

인공신경망을 활용한 고등어의 위판가격 변동 예측 – 어획량 제한이 없었던 TAC제도 시행 이전의 경우 –

황강석* · 최정화 · 오택윤
국립수산과학원 자원관리과

Forecasting common mackerel auction price by artificial neural network in Busan Cooperative Fish Market before introducing TAC system in Korea

Kangseok HWANG*, Jung Hwa CHOI and Taeg-Yun OH

Fisheries Resources Management Division, NFRDI, Busan 619-902, Korea

Using artificial neural network (ANN) technique, auction prices for common mackerel were forecasted with the daily total sale and auction price data at the Busan Cooperative Fish Market before introducing Total Allowable Catch (TAC) system, when catch data had no limit in Korea. Virtual input data produced from actual data were used to improve the accuracy of prediction and the suitable neural network was induced for the prediction. We tested 35 networks to be retained 10, and found good performance network with regression ratio of 0.904 and determination coefficient of 0.695. There were significant variations between training and verification errors in this network. Ideally, it should require more training cases to avoid over-learning, which leads to improve performance and makes the results more reliable. And the precision of prediction was improved when environmental factors including physical and biological variables were added. This network for prediction of price and catch was considered to be applicable for other fishes.

Keywords: Prediction, Artificial neural network, Virtual variable, Auction price, Common mackerel

서 론

국내외 어선의 남획, 기후변화에 따른 수산생물의 분포상 변화 등 점차 연근해 수산자원에 대한 파악과 관리가 더욱 어려워지고 있다. 이러한

상황 하에서 수산자원을 보전하고 지속적으로 활용하기 위해서는 수산자원의 철저한 관리가 요구되어지며, 이를 위해서는 무엇보다도 자원의 동향을 정확도 높게 예측할 수 있는 능력이

*Corresponding author: kshwang@korea.kr, Tel: 82-51-720-2281, Fax: 82-51-720-2277

요구되어진다. 장래의 변동 동향이 예측됨으로써 자원 관리는 한결 더 용이하게 될 것이 분명하기 때문에 현재의 수산자원 평가 및 관리의 연구 측면과 함께 수행되어야 하는 것이 자원 동향의 예측기법에 관한 기술 축적이다.

자원의 관리 및 자원평가와 더불어 어획예측이 중요시 되고 있고, 이에 관한 연구도 여러 가지 방법을 활용하여 연구되어 왔으나 지금까지는 시계열 해석, 중회귀분석 등 선형적인 통계학을 바탕으로 어획동향을 예측하려고 시도되어 왔다 (Yoo and Zhang, 1993). 수산자원은 물리, 화학적인 선형계로써 설명 가능한 환경요소와 비선형적인 생물요소가 결부되어 있어서 선형적인 수법으로써 행한 자원의 예측은 그 오차가 클 것은 명백하다 (Hwang and Aoki, 1997). 따라서 이러한 특성을 가지고 있는 수산자원에 대한 여러 방면의 연구에서 비선형적인 기법을 활용한 연구가 수행되고 있다 (Czerwinski et al., 2007; Charef et al., 2010; Esmaceli and Tarazkar, 2010; Hauser-Davis et al., 2010; Robotham et al., 2010)

인공 신경망 (ANN, Artificial Neural Networks)이란 인간의 지적활동 즉 뇌에서의 정보전달 및 처리능력을 컴퓨터에서 재현하려고 하는 정보 기술 과학이다 (Simpson, 1990; Kim, 1993). 이 인공 신경망은 대량의 입력자료를 학습하여 가장 근접한 답을 제시하며, 가장 중요한 것은 학습이 가능한 것으로서, 학습된 사항에 대해서는 거의 완벽에 가까운 해답을 구할 수 있다 (Asoh, 1989; Hunabashi, 1992). 또한 다량의 자료를 학습시킴으로써 미지의 사실을 정답에 가까운 답안을 얻을 수 있는 장점이 있다. 그리고 비선형적인 함수를 출력함수로 사용하여 선형적인 방법으로써는 불가능하였던 인과관계를 해석할 수 있다 (Aoki and Komatsu, 1992 ; Hwang et al., 1996; Yáñez et al., 2010; Fantin-Cruz et al., 2010). 인공 신경망과 퍼지 등 정보처리 기법의 융합으로 새로운 자료처리 기법으로도 활용할 수 있다 (Lin

and Lee 1995; Jang et al., 1997)

우리나라에서 어획되는 고등어는 멸치 및 오징어와 더불어 우리나라 일반해면어업에서 생산되는 3대획 어종에 속한다. 주로 대형선망어업에 의해 어획되고 있으며, 연중 거의 매일 어획되고 있는 어종이다. 대형선망에 어획되는 고등어의 대부분은 부산공동어시장에서 위판되고 있으며, 일일 위판량은 변동이 있으나 연간 총 위판량의 변동 폭은 크지 않다. 그러나, 위판가격은 일일 및 연간 변동의 폭이 크고 특히 어황의 풍흉에 따라 가격 매김이 불규칙하게 변동하고 있다.

여기서 본 연구는 어획량보다 더 복잡하고 불규칙하게 변동하는 고등어의 위판단가의 예측 가능성을 실험하기 위하여 부산공동어시장의 고등어 위판량 및 위판단가 자료를 사용하여 인공신경망을 활용하여 고등어의 일일 위판가의 변동 예측 가능성에 대하여 실험하고 그 방법에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

본 연구에서는 1996년부터 2009년까지 부산공동어시장의 일일 고등어 위판량과 위판가격 (원/kg) 자료를 기초로 사용하였으며, 인공신경망 기법을 활용하여 위판가격의 예측을 시도하였다. 1999년부터 고등어에 대한 어획총량을 제한하는 TAC제도가 시행되었으며, 그 시점을 기점으로 제도 시행 이전과 이후의 어획조건이 변경되었을 가능성이 있어 자료 자체가 가진 속성에서 조건이 다르다고 판단하였다. 따라서, 예측에 사용한 자료는 TAC제도를 실시하기 전의 자료를 사용하여 생산량 자료에 있어서 있을지도 모를 인위적인 제약 요인을 제거하기 위하여 제도 시행전의 어획량이 가장 많았던 1996부터 1998년까지 자료를 기준으로 사용하였다. 실질적으로 입수한 정보를 활용할 경우 가용 변수의 종류가 한정되어 활용에 있어 어려움이 따르지만, 기존 자료인 어획량 - 위판가격의 2가지로

제한된 변수로부터 예측의 가능성과 정도의 향상 및 네트워크의 단순화를 회피하기 위하여 가상 입력변수 (virtual input variable)를 생성하여 예측에 적합한 신경망을 유도하였다.

부산공동어시장의 일일 고등어 위판량과 위판가격 자료를 기초로 시간변이에 따른 가상 입력변수로서는 위판가격으로부터 위판일을 변경하면서 t일의 어획량에 대하여 위판단가를 C (t), 어획량 (위판량) 자료를 A (t)로 표시하고, 아래와 같이 가상변수를 생성시켜 좌측의 ANN의 입력 자료로 구성하였다.

$$\begin{pmatrix} Cd(t-1) & \dots & Cd(t-1) & Ad(t) & \dots & Ad(t-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C(d+m)(t-1) \dots C(d+m)(t-m) & A(d+m)(t) \dots A(d+m)(t-n) \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} Cd(t) \\ \vdots \\ C(d+m)(t) \end{pmatrix}$$

계산법은 시계열분석, 예측 등에 유용한 방법으로 알려진 교사값 제시 계층형 네트워크 (supervised learning multi-layer perceptron network)를 사용하였으며, 오차역전파법 (error back-propagation algorithm) 알고리즘을 사용하였다. 신경망의 구조는 3층구조를 기준으로 설정하고 Radial basis function network에 의한 최적 예측 모델의 구축을 시도하였다. 최적 예측 모델 구축은 중간층의 가감, 중간층 유닛의 개수의 변화 등 네트워크의 구조를 변경해 가면서 재현성 실험을 하였으며, 그 결과 35개 네트워크 중 가장 낮은 오차값을 나타내는 것을 가장 최적의 모델로 판단하고 그 네트워크를 선정하여 예측 시험을 한 후, 구조변화와 학습 횟수의 차이에 의한 예측정도 차이 등을 검토하여 예측기법으로서의 인공 신경망의 사용 가능성을 고찰하였다. 구축된 네트워크의 검증 및 예측 자료는 전체자료에서 무작위로 추출하여 학습용 자료 400개, 검증용 자료 200개, 예측용 자료 200개로 설정하여 계산하였다. 동 계산은 STATISTICA® Neural network 소프트웨어를 사용하였다.

예측을 위해 구축된 네트워크의 각각의 입력 변수에 대하여 예측값에 대한 기여도를 파악하기 위하여 아래와 같이 기여도 지수 (C_{io}, contribution factor index)를 계산하여 분석하였다 (Hwang et al., 1996, Aoki et al., 1999).

$$C_{io} = \frac{1}{n} \sum_{h=1}^n W_{ih} W_{ho}$$

여기서, n은 중간유닛의 개수, W_{ih}는 입력유닛 i와 중간유닛 h 사이의 시냅스하중 값이며 W_{ho}는 중간유닛 h와 출력유닛 o 사이의 시냅스하중 값을 나타낸다.

결 과

부산 공동어시장에서 위판되는 고등어는 거의 대부분이 대형선망어업에 의해 어획된 것으로 위판량의 변동과 우리나라 연근해 고등어 총 어획량의 변동을 비교해 보면, 부산공동어시장에서 위판되는 고등어의 양이 우리나라 고등어 어획량의 변동과 유사하게 변동하고 있는 것으로 나타났다 (Fig. 1). 부산공동어시장의 고등어 위판량이 우리나라 연근해 고등어의 어획량의 변동을 대표하고 있으며, 고등어 위판량은 1996년 최대 위판량 399천톤을 나타낸 이후 1997년부터는 해마다 약간의 변동을 보이고 있지만, 현재까지 연간 약 150만톤 미만의 위판량을 보이고 있다. 고등어 어획량 변동 자료만으로는 TAC를 실시한 1999년을 기준으로 제도 시행전과 시

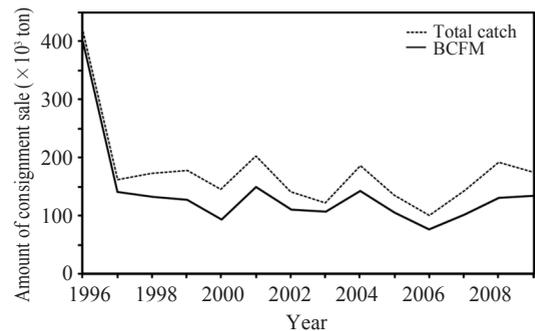


Fig. 1. Annual fluctuation of sale amount of common mackerel at Busan Cooperative Fish Market (BCFM).

행후의 양적 변화는 찾아 볼 수 없었다.

부산공동어시장에서 위판되는 고등어의 단위

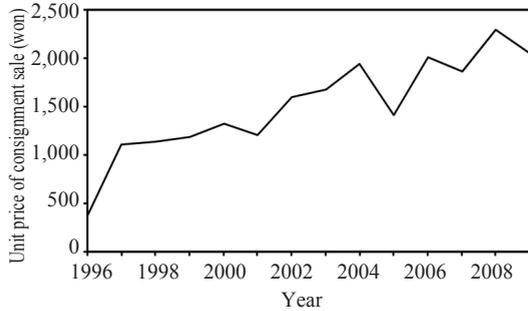


Fig. 2. Annual fluctuation of unit price of common mackerel at BCFM.

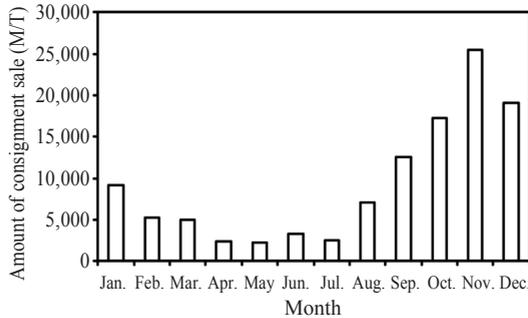


Fig. 3. Fluctuation of monthly mean sale amount of common mackerel at BCFM from 2006 to 2009.

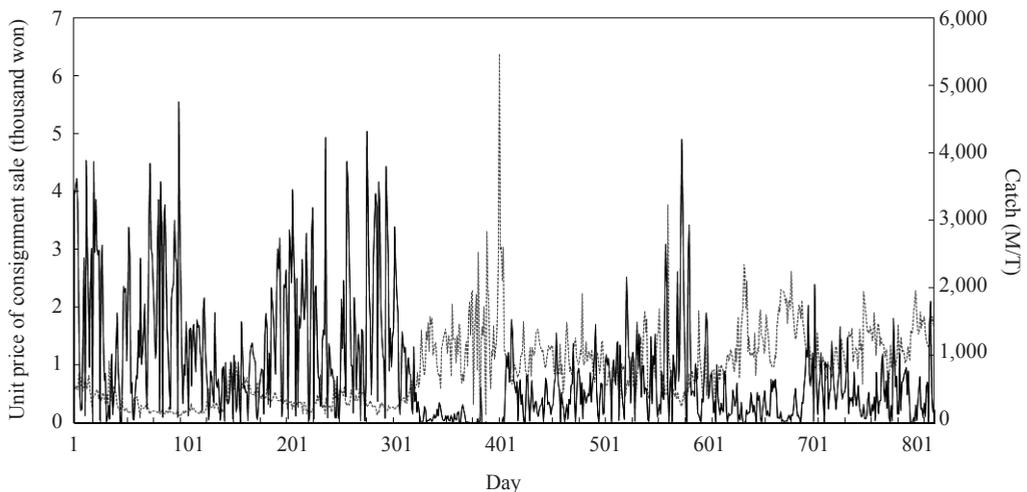


Fig. 4. Diurnal fluctuations of consignment sale amount (black line) and price (spotted line) of common mackerel at BCFM.

무게당 위판가격 (원/kg)의 연 변동을 1996년 이후 살펴본 결과, 어획량의 변동과는 무관하게 전체적으로 상승하는 경향을 보이고 있었으며, 2000년대 말의 위판단가는 어획량이 최고를 나타내었던 1996년을 제외하고 1990년대 후반보다 약 2배 증가한 경향을 나타내었다 (Fig. 2).

우리나라 고등어 어획량의 대부분을 차지하는 대형선망어업이 주로 위판하는 부산공동어시장의 위판량은 고등어에 대한 전체 어획량 변동을 대표하고 있으며, 변동 추이도 같은 형태를 나타내고 있었다. 월별 위판량의 변동으로 살펴본 고등어의 어획동향은 난류성 어종임에도 불구하고 추계-동계에 많이 잡히는 경향을 보이고 있어 우리나라 고등어 어장은 추계에 밀집형성되는 것으로 추정 가능하다 (Fig. 3).

본 연구에 사용된 자료인 800일간 고등어의 일간 위판량은 일 최대 4,765톤, 최저 0.04톤, 평균 792톤이며, 표준편차는 870톤으로 일간 위판량의 변동 폭이 크게 나타났다. 이에 따른 일일 단위무게 (kg)당 위판단가는 최고 6,388원, 최저 78원으로 최고액과 최저액의 차이가 80배 이상으로 나타났으며, 평균 901원이며, 표준편차는 625원으로 위판량 보다는 다소 낮지만 역시 일

간 위판단가의 변동 폭도 크게 나타났다 (Fig. 4). 일반적으로 고등어의 일 위판량과 위판단가는 역상관 관계를 보였으며, 역상관의 회귀식이 적합도가 낮은 것으로 나타났다 (Fig. 5).

학습용 자료와 검증용 자료를 활용하여 학습률이 높은 네트워크를 구성하기 위하여 35가지의 네트워크 구조에 대하여 테스트를 실시하였으며, 그 중 가장 재현성이 높은 네트워크를 선택하고, 사용된 800세트의 자료 중 400개의 자료를 활용하여 적합한 네트워크를 구성하면서 학습계산을 한 결과, 일일 위판단가의 변동경향과 대부분 유사한 값으로 학습되었다 (Fig. 6). 학습

완료된 네트워크의 학습결과 값과 입력 값은 절편을 0로 고정하면 $y=0.901x$ ($R^2=0.584$)의 상관관계를 보였으며, 입력값 중 최고값을 나타내었던 1개를 제외하고 대부분 유사한변동을 나타내는 결과로 나타났다 (Fig. 7).

학습완료된 네트워크를 대상으로 학습에 사용하지 않았던 200개의 자료를 활용하여 구성된 네트워크의 성능을 검증한 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 입력자료 중 일부 급격하게 증가한 일부분을 제외하고 변동경향과 유사한 결과값이 도출되었으며, 검증 결과값과 입력값의 사이에는 학습자료 보다는 상관성이 조금 낮은 $y=0.892x$

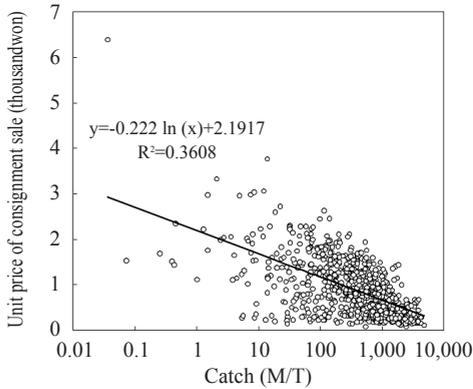


Fig. 5. Relationship between consignment sale amount and cost of common mackerel at BCFM.

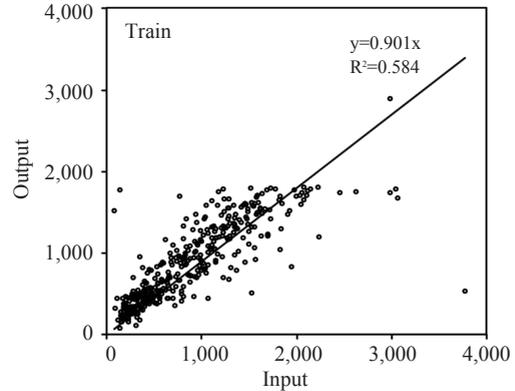


Fig. 7. Relation between input and output data for training network.

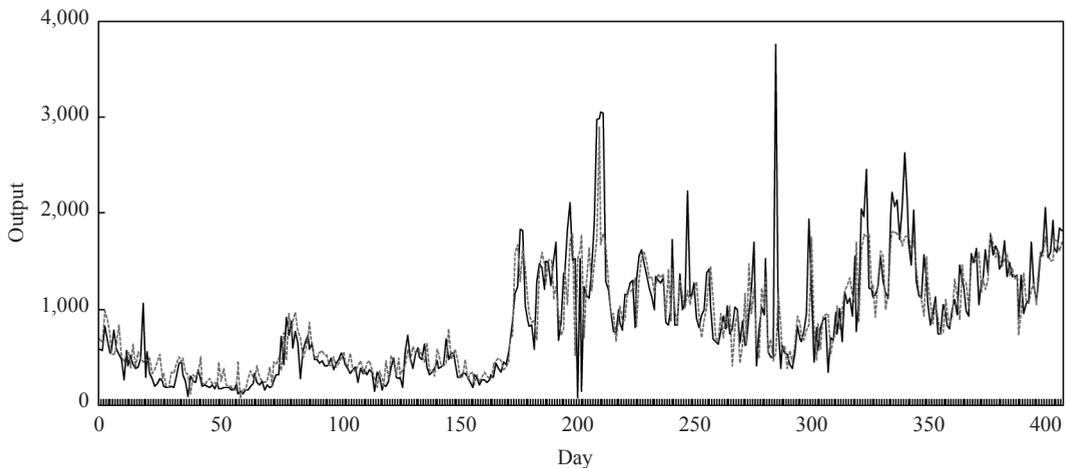


Fig. 6. Diurnal variation of consignment sale price (black line) and predicted price (spotted line) by ANN.

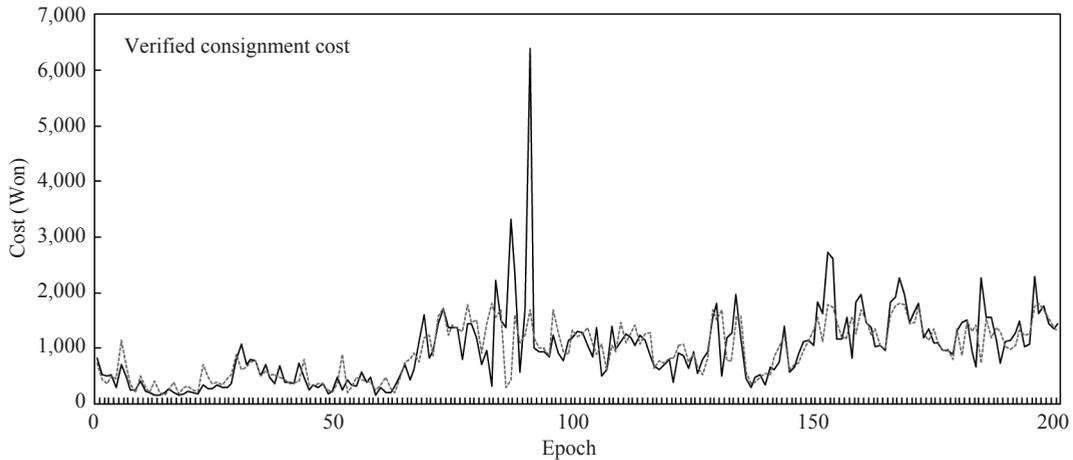


Fig. 8. Diurnal variation of consignment sale price (black line) and predicted price (spotted line) by ANN

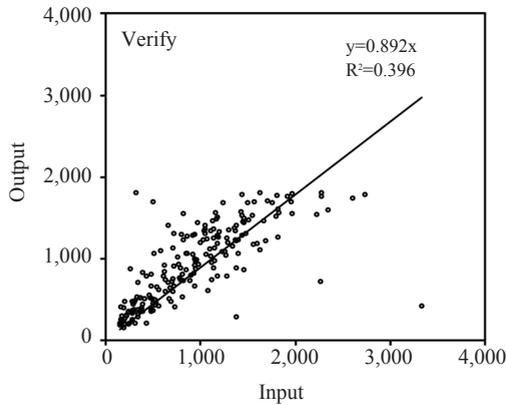


Fig. 9. Relation between input and output data for verifying network.

($R^2=0.396$)의 상관관계를 나타내었다 (Fig. 9).

학습과 검증을 완료하여 완성된 네트워크를 사용하여, 학습과 검증에 사용하지 않았던 200개의 자료에 대하여 예측 실험을 실시한 결과, Fig. 10과 같이 실제 위판단가의 일변동을 재현하는 결과가 얻어졌다. 이 예측 실험의 예측값과 입력값과의 사이에는 $y=0.904x$ ($R^2=0.635$)의 상관관계를 나타내어 학습결과와 검증결과에 비하여 높은 상관성을 나타내었다 (Fig. 11).

본 연구에서 위판단가 예측을 위해 구축되어진 네트워크의 입력층의 유니트와 중간층 유니

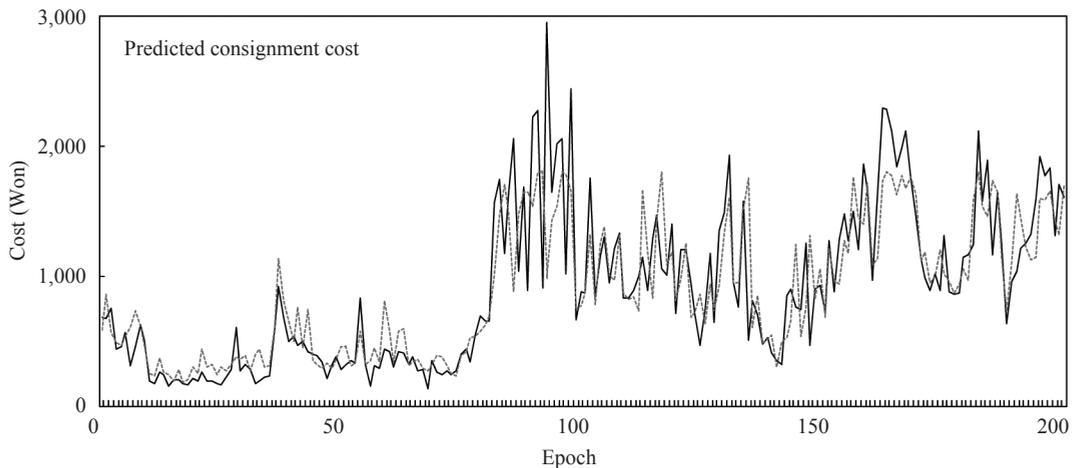


Fig. 10. Diurnal variation of consignment sale price (black line) and predicted price (spotted line) by ANN.

트 사이의 연결 계수를 예측실험에 기본자료로 활용된 위판량과 위판단가의 자료속성에 대하여 Fig. 12에 나타내었다. 입력층과 중간층과 연결관계에서는 위판단가를 예측실험에 있어 과거의 위판가격 자료속성보다 위판량 자료속성에 관한 연결 계수가 크게 나타났다. 중간층과 출력층과의 연결을 보면 양의 관계 (흥분성)를 나타내는 중간층이 있는 반면, 음의 관계 (억제성)을 나타내는 중간층이 존재하고 있었다. 입력층과 중간층 그리고 출력층 간의 연결계수를

고려하여 이들에 대한 기여도지수의 특성은 억제성을 나타내었고 위판량 자료의 절대값이 0.0075, 위판단가 자료의 절대값이 0.0013으로 계산되어, 전체적인 네트워크에서는 위판량자료가 위판단가자료보다 위판단가에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

고찰

우리나라의 주요 수산자원에 대하여 지속적 생산을 위한 정책이 도입되어 1999년부터 본 연구 대상인 고등어를 포함하여 TAC제도가 실시되었다. 우리나라의 고등어 전국 어획량 및 부산 공동어시장에서의 위판량 연변동에서 시사하는 것처럼 동 제도의 시행에 따른 어획량 및 위판량의 변화는 눈에 띄게 나타나고 있지 않다는 점이다 (Fig. 1). 이에 대한 원인은 단순히 어획량 및 위판량 자료만으로 결론은 내리기는 힘들지만, 현재 고등어에 대해서 양적인 측면에서는 TAC 제도의 영향을 발견할 수 없다고 생각할 수 있다. 만약, 동 제도의 영향에 대하여 검토를 할 목적이면, 제도의 시행시점을 기준으로 실시전과 실시후의 어획동향 및 위판상황, 어획물의 생물학적 특성 등 다방면의 자료를 사용하여 면밀한

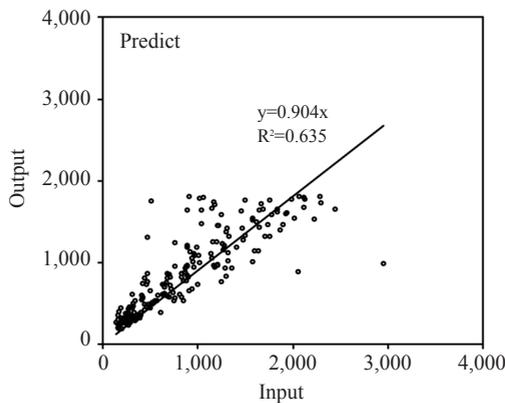


Fig. 11. Relation between observed (input) and predicted (output) data for predicting.

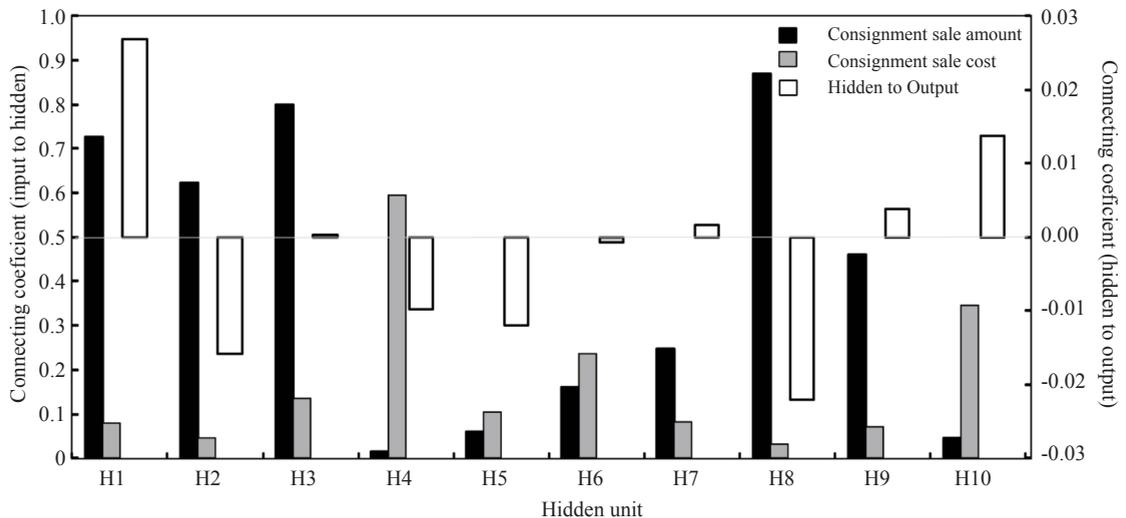


Fig. 12. Connecting coefficients between input to hidden units and hidden to output units in the network.

비교, 분석을 통하여 현재 실시되고 있는 어종별 TAC 제도의 효과 및 영향을 검증할 수 있으리라 생각된다. 따라서, 본 연구에서는 언급하지 않았지만 후발연구에서는 다양한 분석방법과 자료를 활용하여 고등어 뿐만 아니라 다른 어종에 대해서도 제도 시행 전과 후의 자료에 대한 분석을 통한 조명이 필요하리라 생각된다.

본 연구에서는 월명기 등 특별한 경우를 제외하고 거의 매일 어획되어 판매되고 있는 고등어의 어획량 및 위판상황에 대한 일 변동을 사전 예측하여 국가 식량수급정책에 반영할 수 있는 가능성을 검토하기 위하여 국내 최대 수산시장인 부산공동어시장에서 위판되는 고등어의 일일 위판단가의 예측 가능성을 실험하였다. 본 논문에서는 고등어 위판과 관련된 일일 자료가 한정되어 있는 상황에서 획득할 수 있는 제한된 자료로부터 파생적으로 가상변수를 만들어 비선형 정보처리에 적합한 인공신경망 기법을 활용하여 예측 실험하였다.

예측에 활용된 네트워크에서 위판량이 위판 가격보다 더 많은 영향을 주는 결과를 보였는데, 위판가격은 소비욕구의 강약에 의해 결정되며, 수요와 공급의 관계에서 변동하는 것으로 공급이 수요 가격을 결정짓는 최대 요인인 것으로 해석할 수 있다. 결과에서도 나타났듯이 인공신경망기법으로 예측의 가능성을 볼 수 있었으나 아직은 실용화하기는 어렵다고 생각이 된다. 그러나, 위판량과 위판가격이 역상관관계를 보이고 있으나, 분산이 크게 나타나는 점에서 (Fig. 5) 선형관계로서 예측하기에는 오차가 클 것으로 예상되며 비선형기법에 의한 예측방법으로 미래 값에 대한 예측의 실효성은 높다고 생각된다.

본 논문에서는 한정된 2가지의 실제 변수로부터 시간적으로 변형하여 학습 및 예측계산을 위한 가상 변수를 늘려서 활용하였지만, 이렇게 생성된 가상변수 속에는 실제변수가 가지고 있는 속성이 포함되어 있을 것으로 생각되어지므로 가상변수를 생성하여 계산하는 방법을 택할

경우 변수 자체가 가지고 있는 속성을 어느 정도 배제할 수 있는 방법도 고려되어야 할 것으로 생각된다. 그리고 고등어는 회유성 부어류로 수온 등 해양환경에 큰 영향을 받을 것이므로 요즘 주목받고 있는 기후변화의 영향에 대한 자료를 활용하게 되면 보다 설득력 높고 장기적인 예측의 정도 향상이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구 뿐만 아니라 일반적으로 널리 예측에 사용되는 인공신경망은 오차역전과 방법에 의한 반복계산으로 실측자료에 적합시키기 위하여 RMS 오차를 최소화할 수 있는 네트워크로 구성된다 (Smith, 1996). 본 연구에서 구성된 네트워크를 활용한 예측 실험에 의해 나타난 결과가 결정계수 (R^2) 0.635 정도로 비교적 높았다 (Fig. 11). 이번 예측 실험에서는 학습단계에서 가장 적합한 네트워크를 탐색하는 과정에서 초과학습 (over-learning) 효과가 포함되었을 가능성도 배제할 수 없다고 판단된다. 초과학습이 일어나면 학습에 활용된 자료에 대해서는 아주 높은 근접성 및 재현성을 나타내지만, 학습하지 않은 미학습 자료에 대해서는 정확도가 떨어지는 현상이 나타난다 (Matsuba, 1993). 따라서 이상적으로는 더욱더 향상되고 안정된 네트워크를 구성하기 위해서는 보다 많은 학습자료, 즉 입력 변수의 종류를 확보해야 하지만 그렇지 못할 상황에서는 기존자료의 학습이 초과학습이 발생되지 않도록 유의해야만, 구축된 네트워크를 일반화 (generalization) 할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구를 통하여 미래의 변화에 대한 예측의 가능성을 확인할 수 있었다. 고등어 같은 부어류는 특히 환경의 변화에 많은 영향을 받고 있는 것으로 알려져 있으며, 최근 우리나라 수산물 생산량의 대부분을 부어류가 차지하고 있는 실정이다. 이처럼 부어류는 우리나라의 주요 식량자원으로서 주요한 위치에 있으므로 급격한 변동에 대한 미래 예측을 통하여 안정적인 식량수급을 위한 대책수립 등에 본 연구가 활용 될 수 있을 것으로 생각된다.

결 론

부산공동어시장에서 위판되는 고등어의 일일 위판단가 변동을 인공신경망 기법을 활용하여 예측 실험하였다. 위판량과 위판가격 두가지의 한정된 시계열 입력변수로부터 가상의 입력변수를 생성하여 예측에 필요한 입력변수를 증대시켜 활용함으로써 시계열 자료의 분석 및 예측에 적합한 인공신경망 네트워크의 구축이 가능해졌으며, 일단위의 고등어 위판가격의 예측이 가능함을 알 수 있었다.

본 연구에서는 어획량에 대한 예측에 대하여 언급하지 않았으나, 위판가격 예측의 결과로부터 기후변화와 관련된 물리, 생물학적 해양환경 및 기타 환경 변수의 첨가가 이루어지게 되면 보다 고정도의 어획량 변동 예측이 가능하리라 생각한다. 또한, 어획량의 제한이 설정된 TAC 제도 실시 이후의 시기에 대해서도 양적인 측면과 질적인 측면에 대하여 분석이 필요한 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 수산시험연구 (RP-2011-FR-035)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

Aoki, I. and T. Komatsu, 1992. Neuro-computing for Forecasting the Catch of Young Sardine. Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr., 56 (2), 113-120.

Aoki, I., T. Komatsu and K. Hwang, 1999. Prediction of response of zooplankton biomass to climatic and oceanic change. Ecological Modelling, 120 (2-3), 261-270.

Asoh, H., 1989. Mathematical Properties of Neural Networks. Jr. Japan. Soc. Artificial Intelligence, 4 (2), 128-133.

Charef, A., S. Ohshimo, I. Aoki and N.A. Absi, 2010. Classification of fish schools based on evaluation of acoustic descriptor characteristics. Fish. Sci. 76 (1),

1-11.

Czerwinski, I.A., J.C. Gutiérrez-Estrada and J.A. Hernando-Casal (2007) Short-term forecasting of halibut CPUE: Linear and non-linear univariate approaches. Fish. Res. 86 (2-3), 120-128.

Esmacili, A. and M.H. Tarazkar, 2010. Prediction of shrimp growth using an artificial neural network and regression models. Aquacult Int. 19 (4), 705-713

Fantin-Cruz, I., O. Pedrollo, C.C. Bonecker, D. Motta-Marques and S. Loverde-Oliveira, 2010. Zooplankton Density Prediction in a Flood Lake (Pantanal -Brazil) Using Artificial Neural Networks. Internat. Rev. Hydrobiol. 95 (4-5), 330-342.

Hauser-Davis, R.A., T.F. Oliveira, A.M. Silveira, T.B. Silva and R.L. Ziolli, 2010. Case study: Comparing the use of nonlinear discriminating analysis and Artificial Neural Networks in the classification of three fish species: acaras (*Geophagus brasiliensis*), tilapias (*Tilapia rendalli*) and mullets (*Mugil liza*). Ecological Informatics 5 (6), 474-478.

Hunabashi M., 1992. Introduction for neuro-computing, Ohmsha, Tokyo, pp. 152.

Hwang, K. and I. Aoki, 1997. An approach to neuro-computing for the forecast of the catches of multiple species in the set net of Seishyo region, western Sagami Bay. Nippon Suisan Gakkaishi, 63 (2), 549-556.

Hwang, K., I. Aoki, T. Komatsu, H. Ishizaki, I. Shibata, 1996. Forecasting for the catch of jack mackerel in the Komekami set net by a neural network. Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr., 60 (2), 136-142.

Jang J.-S.R., C.-T. Sun and E. Mizutani, 1997. Neuro-fuzzy and soft computing: a computational approach to learning and machine intelligence. Prentice-Hall, New Jersey, pp. 614.

Kim D. S., 1993. Theory and application of neural network. Hightech-info, Seoul, pp. 387.

Lin C.T. and C.S.G. Lee, 1995. Neural fuzzy systems: a neuro-fuzzy synergism to intelligent systems. Prentice-Hall, New Jersey, pp. 797.

Matsuba H., 1993. Information processing by neural

- system. Shokoutou, Tokyo, pp. 191.
- Robotham, H., P. Bosch, J.C. Gutiérrez-Estrada, J. Castillo and I. Pulido-Calvo, 2010. Acoustic identification of small pelagic fish species in Chile using support vector machines and neural networks. Fish. Res. 102 (1–2), 115–122.
- Simpson, P. K., 1990. Artificial Neural Systems, Pergamon Press, New York, pp. 209.
- Smith, M., 1996. Neural Networks for Statistical Modeling, International Thompson computer press, Boston, pp. 235.
- Yáñez E., F. Plaza, J.C. Gutiérrez-Estrada, N. Rodríguez, M.A. Barbieri, I. Pulido-Calvo and C. Bórquez, 2010. Anchovy (*Engraulis ringens*) and sardine (*Sardinops sagax*) abundance forecast off northern Chile: A multivariate ecosystemic neural network approach. Progress in Oceanography 87 (1–4), 242–250.
- Yoo S. and C. Zhang, 1993. Forecasting of hairtail (*Trichiurus lepturus*) landings in Korean waters by times series analysis. Bull. Kor. Fish. Soc., 26 (4), 363–368.
-
- 2011년 9월 14일 접수
2011년 11월 9일 1차 수정
2011년 12월 6일 2차 수정
2011년 12월 17일 수리