

# Super-SBM 모형을 이용한 수산식품 가공업체의 효율성 분석

강동현 · 박철형†

부경대학교(학생) · †부경대학교(교수)

## A Study on the Efficiency of Seafood Processing Companies Based on Super-SBM

Dong Hyun KANG · Cheol Hyung PARK†

Pukyong National University(student) · †Pukyong National University(professor)

### Abstract

This study is to analyze the efficiency of seafood processing companies using DEA Models. The average efficiency in the CCR model was 0.7732 and the average in the BCC model was 0.8862. The efficiency of scale was 0.8757, which was found to have no significant effect on the efficiency. The average efficiency of the SBM models show a bit lower average efficiency compared to the CCR and BCC models. This is because of the existence of slacks which were not considered in the CCR and BCC models. The average efficiency of the SBM-CCR and SBM-BCC models were 0.3746 and 0.6199, respectively. The average efficiency of the Super-SBM-CCR and Super-SBM-BCC models were 0.3861 and 0.6469, respectively. After Classifying 25 seafood processing companies into 3 groups according to the processing method - A(Processing and preserving of edible seaweeds), B(Manufacture of frozen aquatic animal products), C(Manufacture of smoked, seasoned and similar prepared aquatic animal products) - it was tested whether the average efficiency for each group had statistical significance. As a result of analysis, it was found that there was statistical significance that group B was more efficient than group C in four Models such as BCC, SBM-CCR, SBM-BCC, and Super-SBM-CCR.

**Key words** : DEA, SBM, Super-SBM, CCR, BCC

### I. 서론

우리나라의 연간 1인당 수산물 소비량은 2012년부터 2019년까지 매년 50kg 이상을 기록하며 육류보다 높은 소비량으로 나타났다(Korea Rural Economic Institute, 2020). FAO(Food and Agriculture)에서 발간한 SOFIA 2020(The State of World Fisheries and Aquaculture 2020)에 의하면 2015년에서 2017년까지를 기준으로 했을 때 세계 평균 1인당 수산물 소비량이 20.3kg이라고 발표

한 바 있으며 이와 비교했을 때 우리나라의 수산물 소비량은 세계 평균을 한참 상회하는 수준임을 알 수 있다.

우리나라는 수산가공식품 산업에서도 꾸준한 성장세를 보였다. 2016년 기준 수산가공식품류의 국내 판매액은 4조 3천억 원이었지만 2020년 기준 5조 2천억 원을 기록하며 연평균 약 5.7%의 성장률을 보여주었다. 이는 동기간 대에 마이너스 성장률을 기록했던 농산가공식품류와 대조되는 결과로 볼 수 있다(Food Production Results,

† Corresponding author : 051-629-5319, [chpark@pknu.ac.kr](mailto:chpark@pknu.ac.kr)

2021). 수산가공식품산업의 규모가 성장하고 있는 가운데, 2020년 ‘코로나 19’의 대유행으로 인해 외식 비중이 감소하고 가정 내 식사가 주를 이루게 되면서 조미김, 어묵, 참치캔 및 통조림과 같은 수산가공식품의 수출이 증가하였다(Ministry of Oceans and Fisheries, 2021). 그중에서도 김은 2020년 6억 달러의 수출액을 기록하며 전년과 비교해 수출이 13% 증가하는 등 수산가공식품산업이 악조건 속에서도 전반적으로 호황임을 보여주었다.

이처럼 수산가공식품의 전반적 수출 증가와 시장 규모가 성장함에 따라 이에 관한 관심 역시 높아지고 있다. 하지만 지금까지 수산물의 생산 증대에 집중된 정책이 주를 이루었으며, 수산식품산업을 위한 실질적인 정책적 지원은 부족한 상황이었다. 특히 수산물의 특성상 농산물과 비교해서 부패가 빠르고 외부환경에 의한 생산의 불확실성 등 농산물과 다른 점이 많음에도 불구하고 농산물 중심의 「식품산업진흥법」에 근거하고 있었다. 수산식품산업 지원정책 역시 동 법에 따라 운영되어 왔기 때문에 수산식품산업의 육성에 있어 제약이 존재했다(Korea School Meal Newspaper, 2021).

그런데 2021년 3월, 해양수산부는 「제1차 수산식품산업 육성 기본계획」을 통해 수산식품 산업을 육성하기 위한 계획을 발표하였다. 해양수산부는 동 계획을 통해 수산식품 기업의 역량 강화, 수산식품의 품질 향상, 소비자들이 원하는 수산식품으로의 발전을 위한 방향성을 제시하였다. 이를 계기로 국내시장에서의 인기에 그치지 않고 해외시장 공략까지 고려하는 동시에, ‘코로나 19’의 대유행 속에서도 세계적으로 증가한 가공식품의 수요에 발맞추고자 정부는 수산식품 산업에 대한 전폭적인 지원을 예고하였다.

현재 수산식품 산업의 중요성이 대두되고 있는 상황에서 본 연구는 우리나라의 수산식품 제조업체들의 효율성이 어떠한지를 분석하고, 운영에 있어 비효율성이 존재할 경우 이를 개선하기 위

해 제조업체들이 참조할 수 있는 벤치마킹 대상을 제시하고자 한다. 가공업체들의 계산된 효율성에 기반한 참조대상을 제시함으로써 이미 시장에 진입해있는 제조업체들과 차후에 진입하는 제조업체들의 운영 방향에 도움을 줄 수 있는 연구가 될 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 DEA를 활용하여 수산식품 가공업체의 효율성을 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 전통적 CCR, BCC 모형을 이용해 효율성의 제반 지표를 추정한다. 나아가서, 전통적 모형이 가지는 방향성과 지향성의 한계점들을 극복하기 위해 여분기반 모형(Slack Based Model, 이하 SBM)과 여분기반 초효율성(Slack Based Super-Efficiency Model, 이하 Super-SBM)을 이용해 효율성을 재추정하였다. 이에 더하여 가공업체를 가공방법에 따라 분류하고 그룹 간 효율성에 통계적으로 유의적 차이가 있는지를 분석하였다.

수산식품 분야에서 DEA 분석을 이용한 연구는 Yoon and Park(2015)의 연구가 있다. 동 연구는 수산식품 가공업체를 수산동물 건조 및 염장품, 냉동품 가공, 훈제조리 및 유사 조제 식품의 3개 그룹으로 나누어 분석하였으며 투입변수로는 상시 종업원 수, 총자산, 총자본을 선정하였고 산출변수로는 매출액과 영업이익을 사용하였다. 효율성 분석을 위해 전통적인 CCR 모형과 BCC 모형을 통한 분석에 그치지 않고 초효율성 모형을 사용하여 효율적으로 식별된 다수의 DMU 중 상대적으로 더 높은 효율성을 나타내는 DMU를 식별하고자 하였다. 더하여 Wilcoxon 순위 합 검정을 사용해 외감법인과 일반법인으로 나눈 2개의 그룹, 가공방법으로 구분한 3개의 그룹을 이용해 각 업체 간 효율성 추정치에 통계적으로 유의한 차이가 존재하는지를 분석하였다.

상기에 설명한 Yoon and Park(2015)의 연구에서는 2013년의 50개 법인을 대상으로 하여 효율성을 분석하였고, 효율성 추정을 위해 전통적인 CCR 모형과 BCC 모형, 그리고 초효율성 모형을 사용하였다. 하지만 본 연구는 25개 가공업체의

최근 4년간의 재무정보를 통해 효율성을 분석하였다. 이를 통해 단일연도 효율성 분석과 비교해 다년간의 재무정보를 변수로 사용했기 때문에 분석의 신뢰성이 제고되었다고 할 수 있다. 또한, 전통적 DEA 모형을 사용하여 분석할 경우 관측치가 내포하고 있는 여분에 대해 고려할 수 없다는 한계점이 존재한다. 이러한 단점을 극복하기 위해 본 연구에서는 비방사형 SBM 모형을 사용하였으며, 이를 통해 특정 방향성을 사전에 가정하는 과정 없이 분별력 있는 효율성 추정이 가능하다는 차별점이 있다고 볼 수 있다. 마지막으로, 선행연구는 추정된 효율성에 집단 간 통계적 유의성의 존재 여부를 확인하기 위해 Wilcoxon 순위 합 검정을 사용하였으나, 본 연구에서는 더욱 강력한 검정법인 Bonferroni 교정법을 통해 분석 결과에 있어 통계적 유의성이 갖는 신뢰수준을 제고시키고자 한 점에서 역시 차별점이 존재한다.

이 밖에도 수산분야에서 DEA 모형을 사용한 연구로는 Park(2010)이 Super-SBM을 이용해 국가 어항의 효율성을 분석한 연구를 비롯하여 다양한 연구가 진행되어왔다. Kang and Park(2016)은 완도지역의 전복 양식어가를 대상으로 전통적 DEA 분석과 초효율성 모형을 사용해 가장 상대적으로 효율성이 높은 어가를 선정하고자 하였다. Seo and Park(2016)은 TAC제도의 도입이 붉은대게 어업에 미치는 효과를 분석하기 위해 전통적 DEA 모형에 더하여 초효율성 모형을 사용하였고, Kim(2017)은 전통적 DEA 방법을 통해 홍합양식업의 생산성을 분석하고 이에 영향을 주는 요인을 분석하기 위해 토빗 모형을 사용하였다. Oh et al.(2020)의 경우 전복종자 생산업체의 경영 효율성을 분석하기 위해 전통적 DEA 모형에 더하여 SBM 모형을 이용해 효율성을 분석하였다. 가장 최근에는 온실가스를 고려한 연근해어업의 생산 효율성에 대해 분석한 Jeon and Nam(2021)의 연구가 있으며, 온실가스 배출량을 추정된 후 이를 비소망재로 간주하여 SBM 모형을 이용해 효율성을 도출하였다.

본 연구의 구성으로는 다음의 II장에서 수산식품 가공업의 현황과 분석모형인 DEA 모형과 여분 기반 초효율성 모형에 대해서 기술한다. III장에서는 수산식품 가공업체들의 효율성과 여분 기반 모형, 그리고 여분 기반 초효율성을 이용한 효율성 결과 값을 제시하였다. 또한, 가공방법별 효율성 추정치에 통계적 유의성의 존재 여부를 파악하기 위해 비모수적 분산분석인 Kruskal-Wallis Test를 사용한 분석 결과를 제시하여 그룹 간 효율성 차이를 분석한 결과를 나타내었다. IV장에서는 결론으로 실증 분석한 결과를 요약한 후 본 연구가 가지는 의의와 한계점에 관해 기술하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 수산식품 가공업 현황

본 연구는 수산식품 가공업의 현황을 파악하고자 통계청(KOSIS)에서 제공하는 수산물 가공업 통계의 지역별 사업체 수, 종사자 수, 생산량과 생산금액의 자료를 이용하였다. 사업체 수에서 가장 큰 비중을 가진 것으로 나타난 전라남도와 표그 외 부문에서 가장 높은 수치를 기록한 부산광역시, 그리고 16개 시, 도의 평균과 비교한 값을 <Table 1>에 나타내었다.

<Table 1> Current status of fisheries processed products companies in 16 city and province(2019) (unit: Person, Ton, Billion won)

Region	Companies	Employee	Production	Sales
Mean	340	4,982	67,845	37.9
Busan	871	21,517	316,732	1,575
Jeon - nam	1,584	11,310	273,034	1,297

Source: Statistics Korea, Fisheries processing statistics, 2019

16개의 시, 도의 평균값으로 계산된 사업체 수는 340개, 종사자 수 4,982명, 생산량 67,845톤, 판매금액이 379억 원에 달하는 것으로 나타났다. 부산광역시는 사업체 수 871개, 종사자 수 21,517명, 생산량과 판매금액은 316,732톤과 약 1조 5천억 원인 것으로 나타났고, 전라남도는 사업체 수 1,584개, 종사자 수 11,310명, 생산량 273,034톤,

판매금액은 약 1조 3천억 원으로 부산광역시와 전라남도 모두 평균치보다 월등히 큰 값을 보이는 것으로 나타났다.

평균치를 상회하는 규모로 나타난 부산광역시와 전라남도의 가공품목별 비교결과를 <Table 2>에 제시하였다. 자건품에서 부산광역시는 생산량, 전라남도는 생산금액에 우위가 있었으며 부산광역시는 원형 동결된 냉동품, 처리 동결된 냉동품과 염건품, 조미가공품, 기타 부문에서 전라남도보다 많은 물량(혹은 생산량)과 생산금액을 보유한 것으로 나타났다. 전라남도의 경우 소건품, 염신품, 통조림, 해조제품, 한천, 연제품, 어유분에서 더 많은 수량과 금액을 기록한 것으로 나타났다. 부산광역시가 전라남도보다 우위에 있는 품목 개수는 적으나 냉동품의 생산량과 생산금액이 월등히 앞선 것은 총생산금액의 우위를 보이는 원인으로 확인되었다.

<Table 2> Comparing processed products in Jeon-nam and Busan(2019) (Unit: One hundred ton, One hundred million won)

Category	City and province	Production	Output
Frozen (Originally)	Busan	<b>1,626</b>	<b>7,424</b>
	Jeon-nam	342	2,412
Frozen (Processed)	Busan	<b>392</b>	<b>2,625</b>
	Jeon-nam	56	485
Dried Sea Foods	Busan	22	93
	Jeon-nam	<b>151</b>	<b>722</b>
Salted And Dried Fish	Busan	<b>633</b>	<b>2,484</b>
	Jeon-nam	13	241
Boiled-Dried Products	Busan	<b>0.177</b>	1
	Jeon-nam	0.078	2
Salted Products	Busan	3	6
	Jeon-nam	<b>12</b>	<b>150</b>
Canned Products	Busan	16.6	180
	Jeon-nam	<b>1763</b>	<b>5,732</b>
Salted-Fermented Fish Products	Busan	2.83	17
	Jeon-nam	<b>21.6</b>	<b>136</b>
Seaweed Product	Busan	0	0
	Jeon-nam	<b>0.61</b>	<b>14</b>
Agar	Busan	39.00	450
	Jeon-nam	<b>96</b>	<b>2,143</b>
Fish Meal Paste	Busan	0.01	<b>0.47</b>
	Jeon-nam	3.8	<b>8</b>
Seasoned Product	Busan	<b>125</b>	<b>529</b>
	Jeon-nam	15	81
Oil And Meal	Busan	51	360
	Jeon-nam	<b>128</b>	<b>428</b>
Others	Busan	<b>256</b>	<b>1,575</b>
	Jeon-nam	131	413

Note: A larger value is emphasized with bold strokes

## 2. 분석 자료 개요

본 연구에서는 통계청에서 제공하는 한국표준산업분류(KSIC)에 따라 수산식품 가공업체를 분류하였다. 수산식품의 가공종류에 따라 크게 수산동물 가공과 수산식물 가공으로 나뉘어질 수 있으며, 본 연구의 분석대상은 수산식물 가공 및 저장처리업(이하 수산식물 가공업)과 수산동물 가공 및 저장처리업에 해당하는 수산동물 냉동품 제조업(이하 수산동물 냉동업), 수산동물 훈제·조리 및 유사 조제식품(이하 수산동물 훈제업)에 해당하는 25개의 가공업체를 선정하였다. 25개 가공업체 중 수산식물 가공업에 해당하는 업체는 7개, 수산동물 냉동업 10개, 수산동물 훈제업 8개로 구성하였다. 가공업체들의 정보는 전자공시시스템(DART)에서 제공하는 기업 재무제표의 정보이며, 2017년부터 2020년까지 최근 4개년의 패널 데이터를 사용하여 총 100개의 DMU를 이용한 DEA 분석을 시행하였다. 100개의 DMU는 25개 DMU의 연도별 효율성을 계산한 것으로, 이후 이

를 평균 효율성으로 도출하여 분석하였다.

DEA 분석을 하기 위해서는 우선 투입변수와 산출변수를 선정하는 것이 필요하다. 투입변수로는 생산에 필요한 노동을 대변하는 임직원 수, 생산에 투입되는 자본설비를 의미하는 유형자산, 생산에 투입되는 비용을 의미하는 판매비와 관리비, 매출원가 등 4개의 변수를 사용하였다. 산출변수로는 기업의 성과지표로 이용될 수 있는 매

출액과 매출액에서 판매비와 관리비가 포함된 제반비용을 제외한 영업이익 등 2개의 산출변수를 사용하여 분석하였다. 또한, 가공업체들이 효율적으로 투입요소를 이용하고 있는지를 확인하기 위해 투입지향 모형을 사용해 분석하였다. 그리고 <Table 3>은 6개의 투입변수와 산출변수의 기초 통계량을 연도별로 요약한 자료를 나타내고 있다.

<Table 3> Statistical description of input-output variables from 2017 to 2020 (unit: Person, Ten million won)

Year	Variables	Mean	Standard Deviation
2017	Employee	253.24	125.08
	Assets	2975.55	1092.83
	Cost of Sales	9231.11	4090.47
	S&A	2248.25	1527.73
	Sales	11617.19	5757.08
	O.Profit	503.8772	165.27
2018	Employee	251.92	124.9429
	Assets	3145.45	1172.04
	Cost of Sales	9346.98	4252.28
	S&A	2055.08	1427.96
	Sales	11512.73	5878.85
	O.Profit	544.05	221.91
2019	Employee	267.92	128.33
	Assets	3920.92	1582.79
	Cost of Sales	10936.85	4747.75
	S&A	2379.69	1593.79
	Sales	13659.03	6555.96
	O.Profit	646.23	269.71
2020	Employee	257.76	124.34
	Assets	4143.53	1651.83
	Cost of Sales	11810.62	5362.03
	S&A	2493.18	1639.90
	Sales	14811.19	7247.91
	O.Profit	812.87	335.63

Note: 1) S&A: Sales and Administrative Expenses  
2) O.Profit: Operating Profit

### 3. 연구 모형

#### 가. Super-SBM 모형

기존의 CCR 모형 및 BCC 모형을 사용할 경우 효율성 값이 1로 나타난 다수의 DMU가 존재할 때 상대적으로 더 효율적인 DMU를 판별하지 못하는 변별력의 문제가 발생할 우려가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 초효율성(Super Efficiency)모형을 사용하면 효율적인 DMU 간 상대적 효율성을 계산할 수 있다. 초효율성 모형은 기존에 도출된 효율적 생산변경에 존재하는 DMU 사이에서 효율성을 계산하고자 하는 DMU를 기존의 생산변경에서 제외한 뒤에 효율적 생산변경을 도출하고 앞서 제외한 DMU를 다시 계산된 효율적 생산변경과의 거리를 계산하여 효율성을 측정하는 방식이다. 따라서 생산변경과의 거리가 멀어질수록 효율적인 DMU로 식별하고 1보다 더 큰 초효율성이 도출될 수 있다.

하지만 초효율성 모형을 통해 효율성을 계산하게 될 경우 실행불능해(Infeasibility)의 문제가 발생할 수 있다. 효율성을 계산하는 과정에 여분을 고려하지 않게 되면 한 투입요소가 수평 혹은 수직의 생산변경에 위치하게 될 때 투입량에 관계없이 효율성이 동일하게 계산되는 문제가 발생할 수 있다. 이때 여분의 존재를 선형계획모형의 구성과정에 포함을 시키면 비방사적 모형의 초효율성을 계산할 수 있고, 실행 불능해의 문제 역시 극복이 가능하다(Park, 2010). 이를 여분 기반 초효율성 모형이라고 하며, 규모 수익 불변의 여분

기본 초효율성 모형의 경우 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta^k = \min \left( \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{\bar{x}_m}{x_m^k} \right) \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{\bar{y}_n}{y_n^k} \right)^{-1}$$

subject to

$$\bar{x}_m \geq \sum_{j=1, j \neq k}^J x_m^j \lambda^j \quad (m = 1, 2, \dots, M),$$

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

$$\bar{x}_m \geq x_m^k \text{ and } \bar{y}_n \leq y_n^k,$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J, j \neq k) \dots \dots \dots (1)$$

식 (1)에서  $\delta^k$ 는 관측치 k의 여분 기반 초효율성을,  $\bar{x}_m$  과  $\bar{y}_n$ 는 관측치 k를 배제한 상태에서 형성된 생산변경 상에 존재하는 추정된 투입요소 벡터  $m \times 1$ 과 산출요소 벡터  $n \times 1$ 을 의미한다.  $x_m^k$  는 관측치 k의 m번째 투입요소를,  $y_n^k$ 는 관측치 k의 n번째 산출요소를 의미한다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. CCR 모형 및 BCC 모형의 분석 결과

25개 기업의 4개년 패널 데이터를 이용하여 총 100개의 DMU를 분석한 결과, CCR 모형에서 상대적으로 효율적인 DMU는 11개인 것으로 나타났고, BCC 모형에서 상대적으로 효율적이라 나타난 DMU는 37개인 것으로 확인되었다. 100개의 DMU를 모두 제시할 수 없는 지면상의 제약으로 인해 DMU별 4개년의 평균 효율성을 <Table 4>에 제시하였다.

<Table 4>의 2열에 규모 수익 불변을 가정한 CCR 모형을 분석한 결과를 보고하였다. 25개의 DMU 중 2017년부터 2020년까지 모두 1의 효율성을 가진 DMU는 존재하지 않는 것으로 확인되었다. CCR 모형에서 효율성의 평균은 0.7732로,

<Table 4> Result of CCR and BCC model with Scale Efficiency

DMU	CCR	BCC	SE	RTS	Ref
1(A)	0.7855	0.9641	0.8147	IRS	1
2(A)	0.8941	0.9911	0.9022	IRS	15
3(A)	0.7122	0.7925	0.8987	DRS	
4(A)	0.8408	0.8523	0.9865	VRS	
5(A)	0.6983	0.7077	0.9866	VRS	
6(A)	0.9683	0.9694	0.9989	VRS	73
7(A)	0.7637	0.9861	0.7744	IRS	30
8(B)	0.9689	0.9753	0.9934	VRS	9
9(B)	0.6971	0.8794	0.7926	VRS	14
10(B)	0.8294	1.0000	0.8294	VRS	35
11(B)	0.9957	0.9966	0.9991	VRS	6
12(B)	0.9884	1.0000	0.9884	VRS	21
13(B)	0.4567	0.9791	0.4665	IRS	2
14(B)	0.8867	0.9241	0.9596	IRS	
15(B)	0.7361	0.9963	0.7388	IRS	16
16(B)	0.8007	0.9996	0.8011	IRS	2
17(B)	0.7956	0.8261	0.9631	IRS	
18(C)	0.6282	0.7442	0.8440	DRS	
19(C)	0.7165	0.8553	0.8377	IRS	
20(C)	0.5774	<b>0.5936</b>	0.9728	IRS	
21(C)	0.8041	1.0000	0.8041	DRS	1
22(C)	0.9306	0.9920	0.9381	DRS	22
23(C)	0.5578	0.6399	0.8716	IRS	
24(C)	0.7723	0.7835	0.9858	DRS	
25(C)	0.5264	0.7084	0.7431	IRS	
Mean	0.7732	0.8862	0.8757		
S.D	0.1474	0.1282	0.1230		
Max	0.9957	1.0000	0.9991		
Min	<b>0.4567</b>	<b>0.5936</b>	<b>0.4665</b>		

Note: Max and Min value are emphasized with bold strokes

- A: Processing and preserving of edible seaweeds
- B: Manufacture of frozen aquatic animal products
- C: Manufacture of smoked, seasoned and similar prepared aquatic animal products

규모 수익 불변하에서 약 22.7%의 비효율성이 존재하는 것으로 나타났다. CCR 모형에서 가장 높은 효율성을 보인 DMU는 DMU 11로 평균 효율성이 0.9957인 것으로 확인되었다. 수산동물 냉동업에 해당하는 DMU 11의 경우 2018년에 1의 효율성을 기록하였으며 그 외 기간에서도 0.9982,

0.9991, 0.9853의 효율성을 기록하여 가장 높은 평균 효율성을 보이는 것으로 확인되었다. 반대로 가장 효율성이 낮은 DMU는 0.4567의 효율성을 기록한 수산동물 냉동업에 해당하는 DMU 13으로 나타났다. 해당 DMU는 54.3%의 비교적 높은 비효율성을 보이는 것으로 확인되었다.

<Table 4>의 3열에는 규모 수익 가변 하의 BCC 모형의 효율성 값을 제시하였다. BCC 모형의 경우 평균 효율성이 0.8862로, 현재의 투입수준에서 11.4%의 비효율성이 존재하는 것으로 확인되었다. BCC 모형에서 가장 효율성이 높게 나온 DMU는 DMU 10, 12, 21 세 개로 나타났으며 분석 기간 내 모두 1의 효율성을 기록하였다. 효율성이 가장 낮은 DMU는 0.5936의 효율성을 가진 수산동물 훈제업에 해당하는 DMU 20으로 나타났으며 동 DMU는 41.6%의 비효율성이 존재하는 것으로 나타났다.

기술적 효율성과 순수 기술적 효율성의 비율로 나타낼 수 있는 규모 효율성 값을 <Table 4>의 4열에 제시하였다. 규모의 효율성 값의 평균은 0.8757인 것으로 확인되었으며 이는 25개의 가공업체 사이에서 약 12.5%의 규모의 비효율성이 존재하고 있음을 뜻한다.

전체적으로 보았을 때, 효율성을 결정하는 데 있어 규모의 효율성이 큰 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다. 하지만 DMU 13의 경우, 순수 기술적 효율성의 평균이 0.9791로 식별되었으나 규모의 효율성 평균이 0.4665인 것으로 나타나면서 CCR 모형에서 규모의 효율성이 가장 낮은 DMU인 것으로 확인되었다.

<Table 4>의 5열에는 각 DMU의 규모에 대한 수익 상태를 제시하였다. 분석결과, 4개년에 걸쳐 모두 규모에 대한 수익 체감(DRS)상태인 기업은 5개, 규모에 대한 수익 체증(IRS)상태인 기업은 12개, IRS와 DRS가 계속해서 변화하는 규모에 대한 수익 가변(VRS)상태인 기업은 8개인 것으로 나타났다. 규모에 대한 수확 체감상태에 있는 DMU보다 수확 체증상태에 있는 DMU가 2배 이

상 많은 것이 확인되었다. IRS 상태에 있는 가공업체들은 계속되는 생산 규모의 확대를 통해 규모 수익 불변의 상태에 도달할 수 있는 것으로 확인되었으며, DRS 상태에 있는 가공업체들은 규모의 감소를 통한 규모 최적화를 통해 CRS 상태에 도달할 수 있는 것으로 나타났다.

<Table 4>의 6열에는 현재보다 더 효율적인 DMU가 되기 위해 참고해야 하는 벤치마킹(Benchmarking)의 대상이 된 횡수를 나타내었다. 벤치마킹 대상이 된 횡수가 많을수록 DMU들의 참고대상으로 선정된 빈도수가 많았음을 의미하고, 이는 곧 다른 DMU들의 추후 효율성 개선을 위한 방향 선정에 도움을 줄 수 있음을 의미한다. 가장 많은 참조횡수를 기록한 DMU는 DMU 6의 73회로 나타났고, 그 뒤를 이어 DMU 10은 35회, DMU 7은 30회, DMU 22는 22회를 기록하였다. 참조 횡수 상위 4개의 DMU를 확인한 결과, DMU 6과 DMU 7은 수산식품 가공업, DMU 10은 수산동물 냉동업, DMU 22는 수산동물 훈제업인 것으로 확인되었다.

## 2. SBM 및 Super-SBM 모형의 분석 결과

상술한 SBM 모형과 Super-SBM 모형을 이용하여 분석한 결과를 <Table 5>에 제시하였다. 분석결과, SBM 모형을 사용하여 계산된 효율성 추정치는 앞서 분석한 CCR 모형이나 BCC 모형과 비교해 효율성이 소폭 하락한 것을 확인할 수 있다. 이는 방사형 모형에서 고려되지 않았던 여분의 존재가 SBM 모형에서 식별되었기 때문이다.

기존에 분석하였던 CCR 모형과 BCC 모형에서의 평균 효율성은 각각 0.7732와 0.8862로 나타났으나, SBM 모형에서는 평균 효율성 0.3746과 0.6199, Super-SBM 모형에서는 0.3861과 0.6469로 나타나 앞서 분석한 모형들보다 더 낮은 평균 효율성을 보이는 것으로 확인되었다.

앞서 분석한 CCR 모형에서는 DMU 11이 가장 효율적인 DMU로 식별되었으나, SBM-CCR 모형

<Table 5> Result of SBM and Super-SBM model

DMU	SBM Model		Super-SBM Model	
	CCR	BCC	CCR	BCC
1(A)	0.2323	0.5675	0.2323	0.5749
2(A)	0.4295	0.8615	0.4295	0.8733
3(A)	0.2105	0.2273	0.2105	0.2273
4(A)	0.4316	0.5021	0.4316	0.5021
5(A)	0.5438	0.5656	0.5438	0.5656
6(A)	<b>0.9467</b>	0.9548	1.0517	<b>1.1584</b>
7(A)	0.1744	0.8922	0.1744	0.9187
8(B)	0.7508	0.8083	0.7602	0.8215
9(B)	0.5536	0.5569	0.5644	0.5697
10(B)	0.4287	0.9985	0.4680	1.0478
11(B)	0.7277	0.7699	0.7304	0.7759
12(B)	0.9419	<b>1.000</b>	<b>1.0618</b>	1.1418
13(B)	0.1796	0.8703	0.1795	0.8931
14(B)	0.3288	0.4367	0.3288	0.4368
15(B)	0.4159	0.9691	0.4159	1.0181
16(B)	0.1266	0.9300	0.1266	0.9362
17(B)	0.1706	0.2128	0.1706	0.2128
18(C)	0.1154	0.1655	0.1154	0.1655
19(C)	0.1705	0.2963	0.1705	0.2963
20(C)	0.2515	0.2825	0.2515	0.2825
21(C)	0.1948	0.9787	0.1948	1.0181
22(C)	0.4049	0.8972	0.4049	0.9830
23(C)	0.1293	0.1698	0.1293	0.1698
24(C)	0.4058	0.4185	0.4058	0.4185
25(C)	<b>0.1007</b>	<b>0.1649</b>	<b>0.1007</b>	<b>0.1649</b>
Mean	0.3746	0.6199	0.3861	0.6469
S.D	0.2509	0.3115	0.2745	0.3427
Max	0.9467	1.0000	1.0618	1.1584
Min	0.1007	0.1649	0.1007	0.1649

Note: Max and Min value are emphasized with bold strokes

- A: Processing and preserving of edible seaweeds
- B: Manufacture of frozen aquatic animal products
- C: Manufacture of smoked, seasoned and similar prepared aquatic animal products

에서는 DMU 6이 가장 효율적인 DMU인 것으로 나타났다. BCC 모형의 경우 DMU 10, 12, 21이 가장 효율적인 DMU로 나타났으나 SBM-BCC 모형에서는 오직 DMU 12만이 효율적인 DMU인 것으로 식별되었다. SBM-CCR 모형에서는 CCR 모형에서 가장 비효율적이었던 DMU 13이 아닌, DMU 25가 가장 효율성이 낮은 DMU로 식별되었다. SBM-BCC 모형에서도 마찬가지로 BCC 모형에서 가장 비효율적이었던 DMU 20이 아닌 DMU 25가 SBM-BCC에서도 가장 비효율적인 DMU로 식별되었다. 최종적으로 DMU 25는 SBM-CCR과 SBM-BCC 모형에서 모두 비효율적인 것으로 확인되었다.

SBM-BCC 모형에서 가장 높은 효율성을 가진 것으로 나타난 DMU 6은 Super-SBM-CCR 모형에서 2위, Super-SBM-BCC 모형에서 1위로 나타나며 상대적으로 높은 효율성을 가진 DMU로 식별되었다. SBM-BCC 모형에서 가장 높은 효율성을 보였던 DMU 12는 Super-SBM-CCR 모형에서 1위, Super-SBM-BCC 모형에서 2위를 기록하며 분석모형과 관계없이 높은 순위를 기록한 것으로 확인되었다.

반면 SBM 모형에서 규모 수익의 변화 여부와 관계없이 가장 낮은 순위를 기록하였던 DMU 25는 Super-SBM 모형에서도 여전히 가장 낮은 순위였으며, 그 다음 낮은 순위였던 DMU 18 역시 모든 모형에서 DMU 25 다음으로 낮은 순위에 위치하는 것으로 나타났다.

### 3. 그룹 간 효율성 차이 검정

25개의 가공업체를 가공방법에 따라 3개 그룹 수산식품 가공업(A), 수산동물 냉동업(B), 수산동물 훈제업(C)으로 나눈 뒤 각 그룹의 6개 분석모형에 따른 효율성 평균치를 <Table 6>에 보고하였다. 분석 결과, 수산동물 냉동업(B)이 분석모형 6개 모두에서 가장 높은 효율성 평균치를 가진 것으로 확인되었다.

<Table 6> Average Efficiency of Each Group A,B,C on 6 Models

	A	B	C
CCR	0.809	<b>0.8155</b>	0.6892
BCC	0.8947	<b>0.9576</b>	0.7896
SBM-CCR	0.4241	<b>0.4624</b>	0.2216
SBM-BCC	0.653	<b>0.7552</b>	0.4217
Super-SBM-CCR	0.4391	<b>0.4806</b>	0.2216
Super-SBM-BCC	0.6886	<b>0.7854</b>	0.4373

Note: Max value is emphasized with bold strokes  
 A: Processing and preserving of edible seaweeds  
 B: Manufacture of frozen aquatic animal products  
 C: Manufacture of smoked, seasoned and similar prepared aquatic animal products

각 그룹이 나타내는 효율성의 평균치가 통계적으로 유의한 차이가 존재하는지 확인하기 위해 분산분석(ANOVA)을 시행하였다. 하지만 본 분석에서는 사전 제약인 등분산성은 충족했으나 정규성을 충족시키지 못해 비모수적 분산분석 중 하나인 Kruskal-Wallis Test를 사용해 분석을 시행했다. 25개의 가공업체를 상기에 서술한 수산식품 가공업(A), 수산동물 냉동업(B), 수산동물 훈제업(C)의 세 가지 그룹으로 나눈 뒤 앞서 분석한 6개 모형의 효율성에 통계적으로 유의한 차이가 존재하는지를 <Table 7>에 제시하였다. 분석 결과, BCC 모형과 SBM-CCR 모형에서의 효율성이 5% 수준에서 유의성을 갖는 것으로 나타났다. SBM-BCC 모형과 Super-SBM-CCR 모형의 경우 널리 통용되는 5% 수준의 통계적 유의성을 가지고 있다고 판단하기는 어려우나 다소 완화된 기준인 10% 수준에서 통계적 유의성을 적용한다면 이는 충분히 통계적 유의성을 가지고 있다고 볼 수 있다.

집단 간 효율성이 다르다는 대립가설이 유의하다면, 효율성의 차이를 보이는 그룹을 구체적으로 파악하기 위해 본페로니 교정법(Bonferroni

Correction)을 BCC 모형에 시행한 결과를 <Table 8>에 제시하였다. 검정 결과, BCC 모형의 경우 B그룹의 효율성이 C그룹의 효율성에 비해 더 크다는 대립가설이 5% 수준에서 통계적 유의성을 가지는 것으로 확인되었다.

<Table 7> Result from Kruskal-Wallis Test in DEA Models

	Chi-Squared	P-value
CCR	3.5953	0.1657
BCC	6.5081	<b>0.03862**</b>
SBM-CCR	5.9995	<b>0.0498**</b>
SBM-BCC	4.6433	<b>0.09811*</b>
Super-SBM-CCR	5.5195	<b>0.06331*</b>
Super-SBM-BCC	4.4035	0.1106

Note: P<0.01 \*\*\* P<0.05 \*\* P<0.1 \*

<Table 8> Bonferroni Correction in BCC Model

List of Pairwise Comparisons	Z-statistics	P-value
A-B	-1.6073	0.3239
A-C	0.7408	1.0000
B-C	2.4782	<b>0.0396**</b>

Note: P<0.01 \*\*\* P<0.05 \*\* P<0.1 \*

A: Processing and preserving of edible seaweeds  
 B: Manufacture of frozen aquatic animal products  
 C: Manufacture of smoked, seasoned and similar prepared aquatic animal products

SBM-CCR, SBM-BCC, Super-SBM-CCR 모형에도 사후검정을 시행한 결과를 각 <Table 9>, <Table 10>, <Table 11>에 보고하였다. 검정 결과, 세 모형 모두 B그룹의 효율성이 C그룹의 효율성보다 더 큰 효율성을 갖는다는 대립가설이 10% 수준에서 통계적 유의성이 존재하는 것으로 나타났다.

<Table 9> Bonferroni Correction in SBM-CCR Model

List of Pairwise Comparisons	Z-statistics	P-value
A-B	0.1142	1.000
A-C	2.0908	0.1096
B-C	2.1626	<b>0.0917*</b>

Note: P<0.01 \*\*\* P<0.05 \*\* P<0.1 \*

A: Processing and preserving of edible seaweeds  
 B: Manufacture of frozen aquatic animal products  
 C: Manufacture of smoked, seasoned and similar prepared aquatic animal products

<Table 10> Bonferroni Correction in SBM-BCC Model

List of Pairwise Comparisons	Z-statistics	P-value
A-B	-0.6971	1.000
A-C	1.2985	0.5822
B-C	2.1411	<b>0.0968*</b>

Note: P<0.01 \*\*\* P<0.05 \*\* P<0.1 \*

A: Processing and preserving of edible seaweeds  
 B: Manufacture of frozen aquatic animal products  
 C: Manufacture of smoked, seasoned and similar prepared aquatic animal products

분석에 사용된 6개 모형 중 그룹 간 효율성의 차이가 존재하는 것으로 나타난 모형은 BCC 모형과 SBM-CCR, SBM-BCC, Super-SBM-CCR 모형이었으며 네 개의 모형 모두 수산동물 냉동업(B)이 수산동물 훈제업(C)에 비해서 높은 효율성을 보인다는 대립가설이 통계적 유의성을 보이는 것으로 나타났다.

수산동물 냉동업의 경우 수산동물 훈제업과 비교해 상대적으로 부가적인 가공과정 없이 원물 위주의 가공을 통한 판매가 주로 이루어지고 있다. 가공에 투입되는 비용의 측면에서 보았을 때 냉동업은 단순가공이 주를 이루고 있으므로 생산

에 투입되는 비용의 상대적 이점이 비교적 높은 효율성에 영향을 준 것으로 판단된다.

<Table 11> Bonferroni Correction in Super-SBM-CCR Model

List of Pairwise Comparisons	Z-statistics	P-value
A-B	-0.2993	1.000
A-C	1.9627	0.2338
B-C	2.2342	<b>0.0764*</b>

Note: P<0.01 \*\*\* P<0.05 \*\* P<0.1 \*

A: Processing and preserving of edible seaweeds  
 B: Manufacture of frozen aquatic animal products  
 C: Manufacture of smoked, seasoned and similar prepared aquatic animal products

#### IV. 결론

본 연구는 25개의 수산식품 가공업체를 분석 대상으로 하여 2017년부터 2020년의 4개년 기간 만큼을 분석 기간으로 선정한 후 전통적인 DEA 모형을 이용한 분석에 더하여 SBM 모형 및 Super-SBM 모형을 사용하여 각 가공업체의 효율성을 분석하였다. 투입변수로는 임직원 수, 판매비와 관리비, 유형자산, 매출원가를 사용하였으며 산출변수로는 매출액과 영업이익을 사용하였다. 또한, 수산식품 가공업체들이 현재 투입수준에서 효율적인 운영을 하고 있는지 확인하고자 투입지향 모형을 이용해 분석하였다. 분석결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 2017년부터 2020년까지 4개년간 총 100개의 패널 데이터를 사용해 분석한 결과, CCR 모형에서 상대적으로 효율적인 DMU가 11개, BCC 모형에서 상대적 효율성이 1로 나온 DMU는 37개인 것으로 확인되었다. 4개년의 효율성 평균을 분석한 결과 CCR 모형에서 4년간 모두 1의 효율성을 가진 DMU는 존재하지 않았고 BCC

모형의 경우 4년간 모두 효율성을 가진 DMU는 3개가 존재하는 것으로 확인되었다.

둘째, CCR 모형에서의 평균 효율성은 0.7732로 나타났으며 BCC 모형에서의 평균 효율성은 0.8862로 확인되었다. 두 모형의 효율성 비율을 통해 도출되는 규모의 효율성 평균은 0.8757로 나타났다. 전체적으로, 규모의 효율성이 각 DMU의 효율성에 큰 영향을 주지 못하는 것으로 확인되었다. 하지만 DMU 13의 경우 0.4665의 가장 낮은 규모의 효율성을 가진 것으로 확인되어 이를 타개하기 위한 규모의 조정이 필요한 것으로 판단된다.

셋째, DMU 별 참조횟수를 참고한 결과, 가장 높은 참조횟수를 기록한 DMU 6은 73회, 그다음은 DMU 10의 35회, DMU 7의 30회, DMU 22는 22회로 나타났다. DMU 6과 DMU 7은 수산식품 가공업, DMU 10은 수산동물 냉동업, DMU 22는 수산동물 훈제업에 해당하는 것으로 확인되었다. 수산식품 가공업에서 참조횟수가 많은 DMU가 식별된 만큼, 다른 가공업체들 역시 DMU 6의 운영을 벤치마킹함으로써 추후 운영 방식의 개선을 위한 참고를 할 수 있을 것으로 판단된다.

넷째, SBM 모형을 사용하여 분석한 결과 CCR 모형에서는 평균 효율성 0.3746, BCC 모형에서는 0.6199의 효율성으로 나타나며 앞서 분석한 전통적 DEA 모형과 비교해 낮은 효율성을 보였다. 이는 방사형 모형에서 고려되지 않았던 여분의 존재가 여분 기반 모형에서는 식별되었기 때문이다. CCR 모형에서 가장 높은 평균 효율성으로 나타난 DMU 11의 경우 SBM-CCR 모형에서는 0.7277의 효율성을 기록하며 4번째로 큰 효율성을 보였다. BCC 모형의 경우 상대적 효율적이라 식별된 DMU 10, 12, 21의 경우 SBM-BCC 모형에서는 각각 0.9985, 1, 0.9787을 기록하며 DMU 12만이 유일하게 SBM 모형에서도 효율적인 DMU로 식별되었다.

다섯째, Super-SBM 모형을 사용하여 분석한 결과, SBM-CCR 모형에서 가장 높은 순위를 기록

하였던 DMU 6은 Super-SBM-CCR 모형에서는 2순위, Super-SBM-BCC 모형에서는 1순위로 기록되며 분석모형과 관계없이 높은 순위를 기록하였다. SBM-BCC 모형에서 가장 높은 순위를 기록하였던 DMU 12는 Super-SBM-CCR 모형에서는 1순위, Super-SBM-BCC 모형에서는 2순위를 기록하며 두 DMU는 분석모형과 관계없이 높은 순위에 위치하는 것으로 확인되었다. 반면 SBM 모형에서 규모 수익의 변화 여부와 관계없이 가장 낮은 효율성으로 나타난 DMU 25는 Super-SBM 모형에서도 가장 낮은 순위를 기록하는 것으로 나타났고, 그 다음으로 낮은 효율성을 보였던 DMU 18 역시 마찬가지로 모든 모형에서 DMU 25 다음으로 가장 낮은 순위를 기록한 것으로 나타났다. 분석모형의 종류와 관계없이 높은 효율성을 보인 DMU 6과 DMU 12는 다른 DMU들의 효율성 개선을 위한 벤치마킹의 대상이 될 수 있는 것으로 판단되며, 이는 앞서 분석한 DMU 6과 DMU 12의 참조횟수가 각각 73회, 21회로 나타나며 분석결과와 맥락을 같이 하는 것으로 확인되었다.

여섯째, 그룹 간 효율성의 차이 존재 여부를 확인하기 위해 비 모수적 분산분석 방법인 Kruskal-Wallis Test를 실시하여 앞서 분석한 25개의 가공업체를 세 가지 분류인 수산식품 가공업, 수산동물 냉동업, 수산동물 훈제업 세 가지 그룹으로 나누어 분석을 시행하였다. 앞서 분석에 사용한 6개의 모형 중 BCC, SBM-CCR, SBM-BCC, Super-SBM-CCR 4개 모형에서 통계적 유의성이 존재하는 것으로 나타났다. 본페로니 교정법을 시행한 결과, 수산동물 냉동업이 수산동물 훈제업과 비교해 더 높은 효율성을 가진 것으로 확인되었다. 이는 냉동업이 훈제업과 비교하여 원물 위주의 가공이 주를 이루고 있으며, 가공비용에 있어 상대적 이점을 가지고 있는 것이 상대적 효율성이 더 높은 것에 반영된 것으로 보인다.

일곱째, 해양수산부가 발표한 「제1차 수산식품산업 육성 기본계획」에서 수산물 가공식품의

발전 방향을 ‘신기술 융·복합을 통한 수산식품의 고부가가치화’로 설정할 만큼 수산식품의 고부가가치화는 중요한 사안이다. 하지만 효율성 분석 결과 저차가공이 주를 이루는 수산동물 냉동업이 수산동물 훈제업과 비교해 상대적으로 더 높은 효율성을 가진 것으로 확인되었다. 냉동업이 더 높은 효율성을 보인다는 것은 수산식품 산업의 고부가가치화가 아직 정착되지 못한 것으로 판단되며, 동 계획을 통한 수산식품산업의 육성이 이루어진 후 시간이 지나 효율성 분석이 재시행된다면 지금과는 다른 결과가 도출될 것으로 예상된다.

본 연구는 수산식품 가공업체에 대한 자료확보의 어려움으로 인해 수산물 가공 처리업의 모든 그룹을 분석하지 못했다. 이와 같은 이유로 분석 기간을 보다 더 확장해 효율성을 분석하지 못한 한계점이 존재한다. 추후 충분한 자료의 확보를 통해 가공 처리업 그룹의 추가와 분석 기간 확대가 이루어진다면 지금보다 정직한 효율성 추정이 가능할 것으로 판단된다.

마지막으로, 수산식품 가공업체의 정량적 데이터에 기반한 기술적 분석을 사용하여 가공업체의 효율성 값을 분석했음에 한계가 있으며, 분석된 결과는 기술적 관계에 국한해 그 의미를 해석할 필요가 있다. 더하여 현지조사와 같은 정성적 분석이 시행되지 않아 개별기업에 특화된 정책적 함의를 유도하기 어렵다는 한계점을 지니고 있다. 본 연구 결과에서 높은 참조횟수를 기록한 벤치마킹 대상을 중심으로 현지조사가 동반된다면 보다 더 시사점이 있는 연구가 될 것으로 판단된다.

## References

Banker RD, Charnes A and Cooper WW(1984). Some models for estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 30(9), 1078~1092.

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

Food and Agriculture Organization of the United Nations(2020). The State of World Fisheries and Aquaculture, 65~70.

Jeon YH and Nam JO(2021). Production Efficiency Analysis of Offshore and Coastal Fisheries Considering Greenhouse Gas, *Environmental and Resource Economics Review*, 30(1), 79~105. <https://doi.org/10.15266/KEREA.2021.30.1.79>

Kang HA and Park CH(2016). Analysis of Management Production Efficiency for Abalone Aquaculture in Wando Area, *The Korea Society for Fisheries and Marine Sciences Education*, 28(6), 1629~1639. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2016.28.6.1629>

Kaoru Tone(2001). A Slacks-based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, 130(3), 498~509.

Kim MH(2017). An Analysis of the Mussel Aquaculture productivity using DEA & Tobit Analysis, Master's Thesis in Economics of Pukyong National University.

Korea Rural Economic Institute(2020). Food Balance Sheet, 1~12.

KOSIS(2019). Seafood Processing Industry Statistics

KOSIS(2019). Proportion of Single-Person Households

Kim KY(2021), The Basis for fostering Fisheries Food has been established for Enforcement of the Fisheries Food Industry Act, *Korean School Meal Newspaper*, <https://www.fsnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=41601>

Lee JD and Oh DH(2012). Efficiency Analysis Theory: Data Envelopment Analysis, *JIPHILL MEDIA*. 2~296.

Ministry of Food and Drug Safety(2021). Food Production Results, 11~744.

Ministry of Oceans and Fisheries(2021). The 1st Plan for the Development of the Seafood Industry, 1~31.

Lim KE(2021). 2.5 trillion won in exports of seafood, laver has the highest ever, Ministry of Oceans and Fisheries,

- <https://www.mof.go.kr/article/view.do?articleKey=36933&boardKey=10&menuKey=971&currentPageNo=1>  
Oh YJ, Lee NS and Kim DY(2020). Analysis of Management Efficiency for Abalone Seed Producer based on DEA Approach, The Journal of Fisheries Business Administration, 51(1), 37~52.  
<http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2020.51.1.037>
- Park CH(2010). A study on the Efficiency of Fishing-Ports Based on Super-SBM, The Journal of Fisheries Business Administration, 41(3), 129~151.
- Seo HJ and Park CH(2016). A study on the Effects of TAC System in Red Crab Fishery using DEA, Institute for Humanities and Social Sciences, 17(3), 433~462.  
<http://dx.doi.org/10.15818/ihss.2016.17.3.433>
- William W.Cooper, Lawrence M. Seiford and Kaoru Tone(2007). Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Springer, 1~321
- Yoon SH and Park CH(2015). An Analysis of Efficiency of Sea Food Manufacturing, The Journal of Fisheries Business Administration, 46(2), 111~125.  
<https://doi.org/10.12939/FBA.2015.46.2.111>
- 
- Received : 29 November, 2021
  - Revised : 02 January, 2022
  - Accepted : 17 January, 2022