

## 소프트웨어 산업 동태적 인력수급 모델 개발

정재림

남서울대학교 가상현실학과 교수

# Development of Dynamic Manpower Supply and Demand Model in Software Industry

Jaerim Jung

Professor, Division of Virtual Reality, Namseoul University

**요약** 본 디지털 전환에서 가장 중요한 것은 SW 기술이다. 그러나 많은 기업이 SW 기술 및 인력 확보에 어려움을 겪고 있다. 특히 SW 인력 부족은 더욱 증가할 것이라 보고되고 있다. 정부는 SW 인력 수급정책을 해소하기 위해 인력양성 정책과 많은 지원사업을 수행하고 있지만, 이러한 정책이 효과적으로 수립되기 위해서는 소프트웨어 산업의 수요와 공급에 대한 정확한 예측이 필수적이다. 따라서 본 연구는 소프트웨어 산업의 수급 불균형을 해소하기 위해 동태적 구조 분석을 수행할 수 있는 시스템 다이내믹스 방법론을 활용하여 시뮬레이션을 개발하였다. 시스템 다이내믹스는 소프트웨어 산업의 인력 수급 불균형 현상에 대해 동태적인 시각에서 그 원인과 정책대안을 찾기에 적절하다. 세부적으로 미국의 노동통계국의(U.S. Bureau of Labor Statistics, BLS) 방법론을 사용하여 적용하여 소프트웨어 산업의 인력 수요 및 공급 예측 모델을 개발하였고, 시나리오 분석을 수행하여 정책적 시사점을 도출하였다.

**주제어** : 소프트웨어산업, 시스템다이내믹스, 시스템시뮬레이션, SW산업 인력 수급, 인력예측

**Abstract** The most important thing in digital transformation is SW technology. However, many companies are having difficulty securing SW technology and manpower. In particular, it is reported that the shortage of SW manpower will increase further. The government is carrying out manpower training policies and many support projects to resolve SW manpower supply and demand policies, but accurate predictions of demand and supply of the software industry are essential for these policies to be effectively established. Therefore, this study developed a simulation using a system dynamics methodology that can perform dynamic structural analysis to resolve the supply and demand imbalance in the software industry. System dynamics is appropriate to find the cause and policy alternatives from a dynamic perspective on the imbalance in manpower supply and demand in the software industry. In detail, the U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS) methodology was used to develop a prediction model for manpower demand and supply in the software industry, and scenario analysis was performed to derive policy implications.

**Key Words** : Software Industry, System Dynamics, System Simulation, SW industry manpower supply and demand, Manpower measurement

---

\*Corresponding Author : Jaerim Jung(jrjung@nsu.ac.kr)

Received August 8, 2023

Accepted September 21, 2023

Revised September 1, 2023

Published September 30, 2023

## 1. 서론

ICT 기술의 발전과 COVID-19 팬데믹으로 인하여 비대면 서비스 증가하면서 디지털 전환(Digital Transformation)이 가속화되고 있다. 특히 데이터의 홍수 시대에 사는 지금 디지털 기술의 영향력은 점점 커지고 있다.

미국 컴퓨터기술산업협회(CompTIA)의 보고서에 의하면 현재와 미래의 ICT 시장은 전통적인 시장보다 인공지능, 클라우드, SW, IoT 등 신기술 시장이 주도할 것으로 전망하고 있다[1]. 디지털 전환은 인공지능, 빅데이터, 클라우드컴퓨팅, SW, IoT 등 소프트웨어(Software: SW) 기반 기술 중심으로 기존의 운영 프로세스, 제품, 서비스 등의 혁신이 일어나기 때문에 SW 기술이 매우 중요하다. 특히 모든 산업이 ICT와 접목되면서 소프트웨어의 연구 및 개발 역량이 중요해졌다.

그러나 많은 기업이 SW 기술 확보에 어려움을 겪고 있으며, 전문 인력도 부족하다[2]. 디지털 전환의 속도는 기업의 소프트웨어 역량에 달려 있는데, 소프트웨어 인력이 부족하여 발목을 잡고 있다. 각 산업이 ICT와 융합이 가속화될수록 소프트웨어 인력 부족 현상은 더욱 증가할 것이라 보고되고 있다[3].

한국소프트웨어산업협회의 보고서에 의하면 2020년 기준 1,192명이 부족한 인력으로 나뉘었으며[4], 한국소프트웨어정책연구소는 소프트웨어 인력 부족이 향후 5년간 연평균 약 6,000명 정도 부족할 것으로 예측했다[2].

정부는 소프트웨어 인력 부족을 해소하기 위해 많은 소프트웨어 인력양성 정책과 지원사업을 수행하고 있다. 이러한 소프트웨어 인력양성 정책이 효과적으로 수립되기 위해서는 미래의 수요와 공급에 대한 예측이 필수적이다. 소프트웨어의 인력 수급을 예측하는 것은, 인력의 공급자 입장에서는 자신이 진출할 산업의 매력도를 파악하기 위해서, 수요자인 기업 입장에서는 안정적인 인력을 확보하기 위해서, 정부에서는 소프트웨어 산업의 효율적인 발전 정책 수립 및 중복 투자 방지를 위해서 매우 중요하다 할 수 있다[5].

그러나 인력 수요와 공급은 과거 경향을 기반으로 통계와 수리적 모델을 이용하여 추정하지만, 기존의 방법론들의 한계로 인하여 시간의 흐름에 따른 동태적인 분석이나 시간 지연의 피드백 효과를 파악하기에는 한계가 있다[5,6].

따라서 본 연구는 SW산업의 수급 불균형을 해소하기

위해 동태적 구조 분석을 수행할 수 있는 시스템 다이내믹스 방법론을 활용하여 시뮬레이션을 개발하였다. 시스템 다이내믹스는 SW산업의 인력 수급 불균형 현상에 대해 동태적인 시각에서 그 원인과 정책대안을 찾기에 적절하다. 세부적으로 미국의 노동통계국의(U.S. Bureau of Labor Statistics, BLS) 방법론을 사용하여 적용하여 SW산업의 인력 수요 및 공급 예측 모델을 개발하였고, 시나리오 분석을 수행하여 정책적 시사점을 도출하였다.

## 2. 선행연구

### 2.1 인력 수급 모델의 동태성

ICT 기술의 발전 속도는 급격히 증가하고 있으며, 다른 산업과의 융합도 가속화되고 있다. 그에 따라 소프트웨어의 인력의 수요는 급증하고 있지만, 산업에서 요구하는 수준의 인력을 양성하기까지는 많은 시간이 소요된다. 따라서 인력 수급의 동태성 및 시간 지연에 대해 살펴보고자 한다.

일반적으로 인력 수급 모델은 Fig. 1처럼 수요와 공급의 차로 발행하는 것을 기본으로 한다. 그러나 인력의 수요와 공급은 Fig 2.처럼 수급차를 중심으로 피드백 관계를 형성하여 상호작용하는 시스템이다[5].

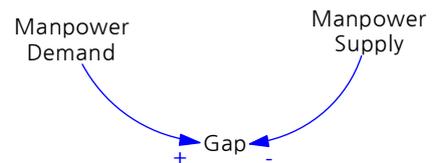


Fig. 1. Single-line manpower supply and demand model

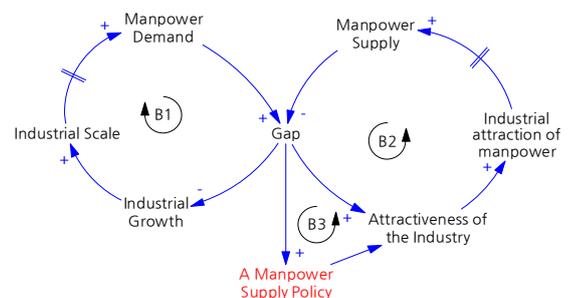


Fig. 2. Dynamic manpower supply and demand model

Fig 2.는 2개의 밸런스 루프(B1, B2)가 수요와 공급의 피드백 관계를 형성하며 균형점에 수렴하는 행태를 발생시킨다.

인력 수급 모델을 개발할 때 고려해야 할 것은 시스템 내에서 발생하는 시간 지연(Time Delay)이다. 산업이 성장하면서 요구되는 신규 인력 수요를 인지하는데 정보의 지연이 발생하고, 이를 해소하기 위한 인력을 양성할 때 물리적인 시간이 필요하다. 따라서 산업 내 인력정책이 시행된다고 하더라도, 그때는 인력 부족이 발생한 후이며, 인력이 공급되어 수급차를 줄이는데 많은 시간이 필요하다. 인력이 공급되기 전까지는 시장에서 지속적으로 인력 부족을 인식하게 되며, 충분한 인력이 공급된 시점에서는 공급이 지속됨으로써 시장 내 수요보다 초과로 인력이 공급되는 현상이 발생한다. Fig 2에서 루프 B3는 인력 수급차에 따른 정부의 정책을 표현한 것이며, 정책으로 인하여 산업의 매력도와 인력 유인이 발생하지만, 공급까지는 시간이 필요한 것을 표현하였다(시간 지연: 화살표 중간의 2줄).

### 2.2 인력 수급 모델에 관한 선행연구

인력 수급 모델에 관해서는 경제지표, 업무량 등을 기초로 회귀분석 모델, 마코브 분석 기법, 델파이 기법, 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 등 많은 모델들이 개발되었다[5, 7-10]. 이중 인력 수급의 동태성을 반영한 전문기술인력에 대한 수급 모델들을 정리하여 본 논문에 반영하고자 한다.

국내 전문기술인력에 대한 인력수급 선행연구들도 과학기술인력, 전력기술인력, 건설기술인력 등을 대상으로 연구되었다. 이상돈 외 5명(2010)은 전기 분야 수요를 미국노동통계국의 BLS 모형을 이용하여 예측하였으며, 공급 수요는 한국직업능력개발원의 조사자료 및 전공 졸업자를 바탕으로 예측하였다[11]. 김지혜는(2008)는 건설 분야의 수요와 공급을 시스템 다이내믹스를 활용하여 예측하였다. 수요 예측에 활용한 변수는 건설 계약액, 임금수준, 노무 비율 등이며, 공급은 일반공급, 외국인 공급, 숙련도, 이직, 작업환경 등을 활용하였다[12]. 이용석 외 2명은(2006) 전력사업의 인력수급 모형을 BLS와 시스템 다이내믹스를 활용하여 예측하였다[10]. 전력산업의 인력수요는 취업자수 + 대체수요로 예측하였고, 취업자수는 전력산업의 생산액 \* 전력산업의 취업계수로 구하였으며, 취업계수는 전력산업 취업자수/전

략산업 부가가치액으로 구하였다. 공급 모형은 대학/대학원 졸업생으로 예측하였다. 박환표 외 2명은(2005) 건설기술인력의 수요를 건설기성액/건설기술자 1인당 생산성으로 예측하였으며, 건설기술자 1인당 생산성은 과거 건설기성액과 종사자 수를 이용한 로그추세를 사용하였다. 공급 모형은 건설기술자를 초급/중급/고급/특급으로 나누어 이공계 대학졸업자 중 건설업 취업자, 고졸 진입자, 신규진입(경력)자로 계산하였다. 박홍희(2013)은 전기공사업의 인력수급 불균형을 시스템 다이내믹스 방법론을 활용하여 기술/기능 인력의 수급 격차에 대한 시뮬레이션을 수행하였다[14].

## 3. 소프트웨어 산업 인력수급 예측 모델 설계

### 3.1 모델 설계

소프트웨어 산업의 인력 수급을 개발하기 위하여 미국노동통계국의 BLS 방법론을 적용한 소프트웨어 산업의 인력 수요 및 공급 모델을 시스템 다이내믹스의 시뮬레이션으로 개발하였다.

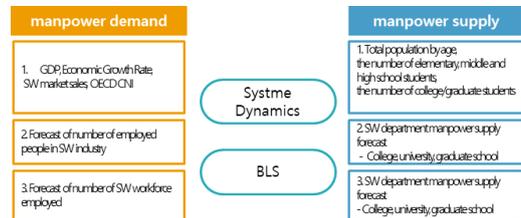


Fig. 3. SW human resource supply and demand prediction methodology using BLS and system dynamics

SW산업 인력 수요를 예측하기 위해 SW산업의 매출액을 거시경제 모형을 사용하였다. SW산업 취업자 수는 취업계수를 사용하여 SW산업 시장규모 증감에 따른 취업자 수를 예측하였다. 이는 SW 시장규모가 2배로 증가할 때, SW 인력 수요가 2배로 증가하지 않기 때문이다 [10]. 거시경제 모형에는 경제성장률, 경제선행지수, GDP, SW산업 시장규모를 사용하였다. SW 시장규모 및 시장성장률 데이터는 2018 소프트웨어 실태조사 값을 기준으로 활용하였으며, SW산업의 부가가치액은 ICT 실태조사 활용하였다. 경제성장률 및 GDP, 연령별

/성별 인구는 통계청 자료 활용하였으며, 전문대학생 수, 대학생 수 및 대학원생 수는 교육통계연보를 활용하였다. SW산업의 공급 모델은 연령별 총인구 예측, SW 관련학과 인력공급 예측, SW산업 인력공급 예측 3단계로 나누어 진행하였다.

### 3.2. 시뮬레이션 설계

시스템 시뮬레이션은 변수 간 연립미적분 방정식인 Stock Flow Diagram(이하 SFD)로 구성되며, 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하기 위한 기본 변수를 설정해야 한다. 본 논문에서 시뮬레이션을 위한 기본 변수 설정은 Table 1과 같다.

Table 1. Simulation time unit

variable	meaning	unit
Time	Simulation basic unit	Month
Initial Time	When to start simulation	2016
Final Time	When the simulation ends	2032
Time Step	Simulation performance unit	1 Month
Year	Simulation time unit	2008, Time/12

## 4. SW산업 인력 수급 모델 개발

### 4.1 SW산업 인력수요 모델

#### 4.1.1 SW산업 매출액

SW산업의 매출은 하위변수 간에 영향이 상호 중첩되어 나타나기 때문에 각 변수 간의 영향을 독립적으로 평가하여 곱의 형태로 모델을 구성하였다. 곱의 유형에서 각 영향의 하부 구조를 수식1을 적용하였다.

$$Y = Y_0 * \prod \left( \frac{x_{i0}}{x_{i0}} \right)^{a_i} \tag{1}$$

이 식의 양변에 ln을 취하면 다음 식과 같이 되며, 이 식은 회귀방정식과 같다.

$$\ln(Y) = \ln(Y_0) + a * \sum \frac{x_i}{x_{i0}} \tag{2}$$

예를 들어 변수 'Prediction model using macroeconomic'은 GDP의 규모에 따라 수요가 계속 증가하지만, Fig. 4.처럼 한계 수요가 감소하는 모형이 됨을 알 수 있다( $0 < a < 1$ ). 여기에서 모수(s SW GDP coefficient)는 과거의 데이터를 활용하여 종속변수 값을 알고 있으면 회귀분석을 수행하고, 종속변수의 값을

알 수 없지만, 종속변수와 관련이 있는 변수의 데이터를 확보할 수 있는 경우에는 Fig. 5.처럼 vensim의 캘리브레이션(Calibration) 방법을 활용하여 값을 도출하였다.

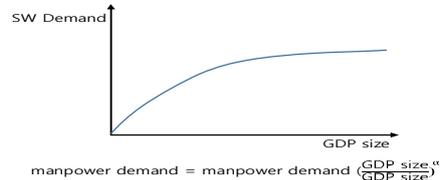


Fig. 4. Prediction model using macroeconomic variables

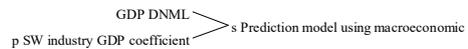


Fig. 5. Vensim Calibration

SW산업 매출액은 한국소프트웨어정책연구소의 '소프트웨어 산업 실태조사1)'의 데이터를 활용하였고, 수식 1, 수식2을 적용하여 Fig 6, 7과 같이 SW산업 매출액을 전망하였다.

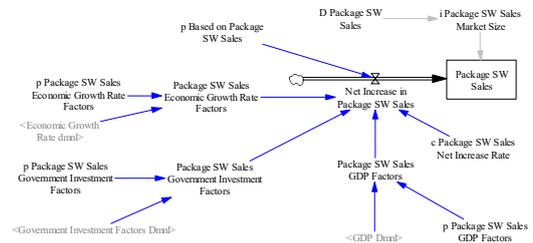


Fig. 6. IT Service Sales Model

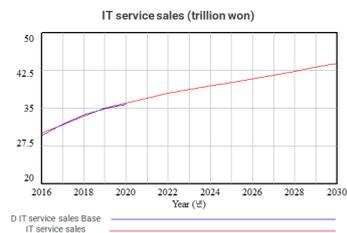


Fig. 7. IT Service Sales

#### 4.1.2 취업계수 전망

SW산업의 인력 수요 예측을 위해서 취업계수를 정의하였다. 노동생산성이 증가하면 취업자 수가 감소하기

1) SW인력 수 = 패키지 + 게임 + IT서비스 + 인터넷 SW

때문에 취업계수 변수를 적용하였다[10]. 취업계수는 단위 생산량 당 취업자 수로 정의할 수 있으며, 1인당 생산량의 역수로 정의된다. 본 논문에서는 생산량을 SW산업의 매출액으로 정의하였고, 아래와 같이 취업계수를 정의하였다.

- SW산업 취업계수(명/억 원)  
 = SW산업 취업자 수(명) / SW산업 부가가치액(억 원)

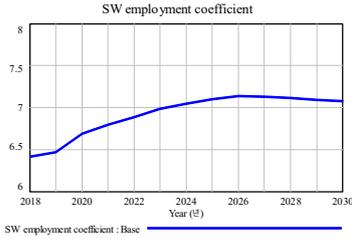


Fig. 8. SW employment coefficient

4.1.3 SW산업 취업자 수

SW산업 취업자 예측은 2018 ICT인력동향실태조사 보고서의 데이터를 활용하였으며, 아래와 같이 정의하였다.

- SW산업 취업자 수(명)  
 = SW산업 생산량(억 원) X SW산업 취업계수 전망치(명/억 원)

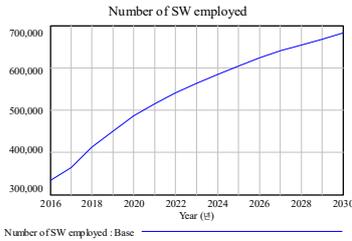


Fig. 9. Number of SW employed

4.2 SW산업 인력 공급 모델

4.2.1 인구모형

인구모형은 통계청의 2016년도의 연령별, 성별 인구 분포 데이터를 기준으로 하여 조출산률 및 사망률을 반영하여 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 10.은 인구모형의 시뮬레이션 결과의 예를 보여주는 것으로 2052년까지 우리나라 총인구를 보여주고 있다. 인구모형을 통하여 각 시점에서 학령인구의 변화를 확인할 수 있으며 (Fig. 11) 인력 공급에 영향을 주도록 개발하였다.

연령별 인구수가 결정되면 Fig. 12.처럼 전문대, 산업대, 기능대, 교육대, 일반대, 대학원생 수를 모델링 하였다. 재학생 수와 졸업자 수는 「2017- 2019년 교육기본 통계연보」와, 「2018년 고등교육기관 졸업자 취업통계」를 활용하였다. 학령인구 감소로 인한 교육부의 정원 감축 기초를 모델리에 반영하였으며(5%~10%), 시나리오 분석을 수행할 수 있도록 정원감축 비율을 조절할 수 있게 설계였다.

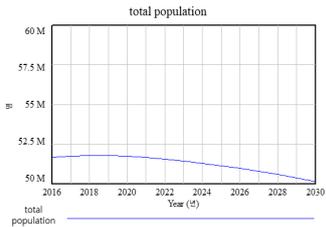


Fig. 10. Total population

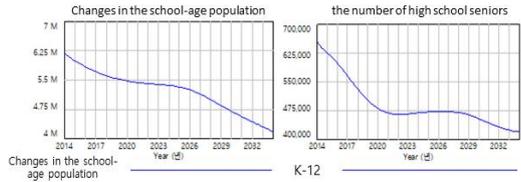


Fig. 11. Changes in the school-age population & the number of high school seniors

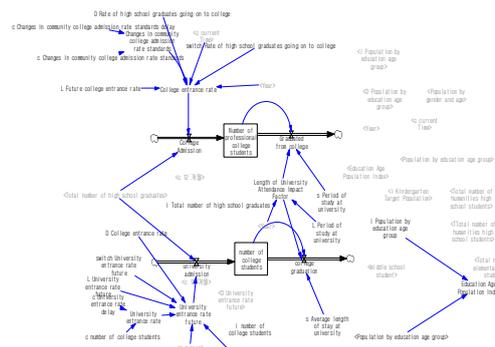


Fig. 12. University students(community college, general university) SFD

4.2.2 SW산업 인력 공급

SW산업에 진출한 졸업생을 예측하기 위해 교육부에서 인정하는 SW학과를 선정하고, 그와 관련된 SW유관학과를 선정하였다. SW 공급 인력은 SW학과 및 유관학과 졸업생 수 및 졸업생 취업률, SW 전공일치 취업률, SW직종 및 각 신기술 분야 진출 자료를 활용하여 예측하였다. SW 신기술 분야는 인공지능, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, XR, IoT로 설정하였다. 신기술 분야의 인력 수요는 초급-중급-고급으로 Aging Chain 모델로 구성하였다. Aging Chain 모델은 SW산업 및 SW융합 실태 조사데이터를 활용하였고[15], 2019년 고용인력에 미충원인원을 반영하여 기준년도의 적정 인력을 도출하였다.

\* SW학과 : 전산·컴퓨터공학과, 응용소프트웨어학과, 정보·통신공학과

\*\* 인공지능 유관학과 : 전기·전자공학과, 산업공학과, 기전공학과, 수학과, 통계학과

\*\* 빅데이터 유관학과 : 경영학과 MIS, 도시공학과, 지상교통공학과, 항공학과, 산업공학과, 수학과, 통계학과

\*\* 클라우드 유관학과 : 전기·전자공학과

\*\* XR 유관학과 : 전기·전자공학과, 수학과, 콘텐츠디자인학과, 응용예술학과

$$D_{2018} = \text{SW학과 및 신기술 유관학과 졸업생 수} \times \text{학과 졸업생 취업률} \times \text{SW학과 취업자 전공일치율} \times \text{SW직종 중 신기술 분야 진출 비중} \quad (3)$$

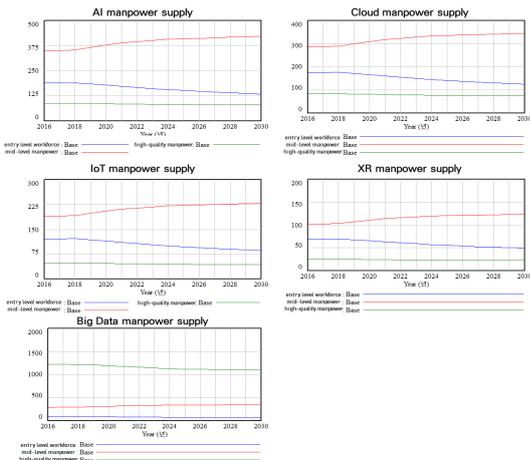


Fig. 13. AI, Big Data, Cloud, XR, IoT Manpower Supply Simulation Results

4.2.3 SW산업 신기술 분야 인력 수급차

SW인력의 수급차(=공급-수요)를 계산하려면 개발된 시뮬레이션 모델에서 수요와 공급의 단위를 맞추어야 한다. SW산업의 취업자 수 예측은 누적 개념인 저장(Stock)으로 구해지는 반면, 인력 공급은(졸업자 수) 매년 신규로 공급되는(단위: 명/년) 유량(FLOW)으로 계산된다. 따라서 따라서 수급차를 구하기 위해서는 SW수요와 공급의 단위를 일치시켜야 하며, 인력 수요량을 연간 신규 수요량으로 전환할 필요가 있다.

신규수요는 한해의 취업자 수에서 그 이전 해의 취업자 수를 차감하여 얻어지는 취업자의 순증가분에 기준인력에 대한 대체수요를 더해 주어야한다.

$$- Dt = (Lt - Lt - 1) + Lt - 1 \cdot f \quad (4)$$

단, Dt : t기의 신규고용, Lt : t기의 취업자 수, f : 자연 탈락률[10]

시뮬레이션 결과, 인공지능은 2023-2025년동안 총 -8,790명이 부족한 것으로 예측되었으며, 빅데이터는 -1,447명, 클라우드 컴퓨팅은 -3,487명, IoT는 -2,000명, Xr분야는 -4,919명 부족한 것으로 예측되었다.

Table 2. AI New manpower supply and demand difference

	2019	2020 (E)	2021 (E)	2022 (E)	2023 (E)	2024 (E)	2025 (E)	Accumulation
Demand		1,172	1,432	1,950	2,818	3,270	4,590	15,232
supply		629	629	626	629	628	631	3,772
D-S		-543	-803	-1,324	-2,189	-2,642	-3,959	-11,460

Table 3. BigData New manpower supply and demand difference

	2019	2020 (E)	2021 (E)	2022 (E)	2023 (E)	2024 (E)	2025 (E)	Accumulation
Demand		478	489	500	510	521	530	3,028
supply		612	724	692	940	988	1,080	5,036
D-S		-134	-235	-192	-430	-467	-550	-2,008

Table 4. IoT New manpower supply and demand

difference

	2019	2020 (E)	2021 (E)	2022 (E)	2023 (E)	2024 (E)	2025 (E)	Accumulation
Demand		478	489	500	510	521	530	3028
supply		612	724	692	940	988	1080	5036
D-S		-134	-235	-192	-430	-467	-550	-2008

Table 5. Cloud New manpower supply and demand difference

	2019	2020 (E)	2021 (E)	2022 (E)	2023 (E)	2024 (E)	2025 (E)	Accumulation
Demand		545	545	545	543	544	546	3268
supply		1,146	1,100	1,200	1,300	1,880	1,940	8366
D-S		-601	-555	-655	-757	-1,336	-1,394	-5208

Table 6. XR New manpower supply and demand difference

	2019	2020 (E)	2021 (E)	2022 (E)	2023 (E)	2024 (E)	2025 (E)	Accumulation
Demand		188	191	194	198	200	203	1,174
supply		2,110	2,530	2,440	1,720	2,080	1,710	12,600
D-S		-1,922	-2,339	-2,246	-1,522	-1,880	-1,507	-11,426

5. 결론

본 연구에서는 SW산업의 인력수급 불균형을 해소하기 위해 미국노동통계국의 BLS 방법론을 시스템다이내믹스 시뮬레이션에 적용하여 SW 산업의 수요과 공급을 예측하였다. SW산업의 수요는, SW시장의 규모 혹은 SW시장의 성장률에 따라 기업의 인력 계획이 수립되므로 SW 인력 계획은 SW산업의 성장률을 따른다고 가정하였다. 이를 위해 거시경제 지표를 모델링을 수행하였고, SW산업 시장 매출액 예측, SW산업 취업계수 예측, SW산업 인력 수 예측을 수행하였다.

SW산업의 인력공급은 첫 번째로 통계청의 추계인구 데이터를 활용하여 연령별/성별 인구수를 예측하는 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 두 번째는 인구모델을 기초로하여 초/중/고/대학/대학원생 수를 구하고 학령인구 변화에 따른 정원감축 노력도 반영하였다. 이를 통해

SW산업과 관련된 SW학과 및 유관학과 졸업생 수를 산출하고, 전공일치 취업률, 신기술 분야 진출률 등을 추정하였다. 마지막으로 SW산업의 수요와 공급의 수급차를 계산하였다.

본 연구의 시뮬레이션 결과를 통해 SW 산업의 인력 수급차가 지속되는 것을 알 수 있다. 이는 SW 산업에 대하여 정부의 효율적인 인력양성 지원 정책이 필요함을 보여주고 있다. 미래 국가경쟁력은 SW 산업에 달려 있다고 할 수 있으므로 정부는 SW 산업의 인력양성과, 특히 고급 인력양성에 힘써야 한다. 실제로 주요 선진국은 인력수급 불균형을 해소하기 위한 인력예측모델을 개발하여 운영하고 있다[14].

본 연구는 다음과 같은 한계점이 있으며 이를 보완하기 위한 향후 연구가 필요하다. 첫째 예측 모델들에 사용한 SW산업의 실제 데이터들에 대한 검증이 필요하다. 시뮬레이션에 사용한 실태조사 데이터들의 경우 설문 결과에 따라 조사되기 때문에 연도별 데이터가 상이하다. 시스템 다이내믹스에서 캘리브레이션을 수행하려면 과거의 시계열 데이터가 필요한데, 데이터가 정확할수록 좀 더 현실적인 결과를 도출할 수 있다. 둘째, 신산업 및 융합 산업에 진출하는 인력에 대한 정교한 모델링이 필요하다. 본 연구에서는 데이터의 확보가 여의치 않아 연구에서 제외하였지만, 향후 연구에서는 신기술 분야로 진출하는 인력 수급을 예측할 필요가 있다

REFERENCES

- [1] CompTIA. (2023). *IT Industry Outlook 2023*. <https://connect.comptia.org/content/research/it-industry-trends-analysis>
- [2] SW Convergence Survey. (2018). *Software Policy & Research Institute*.
- [3] E. H. Jee(2019). *Digital transformation and software labor shortage*. Software Policy & Research Institute.
- [4] <https://www.ajunews.com/view/20220417190228134>
- [5] S. Y. Park. Y. S. Yeon & S. W. Kim. (2003). Utilization of System Dynamics for Human Resources Planning. *Korean System Dynamics Review*. 4(1), (93-119.)
- [6] J. M. Lyneis, (2000). System dynamics for market forecasting and structural analysis. *System Dynamics Review: The Journal of the System*

*Dynamics Society*, 16(1), 3-25

- [7] T. P. Bechet & W. R. Maki. (1987). Modeling and forecasting focusing on people as a strategic resource. *People and Strategy*, 10(4), 209.
- [8] R. D. Gatewood & E. J. Gatewood. (1983). The Use of Expert Data in Human Resource Planning: Guidelines from Strategic Forecasting. *Human Resource Planning*, 6(2).
- [9] Milkovich, G. T., Annoni, A. J., & Mahoney, T. A. (1972). The use of the Delphi procedures in manpower forecasting. *Management Science*, 19(4-part-1), 381-388.
- [10] Y. S. Lee, G. J. Lee, S. M. Kwak. (2006). The Study on the Human Resource Forecasting Model Development for Electric Power Industry. *Korean System Dynamics Review*. 7(1), (67-90.)
- [11] S. D. Lee, Y. Y. Lee, K. P. Hong, J. Y. Ryu, S. S. Hwang, W. S. Choi. (2010). *Analysis and Improvement Plans to Solve Mismatch of Human Resources at Electrical Engineering Careers*. Korea Research Institute for Vocational Education & Training
- [12] J. H. KIM. (2008). (An) analytical model for labor supply and demand in construction Doctoral dissertation, Aju University
- [13] H. P. Park, M. W. Lee, M. J. Chae. (2005). Supply-Demand Forecast of Engineers according to the Change of Construction Boom in Construction. *Journal Of The Architectural Institute Of Korea Structure & Construction*, 21(12), 199-207.
- [14] H. H. Park. (2013). The Study on Imbalance for Labor Supply and Demand in Electrical Construction Business: Simulating the Supply and Demand Gap of Technical Engineer. *Korean System Dynamics Review*, 14(3), 105-134.
- [15] SW Convergence Survey. (2018). *Software Policy & Research Institute*.

정 재 림(Jaerim Jung)

[중신회원]



- 2012년 2월 : 충북대학교 경영정보 (박사 수료)
- 2018년 1월 ~ 2021년 12월 : 남서울대학교 4차산업혁신추진단 연구 교수
- 2022년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 가상현실학과 조교수
- 관심분야 : 가상현실, 산업용 AR, 시스템다이내믹스, 전자 정부 서비스 품질, 빅데이터 분석
- E-Mail : jrjung@nsu.ac.kr