2016년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회
5월 19일(목)~5월 20일(금) 부산 벡스코(BEXCO)

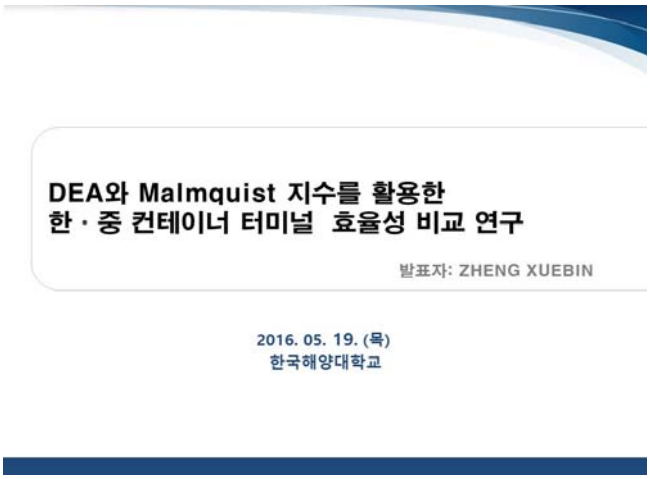
DEA와 Malmquist 지수를 활용한 한중컨테이너터미널 효율성 비교 연구

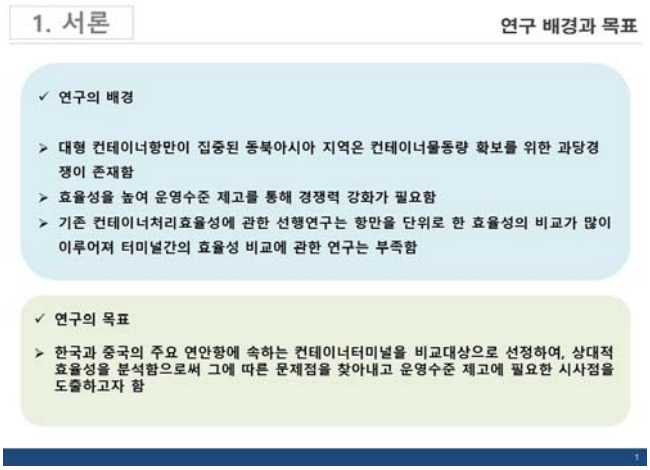
ZHENG XUEBIN* · † 김율성

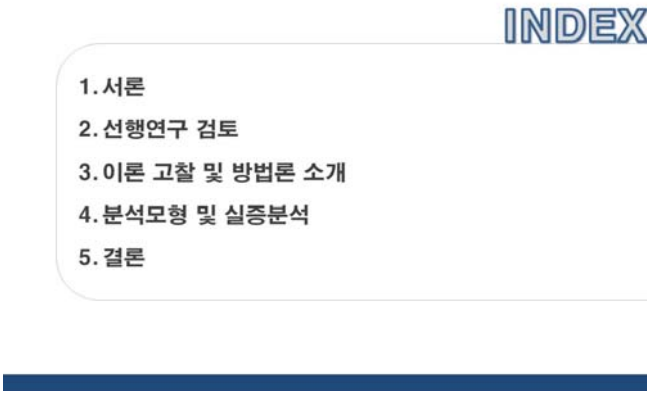
*한국해양대학교 대학원, † 한국해양대학교 물류시스템학과 교수

요 약 : 한국과 중국의 주요 연안항에 속하는 컨테이너터미널을 비교대상으로 선정하여 DEA와 Malmquist지수법어르 상대적 흥류성 및 생산성 변동추이를 분석하여 터미널이 존재하는 문제점을 찾아내고 운영수준 제고에 필요한 시사점을 도출하고자 하였다.

핵심용어 : 컨테이너터미널, 효율성, DEA, Malmquist지수







† 교신저자 : 종신회원, logikys@kmou.ac.kr
* 종신회원, jhb1025@kmou.ac.kr

2. 선행연구 검토

선행연구와의 차별성

✓ **선행연구의 한계**

- 국가 혹은 지역 간 대상으로 한 비교분석은 대부분 항만 단위로 효율성평가가 진행
  ➡ 터미널 단위로 운영하는 실정을 제대로 반영하지 못함
- 투입요소와 산출요소의 선정이 합당하지 않는 경우가 존재함
  Ex) 선석 개수와 수심 등 변수 사용 시 결과의 정확성이 떨어짐
- 참고자료로 많이 사용된 Containerization International Yearbook 등이 중국의 터미널 및 항만의 실제 시설 및 장비 상황과 다른 경우가 많음

✓ **본 연구의 차별성**

- 한·중 양국의 주요 컨테이너터미널을 비교대상으로 하여 보다 정확한 효율성을 분석하고 의미 있는 시사점을 도출
- 투입과 산출의 관계를 정확히 반영할 수 있는 요소들만 선택하여 분석결과의 정확도를 제고함
- 관련 기관에서 발행한 통계자료, 항만공식사이트, 항만당국 통계자료, 터미널운영사의 공식사이트와 발표자료 및 현지방문을 통해 확보한 자료를 종합적으로 참고하여 투입요소 및 산출요소의 정확성을 최대한 확보함

3. 이론 고찰 및 방법론 소개

효율성 개념

✓ **효율성**

- 효율성(Efficiency)이란 특정 조직이 제한된 자원 내에서 최대의 산출물을 창출해내는 생산기술을 의미함
- '투입과 산출의 비율'이라는 좁은 의미로 사용되는 기술적 효율성은 조직의 내적 운영에 대한 평가로서 생산요소의 가변성과 대체 가능성을 전제로 투입 생산요소의 여러 가지 조합을 통하여 최대의 생산량을 얻는 생산방법을 의미함
- 효율적인 조직이란 이러한 기술적 효율성을 달성한 조직으로 특정 과업을 수행할 때 최소한의 자원투입으로 주어진 목표를 달성하는 조직을 의미함

✓ **DEA에 있어서의 효율성**

- DMU의 산출요소는 투입요소의 일부를 증가시키거나 또는 산출요소의 다른 일부를 감소시키지 않고서는 증가될 수 없음
- DMU의 투입요소는 산출요소의 일부를 감소시키거나 또는 투입요소의 다른 일부를 증가시키지 않고서는 감소될 수 없음
- 일반적으로 비효율성은 투입요소를 이용하여 산출요소를 생산하는 과정에서 투입요소 간 비효율적인 결합이나 사용 때문에 발생하는 것으로 투입요소의 비효율성과 산출요소의 비효율성으로 구분할 수 있음

3. 이론 고찰 및 방법론 소개

방법론

✓ **DEA모형**

- DEA 모형은 다수의 산출요소와 투입요소간의 관계를 함수형태를 가정하지 않고 선형계획법에 근거하여 평가대상의 **경험적인** 투입요소와 산출물 간의 자료를 이용하여 **경험적** 효율프론티어를 도출한 후 평가대상들이 효율적 프론티어로부터 얼마나 떨어져 있는지의 여부로써 비효율성을 측정하는 비모수적 기법임
- 규모수익 가변 여부에 따라 CCR모형과 BCC모형으로 구분되고 산출요소와 투입요소 중 어디에 지향하는가에 따라 산출지향성과 투입지향성으로 분류됨

✓ **Malmquist Productivity Index(MPI)**

- 특정 생산함수를 가정하지 않고 거리함수에 기초하여 총요소생산성의 변화를 측정하는 방법
- 총요소생산성을 다시 기술변화지수(TCI), 순수 효율성변화지수(PECI) 및 규모 효율성변화지수(SECI)로 분해하여 생산성 향상과 관련하여 정책적 시사점을 제공할 수 있음

4. 실증분석

분석대상 선정

✓ **터미널 선정기준**

- 2014년 물동량 기준 세계 10대 항만에 속하는 주요 터미널
- 그 외 항만의 물동량 200만TEU 이상 터미널
- 정확한 자료 확보가 어려운 터미널은 배제함

국가	항만	터미널	소계
Korea(5)	Busan	KBCT(우암부두 제외), PNIT, PNC, HJNC, HPNT	5
China(25)	Shang-hai	SSICT, SGICT, SPICT, SIPGZCT, SECT, SMCT, Yidong	7
	Shen-zhen	SCT, CCT, YICT	3
	Ning-bo	NBSCT, NBCT, Gangji, YDCT, CMICT	5
	Qing-dao	QQCT(QQCTU 포함)	1
	Guang-zhou	GOCT, GNICT	2
	Tian-jin	TPCT, FICT, TCT, TACT, TOCT	5
	Da-lian	DCT	1
	Xia-men	Guojigangwu	1

4. 실증분석

변수 선정

투입변수	산출변수
안벽길이(m)	컨테이너물동량(TEU)
야드면적(m^2)	
안벽크레인 대수	
야드크레인 대수	

<변수선정 사유>

- 기존 연구에서 많이 사용한 선석수는 안벽길이와 동질성변수이고 표준적인 기준이 존재하지 않아 배제함
- 기존 연구는 항만 혹은 터미널의 총면적을 선택하였으나 본 연구는 실제 이용되는 면적을 더 정확히 반영하기 위해 각 터미널의 순 야드면적을 선택함
- 수심을 투입변수로 선정한 연구가 일부 존재하나 DEA모형의 특성상 음수 입력이 불가하고 문헌참고과정에서 수심변수가 분석결과의 정확성에 영향을 주었기 때문에 변수선정에서 제외함

4. 실증분석

DEA 분석

DEA 분석 결과

항만	터미널	CCR	BCC	SE	
Shang-hai	SSICT	0.962	1	0.962	drs
	SGICT	0.953	1	0.953	drs
	SPICT	1	1	1	crs
	SIPGZCT	1	1	1	crs
	SECT	0.962	0.991	0.971	irs
	SMCT	0.8	0.817	0.979	drs
	Yidong	0.759	0.841	0.903	irs
Shen-zhen	SCT	0.641	0.849	0.755	drs
	CCT	0.598	0.788	0.759	drs
	YICT	0.636	0.822	0.773	drs
Busan	KBCT	0.589	0.678	0.869	irs
	PNIT	0.652	0.804	0.811	irs
	PNC	0.888	1	0.888	drs
	HJNC	0.948	0.95	0.998	drs
	HPNT	1	1	1	crs

항만	터미널	CCR	BCC	SE	
Ning-bo	NBSCT	0.92	0.962	0.956	irs
	NBCT	0.789	1	0.789	irs
	Gangji	0.95	0.956	0.993	irs
	YDCT	0.751	0.786	0.956	drs
	CMICT	0.621	0.635	0.978	irs
Qing-dao	QQCT	0.901	1	0.901	drs
Guang-zhou	GOCT	0.837	0.85	0.985	drs
	GNICT	1	1	1	crs
Tian-jin	TPCT	0.513	0.53	0.969	drs
	FICT	1	1	1	crs
	TCT	0.725	0.758	0.957	irs
	TACT	0.931	1	0.931	irs
	TOCT	0.605	1	0.605	irs
Da-lian	DCT	1	1	1	crs
Xia-men	Guojigangwu	0.578	0.596	0.97	drs
평 균		**0.817**	**0.887**	**0.920**	

4. 실증분석 — DEA 분석

✓ **DEA 분석결과 요약(2014년 기준)**

- Shanghai는 2014년 Zhanghuabang, Jungonglu가 Yidong으로 통합되었으나 시설이 낙후하여 효율성이 낮음
- SIPGZCT는 약 2,000m의 안벽에 연간 600만TEU를 처리하여 높은 효율성을 보여줌
- Shenzhen은 물동량은 많으나 평가에 선정된 3개 주요 터미널들의 투입자원도 타 항만에 비해 많아 효율성이 낮게 분석됨
- Busan은 북항의 KBCT와 신항의 PNIT터미널의 효율성이 낮지만 신항의 PNC, HJNC, HPNT 터미널은 높은 효율성을 보여줌
- Ningbo는 NBSCT, Gangji 터미널이 높은 효율성을 보여주지만 기타 터미널은 상대적으로 낮은 효율성을 보여줌
- Guangzhou는 GOCT와 GNICT터미널이 국제물량과 국내물량을 각각 처리하는 체계를 이루었고 국내물량을 전담하는 GNICT터미널은 1,820m 안벽길이에 603만 TEU를 처리하여 높은 효율성을 보여줌
- Tianjin은 FICT, TACT가 비교적 높은 효율성을 보여주지만 기타 터미널들의 효율성은 상대적으로 낮음
- Dalian DCT는 투입한 자원에 비해 많은 물동량을 처리하여 효율성이 높음
- Xiamen Guojigangwu는 물동량에 비해 투입된 자원이 많아 효율성이 낮음

5. 결론 — 시사점,한계 및 향후 연구방향

✓ **시사점**

- 국가 간 컨테이너항만 산업 효율성 비교 시 터미널단위로 분석하는 것이 바람직함
- 부산신항 등 한국의 주요한 터미널들이 중국에 못지 않은 효율성을 보여주지만 MPI지수를 보면 평균 생산성의 증가속도는 중국보다 느린 편임
- 북중국항만 터미널들의 물동량이 빠르게 증가하는 동시에 효율성도 높아짐에 따라 부산항과 물동량확보를 위한 치열한 경쟁 가능성이 존재함
- 부산북항 물동량이 신항으로 이전됨에 따라 신항의 운영상의 과부하, 북항의 시설유휴 문제에 대한 대책이 필요함

✓ **연구한계 및 향후 방향**

- 단일 분석법(DEA) 사용
- 비교대상 터미널 수량 부족
- 터미널의 효율성과 서비스수준 사이 관계를 밝히지 못함

- 본 연구보다 다양한 변수들을 사용하여 터미널의 기술효율성 뿐만 아니라 종합적인 효율성 및 서비스 수준에 대한 추가적인 연구가 필요함

4. 실증분석 — Malmquist 분석

Malmquist 분석결과

Terminal	effch	techch	pech	sech	tfpch
SSICT	1.003	1.032	1	1.003	1.035
SGICT	0.976	1.018	1	0.976	0.994
SPICT	1	1.05	1	1	1.05
SIPGZCT	1	1.03	1	1	1.03
SECT	1.03	1.005	0.996	1.034	1.034
SMCT	1.197	1.028	1.206	0.992	1.23
Yidong	0.978	1.071	0.956	1.023	1.047
SCT	0.995	1.065	1.027	0.969	1.059
CCT	0.917	1.059	0.941	0.974	0.971
YICT	1.014	1.032	0.967	1.048	1.046
KBCT	0.901	1.066	0.895	1.007	0.961
PNIT	1.056	1.072	0.897	1.177	1.132
PNC	0.942	1.065	1	0.942	1.004
HJNC	0.974	1.032	0.975	0.999	1.005
HPNT	1.033	1.079	1	1.033	1.115
NBSCT	0.964	1.038	0.981	0.983	1.001
NBCT	0.949	1.032	1	0.949	0.979
Gangji	1.057	1.03	1.045	1.011	1.089
YDCT	1.078	1.073	1.102	0.978	1.157
CMICT	1.119	1.02	1.095	1.022	1.141
QQCT	1.052	1.037	1	1.052	1.091
GOCT	1.03	1.018	1.028	1.002	1.048
GNICT	1	1.071	1	1	1.071
TPCT	1.016	1.057	1.026	0.99	1.073
FICT	1.012	1.073	1	1.012	1.086
TCT	0.997	1.057	0.986	1.011	1.054
TACT	1.036	1.022	1	1.036	1.059
TOCT	1.005	1.071	1	1.005	1.077
DCT	1.076	1.094	1.043	1.031	1.177
Guojigangwu	0.998	1.065	1.009	0.989	1.063
평균	**1.012**	**1.048**	**1.004**	**1.008**	**1.061**

감사합니다.

Q & A

4. 실증분석 — Malmquist 분석

✓ **Malmquist 분석결과 요약**

- 2012-2014년 비교대상 터미널들의 평균 MPI지수는 1.061로서 생산성이 연간 6.1%씩 증가함
  - 분해된 각 항 변동지수를 보면 기술효율변동 1.012, 기술진보 1.048, 순수기술효율성변동 1.004, 규모효율성변동 1.008로서 기술진보가 4.8%로 생산성 진보의 주된 원인임
- 평가기간 내 MPI지수가 1 이하인 터미널은 Shang-hai의 SGICT, Shen-zhen의 CCT, Busan의 KBCT, Ning-bo의 NBCT 생산성이 상대적으로 감소함
- Busan 주요 터미널의 평균 MPI지수는 1.043으로서 생산성이 연간 4.3% 증가되었고 전체 평균(1.061)보다 작아 중국 터미널보다 생산성 증가가 느림
- Ning-bo의 MPI지수는 1.073으로서 연간 생산성이 연간 7.3% 증가함
  - Busan과 마찬가지로 Ning-bo의 NBCT와 NBSCT터미널은 MPI지수가 변동되지 않거나 줄어듦
  - 규모가 더 큰 Gangji, YDCT 및 CMICT터미널의 기간 내 평균 MPI지수가 1.089, 1.157, 1.141로 각각 8.9%, 15.7% 및 14.1% 증가하여 항만 전체의 물동량 증가에 중요한 역할을 함