

한국 수산 양식 생산-에너지-경영 정보 상관관계 분석

(Correlation Analysis of Production, Energy, and Management data in Korea Aquaculture)

송슬기*, 조성윤*

(Seul Ki Song, Sung Yoon Cho)

요약

국내 수산 양식산업은 어업생산량 중에서 양식생산량이 2013년 이후부터 꾸준히 증가한 산업이다. 하지만 국내 양식 현장은 관리자의 경험적 판단에 의존하거나 부분적인 기계화 방식만을 고수하고 있다. 이에 양식어업의 성장세에도 불구하고 양식산업은 생물학적 양식 환경 및 시장의 수요 등 어류 가격의 변동성에 양식 경영자가 동향을 예측하기 어려운 상황이다. 최근 수행된 연구는 주로 어류 가격 자체의 변동성에 대한 연구가 이루어져있어, 어류 가격에 영향을 주는 다른 요인들에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 논문에서는 지속 가능한 양식어업 경영을 위한 기초 연구로써, 양식 산업에 발생하는 데이터들 중 어류 가격에 영향을 주는 요인을 데이터 분석을 통해 도출하고자 한다. 한국 수산 양식의 생산-에너지-경영 데이터를 수집하고 각 요소 간의 상관성을 분석해 양식장 경영자가 양식 산업의 효율적인 의사 결정에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

■ 중심어 : 어류 양식 ; 스마트 양식 ; 유수식 양식 ; 상관 분석 ;

Abstract

The aquaculture industry in South Korea has developed advanced breeding technologies and high-quality farming techniques, contributing to the steady growth of aquaculture production since 2013. However, domestic aquaculture operations still rely on traditional farm environments, with farm managers making decisions based on experiential judgment. Despite the industry's growth, aquaculture operators face challenges in predicting market trends due to the biological complexities of the aquaculture environment and fluctuating fish prices driven by market demand. While recent research has primarily focused on the volatility of fish prices themselves, there is a lack of studies exploring other factors influencing these price fluctuations. This paper serves as a foundational study for sustainable aquaculture management, aiming to identify factors that impact fish prices through data analysis. By collecting and analyzing data on production, energy, and management within Korea's aquaculture industry, this research seeks to provide aquaculture managers with insights that will support efficient decision-making in their operations.

■ keywords : Smart Aquaculture ; Flow-through aquaculture ; Correlation analysis ;

I. 서론

국내 수산 양식 산업은 우수한 육종 기술을 토대로 상업적 생산 및 최고급 품종의 양식 기술을

보유하고 있으며, 국내 양식생산량은 어업생산량 중에서 2023년 기준 총 367만 톤 중 226만 톤으로 63%에 달한다[1]. 2016년 이후로 국내 총 어업생산량에서 양식어업은 연근해어업, 원양어

* 정회원, 한국전자기술연구원 스마트네트워크연구센터

이 논문은 2024년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2022-KS221673, 빅데이터 기반 양식 생산성 향상 기술)

접수일자 : 2024년 10월 15일

수정일자 : 2024년 11월 12일

게재확정일 : 2024년 11월 19일

교신저자 : 조성윤 e-mail : @keti.re.kr

업, 내수면 어업 생산량을 모두 합친 것보다 많다. 하지만 국내 수산 양식 현장은 전통적인 양식장(유수식, 해상가두리 양식장 등)과 종자생산, 입식, 수질 및 수조 관리, 사료 급이, 질병 관리 및 출하까지 양식장 관리자의 경험적 판단에 의존하고 있다[2]. 이에 양식어업의 성장세에도 불구하고 변동성과 불확실성을 가지고 있다.

양식 산업은 생물학적 양식 환경 및 시장의 수요 등 어류 가격의 변동성에 양식 경영자가 동향을 예측하기 어려운 상황이다. 최근 수행된 연구는 주로 어류 가격 자체의 변동성에 대한 연구가 이루어져 있어, 어류 가격에 영향을 주는 다른 요인에 관한 연구는 부족한 실정이다[3]. 따라서 본 논문에서는 지속 가능한 양식어업 경영을 위한 기초 연구를 진행하고자 한다. 양식 산업에서 발생하는 데이터 중 어류 가격에 영향을 주는 요인을 데이터 분석을 통해 도출하고자 한다[4].

본 논문에서는 수산 양식에서 발생하는 다양한 데이터 중 어류 가격 자체에 영향을 줄 수 있는 어류 생산량이 관련된 데이터, 양식장에서 발생하는 에너지 데이터, 어류 양식장의 경영 데이터로 분류하여서 관련된 자료를 수집한다. 효율적인 분석을 위해 한국 수산 양식 중 넙치를 기준으로 넙치 가격 및 생산이 관련한 통계적 자료를 수집한다. 수집된 데이터는 생산-에너지-경영에 맞춰 분류하고 이를 분석한다. 수집된 데이터는 시간의 흐름에 따른 변동의 시계열적 특성을 분석하고 각 시계열적 상관성을 살펴본다. 이 과정에서 도출되는 분석 결과는 양식 산업에서 발생하는 데이터 중 상관관계가 높은 요인을 도출한다.

II. 본 론

1. 데이터 및 분석 방법

가. 자료 수집

본 연구에서는 한국 수산 양식에서 발생하는

데이터 중 상관관계를 분석하기 위한 자료를 수집하였으며, 효율적인 분석을 위해 한국 수산 양식 중 제주 넙치 양식을 기준으로 통계적 자료를 수집하였다.

어류 생산량과 관련된 데이터는 KMI 관측센터에서 지역별 넙치 양식장의 지역별 출하량, 산지 가격, 수출량 등을 수집하였다. 또한 통계청에서 제공하는 어류양식동향조사 중 넙치 양식장의 입식량, 생산량, 생산 금액, 현 사육량, 사료량 등을 수집하였다. 통계청에서 제공하는 데이터 중 폐사량은 2010년 이후 데이터가 존재하지 않아 제외했으며, 현 사육량의 경우 연도별 500g 이상의 데이터는 분류가 달라져 합계로 재분류했다. 사료량의 경우 생사료와 배합사료의 비용 등 비교 대상이 존재하지 않아 함께 데이터만 사용하였다.

어류 양식 경영과 관련된 데이터는 수산 협동조합 중앙회에서 제공되는 넙치 양식장에서의 종묘대, 시설 유지비, 운영 관리비, 사료비 등을 수집하였다.

수산 양식 에너지 데이터 관련 공공 통계 데이터는 통계청에서 제공하는 한국전력공사 한국전력 통계 자료를 수집하였다. 전기는 양식장의 핵심 에너지원이자 필수재로 양식장에서는 농사용(을)에 해당한다. 넙치류는 육상수조식 양식시설에서 생산되며, 제주도는 99%가 육상수조식 양식어가 이다.[5]. 따라서 제주도 농림어업의 전력량 자료를 수집하였다.

표 1. 생산-에너지-경영 데이터 목록

분류	데이터 내용	데이터 주기	데이터 수집 기간	데이터 수	출처
생산	제주도, 완도 출하량(톤), 중량별 산지 가격(원), 수출량(톤)	월	2008-2022	2,520	KMI 관측센터
	전국 넙치 입식량(천마리), 생산량(M/t), 생산 금액(백만원), 현사육량(천마리), 사료량(M/t)	연	2006-2023	202	통계청 어류양식동향조사
경영	종묘대, 시설유지비, 운영 관리비, 인건비, 사료비(원)	연	1990-2022	165	수산 협동조합 중앙회
에너지	제주 농림어업 중 전력단가(원), 전력량	연	2006-2023	36	통계청 한국전력공사 한국전력통계

나. 데이터 전처리 및 분석 방법

수집된 자료의 주기가 월 단위 또는 연 단위 데이터이다. 상관관계 분석을 위해서는 데이터의 수집 주기를 일치시켜야 하며, 이를 위한 방법으로 다음과 같이 2가지가 있다[6].

첫째, 연 단위의 데이터를 월 단위로 변환시키는 방법이다. 이는 정보가 불확실한 상황에서 1개의 데이터를 사용해 12개의 데이터로 증강해야 하므로 데이터의 왜곡이 크게 발생할 수 있어 적합하지 않다.

둘째, 월 단위의 데이터를 연 단위로 변환하는 방법이다. 12개의 데이터를 사용하여 1개의 데이터로 축소해야 하므로 반대의 경우와 비교하였을 때 상대적으로 큰 데이터의 왜곡이 발생할 가능성은 작지만, 데이터 이상치 보정이 필요하다.

IQR(Inter-Quartile Range) 방식은 12개의 월 단위 데이터 중 1st quartile과 3rd quartile 사이에 존재하는 6개의 월 단위 데이터의 평균을 취하는 방법으로 이상치를 보정할 수 있다.

KMI 관측센터에서 수집한 월 단위의 통계 데이터는 IQR 방식으로 연 단위로 데이터를 변환하고 수산 협동조합 중앙회의 제공 데이터, 어류양식동향조사의 데이터, 한국전력 데이터의 동일 기간인 2008년부터 2022년까지로 구축하였다.

생산-에너지-경영데이터의 상관관계를 도출하기 위한 지표값으로 Pearson 상관계수와 p-value 결과를 이용한다. Pearson 상관계수는 서로 다른 변수 사이의 상관도를 나타내는 척도로 -1과 1 사이의 범위에서 형성된다[7]. 상관 분석 결과에서 p-value 가 0.05 이하인 변수 쌍을 중심으로 생산-에너지-경영데이터의 상관관계를 분석하고자 한다[8].

2. 데이터 상관관계 분석

생산-에너지-경영데이터 간의 상관관계를 분

석하기 전에 분류된 데이터 간의 상관도를 우선 분석하고 마지막으로 생산-에너지-경영데이터 간의 상관도를 분석한다.

가. 양식장 생산 입력 기반 상관도 분석

(1) 제주 출하량, 무게별 산지 가격, 수출량 사이 상관도 분석

제주 넙치 출하량이 증가하면 제주 넙치 산지 가격이 감소하는 음의 상관관계의 경향성이 나타난다. 넙치의 무게가 증가할수록 감소하는 정도가 크다. 제주 넙치 출하량이 증가하면 수출량은 증가하는 양의 상관관계의 경향성이 나타난다. 넙치의 무게와 무관하게 넙치 산지 가격 사이에는 높은 양의 상관관계를 보인다.

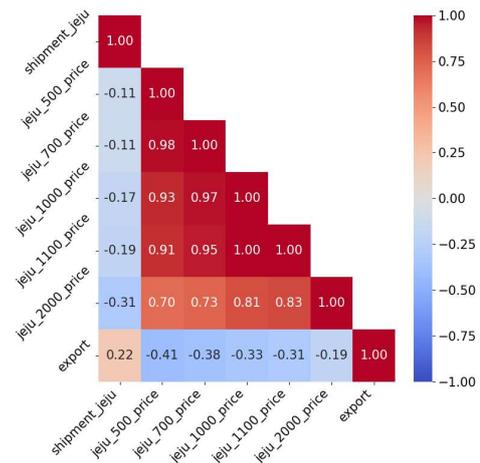


그림 1. 제주 지역 넙치 생산 데이터 사이 상관계수

(2) 제주-완도 넙치 무게별 산지 가격 사이 상관도 분석

동일 넙치 무게에 대해 서로 다른 두 지역 사이의 상관도를 비교하였을 때, 1에 근접한 상관계수가 도출되므로 서로 다른 지역에서 생산된 넙치라도 동일 무게에 대한 산지 가격은 매우 높은 가격 경향성을 따라가는 것을 알 수 있다. 또한 지역 변수 사이에는 매우 높은 상관도를 보인다.

따라서 이후 분석에는 제주 지역을 기준으로 분석하였다.

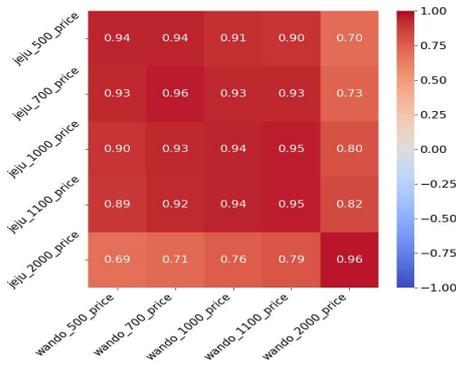


그림 2. 제주-완도 넙치 무게별 산지가격 상관계수

(3) 양식장 생산 변수 관련 상관도 분석

제주 출하량과 국내 생산 금액, 국내 현 사육량 간의 상관관계가 양의 상관관계의 경향성이 나타난다. 출하량이 증가하면 생산 금액과 현 사육량도 약간 증가할 수 있다는 것을 시사한다.

국내 사료량과 출하량, 국내 생산 금액, 현 사육량은 양의 상관관계의 경향성이 나타난다. 사료량이 증가할 때 출하량, 생산 금액, 사육량이 다소 증가할 수 있음을 나타낸다. 1kg 이하의 넙치 가격과 수출량 간의 상관관계가 음의 상관관계를 보인다.

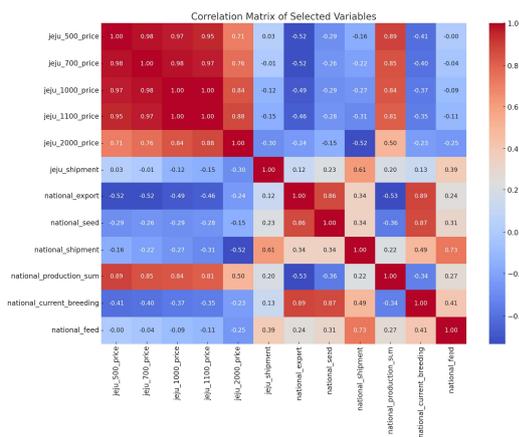


그림 3. 양식장 생산 데이터 상관계수

나. 양식장 경영 입력 기반 상관도 분석

사료비와 전체 양식장 유지비, 시설비와 전체 양식장 유지비 사이 상관계수가 1에 근접한 것으로 보아 전체 양식장 유지비와 가장 유사한 경향성을 나타내는 요소는 사료비와 시설비인 것으로 알 수 있다.

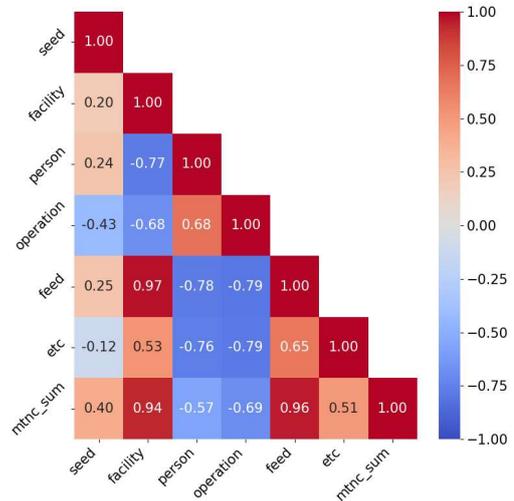


그림 4. 양식장 경영 데이터 상관계수

다. 양식장 생산-에너지-경영 상관도 분석

표 2는 생산-에너지-경영의 상관관계 중 주요 변수 간의 상관계수와 p-value 값을 정리한 표이다. 피어슨 상관계수가 절대값 1에 가까울수록 p-value 값이 <0.001 이며, 피어슨 상관계수 절대값이 >0.5 일 때, p-value 값이 <0.05 로 유의미한 상관관계임을 알 수 있다.

넙치 1kg 미만의 산지 가격과 전체 양식장 운영비, 전력 단가 간의 양의 상관관계를 보인다. 이는 전력 단가가 높아질수록 운영비와 넙치 1kg 미만 가격이 증가할 수 있음을 의미한다.

입식량과 현사육량은 수출량과 양의 상관관계를 보이며, 수출량, 입식량, 현사육량은 에너지 데이터의 전력 단가 및 전력 사용량과 음의 상관관계를 보인다. 또한 경영 비용 중 시설비, 종묘비, 양식장 유지비 등은 수출량, 입식량, 현사육량과 음의 상관관계를 보인다.

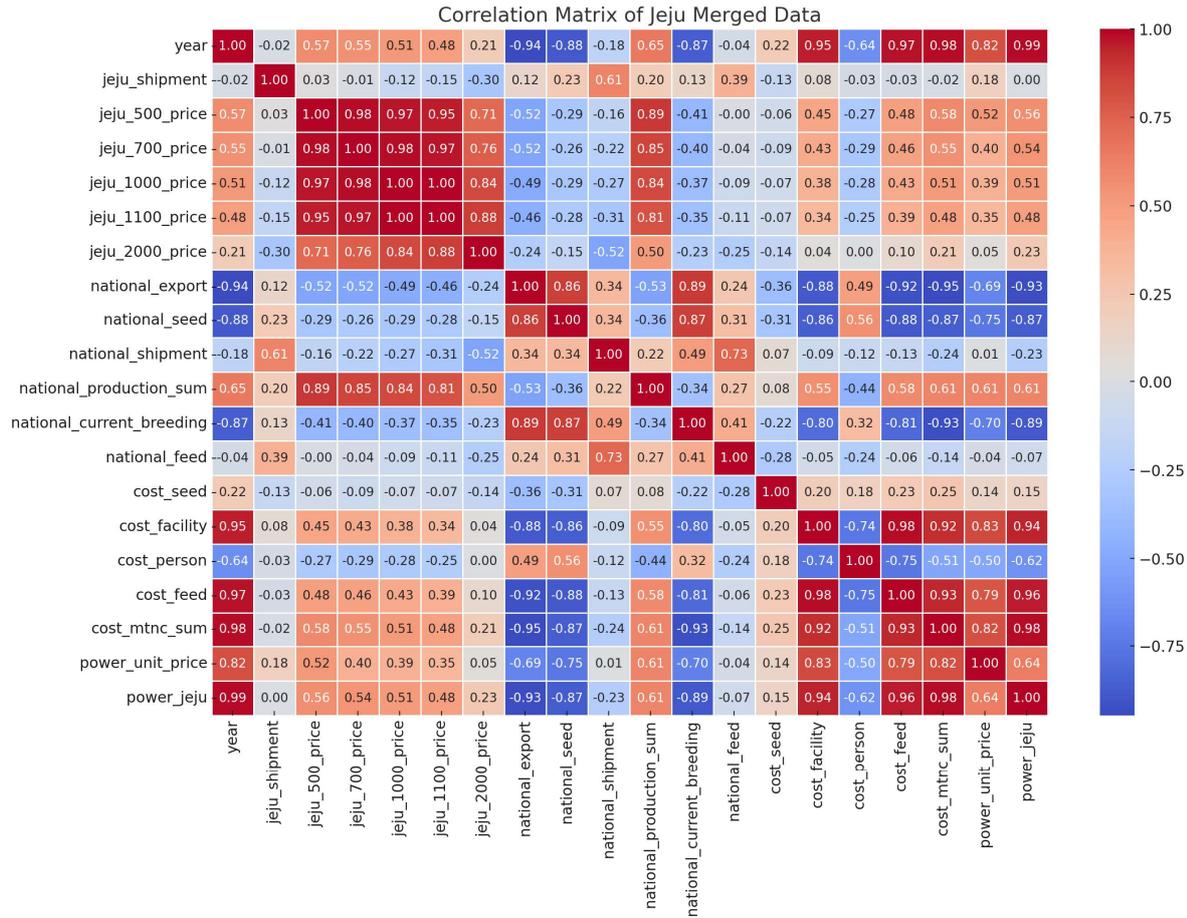


그림 5. 양식장 생산-에너지-경영 피어슨 상관계수

변수1	변수2	피어슨 상관계수	p-value
수출량 (national_export)	전체 양식장 유지비 (cost_mtrc_sum)	-0.946	<0.001
수출량 (national_export)	제주 전력량 (power_jeju)	-0.933	<0.001
전국 넙치 현사육량 (national_current_breeding)	전체 양식장 유지비 (cost_mtrc_sum)	-0.925	<0.001
수출량 (national_export)	양식장 사료비 (cost_feed)	-0.922	<0.001
제주 500g 가격 (jeju_500_price)	수출량(national_export)	-0.516	0.049
제주 500g 가격 (jeju_500_price)	제주 농림어업 전력 단가 (power_unit_price)	0.515	0.049
제주 700g 가격 (jeju_700_price)	제주 1000g 가격 (jeju_1000_price)	0.980	<0.001
전체 양식장 유지비 (cost_mtrc_sum)	제주 전력량 (power_jeju)	0.980	<0.001
제주 500g 가격 (jeju_500_price)	제주 700g 가격 (jeju_700_price)	0.980	<0.001
제주 1000g 가격 (jeju_1000_price)	제주 1100g 가격 (jeju_1100_price)	0.997	<0.001

표 2. 생산-에너지-경영 주요 변수 간의 상관관계 분석
분석된 상관관계에서 음의 상관관계가 높은 쌍은 ‘수출량-양식장 유지비’, ‘수출량-제주 전력량’, ‘넙치 현사육량-양식장 유지비’, ‘수출량-사료비’ 등이며, 양의 상관관계가 높은 쌍은 ‘양식

장 유지비-제주 전력량’, ‘500g 산지가격-700g 산지가격’, ‘1000g 산지가격-1100g 산지가격’ 등이다. 상관관계가 높은 쌍을 현상적 인과 관계에 따라 분석한 결과는 다음과 같다.

라. 생산-에너지-경영데이터 현상적 인과 관계 분석

입식량, 사료량, 현사육량은 상관관계 향상이 유사하며, 해당 항목이 증가하면 출하량과 수출량이 증가한다. 출하량 및 수출량이 증가함에 따라 증량별 생산 단가는 하락한다. 시설비, 사료비, 전력 단가 등 비용이 증가하면 전체 양식장 유지비도 증가하고 이에 따른 증량별 생산 단가도 증가한다.

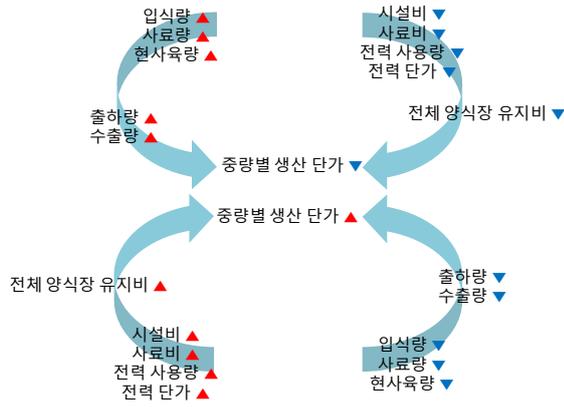


그림 6. 생산-에너지-경영 현상적 인과 관계

III. 결 론

본 논문에서는 한국 수산 양식의 생산-에너지-경영 자료를 수집하고 분야별 요소 간의 상관성을 분석했다. 수산 양식의 가격에 영향을 주는 요인은 양식장 유지비와 에너지 사용료 등이 생산 단가를 상승시킬 수 있으며, 입식량, 현 사육량 증가함에 따라 생산량이 증가하면 수출량은 상승하고 중량별 생산 단가는 하락할 수 있다. 향후 양식 생산과 가격 변동 요인 간의 관계 등을 파악하여 양식 경영의 효율성을 높이기 위한 어류 생산 및 가격 의사 결정을 위한 예측 모델 연구 및 빅데이터 분석 연구 등으로 확대 발전함으로써 양식장 생산 계획에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

[1] Statistics Korea, "Fishery Production Survey in 2023," (2024). <https://www.kostat.go.kr/>(accessed Oct., 14, 2024).

[2] 안상중, 마창모, 김세한, 정득영, 조성운, 권기원, "어가수용성 향상을 고려한 디지털양식의 정의 및 발전방향," *Journal of Internet Computing and Services (JICS)*, 제24권, 제4호, 93-105쪽, 2023년 8월

[3] 송유노, "인공신경망 모델을 활용한 제주지역 양식 넙치 산지가격 예측 연구," *부경대학교 대학원 경영학 석사 학위논문*, 2021년 8월.

[4] Sjaak Wolfert, Lan Ge, Cor Verdouw, Marc Jeroen Bogaardt, "Big Data in Smart Farming -

A review", *Agricultural Systems*, Vol. 153, pp. 69-80, 2017.

[5] 박진규, "육상양식장 전기료 지원방안", *한국수산양식연구소, 수시연구* 2023-04, 1-45쪽, 2023년

[6] 이충권, "빅데이터 정보시스템의 구축 및 사례에 관한 연구," *스마트미디어저널*, 제4권, 제3호, 56-61쪽, 2015년 9월

[7] 황기석, 차경진, "비대면 채널 유형에 따른 이용자 만족도 비교 분석 연구: 토픽모델링을 활용하여," *스마트미디어저널* 제13권 제7호, 27-35쪽, 2024년

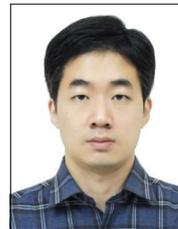
[8] 노미진, 이충권, "빅데이터 분석능력과 가치가 비즈니스 성과에 미치는 영향," *스마트미디어저널*, 제10권 제1호, 108-115쪽, 2021년 03월

저 자 소 개



송슬기(정희원)

2014년 서울여자대학교 멀티미디어학과 학사 졸업.
 2017년 서울여자대학교 정보미디어학과 석사 졸업.
 2017년~ 현재 한국전자기술연구원 스마트네트워크연구센터 연구원
 <주관심분야 : 미디어 처리, ICT 융합>



조성운(정희원)

2006년 연세대학교 전기전자공학과 졸업.
 2008년 연세대학교 전기전자공학과 석사 졸업.
 2013년 연세대학교 전기전자공학과 박사 졸업.

2020년 삼성전자 시스템 LSI 사업부 책임연구원
 2020년~현재 한국전자기술연구원 스마트네트워크연구센터 책임연구원
 <주관심분야 : 5G/6G 통신시스템, 적응적 신호처리, 딥러닝>