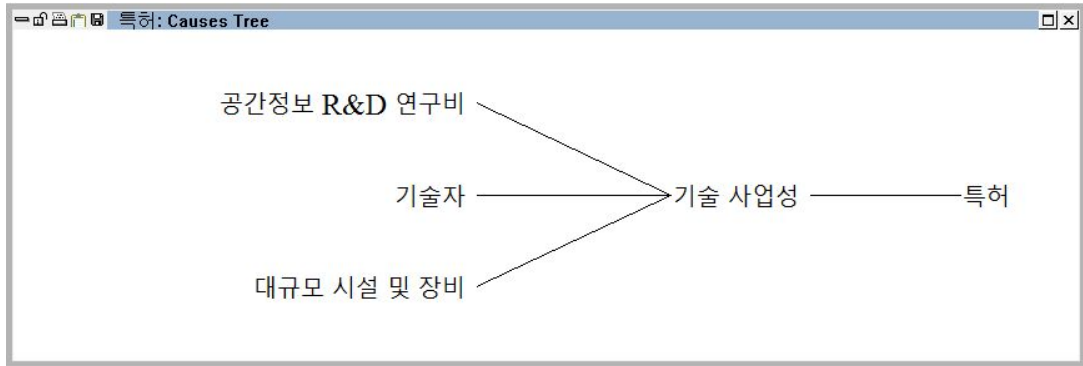


그림 4.9 Cause Tree - 특허

(10) 연구자

그림 4.10을 보면, 연구자에 직접적인 영향을 미치는 변수는 R&D 교육, R&D 투자이지만, 간접 원인 변수로는 기술수준, 공간정보 정부 R&D 예산, 정부 R&D 예산으로 나타났다.

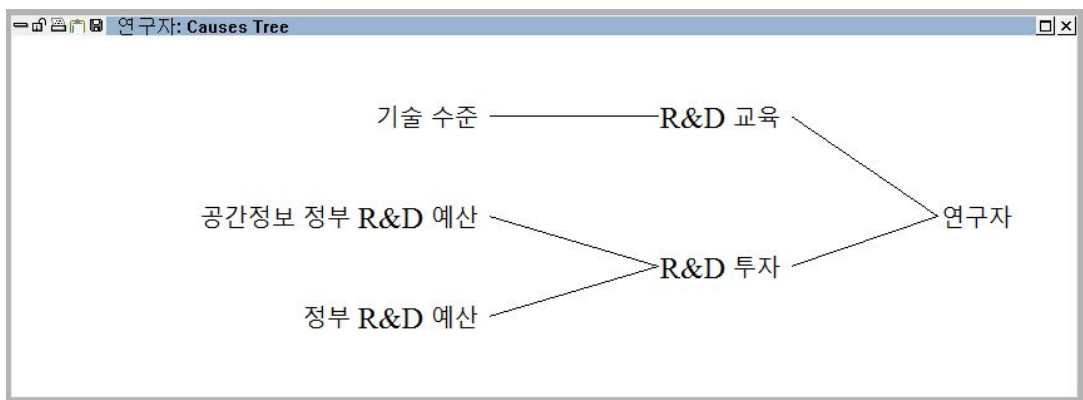


그림 4.10 Cause Tree - 연구자

4.1.2 결과 변수의 분석

앞서 공간정보 R&D 투자 성과 인과지도에서 특정 변수에 영향을 주는 숨은 의도의 변수, 즉 원인변수를 찾아보았다. 이번에는 Cause Tree 분석 방법과 대비되는 Use Tree 분석방법으로 특정변수에 영향을 받는 결과변수를 찾아내고자 한다. 이러한 결과 변수를 살펴보는 이유는 원인변수를 찾아내는 것과 동일한 맥락에서 특정 변수의 변화가 미치는 영향을 직접적인 결과만이 아닌 간접적 영향, 혹은 2차적 영향을 받는 변수를 찾아내고자 함에 있다.

(1) 비 공간정보 R&D 예산

그림 4.11을 보면, 비공간정보 R&D 예산의 직접적인 영향을 받는 결과변수는 공간 정보 정부 R&D 예산이지만, 2차적으로 영향을 받는 변수는 R&D투자변수로 나타났다.

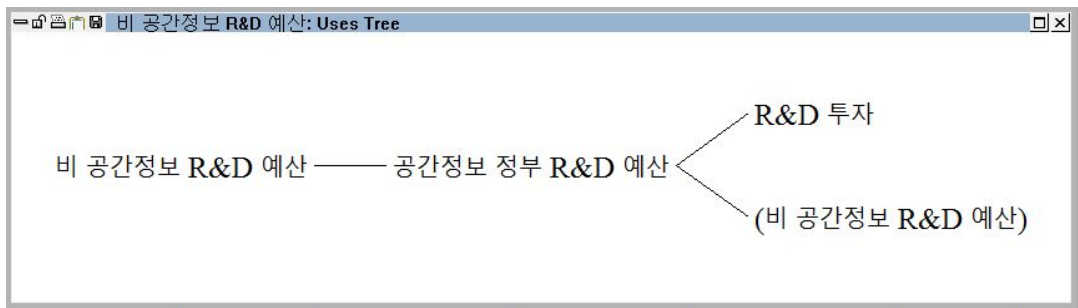


그림 4.11 Use Tree 비 공간정보 R&D 예산

(2) 공간정보 정부 R&D 예산

그림 4.12를 보면, 공간정보 정부 R&D 예산에 직접적인 영향을 받는 결과변수는 R&D 투자, 비 공간정보 R&D 예산이지만, 2차적으로 영향을 받는 변수는 공간정보 R&D 연구비, 기술자, 대규모 시설 및 장비, 연구자로 나타났다.

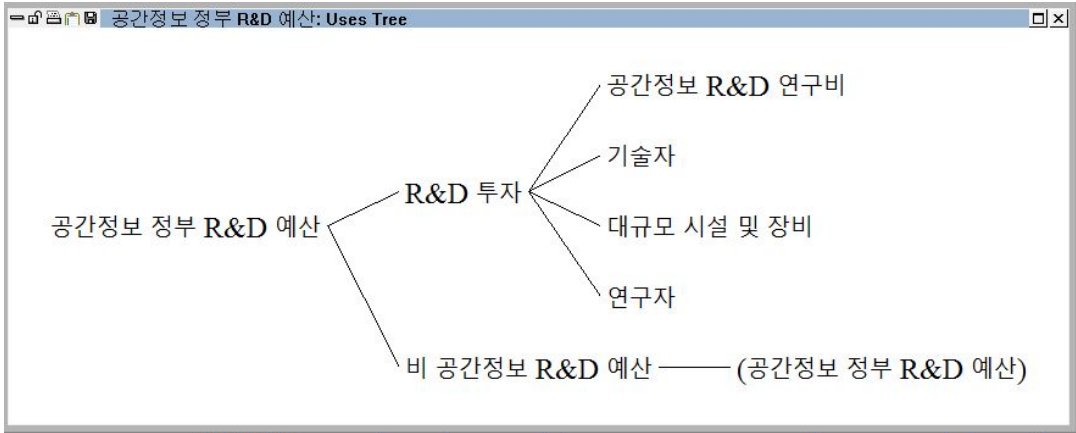


그림 4.12 Use Tree - 공간정보 정부 R&D 예산

(3) R&D 투자

그림 4.13을 보면, R&D 투자에 직접적인 영향을 받는 결과변수는 공간정보 R&D 연구비, 기술자, 대규모 시설 및 장비, 연구자이지만, 2차적으로 영향을 받는 변수는 기술 사업성으로 나타났다.

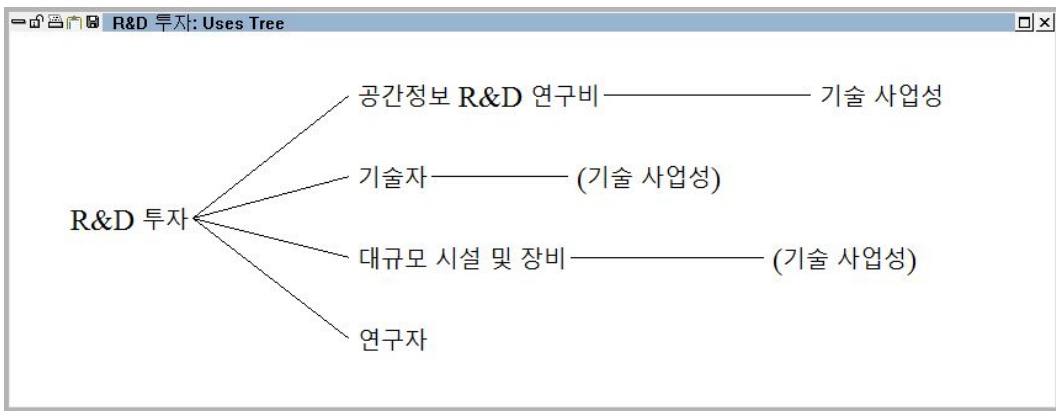


그림 4.13 Use Tree - R&D 투자

(4) 공간정보 R&D 연구비

그림 4.14를 보면, 공간정보 R&D 연구비에 직접 영향을 받는 변수는 기술사업성이

지만 간접적인 영향을 받는 결과변수는 기술수준, 논문수(SCI), 특허로 나타났다.

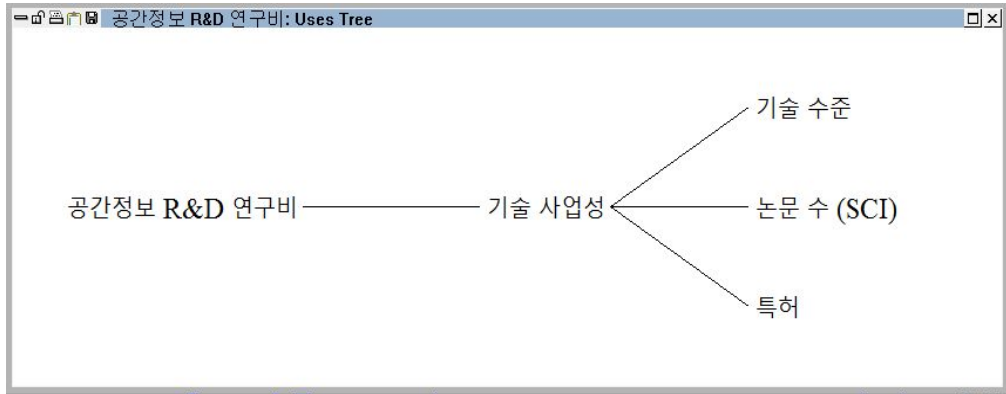


그림 4.14 Use Tree - 공간정보 R&D 연구비

(5) 기술 사업성

그림 4.15을 보면, 기술 사업성에 직접 영향을 받는 결과변수는 기술수준, 논문 수 (SCI), 특허가 있지만, 간접영향을 받는 결과변수는 R&D 교육, 논문 IF, 논문 피 인용 지수 공간정보 정부 R&D 예산, 기술이전, 시장 불확실성, 제품개발이 기술 사업성으로 나타났다.

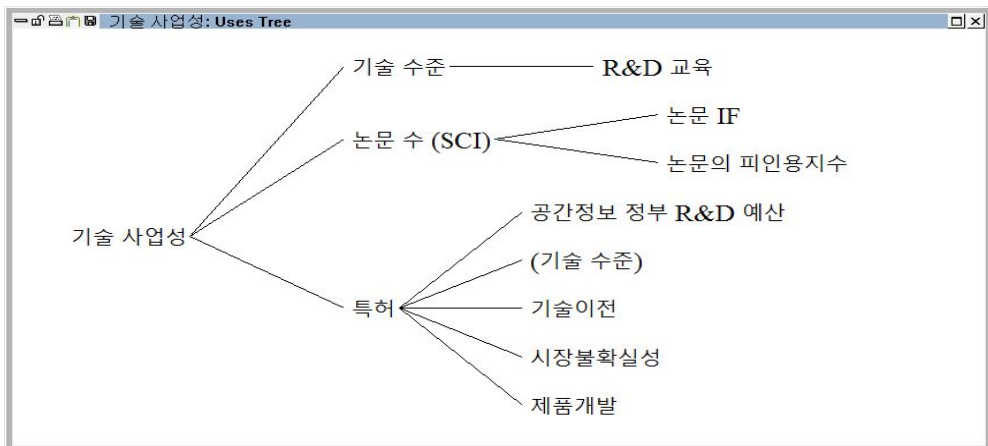


그림 4.15 Use Tree - 기술사업성

(6) 기술수준

그림 4.16을 보면, 기술수준에 직접영향을 받는 결과변수는 R&D교육이지만, 간접영향을 받는 결과변수는 기술자, 연구자로 나타났다.

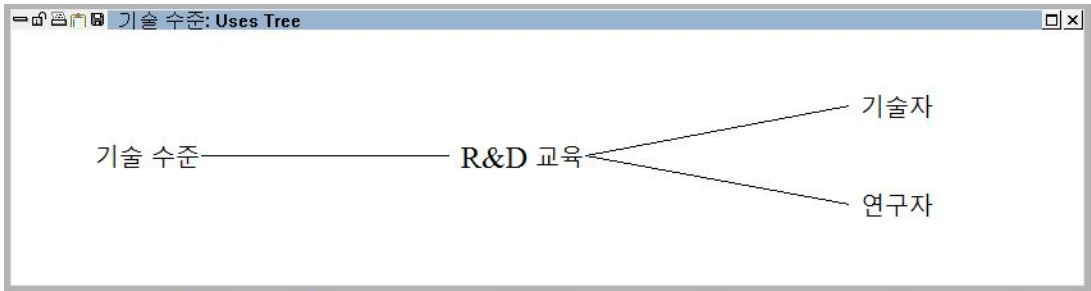


그림 4.16 Use Tree - 기술수준

(7) R&D 교육

그림 4.17을 보면, R&D교육이라는 변수의 직접 영향을 받는 결과변수는 기술자와 연구자이지만, 간접 영향을 받는 결과변수는 기술 사업성 변수로 나타났다.

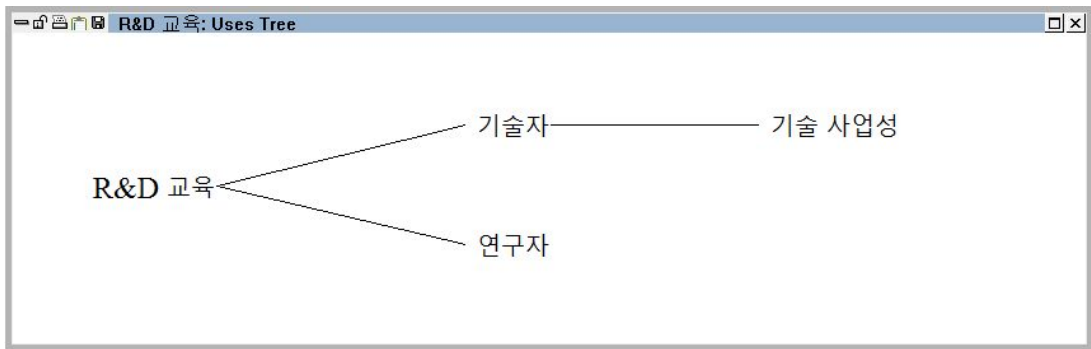


그림 4.17 Use Tree - R&D 교육

(8) 논문 수(SCI)

그림 4.18을 보면, 논문 수(SCI)에 직접 영향을 받는 결과변수는 논문 IF, 논문의 피

인용지수이지만, 간접적으로 영향을 받는 결과변수는 기술수준으로 나타났다.

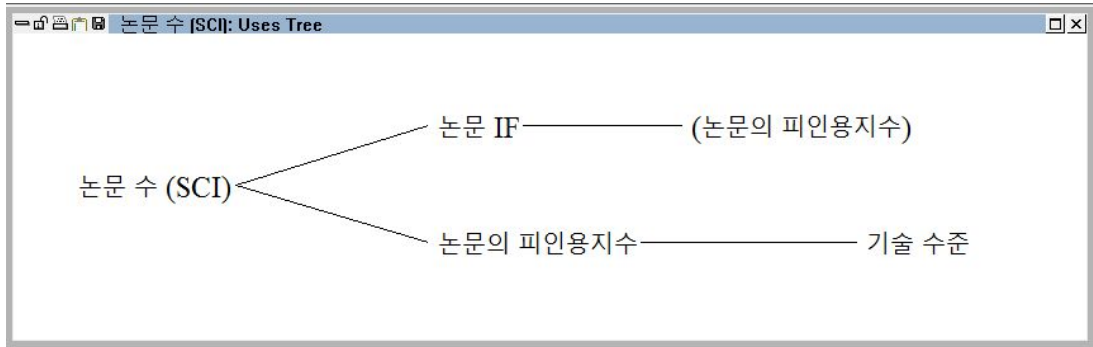


그림 4.18 Use Tree 논문 수(SCI)

(9) 특허

그림 4.19를 보면, 특허에 직접영향을 받는 결과변수는 공간정보 정부 R&D 예산, 기술수준, 기술이전, 시장전망, 제품개발 이지만, 간접영향을 받는 결과변수는 R&D투자, 비 공간정보 R&D예산, 기업수익으로 나타났다.

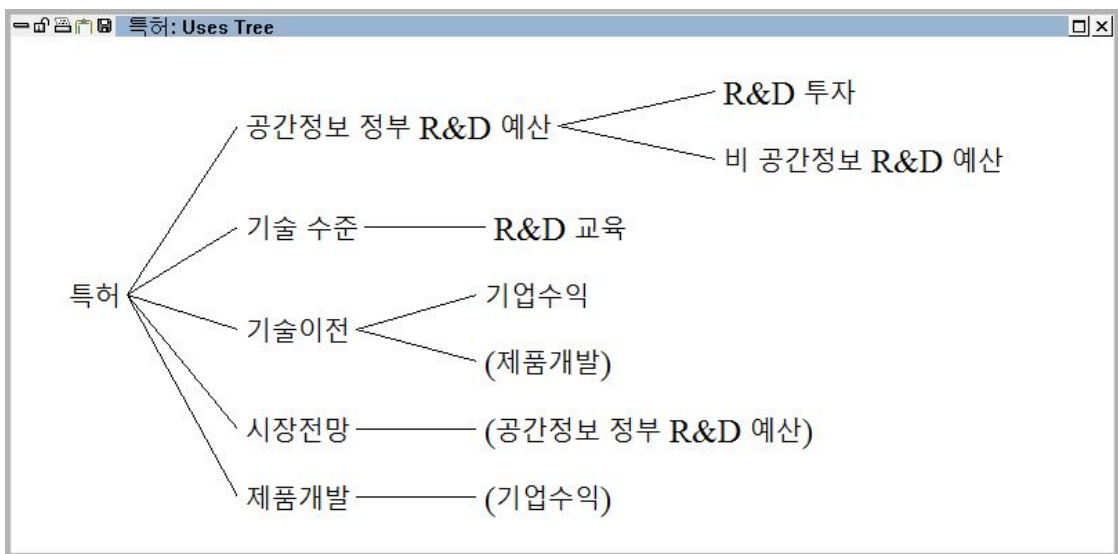


그림 4.19 Use Tree - 특허

4.2 공간정보 R&D 투자성과 동태모형

4.2.1 동태모형 모델링

앞서 공간정보 R&D 투자성과를 구성하는 변수들 간의 인과관계를 토대로 인과지도를 작성하고 전체적인 시스템을 파악했다. 인과지도를 통한 전체적인 시스템의 파악은 본 연구에서 실질적으로 분석하고자 하는 대상과 범위를 좁히기 위한 정보를 제공한다. 이러한 맥락에서 3장에서 작성한 인과지도는 공간정보 R&D 투자성과를 평가 혹은 측정하기 위한 정량적 모델인 동태모형을 구성하는데 기초로서 공간정보 R&D 투자성과와 관련된 전반적인 시스템을 파악을 위함에 목적이 있다. 본 절에서 앞서 분석한 통합인과지도를 중심으로 동태모형의 직접적인 관계를 표현한 인과지도를 작성하였다.

앞서 살펴본 통합인과 모형은 매우 복잡하고, 정량적인 시뮬레이션을 하기 위해서 구축이 어려운 변수들이 너무 많이 있다. 분석이 가능하고 실질적인 효과성에 대한 예측이 가능한 동태모형을 구축하기 위해서는 인과지도를 간략하게 할 필요가 있다. 이에 전체적인 통합인과지도를 토대로 동태모형을 위한 인과지도를 작성하였으며 다음 그림 4.20과 같다.

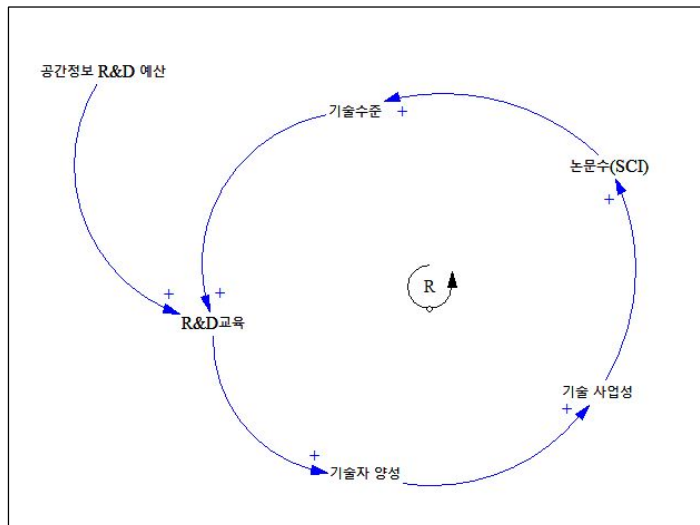


그림 4.20 공간정보 R&D 투자 성과 측정을 위한 인과지도

기본 구조는 공간정보 R&D 예산이 증가하면 R&D교육이 증가하고, 기술자가 많이 양성되어 기술 사업성이 증가하고, 이는 곧 논문 수(SCI)에 영향을 끼쳐 기술수준의 향상을 가져와 R&D교육을 촉진시키는 양의 피드백 구조이다.

이를 표현한 인과지도를 토대로 앞서 원인변수와 결과변수 분석 내용을 참고하여, 정량적 모델인 동태모형을 모델링하였다.

공간정보 연구비 R&D 예산은 정부 전체 R&D 예산 중 공간정보 연구비 비율을 고려하였고, 공간정보 R&D 교육비의 비중을 고려하여 기술자 1인당 교육비 산정에 반영하였다. 다음으로 기술자양성(변화)는 기술자 교육기간, 교육효과에 따른 기술자 증가 등을 고려하였다. 기술 사업성은 기술자 명단 사업성 비율, 기술 사업성 증가 등을 고려하였다. 논문 수(SCI)논문에는 사업성 증가에 따른 논문 수 영향, 공간정보 논문 성공확률, 논문 작성 소요기간 등을 고려하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 위한 동태모형은 구조분석 결과를 토대로 작성되며 그 과정은 다음 그림 4.21과 같다.

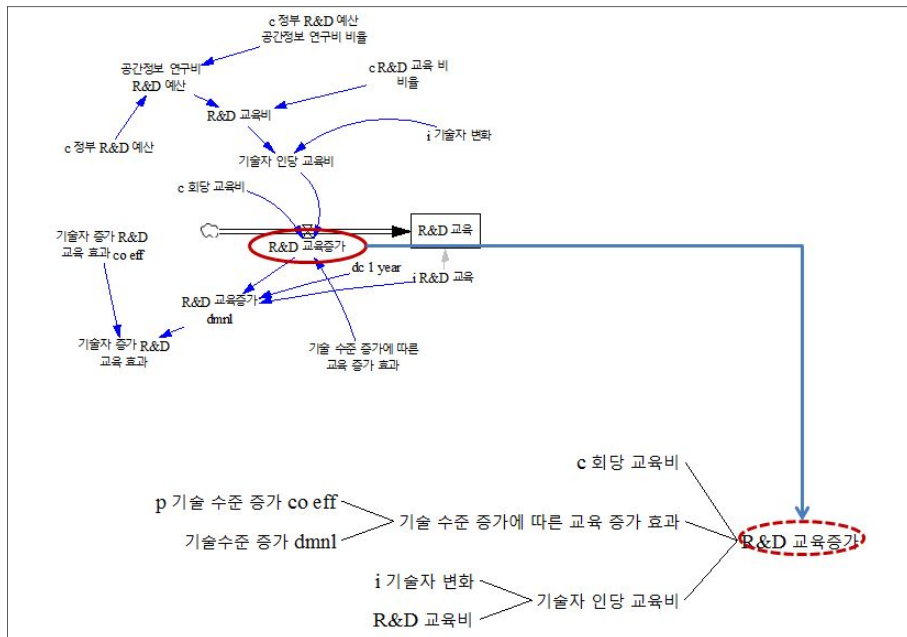


그림 4.21 동태모델 구성

그림 4.21과 같이 인과지도상에서 구조분석내용을 토대로 모델링된 동태모형은 다음 그림 4.22와 같다.

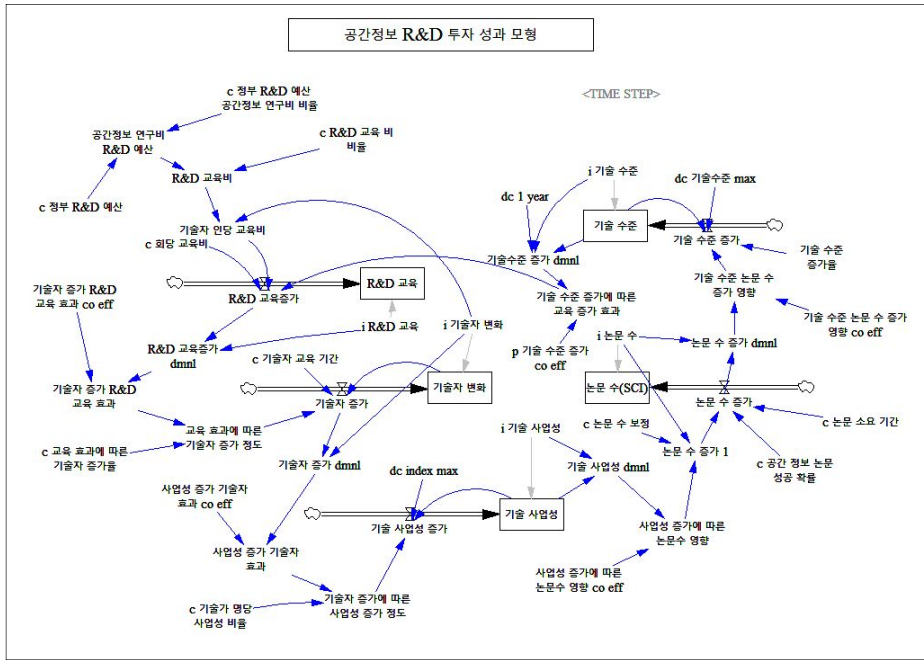


그림 4.22 공간정보 R&D 투자 성과 측정 동태모형

동태모형이 작성되면 각 변수들 간의 논리관계를 바탕으로 수식을 정의해 주어야 한다. Vesim SW 에서는 각 변수들의 수식을 입력할 수 있는 수식입력창을 제공하는데 R&D 교육 증가라는 변수의 관계식은 “기술자 인당 교육비/c 회당 교육비*기술 수준 증가에 따른 교육 증가 효과”라고 할 때 다음 그림 4.23과 같이 수식입력창을 통해 관계식을 입력할 수 있다.

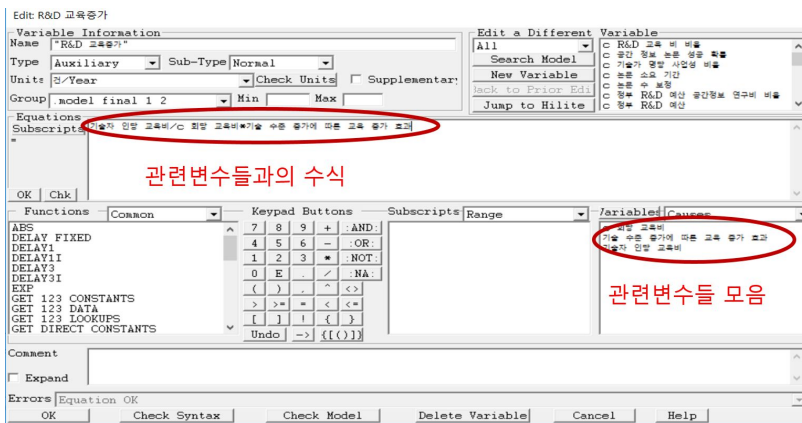


그림 4.23 변수 수식입력

4.2.2 공간정보 R&D 투자성과 모형 상수값

공간정보정책 계획 내 R&D예산항목은 표 4.1과 같다. 공간정보 R&D 투자성과 측정을 위한 동태모델에 사용된 변수들의 상수값은 변수별로 살펴보면 R&D 교육비 비율은 2011년부터 2015년까지 국가공간정보정책 시행계획 내에 실제 집행된 전체 예산항목 중 R&D항목에 해당하는 예산을 산출하였다. 국가공간정보정책의 예산 항목은 R&D 예산을 포함한 공간정보 구축 등에 골고루 분포되어 있다. 세부 내역은 다음과 같다. 2015년 정부 R&D 연구비 총액은 188,245억 원이었으며, 공간정보정책예산 전체는 20,710이며, 공간정보 R&D 예산액은 1,655억 원이었다.

표 4.1 공간정보정책 시행계획 예산 항목 내 R&D 예산항목

국가공간정보정책 시행계획 예산 항목		구분
공간정보 구축	기반	비 R&D 예산
	농림	
	도시	
	문화/통계	
	수자원	
	안전/방재	
	지하	
	해양	
	환경	
공간정보 유통		R&D 예산
공간정보 활용		
국가공간정보기반 조성	표준화	
	기술개발	
	인력양성/홍보	
	정책지원	
	기타	

공간정보분야 SCI논문 성공 확률은 심층면접을 통해 0.5편 수준으로 조사되었고, 교

유효효과에 따른 기술자 증가율 역시 심층면접을 통해 50% 수준으로 조사되었으며, 기술자 명단 사업성 비율은 30% 수준으로 전문가들은 평가하였다. 또한 기술자 교육기간 역시 연간 7회(1회당 3일 교육 1회당 평균 45만원(한국국토정보공사 공간정보아카데미 기준))정도로 꾸준한 교육이 필요하다는 의견이 지배적이었다. 이상과 같은 전문가를 대상으로 하여 실제 존재하지 않은 변수 데이터에 대한 검증결과는 다음 표 4.2와 같다.

표 4.2 전문가 검증 결과

문항	공간 정보 논문 성공 확률	교육에 따른 기술자 증가율	기술자당 사업성 비율	기술자 교육 기간	논문 소요 기간	R&D 교육횟수	기술 사업성	기술 수준
응답자1	55	50	20	3	1	10	25	30
응답자2	55	50	25	4	1	10	25	30
응답자3	45	45	30	5	0.8	5	30	30
응답자4	40	40	30	5	0.8	5	30	30
응답자5	30	30	40	5	0.6	6	30	30
응답자6	55	30	45	5	1	7	40	30
응답자7	50	30	40	6	1.2	7	50	40
응답자8	50	60	40	5	1.5	6	30	30
응답자9	60	60	35	6	1.5	6	30	30
응답자10	50	70	20	6	1	7	40	35
응답자11	60	70	25	5	1	8	20	20
응답자12	65	70	20	5	0.8	7	20	20
응답자13	50	50	30	4	0.8	7	25	25
응답자14	45	55	25	4	1.2	6	20	25
평균	50%	50%	30%	5년	1년	7회	30%	30%

현재 공간정보 산업통계를 기초로 공간정보 기술 분야에 종사하고 있는 기술자는 2015년 현재 51,478명으로 조사되어 있어 이를 반영하였다. SCI논문 작성에 소요되는 기간은 분야별로 차이가 있겠지만 공간정보 분야는 약 1년이 소요되는 것으로 심층면접 결과 조사되었다. 그리고 2015년에 게재된 공간정보 분야 SCI급 논문 수는 (GeoScience분야 내 Geography, Remote Sensing 부분)은 149편으로 조사되었다. 이상의 통계데이터와 전문가 검증 결과를 종합하여 정리한 동태모형의 상수 값은 다음표 4.3과 같다.

표 4.3 공간정보 R&D 투자모형 상수값

상 수	값(단위)
"c R&D 교육비 비율" =	8%
"c 공간 정보 논문 성공 확률" =	50%
"c 교육 효과에 따른 기술자 증가율" =	50%
"c 기술자 명당 사업성 비율" =	30%
"c 기술자 교육 기간" =	5년
"c 논문 소요 기간" =	1년
"c 정부 R&D 예산 공간정보 연구비 비율" =	11%
"c 정부 R&D예산" =	188,245억원
"c 회당 교육비" =	450,000원
"i R&D 교육" = INITIAL()	7회
"i 기술 사업성" = INITIAL()	30%
"i 기술 수준" = INITIAL()	30%
"i 기술자 변화" = INITIAL()	51,478명
"i 논문 수" = INITIAL()	149편

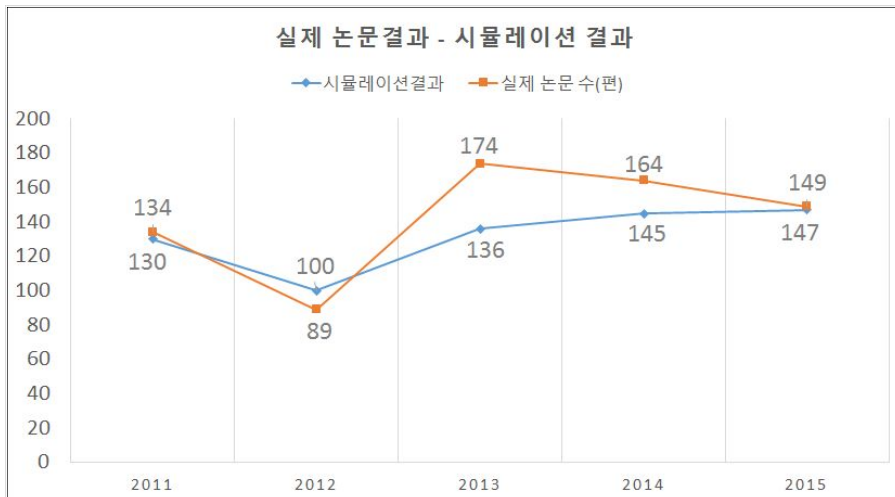
* "c로 시작하는 변수는 상수 값이며, "i로 시작하는 변수는 초기 값임.

4.3 시물레이션 모형검증 및 분석

4.3.1 시물레이션 모형 검증

동태모형 분석 결과인 시물레이션값의 타당성을 검증하기 위해 과거 5년간 실제 연구 성과와 시물레이션 분석 값을 그림 4.24에서 비교하였다. 투자모형 상수값 중에서 다른 부분에 대해서는 고정을 시키고 공간정보 R&D 예산의 변화를 중심으로 변화를 비교해 본 결과 2013년 공간정보 R&D 예산대비 연구 성과가 다른 해에 비해 월등히 높게 나타난 것을 제외하고는 전체적으로 유사한 그래프의 기울기를 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이는 2013년도에는 본 연구에서 고려하지 못한 외생변수가 그 해에만 특수하게 작용한 것으로 판단된다.

통계적으로 모형의 정확성을 산정하기 위하여 Root Mean Squared Error (RMSE)를 계산한 결과 19.7편의 차이를 보이는 것으로 계산되었고, 2013년을 제외한 경우 11.2편으로 계산되었다. 그림 4.25는 비교를 위해 모형의 결과와 실제 값의 산포도에 절편을 0으로 하는 선형회귀모형을 표시한 것으로 회귀모형의 기울기가 1.08로서 이는 시물레이션 모형이 약 8%정도 적게 예측되었다는 것을 의미한다. 이와 같은 분석결과를 통해 시물레이션 모형이 약 8%의 오류를 포함하고 있으나 SCI논문의 추세를 잘 반영하고 있다는 것을 확인할 수 있다.



구분	2011	2012	2013	2014	2015
시뮬레이션결과	130	100	136	145	147
실제 논문 수(편)	134	89	174	164	149

그림 4.24 시뮬레이션결과와 실제 데이터 비교

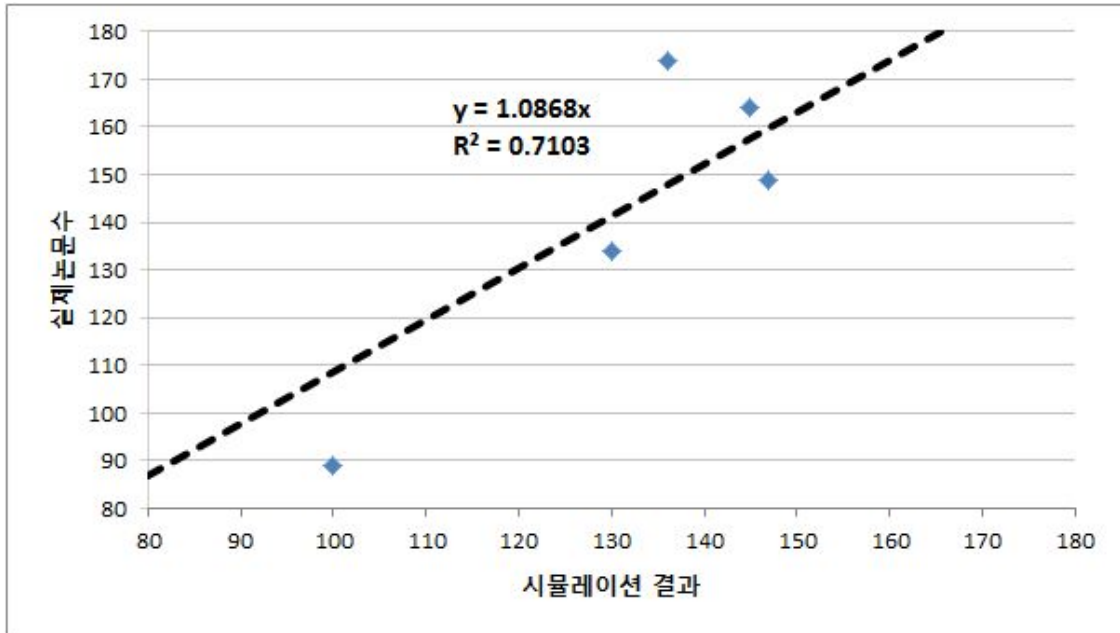
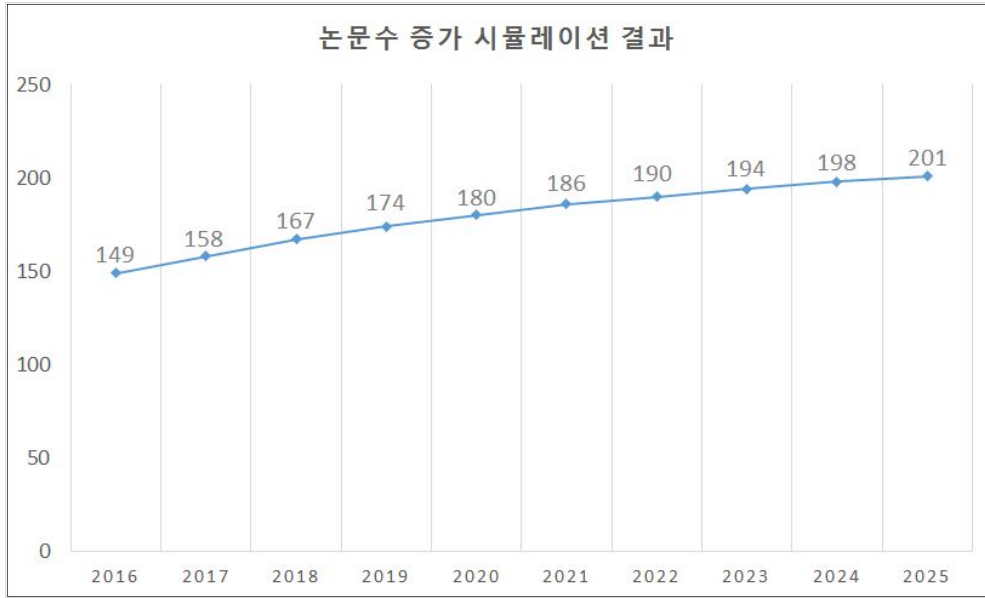


그림 4.25 데이터비교를 위한 선형회귀모형

4.3.2 시뮬레이션 결과(Basecase)

앞서 구축한 동태모형에 상수 값을 반영하여 공간정보 R&D 투자성과를 2016년부터 2025년까지 약 10년간 시뮬레이션한 결과는 그림4.26과 같다. 그 결과 (Base Run)는 현재와 같은 수준에서 지속적으로 투자가 이루어 질 경우 연구 성과는 꾸준히 발생할 것으로 분석되었다.

2015년 기준 149편의 연구 성과는 2016년 149편, 2017년 158편, 2018년에는 167편, 2019년 174편, 2020년 180편, 2021년 186편, 2022년 190편, 2023년 194편, 2024년 198편, 2025년 201편으로 지속적으로 논문수가 증가할 것으로 예측되었다.



구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
시뮬레이션 결과	149	158	167	174	180	186	190	194	198	201

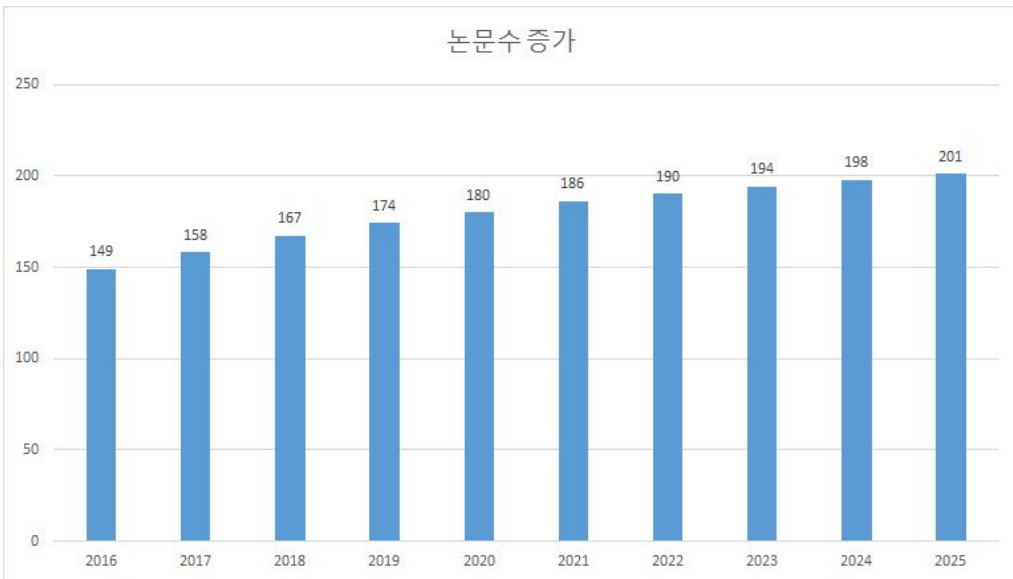


그림 4.26 공간정보 R&D 투자 성과 시뮬레이션 결과

4.4 시나리오 및 민감도 분석

앞서 공간정보 R&D 투자성과에 대한 시뮬레이션 분석 결과를 토대로 상수값의 변화를 통하여 특정상황을 가정한 시나리오를 작성하여 주어진 상황변화에 따라 투자성과가 어떻게 변화하는지 분석을 수행하였다.

시나리오 분석은 표 4.4와 같이, 목적변수를 제외한 5개의 동태모형을 구성하는 변수에 대해 수행하였다. 시나리오1은 공간정보 R&D 교육비 비율이 최초 8%에서 100%씩 증가했을 때 변화를 살펴보았다. 시나리오2는 기술자 교육기간으로 최초 5년에서 1년씩 단축될 경우의 변화를 살펴보았다. 시나리오3은 정부 R&D예산 중 공간정보 연구비 비율이 최초 11%에서 100%씩 증가할 때 변화를 살펴보았다. 시나리오4는 기술 사업성 비율이 최초 30%에서 5%간격으로 증가할 때 변화를 살펴보았다. 시나리오5는 현재적 기술수준을 최초 30%에서 10%간격으로 증가할 때 변화를 살펴보았다. 마지막으로 입력변수의 변동성이 SCI논문에 미치는 영향을 산정하기 위하여 민감도 분석을 시행하였다.

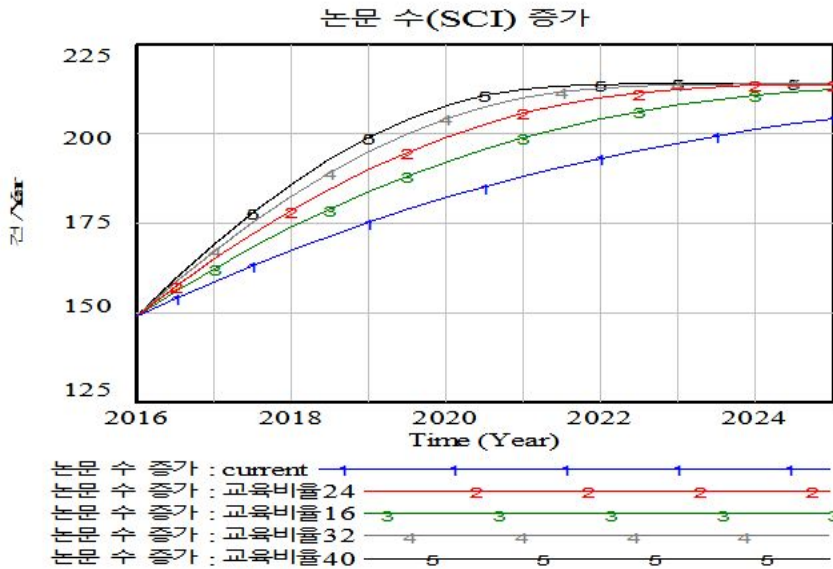
표 4.4 시나리오 분석 가정

시나리오	구 분	가정1 (최초값)	가정2	가정3	가정4	가정5
시나리오 1	"c R&D 교육비 비율" =	8%	16%	24%	32%	40%
시나리오 2	"c 기술자 교육 기간" =	5년	4년	3년	2년	1년
시나리오 3	"c 정부 R&D 예산 공간정보 연구비 비율" =	11%	22%	33%	44%	55%
시나리오 4	i기술사업성=INITIAL()	30%	35%	40%	45%	50%
시나리오 5	i기술수준=INITIAL()	30%	40%	50%	60%	70%

4.4.1 시나리오 1-R&D 교육비 비율 변화

그림 4.27은 시나리오1의 R&D교육비 비율변화를 살펴본 것이다. 시나리오1은 공간 정보 R&D 교육비 비율이 최초 8%에서 16%, 24%, 32%, 40%로 증가했을 때 변화를 살펴보았다. 시나리오 1의 최초 분석 시 반영된 값은 공간정보 전체 예산 중 R&D 교육비 비율을 2015년 기준 8%(Current)로 설정하였으나, 이후 16%, 24%, 32%, 40% 까지 총 5단계로 증가될 경우 논문 수(SCI)에 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다.

시나리오 분석결과 교육비 비율을 8%에서 16%, 24%로 증가시켰을 때 연구 성과에 증가에 영향을 주고 있지만, 24% 이후부터는 연구 성과가 동일하게 나타났다. 이로서 교육비 비율은 최대 24%까지 증가시키는 것이 예산활용에 최적 값이라는 것을 알 수 있다.



Time (Year)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
교육비율08	149	159	167	175	182	188	193	197	201	204
교육비율16	149	162	174	184	192	199	204	208	211	212
교육비율24	149	165	179	190	199	206	210	212	214	214
교육비율32	149	167	182	195	204	210	213	214	214	214
교육비율40	149	169	186	199	208	212	214	214	214	214

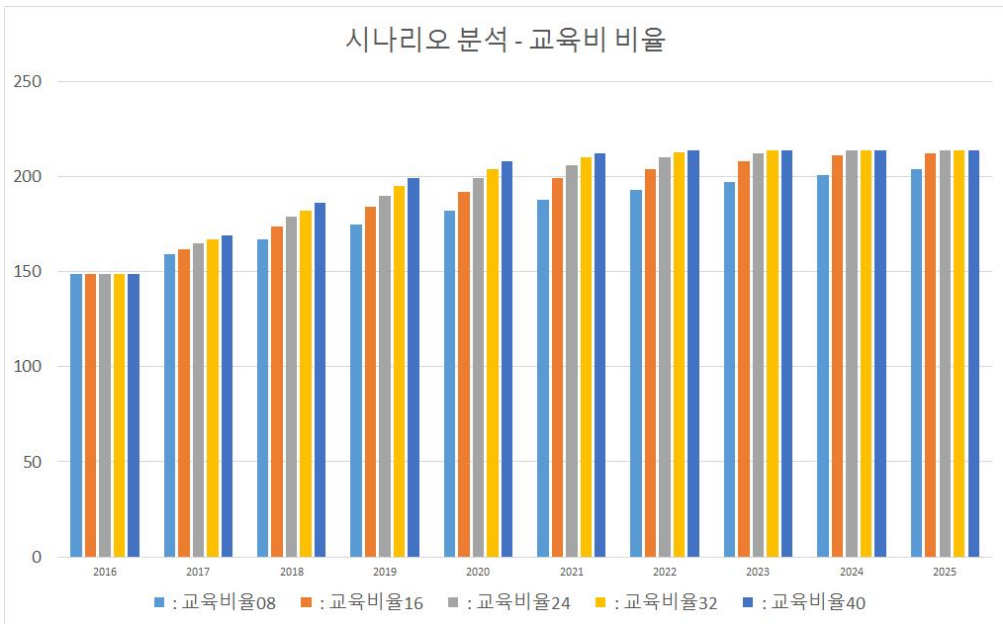
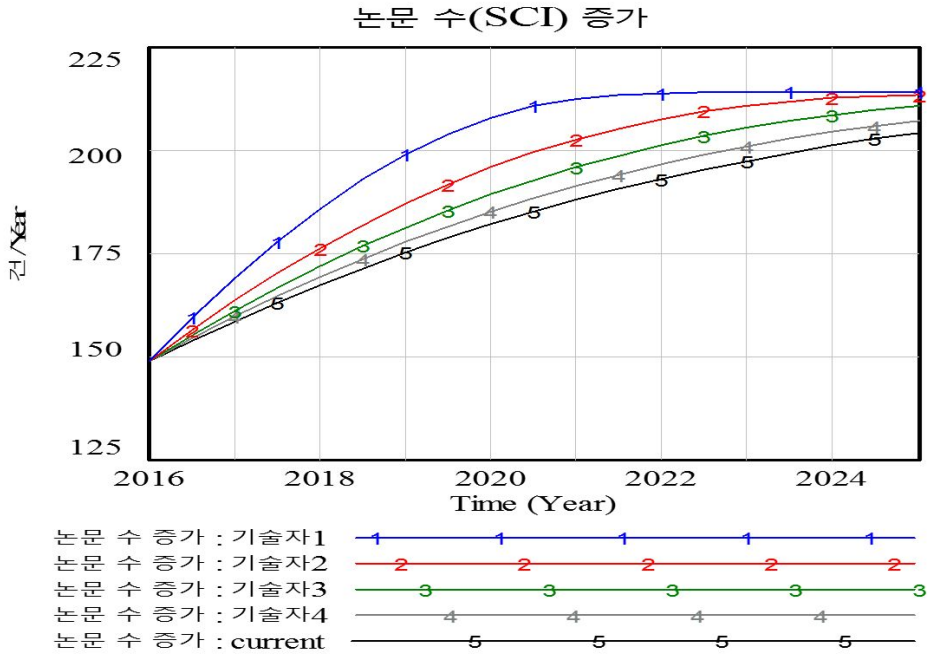


그림 4.27 공간정보 R&D 투자 성과 시나리오 1

4.4.2 시나리오 2-기술자 교육기간

그림 4.28은 시나리오2를 살펴본 것이다. 시나리오2는 기술자 교육기간의 변화로 최초 5년이 소요될 것으로 시뮬레이션을 진행했으나, 1년씩 감소된다는 가정으로 변화를 살펴보았다. 시나리오 2는 최초 분석 시 반영된 값은 2015년 기준 5년(Current)로 설정 하였으나, 이후 4년, 3년, 2년, 1년 까지 총 5단계로 교육시간이 단축될 경우 논문 수(SCI)에 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다.

시나리오 분석결과 교육기간이 5년에서 2년으로 단축시켰을 때 연구 성과에 최대 증가로 나타났으나, 이후 1년으로 단축될 경우 조기에 최대 연구 성과를 나타낼 뿐 더 많은 연구 성과를 도출할 수 없었다.



Time (Year)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
기술자1	149	169	186	199	208	212	214	214	214	214
기술자2	149	164	176	187	196	203	208	211	213	214
기술자3	149	161	172	181	189	196	201	205	209	211
기술자4	149	160	169	178	185	191	197	201	204	207
기술자5	149	159	167	175	182	188	193	197	201	204

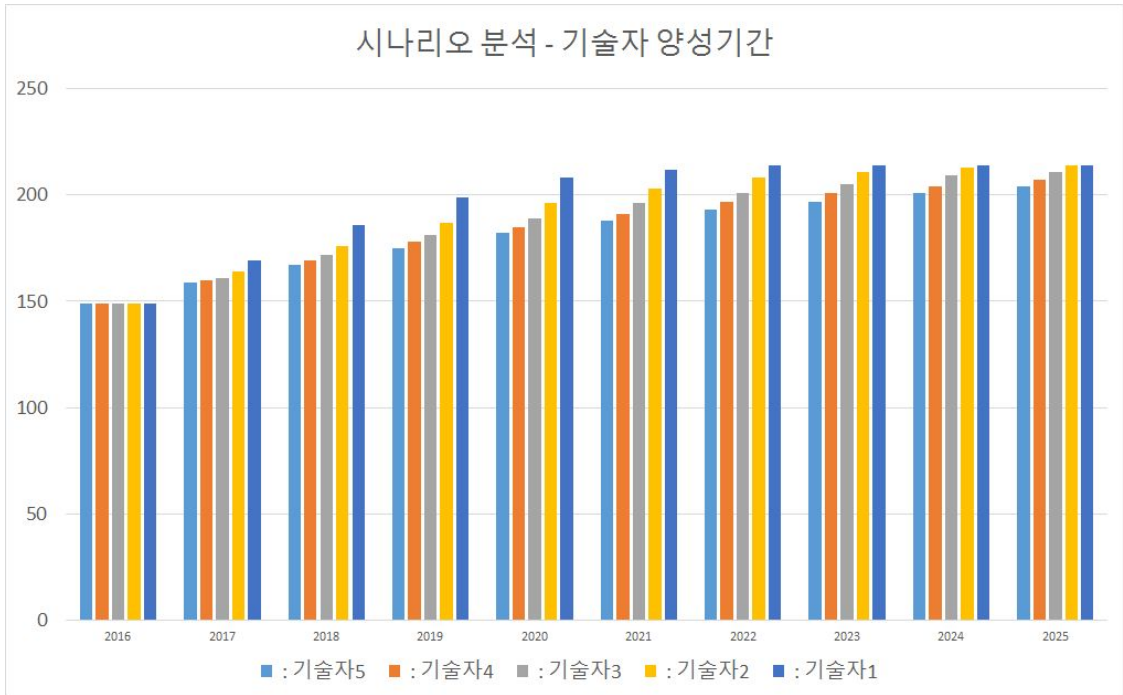
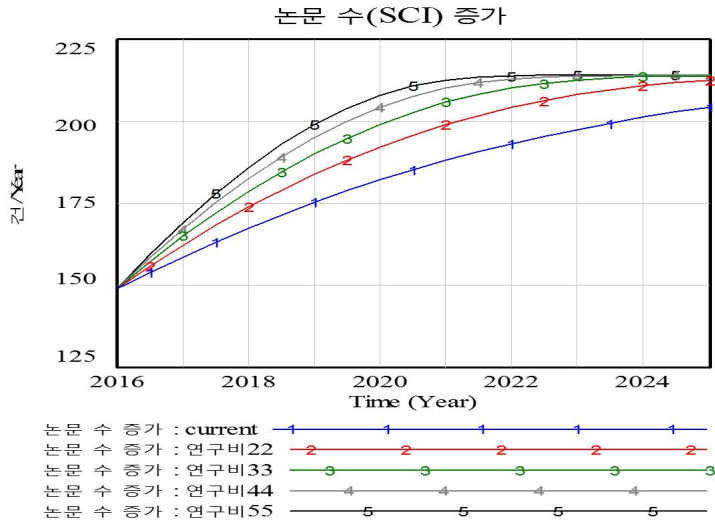


그림 4.28 공간정보 R&D 투자 성과 시나리오 2

4.4.3 시나리오 3-정부 R&D 예산중 공간정보 연구비 예산비율

그림 4.29에서 알 수 있듯이, 시나리오 3은 정부 R&D 예산중 공간정보 연구비 예산 비율 변화로 최초 11%에서 시뮬레이션을 진행했으나, 전년대비 11%씩 증가한다는 가정으로 변화를 살펴보았다. 시나리오 3은 최초 분석 시 반영된 값은 2015년 기준 11%(Current)로 설정하였으나, 이후 22%, 33%, 44%, 55% 까지 총 5단계로 예산비율이 증가될 경우 논문 수(SCI)에 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다.

시나리오 분석결과 연구비 비율을 11%에서 지속적으로 증가시켰을 때 33%수준에서 최대 연구 성과가 나타나는 것을 알 수 있었다. 이후 44%, 55%로 증가시켰을 때 조기에 연구 성과 최대치를 달성 할 수 있지만 연구 성과의 최대값은 동일함을 알 수 있었다.



Time (Year)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
연구비11	149	159	167	175	182	188	193	197	201	204
연구비22	149	162	174	184	192	199	204	208	211	212
연구비33	149	165	179	190	199	206	210	212	214	214
연구비44	149	167	182	195	204	210	213	214	214	214
연구비55	149	169	186	199	208	212	214	214	214	214

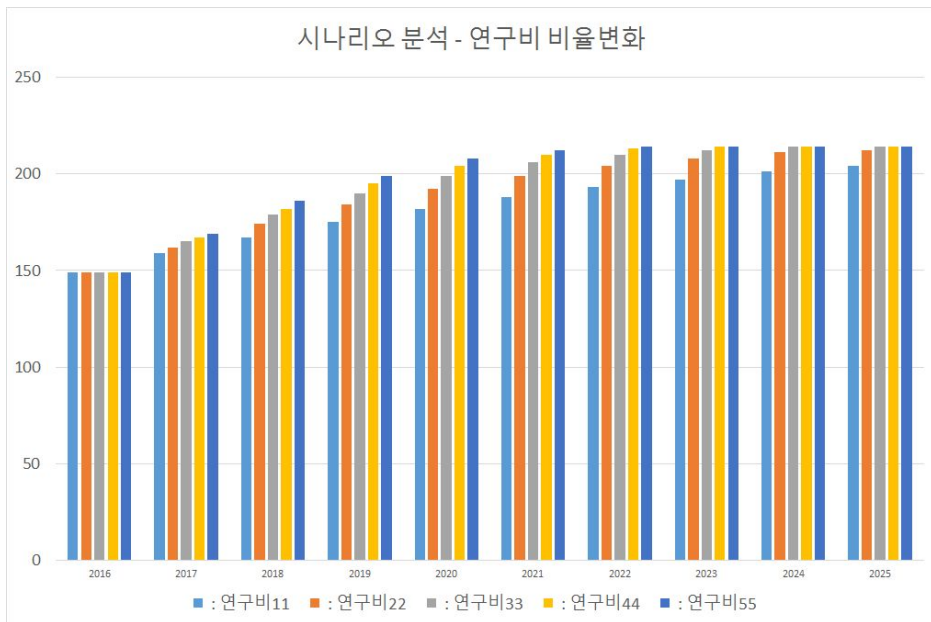
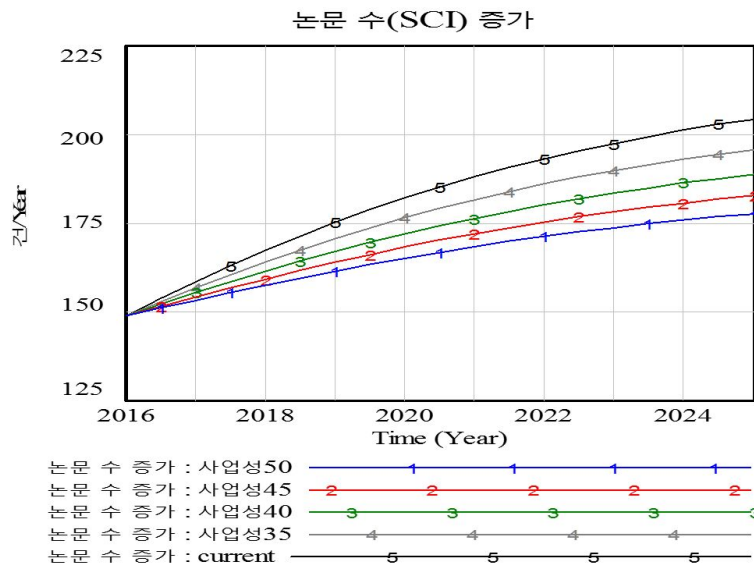


그림 4.29 공간정보 R&D 투자 성과 시나리오 3

4.4.4 시나리오 4-기술사업성

그림 4.30에서 시나리오 4는 현재 공간정보산업에 있어 기술 사업성의 수준에 따른 연구 성과 변화를 살펴보았다. 기술 사업성 수준을 최초 30%에서 시뮬레이션을 진행했으나, 시나리오 4는 2015년 기준 11%(Current) 이후 35%, 40%, 45%, 50% 까지 총 5단계로 기술 사업성 수준이 증가될 경우 논문 수(SCI)에 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다.

시나리오 분석결과 기술 사업성 비율을 30%에서 지속적으로 증가시켰을 때 연구 성과 증가율이 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 시뮬레이션 결과는 초기 사업성이 낮은 수준에서 일정 연구 성과가 발생했을 경우 외부 영향으로 성과가 증가하지만, 모든 조건이 동일한 상황에서 초기 기술 사업성이 높은 경우에는 연구 성과의 증가율이 타 변수의 변화보다는 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다.



Time (Year)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
사업성50	149	153	158	161	165	168	171	174	176	178
사업성45	149	154	159	164	168	172	175	178	181	183
사업성40	149	155	161	167	172	176	180	183	186	189
사업성35	149	157	164	171	176	181	186	190	193	196
사업성30	149	159	167	175	182	188	193	197	201	204

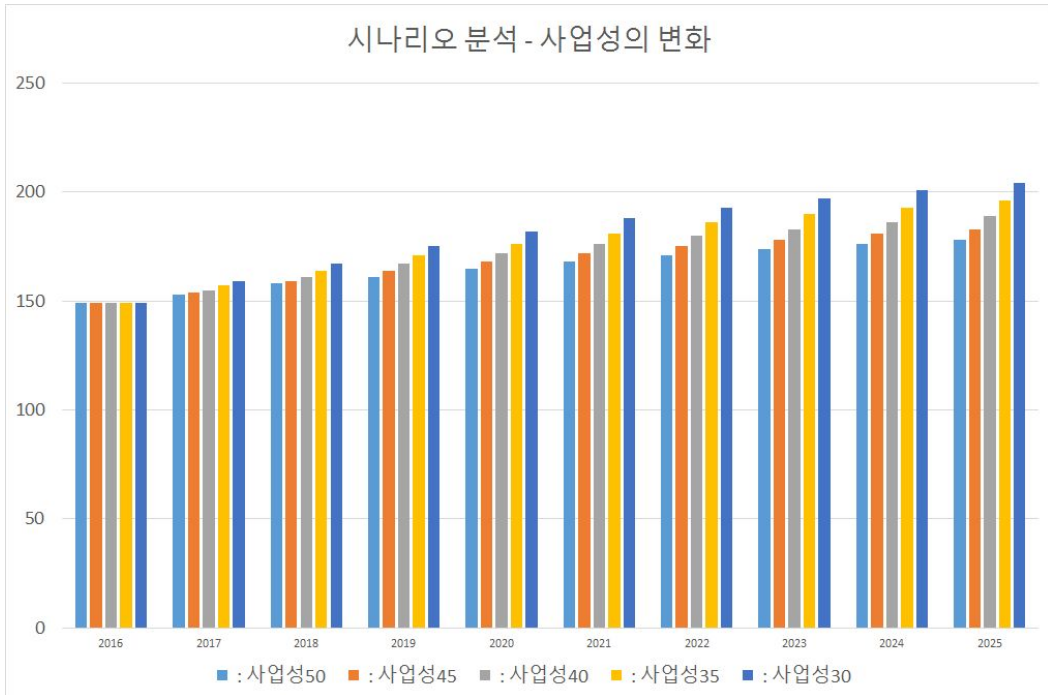


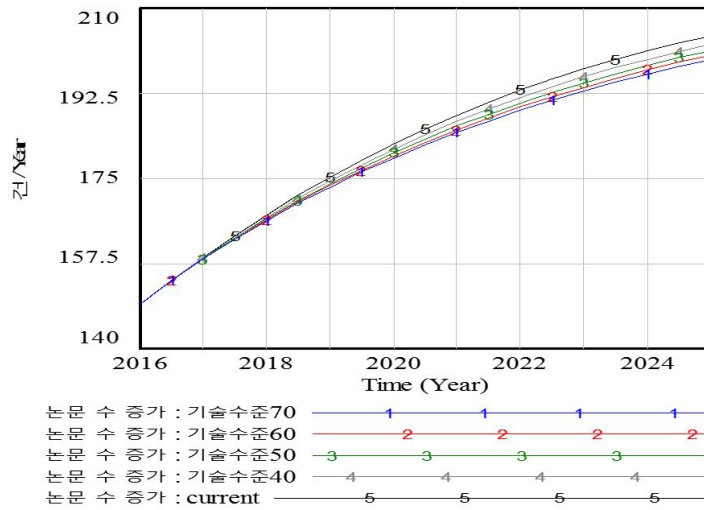
그림 4.30 공간정보 R&D 투자 성과 시나리오 4

4.4.5 시나리오 5 - 기술수준

그림 4.31의 시나리오 5는 현재 공간정보산업에 있어 기술수준에 따른 연구 성과 변화를 살펴보았다. 기술수준을 최초 30%에서 시뮬레이션을 진행했으나, 시나리오 5는 2015년 기준 30%(Current) 이후 40%, 50%, 60%, 70% 까지 총 5단계로 기술수준이 증가될 경우 논문 수(SCI)에 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다.

시나리오 분석결과 기술수준을 30%에서 지속적으로 증가시켰을 때 지속적으로 연구 성과의 증가율은 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 시뮬레이션 결과는 앞선 시나리오 4와 비슷한 양상으로 초기 기술수준이 낮은 경우 일정 연구 성과가 발생했을 경우 외부 영향으로 성과가 증가하지만, 모든 조건이 동일한 상황에서 초기 기술수준이 높은 경우에는 연구 성과의 증가율이 상대적으로 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다.

논문 수(SCI) 증가



Time (Year)	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
기술수준70	149	158	166	173	179	184	189	193	196	199
기술수준60	149	158	166	173	180	185	190	194	197	200
기술수준50	149	158	167	174	180	186	190	195	198	201
기술수준40	149	158	167	174	181	187	192	196	199	202
기술수준30	149	159	167	175	182	188	193	197	201	204

시나리오 분석 - 기술수준의 변화

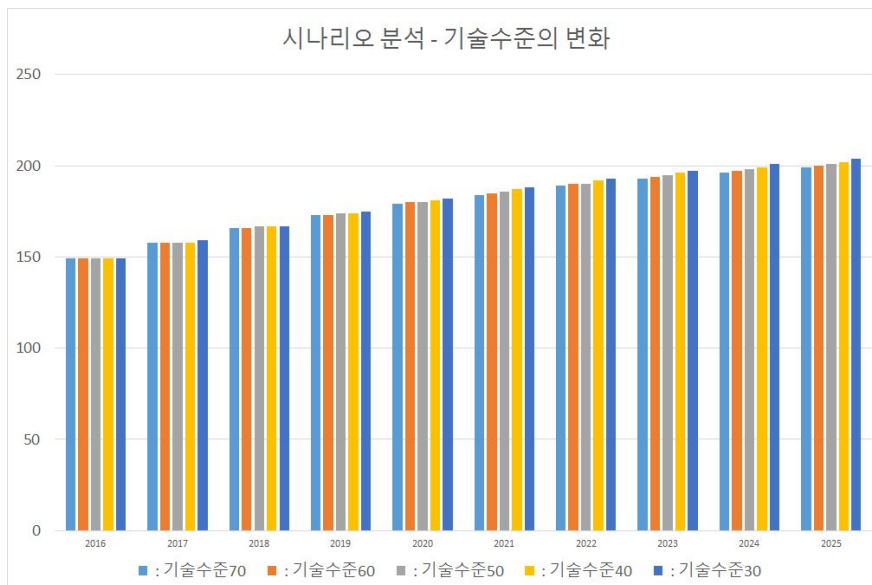


그림 4.31 공간정보 R&D 투자 성과 시나리오 5

4.4.6 민감도 분석

다음으로 입력 자료의 변동성이 결과에 미치는 영향을 산정하기 위하여 모형의 민감도 분석을 수행하였다. 동태모형 분석에 사용된 변수는 총 18개 변수로 각각을 살펴보면 객관적인 정량데이터를 활용한 변수도 있으며, 전문가를 대상으로 추정된 변수 값이 혼재되어 있다. 객관적인 값을 이용한 분석의 수행이 적절할 것이나, 본 연구와 같이 존재하지 않은 값을 모델에 적용하는데 있어 추정치를 이용할 경우 입력 자료의 변동성에 대한 영향을 산정해 봄으로서 결과에 미치는 영향을 산정하고 모델의 적절성도 가늠해 볼 수 있다.

구체적으로, 민감도 분석은 동태모형에 적용된 총 18개의 변수 중에서 공간정보 R&D 예산이라는 정책변수를 제외하고 총 17개 변수를 대상으로 수행하였다. 민감도 분석방법은 분석 대상변수별로 초기 값을 기준으로 최소값은 90%, 최대값은 110% 수준으로 가정하여 분석하였다. 구체적인 민감도 분석방법은 변수별 최대-최소 구간 내 난수를 만들고 구간 내 총 200개의 난수를 적용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 시뮬레이션 결과인 논문 수 증가의 변화를 살펴보았다. 실제 분석에 적용한 모수값은 표 4.5와 같다.

표 4.5 민감도 분석 모수값과 분포모델

변수 명	최소값	기본값	최대값	분포모델
R&D 교육 비 비율	0.072	0.08	0.088	RANDOM_ UNIFORM
공간 정보 논문 성공 확률	0.45	0.5	0.55	
교육 효과에 따른 기술자 증가율	0.45	0.5	0.55	
기술자 명당 사업성 비율	0.27	0.3	0.33	
기술자 교육 기간	4.5	5	5.5	
논문 수 보정	1.8	2	2.2	
정부 R&D 예산 공간정보 연구비 비율	0.099	0.11	0.121	
회당 교육비	405,000	450,000	495,000	
기술 수준	0.27	0.3	0.33	
논문 소요 기간	0.9	1	1.1	
기술 사업성	0.27	0.3	0.33	
기술 수준 증가	0.45	0.5	0.55	
기술 수준 논문 수 증가 영향	0.09	0.1	0.11	
기술 수준 증가율	0.27	0.3	0.33	
기술자 증가 R&D 교육 효과	0.9	1	1.1	
사업성 증가 기술자 효과	0.45	0.5	0.55	
사업성 증가에 따른 논문 수 영향	0.27	0.3	0.33	

정책변수를 제외한 나머지 변수들의 가정에 따라 민감도를 분석한 결과는 그림 4.34와 같다. 그림에서 각 색상은 당해 연도 시뮬레이션 결과인 SCI논문 수 분포의 50, 75, 95, 100% Percentile을 연결한 선으로 예를 들면 노란색으로 표시된 구간은 SCI논문수 분포 중 평균을 중심으로 상위 25%와 하위 25% 구간으로 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 2016년의 변동성이 가장 작고 2025년의 변동성이 가장 큰 것을 알 수 있다. 구체적으로, 변동성이 가장 많은 2025년의 경우 최소·최대값은 각각 160편, 251편으로 4.4.3 절의 시뮬레이션결과인 201편과 비교하여 80%에서 125%의 변동성을 갖는 것으로 분석되었다.

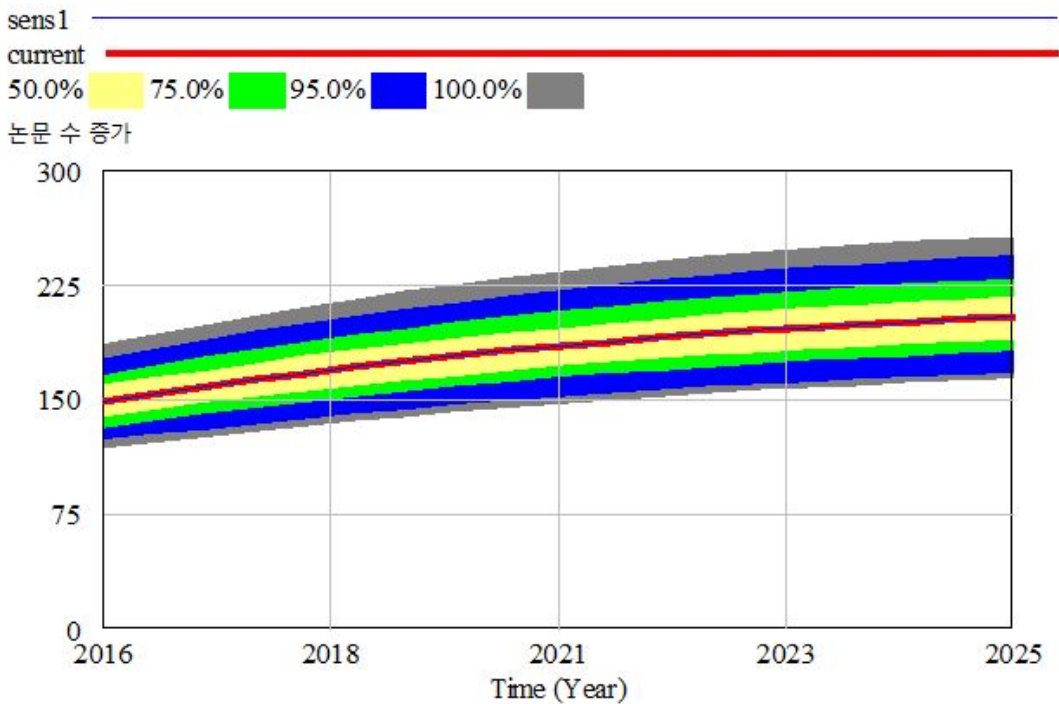


그림 4.32 민감도 분석 결과 - 논문 수 증가

제 5 장 결론

본 연구는 공간정보 R&D 투자와 투자결과물인 논문간의 상관관계 분석을 연구 목적으로 하고 있으며 분석 방법은 투자와 결과간의 상관관계 분석을 위해 시스템다이나믹스 방법론을 이용하여 분석을 수행하였다. 국가 R&D 사업과 공간정보 R&D 사업의 현황을 살펴보고, 공간정보 R&D 투자 성과에 관련된 변수들을 20개를 정의한 뒤 변수들 간의 인과관계를 설정하였다. 인과관계 설정은 시스템다이나믹스 분석의 시스템사고의 관점에서 수행되었고, 인과관계 설정을 종합하여 통합 인과지도를 작성하였다. 이후 동태모형에 대한 모델의 수행과 시물레이션 분석, 시나리오분석을 수행하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 공간정보 R&D 투자성과를 구성하고 있는 변수 간에 총 8개의 양의 피드백 루프가 존재하고 있는 것으로 밝혀졌으며 발견된 피드백루프를 통해 지속적인 상호작용이 일어나고 있는 것을 알 수 있었다.
2. 공간정보 R&D 투자성과 동태모형을 모델링하였으며 모델링에 활용된 각 변수들의 상수 값과 초기값은 통계데이터와 심층면접 자료 등을 활용하여 시물레이션을 수행한 결과 현재와 같은 정책변수인 공간정보 R&D 예산 투자가 지속적으로 이어진다면 2016년 149개의 SCI 논문 성과가 2018년까지 매년 6%의 증가, 이후 평균 3% 가량의 증가로 2025년에는 201개의 논문성과가 나타날 것으로 분석되었다.
3. 정부 R&D 예산의 변화를 통한 연구성과 증가가 비교적 단시간에 가시적인 연구성과 증가를 가져오는 것으로 분석되었다. 공간정보 R&D 교육비 비율을 현재의 8%에서 24%수준으로 증가시키거나, 정부 R&D 예산의 공간정보연구비 비율을 현재 11%에서 33%로 증가시킬 경우 조기에 최대의 연구성과를 가져올 수 있을 것으로 분석되었다.
4. 공간정보분야에서 관련 기술자 교육시간의 경우 전문가로 성장하는데 소요되는 시간이 단축될수록 연구성과가 높게 나타나는 것으로 분석되었다. 현재 약 5년가량 소요되는 기술자 교육기간을 2년으로 단축시킬 경우 최대의 연구성과를 도출할 수 있을 것으로 분석되었다.

5. 공간정보분야에서는 관련 기술자가 연구성과에 영향을 주는 구조로 고급기술자로 교육시간이 연구성과에 영향을 주지만, 기술사업성과 기술수준의 경우 연구성과 증가에 많은 영향을 주지는 못하는 것으로 분석되었다. 즉, 기술사업성, 기술수준이 높을수록 연구성과의 증가를 둔화시키는 것으로 분석되었다. 다시 말하면 초기 수준 변수값이 높을 경우 시간의 변화에 따라 변화할 수 있는 변화량에 한계(초기 수준이 40%의 경우 최대 변화량이 60%, 초기수준이 70%일 경우 최대 변화량이 30%)로 논문 성과에 미치는 영향이 낮게 나타나는 것임을 알 수 있었다.

본 연구에서 모델링한 동태모형에서 고려하지 못한 부분을 추가적으로 보완하고 완성도를 높이는 작업을 수행하고 모델을 견고하게 만들 수 있다면 유용한 의사결정의 도구로서 활용이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 강근복(1999), *지식정보사회와 전자정부*, 나남출판사
2. 강동석, 유시형(2009), “공공정보시스템 효과성 측정지표의 타당성 검증에 관한 연구: 행정정보DB 구축사업을 중심으로”, *한국정보처리학회논문집*, 제16권 제3호
3. 경정익(2011), *부동산정보화정책의 영향요인에 관한 연구*, 박사학위논문, 경원대학교
4. 경정익(2011), “부동산정보화정책의 효율성을 위한 개선방안”, *부동산학연구*, 제17권 제1호
5. 권혁진, 박성현(2014), “국가공간정보정책의 영향요인에 관한 연구”, *한국지적정보학회지*, 제16권 제1호
6. 권혁진, 이종환, 박정호(2013), “국가공간정보정책의 평가모형에 관한 연구”, *한국지적정보학회지*, 제15권 제2호
7. 김도훈, 문태훈, 김동환(1999), *시스템다이내믹스*, 대영문화사
8. 김동환(2000), *김대중 대통령의 시스템 사고*, 집문당
9. 김동환(2006), *시스템 사고*, 선학사
10. 김문조, 김종길(2002), “정보격차(Digital Divide)의 이론적 정책적 재고”, *한국사회학*, 제36권 제4호
11. 김성아, EricWang, 옥슬기, 김용세(2005), “온톨로지를 이용한 공간기술방법론의 기초적 연구”, *한국CAD/CAM학회 학술발표회논문집*
12. 김연식(2009), *시스템다이내믹스를 활용한 행정구역 통합의 파급효과 분석*, 박사학위논문, 충북대학교
13. 김진기(2009), *AHP를 이용한 항만배후물류단지 경쟁력평가에 관한 연구*, 석사학위논문, 한국해양대학교
14. 김태진(2001), “정보화정책의 집행효과성 결정요인에 관한 연구: 지리정보시스템 구축 사업을 중심으로”, *한국지역정보학회지*, 제4권 제1호
15. 김학만(2005), *정책집행론: 정보정책의 이론과 실제*, 대왕사
16. 김희수(2013), “정부 3.0구현을 위한 국가공간정보정책 방향”, *국토연구*, 통권379호
17. 노화준(2012), *정책학원론*, 박영사
18. 문경주(2001), *도시체계의 지속가능성 연구*, 박사학위논문, 부산대학교
19. 문종열(2007), “시스템 사고기법을 이용한 개성공단사업 전략 레버리지 연구”, *정책분석평가학회, 정책분석평가학회보*, 제17권 제1호
20. 문태훈(2007), *시스템 사고로 본 지속가능한 도시*, 집문당
21. 문태훈(2012), “시스템 사고로 본 우리나라 사회갈등의 구조와 갈등해소를 위한 정

- 책방향”, 한국시스템다이내믹스연구, 제13권 제1호
22. 박종오(2012), *지적정보의 관리모형개발에 관한 연구*, 박사학위논문, 경일대학교
 23. 박범중(2005), “한국의 복지국가 정책결정요인에 관한 연구: 정치적 요인과 경제적 요인을 중심으로”, *21세기정치학보*, 제15권 제2호
 24. 박옥성, 경정익(2010), “부동산정보정책의 성공요인에 관한 연구”, *한국공공관리학보*, 제24권 제3호
 25. 사공호상(2008), “국토정보화정책 추진방향 연구”, *地籍*, 제38권 제1호
 26. 서 혁(2006), *시스템 사고에 의한 한국 방위산업의 동태성 연구*, 박사학위논문, 충남대학교
 27. 신형균(2008), *현대행정학의 이해*, 선학사
 28. 신혜성, 김재준, 손정락(2005), “주택시장의 동태성 분석을 위한 시스템 사고의 적용에 관한 연구”, *한국건설학회논문집*, 제6권 제3호
 29. 안병철, 이계만(2009), “정책실패에 관한 연구경향 분석”, *한국정책과학보*, 제13권 제2호
 30. 오철호, 정홍원(2001), “정보화사업 사전평가모형과 방법론: 하나의가설”, *제3회 정보화 평가 심포지엄발표집*
 31. 유지열(2002), “우리나라의 정보격차에 관한 지수(Index) 접근연구”, *한국사회학*, 제36권 제1호
 32. 유 훈(2007), *정책집행론*, 대영문화사
 33. 유창호(2015), *시스템사고에 기초한 공간정보정책의 레버리지 전략에 관한 연구*, 박사학위논문, 전남대학교
 34. 윤상오(2004), “공공정보화사업 성공요인에 관한 연구: 부처정보화 담당공무원들의 인식을 중심으로”, *정책분석평가학회보* 제15권 제3호
 35. 이상은(2009), *시스템 사고에 기초한 한국 방산수출 시스템 동태성과 레버리지 전략 연구*, 박사학위논문, 광운대학교
 36. 이정환(2010), *시스템 사고를 이용한 주한미군 방위비 분담 정책 레버리지 전략에 관한 연구*, 박사학위논문, 광운대학교
 37. 장우진(2014), “해양공간관리계획 정책의 운용 모형에 관한 시론 : 해양지적정책 인과구조”, *한국토지공법학회 제95회 학술대회*
 38. 전영한(2007), “정책도구의 다양성: 도구유형분류의 쟁점과 평가”, *정부학연구*, 제13권 제4호
 39. 정광훈(2014), *디지털교과서정책 영향요인에 관한 연구*, 박사학위논문, 고려대학교
 40. 정문섭, 김동한(2003), “국가GIS사업평가체계 구축 방안 연구”, *한국공간정보시스템학회논문집*, 제5권 제2호

41. 정재운, 김현수, 최형림, 홍순구(2007), “시스템다이내믹스의 정책 지렛대를 활용한 RTE 핵심 성공요인 도출에 관한 연구”, *한국시스템다이내믹스학회 2007년 춘계 학술대회 발표논문*
42. 정정길(2010), *정책학원론*, 대명출판사
43. 조덕호, 권윤희(2002), “웹에서의 전자정부발전단계모형에 관한 연구”, 『*한국행정학회 학술대회 발표논문집*』
44. 채서일(1998), *사회과학조사방법론*, 학현사
45. 최남희(2011), “시스템다이내믹스 기법을 이용한 공공정책 성과감사 모형개발에 관한 연구”, *한국시스템다이내믹스연구*, 제12권 제3호
46. 최병남(2014), “공간정보 융·복합 가치창출을 위한 플랫폼 구축전략”, *월간 국토*, 통권 제379호
47. 최영출, 박수정(2010), “시스템 사고를 활용한 지역교육청 기능전환정책의 정책 지렛대(Policy Leverage) 분석”, *한국시스템다이내믹스연구*, 제11권 제1호
48. 최원욱, 김경희, 권혜미(2014), “참여형 공간정보 웹서비스 프레임워크 설계”, *2014 한국지형공간정보학회 학술대회*, 한국지형공간정보학회
49. 최우람(2010), *시스템다이내믹스를 활용한 친환경건축물 인증평가지표의 동태모형 개발*, 박사학위논문, 전남대학교
50. 홍영교, 정석환(2007) “한국 시스템다이내믹스 연구경향 분석 : 7년의 성과와 반성, 그리고 제안”, *한국시스템다이내믹스연구*, 제8권 제1호
51. Cheng, Jianquan, Ian. Masser, (2003), “Modelling urban growth patterns”, *Environment & Planning A*, Vol. 35 Issue 4.
52. Coyle, R.G, (1983), The Technical Elements of the System Dynamics, *European Journal of Operational Research*, 14 : 359-370.
53. Doyle, J.K, (1997), “The cognitive psychology of system thinking”, *System Dynamics Review*, vol. 13. No.3.
54. G. P. Richardson, (1991), *Feedback Thought in Social Science and System Theory*, University of Pennsylvania Pres.
55. Grigg, Neil S. (1997), “System Analysis of urban water supply and growth management”, *journal of urban planning and development*, Vol. 123. No.2.
56. Jorgen Randers, (2000), “From Limits to Growth to Sustainable Development”, *System Dynamics Review*.
57. Mruyama, M., (1963), “The Second Cybernetics: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes”, *American Scientist*, Vol. 51, 164-179.
58. O’Connor, J. and Mcdermott, I., (1997), *The Art of System Thinking*,

- Hammersmith, London, Thorsons.*
59. Oelschlager, F., (2004), “Enterprise Information Integration: Enabling the Information Value Chain to Achieve Business Optimization”, *Paper presented at the Primavera 21st Annual Conference*, New Orleands, LA.
 60. Peter Folger, (2001), “Geospatial Information and Geographic Information Systems(GIS) : An Overview for Congress”, *CRS Report for Congress*.
 61. Richimond, B., (1993), “System Thinking: Critical Thinking Skill for the 1990s and Beyond”, *System Dynamics Review*, Vol.9(2), New York: john Wiley & Sons, Ltd, pp.113-133.
 62. Salamon, Laster M, (2002), *The tools of government: A Guide to the New Governance*, London , Oxford.
 63. Senge, Peter M., (1999), *the Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization*. London: Random House Business Books.
 64. Sterman, Johe D. (2000), *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Quebecor.
 65. T. Kneale, (1995), *Decision Making and Forecasting*, McGraw-Hill: Singapore.
 66. T. L. Saaty, (1980), *The Analytic Hierarchy Process : Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill, p. 54
 67. Tumma, N. and hanna, M. (1984), *Social Dynamics*, New York, Academic Press

부록 1. 공간정보 R&D 투자 성과 모형 수식

R&D 교육 = INTEG (R&D 교육증가, i R&D 교육)

R&D 교육비 = 공간정보 연구비 R&D 예산 * c R&D 교육 비 비율

R&D 교육증가 = 기술자 인당 교육비 / c 회당 교육비 * 기술 수준 증가에 따른 교육 증가 효과

공간정보 연구비 R&D 예산 = c 정부 R&D 예산 * 정부 R&D 예산 공간정보 연구비 비율

교육 효과에 따른 기술자 증가 정도 = c 교육 효과에 따른 기술자 증가율 * 기술자 증가 R&D 교육 효과

기술 사업성 = INTEG (기술 사업성 증가, i 기술 사업성)

기술 사업성 증가 = (dc index max - 기술 사업성) * 기술자 증가에 따른 사업성 증가 정도

기술 수준 = INTEG (기술 수준 증가, i 기술 수준)

기술 수준 증가 = (dc 기술수준 max - 기술 수준) * 기술 수준 증가율 * 기술 수준 논문 수 증가 영향

기술 수준 증가에 따른 교육 증가 효과 = Max(기술수준 증가 dminl, 1)^p 기술 수준 증가 co eff

기술 수준 증가율 = 0.3

기술자 변화 = INTEG (기술자 증가, i 기술자 변화)

기술자 인당 교육비 = R&D 교육비 / i 기술자 변화

기술자 증가 = 기술자 변화 * 교육 효과에 따른 기술자 증가 정도 / c 기술자 교육 기간

기술자 증가에 따른 사업성 증가 정도 = 사업성 증가 기술자 효과 * c 기술자 명당 사업성 비율

논문 수 증가 = 논문 수 증가 1 * c 공간 정보 논문 성공 확률 / c 논문 소요 기간

논문 수 증가 1 = i 논문 수 * 사업성 증가에 따른 논문수 영향 * c 논문 수 보정

논문 수 (SCI) = INTEG (논문 수 증가, i 논문 수)

부록 2. 민감도 분석 수식

c R&D 교육 비 비율=0.08

c 공간 정보 논문 성공 확률=0.5

c 교육 효과에 따른 기술자 증가율=0.5

c 기술가 명당 사업성 비율=0.3

c 기술자 교육 기간=5

c 논문 수 보정=2

c 정부 R&D 예산 공간정보 연구비 비율=0.11

c 정부 R&D 예산=1.88245e+013

c 회당 교육비=450000

dc 1 year=1

dc index max=1

dc 기술수준 max=1

i R&D 교육= INITIAL(7)

i 기술 수준=0.3

i 기술자 변화= INITIAL(51478)

i 논문 수= INITIAL(149)

R&D 교육비=공간정보 연구비 R&D 예산*c R&D 교육 비 비율

R&D 교육증가 dmn1=R&D 교육증가/i R&D 교육*dc 1 year

R&D 교육증가=기술자 인당 교육비/c 회당 교육비*기술 수준 증가에 따른 교육 증가 효과

c 논문 소요 기간=1

i 기술 사업성=0.3

p 기술 수준 증가 co eff=0.5

R&D 교육= INTEG (R&D 교육증가,i R&D 교육)

TIME STEP = 0.5

공간정보 연구비 R&D 예산=c 정부 R&D 예산*c 정부 R&D 예산 공간정보 연구비 비율

교육 효과에 따른 기술자 증가 정도=c 교육 효과에 따른 기술자 증가율*기술자 증가

R&D 교육 효과

기술 사업성 = INTEG (기술 사업성 증가, i 기술 사업성)

기술 사업성 $dmnl$ = 기술 사업성 / i 기술 사업성

기술 사업성 증가 = (dc index max - 기술 사업성) * 기술자 증가에 따른 사업성 증가 정도 / dc 1 year

기술 수준 = INTEG (기술 수준 증가, i 기술 수준)

기술 수준 논문 수 증가 영향 = 논문 수 증가 $dmnl$ ^ 기술 수준 논문 수 증가 영향 co eff
 기술 수준 논문 수 증가 영향 co eff = 0.1

기술 수준 증가 = (dc 기술수준 max - 기술 수준) * 기술 수준 증가율 * 기술 수준 논문 수 증가 영향

기술 수준 증가에 따른 교육 증가 효과 = Max(기술수준 증가 $dmnl$, 1) ^ p 기술 수준 증가 co eff

기술 수준 증가율 = 0.3

기술수준 증가 $dmnl$ = 기술 수준 / i 기술 수준

기술자 변화 = INTEG (기술자 증가, i 기술자 변화)

기술자 인당 교육비 = R&D 교육비 / i 기술자 변화

기술자 증가 = 기술자 변화 * 교육 효과에 따른 기술자 증가 정도 / c 기술자 교육 기간

기술자 증가 $dmnl$ = 기술자 증가 / i 기술자 변화 * dc 1 year

기술자 증가 R&D 교육 효과 co eff = 1

기술자 증가 R&D 교육 효과 = R&D 교육증가 $dmnl$ ^ 기술자 증가 R&D 교육 효과 co eff

기술자 증가에 따른 사업성 증가 정도 = 사업성 증가 기술자 효과 * c 기술자 명당 사업성 비율

논문 수 증가 = 논문 수 증가 1 * c 공간 정보 논문 성공 확률 / c 논문 소요 기간

논문 수 증가 1 = i 논문 수 * 사업성 증가에 따른 논문수 영향 * c 논문 수 보정

논문 수 증가 $dmnl$ = 논문 수 증가 / i 논문 수 * dc 1 year

논문 수(SCI) = INTEG (논문 수 증가, i 논문 수)

사업성 증가 기술자 효과 = 기술자 증가 $dmnl$ ^ 사업성 증가 기술자 효과 co eff

사업성 증가 기술자 효과 co eff = 0.5

사업성 증가에 따른 논문수 영향 = 기술 사업성 $dmnl$ ^ 사업성 증가에 따른 논문수 영향 co eff

사업성 증가에 따른 논문수 영향 co eff = 0.3

부록 3. 정부 R&D 예산(2011~2015)

구분	R&D예산(억원)						R&D예산상세 내역(억원)			
	R&D 예산 총액	전체 사업	중앙부처 사업 (개)	중앙부처 예산액	지방자치단체 사업 (개)	지방자치단체 예산액	표준화	기술개발	인력양성/홍보	정책지원
2011	19,740	317	50	2,037	267	1,180	2,750	12,620	2,300	2,070
2012	9,428	370	50	2,070	320	1,285	2,750	2,803	1,900	1,975
2013	11,116	359	49	1,625	310	964	2,391	4,700	1,900	2,125
2014	18,436	385	61	3,130	324	816	2,086	9,500	3,780	3,070
2015	20,710	381	60	2,159	321	1,045	1,750	14,690	1,655	2,615

부록 4. 공간정보 R&D 예산(2011~2015)

구분	R&D 예산액	전체 단위사업	중앙부처사업(개)	중앙부처예산액(억원)	지방자치단체사업(개)	지방자치단체예산액(억원)	표준화(억원)	기술개발(억원)	인력양성/홍보(억원)	정책지원(억원)	R&D 성과(SCI논문수)
2011	197.4	3.17	0.5	20.37	2.67	11.8	27.5	126.2	23	20.7	134
2012	94.28	3.7	0.5	20.7	3.2	12.85	27.5	28.03	19	19.75	89
2013	111.16	3.59	0.49	16.25	3.1	9.64	23.91	47	19	21.25	174
2014	184.36	3.85	0.61	31.3	3.24	8.16	20.86	95	37.8	30.7	164
2015	207.1	3.81	0.6	21.59	3.21	10.45	17.5	146.9	16.55	26.15	149