

SW에 의한 경제적 파급효과 연구

- 생산성 제고와 미래 노동구조 변화 -

Study on economic ripple effect by Software
Increased productivity and change in future labor structure

강송희/박강민/김준연
황원식/이정동/여영준/신기윤/최재원/엄원섭

2018. 12.

이 보고서는 2018년도 과학기술정보통신부 정보통신진흥기금을
지원받아 수행한 연구결과의 보고서로서 내용은 연구자의 견해이
며, 과학기술정보통신부의 공식입장과 다를 수 있습니다.

목 차

제1장 서론과 연구의 구성	1
제1절 서론	1
제2절 연구의 구성	2
제2장 기존문헌 고찰	3
제1절 시스템 관점으로 본 SW자본 투자의 경제적 파급효과	3
제2절 SW자본 투자의 경제성장 및 생산성 기여도	6
제3장 연구의 방법론	10
제1절 성장회계	10
1. 노동생산성 변화 분석	10
2. 자본 생산성 분석	11
3. 총생산량 변화 분석	12
4. 품질조정 방법	14
5. SW자본재의 품질조정	17
제2절 연산일반균형	19
1. SW기반 연산일반균형모형의 개념과 특징	19
2. 산업부문	22
3. 경제 주체 및 제도 부문	23
제4장 연구의 자료	25
제1절 KLEMS 자료	25
제2절 사회계정행렬	30
1. 사회계정행렬의 개념과 활용	30
2. ICT 기반 사회회계행렬의 구성	31

제5장 분석결과	39
제1절 SW자본 투자의 경제적 파급효과	39
1. 노동생산성	39
2. 경제성장기여도	44
제2절 SW투자에 따른 경제성장 전망과 부정적 파급효과	50
1. SW투자에 따른 미래 경제 효과 모사 실험 결과	50
2. 교육투자에 따른 양극화 현상 완화 효과	54
제6장 결론 및 시사점	59
제1절 연구의 요약 및 시사	59
제2절 연구의 한계와 향후 과제	60

표 목 차

<표 2-1> ICT, SW 투자의 긍정적 파급경로를 규명한 기존 연구	3
<표 2-2> 연평균 GDP와 노동생산성 증가율의 요인 분석(1990-2008)	8
<표 2-3> 기존 관련 연구 요약	9
<표 3-1> 가격지수의 품질조정 방법	15
<표 4-1> 총생산량 및 투입요소의 연평균 증가율(단위 : %)	25
<표 4-2> 자본 유형별 연평균 증가율 (단위 : %)	26
<표 4-3> 총자본재 중 ICT자본재의 비중 (단위: %)	26
<표 4-4> 노동투입 유형별 분류	27
<표 4-5> 노동투입 유형별 비중의 변화 (단위: %)	27
<표 4-6> OECD의 ICT 산업 분류	28
<표 4-7> 이 연구의 산업분류	29
<표 4-8> 기본 사회회계행렬의 구조	30
<표 4-9> 국민계정통계 내 ICT 산업의 포괄 범위	32
<표 4-10> 구축된 SAM 내 산업분류와 산업연관표 내 기본부문 간 매칭	33
<표 4-11> SW 기반 사회회계행렬의 구조	34
<표 4-12> 2013년도 분류 산업 별 자본형태별 스톡 비중(단위: %)	36
<표 4-13> 최종 SW기반 사회회계행렬의 세분화 구조	38
<표 5-1> 전산업 중 SW산업 비중 (단위: %)	44
<표 5-2> 정책 시나리오별 SW투자 수준	50
<표 5-3> 정책 시나리오 별 경제성장률(단위: %)	51
<표 5-4> 기준안 시나리오 대비 시나리오별 산업군 산출량 변화(단위: %)	52
<표 5-5> 시나리오 별 총 노동수요 변화(단위: %)	52

〈표 5-6〉 교육에 대한 투자가 고려된 추가 시나리오 4	55
〈표 5-7〉 기준 시나리오 대비 시나리오 별 산업 별 산출액 변화(단위: %)	57

그 립 목 차

[그림 1-1] 연구의 구성	2
[그림 2-1] SW투자의 긍정적 파급효과 인과지도	4
[그림 2-2] SW투자의 부정적 파급효과 인과지도	6
[그림 2-3] ICT자본재의 실질 GDP증가율에 대한 기여도(1995-2000, %p)	7
[그림 2-4] 투입요소별 제조업의 총생산 증가에 대한 기여율	9
[그림 3-1] 미국 경제분석국(BEA)과 한국 KLEMS의 자본 유형별 가격지수 비교(2000=1) 16	
[그림 3-2] Harmonized 디플레이터 (2000년 기준)	17
[그림 3-3] 연산일반균형모형 수립 및 실험 과정	20
[그림 3-4] SW기반 연산일반균형모형의 개념도와 특징	21
[그림 4-1] 총자본재 중 ICT 및 SW의 비중(2012년)	29
[그림 5-1] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(품질보정 전)	39
[그림 5-2] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(제조업, 품질보정 전)	40
[그림 5-3] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(제조업, 품질보정 전)	40
[그림 5-4] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(서비스업, 품질보정 전)	41
[그림 5-5] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(서비스업, 품질보정 전)	41
[그림 5-6] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(기타, 품질보정 전)	41
[그림 5-7] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(기타, 품질보정 전)	41
[그림 5-8] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(품질보정 시)	42
[그림 5-9] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(제조업, 품질보정 후)	43
[그림 5-10] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(제조업, 품질보정 후)	43
[그림 5-11] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(서비스업, 품질보정 후)	43
[그림 5-12] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(서비스업, 품질보정 후)	43

[그림 5-13] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(기타, 품질보정 후)	44
[그림 5-14] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(기타, 품질보정 후)	44
[그림 5-15] 총생산증가율 중 SW자본재 기여도(품질보정 전)	45
[그림 5-16] 총생산 증가율 중 SW자본재 기여도(제조업, 품질보정 전)	45
[그림 5-17] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(제조업, 품질보정 전)	45
[그림 5-18] 총생산 증가율 중 SW자본재 기여도(서비스업, 품질보정 전)	46
[그림 5-19] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(서비스업, 품질보정 전)	46
[그림 5-20] 총생산 증가율 중 SW자본재 기여도(기타, 품질보정 전)	47
[그림 5-21] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(기타, 품질보정 전)	47
[그림 5-22] 총생산증가율 중 SW자본재 기여도(품질 보정시)	47
[그림 5-23] 총생산 증가율 중 SW자본재 기여도(제조업, 품질보정 후)	48
[그림 5-24] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(제조업, 품질보정 후)	48
[그림 5-25] 총생산 증가율 중 SW자본재 기여도(서비스업, 품질보정 후)	49
[그림 5-26] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(서비스업, 품질보정 후)	49
[그림 5-27] 총생산 증가율 중 SW자본재 기여도(기타, 품질보정 후)	49
[그림 5-28] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(기타, 품질보정 후)	49
[그림 5-29] 기준안 시나리오 대비 각 시나리오별 노동유형의 수요 변화	53
[그림 5-30] 기준안 시나리오 대비 시나리오별 임금 격차 수준	53
[그림 5-31] 기준안 시나리오 대비 설계 시나리오별 각 소득분위의 비중 차이 (2030년 기준, 단위: %p)	54
[그림 5-32] 기준 시나리오 대비 시나리오별 GDP 수준(단위: %)	56
[그림 5-33] 시나리오 2 대비 시나리오 3과 4의 숙련 프리미엄 수준(단위: %)	58
[그림 5-34] 기준 시나리오 대비 설계 시나리오 별 상위 10% 및 중위(40-60%) 소득분위 소득 비중 변화(단위: %p, 분석년도 2030년도 기준)	58

요 약 문

1. 연구의 목적과 의의

□ 연구의 배경

- 제4차 산업혁명 시대의 도래에 따라, 최근 초산업의 공정과 제품·서비스 혁신을 유발하는 국가경제의 중요한 투입자본으로서 SW가 주목받고 있음
- SW는 「전산화→정보화→디지털 전환」의 시기를 거치면서 투입자본의 하나로서 경제성장에 기여해 왔고 국내 경제에서 SW가 차지하는 비중이 꾸준히 증가
- 해외에서는 1980년대부터 SW투자가 경제성장과 생산성 증가에 미치는 영향에 대한 연구가 다수 진행됐으나, 국내에서는 이를 정량적으로 파악한 연구를 찾기 어려움
- SW투자는 생산성 향상과 더불어 고용·소득구조 양극화와 같은 역기능을 유발하기도 할 것으로 보이기에 부정적인 파급 효과 역시 정량적으로 추계가 필요함
- SW투자를 늘려 혁신성장의 동력으로 삼고 그에 따른 사회적 혼란을 최소화하려면 그 파급효과를 정량적으로 추정하여 정책적 투자와 예방적 대응체계를 마련해야 함

□ 연구의 구성

- (서론) 연구의 배경을 설명하고 연구의 구성 및 흐름을 개괄적으로 묘사함
- (기존문헌 고찰) 4차 산업혁명 시대에서 SW투자가 경제성장에 미치는 영향과 그 역기능에 관한 기존 연구를 검토하여 SW투자의 긍정·부정적 파급효과 인과지도 도출
- (분석의 방법) 장주기 과거 데이터를 활용해 성장회계 방식으로 SW투자의 경제적 파급효과를 분석하고, 연산일반균형모형을 통한 시뮬레이션으로 미래에 SW가 경제성장에 미칠 파급효과와 역기능을 추정해 봄
- (분석 데이터) 성장회계에서는 글로벌 산업별 자본, 노동, 에너지, 중간재, 서비스 데이터인 World KLEMS 자료를, 연산일반균형모형에서는 국내 산업연관표 등과 기타 글로벌 데이터를 활용하여 SW분야를 세분화해 일관되게 구축한 사회계정행렬 사용
- (분석 결과) SW투자의 경제적 파급효과를 노동생산성과 경제성장 기여도 측면에서 보고, SW투자 시나리오에 따른 경제성장 전망과 고용·소득 구조에 미치는 부정적 파급효과를 분석한 후 이를 해소하기 위한 정책 조합의 효과 또한 추정해 봄
- (결론) 요약 및 시사, 연구의 한계 및 향후 과제를 제시함

2. SW자본과 경제성장과 생산성

□ 성장회계

- (노동생산성 변화) 노동투입은 양적인 요인과 질적인 요인으로 구분이 가능하며, 생산함수를 총 근로시간으로 나눈 후, 두 기간(시점 t 와 $t-1$) 동안의 차이를 계산하여 노동생산성과의 관계식을 완성할 수 있음
- (자본생산성 변화) 자본 유형을 SW와 비SW로 구분하여, 투입된 다양한 유형의 자본에 대한 총체적 양을 계산하고, 이에 내재된 기술 발전 까지 고려하여 표현함
- (총생산량 변화) 총부가가치의 변화 또는 총 생산량의 변화를 기준으로 요인별 기여도를 산정하며, 생산물이 최종생산재일 경우에 생산함수에는 노동, 자본, 중간재를 포함함
- (품질 조정) SW처럼 지속적 성능향상을 보이는 자본재의 경우 동일 품질의 상품 가격을 비교하기 위해 가격지수 품질조정이 필요하며, 이는 시간에 관계없이 동일한 품질의 제품을 같은 양으로 구매하는데 필요한 지출액의 변화를 측정하는 것

□ World KLEMS

- 국가 간 경제성장과 생산성, 경쟁력 등의 변화를 비교·평가하기 위해 통일된 기준으로 구축된 자료로서 EU, BRICs, 아시아, 남미 국가까지 포함하는 산업별 자본, 노동, 에너지, 중간재, 서비스에 대한 데이터 집합
- 국내 KLEMS 자료를 살펴보면 총생산량은 80년대 후반 10%의 연평균 증가율을 보이다가 이후 증가세가 줄어들며, 부가가치 증가율 또한 마찬가지임
 - 70~90년대까지 성장의 주요 요인은 자본과 노동 투입의 증가이며 이러한 본원적 생산요소는 2000년부터 그 증가세가 둔화되었고, 노동투입은 2000년대 후반부터 오히려 감소하는 추세를 보임
- World KLEMS는 자본재를 11개 유형으로 구분하지만 국내는 8개 유형만 집계 중이며, SW는 다른 유형의 자본에 비해 급속도로 증가율이 상승
- 노동 투입 유형별로 근로시간과 임금 등 매우 세분화된 자료를 제공하여 전반적인 노동투입 분포의 변화를 관측 가능

□ 분석 결과

- 노동생산성이 본격적으로 하락하는 1980년대 이후 SW 자본의 기여도는 오히려

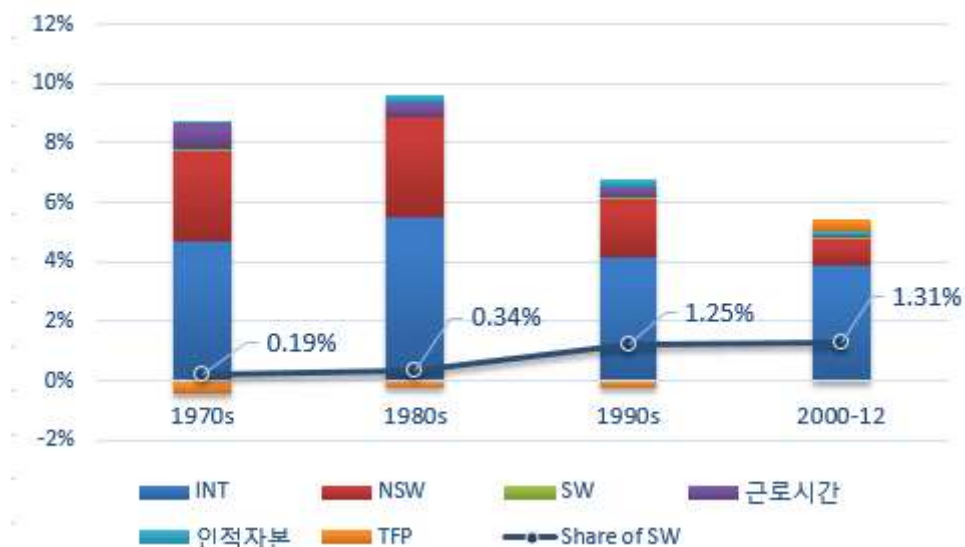
0.97%에서 1990년대 4.14%로 상승하고, 2000년대 들어서는 전체 노동생산성에 약 4.71%를 차지하고 있음

< 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(품질보정 전) >



- 시기별 총 생산 증가율에서 SW자본재의 기여도를 살펴보면 1970년대 0.19%에 불과하던 기여도는 2000-2012년 1.31%가량으로 증가했고, SW자본재가 총 생산에서 차지하는 비중이나, 총생산 중 SW산업의 비중을 고려하면 이러한 수치는 고무적

< 총생산증가율 중 SW자본재 기여도(품질보정 전) >

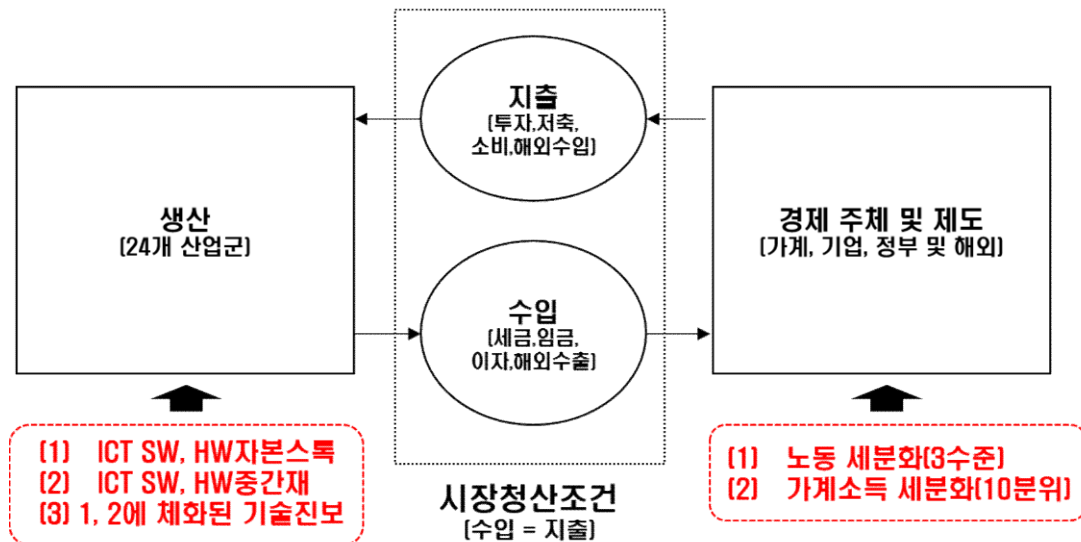


3. SW투자에 따른 경제성장 전망과 부정적 파급효과

□ 연산일반균형모형

- (표준 연산일반균형모형) 경제주체들의 경제활동을 모형화하여 다부문을 다양한 차원에서 명시적으로 고려하여 비선형 연립방정식을 통해 적정 해를 도출함으로써 초기 균형점을 찾고, 제도 변화 시나리오를 반영하여 새로운 균형점을 찾아 비교
- (SW기반 연산일반균형모형) 표준 모형에서 생산 요소에 SW자본이 추가적으로 고려되었으며, 투자 부문에 SW자본투자가 포함되었고, SW자본투자에 따른 산업별 SW자본에 체화된 기술진보, SW중간재에 체화된 기술진보 등을 포함함

< SW기반 연산일반균형모형의 개념도와 특징 >



□ SW특화 사회계정행렬

- 사회계정행렬은 특정 기간 동안 한 국가 경제의 모든 회계계정 항목들의 거래금액을 나타낸 것으로 생산, 소비, 축적 활동의 흐름을 보여주는 표로, 연산일반균형모형의 기준연도 경제체제의 상황을 나타냄
- SW특화 사회계정행렬은 ICT 자본(SW+HW)에 대한 투자를 자본화하고 이를 통해 축적된 ICT자본스톡이 생산요소로 투입될 때 이의 경제적 효과를 분석할 수 있도록 생산요소에 ICT 자본스톡을 추가하고, 투자에서 ICT자본형성 계정을 추가함
- 정책 실험을 통해 고용·소득 구조의 변화를 포착하기 위해, 노동 부문은 교육 수준을 기준으로 3가지 부문(저숙련, 중숙련, 고숙련), 가계 부문은 소득 분위 기준으로 10가지 부문으로 세분화함

< 최종 SW기반 사회회계행렬의 세분화 구조 >

구 분		생산활동		생산요소				제도			투자			세금			해외		총 계
		국내 재화	수입 재화	노동	자본	ICT SW 자본	HW 자본	가계	기업	정부	고정 자본 형성	ICT SW 자본	HW 자본	간접세	법인세	소득세	수출	수입	
생산 활동	국내 재화	24*24						24*10		24*1	24*1	24*1	24*1				24*1		
	수입 재화	24*24						24*10		24*1	24*1	24*1	24*1						
생산 요소	노동	3*24																	
	자본	1*24																	
	SW자본	1*24																	
	HW자본	1*24																	
제도	가계			10*3	10*1	10*1	10*1												
	기업				1*1	1*1	1*1												
	정부							1*10	1*1		1*1								
투자	고정 자본 형성							1*10											
	SW자본																		
	HW자본																		
세금	간접세																		
	법인세																		
	소득세							1*10											
	관세		1*24																
해외	수출																		
	수입		1*24																
총계																			

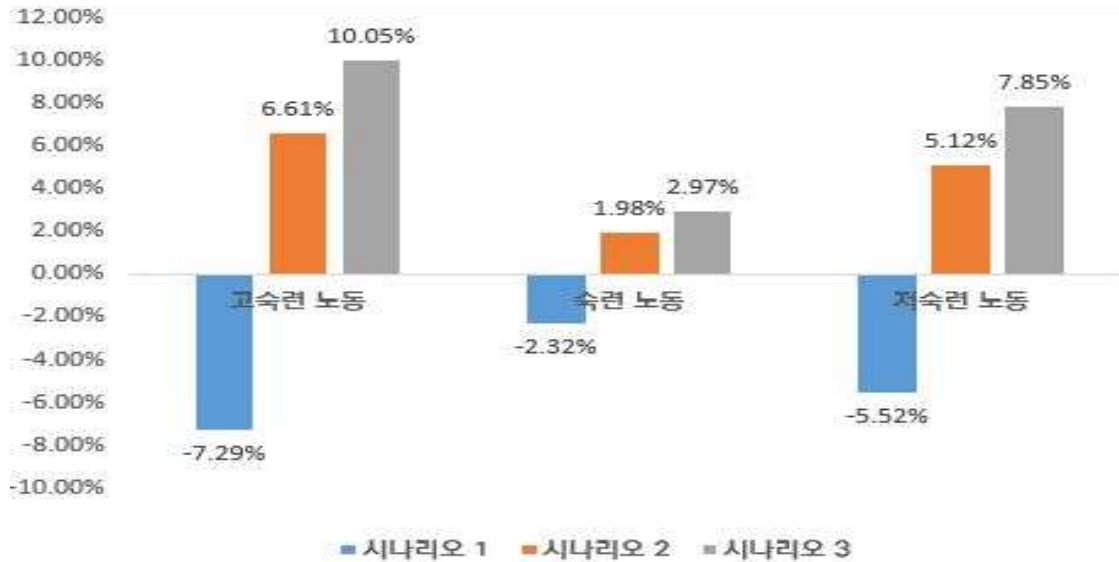
□ 분석 결과

- (정책 시나리오) 2014년을 기준연도로 하여 2030년까지 외부 정책의 변화가 없는 기준안 시나리오(SW투자 집약도는 0.75%)와, 정책 시나리오 1(0.65%), 정책 시나리오 2(0.85%), 정책 시나리오 3(0.90%)을 상정함
- (경제성장 전망) 시나리오 1이 가장 낮은 연평균 GDP 성장률(1.69%)를 보였고, 시나리오 3이 가장 높은 연평균 GDP 성장률(2.55%)를 보였음
- (고용구조 전망) SW투자 수준이 높으면 총 수요가 증가하여 더 많은 일자리를 창출할 수 있으나, 노동 유형별로 살펴보면 노동 수요의 양극화가 가속화될 수 있음을 시사

< 시나리오 별 총 노동수요 변화(단위: %) >

시나리오	기준안	시나리오1	시나리오2	시나리오3
기준안 대비 총 노동수요 수준	-	-4.63%	4.21%	6.42%

< 기준안 시나리오 대비 각 시나리오별 노동유형의 수요 변화 >



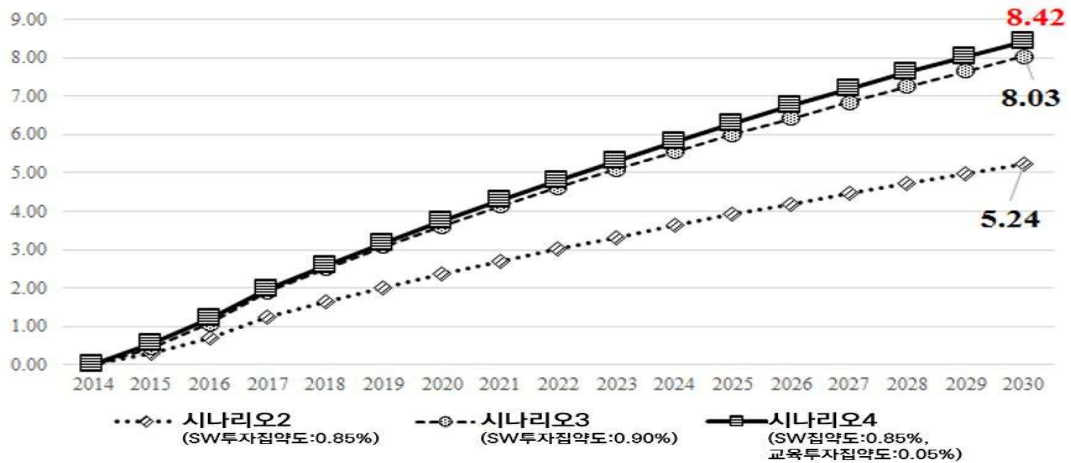
- (임금격차 변화) 시나리오별 노동자간 임금격차의 변화를 살펴보면, 고숙련 노동자에 대한 상대적 수요가 더 크게 유발되고 임금 상승으로 이어지지만, 중숙련 노동자의 상대적 수요는 가장 낮은 수준으로 증가하여 숙련 프리미엄이 감소함을 확인

< 기준안 시나리오 대비 시나리오별 임금 격차 수준 >

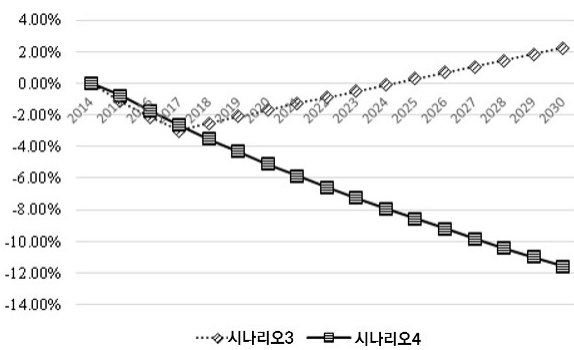


- (교육 투자 병행) 노동 수요와 고용·소득 구조의 양극화를 완화하기 위해, 교육 투자를 병행하는 시나리오 4(SW투자 집약도 0.85%, 교육투자 집약도 0.05%)를 상정하면, 경제성장 효과도 가장 높고 소득 분포도 고르게 나타났음

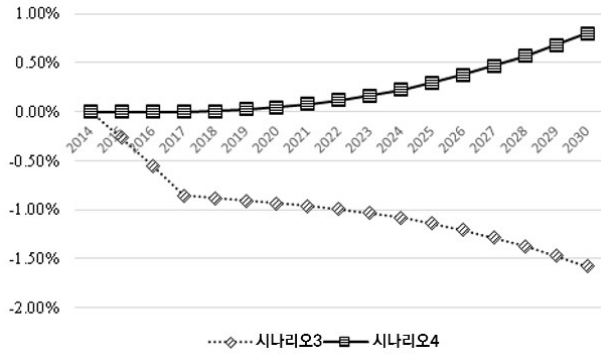
< 기준안 시나리오 대비 시나리오별 GDP 수준(단위: %) >



< 시나리오 2 대비 시나리오 3과 4의 숙련 프리미엄 수준(단위: %) >

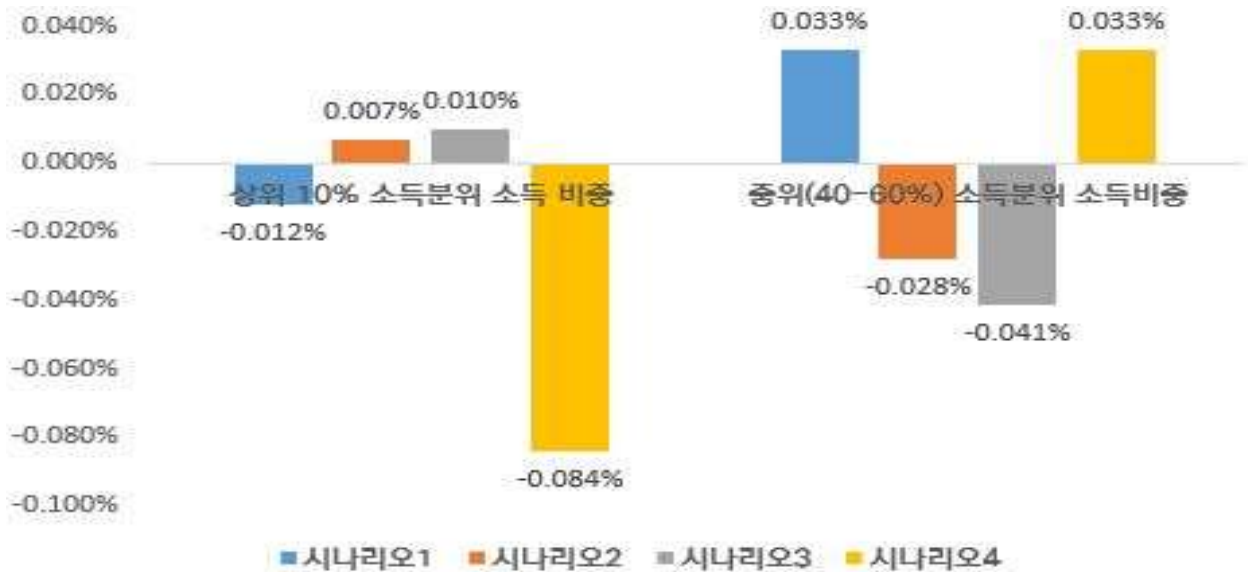


(a) 고숙련 노동자의 숙련 프리미엄



(b) 숙련 노동자의 숙련 프리미엄

< 기준안 시나리오 대비 설계 시나리오 별 상위 10% 및 중위(40-60%) 소득분위 소득 비중 변화(단위: %p, 2030년도 기준) >



4. 결론

□ 요약과 시사

- SW가 전 산업에서 차지하고 있는 비중은 비록 작더라도 향후 국내의 하락하는 노동생산성과 산업경쟁력을 제고할 수 있는 매우 중요한 생산요소라는 점을 확인할 수 있었으며, 과거 Solow의 생산성 역설에 SW가 답을 줌
- 또한, 2014년 기준으로 2030년까지 다른 조건은 동일하게 유지하면서 SW자본투자 수준을 높인 경우 미래 GDP 성장에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있었음
- SW자본투자가 노동과 소득에 미치는 영향을 살펴보면, SW자본 투자 수준이 높아지면 총 노동 수요는 기준안 대비 증가하지만, 숙련도에 따른 노동수요 변화를 살펴보면 양극화가 심화될 수 있음을 시사함
 - 중숙련 노동에 대한 수요는 거의 늘지 않고, 숙련 프리미엄 또한 감소함을 알 수 있으며, 이에 따라 중간 계층의 가계 소득분위의 비중이 더욱 감소하므로 숙련 프리미엄의 효과를 고려했을 때 교육에 투자하여 노동자들의 숙련도를 향상시킬 필요가 있음
 - SW자본투자를 기준안보다 늘리게 되면 고숙련 노동자의 숙련 프리미엄은 저숙련 노동자의 숙련 프리미엄보다 훨씬 가파르게 증가하여, 고숙련과 저숙련 노동자의 임금 격차 수준이 SW자본투자가 늘어남에 따라 커지게 됨
 - 교육투자를 SW자본투자와 동시에 증대시키면, 상대적으로 고숙련 노동의 공급이 원활하게 이뤄지고, 더 높은 경제성장 효과를 도모하면서도 소득 분포도 고르게 나타남을 확인할 수 있었음

□ 연구의 한계와 향후 과제

- 성장회계에 대한 연구는 SW자본의 경제성장 및 생산성 기여도를 살펴봤으나 산업별 추가적 분석이 필요함
- 연산일반균형을 활용한 연구에서는 모형의 강건성을 다음과 같은 측면에서 확인 필요
 - 해외 실증연구에서 추정한 대체탄력성 수치를 바탕으로 생산구조를 묘사했는데, 이 수치를 변화시켜가며 민감도 분석을 진행할 필요가 있음
 - 숙련 노동의 유형을 수행 과업(Task)기반으로 세분화하면 보다 상세하고 현실을 반영한 묘사가 가능할 것
 - 기준안 시나리오가 국내 장기 경제전망치와 유사한 패턴을 따르는지도 확인이 필요
- SW자본투자와 더불어 교육에 대한 투자를 병행하되 이 중에서 특히 중숙련 노동자층의 고숙련 노동자로의 이동을 지원할 수 있는 구체적 정책개발과 추가 연구가 필요함

SUMMARY

1. Purpose and Significance of the Research

□ Research Background

- In the advent of the fourth industrial revolution era, SW has been attracting attention as an important input capital of the national economy that causes the innovation of processes, products and services in all industries.
- SW has contributed to economic growth as one of the input capital through the period of “digitization → digitalization → digital transformation”, and the share of SW in the domestic economy steadily increases.
- There have been a number of studies on the effects of SW investment on economic growth and productivity growth since the 1980s abroad, but in Korea, it is difficult to find this kind of quantitative research.
- Although SW investment improves productivity, it is expected to cause dysfunctions such as polarization of employment structure and income structure. Therefore, negative ripple effect also needs to be quantitatively estimated.
- In order to increase the investment of SW to make innovation as a growth engine and to minimize the social confusion, it is necessary to quantitatively estimate the ripple effects and establish a policy investment and preventive response system.

□ Composition of Research

- (Introduction) Explains the background of research and outlines the structure and flow of research
- (Review of existing literature) Reviews existing researches on the effects of SW investment on economic growth and its dysfunction.
- (Method of analysis) Analyzes the economic ripple effects of SW investment by using the long-term historical data, and estimate the ripple effects and dysfunctions that SW will have on economic growth in the future by simulating the computational general equilibrium model.
- (Analysis Data) Growth accounting methodology is based on the World KLEMS data, which is capital, labor, energy, intermediary, and service data of global industry,

and the computational general equilibrium methodology is based on the social accounting matrix that breaks down the software.

- (Analysis results) Examines the economic ripple effect of SW investment in terms of labor productivity and economic growth contribution. Also analyzes the prospects of economic growth and the negative impacts on the employment and income structure by SW investment scenarios, and then estimates the effect of policy combinations to resolve those negative impacts.
- (Conclusion) Summary, implications, limitations of research and future challenges are presented.

2. SW Capital and Economic Ripple Effect

□ Growth Accounting

- (Change in labor productivity) Labor input can be segmented into quantitative and qualitative factors. It is possible to complete the formula to calculate labor productivity by dividing the production function by the total working hours and calculating the difference between the two periods.
- (Change in capital productivity) The capital type is divided into SW and non-SW, and the total amount of the various types of capital services is calculated and expressed in consideration of the inherent technological development.
- (Change in total output) Contribution-by-factor is calculated based on change in total value added or change in total output, and production function includes labor, capital, and intermediate goods when production is final production.
- (Quality Adjustment) In the case of capital goods that show continuous improvement in performance like SW, price index quality adjustment is needed to compare the prices of goods of the same quality. Quality adjustment measures the change in spending required to purchase the same quantity of products of the same quality, regardless of time.

□ World KLEMS

- A set of data on industrial capital, labor, energy, intermediary goods and services of EU, BRICs, Asia and South American countries, which are constructed as a unified

standard for comparing and evaluating changes in economic growth, productivity and competitiveness among nations.

- When we look at KLEMS data of Korea, the total output shows an average annual growth rate of 10% in the latter half of 1980s, but then the growth rate decreases and the value added growth rate is also the same.
- The main factors of growth during the 1970s and 1990s are the increase in capital and labor inputs, and the growth of these primary factors has been slowing since 2000, and the labor input has been declining since the late 2000s.
- World KLEMS divides capital goods into 11 types, but only 8 types are counted in Korea, and SW has a rapid increase rate compared to other types of capital.
- By providing highly detailed data on labor input types such as working hours and wages, it is possible to observe changes in the overall labor input distribution.

□ Analysis Result

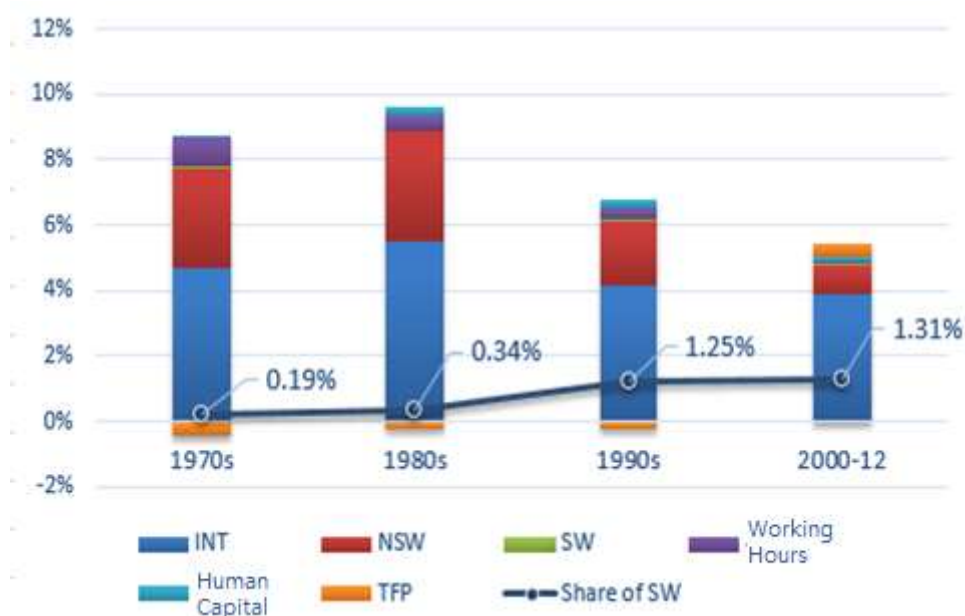
- Since the 1980s, when labor productivity has fallen sharply, the contribution of SW capital has risen from 0.97% to 4.14% in the 1990s and about 4.71% of total labor productivity in the 2000s.

< the contribution of SW capital to labor productivity of Korea
by period(Quality Adjustment is not applied) >



- The contribution of SW capital goods to the total production growth rate by period increased from 0.19% in the 1970s to 1.31% in 2000-2012. Considering the share of SW capital goods in total production and the share of SW industry in total production, these figures are encouraging.

< the contribution of SW to the total production growth rate(Quality Adjustment is not applied) >



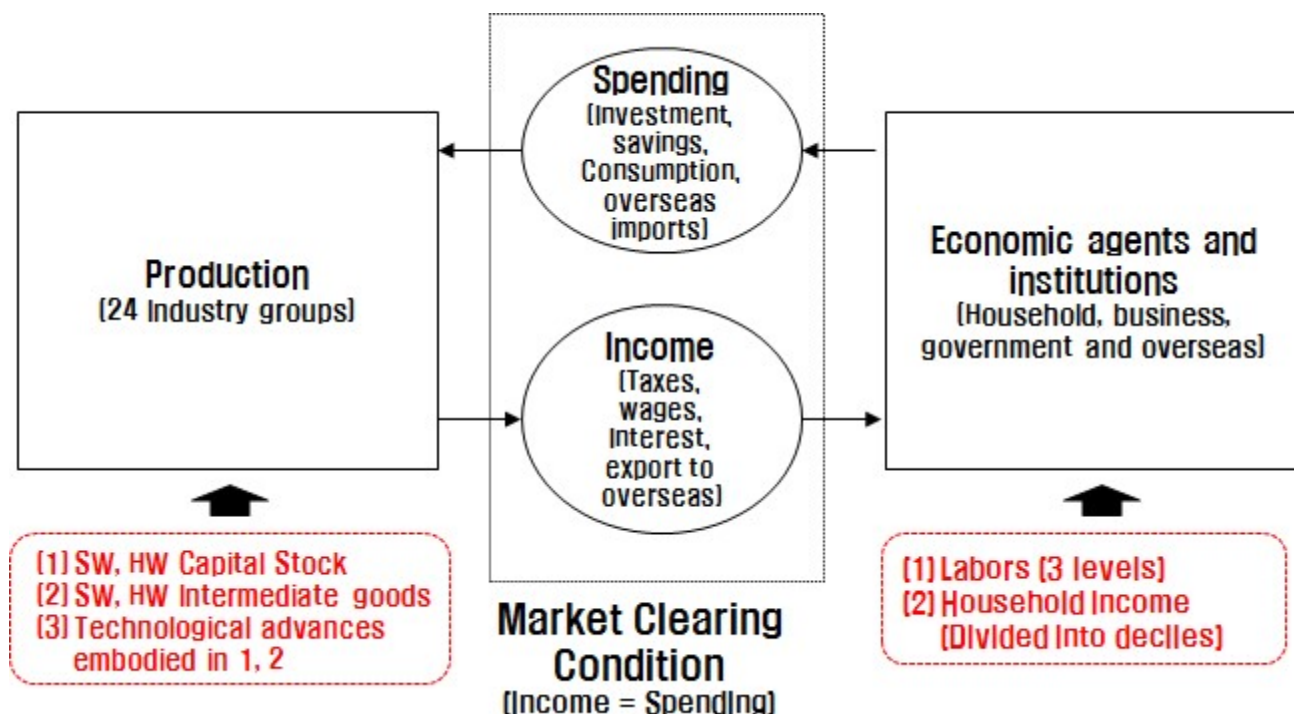
3. Economic growth prospects and negative ripple effect due to SW investment

□ Computational General Equilibrium Model(CGE Model)

- (Standard CGE Model) By modeling the economic activities of economic agents, it is possible to find the initial equilibrium point by deriving the appropriate solution through the nonlinear simultaneous equations by explicitly considering the various sectors in various dimensions, and to find and compare the new equilibrium points by reflecting the institutional change scenarios.
- (SW CGE Model) In the standard model, SW capital is additionally considered in the production factor, SW capital investment is included in the investment sector, and technical progress embodied in the SW capital of the industry according to the SW capital investment and technological progress embodied in the SW intermediate

material are included.

< Concept of SW CGE Model >



□ SW Social Accounting Matrix

- The social accounting matrix is a table showing the transaction amount of all accounting account items of a national economy during a specific period. It is a table showing the flow of production, consumption and accumulation activities. This table shows the state of the base year economic system of the CGE model of operations.
- The SW specialization social accounting matrix capitalizes the investment in ICT capital (SW + HW) and adds the ICT capital stock to the factor of production so that it can analyze its economic effect when the accumulated ICT capital stock is input into the production factor, adding an ICT capital formation account from the investment.
- In order to capture changes in the employment and income structure through policy experiments, the labor sector is divided into three categories based on education level (low skill, middle skill, and high skill), and the household sector is divided into ten categories.

< The Structure of SW Specialization Social Accounting Matrix >

division		production activities		production factor				institution			investment			tax			overseas division		total
		Domestic goods	Import goods	Labor	Capital	SW Capital	HW Capital	House hold	Firm	Gov.	Fixed capital	SW Capital	HW Capital	Indirect tax	Corporate tax	Income tax	Export	Import	
production activities	Domestic goods	24*24						24*10		24*1	24*1	24*1	24*1				24*1		
	Import goods	24*24						24*10		24*1	24*1	24*1	24*1						
production factor	Labor	3*24																	
	Capital	1*24																	
	SW Capital	1*24																	
	HW Capital	1*24								1*24									
institution	Household			10*3	10*1	10*1	10*1												
	Firm				1*1	1*1	1*1												
	Gov.							1*10	1*1		1*1								
invest ment	Fixed capital formation							1*10											
	SW Capital																		
	HW Capital																		
tax	Indirect tax																		
	Corporate tax																		
	Income tax							1*10											
	Customes		1*24																
overseas division	Export																		
	Import		1*24																
Total																			

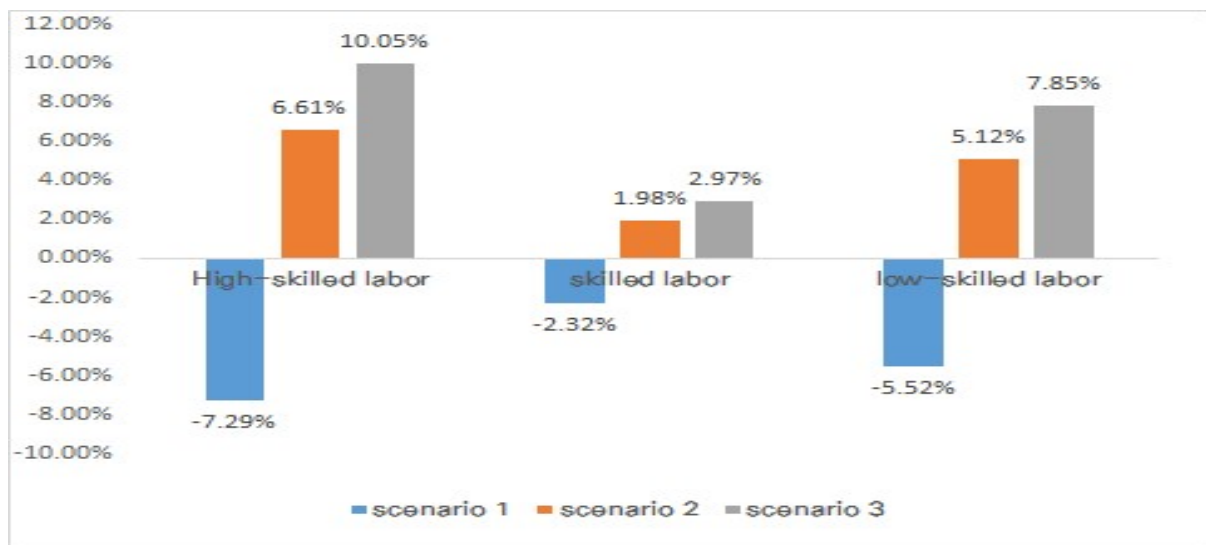
☐ Analysis Result

- (Policy scenarios) Policy scenario 1 (SW investment intensity is 0.65%), policy scenario 2 (0.85%) and policy scenario 3 (0.90%) together with the Business as Usual scenario (0.75%) that assumes no change in external policy until 2013 from the base year of 2014
- (Economic growth prospects) Scenario 1 showed the lowest annual average GDP growth rate (1.69%), and scenario 3 had the highest average annual GDP growth rate (2.55%).
- (Employment structure prospects) If the level of SW investment is high, the total demand will increase and create more jobs, but if we look at the types of labor, the polarization of labor demand may accelerate.

< Changes in Total Labor Demand by Scenario(Unit:%) >

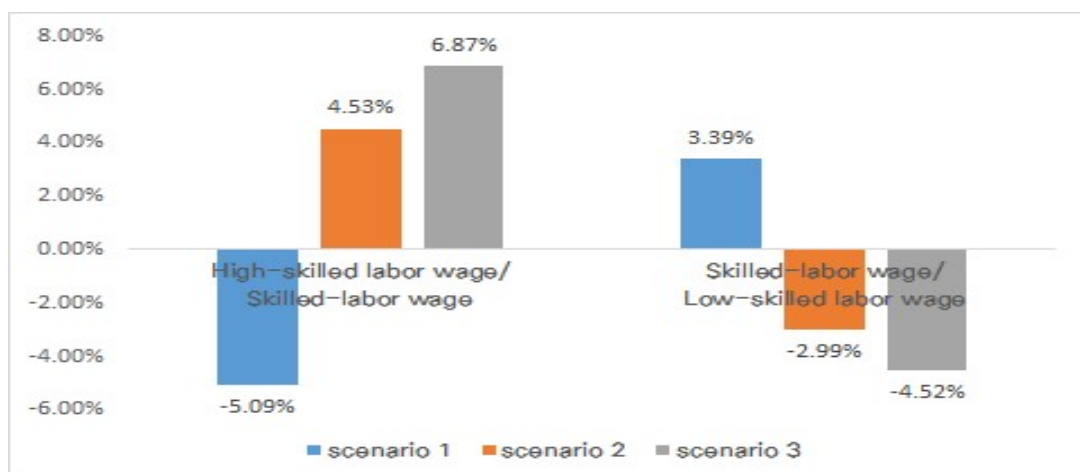
Scenario	BAU	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Total labor demand level compared to BAU	–	–4.63%	4.21%	6.42%

< Change in Demand for Labor Type by Scenario
in comparison with BAU Scenario >



- (Change in wage gap) Looking at the changes in the wage gap between workers by scenario, the relative demand for high skilled workers is caused more and the wage increases, but the relative demand of the skilled workers increases to the lowest level, resulting in a decrease in skill premiums.

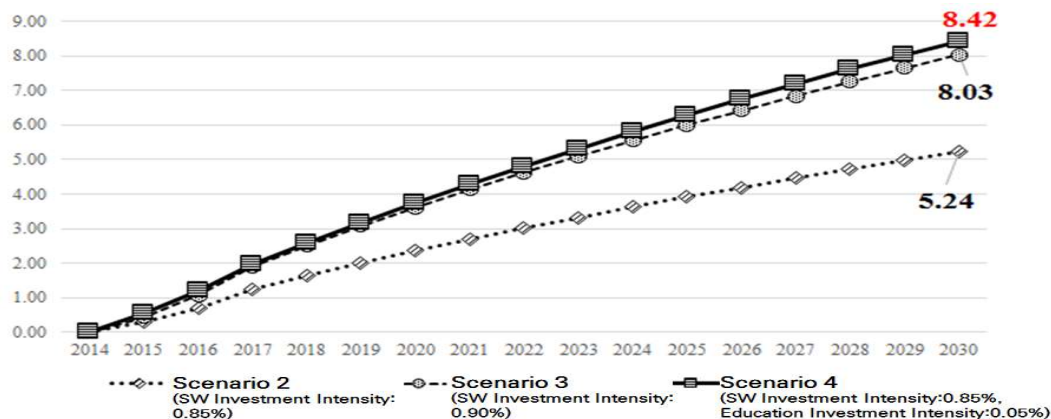
< Wage gap level by scenario compared to BAU scenario >



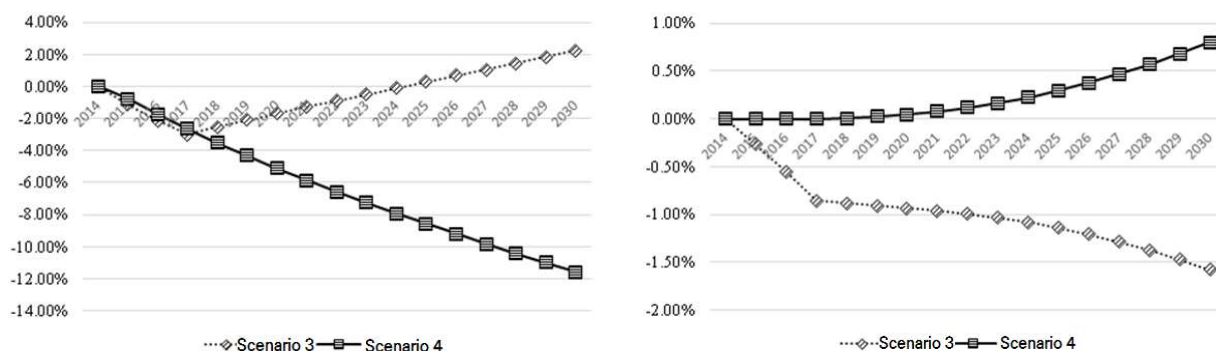
- (Combined with education investment) Assuming scenario 4 (SW investment intensive

0.85%, education investment intensive 0.05%) in parallel with education investment to mitigate the polarization of labor demand and employment / income structure, economic growth is the highest and income distribution is more even.

< GDP level by scenarios compared to BAU scenarios (Unit:%) >



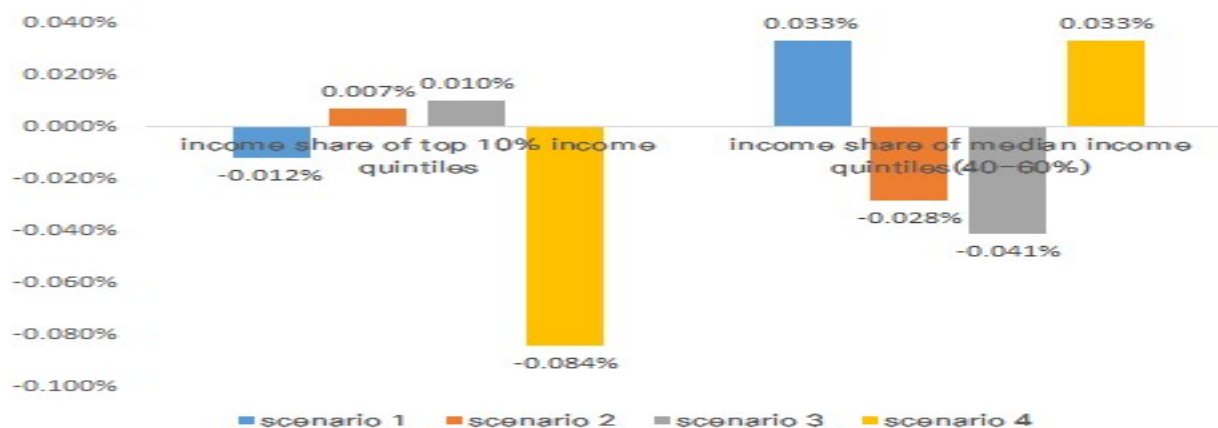
< Skill premium level of Scenarios 3 and 4 compared to Scenario 2 (Unit:%) >



(a) Skill premium of high-skilled labor

(b) Skill premium of skilled labor

< Change in income share of the top 10% and median (40–60%) income brackets for each scenario versus BAU scenario(unit:% p, based on 2030) >



4. Conclusion

□ Summary and Implications

- SW is a very important factor in improving labor productivity and industrial competitiveness in Korea, even though it is small, and SW has given an answer to Solow's productivity paradox in the past.
- We also found that, from 2014, other conditions remain the same by 2030, but if we increase SW capital investment, it will have a positive impact on future GDP growth.
- The impact of SW capital investment on labor and income shows that as the level of SW capital investment increases, the total labor demand increases compared to the BAU scenario, but when we look at the changes in labor demand according to proficiency, it suggests that polarization can intensify.
 - It can be seen that the demand for skilled labor hardly increases and the skilled premium also decreases. As a result, the proportion of the household income brackets in the middle class is further reduced. Considering the effects of skilled premiums, it is necessary to invest in education to improve the proficiency of workers.
 - If the SW capital investment is increased beyond the BAU scenario, the skill premium of high-skilled workers will increase much more rapidly than the skilled premium of low-skilled workers, and the wage gap of high skilled and low skilled workers will increase as SW capital investment increases.
 - If education investment is increased at the same time as SW capital investment, it can be seen that the supply of relatively high-skilled labor is smoothly carried out, and income distribution is evenly distributed while promoting higher economic growth effect.

□ Limits and Future Tasks of Research

- Research on growth accounting has examined the economic growth and contribution of productivity of SW capital, but needs further analysis by industry.
- In the study using the SW CGE model, the robustness of the model should be confirmed in terms of the following :
 - We have described the production structure based on the elasticity of elasticity estimated from overseas empirical studies, and it is necessary to carry out the

sensitivity analysis by changing this value.

- If the type of skilled labor is subdivided on the basis of task, it will be possible to describe more detailed reality.
- Need to ensure that the BAU scenario follows a pattern similar to the domestic long-run economic forecast.
- o In addition to SW capital investment and investment in education, there is a need for further policy development and further research, in particular, to support the shift of middle-skill workers to high-skilled workers.

CONTENTS

CHAPTER 1 Introduction	1
CHAPTER 2 Literature Review	5
CHAPTER 3 Analytical Methods of Research	13
CHAPTER 4 Analysis Data	32
CHAPTER 5 Analysis Results	47
CHAPTER 6 Summary and Implications	60

제1장 서론과 연구의 구성

제1절 서론

SW는 산업의 생산 공정을 향상시키고, 제품과 서비스혁신을 유발하여 생산성과 경제성장을 견인하는 국가경제의 주요한 투입자본이다. 그간 우리 경제의 성장은 다양한 생산요소의 투입을 통해 달성됐다고 할 수 있다. 예를 들어 1980년대 경제는 노동자본의 투입으로 이뤄졌다. 산업 구조가 농업에서 공업 중심으로 전환되면서 대량의 저임금 유희노동이 노동시장에 투입되면서 생산량이 늘고 이를 통해 자본을 축적했다. 이때 부족한 기술력은 선진국과의 국제 분업 구조 속에 주문자 상표 부착 생산(OEM, Original Equipment Manufacturer) 형태로 편입해 이전받으면서 메꿀 수 있었다. 한편 1990년대를 거치면서는 그간 축적된 물적 자본의 투입을 통해 OEM을 넘어 과감한 연구개발에 뛰어들고, 자체 브랜드를 확보하면서 경제성장을 지속했다.

최근 4차 산업혁명 시대의 도래와 함께 국가 경제를 견인하는 새로운 투입자본으로서 SW가 주목받고 있다. SW는 문서나 자료를 디지털로 전환하는 전산화(Digitization) → 기업과 정부의 프로세스를 새롭게 정의하는 정보화(Digitalization) → 산업구조와 조직 그리고 역량의 구조적인 변화를 일컫는 디지털 전환(Digital Transformation)의 시기를 거치면서 투입자본으로서 경제성장에 기여하고 있다.

국내 경제에서 SW가 차지하는 비중은 꾸준히 증가하고 있으나 「SW투자」가 경제성장과 생산성 증가에 미치는 영향을 정량적으로 파악한 연구는 이뤄지지 않았다. 한편 해외에서는 1980년대 이후부터 HW를 포함한 ICT 자본이 경제성장에 미치는 영향과 생산성에 기여하는 비중에 대한 연구가 진행되어 왔는데 대표적으로 Shapiro(2014)는 SW가 미국의 총생산 증가와 노동생산성 증가에 미치는 영향을 분석하고, 경제성장에서 SW자본투자가 가지는 효과와 중요성을 밝히기도 했다.

SW자본투입은 생산성 향상과 더불어 일자리 대체와 소득양극화와 같은 역기능을 유발하기도 할 것으로 예상된다. SW를 중심으로 한 ICT 기술의 발전은 자동화를 통해 생산 및 경영구조를 변화시키는데, AI, 로봇에 의해 일자리가 대체되면서 노동시장이 재편될 것으로 예상된다. 세계경제포럼(2016)에서도 ICT 기술의 발전에 따라 노동 시장 붕괴 뿐 아니라 기술 격차가 확대되고, 계층·국가·지역 간 불균형을 초래하는 등 위기 요인이 확산될 것으로 전망하였다. 따라서 SW자본투자의 확대에 따른 사회적 혼란을 최소화하고 혁신주도성장의 동력으로 삼기 위해, SW자본투자의 긍·부정적 파급효과를

정량적으로 추계하여 정책적 투자 또는 예방적 대응 체계를 마련할 필요가 있다.

이 연구는 ICT자본 투자 중 특히 SW투자가 우리나라의 생산성 및 경제성장에 기여한 정도를 분석하고, SW자본투자로 인해 촉발되는 역기능과 그 해소 방안을 살펴 본 후, 시사점을 도출하고자 한다.

제2절 연구의 구성

먼저 SW자본투자에 따른 경제성장 및 긍정적 파급효과에 관한 기존 문헌을 고찰하고, 연구의 분석 방법을 논한다. 이는 크게 과거 장주기 데이터를 바탕으로 성장회계 방법론을 통해 SW가 경제성장에 미치는 파급 효과의 변화 추이를 분석하는 것과, 현실과 가깝게 모사된 연산일반균형모형으로 다양한 SW투자 시나리오에 따른 미래 경제성장 전망과 역기능을 추정해 보는 것으로 나뉜다. 성장회계에 활용된 데이터는 국가 간 경제성장과 생산성, 경쟁력 등의 변화를 비교·평가하기 위해 글로벌 기준으로 구축된 산업별 자본, 노동, 에너지, 중간재, 서비스에 대한 World KLEMS의 자료이다. 다음으로 연산일반균형모형 시뮬레이션에 활용된 데이터는 한국은행의 산업연관표, 국민소득계정 등과 기타 글로벌 데이터를 바탕으로 SW분야를 세분화하여 일관되게 구축한 사회계정행렬이다. 그 결과, SW투자의 경제적 파급효과를 노동생산성과 경제성장 기여도 측면에서 기술했고, SW투자에 따른 경제성장 전망과 고용·소득 구조에 미치는 부정적 파급효과를 살펴보고 이에 대응하는 정책 방안의 효과 또한 추정했다. 이후 결론에서는 요약 및 시사, 연구의 한계점과 향후과제를 제시하여 마무리 짓는다.

[그림 1-1] 연구의 구성



제2장 기존문헌 고찰

제1절 시스템 관점으로 본 SW자본 투자의 경제적 파급효과

과거를 돌이켜 볼 때, 산업혁명은 인류의 전반적인 생산성을 비약적으로 발전시켜 왔지만 비인간적인 노동 시간의 증가나 아동 착취, 산업 재해, 대량 실업 등 다양한 부정적 파급효과를 가져오기도 하였다. 같은 맥락으로, 제 4차 산업 혁명의 핵심인 SW를 포함한 ICT 기술의 발전은 신산업의 등장을 촉발하고 타 산업의 혁신을 유발함으로써 새로운 성장 동력을 창출할 것이라 기대되지만, 산업향후 양극화 심화, 고용 문제 등 부정적인 효과도 야기할 것으로 전망되고 있다.

SW투자 및 SW산업의 성장에 따른 긍정적 효과를 규명하고자 한 기존 연구에서는 다양한 분석 대상 및 방법론을 통해 ICT, 또는 SW 투자의 효과를 파악하고자 했으나 대부분 단일 사례이거나 부분균형적 분석에 그쳤다. 아래 표를 보면 SW를 포함한 ICT 투자는 노동 생산성과 총요소생산성의 증대, 혁신의 발생 및 확산 등 다양한 효과를 창출하는 것으로 알려졌기에, 혁신 시스템 관점에서 이를 포괄하여 SW 투자의 긍정적 파급 효과를 살펴볼 필요도 있다.

<표 2-1> ICT, SW 투자의 긍정적 파급경로를 규명한 기존 연구

연구	주요 내용
Cette et al. (2005)	- ICT 기술의 확산의 효과를 단기적 효과와 장기적 효과로 구분 - 단기적 효과: 생산성의 임금 반영의 시차 효과를 통한 비용 절감 - 장기적 효과: 자본심화 및 총요소생산성 증대
Wang and Li (2017)	ICT의 발전을 통해 복잡성이 높고 R&D 집중한 산업의 비교 우위를 점유할 수 있음
Kumar et al. (2016)	ICT 도입에 따른 노동자 1인당 생산량의 증대 확인
Chung (2018)	- 소프트웨어산업 생산성 증대를 위한 투자의 산업 생산성 향상 효과 제시 - 단순 ICT 투자가 아닌 소프트웨어 산업 생산성 증대를 매개로 하여 생산성의 증대를 유도
Arvanitis(2013)	ICT 인력 수, ICT 인력의 역량, ICT 사용자 수 등의 Soft ICT 자본의 혁신 효과가 Hard ICT 자본의 혁신 효과에 비해 높음
Alderete (2017)	- 브로드밴드 투자의 간접적 효과 규명 - ICT 기술 및 역량에 관한 학습 프로세스 구축 - 고용 탐색, 고용 기회 창출, 생산성 증대, 소득 분배 개선 등

이를 위해, 기존 연구를 바탕으로 인과지도(Causal loop diagram)를 작성하여 SW투자에 따른 긍정적 파급효과의 경로를 시스템 관점으로 살펴보면 다음과 같다.

는 비중이 감소하고, 자본이 차지하는 비중은 증가하는 현상이다(Bentolila and Saint-Paul, 2003; Guerriero and Sen, 2012; Karabarbounis and Neiman, 2013). 특히 ICT 자본심화(ICT capital deepening) 현상은 ICT산업의 성장에 따라 ICT제품 가격이 하락하면서 이 산업에 대한 투자가 증대되는 현상이다. 한정된 자원 제약 조건 아래에서, 결국 ICT자본재와 다른 생산 투입 요소 간 대체가 일어난다고 볼 수 있는데, 인간의 노동이나 일반 자본재에 비해 더 효율적인 ICT설비 및 SW제품이 투입되면서 공정혁신이 일어나 생산 효율성이 높아진다는 것이다. 결국 인간의 노동을 ICT가, 정확히는 ICT자본재가 대체한다는 의미가 된다.

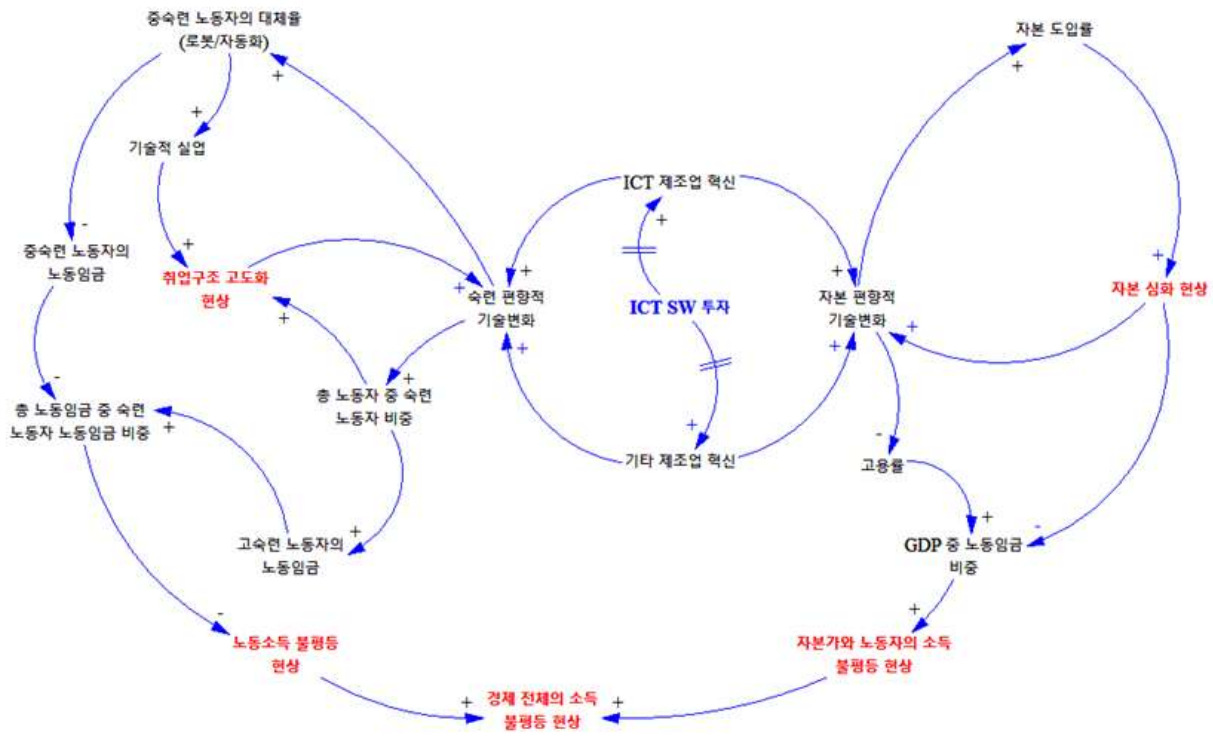
다음으로 숙련편향적 기술 변화라는 것은 경제가 발전하면서 숙련 노동자가 고용에서 차지하는 비중이 늘어나는 현상(Baccini and Cioni, 2010; Card and DiNardo, 2002; Krusell et al., 2000; Machin and Van Reenen, 1998)이다. 진보한 기술이 사회에서 활용되면서 신기술을 활용하기 위한 고급 기술인력(David et al., 1997; Haskel and Heden, 1999), 즉 숙련된 인력의 고용은 증가하는 반면 저숙련 인력은 고용이 줄어들고 임금이 낮아지는 것이다. Piva, Santarelli, and Vivarelli(2006)는 이탈리아 기계 산업을 분석하였는데 기술 변화가 일자리에 전반적으로 부정적인 영향을 미치며, 그 요인은 숙련편향적인 기술변화에 있음을 실증했다. 또한 Brenahan, Brynjolfsson, and Hitt(2002)와 같은 연구자들은 미국 기업 데이터를 활용하여 ICT기술의 확산이 숙련편향적 기술변화를 일으키는 주요 요인이라 주장했다.

앞서 언급한 것처럼 최근 들어 선진국에서 GDP에서 노동이 차지하는 비율인 노동분배율이 감소하고 있다. 여러 연구자들은 ICT산업의 발전과 SW활용의 확산으로 자본재의 상대가격이 감소하면서 자본투자가 늘어나고 노동 분배율이 감소하는 것이라고 분석하고 있다(Karabarbounis and Neiman, 2013; Brynjolfsson and McAfee (2014)). 결국 이러한 자본 편향적이지자 숙련편향적인 기술혁신으로 인해 기술적 실업이 증가하고, 일자리의 양극화가 심화되면서, 노동 소득이 감소하고, 소득 불평등이 심화될 가능성이 있다는 것은 부정할 수 없는 사실이다(Brynjolfsson and McAfee, 2014, 2012; Mallick and Sousa, 2015; Neiman and Karabarbounis, 2015; Goos et al., 2014; Autor and Dorn, 2013; Acemoglu and Autor, 2010).

이와 같이 SW자본 투자 확대에 따른 기술발전이 경제체제 내 부정적 효과가 있을 것이라고 경고하는 기존 연구에서는 주로 SW투자에 의한 임금격차의 발생을 지적한다. 이러한 고용구조 및 자본과 노동의 관계 변화는 임금 소득에 영향을 미쳐 사회 전체의 분배구조에 영향을 미치게 된다. 이와 같은 고용 구조의 양극화와 자본심화 현상을 매개로 한 분배양상의 변화를 도식화하여 표현한 것이 아래 인과지도이며,

소득 분배를 노동자간 소득 격차와 자본가와 노동자간 소득 격차로 구분하여 표현하였다.

[그림 2-2] SW투자의 부정적 파급효과 인과지도



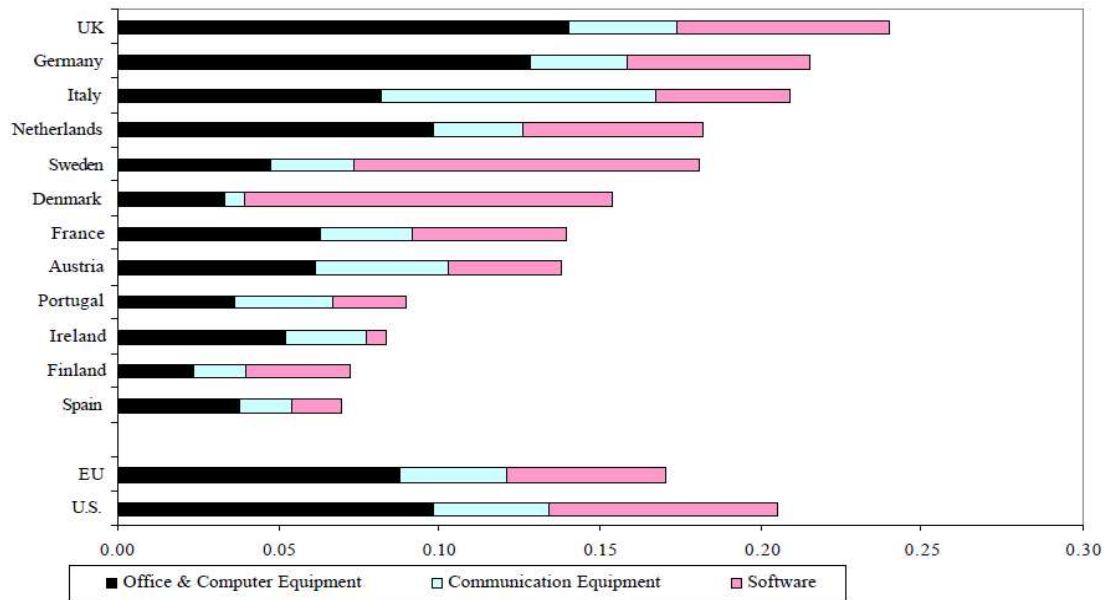
제2절 SW자본 투자의 경제성장 및 생산성 기여도

이 절에서는 ICT가 경제성장과 생산성 증가에 기여한 정도를 분석한 연구를 더 구체적으로 살펴보겠다. Van Art et al.(2002)는 ICT투자와 자본재가 유럽연합의 경제성장과 생산성 증가에 얼마나 기여했는지 분석하고 이를 미국의 경우와 비교하여 연구했다. 이 연구에서는 산재되어 있는 국가별 ICT 관련 자료를 취합하였다는 데에 의미가 있으며, 이 자료를 Harmonized 디플레이터 방법¹⁾을 통해 일관성 있게 통합했다. 분석의 결과는 아래 그림과 같은데 ICT 자본재가 경제성장에 기여하는 정도는 유럽 국가별로 차이가 크며 영국과 독일의 경우 미국보다 큰 수치를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 유럽 대부분의 국가는 미국에 비해 ICT가 경제성장에 기여하는 정도가 낮고 ICT 산업에서 타 산업으로 충분한 파급효과(spill-over)를 전달할 수 있는 경제적 환경도 조성되어 있지 않다고 지적한다. 이와 유사하게 Martínez et al. (2010)은 ICT가 미국의 경제성장에 기여한 정도를 분석했는데, 주목할 만 한 점은 자본재에 채화된 ICT를 통해 미국의 생산성 증가의 상당부분을 설명할 수 있다는 점을 밝혔다

1) 미국의 품질조정 가격지수를 기준으로 해당 국가의 물가를 반영하여 품질조정 가격지수를 추정하는 방법

것이다. 1980년부터 2004년까지 ICT 자본재는 노동 생산성 증가의 35%만큼 기여했으며, ICT 자본재 중에서도 HW는 노동생산성 증가의 25%정도를 설명할 수 있었다.

[그림 2-3] ICT자본재의 실질 GDP증가율에 대한 기여도(1995-2000, %p)



출처: Van Ark et al. (2002)

미국과 유럽 외 다른 국가에서도 ICT 자본재가 경제성장에 어떤 영향을 미치는지 분석하고자 하는 시도가 있어왔다. Molinari et al. (2013)은 1980년에서 2010년까지 미국을 비롯해 한국, 일본, 호주의 경제성장과 생산성을 비교했다. 이들 국가 모두에서 ICT 자본재가 경제성장에 유의미한 영향을 미치는 것으로 확인했다. 특이한 것은 호주, 일본, 미국의 경우 자본재의 축적이 경제성장의 중요한 요인이었으나, 우리나라의 경우 총요소생산성(TFP)의 증가가 경제성장에 중요한 요인으로 분석되었다. Vu (2013)은 싱가포르의 ICT의 경제성장 기여도를 분석했는데, 1990년에서 2010년 동안 ICT 제조업이 전체 GDP의 2~5%를 차지하고, 수출액의 30~50%를 차지하며, 경제성장에는 1%p만큼 기여했음을 밝혔다.

<표 2-2> 연평균 GDP와 노동생산성 증가율의 요인 분석(1990-2008)

(단위: %p)

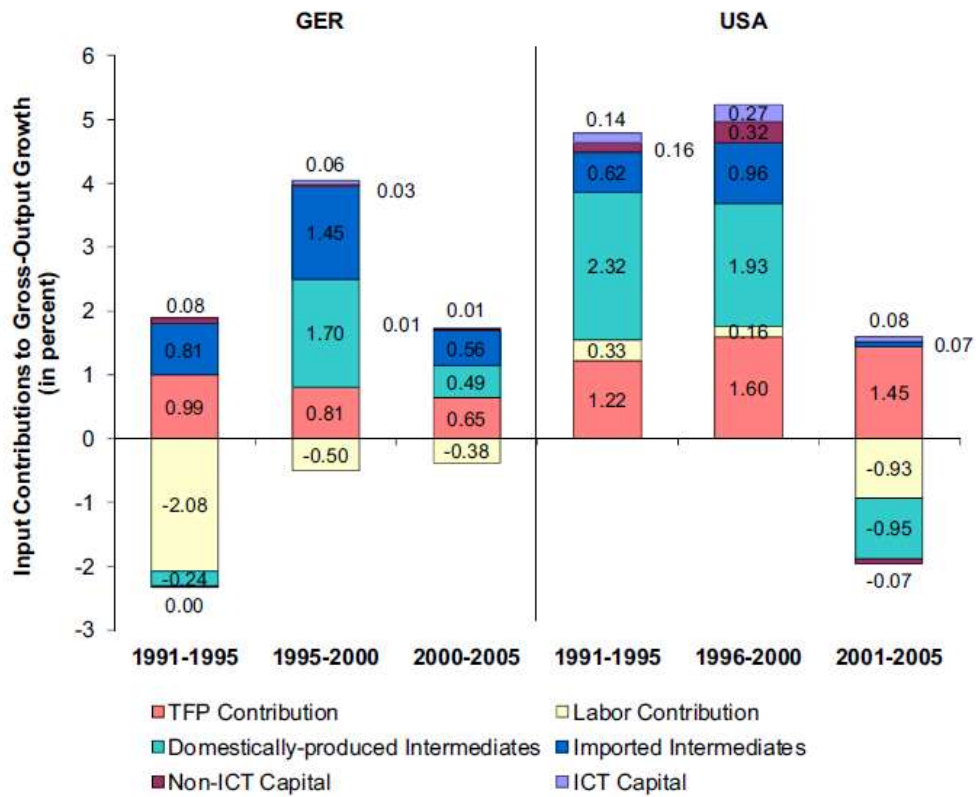
구분	기간			
	1990-08	1990-96	1996-02	2002-08
경제 성장				
GDP 증가율	6.2 (100)	8.1 (100)	4.0 (100)	6.4 (100)
자본 투입	3.6 (57.8)	4.5 (56.0)	3.5 (88.3)	2.7 (41.5)
ICT 자본재	1.0 (15.7)	1.0 (12.0)	1.1 (26.9)	0.9 (13.6)
Non-ICT 자본재	2.6 (42.1)	3.6 (44.0)	2.4 (61.4)	1.8 (27.8)
노동 투입	2.1 (33.8)	1.9 (24.1)	1.3 (32.4)	3.0 (46.9)
노동력의 질	0.3 (5.6)	-0.1 (-1.3)	0.2 (5.6)	0.9 (14.2)
근로 시간	1.7 (28.2)	2.1 (25.4)	1.1 (26.8)	2.1 (32.7)
총요소생산성(TFP)	0.5 (8.3)	1.6 (19.9)	-0.8 (-20.7)	0.7 (11.6)
노동 생산성				
노동 생산성 증가율	2.8 (100)	4.3 (100)	2.0 (100)	2.3 (100)
자본재 증가(capital deepening)	2.0 (69.7)	2.8 (64.7)	2.6 (129.9)	0.6 (26.3)
ICT 자본재	0.8 (28.1)	0.8 (18.9)	1.0 (49.4)	0.6 (26.4)
Non-ICT 자본재	1.2 (41.7)	1.9 (45.7)	1.6 (80.5)	-0.004 (-0.2)
노동력의 질	0.3 (12.1)	-0.1 (-2.5)	0.2 (11.2)	0.9 (40.6)
총요소생산성(TFP)	0.5 (18.1)	1.6 (37.8)	-0.8 (-41.0)	0.7 (33.2)

출처: Vu (2013) → 출처 확인 필요

주: 괄호 안의 수는 경제성장 및 노동생산성 증가율에 대한 기여율(%)

Edquist and Henrekson (2017)은 스웨덴을 대상으로 연구했는데, 스웨덴의 47개 산업에 대해 성장회계와 계량분석을 통해 ICT와 R&D가 부가가치 증대에 0.9~1.5%p를 기여하는 것을 찾았다. Strobel은 독일을 대상으로 성장회계 방식을 활용하여 연구했는데, 이 연구는 ICT 자본뿐만 아니라 ICT 중간재를 포함하여 분석에 고려했다는 점이 기존 연구와의 차별점이다. 분석의 결과 독일의 경우 ICT 중간재가 경제성장에 중요한 역할을 했으나 미국의 경우 비ICT서비스와 ICT제품이 경제성장을 이끌었다는 점을 밝혔다.

[그림 2-4] 투입요소별 제조업의 총생산 증가에 대한 기여율



<표 2-3> 기존 관련 연구 요약

연구자	주요내용
Van Art et al.(2002)	ICT투자자 자본재가 유럽의 경제성장 기여도를 분석하고 미국과 비교
Martínez et al. (2010)	ICT자본재가 미국의 경제성장과 노동생산성 향상에 기여도를 분석
Molinari et al. (2013)	미국, 한국, 일본의 경제성장과 생산성을 비교하고, ICT자본재가 경제성장에 미치는 요인을 실증
Vu (2013)	싱가포르의 경제성장에 ICT기여도를 분석
Edquist and Henrekson (2017)	스웨덴의 부가가치 증대에 ICT와 R&D의 기여도를 분석

제3장 연구의 방법론

제1절 성장회계

생산성 증가율에 대한 추계방법은 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 생산함수를 가정하고 이 생산함수를 실제통계량을 사용하여 계량적으로 추정하는 방법이고, 둘째는 성장회계(growth accounting, Jorgenson & Criliches, 1967)라고 불리는 것으로, 생산함수를 단순히 산출성장에 대한 요인별 기여도를 계산하기 위한 회계양식으로 활용하는 방법이다.

1. 노동생산성 변화 분석

성장회계분석을 통해 노동생산성의 변화 원인을 찾아낼 수 있으며, 이를 위해 다음과 같은 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 형태의 생산함수를 가정할 수 있다.

$$V_{i,t} = A_{i,t}^V L_{i,t}^{\alpha_{i,t}^L} K_{i,t}^{\alpha_{i,t}^K}, \quad i=1, \dots, N$$

여기서 $V_{i,t}$ 는 시점 t 에서 산업 i 의 부가가치를 의미하고, $A_{i,t}^V$ 는 외생적인 총요소생산성(Hicks-neutral TFP), $L_{i,t}$ 는 노동투입(labor service), $K_{i,t}$ 는 자본투입(capital service)를 의미한다. 또한, $\alpha_{i,t}^L$ 과 $\alpha_{i,t}^K$ 는 각각 노동소득분배율과 자본소득분배율을 의미하는데, 부가가치는 일반적으로 본원적 투입요소인 노동과 자본으로부터 발생하므로 둘의 합은 1이 된다($\alpha_{i,t}^L + \alpha_{i,t}^K = 1$).

생산함수를 총 근로시간($L_{i,t}^H$)으로 나누고 로그를 취하여 다음과 같은 통퀴스트(Törnqvist) 생산성 지수를 유도할 수 있다. 여기서 노동투입($L_{i,t}$)은 총 근로시간($L_{i,t}^H$)과 노동력의 질($L_{i,t}^Q$)로 구분할 수 있다($L_{i,t} = L_{i,t}^H \cdot L_{i,t}^Q$). 즉, 노동투입은 양적인 요인과 질적인 요인으로 구분이 가능하며, 생산함수를 총 근로시간으로 나눈 후, 두 기간(시점 t 와 $t-1$) 동안의 차이를 계산하면 다음과 같이 표현이 가능하다.

$$\Delta \ln \left(\frac{V_{i,t}}{L_{i,t}^H} \right) = \overline{\alpha_{i,t}^K} \Delta \ln \left(\frac{K_{i,t}}{L_{i,t}^H} \right) + \overline{\alpha_{i,t}^L} \Delta \ln (L_{i,t}^Q) + \Delta \ln A_{i,t}^Q$$

여기서 좌변은 노동생산성(ALP: Average Labor Productivity)을 의미하고, 우변의

첫째항은 노동투입대비 자본투입량의 변화를 의미하며(capital deeping), 우변의 둘째항과 셋째항은 각각 노동의 질적인 변화와 생산요소에 중립적인 총요소생산성을 의미한다. 여기서 가중치 $\overline{\alpha_{i,t}^K}$ 와 $\overline{\alpha_{i,t}^L}$ 는 두 기간 동안의 자본 및 노동소득 분배율의 평균값을 의미하는데, 이러한 표현 방식은 트랜스-로그 집계함수(trans-log aggregator functions)에 기초하고 있으며, 불연속적인 기간 동안 투입변수들의 양적 변화를 나타낸다.

$$\overline{\alpha_{i,t}^K} = \frac{1}{2}(\alpha_{i,t-1}^K + \alpha_{i,t}^K)$$

$$\overline{\alpha_{i,t}^L} = \frac{1}{2}(\alpha_{i,t-1}^L + \alpha_{i,t}^L)$$

노동투입의 질적인 변화는 총 노동투입을 구성하는 요소들 간의 비중의 변화를 의미하는데, 총 노동투입은 두 기간 동안 노동유형 l 이 총 노동비용에서 차지하는 비중의 평균값을 의미함하며, 가중치를 $\overline{\omega_{l,i,t}}$ 로 나타내면 다음식과 같다. 또한 이 식을 두 기간 동안 노동투입의 변화가 질적인 변화(또는 구성비의 변화, $\Delta \ln(L_{i,t}^Q)$)와 양적인 변화(총근로시간의 변화, $\Delta \ln(L_{i,t}^H)$)로 구분할 수 있음을 보인다.

$$\begin{aligned}\Delta L_{i,t} &= \sum_l \overline{\omega_{l,i,t}} \Delta \ln(L_{l,i,t}^H) \\ &= \sum_l \overline{\omega_{l,i,t}} \Delta \ln\left(\frac{L_{l,i,t}^H}{L_{i,t}^H}\right) + \Delta \ln(L_{i,t}^H) \\ &= \Delta \ln(L_{i,t}^Q) + \Delta \ln(L_{i,t}^H)\end{aligned}$$

2. 자본 생산성 분석

위와 같은 노동생산성 분석과 마찬가지로, 자본도 유형별로 구분한다면, 성장에 미치는 영향을 개별적으로 분리해낼 수 있다. 자본 유형을 SW와 비SW자본으로 구분하면 다음과 같다.

$$\Delta \ln(K_{i,t}) = \sum_k \overline{\omega_{k,i,t}} \Delta \ln(K_{k,i,t}) = \overline{\omega_{SW,i,t}} \Delta \ln(K_{SW,i,t}) + \sum_{k' \in NSW} \overline{\omega_{k',i,t}} \Delta \ln(K_{k',i,t})$$

가중치 $\overline{\omega_{k,i,t}}$ 는 두 기간 동안 자본유형 k 가 총자본비용에서 차지하는 비중의 평균값을 의미한다.

그런데 여기서 자본재는 단순한 자본 스톡(capital stock)이 아니라 자본 서비스(capital service)를 의미하며, 자본 서비스는 투입된 다양한 유형의 자본에 대한 총체적 양을 의미한다. 먼저 모든 자본재는 감가상각(δ_k)을 고려한 전기의 자본스톡에 현재의 투자액을 누적하는 방식으로 누적되어 스톡(s)을 형성하며, 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$S_{k,i,t} = (1 - \delta_{k,t})S_{k,i,t-1} + I_{k,i,t}$$

자본서비스(K)는 다양한 유형의 자본스톡에 대한 가중 합으로 표현할 수 있다.

$$\Delta \ln K = \ln K_t - \ln K_{t-1} = \sum_k \overline{v_{k,t}} (\ln S_{k,t} - \ln S_{k,t-1})$$

여기서 가중치는 전체에 대한 자본스톡과 대여비용($p_{k,t}$)의 곱의 비중으로 나타낸다.

$$\overline{v_{k,t}} = \frac{1}{2} (v_{k,t} + v_{k,t-1}), v_{k,t} = \frac{p_{k,t} S_{k,t}}{\sum_k p_{k,t} S_{k,t}}$$

여기서 대여비용은 자본투자에 대한 수익률(i_t), 감가상각(δ_k), 가격변화율($p_{k,t}^I - p_{k,t-1}^I$) 등에 영향을 받으며 다음과 같은 기본적인 자본가격식으로부터 도출할 수 있다.

$$p_{k,t} = p_{k,t-1}^I i_t + \delta_k p_{k,t}^I - (p_{k,t}^I - p_{k,t-1}^I)$$

앞서 제시한 노동생산성에서 투입된 자본재에 내재된 기술 발전까지 고려한다면, 자본재의 양적인 변화와 질적인 변화의 기여도를 구분하여 판별할 수 있다. 기술 발전을 고려한 자본재를 $K_{k,i,t}^*$, 고려하지 않은 자본재를 $K_{k,i,t}$ 라고 하면, 다음과 같이 표현이 가능하다.

$$\begin{aligned} \Delta \ln \left(\frac{V_{i,t}}{L_{i,t}^H} \right) &= \overline{\alpha_{i,t}^K} \sum_k \overline{\omega_{k,i,t}} \Delta \ln \left(\frac{K_{k,i,t}^*}{L_{i,t}^H} \right) + \overline{\alpha_{i,t}^L} \Delta \ln (L_{i,t}^Q) + \Delta \ln A_{i,t} \\ &= \overline{\alpha_{i,t}^K} \sum_k \overline{\omega_{k,i,t}} \Delta \ln \left(\frac{K_{k,i,t}^*}{K_{k,i,t}} \right) + \overline{\alpha_{i,t}^K} \sum_k \overline{\omega_{k,i,t}} \Delta \ln \left(\frac{K_{k,i,t}}{L_{i,t}^H} \right) + \overline{\alpha_{i,t}^L} \Delta \ln (L_{i,t}^Q) + \Delta \ln A_{i,t} \end{aligned}$$

위 식에서 알 수 있듯이, 우변의 투입자본과 관련된 항이 자본재의 질적인 변화와 양적인 변화로 인한 기여로 분리할 수 있다²⁾.

3. 총생산량 변화 분석

2) 투입자본의 기술 발전으로 인한 변화를 측정하는 실질적인 방법에 대해서는 총요소생산성 분석 부분에서 상세히 다루도록 하겠다

총생산량 분석은 노동생산성 분석을 위한 성장회계 방식과 유사하지만, 노동투입 단위당 생산량의 변화가 아니라 총부가가치의 변화 또는 총생산량의 변화를 기준으로 요인별 기여도를 산정하는 방식이다. 생산물을 부가가치가 아닌 최종생산재로 산정할 경우 생산함수에는 노동, 자본과 같은 본원적 투입요소 이외에도 중간재를 포함하여야 한다.

$$Y_{i,t} = A_{i,t}^Y L_{i,t}^{\alpha_{i,t}^L} K_{i,t}^{\alpha_{i,t}^K} X_{i,t}^{\alpha_{i,t}^X}, \quad i = 1, \dots, N$$

위 식의 $Y_{i,t}$ 는 시점 t 에서 산업 i 의 최종생산물이고, $K_{i,t}$, $L_{i,t}$, $X_{i,t}$ 는 각각 생산을 위해 투입되는 자본서비스, 노동서비스, 중간재를 의미한다. 앞선 노동생산성 분석 방법과 유사하게 위 식에 로그를 취하여 이전 시점($t-1$)과의 차이를 구하면 최종생산물의 변화와 해당 생산요소들의 기여를 분석할 수 있다.

$$\Delta \ln(Y_{i,t}) = \overline{\alpha_{i,t}^K} \Delta \ln(K_{i,t}) + \overline{\alpha_{i,t}^L} \Delta \ln(L_{i,t}) + \overline{\alpha_{i,t}^X} \Delta \ln(X_{i,t}) + \Delta \ln(A_{i,t}^Y)$$

여기서 $\alpha_{i,t}^K$, $\alpha_{i,t}^L$, $\alpha_{i,t}^X$ 는 총비용에서 자본, 노동, 중간재가 차지하는 비중을 나타내며($\alpha_{i,t}^K + \alpha_{i,t}^L + \alpha_{i,t}^X = 1$), 다음과 같이 나타낼 수 있다. 또한 여기서 $\overline{\alpha_{i,t}^K}$, $\overline{\alpha_{i,t}^L}$, $\overline{\alpha_{i,t}^X}$ 는 총비용에서 자본, 노동, 중간재가 차지하는 비중(cost share)의 두 시점 간 평균값을 나타낸다($\alpha_{i,t}^K + \alpha_{i,t}^L + \alpha_{i,t}^X = 1$).

$$\alpha_{i,t}^K = \frac{P_{i,t}^K K_{i,t}}{P_{i,t}^Y Y_{i,t}}, \quad \alpha_{i,t}^L = \frac{P_{i,t}^L L_{i,t}}{P_{i,t}^Y Y_{i,t}}, \quad \alpha_{i,t}^X = \frac{P_{i,t}^X X_{i,t}}{P_{i,t}^Y Y_{i,t}}$$

$$\overline{\alpha_{i,t}^K} = \frac{1}{2} (\alpha_{i,t-1}^K + \alpha_{i,t}^K)$$

$$\overline{\alpha_{i,t}^L} = \frac{1}{2} (\alpha_{i,t-1}^L + \alpha_{i,t}^L)$$

$$\overline{\alpha_{i,t}^X} = \frac{1}{2} (\alpha_{i,t-1}^X + \alpha_{i,t}^X)$$

자본, 노동, 중간재의 투입요소별로 다음과 같이 분리할 수 있는데, $\overline{\omega_{i,t}}$ 는 관측할 수 없는 집계된 투입요소(aggregation input)의 양(Törnqvist volume index)을 측정하는 데 사용되는 가중치로써 유형별 개별 요소의 두 기간에 걸친 비용 비중(cost share)의 평균을 나타낸다(Jorgenson et al., 1987).

$$\begin{aligned}\Delta \ln(L_{i,t}) &= \sum_l \overline{\omega_{l,i,t}^L} \Delta \ln(L_{l,i,t}) \\ \Delta \ln(K_{i,t}) &= \sum_k \overline{\omega_{k,i,t}^K} \Delta \ln(K_{k,i,t}) \\ \Delta \ln(X_{i,t}) &= \sum_x \overline{\omega_{x,i,t}^X} \Delta \ln(X_{x,i,t})\end{aligned}$$

4. 품질조정 방법

SW와 같이 지속적인 성능향상(ISTC: Investment-Specific Technological Change)을 보이는 자본재의 경우 동일 품질의 상품 가격을 비교하기 위해 가격지수를 통한 품질조정이 필요하다. 이에 대한 기본 개념은 시간에 관계없는 동일한 양과 질의 제품을 구매하는데 필요한 지출의 변화를 측정하는 것이다. 즉, 시간의 흐름에 따라 상품이 대체되었을 경우 신상품과 구상품간의 품질변화로 인한 차이를 제외하고 순수한 가격변화(=신상품가격-구상품가격-품질변화분)를 측정하는 방법이다.

가격지수의 품질조정은 다양한 방법이 존재한다. 간단한 방법으로는 가격차이가 모두 품질차이에 기인하는 것으로 보아 구상품과 신상품의 가격변동이 품질변화화분이라고 가정하는 접속법(linking method) 방법이 있다. 또는 품질 향상을 위해 추가로 소요된 생산비용을 품질변화의 크기로 보는 비용평가법(cost estimation method)도 존재한다. 또는 신제품과 구제품이 동시에 주력상품으로 판매되는 경우에 이 기간 동안의 판매가격의 차이가 품질차이라고 가정하는 오버랩(overlap) 기법도 존재한다.

기술혁신의 속도가 빠르고, 다양한 연관 기술 개발이 존재하여 투입된 가격을 정확히 파악하기 어려우며, 신제품과 구제품이 세대교체가 급격하게 일어나는 ICT 제품의 경우에는 접속법, 비용평가법, 오버랩 방법이 활용되기 어려우며 헤도닉(hedonic) 기법을 활용할 수 있다. 헤도닉 기법은 특정 제품에 대한 특성을 추출하여 특성별 잠재가격을 추정하여 제품의 특성 변화를 가격 변화로 정량화 시키는 방법이다. 예를 들어 컴퓨터 제품의 품질을 결정짓는 특성은 CPU의 속도, 하드디스크 용량, RAM의 용량이라고 가정하면 이 특성을 바탕으로 다음과 같이 헤도닉 가격 함수를 추정할 수 있다.

$$P_i = \alpha_0 + \beta_1 CPU_i + \beta_2 RAM_i + \beta_3 HARD_i + \epsilon_i, i = 1, \dots, N$$

헤도닉 가격 함수의 계수(β_i)는 특성의 잠재가격(shadow price) 혹은 내재가치를 의미한다. 순수한 가격변화는 관찰된 가격변화에서 품질변화를 조정한 가격을 의미하게 된다.

<표 3-1> 가격지수의 품질조정 방법

방법	설명
직접대체(비교)법 (direct comparison method)	신·구 상품간 품질차이가 포장방법이나 디자인 변경 등과 같이 미미한 경우 품질이 동일한 것으로 보고 두 상품간 가격 차이를 순수 가격변화분에 반영하는 것 품질변화를 구체적이고 정량적으로 파악하지 못한다는 단점이 있으나 처리 과정이 단순하여 실무적으로 많이 이용되고 있는 방법 중 하나
접속법 (linking method)	신·구 상품간에 실질적인 품질차이가 있을 경우, 가격차이가 품질차이에 모두 기인하는 것으로 보아(순수한 가격변동은 없음) 구상품을 신상품으로 접속하는 방법으로 지수는 변동이 없는 것으로 처리
비용평가법 (cost estimation method)	‘품질향상을 위해 추가로 소요된 생산비용으로 가격차이가 발생한 것을 품질변화의 크기로 본다.’는 전제 하에 품질차이에 기인하는 가격차이를 파악하는 방법 구체적으로 기업에서 품질향상에 소요된 비용자료를 입수한 후, 이에 근거하여 신상품의 이론가격(구상품의 품질기준과 비교할 수 있는 품질변화가 제거된 신상품의 가격)을 구하고 동가격과 실제가격의 차이를 순수한 가격변화로 처리
오버랩 (overlap)	상품에 따라서는 수개월에서 일 년 이상까지 신·구 상품이 동시에 주력상품으로 판매되고(overlap), 병행판매 기간 동안 판매가격이 평행한 움직임(가격차이가 안정적)을 보이는 경우에는 신·구 상품간 가격차이를 품질차이로 간주 신·구 상품의 세대교체가 급속하게 진전(주력상품으로써 병행 판매되는 기간이 짧고 구 상품의 판매량이 급속히 감소)하는 경우에는 신·구 상품의 가격차이가 충분히 안정적이지 않으므로 오버랩법을 사용할 수 없음
헤도닉 기법 (hedonic approach)	컴퓨터와 같이 기술혁신 속도가 빠르고 기초연구에 많은 비용이 들기 때문에 품질향상을 위하여 투입된 비용을 정확하게 파악하는 것이 곤란한 품목에 대해서 품질변화의 가치를 객관적으로 파악할 수 있도록 한 품질조정기법 상품의 제반특성의 변화가 제품가격에 미치는 영향을 회귀방정식을 이용하여 정량적으로 파악
귀속처리법 (imputation of price change)	귀속처리법은 신·구 상품의 품질변화를 직접 비교할 수 없는 경우, 유사품목의 가격변화율을 적용하여 처리하는 방법으로 주로 미국의 소비자물가지수에서 음식료품과 서비스에 이용

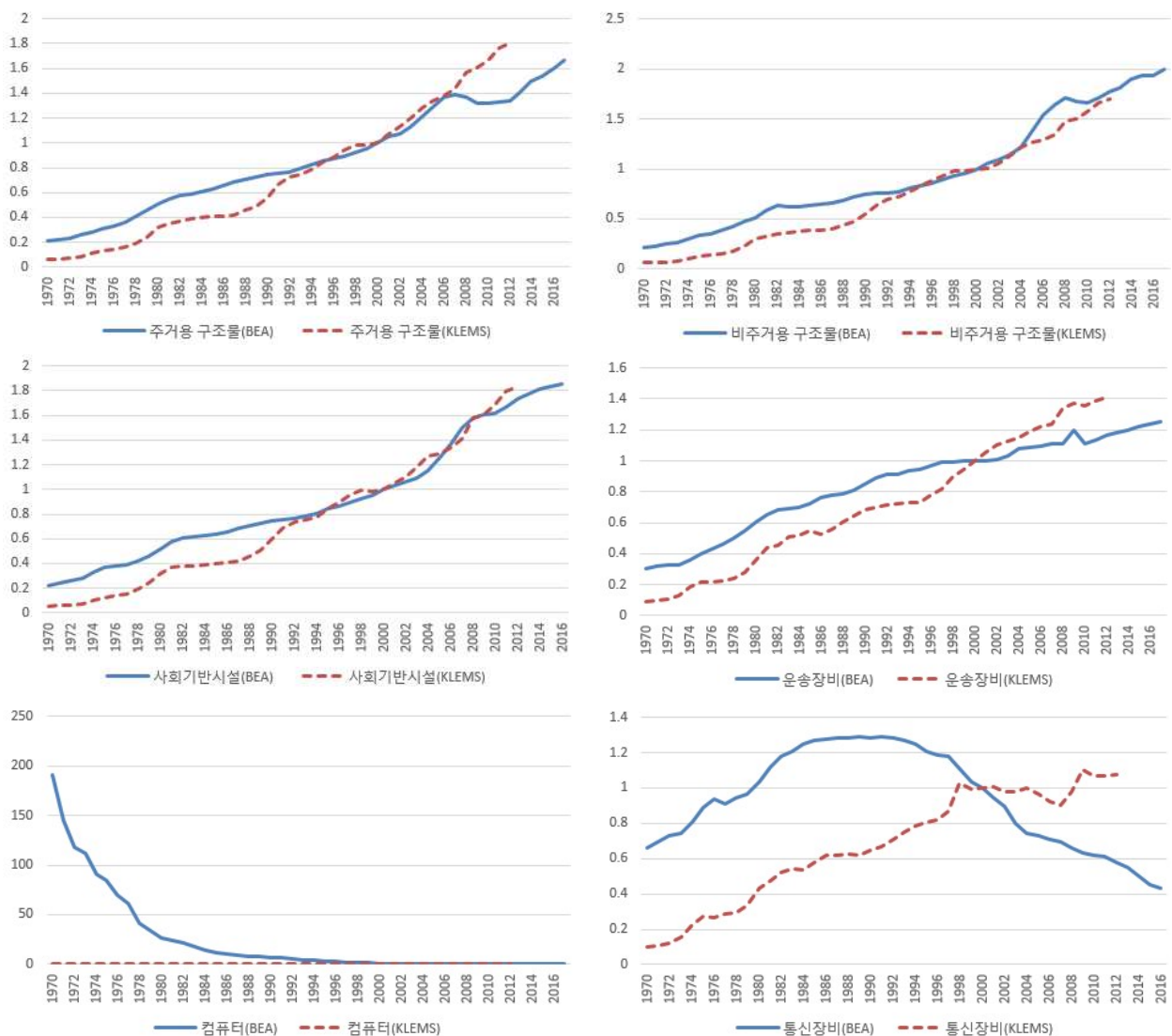
미국에서는 1980년대부터 헤도닉 기법을 적용한 ICT의 가격지수를 연구해 오고 있으며, 현재에는 다양한 ICT 제품의 가격지수에 적용하고 있다. 컴퓨터와 주변기기에 대한 품질조정 가격지수의 경우 IBM과 경제분석국(BEA)의 협력으로 1985년 12월부터 이뤄지고 있다. 이후 컴퓨터의 구성요소인 반도체, 메모리칩, 마이크로프로세서 등에 대한 품질조정까지 적용한 새로운 가격지수를 1996년 1월에 도입했다.

미국의 경제분석국은 1999년부터 국민계정에서 비용으로 처리되던 SW를 투자재로 분류하기 시작했다. SW투자재는 크게 세 가지로 구분되는데 첫째, 완성제품 형태로 판매되거나 다운로드 할 수 있는 패키지SW(package SW), 둘째, 기업이나 정부에서 특정 목적을 위해 주문하여 맞춤형으로 제작·판매되는 주문SW(custom SW), 셋째, 정부나 기업의 내부조직에서 직접 제작한 자가계정 SW(own account SW)이다. 여기서 패키지SW에는 헤도닉 가격 지수가 적용되었고, 자가계정 SW는 비용(지출된 피고용인의 임금, 중간재, 자본소모 등)에 기초한 가격지수를 적용하고 있으며, 주문SW는 이 두 가격지수의 가중 합으로 계산하다가 현재에는 비용에 기초한

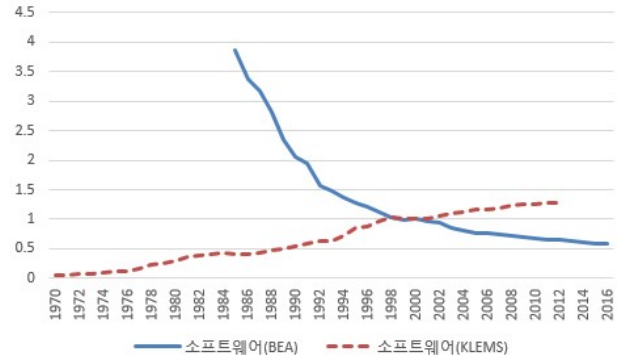
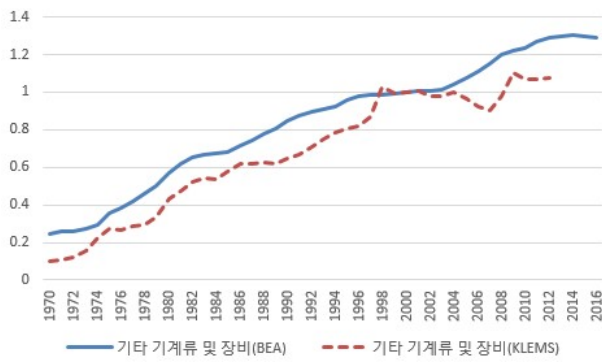
가격지수를 활용하고 있다.

다음 표는 미국 경제분석국(BEA)와 KLEMS에 포함된 우리나라의 가격지수를 비교한 것으로 두 국가 간 차이가 큰 것을 확인할 수 있다. 이는 국가마다 상이한 방식으로 품질조정을 수행하여 공표하거나, 아니면 품질조정을 수행하지 않은 상태에서 공표하고 있기 때문이다. 이를 해결할 방법으로 Schreyer(2000)에서 제시한 Harmonized 디플레이터를 활용할 수 있다³⁾.

[그림 3-1] 미국 경제분석국(BEA)과 한국 KLEMS의 자본 유형별 가격지수 비교 (2000=1)



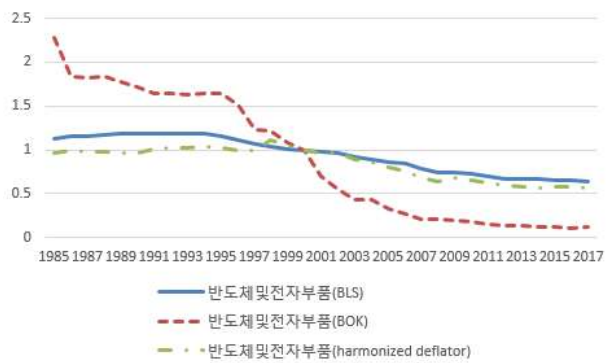
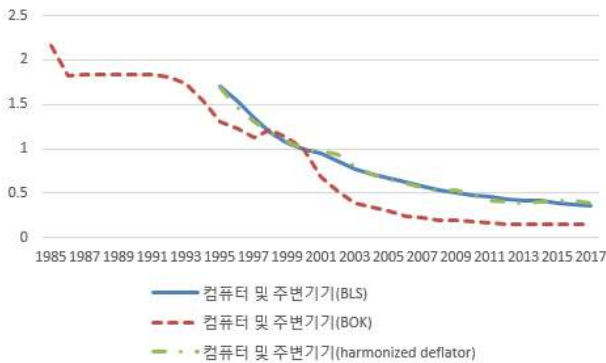
3) 미국의 노동통계국(BLS)과 한국은행(BOK)는 모두 품질조정된 생산자물가지수(PPI)를 발표하고 있으나 추정 방법의 차이로 인해 국가 간 비교가 어려우며, 총생산자물가지수로 해당산업의 생산자물가지수를 나누어 국가별 물가를 반영한다 하더라도 추정방식의 차이로 인한 비교가 어렵다.



Harmonized 디플레이터는 미국의 품질조정 가격지수를 기준으로 해당 국가의 물가를 반영하는 방식으로 품질조정 가격지수를 추정하는 방법이다. 이는 미국의 물가지수가 재화나 서비스별로 헤도닉 기법이 비교적 잘 적용되고 있어 순수한 물가변화가 비교적 잘 반영되어 있기 때문이다. 예를 들어 우리나라의 산업 또는 제품 i 에 대한 가격지수의 변화를 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\Delta \ln(\tilde{p}_i^{KOR}) = \Delta \ln(p_i^{US}) - \Delta \ln(p^{US}) + \Delta \ln(p^{KOR})$$

[그림 3-2] Harmonized 디플레이터 (2000년 기준)



5. SW자본재의 품질조정

시점 t , 산업 I 에서 생산을 위해 K 의 자본재를 사용할 경우 기술발전을 고려한 유형 K 의 자본재를 $K_{k,i,t}^*$, 이를 고려하지 않은 자본재를 $K_{k,i,t}$ 라고 하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$K_{k,i,t} = I_{k,i,t} + (1 - \delta_k)K_{k,i,t-1}$$

$$K_{k,i,t}^* = q_{k,t} I_{k,i,t} + (1 - \delta_k) K_{k,i,t-1}$$

여기서 품질조정 계수는 $q_{k,t} = p_t/p_{k,t}$ 이며, 일반 투자재의 가격과 품질 조정 후 투자재의 가격의 비로 나타낼 수 있다. 또는 고정자산 디플레이터와 해당 자본재의 디플레이터의 비라고 할 수 있다⁴⁾. 투자재의 가격은 미국의 투자재 품질조정 가격지수를 이용한 Harmonized 디플레이터를 통해 추정이 가능하다.

여기서 두 자본재의 성장률의 차이를 기술발전으로 인한 성능향상이라고 볼 수 있으므로 다음과 같이 나타낼 수 있으며, 이와 같은 품질향상은 생산 공정에 사용되는 자본재의 기술발전을 의미하므로 공정혁신(process innovation)을 나타낸다.

$$\begin{aligned}\Delta \ln(K_{k,i,t}^*) &\approx \frac{K_{k,i,t}^* - K_{k,i,t-1}}{K_{k,i,t-1}} = \frac{q_{k,t} I_{k,i,t}}{K_{k,i,t-1}} - \delta_k \\ \Delta \ln(K_{k,i,t}) &\approx \frac{K_{k,i,t} - K_{k,i,t-1}}{K_{k,i,t-1}} = \frac{I_{k,i,t}}{K_{k,i,t-1}} - \delta_k \\ \Delta \ln(K_{k,i,t}^*) - \Delta \ln(K_{k,i,t}) &\approx \frac{(q_{k,t} - 1) I_{k,i,t}}{K_{k,i,t-1}}\end{aligned}$$

4) 그 외 기존 연구에서는 p_t 를 소비자물가지수(CPI: Consumer Price Index)나 생산자물가지수(PPI: Producer Price Index), 혹은 GDP 디플레이터를 사용하기도 하지만, 이들 간에 큰 차이가 없으므로 어느 지수를 사용 하든지에 따라 연구결과에 큰 차이를 보이지는 않음.

제2절 연산일반균형

1. SW기반 연산일반균형모형의 개념과 특징

경제에 일정한 충격이 가해질 때 그 효과를 분석하기 위해서 사용되는 방법으로 일반 균형적 분석방법과 부분 균형적 분석방법이 있다⁵⁾. 일반균형분석은 모든 시장 간의 상호연관관계를 명시적으로 고려하며 특정 부문을 분석하는 방법이고, 부분균형분석은 다른 조건은 모두 일정하다는 가정 하에 한 부분만을 분석하는 방법이다. 1970년대 중반부터 경제정책의 효과를 평가하는 데 컴퓨터의 연산 능력을 활용하여 비선형 연립방정식으로 구성된 일반균형모형의 적정 해를 도출한다는 의미에서 이러한 일반균형분석모형이 연산일반균형모형(Copmutable General Equilibrium Model)으로 불렸다⁶⁾. 이는 경제주체들의 경제활동을 모형화 하여 다 부문을 미시, 거시 등 다양한 차원에서 종합적으로 고려하기 때문에 구조가 매우 복잡하다. 모형의 해는 재화와 생산요소에 대한 공급 및 수요조건을 고려한 모든 내생변수의 값으로 구체적인 숫자가 된다. 이렇게 연산일반균형모형의 연립방정식체계가 해를 갖는다는 것은 경제의 초기 균형점을 찾았다는 뜻이 된다. 이후 시나리오 기반으로 특정한 형태의 정책 및 제도 변화를 연산일반균형모형에 반영하게 되면, 경제는 변화에 따른 조정과정을 거친 후 새로운 균형점에 도달한다. 이 두 균형점을 비교하면 제도 변화에 따른 경제적 효과를 파악할 수 있는 것이다.

표준적인 연산일반균형모형에서는 분석대상 국민경제를 소규모 개방경제로 가정하며, 개별산업에서 거래되는 재화는 국내재, 수출재, 수입재로 구분한다⁷⁾. 개별 경제주체는 가계, 기업, 정부, 그리고 해외부문으로 정의된다. 모든 시장은 완전경쟁 상태에 있다고 가정하고, 생산요소의 산업간 이동은 자유롭지만 국가 간 이동은 불가능하며 생산요소의 부존량은 고정되어 있는 것으로 가정한다. 가계는 예산제약 하에서 효용을 극대화하고, 기업은 생산기술 제약 하에서 이윤을 극대화하고, 정부의 소비수요는 외생적으로 결정되며, 해외부문의 수입 수요와 수출 공급은 기업의 의사결정과정에서 결정되는 것으로 가정한다. 즉, 개별 경제주체는 최적화 행위를 한다. 또한, 가계저축, 정부저축, 무역수지 적자를 모두 합한 총저축 액은 총투자 액이 된다. 경제의 소득순환 흐름에서 총투입과 총산출은 같아야 거시균형조건이 만족된다는 것이다. 이는 신고전학과 구조주의적 이론을 따른다⁸⁾. 또한, 수량과 가격이 상호간 영향을 주

5) 한국문화관광연구원, 2008

6) Arrow와 Debreu 유형의 일반균형이론, 대한국토·도시계획학회, 1999

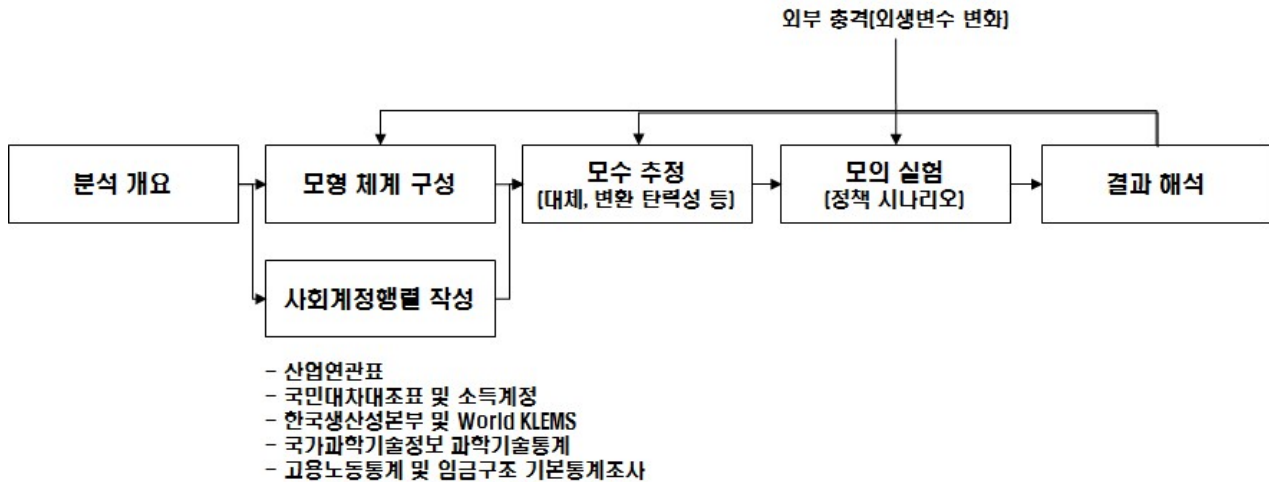
7) 최환, 2002a

8) 한국문화관광연구원, 2008

면서 내생적으로 결정된다. 즉, 이 모형은 중앙정부의 목적함수를 최적화하는 것이 아니라 다수의 시장에서 개별경제주체의 최적화, 또는 균형을 모색한다⁹⁾.

이 연구에서의 연산일반균형 모형 수립 및 실험 과정을 도식화하면 다음과 같다.

[그림 3-3] 연산일반균형모형 수립 및 실험 과정



특히, 이 연구에서는 매년 균형점을 찾는 재귀적이며 동태적인 연산일반균형모형 (Recursive Dynamic Computable General Equilibrium Model)을 사용했고, 2014년을 기준으로 2017년부터 2030년까지 모의실험을 수행했다.

이 기간동안 생산가능 인구(15세~64세)의 수는 지속적으로 변화하기 때문에 노동공급은 변화하게 된다. 이 노동력의 변화를 모형에 반영하기 위해, 통계청의 장래인구추계자료를 활용하였다. 반면 물적, HW 및 SW 자본은 축적되며, 이는 영구재고법(perpetual inventory method)¹⁰⁾으로 표현된다. 매년 산업별로 중립적 기술진보는 외생적으로 반영된다.

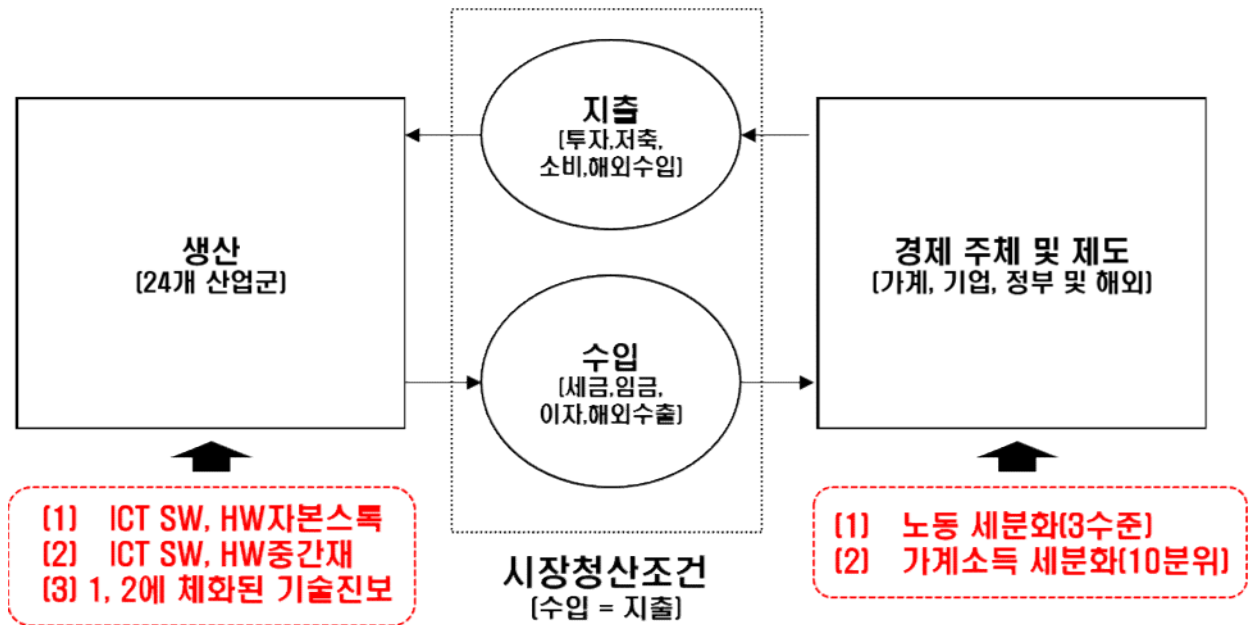
이 연구에서는 특히 분석 대상이 되는 SW산업 부문의 투자 증대에 따른 파급효과를 식별할 수 있는 기본 모형을 수립했다. 이 모형의 수립 목적은 SW투자의 경제적 효과와 고용, 소득구조의 변화를 파악하는 것이다. 일반적인 연산일반균형모형과 다른 점은 생산요소에 SW 자본이 추가적으로 고려되었다는 점과 투자부문에 SW 자본 투자가 포함되었다는 점이다. 또한, SW 자본 투자에 따른 기술 진보의 다양한 경로도 반영되었다. 예를 들어, SW자본 투자에 의해 축적된 산업 별 SW 자본에 체화된 기술진보, SW 산업에서 생산된 산출물이 다른 산업에 중간재로 활용되는 경우에 SW 중간재에 체화된 기술진보 등을 포함한다. 이 연구에서 구축한 SW 기반 CGE 모형의

9) 박형진, 2001

10) 영구재고법은 특정 년도에 해당 자산의 총 자본스톡은 내용연수 기간이 지나 폐기된 자산을 제외한 투자 자산의 합을 의미한다. 이는 해당 자산에 대한 기초자료가 충분히 확보되어 경제적 내용연수가 얼마인지, 시간이 감에 따라 해당 자산이 어떻게 폐기되는지 파악한 후 추정할 수 있다.

대략적 구조를 살펴보면 [그림 3-2]와 같다.

[그림 3-4] SW기반 연산일반균형모형의 개념도와 특징



모형은 크게 수요 측면과 공급 측면으로 분류할 수 있다. 공급 측면에서 살펴보면 국내재화를 생산하기 위해서 부가가치와 중간재가 투입된다. 여기서 부가가치는 노동과 자본으로 이루어져 있고, 노동은 저숙련, 숙련, 고숙련 노동을 모두 포함하며, 자본은 물적자본, HW 자본, SW자본을 모두 포함한다. 한편, 수요 측면에서 살펴보면 생산된 국내재화는 해외에 수출되거나 국내에서 수입재화와 함께 국내에서 소비된다. 국내 소비는 가계와 정부의 최종소비와 더불어 투자재와 중간재로 소비된다.

이와 같은 구조를 바탕으로, 경제주체들의 행동과 이들 간 상호작용 관계를 표현하는 방정식 체계를 구성하면 SW기반 CGE모형을 확립할 수 있다. 이 모형에서는 생산 및 소비의 주체로 가계, 정부, 그리고 추후 설명할 24개 분류의 산업이 존재한다. 각 산업은 하나의 상품을 생산하며, 완전 경쟁 시장 환경 하에서 생산 부문은 이윤을 극대화하기 위한 의사결정을 하고, 가계는 효용을 극대화시키는 의사결정을 한다. 물적 및 지식자본 스톡은 각각 생산 부문의 내생적으로 결정된 투자에 의해서 축적되며, 이에 필요한 재원은 정부 및 가계의 저축에 의해서 조달된다. 생산에 투입되는 본원적 생산요소는 노동, 물적자본, ICT 자본으로 구성된다. 가계와 기업의 주 소득원은 요소소득이며, 이 외에 정부로부터의 이전 소득을 취한다. 정부는 가계 및 산업으로부터 소득세, 법인세, 간접세를 부과하며, 세수와 경상이전 그리고 정부부채로 구성된 정부의 순 소득은 정부 저축과 소비에 활용된다.

2. 산업부문

생산 부문에 속한 i 산업, 즉 어떠한 특정 산업에서 투입→생산함수→산출을 표현함에 있어, 투입물은 부가가치 복합재화(VA_i)와 중간재 복합재화(M_i)로 나뉘고, 산출물(Z_i)은 위 투입물을 생산함수에 투입한 결과이며, 생산함수는 생산자가 이윤극대화를 추구한다는 가정하에 기본적으로 CES함수(Constant Elasticity Substitution function)를 따르는 아래 식으로 나타낼 수 있다.

$$Z_{i,t} = A_{i,t} (\alpha_i^M M_{i,t}^{\frac{\sigma^Z-1}{\sigma^Z}} + (1-\alpha_i^M) VA_{i,t}^{\frac{\sigma^Z-1}{\sigma^Z}})^{\frac{\sigma^Z}{\sigma^Z-1}} \quad 11)$$

where $i = 1, \dots, 24$

먼저, 이 생산함수는 어떤 산업의 전반적인, 또는 중립적인 기술 진보가 매년 상이하게 나타나는 것을 외생적으로 반영($A_{i,t}$)하고 있다. 즉, 어떤 특정 i 산업의 최근 10개년 간 총요소생산성 증가율의 평균치가 $TFP_{growth,i}$ 일 때, 모형 내 24개 산업은 매년 $(1 + TFP_{growth,i})$ 의 외생적 기술진보율을 보인다는 것이다¹²⁾.

부가가치 복합재화는 중첩된 CES함수로 형성되는데, 산업 별 생산활동에 투입되는 ICT 자본(HW 및 SW를 모두 포함)은 중간 수준의 숙련도를 가진 숙련노동과 대체관계를 가진 복합재화가 되고, 이것이 다시 상호 보완적인 관계에 있는 물적자본과 복합된다. 그리고 이 복합재화는 고숙련 노동과 보완적인 관계로 복합되며, 다시 저숙련 노동과 보완적인 관계로 복합되어 최종 부가가치 복합재화(Value-added Composite)를 만들어낸다. 중간재 복합재화는 ICT 산업(HW와 SW를 모두 포함)에서 생산된 재화가 다른 산업에 중간재화로서 투입되는 경우, ICT 중간재화를 사용하는 여타 산업들은 생산활동에 있어서 효율성을 증대시킬 수 있게 된다는 가정 하에, ICT가 주도하는 중간재 복합재화(Intermediate Inputs Composite) 생성을 표현하였다.

이 모형이 일반 CGE모형과 다른 점을 꼽으라면, ICT 자본에 대한 투자의 직·간접적인 효과를 파악하기 위해, ICT 자본스톡(HW와 SW 포함)과 ICT 중간재를 고려했다는 점이다. 즉, SW 및 HW 투자에 따른 직·간접적 파급효과가 국민경제에 전달되는 경로를 묘사하고 있다. ICT에 대한 투자가 확대되면, 산업부문을 거쳐 고용구조에 직접적인 영향을 미칠 수 있게 된다. 투자는 자본재에 체화된 기술진보와 중간재에 체화된 기술진보를 통해 산업의 산출량에 영향을 미치고, 다시 고용구조에 간접적인 영향을 끼치게 되는 것이다.

11) 해당 식에서 Z_i 는 최종재화, M_i 는 중간재 복합재화, 그리고 VA_i 는 부가가치 복합재화를 의미하며, A_i 는 총요소생산성을 의미한다. 그리고 중간재 복합재화와 부가가치 복합재화는 최종재화를 생산하는데 있어서 대체탄력성 σ_Z 를 가지는 CES 함수 형태를 따름을 가정한다.

12) 기술진보는 신고전파 구조주의적 이론 하에서 외생적이라 가정

ICT 자본스톡과 비ICT 자본스톡의 중요한 차이점은 ICT는 기술 교체주기가 짧고 기술 발전이 빨라, 이를 고려하여 제품의 질적인 차이를 반영할 경우 자본재의 가격이 크게 달라진다는 것이다(Hwang and Shin, 2017; 서동혁 외., 2015). ICT 자본재가 축적되는 과정을 표현할 때, 영구재고법 형태로 자본재에 대한 투자량에 ICT자본의 효율성¹³⁾ 변화(φ_t^k)를 곱하여 ICT자본재에 체화된 기술진보를 반영했다. 기초자료는 Hwang and Shin(2017)연구를 썼고, 해당 연구의 추정치를 영구재고법 파라미터 값으로 활용했다. 또한 ICT 중간재화에 체화된 기술진보를 ICT 주도 중간재 복합재화 생성에 표현하여 간접적 효과를 고려했다. 이 연구에서 고려하는 산업 분류 내 ICT 산업인 “SS23: HW산업”과 “SS24: SW산업”에 대해서는 중간재화에 체화된 기술진보 파라미터 ψ_j 를 중간재 복합재화가 복합되는 식 내 포함하여, Hwang and Shin(2017)의 연구에서 추정된 수치를 반영하였다.

3. 경제 주체 및 제도 부문

이 모형에서는 가계를 10분위의 소득분위로 구분했다. 가계는 임금 소득, 자본 소득, ICT 자본소득으로 구성된 소득을 얻는다. 임금소득은 노동투입량에 임금을 곱해서 산정되고, 가계에 모두 귀속된다. 물적자본, HW 및 SW자본에 따른 자본소득은 자본 투입량에 자본의 가격, 즉 이자율을 곱해서 산정하는데, 이러한 자본 소득은 기업과 가계가 나누어 가진다. 이렇게 가계별로 생산요소 투입을 통해 벌어들인 소득은 가계 저축, 소비 지출로 활용하고 나머지는 정부에 소득세와 이전지출로 흘러들어가게 된다. 특히, 가계의 산업별 재화에 대한 소비지출은 각 가계 소득 분위별 산업별 소비지출 비중에 따라 결정된다고 설정했다.

정부는 세금을 통해 수입을 얻는다. 이 모형에서 세금은 간접세, 소득세, 법인세로 나뉜다. 간접세는 산업 별 산출물에 부과하는 부가가치세, 소득세는 가계가 얻은 소득에 부과하는 세금, 법인세는 기업의 소득에 부과하는 세금이다. 이러한 세율은 기준연도의 수준이 일정하게 유지된다고 가정했다. 정부는 다시 이러한 수입에 정부부채와 경상이전, 가계이전을 합하여 순소득을 얻고, 이 순 소득에서 소비지출을 하고 나머지는 저축한다. 정부의 산업별 재화에 대한 소비 지출은 기준년도 2014년의 산업별 재화 소비 비중에 따라 결정된다.

기업에서는 자본으로 벌어들인 총 소득에서 법인세, 경상이전이나 정부기금을 납부한 나머지를 저축함으로써 소득의 일부를 사내 유보금으로 쌓는다.

13) 자본의 평균생산은 자본에 대한 생산의 비율로 정의되며 동일한 양의 자본을 투입하여 더 많은 생산을 얻는 경우 자본 효율성이 향상된 것으로 볼 수 있다.

투자는 물적 자본과 HW자본, SW자본에 대한 투자로 구성되는데, 그에 따라 전체 투자액은 산업별 모든 자본 투자의 합이 된다. 산업별 물적 자본 투자액, HW자본 투자액, SW자본 투자액은 이 전체 투자액에 각 산업별 물적, HW 및 SW 자본투자 비중 각각을 2014년 기준으로 도출하여 곱함으로써 배분하여 얻는다.

ICT 자본(HW 및 SW)과 물적자본을 위한 투자를 한다는 것은 곧 저축이 수반된다는 것을 의미한다. 물적 자본의 투자 재원이 되는 저축에는 가게, 기업, 정부가 모두 참여하고, ICT 자본의 투자 재원이 되는 저축에는 기업과 정부가 참여한다고 가정했다. 이에 따라, 소득 분위별 가게의 저축액은 각 소득 분위별 가게의 저축성향에 소득을 곱하여 도출한다. 이 저축성향은 기준년도의 해당 가게 소득 대비 저축액의 비를 통해 얻는다. 같은 방식으로, 기업의 각 고정자산에 대한 투자 재원으로서의 저축액을 도출할 때는 기업의 총 저축액에 각각의 비중을 곱하여 얻는다. 정부의 각 고정자산의 투자 재원으로서의 저축액도 같은 방식으로 기준연도를 기준으로 비중을 구하여 할당하였다.

제4장 연구의 자료

제1절 KLEMS 자료

국가 간 경제성장과 생산성, 국제경쟁력 등의 변화를 비교·평가하기 위해 통일된 자료 구축도 이뤄져야 한다. EU에서는 이를 위해 EC(European Commission)의 지원으로 EU KLEMS 프로젝트를 시작했다¹⁴⁾. EU KLEMS는 EU의 회원국을 대상으로 1980년 이후 72개의 산업별 자본(K), 노동(L), 에너지(E), 중간재(M), 서비스(S)에 대한 자료를 구축했다.

이후 EU KLEMS와 동일한 형식으로 World KLEMS 프로젝트를 통해 BRICs 국가를 비롯하여 아시아, 남미 국가들까지 포함하는 자료 구축도 이뤄지기 시작했다¹⁵⁾. World KLEMS에는 우리나라 자료도 포함되었는데, 이 자료는 한국생산성본부 KIP(Korea Industrial Productivity)에 기초하고 있다.

우리나라의 KLEMS자료는 다음과 같은 특징을 보인다. 첫째, 총생산량은 80년대 후반 10%의 연평균 증가율을 보이다가 이후 증가세가 줄어드는 것을 보이며, 부가가치 증가율 또한 마찬가지이다. 70~90년대까지 성장의 주요 요인은 자본과 노동 투입의 증가이며 이러한 본원적 생산요소는 2000년부터 그 증가세가 둔화되었다. 노동투입은 2000년대 후반부터 오히려 감소하는 추세를 보이고 있다.

<표 4-1> 총생산량 및 투입요소의 연평균 증가율(단위 : %)

	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-00	2001-05	2006-12
총생산량	9.25	8.36	8.65	11.11	8.03	5.78	5.85	5.53
부가가치	7.28	6.64	7.78	9.24	7.31	4.44	4.62	3.98
자본투입	11.30	11.43	15.57	12.93	13.10	8.26	6.00	4.48
노동투입	5.77	2.81	0.81	3.31	2.50	0.24	1.02	-0.16

둘째, KLEMS 자료에 따르면 자본재는 11개로 구분이 가능한데¹⁶⁾, 우리나라의 경우

14) EU KLEMS 프로젝트는 Bart van Ark를 중심으로한 네덜란드의 Groningen 대학의 연구팀에서 주도하여 수행

15) World KLEMS는 Dale Jorgenson 교수를 중심으로한 미국의 Havard 대학의 연구팀에서 주도하여 수행

16) 11가지 자산 유형: ①주거용 구조물(residential structures), ②비주거용 구조물(non-residential structures), ③사회기반시설(infrastructure), ④운송장비(transport equipment), ⑤컴퓨터(computing equipment), ⑥통신장비(communications equipment), ⑦기타 기계류 및 장비(other machinery and equipment), ⑧농림업 제품(products of agriculture and forestry), ⑨기타 제품(other products), ⑩소프트웨어(software), ⑪기타 무형자산(other intangibles)

8개 유형의 자본재만 집계하고 있다¹⁷⁾. 특이한 것은 주거용 및 비 주거용 구조물이나 사회기반시설과 같은 자본의 경우 90년대 중반까지 큰 증가율을 보였으며, 컴퓨터, 통신기기, SW는 증가율이 다른 유형의 자본에 비해 급속도로 증가해왔다. 전체 자산 중 ICT자본재의 비중은 1980년 5.16%에서 1990년 9.11%, 2000년 11.02%로 점진적인 증가 추이를 보이고 있으며, 특히 그중에서도 SW의 비중은 2010년까지 지속적으로 확대되고 있는 것을 확인할 수 있다.

<표 4-2> 자본 유형별 연평균 증가율 (단위 : %)

	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-00	2001-05	2006-12
주거용 구조물	8.38	9.63	14.97	11.90	13.08	6.68	4.45	2.24
비주거용 구조물	17.13	11.01	14.88	11.34	10.44	6.76	6.43	4.75
사회기반시설	11.16	6.79	19.74	9.89	14.20	12.94	8.16	5.51
운송장비	6.37	17.68	12.90	15.45	17.23	3.62	0.89	1.67
컴퓨터	22.83	29.34	17.40	22.11	15.01	7.64	3.83	4.51
통신기기	22.85	19.26	23.58	24.02	16.67	12.26	2.27	3.26
기타 기계류 및 장비	6.42	20.20	11.22	17.94	12.74	6.41	6.53	6.02
소프트웨어	36.86	19.50	15.41	25.20	20.41	14.80	10.13	5.24

<표 4-3> 총자본재 중 ICT자본재의 비중 (단위: %)

	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
非ICT 비중	94.84	94.00	90.89	89.66	88.98	89.77	90.01
ICT 비중	5.16	6.00	9.11	10.34	11.02	10.23	9.99
(컴퓨터)	3.61	4.01	5.90	6.41	6.18	5.57	5.47
(통신기기)	1.01	1.44	2.30	2.68	3.17	2.65	2.43
(소프트웨어)	0.54	0.54	0.91	1.24	1.66	2.01	2.09

셋째, KLEMS 자료는 노동투입 유형별로 근로시간과 임금 등 매우 세분화된 자료를 제공하고 있으며, 이를 통해 전반적인 노동투입 분포의 변화를 관측할 수 있다. KLEMS 자료는 노동투입을 근로시간 형태로 제공하고 있으며, 유형별로 다음과 같이 18종류로 구분한다. 교육수준에 따른 근로시간 변화의 추이를 보면 대졸(4년제 및 전문대) 이상의 근로자 비율이 크게 증가했음을 알 수 있고, 연령대별로는 30대 미만의 근로자 비율은 감소한 반면 50대 이상의 근로시간 비율을 증가한다. 이러한 결과는

17) 11가지 자산 유형 중, ⑧농림업 제품(products of agriculture and forestry), ⑨기타 제품(other products), ⑩ 기타 무형자산(other intangibles)은 제외

사회적으로 고학력 근로자의 수급 증가와, 고령화 현상을 반영한다.

<표 4-4> 노동투입 유형별 분류

유형	성별	교육 수준	연령
1	남성	중졸 이하 (Low)	15-29
2	남성	중졸 이하 (Low)	30-49
3	남성	중졸 이하 (Low)	50 이상
4	남성	고졸 이하 (Medium)	15-29
5	남성	고졸 이하 (Medium)	30-49
6	남성	고졸 이하 (Medium)	50 이상
7	남성	대졸 이상 (High)	15-29
8	남성	대졸 이상 (High)	30-49
9	남성	대졸 이상 (High)	50 이상
10	여성	중졸 이하 (Low)	15-29
11	여성	중졸 이하 (Low)	30-49
12	여성	중졸 이하 (Low)	50 이상
13	여성	고졸 이하 (Medium)	15-29
14	여성	고졸 이하 (Medium)	30-49
15	여성	고졸 이하 (Medium)	50 이상
16	여성	대졸 이상 (High)	15-29
17	여성	대졸 이상 (High)	30-49
18	여성	대졸 이상 (High)	50 이상

<표 4-5> 노동투입 유형별 비중의 변화 (단위: %)

	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
성별							
남성	76.94	75.39	74.22	74.46	71.61	70.34	74.17
여성	23.06	24.61	25.78	25.54	28.39	29.66	25.83
교육수준							
중졸이하	45.92	43.05	39.11	34.97	30.55	23.70	15.44
고졸이하	47.49	49.34	50.89	52.00	56.15	58.24	63.75
대졸이상	6.59	7.61	9.99	13.03	13.30	18.06	20.81
연령							
15-29	44.50	35.75	28.34	22.00	14.22	9.58	4.48
30-49	37.16	43.10	45.62	47.28	46.57	43.15	31.09
50이상	18.34	21.15	26.04	30.72	39.21	47.28	64.43

ICT산업의 분류는 국가별, 기관별 차이가 존재하기 때문에 표준화된 정의는 존재하지 않는다. 최근 OECD(2006)에서는 WG을 구성해 표준산업분류(ISIC Rev. 4)에 기반한

ICT산업을 정의했는데, OECD는 ICT부문을 크게 ICT제조업, ICT판매업, ICT서비스업 세가지로 구분했다. 또한 우리나라의 경우 기관별로 ICT산업분류 체계를 정의하고 있는데, 한국은행의 산업연관표의 경우에는 ‘컴퓨터 관련 서비스’에 포함되어있던 SW부분을 ‘소프트웨어 개발공급’으로 2000년 이후 명시적으로 분류하고 있다.

<표 4-6> OECD의 ICT 산업 분류

구분	ISIC 분류	산업
ICT 제조업	2610	Manufacture of electronic components and boards
	2620	Manufacture of computers and peripheral equipment)
	2630	Manufacture of communication equipment
	2640	Manufacture of consumer electronics
	2680	Manufacture of magnetic and optical media
ICT 판매업	4651	Wholesale of computers, computer peripheral equipment and software
	4652	Wholesale of electronic and telecommunications equipment and parts
ICT 서비스업	5820	Software publishing
	61	Telecommunications
	6110	Wired telecommunications activities
	6120	Wireless telecommunications activities
	6130	Satellite telecommunications activities
	6190	Other telecommunications activities
	62	Computer programming, consultancy and related activities
	6201	Computer programming activities
	6202	Computer consultancy and computer facilities management activities
	6209	Other information and technology computer
	631	Data processing, hosting and related activities; web portals
	6311	Data processing, hosting and related activities
	6312	Web portals
	951	Repair of computers and communication equipment
	9511	Repair of computers and peripheral equipment
	9512	Repair of communication equipment

이 연구에서는 위의 연구를 종합하여 전산업을 7가지 산업으로 구분했고, 이를 통해 산업별 특성을 분석한다. 기존의 ICT산업 분류 체계에 따라 ICT산업은 ICT제조, 판매, 서비스업으로 구분되는데, 이를 바탕으로 크게 제조업, 서비스업, 기타산업으로 분류한다.

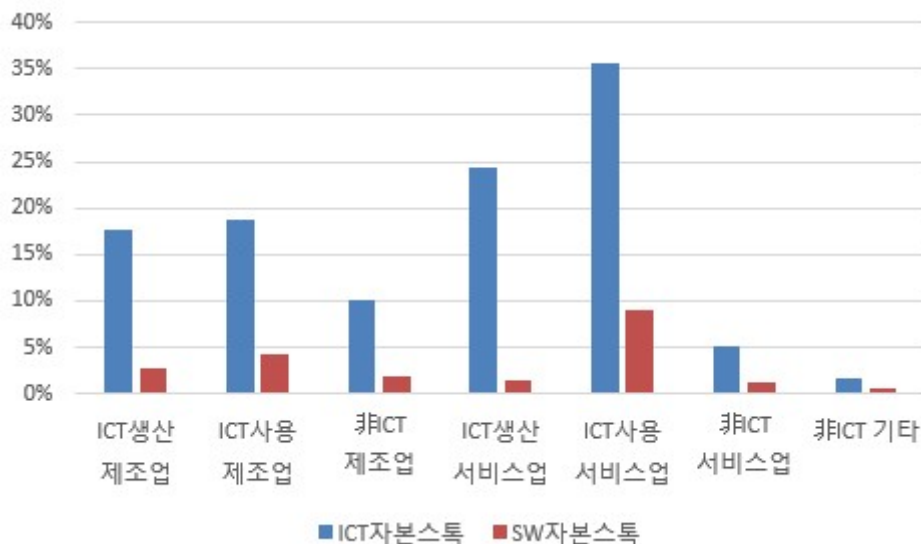
세부적으로 제조업과 서비스업을 각각 ①ICT생산(ICT producing), ②ICT이용(ICT using), ③非ICT 산업으로 구분하였고, 분류가 애매한 기타 산업은 하나의 독립된 산업으로 구분했다. ICT생산 산업은 일반적으로 ICT 제품 및 서비스를 생산하는 산업을 의미하며, ICT이용 산업은 직접적으로 생산하지는 않지만 해당 산업의 생산공정에서 ICT 자본재(컴퓨터, 통신기기, SW)를 많이 사용하는 산업을 의미한다.

<표 4-7> 이 연구의 산업분류

산업 분류		해당 산업
제조업	ICT생산 제조업 (ICT Producing Mfg.)	컴퓨터 및 주변기기, 반도체, 전자부품, 통신장비, 정밀기기 제조업 등
	ICT사용 제조업 (ICT Using Mfg.)	인쇄, 출판, 석탄 및 석유제품, 의약품, 기계 및 장비, 자동차 제조업 등
	非ICT 제조업 (Non-ICT Mfg.)	음식료품, 섬유 및 가죽제품, 목재 및 종이, 화학제품(의약품 제외), 비금속광물제품, 1차 금속제품, 가전기기 제조업 등
서비스업	ICT생산 서비스업 (ICT Producing Svc.)	통신, 방송, 컴퓨터관련 서비스 등
	ICT사용 서비스업 (ICT Using Svc.)	금융 및 보험, 연구개발, 교육, 사업·과학기술관련 서비스 등
	非ICT 서비스업 (Non-ICT Svc.)	도소매, 음식점 및 숙박, 운송, 부동산, 보건·사회복지 서비스 등
기타	非ICT 기타 (Non-ICT Others)	농림수산업, 광업, 전력·가스·수도, 건설업 등

이러한 분류에 따라 총 자본재 비중 중 ICT 및 SW 자본 스톡의 비중을 살펴보면 다음 그래프와 같다. ICT사용 서비스업의 경우 ICT자본재의 비중이 약 36%, SW자본재의 비중은 약 9%로 타 산업에 비해 월등히 높다.

[그림 4-1] 총자본재 중 ICT 및 SW의 비중(2012년)



제2절 사회계정행렬

1. 사회계정행렬의 개념과 활용

사회계정행렬(Social Accounting Matrix)은 특정 기간 동안 한 국가 경제의 모든 회계계정 항목들의 거래금액을 나타낸 것으로 생산, 소비, 축적 활동의 흐름을 보여주는 표이다. 이는 연산일반균형 모형의 기준연도 경제체제의 상황을 나타낸다(여영준 외, 2018; 박재민 & 전주용, 2006). 경제주체들 간 거래를 표현한다는 측면에서 SAM은 산업연관표 및 국민소득계정과 다르다. 산업연관표는 산업간 거래에 중점을 두고 경제주체들 간 거래는 나타내지 않는다. 국민소득계정에서는 경제주체의 소득과 지출이 총액으로 표시되지만, 역시 이들 간 거래는 명시적으로 나타내지 않는다. 반면 SAM은 산업연관표와 국민소득계정 및 기타 참조자료를 함께 연계하여 투입-산출 계정과 국민소득계정을 연결하고, 경제주체간 거래관계를 나타내는 자료체계인 것이다. 그에 따라, 공급 부문은 상품을 생산하기 위해 국내 혹은 수입한 중간재와 노동, 자본을 투입하고 산출물에 대한 세금을 지출하는 구조를 나타낸다. 수요 부문은 생산된 상품이 다른 상품의 생산 과정에 중간재로 쓰이거나, 가계와 정부에서 쓰이거나, 고정자본을 형성하거나 수출하는 데 사용되는 흐름을 보여준다.

<표 4-8> 기본 사회회계행렬의 구조

구 분		생산활동		생산요소		제도			투자	세금			해외		총 계
		국내 재화	수입 재화	노동	자본	가계	기업	정부	고정 자본 형성	간접세	법인세	소득세	수출	수입	
생산 활동	국내 재화	S(1,1)				S(1,5)		S(1,7)	S(1,8)				S(1,12)		S1
	수입 재화	S(2,1)				S(2,5)		S(2,7)	S(2,8)						S2
생산 요소	노동	S(3,1)													S3
	자본	S(4,1)													S4
제도	가계			S(5,3)	S(5,4)										S5
	기업				S(6,4)										S6
	정부						S(7,6)		S(7,8)	S(7,9)	S(7,10)	S(7,11)			S7
투자	고정 자본 형성					S(8,5)	S(8,6)	S(8,7)							S8
세금	간접세	S(9,1)													S9
	법인세						S(10,6)								S10
	소득세					S(11,5)									S11
해외	수출													S(12,13))	S12
	수입		S(13,2)						S(13,8)						S13
총계		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	

SAM은 연산일반균형 모형의 기반자료체계로서, 표준적인 형태가 정해져 있는 것이 아니라 분석 목적에 따라 다양한 형태가 있다. SW정책의 파급효과 분석을 위한 ICT 기반 연산일반균형 모형을 구축하기 위해 국민소득계정과 산업연관표, 국세통계연보를 연계한 기본 사회회계행렬을 구축한 후에, 보조자료로 국가과학기술지식정보 과 학기술 통계, 한국생산성본부 및 WORLD KLEMS 유형별 스톡 및 투자 데이터, 한국 노동연구원의 노동패널조사 자료, 고용형태별 근로실태조사, 통계청의 가계동향조사 마이크로 데이터를 활용하여 SW 및 HW 자본 스톡을 발라내고 노동을 숙련도에 따라 구분하였으며 가계를 10개의 소득분위로 구별하였다.

2. ICT 기반 사회회계행렬의 구성

2.1. 산업 분류

이 연구에서는 ICT 관련 산업을 독립된 산업으로 간주하고, 산업 분류를 총 24개의 산업군으로 구성하였다. 기준년도인 2014년의 산업연관표상 기본 부문 기준의 산업 분류를 참조했을 뿐 아니라, OECD·UN·북미 기준 및 선행연구에서 구분하는 산업구분을 모두 참고하였다.

OECD의 경우에는 ICT 산업을 크게 ICT 제조업, ICT 거래중개업, ICT 서비스업으로 구분하고 있다. ICT 제조업의 경우에는 정보를 처리, 전달, 시현하는 기능을 갖거나, 물리적 현상을 검출, 측정 및 기록하거나 물리적 공정을 통제하기 위하여 전자처리를 이용하는 제품을 이용하는 제품을 생산하는 산업으로서 정의한다. 더불어, ICT 서비스업의 경우에는 전자적 수단에 의하여 정보를 처리, 전달 및 시현하는 산업으로 정의하고 있다¹⁸⁾. 한편, UN(United Nations)이 제시하는 세계표준산업분류(ISIC rev.4)는 ICT 제조업을 ICT에 포함될 (후보산업의) 제품을 생산하는 산업으로, 전송과 전시를 포함하는 정보처리 및 통신 기능을 수행하는 제품, 물리적 과정의 통제, 물리적 현상을 기록, 측정 및 탐지하기 위하여 전산처리과정을 사용하는 제품을 생산하는 제조업으로 정의한다. 더불어, ICT 서비스업의 경우에는 정보처리 및 전자 수단을 통한 통신 기능이 가능하도록 하는 프로그램 및 시스템 등의 개발과 이를 지원하는 부수적 행위를 수행하는 산업을 포함한다. 그리고 북미 표준산업분류(NAICS)에 따르면, ICT 산업은 정보에 접근하기 위한 수단을 생산, 배포, 제공하는 산업으로 정의되고 있으며, 컴퓨터 하드웨어, 소프트웨어와 서비스를 포함하여 통신 하드웨어, 소프트웨어 및 서비스업을 포함하고 있다.

18) OECD, 2007년 2차 개정, 정현준, 임순옥(2010) 재인용

한국은행은 국민계정통계 내 세부 ICT제조업과 서비스업을 집계하여 정보통신산업 통계를 발표한다. 특히 OECD ICT산업 분류에 근거해서 특수 산업분류로서 정보통신 산업통계를 작성하고 있는 것이다(김정언 외, 2015). 이를 살펴보면, ‘전기기계 및 장치’, ‘가정용 전기기기’, 그리고 정밀기기 등에 대해서 OECD에서는 ICT 제조업으로 분류하고 있지 않지만, 국민계정 통계 내에서는 ICT 제조업으로서 고려하고 있다. 더불어, ICT 서비스업에 대해서 국민계정통계는 유무선 통신 및 기타 전기통신 서비스, 정보서비스, 소프트웨어 개발 및 공급, 컴퓨터 관리 서비스를 포함하고 있음을 이해할 수 있다.

<표 4-9> 국민계정통계 내 ICT 산업의 포괄 범위

ISIC Rev.4 내 산업 코드	
ICT 제조업 (정보통신 제조업)	전선, 케이블, 개별소자, 집적회로, 전자관, 디지털표시장치, 저항기, 축전기, 전자코일, 변성기, 인쇄회로기판, TV, 음향기기, 무선통신단말기, 무선통신시스템 및 방송장비, 컴퓨터 및 주변기기, 사무용기기, 자동조정 및 제어기기, 측정 및 분석기기 등
ICT 서비스업 (정보통신 서비스업)	소프트웨어개발공급, 지상파방송, 유선 및 위성방송, 전화, 초고속망서비스, 부가통신, 컴퓨터관련서비스, 정보서비스 등

* 자료: 한국은행(2015). 우리나라의 국민계정체계(2015년 개정판), 이정동 외(2018) 용역보고서 재인용

SW산업이 국민계정체계 및 산업연관표에서 다루어지기 시작한 것은 1993년부터로, 2000년 이전에는 컴퓨터 관련 서비스에 포함하였고 2000년부터 독립적으로 처리하여 하나의 산업으로 명시하였다. 또한 2010년에는 소프트웨어 개발 및 공급업으로 명칭을 확정하여 공표하였고, 그에 따라 김정언 외(2015)의 연구에서는 소프트웨어 산업의 범위를 정보 서비스(328), 소프트웨어 개발 공급(329), 컴퓨터 관리 서비스(330)로 정리했다.

이러한 사실을 바탕으로, 2014년 기준연도 산업연관표에서 다루는 상품 분류 기준의 산업 기본분류는 총 384개로 구성이 되는데, 산업연관표 내 산업 기본분류(384개 부문) 및 대분류(30개 부문)를 바탕으로, SAM 자료체계에서 다루고자 하는 산업 간 매칭작업을 진행하였다(<표 3-13> 참고). 예로, SAM 자료체계 내 “SS24. SW산업”은 산업연관표 내 기본부문 기준 “328번. 정보서비스”, “329번. 소프트웨어 개발 공급”, 그리고 “330번. 컴퓨터 관리 서비스” 산업을 포함한다.

<표 4-10> 구축된 SAM 내 산업분류와 산업연관표 내 기본부문 간 매칭

SAM 자료체계 내 산업 분류		산업연관표(2014년 연장표) 내 기본부문
SS01	농림수산물	001 ~ 025
SS02	광산물	026 ~ 034
SS03	음식료품	035 ~ 061
SS04	섬유 및 가죽제품	062 ~ 082
SS05	목재 및 종이, 인쇄	083 ~ 098
SS06	석탄 및 석유제품	099 ~ 110
SS07	화학 및 의약품	111 ~ 139
SS08	비금속광물제품	140 ~ 156
SS09	금속제품	157 ~ 191
SS10	일반기계 및 장비	192 ~ 213
SS11	운송장비	249 ~ 262
SS12	기타 제조제품	263 ~ 273
SS13	전력, 가스 및 수도	274 ~ 286
SS14	건설	287 ~ 301
SS15	도소매 및 음식숙박업	302 ~ 303; 318 ~ 321
SS16	운수 및 보관업	304 ~ 317
SS17	금융, 보험, 부동산 및 임대	335 ~ 345
SS18	방송통신 및 사업서비스	322 ~ 327; 331 ~ 334; 346 ~ 359
SS19	공공행정 및 국방	360 ~ 361
SS20	교육서비스	362 ~ 364
SS21	보건 및 사회복지서비스	365 ~ 370
SS22	기타 서비스업	357 ~ 358; 371 ~ 384
SS23	HW산업	214 ~ 248
SS24	SW산업	328 ~ 330

2.2. ICT 자본 투자계정 세분화

ICT 자본에 대한 투자를 자본화하고 이를 통해 축적된 ICT 자본스톡이 생산요소로 투입된다고 가정했을 때, 이의 경제적 효과 및 관련 정책을 분석할 수 있도록 하기 위해, 생산요소 부문에서 ICT 자본스톡 계정을 추가하고, 투자계정에서 ICT 자본형성 계정을 추가했다. ICT 자본형성 계정은 다시 SW자본 형성 계정과 HW자본 형성 계정으로 세분화된다.

<표 4-11> SW 기반 사회회계행렬의 구조

구 분		생산활동		생산요소			제도			투자			세금			해외		총 계
		국내 재화	수입 재화	노동	자본	ICT 자본	가계	기업	정부	고정 자본 형성	ICT 자본 형성		간접세	법인세	소득세	수출	수입	
											SW	HW						
생산 활동	국내 재화	S(1,1)					S(1,6)		S(1,8)	S(1,9)	AA1	AA3				S(1,15)		S1
	수입 재화	S(2,1)					S(2,6)		S(2,8)	S(2,9)	AA2	AA4						S2
생산 요소	노동	S(3,1)																S3
	자본	S(4,1)																S4
	ICT 자본	BB1																S5
제도	가계			S(6,3)	S(6,4)													S6
	기업				S(7,4)	BB2												S7
	정부							S(8,7)		S(8,9)			S(8,12)	S(8,13)	S(8,14)			S8
투자	고정 자본 형성						S(9,6)	S(9,7)	S(9,8)									S9
	ICT 자본 형성	SW							CC1	CC2								S10
		HW								CC3	CC4							S11
세금	간접세	S(12,1)																S12
	법인세							S(13,7)										S13
	소득세						S(14,6)											S14
해외	수출																S(15,16)	S15
	수입		S(16,2)							S(16,9)								S16
총계		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	

이를 위해, 총고정자본형성 계정에서 ICT 자본에 대한 투자계정을 세분화하는 방법에 대해서 설명하겠다. 우선적으로 국민계정통계 및 산업연관표에서 어떻게 처리되어 있는지를 확인할 필요가 있으나, 현재 해당 통계로는 SW를 포함한 ICT 자본에 대한 투자 수치를 구분할 수 없다. 이에 따라, 보조 자료로써 한국생산성 본부 및 WORLD KLEMS 데이터를 활용하여 총 11개의 고정자산에 대한 투자 및 스톡에 대한 수치를 차용할 수 있었다. 특히, SW자본스톡에 해당하는 “10. Software” 항목의 고정자산에 대한 투자 수치를 바탕으로, 2014년도 기준년도의 총고정자본형성 총액 내 SW자본에 대한 투자 수준의 비율을 가져올 수 있었다. 또한, 산업별 SW자본에 대한 투자액 비중도 가져와 산업별 SW고정자산에 대한 투자액 수치 역시 세분화하여 기입하였다. HW자본스톡도 같은 방식으로, ‘5. Computing Equipment’ 항목과 ‘6. Communication Equipment’ 항목의 고정자산에 대한 투자 수치를 차용하였다¹⁹⁾. 다음

으로, 산업별 HW자본에 대한 투자액 비중을 가져와, 산업별 HW고정자산에 대한 투자액 수치 역시 세분화하여 기입했다. 이 과정에서 WORLD KLEMS 데이터의 산업분류와 구축된 SAM의 산업분류간 매칭작업도 필요했다.

이러한 SW 및 HW의 자본화는 투자(저축)을 통해 형성되므로, SAM의 고정자본형성 계정이 ‘물적자본 투자’, ‘SW자본 투자’ 및 ‘HW자본 투자’로 세분화되는 경우 투자를 위한 재원에 해당하는 수치를 추가된 계정에 기입해야 한다. 결국, 가계, 기업, 정부의 총저축에서 ICT 자본에 대한 투자재원으로 활용되는 저축액을 식별하기 위해서 국가과학기술정보 과학기술통계를 보조 자료로 활용하여 SW투자재원(공공, 민간부문)의 비중을 가져와 SW자본에 대한 총 투자액에 곱함으로써 기업과 정부의 SW자본 투자를 위한 저축액 수치를 계상해 냈다. 같은 방식으로, HW투자재원의 비중을 활용해서 기업과 정부의 HW자본에 대한 투자 재원을 계상해 냈다. 이렇게 계상한 재원은 총저축에서 차감되어 각각의 ICT 자본형성을 위한 투자재원 부문의 수치에 할당되었다.

2.3. 생산요소에 ICT 자본스톡 고려

다음으로, 생산요소 부문에서 ‘ICT 자본’ 계정을 추가하기 위해, 각 산업 부문에서 ICT 자본요소소득을 식별해 냈다. HW자본 및 SW자본 투입에 따른 대가인 부가가치 금액을 결정하기 위해, 균형점에서는 자본스톡의 이윤이 동일하다고 가정했을 때, 기준연도 이전 시점인 2013년의 자본스톡 비중에 따라 자본스톡별 부가가치비용이 결정된다고 가정했다. 즉, 2013년의 산업별 물적자본스톡 및 ICT자본스톡의 비중을 활용해서 HW자본 및 SW자본 투입에 따른 요소소득을 독립적으로 식별하고자 했는데, 이는 2014년의 산업별 부가가치의 자본요소 소득이 전년도에 형성된 자본스톡 투입에 따라 발생한 이윤이라는 점을 감안한 것이다. 이를 위해, WORLD KLEMS 데이터를 활용하여 산업별 HW자본과 SW자본이 2013년 전체 고정자산 스톡에서 차지하는 비중을 산정하고, 개별 산업별로 이 비중만큼 할당하여, 각각의 요소투입 소득을 식별해 냈다.

19) 2014년 기준으로 총 투자액에서 HW자본에 대한 투자액은 약 14.9%였다.

<표 4-12> 2013년도 분류 산업 별 자본형태별 스톡 비중(단위: %)

산업 (코드/산업 명)		물적자본 (Shr_stockphy,i)	HW자본 (Shr_stockhw,i)	SW자본 (Shr_stocksw,i)
SS01	농림수산물	99.21%	0.79%	0.00%
SS02	광산물	98.14%	1.79%	0.07%
SS03	음식료품	88.82%	6.37%	4.81%
SS04	섬유 및 가죽제품	89.49%	8.43%	2.08%
SS05	목재 및 종이, 인쇄	84.80%	13.08%	2.12%
SS06	석탄 및 석유제품	89.68%	7.48%	2.84%
SS07	화학 및 의약제품	86.39%	10.79%	2.82%
SS08	비금속광물제품	92.52%	7.08%	0.40%
SS09	금속제품	92.11%	6.82%	1.07%
SS10	일반기계 및 장비	81.59%	11.16%	7.25%
SS11	운송장비	84.85%	13.34%	1.81%
SS12	기타 제조제품	85.73%	11.50%	2.77%
SS13	전력, 가스 및 수도	98.90%	0.92%	0.19%
SS14	건설	94.37%	3.14%	2.48%
SS15	도소매 및 음식숙박업	91.97%	6.51%	1.52%
SS16	운수 및 보관업	99.75%	0.21%	0.04%
SS17	금융, 보험, 부동산 및 임대	91.93%	5.05%	3.01%
SS18	방송통신 및 사업서비스	75.35%	20.81%	3.83%
SS19	공공행정 및 국방	91.54%	7.84%	0.62%
SS20	교육서비스	70.63%	21.64%	7.74%
SS21	보건 및 사회복지서비스	86.90%	8.28%	4.82%
SS22	기타 서비스업	75.68%	23.25%	1.07%
SS23	HW산업	82.65%	14.66%	2.69%
SS24	SW산업	63.61%	28.05%	8.34%

다음으로, SW자본 계정의 금액에는 자가계정 지출액을 포함하게 했다. 자가계정 (Own account) SW에 대한 투자액이란 기업 내부의 전문인력에 의해 SW를 개발하는데 든 비용이기 때문에 자료가 존재하지 않는 경우가 더 많다. 하지만 최근 문선배 & 정현준(2017)의 연구는 생산비용 접근법에 기반해서 SW개발에 지출된 산업별 취업자 및 노동비용과 비노동비용을 추정하여 산업별 자가계정 SW에 대한 투자액을 추계했다. 이러한 접근법을 참고해서, 이 연구에서는 각 산업별 자가계정 SW투자액은 노동비용으로 산정됨을 가정했다. 즉, SAM의 생산요소 계정 내 노동소득 부문에 자가계정 지출액에 해당하는 금액이 포함됐다고 가정한 것이다. 이에 따라, 산업별

부가가치 계정 내 노동투입에 따른 소득에서 각 산업별 자가계정 투자액만큼을 차감하여 SW자본 소득 부문에 합산하였다.

결국, ICT 자본을 별도의 생산요소로서 산업별 부가가치 계정에 반영하기 위해 기본 사회회계행렬의 자본소득을 물적자본, HW자본, SW자본(자가계정 포함)으로 세분화했으며, 이러한 HW자본소득은 가계와 기업이 물적자본의 배분구조와 동일하게 배분하여 가져가며, SW자본소득은 자가계정 부문은 가계가, 그 외 부문은 기업이 가져간다고 가정했다.

2.4. 보조자료를 활용한 가계 및 노동 부문 세분화

이 연구에는 SW투자에 따른 경제적 효과 뿐 아니라, 정책 실험을 통해 고용 구조와 소득 분포가 어떻게 변화하는지를 포착하고자 했다. 그에 따라 노동 부문은 교육 수준을 기준으로 3가지 부문(저숙련, 중숙련, 고숙련)으로, 가계 부문은 소득 분위 기준으로 10가지 부문으로 세분화했다. 노동자의 숙련도를 측정하는 기준은 다양하지만, 일반적으로 “평균 교육년수(average years of schooling)”을 사용한다. 이를 통해 국가 간 노동자 및 인적자본의 숙련도 수준을 비교하는데, “평균 교육년수”의 경우 노동자가 보유한 능력과 지식을 대변하는 직관적인 변수로서 설명력을 지닌다는 장점을 가지고 있다. 그에 따라, 이 연구에서는 노동자들의 학력 수준이 노동자들의 숙련도를 대변하는 대리 변수(proxy variable)로서 사용될 수 있다고 봤다. 그에 따라, 고숙련 노동자는 최종학력이 대학원 졸업 이상이고, 중숙련 노동자는 최종학력이 대학교/전문대 졸업 이상이며, 저숙련 노동자는 최종학력이 고졸 이하로 나뉘어졌다. 그리하여 고용노동통계 및 임금구조 기본통계조사 자료를 바탕으로 단일 노동 투입 계정을 3그룹으로 세분화했다. 또한, 기준년도의 가계동향조사 마이크로데이터를 활용하여, 가계 부문을 총 소득 기준 10분위로 세분화했다. 즉, 가계동향 조사의 가계 소비지출 항목과 산업분류간 매칭을 통해 산업별 산출재화에 대한 각 소득 분위의 소비지출 비중을 구하여, 기존 산업업관표의 가계 소비지출을 세분화했다.

이와 같은 과정을 거쳐 도출한 SAM의 주요 구성은 다음과 같이 나타낼 수 있다. 먼저 생산요소에서 HW자본 및 SW자본을 추가하였고, 이를 가계와 기업이 배분하는데 특히, 가계는 소득구조에 따라 10분위로 나뉘어 배분되며, 가계가 제공하는 노동은 다시 저, 중, 고의 3부문으로 나뉠 수 있고 이것이 산업별로 3부문으로 구분된다고 이해하면 된다.

<표 4-13> 최종 SW기반 사회회계행렬의 세분화 구조

구 분		생산활동		생산요소				제도			투자			세금			해외		총 계
		국내 재화	수입 재화	노동	자본	SW 자본	HW 자본	가계	기업	정부	고정 자본 형성	SW 자본	HW 자본	간접세	법인세	소득세	수출	수입	
생산 활동	국내 재화	24*24						24*10		24*1	24*1	24*1	24*1				24*1		
	수입 재화	24*24						24*10		24*1	24*1	24*1	24*1						
생산 요소	노동	3*24																	
	자본	1*24																	
	SW자본	1*24																	
	HW자본	1*24																	
제도	가계			10*3	10*1	10*1	10*1												
	기업				1*1	1*1	1*1												
	정부							1*10	1*1		1*1								
투자	고정 자본 형성							1*10											
	SW자본																		
	HW자본																		
세금	간접세																		
	법인세																		
	소득세							1*10											
	관세		1*24																
해외	수출																		
	수입		1*24																
총계																			

제5장 분석결과

제1절 SW자본 투자의 경제적 파급효과

1. 노동생산성

1.1. SW자본재의 품질보정 전 노동생산성 증가율 기여도

다음 그래프는 시기별로 노동생산성 증가율과 SW자본재의 기여도를 나타낸 것이다. 노동생산성이 본격적으로 하락하는 1980년대 이후 SW 자본의 기여도는 오히려 0.97%에서 1990년대 4.14%로 상승하고, 2000년대 들어서는 전체 노동생산성에 약 4.71%를 차지하고 있다. 이는 SW가 전 산업에서 차지하고 있는 비중은 비록 작더라도 향후 국내의 하락하는 노동생산성과 산업경쟁력을 제고할 수 있는 매우 중요한 생산요소라는 점을 확인할 수 있다.

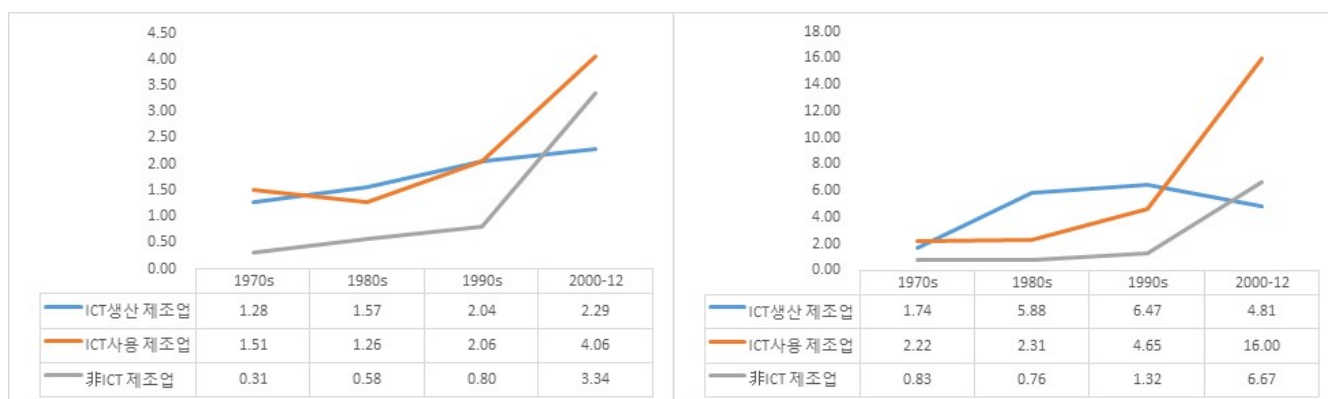
[그림 5-1] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(품질보정 전)



이를 산업분야별로 나눠 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 제조업의 경우, ICT생산, ICT사용, 非ICT 제조 모두 SW자본재가 노동생산성 증가에 차지하는 비중이 높아지는 것을 확인할 수 있다. ICT생산 제조업의 경우 1970년 1.28%가 SW자본재에 의한 것이었다면 2000년부터 2012년에는 2.29%로 늘어났으며, ICT사용 제조업의 경우 같은

기간 1.51에서 4.06으로 증가했으며, 非ICT 제조업의 경우 0.31에서 3.34로 증가했다. 특히 음식료품, 섬유 및 가죽제품, 목재 및 종이, 화학제품, 비금속광물제품 등의 산업분야인 非ICT 제조업의 경우 1970년에 비해 약 10배가 증가한 것을 알 수 있다. 한편 ICT사용 제조업과 非ICT제조업의 경우 각각 1970년대 1.74%에서 2000-12년 4.81%와 0.83%에서 6.67%로 SW자본재가 비SW자본재 대비 차지하는 비중이 커지는 것을 알 수 있다. 반면 ICT생산제조업의 경우 1970년대부터 1990년대까지 이 비중이 증가하나, 2000년대 들어 감소하는 것을 알 수 있다.

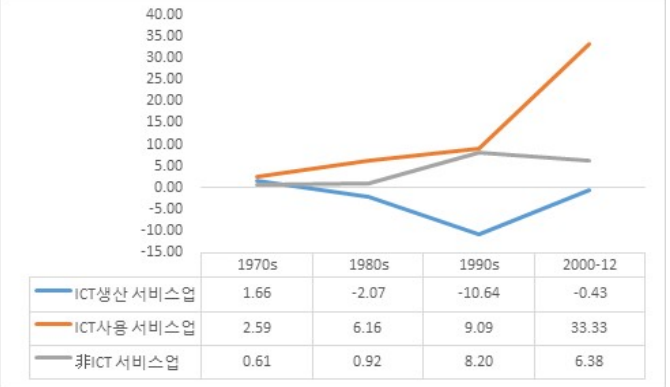
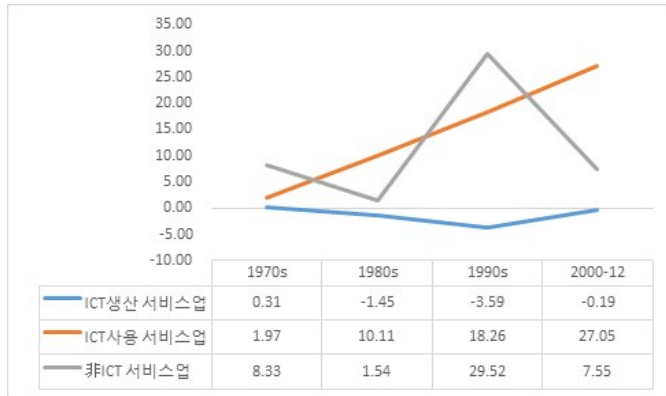
[그림 5-2] 노동생산성 증가율 중 SW자본[그림 5-3] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(제조업, 품질보정 전)



둘째, 서비스의 경우 ICT사용 서비스 분야에서 SW자본재가 노동생산성에 미치는 영향이 큰 폭으로 증가한 것을 알 수 있다. 1970년대 1.97%를 차지했는데, 2000-12년에는 27.05%를 차지해서 약 19배 정도 증가한 것을 알 수 있다. 반면 ICT생산 서비스업과 非ICT 서비스업의 경우 SW자본재가 노동생산성 증가에 큰 폭의 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다. 한편 서비스업의 경우, ICT사용서비스업에서 1990년 이후 SW자본재가 비SW자본재 대비 차지하는 비중이 급격히 커지는 것으로 분석됐고, ICT생산제조업과 기타 산업의 경우 1990년대 이후 비SW자본재 대비 비중이 오히려 감소했거나 별다른 변화가 없는 것으로 나타났다.

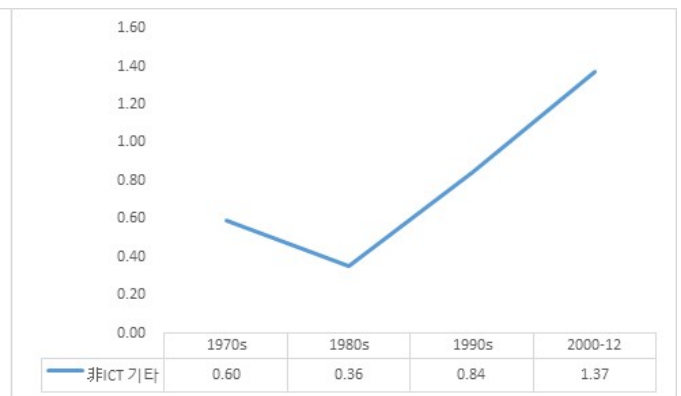
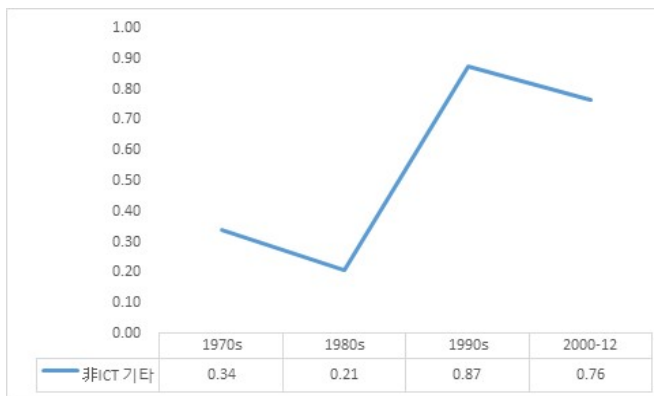
[그림 5-4] 노동생산성 증가율 중 SW자본

재 기여도(서비스업, 품질보정 전)



마지막으로 농림수산업, 광업, 전력, 가스, 수도, 건설업의 경우 SW자본재가 노동생산성에 미치는 영향은 1990년대 이후 소폭 하락했지만, 전반적으로 1970년대 0.34%에서 2000-2012년 0.76으로 약 2배가량 상승했다. 또한 노동생산성의 기여도에서 SW자본재가 비SW자본재 대비 차지하는 비중은 1980년 이후 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다.

[그림 5-6] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(기타, 품질보정 전)



1.2. SW자본재의 품질 보정 후 노동생산성 증가율 기여도

SW자본재에 대한 품질보정 시 시기별 SW 자본이 국내 노동생산성에 대한 기여도 변화를 나타내는 그래프를 보면, 2005년까지 노동 생산성 증가에 크게 기여한 것으로 나타났다. 특히 품질보정 전에는 4.14%에 불과하던 90년대의 노동생산성 증가율

기여가 품질보정시 90년대 초반 16.50%와 90년대 중반 19.09%로 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 반면 2005년부터 2012년까지의 노동생산성 증가율 중 SW자본재의 기여는 3.97%로 하락한다²⁰⁾.

[그림 5-8] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(품질보정시)



이를 산업 분야별로 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 제조업의 경우, ICT사용은 1990-95년 5.01%에서 1995-00년 11.47%까지 증가했다가 2005-12년 3.20으로 다소 하락했다. 이는 ICT생산 제조도 마찬가지로 1990-95년과 1995-00년 5%대를 보이다가 2005-12년 다소 감소하여 1.86%로 나타난다. 이러한 수치는 품질보정 전보다 모두 상승한 것이다. 한편 비SW자본재 대비 SW자본재의 노동생산성 기여도는 ICT생산제조업이 1990년-1995년 25.12%에서 2005-2012년 4.18%로 감소했고, ICT사용제조업이 1990-1995년 13.94%에서 2000년 초반 31.88%로 상승했다가 2005-2012년 12.37%로 하락했다. 그리고 비ICT제조업의 경우, 1990-1995년 2.61%에서 2005-2012년에 5.67% 기여도를 나타냈다.

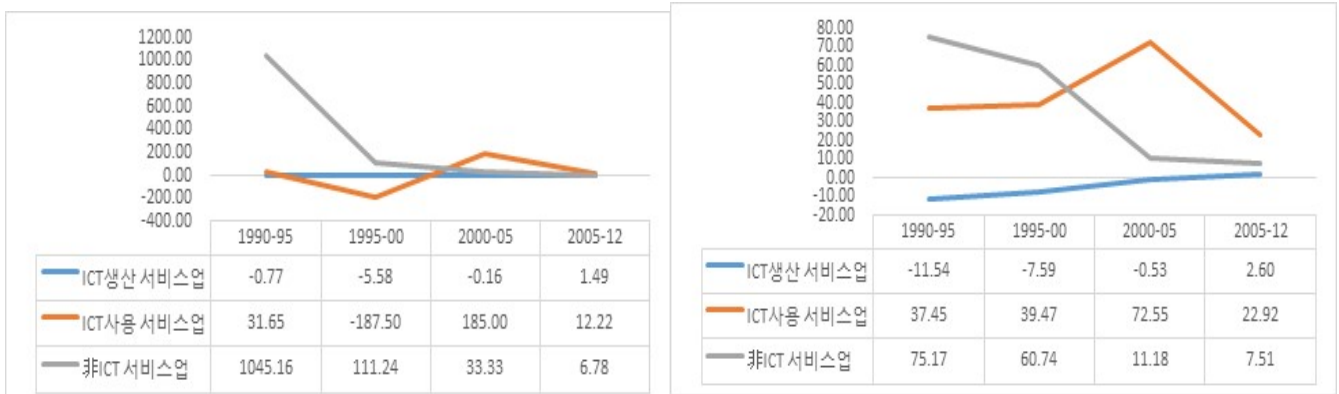
20) 미국과의 가격지수 비교를 통해 Harmonized 디플레이터를 이용한 품질조정을 실시했는데, 미국의 SW자본재에 대한 가격지수는 1990년대부터 활용 가능하여 이 연구에서는 1990년대를 기준으로 분석함

[그림 5-9] 노동생산성 증가율 중 SW자본[그림 5-10] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(제조업, 품질보정 후)



둘째, 서비스의 경우, 노동생산성 자체가 총요소생산성 변화에 크게 영향을 받았기 때문에 SW자본재의 노동생산성 파악이 쉽지 않았다. 이를테면, 1990년부터 1995년 비ICT 서비스업의 경우 노동생산성 증가율이 0.31%인데, 이는 -7.52%를 기록한 총요소생산성에 영향을 크게 받아 SW자본재가 노동생산성증가율에 미치는 영향을 파악하기에 어려움이 있다. 또한 1995년부터 2000년대의 ICT사용 서비스업의 경우 노동생산성 증가율이 -0.48인데, 이 역시 총요소생산성(-4.07%)의 감소로 인한 영향이 크기 때문에 SW자본재의 기여도를 파악하기에 어려움이 있다. 이는 비SW 자본재 대비 SW자본재의 노동생산성 증가율 변화에서도 마찬가지의 어려움이 있다.

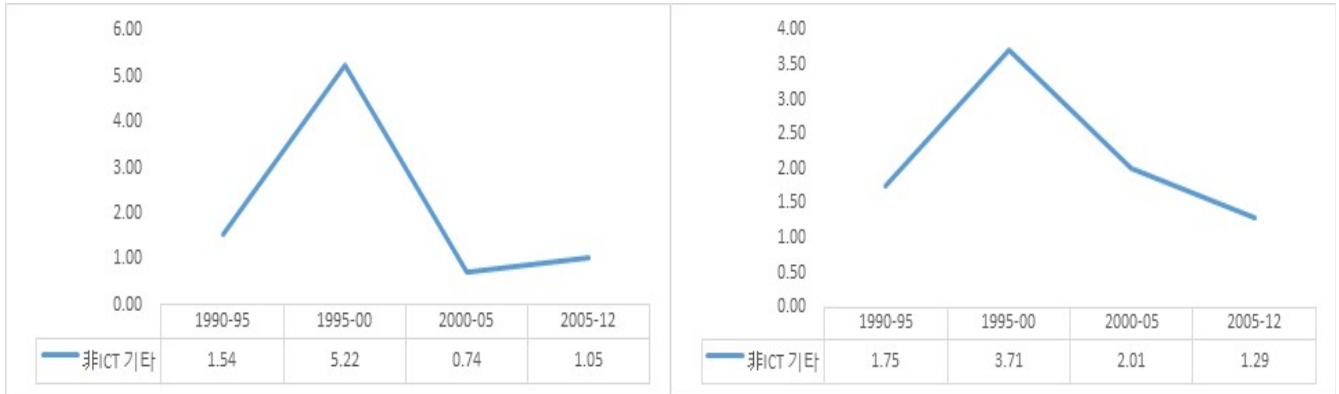
[그림 5-11] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(서비스업, 품질보정 후) [그림 5-12] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(서비스업, 품질보정 후)



마지막으로 기타 산업의 경우 SW자본재가 노동생산성에 미치는 영향은 1995-2000년 5.22%로 최고치를 기록했으며, 2000년-2005년 0.74%로 하락했다가 2005-2012년 다시

1.05%로 증가했다.

[그림 5-13] 노동생산성 증가율 중 SW자본재 기여도(기타, 품질보정 후) [그림 5-14] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(기타, 품질보정 후)



2. 경제성장기여도

2.1. SW자본재의 품질 보전 전 경제성장 기여도

국가의 총 생산 증가에 SW산업과 SW자본재의 역할은 점점 커지고 있다. 또한 전산업 중 SW산업의 비중은 전산업의 총생산과 부가가치에서 차지하는 비중은 채 1%에도 미치지 못하며, 총생산 중 SW투자비중과 SW자본재 비중도 1%를 넘지 못한다.²¹⁾

<표 5-1> 전산업 중 SW산업 비중 (단위: %)

구분	1970년대	1980년대	1990년대	2000-12
총생산 중 SW산업 비중	0.06	0.13	0.39	0.66
부가가치 중 SW산업 비중	0.07	0.17	0.54	1.00
총생산 중 SW투자 비중(%)	0.08	0.18	0.48	0.75
총생산 중 SW자본재 비중(%)	0.00	0.00	0.01	0.03

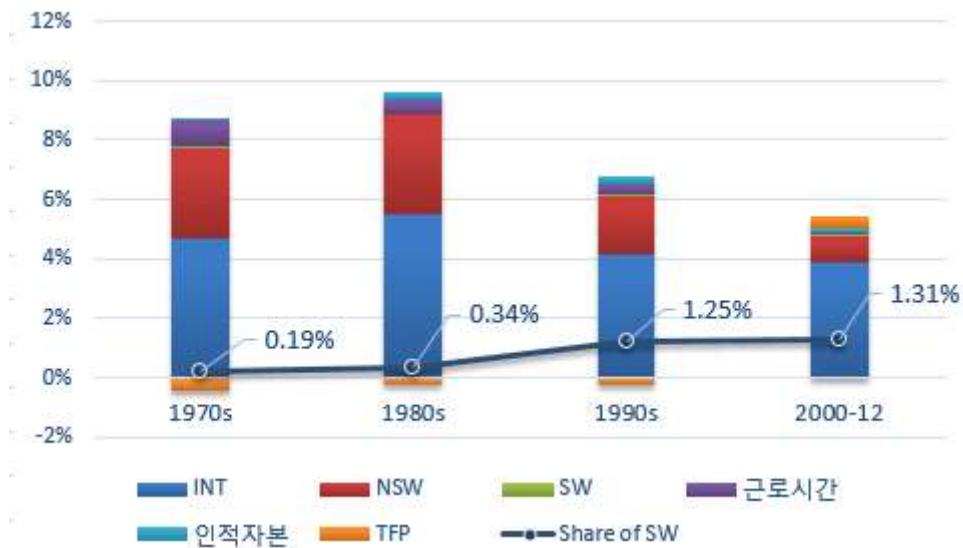
주: 1) 총생산 중 SW투자 비중=(SW투자액)/(총생산액),

2) 총생산 중 SW자본재 비중= (SW자본재 사용 비용)/(총생산액 or 총생산비용)

하지만 시기별 총 생산 증가율에서 SW자본재의 기여도를 나타내면 아래 그림과 같은데 1970년대 0.19%에 불과하던 기여도는 2000-2012년 1.31%가량으로 증가했다. SW자본재가 총 생산에서 차지하는 비중이나, 총생산 중 SW산업의 비중을 고려하면 이러한 수치는 고무적이라 할 수 있다.

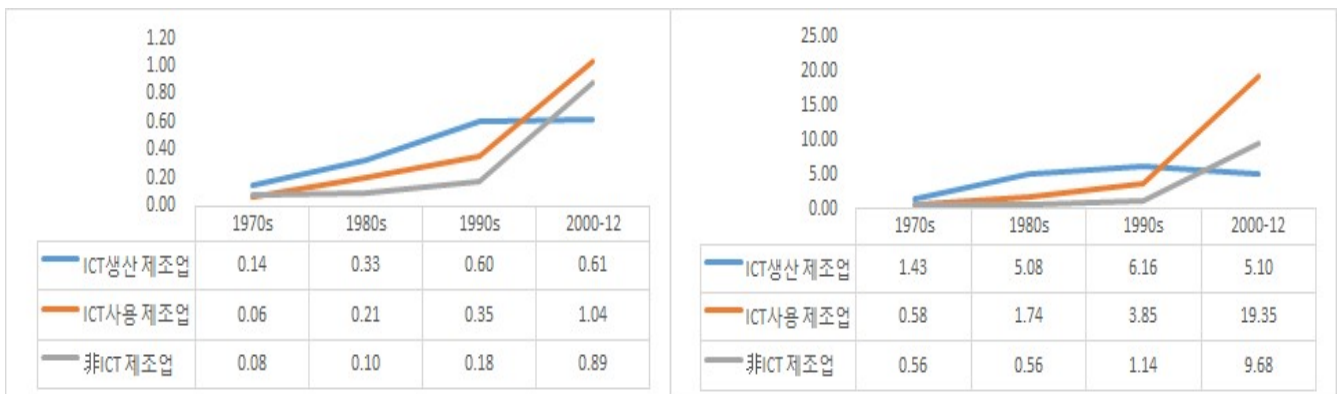
21) KLEMS 자료 내 컴퓨터서비스 관련 산업(computer and related activities)을 SW산업으로 분류한 결과

[그림 5-15] 총생산증가율 중 SW자본재 기여도(품질보정 전)



이를 산업별로 살펴보면, 첫째, 제조업의 경우, ICT생산, ICT사용, 非ICT 제조 모두 SW가 총생산성 기여도가 상승한 것을 알 수 있다. ICT생산 제조업의 경우 1970년대 0.14%였던 기여도가 2000-12년 0.61%로 상승했으며, 같은 기간 ICT사용 제조업은 0.06%에서 1.04%, 비ICT 제조업의 경우 0.08%에서 0.89%로 상승했다. 한편 비SW 자본재 대비 SW자본재가 총생산 증가율에 차지하는 비중도 커지고 있다. 특히 ICT사용 제조업의 경우 1970년대 0.58% 였던 비율이 2000-12년 들어서는 19.35%에 달해 비SW자본재 투자의 증가율이 SW자본재보다 빠른 것을 보여준다.

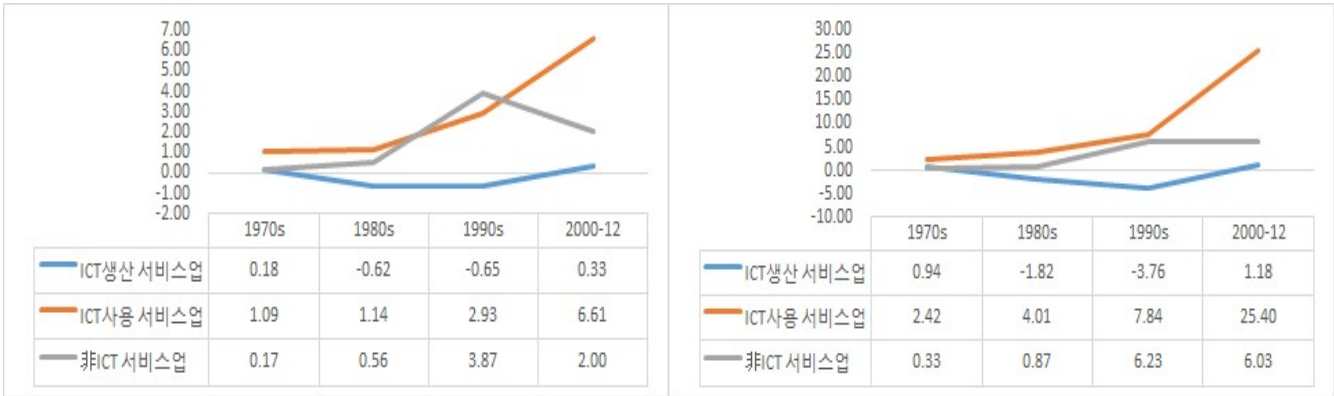
[그림 5-16] 총생산 증가율 중 SW자본재 기여도(제조업, 품질보정 전) [그림 5-17] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(제조업, 품질보정 전)



둘째, 서비스의 경우 ICT사용 서비스 분야에서 SW자본재가 총생산성 증가율에

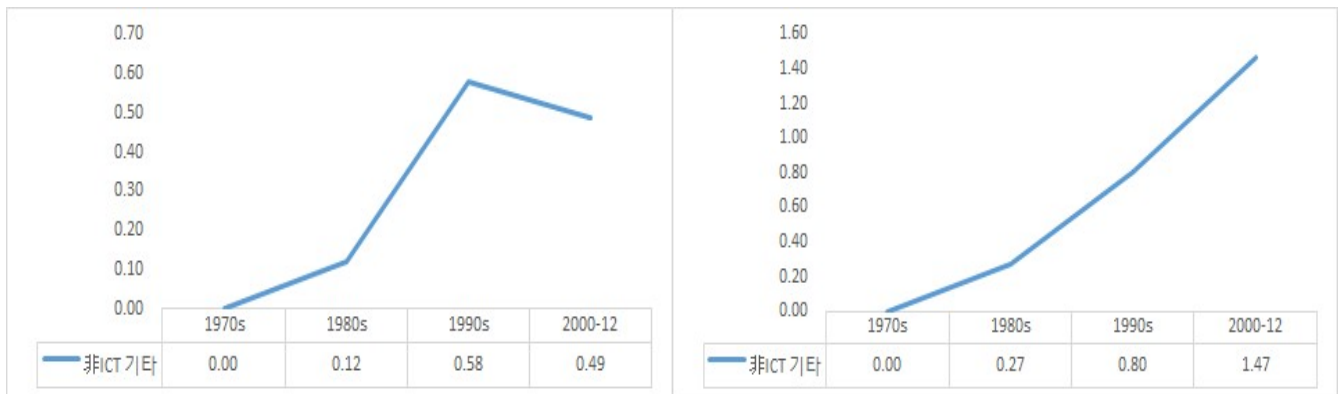
미치는 영향이 1970년대 1.09%에서 2000-12년 6.61%로 지속적으로 증가한 것을 알 수 있다. 반면 ICT생산 서비스업은 SW자본재의 투자는 총생산성 증가에 큰 영향을 주지 않으며, 비ICT 서비스업은 1990년대까지 증가하다가 2000-2012년 다소 감소한 것을 확인했다. 한편 서비스업의 경우, ICT사용 서비스업에서 1990년 이후 SW자본재가 비SW자본재 대비 차지하는 비중이 급격히 커지는 것으로 분석됐고, ICT생산제조업과 기타 산업의 경우 1990년대 이후 비SW자본재 대비 비중이 오히려 감소했거나 별다른 변화가 없는 것으로 나타났다.

[그림 5-18] 총생산 증가율 중 SW자본재[그림 5-19] 비SW 대비 SW자본재 비중 변
기여도(서비스업, 품질보정 전) 화(서비스업, 품질보정 전)



마지막으로 기타업의 경우 1970년대 SW자본재의 투자는 총 생산성에 미치는 영향이 미미했으나, 1990년대 0.58%로 증가했으며, 2000-12년 다소 둔화되어 0.49%를 기록했다. 한편, 비SW 자본재와 SW자본재의 비중은 시기별로 지속적으로 증가하고 있어 SW자본재의 투자가 비SW대비 총생산성 증가의 기여분이 작아지고 있는 것을 확인할 수 있다.

[그림 5-20] 총생산 증가율 중 SW자본재[그림 5-21] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(기타, 품질보정 전)



2.2. SW자본재의 품질 보전 후 경제성장 기여도

SW자본재에 대한 품질보정을 실시하면, SW가 총생산 증가율의 기여도는 다소 증가하는데, 95년부터 2000년까지 SW자본재의 총생산 증가율이 6.03%에 육박하는 것을 확인할 수 있는데, 품질보정을 하지 않았을 때, 1990년대 SW자본재의 기여도인 1.25%에 비하면 더욱 크다.

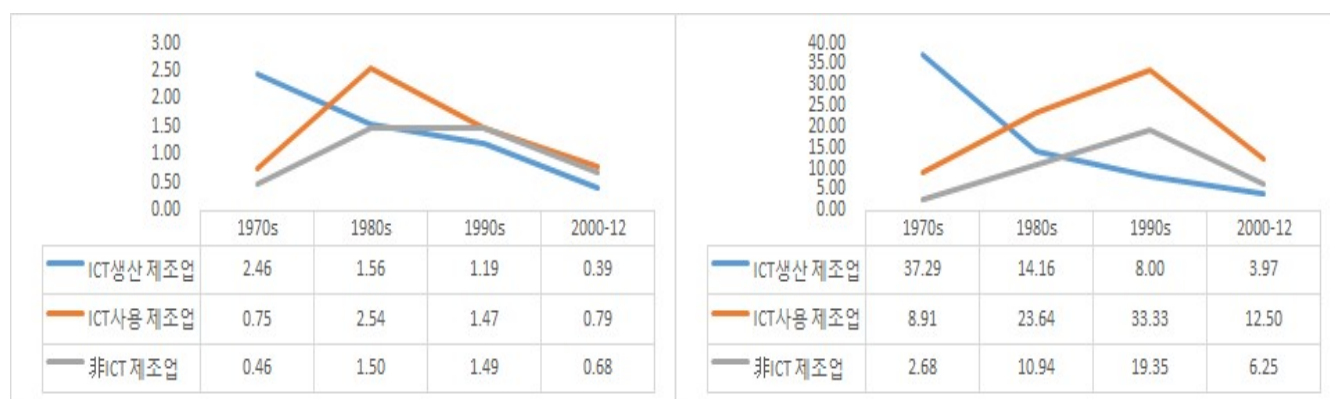
[그림 5-22] 총생산증가율 중 SW자본재 기여도(품질 보정시)



이를 산업별로 살펴보면, 첫째, 제조업의 경우 ICT사용 제조업은 총생산성 증가에 SW자본재가 차지하는 비중이 1970년대 2.54%로 최고치를 달성했으며, 2000-12년 0.79%로 하락했다. 비ICT제조업의 경우에도 마찬가지로 1970년대 1.5%로 최고치를 달성한 이후 2000-12년 0.68%로 하락했다. 반면 ICT생산 제조업의 경우 1970년대

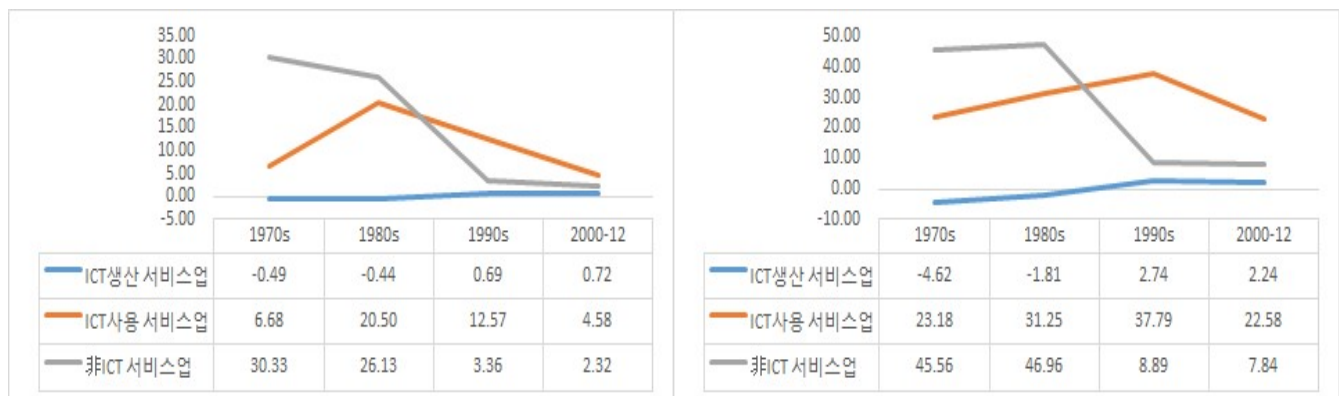
2.46%로 최고치를 달성했다가 2000-12년까지 지속적으로 하락해왔다. 한편, 제조업에서 비SW대비 SW자본의 총 생산 기여도 변화는 ICT생산 제조업과 ICT사용 제조업이 모두 1990년대에 가장 크게 나타나다가 2000-12년 다소 줄어들었으며, 반면, ICT생산 제조업은 1970년대 이후 지속적으로 하락한 것을 확인할 수 있다.

[그림 5-23] 총생산 증가율 중 SW자본재 비중 변화(제조업, 품질보정 후) [그림 5-24] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(제조업, 품질보정 후)



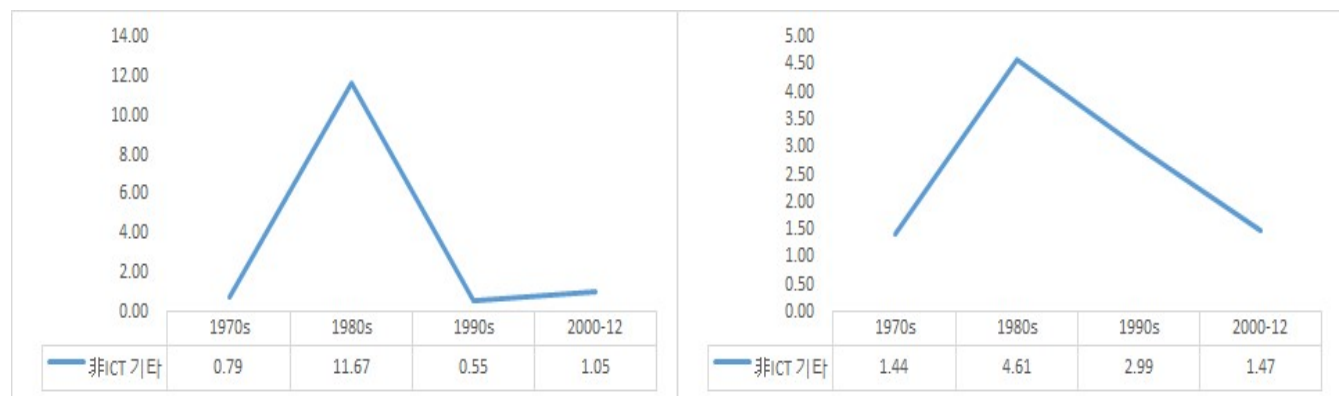
둘째, 서비스업의 경우 SW자본재가 총 생산성 증가에 차지하는 비중은 IT사용 서비스업은 1980년대 20.25%로 높으며, 1990년대까지 12.57%를 유지했다. IT생산 서비스업의 경우 1970년대 -0.49%에서 2000-12년 0.72%로 지속적으로 증가했으나, 그 비중은 크지 않으며, 비ICT서비스업의 경우 1970년 30.33%로 높으나 그 비중은 지속적으로 하락하고 있다. 한편, 서비스업에서 비SW자본재 대비 SW자본재의 총생산 증가 기여도 변화는 ICT사용 서비스업과 ICT생산 서비스업이 1970년대부터 1990년대까지 증가하면서 유사한 형태를 보이며, 2000-12년 다소 하락한 것을 확인할 수 있다. 다시말해 2000-12년에 들어서 비SW자본재 보다 SW자본재가 총생산 증가 기여도에 미치는 비중이 늘어났다 할 수 있다.

[그림 5-25] 총생산 증가율 중 SW자본재[그림 5-26] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(서비스업, 품질보정 후)



셋째, 기타 산업의 경우 1980년대 11.67%로 가장 높았으며, 2000-12년 1.05%로 하락했다. 한편 비SW대비 SW자본의 총생산 증가 기여도는 1980년 4.61%로 가장 크게 나타났다가, 2000-12년에는 1.47%로 하락했다.

[그림 5-27] 총생산 증가율 중 SW자본재[그림 5-28] 비SW 대비 SW자본재 비중 변화(기타, 품질보정 후)



제2절 SW투자에 따른 경제성장 전망과 부정적 파급효과

1. SW투자에 따른 미래 경제 효과 모사 실험 결과

1.1. 정책 시나리오 설정

이 연구는 SW 투자의 경제성장 효과와 고용구조 및 소득분포의 변화를 살펴보기 위한 것이다. 따라서 앞에서 언급한 연산일반균형모형을 바탕으로, 우리는 국내 경제 상황을 분석 목표 연도인 2030년까지 시뮬레이션해 보았다. 여기서는 시뮬레이션 결과의 비교 기준이 되는 기준안 시나리오와, 비교 대상이 되는 세 가지 시나리오를 상정하여 상대적 차이를 중심으로 살펴보고자 한다.

먼저, 기준연도인 2014년부터 2030년까지 외부 정책의 변화가 없는 상황을 가정한 시나리오를 기준안(Business as Usual, BAU)이라 하며, 이 때는 기준연도의 GDP 대비 SW자본에 대한 투자 수준(0.75%)이 지속적으로 유지된다고 가정했다. 다음으로, 정책 시나리오 1은 SW투자 수준이 기준연도인 2014년 0.75%에서 조금씩 감소하여, 2017년에 0.65%로 낮아지는 경우이다. 정책 시나리오 2는 SW투자 수준이 기준연도인 2014년 0.75%에서 조금씩 증가하여, 2017년에 0.85%가 되는 경우이다. 정책 시나리오 3은 SW투자 수준이 기준연도인 2014년 0.75%에서 조금씩 증가하여 2017년에 0.90%가 되는 경우이다. 그리고 모든 시나리오에서 2017년에 설정된 SW투자 수준은 2030년까지 지속 유지된다고 가정했다.

<표 5-2> 정책 시나리오별 SW투자 수준

	SW 집약도(2014년)	SW집약도(2017~2030년)
기준안 시나리오	0.75%	0.75%
시나리오 1	0.75%	0.65%
시나리오 2	0.75%	0.85%
시나리오 3	0.75%	0.90%

1.2. 실험 결과

시나리오별 시뮬레이션 실험 결과를 경제 성장 측면에서 분석해 보면, 시나리오 3에서 가장 높은 경제성장률(연평균 GDP 성장률 2.55%)을 보였으며, 시나리오 1이 가장 낮은 경제성장률(연평균 GDP 성장률 1.69%)을 보였다.

<표 5-3> 정책 시나리오 별 경제성장률(단위: %)

시나리오	기준안	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3
GDP 성장률(2014년 ~ 2030년)	38.49	30.71	45.75	49.61
연평균 GDP 성장률	2.06	1.69	2.38	2.55

즉, SW자본에 대한 투자는 장기적인 경제성장을 촉진하며, 투자가 감소하면 경제성장이 둔화되는 것으로 분석된다. 이는 선행연구들과 일치하는 결과로, SW투자 지출 수준이 높을수록, ICT 부문에서 생산되는 중간재의 기술진보와 ICT 투자재에 체화되는 기술변화를 통한 생산성 향상이 이루어져 생산활동이 확대되는 것이다. 한편, 시나리오 별로 6대 산업군 산출량의 변화를 연도별로 살펴보면 다음과 같다. 이 연구에서 사용한 24개 산업 분류를 산업별 부가가치 투입에 있어 ICT 자본 투입이 차지하는 비중에 따라 6개 산업군²²⁾으로 묶어 살펴보았는데, SW투자의 확대는 1차적으로 ICT 생산 서비스업과 ICT 생산 제조업의 산출량 확대에 가장 큰 직접적 영향을 미치는 것으로 파악됐다. 또한 ICT 생산 부문의 성장을 통한 산출량 증대는 ICT를 사용하는 제조업 및 서비스업에도 긍정적인 파급효과를 전달하고 있음을 확인했다. 즉, SW투자 확대는 ICT 생산 부문의 ICT 재화 공급 확대를 이끌어 내고, 이는 결과적으로 ICT 중간재에 체화된 기술 진보를 증대시켜 ICT를 사용하는 산업들의 산출량을 증대시키는 간접적인 효과를 일으킨다.

22) 이 연구에서 구분하는 산업분류 총 24개 산업을 토대로 1) ICT 생산 서비스(“SS24. SW산업” 포함), 2) ICT 생산 제조업(“SS23. HW산업” 포함), 3) ICT 사용 서비스(“SS15. 도소매 및 음식숙박업”, “SS17. 금융 및 보험업, 부동산 및 임대”, “SS18. 방송통신 및 사업서비스” 포함), 4) ICT 사용 제조업(“SS07. 화학제품 및 의약품”, “SS09. 금속제품”, “SS10. 일반기계 및 장비”, “SS11. 운송장비” 포함), 5) 비 ICT 서비스(“SS16. 운수 및 보관업”, “SS19. 공공행정 및 국방”, “SS20. 교육서비스업”, “SS21. 보건 및 사회복지서비스업”, “SS22. 문화 및 기타서비스업” 포함), 그리고 6) 비 ICT 제조업(“SS03. 음식료품”, “SS04. 섬유 및 가죽제품”, “SS05. 목재 및 종이, 인쇄출판”, “SS06. 석탄 및 석유제품”, “SS08. 비금속광물제품”, “SS12. 기타제조업 제품 및 임가공” 포함)로 총 6개의 산업 부문으로 재분류하여 시나리오 별 산업 별 결과치를 분석하였다.

<표 5-4> 기준안 시나리오 대비 시나리오별 산업군 산출량 변화(단위: %)

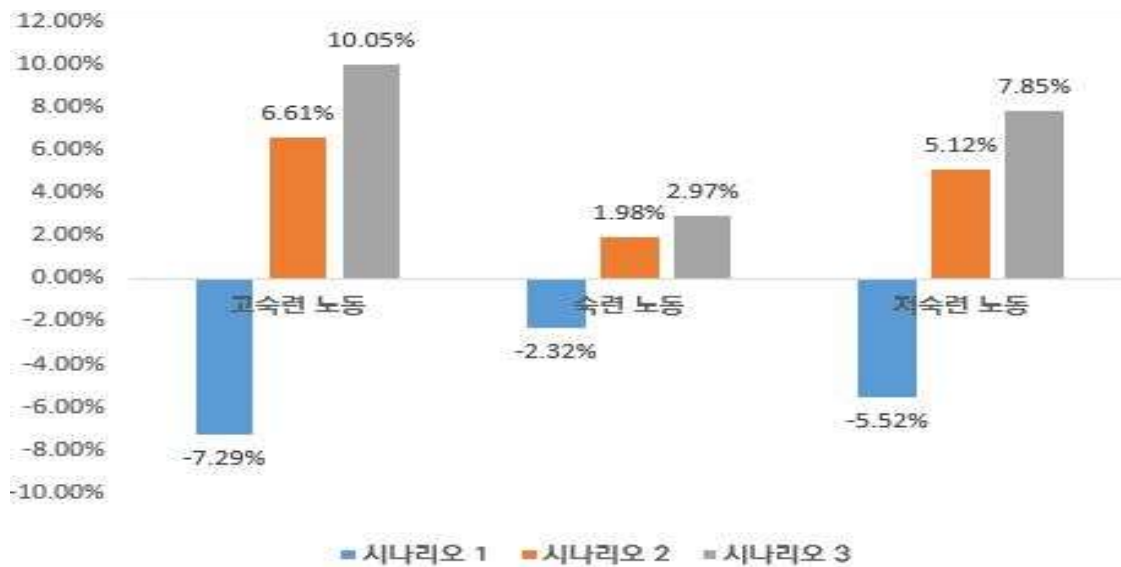
		2015	2020	2025	2030
ICT 생산 서비스업	시나리오1	-0.79	-6.16	-7.62	-8.69
	시나리오2	0.73	5.84	7.26	8.30
	시나리오3	1.12	8.99	11.20	12.80
ICT 생산 제조업	시나리오1	-0.45	-4.87	-6.99	-8.49
	시나리오2	0.42	4.60	6.64	8.07
	시나리오3	0.63	7.08	10.23	12.44
ICT 사용 서비스업	시나리오1	-0.60	-5.18	-6.88	-8.19
	시나리오2	0.55	4.89	6.54	7.81
	시나리오3	0.84	7.53	10.07	12.04
ICT 사용 제조업	시나리오1	-0.73	-5.74	-7.20	-8.34
	시나리오2	0.67	5.41	6.83	7.95
	시나리오3	1.02	8.31	10.52	12.25
非ICT 서비스업	시나리오1	0.55	1.62	-0.14	-1.51
	시나리오2	-0.51	-1.60	-0.008	1.11
	시나리오3	-0.78	-2.49	-0.20	1.58
非ICT 제조업	시나리오1	-0.25	-5.74	-7.20	-8.34
	시나리오2	0.23	2.56	3.86	4.94
	시나리오3	0.35	3.93	5.94	7.60

다음으로, 총 고용 수준과 세 유형으로 분류된 숙련도 기준 노동 유형별 고용 수준이 어떻게 변화하는 지 살펴보았다. 우선 총 고용 수준의 증가율을 살펴보면 시나리오 3에서 고용창출효과가 가장 높았고, 시나리오 1이 가장 낮은 경제성장과 총 노동수요 수준을 보였다. 즉, SW투자 수준이 높으면, 자본 및 숙련 편향적인 기술 변화의 구조적인 영향을 상쇄할 정도로 생산 활동이 확대되어 훨씬 더 많은 일자리를 창출할 수 있음을 시사한다.

<표 5-5> 시나리오 별 총 노동수요 변화(단위: %)

시나리오	기준안	시나리오1	시나리오2	시나리오3
기준안 대비 총 노동수요 수준	-	-4.63%	4.21%	6.42%

[그림 5-29] 기준안 시나리오 대비 각 시나리오별 노동유형의 수요 변화



노동 유형별로 이 총 고용수준의 변화를 살펴보면, 고숙련 노동에 대한 상대적 수요가 가장 높았음을 알 수 있다. 반면, 숙련 노동의 상대적 수요는 가장 적은 수준으로 증대했다. 이러한 추세는 SW 투자 수준이 높아질수록 더 뚜렷이 나타났다. 이는 곧 SW투자 수준이 높아지면 총 고용 수준은 증가하지만 노동 수요의 양극화 현상이 가속화될 수 있음을 시사한다.

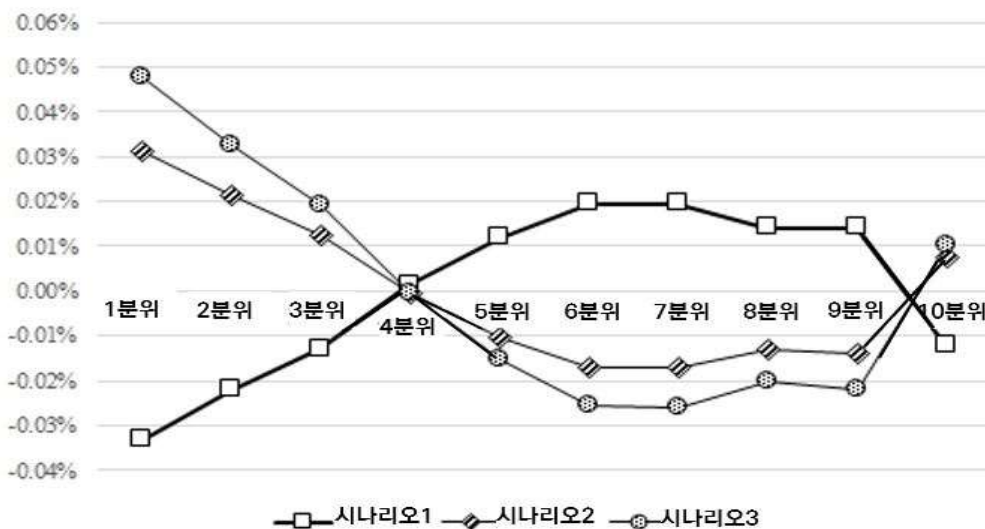
노동 수요의 증가는 고용의 확대와 임금 상승에 영향을 주는데, 숙련도 별 수요 변화에 따라 노동자 간 임금 격차는 변화하게 된다. 결국, 시나리오 별 노동자간 임금 격차가 어떻게 변화하는지 살펴보면, 숙련노동자의 임금 대비 고숙련노동자의 임금(왼쪽), 숙련노동자의 임금 대비 저숙련 노동자의 임금(오른쪽) 변화는 다음과 같이 나타난다.

[그림 5-30] 기준안 시나리오 대비 시나리오별 임금 격차 수준



결국, SW투자 수준이 높아질수록 고숙련 노동자에 대한 상대적 수요가 더 크게 유발되고, 이는 임금 상승으로 이어져 고숙련 노동자의 숙련 프리미엄은 꾸준히 증가하게 된다. 반면, 중간 수준의 숙련도를 가진 노동자의 상대적 수요는 가장 낮은 수준으로 증가함으로써, 중간 수준 숙련 노동자의 숙련 프리미엄은 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 임금 불평등은 소득 양극화와 깊은 관련이 있다. 10분위로 나뉘어진 가계 소득 분위 그룹의 소득 분포를, 시나리오 별로 기준안 시나리오와 비교하였을 때에는, SW에 대한 투자 수준이 증가하였을 때 중간 소득 계층의 비중이 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 곧 ICT 투자 집약도가 증가할수록, 중간계층의 소득분위 비중이 더욱 감소함으로써, 소득 양극화 현상이 두드러지게 나타날 수 있다는 것을 시사한다.

[그림 5-31] 기준안 시나리오 대비 설계 시나리오별 각 소득분위의 비중 차이 (2030년 기준, 단위: %p)



2. 교육투자에 따른 양극화 현상 완화 효과

2.1. 정책 시나리오 설정

이와 같은 숙련·자본 편향적 경제 성장의 결과로서, 총 노동수요는 증가하지만 숙련도에 따른 노동 수요와 고용·소득 구조는 양극화가 심화될 것으로 분석된다. 이를 구조적인 역기능이라 한다면 그 보완적인 정책수단으로 교육에 대한 투자를 고려할 수 있다. 교육에 투자하면 노동자들의 숙련도는 향상된다. 특히 중간 수준의 숙련 노동자들이 숙련도를 향상시켜 고숙련 노동자로 탈바꿈한다면 숙련 편향적 노동 수요를 만족시키면서도 양극화 현상을 둔화시킬 수 있을 것이다. 따라서 교육 투자에

따라 노동자들의 숙련도 향상을 위한 노력이 내생적으로 결정되는 과정을 모형화하여 새로운 정책 시나리오를 작성하였다²³⁾. 전체 노동 스톡(LS_t)은 외부 인구성장률 전망치(g_{lt})를 토대로 결정되고, 이 중 숙련도 향상을 통해 저숙련에서 중간 수준의 숙련 노동으로 전환된 노동 공급은 기존, 즉 t-1기의 중간 숙련 노동 스톡에 더해지고, 중간 수준의 숙련에서 고숙련 노동으로 전환된 노동 공급은 기존의 고숙련 노동 스톡에 더해져서 매 t기의 숙련도별 노동 스톡이 산업별 수요만큼 배분되어 산업별 고숙련, 중간 숙련, 저숙련 노동 투입 수준이 결정된다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다. l 수준에서 u 수준으로의 숙련도 향상을 달성하는 노동자들의 규모($LS_{u,t}$)는 교육투자 수준(EDU_t)과 이전 기 숙련도 l 수준에서의 임금 대비 u 수준에서의 임금(w_{t-1}^u/w_{t-1}^l)의 함수로 결정된다. 식에서 g_t 은 모형 내 외생적으로 부여되는 t 시점 경제성장률 전망치이며, r_t 는 이자율이다. 자세한 도출 과정은 Jung and Thorbecke(2003)과 Ojha, Pradhan, & Ghosh(2013) 연구를 참조하면 된다.

$$LS_{u,t} = \phi_1 \cdot EG_t^{\rho E} + \phi_1 \cdot (w_{t-1}^u/w_{t-1}^l) \cdot [(1+g_{t-1})/(1+r_{t-1})]$$

$$LS_{t+1} = (1 + g_{l,t}) \cdot LS_t$$

where $LS_t = L1_t + L2_t + L3_t$

$$L1_{t+1} = L1_t - LS_{2,t}$$

$$L2_{t+1} = L2_t + LS_{2,t} - LS_{3,t}$$

$$L3_{t+1} = L3_t + LS_{3,t}$$

이 세부 모듈을 기존 CGE모형에 추가하고, 시나리오 4를 추가하는데, 이 시나리오에서는 2017년에 설정된 SW투자 집약도 0.85%가 2030년까지 유지되면서도, 교육투자 집약도도 2014년부터 2017년까지 0.05%로 점차 증가하여 2030년까지 유지된다고 가정하였다.

<표 5-6> 교육에 대한 투자가 고려된 추가 시나리오 4

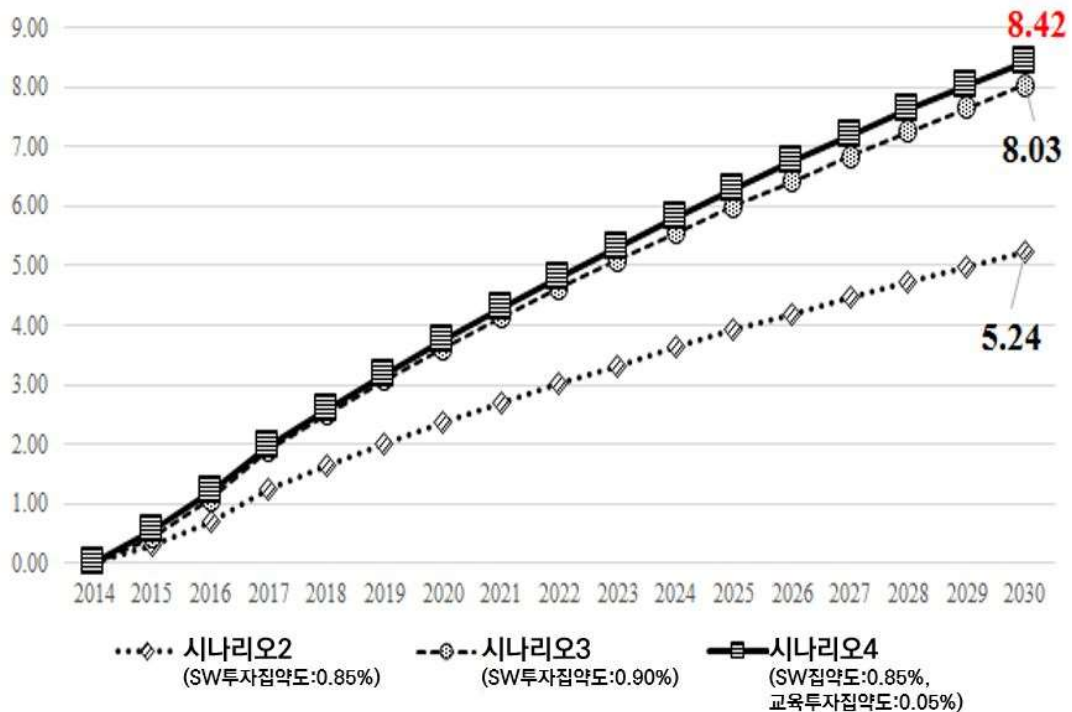
	SW 집약도 (2014년)	SW집약도 (2017~2030년)	교육 투자 집약도 (2017~2030년)
기준안 시나리오	0.75%	0.75%	—
시나리오 1	0.75%	0.65%	—
시나리오 2	0.75%	0.85%	—
시나리오 3	0.75%	0.90%	—
시나리오 4	0.75%	0.85%	0.05%

23) Jung and Thorbecke(2003)과 Ojha, Pradhan, & Ghosh(2013), 여영준 외.(2018)와 여영준(2017)의 연구를 참고

2.2. 실험 결과

경제 성장 측면에서 볼 때, 분석년도 2030년 기준으로 시나리오 4가 모든 시나리오 중에서도 가장 높은 수준의 GDP 성장 효과를 나타냄을 확인할 수 있었다. 결국, 이는 SW자본 투자와 교육 투자를 병행하면, SW가 주도하는 경제 성장 효과를 더욱 촉진할 수 있음을 시사한다. 특히 시나리오 4의 경우에 교육 투자에 따라 노동자들의 숙련도가 향상되어 고숙련 노동의 공급이 보다 원활하게 이루어져, 고숙련 노동과 ICT 자본재간의 보완관계가 더욱 강화되고, 다른 시나리오 대비 산출물이 더 증대한다고 해석이 가능하다.

[그림 5-32] 기준 시나리오 대비 시나리오별 GDP 수준(단위: %)



또한, 앞서 1.(2)의 결과에서 살펴보았던 기준안 시나리오 대비 시나리오별 6대 산업군 별 산출량 변화를 시나리오 4에 대해서도 살펴보면, 시나리오 4는 시나리오 2에 비해 모든 산업 부문에 있어서 더욱 높은 수준의 산출량 증대 효과를 보임을 확인할 수 있었다. 특히, ICT 사용 서비스업과 ICT 사용 제조업을 살펴보았을 때, 시나리오 2의 경우 2030년 기준안 수치 대비 약 7.81%, 7.95% 높은 수준의 산출량 증대 효과를 보이는 반면, 시나리오 4에서는 해당 기간에 기준안 수치 대비 약 11.11%, 11.30% 높은 수준의 산출량 증대효과를 보임을 확인할 수 있다.

<표 5-7> 기준 시나리오 대비 시나리오 별 산업 별 산출액 변화(단위: %)

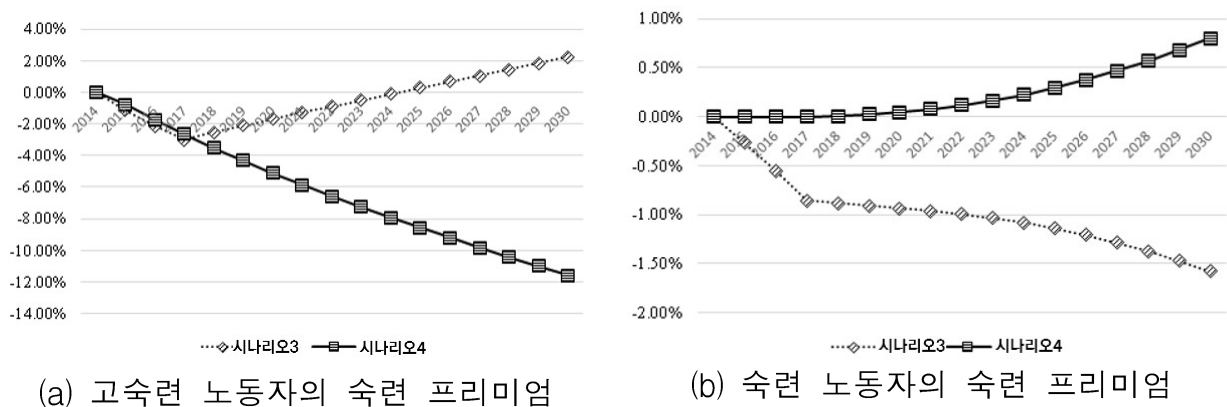
		2015	2020	2025	2030
ICT 생산 서비스업	시나리오2	0.73	5.84	7.26	8.30
	시나리오3	1.12	8.99	11.20	12.80
	시나리오4	0.89	7.62	10.30	12.30
ICT 생산 제조업	시나리오2	0.42	4.60	6.64	8.07
	시나리오3	0.63	7.08	10.23	12.44
	시나리오4	0.46	5.39	8.37	10.74
ICT 사용 서비스업	시나리오2	0.55	4.89	6.54	7.81
	시나리오3	0.84	7.53	10.07	12.04
	시나리오4	0.69	6.38	9.09	11.11
ICT 사용 제조업	시나리오2	0.67	5.41	6.83	7.95
	시나리오3	1.02	8.31	10.52	12.25
	시나리오4	0.82	7.00	9.49	11.30
Non-ICT 서비스업	시나리오2	-0.51	-1.60	-0.008	1.11
	시나리오3	-0.78	-2.49	-0.20	1.58
	시나리오4	-0.39	-0.035	2.14	4.08
Non-ICT 제조업	시나리오2	0.23	2.56	3.86	4.94
	시나리오3	0.35	3.93	5.94	7.60
	시나리오4	0.37	4.06	6.35	8.07

이에 반해, 시나리오 4의 기준안 시나리오 대비 산업 별 산출량 변화 결과와 시나리오 3의 기준안 시나리오 대비 산업 별 산출량 변화 결과를 비교해 보면, 시나리오 4에서는 ICT 재화를 생산하는 산업, 그리고 ICT 재화 및 서비스를 사용하는 제조업 및 서비스 산업을 포함한 ICT 집약 산업들의 산출량 확대 수준이 매우 두드러지는 것을 확인할 수 있다. 결국, 교육투자는 현재 수준으로 유지하면서 SW 자본 투자 집약도를 더 증대시킨 경우(시나리오 3)에는 ICT 집약적 산업의 성장이 가장 두드러지며, 교육 투자 집약도도 증대시킨 경우(시나리오 4)에는 ICT 집약 산업을 제외한 여타 산업에서의 산출물 증대 효과가 더 크다는 것을 확인할 수 있었다. 특히, Non-ICT 서비스업과 Non-ICT 제조업을 살펴보면 시나리오 3의 경우, 2030년 기준안 수치 대비 약 1.58%, 7.60% 높은 수준의 산출량 증대효과를 보이는 반면, 시나리오 4에서는 해당 기간에 기준안 수치 대비 약 4.09%, 8.07% 높은 수준의 산출량 증대효과를 보임을 확인할 수 있다. 결국, 시나리오 4에서 정책 시나리오 중 가장 높은 수준의 경제성장 효과가 나타나는 것은, ICT 집약 산업과 Non-ICT 산업을 포함한 산업 전반의 산출량 증대효과를 가져오기 때문인 것으로 보인다.

다음으로, 노동 유형 별 임금 수준 차이의 변화를 살펴보면, 시나리오 4에서는 시나리오 2에 대비하여 고숙련 노동자의 숙련 프리미엄이 시간이 지날수록 감소하는 것을 확인할 수 있다. 교육 투자에 따른 노동자들의 숙련도가 완만하게 향상되면서, 중

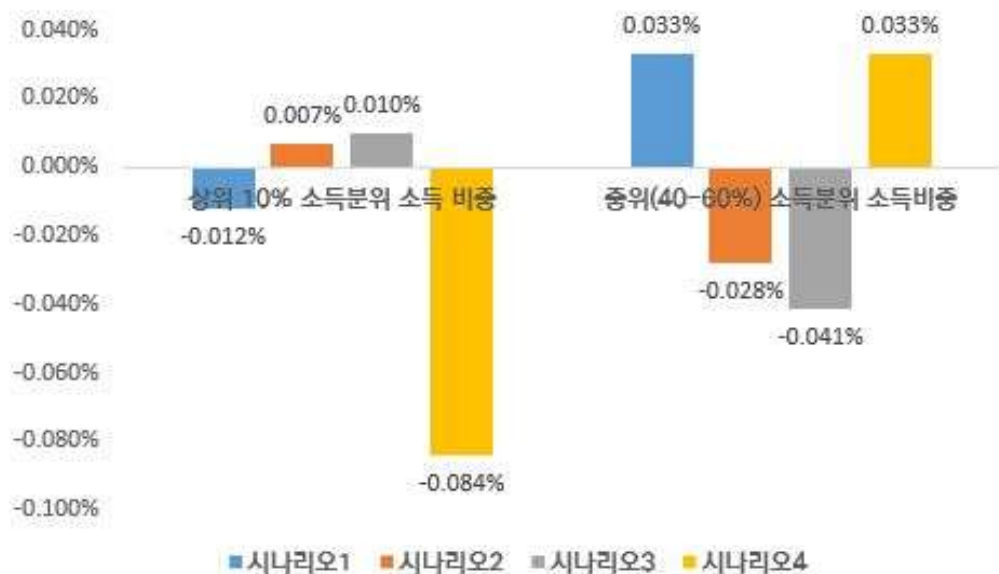
간 수준의 숙련도를 가진 노동자들의 숙련도 향상이 이뤄져 상대적으로 고숙련 노동의 공급이 원활하게 이뤄지고, 그에 따라 고숙련 노동자들의 상대적 임금이 감소하는 효과를 보이는 것이다.

[그림 5-33] 시나리오 2 대비 시나리오 3과 4의 숙련 프리미엄 수준(단위: %)



소득 분포 측면에서 살펴보면, 시나리오 4에서는 상위 10% 소득분위의 비중이 가장 큰 폭으로 감소하는 것을 확인할 수 있었고, 중위 소득 계층의 경우, 0.033%p 증가함을 확인할 수 있었다. 결국, SW자본과 교육에 대한 투자가 동시에 일어나는 경우에는 더 높은 경제성장 효과를 도모하면서도 소득 분포도 고르게 나타남을 확인할 수 있었다.

[그림 5-34] 기준 시나리오 대비 설계 시나리오 별
상위 10% 및 중위(40-60%) 소득분위 소득 비중 변화
(단위: %p, 분석년도 2030년도 기준)



제6장 결론 및 시사점

제1절 연구의 요약 및 시사

SW기술이 발전하고 확산되면서 SW는 국가와 산업의 생산성을 향상시키고 생산공정 및 제품혁신을 촉발하여 국가의 경제성장을 이끄는 원동력으로 작용하고 있다. 따라서 SW가 추동하는 거시 경제적 효과를 직접적으로 추정하고 이에 대한 파급효과를 측정할 필요가 있다.

이러한 목적에서 이 연구는 거시 경제적 관점에서 SW 자본이 우리 경제 성장에 얼마나 기여했는지 살펴보고 SW자본 투자에 대한 파급효과를 노동과 자본의 관점에서 추정했다. 방법론으로는 성장회계와 CGE를 활용했으며, 자료는 한국생산성본부의 KIP(Korea Industrial Productivity) 자료를 기반으로 구축된 World KLEMS, 사회계정행렬 등을 활용했다. 1990년대 이후 SW 자본 투자가 꾸준히 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다. 1990년대 이후 최근까지 시기별로 구분해서 생산과정에서 투입되는 자본 중에 SW 자본과 하드웨어 자본의 비중 변화를 살펴보면, 하드웨어가 양적으로 많지만 SW가 지속적으로 상승하고 있는 양상을 보이고 있다.

분석 결과 첫째, SW 자본이 노동생산성 증가에 긍정적인 기여를 해왔음을 실증했다. 시기별로는 노동생산성이 본격적으로 하락하는 1980년대 이후 SW 자본의 기여도는 오히려 0.97%에서 1990년대 4.14%로 상승하고, 2000년대 들어서는 전체 노동생산성 증가율의 약 4.71%를 차지하고 있다. 이는 SW가 전 산업에서 차지하고 있는 비중은 비록 작더라도 향후 국내의 하락하는 노동생산성과 산업경쟁력을 제고할 수 있는 매우 중요한 생산요소라는 점을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 과거 Solow의 생산성 역설²⁴⁾에 SW가 답을 주는 것을 알 수 있다.

둘째, SW자본투자에 따른 경제성장효과를 살펴보면, SW자본의 투자 집약도를 0.65%에서 0.90%로 조절한 결과 연평균 GDP 성장률은 1.69%에서 2.55%로 상승했다. 또한 산업군별 산출량 변화를 비교해 보면, ICT 생산 서비스업 및 제조업과 ICT 사용 서비스업 및 제조업이 모두 최대 12%이상 증가했으며, ICT와 관련이 없는 서비스 및 제조업 또한 최대 1.5% 이상 성장했다. 2014년 기준으로 2030년까지 다른 조건은 동일하게 유지하면서 SW자본투자 수준을 증대하는 경우 GDP 성장에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

24) “You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics.” (R. Solow, New York Review of Books, July 12, 1987)

셋째, SW자본투자가 노동과 소득에 미치는 영향을 살펴보면, SW자본 투자 수준이 높아지면 총 노동 수요는 기준안 대비 최대 6.42% 증가한다. 그러나 숙련도에 따른 노동수요 변화를 살펴보면 SW자본 투자 수준이 높아지면 첫째, 중숙련 노동에 대한 수요는 최대 2.97%로 거의 늘지 않고, 숙련 프리미엄 또한 감소함을 알 수 있다. 이에 따라 중간 계층의 가계 소득분위의 비중이 더욱 감소한다. 따라서 우리는 숙련 프리미엄의 효과를 고려했을 때 교육에 투자하여 노동자들의 숙련도를 향상시킬 필요가 있다. 둘째, SW자본투자를 기준안보다 늘리게 되면 고숙련 노동자의 숙련 프리미엄은 저숙련 노동자의 숙련 프리미엄보다 훨씬 가파르게 증가한다. 이 때문에 고숙련과 저숙련 노동자의 임금 격차 수준이 SW자본투자가 늘어남에 따라 커지게 된다.

마지막으로 중간 수준의 숙련 노동자들이 숙련도를 향상시켜 고숙련 노동자로 탈바꿈한다면 가파르게 증가하는 고숙련 노동자 수요를 만족시킬 수 있기 때문에 교육 투자에 따라 노동자들의 숙련도 향상을 위한 노력이 내생적으로 결정되는 모형을 가정하여 정책 시나리오를 구성해 보았다. 결과적으로 경제 성장 측면에서 볼 때, 가장 높은 수준의 GDP 성장 효과를 보였다. 또한, 교육 투자에 따른 노동자들의 숙련도가 완만하게 향상되면서, 중간 수준의 숙련도를 가진 노동자들의 숙련도 향상이 이뤄져 상대적으로 고숙련 노동의 공급이 원활하게 이뤄지고, 더 높은 경제성장 효과를 도모하면서도 소득 분포도 고르게 나타남을 확인할 수 있었다.

제2절 연구의 한계와 향후 과제

첫째, 성장회계에 대한 연구는 SW자본의 경제성장 및 생산성 기여도를 살펴봤으나, 이를 산업별로는 살펴보지 못했다는 한계가 있다. SW자본의 투입은 산업별 편차가 큰데, 예를 들어 농업의 경우에는 전체 자본 투자중 SW자본 투자가 0%에 가까운 반면 교육 서비스는 7%에 달해 산업별로 편차가 큰 것을 확인할 수 있다. 따라서 산업별 추가적인 분석이 필요하다.

둘째, 연산일반균형을 활용한 연구에서는 해외 실증연구에서 추정한 대체탄력성 수치를 바탕으로 생산구조를 표현했는데, 대체탄력성 수치를 변화시켜가며 민감도 분석을 진행함으로써 모형의 강건성을 확인할 필요가 있다. 모형의 생산구조에서는 ICT 자본재와 중숙련노동이 직접적으로 복합된다고 가정하였는데, 숙련 노동의 유형을 실제 수행하는 과업(task) 단위로 세분화하면 보다 상세하며 현실을 반영한 묘사가 가능하리라

판단된다. 기준안 시나리오가 국내 장기 경제전망치와 유사한 패턴을 따르는지에 대한 확인도 필요할 것이다.

셋째, 이 연구는 SW자본 투자로 인해 노동시장의 양극화가 발생할 수 있다는 점을 시사하고 있는데, 특히 중숙련 노동자층이 가장 취약할 것으로 예상된다. 따라서 SW자본 투자와 더불어 교육에 대한 투자를 병행하되 이중에서도 특히 중숙련 노동자층의 고숙련노동자로의 이동을 지원할 수 있는 정책개발과 연구가 필요할 것으로 보인다.

별첨1. 노동생산성의 연평균 증가율과 요인 분석 (단위: %/년)

산업	노동생산성 증가율	자본심화		노동	그 외 요인들
		非SW	SW	인적자본	
1970년대					
ICT생산 제조업	14.10	10.33	0.18	0.54	3.05
ICT사용 제조업	1.99	1.35	0.03	5.46	-4.84
非ICT 제조업	6.50	2.40	0.02	0.49	3.60
ICT생산 서비스업	9.78	1.81	0.03	0.01	7.93
ICT사용 서비스업	3.56	2.70	0.07	-0.28	1.07
非ICT 서비스업	0.12	1.63	0.01	0.25	-1.77
非ICT 기타	2.95	1.68	0.01	0.03	1.23
전산업	2.38	3.02	0.02	0.11	-0.78
1980년대					
ICT생산 제조업	11.46	3.06	0.18	0.63	7.60
ICT사용 제조업	6.33	3.47	0.08	4.51	-1.74
非ICT 제조업	6.92	5.23	0.04	0.69	0.96
ICT생산 서비스업	9.65	6.77	-0.14	0.38	2.64
ICT사용 서비스업	0.89	1.46	0.09	0.21	-0.87
非ICT 서비스업	3.25	5.44	0.05	0.42	-2.66
非ICT 기타	9.64	5.62	0.02	0.83	3.18
전산업	6.14	5.96	0.06	0.63	-0.50
1990년대					
ICT생산 제조업	22.03	6.96	0.45	0.44	14.19
ICT사용 제조업	6.78	3.01	0.14	2.39	1.25
非ICT 제조업	7.52	4.55	0.06	0.69	2.22
ICT생산 서비스업	9.75	3.29	-0.35	-0.01	6.81
ICT사용 서비스업	1.15	2.31	0.21	0.22	-1.59
非ICT 서비스업	1.05	3.78	0.31	0.67	-3.71
非ICT 기타	4.58	4.75	0.04	0.94	-1.14
전산업	4.31	3.99	0.18	0.67	-0.53
2000-2012					
ICT생산 제조업	10.50	4.99	0.24	0.50	4.77
ICT사용 제조업	6.89	1.75	0.28	1.37	3.48
非ICT 제조업	3.59	1.80	0.12	0.45	1.22
ICT생산 서비스업	5.33	2.34	-0.01	0.39	2.60
ICT사용 서비스업	1.22	0.99	0.33	0.55	-0.64
非ICT 서비스업	1.59	1.88	0.12	0.84	-1.25
非ICT 기타	3.93	2.19	0.03	0.27	1.44
전산업	3.84	2.21	0.18	0.49	0.96

별첨2. 연산일반균형모형에서 고려한 산업 분류 매칭표

분류한 산업	Sectors in I/O Table(기본부문)
1. 농림수산업 (Agriculture, forestry and fishing)	001 ! 벼 002 ! 맥류 및 잡곡 003 ! 콩류 004 ! 감자류 005 ! 채소 006 ! 과실 007 ! 약용작물 008 ! 기타 식용작물 009 ! 일년생 010 ! 화훼작물 011 ! 천연고구 012 ! 종자 및 모목 013 ! 기타 비식용작물 014 ! 낙농 015 ! 육우 016 ! 양돈 017 ! 가금 018 ! 기타 축산 019 ! 영림 020 ! 원목 021 ! 식용 임산물 022 ! 기타 임산물 023 ! 수산어획 024 ! 수산양식 025 ! 농림어업 서비스
2. 광업(Mining and quarrying)	026 ! 천연탄 027 ! 유연탄 028 ! 원유 029 ! 천연가스(LNG) 030 ! 철광석 031 ! 기타 비철금속광석 032 ! 골재 및 석재 033 ! 석회석 034 ! 기타 비금속광물
3. 음식료품 (Food, beverages and tobacco products)	035 ! 도축육 036 ! 가공육 037 ! 육가공품 038 ! 우유 039 ! 낙농품 040 ! 수산물 가공품 041 ! 수산동물 저장품 042 ! 정곡 043 ! 제분 044 ! 원당 045 ! 정제당 046 ! 전분 및 당류 047 ! 떡 및 과자류 048 ! 면류 049 ! 조미료 및 첨가용식품 050 ! 유지 051 ! 과실 및 채소 가공품 052 ! 커피 및 차류 053 ! 인삼 및 건강보조식품 054 ! 기타 식료품 055 ! 사료 056 ! 주정 057 ! 소주 058 ! 맥주 059 ! 기타 주류 060 ! 비알콜음료 및 얼음 061 ! 담배
4. 섬유 및 가죽제품(Textile and apparel)	062 ! 천연 섬유사 063 ! 화학 섬유사 064 ! 기타 섬유사 065 ! 천연섬유직물 066 ! 화학섬유직물 067 ! 기타 섬유직물 068 ! 편조원단 069 ! 섬유표백 및 염색 070 ! 직물제품 071 ! 끈 로프 및 어망 072 ! 기타 섬유제품 073 ! 봉제의류 074 ! 편조의류 075 ! 가죽의류 076 ! 모피의류 및 모피제품 077 ! 의복관련 장신품 078 ! 가죽 079 ! 모피 080 ! 가방 및 핸드백 081 ! 신발 082 ! 기타 가죽제품

분류한 산업	Sectors in I/O Table(기본부문)
5, 목재 및 종이, 인쇄출판 (Wood, paper and printing products)	083 ! 제재목 084 ! 합판 085 ! 강화 및 재생목재 086 ! 건축용 목제품 087 ! 목재 용기 및 적재판 088 ! 기타 목제품 089 ! 펄프 090 ! 인쇄용지 091 ! 기타 원지 및 판지 092 ! 골판지 및 골판지상자 093 ! 종이용기 094 ! 종이문구 및 사무용지 095 ! 위생용 종이제품 096 ! 기타 종이제품 097 ! 인쇄 098 ! 기록매체 복제
6, 석탄 및 석유제품 (Petroleum and coal products)	099 ! 석탄 코크스 및 관련제품 100 ! 연탄 101 ! 나프타 102 ! 휘발유 103 ! 제트유 104 ! 등유 105 ! 경유 106 ! 중유 107 ! 액화석유가스 108 ! 정제혼합용 원료유 109 ! 윤활유 및 그리스 110 ! 기타 석유정제품
7. 화학 및 의약품 (Chemical products and medicines)	111 ! 지방족 기초유분 112 ! 방향족 기초유분 113 ! 석유화학중간제품 114 ! 석탄화합물 115 ! 기타 기초유기화합물 116 ! 산업용 가스 117 ! 기초무기화합물 118 ! 염료 및 유연제 119 ! 합성수지 120 ! 합성고무 121 ! 화학섬유 122 ! 의약품 123 ! 비료 및 질소화합물 124 ! 살충제 및 농약 125 ! 도료 126 ! 잉크 127 ! 비누 세제 및 치약 128 ! 화장품 129 ! 접착제 및 젤라틴 130 ! 사진용 화학제품 및 감광재료 131 ! 기타 화학제품 132 ! 플라스틱 1차제품 133 ! 건축용 플라스틱제품 134 ! 포장용 플라스틱제품 135 ! 조립용 플라스틱제품 136 ! 기타 플라스틱제품 137 ! 타이어 및 튜브 138 ! 산업용 고무제품 139 ! 기타 고무제품
8. 비금속광물제품 (Non-metallic mineral products)	140 ! 판유리 및 1차유리 141 ! 전자기기용 유리제품 142 ! 산업용(전자기기 제외) 유리제품 143 ! 기타 유리제품 144 ! 가정용 도자기 145 ! 산업용 도자기 146 ! 내화 요업제품 147 ! 건설용 비내화 요업제품 148 ! 시멘트 149 ! 레미콘 150 ! 콘크리트제품 151 ! 석회 및 석고제품 152 ! 석제품 153 ! 연마재 154 ! 아스콘 및 아스팔트 제품 155 ! 석면 및 암면 156 ! 기타 비금속광물제품

분류한 산업	Sectors in I/O Table(기부분문)
9. 금속제품 (Basic and Fabricated metal products)	157 ! 선철 158 ! 합금철 159 ! 조강 160 ! 철근 및 봉강 161 ! 형강 162 ! 선재 및 귀조 163 ! 열연 후판 및 강판 164 ! 강선 165 ! 철강관 166 ! 냉간압연강재 167 ! 표면처리강재 168 ! 기타 철강1차제품 169 ! 동 제련 및 합금제품 170 ! 알루미늄 제련 정련 및 합금제품 171 ! 연 및 아연 제련 및 합금제품 172 ! 금은괴 173 ! 기타 비철금속 제련 정련 및 합금제품 174 ! 동 1차제품 175 ! 알루미늄 1차제품 176 ! 기타 비철금속 1차제품 177 ! 금속 주물 178 ! 건축용 금속제품 179 ! 구조물용 금속제품 180 ! 금속제 탱크 및 압력용기 181 ! 산업용 보일러 및 증기발생기 182 ! 금속 단조 및 야금제품 183 ! 금속압형제품 184 ! 금속처리 185 ! 금속처리 가공품 186 ! 가정용 금속제품 187 ! 부착용 금속제품 188 ! 공구류 189 ! 나사 및 철선 제품 190 ! 금속포장용기 191 ! 기타 금속제품
10. 일반기계 및 장비 (General machinery and equipment)	192 ! 내연기관 및 터빈 193 ! 펌프 및 압축기 194 ! 밸브 195 ! 베어링 기어 및 동력전달장치 196 ! 산업용 운반기계 197 ! 공기조절 장치 및 냉장 냉동 장비 198 ! 공기 및 액체 여과기 199 ! 사무용 기기 200 ! 기타 일반목적용기계 201 ! 농업용 기계 202 ! 건설 및 광산용 기계 203 ! 금속 절삭기계 204 ! 금속 성형기계 205 ! 금형 및 주형 206 ! 반도체 제조용 기계 207 ! 디스플레이 제조용 기계 208 ! 음식료품 가공기계 209 ! 섬유 및 의복 가공기계 210 ! 산업용 로봇 211 ! 제지 및 인쇄기계 212 ! 고무 및 플라스틱 성형기계 213 ! 기타 특수목적용기계
11. 운송장비 (Transportation equipment)	249 ! 승용차 250 ! 버스 251 ! 트럭 252 ! 특수차 253 ! 트레일러 및 컨테이너 254 ! 자동차용 엔진 255 ! 자동차 부품품 256 ! 강철제 선박 257 ! 기타 선박 258 ! 선박 수리 및 부품품 259 ! 철도차량 260 ! 항공기 261 ! 모터사이클 262 ! 기타 운수장비
12. 기타 제조제품 (Other manufactured products)	263 ! 목재 가구 264 ! 금속 가구 265 ! 기타 가구 266 ! 장난감 및 오락용품 267 ! 운동 및 경기용품 268 ! 약기 269 ! 문방구 270 ! 귀금속 및 보석 271 ! 모형 및 장식용품 272 ! 기타 제조업제품 273 ! 제조업가공서비스

분류한 산업	Sectors in I/O Table(기분부문)
13. 전력, 가스 및 수도 (Electricity, gas, steam and water supply)	274 ! 수력 275 ! 화력 276 ! 원자력 277 ! 자가발전 278 ! 신재생에너지 279 ! 도시가스 280 ! 증기 및 온수 281 ! 수도 282 ! 하수 폐수 및 분뇨처리(국공립) 283 ! 하수 폐수 및 분뇨처리(산업) 284 ! 폐기물 수집 운반 및 처리(국공립) 285 ! 폐기물 수집 운반 및 처리(산업) 286 ! 자원재활용서비스
14. 건설(Construction)	287 ! 주거용 건물 288 ! 비주거용 건물 289 ! 건축보수 290 ! 도로시설 291 ! 철도시설 292 ! 항만시설 293 ! 하천사방 294 ! 상하수도시설 295 ! 농림수산토목 296 ! 도시토목 297 ! 환경정화시설 298 ! 통신시설 299 ! 전력시설 300 ! 산업플랜트 301 ! 기타 건설
15. 도소매 및 음식숙박업 (Wholesale, retail trade and Accommodation/food services)	302 ! 도매서비스 303 ! 소매서비스 318 ! 일반음식점 319 ! 주점 320 ! 기타음식점 321 ! 숙박
16. 운수 및 보관업 (Transportation)	304 ! 철도여객 운송서비스 305 ! 철도화물 운송서비스 306 ! 도로여객 운송서비스 307 ! 도로화물 운송서비스 308 ! 소화물 전문 운송서비스 309 ! 연안 및 내륙수상 운송서비스 310 ! 외항 운송서비스 311 ! 항공운송서비스 312 ! 육상운송보조서비스 313 ! 수상운송보조서비스 314 ! 항공운송보조서비스 315 ! 하역서비스 316 ! 보관 및 창고서비스 317 ! 기타 운송관련서비스
17. 금융, 보험, 부동산 및 임대 (Finance and insurance Real estate and rental service)	335 ! 중앙은행 및 예금취급기관 336 ! 금융투자기관 337 ! 기타 금융중개기관 338 ! 생명보험 339 ! 비생명보험 340 ! 금융 및 보험 보조서비스 341 ! 주거서비스 342 ! 비주거용 건물 임대 343 ! 부동산 개발 및 공급 344 ! 부동산관련서비스 345 ! 기계장비 및 용품 임대
18. 방송통신 및 사업서비스 (Communications and broadcasting and business services)	322 ! 우편서비스 323 ! 유선통신서비스 324 ! 무선통신서비스 325 ! 기타 전기통신서비스 326 ! 지상파 방송서비스 327 ! 유선 위성 및 기타방송 331 ! 신문 332 ! 출판 333 ! 영상·오디오물 제작 및 배급 334 ! 영화상영 346 ! 연구개발(국공립) 347 ! 연구개발(비영리) 349 ! 기업내연구개발 348 ! 연구개발(산업) 350 ! 법무 및 회계 서비스 351 ! 시장조사 및 경영컨설팅 352 ! 광고 353 ! 건축·토목관련서비스 354 ! 과학관련서비스 355 ! 과학기술서비스 356 ! 기타 전문서비스 359 ! 기타 사업지원서비스

분류한 산업	Sectors in I/O Table(기본부문)		
19. 공공행정 및 국방 (Public administ. and defense)	360	!	중앙정부
	361	!	지방정부
20. 교육서비스 (Education service)	362	!	교육서비스(국공립)
	363	!	교육서비스(비영리)
	364	!	교육서비스(산업)
21. 보건 및 사회복지서비스 (Health and social work)	365	!	의료 및 보건(국공립)
	366	!	의료 및 보건(비영리)
	367	!	의료 및 보건(산업)
	368	!	사회보험(국공립)
	369	!	사회복지서비스(국공립)
	370	!	사회복지서비스(비영리)
22. 기타 서비스업 (Other services)	371	!	청소소독 및 시설유지
	372	!	인력공급 및 알선
	373	!	문화서비스(국공립)
	374	!	연극 음악 및 기타예술
	375	!	기타 문화서비스
	376	!	스포츠서비스
	377	!	오락서비스
	378	!	산업 및 전문가 단체
	379	!	기타 사회 단체
	380	!	자동차 수리서비스
	381	!	기계장비 수리
	382	!	개인 및 가정용품 수리서비스
	383	!	미용관련 서비스
	384	!	세탁
		!	가사서비스
		!	기타 개인서비스
23. ICT HW 제조업 (ICT HW Manufacturing sector)	214	!	발전기 및 전동기
	215	!	변압기
	216	!	전기변환장치
	217	!	전기회로 개폐 및 접속장치
	218	!	배전반 및 전기자동제어반
	219	!	전지
	220	!	전선 및 케이블
	221	!	전구 및 램프
	222	!	조명장치
	223	!	기타 전기장비
	224	!	개별소자
	225	!	집적회로
	226	!	LCD 평판 디스플레이
	227	!	기타 전자표시장치
	228	!	인쇄회로기판 및 실장기판
	229	!	축전기 저항기 전자코일 및 변성기
	230	!	기타 전자부품
	231	!	컴퓨터
	232	!	컴퓨터 기억장치
	233	!	컴퓨터 주변기기
	234	!	유선통신기기
	235	!	이동전화기
	236	!	기타 무선통신장비 및 방송장비
	237	!	TV
	238	!	영상기기
	239	!	오디오 및 음향기기
	240	!	가정용 냉장고 및 냉동고
	241	!	주방용 및 난방용 전기기기
	242	!	기타 가정용 전기기기
	243	!	의료용 기기
	244	!	측정 및 분석기
	245	!	자동조정 및 제어기기
	246	!	사진기 및 영상기
	247	!	안경 및 기타광학기기
	248	!	시계
24. ICT SW 생산업 (ICT SW Producing sector)	328	!	정보서비스
	329	!	소프트웨어 개발 공급
	330	!	컴퓨터관리서비스

외부 공동 연구진

성장회계
연산일반균형

산업연구원 황원식
서울대학교 이정동
여영준
신기윤
최재원
엄원섭

참 고 문 헌

[국내 문헌]

- 문성배, & 정현준. (2017). 한국의 산업별 자가계정소프트웨어 투자액 추계. 정보통신정책연구, 24(2), 1-32.
- 서동혁, 김상훈, 김승민, 황원식, 오인하.(2015). ICT 융합의 경제적 효과분석: 연산일반균형 모형을 활용한 정책분석 플랫폼 구축. 산업연구원 연구보고서(1105009568)
- 여영준, 김세준, 정성문, & 이정동. (2018). 연산일반균형모형을 활용한 인적자본 투자 수익률 추정. 생산성논집 (구 생산성연구), 32(2), 57-95.
- 정현준, 신우철, 진홍윤, 문성배, 전현배, & 조태형. (2016). ICT와 과학기술의 역할 분석을 위한 생산성 계정 구축 및 ICT와 과학기술 활용도 분석. 기본연구16-32-02. 정보통신정책연구원
- 정현준, 김정언, 진홍윤, 신우철, 문성배, 신석하, 전현배, & 조태형. (2015). 과학기술과 ICT의 역할 분석을 위한 ICT 자본스톡 및 지식자본스톡 구축 방법론 연구, 기본연구 15-13-02. 정보통신정책연구원
- 한국은행(2014). 산업연관표 2010 해설서
- 한국은행(2015). 국민계정체계
- 한국전산원(2002). ICT의 성능대비 물가지수와 경제성장기여도에 관한 연구
- 이승환. (2018). 젊은 SW인재의 고민. 소프트웨어정책연구소 이슈리포트, 제2018-007호.
- 안연식, & 문송철. (2014). 국내 소프트웨어 산업 구조의 개선에 대한 제안: IT 서비스 및 솔루션 기업을 중심으로. 정보기술응용연구, 21(1).

[국외 문헌]

- Alderete, M. V. (2017). Examining the ICT access effect on socioeconomic development: the moderating role of ICT use and skills. Information Technology for Development, 23(1), 42-58.
- Arora, A., & Gambardella, A. (2004). The globalisation of the software industry: Perspectives and opportunities for developed and developing countries. NBER Working Paper
- Arvanitis, S., Loukis, E., & Diamantopoulou, V. (2013). The effect of soft ICT capital on innovation performance of Greek firms. Journal of Enterprise Information Management, 26(6), 679-701.
- Baccini, A., & Cioni, M. (2010). Is technological change really skill-biased? Evidence from the introduction of ICT on the Italian textile industry (198
- Becchetti, L., andres londono Bedoya, D., & Paganetto, L. (2003). ICT investment, productivity and efficiency: evidence at firm level using a stochastic frontier approach. Journal of productivity analysis, 20(2), 143-167.
- Bentolila, S., & Saint-Paul, G. (2003). Explaining movements in the labor share. Contributions in Macroeconomics, 3(1).
- Berg, A., Buffie, E., & Zanna, F.(2017) Should We Fear the Robot Revolution?(The Correct Answer is Yes). IMF Working Paper. 1-46.
- Berman, E., Bound, J., & Griliches, Z. (1994). Changes in the demand for skilled labor within US manufacturing: evidence from the annual survey of manufactures. The Quarterly Journal of Economics, 109(2), 367-397.
- Bresnahan, T. F., Brynjolfsson, E., & Hitt, L. M. (2002). Information technology, workplace organization, and the demand for skilled labor: Firm-level evidence. The Quarterly Journal of Economics, 117(1), 339-376.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. WW Norton & Company.

- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2012). Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy. Brynjolfsson and McAfee.
- Card, D., & DiNardo, J. E. (2002). Skill-biased technological change and rising wage inequality: Some problems and puzzles. *Journal of labor economics*, 20(4), 733-783.
- Cetté, G., Mairesse, J., & Kocoglu, Y. (2005). ICT diffusion and potential output growth. *Economics Letters*, 87(2), 231-234.
- Chung, H. (2018). ICT investment-specific technological change and productivity growth in Korea: Comparison of 1996-2005 and 2006-2015. *Telecommunications Policy*, 42(1), 78-90.
- Dimelis, S. P., & Papaioannou, S. K. (2010). FDI and ICT effects on productivity growth: A comparative analysis of developing and developed countries. *The European Journal of Development Research*, 22(1), 79-96.
- DeCanio, S. J. (2016). Robots and humans-complements or substitutes?. *Journal of Macroeconomics*, 49, 280-291.
- Eden, M., & Gaggi, P. (2018). On the welfare implications of automation. *Review of Economic Dynamics*, 29, 15-43.
- Edquist, H., Henrekson, M. (2017). Swedish lessons: how important are ICT and R&D to economic growth?. *Structural Change and Economic Dynamics* 42, 1-12.
- Feiguine, G., & Solovjova, J. (2014). ICT investment and internationalization of the Russian economy. *International economics and economic policy*, 11(1-2), 231-250.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?. *Technological forecasting and social change*, 114, 254-280.
- Goos, M., Manning, A., & Salomons, A. (2014). Explaining job polarization: Routine-biased technological change and offshoring. *American Economic Review*, 104(8), 2509-26.
- Haskel, J., & Heden, Y. (1999). Computers and the demand for skilled labour: industry-and establishment-level panel evidence for the UK. *The Economic Journal*, 109(454), 68-79.
- Ishida, H. (2015). The effect of ICT development on economic growth and energy consumption in Japan. *Telematics and Informatics*, 32(1), 79-88.
- Jorgenson, D. W., & Griliches, Z. (1967). The explanation of productivity change. *The Review of Economic Studies*, 34(3), 249-283.
- Jorgenson, D. W., Gollop, F. M., Fraumeni, B. (1987), *Productivity and U.S. Economic Growth*, Cambridge, MA: Harvard Economic Studies.
- Jung, S., Lee, J. D., Hwang, W. S., & Yeo, Y. (2017). Growth versus equity: A CGE analysis for effects of factor-biased technical progress on economic growth and employment. *Economic Modelling*, 60, 424-438.
- Jung, H. S., & Thorbecke, E. (2003). The impact of public education expenditure on human capital, growth, and poverty in Tanzania and Zambia: a general equilibrium approach. *Journal of Policy Modeling*, 25(8), 701-725.
- Karabarbounis, L., & Neiman, B. (2013). The global decline of the labor share. *The Quarterly Journal of Economics*, 129(1), 61-103.
- Krusell, P., Ohanian, L. E., Ríos-Rull, J. V., & Violante, G. L. (2000). Capital-skill complementarity and inequality: A macroeconomic analysis. *Econometrica*, 68(5), 1029-1053.
- Kumar, R. R., Stauvermann, P. J., & Samitas, A. (2016). The effects of ICT* on output per worker: A study of the Chinese economy. *Telecommunications Policy*, 40(2-3), 102-115.
- Machin, S., & Van Reenen, J. (1998). Technology and changes in skill structure: evidence from seven OECD

- countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4), 1215-1244.
- Martínez, D., Rodríguez, J., Torres J. L.(2010), ICT-specific technology change and productivity growth in the US: 1980-2004, *Information Economics and Policy*, 22, 121-129.
 - Maya, E., & Gaggi, P.(2014). The substitution of ICT capital for routine labor: transitional dynamics and long-run implications. (No. w140424). World Bank
 - Michaels, G., Natraj, A., & Van Reenen, J. (2014). Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years. *Review of Economics and Statistics*, 96(1), 60-77.
 - Molinari, B., Rodríguez, J., Torres, J. L. (2013), Growth and technological progress in selected pacific countries, *Japan and the World Economy* 28, 60-71.
 - Ojha, V. P., Pradhan, B. K., & Ghosh, J. (2013). Growth, inequality and innovation: A CGE analysis of India. *Journal of Policy Modeling*, 35(6), 909-927.
 - O'Mahony, M., Robinson, C., & Vecchi, M. (2008). The impact of ICT on the demand for skilled labour: A cross-country comparison. *Labour economics*, 15(6), 1435-1450.
 - Piva, M., Santarelli, E., & Vivarelli, M. (2006). Technological and organizational changes as determinants of the skill bias: Evidence from the Italian machinery industry. *Managerial and Decision Economics*, 27(1), 63-73.
 - Sachs, J. D., & Kotlikoff, L. J. (2012). Smart machines and long-term misery (No. w18629). National Bureau of Economic Research Working Paper. 1-20.
 - Schreyer, P. (2002), Computer price indices and international growth and productivity comparison, *Review of Income Wealth* 48(1), 15-31.
 - Shapiro, R. (2014). The us software industry as an engine for economic growth and employment.
 - Van Ark, B., Melka, J., Mulder, N., Timmer, M., Ypma, G. (2002), ICT Investment and Growth Accounts for the European Union 1980-2000, Research Memorandum GD-56, Groningen Growth and Development Centre.
 - Van Reenen, J. (2011). Wage inequality, technology and trade: 21st century evidence. *Labour economics*, 18(6), 730-741.
 - Vu, K. M. (2013). Information and communication technology (ICT) and singapore's economic growth, *Information Economics and Policy* 25, 284-300.
 - Wang, Y., & Li, J. (2017). ICT's effect on trade: Perspective of comparative advantage. *Economics Letters*, 155, 96-99.
 - Hwang, W. S., & Shin, J. (2017). ICT-specific technological change and economic growth in Korea. *Telecommunications Policy*, 41(4), 282-294.

주 의

1. 이 보고서는 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.



[소프트웨어정책연구소]에 의해 작성된 [SPRI 보고서]는 공공저작물 자유이용허락 표시기준 제 4유형(출처표시-상업적이용금지-변경금지)에 따라 이용할 수 있습니다.
(출처를 밝히면 자유로운 이용이 가능하지만, 영리목적으로 이용할 수 없고, 변경 없이 그대로 이용해야 합니다.)