



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

경 영 학 석 사 학 위 논 문

인공신경망 모델을 활용한 제주지역
양식 넙치 산지가격 예측 연구



2021년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

해양수산경영학과

송 유 노

경 영 학 석 사 학 위 논 문

인공신경망 모델을 활용한 제주지역
양식 넙치 산지가격 예측 연구

지도교수 김 도 훈

이 논문을 경영학석사 학위논문으로 제출함.

2021년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

해양수산경영학과

송 유 노

송유노의 경영학석사 학위논문을
인준함.

2021년 8월 27일



위 원 장 관광경영학박사 이 상 철 (인)

위 원 경 영 학 박 사 박 경 일 (인)

위 원 경 영 학 박 사 김 도 훈 (인)

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 배경 및 필요성	1
2. 연구의 목적 및 방법	4
II. 선행연구	5
1. 수산분야에서의 가격 예측에 관한 연구	5
2. 인공신경망 모델을 활용한 가격 예측에 관한 연구	7
III. 넙치 양식업 현황	9
1. 생산 현황	9
2. 지역별 생산 현황	9
3. 생산금액 현황	11
IV. 분석 자료 및 방법	14
1. 분석 자료	14
2. 분석 방법	20
1) 다중회귀분석	20
2) 인공신경망 모델	23
3) 예측오차율	28
V. 분석 결과	30
1. 다중회귀분석 결과	30
1) 단위근 검정 결과	30
2) 공적분 검정 결과	32
3) 회귀분석 결과	34
2. 인공신경망 모델 분석 결과	41

1) Multi-layer feedforward network 분석 결과	41
2) Generalization regression neural network 분석 결과	45
3. 예측오차율 분석 결과	48
 VI. 요약 및 결론	 51
 참고문헌	 54
 부록	 60



표 목 차

<표 3-1> 연도별·지역별 양식 넙치 생산량	11
<표 3-2> 연도별·지역별 양식 넙치 생산금액	17
<표 4-1> 기초통계량	15
<표 4-2> 변수의 설명 및 자료 출처	19
<표 5-1> 수준변수 단위근 검정 결과	31
<표 5-2> 1차 차분변수 단위근 검정 결과	32
<표 5-3> 정보기준에 따른 시차 결정	33
<표 5-4> 선형 결정적 추세 공적분 검정 결과	34
<표 5-5> 한정된 선형 결정적 추세 공적분 검정 결과	34
<표 5-6> 2018년 12월까지의 다중회귀분석 결과	35
<표 5-7> 다중회귀분석을 통한 2019년 제주 양식 넙치 산지가격 예측 결과	37
<표 5-8> 2019년 12월까지의 회귀분석 결과	38
<표 5-9> 다중회귀분석을 통한 2020년 제주 양식 넙치 산지가격 예측 결과	40
<표 5-10> 2018년 12월까지의 MLFN 모델 분석 결과	42
<표 5-11> MLFN 모델의 2019년 제주 양식 넙치 산지가격 예측 결과	42
<표 5-12> 2019년 12월까지의 MLFN 모델 분석 결과	43
<표 5-13> MLFN 모델의 2020년 제주 양식 넙치 산지가격 예측 결과	44
<표 5-14> 2018년 12월까지의 GRNN 모델 분석 결과	45

<표 5-15> GRNN 모델의 2019년 제주 양식 넙치 산지가격 예측 결과	46
<표 5-16> 2019년 12월까지의 GRNN 모델 분석 결과	46
<표 5-17> GRNN 모델의 2020년 제주 양식 넙치 산지가격 예측 결과	47
<표 5-18> 2019년 예측오차율 분석 결과	49
<표 5-19> 2020년 예측오차율 분석 결과	50



그 립 목 차

<그림 1-1> 연도별 국내 수산물 생산량	1
<그림 1-2> 양식 수산물의 유통경로(활어 중심)	3
<그림 3-1> 연도별 양식 넙치 전체 생산량	9
<그림 3-2> 연도별·지역별 양식 넙치 생산량	13
<그림 3-3> 연도별 양식 넙치 전체 생산금액	12
<그림 3-4> 연도별·지역별 양식 넙치 생산금액	13
<그림 4-1> 제주지역 양식 넙치 산지가격 추세	16
<그림 4-2> 인공신경망 모델 구조	24
<그림 4-3> Multi-layer feedforward network 구조	25
<그림 4-4> Generalization regression neural network 구조	27
<그림 5-1> 다중회귀모형을 활용하여 예측한 2019년과 2020년 오차 비교	41
<그림 5-2> MLFN 모델을 활용하여 예측한 2019년과 2020년 오차 비교	44
<그림 5-3> GRNN 모델을 활용하여 예측한 2019년과 2020년 오차 비교	48

인공신경망 모델을 활용한 제주지역 양식 넙치 산지가격 예측 연구

송 유 노

부 경 대 학 교 대 학 원 해 양 수 산 경 영 학 과

요 약

넙치는 팽어라고도 하며, 국민 횡감으로 불리는 우리나라 대표 양식어류 중 하나이다. 넙치는 현재 국내 양식어류 생산량의 약 50%를 차지하고 있다. 또 주요 생산원인 양식은 생산량의 94%가 제주도 및 전라남도에서 생산되고 있다. 이러한 양식 넙치의 산지가격은 다양한 영향으로 인해 하락과 상승을 반복하고 있다. 이러한 불규칙한 가격 변동은 양식어가 및 소비자 모두에게 부정적 영향으로 이어진다. 이러한 현상을 방지하기 위해서는 가격 예측을 통해 미래를 예측하고, 수급량을 조절하여 공급량과 가격을 안정시켜야 한다.

본 연구에서는 주 생산지인 제주지역의 양식 넙치 산지가격 예측을 하였다. 가격 예측 시 타 분야에서 활발한 연구가 이루어지고 있는 인공신경망 모델을 활용하였으며, 기존 수산분야의 가격 예측 연구에서 활용되고 있는 분석법과 비교하여, 가격 예측에 더 유리한 방법을 제시하고자 하였다.

분석에 있어서는 2005년 10월부터 2020년 12월까지 183개의 제주도 양식 넙치 월별 산지가격을 포함한 11개의 자료를 변수로 사용하였으며, 코로나 19로 인한 불확실성을 고려하여 2019년 1월부터 12월까지와 2020년 1월부터 12월까지를 나누어 예측해 보았다. 인공신경망 모델은 Multi-layer feedforward network(MLFN) 모델과 Generalized regression neural network(GRNN) 모델을 사용하였고, 비교 모델로 다중회귀분석법을 사용하였다. 활용된 모델을 비교하기 위해 평균절대백분율오차(mean absolute percent error, MAPE)를 예측오차율로 사용하였다.

분석 결과, 2019년의 예측오차율은 다중회귀분석 6.46%, MLFN 모델 5.61%, GRNN 모델 5.26%로 나타났다. 2020년의 예측오차율은 다중회귀분석 8.63%, MLFN 모델 6.78%, GRNN 모델 6.04%로 나타났다. 최종적으로 GRNN 모델이 본 연구에서 적합도가 가장 우수한 것으로 평가되었다.

본 연구에서는 기존에 활용되지 않았던 다양한 변수와 인공신경망 모델을 활용해 분석하였다. 그 결과, 분석에 활용된 인공신경망 모델들이 다중회귀분석법보다 평균오차와 예측오차율 모두 더 적합한 결과를 도출해 냈다. 이에 따라, 향후 수산물 가격 예측 연구 시 인공신경망 모델을 적극 활용하는 방안을 강구할 필요가 있을 것이다.

A study on predicting the producer price of farmed Olive flounder in
Jeju Island using artificial neural network models

Yu No Song

Department of Marine & Fisheries Business and Economics,
The Graduate School, Pukyong National University

Abstract

Olive flounder is one of the representative fish farmed in Korea, which is called the national sashimi. Currently, it accounts for about 50% of domestic farmed fish production and 94% of farmed olive flounder production is produced in Jeju Island and Jeollanam-do. The fluctuation range of production and price increases due to various reason, which has negative impacts on both producers and consumers. In order to prevent this fluctuation, it is necessary to predict future prices. Adjust supply and demand, and stabilize supply and prices.

In this study, the producer price of farmed olive flounder in Jeju Island, the main production area, was predicted. In price prediction, an artificial neural network models, which have been widely researched in other fields, were used.

For the analysis, 11 data including monthly prices of farmed olive flounder in Jeju Island from October 2005 to December 2020 were used as variables. Due to the presence of uncertainty by COVID-19 in 2020, the predictions were divided into January 2019 to December 2019 and January 2020 to December 2020. As artificial neural network models, a multi-layer feedforward network (MLFN) model and a generalized regression neural network (GRNN) model were used, and multiple regression model was used as a comparative model. To compare results of models, mean absolute percent error (MAPE) was used as the prediction error rate.

As results, the prediction error rate in 2019 was 6.46% for multiple regression model, 5.61% for MLFN model, and 5.26% for GRNN model. In addition, the prediction error rate in 2020 was 8.63% for multiple regression model, 6.78% for MLFN model, and 6.04% for GRNN model. That is, the GRNN model showed

the best fit in this study.

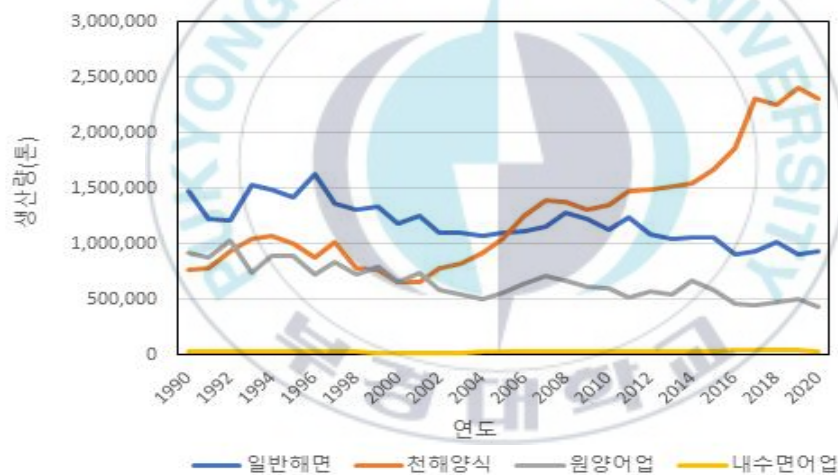
The artificial neural network models used in the analysis produced more suitable results in both the mean error and the prediction error rate than the multiple regression model. It is suggested that artificial neural network models could be utilized in seafood price predictions.



I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

국내 생산효율의 극대화 등 양식업의 성장을 위해 다양한 기술들을 발전시키려 많은 연구 및 개발을 진행하고 있다. 그 결과, 양식업이 수산업 생산에서 차지하고 있는 비중이 매해 커져, 연간 생산량의 경우 2006년부터 천해양식어업이 일반해면어업을 앞서 나갔고, 그 차이가 계속 벌어지고 있다(<그림 1-1> 참조).



자료: 통계청 (2021), 어업생산동향조사

<그림 1-1> 연도별 국내 수산물 생산량

이러한 현상은 양식업 기술의 급진적 발달로 기르는 어업이 잡는 어업을 대체할 수 있는 수준까지 올라와 현재 수산업의 대표적 생산 요소로 자리 잡았다. 이로 인해 이전에 자주 접하지 못했던 수산물들을 양식하면서 쉽게 접할 기회가 생기고, 대량 생산을 할 수 있는 환경이 만들어지면서 과거의 같은 수산물이 소비자가 체감할 수 있을 정도로 가격이 낮춰질 수

있게 되었다. 현재 국내의 천해양식어업 주요 생산품으로는 전복, 김, 넙치, 조피볼락 등이 있다.

이 중 넙치는 광어라고도 불리며, 1984년 국립수산물과학원에서 인공종묘 생산기술을 개발한 이후, 1990년대 초 넙치 양식업을 산업적 규모로 발전시켰다(국립수산물과학원, 2016). 이후 2020년 기준 연간 양식어류량 61,583천 마리, 생산량 43,813톤, 생산금액 5,392억 원을 기록했다(통계청, 2021). 즉, 넙치의 생산량과 생산금액이 양식어류 중 가장 높은 수치를 나타내어 국내 양식업의 큰 비중을 차지함과 동시에 현재 양식업을 대표하는 양식어류 품종으로 자리 잡았다.

또한 양식 넙치는 국내 넙치류 생산량의 90% 이상을 차지하며 과거와 비교해 유통이 활성화되어 이전에 가지고 있던 고급 횡감의 이미지를 벗어나 어느 횡집에서나 찾을 수 있는 국민 횡감의 이미지로 만들어졌다. 현재 양식 넙치는 제주도와 완도에서 주로 양식되고 있으며, 두 지역의 양식 넙치 생산량은 약 94%를 차지하고 있다(통계청, 2021).

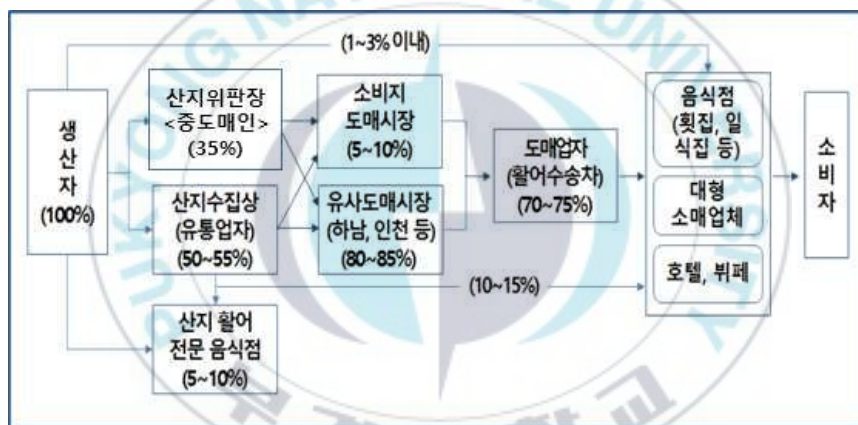
이러한 양식 넙치가 양성물량 및 출하가능물량의 증가, 세계 금융위기, 일본 쿠도아츄 식중독 원인균 및 방사능 문제, 횡감용 대체어종 수입량 증가, 그리고 수온 변화와 태풍 등의 수산재해 및 자연재해 등 내·외부 영향으로 인해 산지가격이 하락하였다. 이는 어가경영 및 소비자 모두에게 불안정 요인으로 작용하고 있다. 따라서 가격 안정은 계획경영을 도모하기 위한 필수 요소이다(해양수산개발원, 2019).

이처럼 미래의 가격 예측을 통해 앞서서 정보를 얻고, 수급에 긍정적 영향을 줄 수 있다는 점에서 수산분야뿐만이 아닌 농산물, 광물 등의 다양한 산업에서 가격 예측은 중요하게 여겨져 많은 연구가 이루어지고 있다.

특히 과거의 고전적 회귀모형을 사용한 통계적 분석법을 대체하는 방법으로 최근 딥러닝, 머신러닝 등의 인공지능경망 모델을 활용한 가격 예측이 주목받고 있으며, 다양한 분야에서 연구가 이루어지고 있다. 하지만 국내 수산분야의 가격 예측에 관한 연구 중 인공지능경망 모델을 활용한 연구는 아직 많지 않은 실정이다. 다양한 연구방법의 활용은 양식업의 현장과 연

구자에게도 도움이 될 수 있으며, 정책적으로도 긍정적인 효과를 가져올 수 있다. 이에 본 연구에서는 인공신경망 모델을 활용하여 가격 예측을 행해 보고자 하였다.

가격 예측 시 어떤 가격을 대상으로 예측하는가도 중요하다. 수산물의 특성상 복잡한 유통구조로 되어 있어, 어떠한 경로에서 소비하느냐에 따라 가격 차이가 발생한다(<그림 1-2> 참조). 이러한 특징 속에서 산지가격은 유통구조의 가장 선두에 존재하여 앞서 언급된 내·외부 영향을 최우선으로 받으며, 이후의 모든 유통경로에서 판매되는 가격을 선도하는 특징을 가진다(강종호 외, 2000).



자료: 해양수산부 유통정책과 (2020), 2019년 수산물 생산 및 유통산업 실태조사 결과

<그림 1-2> 양식 수산물의 유통경로(활어 중심)

본 연구에서는 가장 많은 생산량을 기록하고 있는 제주지역의 양식 넙치 산지가격을 대상으로 하였다. 산지가격에 영향을 미치는 변수들을 이전 연구들에서 사용된 분석 방법과 인공신경망 모델을 활용하여 가격 예측을 하고, 예측값을 비교 분석하여 가격 예측의 다양한 방법을 제시하고자 한다.

2. 연구의 목적 및 방법

본 연구에서는 제주지역 양식 넙치의 산지가격을 예측하기 위해 종속변수로 설정하였다. 제주지역 양식 넙치의 산지가격에 내·외부 영향을 미치는 변수들을 선행연구를 통해 선정하고, 선정된 변수들을 종속변수의 1개월 이전 시차들을 설명변수로 설정하여 월별 시계열 자료로 사용하였다. 이를 통해 1개월 이전에 발생한 변수들이 산지가격 예측에 어느 정도 영향을 미치는지 분석하였다.

분석에 활용된 모델은 최근 활발한 연구가 이루어지고 있지만, 수산분야에서는 아직 많이 적용되지 않고 있는 인공신경망 모델을 활용하였다. 그리고 과거의 가격 예측 연구 시 주로 사용되었던 모델과 분석 결과를 비교해보았다.

이후 선정된 모델로 도출된 예측 결과를 바탕으로 실제 가격과 예측값을 예측오차율을 사용하여 모델들의 예측력을 비교하였다. 이러한 분석 결과를 통해 현재 수산분야의 가격 예측에 관한 다양한 방법을 제시하고자 하였다.

II. 선행연구

1. 수산분야에서의 가격 예측에 관한 연구

옥영수 등(2007)은 양식 넙치 산지가격과 소비지가격 시계열 자료를 ARIMA 모형과 VAR 모형을 활용하여 향후 넙치 가격을 예측 분석하였다. 분석 결과, RMSE는 5.06%로 ARIMA(1, 1, 0)(0, 1, 0)12가, MAPE는 5.15%로 ARIMA(2, 1, 1)(2, 1, 2)12가 가장 낮게 분석되어, ARIMA 모형이 VAR 모형보다 전체적으로 더 낮은 예측오차를 보였다. 분석 결과를 바탕으로 산지가격이 소비지가격을 설명하는 경향을 띠고 있으며, 장기 추세선이 영향을 미치는 것으로 추정되었다.

남종오 등(2012)은 굴 실질위판가격, 실질소매가격, 바지락 실질생산가격, 통영지역의 수온 및 강수량의 월별 자료를 사용하여 다중회귀모형, ARIMA 모형, VAR 모형을 활용해 국내 천해양식 굴의 월별 실질위판가격을 단기간 예측하고, 예측치와 실제값 사이의 예측오차와 예측검정 분석법을 통해 비교 및 분석하였다. 분석 결과, 2011년 9월의 굴 가격에 대한 예측으로 예측오차는 다중회귀모형이 1.21원/kg으로 가장 적은 차이를 보였고, VAR 모형은 RMSE=5, MAE=392.662, MAPE=9.725로 가장 낮은 값을 보여 예측검정 분석법에 따른 적합 모형은 VAR 모형으로 나타났다.

황강석 등(2012)은 TAC 제도 시행 이전인 1996년부터 1998년까지의 일일 고등어 위판량과 위판가격을 기초로 한 전체 자료 800개 중 무작위로 추출하여 학습용 자료, 검증용 자료, 예측용 자료로 사용하였고, 인공신경망 기법 중 교사값 제시 계층형 네트워크(supervised learning multi-layer perceptron network)를 오차역전파법 알고리즘(error back-propagation algorithm)을 사용하여 고등어의 위판가격을 예측하고 변동 예측 가능성에 대해서 실험하였다. 분석 결과, 학습 결과 $y=0.901x$ ($R^2=0.584$), 검증결과 $y=0.892x$ ($R^2=0.396$), 예측결과 $y=0.904x$ ($R^2=0.635$)로 사용한 자료 전체에

서 실제값과 예측값 사이의 높은 상관관계가 나타나 인공지능망 기법을 활용한 일단위의 고등어 위판가격 예측이 가능하다는 결론을 도출했다. 또한, 기후변화와 관련된 물리, 생물학적 해양환경 및 기타 환경 변수의 활용으로 높은 정밀도의 어획량 변동 예측이 가능하다고 분석하였다.

남종오 등(2014)은 김 실질 위판가격, 김 수출량, 1인당 양곡소비량, 콩치 생산량 그리고 완도지역 수온을 대상으로 한 월별 자료를 사용하여 다중회귀모형, ARIMA 모형, VECM 모형을 활용해 김의 단기 실질위판가격을 예측하고, 예측치와 실제값 사이의 예측오차와 예측검정 분석법을 통해 비교 및 분석하였다. 분석 결과, 다중회귀모형이 2012년 12월 58.11원/kg, 2013년 12월 - 7.68원/kg의 가장 적은 예측오차를 나타냈으며, 예측검정 또한 RMSE=104.588, MAE=73.161, MAPE=10.152로 가장 낮은 값을 보여 예측오차 및 예측검정 분석법에 따른 적합 모형은 모두 다중회귀모형이 상대적으로 가장 우수한 것으로 나타났다.

김태현·남종오(2016)는 ARMA 모형, GARCH 모형, VAR 모형을 이용하여 냉동 고등어 소매가격을 예측하고, 예측력이 우수한 모형을 식별하기 위해 DM 검정을 이용하였다. 분석 결과, ARMA(2, 1)-GARCH(1,1) 모형이 MSPE 0.0104%, MAPE 0.3997%로 가장 낮은 수치를 보여 ARMA 모형 및 GARCH 모형이 냉동 고등어 가격 예측 시 가장 우수한 예측 모형으로 확인되었다.

남종오·정민주(2017)는 ARMA 모형을 활용하여 1kg 기준 제주 양식 넙치의 월별 산지 가격을 사용하여 예측하고, MDM 모형을 활용하여 모형들 간의 예측적합도를 비교하였다. 분석 결과, MSE는 AR(2) 모형이 1, 2, 3, 6개월의 오차가 가장 적었으며, ARMA(1,1) 모형이 12개월의 오차가 가장 적은 것으로 분석됐다. 또한, MAE는 ARMA(1,1) 모형이 모든 시차에서 오차가 가장 적은 것으로 분석됐다.

한다정·박철형(2018)은 신선물오징어, 냉동오징어, 마른오징어의 월별 소매가격 자료를 사용하여 ARIMA 모형, SARIMA 모형, Holt-Winters 지수평활법을 활용한 예측값들을 예측력 평가와 MDM 검정을 활용하여 비교

분석하였다. 분석 결과, 냉동오징어의 소매가격 예측 시에는 SARIMA 모형이 $MSE=8,522$, $MAE=82$ 로 가장 예측력이 높았다. 신선물오징어 소매가격을 예측했을 때는 Holt-Winters 지수평활법이 $MSE=20,258$, $MAE=119$ 의 예측오차가 나와 가장 우수한 예측력을 보였다. 건조오징어 예측 시에는 ARIMA 모형이 $MSE=2,945$, $MAE=44$ 로 가장 우수한 예측력을 보였다.

김태형(2020)은 여러 기후변화가 김 생산량에 어떤 영향을 미치는지 두 변수의 인과성을 분석하고, ARIMA 모형과 지수평활법을 이용하여 김 위판가격을 예측하였다. 분석 결과, 김 생산량에 직접적인 영향을 미치는 기후변화는 수온, 강수량, 풍속, 일조율로 확인되었으며, 가격 예측의 경우 Drift 예측을 이용한 지수평활법이 가장 적합한 모형으로 평가되었다.

2. 인공지능망 모델을 활용한 가격 예측에 관한 연구

양승룡·박유신(1998)은 인공지능망 모델을 활용하여 돼지의 산지가격을 예측하고, 기존의 ARIMA, GARCH 시계열 모형을 활용하여 예측력을 비교 분석하였다. 분석 결과, 인공지능망 모델이 $RMSE=1,877$, $RMSPE=1.232\%$ 로 가장 낮은 값을 보여 이전의 두 시계열 모형보다 우수한 예측력을 보여 더 효과적인 가격예측법으로 평가되었다.

김태훈·홍한국(2004)은 서울시 송파구와 도봉구의 아파트 가격을 회귀모형과 신경망 모형을 사용하여 아파트 가격을 예측하고, 가격 모형에 관한 연구를 진행하였다. 분석 결과, 두 모형의 정확도 비교에 따라 신경망 모형이 근소한 차이로 더 높은 적합성을 나타냈으며, 추정값들을 비교한 결과 두 모형이 비슷한 값으로 예측한 것으로 나타났다. 결과적으로 회귀모형과 신경망모형을 상호보완적인 측면에서 의사결정에 활용될 경우 보다 효과적이고 정밀한 아파트 가격 예측이 가능할 것으로 전망되었다.

박성준·김진수(2014)는 Henry Hub 현물 가격(spot prices)을 일간 자료로 사용하여 비연속 방식, 연속 방식 그리고 트레이닝 자료를 축소시켜 연속 방식을 사용하여 단기 가격을 예측하고, ARIMA 모형과 예측력을 비교

하여 천연가스의 단기 가격 시 최적의 모형을 도출하고자 하였다. 분석 결과, 많은 자료를 사용한 연속 방식을 활용한 인공신경망 모형의 예측력이 가장 낮았고, ARIMA 모형과 비교하였을 때도 예측력이 더 낮아 단기 천연가스 예측 시에 충분히 활용 가능한 것으로 나타났다.

Adebiyi 등 (2014)은 Dell의 공개된 시가, 저가, 고가, 종가, 거래량의 일별 주가 데이터를 ARIMA 모형과 역전파 알고리즘의 ANN 모형에 사용하여 2010년 3월의 일별 데이터를 예측하였다. 우선 주가지수에 가장 적합한 ARIMA 모형은 ARIMA(1,0,0)로 선정되었으며, ANN 모형은 10 input neurons-17 hidden neurons-1 output neuron의 구성이 가장 적합하였다. 분석 결과, ARIMA 모형과 ANN 모형의 p 값은 0.604와 0.439로 나와 두 모형 사이에 유의한 차이가 없음이 확인되었다.

Paulos과 Fidalgo(2018)는 원유의 종가를 예측하기 위해 역전파 알고리즘의 ANN 모형을 활용하여 유리한 시차를 결정하였다. ANN 모형의 훈련 데이터와 입증 데이터의 비율은 7:3으로 하였고, 시차값을 변경하여 결과값을 도출한 뒤, RMSE 값이 가장 작은 시차를 예측에 사용하였다. 분석 결과, 시차가 3일 때 RMSE=7.68로 가장 낮았다. 이를 통해 분석한 결과, 실제값의 그래프와 유사한 추세를 그리는 예측 그래프를 확인했으며, 이를 통해 원유 가격에 영향을 미치는 다양한 요인의 패턴을 확인할 수 있을 것으로 나타났다.

Matyjaszek et al.(2019)은 시계열 모형과 인공신경망 모형을 이용하여 점결탄의 가격 예측 및 예측오차를 비교하였다. ARIMA 모형과 인공신경망 모형 비교 결과, 전체 시계열 변수를 사용한 인공신경망 모형인 Generalization regression neural network 모형이 가장 정확한 예측값을 나타냈다.

Ⅲ. 넙치 양식업 현황

1. 생산 현황

2005년 이후의 양식 넙치 전체 생산량을 나타낸 <그림 3-1>을 살펴보면, 양식 넙치 전체 생산량은 한차례를 제외하고는 큰 변동이 발생하지는 않은 것으로 나타났다. 자세히 살펴보면, 2005년 40,075톤을 시작으로 상승 추세를 가지며 2007년 이후 2년 연속 상승하여 2009년 최고치인 54,674톤을 기록하였다. 이후 2010년에는 연속 상승 이전의 생산량으로 복귀하여 가장 큰 변동을 기록하였으며, 당해 생산량의 약 3분의 1 수준인 13,749톤이 감소하였다. 이후 미미한 차이를 보이다가 2013년 최저치인 36,944톤을 기록하였다(<표 3-1> 참조).



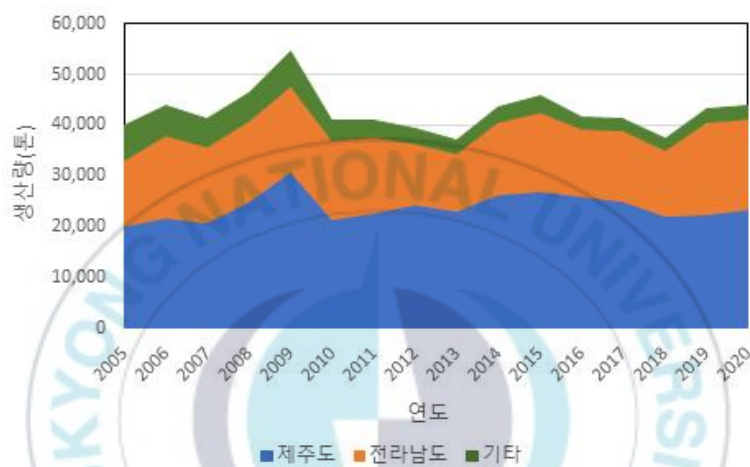
자료: 통계청 (2021), 어업생산동향조사

<그림 3-1> 연도별 양식 넙치 전체 생산량

2. 지역별 생산 현황

<그림 3-2>를 살펴보면, 2020년 기준 양식 넙치 전체 생산량의 약 94%를 제주도와 전라남도가 차지하며 주요 생산지임을 확인할 수 있다. 제주

도는 2020년 기준 전체의 약 53%를 차지할 만큼 가장 많은 생산량을 나타냈으며, 높은 비율을 차지하는 만큼 전체 생산량과 유사한 추세를 보였다. 전라남도는 주요 생산지인 완도가 속해 있어 약 41%를 차지하며 제주도 다음으로 높은 비율을 차지하였다. 두 지역 모두 미세한 상승추세를 보였으며, 제주도의 생산량이 더 높은 상승추세를 나타내었다(<표 3-1> 참조).



자료: 통계청 (2021), 어업생산동향조사

<그림 3-2> 연도별·지역별 양식 넙치 생산량

<표 3-1> 연도별·지역별 양식 넙치 생산량

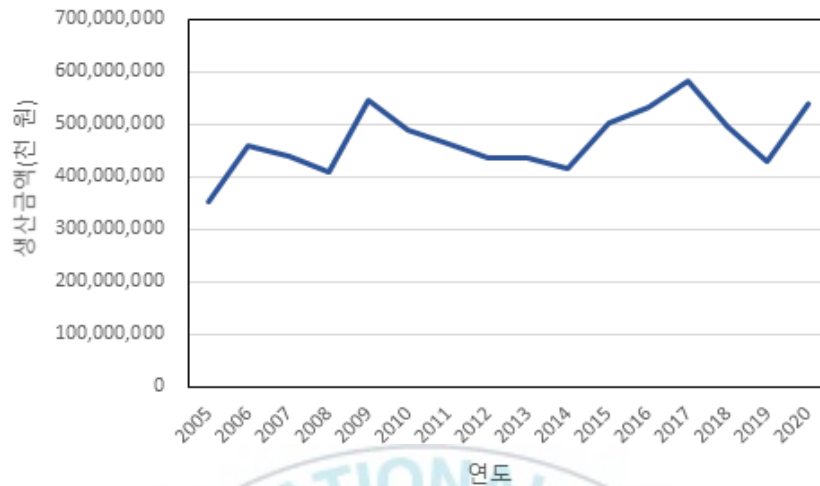
(단위: 톤)

연도	제주도	전라남도	기타	전체
2005	20,371	12,780	6,924	40,075
2006	21,910	15,959	5,983	43,852
2007	20,804	14,892	5,475	41,171
2008	25,027	16,076	5,329	46,432
2009	30,899	16,721	7,054	54,674
2010	21,367	15,747	3,811	40,925
2011	22,823	14,834	3,148	40,805
2012	24,575	11,900	2,896	39,371
2013	23,002	11,473	2,469	36,944
2014	26,283	14,349	2,781	43,413
2015	27,142	15,420	3,197	45,759
2016	26,098	13,286	2,236	41,620
2017	25,092	13,867	2,248	41,207
2018	22,171	12,900	2,170	37,241
2019	22,431	18,108	2,821	43,360
2020	23,423	17,882	2,508	43,813

자료: 통계청 (2021), 어업생산동향조사

3. 생산금액 현황

2005년 이후의 양식 넙치 전체 생산금액을 나타낸 <그림 3-3>을 살펴보면, 전체적으로 증감을 반복하였으며, 미세한 증가추세를 보였다. 자세히 살펴보면, 2005년 최저치인 353,584,532천 원을 시작으로 2006년 상승 후 2008년까지 하락하였다. 이후 2009년 가장 큰 상승치를 보였지만 2014년까지 하락하였으며, 다시 상승하여 2017년 최고치인 584,137,702천 원을 기록하였다. 이후 또다시 감소 후 2020년에는 증가하였다(<표 3-2> 참조).

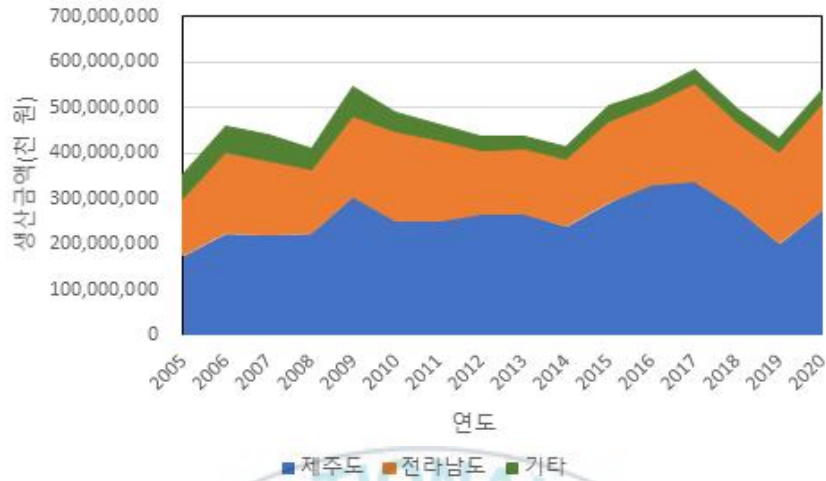


자료: 통계청 (2021), 어업생산동향조사

<그림 3-3> 연도별 양식 넙치 전체 생산금액

<그림 3-4>를 살펴보면, 2020년 기준 양식 넙치 전체 생산금액은 약 94%가 제주도와 전라남도를 차지하여 생산량과 동일하였다. 제주도는 2020년 기준 전체의 약 51%를 차지하며 전체 생산금액과 유사하였으며, 생산금액의 급격한 증감이 존재하지 만 상승하는 추세를 보였다. 전라남도는 약 44%를 차지하며 제주도 다음으로 높은 비율을 차지하였으며, 제주도보다 높은 상승추세를 보였다(<표 3-2> 참조).

생산량과 생산금액의 비교 분석 결과, 제주도는 더 높은 생산량 추세와 더 낮은 생산금액 추세를 나타냈으며, 전라남도는 더 낮은 생산량 추세와 더 높은 생산금액 추세를 나타냈다. 이를 통해 생산량 대비 생산금액이 제주도가 전라남도보다 낮은 것으로 나타났다.



자료: 통계청 (2021), 어업생산동향조사

<그림 3-4> 연도별·지역별 양식 넙치 생산금액

<표 3-2> 연도별·지역별 양식 넙치 생산금액

(단위: 천 원)

연도	제주도	전라남도	기타	전체
2005	174,339,970	124,288,480	54,956,082	353,584,532
2006	223,476,429	177,970,973	57,485,150	458,932,552
2007	220,349,391	162,646,984	55,938,004	438,934,379
2008	223,985,822	141,003,089	43,272,626	408,261,537
2009	305,240,909	176,867,664	63,592,000	545,700,573
2010	251,148,040	195,399,998	43,245,093	489,793,131
2011	251,205,249	176,371,379	33,762,240	461,338,868
2012	267,913,778	139,483,514	29,296,285	436,693,577
2013	266,267,321	141,808,566	27,079,695	435,155,582
2014	239,527,587	148,784,758	26,764,886	415,077,231
2015	291,683,547	178,777,190	33,721,178	504,181,915
2016	331,334,421	175,028,837	27,767,108	534,130,366
2017	338,817,080	214,718,633	30,601,989	584,137,702
2018	278,101,958	188,348,106	28,940,606	495,390,670
2019	200,848,223	200,776,079	29,184,665	430,808,967
2020	273,874,853	235,579,185	29,763,901	539,217,939

자료: 통계청 (2021), 어업생산동향조사

IV. 분석 자료 및 방법

1. 분석 자료

본 연구에서는 2005년 10월부터 2020년 12월까지의 월별 자료를 기준으로 총 183개의 시계열 자료를 사용하였다. 이 중 예측 기간은 표본 외 예측자료로 활용하였다. 예측 기간은 코로나 19로 인한 경제의 불확실성으로 달라진 소비행태를 고려하여, 코로나 19 발생 일을 기준으로 하여 2019년 1월부터 2019년 12월까지와 2020년 1월부터 2020년 12월까지 두 연도를 각각 예측하였다. 사용된 변수는 월별 자료로 수집 가능한 변수를 선정했으며, 제주지역 양식 넙치 산지가격, 완도지역 양식 넙치 산지가격, 양식 넙치 도매가격, 제주도 수온, 농축수산물 온라인 판매금액, 양식 넙치 양성물량, 양식 넙치 출하가능물량, 제주지역 양식 넙치 국내 출하량, 제주지역 양식 넙치 수출량, 연어 수입량, 방어 수입량으로 총 11개의 변수를 사용하였다(부록 참조). 이 중 예측하고자 하는 제주지역 양식 넙치 산지가격을 종속변수로, 나머지 10개의 변수를 설명변수로 사용하였다. 사용된 자료의 기초통계량은 <표 4-1>에 나타나 있으며, 월별 자료의 수치는 부록에 수록하였다. 본 연구에서는 과거의 변수를 활용하여 미래의 가격을 예측하는 연구로 종속변수 t 시차를 기준으로 $t-1$ 기 시차의 자료를 설명변수로 사용하였다.

<표 4-1> 기초통계량

구분	제주 양식 넙치 산지가격 ¹⁾	완도 양식 넙치 산지가격 ¹⁾	도매가격 ¹⁾	수온 ²⁾	농축수산물 온라인판매금액 ³⁾	
평균	10,991.71	12,233.52	13,378.9	19.54	133,934,000,000	
중앙값	10,912	12,000	13,458	18.83	85,131,000,000	
최댓값	16,358	17,258	18,669	27.39	733,033,000,000	
최솟값	7,526	8,274	9,583.3	13.84	19,412,000,000	
구분	양성물량 ¹⁾	출하가능 물량 ¹⁾	제주지역 양식넙치 국내 출하량 ⁴⁾	제주지역 양식넙치 수출량 ⁴⁾	연어 수입량 ⁵⁾	방어 수입량 ⁵⁾
평균	18,409,972.7	6,801,339	816,461.7	215,256.8	848,979.35	48,414.5
중앙값	17,460,000	6,640,000	792,000	192,000	405,238	4,746
최댓값	32,850,000	1,410,000	1,428,000	519,000	3,212,765.78	1,019,397
최솟값	7,460,000	17,000,000	240,000	46,000	115,722	0

자료: 1) 한국해양수산개발원 수산업관측센터 (2021), 광어 관측통계
 2) 기상청 기상자료개방포털 (2021), 기상관측
 3) 통계청 (2021), 온라인쇼핑동향조사
 4) 제주어류양식수협 (2021), 수산자료실
 5) 관세청 무역통계 (2021), 수출입통계

제주 양식 넙치 산지가격은 한국해양수산개발원 수산업관측센터 관측통계의 월별 광어 자료를 사용하였으며, 1.0kg을 기준으로 가격을 예측하였다. 이는 가장 많은 생산량을 기록하고 있으며, 1.0kg 중량이 다른 중량의 넙치 산지가격 변화율을 선도하기 때문이다(손진곤, 남종오, 2016). 예측하고자 하는 제주 양식 넙치 산지가격은 <그림 4-1>과 같이 나타나며, 추세를 살펴보면 최솟값 7,526원에서 최댓값 16,358원 내에 변동이 일어나고 있으며, 가격 하락 기간이 상승 기간보다 긴 것으로 파악된다. 또한, 주로 11월부터 가격이 하락하다가 2월부터 회복되는 추세를 보인다. 이는 봄철 대량 입식을 위해 미리 출하량이 많아지면서 발생하는 현상으로, 이후 2월의 설 명절로 인한 소비량이 늘면서 가격이 회복되는 추세를 나타내고 있다.



자료: 한국해양수산개발원 수산업관측센터 (2021), 넙치 산지가격

<그림 4-1> 제주지역 양식 넙치 산지가격 추세

완도지역 양식 넙치 산지가격은 제주도과 더불어 양식 넙치 생산의 대표 지역으로, 제주지역 양식 넙치 산지가격과 비슷한 추세를 보여 본 연구에서 설명변수로 활용하였다. 본 자료가 설명변수로 활용될 경우 제주지역 양식 넙치 산지가격과 실제로 추세가 비슷했기에 완도지역 산지가격이 상승할 경우 제주지역 산지가격도 상승할 것으로 예상된다. 자료는 수산업관측센터 관측통계의 월별 광어 자료를 사용하였으며, 1.0kg을 기준으로 사용하였다.

도매가격은 양식 넙치의 실질적 소비 자료로, 차영기, 김기수(2009)와 이정미, 김기수(2010)의 선행연구에서 수산물 유통단계별 가격이 산지 및 도매 단계 등 각각의 가격 간의 연관성 및 장기균형을 갖는 것으로 나타났기 때문에 변수로 활용하였다. 도매가격이 설명변수로 활용될 경우 수산분야의 유통구조에 따라 산지가격과 비례하여 상승할 것으로 예상된다. 자료는 수산업관측센터 관측통계의 월별 광어 자료를 사용하였으며, 인천·하남·부산의 0.9~1.0kg 양식 넙치 도매가격의 평균을 기준으로 사용하였다.

수온은 장영진 등(1999)과 박명룡 등(1999)의 선행연구에 따르면 양식

넙치가 수온에 따라 생리적 반응을 하는 것으로 나타났기에 변수로 활용하였다. 국립수산물과학원(2016)에 따르면 성장 적정수온은 21~24℃이며, 사육 환경에 영향을 미치는 온도는 26℃ 이상, 4℃ 이하에서 이상반응을 보인다. 이를 통해 측정된 평균 수온 중 저수온은 정상범위에 포함되지만, 고수온은 영향을 미치는 범위에 포함되는 것으로 관측되어 수온이 높아질수록 생산율이 낮아져 양식 넙치 산지가격이 높아질 것으로 예상된다. 수온은 자료는 기상청 기상자료개방포털 기상관측 일별 해양자료를 사용하였으며, 제주도 해양기상부이 2곳, 등표기상관측 1곳, 파고부이 12곳에서 측정된 수온의 평균을 월별 자료로 변환해 사용하였다.

농축수산물 온라인 판매금액은 현재 코로나 19로 인한 소비자들의 식품 소비행태가 오프라인이 아닌 온라인과 배달로 바뀌었다는 이홍승, 김준환(2021)의 연구 결과를 바탕으로 그 영향을 파악하기 위해 변수로 사용하였다. 농축수산물 온라인 판매금액이 설명변수로 활용될 경우 판매금액이 높을수록 판매량이 많아짐으로 산지가격이 상승할 것으로 예상된다. 자료는 통계청 도소매 온라인쇼핑동향조사의 온라인쇼핑몰 월별 자료를 사용하였으며, 온라인 판매량의 추세를 참고하고자 본 자료를 사용하였기에 농·축·수산물의 총 온라인 판매금액을 사용하였다.

양성물량 및 출하가능물량은 손진곤, 남중오(2016)의 선행연구에서 1kg 중량이 다른 중량을 선도하고 있으며, 각각의 중량별로 인과관계를 보인다는 분석 결과에 따라 변수로 선정하였다. 양성물량 및 출하가능물량이 설명변수로 활용될 경우 해양수산개발원(2019)의 양성물량 및 출하가능물량이 증가할수록 가격이 하락한다는 연구 결과에 따라 물량이 증가할수록 제주지역 양식 넙치 산지가격은 감소할 것으로 예상된다. 자료는 수산업관측센터 관측통계의 월별 광어 자료를 사용하였으며, 양성물량은 0.5~1.0kg, 출하가능물량은 1.0kg 이상의 양성물량 자료를 사용하였다.

제주지역 양식 넙치 국내 출하량 및 수출량은 강석규(2015)에 따르면 출하량 조절이 양식 넙치가격에 영향을 미치며, 출하량과 가격의 변화율이 반비례하게 영향을 미친다는 분석 결과를 바탕으로 변수로 활용하였다. 이

를 통해 제주지역 양식 넙치 국내 출하량 및 수출량이 설명변수로 활용될 경우 출하량이 증가할 시 제주지역 양식 넙치 산지가격은 감소할 것으로 예상된다. 자료는 제주어류양식수협이 수산자료실 연도별 출하량에서 월별 내수량 및 수출량 자료를 사용하였다.

마지막으로 연어 수입량 및 방어 수입량은 한국수산물개발원(2019)에 따르면 2018년에 횡감 대체 어종인 연어와 방어 수입량이 크게 늘면서 1.0kg 이상 크기의 광어 출하가능물량이 적체되어 광어 공급 비중이 줄어들었다는 연구 결과를 통해 변수로 활용하였다. 이를 통해 연어 수입량 및 방어 수입량이 설명변수로 활용될 경우 수입량이 증가할 시 제주지역 양식 넙치 산지가격은 감소할 것으로 예상된다. 자료는 관세청 무역통계 수출입무역 통계 자료를 사용하였으며, 횡감의 대체재임을 고려하여 연어 수입량은 어류와 필레의 신선 또는 냉장 수입량 자료를 사용하였고, 방어는 활어 수입량 자료를 사용하였다(<표 4-2> 참조).

<표 4-2> 변수의 설명 및 자료 출처

구분	표기	단위	설명	출처
제주 양식 넙치 산지가격	JPP _t	원/kg	제주산 양식 넙치 1.0kg 산지가격	한국해양수산물개발원 수산업관측센터 광어 관측통계
완도 양식 넙치 산지가격	WPP _t	원/kg	완도산 양식 넙치 1.0kg 산지가격	한국해양수산물개발원 수산업관측센터 광어 관측통계
도매가격	WP _t	원/kg	인천·하남·부산의 0.9~1.0kg 양식 넙치 도매가격의 평균	한국해양수산물개발원 수산업관측센터 광어 관측통계
수온	TP _t	℃	제주도 해양기상부이, 등표기상관측, 파고부이에서 측정된 수온의 평균	기상청 기상자료개방포털 기상관측 해양자료
농축수산물 온라인판매금액	OS _t	원	농·축·수산물의 총 온라인 판매금액	통계청 도소매 온라인쇼핑동향조사
양성물량	AQ _t	마리	양식 넙치 0.5~1.0kg 양성물량	한국해양수산물개발원 수산업관측센터 광어 관측통계
출하가능물량	SQ _t	마리	양식 넙치 1.0kg 이상 양성물량	한국해양수산물개발원 수산업관측센터 광어 관측통계
제주지역 양식 넙치 국내 출하량	DS _t	kg	제주지역 양식 넙치의 국내 출하량	제주어류양식수협 수산자료실 통계자료
제주지역 양식 넙치 수출량	EP _t	kg	제주지역 양식 넙치의 수출량	제주어류양식수협 수산자료실 통계자료
연어 수입량	SI _t	kg	국내 연어 수입량	관세청 무역통계 수출입무역통계
방어 수입량	AI _t	kg	국내 방어 수입량	관세청 무역통계 수출입무역통계

2. 분석 방법

1) 다중회귀분석

(1) 단위근 검정

시계열 자료를 사용할 때는 기본적으로 정상성(stationary)을 가진 시계열로 가정하고 자료를 분석에 사용한다. 하지만 안정적이지 않은 자료를 사용하여 분석한 경우 변수들 사이에 관계가 없는데도 불구하고 유의성이 높아지는 가성 회귀(spurious regression)의 문제가 발생한다. 이러한 문제를 방지하기 위해 우선적으로 시계열 자료에 대한 단위근 검정을 실행하여 단위근이 존재하는지 판단한다. 단위근이 존재할 경우 시계열 자료를 비정상 시계열이라 판단하며, 단위근이 존재하지 않을 경우 시계열 자료를 정상 시계열이라 판단한다(Box et al., 2015).

본 연구에서는 가장 널리 활용되고 있는 ADF(Augmented Dicky-Fuller) 검정법을 사용하였다. ADF 검정법은 Said와 Dickey(1984)에 의해 기존의 DF 검정법에서 발생하는 자기상관 문제를 해결하기 위해 종속변수의 차분변수를 설명변수에 포함시킨 검정법이다. ADF 검정 시 가설설정식은 식 (1)과 같이 설정하며, 귀무가설(H_0)을 기각할 시 단위근이 존재하지 않는다고 판단하여 정상 시계열 자료라고 본다.

$$H_0 : \gamma = 0, H_1 : \gamma < 0 \quad (1)$$

ADF 검정 시 시계열 자료의 추세 여부에 따라 상수와 추세를 포함하지 않은 경우, 상수를 포함한 경우, 상수와 추세를 포함한 경우 세 가지 모두에 대한 분석을 실시할 수 있다. 식은 다음의 (2)~(4)과 같다.

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^n \delta_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (2)$$

$$\Delta y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^n \delta_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta y_t = \alpha + \beta_t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^n \delta_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (4)$$

위의 식에서 t 는 시차, Δy 는 y 의 차분변수, α 는 상수항, β 는 확정적 추세, γ 는 $\rho-1$, ϵ_t 는 백색잡음(white noise)을 의미한다.

단위근 검정을 시행 후 변수에 단위근이 존재하여 변수가 정상성을 가지지 않은 변수일 경우, 수준변수는 사용할 수 없으며, 해당 변수의 차분과정을 통해 차분변수로 변환하여 단위근 문제를 해결할 수 있다.

(2) 공적분 검정

시계열 자료로 수집된 변수가 단위근을 가지고 있더라도, 다른 수준변수들 사이에서 장기적 균형관계가 존재할 경우 차분변수가 아닌 수준변수를 사용할 수 있다. 이를 공적분 검정을 통해 변수들간의 장기적 관계를 파악할 수 있다(Engle and Granger, 1987).

본 연구에서 사용된 공적분 검정 방법은 Johansen 공적분 검정으로, 하나 이상의 공적분 관계가 존재할 시 공적분 관계가 존재한다고 판단한다. 검정법에 사용되는 모형은 일반적으로 VAR 모형으로 식 (5)과 같다.

$$X_t = \mu + \Phi D_t + \sum_{p=1}^n \Pi_p X_{t-p} + e_t, \quad t = 1, \dots, T \quad (5)$$

이 검정법에는 Johansen이 제시한 다섯 가지의 검정법이 포함되어있으며, 본 연구에서는 데이터에 선형 결정적 추세가 있고 공적분 방정식에 절편항이 있는 방법과 선형 결정적 추세가 있고 공적분 방정식에는 절편항과 추세가 있으나 VAR 모형에는 절편이 없는 방법 두 가지를 사용하였다. 결과값은 trace 통계량과 maximum eigenvalue 통계량이 출력되며, 이번 연구에서는 두 통계값 모두를 고려하여 변수들의 공적분 관계를 확인하였다. Trace 통계량의 귀무가설 및 검정통계량은 다음 식(6)과 (7)을 따르며, maximum eigenvalue 통계량의 귀무가설 및 검정통계량은 다음 식(8)과 (9)을 따른다.

$$H_0 : r \leq r_0, H_1 : r > r_0 \quad (6)$$

$$\lambda_{trace}(r_0) = -N \sum_{i=r_0+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (7)$$

$$H_0 : r = r_0, H_1 : r = r_0 + 1 \quad (8)$$

$$\lambda_{max}(r_0, r_0 + 1) = -N \ln(1 - \hat{\lambda}_{r_0+1}) \quad (9)$$

(3) 다중회귀모형

다중회귀모형(Multiple regression model)은 설명변수가 2개 이상인 회귀모형을 뜻한다. 고전적인 회귀분석 시 가장 기본적인 모형으로, 독립변수를 활용하여 종속변수의 값을 출력시키는 가장 기본적인 통계법이다. 기본적인 모형의 구조는 식 (10)과 같다.

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \cdots + \alpha_n x_n + \epsilon \quad (10)$$

위 식에서 y 는 종속변수, x 는 설명변수, α_0 는 회귀식의 절편, $\alpha_n (n \neq 0)$ 은 n 번째 설명변수의 회귀계수, ϵ 는 오차, n 은 설명변수의 개수를 의미한다.

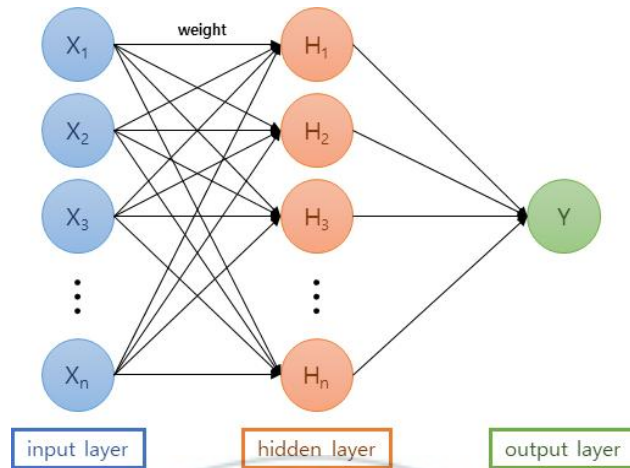
본 연구의 회귀분석에 사용된 프로그램은 Eviews 11이다.

2) 인공신경망 모델

(1) 인공신경망 모델

인공신경망(Artificial neural network, ANN) 모델은 인간의 뇌 신경망을 모방하여 구조를 구축한 모델로, 데이터를 알고리즘을 통하여 결과값을 도출시키는 머신러닝(machine learning)의 좁은 의미이다. 모델의 기본적인 구조는 <그림 4-2>와 같이 입력층(input layer), 은닉층(hidden layer), 출력층(output layer)으로 구성되며, 층마다 존재하는 노드(node)가 서로 연결되어있는 구조이다. 각각의 층의 노드값을 출력하기 위해서는 이전층의 노드값과 가중치를 사용하여 활용하는 모델의 알고리즘을 통해 정해진 예측 함수로 계산하고, 그 값을 활성화 함수를 거쳐 출력하게 된다(Krenker et al., 2011).

인공신경망의 종류는 매우 다양하며, 모델에 따라 사용되는 알고리즘의 종류와 결정되는 가중치(weight)의 값 및 사용되는 활성화 함수가 달라진다. 인공신경망은 주로 회귀분석으로 시계열 자료를 예측, 순서 및 패턴을 구분시키는 분류, 클러스터링(clustering)·압축·필터링의 데이터 처리 등에 활용되고 있으며, 순방향인공신경망(feedforward artificial neural networks), 순환신경망(recurrent neural network), 홉필드 인공신경망(hopfield artificial neural network), 장단기메모리(long short term memory, LSTM) 등 다양한 알고리즘을 통한 모델이 활용되고 있다(Krenker et al., 2011).

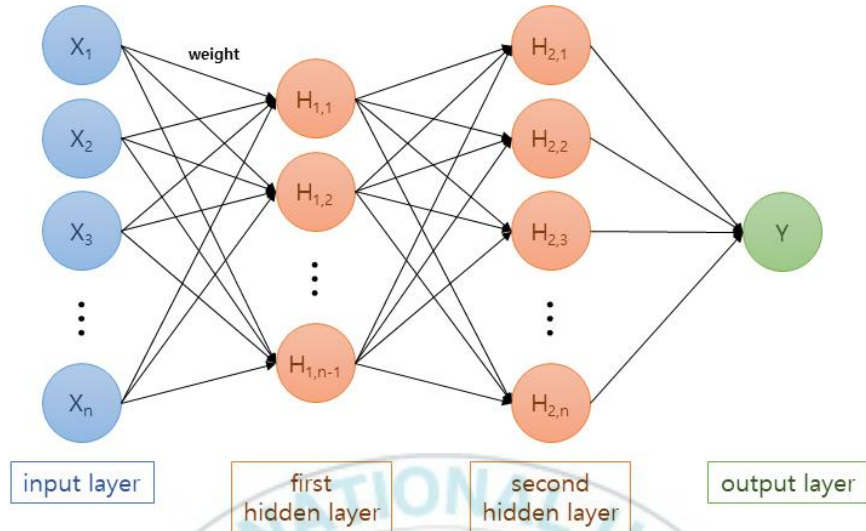


<그림 4-2> 인공신경망 모델 구조

본 연구에서 활용된 모델은 Multi-layer feedforward network 모델과 Generalization regression neural network 모델이다. 훈련(train) 데이터와 검증(test) 데이터의 비율은 8:2로 나누었으며, 프로그램은 NeuralTools 8.1을 사용하였다.

(2) Multi-layer feedforward network (MLFN)

Multi-layer feedforward network 모델은 Multi layer perceptron으로도 불리며, 인공신경망 모델의 기본이 되는 feedforward network에서 은닉층을 두 개로 설정한 모델이다(Svozila et al., 1997). 이 모델의 구조는 <그림 4-3>과 같으며, 입력층(input layer), 두 개의 은닉층(hidden layer), 출력층(output layer)으로 구성되어 있다.



<그림 4-3> Multi-layer feedforward network 구조

Multi-layer feedforward network 모델의 과정으로 입력된 노드가 다음 층으로 전달될 때의 함수 S 는 식 (11)과 같다.

$$S = I_1 \times w_1 + I_2 \times w_2 + \dots + I_n \times w_n + bias \quad (11)$$

위 식에서 I_n 은 이전 층에서 입력되는 n 번째 노드의 값, w_n 은 연결된 이전의 n 번째 층과 다음 n 번째 층의 가중치, n 는 출력되는 노드에 존재하는 각각의 값이다.

식 (11)을 통해 도출된 값은 은닉층의 노드에서 출력될 경우 다음 층으로 전달되기 위해서는 활성화 함수를 거쳐야 하며, 활성화 함수는 쌍곡선 탄젠트 함수(hyperbolic tangent function)를 사용한다. 쌍곡선 탄젠트 함수는 쌍곡선 함수 중 하나로, 다른 활성화 함수인 시그모이드(sigmoid function) 함수의 최적화 과정이 느려지는 문제를 해결하기 위해 변환된 활성화 함수이다. 쌍곡선 탄젠트 함수의 식은 식 (12)와 같다.

$$\tanh(S) = \frac{e^S - e^{-S}}{e^S + e^{-S}} \quad (12)$$

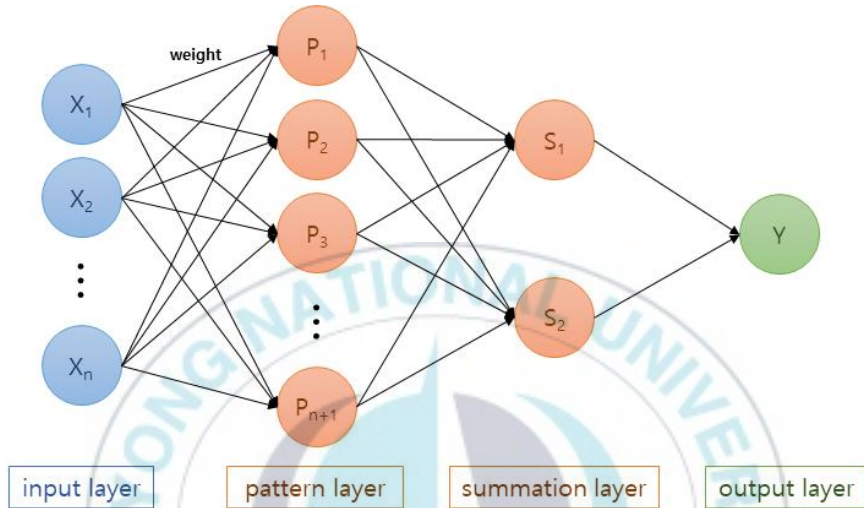
활성화 함수를 거친 출력값은 다음 층의 입력 노드로 사용되며, 출력층에 도달할 때까지 앞의 과정을 반복한다. 이후, 출력층에 도달하게 되면 이전의 활성화 함수를 거치지 않고 단순히 입력의 가중치 합계를 반환하여 출력된다. 이는 쌍곡선 함수를 통해 출력될 경우 -1에서 1 사이의 제한된 출력 범위를 가져 일반적으로 범위를 벗어나는 값에 대해 영향이 있기 때문이다(Svozila et al., 1997).

출력층에서 결과값이 도출되면 역전파(back-propagation) 알고리즘과 쥘레경사하강법(conjugate gradient descent method)을 통해 가중치를 변환시킨 뒤, 앞의 식의 과정을 다시 반복한다. 이는 위의 과정에서 출력값에 영향을 미치는 가중치의 값을 변환시켜 새로운 결과값을 출력하여 값들을 비교함으로써 더 나은 값을 도출하기 위해서다. 이 훈련은 시간을 설정할 수 있으며, 설정된 시간까지 반복적으로 새로운 가중치를 변환시키며, 변환된 가중치를 사용하여 자체적으로 출력값을 업데이트한다. 업데이트된 출력값은 예측력 비교를 위해 MSE(mean squared error)로 산출되며, 이전에 산출된 값과 비교하여 더 낮은 값으로 업데이트되어 최솟값을 찾는다(Svozila et al., 1997).

(3) Generalization regression neural network (GRNN)

Generalization regression neural network 모델은 RBFNN (Radial basis function neural network) 모델을 변화시킨 모델로, 주로 수치 예측 및 함수 근사를 찾는 데에 사용된다. 이 모델은 비선형 회귀이론을 기초로 한 순방향 신경망으로, 단일 학습에 따른 역전파법을 사용하지 않아 빠른 학습이 가능하며, 샘플 수가 많아짐에 따라 최적의 회귀면(regression surface)으로 수렴된다는 장점이 있다(Specht, 1991).

이 모델의 구조는 <그림 4-4>와 같으며, 입력층(input layer), 패턴층(pattern layer), 합산층(summation layer), 출력층(output layer)이 연결되어 있다.



<그림 4-4> Generalization regression neural network 구조

입력층은 수집된 설명변수를 사용하여 입력 벡터로 구성된다. 패턴층은 패턴층의 가중치와 입력층의 입력벡터 사이의 유클리드 거리(euclidean distance)를 산정하고, RBF(radial basis function) 커널을 사용하여 노드 값을 출력한다. 유클리드 거리는 식 (13), RBF 커널은 식 (14)로 나타낸다.

$$D_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_{ij} - x_i)^2} \quad (i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, n, n+1) \quad (13)$$

$$f(D_j) = e^{-D_j^2/2\sigma^2} \quad (14)$$

위 식에서 D_j 는 유클리드 거리, n 은 입력벡터의 개수, w_{ij} 는 패턴층의

가중치, x_i 는 i 번째 입력벡터 값, f 는 RBF 커널, σ 는 평활 매개변수 (smoothing parameter)이다.

합산층은 분자 노드와 분모 노드 두 개로 나뉘지며, 분자 노드 S_1 은 식 (15), 분모 노드 S_2 는 식 (16)으로 나타낸다.

$$S_1 = \sum_{j=1}^{n+1} y_j f(D_j) \quad (15)$$

$$S_2 = \sum_{j=1}^{n+1} f(D_j) \quad (16)$$

위 식에서 y_j 는 입력된 j 번째 패턴층과 S_1 노드 간의 활성화 가중치이다.

마지막 출력층은 합산층의 분자 노드 S_1 의 출력값에 분모 노드 S_2 의 출력값을 나누어 예측값이 산출된다.

3) 예측오차율

예측오차율은 모델들을 활용하여 나온 예측값과 기존의 실제값을 정해진 수식에 대입해 오차값으로 환산하고, 환산된 오차값들을 비교하여 모델 간의 성능을 측정하여 분석하는 평가 방법이다. 본 연구에서 사용한 분석 방법은 평균절대백분율오차(mean absolute percent error, MAPE)를 사용하였다. MAPE는 주로 시계열 분석과 머신 러닝의 예측 정확도를 판단하기 위해 사용하는 평가 방법이다. 이는 오차의 제곱 평균 제곱근(root mean squared error, RMSE)의 특징인 예측값의 크기를 기준으로 오차값을 비교하는 크기 의존적 에러(scale-dependent error)의 단점을 보완하여, 실제값으로 오차값을 나누어 비교하여 동일 비율로 비교할 수 있다는 장점이 있

다(Myttenaere et al., 2016). MAPE 는 측정된 값이 낮을수록 모형의 적합도가 높은 것으로 판단하며, 다음 식 (17)을 따른다.

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - P_t}{A_t} \right| \quad (17)$$

여기서, t 는 시차, n 는 마지막 t 시차, A_t 는 t 월의 실제값, P_t 는 t 월의 예측값을 의미한다.



V. 분석 결과

1. 다중회귀분석 결과

1) 단위근 검정 결과

본 연구에서 사용된 시계열 자료들을 살펴본 결과, 모든 변수에서 동일한 추세가 일정하게 존재하지 않았다. 이에 본 연구에서 단위근 검정 시 상수를 포함한 경우, 상수와 추세를 포함한 경우, 상수와 추세를 포함하지 않은 경우 3가지 모두에 대한 검정을 실시하였다.

분석에 사용된 시계열 자료의 수준변수에 대한 단위근 검정 결과 상수를 포함한 경우, 상수와 추세를 포함한 경우 두 가지에 대해서는 온라인 판매금액, 수출량, 연어 수입량, 방어 수입량 변수가 10% 유의수준에서 단위근이 존재하였으며, 상수와 추세를 포함하지 않은 경우는 11개의 변수 모두에서 단위근이 존재하였다(<표 5-1> 참조). 이에 따라, 모든 변수에서 단위근이 존재하여 11개 변수 모두 비정상성을 지닌 변수들로 판단하고, 단위근 문제를 해결하기 위해 1차 차분과정을 거친 후 다시 단위근 검정을 실시하였다.

<표 5-1> 수준변수 단위근 검정 결과

LEVEL	Intercept		Trend and Intercept		None	
	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.
JPP_t	-4.199	0.001***	-4.230	0.005***	-0.351	0.557
WPP_{t-1}	-3.223	0.020**	-3.419	0.052*	-0.077	0.656
WP_{t-1}	-3.565	0.007***	-3.860	0.016**	-0.089	0.652
TP_{t-1}	-3.940	0.002***	-11.621	0.000***	0.227	0.751
OS_{t-1}	3.355	1.000	1.980	1.000	3.860	1.000
AQ_{t-1}	-4.124	0.001***	-4.754	0.001***	-0.955	0.302
SQ_{t-1}	-3.551	0.008***	-3.746	0.022**	-1.315	0.174
DS_{t-1}	-5.870	0.000***	-7.143	0.000***	-0.773	0.380
EP_{t-1}	-1.324	0.618	-2.414	0.371	-1.442	0.139
SI_{t-1}	2.056	1.000	-0.976	0.944	3.971	1.000
AI_{t-1}	-1.049	0.735	-2.446	0.355	-0.387	0.543

주: *, **, ***은 각각 귀무가설이 10%, 5%, 1%의 유의수준에서 기각됨을 나타냄.

1차 차분변수의 단위근 검정 결과 상수를 포함한 경우, 상수와 추세를 포함한 경우, 상수와 추세를 포함하지 않은 경우 세 가지 모두에서 전체 차분변수에 대해 1%의 유의수준에서 기각되어 단위근이 존재하지 않은 것으로 나타났으며, 1차 차분과정을 통해 모든 변수가 정상성을 나타내는 것으로 분석되었다(<표 5-2> 참조).

<표 5-2> 1차 차분변수 단위근 검정 결과

1st DIF.	Intercept		Trend and Intercept		None	
	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.
JPP_t	-11.969	0.000***	-11.930	0.000***	-11.996	0.000***
WPP_{t-1}	-10.897	0.000***	-10.864	0.000***	-10.917	0.000***
WP_{t-1}	-11.356	0.000***	-11.327	0.000***	-11.377	0.000***
TP_{t-1}	-16.077	0.000***	-16.058	0.000***	-16.100	0.000***
OS_{t-1}	-3.777	0.004***	-4.685	0.001***	-3.152	0.002***
AQ_{t-1}	-9.110	0.000***	-9.073	0.000***	-9.126	0.000***
SQ_{t-1}	-14.971	0.000***	-14.930	0.000***	-15.012	0.000***
DS_{t-1}	-12.742	0.000***	-12.705	0.000***	-12.777	0.000***
EP_{t-1}	-12.079	0.000***	-12.036	0.000***	-12.013	0.000***
SI_{t-1}	-10.990	0.000***	-11.527	0.000***	-11.567	0.000***
AI_{t-1}	-18.310	0.000***	-18.587	0.000***	-18.255	0.000***

주: *, **, ***은 각각 귀무가설이 10%, 5%, 1%의 유의수준에서 기각됨을 나타냄.

2) 공적분 검정 결과

단위근이 존재하는 수준변수에 대해 공적분 검정을 통하여 변수들간의 공적분 관계가 존재하는지 파악하였다.

우선 공적분 검정 시 설정할 시차(lag)는 VAR 모형을 통해 가장 낮은 정보기준을 파악하였다. 정보기준은 AIC(akaike information criterion), SC(schwartz information criterion), HQ(Hannan-Quinn information criterion)를 기준으로 측정하였다. 측정 결과는 <표 5-3>과 같으며, AIC는 8기, SC는 1기, HQ는 2기 시차의 정보기준이 가장 낮게 나왔다. 이중 Lutkepohl(2005)에 따라 과대추정(overestimate)할 가능성이 있는 AIC와 lag 값의 설정에 따라 최저 정보량이 변동되는 HQ를 제외하고 SC를 시차 선정 기준으로 하였다.

<표 5-3> 정보기준에 따른 시차 결정

Lag	AIC	SC	HQ
0	280.2689	280.4678	280.3496
1	267.8482	270.2353*	268.8165
2	266.4044	270.9798	268.2603*
3	265.7779	272.5415	268.5214
4	265.5431	274.4949	269.1742
5	265.14	276.28	269.6587
6	264.9632	278.2914	270.3695
7	264.6089	280.1254	270.9028
8	264.1701*	281.8748	271.3516

주: *은 최솟값을 의미.

위 시차를 기준으로 공적분 검정 분석 결과, <표 5-4>의 데이터에 선형 결정적 추세가 있고 공적분 방정식에 절편항이 있을 경우와 <표 5-5>의 선형 결정적 추세가 있고 공적분 방정식에는 절편항과 추세가 있으나 VAR 모형에는 절편이 없는 경우 모두 trace 통계량에서는 6개의 공적분 관계가 존재하며, maximum eigenvalue 통계량에서는 4개의 공적분 관계가 존재하였다. 따라서 수준변수에서 단위근이 존재하지만, 1차 차분 시 시계열의 정상성을 나타내며, 변수들간의 공적분 관계가 존재하기 때문에 수준변수의 사용이 가능한 것으로 파악됐다.

<표 5-4> 선형 결정적 추세 공적분 검정 결과

	Trace		Maximum Eigenvalue	
	Statistic	Prob.**	Statistic	Prob.**
None	582.3632	0.0000*	165.8215	0.0000*
At most 1	416.5418	0.0000*	129.1216	0.0000*
At most 2	287.4202	0.0000*	77.47436	0.0003*
At most 3	209.9458	0.0000*	64.2328	0.002*
At most 4	145.713	0.0017*	45.64141	0.0578
At most 5	100.0716	0.0244*	37.86015	0.087
At most 6	62.21144	0.1738	29.73473	0.1443
At most 7	32.47671	0.5858	14.82247	0.7621
At most 8	17.65424	0.5917	9.752198	0.7675
At most 9	7.902044	0.4759	7.305429	0.4537
At most 10	0.596615	0.4399	0.596615	0.4399

주: *은 0.05 수준에서 가설의 기각을 나타냄.

**은 MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

<표 5-5> 한정된 선형 결정적 추세 공적분 검정 결과

	Trace		Maximum Eigenvalue	
	Statistic	Prob.**	Statistic	Prob.**
None	621.1018	0.0000*	166.2171	0.0000*
At most 1	454.8847	0.0000*	132.7044	0.0000*
At most 2	322.1804	0.0001*	86.64255	0.0001*
At most 3	235.5378	0.0000*	67.66546	0.0029*
At most 4	167.8723	0.0036*	50.10374	0.0562
At most 5	117.7686	0.0496*	38.31633	0.2011
At most 6	79.45227	0.1954	35.73703	0.0963
At most 7	43.71524	0.7051	21.04705	0.5686
At most 8	22.6682	0.89	9.867666	0.9666
At most 9	12.80053	0.7536	7.737397	0.8443
At most 10	5.063135	0.5873	5.063135	0.5873

주: *은 0.05 수준에서 가설의 기각을 나타냄.

**은 MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

3) 회귀분석 결과

우선 코로나 19 이전인 2019년 1월부터 2019년 12월까지의 제주지역 양식 넙치 산지가격을 예측하기 위해 2005년 10월부터 2018년 12월까지의 월

별 자료를 회귀분석하였다. 다중회귀모형 분석 결과, <표 5-6>과 같이 조정된 결정계수는 약 78%로 나타났으며, 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. 또한, 본 연구에서 자기상관(autocorrelation) 문제를 해결하기 위해 종속변수의 t-1기 시차를 설명변수로 포함하여 분석한 결과, 더빈-왓슨 값(Durbin-Watson stat)은 2에 가까운 값을 나타내 자기상관이 존재하지 않고 독립적인 것으로 분석되었다.

<표 5-6> 2018년 12월까지의 다중회귀분석 결과

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
JPP _{t-1}	0.810446	0.160617	5.045835	0.0000***
WPP _{t-1}	0.096361	0.136895	0.703906	0.4826
WP _{t-1}	-0.06463	0.16121	-0.40089	0.6891
TP _{t-1}	-6.69146	26.17375	-0.25566	0.7986
OS _{t-1}	6.86E-09	2.76E-09	2.4828	0.0142**
AQ _{t-1}	-3.20E-05	1.82E-05	-1.75529	0.0813*
SQ _{t-1}	-6.30E-05	3.05E-05	-2.06847	0.0403**
DS _{t-1}	0.00191	0.000431	4.431294	0.0000***
EP _{t-1}	0.000674	0.00106	0.635383	0.5262
SI _{t-1}	-0.00105	0.000339	-3.07972	0.0025***
AI _{t-1}	-0.00056	0.001338	-0.41682	0.6774
C	1303.491	1281.871	1.016865	0.3109
R-squared		0.798125	Adjusted R-squared	0.783019
F-statistic		52.83391	Schwarz criterion	16.55622
Prob(F-statistic)		0	Durbin-Watson stat	1.678314

주: *, **, ***은 각각 귀무가설이 10%, 5%, 1%의 유의수준에서 기각됨을 나타냄.

<표 5-6>의 결과를 바탕으로 종속변수에 대한 설명변수 영향을 살펴보았다.

첫째, t-1기의 제주지역 양식 넙치 산지가격은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 두 번째로 큰 수치의 양(+)의 영향을 미치고 있으며, 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

둘째, t-1기의 완도지역 양식 넙치 산지가격은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 큰 수치의 양(+)의 영향을 미

치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

셋째, t-1기의 양식넙치 도매가격은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 큰 수치의 음(-)의 영향을 미치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

넷째, t-1기의 제주지역 수온은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 가장 큰 수치의 음(-)의 영향을 미치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

다섯째, t-1기의 농축수산물 온라인 판매금액은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 가장 낮은 수치의 양(+)의 영향을 미치고 있으며, 5% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

여섯째, t-1기의 양성물량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 음(-)의 영향을 미치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

일곱째, t-1기의 출하가능물량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 수치의 음(-)의 영향을 미치고 있으며, 5% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

여덟째, t-1기의 제주지역 양식 넙치 국내 출하량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 수치의 양(+)의 영향을 미치고 있으며, 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

아홉째, t-1기의 제주지역 양식 넙치 수출량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 수치의 양(+)의 영향을 미치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

열째, t-1기의 연어 수입량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 음(-)의 영향을 미치고 있으며, 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

마지막으로, t-1기의 방어 수입량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 수치의 음(-)의 영향을 미치고 있으

며, 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

위 분석 결과를 통한 예측 결과는 <표 5-7>과 같다. 실제 가격과 예측 가격의 최소 오차는 4월의 49.08원, 최대 오차는 5월의 1,448.37원으로 나타났다, 평균 오차는 565.08원으로 나타났다.

<표 5-7> 다중회귀분석을 통한 2019년 제주 양식 넙치 산지가격 예측 결과

(단위: 원)

Month	2019.01	2019.02	2019.03	2019.04	2019.05	2019.06
Actual	8,650	8,869	9,240	9,958	8,640	8,465
Prediction	8,831.77	9,612.89	9,181.44	10,007.08	10,088.37	8,731.77
Error	181.78	743.89	58.56	49.08	1,448.37	266.77
Month	2019.07	2019.08	2019.09	2019.10	2019.11	2019.12
Actual	9,350	9,767	9,156	8,497	8,134	7,923
Prediction	8,500.62	9,303.26	9,837.67	9,565.67	8,572.94	8,453.09
Error	849.38	463.74	681.67	1,068.67	438.94	530.09

다음으로 코로나 19 이후인 2020년 1월부터 2020년 12월까지의 제주지역 양식 넙치 산지가격을 예측하기 위해 2005년 10월부터 2019년 12월까지의 월별 자료를 회귀분석하였다. 다중회귀모형 분석 결과, <표 5-8>과 같이 조정된 결정계수는 약 80%로 나타났으며, 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. 또한, 더빈-왓슨 값(Durbin-Watson stat)은 2에 가까운 값을 나타내 자기상관이 존재하지 않고 독립적인 것으로 분석되었다.

<표 5-8> 2019년 12월까지의 회귀분석 결과

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
JPP _{t-1}	0.749754	0.148751	5.040326	0.0000***
WPP _{t-1}	0.128892	0.128023	1.006785	0.3156
WP _{t-1}	-0.01826	0.153213	-0.11918	0.9053
TP _{t-1}	-3.37288	23.57948	-0.14304	0.8864
OS _{t-1}	5.11E-09	2.31E-09	2.211107	0.0285**
AQ _{t-1}	-3.20E-05	1.75E-05	-1.82462	0.0699*
SQ _{t-1}	-5.70E-05	2.91E-05	-1.95617	0.0522*
DS _{t-1}	0.001901	0.000394	4.824141	0.0000***
EP _{t-1}	0.000526	0.001025	0.512739	0.6088
SI _{t-1}	-0.00098	0.000296	-3.28843	0.0012***
AI _{t-1}	-0.00062	0.000881	-0.6996	0.4852
C	1005.747	1039.282	0.967732	0.3346
R-squared	0.811929	Adjusted R-squared	0.798918	
F-statistic	62.40227	Schwarz criterion	16.50563	
Prob(F-statistic)	0	Durbin-Watson stat	1.660038	

주: *, **, ***은 각각 귀무가설이 10%, 5%, 1%의 유의수준에서 기각됨을 나타냄.

<표 5-8>의 결과를 바탕으로 종속변수에 대한 설명변수 영향을 살펴보았다.

첫째, t-1기의 제주지역 양식 넙치 산지가격은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 두 번째로 큰 수치의 양(+)의 영향을 미치고 있으며, 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

둘째, t-1기의 완도지역 양식 넙치 산지가격은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 큰 수치의 양(+)의 영향을 미치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

셋째, t-1기의 양식넙치 도매가격은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 큰 수치의 음(-)의 영향을 미치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

넷째, t-1기의 제주지역 수운은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 가장 큰 수치의 음(-)의 영향을 미치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

다섯째, t-1기의 농축수산물 온라인 판매금액은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 가장 낮은 수치의 양(+)의 영향을 미치고 있으며, 5% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

여섯째, t-1기의 양성물량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 음(-)의 영향을 미치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

일곱째, t-1기의 출하가능물량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 수치의 음(-)의 영향을 미치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

여덟째, t-1기의 제주지역 양식 넙치 국내 출하량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 수치의 양(+)의 영향을 미치고 있으며, 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

아홉째, t-1기의 제주지역 양식 넙치 수출량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 수치의 양(+)의 영향을 미치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

열째, t-1기의 연어 수입량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 음(-)의 영향을 미치고 있으며, 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

마지막으로, t-1기의 방어 수입량은 t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 설명변수 중 상대적으로 낮은 수치의 음(-)의 영향을 미치고 있으며, 10% 수준에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

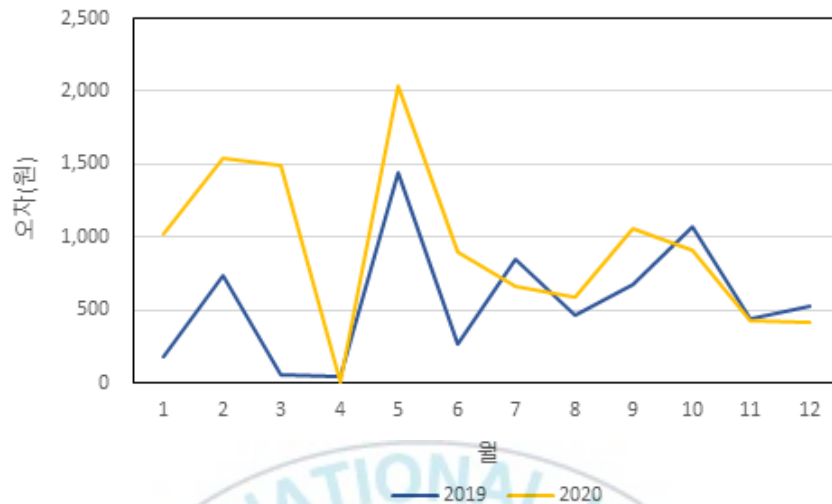
위 분석 결과를 통한 예측 결과는 <표 5-9>과 같다. 실제 가격과 예측 가격의 최소 오차는 4월의 5.15원, 최대 오차는 5월의 2,041.43원으로 나타났다, 평균 오차는 922.8원으로 나타났다.

<표 5-9> 다중회귀분석을 통한 2020년 제주 양식 넙치 산지가격
예측 결과

(단위: 원)

Month	2020.01	2020.02	2020.03	2020.04	2020.05	2020.06
Actual	8,808	8,376	7,729	9,020	12,650	12,529
Prediction	7,781.37	9,924.22	9,225.06	9,014.85	10,608.57	13,422.84
Error	1,026.63	1,548.22	1,496.06	5.15	2,041.43	893.84
Month	2020.07	2020.08	2020.09	2020.10	2020.11	2020.12
Actual	12,601	13,000	12,856	13,948	14,102	13,129
Prediction	13,261.42	13,588.35	13,913.79	14,856.83	14,528.76	13,549.06
Error	660.42	588.35	1,057.79	908.83	426.76	420.06

다중회귀모형을 활용하여 회귀분석한 결과 조정된 결정계수의 경우 2019년이 2020년보다 낮았지만, 두 분석 모두 높은 조정된 결정계수를 나타냈으며, 1%에서 통계적으로 유의하여 자기상관이 존재하지 않았다. 종속 변수에 대한 설명변수의 영향은 제주산 수출량과 방어 수입량의 수치 및 출하가능물량의 유의 확률을 제외하고는 비슷한 수준의 영향을 미쳤다. 두 예측 연도 중 2019년의 평균 오차가 더 낮았으며, 두 연도 모두 동일하게 4월과 5월에 최소 오차와 최대 오차를 기록하였다(<그림 5-1> 참조).



<그림 5-1> 다중회귀모형을 활용하여 예측한 2019년과 2020년 오차 비교

2. 인공신경망 모델 분석 결과

1) Multi-layer feedforward network 분석 결과

우선 Multi-layer feedforward network 모델을 활용하여 2019년 1월부터 2019년 12월까지 예측하였다. 159개의 자료 중 127개를 훈련 데이터로 설정하였고, 32개를 검증 데이터로 설정하였다.

분석 결과는 <표 5-10>과 같이 나타났으며, t 기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 $t-1$ 기 제주지역 양식 넙치 산지가격, 완도지역 양식 넙치 산지가격, 농축수산물 온라인 판매금액, 제주지역 양식 넙치 국내 출하량, 방어 수입량 5개의 변수는 양(+)의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 그리고 도매가격, 수온, 양성물량, 출하가능물량, 제주지역 양식 넙치 수출량, 연어 수입량 6개의 변수는 음(-)의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다.

<표 5-10> 2018년 12월까지의 MLFN 모델 분석 결과

Variable	Coefficient	Variable	Coefficient
JPP _{t-1}	0.8116	SQ _{t-1}	-0.00002455
WPP _{t-1}	0.1547	DS _{t-1}	0.001805
WP _{t-1}	-0.1458	EP _{t-1}	-0.00001697
TP _{t-1}	-8.015	SI _{t-1}	-0.001012
OS _{t-1}	0.0000000041	AI _{t-1}	0.0005816
AQ _{t-1}	-0.00005498	C	2298.35

위 결과를 바탕으로 2019년 1월부터 2019년 12월까지 분석한 결과는 <표 5-11>과 같다. 예측 결과 실제 가격과 예측 가격의 최소 오차는 6월의 4.81, 최대 오차는 5월의 1,151.35원으로 나타났고, 평균 오차는 497.25원으로 나타났다.

<표 5-11> MLFN 모델의 2019년 제주 양식 넙치 산지가격 예측 결과

(단위: 원)

Month	2019.01	2019.02	2019.03	2019.04	2019.05	2019.06
Actual	8,650	8,869	9,240	9,958	8,640	8,465
Prediction	9,167.17	9,494.53	9,339.24	9,743.05	9,791.35	8,460.19
Error	517.17	625.53	99.24	214.95	1,151.35	4.81
Month	2019.07	2019.08	2019.09	2019.10	2019.11	2019.12
Actual	9,350	9,767	9,156	8,497	8,134	7,923
Prediction	8,300.37	9,052.54	9,434.45	9,011.97	8,261.95	8,591.55
Error	1,049.63	714.46	278.45	514.97	127.95	668.55

다음으로 2020년 1월부터 2020년 12월까지를 예측하였다. 171개의 자료 중 137개를 훈련 데이터로 설정하였고, 34개를 검증 데이터로 설정하였다.

분석 결과는 <표 5-12>과 같이 나타났으며, t기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 t-1기 제주지역 양식 넙치 산지가격, 완도지역 양식 넙치

산지가격, 농축수산물 온라인 판매금액, 제주지역 양식 넙치 국내 출하량, 제주지역 양식 넙치 수출량 5개의 변수는 양(+)의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 그리고 도매가격, 수온, 양성물량, 출하가능물량, 연어 수입량, 방어 수입량 6개의 변수는 음(-)의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다.

<표 5-12> 2019년 12월까지의 MLFN 모델 분석 결과

Variable	Coefficient	Variable	Coefficient
JPP _{t-1}	0.8384	SQ _{t-1}	-0.00007600
WPP _{t-1}	0.04646	DS _{t-1}	0.002006
WP _{t-1}	-0.05551	EP _{t-1}	0.0006849
TP _{t-1}	-8.692	SI _{t-1}	-0.0005035
OS _{t-1}	0.0000000025	AI _{t-1}	-0.001296
AQ _{t-1}	-0.00001629	C	1356.65

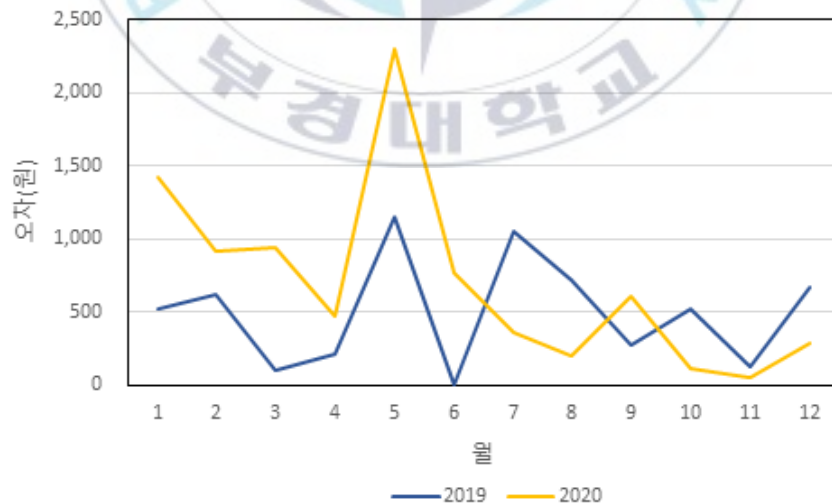
위 결과를 바탕으로 2020년 1월부터 2020년 12월까지 분석한 결과는 <표 5-13>과 같다. 실제 가격과 예측 가격의 최소 오차는 4월의 5.15원, 최대 오차는 5월의 2,041.43원으로 나타났고, 평균 오차는 703.72원으로 나타났다.

<표 5-13> MLFN 모델의 2020년 제주 양식 넙치 산지가격 예측 결과

(단위: 원)

Month	2020.01	2020.02	2020.03	2020.04	2020.05	2020.06
Actual	8,808	8,376	7,729	9,020	12,650	12,529
Prediction	7,781.37	9,924.22	9,225.06	9,014.85	10,608.57	13,422.84
Error	1,026.63	1,548.22	1,496.06	5.15	2,041.43	893.84
Month	2020.07	2020.08	2020.09	2020.10	2020.11	2020.12
Actual	12,601	13,000	12,856	13,948	14,102	13,129
Prediction	13,261.42	13,588.35	13,913.79	14,856.83	14,528.76	13,549.06
Error	660.42	588.35	1,057.79	908.83	426.76	420.06

Multi-layer feedforward network 모델을 활용하여 2019년과 2020년을 예측 분석한 결과 종속변수에 대한 설명변수의 영향은 제주지역 양식 넙치 수출량과 방어 수입량의 영향이 달랐다. 두 예측 연도 중 2019년의 평균 오차가 더 낮았으며, 두 연도의 최대 오차는 5월로 동일했지만, 최소 오차는 2019년은 6월, 2020년은 4월인 것으로 나타났다(<그림 5-2> 참조).



<그림 5-2> MLFN 모델을 활용하여 예측한 2019년과 2020년 오차 비교

2) Generalization regression neural network 분석 결과

우선 Generalization regression neural network 모델을 활용하여 2019년 1월부터 2019년 12월까지 예측하였다. 159개의 자료 중 127개를 훈련 데이터로 설정하였고, 32개를 검증 데이터로 설정하였다.

분석 결과는 <표 5-14>과 같이 나타났으며, t 기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 $t-1$ 기 이전의 제주지역 양식 넙치 산지가격, 완도지역 양식 넙치 산지가격, 농축수산물 온라인 판매금액, 제주지역 양식 넙치 국내 출하량, 제주지역 양식 넙치 수출량 5개의 변수는 양(+)의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 그리고 도매가격, 수온, 양성물량, 출하가능물량, 연어 수입량, 방어 수입량 6개의 변수는 음(-)의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다.

<표 5-14> 2018년 12월까지의 GRNN 모델 분석 결과

Variable	Coefficient	Variable	Coefficient
JPP _{t-1}	0.8680	SQ _{t-1}	-0.00005895
WPP _{t-1}	0.04363	DS _{t-1}	0.001869
WP _{t-1}	-0.006167	EP _{t-1}	0.001267
TP _{t-1}	-36.80	SI _{t-1}	-0.001012
OS _{t-1}	0.0000000067	AI _{t-1}	-0.001181
AQ _{t-1}	-0.00001068	C	489.49

위 결과를 바탕으로 2019년 1월부터 2019년 12월까지 분석한 결과는 <표 5-15>과 같다. 예측 결과 실제 가격과 예측 가격의 최소 오차는 11월의 11.48, 최대 오차는 5월의 1,300.26원으로 나타났고, 평균 오차는 473.8원으로 나타났다.

<표 5-15> GRNN 모델의 2019년 제주 양식 넙치 산지가격
예측 결과

(단위: 원)

Month	2019.01	2019.02	2019.03	2019.04	2019.05	2019.06
Actual	8,650	8,869	9,240	9,958	8,640	8,465
Prediction	8,227.10	9,040.71	8,775.96	9,797.00	9,940.26	8,429.69
Error	422.90	171.71	464.04	161.00	1,300.26	35.31
Month	2019.07	2019.08	2019.09	2019.10	2019.11	2019.12
Actual	9,350	9,767	9,156	8,497	8,134	7,923
Prediction	8,111.82	8,907.20	9,393.21	9,120.30	8,122.52	7,762.57
Error	1,238.18	859.80	237.21	623.30	11.48	160.43

다음으로 2020년 1월부터 2020년 12월까지를 예측하였다. 171개의 자료 중 137개를 훈련 데이터로 설정하였고, 34개를 검증 데이터로 설정하였다.

분석 결과는 <표 5-16>과 같이 나타났으며, t 기의 제주지역 양식 넙치 산지가격에 대해 $t-1$ 기 이전의 제주지역 양식 넙치 산지가격, 완도지역 양식 넙치 산지가격, 농축수산물 온라인 판매금액, 제주지역 양식 넙치 국내 출하량, 제주지역 양식 넙치 수출량 5개의 변수는 양(+)의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 그리고 도매가격, 수온, 양성물량, 출하가능물량, 연어 수입량, 방어 수입량 6개의 변수는 음(-)의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다.

<표 5-16> 2019년 12월까지의 GRNN 모델 분석 결과

Variable	Coefficient	Variable	Coefficient
JPP _{t-1}	0.8292	SQ _{t-1}	-0.00006141
WPP _{t-1}	0.06677	DS _{t-1}	0.001903
WP _{t-1}	-0.08787	EP _{t-1}	0.0002855
TP _{t-1}	-14.90	SI _{t-1}	-0.0006547
OS _{t-1}	0.0000000027	AI _{t-1}	-0.0003840
AQ _{t-1}	-0.00003337	C	2143.69

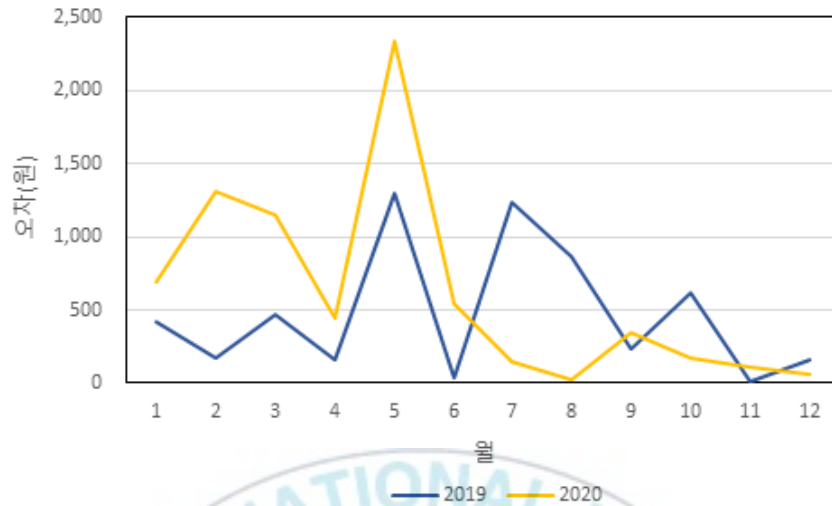
위 결과를 바탕으로 2020년 1월부터 2020년 12월까지 분석한 결과는 <표 5-17>과 같다. 실제 가격과 예측 가격의 최소 오차는 8월의 25.34원, 최대 오차는 5월의 2,331.27원으로 나타났고, 평균 오차는 609.97원으로 나타났다.

<표 5-17> GRNN 모델의 2020년 제주 양식 넙치 산지가격
예측 결과

(단위: 원)

Month	2020.01	2020.02	2020.03	2020.04	2020.05	2020.06
Actual	8,808	8,376	7,729	9,020	12,650	12,529
Prediction	8,121.28	9,689.41	8,876.07	8,578.69	10,318.73	13,069.33
Error	686.72	1,313.41	1,147.07	441.31	2,331.27	540.33
Month	2020.07	2020.08	2020.09	2020.10	2020.11	2020.12
Actual	12,601	13,000	12,856	13,948	14,102	13,129
Prediction	12,744.87	12,974.66	13,196.90	13,773.80	13,992.28	13,194.43
Error	143.87	25.34	340.90	174.20	109.72	65.43

Generalization regression neural network 모델을 활용하여 2019년과 2020년을 예측 분석한 결과 종속변수에 대한 설명변수의 영향은 두 기간 동안 유사한 영향을 미쳤다. 두 예측 연도 중 2019년의 평균 오차가 더 낮았으며, 두 연도의 최대 오차는 5월로 동일했고, 최소 오차는 2019년은 11월, 2020년은 8월인 것으로 나타났다(<그림 5-2> 참조).



<그림 5-3> GRNN 모델을 활용하여 예측한 2019년과 2020년
오차 비교

3. 예측오차율 분석 결과

예측오차율은 다중회귀모형, MLFN 모델, GRNN 모델을 활용하여 나온 예측값과 실제값을 평균절대백분율오차(MAPE)를 사용하여 분석하였다.

<표 5-18>은 2019년 1월부터 2019년 12월을 예측한 결과이다. 세 모델 모두 5월의 MAPE가 가장 높았으며, 최소 MAPE는 다중회귀모형 4월 0.49%, MLFN 모델 6월 0.06%, GRNN 모델 11월 0.14%로 분석되었다. 2019년 12개월 평균 MAPE가 가장 낮은 모델은 GRNN 모델이 5.26%로 분석되었다.

<표 5-18> 2019년 예측오차율 분석 결과

Month	다중회귀모형	MLFN	GRNN
2019.01	2.10%	5.98%	4.89%
2019.02	8.39%	7.05%	1.94%
2019.03	0.63%	1.07%	5.02%
2019.04	0.49%	2.16%	1.62%
2019.05	16.76%	13.33%	15.05%
2019.06	3.15%	0.06%	0.42%
2019.07	9.08%	11.23%	13.24%
2019.08	4.75%	7.32%	8.80%
2019.09	7.45%	3.04%	2.59%
2019.10	12.58%	6.06%	7.34%
2019.11	5.40%	1.57%	0.14%
2019.12	6.69%	8.44%	2.02%
AVERAGE	6.46%	5.61%	5.26%

<표 5-19>는 2020년 1월부터 2020년 12월을 예측한 결과이다. 다중회귀 모형은 19.36%로 3월에 가장 높은 MAPE로 나타났고, MLFN 모형과 GRNN 모형은 18.21%와 18.43%로 5월의 MAPE가 가장 높게 나타났다. 최소 MAPE는 다중회귀모형 4월 0.06%, MLFN 모형 11월 0.36%, GRNN 모형 8월 0.19%로 분석되었다. 2020년 12개월 평균 MAPE가 가장 낮은 모형은 GRNN 모형이 6.04%로 분석되었다.

<표 5-19> 2020년 예측오차율 분석 결과

Month	다중회귀모형	MLFN	GRNN
2020.01	11.66%	16.20%	7.80%
2020.02	18.48%	10.97%	15.68%
2020.03	19.36%	12.14%	14.84%
2020.04	0.06%	5.24%	4.89%
2020.05	16.14%	18.21%	18.43%
2020.06	7.13%	6.18%	4.31%
2020.07	5.24%	2.81%	1.14%
2020.08	4.53%	1.49%	0.19%
2020.09	8.23%	4.76%	2.65%
2020.10	6.52%	0.79%	1.25%
2020.11	3.03%	0.36%	0.78%
2020.12	3.20%	2.20%	0.50%
AVERAGE	8.63%	6.78%	6.04%

2019년과 2020년 예측 분석 결과, 두 연도 모두 GRNN 모델로 분석 시 낮은 MAPE 를 보여 적합도가 가장 우수한 것으로 나타났다. 다음으로 MLFN 모델의 적합도가 우수했으며, 다중회귀모형으로 분석 시 가장 높은 MAPE 를 보여 본 연구에서 가장 적합하지 않은 것으로 나타났다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 내·외부적으로 영향을 미치는 변수들을 사용하여 국내 양식어류 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 양식 넙치의 주요 생산지인 제주도의 산지가격을 예측하고자 하였다. 분석 과정에서 타 분야의 가격 예측에서 활발하게 연구되고 있는 인공신경망 모델을 활용하여 과거의 통계적 분석법과 분석 결과를 비교 및 분석한 후, 현재 수산업에서는 주로 연구되지 않은 방식에 대해 제시하고자 하였다.

가격 예측 시 사용된 자료는 2005년 10월부터 2020년 12월까지의 기간을 활용하였으며, 코로나로 인한 소비행태의 변화를 고려하여 2019년 1월부터 2019년 12월까지와 2020년 1월부터 2020년 12월까지를 구분 지어 예측 기간으로 설정하였다. 제주지역 양식 넙치 자료를 종속변수로 사용하였으며, 완도지역 양식 넙치 산지가격, 양식 넙치 도매가격, 제주도 수온, 농축수산물 온라인 판매금액, 양성물량, 출하가능물량, 제주지역 양식 넙치 국내 출하량, 제주지역 양식 넙치 수출량, 연어 수입량, 방어 수입량 10개의 월별 시계열 자료를 설명변수로 사용하였다. 시차는 종속변수 t 기를 기준으로 $t-1$ 기를 설명변수로 설정하였다.

본 연구에서는 인공신경망 모델 중 Multi-layer feedforward network 모델, Generalization regression neural network 모델이 사용되었으며, 과거의 통계법과 비교하기 위해 다중회귀모형을 사용하여 분석하였다.

다중회귀분석 시 시계열 자료의 사용 시 해당 변수들의 정상성을 판별하기 위해 단위근 검정을 실시하였고, 변수들 사이의 공적분 관계를 파악하기 위해 공적분 검정을 실시하였다. 이후 검증을 통해 활용 가능한 변수들을 설명변수로 설정하였으며, 자기상관 문제를 해결하기 위해 종속변수 시차 t 의 $t-1$ 기를 설명변수에 포함하여 예측 분석하였다.

예측오차율은 평균절대백분율오차(MAPE)를 활용하였으며 다중회귀모형 및 인공신경망 모델을 사용하여 예측된 값과 실제값으로 예측오차율을 구

한 후 해당 기간 및 평균값을 비교 분석하였다.

다중회귀모형 분석 시 시계열 자료의 정상성을 검사하기 위해 단위근 검정을 시행하였다. 모든 수준변수에서 단위근이 존재하는 불안정한 시계열이며, 변수의 1차 차분 후 단위근 검정시행 시 단위근이 존재하지 않는 정상성을 가진 시계열로 나타났다. 단위근이 존재하는 수준변수를 대상으로 공적분 검정을 시행하였으며, 모든 변수에 공적분 관계가 존재하여 장기적 균형 관계를 가지는 것으로 나타나 수준변수의 사용이 가능해졌다. 이를 통해 다중회귀분석 결과, 2019년 평균 오차는 565.08원, 2020년 평균 오차는 922.8원으로 나타났다.

인공신경망 모델 중 Multi-layer feedforward network 모델 분석 결과, 2019년 평균 오차는 497.25원으로 나타났으며, 2020년 평균 오차는 703.72원으로 나타났다. Generalization regression neural network 모델 분석 결과, 2019년 평균 오차는 473.8원으로 나타났으며, 2020년 평균 오차는 609.97원으로 나타났다.

2019년과 2020년 예측오차율 분석 결과, 두 연도 모두 Generalization regression neural network 모델로 분석 시 2019년 5.26%와 2020년 6.04%로 가장 낮은 MAPE를 보여 본 연구에서 적합도가 가장 우수한 것으로 나타났으며, Multi-layer feedforward network 모델이 2019년 5.61%, 2020년 6.78%로 다음으로 적합도가 우수했고, 다중회귀분석 시 가장 높은 MAPE인 2019년 6.46%, 2020년 8.63%를 보여 본 연구에서 가장 적합하지 않은 것으로 나타났다.

본 연구에서는 기존에 활용되지 않았던 다양한 변수와 인공신경망 모델이라는 방법을 통해 분석하였다. 그 결과, 분석에 활용된 인공신경망 모델들이 다중회귀분석보다 평균 오차와 예측오차율 모두 더 적합한 결과를 도출해 냈다. 이에 따라, 향후 가격 예측 연구에서 인공신경망 모델을 사용하면 보다 정확한 미래의 가격 예측 결과를 도출할 수 있을 것으로 예상된다.

그리고 본 연구에서는 코로나 19로 인한 불확실성을 고려하여 영향을

미치기 전인 2019년과 영향이 미친 2020년을 나누어서 예측하였다. 이는 코로나 19로 생활 및 소비 등의 일상이 변화하여 이전과는 달리 불확실성이 존재해 기존의 변수를 활용하여 미래를 예측하는 연구 시 어느 정도 영향을 미치는가를 비교해보기 위해 각각 예측하였다. 또 코로나 19를 고려하여 달라진 소비패턴을 농축수산물 온라인 판매금액 자료를 설명변수로 사용하였다. 분석 결과, 모든 모델에서 2019년도의 결과가 더 낮은 오차를 보였으며, 세 모델의 2019년도의 평균 오차가 2020년도보다 평균 233.45원 낮았다.

본 연구의 한계점으로는 양식 넙치 산지가격에 실질적인 영향을 미치고 있는 변수들에 대한 보다 다양한 자료들의 수집이 불가능하였다. 사료 가격과 생산비, 질병으로 인한 폐사율, 주로 여름에 발생하는 태풍이나 집중호우로 인한 양식장의 피해 등 산지가격에 직접적인 영향을 미치며 변수로의 사용이 충분히 가능할 것으로 보였지만 월별 자료가 아닌 연도별 자료로 구분되어있거나, 수집된 자료의 기간 범위 등에 한계가 있었다.

최종적으로 본 연구에서 분석된 바와 같이, 수산분야 가격 예측 시 인공신경망 모델을 활용한다면 보다 정확하고 다양한 예측값을 도출할 수 있을 것으로 기대된다. 분석 결과를 통해 가격의 큰 변동에 미리 대비할 수 있을 것으로 예상되며, 부정적 영향을 사전에 대비하여 더욱 안정적인 수급에 의해 공급자와 수요자 모두가 만족을 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 향후 수산 분야에 인공신경망 모델을 활용한 다양한 연구들이 활발하게 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

[국내 문헌]

- 강중호, 이광진, 홍성길, & 정명생. (2000). 주요 선어류의 가격결정 구조에 관한 연구. 한국해양수산개발원. 1-129.
- 관세청 수출입무역통계. (2021). <https://unipass.customs.go.kr> Accessed March 2021.
- 국립수산물과학원. (2016). 넙치 양식 표준매뉴얼.
- 국회입법조사처. (2020). 코로나19 이후 수산물 온라인 유통 활성화의 필요성과 향후 과제.
- 기상청 기상자료개방포털. (2021). <https://data.kma.go.kr> Accessed February 2021.
- 김윤두, 김효미, & 채수호. (2020). 국내 주요 수산물 유통단계간 가격 연관성 분석: 산지-도매단계를 중심으로. 산업경제연구. 33(1). 33-57.
- 김태현. (2015). 출하량 조절이 양식 넙치가격에 미치는 영향. 자원·환경경제연구. 24(4). 709-725.
- 김태현, & 남종오. (2016). DM 검정을 이용한 냉동 고등어 소매가격 예측력 비교 분석. 한국도서연구. 28(3). 59-81.
- 김태형. (2020). 기후변화와 김 생산량 간의 인과성 및 김 위판 가격예측모형. 전남대학교 박사학위논문.
- 김태훈, & 홍한국. (2004). 회귀모형과 신경망모형을 이용한 아파트 가격 모형에 관한 연구. 국토연구. 43. 183-200.
- 남종오, & 정민주. (2017). 제주 양식넙치의 월별 산지가격 예측 및 예측력

- 비교. 해양정책연구. 32(2). 1-21.
- 남종오, 노승국, & 박은영. (2012). 시계열 분석을 이용한 굴 가격 예측에 관한 연구. 해양정책연구. 27(1). 65-94.
- 남종오, 백은영, & 노승국. (2014). 시계열 모형을 이용한 김 위판가격 예측에 관한 연구. 해양정책연구. 29(2). 271-303.
- 박명룡, 장영진, & 강덕영. (1999). 급격한 수온변화에 따른 양식 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 생리적 반응. 한국양식학회지. 12(3). 221-228.
- 박성준, & 김진수. (2014). 단기 천연가스 가격 예측에 있어서 인공신경망의 활용에 대한 연구. 한국자원공학회지. 51(6). 761-770.
- 백승우, & 김수현. (2020). 코로나 이후(Post Covid-19) 농식품유통의 방향과 과제. 한국식품유통학회. 453-469.
- 백은영, 하혜수, 김남호, & 김대영. (2019). “국민횃감 광어”, 소비 다변화 등 생존전략 마련해야. KMI 동향분석, 2월 13일. 부산: 한국해양수산개발원.
- 손진곤, & 남종오. (2016). 중량별 제주 넙치 산지가격의 선도가격 추정 및 시장가격 충격에 대한 동태적 영향 분석. 수산해양교육연구. 28(1). 198-210.
- 양승룡, & 박유신. (1998). 인공 신경망(Artificial Neural Networks)을 이용한 돼지가격의 예측. 한국농업경제학회. 1998(1). 67-84.
- 옥영수, 김상태, & 고봉원. (2007). 양식 넙치의 가격변동 및 예측에 관한 연구. 한국수산경영학회. 19-41.
- 이남수, 강경희, 조국훈, & 김대영. (2017). ‘국민 횃감’ 자리매김한 수입 연어, 안정적인 먹거리 차원 관리 필요. KMI 동향분석, 10월 12일. 부산:

한국해양수산개발원.

이정미, & 김기수. (2010). 수산물 시장의 유통단계별 가격전달의 비대칭성에 관한 실증 분석. 수산경영론집. 41(3). 59-78.

이홍승, & 김준환. (2021). 코로나19로 인한 식품 소비행태 변화분석: MZ 세대를 중심으로. 디지털융복합연구. 19(3). 47-54.

장영진, 이복규, 강덕영, & 박명룡. (1999). 양식넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 생리조건에 미치는 연속적인 수온 급강하의 영향. 한국수산학회지. 32(5). 601-606.

제주어류양식수협. (2021). <http://www.jaf-suhyup.co.kr> Accessed January 2021.

차영기, & 김기수. (2009). 수입 수산물과 국내산 수산물의 가격간 유통단계별 인과성 분석: 명태, 갈치, 조기 냉동품을 대상으로. 수산경영론집. 40(2). 105-126.

통계청. (2021). <https://kostat.go.kr> Accessed March 2021.

한국해양수산개발원 수산업관측센터. (2021). <https://www.foc.re.kr> Accessed March 2021.

한다정, & 박철형. (2018). 계절성을 고려한 가공유형별 오징어 소매가격 예측모형 비교 분석. 수산해양교육연구. 30(4). 1471-1483.

해양수산부. (2020). 2019년 수산물 생산 및 유통산업 실태조사 결과.

황강석, 최정화, & 오택윤. (2012). 인공신경망을 활용한 고등어의 위판가격 변동 예측 -어획량 제한이 없었던 TAC 제도 시행 이전의 경우-. 수산해양기술연구. 48(1). 72-81.

[국외 문헌]

- Adebiyi, A. A., Adewumi, A. O., & Ayo, C. K. (2014). Comparison of ARIMA and Artificial Neural Networks Models for Stock Price Prediction. *Journal of Applied Mathematics*. 2014. 1-7.
- Bishop, C. M. (1995). *Neural networks for pattern recognition*. Oxford: Oxford University Press.
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. New Jersey: Wiley.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distributions of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*. 74. 427-431.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics For Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Econometrica*. 49(4). 1057-72
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*. 55(2). 251-276.
- Gujarati, D. (2015). *Econometrics by example*. London: Palgrave Macmillan Education.
- Gupta, N., & Nigam, S. (2020). Crude Oil Price Prediction using Artificial Neural Network. *Procedia Computer Science*. 170. 642-647.
- Johansen, S. (1991). Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models. *Econometrica*. 59(6). 1551-1580.

- Khan, Z. H., Alin, T. S., & Hussain, M. A. (2011). Price prediction of share market using artificial neural network (ANN). *International Journal of Computer Applications*. 22(2). 42-47.
- Krenker, A., Bešter, J., & Kos, A. (2011). Introduction to the artificial neural networks. *Artificial neural networks – methodological advances and biomedical application*. 3-18.
- Lutkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Berlin: Springer
- Mahmoud, O., Amwar, F., & Salami, M. J. E. (2007). Learning algorithm effect on multilayer feed forward artificial neural network performance in image coding. *Journal of Engineering Science and Technology*. 2(2). 188-199.
- Matyjaszek, M., Fernández, P. R., Krzemień, A., Wodarski, K., & Valverde, G. F. (2019). Forecasting coking coal prices by means of ARIMA models and neural networks, considering the transgenic time series theory. *Resources Policy*. 61. 283-292.
- Myttenaere, A., Golden, B., Grand, B. L., & Rossi, F. (2016). Mean Absolute Percentage Error for regression models. *Neurocomputing*. 192. 38-48.
- NeuralTools 8.1. (2020). Palisade Company LLC.
- Paulos, J. P., & Fidalgo, J. N. (2018). Load and electricity prices forecasting using Generalized Regression Neural Networks. *International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST)*. 2018.
- Said, S. E., & Dickey, D. A. (1984). Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. *Biometrika*.

71(3). 599-607.

Specht, D. A. (1991). A general regression neural network. IEEE Transactions on Neural Networks. 2. 568-576.

Svozila, D., Kvasnicka, V., & Pospichal, J. (1997). Introduction to multi-layer feed-forward neural networks. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. 39. 43-62.

Tang, Z., & Fishwick, PA. (1993). Feedforward Neural Nets as Models for Time Series Forecasting. ORSA journal on computing. 5(4). 327-434.



부록. 분석 자료

(단위: 원/kg, 원/kg, 원/kg, ℃, 원)

연도	제주 양식넙치 산지가격 ¹⁾	완도 양식넙치 산지가격 ¹⁾	도매가격 ¹⁾	수온 ²⁾	농축수산물 온라인판매금액 ³⁾
2005M10	10,500	11,000	11,708	24	22,657,000,000
2005M11	9,000	10,200	10,389	22	23,072,000,000
2005M12	8,000	9,677	9,625	18	27,789,000,000
2006M01	8,500	10,500	10,750	16	45,763,000,000
2006M02	8,250	10,500	10,183	15	19,412,000,000
2006M03	8,610	10,661	10,375	15	21,076,000,000
2006M04	11,790	12,717	13,500	15	20,696,000,000
2006M05	11,430	13,016	12,708	16	22,595,000,000
2006M06	11,360	13,000	12,625	17	21,527,000,000
2006M07	12,560	13,000	13,333	19	22,040,000,000
2006M08	13,660	13,242	14,292	24	22,878,000,000
2006M09	12,620	12,483	14,292	26	46,048,000,000
2006M10	11,990	11,919	13,792	24	21,685,000,000
2006M11	10,840	10,500	12,917	22	24,010,000,000
2006M12	9,960	10,500	11,708	19	24,699,000,000
2007M01	11,100	12,452	12,375	17	26,873,000,000
2007M02	10,456	12,250	11,958	16	48,062,000,000
2007M03	11,753	12,919	13,125	15	26,444,000,000
2007M04	12,674	13,633	13,500	15	25,171,000,000
2007M05	12,313	13,500	14,208	16	26,384,000,000
2007M06	11,867	12,950	14,125	19	26,351,000,000
2007M07	11,092	11,742	13,475	20	26,258,000,000
2007M08	10,888	10,583	13,083	24	26,553,000,000
2007M09	10,119	10,583	12,333	24	57,723,000,000
2007M10	9,976	10,339	11,708	23	30,979,000,000
2007M11	9,708	10,117	11,375	21	33,055,000,000
2007M12	9,223	9,968	11,583	19	39,205,000,000
2008M01	9,902	10,500	11,583	17	61,805,000,000
2008M02	9,388	10,500	11,583	16	36,253,000,000
2008M03	9,627	10,500	12,000	15	34,092,000,000
2008M04	9,982	10,667	11,400	15	33,140,000,000
2008M05	10,170	11,000	11,917	17	33,196,000,000
2008M06	9,788	10,633	11,792	19	35,229,000,000
2008M07	8,488	9,484	11,000	20	34,755,000,000
2008M08	8,139	8,500	10,583	22	35,562,000,000
2008M09	8,239	8,500	10,542	24	61,564,000,000
2008M10	8,871	9,071	10,958	24	38,486,000,000

(단위: 원/kg, 원/kg, 원/kg, ℃, 원)

연도	제주 양식넙치 산지가격 ¹⁾	완도 양식넙치 산지가격 ¹⁾	도매가격 ¹⁾	수온 ²⁾	농축수산물 온라인판매금액 ³⁾
2008M11	8,042	8,403	10,125	22	40,354,000,000
2008M12	7,526	8,274	9,583	19	48,840,000,000
2009M01	8,758	9,758	10,333	17	66,804,000,000
2009M02	8,507	9,536	10,500	16	39,516,000,000
2009M03	8,229	9,145	10,708	15	39,941,000,000
2009M04	9,216	10,150	11,750	16	41,737,000,000
2009M05	9,997	11,226	11,917	17	42,695,000,000
2009M06	9,996	11,000	12,000	18	48,464,000,000
2009M07	10,810	11,790	13,042	24	43,061,000,000
2009M08	13,065	13,855	15,417	25	41,969,000,000
2009M09	12,718	13,333	15,542	26	75,884,000,000
2009M10	12,387	12,790	14,792	23	43,381,000,000
2009M11	11,512	12,350	13,792	21	52,873,000,000
2009M12	9,837	11,208	12,250	19	51,230,000,000
2010M01	11,158	12,952	13,458	16	55,685,000,000
2010M02	11,079	13,000	13,500	15	73,118,000,000
2010M03	11,989	13,323	13,750	15	50,223,000,000
2010M04	14,675	15,900	16,875	15	50,548,000,000
2010M05	13,941	16,000	16,500	17	51,094,000,000
2010M06	14,057	16,000	16,583	19	51,424,000,000
2010M07	14,759	15,500	16,583	22	49,769,000,000
2010M08	14,248	14,129	16,917	25	49,851,000,000
2010M09	12,227	12,033	15,250	25	79,477,000,000
2010M10	11,280	11,935	13,750	23	54,684,000,000
2010M11	10,810	12,000	13,583	20	55,321,000,000
2010M12	9,593	11,629	13,083	18	60,061,000,000
2011M01	10,912	12,677	13,958	16	88,659,000,000
2011M02	11,453	13,036	14,250	15	49,418,000,000
2011M03	13,130	13,339	15,125	14	64,505,000,000
2011M04	12,949	14,000	15,542	14	63,988,000,000
2011M05	11,906	13,694	14,646	16	63,957,000,000
2011M06	10,733	13,000	13,813	18	66,720,000,000
2011M07	10,147	11,806	13,333	23	65,296,000,000
2011M08	10,504	11,097	13,500	23	70,006,000,000
2011M09	10,497	10,733	13,250	25	82,672,000,000
2011M10	10,514	11,000	12,792	24	63,470,000,000
2011M11	9,967	11,000	12,486	22	70,151,000,000
2011M12	9,891	10,500	12,271	19	71,751,000,000
2012M01	9,256	10,500	11,750	17	111,070,000,000
2012M02	9,707	10,672	12,354	16	70,348,000,000

(단위: 원/kg, 원/kg, 원/kg, ℃, 원)

연도	제주 양식넙치 산지가격 ¹⁾	완도 양식넙치 산지가격 ¹⁾	도매가격 ¹⁾	수온 ²⁾	농축수산물 온라인판매금액 ³⁾
2012M03	11,405	12,403	13,542	16	75,559,000,000
2012M04	11,388	13,000	13,983	16	72,987,000,000
2012M05	11,862	13,500	13,713	18	74,482,000,000
2012M06	10,577	13,050	12,775	21	74,183,000,000
2012M07	10,090	11,000	12,271	24	67,630,000,000
2012M08	9,684	10,355	11,758	26	71,298,000,000
2012M09	11,901	12,500	13,472	24	103,439,000,000
2012M10	11,991	12,452	13,813	24	77,003,000,000
2012M11	11,808	12,000	13,521	21	77,569,000,000
2012M12	11,039	12,417	13,653	18	79,953,000,000
2013M01	12,439	13,532	14,522	16	114,034,000,000
2013M02	12,502	13,560	14,511	15	93,468,000,000
2013M03	12,505	13,000	14,472	15	78,332,000,000
2013M04	12,930	13,542	14,556	16	80,574,000,000
2013M05	13,459	14,000	15,208	17	77,151,000,000
2013M06	12,565	13,533	14,722	19	86,710,000,000
2013M07	11,927	12,383	13,972	24	84,173,000,000
2013M08	11,991	12,000	13,958	27	86,332,000,000
2013M09	11,579	12,000	13,625	26	125,510,000,000
2013M10	11,165	11,935	13,306	24	99,581,000,000
2013M11	10,227	11,500	12,472	21	102,147,000,000
2013M12	8,974	11,154	11,431	18	104,336,000,000
2014M01	10,415	11,419	12,653	16	155,014,000,000
2014M02	10,139	11,500	12,903	15	75,542,000,000
2014M03	9,784	11,500	12,323	15	85,131,000,000
2014M04	9,528	11,500	11,681	16	84,749,000,000
2014M05	9,142	11,500	12,011	18	81,535,000,000
2014M06	8,237	11,500	11,580	20	85,287,000,000
2014M07	8,053	10,272	11,580	22	88,159,000,000
2014M08	8,043	9,328	10,900	24	115,300,000,000
2014M09	8,011	9,000	10,729	25	102,698,000,000
2014M10	8,352	9,795	11,757	22	91,689,000,000
2014M11	9,079	10,375	11,594	20	94,383,000,000
2014M12	9,078	10,232	11,476	17	111,463,000,000
2015M01	9,547	10,500	11,639	16	108,761,000,000
2015M02	9,500	10,500	11,771	14	140,048,000,000
2015M03	10,617	10,919	12,674	14	102,840,000,000
2015M04	10,488	11,500	12,552	14	110,067,000,000
2015M05	10,193	11,735	12,728	16	103,255,000,000
2015M06	9,795	11,643	12,764	19	131,386,000,000

(단위: 원/kg, 원/kg, 원/kg, ℃, 원)

연도	제주 양식넙치 산지가격 ¹⁾	완도 양식넙치 산지가격 ¹⁾	도매가격 ¹⁾	수온 ²⁾	농축수산물 온라인판매금액 ³⁾
2015M07	9,791	11,232	12,702	22	122,166,000,000
2015M08	10,383	11,091	12,887	25	108,765,000,000
2015M09	11,802	12,589	14,295	24	164,260,000,000
2015M10	13,318	13,929	15,122	22	107,518,000,000
2015M11	12,803	13,875	15,253	21	113,614,000,000
2015M12	11,946	12,947	14,601	18	121,483,000,000
2016M01	11,200	12,097	13,736	17	171,405,000,000
2016M02	10,771	11,726	13,538	16	133,934,000,000
2016M03	11,372	13,194	14,069	15	135,035,000,000
2016M04	12,613	14,717	15,292	16	121,874,000,000
2016M05	12,795	15,000	15,184	17	118,736,000,000
2016M06	12,492	14,517	15,285	20	118,584,000,000
2016M07	13,012	13,774	15,154	24	126,662,000,000
2016M08	13,025	13,500	15,487	27	149,905,000,000
2016M09	12,903	13,500	15,201	25	200,056,000,000
2016M10	11,799	13,500	14,521	23	144,584,000,000
2016M11	10,678	13,533	13,626	21	153,343,000,000
2016M12	11,624	12,992	13,858	19	156,620,000,000
2017M01	11,816	13,000	13,909	17	259,029,000,000
2017M02	11,421	13,357	14,436	16	167,546,000,000
2017M03	14,047	15,387	15,962	15	194,150,000,000
2017M04	12,958	15,500	15,811	16	176,139,000,000
2017M05	12,751	15,887	15,697	17	175,762,000,000
2017M06	13,000	15,717	16,235	20	180,848,000,000
2017M07	12,957	14,758	16,296	25	182,683,000,000
2017M08	12,997	14,194	16,105	27	194,090,000,000
2017M09	14,370	15,433	17,306	26	288,964,000,000
2017M10	16,358	17,258	18,669	23	174,780,000,000
2017M11	15,724	17,100	18,208	21	208,744,000,000
2017M12	13,550	15,484	16,854	18	221,852,000,000
2018M01	12,369	14,500	15,875	16	251,910,000,000
2018M02	11,687	14,607	14,827	15	289,778,000,000
2018M03	13,809	15,952	16,097	15	228,800,000,000
2018M04	13,327	15,613	16,240	16	215,400,000,000
2018M05	13,355	16,403	16,603	17	221,735,000,000
2018M06	13,150	15,800	16,267	21	214,272,000,000
2018M07	12,449	13,387	14,462	24	224,230,000,000
2018M08	10,537	11,885	13,569	26	235,082,000,000
2018M09	11,155	13,233	14,198	25	310,020,000,000
2018M10	11,494	13,177	14,719	22	238,060,000,000

(단위: 원/kg, 원/kg, 원/kg, ℃, 원)

연도	제주 양식 넙치 산지가격 ¹⁾	완도 양식 넙치 산지가격 ¹⁾	도매가격 ¹⁾	수온 ²⁾	농축수산물 온라인판매금액 ³⁾
2018M11	10,580	12,650	13,393	20	256,669,000,000
2018M12	9,074	11,038	12,566	19	254,558,000,000
2019M01	8,650	10,700	12,431	17	413,272,000,000
2019M02	8,869	10,786	11,389	16	231,118,000,000
2019M03	9,240	10,419	11,347	15	278,404,000,000
2019M04	9,958	10,733	11,917	16	286,290,000,000
2019M05	8,640	10,387	11,764	18	285,288,000,000
2019M06	8,465	10,500	11,788	20	269,840,000,000
2019M07	9,350	10,500	11,809	23	282,677,000,000
2019M08	9,767	10,500	11,897	27	321,530,000,000
2019M09	9,156	10,500	11,931	25	374,542,000,000
2019M10	8,497	10,903	11,836	23	313,056,000,000
2019M11	8,134	10,567	11,483	21	325,846,000,000
2019M12	7,923	10,268	11,243	19	341,186,000,000
2020M01	8,808	10,565	11,264	17	489,675,000,000
2020M02	8,376	10,071	11,162	16	463,071,000,000
2020M03	7,729	10,000	11,052	16	527,136,000,000
2020M04	9,020	10,733	11,583	16	479,364,000,000
2020M05	12,650	14,968	15,896	17	433,631,000,000
2020M06	12,529	15,000	15,986	21	434,082,000,000
2020M07	12,601	14,431	15,789	22	480,415,000,000
2020M08	13,000	14,145	15,799	27	509,825,000,000
2020M09	12,856	14,552	15,842	24	733,033,000,000
2020M10	13,948	15,194	16,687	23	494,660,000,000
2020M11	14,102	14,750	16,587	20	517,277,000,000
2020M12	13,129	13,419	15,695	18	651,029,000,000

자료: 1) 한국해양수산개발원 수산업관측센터 (2021), 광어 관측통계

2) 기상청 기상자료개방포털 (2021), 기상관측

3) 통계청 (2021), 온라인쇼핑동향조사

(단위: 마리, 마리, kg, kg, kg, kg)

연도	양성물량 ¹⁾	출하가능 물량 ¹⁾	제주산 국내 출하량 ²⁾	제주산 수출량 ²⁾	연어 수입량 ³⁾	방어 수입량 ³⁾
2005M10	25,430,000	5,580,000	541,000	478,000	115,928	53,482
2005M11	30,020,000	4,150,000	680,000	427,000	119,752	37,235
2005M12	32,850,000	6,700,000	719,000	439,000	130,499	94,117
2006M01	29,340,000	5,060,000	625,000	396,000	131,249	49,034
2006M02	25,400,000	4,560,000	742,000	309,000	127,000	65,431
2006M03	20,860,000	4,180,000	1,060,000	314,000	150,667	61,219
2006M04	17,680,000	3,960,000	640,000	144,000	133,184	56,256
2006M05	16,680,000	3,510,000	497,000	156,000	136,877	3,865
2006M06	18,050,000	3,110,000	483,000	129,000	128,412	24,294
2006M07	17,860,000	2,430,000	394,000	213,000	115,722	20,272
2006M08	22,960,000	3,140,000	240,000	219,000	126,978	10,310
2006M09	16,050,000	3,250,000	347,000	251,000	121,928	2,891
2006M10	24,150,000	4,120,000	347,000	354,000	130,164	0
2006M11	21,180,000	5,020,000	296,000	294,000	157,984	28,776
2006M12	21,930,000	3,880,000	826,000	347,000	233,370	147,682
2007M01	19,500,000	3,710,000	667,000	179,000	247,955	58,935
2007M02	19,470,000	2,950,000	662,000	165,000	199,330	62,603
2007M03	16,570,000	2,930,000	753,000	145,000	249,841	30,137
2007M04	17,420,000	3,330,000	688,000	110,000	289,062	35,239
2007M05	15,850,000	2,270,000	711,000	120,000	313,801	24,395
2007M06	19,040,000	2,610,000	565,000	91,000	312,254	1,267
2007M07	17,030,000	4,060,000	521,000	204,000	268,488	24,606
2007M08	14,020,000	3,110,000	423,000	293,000	229,183	33,544
2007M09	20,220,000	5,670,000	497,000	261,000	234,919	0
2007M10	24,030,000	3,650,000	542,000	383,000	357,129	26,584
2007M11	28,200,000	7,170,000	497,000	270,000	326,332	56,602
2007M12	25,350,000	6,600,000	823,000	358,000	350,281	122,411
2008M01	24,380,000	6,140,000	663,000	256,000	248,854	98,135
2008M02	23,290,000	6,220,000	743,000	194,000	227,141	44,913
2008M03	21,700,000	5,900,000	722,000	236,000	227,734	33,960
2008M04	20,340,000	5,120,000	820,000	213,000	235,412	15,966
2008M05	18,490,000	4,520,000	1,060,000	167,000	226,515	9,577
2008M06	18,080,000	5,490,000	732,000	164,000	227,958	0
2008M07	17,710,000	6,210,000	675,000	191,000	197,057	12,917
2008M08	18,030,000	6,680,000	602,000	296,000	165,211	4,856
2008M09	22,260,000	7,560,000	812,000	352,000	168,581	1,241
2008M10	18,610,000	9,450,000	762,000	334,000	189,509	3,066
2008M11	22,320,000	11,100,000	659,000	339,000	137,823	105
2008M12	19,630,000	11,900,000	1,136,000	519,000	213,852	21,690
2009M01	28,850,000	8,560,000	795,000	330,000	169,422	5,902

(단위: 마리, 마리, kg, kg, kg, kg)

연도	양성물량 ¹⁾	출하가능 물량 ¹⁾	제주산 국내 출하량 ²⁾	제주산 수출량 ²⁾	연어 수입량 ³⁾	방어 수입량 ³⁾
2009M02	30,260,000	8,300,000	775,000	303,000	177,393	2,989
2009M03	23,250,000	6,730,000	1,090,000	359,000	187,952	0
2009M04	19,620,000	5,970,000	936,000	235,000	187,204	0
2009M05	18,620,000	4,780,000	914,000	165,000	179,306	7,042
2009M06	14,560,000	5,600,000	792,000	233,000	171,995	2,202
2009M07	11,780,000	5,560,000	613,000	261,000	166,608	19,934
2009M08	9,160,000	5,700,000	560,000	362,000	162,335	1,185
2009M09	14,470,000	6,740,000	706,000	394,000	159,814	0
2009M10	18,640,000	7,100,000	703,000	350,000	180,951	0
2009M11	24,250,000	7,230,000	588,000	343,000	190,584	0
2009M12	25,860,000	6,130,000	1,155,000	432,000	234,132	0
2010M01	23,940,000	7,640,000	825,000	268,000	178,930	0
2010M02	23,510,000	3,970,000	861,000	252,000	174,279	3,234
2010M03	25,100,000	2,840,000	901,000	287,000	205,620	3,024
2010M04	14,600,000	5,600,000	632,000	191,000	164,619	0
2010M05	14,960,000	5,200,000	588,000	235,000	262,650	0
2010M06	15,770,000	3,140,000	489,000	184,000	158,111	0
2010M07	15,470,000	3,760,000	455,000	245,000	205,635	0
2010M08	15,440,000	4,990,000	329,000	254,000	209,101	0
2010M09	26,890,000	7,180,000	290,000	281,000	183,287	0
2010M10	26,820,000	6,260,000	405,000	356,000	199,042	0
2010M11	24,130,000	8,800,000	522,000	351,000	201,202	0
2010M12	30,820,000	6,670,000	1,061,000	422,000	257,112	0
2011M01	25,030,000	7,630,000	1,181,000	314,000	262,117	1,908
2011M02	20,050,000	7,290,000	964,000	220,000	174,438	11,442
2011M03	16,990,000	5,110,000	733,000	193,000	251,280	2,766
2011M04	29,500,000	5,510,000	633,000	174,000	213,925	2,492
2011M05	15,920,000	6,670,000	766,000	182,000	226,429	0
2011M06	16,220,000	4,510,000	682,000	168,000	248,281	0
2011M07	15,650,000	4,790,000	684,000	204,000	191,177	0
2011M08	18,220,000	13,530,000	634,000	256,000	203,675	2,066
2011M09	18,140,000	7,120,000	726,000	215,000	213,344	0
2011M10	18,260,000	7,300,000	683,000	256,000	236,968	0
2011M11	25,470,000	8,480,000	637,000	219,000	224,283	0
2011M12	26,530,000	8,180,000	871,000	265,000	314,649	37,439
2012M01	25,030,000	7,630,000	890,000	193,000	300,344	5,777
2012M02	21,840,000	8,140,000	792,000	156,000	338,099	28,295
2012M03	20,570,000	7,030,000	844,000	182,000	338,755	7,282
2012M04	17,740,000	7,850,000	897,000	181,000	344,957	0
2012M05	13,720,000	10,240,000	853,000	155,000	353,804	7,905

(단위: 마리, 마리, kg, kg, kg, kg)

연도	양성물량 ¹⁾	출하가능 물량 ¹⁾	제주산 국내 출하량 ²⁾	제주산 수출량 ²⁾	연어 수입량 ³⁾	방어 수입량 ³⁾
2012M06	16,530,000	8,770,000	711,000	147,000	312,636	1,966
2012M07	18,370,000	7,710,000	637,000	205,000	293,660	0
2012M08	17,645,000	6,735,000	662,000	226,000	350,139	2,255
2012M09	16,920,000	5,760,000	772,000	201,000	343,160	0
2012M10	22,860,000	6,060,000	742,000	225,000	381,187	0
2012M11	21,940,000	6,080,000	568,000	150,000	384,802	10,745
2012M12	16,130,000	6,390,000	1,044,000	281,000	483,577	37,826
2013M01	19,700,000	4,690,000	690,000	209,000	402,528	52,439
2013M02	20,210,000	2,960,000	670,000	192,000	367,379	35,715
2013M03	15,810,000	4,690,000	774,000	168,000	405,238	4,746
2013M04	14,050,000	4,630,000	727,000	175,000	419,418	0
2013M05	11,020,000	5,360,000	750,000	129,000	489,531	0
2013M06	10,950,000	5,270,000	533,000	132,000	366,304	1,929
2013M07	10,190,000	5,920,000	569,000	165,000	414,004	0
2013M08	10,370,000	6,370,000	543,000	237,000	430,837	0
2013M09	12,790,000	5,880,000	477,000	220,000	361,359	0
2013M10	16,810,000	6,100,000	581,000	264,000	442,026	0
2013M11	17,500,000	6,450,000	497,000	225,000	400,173	0
2013M12	22,170,000	9,060,000	961,000	307,000	539,586	13,499
2014M01	22,600,000	8,630,000	747,000	192,000	457,041	44,291
2014M02	20,770,000	8,160,000	771,000	166,000	456,026	22,949
2014M03	20,630,000	7,540,000	855,000	207,000	501,195	9,696
2014M04	20,660,000	6,490,000	1,000,000	175,000	526,769	0
2014M05	25,430,000	5,870,000	890,000	143,000	529,005	0
2014M06	26,530,000	7,290,000	890,000	139,000	532,814	0
2014M07	27,630,000	9,200,000	1,028,000	136,000	545,049	0
2014M08	29,410,000	9,990,000	882,000	183,000	511,882	0
2014M09	28,860,000	10,750,000	983,000	169,000	611,258	0
2014M10	29,790,000	14,400,000	1,123,000	252,000	684,557	6,776
2014M11	29,270,000	17,000,000	1,001,000	195,000	606,358	9,671
2014M12	27,350,000	16,600,000	1,345,000	311,000	848,743	69,261
2015M01	26,000,000	15,790,000	651,000	218,000	689,869	21,368
2015M02	24,880,000	14,920,000	652,000	181,000	665,927	16,613
2015M03	24,110,000	14,820,000	870,000	198,000	829,175	19,522
2015M04	24,040,000	11,790,000	986,000	163,000	842,137	0
2015M05	22,790,000	11,190,000	1,001,000	146,000	832,854	0
2015M06	22,000,000	10,750,000	753,000	123,000	825,331	0
2015M07	20,210,000	11,100,000	856,000	178,000	960,330	2,329
2015M08	19,230,000	10,830,000	983,000	195,000	930,948	0
2015M09	18,270,000	9,910,000	1,195,000	179,000	1,055,970	0

(단위: 마리, 마리, kg, kg, kg, kg)

연도	양성물량 ¹⁾	출하가능 물량 ¹⁾	제주산 국내 출하량 ²⁾	제주산 수출량 ²⁾	연어 수입량 ³⁾	방어 수입량 ³⁾
2015M10	17,460,000	9,070,000	1,066,000	192,000	1,204,721	0
2015M11	16,270,000	8,440,000	921,000	193,000	1,308,136	18,293
2015M12	15,180,000	6,890,000	1,428,000	258,000	1,541,694	222,081
2016M01	14,220,000	6,100,000	1,120,000	180,000	1,330,211	150,785
2016M02	13,020,000	5,570,000	1,146,000	169,000	1,345,625	163,187
2016M03	12,730,000	4,380,000	1,240,000	182,000	1,276,366	0
2016M04	12,430,000	3,430,000	1,366,000	163,000	1,284,999	0
2016M05	12,100,000	2,660,000	1,223,000	158,000	1,411,087	0
2016M06	15,310,000	2,900,000	1,049,000	145,000	1,284,502	0
2016M07	18,070,000	4,320,000	799,000	173,000	1,175,653	0
2016M08	16,840,000	6,200,000	808,000	240,000	1,352,095	0
2016M09	16,350,000	6,780,000	646,000	222,000	1,124,266	0
2016M10	17,330,000	8,120,000	856,000	227,000	1,356,323	0
2016M11	18,460,000	9,130,000	1,042,000	205,000	1,302,380	7,565
2016M12	15,520,000	9,640,000	1,311,000	225,000	1,584,748	157,027
2017M01	12,540,000	10,520,000	1,196,500	222,000	1,430,783	87,224
2017M02	10,770,000	8,890,000	1,082,000	181,000	1,392,523	157,292
2017M03	10,080,000	6,670,000	942,000	170,000	1,603,090	47,703
2017M04	9,210,000	5,960,000	1,179,000	189,000	1,442,918	0
2017M05	9,090,000	4,920,000	1,367,000	145,000	1,775,252	1,672
2017M06	11,640,000	3,150,000	1,040,000	126,000	1,538,693	0
2017M07	9,330,000	3,050,000	819,000	176,000	1,452,240	1,755
2017M08	8,590,000	2,050,000	900,000	214,000	1,593,932	1,560
2017M09	7,870,000	1,720,000	802,000	193,000	1,763,746	1,168
2017M10	7,460,000	1,410,000	748,000	193,000	1,476,198	0
2017M11	10,330,000	2,430,000	523,000	149,000	1,800,360	53,986
2017M12	12,240,000	3,030,000	847,000	237,000	1,901,918	395,853
2018M01	13,040,000	4,790,000	746,000	163,000	1,865,093	424,019
2018M02	14,400,000	6,380,000	897,000	146,000	1,774,951	220,101
2018M03	15,420,000	8,140,000	978,000	135,000	2,079,617	8,562
2018M04	15,220,000	7,450,000	1,101,000	140,000	2,012,994	3,073
2018M05	15,750,000	6,650,000	1,015,000	129,000	2,156,010	3,003
2018M06	14,130,000	8,130,000	792,000	117,000	1,851,267	3,549
2018M07	16,230,000	8,240,000	660,000	149,000	1,843,806	11,766
2018M08	14,740,000	7,340,000	751,000	192,000	1,973,817	8,527
2018M09	17,870,000	6,810,000	913,000	184,000	1,824,695	4,423
2018M10	15,750,000	5,760,000	857,000	192,000	2,145,214	89,410
2018M11	16,130,000	7,240,000	704,000	166,000	2,090,620	210,678
2018M12	13,250,000	6,900,000	975,000	260,000	2,439,919	586,894
2019M01	14,890,000	7,360,000	998,000	165,000	2,323,831	540,975

(단위: 마리, 마리, kg, kg, kg, kg)

연도	양성물량 ¹⁾	출하가능 물량 ¹⁾	제주산 국내 출하량 ²⁾	제주산 수출량 ²⁾	연어 수입량 ³⁾	방어 수입량 ³⁾
2019M02	14,710,000	7,920,000	1,013,000	149,000	1,936,501	245,745
2019M03	15,170,000	8,340,000	1,098,000	146,000	1,957,329	4,847
2019M04	15,340,000	8,670,000	996,000	162,000	2,276,401	2,976
2019M05	14,620,000	8,130,000	915,000	119,000	2,392,514	0
2019M06	14,670,000	8,580,000	750,000	114,000	2,036,276	1,905
2019M07	15,140,000	8,980,000	789,000	142,000	2,067,848	7,827
2019M08	15,720,000	9,140,000	773,000	178,000	2,074,754	3,859
2019M09	15,290,000	8,810,000	771,000	193,000	2,252,555	7,083
2019M10	14,670,000	9,050,000	815,000	182,000	2,419,700	14,906
2019M11	13,290,000	9,350,000	937,000	177,000	2,378,966	401,583
2019M12	11,910,000	9,630,000	1,177,000	241,000	2,839,347	1,019,397
2020M01	12,370,000	9,930,000	1,104,000	157,000	2,279,822	459,596
2020M02	12,950,000	10,250,000	745,000	149,000	1,910,068	162,181
2020M03	12,750,000	10,580,000	896,000	111,000	2,321,501	0
2020M04	13,120,000	8,730,000	1,268,000	46,000	2,293,304	11,796
2020M05	13,780,000	7,280,000	1,334,000	63,000	2,639,688	5,744
2020M06	14,280,000	7,060,000	1,140,000	94,000	2,336,797	10,523
2020M07	14,470,000	6,810,000	1,157,000	99,000	2,269,052	7,298
2020M08	14,980,000	6,610,000	1,092,000	146,000	2,233,346	8,544
2020M09	14,370,000	6,340,000	1,277,000	154,000	2,782,362	18,129
2020M10	13,580,000	6,490,000	1,198,000	150,000	2,490,607	263,118
2020M11	13,680,000	6,640,000	834,000	151,000	2,689,291	695,091
2020M12	12,370,000	5,910,000	993,000	183,000	3,212,766	984,818

자료: 1) 한국해양수산개발원 수산업 관측센터 (2021), 광어 관측통계

2) 제주어류양식수협 (2021), 수산자료실

3) 관세청 무역통계 (2021), 수출입통계