

5G 장비기업의 효율성 및 생산성 분석:

DEA와 Malmquist 모델을 중심으로

조병선·신성식

본 보고서는 ETRI 기술정책연구본부 주요사업인
“국가 지능화 기술정책 및 표준화 연구”를 통해 작성된 결과물입니다.





핵심 요약	1
Ⅰ. 연구배경 및 필요성	4
Ⅱ. 연구방법론 및 선행연구 조사	6
1. 연구방법론	
2. 선행연구 리뷰	
Ⅲ. 연구설계 및 조사 방법	11
1. 연구목표 및 DEA	
2. Malmquist 생산성 지수	
3. 데이터 및 기초통계	
Ⅳ. 효율성 및 생산성 분석결과	19
1. 정태적 효율성 분석결과	
2. Malmquist 생산성지수(MPI) 분석결과	
Ⅴ. 결론 및 발전방안	29
참고문헌	32
부록 1. DEA 효율성 측정결과	35
부록 2. Malmquist 생산성 측정결과	47

핵심 요약



연구의 필요성 및 목적

- 4G 이동통신인 LTE 시대가 가고, 5G 이동통신 시대가 도래하면서, 핵심 산업인 5G 인프라 시장은 시장 개화 단계로 국내 기업의 성장 기회
 - 5G의 도래는 정보유통망으로서 이동통신의 단순한 진화가 아닌 제4차 산업혁명 시대의 국가 인프라망의 전환기로 국내 업체의 경쟁력 강화는 장비산업 경쟁력과 5G 인프라에 대한 주도권 확보로 이어지며
- 우리나라 5G 장비산업 관련 기업데이터는 5G 장비산업에 대한 현황과 실태 그리고 향후 개선방안을 제시할 수 있는 중요 자료
 - 기업의 실증 데이터를 이용하여 5G 장비산업 관련 기업들의 생산성 및 효율성을 분석하고 변화에 미치는 요인을 분석하여, 기업 간 또는 지역 간 상생발전을 위한 방안을 모색하고 제시하고자 하며
 - 향후, 장비산업 활성화를 위한 전략 및 정책개발 기초 자료로 활용할 수 있으며, 중소기업의 역량 강화와 기업의 자생적 역량 제고, 정부 정책의 효과성 및 적시성을 제고 할 수 있을 것으로 판단



선행연구 검토

- 기업의 성과를 평가할 때 효율성 또는 생산성 개념을 널리 사용
 - 효율성을 측정하기 위한 방법은 다양한 형태로 발전되어 왔는데 DEA(Data Envelopment Analysis; 데이터포락분석)분석이 대표적이며, 기업조직의 상대적 효율성을 평가하는데 용이
 - 초기에는 DEA 발전과정에서 이윤을 추구하지 않는 공적 의사결정(public entity)의 효율성 분석에 주로 활용되었는데, 이는 공적기관들이 투입/산출의 종류가 많고 대부분 산출의 경우 가격정보가 없어 통상적인 경제분석의 수단이 사용하기 곤란하지만 DEA는 쉽게 분석 가능



- 생산성을 분석하는 방법론으로는 Aigner et all(1977)이 제시한 SFA (Stochastic Frontier Analysis)분석과 Malmquist 생산성지수가 대표적으로 사용되는데 본 연구에서는 Malmquist 생산성지수를 활용
- Malmquist 생산성(변화)지수(Malmquist Productivity Growth Index) 또는 Malmquist 지수는 서로 다른 시점에 걸쳐 자료가 구해지면 시간이 지남에 따라 투입대비 산출의 비율이 증가하였는지 혹은 감소하였는지 추적할 수 있는데 이를 생산성 변화분석(Productivity Growth Analysis)이라 함



연구개념 및 설계

- 본 연구는 5G 이동통신 장비기업들의 효율성을 분석하고 효율성에 미치는 요인을 분석하는 데 있음
 - DEA는 투입요소와 산출요소로 이루어진 단위에 대해 상대적 효율성을 비교, 분석하는 방법이고 Malmquist 생산성지수는 시간의 동적 변화에 따르는 효율성 변화를 측정함으로써, 정태적 형태의 효율성을 측정하는 DEA 모형의 한계를 보완할 수 있음
- 본 연구에서는 5G 장비기업들의 효율성과 생산성 변화를 분석하고자 기업의 재무제표를 중심으로 2015년부터 2020년까지 6개년으로 설정하였으며, 해당기간 동안 패널자료 획득이 가능한 139개 기업을 대상으로 하였음
 - 본 연구에서는 선행연구에서 활용된 변수들을 중심으로 선정하여, 투입요소로는 총자산, 연구개발비, 인건비를 선정하였고, 산출요소로는 매출액과 영업이익을 선정하였음



효율성 및 생산성 분석 결과

- (DEA 분석결과) 2015년부터 2020년 전체기간 CCR모형 효율성 값의 평균은 0.473, BCC모형의 평균은 0.590으로 각각 도출됨. 이는 CCR모형에서 53%, BCC모형에서 41%로 평균적 의미에서 기업의 비효율성이 존재하고 있음을 의미
 - 규모수익성 분석결과 IRS로 나타난 기업이 평균 90개로, DRS로 나타난 기업의 평균 37개보다 2.5배 가까이 많이 나타남. 이는 기업 규모의 확대를 통해 효율성을

개선 시킬 수 있음을 의미하며, 정책적으로는 기업이 다각화보다는 집중화를 통해 기업의 규모를 확대하는 전략이 더 필요하다는 의미를 가질 수 있음

- (Malmquist 생산성지수 분석결과) 생산성은 T2(16~17년), T4(18~19년) 기간은 증가하고 나머지 기간에는 감소한 것으로 분석되었고, 분석기간 중 MPI의 기하평균은 1.098로 생산성이 9.8%가량 증가한 것으로 나타남
 - 생산성의 저하는 기술변화지수(TCI)의 감소가 주요인인 것으로 파악됨. 이는 기술적효율성변화지수(TECI)가 평균적으로 16.8% 증가하였음에도 불구하고 기술변화지수(TCI)는 4% 감소하였기 때문에 생산성 향상이 9.8%에 그치는 것으로 나타남. 이는 생산성이 기술적 효율성보다 기술퇴보 등의 이유로 생산성이 상대적으로 감소하였음을 의미



연구의 한계 및 발전 방향

- 본 연구는 그간 선행연구에서 다루지 않던 5G 장비기업을 대상으로 효율성과 생산성 변화를 분석하였고, 분석기간을 확장하였다는 측면에서 의의가 있음
 - 특정기업의 경우 효율성 및 생산성의 분석결과 수치가 연도별 또는 타 기업 대비 크게 차이가 나는 경우가 발생하였는데, 본 연구에서 개별기업에 대한 미시적 분석이 수행되지 못한 중대한 한계
 - DEA모형의 의해 분류된 효율성 기준으로 효율적인 집단과 비효율적인 집단 간의 차이점을 재무적인 관점에서 로지스틱 회귀분석이나 요인분석을 통해 보다 구체적인 분석이 가능할 것으로 예상
 - 마지막으로 기업별 효율성과 생산성 변화의 값을 도출하였지만, 이를 토대로 구체적인 정책과 대안 마련이 쉽지 않음. 이와 같은 연구의 한계는 향후 새로운 연구를 통해 진전되기를 기대



I 연구배경 및 필요성

- 4G 이동통신인 LTE 시대가 가고, 5G 이동통신 시대가 도래
 - 본격적인 5G 상용화 시대가 도래하기 시작하면서 데이터 트래픽의 폭발적인 증가, 디바이스 간의 연결 증가 발생
 - * 모바일 데이터 트래픽은 연평균 47%로 증가해 2021년에는 2016년 대비 7배 수준으로 증가 예상되며, 특히 풀 HD 고화질 동영상, 360도 비디오 등은 트래픽 양의 폭증을 야기(테크월드뉴스, <http://www.epnc.co.kr>)
 - 데이터 집약적인 콘텐츠의 증가 등으로 트래픽이 폭발적으로 증가하고 디바이스의 성능향상과 더불어 사물인터넷(IoT) 등으로 인터넷에 접속하는 모바일 디바이스, IoT 단말기와 센서 등 장비산업의 중요성이 부각
 - * 모바일 디바이스들과 IoT 단말기와 센서의 숫자가 폭발적으로 상승함. 2021년에는 휴대용 개인 단말이 83억 개, M2M(Machine to Machine) 연결기기가 33억 개에 달할 것으로 예상(테크월드뉴스, <http://www.epnc.co.kr>)

- 핵심 산업인 5G 인프라 시장은 시장 개화 단계로 국내 기업의 성장 기회
 - 초기시장에 대한 선점이 필요하지만, 외산점유율이 갈수록 높아지고 있는 가운데 국내 산업 생태계는 연 매출 1천억 원 미만 중소기업들이 대부분으로 자원(Resource) 측면과 경쟁 측면에서 절대적 비교 열위 상태로 시장 잠식이 우려
 - 5G의 도래는 정보유통망으로서 이동통신의 단순한 진화가 아닌 제4차 산업혁명시대의 국가 인프라망의 전환기로 국내 업체의 경쟁력 강화는 장비산업 경쟁력과 5G 인프라에 대한 주도권 확보로 이어지며
 - 나아가 ICT 강국으로서의 위상을 유지하기 위해서는 산업에 대한 명확한 분석과 산업 고도화를 위한 정책적 지원 방향 등의 기반 연구가 필요

- 2019년 소재·부품·장비 강화대책 이후 산업 전반의 경쟁력 강화 필요
 - 소재·부품·장비 산업은 제조업의 허리이자 핵심 경쟁력 요소로 소재·부품·장비 기술은 부가가치 향상과 신제품 개발을 촉진하고, 산업 전반에 파급되어 제조업을 혁신하는 원동력
 - 소재·부품·장비 산업 중 특히 5G 장비산업은 향후 미래산업의 먹거리이며

차세대 성장동력으로 매우 중요

- 기술정책연구본부에서 보유하고 있는 우리나라 5G 장비산업 관련 기업데이터는 5G 장비산업에 대한 현황과 실태 그리고 향후 개선방안을 제시할 수 있는 중요 자료
 - 기업의 실증데이터를 이용하여 5G 장비산업 관련 기업들의 생산성 및 효율성을 분석하고 변화에 미치는 요인을 분석하여, 기업 간 또는 지역 간 상생발전을 위한 방안을 모색하고 제시하고자 하며,
 - 향후, 장비산업 활성화를 위한 전략 및 정책개발 기초 자료로 활용할 수 있으며, 중소기업의 역량 강화와 기업의 자생적 역량 제고, 정부 정책의 효과성 및 적시성을 제고할 수 있을 것으로 판단



II

연구방법론 및 선행연구 조사

1 연구방법론

- 기업의 성과를 평가할 때 효율성 또는 생산성의 개념이 널리 사용
 - 효율성을 측정하기 위한 방법은 다양한 형태로 발전되어 왔는데 DEA(Data Envelopment Analysis; 데이터포락분석)분석이 대표적이며, 기업조직의 상대적 효율성을 평가하는데 용이
 - 생산성을 분석하는 방법론으로는 Aigner et all(1977)이 제시한 SFA (Stochastic Frontier Analysis)분석과 Malmquist 생산성지수가 대표적으로 사용되는데 본 연구에서는 Malmquist 생산성지수를 활용
 - * SFA (Stochastic Frontier Analysis)는 기본적으로 모수적 접근법으로 함수에 대한 기본 가정이 필요한 반면, Malmquist 생산성지수는 DEA의 연장 내지는 응용으로 사용이 쉽고 편리한 장점이 있음

- (DEA 장점) DEA는 거리함수에 근거한 효율성을 평가하는 방법
 - 회귀분석과 달리 특정 함수형태를 가정하지 않고, 일반적 생산가능 집합(Production Possibility Set)을 정의하고 경험적 투입요소와 산출물 간의 자료를 이용해 경험적 효율 프론티어(Empirical Efficiency Frontier)를 도출
 - 도출된 효율 프론티어로부터 평가대상의 성과와의 거리를 계측하는 것이므로 다른 평가대상의 성과와 비교하여 효율치를 측정하는 상대적 평가 방법(Charnes et al., 1978)
 - DEA는 다투입, 다산출 구조하에서 복수의 투입요소와 복수의 산출물을 동시에 고려하여 상대적 효율치를 도출하기 때문에 단일투입요소와 단일산출물 간의 관계를 나타내는 비율분석의 단점을 보완할 수 있고, 각각의 산출물 또는 투입요소에 대해 가중치가 필요하지 않아 지수법에서 존재하는 가중치의 주관성 문제에 영향을 받지 않으며 투입요소와 산출물 간의 특별한 함수형태를 가정하지 않는다는 점이 특징(Sherman, 1984)
 - DEA는 이윤을 추구하지 않는 공적 의사결정의 효율성 분석, 기업의 성과분석, 개별 R&D 제안 평가, 국가 수준의 경제적 성과분석, 은행·금융·대학 평가 등

여러 분야에 널리 응용되고 있음

- (생산성 개념) 생산성은 효율성과 그 개념이 유사하지만, 효율성에 비해 기술변화와 효과성, 산출물의 질까지 포함한다는 측면에서 상대적으로 포괄적인 개념
 - 생산성은 산출량을 투입량으로 나눈 값으로 효율성과 유사한 개념이지만 효율성이 흔히 최대 효율성 대비 분석대상 관측치의 효율성, 즉 상대 효율성을 나타내는데 비해 생산성은 투입대비 산출의 값 그 자체로 정의
 - 생산성 변화지수는 두 시점 간에 생산성이 얼마나 변했는지를 나타내는 지수
 - 생산성을 분석하는 방법론으로는 Aigner et al(1977)이 제시한 SFA(Stochastic Frontier Analysis)분석과 Malmquist 생산성지수가 대표적으로, 이들 방법은 기업의 생산성 변화, 기술 수준 변화, 효율성 변화 등을 측정할 수 있는 장점이 있음
 - Malmquist 생산성 변화지수(Malmquist Productivity Growth Index) 또는 Malmquist 지수는 서로 다른 시점에 걸쳐 자료가 구해지면 시간이 지남에 따라 투입대비 산출의 비율이 증가하였는지 혹은 감소하였는지 추적할 수 있는데 이를 생산성 변화분석(Productivity Growth Analysis)이라 함

2 선행연구 리뷰

- DEA는 응용지향적인 방법론으로 초기에는 DEA 발전과정에서 이윤을 추구하지 않는 공적 의사결정(public entity)의 효율성 분석에 주로 활용되었는데, 이는 공적기관들이 투입/산출의 종류가 많고 대부분 산출의 경우 가격정보가 없어 통상적인 경제 분석의 수단이 사용하기 곤란하지만 DEA는 쉽게 분석 가능
 - 이재희(2014)는 문예회관의 수도권과 비수도권의 효율성을 비교하였으나, 큰 차이점을 발견하지 못하였고, 심희철, 김재환(2021)은 DEA와 Malmquist 지수를 이용하여 주민편의시설의 효율성과 생산성을 분석하였으며, 기존의 연구들이 DEA의 정태적 분석에 머무른 것에 반해, 패널데이터를 확보하여 생산성을 측정하고 운영실태를 파악하여 개선방안을 제시
- 기업의 성과분석은 DEA 응용의 중요한 영역으로, 기업의 성과는 수익성으로 단기적인 성과를 쉽게 가늠할 수 있지만, 성장성이나 안정성 등도 동시에 달성할 때 장기적인 경쟁력이 보장됨. 이러한 측면에서 성과 척도 들을 쉽게 포괄하여 하나의



지수로 표현 가능한 DEA를 활용

- Stern Thore et al(1996)은 미국 컴퓨터산업의 44개 기업을 대상으로 제품주기에 따른 기술 효율성을 평가하였는데, 연구개발비와 투자지출이 기업의 효율성을 높이는 선순환구조를 가져오는 것으로 나타남
 - Chin-Tai Chen and Ming-Han Lin(2006)은 반도체 기업들의 경영 효율성을 분석함. 연구 결과 기업의 연구개발비 성과는 기업마다 매우 상이하고, 비효율적인 기업은 규모에 따른 수익증가가 발생하므로 규모 효율성을 높여야 한다는 시사점 도출
 - 석왕현 외 3인(2010)은 방송시장에서 주요 사업자 간 기관운영의 상대적 효율성을 DEA분석을 통해 분석하여 공영과 민영 간, 지역별 공영과 민영의 효율성을 분석하여 공영방송의 비효율성은 순수기술 비효율성에 기인하고, 민영방송은 규모의 비효율성에 기인한다고 주장함
 - 홍정식 외 2인(2012) 국내 IT 산업을 디스플레이패널, 무선통신기기, 무선통신서비스, 반도체, 방송서비스, 유선통신서비스 컴퓨터서비스 등 총 8개로 부문별 분류하여 효율성 비교 평가하였고, 박현준 외 3인(2017) 국내 로봇산업에 대한 경영 효율성 분석하여, 로봇기업 32개사 대상 무형자산 효율성이 가장 낮은 것으로 나타났고, 로봇산업의 비효율성 개선을 위해서는 무형자산 측면에서 효율성 개선을 우선 고려 필요가 있다고 제안
 - 이기세, 강다연(2019)은 고성장하는 IT서비스 업종의 효율성을 분석하였는데 DEA-Solver 이용하여 CCR 모형, BCC 모형 둘 다 적용하였으며, 투입요소는 노동에 관련된 변수와 자본(고용인 수, 총자본, 노동비용)을, 산출요소는 대표적인 기업의 성과를 나타내는 매출액, 당기순이익을 사용. 벤치마킹하는 비효율 기업들에 대한 참조 집합 빈도를 이용하였으며, 연구 한계로는 비재무적인 자료(특허권) 분석의 보완이 필요해 보임
 - 김예정(2019)은 전기공사업 분야에 대해 2010년부터 2017년까지 DEA와 Malmquist 모형을 이용하여 효율성 및 생산성 변화분석을 수행하였음. 투입요소는 총자본, 판매비와 관리비, 인건비를 이용하였고, 산출요소는 매출액과 영업이익을 사용함
 - 신범수(2020)는 기업들 효율성 및 생산성 분석에 가장 많이 이용되는 변수들, 즉 투입요소로 직원수, 고정자산, 총자본, 매출원가와 판매관리비를 산출요소로 매출액을 사용하여 분석
- DEA 모델이 발전하면서 기존의 효율성을 추정한 DEA 연구들의 한계를 넘어선 확장모형들이 발전하여 옴

- 이재용외 2인(2020)은 DEA 와 DEA-Window를 통해 온라인 및 모바일 게임기업에 대한 효율성 변화를 동태적으로 분석
 - 김주성, 민수진(2020)은 two-stage DEA를 사용해 국내 16개 시·도의 혁신 효율성을 지식 및 가치창출 측면에서 평가하기 위해 중간산출물을 고려한 효율성 추정을 함
 - 신정훈, 황승준(2016)은 자동차 부품기업들을 DEA로 효율성을 분석하면서 로지스틱 회귀분석을 통해 재무적으로 어떤 요인들을 동시에 개선하는 것이 효율적인 집단으로 이동하는데 도움을 주는지에 대한 분석을 시도
 - 박현준외 3인(2017)은 DEA-SBM(Data Envelopment Analysis-Slack Based Measure)을 이용하여 로봇산업의 경영 효율성을 분석하였는데, SBM모형으로 측정된 효율성은 각 DMU(Decision Making Unit)의 잔여분(Slack)을 고려하기 때문에 비효율을 발생시키는 원인이 무엇인지 파악할 수 있게 되고, 요소별로 잔여분(Slack)이 모두 0.000인 경우에만 효율적인 상태로 볼 수 있기때문에 비효율 상태인 DMU는 효율성 개선 시, 잔여분이 큰 요소의 효율성 개선을 우선적으로 고려함
 - 조은진, 박명철(2011)은 모바일컨텐츠 기업에 대한 DEA 분석과 주성분 분석(Principal Component Analysis)을 결합한 형태로 효율성을 평가함. DEA를 통해 기업들의 상대적 효율성과 성과를 분석하고 주성분 분석을 통해 데이터 구조를 분석함. 본 분석에서 투입변수는 자산, 운용비, 고용자 수, 비즈니스 기한을 사용하였고, 산출변수로는 매출액을 사용함
- 본 연구에서 기업들의 효율성과 생산성 분석을 위해 참고한 주요 연구들을 분야와 기간, 사용한 모형 그리고 특히 사용한 투입요소와 산출요소별로 정리한 것이 [표 2-1]과 같음
 - 대부분 기존 연구들은 횡단면 자료가 주로 활용되었으며, 시계열 자료는 드문 상황이며, 또한 효율성 측정을 위한 투입요소(자산, 자본, 종업원 수, 인건비, 판매비, 관리비 등)와 산출요소(매출액, 영업이익, 당기순이익 등)가 대부분 유사한 특징을 갖고 있음
 - 본 연구는 선행연구들과 다르게 기존연구에서 다루지 않았던 5G 장비기업을 대상으로 하였고, 기존의 횡단면 자료에 의한 분석에서 2015년부터 2020년까지 6년간의 시계열 자료를 대상으로 분석을 수행하고자 함
 - 투입요소와 산출요소 선정에 있어서 다른 주요 선행연구들의 비교분석을 통해



일반적으로 사용되는 투입요소, 산출요소를 본 연구 분석에서 사용

표 2-1 주요 선행연구 비교

연구자	분야	기간	DMU	모형	투입요소	산출요소
Sten Thore et al(1996)	컴퓨터 산업	1995	44	DEA	비용, R&D 비용, 노동력, 토지, 설비자본지출	매출액 세전이익 시가총액
Chin-Tai Chen and Ming-Han Lin(2006)	반도체 기업	2005	52	DEA	기업수명, 납입자본금, R&D 비용, R&D 인력	연매출 특허권
조은진, 박명철(2011)	모바일컨텐츠기업	2008	109	DEA, 주성분분석	자산, 운영비, 고용자 수 비즈니스 기한	매출액
신정훈, 황승준(2016)	자동차 부품기업	2015	35	DEA	총자산, 종업원 수 3년간 평균 CAPEX	매출액 당기순이익 EBITDA
박현준 외(2017)	로봇 산업	2015	32	DEA-SBM	인건비, 유형자산, 연구개발비 무형자산	매출액
이기세, 강다연(2019)	고성장 IT서비스	2017		DEA	종업원 수 자본인건비	매출액 당기순이익
김예정 (2019)	전기 공사업	2010-2017	52	DEA Malmquist	판매비 관리비, 인건비	매출액 영업이익
신범수 (2020)	AEO 공인수출기업	2016-2019	186	DEA Malmquist	직원수, 고정자산, 총자본, 매출원가, 판매관리비	매출액

* EBITDA: 이자, 세금, 감가상각비, 무형자산상각비 차감 전 이익(Earnings Before Interest, Tax, Depreciation, and Amortization)



연구설계 및 조사 방법

1 연구목표 및 DEA

- (연구목표) 본 연구는 5G 이동통신 장비기업들의 효율성과 생산성을 분석하고 이에 영향을 미치는 요인을 분석하는 데 있음
 - 연구구조는 선행연구를 토대로 투입변수와 산출변수를 선정하여 5G 이동통신 장비기업들에 대해 DEA(Data Envelopment Analysis; 데이터포락분석)을 통해 효율성을 산출하고, 2015년부터 2020년까지 6년간의 Malmquist 생산성 변화를 분석하고자 함
 - DEA는 투입요소와 산출요소로 이루어진 단위에 대해 상대적 효율성을 비교, 분석하는 방법이고 Malmquist 생산성지수는 시간의 동적 변화에 따르는 효율성 변화를 측정함으로써, 정태적 형태의 효율성을 측정하는 DEA 모형의 한계를 보완할 수 있음
- (DEA 모형) 비모수적 효율성 측정방법인 DEA는 선형계획법에 근거하여 평가대상(DMU; Decision Making Unit)의 투입요소와 산출물 간의 자료를 이용하여 경험적 효율 프론티어를 도출한 후, 평가대상들이 효율 프론티어로부터 얼마나 떨어져 있는지 여부를 비효율성 측정
 - DEA분석에서 측정한 효율성 값이 1인 DMU를 효율적이라 평가
 - 효율성 개념은 Farrell(1957)의 기술효율성(Technical Efficiency) 연구를 시작으로 하여 Charness, Cooper and Rhodes(1978)를 통해 CCR모형으로 발전하였고, 이후 Banker, Charness and Cooper(1984)에 의해 규모수익가변을 가정하는 BCC모형으로 확장
 - DEA분석은 규모수익(RTS; Returns to Scale) 가정에 따라 CCR모형과 BCC모형으로 구분. CCR모형은 불변규모수익(CRS; Constant Returns to Scale)을 가정하며, BCC모형은 가변규모수익(VRS; Variable Returns to Scale)을 가정
 - DEA분석은 또한 투입 및 산출 어디에 초점을 두냐에 따라 투입지향(Input-oriented)모형과 산출지향(Output-oriented)모형으로 구분하는데 투입지향



모형은 산출을 고정한 상태에서 투입을 최소로 줄여 효율을 개선하는 목적이고, 산출지향 모형은 투입을 고정한 상태에서 산출을 최대화하여 효율을 개선하는 것을 목적으로 함

- (투입기준 CCR모형¹⁾) J개의 DMU가 있다고 가정하면 $DMU_j(j = 1, 2, \dots, J)$ 는 M개의 투입물 $x_m(m = 1, 2, \dots, M)$ 을 투입하고 N개의 산출물 $y_n(n = 1, 2, \dots, N)$ 을 산출한다고 가정할 때 k번째 관측치인 k DMU의 효율성은 다음과 같음

$$\theta^{k*} = \min_{\theta, \lambda, s_m^-, s_n^+} \left\{ \theta^k - \epsilon \left(\sum_{m=1}^M s_m^- + \sum_{n=1}^N s_n^+ \right) \right\} \quad (1)$$

subject to

$$\theta^k x_m^k = \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j + s_m^- \quad (m = 1, 2, \dots, M);$$

$$y_n^k = \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j - s_n^+ \quad (n = 1, 2, \dots, N);$$

$$\lambda^j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J);$$

$$s_m^- \geq 0 \quad (m = 1, 2, \dots, M);$$

$$s_n^+ \geq 0 \quad (n = 1, 2, \dots, N)$$

- 위 모형에서 ϵ 은 0보다 크지만 무한히 작은 실수인 비아르키메데스 상수(non-Archimedean number)이며, 식(1)의 투입지향 CCR모형 선형계획(Linear Programming) 식에서 θ 는 투입량을 줄이는 비율로 θ^* 는 관심대상 관측치의 효율성 수준을 보여 주는 가장 직접적인 정보
- 그러나, 생산변경에 도달하였다 하더라도 추가적인 효율성 개선의 여지가 있을 수 있기 때문에 여유분을 살펴보아야 함
- θ^* 가 1이며 투입과 산출의 모든 여유분 s_m^- 과 s_n^+ 가 0일 때, 해당 DMU는 가장 효율적인 강효율(strongly efficient)이 됨

1) 투입기준 CCR 모형 및 투입기준 BCC 모형 그리고 Malmquist 모형의 도출은 이정동, 오봉현(2012)의 효율성 분석이론을 주로 참고하여 정리하였음.

- (투입기준 BCC모형) 가변 규모수익을 가정하는 BCC모형은 투입기준일 경우 식(2)와 같은 선형계획식으로 나타낼 수 있음

$$\theta^{k*} = \min_{\theta, \lambda} \theta^k \quad (2)$$

subject to

$$\theta^k x_m^k \geq \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j \quad (m = 1, 2, \dots, M);$$

$$y_n^k \leq \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j \quad (n = 1, 2, \dots, N);$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1;$$

$$\lambda^j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J);$$

- 어떤 관측치가 불변규모 수익상태에 있는지 아닌지를 판단하는 방법은 불변규모수익 하의 효율성 척도와 가변규모 수익 하의 효율성 척도가 같은지를 살펴보면 됨
- 불변규모수익 모형을 풀었을 때 k번째 관측치가 규모의 경제성을 보이면

$$\sum_{j=1}^J \lambda^{j*} < 1, \text{ 불변규모수익을 보이면 } \sum_{j=1}^J \lambda^{j*} = 1, \text{ 규모의 불경제성을 보이면 } \sum_{j=1}^J \lambda^{j*} > 1$$

입

- (규모의 효율성; SE) 규모의 경제성이나 규모의 불경제성을 보일 때는 규모를 조정 함으로써 투입대비 산출의 비율인 생산성을 변화시킬 수 있음
 - 규모가 최적으로 조정되어 있지 않을 때는 최적화되어 있지 않은 규모로 인하여 비효율성이 존재한다고 볼 수 있고, 규모의 최적성 여부에 따른 효율성을 규모효율성이라 함
 - BCC모형에서 생산변경은 규모수익을 가정하는 CCR모형에서의 생산변경보다 안쪽에 있게 되어 BCC모형에서 측정된 효율성이 더 크게 됨. 이러한 효율성의



차이를 규모효율성(SE; Scale Efficiency)이라 함

$$SE = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*} \quad (3)$$

- SE가 1이면 CCR모형과 BCC 모형의 효율성이 동일한 상태로 규모로 인한 비효율이 없는 규모수익불변(CRS; Constant Returns to Scale) 상태이고, 1보다 작으면 규모의 경제성(IRS; Increasing Returns to Scale) 또는 규모의 불경제성(DRS; Decreasing Returns to Scale) 상태로 규모로 인한 비효율이 존재
- CCR모형에서 효율성을 기술효율성(TE; Technical Efficiency)라고 부르고, BCC모형에서 효율성을 순수기술효율성(PTE; Pure Technical Efficiency)라고 부르는데, 이는 규모로 인한 비효율을 제거하고 순수하게 기술적인 효율성만을 보여 준다는 의미임

2 Malmquist 생산성 지수

- DEA 효율성 분석이 특정 시점에서 유사한 상황에 놓인 다수의 관측점들 간의 투입 대비 산출의 상대적 비율을 비교하는데 목적이 있다면, 서로 다른 시점에 걸쳐 자료가 구해지면 시간이 지남에 따라 투입대비 산출의 비율이 증가하였는지 감소하였는지를 보는 것을 생산성 변화분석(Productivity Growth Analysis)이라 하며, 여러 생산성 분석 가운데 DEA를 이용한 것을 Malmquist 생산성 변화지수(MPI; Malmquist Productivity growth Index)라고 함
 - 생산성 변화지수는 두 시점 간에 생산성이 얼마나 변화했는지를 나타내는 지수로써 통상적으로 이전 시점의 생산성 대비 현재 시점의 생산성 비율로 표현됨
 - Malmquist 생산성 지수를 정의하기 위해서는 먼저 거리함수(Distance Function)의 개념을 이해할 필요가 있음. 거리함수는 주어진 관측치와 생산변경 간의 거리를 표현한 것으로, 투입을 고정한 채 산출 측면만을 생각하여 표현하면 다음과 같이 산출기준 거리함수(output based distance function)가 정의됨

$$D_o(x, y) = f\{\delta \mid (x, y/\delta) \in P(x, y)\}. \quad (4)$$

- 위에서 x 는 투입벡터, y 는 산출벡터, $P(x, y)$ 는 투입과 산출벡터로 형성된 생산가능집합을 의미하고, δ 는 실수값으로 모든 산출물의 수준을 동일 비율로 변화시켜 생산가능집합의 경계, 즉 생산변경에 도달할 수 있도록 하는 값으로 관측치가 생산변경에 있다면 거리함수 값은 1이 되겠지만, 생산가능집합 내부에 있게 되면 1보다 작은 값, 즉 거리함수는 1보다 작게 나타남

● 서로 다른 두시점 $t, t+1$ 간의 생산성 변화는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있음

- 먼저 시점 t 기의 생산기술을 가정한 상태에서 두 시점 간의 투입-산출 조합을 통해 식 (5)와 같은 MPI를 나타낼 수 있고, 이와 동일하게 $t+1$ 기의 생산기술을 가정한 상태에서 MPI는 식 (6)과 같음

$$M^t = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (5)$$

$$M^{t+1} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (6)$$

- 이와 같이 MPI는 어떤 기간을 기준으로 하는가에 따라 다른 값을 갖기 때문에 기하평균을 이용해 측정하면,

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (7)$$

- $M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) > 1$ 이면, t 기에 비해 $t+1$ 기에 생산성이 증가한 것이고,
 $M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) < 1$ 이면, 생산성 감소를 의미하고, 만약 $M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = 1$ 이면 생산성 변화가 나타나지 않은 것으로 해석
- 식 (7)은 다음과 같이 분해가 가능



$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \cdot \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (8)$$

$$= TECI \cdot TCI$$

- 이 때 식 (8)의 첫 번째 항은 두 시점 t기와 t+1기의 기술적효율성변화(TECI; Technical Efficiency Change Index)를 나타내며, 두 번째 항은 두 시점 사이의 생산기술 변화를 나타내는 기술변화지수(TCI; Technical Change Index)를 나타냄
- 기술적효율성변화지수(TECI)의 값이 1보다 크면, 생산변경은 같은 시기에 존재하는 생산기술의 최대효율성을 나타내므로, 양의 효율성 변화가 있었다는 것은 최대효율성을 발휘하는 생산자와 더 유사해졌다는 것을 의미하며, 이러한 점에서 TECI를 추격효과라는 개념을 사용해 해석 가능함
- 생산변경이 더 확대되면 동일한 투입수준으로 더 많은 산출을 생산할 수 있는 가능성이 높아진다. 이를 기술진보라 하고, 반대의 경우 기술퇴보라 함. TCI가 1보다 크면 기술진보가 발생한 것으로 TCI가 1보다 작으면 기술퇴보가 발생한 것으로 해석 가능

3 데이터 및 기초통계

- (Data) 본 연구에서는 5G 장비기업들의 효율성과 생산성 변화를 분석하고자 기업의 재무제표를 중심으로 2015년부터 2020년까지 6개년으로 설정하였으며, 해당기간 동안 패널자료 획득이 가능한 139개 기업을 대상으로 하였음
- (1차 추출) 2020년 기준 한국기업데이터(KED: Korea Enterprise Data)가 갖고 있는 1,100만 기업 정보 DB에서 우리나라 5G 장비산업 관련 산업 분야에 해당하는 10,519개 기업 중 SCI 분류체계상 5G 장비산업으로 분류될 수 있는²⁾ 최종 305개 기업을 추출
- (2차 추출) 2020년 기준 한국네트워크산업협회(KANI)에서 보유한 장비기업 DB(189개 기업)와 전문가들과 함께 2020년 기준 기업 비교분석을 통해 최종 KED DB에서

2) 5G 장비산업을 SCI 분류체계상 다음과 같이 5개 사업군으로 정의. C26222(경성 인쇄회로기판 제조업), C26410(유선 통신장비 제조업), C26429(기타 무선 통신장비 제조업), C28301(광섬유 케이블 제조업), G46522(통신·방송장비 및 부품 도매업)

275개 기업(KANI DB와 중복포함), KANI DB에서만 포함되는 111개 기업 등 총 386개 기업을 선정하여 재무제표 및 기타자료를 추출하고, 2015년부터 2020년까지 6개년간 패널자료 획득이 가능한 139개 기업을 선정

- (투입 및 산출요소) 효율성을 평가하기 위해서는 평가대상(DMU)과 함께, 어떤 변수를 투입 및 산출요소로 활용하느냐에 따라 기업 간 상대적 효율성 결과가 다르게 나올 수 있음
 - 본 연구에서는 선행연구에서 활용된 변수들을 중심으로 선정하여, 투입요소로는 총자산, 연구개발비, 인건비를 선정하였고, 산출요소로는 매출액과 영업이익을 선정하였음
 - 본 연구에서는 R-프로그램을 이용 139개 기업에 대한 상대적 효율성 및 생산성 변화를 추정함

- (기초통계) 5G 장비산업 139개 기업의 2015년과 2020년의 투입 및 산출요소의 기초 통계는 [표 3-1]과 같음
 - 2015년 투입요소 중 총자산은 평균 224억 원, 연구개발비는 평균 15억 원, 인건비는 평균 12억 원으로 나타났고, 산출요소로는 매출액이 평균 188억 원, 영업이익은 평균 6.6억 원으로 분석. 산출요소 중 영업이익은 최소값이 음수로 495억 원에 이르며 일부 기업들이 영업이익이 음수로 나타나는 경우가 있음
 - 2020년 투입요소 중 총자산은 평균 270억 원, 연구개발비는 평균 15억 원, 인건비는 평균 14억 원으로 나타났고, 산출요소로는 매출액이 평균 195억 원, 영업이익은 평균 1.4억 원 적자로 나타남. 산출요소 중 영업이익은 최소값이 음수로 228억 원에 이르며 일부 기업들이 영업이익이 음수로 나타나는 경우가 있음
 - 2015년 대비 2020년이 매출은 상대적으로 증대하였으나, 영업이익이 평균 6.6억 원에서 적자 1.4억 원으로 기업환경이 크게 나빠진 것으로 나타남



표 3-1 기초 통계량

단위: 백만원

변수 (2015년)		관측치	평균	표준편차	최소값	최대값
투입요소	총자산	139	22,356	50,625	248	430,233
	연구개발비	139	1,531	4,248	10	33,083
	인건비	139	1,208	2,651	18	19,316
산출요소	매출액	139	18,844	4,248	10	274,135
	영업이익	139	66	4,682	(49,462)	13,089

변수 (2020년)		관측치	평균	표준편차	최소값	최대값
투입요소	총자산	139	27,027	27,027	285	349,250
	연구개발비	139	1,527	3,965	1	34,609
	인건비	139	1,413	1,413	19	13,136
산출요소	매출액	139	19,474	36,751	37	326,486
	영업이익	139	(139)	4,771	(22,797)	33,899

- (지역별, 규모별, 업종별 분류) 선정된 139개 기업들의 지역별, 규모별, 업종별 분류를 보면 다음과 같음
 - 기업들은 대부분 서울과 수도권에 분포하며(서울지역 22개, 수도권 83개 기업) 지방기업은 34개에 불과하여 수도권에 집중분포 함
 - 규모별로 보면 중견/중기 규모의 기업이 52개, 소기업 또는 소상공인이 86개 기업으로 나타났고, 1개 기업이 대기업에 속함
 - 업종을 크게 무선통신장비, 유선통신장비, 케이블 및 부품 기타로 크게 3 분류로 나누었을 때, 무선통신장비기업이 73개로 가장 많고, 유선통신장비기업이 49개, 케이블 및 부품 기타기업이 17개로 업종이 분류됨

IV 효율성 및 생산성 분석결과

1 정태적 효율성 분석결과

- Charness et al(1978), Banker et al(1986)이 제시한 CCR모형과 BCC모형을 활용하여 5G 장비 기업들의 연도별 효율성을 분석한 결과를 [부록 1]에 제시
 - CCR 모형은 생산함수에 대한 불변규모수익을 가정해 일정 시점에서 DMU들의 효율성(기술효율성, TE; technical efficiency)을 평가하며, BCC 모형은 CCR 모형의 불변규모수익 가정을 완화해 가변규모 수익의 가정을 통해 일정 시점에 DMU들의 효율성(순수기술 효율성, PTE; pure technical efficiency)을 나타냄
 - CCR모형과 BCC모형으로부터 구한 효율성과 이를 바탕으로 규모의 효율성(SE, Scale Efficiency)을 구할 수 있고, 이를 바탕으로 순수기술 효율성(PTE, pure technical efficiency)과 규모의 효율성(SE)과의 비교를 통해 비효율성의 원인을 알 수 있음
 - CCR모형을 구하는 과정에서 $\sum \lambda$ 의 값을 통해 규모의 수익>Returns to Scale)을 구할 수 있는데 $\sum \lambda < 1$ 이면, 규모수익체증(IRS; Increasing Returns to Scale)을 나타내는 규모의 경제성을, $\sum \lambda = 1$ 이면, 규모수익불변(CRS; Constant Returns to Scale)을 나타내고 $\sum \lambda > 1$ 이면, 규모수익체감(DRS; Decreasing Returns to Scale)으로 규모의 불경제성을 나타냄
- (2015년 ~ 2020년 효율성 분석결과) 139개의 DMU에 대한 효율성을 각 년도 별로, 그리고 각 년도의 평균으로 구한값의 결과가 [표 4-1]임
 - 효율성의 전체 평균을 보면 기술효율성(TE)은 0.473이고, 순수기술효율성(PTE)은 0.590이고, 규모의 효율성(SE)은 0.815로 나타남. 이는 5G 장비기업들이 수익불변 가정의 CCR 모형에서 평균적으로 53%가 비효율적인 운영임을 나타내고 있고, 규모의 경제성과 비경제성을 동시에 고려한 BCC 모형에서 평균적으로 41%가 비효율적 운영임을 나타내고 있음
 - 규모의 효율성이 전체 평균보다 낮은 해는 2018년, 2019년으로 나타났고, 상대적으로 규모의 효율성이 높은 해는 2015년, 2016년, 2017년과 2020년으로



나타남

표 4-1 규모의 효율성 분석결과(각 년도 평균)

연도	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE
2015	0.454	0.568	0.817
2016	0.476	0.585	0.825
2017	0.517	0.625	0.832
2018	0.410	0.532	0.784
2019	0.456	0.594	0.781
2020	0.528	0.634	0.849
평균	0.473	0.590	0.815

- (비효율성의 원인) 각 기업들이 50%에 이르는 비효율성을 보여 주고 있는데 그 원인을 보면 순수기술효율성(PTE)이 비효율적인 기업들이 평균 94.7개 기업에 이르고, 규모의 효율성(SE)이 비효율적인 기업들이 평균 32.3개에 달함
 - 이는 다른 말로 표현하면, 기업의 규모가 최적으로 조정되지 못한 기업들이 평균적으로 32개에 달하고, 규모로 인한 비효율을 제거하고 순수하게 기술적인 효율성만 봤을 때 평균적으로 95개의 기업이 기술의 비효율성을 갖고 있다는 것을 의미함

표 4-2 비효율성의 원인 및 규모수익 분석결과

연도	비효율의 원인		규모의 수익		
	PTE	SE	IRS	CRS	DRS
2015	94	33	77	12	50
2016	95	31	78	13	48
2017	89	34	93	15	31
2018	99	31	94	9	36
2019	95	36	105	8	26
2020	95	29	93	15	31
평균	94.7	32.3	90	12	37

- (규모의 수익 분석) 투입이 증가하면 산출도 비례하여 증가하는 CRS는 규모와 상관 없이 효율성이 일정하고, IRS는 투입의 증가 비율보다 산출의 증가 비율이 높기 때문에 규모의 확대를 통해 효율성을 개선시킬 수 있고, DRS는 투입의 증가 비율보다 산출의 증가 비율이 낮기 때문에 투입의 축소를 통해 효율성을 개선시킬 수 있음
 - 평균적으로 보면, 분석대상 139개 기업의 규모수익성 분석 결과, IRS가 90개 기업,

DRS가 37개 기업으로 나타남. 이는 기업의 규모 확대를 통해 효율성을 개선시킬 수 있는 기업이 기업의 규모 축소를 통해 효율성을 개선할 수 있는 기업보다 2.5배 가까이 많은 것을 의미

- 내부운영과 규모 측면에서 모두 효율적이라고 볼 수 있는 CRS 기업은 평균 12개로 나타남
- (2015년 효율성 분석) 139개의 DMU에 대한 효율성을 보면, 기술효율성(TE) 평균은 0.454이고, 순수기술효율성은 0.568이고, 규모의 효율성(SE)은 0.817로 나타남
 - 기술효율성(TE) 분석결과 12개 DMU가 효율적인 것으로 나타났고, 순수기술효율성 분석 결과 27개 DMU가 효율적이고, 규모의 효율성(SE)은 12개가 효율적인 것으로 나타남
 - 규모의 효율성을 갖고있는 12개 기업을 살펴보면, 지역에 있는 기업이 단 1개로 서울, 경기도에 집중되어 있고, 규모별로는 중견/중기 기업이 5개, 소기업/소상공인 기업이 7개이며, 무선통신장비기업이 7개로 과반을 넘고 있음
 - 비효율성의 원인을 살펴보면 순수기술 효율성(PTE)으로 인한 것이 94개, 규모의 효율성(SE)으로 인한 것이 33개로 나타났고, 규모의 수익을 살펴보면 규모수익체감(DRS)이 50개, 규모수익불변(CRS)이 12개, 규모수익체증(IRS)이 77개로 나타남
- (2016년 효율성 분석) 139개의 DMU에 대한 효율성을 보면, 기술효율성(TE) 평균은 0.476이고, 순수기술효율성은 0.585이고, 규모의 효율성(SE)은 0.825로 나타남
 - 기술효율성 분석결과 13개 DMU가 효율적인 것으로 나타났고, 순수기술효율성 분석 결과 26개 DMU가 효율적이고, 규모의 효율성(SE)은 13개가 효율적인 것으로 나타남
 - 규모의 효율성을 갖고 있는 13개 기업을 살펴보면, 지역에 있는 기업이 단 1개로 서울, 경기도에 집중되어 있고, 규모별로는 중견/중기 기업이 5개, 소기업/소상공인 기업이 8개이며, 무선통신장비기업이 6개, 유선통신장비기업이 5개로 나타남
 - 비효율성의 원인을 살펴보면 순수기술 효율성(PTE)으로 인한 것이 95개, 규모의 효율성(SE)으로 인한 것이 31개로 나타났고, 규모의 수익을 살펴보면 규모수익체감(DRS)이 48개, 규모수익불변(CRS)이 13개, 규모수익체증(IRS)이 78개로 나타남



- (2017년 효율성 분석) 139개의 DMU에 대한 효율성을 보면, 기술효율성(TE) 평균은 0.517이고, 순수기술효율성은 0.625이고, 규모의 효율성(SE)은 0.832로 나타남
 - 기술효율성 분석결과 16개 DMU가 효율적인 것으로 나타났고, 순수기술효율성 분석결과 24개 DMU가 효율적이고, 규모의 효율성(SE)은 17개가 효율적인 것으로 나타남
 - 규모의 효율성을 갖고 있는 17개 기업 중 기술효율성과 순수기술효율성이 떨어지는 1개 기업을 제외한 16개 기업에 대해 살펴보면, 지역에 있는 기업은 없고, 서울, 경기도에 집중되어 있고, 규모별로는 중견/중기 기업이 5개, 소기업/소상공인 기업이 12개이며, 무선통신장비기업이 6개, 유선통신장비기업이 9개로 나타남
 - 비효율성의 원인을 살펴보면 순수기술 효율성(PTE)으로 인한 것이 89개, 규모의 효율성(SE)으로 인한 것이 34개로 나타났고, 규모의 수익을 살펴보면 규모수익체감(DRS)이 30개, 규모수익불변(CRS)이 16개, 규모수익체증(IRS)이 93개로 나타남

- (2018년 효율성 분석) 139개의 DMU에 대한 효율성을 보면, 기술효율성(TE) 평균은 0.410이고, 순수기술효율성은 0.532이고, 규모의 효율성(SE)은 0.784로 나타남
 - 기술효율성 분석결과 9개 DMU가 효율적인 것으로 나타났고, 순수기술효율성 분석결과 21개 DMU가 효율적이고, 규모의 효율성(SE)은 10개가 효율적인 것으로 나타남
 - 규모의 효율성을 갖고 있는 10개 기업 중 기술효율성과 순수기술효율성이 떨어지는 1개 기업을 제외한 9개 기업에 대해 살펴보면, 지역에 있는 기업은 없고, 경기도에 8개 기업으로 집중되어 있고, 규모별로는 중견/중기 기업이 4개, 소기업/소상공인 기업이 5개이며, 무선통신장비기업이 3개, 유선통신장비기업이 5개로 나타남
 - 비효율성의 원인을 살펴보면 순수기술 효율성(PTE)으로 인한 것이 99개, 규모의 효율성(SE)으로 인한 것이 31개로 나타났고, 규모의 수익을 살펴보면 규모수익체감(DRS)이 36개, 규모수익불변(CRS)이 9개, 규모수익체증(IRS)이 94개로 나타남

- (2019년 효율성 분석) 139개의 DMU에 대한 효율성을 보면, 기술효율성(TE) 평균은 0.456이고, 순수기술효율성은 0.594이고, 규모의 효율성(SE)은 0.781로 나타남

- 기술효율성 분석결과 8개 DMU가 효율적인 것으로 나타났고, 순수기술효율성 분석 결과 23개 DMU가 효율적이고, 규모의 효율성(SE)은 8개가 효율적인 것으로 나타남
 - 규모의 효율성을 갖고 있는 8개 기업 중 지역에 있는 기업은 없고, 경기도에 7개 기업으로 집중되어 있고, 규모별로는 중견/중기 기업이 6개, 소기업/소상공인 기업이 2개이며, 무선통신장비기업이 3개, 유선통신장비기업이 2개, 케이블 및 부품 기타기업이 3개로 나타남
 - 비효율성의 원인을 살펴보면 순수기술 효율성(PTE)으로 인한 것이 95개, 규모의 효율성(SE)으로 인한 것이 36개로 나타났고, 규모의 수익을 살펴보면 규모수익체감(DRS)이 26개, 규모수익불변(CRS)이 8개, 규모수익체증(IRS)이 105개로 나타남
- (2020년 효율성 분석) 139개의 DMU에 대한 효율성을 보면, 기술효율성(TE) 평균은 0.528이고, 순수기술효율성은 0.634이고, 규모의 효율성(SE)은 0.849로 나타남
 - 기술효율 분석결과 15개 DMU가 효율적인 것으로 나타났고, 순수기술효율성분석 결과 33개 DMU가 효율적이고, 규모의 효율성(SE)은 16개가 효율적인 것으로 나타남
 - 규모의 효율성을 갖고 있는 16개 기업 중 기술효율성과 순수기술효율성이 떨어지는 1개 기업을 제외한 15개 기업에 있어 지역에 있는 기업은 없고, 경기도에 12개 기업으로 집중되어 있고, 규모별로는 중견/중기 기업이 8개, 소기업/소상공인 기업이 7개이며, 무선통신장비기업이 8개, 유선통신장비기업이 6개, 케이블 및 부품 기타기업이 1개로 나타남
 - 비효율성의 원인을 살펴보면 순수기술 효율성(PTE)으로 인한 것이 95개, 규모의 효율성(SE)으로 인한 것이 29개로 나타났고, 규모의 수익을 살펴보면 규모수익체감(DRS)이 31개, 규모수익불변(CRS)이 15개, 규모수익체증(IRS)이 93개로 나타남



2 Malmquist 생산성지수(MPI) 분석결과

- DEA 방법은 정태적 분석이라면 Malmquist 생산성지수(MPI; Malmquist Production Index) 분석은 시간의 경과에 따른 효율성 변화를 측정한다는 측면에서 동태적 분석임
 - Malmquist 생산성지수(MPI) 분석은 동적인 기간 변화에 따라 기업 생산성의 변화가 어떻게 나타나는지를 분석할 수 있는 방법
 - MPI는 기술적효율성변화지수(TECI; Technical Efficiency Change Index)와 기술 변화지수(TCI; Technical Change Index)로 나눌 수 있음
 - 기술적효율성변화지수(TECI)는 두 시점 간의 기술적효율성 변화를 평가하는 척도로, 기술에 대한 충분한 학습기간, 신기술 및 지식이 전파, 시장 경쟁력, 비용구조 및 설비 가동률 개선 등을 의미하는 추격효과(Catching-up Effect)를 의미
 - 기술변화지수(TCI)는 두 시점 간 생산기술의 변화를 의미하는데, 이는 신기술 및 신제품 개발 등의 기술진보 변화, 생산공정의 혁신이나 새로운 관리기법이 도입되었음을 의미
 - Malmquist 생산성지수(MPI)가 1보다 큰 경우에는 생산성 증가, 1보다 작으면 생산성 감소한 것으로 판단
- 본 연구에서 2015년부터 2020년까지 5G 장비산업 139개 기업에 대한 생산성 변화를 MPI를 활용하여 분석한 결과를 [부록 2]에서 제시함
 - 생산성은 T2(16~17년), T4(18~19년) 기간은 증가하고 나머지 기간에는 감소한 것으로 분석되었고, 분석 기간 중 MPI의 기하평균은 1.098로 생산성이 9.8%가량 증가한 것으로 나타났으며, T1(15~16년) 과 T5(19~20년)에 생산성이 5% 정도 감소한 것으로 나타났고 T3(17~18년) 기간이 13% 가까이 가장 큰 폭으로 생산성이 감소함
 - 생산성의 저하는 기술변화지수(TCI)의 감소가 주요인인 것으로 파악됨. 이는 기술적효율성변화지수(TECI)가 평균적으로 16.8% 증가하였음에도 불구하고 기술변화지수(TCI)는 4% 감소하였기 때문에 생산성 향상이 9.8%에 그치는 것으로 나타남. 이는 생산성이 기술적 효율성보다 기술퇴보 등의 이유로 생산성이 상대적으로 감소하였음을 의미

- 구체적으로 보면 T1(15~16년)기에 생산성 5.2% 감소는 기술적효율성변화지수(TECI) 3.8%가 증가하였음에도 불구하고 기술변화지수(TCI)가 8.7% 감소하여 생산성이 감소하였음. 이와 반대의 경우로 T3(17~18년)기에 생산성이 12.6% 감소하였는데 이는 기술적효율성변화지수(TECI)가 25% 감소하여 기술변화지수(TCI)가 16.4% 증가하였음에도 생산성이 감소하였음

표 4-3 연도별 Malmquist 생산성 분석결과

Period	TECI	TCI	MPI
T1(15~16년)	1.038	0.913	0.948
T2(16~17년)	1.133	0.924	1.047
T3(17~18년)	0.750	1.164	0.874
T4(18~19년)	1.138	0.930	1.058
T5(19~20년)	1.169	0.810	0.947
기하평균	1.168	0.960	1.098

- 5G 장비기업의 5개년 구간의 평균적 생산성 변화분석
 - MPI 기준 생산성이 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 139개 기업 중 87개 기업으로 생산성 감소한 52개 기업보다 많음. 이는 기술변화지수(TCI)의 감소에도 불구하고 대부분이 기술적효율성변화지수(TECI)에 기인한 것으로 후발기업이 기술혁신이나 공정개선과 같은 기술혁신을 통해 생산성을 증대하기보다는 선발기업에 대한 충분한 추격효과를 누린 것으로 보임
- 수도권/비수도권 지역별 평균적 생산성 분석 변화
 - 비수도권 대비 수도권의 생산성지수가 더 높은 것으로 나타났고, 수도권이든 비수도권이든 기술변화지수(TCI)의 감소에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI) 상승에 의해 생산성이 증가한 것으로 나타남
 - 지역을 서울, 인천을 포함한 경기도 지역을 수도권으로 따로 분석하였을 때 MPI 기준 평균 생산성은 1.232로 높은 생산성 증가를 보여주고 있고, 생산성이 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 수도권기업 105개 중 51개 기업임. 이는 생산성이 감소한 기업이 더 많음에도 불구하고 기술 변화지수(TCI)의 감소(0.962)보다 기술적효율성 변화지수(TECI)의 상승(1.284)의 상승이 더 큰 것에 기인한 것으로 나타남
 - 비수도권으로 따로 분석하였을 때 MPI 기준 평균 생산성은 1.142로 높은 생산성 증가를 보여주고 있고, 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 비수도권기업 34개 중 24개 기업이고, 기술변화지수(TCI)의 감소(0.961)에도 불구하고 기술적효율성



변화지수(TECI)의 상승(1.230)에 기인한 것으로 나타남

표 4-4 지역별 Malmquist 생산성 분석결과

지 역		TECI	TCI	MPI
수도권	평균	1.284	0.962	1.232
	최대	15.555	1.407	16.095
	최소	0.809	0.853	0.723
비수도권	평균	1.230	0.961	1.142
	최대	2.895	1.166	2.501
	최소	0.793	0.894	0.675

- 중견/중기와 소기/소상공인 기업으로 규모에 따른 평균적 생산성 분석 변화
 - 중견/중기업 대비 소기/소상공인 기업의 생산성지수가 더 높은 것으로 나타났고, 기업의 규모와 상관없이 기술변화지수(TCI)의 감소에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI) 상승에 의해 생산성이 증가한 것으로 나타남
 - 중견/중기업 규모의 기업을 따로 분석하였을 때 MPI 기준 평균 생산성은 1.090으로 높은 생산성 증가를 보여주고 있고, 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 중견/중기업 52개 중 30개 기업이고, 기술변화지수(TCI)의 감소(0.963)에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI)의 상승(1.136)에 기인한 것으로 나타남
 - 소기/소상공인 기업을 따로 분석하였을 때 MPI 기준 평균 생산성은 1.276으로 높은 생산성 증가를 보여주고 있고, 생산성이 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 소기/소상공인 기업 86개 중 53개 기업이고, 기술변화지수(TCI)의 감소(0.961)에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI)의 상승(1.345)에 기인한 것으로 나타남

표 4-5 규모별 Malmquist 생산성 분석결과

지 역		TECI	TCI	MPI
중견/중기	평균	1.136	0.963	1.090
	최대	1.747	1.407	2.714
	최소	0.823	0.872	0.817
소기/소상공인	평균	1.345	0.961	1.276
	최대	15.555	1.160	16.095
	최소	0.793	0.853	0.675

- 5G 장비기업의 업종별 평균적 생산성 분석 변화
 - 무선통신장비기업이 가장 높은 생산성 증가를 보여주고 있고, 유선통신장비기업, 케이블/부품/기타기업 순으로 나타남. 또한, 무선통신장비기업에서 가장 높은 기술

- 적효율성변화지수(TECI) 상승이 나타남
- 무선통신장비기업을 따로 분석하였을 때 MPI 기준 평균 생산성은 1.348로 비교적 높은 생산성 증가를 보여주고 있고, 생산성이 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 73개 기업 중 46개 기업이고, 기술변화지수(TCI)의 감소(0.969)에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI)의 상승(1.391)에 기인한 것으로 나타남
 - 유선통신장비기업을 분석하였을 때 MPI 기준 평균 생산성은 1.063으로 생산성 증가를 보여주고 있고, 생산성이 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 49개 중 29개 기업이고, 기술변화지수(TCI)의 감소(0.954)에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI)의 상승(1.144)에 기인한 것으로 나타남
 - 케이블/부품/기타기업을 분석하였을 때 MPI 기준 평균 생산성은 1.042로 비교적 낮지만 생산성 증가를 보여주고 있고, 생산성이 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 17개 중 10개 기업이고, 기술변화지수(TCI)의 감소(0.950)에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI)의 상승(1.121)에 기인한 것으로 나타남

표 4-6 업종별 Malmquist 생산성 분석결과

업종		TECI	TCI	MPI
무선통신장비	평균	1.391	0.969	1.348
	최대	15.555	1.407	16.095
	최소	0.809	0.853	0.723
유선통신장비	평균	1.144	0.954	1.063
	최대	2.895	1.166	2.501
	최소	0.793	0.883	0.675
케이블/부품/ 기타	평균	1.121	0.950	1.042
	최대	1.405	1.002	1.368
	최소	0.972	0.885	0.886

- T1(2015~2016년) 생산성 분석결과
 - T1기에서 5G 장비기업들의 MPI 기준 평균 생산성은 0.948로 생산성 감소를 보여주고 있고, 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 139개 기업 중 66개 기업임
 - 이는 기술변화지수(TCI)의 감소(0.913)에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI)가 증가(1.038)한 결과로, 기술혁신을 잘 이루지 못하고 있지만, 기술의 효율성은 크게 증가하여 상대적으로 생산성이 크게 하락하는 것을 막은 것으로 해석할 수 있음



- T2(2016~2017년) 생산성 분석결과
 - T2기에서 5G 장비기업들의 MPI 기준 평균 생산성은 1.047로 생산성 증가를 보여주고 있고, 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 139개 기업 중 69개 기업임
 - 이는 기술변화지수(TCI)의 감소(0.924)에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI)가 증가(1.133)한 결과로, 기술혁신을 잘 이루지 못하고 있지만, 기술의 효율성은 크게 증가하여 상대적으로 생산성이 크게 하락하는 것을 막은 것으로 해석할 수 있음
- T3(2017~2018년) 생산성 분석결과
 - T3기에서 5G 장비기업들의 MPI 기준 평균 생산성은 0.874로 생산성 감소를 보여주고 있고, 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 139개 기업 중 51개 기업임
 - 이는 기술변화지수(TCI)의 증대(1.164)에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI)가 상대적으로 크게 감소(0.750)한 결과로, 기술혁신이 상대적으로 크게 이루어졌으나, 기술의 효율성을 이루지 못한 결과가 더 커서 생산성이 감소한 것으로 해석할 수 있음
- T4(2018~2019년) 생산성 분석결과
 - T4기에서 5G 장비기업들의 MPI 기준 평균 생산성은 1.058로 생산성 증가를 보여주고 있고, 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 139개 기업 중 78개 기업임
 - 이는 기술변화지수(TCI)의 감소(0.930)에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI)가 증가(1.169)한 결과로, 기술혁신을 잘 이루지 못하고 있지만, 기술의 효율성은 크게 증가하여 상대적으로 생산성이 크게 하락하는 것을 막은 것으로 해석할 수 있음
- T5(2019~2020년) 생산성 분석결과
 - T5기에서 5G 장비기업들의 MPI 기준 평균 생산성은 0.947로 생산성 감소를 보여주고 있고, 증가한 기업(MPI > 1)의 수는 139개 기업 중 60개 기업임
 - 기술변화지수(TCI)가 상대적으로 더 크게 감소(0.810)하여 기술적효율성변화지수(TECI)가 증가(1.169)하였음에도 불구하고 생산성이 감소한 결과로, 기술혁신을 제대로 이루지 못하여 기술의 효율성이 크게 증가하였음에도 생산성이 감소한 것으로 해석할 수 있음

V 결론 및 발전방안

- (분석 내용) 본 연구는 5G 장비기업들의 경쟁력을 평가하기 위해 DEA모형과 Malmquist 생산성지수를 활용하여 효율성과 생산성 변화를 분석함
 - 분석 대상은 2015년부터 2020년까지 연속자료가 존재하는 139개 기업으로 분석을 위한 투입 및 산출요소는 총자산, 연구개발비, 인건비, 매출액과 영업이익으로 기존의 연구들에서 쓰이는 보편적인 요소들이며 R-프로그램을 이용하여 추정함
 - 분석에서 각 기업들(DMU)의 효율성을 기술효율성(TE; technical efficiency), 순수기술효율성(PTE; pure technical efficiency), 규모의 효율성(SE)으로 구분하여 분석함으로써 비효율성의 원인이 무엇인지 구체적으로 측정함

- (DEA 분석결과) 2015년부터 2020년 전체기간 CCR모형 효율성 값의 평균은 0.473, BCC모형의 평균은 0.590로 각각 도출됨. 이는 CCR모형에서 53%, BCC모형에서 41%의 기업의 비효율성이 존재한다는 것을 의미
 - 연도별 효율성을 보면 CCR 모형에서 2018년 41%, 2015년이 45%, 2019년 46%, 효율성이 평균보다 낮고, 2020년 53%, 2017년 52%로 효율성이 상대적으로 높음
 - BCC모형의 효율성을 연도별로 보면, 2017년 63%, 2020년 63%, 2019년 59%로 평균보다 높게 나타났고, 2018년 53%, 2015년 57%로 효율성이 상대적으로 높음
 - 규모의 효율성(SE; Scale Efficiency)을 보면, 평균 0.815로 규모의 불경제성을 나타내고 있으며, 2018년, 2019년이 평균보다 낮은 값을 보이고 있고, 2020년 0.849, 2017년 0.832로 상대적으로 높은 규모의 효율성을 나타냄
 - 규모수익성 분석결과 IRS로 나타난 기업이 평균 90개로 DRS로 나타난 기업의 평균 37개로 2.5배 가까이 많이 나타남. 이는 일반적으로 기업 규모의 확대를 통해 효율성을 개선 시킬 수 있음을 의미함

- (Malmquist 생산성지수 분석결과) 2015년부터 2020년까지 5G 장비산업 139개 기업에 대한 생산성 변화를 MPI를 활용하여 분석한 결과를 보면
 - 생산성은 T2(16~17년), T4(18~19년) 기간은 증가하고 나머지 기간에는 감소한 것으로 분석되었고, 분석기간 중 MPI의 기하평균은 1.098로 생산성이 9.8%가량 증가한



- 것으로 나타났으며, T1(15~16년)과 T5(19~20년)에 생산성이 5% 정도 감소한 것으로 나타났고 T3(17~18년) 기간이 13% 가까이 가장 큰 폭으로 생산성이 감소함
- 다소 낮은 생산성 향상은 기술변화지수(TCI)의 감소가 주요인인 것으로 파악됨. 이는 기술적효율성변화지수(TECI)가 평균적으로 16.8% 증가하였음에도 불구하고 기술변화지수(TCI)는 4% 감소하였기 때문에 생산성 향상이 9.8%에 그치는 것으로 나타남. 이는 생산성이 기술적 효율성보다 기술퇴보 등의 이유로 생산성이 상대적으로 감소하였음을 의미
- (지역별, 규모별, 업종별 생산성지수 분석결과) 2015년부터 2020년까지 5G 이동통신 장비기업들의 평균적인 생산성 변화를 보면
 - 비수도권 대비 수도권의 생산성지수가 더 높은 것으로 나타났고, 이는 기술적효율성변화지수(TECI) 상승에 의해 생산성이 증가한 것으로 나타남
 - 중견/중기업 대비 소기/소상공인 기업의 생산성지수가 더 높은 것으로 나타났고, 기업의 규모와 상관없이 기술변화지수(TCI)의 감소에도 불구하고 기술적효율성변화지수(TECI) 상승에 의해 생산성이 증가한 것으로 나타남
 - 무선통신장비기업이 가장 높은 생산성 증가를 보여주고 있고, 유선통신장비기업, 케이블/부품/기타기업 순으로 나타남. 또한, 무선통신장비기업에서 가장 높은 기술적효율성변화지수(TECI) 상승이 나타남
 - (정책적 의미) 본 연구결과 5G 이동통신 장비기업들이 영세하거나 자체적 기술개발이 곤란한 경우가 많고, 수도권에 집중(139개 기업 중 105개 분포)되어 있음을 알 수 있었는데, 정부차원에서 R&D 지원이나, 기업컨설팅, 정부 주도 신기술개발을 통한 보급이 필요하고 국토의 균형발전을 위해서는 지방 강소기업 육성을 위한 정책이 필요함
 - DEA 분석에서 보았듯이 5G 이동통신 장비기업들이 효율성 증대를 위한 노력이 필요하며 이는 기업의 규모가 너무 영세한 것에 기인함. 따라서 기업의 다각화보다는 M&A 등의 집중화를 통한 규모 확대전략이 더 의미를 가질 수 있음. 이러한 일환으로 개별기업이 해외시장 및 미래 유망분야에 대한 진출을 할 수 있게 도와줄 필요가 있음
 - 생산성분석 결과에서 알 수 있듯이 5G 이동통신 장비기업들이 신기술 및 신제품 개발이나 공정개선과 같은 기술혁신에 치중하기보다는 설비가동률, 비용구조 등 앞선 기업에 대한 추격에 중점을 두는 것을 알 수 있음. 보다 근본적인 개선을

위한 기술혁신을 유도할 수 있는 정부의 유인책 및 맞춤형 R&D가 필요해 보임

- (연구의 한계 및 발전방향) 본 연구는 그간 선행연구에서 다루지 않던 5G 이동통신 장비기업을 대상으로 효율성과 생산성 변화를 분석하였고, 분석기간을 확장하였다는 측면에서 의의가 있음
 - 5G 이동통신 장비기업을 분석함에 있어 대상기업의 수가 139개에 불과하여 대표성 측면에서 한계가 있으나, 향후 데이터 보강을 통해 쉽게 이루어질 수 있음
 - 특정기업의 경우 효율성 및 생산성의 분석결과 수치가 연도별 또는 타 기업 대비 크게 차이가 나는 경우가 발생하였는데, 본 연구에서 개별기업에 대한 미시적 분석이 수행되지 못한 중대한 한계로, 향후 미시적 분석을 통해 개별기업들의 효율성과 생산성 향상을 위한 원인뿐만 아니라 요소들에 대한 분석이 이루어져야 할 것임
 - 투입요소와 산출요소 선정에 있어 선행연구를 통해 일반적인 요소를 도출하였는데 사전의 중요도 조사나 인과관계 분석을 통해 보다 더 객관성을 확보하는 것이 필요하며, 기업의 성장에 중요한 영향을 미칠 수 있는 특허권 등과 같은 지적재산권 등 비재무적인 자료 확보를 통해 심층적인 분석이 필요함
 - DEA모형의 의해 분류된 효율성 기준으로 효율적인 집단과 비효율적인 집단 간의 차이점을 재무적인 관점에서 로지스틱 회귀분석이나 요인분석을 통해 보다 구체적인 분석이 가능할 것으로 예상
 - 마지막으로 기업별 효율성과 생산성 변화의 값을 도출하였지만, 이를 토대로 구체적인 정책과 대안 마련을 위해서는 미시적인 기업분석이 필요해 보임. 이와 같은 연구의 한계는 향후 새로운 연구 또는 사례연구(Case Study)를 통해 진전되기를 기대



참고문헌

◆ 국내자료

- 김주성, 민수진(2020), 혁신네트워크 및 디지털기술 용인을 중심으로 한 지역 간 혁신 효율성 차이분석, 기술혁신학회지, Vol. 23. No 4, pp 793-814.
- 김예정(2019), 전기공사업 효율성 및 생산성 변화 분석: DEA 및 Malmquist 생산성 지수 모델을 중심으로, 대한경영학회지, 제32권 제5호, pp. 825-843.
- 김진수·송창석·홍 의, “AEO 공인이 기업의 성과에 미치는 영향에 관한 실증 분석 연구”, 관세학회지, 제15권 제3호, pp. 45-61.
- 박현준, 하정석, 강연지, 심우중(2017), DEA-SBM을 이용한 국내 로봇산업의 경영효율성 분석에 관한 연구: 기술혁신요소를 중심으로, 산업혁신 연구, Vol. 33. No 21, pp 25-48.
- 심희철, 김재환,(2021), DEA와 Malmquist 지수를 활용한 주민편의시설의 효율성 및 생산성분석 -충청북도 문예회관을 대상으로-, 한국주거환경학회지, 제19권 제1호 pp. 107-117.
- 신정훈, 황승준(2016), DEA 와 로지스틱 회귀분석을 이용한 자동차 부품기업의 효율성 분석 및 재무전략, 한국경영과학회지, Vol. 41. No 1, pp 127-143.
- 석왕현, 박추환, 박광만, 김성민(2010), 방송시장에서 주요 사업자 간 상대적 효율성 분석: DEA분석을 중심으로, 응용경제, Vol. 12. No 1, pp 237-264.
- 신범수(2020), DEA와 Malmquist 지수를 활용한 AEO 공인 수출기업의 효율성 비교연구, 통상정보연구, 제22권 제3호, pp. 69-92.
- 이재희(2014), 문예회관의 지역간 효율성 격차 연구:비수도권 지역을 중심으로,

한국자치행정학보, 제28권 제4호, pp. 163-185.

이기세, 강다연(2019), 고성장 IT기업에 대한 경영효율성 분석: 자료포락분석(DEA) 기법을 중심으로, Journal of Digital Convergence, Vol. 17. No 7, pp 27-34.

이정동-오동현, 효율성 분석이론 : DEA자료포락분석법, 지필미디어. 2010.

이재영, 임춘성, 반승현(2020), DEA 및 DEA-Window를 통한 국내 게임산업의 정태적/동태적 효율성 분석: 온라인 및 모바일 게임 기업을 중심으로, 한국콘텐츠학회논문지, Vol. 20. No 10, pp 496-509.

홍정식, 양창준, 이학연(2012) 국내 IT 산업 부문 간 효율성 비교평가: 자료포락분석(DEA)기법을 중심으로, 한국경영공학회지, Vol. 17. No 1, pp 147-160.

◆ 국외자료

Banker,R.D., R.Conrad and R.Strauss.(1986). A comparative application of data envelopment analysis and translog methods: An illustrative study of hospital production. Management Science 32(1):30-44.

Banker, R.D., Charnes, A., & Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30(9), 1078-1092.

Charnes, A., W.W. Cooper and E. Rhodes.(1978). Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research 2(6):429-444.

A. Lewin and L. Seiford.(1995). Data Envelopment Analysis. Quorum Books.

Chin-Tai Chen and Ming-Han Lin(2006) Using DEA to Evaluate R&D



- Performance in the Integrated Semiconductor Firms—Case Study of Taiwan. *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, Vol. 14. No 3, pp 50–59.
- S. Thore, F. Phillips, T. W. Ruefli & P. Yue. (1996). DEA and the Management of the Product Cycle: the U.S. Computer Industry. *Computers Ops Res*, 23(4), pp 341–356.
- Eun Jin Cho and Myeong Cheol Park(2011), Evaluating the Efficiency of Mobile Content Companies Using Data Envelopment Analysis and Principal Component Analysis, *ETRI Journal* Vol. 33. No 3, pp 50–59.
- Sherman. H. D.(1984),“ Hospital Efficiency Measurement and Evaluation: Empirical Test of a New Technique”. *Medical Care*. Vol. 22, No. 10, pp. 922–938.
- Aigner, D. J., Lovell, C. A. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6, 21–37.

부록: 1. DEA 효율성 측정결과

1-1. 2015년도 DEA 효율성 측정결과

DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
1	0.334	0.417	0.803	●		1.798	Decreasing
2	0.414	0.417	0.993	●		0.633	Increasing
3	0.331	0.616	0.537		●	1.745	Decreasing
4	0.538	0.540	0.995	●		3.302	Decreasing
5	0.224	0.225	0.998	●		0.554	Increasing
6	0.629	0.636	0.989	●		8.256	Decreasing
7	0.126	0.150	0.839	●		0.048	Increasing
8	0.922	1	0.922		●	7.337	Decreasing
9	0.994	1	0.994		●	0.260	Increasing
10	0.359	0.812	0.443		●	10.184	Decreasing
11	0.431	0.454	0.949	●		0.808	Increasing
12	0.579	0.581	0.998	●		1.954	Decreasing
13	0.304	0.334	0.911	●		0.473	Increasing
14	0.580	0.692	0.838	●		0.496	Increasing
15	0.178	0.192	0.925	●		0.591	Increasing
16	0.617	0.621	0.993	●		1.115	Decreasing
17	1	1	1			1.000	Constant
18	0.309	0.746	0.414		●	0.028	Increasing
19	0.520	0.839	0.620		●	42.586	Decreasing
20	0.537	0.760	0.706		●	0.226	Increasing
21	0.472	0.474	0.996	●		0.354	Increasing
22	1	1	1			1.000	Constant
23	0.559	0.559	0.999	●		0.980	Increasing
24	1	1	1			1.000	Constant
25	0.369	0.409	0.904	●		0.203	Increasing
26	0.332	0.335	0.993	●		0.917	Increasing
27	0.363	0.433	0.839	●		0.184	Increasing
28	1	1	1			1.000	Constant
29	0.633	1	0.633		●	20.648	Decreasing
30	0.363	0.364	0.996	●		0.696	Increasing
31	0.279	0.377	0.739	●		0.249	Increasing
32	0.360	0.361	0.998	●		1.341	Decreasing
33	0.403	0.478	0.844	●		0.367	Increasing
34	1	1	1			1.000	Constant
35	0.436	0.845	0.517		●	3.669	Decreasing
36	0.735	1	0.735		●	4.352	Decreasing
37	0.250	1	0.250		●	4.061	Decreasing
38	0.215	0.216	0.994	●		1.056	Decreasing
39	0.494	0.500	0.989	●		3.524	Decreasing
40	0.263	0.282	0.932	●		0.427	Increasing
41	0.383	0.393	0.976	●		0.208	Increasing
42	0.155	0.341	0.455	●		0.052	Increasing
43	1	1	1			1.000	Constant
44	1	1	1			1.000	Constant
45	0.399	0.400	0.999	●		0.589	Increasing
46	0.162	0.800	0.203		●	0.041	Increasing
47	0.395	0.411	0.961	●		0.455	Increasing
48	0.285	0.365	0.783	●		1.775	Decreasing
49	0.428	0.432	0.990	●		3.686	Decreasing
50	0.038	0.067	0.568	●		0.188	Increasing
51	0.309	0.490	0.631	●		0.071	Increasing
52	0.277	0.278	0.998	●		2.482	Decreasing
53	1	1	1			1.000	Constant
54	0.224	1	0.224		●	15.656	Decreasing
55	0.451	0.451	0.999	●		0.654	Increasing
56	0.309	0.565	0.547		●	0.102	Increasing
57	0.631	0.676	0.934	●		2.035	Decreasing
58	1	1	1			1.000	Constant
59	0.268	0.420	0.638	●		0.074	Increasing
60	1	1	1			1.000	Constant
61	0.748	1	0.748		●	0.189	Increasing
62	0.379	0.506	0.748	●		0.244	Increasing
63	0.356	0.358	0.994	●		2.152	Decreasing
64	0.813	0.848	0.958	●		0.684	Increasing
65	0.632	0.673	0.939	●		0.067	Increasing
66	0.493	0.496	0.994	●		5.309	Decreasing



DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
67	0.511	0.519	0.984	●		7.687	Decreasing
68	0.363	0.365	0.994	●		2.311	Decreasing
69	0.968	1	0.968		●	0.626	Increasing
70	0.248	0.250	0.993	●		0.932	Increasing
71	0.956	1	0.956		●	0.023	Increasing
72	0.316	0.331	0.953	●		0.464	Increasing
73	0.470	1	0.470		●	4.805	Decreasing
74	0.464	0.713	0.650		●	3.517	Decreasing
75	0.210	0.342	0.613	●		0.385	Increasing
76	1	1	1			1.000	Constant
77	0.151	0.156	0.965	●		0.685	Increasing
78	0.730	0.732	0.996	●		0.845	Increasing
79	0.126	0.471	0.268		●	0.035	Increasing
80	0.158	0.159	0.994	●		3.101	Decreasing
81	0.407	0.416	0.978	●		0.526	Increasing
82	0.342	0.741	0.462		●	0.021	Increasing
83	0.873	0.878	0.995	●		0.797	Increasing
84	0.204	0.493	0.414		●	0.019	Increasing
85	0.386	0.883	0.437		●	5.397	Decreasing
86	0.338	0.391	0.865	●		1.245	Decreasing
87	0.436	0.626	0.697	●		0.024	Increasing
88	0.465	0.466	0.997	●		1.619	Decreasing
89	0.178	0.257	0.692	●		1.047	Decreasing
90	0.218	0.219	0.996	●		4.308	Decreasing
91	0.921	1	0.921		●	3.436	Decreasing
92	0.162	0.163	0.995	●		1.610	Decreasing
93	0.045	0.186	0.240	●		0.013	Increasing
94	0.296	0.319	0.927	●		0.192	Increasing
95	0.546	1	0.546		●	4.243	Decreasing
96	0.664	0.860	0.772		●	0.042	Increasing
97	0.166	0.229	0.727	●		0.076	Increasing
98	0.417	0.916	0.456		●	1.716	Decreasing
99	0.558	0.559	0.997	●		1.030	Decreasing
100	0.220	0.227	0.969	●		0.167	Increasing
101	0.432	0.604	0.715	●		2.003	Decreasing
102	0.509	0.511	0.997	●		1.836	Decreasing
103	0.080	0.123	0.646	●		0.039	Increasing
104	0.839	0.839	0.999	●		0.870	Increasing
105	0.219	0.457	0.479	●		4.908	Decreasing
106	0.420	1	0.420		●	0.214	Increasing
107	0.414	0.415	0.997	●		0.359	Increasing
108	0.200	0.200	0.998	●		0.930	Increasing
109	0.382	0.413	0.923	●		8.476	Decreasing
110	0.243	0.252	0.961	●		0.113	Increasing
111	0.120	0.330	0.363	●		0.049	Increasing
112	0.624	0.745	0.837	●		0.041	Increasing
113	0.783	0.913	0.857		●	17.474	Decreasing
114	0.176	0.361	0.488	●		0.151	Increasing
115	0.535	0.571	0.938	●		0.387	Increasing
116	0.452	0.538	0.840	●		0.037	Increasing
117	0.184	0.273	0.674	●		0.263	Increasing
118	0.139	0.139	0.999	●		0.560	Increasing
119	0.601	1	0.601		●	2.407	Decreasing
120	0.435	0.744	0.586		●	0.066	Increasing
121	0.220	0.264	0.836	●		0.034	Increasing
122	0.197	0.229	0.859	●		0.316	Increasing
123	0.482	0.483	0.997	●		0.978	Increasing
124	0.456	0.457	0.999	●		1.009	Decreasing
125	0.416	0.426	0.978	●		0.699	Increasing
126	0.310	0.318	0.974	●		0.219	Increasing
127	0.294	0.359	0.821	●		1.977	Decreasing
128	0.178	1	0.178		●	0.003	Increasing
129	0.302	0.378	0.800	●		19.583	Decreasing
130	0.115	0.146	0.790	●		0.038	Increasing
131	0.123	0.454	0.272	●		0.052	Increasing
132	0.639	0.881	0.725		●	1.851	Decreasing
133	0.399	0.514	0.776	●		29.593	Decreasing
134	0.754	0.759	0.993	●		0.484	Increasing
135	1	1	1			1.000	Constant
136	0.297	0.309	0.960	●		0.321	Increasing
137	0.241	0.251	0.961	●		0.547	Increasing
138	0.551	0.559	0.985	●		1.411	Decreasing
139	0.221	0.229	0.966	●		0.110	Increasing
평균	0.454	0.568	0.817				

1-2. 2016년도 DEA 효율성 측정결과

DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
1	0.204	0.217	0.942	●		1.373	Decreasing
2	0.466	0.469	0.994	●		0.792	Increasing
3	0.234	0.262	0.896	●		1.213	Decreasing
4	0.708	0.776	0.912	●		2.012	Decreasing
5	0.273	0.274	0.996	●		0.954	Increasing
6	0.621	0.673	0.923	●		1.373	Decreasing
7	0.190	0.282	0.675	●		0.173	Decreasing
8	0.550	0.601	0.914	●		1.495	Decreasing
9	0.695	0.811	0.857	●		0.264	Increasing
10	0.496	0.891	0.556		●	13.057	Decreasing
11	0.327	0.340	0.961	●		0.458	Increasing
12	0.472	0.514	0.919	●		1.317	Decreasing
13	0.362	0.378	0.957	●		0.368	Increasing
14	0.713	0.723	0.986	●		0.766	Increasing
15	0.341	0.359	0.949	●		1.296	Decreasing
16	0.211	0.212	0.995	●		0.732	Increasing
17	0.378	0.447	0.846	●		0.210	Increasing
18	0.225	0.399	0.565	●		0.055	Increasing
19	0.765	1	0.765		●	9.453	Decreasing
20	0.891	1	0.891		●	0.240	Increasing
21	0.486	0.508	0.958	●		1.862	Decreasing
22	1	1	1			1.000	Constant
23	0.703	0.723	0.973	●		0.565	Increasing
24	0.725	0.776	0.934	●		0.251	Increasing
25	0.390	0.407	0.958	●		0.369	Increasing
26	0.418	0.424	0.987	●		0.603	Increasing
27	0.331	0.363	0.914	●		0.624	Increasing
28	1	1	1			1.000	Constant
29	0.534	1	0.534		●	22.608	Decreasing
30	0.456	0.461	0.989	●		1.472	Decreasing
31	0.566	0.596	0.950	●		0.554	Increasing
32	0.472	0.475	0.993	●		0.905	Increasing
33	0.318	0.328	0.970	●		0.687	Increasing
34	1	1	1			1.000	Constant
35	0.695	1	0.695		●	4.235	Decreasing
36	0.621	0.783	0.794	●		2.482	Decreasing
37	0.445	1.000	0.445		●	8.200	Decreasing
38	0.242	0.243	0.995	●		0.830	Increasing
39	0.653	0.655	0.997	●		1.051	Decreasing
40	0.254	0.272	0.933	●		0.185	Increasing
41	0.640	0.715	0.895	●		2.241	Decreasing
42	0.109	0.282	0.388	●		0.044	Increasing
43	1	1	1			1.000	Constant
44	1	1	1			1.000	Constant
45	0.409	0.415	0.987	●		0.651	Increasing
46	0.202	0.698	0.289		●	0.079	Increasing
47	0.302	0.308	0.981	●		0.447	Increasing
48	0.523	0.741	0.706		●	2.543	Decreasing
49	0.386	0.392	0.985	●		0.516	Increasing
50	0.049	0.066	0.740	●		0.132	Increasing
51	0.217	0.454	0.479	●		0.100	Increasing
52	0.345	0.361	0.953	●		1.257	Decreasing
53	0.601	0.610	0.985	●		1.213	Decreasing
54	0.222	1	0.222		●	11.384	Decreasing
55	0.554	0.564	0.982	●		1.262	Decreasing
56	0.289	0.701	0.413		●	0.166	Increasing
57	0.756	0.877	0.862		●	2.394	Decreasing
58	1	1	1			1.000	Constant
59	0.217	0.336	0.646	●		0.073	Increasing
60	1	1	1			1.000	Constant
61	1	1	1			1.000	Constant
62	1	1	1			1.000	Constant
63	0.611	0.622	0.982	●		0.481	Increasing
64	0.369	0.381	0.969	●		0.418	Increasing
65	0.556	0.578	0.963	●		0.661	Increasing
66	0.402	0.443	0.907	●		1.867	Decreasing



DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
67	0.467	0.562	0.830	●		2.303	Decreasing
68	0.320	0.330	0.972	●		0.438	Increasing
69	1	1	1			1.000	Constant
70	0.257	0.288	0.892	●		0.158	Increasing
71	0.524	1	0.524		●	0.048	Increasing
72	0.421	0.428	0.985	●		0.549	Increasing
73	0.290	0.445	0.652	●		2.079	Decreasing
74	0.415	0.544	0.763	●		3.040	Decreasing
75	0.376	0.415	0.905	●		0.257	Increasing
76	0.876	1.000	0.876		●	0.119	Increasing
77	0.133	0.160	0.833	●		1.204	Decreasing
78	1	1	1			1.000	Constant
79	0.238	0.345	0.689	●		0.100	Increasing
80	0.125	0.127	0.985	●		0.529	Increasing
81	0.668	0.669	0.998	●		0.923	Increasing
82	0.377	0.731	0.516		●	0.055	Increasing
83	1	1	1			1.000	Constant
84	0.396	0.585	0.676	●		0.203	Increasing
85	0.411	0.596	0.690	●		2.971	Decreasing
86	0.326	0.393	0.829	●		1.906	Decreasing
87	0.227	0.374	0.608	●		0.196	Increasing
88	0.542	0.582	0.932	●		0.262	Increasing
89	0.271	0.542	0.500		●	1.580	Decreasing
90	0.201	0.201	0.999	●		0.912	Increasing
91	0.493	0.494	0.998	●		0.964	Increasing
92	0.236	0.247	0.957	●		0.342	Increasing
93	0.100	0.179	0.560	●		0.044	Increasing
94	0.254	0.276	0.918	●		0.336	Increasing
95	0.442	1	0.442		●	5.340	Decreasing
96	0.740	0.972	0.761		●	0.098	Increasing
97	0.150	0.244	0.613	●		0.101	Increasing
98	0.686	1	0.686		●	3.351	Decreasing
99	0.965	1	0.965		●	1.953	Decreasing
100	0.337	0.341	0.990	●		0.569	Increasing
101	0.501	0.688	0.728	●		3.704	Decreasing
102	0.649	0.653	0.994	●		0.858	Increasing
103	0.183	0.218	0.840	●		0.283	Increasing
104	0.867	1.000	0.867		●	1.493	Decreasing
105	0.265	0.748	0.355		●	6.404	Decreasing
106	0.467	0.552	0.846	●		0.150	Increasing
107	0.421	0.426	0.990	●		0.609	Increasing
108	0.251	0.253	0.991	●		0.689	Increasing
109	0.524	0.810	0.647		●	2.334	Decreasing
110	0.243	0.265	0.914	●		0.226	Increasing
111	0.006	0.789	0.007		●	0.002	Increasing
112	1	1	1			1.000	Constant
113	0.746	1	0.746		●	7.997	Decreasing
114	0.190	0.451	0.421		●	0.134	Increasing
115	0.717	0.795	0.902	●		0.307	Increasing
116	0.579	0.821	0.705		●	0.128	Increasing
117	0.183	0.267	0.685	●		0.160	Increasing
118	0.250	0.315	0.795	●		2.548	Decreasing
119	0.061	0.122	0.499	●		0.125	Increasing
120	0.600	1	0.600		●	0.159	Increasing
121	0.191	0.283	0.675	●		0.058	Increasing
122	0.326	0.330	0.986	●		0.617	Increasing
123	0.883	1	0.883		●	2.022	Decreasing
124	0.648	0.656	0.988	●		0.665	Increasing
125	0.485	0.491	0.988	●		0.625	Increasing
126	0.309	0.350	0.885	●		0.193	Increasing
127	0.328	0.362	0.904	●		1.469	Decreasing
128	0.098	0.728	0.135		●	0.010	Increasing
129	0.407	0.543	0.750	●		5.104	Decreasing
130	0.189	0.230	0.820	●		0.131	Increasing
131	0.106	0.397	0.268		●	0.070	Increasing
132	0.203	0.205	0.991	●		0.575	Increasing
133	0.623	1	0.623		●	9.013	Decreasing
134	0.774	0.792	0.977	●		1.249	Decreasing
135	0.867	0.872	0.994	●		0.767	Increasing
136	0.423	0.431	0.983	●		0.715	Increasing
137	0.253	0.259	0.978	●		0.585	Increasing
138	0.458	0.470	0.974	●		1.471	Decreasing
139	0.425	0.431	0.984	●		1.400	Decreasing
평균	0.476	0.585	0.825				

1-3. 2017년도 DEA 효율성 측정결과

DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
1	0.212	0.291	0.729	●		2.327	Decreasing
2	0.540	0.548	0.986	●		0.666	Increasing
3	0.287	0.422	0.680	●		1.330	Decreasing
4	1	1	1			1.000	Constant
5	0.364	0.377	0.968	●		0.483	Increasing
6	0.672	0.673	0.998	●		0.930	Increasing
7	0.214	0.262	0.817	●		0.078	Increasing
8	0.969	1	0.969		●	1.547	Decreasing
9	0.700	0.803	0.872	●		0.220	Increasing
10	0.683	1	0.683		●	15.439	Decreasing
11	1	1	1			1.000	Constant
12	0.570	0.584	0.977	●		1.122	Decreasing
13	0.424	0.465	0.912	●		0.277	Increasing
14	1	1	1			1.000	Constant
15	0.253	0.258	0.982	●		1.059	Decreasing
16	0.301	0.304	0.991	●		0.685	Increasing
17	0.208	0.457	0.455		●	0.077	Increasing
18	0.185	0.497	0.372		●	0.023	Increasing
19	0.807	1	0.807		●	8.179	Decreasing
20	0.748	1	0.748		●	0.137	Increasing
21	0.855	0.872	0.980	●		0.457	Increasing
22	1	1	1			1.000	Constant
23	0.773	0.811	0.954	●		0.353	Increasing
24	0.771	0.825	0.935	●		0.177	Increasing
25	0.527	0.554	0.951	●		0.377	Increasing
26	0.316	0.327	0.965	●		0.436	Increasing
27	0.449	0.499	0.899	●		0.191	Increasing
28	0.642	0.669	0.960	●		0.550	Increasing
29	0.516	1	0.516		●	13.983	Decreasing
30	0.480	0.500	0.961	●		0.437	Increasing
31	0.403	0.476	0.847	●		0.266	Increasing
32	0.482	0.517	0.934	●		0.303	Increasing
33	0.153	0.197	0.774	●		0.277	Increasing
34	1	1	1			1.000	Constant
35	0.549	1	0.549		●	1.970	Decreasing
36	0.705	0.760	0.927	●		2.504	Decreasing
37	0.503	1.000	0.503		●	9.588	Decreasing
38	0.245	0.248	0.991	●		0.847	Increasing
39	0.767	0.773	0.993	●		0.876	Increasing
40	0.235	0.323	0.730	●		0.170	Increasing
41	0.402	0.406	0.990	●		0.702	Increasing
42	0.150	0.617	0.243		●	0.048	Increasing
43	1	1	1			1.000	Constant
44	0.836	0.855	0.978	●		0.610	Increasing
45	0.439	0.454	0.966	●		0.375	Increasing
46	0.244	0.325	0.751	●		0.091	Increasing
47	0.238	0.269	0.886	●		0.156	Increasing
48	0.404	0.472	0.856	●		1.376	Decreasing
49	1	1	1			1.000	Constant
50	0.040	0.071	0.565	●		0.075	Increasing
51	0.647	1	0.647		●	0.094	Increasing
52	0.348	0.348	1	●		0.991	Increasing
53	1	1	1			1.000	Constant
54	0.350	1.000	0.350		●	10.254	Decreasing
55	1	1	1			1.000	Decreasing
56	0.520	1.000	0.520		●	0.108	Increasing
57	0.518	0.556	0.931	●		1.561	Decreasing
58	1	1	1			1.000	Constant
59	0.290	0.374	0.773	●		0.056	Increasing
60	1	1	1			1.000	Constant
61	1	1	1			1.000	Constant
62	1	1	1			1.000	Constant
63	0.543	0.575	0.945	●		0.259	Increasing
64	0.437	0.477	0.915	●		0.471	Increasing
65	0.600	0.642	0.934	●		0.200	Increasing
66	0.654	0.697	0.939	●		1.644	Decreasing



DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
67	0.890	1	0.890		●	3.078	Decreasing
68	0.477	0.494	0.966	●		0.403	Increasing
69	0.735	1.000	0.735		●	0.024	Increasing
70	0.298	0.374	0.797	●		0.128	Increasing
71	0.495	1	0.495		●	0.036	Increasing
72	0.411	0.434	0.947	●		0.561	Increasing
73	0.389	0.705	0.551		●	3.002	Decreasing
74	0.397	0.740	0.536		●	3.086	Decreasing
75	0.350	0.441	0.793	●		0.168	Increasing
76	0.793	1.000	0.793		●	0.082	Increasing
77	0.191	0.284	0.673	●		1.635	Decreasing
78	0.907	0.917	0.990	●		0.799	Increasing
79	0.133	0.330	0.404	●		0.056	Increasing
80	0.149	0.153	0.974	●		0.397	Increasing
81	0.497	0.498	0.998	●		0.937	Increasing
82	0.328	0.677	0.484		●	0.040	Increasing
83	0.902	0.922	0.978	●		0.465	Increasing
84	0.496	0.846	0.586		●	0.078	Increasing
85	0.366	0.402	0.911	●		1.824	Decreasing
86	0.334	0.391	0.856	●		1.971	Decreasing
87	0.282	0.553	0.510		●	0.090	Increasing
88	0.634	0.674	0.941	●		0.217	Increasing
89	0.355	1.000	0.355		●	3.021	Decreasing
90	0.147	0.151	0.978	●		0.466	Increasing
91	0.524	0.527	0.994	●		0.920	Increasing
92	0.392	0.410	0.956	●		0.300	Increasing
93	0.042	0.246	0.170		●	0.024	Increasing
94	0.204	0.258	0.789	●		0.131	Increasing
95	0.411	0.776	0.530		●	3.889	Increasing
96	0.888	1	0.888		●	0.084	Increasing
97	0.158	0.250	0.631	●		0.067	Increasing
98	0.372	0.915	0.407		●	2.735	Decreasing
99	1	1	1			1.000	Constant
100	0.376	0.385	0.975	●		0.448	Increasing
101	0.493	0.639	0.772	●		3.111	Decreasing
102	0.661	0.685	0.965	●		0.427	Increasing
103	0.235	0.298	0.788	●		0.128	Increasing
104	1	1	1			1.000	Constant
105	0.288	0.556	0.518		●	5.497	Decreasing
106	0.581	0.638	0.910	●		0.104	Increasing
107	0.451	0.456	0.987	●		0.549	Increasing
108	0.267	0.270	0.988	●		0.696	Increasing
109	0.453	0.491	0.923	●		1.224	Decreasing
110	0.212	0.253	0.839	●		0.075	Increasing
111	0.318	0.403	0.789	●		0.285	Increasing
112	0.463	0.605	0.766	●		0.067	Increasing
113	0.877	1	0.877		●	8.408	Decreasing
114	0.314	0.686	0.457		●	0.218	Increasing
115	0.703	0.852	0.826		●	0.089	Increasing
116	0.477	0.753	0.633		●	0.036	Increasing
117	0.273	0.365	0.748	●		0.086	Increasing
118	0.275	0.275	1	●		0.963	Increasing
119	0.318	0.335	0.951	●		0.300	Increasing
120	0.572	0.698	0.819	●		0.100	Increasing
121	0.362	0.450	0.804	●		0.060	Increasing
122	0.404	0.416	0.973	●		0.498	Increasing
123	0.544	0.546	0.997	●		0.888	Increasing
124	0.489	0.522	0.937	●		0.187	Increasing
125	0.484	0.501	0.966	●		0.537	Increasing
126	0.390	0.455	0.857	●		0.185	Increasing
127	0.423	0.445	0.950	●		1.638	Decreasing
128	0.304	1	0.304		●	0.012	Increasing
129	0.542	0.631	0.859	●		2.056	Decreasing
130	0.291	0.318	0.916	●		0.187	Increasing
131	0.850	0.969	0.877		●	0.324	Increasing
132	0.310	0.314	0.990	●		0.820	Increasing
133	0.438	0.514	0.852	●		2.760	Decreasing
134	1	1	1			1.000	Constant
135	0.765	0.770	0.993	●		0.793	Increasing
136	0.270	0.297	0.908	●		0.180	Increasing
137	0.211	0.222	0.951	●		0.344	Increasing
138	0.454	0.456	0.996	●		0.895	Increasing
139	0.630	0.637	0.990	●		0.791	Increasing
평균	0.517	0.625	0.832				

1-4. 2018년도 DEA 효율성 측정결과

DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
1	0.231	0.281	0.822	●		1.945	Decreasing
2	0.551	0.579	0.950	●		0.752	Increasing
3	0.249	0.250	0.996	●		0.943	Increasing
4	0.815	0.841	0.969	●		1.419	Decreasing
5	0.185	0.211	0.876	●		0.214	Increasing
6	0.598	0.603	0.991	●		0.919	Increasing
7	0.141	0.247	0.570	●		0.108	Increasing
8	0.699	0.743	0.940	●		2.133	Decreasing
9	0.315	0.532	0.592	●		0.084	Increasing
10	0.603	1	0.603		●	23.357	Decreasing
11	0.261	0.310	0.841	●		0.182	Increasing
12	0.408	0.409	0.997	●		1.028	Decreasing
13	0.301	0.382	0.788	●		0.189	Increasing
14	0.752	0.828	0.907	●		0.653	Increasing
15	0.319	0.321	0.995	●		1.049	Decreasing
16	0.188	0.195	0.965	●		0.557	Increasing
17	0.128	0.669	0.190		●	0.040	Increasing
18	0.161	0.603	0.267		●	0.060	Increasing
19	0.609	1	0.609		●	6.290	Decreasing
20	0.405	0.771	0.525		●	0.202	Increasing
21	0.286	0.286	1	●		0.997	Increasing
22	1	1	1			1.000	Constant
23	0.299	0.326	0.916	●		0.309	Increasing
24	0.648	0.732	0.885	●		0.450	Increasing
25	0.259	0.326	0.794	●		0.237	Increasing
26	0.218	0.441	0.494	●		0.238	Increasing
27	0.296	0.424	0.698	●		0.210	Increasing
28	0.619	0.673	0.920	●		0.624	Increasing
29	0.512	1	0.512		●	13.127	Decreasing
30	0.279	0.305	0.915	●		0.301	Increasing
31	0.290	0.368	0.788	●		0.394	Increasing
32	0.253	0.293	0.864	●		0.204	Increasing
33	0.209	0.301	0.694	●		0.323	Increasing
34	0.520	0.533	0.976	●		1.264	Decreasing
35	0.208	0.221	0.940	●		1.309	Decreasing
36	0.854	1	0.854		●	2.884	Decreasing
37	0.532	1	0.532		●	9.096	Decreasing
38	0.225	0.236	0.952	●		0.476	Increasing
39	0.403	0.443	0.909	●		0.385	Increasing
40	0.201	0.296	0.678	●		0.107	Increasing
41	0.312	0.314	0.993	●		0.878	Increasing
42	0.079	0.444	0.178		●	0.035	Increasing
43	1	1	1			1.000	Constant
44	0.562	0.610	0.922	●		0.435	Increasing
45	0.339	0.353	0.960	●		0.768	Increasing
46	0.296	0.351	0.844	●		0.504	Increasing
47	0.261	0.317	0.825	●		0.217	Increasing
48	0.393	0.397	0.992	●		1.431	Decreasing
49	0.403	0.417	0.966	●		0.509	Increasing
50	0.035	0.094	0.374	●		0.052	Increasing
51	0.984	1	0.984		●	0.364	Increasing
52	0.401	0.429	0.935	●		0.532	Increasing
53	0.529	0.535	0.989	●		0.879	Increasing
54	0.280	1	0.280		●	10.956	Decreasing
55	0.311	0.316	0.986	●		0.822	Increasing
56	0.313	1.000	0.313		●	0.046	Increasing
57	0.428	0.437	0.979	●		1.264	Decreasing
58	1	1	1			1.000	Constant
59	0.183	0.296	0.617	●		0.284	Increasing
60	0.654	0.706	0.926	●		0.645	Increasing
61	0.918	1	0.918		●	0.309	Increasing
62	1	1	1			1.000	Constant
63	0.425	0.483	0.879	●		0.224	Increasing
64	0.390	0.497	0.786	●		0.359	Increasing
65	0.425	0.492	0.864	●		0.314	Increasing
66	0.559	0.718	0.778	●		1.749	Decreasing



DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
67	0.326	0.327	0.997	●		1.188	Decreasing
68	0.414	0.449	0.921	●		0.323	Increasing
69	1	1	1			1.000	Constant
70	0.158	0.343	0.461	●		0.061	Increasing
71	0.474	1	0.474		●	0.058	Increasing
72	0.733	0.778	0.942	●		0.785	Increasing
73	0.177	0.203	0.875	●		1.464	Decreasing
74	0.216	0.218	0.988	●		1.203	Decreasing
75	0.369	0.448	0.824	●		0.283	Decreasing
76	0.502	1	0.502		●	0.057	Increasing
77	0.126	0.127	0.991	●		0.575	Increasing
78	0.655	0.675	0.972	●		0.624	Increasing
79	0.047	0.348	0.136		●	0.019	Increasing
80	0.090	0.103	0.870	●		0.225	Increasing
81	0.430	0.446	0.964	●		0.476	Increasing
82	0.278	0.823	0.337		●	0.035	Increasing
83	0.747	0.790	0.945	●		0.453	Increasing
84	0.096	0.589	0.163		●	0.057	Increasing
85	0.248	0.277	0.894	●		1.744	Decreasing
86	0.255	0.268	0.951	●		1.278	Decreasing
87	0.233	0.733	0.318		●	0.070	Increasing
88	0.351	0.419	0.839	●		0.261	Decreasing
89	0.364	0.595	0.612	●		1.545	Decreasing
90	0.138	0.139	0.990	●		0.842	Increasing
91	0.593	0.603	0.982	●		1.103	Decreasing
92	0.170	0.214	0.796	●		0.156	Increasing
93	0.021	0.323	0.065		●	0.013	Increasing
94	1	1	1			1.000	Constant
95	0.334	0.524	0.636	●		4.049	Decreasing
96	0.591	0.852	0.693		●	0.177	Decreasing
97	0.205	0.319	0.643	●		0.133	Increasing
98	1	1	1			1.000	Constant
99	0.329	0.386	0.854	●		0.408	Increasing
100	0.447	0.454	0.984	●		0.755	Increasing
101	0.438	0.468	0.936	●		2.619	Decreasing
102	0.593	0.642	0.924	●		0.370	Increasing
103	0.083	0.181	0.458	●		0.087	Increasing
104	1	1	1			1.000	Constant
105	0.192	0.493	0.389		●	8.079	Decreasing
106	0.251	0.364	0.691	●		0.310	Increasing
107	0.244	0.247	0.989	●		1.409	Decreasing
108	0.204	0.212	0.966	●		2.011	Decreasing
109	0.313	0.315	0.991	●		1.307	Decreasing
110	0.207	0.358	0.577	●		0.105	Increasing
111	1	1	1			1.000	Constant
112	0.379	0.650	0.583		●	0.136	Increasing
113	0.884	1	0.884		●	8.166	Decreasing
114	0.655	0.935	0.701		●	0.183	Increasing
115	0.664	0.909	0.730		●	0.099	Increasing
116	0.267	0.675	0.396		●	0.046	Increasing
117	0.256	0.473	0.542	●		0.089	Increasing
118	0.219	0.221	0.993	●		0.916	Increasing
119	0.257	0.285	0.903	●		0.539	Increasing
120	0.392	0.706	0.555		●	0.145	Increasing
121	0.332	0.443	0.749	●		0.405	Increasing
122	0.305	0.325	0.937	●		0.458	Increasing
123	0.662	0.691	0.958	●		0.905	Increasing
124	0.247	0.271	0.912	●		0.596	Increasing
125	0.277	0.297	0.932	●		0.347	Increasing
126	0.225	0.333	0.674	●		0.199	Increasing
127	0.558	0.601	0.929	●		2.564	Decreasing
128	0.123	1	0.123		●	0.025	Increasing
129	0.794	0.958	0.829		●	5.371	Decreasing
130	0.204	0.265	0.769	●		0.202	Increasing
131	0.064	0.352	0.182		●	0.036	Increasing
132	0.193	0.207	0.933	●		0.484	Increasing
133	0.637	0.664	0.960	●		3.065	Decreasing
134	0.609	0.621	0.981	●		0.866	Increasing
135	0.340	0.454	0.750	●		0.331	Increasing
136	0.237	0.277	0.858	●		0.215	Increasing
137	0.320	0.395	0.811	●		0.434	Increasing
138	0.316	0.328	0.964	●		0.504	Increasing
139	0.363	0.389	0.932	●		0.360	Increasing
평균	0.410	0.532	0.784				

1-5. 2019년도 DEA 효율성 측정결과

DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
1	0.240	0.329	0.730	●		1.979	Decreasing
2	0.521	0.541	0.964	●		0.582	Increasing
3	0.419	0.424	0.987	●		0.670	Increasing
4	0.624	0.629	0.991	●		1.247	Decreasing
5	0.591	0.614	0.962	●		0.356	Increasing
6	0.709	0.728	0.974	●		0.569	Increasing
7	0.360	0.610	0.591		●	0.079	Increasing
8	0.844	0.965	0.874		●	1.366	Decreasing
9	0.271	0.493	0.550	●		0.053	Increasing
10	0.279	0.652	0.428		●	10.104	Decreasing
11	0.310	0.358	0.866	●		0.317	Increasing
12	0.492	0.540	0.911	●		1.603	Decreasing
13	0.377	0.480	0.786	●		0.264	Increasing
14	0.874	0.880	0.993	●		0.614	Increasing
15	0.370	0.373	0.993	●		0.901	Increasing
16	1	1	1			1.000	Constant
17	0.380	1	0.380		●	0.025	Increasing
18	0.177	0.677	0.262		●	0.021	Increasing
19	0.463	0.672	0.689	●		4.541	Decreasing
20	0.354	0.776	0.456		●	0.130	Increasing
21	0.471	0.483	0.976	●		0.351	Increasing
22	1	1	1			1.000	Constant
23	1	1	1			1.000	Constant
24	0.384	0.473	0.814	●		0.180	Increasing
25	0.368	0.454	0.810	●		0.154	Increasing
26	0.249	0.644	0.387		●	0.198	Increasing
27	0.469	0.635	0.738	●		0.144	Increasing
28	0.650	0.725	0.897	●		0.543	Increasing
29	0.514	1	0.514		●	12.825	Decreasing
30	0.468	0.501	0.935	●		0.467	Increasing
31	0.351	0.980	0.358		●	0.279	Increasing
32	0.236	0.278	0.849	●		0.164	Increasing
33	0.281	0.377	0.745	●		0.481	Increasing
34	0.576	0.578	0.997	●		0.947	Increasing
35	0.232	0.235	0.990	●		0.381	Increasing
36	0.762	1	0.762		●	4.174	Decreasing
37	0.399	0.814	0.489		●	6.696	Decreasing
38	0.292	0.306	0.953	●		0.331	Increasing
39	0.814	0.830	0.981	●		0.635	Increasing
40	0.282	0.402	0.702	●		0.166	Increasing
41	0.330	0.347	0.949	●		0.475	Increasing
42	0.254	0.476	0.534	●		0.061	Increasing
43	1	1	1			1.000	Constant
44	1	1	1			1.000	Constant
45	0.395	0.409	0.966	●		0.227	Increasing
46	0.261	0.338	0.772	●		0.162	Increasing
47	0.124	0.243	0.510	●		0.060	Increasing
48	0.541	0.549	0.986	●		0.773	Increasing
49	0.356	0.375	0.950	●		0.472	Increasing
50	0.056	0.127	0.441	●		0.074	Increasing
51	0.911	1	0.911		●	0.109	Increasing
52	0.672	0.679	0.990	●		0.898	Increasing
53	0.748	0.761	0.984	●		0.411	Increasing
54	0.398	0.545	0.731	●		6.973	Decreasing
55	0.392	0.408	0.961	●		0.246	Increasing
56	0.633	1	0.633		●	0.138	Increasing
57	0.518	0.546	0.947	●		1.109	Decreasing
58	0.809	0.819	0.988	●		0.906	Increasing
59	0.233	0.380	0.612	●		0.073	Increasing
60	0.770	0.792	0.973	●		0.801	Increasing
61	0.286	0.348	0.820	●		0.181	Increasing
62	1	1	1			1.000	Constant
63	0.506	0.590	0.858	●		0.316	Increasing
64	0.276	0.394	0.701	●		0.174	Increasing
65	0.504	0.543	0.928	●		0.252	Increasing
66	0.388	0.396	0.981	●		1.398	Decreasing



DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
67	0.223	0.238	0.938	●		0.453	Increasing
68	0.369	0.391	0.944	●		0.422	Increasing
69	0.912	1	0.912		●	0.061	Increasing
70	0.223	0.387	0.577	●		0.086	Increasing
71	0.597	1	0.597		●	0.033	Increasing
72	1	1	1			1.000	Constant
73	0.364	0.442	0.824	●		1.990	Decreasing
74	0.478	0.745	0.642		●	2.123	Decreasing
75	0.578	0.704	0.821	●		0.184	Increasing
76	0.385	1	0.385		●	0.037	Increasing
77	0.129	0.130	0.996	●		0.927	Increasing
78	0.356	0.413	0.861	●		0.213	Increasing
79	0.009	0.468	0.020		●	0.004	Increasing
80	0.125	0.151	0.825	●		0.222	Increasing
81	0.403	0.448	0.898	●		0.360	Increasing
82	0.573	1	0.573		●	0.023	Increasing
83	0.603	0.632	0.954	●		0.401	Increasing
84	0.356	0.685	0.520		●	0.054	Increasing
85	0.293	0.578	0.506		●	2.775	Decreasing
86	0.343	0.357	0.962	●		1.143	Decreasing
87	0.182	0.507	0.360		●	0.051	Increasing
88	0.457	0.501	0.911	●		0.336	Increasing
89	0.730	0.866	0.842		●	3.290	Decreasing
90	0.244	0.247	0.988	●		0.768	Increasing
91	0.428	0.435	0.983	●		0.865	Increasing
92	0.129	0.229	0.562	●		0.072	Increasing
93	0.056	0.091	0.615	●		0.079	Increasing
94	0.181	0.225	0.805	●		0.050	Increasing
95	0.303	0.425	0.714	●		3.236	Decreasing
96	0.900	1	0.900		●	0.043	Increasing
97	0.344	0.441	0.779	●		0.103	Increasing
98	0.689	0.895	0.770		●	3.246	Decreasing
99	0.551	0.578	0.953	●		0.267	Increasing
100	0.745	0.750	0.992	●		1.216	Decreasing
101	0.449	0.647	0.694	●		2.394	Decreasing
102	0.507	0.560	0.904	●		0.393	Increasing
103	0.150	0.201	0.749	●		0.043	Increasing
104	0.539	0.586	0.920	●		0.368	Increasing
105	1	1	1			1.000	Constant
106	0.811	0.889	0.912	●		0.234	Increasing
107	0.327	0.330	0.990	●		0.823	Increasing
108	0.131	0.139	0.943	●		0.428	Increasing
109	0.408	0.443	0.920	●		0.375	Increasing
110	0.653	0.677	0.965	●		0.200	Increasing
111	0.053	0.371	0.143		●	0.038	Increasing
112	0.508	0.662	0.767	●		0.063	Increasing
113	0.576	0.980	0.588		●	6.951	Decreasing
114	0.110	1	0.110		●	0.046	Increasing
115	0.823	1	0.823		●	0.222	Increasing
116	0.592	1	0.592		●	0.066	Increasing
117	0.234	0.478	0.489	●		0.069	Increasing
118	0.253	0.254	0.999	●		1.070	Decreasing
119	0.477	0.493	0.968	●		0.556	Increasing
120	0.409	0.753	0.543		●	0.059	Increasing
121	0.318	0.461	0.690	●		0.104	Increasing
122	0.242	0.268	0.902	●		0.419	Increasing
123	0.800	0.818	0.978	●		0.819	Increasing
124	0.246	0.343	0.717	●		0.128	Increasing
125	0.200	0.235	0.847	●		0.242	Increasing
126	0.331	0.427	0.774	●		0.050	Increasing
127	0.581	0.827	0.703		●	3.405	Decreasing
128	0.216	1	0.216		●	0.014	Increasing
129	0.679	1	0.679		●	1.832	Decreasing
130	0.131	0.221	0.591	●		0.087	Increasing
131	0.076	1	0.076		●	0.034	Increasing
132	0.242	0.261	0.929	●		0.366	Increasing
133	0.666	0.990	0.673		●	4.081	Decreasing
134	0.463	0.526	0.879	●		0.162	Increasing
135	0.605	0.731	0.828	●		0.229	Increasing
136	0.274	0.323	0.847	●		0.291	Increasing
137	0.399	0.436	0.913	●		0.501	Increasing
138	0.343	0.357	0.960	●		0.605	Increasing
139	0.459	0.463	0.990	●		0.903	Increasing
평균	0.456	0.594	0.781				

1-6. 2020년도 DEA 효율성 측정결과

DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
1	0.161	0.181	0.889	●		1.635	Decreasing
2	0.619	0.628	0.986	●		0.707	Increasing
3	0.337	0.341	0.988	●		1.027	Decreasing
4	0.743	0.746	0.996	●		1.219	Decreasing
5	0.275	0.278	0.993	●		0.399	Increasing
6	0.688	0.694	0.992	●		0.598	Increasing
7	0.414	0.444	0.931	●		0.141	Increasing
8	1	1	1			1.000	Constant
9	0.278	0.495	0.561	●		0.038	Increasing
10	0.320	1	0.320		●	13.419	Decreasing
11	0.302	0.306	0.986	●		0.278	Increasing
12	0.475	0.513	0.926	●		1.463	Decreasing
13	0.203	0.212	0.956	●		0.116	Increasing
14	1	1	1			1.000	Constant
15	0.400	0.401	0.999	●		0.878	Increasing
16	0.351	0.357	0.985	●		1.054	Decreasing
17	0.771	1	0.771		●	0.034	Increasing
18	0.194	0.534	0.363		●	0.012	Increasing
19	0.528	1	0.528		●	5.777	Decreasing
20	0.734	0.937	0.783		●	0.255	Increasing
21	0.607	0.638	0.950	●		0.237	Increasing
22	1	1	1			1.000	Constant
23	0.934	0.935	0.999	●		1.077	Decreasing
24	0.926	0.978	0.947		●	0.385	Increasing
25	0.380	0.413	0.921	●		0.221	Increasing
26	0.104	0.259	0.402	●		0.038	Increasing
27	0.455	0.511	0.891	●		0.148	Increasing
28	0.672	0.673	0.998	●		0.982	Increasing
29	0.479	1	0.479		●	13.014	Decreasing
30	0.931	1	0.931		●	1.377	Decreasing
31	0.659	0.707	0.933	●		0.277	Increasing
32	0.481	0.487	0.988	●		0.421	Increasing
33	1	1	1			1.000	Constant
34	0.590	0.590	1	●		0.993	Increasing
35	0.530	0.564	0.940	●		1.706	Decreasing
36	0.848	1	0.848		●	8.633	Decreasing
37	0.375	0.716	0.524		●	9.843	Decreasing
38	0.206	0.209	0.987	●		0.336	Increasing
39	1	1	1			1.000	Constant
40	0.492	0.538	0.914	●		0.072	Increasing
41	0.362	0.363	0.998	●		1.099	Decreasing
42	0.223	0.346	0.646	●		0.067	Increasing
43	1	1	1			1.000	Constant
44	0.621	0.624	0.995	●		0.752	Increasing
45	0.347	0.360	0.962	●		0.271	Increasing
46	0.557	0.630	0.883	●		0.267	Increasing
47	0.227	0.249	0.910	●		0.074	Increasing
48	0.946	0.947	0.999	●		0.707	Increasing
49	0.339	0.341	0.994	●		0.397	Increasing
50	0.100	0.120	0.833	●		0.102	Increasing
51	0.821	1	0.821		●	0.230	Increasing
52	1	1	1			1.000	Constant
53	1	1	1			1.000	Constant
54	0.253	0.615	0.411		●	4.415	Decreasing
55	0.509	0.527	0.966	●		0.408	Increasing
56	0.732	1	0.732		●	0.269	Increasing
57	0.730	0.733	0.996	●		1.076	Decreasing
58	1	1	1			1.000	Constant
59	0.254	0.269	0.942	●		0.078	Increasing
60	1	1	1			1.000	Constant
61	0.421	0.432	0.976	●		0.240	Increasing
62	1	1	1			1.000	Constant
63	0.747	0.759	0.983	●		0.293	Increasing
64	0.535	0.712	0.751	●		0.136	Increasing
65	0.779	0.792	0.983	●		0.228	Increasing
66	0.762	0.920	0.829		●	2.336	Decreasing



DMU	CCR(TE)	BCC(PTE)	SE	비효율성 원인		규모의 수익	
				PTE	SE	$\sum \lambda$	RTS
67	0.107	0.114	0.941	●		0.211	Increasing
68	0.479	0.482	0.993	●		0.451	Increasing
69	0.589	1	0.589		●	0.017	Increasing
70	0.469	0.633	0.741	●		0.153	Increasing
71	0.550	1	0.550		●	0.063	Increasing
72	0.418	0.458	0.912	●		0.303	Increasing
73	0.241	0.241	1.000	●		1.069	Decreasing
74	0.655	0.971	0.675		●	3.000	Decreasing
75	0.721	0.781	0.924	●		0.187	Increasing
76	0.511	0.885	0.577		●	0.041	Increasing
77	0.256	0.257	0.998	●		0.762	Increasing
78	0.593	0.596	0.994	●		0.481	Increasing
79	0.009	0.997	0.009		●	0.003	Increasing
80	0.144	0.146	0.985	●		0.264	Increasing
81	0.778	0.780	0.997	●		0.738	Increasing
82	0.404	1	0.404		●	0.017	Increasing
83	0.857	0.883	0.970	●		0.432	Increasing
84	0.266	0.432	0.615	●		0.025	Increasing
85	0.799	1	0.799		●	6.824	Decreasing
86	0.343	0.345	0.996	●		0.557	Increasing
87	0.208	0.323	0.644	●		0.044	Increasing
88	0.581	0.586	0.991	●		0.502	Increasing
89	0.720	1	0.720		●	4.685	Decreasing
90	0.321	0.322	0.995	●		1.026	Decreasing
91	0.284	0.303	0.939	●		0.394	Increasing
92	0.465	0.485	0.960	●		0.630	Increasing
93	0.484	0.486	0.995	●		0.327	Increasing
94	0.261	0.364	0.717	●		0.143	Increasing
95	0.334	0.536	0.622	●		2.397	Decreasing
96	0.900	1	0.900		●	0.131	Increasing
97	0.206	0.332	0.620	●		0.041	Increasing
98	0.613	0.638	0.961	●		1.915	Decreasing
99	0.314	0.334	0.941	●		0.458	Increasing
100	0.234	0.236	0.990	●		0.232	Increasing
101	0.367	0.472	0.778	●		3.701	Decreasing
102	0.767	0.775	0.990	●		0.394	Increasing
103	0.120	0.174	0.690	●		0.047	Increasing
104	0.881	0.905	0.974	●		0.353	Increasing
105	0.553	1	0.553		●	6.639	Decreasing
106	0.469	0.526	0.890	●		0.119	Increasing
107	0.388	0.388	0.998	●		1.121	Decreasing
108	0.178	0.182	0.982	●		0.303	Increasing
109	0.857	0.923	0.928	●		0.314	Increasing
110	0.233	0.280	0.834	●		0.119	Increasing
111	1	1	1			1.000	Constant
112	0.628	0.759	0.827	●		0.072	Increasing
113	0.574	1	0.574		●	7.917	Decreasing
114	0.158	0.867	0.182		●	0.037	Increasing
115	0.395	0.421	0.938	●		0.243	Increasing
116	0.602	0.744	0.809	●		0.037	Increasing
117	0.298	0.339	0.881	●		0.080	Increasing
118	0.357	0.595	0.601	●		1.858	Decreasing
119	0.697	1	0.697		●	0.227	Increasing
120	0.496	0.643	0.772	●		0.038	Increasing
121	0.237	0.369	0.644	●		0.045	Increasing
122	0.361	0.366	0.986	●		0.470	Increasing
123	0.492	0.525	0.938	●		0.492	Increasing
124	0.371	0.458	0.812	●		0.094	Increasing
125	0.216	0.234	0.924	●		0.212	Increasing
126	1	1	1			1.000	Constant
127	0.375	0.390	0.962	●		1.696	Decreasing
128	0.269	1	0.269		●	0.015	Increasing
129	1	1	1			1.000	Constant
130	0.146	0.177	0.823	●		0.029	Increasing
131	0.076	0.513	0.148		●	0.017	Increasing
132	0.291	0.300	0.971	●		0.232	Increasing
133	0.722	0.789	0.915	●		3.839	Decreasing
134	0.495	0.566	0.875	●		0.100	Increasing
135	1	1	1			1.000	Constant
136	0.687	0.712	0.966	●		0.472	Increasing
137	0.560	0.575	0.974	●		0.671	Increasing
138	0.557	0.559	0.995	●		0.571	Increasing
139	0.621	0.624	0.996	●		0.676	Increasing
평균	0.528	0.634	0.849				

부록: 2. Malmquist 생산성 측정결과

DMU	T1(2015~2016)			T2(2016~2017)			T3(2017~2018)		
	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI
1	0.610	0.854	0.521	1.039	1.003	1.042	1.088	1.003	1.091
2	1.126	0.875	0.985	1.159	0.921	1.067	1.019	1.170	1.192
3	0.709	0.794	0.563	1.225	1.031	1.263	0.868	1.257	1.091
4	1.317	0.824	1.085	1.412	0.914	1.290	0.815	1.257	1.025
5	1.218	0.823	1.003	1.336	0.850	1.135	0.508	1.292	0.657
6	0.988	0.854	0.843	1.081	0.965	1.042	0.890	1.107	0.985
7	1.512	0.904	1.367	1.126	0.929	1.046	0.657	1.268	0.833
8	0.596	0.832	0.496	1.761	0.970	1.708	0.721	1.248	0.901
9	0.699	0.844	0.590	1.008	0.846	0.853	0.450	1.301	0.585
10	1.380	0.851	1.174	1.378	0.939	1.293	0.882	0.728	0.642
11	0.759	1.023	0.776	3.057	0.882	2.697	0.261	0.603	0.157
12	0.815	0.867	0.707	1.207	0.915	1.195	0.715	1.007	0.720
13	1.191	0.869	1.034	1.171	0.949	1.112	0.710	1.098	0.780
14	1.230	0.967	1.189	1.402	0.832	1.167	0.752	1.402	1.053
15	1.913	0.831	1.590	0.744	1.232	0.916	1.260	1.002	1.263
16	0.342	0.868	0.297	1.426	0.975	1.390	0.625	1.171	0.732
17	0.378	0.877	0.332	0.550	0.970	0.533	0.613	1.084	0.665
18	0.728	0.906	0.659	0.820	0.879	0.721	0.870	1.236	1.075
19	1.472	0.849	1.250	1.055	0.939	0.990	0.755	1.242	0.937
20	1.659	1.015	1.685	0.840	0.950	0.798	0.541	1.032	0.558
21	1.030	0.939	0.968	1.758	0.774	1.362	0.334	1.329	0.444
22	1.000	0.960	0.960	1.000	1.183	1.000	1.000	0.836	0.836
23	1.259	0.857	1.079	1.099	0.905	0.994	0.386	1.246	0.481
24	0.725	0.925	0.670	1.064	0.841	0.894	0.841	1.235	1.038
25	1.056	0.855	0.902	1.352	0.930	1.257	0.491	1.172	0.576
26	1.258	0.839	1.055	0.755	1.013	0.765	0.689	0.882	0.607
27	0.913	0.811	0.740	1.354	0.927	1.256	0.660	1.164	0.768
28	1.000	2.142	2.142	0.642	0.606	0.389	0.965	0.999	0.964
29	0.844	0.869	0.734	0.966	0.993	0.959	0.993	1.000	0.993
30	1.256	0.918	1.154	1.054	0.886	0.934	0.581	1.284	0.746
31	2.031	1.240	2.518	0.712	0.781	0.556	0.719	1.138	0.819
32	1.310	0.859	1.126	1.023	0.900	0.921	0.524	1.341	0.703
33	0.788	1.769	1.394	0.481	1.237	0.594	1.366	0.722	0.986
34	1.000	1.108	1.108	1.000	0.932	0.932	0.520	1.098	0.571
35	1.593	2.056	3.275	0.790	0.647	0.511	0.379	1.737	0.658
36	0.846	0.985	0.833	1.134	0.964	1.094	1.212	1.034	1.253
37	1.779	0.918	1.633	1.130	1.210	1.368	1.059	0.804	0.852
38	1.124	1.007	1.132	1.015	0.943	0.957	0.918	1.318	1.210
39	1.321	0.844	1.116	1.175	0.935	1.098	0.525	1.124	0.590
40	0.965	0.829	0.800	0.927	1.042	0.965	0.854	1.030	0.879
41	1.670	0.862	1.440	0.628	0.959	0.602	0.775	1.118	0.867
42	0.705	0.872	0.615	1.370	0.889	1.218	0.526	1.256	0.660
43	1.000	0.812	0.812	1.000	1.175	1.175	1.000	1.193	1.193
44	1.000	0.802	0.802	0.836	0.938	0.785	0.672	1.236	0.831
45	1.025	0.839	0.860	1.073	0.923	0.990	0.773	1.247	0.964
46	1.245	0.875	1.089	1.211	0.825	0.998	1.214	1.253	1.521
47	0.766	0.878	0.673	0.789	0.962	0.759	1.096	1.115	1.223
48	1.832	0.829	1.519	0.773	1.188	0.918	0.973	1.112	1.082
49	0.902	0.877	0.791	2.592	0.884	2.292	0.403	1.317	0.531
50	1.276	0.814	1.038	0.821	1.048	0.861	0.880	1.226	1.078
51	0.704	0.876	0.617	2.977	0.966	2.876	1.521	1.894	2.880
52	1.242	0.816	1.014	1.009	1.135	1.144	1.154	0.866	1.000
53	0.601	0.872	0.524	1.664	0.896	1.492	0.529	1.325	0.702
54	0.988	0.865	0.855	1.579	0.905	1.429	0.798	1.236	0.987
55	1.228	0.743	0.913	1.806	0.945	1.707	0.311	1.999	0.623
56	0.937	0.849	0.795	1.797	0.895	1.609	0.602	0.875	0.527
57	1.197	0.845	1.012	0.685	0.952	0.652	0.826	1.072	0.885
58	1.000	0.793	0.793	1.000	0.823	0.823	1.000	0.951	0.951
59	0.810	0.926	0.750	1.334	0.844	1.126	0.631	1.284	0.810
60	1.000	0.837	0.837	1.000	0.767	0.767	0.654	1.256	0.821
61	1.337	1.361	1.820	1.000	1.080	1.080	0.918	0.762	0.700
62	2.641	3.981	10.514	1.000	0.590	0.590	1.000	0.487	0.487
63	1.717	0.870	1.494	0.889	0.921	0.818	0.782	1.243	0.972
64	0.454	1.365	0.620	1.185	0.913	1.082	0.893	1.224	1.093
65	0.881	0.943	0.831	1.078	0.787	0.848	0.708	1.346	0.953
66	0.815	0.860	0.701	1.629	0.952	1.551	0.854	1.032	0.881
67	0.913	0.857	0.782	1.908	0.973	1.857	0.366	1.144	0.419



DMU	T1(2015~2016)			T2(2016~2017)			T3(2017~2018)		
	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI
68	0.882	0.859	0.758	1.490	0.912	1.359	0.867	1.209	1.049
69	1.033	0.938	0.969	0.735	0.696	0.512	1.360	1.616	2.198
70	1.034	0.853	0.882	1.160	0.931	1.080	0.531	1.227	0.651
71	0.548	0.945	0.518	0.945	0.848	0.801	0.957	1.231	1.179
72	1.335	0.903	1.205	0.976	1.128	1.100	1.785	0.722	1.288
73	0.616	0.868	0.535	1.341	0.868	1.164	0.456	1.387	0.633
74	0.895	0.963	0.862	0.955	1.095	1.046	0.544	0.915	0.498
75	1.791	0.893	1.600	0.931	0.943	0.878	1.055	1.298	1.369
76	0.876	0.850	0.745	0.905	1.043	0.944	0.633	1.045	0.661
77	0.883	0.867	0.766	1.434	0.804	1.153	0.657	1.220	0.802
78	1.370	0.879	1.205	0.907	0.911	0.827	0.723	1.210	0.874
79	1.885	0.828	1.561	0.560	0.993	0.556	0.356	1.113	0.396
80	0.792	0.851	0.674	1.193	1.019	1.216	0.603	1.110	0.670
81	1.640	0.913	1.497	0.744	1.080	0.804	0.865	1.119	0.968
82	1.101	0.909	1.001	0.868	0.851	0.739	0.847	1.258	1.066
83	1.145	0.877	1.004	0.902	0.896	0.808	0.828	1.271	1.053
84	1.938	0.916	1.775	1.253	0.806	1.009	0.194	1.378	0.267
85	1.064	0.821	0.873	0.890	0.988	0.880	0.677	1.027	0.695
86	0.963	0.828	0.798	1.026	0.940	0.965	0.761	1.323	1.007
87	0.520	0.939	0.488	1.241	0.851	1.056	0.827	1.480	1.224
88	1.167	0.888	1.037	1.170	0.877	1.026	0.554	1.252	0.693
89	1.520	0.747	1.136	1.311	0.989	1.297	1.025	0.862	0.884
90	0.923	0.899	0.830	0.733	0.894	0.656	0.934	1.190	1.112
91	0.535	1.452	0.777	1.063	0.865	0.919	1.132	1.073	1.215
92	1.455	0.850	1.237	1.660	0.845	1.402	0.434	1.391	0.604
93	2.247	0.960	2.158	0.417	0.829	0.345	0.499	1.231	0.614
94	0.857	0.865	0.741	0.804	0.917	0.737	4.908	1.666	8.176
95	0.809	0.968	0.784	0.931	0.946	0.880	0.811	1.312	1.063
96	1.113	0.960	1.069	1.200	0.839	1.007	0.665	1.234	0.821
97	0.899	0.945	0.849	1.053	0.839	0.884	1.300	1.244	1.617
98	1.644	0.810	1.331	0.542	1.073	0.582	2.688	1.022	2.748
99	1.731	0.716	1.239	1.036	1.067	1.105	0.329	0.964	0.317
100	1.534	0.878	1.347	1.114	0.909	1.012	1.190	1.209	1.440
101	1.161	0.906	1.052	0.984	0.967	0.951	0.888	1.139	1.011
102	1.275	0.841	1.072	1.019	0.933	0.951	0.897	1.169	1.048
103	2.302	0.862	1.986	1.281	0.945	1.211	0.353	1.399	0.493
104	1.034	0.909	0.939	1.153	0.920	1.061	1.000	1.194	1.194
105	1.211	0.960	1.163	1.087	0.868	0.944	0.665	1.246	0.828
106	1.111	0.960	1.066	1.244	0.840	1.045	0.433	1.282	0.555
107	1.019	0.960	0.978	1.070	0.841	0.900	0.542	1.255	0.680
108	1.259	0.879	1.106	1.061	0.897	0.952	0.767	1.267	0.971
109	1.374	0.874	1.202	0.865	0.871	0.753	0.689	1.226	0.845
110	1.000	0.948	0.948	0.876	0.849	0.744	0.972	1.327	1.290
111	0.048	0.847	0.040	55.736	1.021	56.924	3.146	1.858	5.847
112	1.603	0.851	1.364	0.463	0.835	0.387	0.817	1.233	1.008
113	0.952	0.855	0.814	1.177	0.964	1.134	1.007	1.040	1.048
114	1.078	0.747	0.806	1.652	1.280	2.115	2.090	0.646	1.351
115	1.339	0.819	1.096	0.981	0.895	0.878	0.944	1.377	1.300
116	1.281	0.936	1.199	0.823	0.868	0.715	0.561	1.254	0.703
117	0.994	0.898	0.892	1.496	0.889	1.329	0.939	1.214	1.140
118	1.800	0.912	1.641	1.099	0.884	0.971	0.797	1.306	1.041
119	0.101	0.910	0.092	5.223	0.982	5.128	0.807	1.154	0.932
120	1.378	0.883	1.216	0.953	0.828	0.789	0.685	1.240	0.850
121	0.866	0.960	0.832	1.894	0.841	1.593	0.919	1.288	1.184
122	1.655	0.867	1.434	1.242	0.954	1.184	0.753	1.130	0.851
123	1.832	0.765	1.402	0.617	1.085	0.669	1.216	1.057	1.285
124	1.421	0.819	1.163	0.754	0.872	0.658	0.505	1.257	0.635
125	1.165	0.904	1.053	0.997	0.939	0.936	0.573	1.293	0.741
126	0.999	0.945	0.943	1.262	0.875	1.105	0.575	1.257	0.723
127	1.113	0.897	0.998	1.290	0.943	1.216	1.321	1.130	1.493
128	0.552	0.960	0.530	3.089	0.841	2.597	0.404	1.266	0.511
129	1.347	0.851	1.145	1.329	0.957	1.272	1.466	1.225	1.795
130	1.643	0.960	1.578	1.543	0.902	1.392	0.699	1.219	0.851
131	0.863	0.965	0.833	7.986	0.899	7.183	0.075	1.336	0.101
132	0.318	0.937	0.298	1.530	0.916	1.402	0.622	1.363	0.847
133	1.563	0.841	1.315	0.704	0.982	0.691	1.453	1.100	1.598
134	1.027	0.830	0.852	1.292	0.829	1.071	0.609	1.562	0.952
135	0.867	0.752	0.651	0.882	1.048	0.925	0.445	1.127	0.502
136	1.427	0.796	1.137	0.638	0.952	0.607	0.879	1.217	1.069
137	1.048	0.843	0.884	0.835	1.132	0.945	1.516	0.949	1.439
138	0.832	0.819	0.681	0.990	0.916	0.907	0.697	1.168	0.814
139	1.922	0.945	1.817	1.484	0.884	1.312	0.576	1.151	0.663
기하평균	1.038	0.913	0.948	1.133	0.924	1.047	0.750	1.164	0.874

DMU	T4(2018~2019)			T5(2019~2020)			평 균		
	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI
1	1.041	0.954	0.993	0.670	0.842	0.564	0.890	0.931	0.842
2	0.947	0.931	0.882	1.188	0.836	0.993	1.088	0.947	1.024
3	1.681	0.843	1.417	0.804	0.835	0.671	1.057	0.952	1.001
4	0.765	0.956	0.731	1.192	0.762	0.908	1.100	0.943	1.008
5	3.192	0.918	2.930	0.466	0.814	0.379	1.344	0.939	1.221
6	1.186	0.839	0.994	0.971	0.880	0.854	1.023	0.929	0.944
7	2.559	0.919	2.353	1.148	0.777	0.892	1.400	0.960	1.298
8	1.207	0.835	1.009	1.185	0.975	1.156	1.094	0.972	1.054
9	0.862	0.798	0.688	1.025	0.877	0.899	0.809	0.933	0.723
10	0.462	1.086	0.502	1.150	0.986	1.134	1.050	0.918	0.949
11	1.187	0.997	1.184	0.973	0.759	0.738	1.247	0.853	1.111
12	1.206	0.938	1.131	0.965	0.831	0.802	0.982	0.926	0.911
13	1.252	0.981	1.228	0.538	0.783	0.421	0.972	0.936	0.915
14	1.163	0.771	0.897	1.144	1.011	1.156	1.138	0.997	1.093
15	1.159	0.875	1.014	1.082	0.825	0.892	1.232	0.953	1.135
16	5.317	0.975	5.182	0.351	0.662	0.232	1.612	0.930	1.567
17	2.981	1.002	2.986	2.027	0.788	1.598	1.310	0.944	1.223
18	1.103	0.862	0.950	1.092	0.856	0.935	0.923	0.948	0.868
19	0.760	0.881	0.670	1.139	0.830	0.946	1.036	0.948	0.959
20	0.874	0.954	0.834	2.072	0.728	1.508	1.197	0.936	1.077
21	1.649	1.046	1.725	1.289	0.793	1.021	1.212	0.976	1.104
22	1.000	1.344	1.344	1.000	0.520	0.520	1.000	0.968	0.968
23	3.346	1.089	3.644	0.934	0.688	0.642	1.405	0.957	1.368
24	0.593	0.950	0.563	2.409	0.815	1.962	1.126	0.953	1.026
25	1.420	0.822	1.168	1.034	0.907	0.939	1.071	0.937	0.968
26	1.145	1.185	1.357	0.417	0.730	0.305	0.853	0.930	0.818
27	1.582	0.853	1.350	0.971	0.907	0.880	1.096	0.932	0.999
28	1.050	1.022	1.073	1.034	0.828	0.856	0.938	1.120	1.085
29	1.004	0.919	0.923	0.932	0.865	0.806	0.948	0.929	0.883
30	1.678	0.905	1.519	1.989	0.804	1.600	1.312	0.960	1.191
31	1.212	0.909	1.102	1.877	0.724	1.360	1.310	0.958	1.271
32	0.931	0.891	0.830	2.042	0.813	1.660	1.166	0.961	1.048
33	1.346	1.321	1.778	3.562	0.749	2.667	1.508	1.160	1.484
34	1.109	0.915	1.015	1.023	0.807	0.826	0.930	0.972	0.890
35	1.117	0.751	0.839	2.281	0.640	1.459	1.232	1.166	1.348
36	0.892	1.011	0.902	1.113	1.014	1.128	1.039	1.002	1.042
37	0.749	1.003	0.751	0.942	0.803	0.757	1.132	0.948	1.072
38	1.296	0.822	1.066	0.706	0.873	0.616	1.012	0.993	0.996
39	2.021	0.945	1.909	1.229	1.063	1.306	1.254	0.982	1.204
40	1.403	0.926	1.300	1.743	0.770	1.342	1.178	0.919	1.057
41	1.059	0.911	0.965	1.098	0.777	0.853	1.046	0.925	0.945
42	3.226	0.814	2.627	0.879	0.876	0.770	1.341	0.942	1.178
43	1.000	0.791	1.000	1.000	0.947	0.947	1.000	0.984	0.984
44	1.779	1.036	1.843	0.621	0.956	0.594	0.982	0.994	0.971
45	1.164	0.858	0.998	0.879	0.907	0.796	0.983	0.955	0.922
46	0.880	1.003	0.882	2.135	0.793	1.693	1.337	0.950	1.237
47	0.474	0.908	0.430	1.829	0.817	1.495	0.991	0.936	0.916
48	1.375	0.918	1.263	1.748	0.837	1.464	1.340	0.977	1.249
49	0.883	1.042	0.920	0.951	0.735	0.699	1.146	0.971	1.046
50	1.592	0.826	1.316	1.792	0.831	1.489	1.272	0.949	1.156
51	0.926	0.863	0.799	0.901	0.654	0.589	1.406	1.050	1.552
52	1.674	1.036	1.735	1.489	0.810	1.206	1.314	0.933	1.220
53	1.413	1.003	1.417	1.337	0.773	1.033	1.109	0.974	1.034
54	1.425	0.760	1.083	0.635	0.853	0.541	1.085	0.924	0.979
55	1.259	0.735	0.926	1.297	0.834	1.082	1.181	1.051	1.050
56	2.024	1.180	2.388	1.155	0.680	0.786	1.303	0.896	1.221
57	1.211	0.931	1.126	1.411	0.746	1.052	1.066	0.909	0.945
58	0.809	0.963	0.779	1.236	0.986	1.219	1.009	0.903	0.913
59	1.274	1.046	1.333	1.090	0.766	0.835	1.028	0.973	0.971
60	1.178	0.808	0.952	1.298	0.952	1.235	1.026	0.924	0.922
61	0.311	0.972	0.302	1.475	0.877	1.294	1.008	1.011	1.039
62	1.000	1.550	1.550	1.000	0.427	0.427	1.328	1.407	2.714
63	1.192	0.947	1.129	1.475	0.758	1.118	1.211	0.948	1.106
64	0.707	1.149	0.812	1.939	0.694	1.346	1.036	1.069	0.991
65	1.185	0.934	1.107	1.546	0.820	1.267	1.080	0.966	1.001
66	0.695	0.927	0.644	1.963	0.841	1.651	1.191	0.923	1.086
67	0.683	0.925	0.631	0.482	0.819	0.395	0.870	0.944	0.817



DMU	T4(2018~2019)			T5(2019~2020)			평 균		
	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI
68	0.891	0.931	0.830	1.299	0.755	0.980	1.086	0.933	0.995
69	0.912	0.983	0.897	0.646	0.753	0.487	0.937	0.998	1.013
70	1.412	0.853	1.204	2.103	0.848	1.784	1.248	0.942	1.120
71	1.259	0.788	0.992	0.921	0.930	0.857	0.926	0.949	0.869
72	1.363	1.186	1.617	0.418	0.789	0.329	1.175	0.945	1.108
73	2.056	0.761	1.565	0.661	0.880	0.582	1.026	0.953	0.896
74	2.216	0.930	2.061	1.370	0.730	1.000	1.196	0.927	1.093
75	1.566	0.929	1.454	1.247	0.801	0.999	1.318	0.973	1.260
76	0.768	0.924	0.709	1.327	0.805	1.069	0.902	0.933	0.826
77	1.031	0.853	0.879	1.979	0.803	1.589	1.197	0.909	1.038
78	0.543	0.940	0.510	1.667	0.832	1.387	1.042	0.954	0.961
79	0.195	0.804	0.157	0.967	0.730	0.706	0.793	0.894	0.675
80	1.385	0.886	1.227	1.156	0.813	0.940	1.026	0.936	0.945
81	0.937	0.862	0.808	1.931	0.833	1.609	1.223	0.962	1.137
82	2.065	0.818	1.688	0.705	1.026	0.724	1.118	0.972	1.044
83	0.808	1.084	0.876	1.420	0.729	1.036	1.021	0.972	0.955
84	3.710	0.868	3.220	0.746	0.836	0.624	1.568	0.961	1.379
85	1.183	0.927	1.097	2.729	0.834	2.276	1.309	0.919	1.164
86	1.349	0.767	1.034	1.000	0.873	0.873	1.020	0.946	0.936
87	0.782	0.925	0.723	1.140	0.775	0.883	0.902	0.994	0.875
88	1.301	0.994	1.293	1.271	0.758	0.963	1.092	0.954	1.002
89	2.004	0.979	1.962	0.987	0.783	0.772	1.369	0.872	1.210
90	1.770	0.854	1.511	1.316	0.832	1.094	1.135	0.934	1.041
91	0.722	1.262	0.912	0.664	0.729	0.484	0.823	1.076	0.861
92	0.757	0.935	0.707	3.616	0.872	3.152	1.585	0.978	1.420
93	2.690	0.902	2.428	8.623	0.807	6.957	2.895	0.946	2.501
94	0.181	0.886	0.160	1.442	0.830	1.197	1.638	1.033	2.202
95	0.910	0.839	0.763	1.099	0.848	0.932	0.912	0.983	0.885
96	1.525	0.827	1.261	0.999	0.911	0.910	1.101	0.954	1.014
97	1.678	0.855	1.435	0.599	0.857	0.513	1.106	0.948	1.060
98	0.689	0.815	0.561	0.890	0.797	0.709	1.291	0.903	1.186
99	1.673	0.736	1.231	0.570	0.943	0.538	1.068	0.885	0.886
100	1.666	0.950	1.583	0.314	0.815	0.256	1.164	0.952	1.128
101	1.026	0.907	0.930	0.817	0.816	0.667	0.975	0.947	0.922
102	0.854	0.950	0.811	1.515	0.765	1.159	1.112	0.932	1.008
103	1.819	0.839	1.526	0.799	0.943	0.753	1.311	0.998	1.194
104	0.539	0.913	0.493	1.633	0.800	1.306	1.072	0.947	0.999
105	5.218	0.889	4.640	0.553	0.657	0.364	1.747	0.924	1.588
106	3.228	0.982	3.169	0.578	0.827	0.478	1.319	0.978	1.263
107	1.337	1.034	1.382	1.187	0.749	0.889	1.031	0.968	0.966
108	0.640	1.097	0.701	1.366	0.759	1.036	1.018	0.980	0.953
109	1.304	0.948	1.236	2.101	0.876	1.841	1.267	0.959	1.176
110	3.163	0.756	2.392	0.357	0.932	0.333	1.274	0.962	1.141
111	0.053	0.739	0.039	18.793	0.938	17.625	15.555	1.081	16.095
112	1.341	0.867	1.163	1.236	0.898	1.109	1.092	0.937	1.006
113	0.652	0.959	0.625	0.996	0.817	0.813	0.957	0.927	0.887
114	0.168	1.277	0.214	1.436	0.737	1.058	1.285	0.938	1.109
115	1.240	0.925	1.147	0.480	0.878	0.421	0.997	0.979	0.969
116	2.218	0.956	2.121	1.017	0.802	0.815	1.180	0.963	1.111
117	0.912	0.888	0.810	1.277	0.824	1.052	1.123	0.942	1.044
118	1.157	0.852	0.985	1.410	0.802	1.131	1.253	0.951	1.154
119	1.855	1.027	1.905	1.462	0.773	1.131	1.890	0.969	1.838
120	1.044	0.960	1.002	1.213	0.785	0.951	1.055	0.939	0.962
121	0.958	1.072	1.026	0.746	0.738	0.550	1.077	0.980	1.037
122	0.793	0.956	0.759	1.493	0.826	1.233	1.187	0.946	1.092
123	1.208	0.865	1.045	0.615	0.891	0.548	1.098	0.933	0.990
124	0.996	1.050	1.046	1.510	0.815	1.231	1.037	0.963	0.947
125	0.720	0.810	0.583	1.084	0.841	0.912	0.908	0.957	0.845
126	1.472	0.846	1.245	3.026	1.010	3.056	1.467	0.987	1.415
127	1.041	1.000	1.041	0.646	0.783	0.506	1.082	0.951	1.051
128	1.759	0.956	1.682	1.246	0.855	1.065	1.410	0.976	1.277
129	0.855	1.223	1.046	1.473	0.719	1.059	1.294	0.995	1.264
130	0.642	0.863	0.554	1.117	0.804	0.897	1.129	0.950	1.055
131	1.186	0.868	1.029	1.002	0.819	0.821	2.223	0.978	1.993
132	1.256	0.780	0.979	1.203	0.933	1.122	0.986	0.986	0.929
133	1.046	0.926	0.969	1.084	0.781	0.846	1.170	0.926	1.084
134	0.759	0.913	0.693	1.070	0.917	0.981	0.952	1.010	0.910
135	1.777	0.967	1.719	1.654	0.520	0.860	1.125	0.883	0.931
136	1.153	0.975	1.124	2.513	0.792	1.991	1.322	0.946	1.186
137	1.245	0.908	1.131	1.405	0.707	0.993	1.210	0.908	1.078
138	1.084	0.913	0.989	1.624	0.795	1.291	1.045	0.922	0.937
139	1.263	0.991	1.252	1.354	0.795	1.076	1.320	0.953	1.224
기하평균	1.138	0.930	1.058	1.169	0.810	0.947	1.168	0.960	1.098

저자소개

조병선 ETRI 지능화융합연구소 기술정책연구본부 기술경영연구실 책임연구원
e-mail: tituscho@etri.re.kr Tel. 042-860-1136

신성식 ETRI 지능화융합연구소 기술정책연구본부 산업제도연구실 책임연구원
e-mail: ssshin@etri.re.kr Tel. 042-860-4951

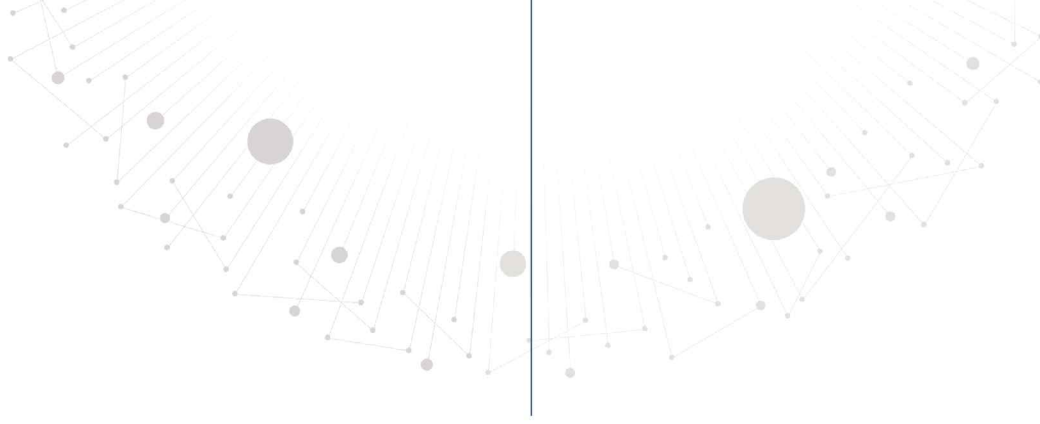
DEA를 통한 5G 장비기업들의 효율성 및 생산성 분석

발행인 이 지 형

발행처 한국전자통신연구원 지능화융합연구소 기술정책연구본부

발행일 2021년 10월 30일





www.etri.re.kr

본 저작물은 공공누리 제4유형:

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.



ETRI Electronics and Telecommunications
Research Institute

34129 대전광역시 유성구 가정로 218
TEL.(042) 860-6114 FAX.(042) 860-6504

