# 환경신기술인증제도의 운영효과를 모의하기 위한 시스템다이내믹스 컴퓨터 모델의 개발

Development of a system dynamics computer model to simulate the operational effects of the new environmental technology certification system

김태영·박수완\*

Taeyoung Kim·Suwan Park\*

부산대학교 사회환경시스템공학과

Department of Civil and Environmental Engineering, Pusan National University

#### **ABSTRACT**

In this study, based on the System Dynamics (SD) methodology, the interrelationship between the factors inherent in the operation of the New Technology Certification System (NTCS) in Korea was identified by a causal map containing a feedback loop mechanism in connection with 'new technology development investment', 'commercialization of new technology', and 'sales by new technology'. This conceptualized causal map was applied to the simulation of the operations of the New Excellent Technology and Environmental Technology Verification System (NET&ETV) run by the Ministry of Environment among various NTCSs in Korea. A SD computer simulation model was developed to analyze and predict the operational performance of the NET&ETV in terms of key performance indices such as 'sales by new technology'. Using this model, we predicted the future operational status the NET&ETV and found a policy leverage that greatly influences the operation of the NET&ETV. Also the sensitivity of the key indicators to changes in the external variables in the model was analyzed to find policy leverage.

**Key words:** Computer model, Simulation, System dynamics, New Excellent Technology and Environmental Technology Verification, Policy leverage

주제어: 컴퓨터 모델, 시뮬레이션, 시스템다이내믹스, 환경신기술 인증 및 검증, 정책 지렛대

Received 27 December 2019, revised 18 February 2020, accepted 20 February 2020. \*Corresponding author: Suwan Park (E-mail: swanpark@pusan.ac.kr)

• **김태영 (박사과정) / Taeyoung Kim (Doctoral Course)** 부산광역시 금정구 부산대학로 63번길 2, 46241

Pusan National University, 2, Busandaehak-ro 63beon-gil, Geumjeong-gu, Busan 46241, Republic of Korea

• 박수완 (정교수) / Suwan Park (Professor)

부산광역시 금정구 부산대학로 63번길 2, 46241

Pusan National University, 2, Busandaehak-ro 63beon-gil, Geumjeong-gu, Busan 46241, Republic of Korea,

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### 1. 서 론

'신기술인증제도(New Technology Certification System, NTCS)'는 국내 기업 및 연구기관, 대학 등에서 개발 한 신기술을 조기에 발굴하여 그 우수성을 인증함으로써 개발된 신기술의 상용화와 기술거래를 촉진하고, 신기술을 이용한 제품의 신뢰성을 제고 및 구매력 창출을 통해 초기 시장진출 기반을 조성하기 위한 제도이다 (Korea Industrial Technology Association (KOITA), 2019). 국내 신기술인증제도는 1989년 건설신기술인증제도가 최초로 도입된 후 산업통상자원부, 국토교통부, 환경부 등 8개 부처에서 11개의신기술(New Excellent Technology, NET)인증 및 신제품(New Excellent Product, NEP)인증 제도가 현재 운영중에 있다.

신기술제도와 관련된 선행연구로는 신기술제도에 대한 문제점도출과 보완을 통한 신기술의 활성화 방안 제시 (Kim, 2014; Kim et al., 2018; Ministry of Trade, Industry and Energy, 2014; Nam and Lee, 2018), 경제적 파급효과의 정량적 분석을 통한 건설신기술제도의 경제성과 우수성 분석 (Pack et al., 2011) 및 건설신기술 공사비 절감액 추정을 통한 성과측정과 우수사례 분석 (Korea Agency for Infrastructure technology Advancement(KAIA), 2005)에 대한 연구가 수행되었다. 그러나 신기술제도의 운영에 내재된 메커니즘을 분석하여 신기술제도의 미래 운영 상태를 정량적으로 예측하고 분석한 연구결과는 없었다.

본 연구에서는 시스템다이내믹스(System Dynamics, SD) 방법론에 입각하여 일반적인 신기술인증 제도의 운영에 내재된 피드백 루프 메커니즘을 신기술개발투자, 신기술의 사업화 및 신기술에 의한 매출과 연관하여 규명하고, 신기술제도의 운영 성과를 신기술에 의한 매출액(수주금액)과 같은 주요성과지표 측면에서 분석 및 예측할 수 있는 SD 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 개발된 모델은 여러 신기술인증제도 중 환경신기술인증 및 기술검증제도(New Excellent Technology and Environmental Technology Verification System-NET&ETV, 이하 환경신기술제도)에 적용하여 모형을 검증하고 환경신기술제도의 미래운영 상태를 예측하였으며, 환경신기술제도의 운영에큰 영향을 미치는 정책 지렛대(policy leverage)를 발견하였다.

## 2. 시스템다이내믹스 모델링 기법

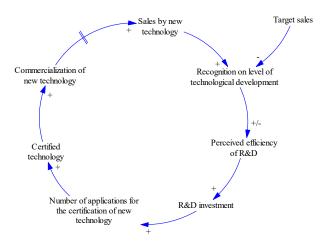
시스템다이내믹스는 시스템적 사고(systems thinking)를 모델화하는 도구로서, MIT의 Jay Forrester (1958) 교수가 도시동태론이라는 내용으로 기본 개념과 방법론을 소개하였다 (Forrester, 1958). 이후로 시스템다이내믹스는 기업의 경영전략, 조직관리 및 산업체의 재고문제 등을 해결하기 위하여 사용되어왔으며 최근에는 기업의 경영뿐만 아니라 공공부문의 정책평가, 사회적 문제 및 공학적 문제 등 다양한 분야에서 적용되고 있다.

SD 모델은 시스템 내 변수들의 동태적 변화를 다른 변수와의 복합적 인과관계에 의한 양방향 상호작용으로 분석하여 모델링함으로써 개별 구성에 대한 모델링보다는 시스템 전체의 행태 변화에 관심을 둔다. 이러한 방법론을 통하여 시스템의 개별 구성요소들 사이에 내재된 메커니즘을 정보 혹은 물질의 피드백(feedback) 체계를 통하여 상호 연결할 수 있게 되며, 개별 구성요소의 변화가 시스템 내의 다른 구성요소에 미치는 영향을 보다 용이하게 파악할 수 있게 된다 (Park et al., 2006).

SD는 변수 간의 역동적인 변화과정을 개념적으로는 인과지도(Casual Loop Diagram, CLD)로 나타내고, 시스템의 동태적인 변화에 대한 모델링은 저량/유량도(Stock and Flow Diagram, SFD)로 나타낸다. 시스템다이내믹스 모형은 저장변수, 유량변수, 변환자 및 이러한 변수간의 상호관계들로 이루어져 있다. 그 관계는 두 변수가 같은 방향으로 변화할 경우 '+', 반대 방향으로 변화할 경우 '-' 기호를 표시하여 도시되며 수학적으로는 유한차분방정식으로 모델링된다. 모델은 저장변수의 초깃값에서 시작되며 모델 내의 각 구성요소의 값은 모델에 정의된 시뮬레이션 기간의 각 델타시간(DT)별로 계산된다.

# 3. 신기술인증제도의 운영에 내재된 피드 백루프 메커니즘

Fig. 1은 기업의 R&D가 기술력과 기업매출에 미치는 영향을 시스템으로 구성하여 국내의 일반적인 신기술 인증제도의 운영에 내재된 피드백 메커니즘을 나타내는 인과지도이다. 이 인과지도는 기술의 인식



**Fig. 1.** Basic causal loop diagram to analyze the effect of general new technology certification system.

수준과 R&D 투자효율에 대한 인식의 변화에 따라 신기술 개발을 위한 R&D에 재투자하는 과정을 나타내는 구조로 양의 피드백 루프와 음의 피드백 루프를 동시에 형성하고 있다.

Fig. 1에서 기술개발은 'R&D투자(R&D investment)'를 통하여 이루어지고 그로 인해 '신기술인증신청(건수)(number of applications for the certification of new technology)'가 증가하게 된다. '신기술인증신청'이 증가함에 따라 '인증신기술(certified technology)'이 증가하게되고 인증된 신기술은 신기술의 유효기간 동안 사업화가 이루어진다. '신기술의 사업화(commercialization of new technology)'가 증가할수록 '신기술에 의한 매출 (sales by new technology)'이 증가하게 된다. '신기술에 의한 매출'은 '목표매출액(target sales)'과 비교되면서 '기술개발에 대한 인식수준(recognition on level of technological development)'으로 연결되며 이는 '인식된 R&D효율(perceived efficiency of R&D)'에 영향을 주게되다.

Kim and An (2011)은 시장의 성숙도와 R&D 투자효율성을 연관시키기 위하여 시장성숙도에 따른 R&D 효과에 대한 인식의 변화 관계를 그래프로 제시하였다. 이러한 인식의 변화는 산업이 발전함에 따라 초기에는 R&D 효율성에 대한 인식이 높아지다가 어느 정도 산업발전이 이루어져 현재 산업 규모가 최대 산업규모에 가까워지게 되면 R&D 효율성에 대한 인식이 감소할 것이라는 개념에 근거하는 것으로 볼 수 있다. 여기서 R&D 투자 효율성이란 미래의 정확한 예측보다는 R&D 효율성에 관한 인식의 변화를 의미한다.

본 연구에서는 이러한 산업 규모와 R&D 효율성에 대한 인식의 관계를 신기술의 사업화를 통한 매출 규모와 R&D 효율성에 대한 인식의 관계에 적용하였다. 즉, 신기술의 적용이 확산되어 신기술에 의한 매출이 증대됨에 따라 초기에는 R&D 효율성에 대한 인식이 높아지다가 어느 정도 기술이 확산되어 목표매출액에 가까워지게 되면 다시 감소하는 인식의 변화를 본 연구에서 개발한 SD모형에 적용하였다.

# 4. 환경신기술인증 및 기술검증제도의 효 과 분석을 위한 SD 모델

#### 4.1 피드백루프 메커니즘 및 SD 모델의 개요

본 연구에서는 Fig. 1의 신기술인증제도의 운영에 내재된 피드백루프 메커니즘을 환경신기술제도에 적용하였다. Fig. 2는 Fig. 1을 기반으로 환경신기술제도의 효과를 분석하기 위한 인과지도이다.

Fig. 2에서 환경신기술제도에 대한 R&D 투자에 따 른 신기술의 개발과 신기술의 사업화에 따른 매출과 의 인과관계는 다음과 같은 메커니즘을 기반으로 하 여 모형화 되었다. 즉, 기업의 'R&D 투자(investment amount for R&D)'가 증가함에 따라 신기술 개발이 증 가하여 '신기술인증신청(건수)(number of applications for the certification of new technology)'가 증가하게 된 다. 이로 인해 '연간발급신기술(건수)(number of issued new technology per year)'의 증가로 '유효신기술(건 수)(number of validated new technology)'가 증가하게 되나 '유효신기술'은 당해 연도에 유효기간이 유지되 고 있는 신기술의 수를 의미하므로 '유효신기술 만료 율(expiration rate per validated new technology)'이 커질 수록 '유효신기술'은 감소하게 된다. 유효신기술 중 사업화되는 신기술이 많아질수록 '활용신기술(건 수)(number of utilized new technology)'는 증가하게 된 다. '활용신기술'은 '활용신기술당 적용현장수(number of applied sites per utilized new technology)'와 함께 '적 용현장수(number of applied sites)'에 영향을 미치게 되 며 이로 인해 '연간수주금액(sales by new technology per year)'이 변화하게 된다.

또한, '누적수주금액(accumulated sales amount)'은 '목 표수주금액(target sales amount)'과 비교되면서 '기술개 발에 대한 인식수준(recognition on level of technological

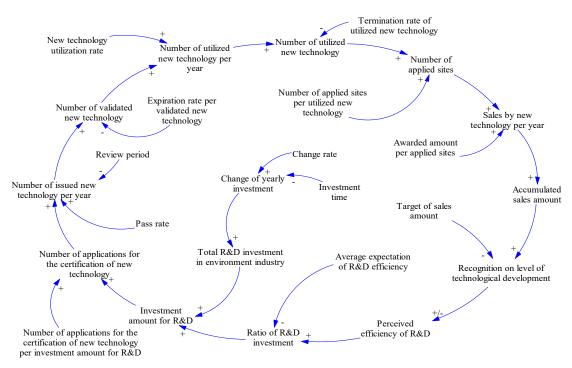


Fig. 2. Causal loop diagram to simulate the effects of new excellent technology and environmental technology verification.

development)'으로 연결되며 이는 '인식된 R&D 효율 (perceived efficiency of R&D)'에 영향을 주게 된다. 즉, '누적수주금액'과 '목표수주금액과'의 차이가 클수록 '기술개발에 대한 인식수준'이 낮다고 인식하게 되어 좀 더 투자를 하게 되며, '누적수주금액'과 '목표수주금액'과의 차이가 적을수록 '기술개발에 대한 인식수준'이 높은 것으로 인식하여 투자를 줄이게 되는 관계를 맺고 있다. 본 연구에서는 이러한 기술개발에 대한 인식수준과 R&D 효율의 관계를 Kim and An (2011)을 참조하여 본 연구에 맞게 수정하여 적용하였다. Fig. 3은 SD 모델링 소프트웨어인 STELLA를 이용하여 개발된 모형을 stock and flow diagram(저장 및 흐름변수 그림) 형식으로 나타낸 것이다.

#### 4.2 개발된 SD 컴퓨터 모형의 검증과 주요지표 예측

개발된 SD 모형은 모형의 구동에 필요한 입력 자료를 이용하여 구동함으로써 시스템에 대한 운영 자료가 존재하는 시간대의 시스템의 핵심지표를 얻고 이를 과거 자료와 비교함으로써 검증될 수 있다. 본 연구에서는 환경산업통계조사보고서(Ministry of Environment, 2008~2017)와 환경신기술정보시스템(www.koetv.or.kr)의 공개자료로 모형의 구동에 필요한 자료를 취득하

고 분석하여 모형을 구동하였으며 이를 검증하였다.

SD모델의 구동에 필요한 입력자료는 저장변수의 초기값(initial value)과 외부변수의 값(exogenous variable) 또는 그 변화양상(시간 추세)이다. 저장변수의 초깃값은 시스템의 동적 거동의 초기 상태에서 저장변수가 가지는 값을 뜻하며, 본 연구의 SD모델의 초깃값은 환경산업통계조사보고서와 환경신기술정보시스템에 공개되어 있는 환경신기술 인증 검증 현황 및 활용실적현황 등의 데이터를 수집하여 사용하였다.

외부변수란 시스템의 작동메커니즘과 상관없이 시스템의 외부에서 독립적으로 작용하여 시스템의 작동에 영향을 미치는 변수를 말한다. 본 모델의 각 외부변수는 2008년에서 2017년까지 10년간의 환경부의 환경산업통계조사보고서 및 환경신기술정보시스템의 자료를 바탕으로 2017년까지의 환경신기술 관련 데이터에 가장 적합하며 합리적인 시간 추세선식 또는 평균값을 사용하였고, 필요에 따라 모형 검증 과정에서 시행착오를 통하여 산정하였다. 모델의 시뮬레이션 시작 연도는 2008년도이고 모델링 기간은 30년으로 하여 종료되는 시점을 2037년으로 하였다.

Table 1은 본 연구에서 개발된 SD모형의 저장변수의 초깃값과 외부변수의 값 또는 시간 추세선식을 나

Table 1. Input data

Variable Type	Variable Name	Initial Value/ Function of Time	Unit	Note	
Stock	Validated new technology	193	number	Vilor of Englishmental New Technology Left and Contacting	
	Utilized new technology	97	number	Values of Environmental New Technology Information System in 2008	
	Accumulated sales amount	27,404	100 milion won	2000	
	Total R&D investment in environment industry	21,348	100 milion won	Values of Report on the Environmental Industry Survey in 2008	
Converter	Review period	1	yr	(3)	
	Pass rate	0.452	-	Average of 'number of new technology certification / number of new technology applications' in (1)	
	Expiration rate per validated new technology	0.156	(number/yr) / number	Average of 'number of expired new technology / number of validated new technology' in (1)	
	New technology utilization rate	0.119	(number/yr) / number	Average of 'number of terminated new technology per year / number of validated new technology' in (1)	
	Termination rate of utilized new technology	0.244	(number/yr) / number	Average of 'number of utilized new technology per year / number of utilized new technology' in (1)	
	Number of applied sites per utilized new technology	0.5864×time + 6.7432	place / number	Time function of 'number of applied sites / utilized new technology' in (1)	
	Sales amount per site	8.2011×time-0.44	(100 milion won/yr) / place	Time function of 'sales by new technology per year / number of applied sites' in (1)	
	Target sales amount	4,194.6×time + 23751	100 milion won	Time function of 'accumulated sales amount' in (1)	
	Average expectation of R&D efficiency	0.5	-	(3)	
	Ratio of sales by new technology per year relative to environment industry sales	0.00653	-	Average of 'sales by new technology per year / environment industry sales per year' in (1) and (2)	
	Change rate in investment	if time < 6 then 0.1639 else if time >= 6 and time <= 10 then 0.0032 else 0.0032	-	Average annual increasing rate in (2)	
	Investment time	1	yr	(3)	
	Number of new technology certification application per R&D amount	-0.117×ln(time) + 0.574	number / 100 milion won	Time function of 'number of new technology certification application / R&D amount' in (1) and (2)	

- (1) Environmental new technology certification and verification status data and application result data of Environmental New Technology Information System from 2008 to 2017
- (2) 2008~2017 Report on the Environmental Industry Survey
- (3) Estimation through trial and error during model verification

타낸다. Table 1의 시간 추세선식에 사용된 'time' 변수는 2008년에서 2037년까지의 경과시간을 나타내는 것으로서 2008을 '1'로 하여 '30'까지 '0.25'의 시간단위로 변하는 값을 가진다.

Fig. 3에서 '환경산업 총 R&D투자액(total R&D investment in environmental industry)'은 저장변수로서 환경산업 전체의 R&D 투자금액을 의미하며 초깃값으로는 환경산업통계조사보고서(Ministry of Environment, 2008)에 제시된 2008년의 환경산업투자금액이 적용되었다. '환경산업 총 R&D 투자액'은 유량변수인 '연간 투자의 변화(change of yearly investment)'에 의해서 그 상태가

변화되며, '연간 투자의 변화'는 '투자변화율(change rate in investment)', 투자기간(investment duration)' 및 '환경산업 총 R&D 투자액'에 의해 산출된다(식 (1)~(2)). 'R&D투자액(investment amount for R&D)'는 '환경산업 총 R&D 투자액' 중 환경신기술 개발에 직접적으로 투자된 R&D 금액을 의미한다. 본 연구에서는 'R&D 투자액'에 대한자료 취득이 불가능하여 '환경산업매출액 대비 연간수주금액이 차지하는 비율(ratio of sales by new technology per year relative to environment industry sales)'을 산정한후 '환경산업 총 R&D 투자'에 곱하는 형태로 본 모델에 적용하였다(식 (3)). '투자변화율(change rate in investment)'

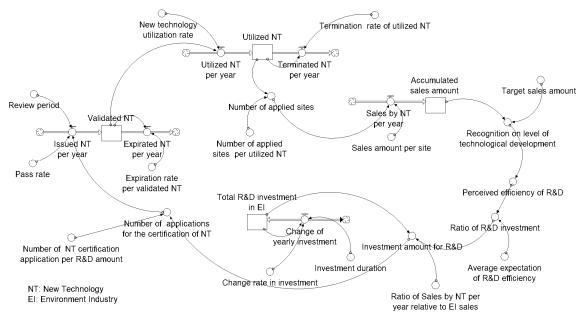


Fig. 3. SD stock & flow computer model.

은 2008년부터 2013년까지 환경산업통계조사보고서의 환경산업투자비를 이용하여 2008년부터 2013년까지 6년 평균증가율인 16.39%와 2013년부터 2017년까지 5년 평균증가율인 0.32%를 적용하였으며, 시뮬레이션 기간동안은 2013년부터 2017년까지의 5년 평균증가율이 유지되는 것으로 가정하였다. 식 (1)~(3)는 Fig. 3의 SD stock & flow 컴퓨터 모델에서 저량변수인 '환경산업 총 R&D투자'와 유량변수인 '연간 투자의 변화' 및 외부변수들 간의 관계를 수식화하여 나타낸 것이며 SD 모델내 다른 변수들 또한 식 (1)~(3)와 같은 수식의 형태로 계산된다.

'심사기간(review period)'은 신기술을 개발한 후부터 신기술 인증서 발급 시까지의 일련의 처리기간을 나타내는 시간변수로서 '환경신기술 및 환경산업지원법'에서 규정한 처리기간을 참고하여 모형에 입력한 후 시행착오를 통해 산정하였다. '합격율(pass rate)'은 연간 인증 및 검증신청한 신기술 중 연간 환경신기술로 합격되는 신기술의비율을 의미하며 환경신기술정보시스템의 인ㆍ검증 현황 및 활용실적 자료를 이용하여 2008년부터 2017년까지의 평균값을 적용하였다. '유효신기술 만료율(expiration rate per validated new technology)'은 유효신기술 한 건당연간 유효기간이 만료되는 신기술수를 나타낸다.

Total R&D Investment in Environment Industry = 
$$\int$$
 (Change of yearly investment)dt (1)

Change of yearly investment = 
$$\frac{Total \ R\&D \ investment \ in \ environment \ industry \times Change \ rate \ in \ investment)}{Investment \ duration}$$
(2)

Investment amount for R&D

= Ratio of R&D investment  $\times$  Ratio of sales by new technology per year relative to environment industry sales  $\times$  Total R&D investment in environment industry (3)

Fig. 3에서 '유효신기술(validated new technology)'은 '연간 발급 신기술(건수)(number of issued new technology per year)'와 '연간 만료 신기술(건수)(number of expired new technology per year)'의 차이로 산출된다.

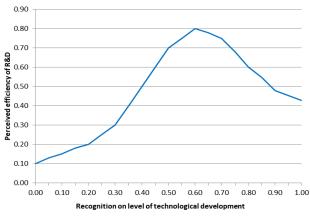
한편, Fig. 3의 '연간수주금액'은 신기술 유효기간 동안 발생한 연간 매출규모를 의미하며 '적용현장수 (number of applied sites)'와 '현장 당 수주금액(sales amount per site)'의 곱으로 산출된다. 여기서, '적용현

105-114

pp.

장수'는 활용된 신기술이 적용되는 현장 수를 나타내 는 변수로써 '활용신기술'과 '활용신기술 당 적용현장 수(number of applied sites per utilized new technology)' 의 곱으로 산정되고 '현장 당 수주금액'은 신기술이 적용된 현장 1개소 당 매출금액을 나타낸다. '활용신 기술 당 적용현장수'와 '현장 당 수주금액'은 환경신 기술정보시스템의 활용실적 자료를 이용하여 2008년 부터 2017년까지의 시간 추세선식을 적용하였다. '기 술개발에 대한 인식수준(recognition on level of technological development)'은 '목표수주금액'에서 '누 적수주금액'이 차지하는 비율을 나타내며, '인식된 R&D 효율(perceived efficiency of R&D)'은 Kim and An (2011)에서 제시한 시장성숙도 따른 R&D 투자효 율의 관계를 참고하여 Fig. 4와 같이 기술개발에 대한 인식수준에 따른 R&D 효율의 인식 변화를 그래프 함 수로 나타내어 모형에 적용하였다. Fig. 4에서 가로축 은 '기술개발에 대한 인식수준'을 의미하며 세로축은 'R&D 투자 효율성에 대한 인식'으로 0에서부터 1의 값을 가진다. 이 값이 0.5라는 것은 기존의 R&D투자 로 인한 효과 대비 50%의 효과가 있을 것으로 인식한 다는 것을 의미한다.

Fig. 5~8은 Table 1에 제시된 저장변수의 초깃값, 외부변수의 값 및 시간 함수식을 사용하여 개발된 SD 모형을 검증하고 2037년까지 환경신기술제도와 관련된 주요지표를 예측한 결과이다. Fig. 5~8로부터 개발된 SD 모형은 '유효신기술', '활용신기술', '적용현장수' 및 '연간수주금액'(연간수주금액의 검증 및 예측결과는 Fig. 8 참고)에 관한 통계자료를 적절히 모사하고



**Fig. 4.** Perception change of R&D efficiency according to recognition on level of technological development.

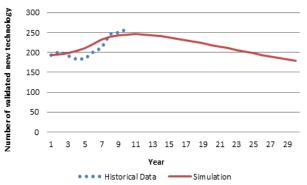
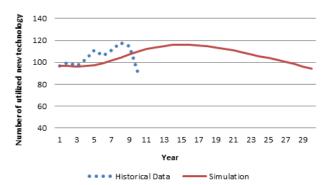


Fig. 5. Validation and prediction of number of validated new technology.



**Fig. 6.** Validation and prediction of number of utilized new technology.

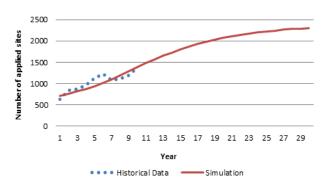


Fig. 7. Validation and prediction of number of applied sites.

있으며 모형의 검증과정에서 시행착오를 통하여 산정된 값들은 본 시스템의 과거 상태를 합리적인 범위 내에서 적절하게 나타내고 있는 것으로 사료된다. Fig. 5~8로부터 '유효신기술(number of validated new technology)' 및 '활용신기술(number of utilized new technology)'은 시뮬레이션 기간 동안 대체적으로 감소할 것으로 예측되며, '적용현장수'는 점차적으로 증가하다가 2037년에 이르면서 그 증가 추세가 둔화될 것으로

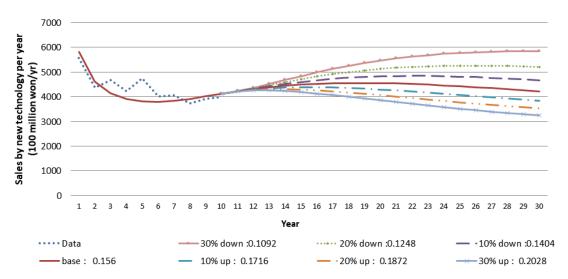


Fig. 8. Changes in sales by new technology per year for changes in expiration rate per validated new technology.

예측된다. 한편, Fig. 6에서 활용신기술의 historical data 가 마지막 구간에서 급락하는 것은 2016~2017년 동안 현장에 적용되는 건수는 감소하는 반면 현장적용이 종료되는 건수는 증가되어 나타난 결과로 판단된다.

# 5. 민감도 분석 및 정책지렛대의 발견

SD모의 방법론에서 시스템의 변화 양상에 큰 영향을 미치는 정책 방안을 찾는 것을 정책지렛대(policy leverage)의 발견이라 하고, 이는 예산, 시간, 규제, 인력 등의 제한된 자원을 적절히 조절하여 큰 정책 효과를 도출할 수 있는 정책 개입(policy interruption)을 의미한다 (Kim et al., 1999). 한편, SD 모형의 외부변수는 시스템의 작동 메커니즘과 상관없이 시스템의 외부에서 독립적으로 작용하여 시스템 작동에 영향을 주는 것으로서 시스템에 대해 결정된 운영정책을 적용시킬 수 있는 도구의 의미를 가진다. 따라서 시스템의 목표를 가장 효율적으로 달성하기 위한 정책지렛 대는 외부변수의 변화에 따른 핵심지표의 민감도 분석을 통해 파악될 수 있다.

본 논문에서는 '연간수주금액'이 환경신기술 제도의 운영효과를 가장 잘 나타낼 수 있을 것으로 판단하여, 이를 정책지렛대 발견을 위한 핵심지표로 선택하였으며 개발된 SD 모형의 외부변수들 중 '합격율', '심사기간', '유효신기술 만료율' 그리고 '신기술활용율'이 핵심지표의 민감도 분석에 사용되었다.

핵심지표의 민감도 분석시 '합격율', '심사기간', '유효신기술만료율' 그리고 '신기술활용율'의 네 가지 외부변수의 값의 변화는 환경신기술인증제도의 운영 에 대한 정책적 노력 및 자원 등이 동일하다는 가정 하에 실시하였으며, 초깃값을 기준으로 0.7배, 0.8배, 0.9배, 1배, 1.1배, 1.2배, 1.3배로 변화를 주어 핵심지 표의 변화를 관찰하였다. 이때 각 외부변수의 영향은 독립적으로 분석되어 각 운영지표에 큰 변화를 일으 키는 외부변수를 파악하였다. 예를 들어, 위의 세 가 지 외부변수 중 하나의 외부변수만의 값의 변화에 대 한 '유효신기술'의 변화를 기록하고, 그 다음 다른 하 나의 외부변수만의 변화에 대한 '유효신기술'의 변화 를 기록하는 방식을 취하였다. 민감도 분석은 2008년 부터 2037년에 걸쳐 실시하였다. 2008년부터 2017년 까지는 Table 1에 제시한 모형의 외부변수의 값 및 시 간함수식과 저장변수의 초깃값을 이용하여 모형을 구 동하였으며, 실제 민감도 분석은 각 통계자료가 마지 막으로 존재하는 현재시점(2017년) 이후의 미래에 대 하여 수행되었다. Table 2는 외부변수의 값의 변화를 초깃값 기준으로 최소 30% 및 최대 30% 범위에서 수 행한 민감도 분석 결과를 나타낸다.

Table 2는 '연간수주금액'에 가장 큰 영향을 미치는 외부변수와 그 다음으로 큰 영향을 미치는 외부변수를 나타내며, 그 외부변수의 값의 최대 변화율, 즉 해당 외부변수의 값이 base의 값일 때에 비하여 최대의 변동량이 발생한 경우의 변화율과 그러한 변화가 발

		Main Index(Yearly sales amount)			
Exogenous Va		Value	Change rate	Max. Occurrence Time	
		(100 million won)	(%)	(yr)	
Expiration rate per validated	Base	0.16	4,227	38.10	2037
new technology (1/yr)	30% down	0.11	5,837		
Review period	Base	1	4,227	27.00	2037
(yr)	30% down	0.7	5,794	37.06	
New technology utilization	Base	0.12	4,459	00.00	2031
rate(1/yr)	30% up	0.15	5,753	29.02	
Pass rate	Base	0.45	4,227	25.94	2037
(%)	30% up	0.59	5,324		

생하는 시기를 보여준다. Table 2는 '연간수주금액'에 가장 큰 영향을 미치는 외부변수는 '유효신기술 만료율'이며 그 다음으로 큰 영향을 미치는 외부변수는 '심사기간'인 것을 나타낸다. Table 2에 보인 바와 같이 '유효신기술 만료율'이 0.16 (1/yr)에서 0.11 (1/yr)로 감소될 경우 연간수주금액은 38.10% 정도 증가될 것으로 예측되었다. 이러한 변화는 전체 민감도 분석기간인 2008년부터 2037년까지의 기간 동안 가장 큰 변화를 나타낸다. Fig. 8은 외부변수의 영향을 분석한 하나의 예로 '유효신기술 만료율'의 변화에 대한 '연간수주금액'의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. Fig. 8에서 '유효신기술 만료율'이 낮아질수록 '연간수주금액'은 증가하는 것으로 나타났으며 이는 신기술의 유효기간 확대가 수주금액의 증대에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석할 수 있다.

# 6. 결 론

2008년을 기준으로 향후 30년에 대해 모의한 결과, '유효신기술'과 '활용신기술'은 시뮬레이션 기간 동안 대체적으로 감소할 것으로 예측되었다. 또한 '적용현장수'는 계속해서 증가하는 반면 기업의 '연간수주금액'은 시뮬레이션 기간 동안 일정한 수준을 유지할 것으로 예측되었다. 이러한 양상을 보이는 것은 현재 우리나라 건설과 환경산업의 특성에 기인하는 것으로 사료된다. 즉, 과거에는 신기술의 적용현장수는 적지만 정수시설, 하 폐수처리시설 및 소각시설 등 환경기초시설의 대규모 공사가 주를 이루었던 반면 최근에는 적용현장수는 많아졌지만 소규모 공사가 주를 이루고 있는 현실을 반영하고 있는 것으로 사료된다.

정책 지렛대 발견을 위해 '합격율', '심사기간', '유효신기술 만료율' 그리고 '신기술활용율'의 외부변수의 변화에 대한 '연간수주금액'의 민감도를 분석하였다. 그 결과 '연간수주금액'을 증가시키기 위해 가장적합한 정책은 신기술 유효기간을 늘리므로써 '유효신기술 만료율'을 줄이는 것이며, 그 다음으로는 '심사기간'을 줄이는 것이 효과적인 것으로 분석되었다.

2018년 6월 '환경신기술 인증 및 검증제도'의 심사과정에 관한 내용 중 일부 심사절차가 변경되어 심사기간이 다소 길어질 수 있는 가능성이 커지게 되었다. 그러나 본 연구결과에 의하면 '연간수주금액'은 '유효신기술 만료율' 다음으로 '심사기간'에 영향을 많이받게되므로 '심사기간'이 늘어나는 것은 '연간수주금액'을 증가시키는 측면에서는 바람직하지 않은 것으로 판단된다. 한편 '심사기간'은 무한정 단축시킬 수 있는 것은 아니므로 현실적으로 가능한 수준의 심사기간 단축과 함께 신기술의 유효기간을 연장시켜 신기술의 만료율을 줄이거나 신기술의 활용률을 높일수 있도록 신기술관련 제도를 보완한다면 '연간수주금액'의 증대를 통해 '환경신기술제도'가 우리나라 환경산업의 성장을 견인하는 데 더욱 큰 역할을 담당할수 있을 것으로 사료된다.

신기술에 의한 매출규모를 성장시키는 요인은 R&D 투자뿐만 아니라 기업 자체의 영업적인 투자도 고려되어야 한다. 하지만 신기술을 보유하고 있는 기업들은 대부분 중소기업으로 이들 기업의 영업 매출자료의 획득에는 한계가 있었다. 그러므로 본 연구에서는 인과지도를 이용한 개념화 및 SD 모델 개발시기업의 영업이 수주 및 매출에 미치는 영향은 고려되지 않았다. 따라서 향후 연구에서는 기업의 영업활동

pp. 105-114

pp. 115-12

op, 127-13

pp. 139-14

pp. 149-159

부분도 포함하여 신기술인증제도의 운영효과를 모델 링함으로써 모델의 타당성을 높일 필요가 있을 것으 로 사료된다.

## 사 사

이 연구는 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의 하여 연구되었습니다.

#### References

- Forrester, J.W. (1958). Industrial dynamics a major breakthrough for decision makers, Harv. Bus. Rev., 36(4), 37–66.
- KAIA. (2005). A study on the promotion of new construction technology and improvement of designation system, 2-3.
- KEITI. Environmental new technology information system, http://www.koetv.or.kr/home/board/pds /list.do (Feburary 11, 2019).
- Kim, D.H. and An, S.G. (2011). System dynamics modeling for the allocation of national R&D investment, Korean Syst. Dyn. Soc., 12(2), 153-176.
- Kim, D.H., Mun, T.H., and Kim, D.H. (1999). *System dynamics*. Daeyoungmunwhasa. 148.
- Kim, J.Y. (2014). A study on the problem analysis and improvement of the new excellent technology are applied in construction work, Master's Thesis, Sungkyunkwan University.
- Kim, N.Y., Kim, J.W., and Kim, S.U. (2018). "Review of

- improvement methods for new construction technology system", 2018 SAREK Summer Annual Conference, 20-22 June, 2018, Pyeongchang, Korea, 823-826.
- KOITA. New excellent technology, http://www.netmark.or. kr/sub1/sub1.asp?smenu=sub1&stitle= subtitle1\_1 (July 29, 2019).
- Ministry of Environment(MOE). (2008). Report on the environmental industry survey.
- MOE. (2009). Report on the environmental industry survey.
- MOE. (2010). Report on the environmental industry survey.
- MOE. (2011). Report on the environmental industry survey.
- MOE. (2012). Report on the environmental industry survey.
- MOE. (2013). Report on the environmental industry survey.
- MOE. (2014). Report on the environmental industry survey.
- MOE. (2015). Report on the environmental industry survey.
- MOE. (2016). Report on the environmental industry survey.
- MOE. (2017). Report on the environmental industry survey.
- Ministry of Trade, Industry and Energy. (2014). A research on measures to improve the efficiency of the new technology of electric power certification, 27.
- Nam, J.Y. and Lee, J.H. (2018). A study on improvement of the certification system in korea, J. Stand. Certifi. Saf., 8(3), 1-10.
- Paek, N.J., Park, H.P., and Lee, K.S. (2011). Analysis on the economic impacts of construction new excellent technology, Korean J. Constr. Eng. Manag., 12(1), 115-124.
- Park, S.W., Kim, B.J., Jun, H.D., and Kim, J.W. (2006). Simulation methods of a system dynamics model for operations and maintenance of activated-sludge wastewater treatment plants, J. Civ. Eng., 2006(10), 1222-1225.