

웨이블렛 신경회로망을 이용한 상품 수요 예측 모형에 관한 연구

이재현*

A Study for Sales and Demand Forecasting Model Using Wavelet Neural Networks

Jae-Hyun Lee*

요 약

본 논문에서는 패션 상품 수요 예측을 위하여 ARIMA 모형과 웨이블렛 신경회로망 모형을 결합한 상품 수요 예측 알고리즘을 개발하였다. 제시된 방법을 검증하기 위하여 2008년에서 2012년까지의 H사의 패션 상품 데이터를 바탕으로 다양한 알고리즘을 축하고 제안한 방법의 정확도를 분석하였다. 실험 결과 ARIMA 모형은 MAPE가 5.179%, 웨이블렛 신경회로망은 4.553%, 제안한 ARIMA + 웨이블렛 신경회로망 모형은 4.448%로 나타나 성능이 우수한 것으로 나타났다. 따라서 제안된 방법을 사용할 경우 패션 상품 수요 예측을 위해 유용하게 활용할 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we develop a fashion products demand forecasting algorithm using ARIMA model and Wavelet Neural Networks model. To show effectiveness of the proposed method, we analyzed characteristics of time-series data collected in "H" company during 2008-2012 and then performed the proposed method through various analyses. As noted in experimental results, the performance of three types model such as ARIMA, Wavelet Neural Networks and ARIMA + Wavelet Neural Networks show 5.179%, 4.553%, and 4.448.% with respect to MAPE(Mean Absolute Percentage Error), respectively. Thus, it is noted that the proposed method can be used to predict fashion products demand for efficient of operation.

키워드

ARIMA Model, Wavelet Neural Networks, Demand Forecasting, Fashion Products
ARIMA 모형, 웨이블렛 신경회로망, 수요 예측, 패션 상품

1. 서 론

오늘날 기업은 끊임없이 중요한 의사결정을 진행하고 있다. 이러한 의사결정은 기업의 성장과 조직의 발전을 위하여 미래의 환경 변화에 대한 복잡성과 불확실성에 유연하게 대처할 수 있기 때문에 매우 중요하

다. 특히 미래의 시장수요를 예측한다는 것은 기업의 활동에서 생산계획, 재무계획, 인원계획 및 마케팅 계획, 구매계획 등의 기초가 되는 매우 중요한 활동이라고 할 수 있다. 기업의 의사 결정에 수요예측의 중요성이 제기되면서 수요를 예측하고 예측의 효과를 측정하는 연구들이 증가하고 있다[1-4]. 이러한 연구들

* 교신저자(corresponding author) : 동명대학교 자율전공학부(beacon@tu.ac.kr)
접수일자 : 2013. 10. 25

심사(수정)일자 : 2013. 12. 16

게재확정일자 : 2014. 01. 13

은 기업에서 의사결정의 정보를 제시함과 동시에 중요한 정책 자료의 역할을 할 수 있는 과학적인 방법을 제공한다.

특히 상품이 계절에 민감하거나 수명이 짧은수록 수요예측의 정확성이 요구되어지므로, 본 논문에서는 계절에 민감하고 상품의 수명이 짧은 패션 상품에 대하여 패션 기업의 사례 중심으로 ARIMA 모형을 이용하여 상품 수요 예측을 시행하고 그 결과를 입력으로 한 웨이블릿 신경회로망을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 ARIMA 모형과 웨이블릿 신경회로망에 대하여 설명하고, 3장에서는 패션기업의 사례를 바탕으로 ARIMA 모형, ARIMA 모형과 웨이블릿 신경회로망이 결합한 모형에 대하여 실험을 통하여 결과를 분석한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 앞으로 연구 방향에 대하여 기술한다.

II. ARIMA 모형과 웨이블릿 신경회로망 모형을 이용한 상품 수요 예측

2.1 ARIMA 모형

시계열 분석법 중에서 가장 정교한 예측 기법 중의 하나인 ARIMA 모형은 이산적 혹은 연속적 시계열을 모형화하고 예측하는 데 사용되며, AR 모형과 MA 모형을 일관성 있게 통합한 것이다. 이 방법은 경험과 직관을 최소화하여 모형 확립을 위한 시행착오를 최대한으로 제거한 합리적 방법이라고 할 수 있다. Box-Jenkins가 제안한 ARIMA 모형구축의 절차는 그림 1과 같다[5].

Box-Jenkins가 제안한 ARIMA 모형은 모형 식별, 모수 추정, 모형 진단 단계로 구성되어진다. 모형 식별의 단계는 일반 ARIMA 모형으로부터 잠정적 모형을 식별하는 것으로 자기회귀의 차수 p 와 이동평균의 차수 q 를 결정하는 것이다. 시계열 도표, 자기상관함수(ACF), 편자기상관함수(PACF) 등을 이용하여 AR의 차수 p 와 차분차수 d , MA 차수를 결정한다[5]. 실험에 사용된 시계열 데이터는 그림 3에서 나타내었고, 시계열 데이터의 정상성 여부를 조사한 후 비정상적인 경우에는 변수 변환이나 차분법, 계절성분의 제거 등을 이용한다. 여기서는 정상 시계열로 만든 후에 자

기상관함수와 편자기상관함수를 이용하여 p, q 를 결정하였다.

모형이 확립되면 다음 단계는 모형에서 ARIMA(p, d, q) 시계열 모형의 모수를 추정하는 것이다. 일반적으로 사용되는 추정방법은 조건부 최소제곱추정, 비조건부 최소제곱추정, 최우추정 등이 있으며, 본 논문에서는 조건부 최소제곱추정을 이용하여 모수를 추정하였다.

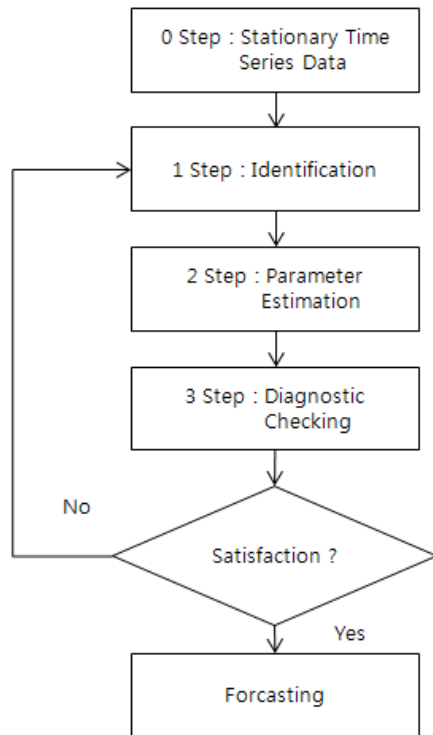


그림 1. ARIMA 모형의 구축절차
Fig. 1 Construction procedure of ARIMA model

모형의 진단 단계에서는 모형이 식별되고 추정된 후 세워진 모형이 적합한가를 검증하는 것이다. ARIMA 모형은 잔차들이 백색잡음을 따르는 것으로 95% 신뢰 구간에서 잔차의 ACF와 PACF를 통해 모형의 적합정도를 판단한다.

2.2 웨이블릿 신경회로망 모형

인간의 학습 능력을 이론적으로 구현한 것이 신경회로망으로 다양한 연구 분야에서 적용되고 있다. 특

히 신경회로망은 애매하고 불완전한 화상, 음성, 문자 등의 패턴 인식과 특징 추출 및 예측, 제어 분야 등에서 이용되고 있으며 연구 결과를 통해서 우수한 성능을 나타내고 있다[7-8]. 하지만, 신경회로망의 입력층과 은닉층 및 출력층의 뉴런의 개수에 따라 학습 속도와 초기 연결 강도 설정 문제 등을 가질 수 있다. 웨이블렛 신경회로망은 신경회로망의 단점인 학습속도를 해결하면서 우수한 패턴 분류와 예측 특성을 보이는 것으로 알려져 있다[8].

따라서 본 논문에서는 웨이블렛 신경회로망을 사용하여 상품 수요 예측 방법을 제안하고자 한다. 그림 2는 N개의 입력, 하나의 출력과 웨이블렛 층으로 구성된 웨이블렛 신경회로망의 구조를 나타낸다. 그림 2에서 입력층의 입력은 $x = [x_1, \dots, x_N]^T$ 의 벡터로 표현하며, 은닉층인 웨이블렛 층의 각 뉴런에 대한 웨이블렛 함수는 Gaussian 함수의 1차 미분 값으로 선택하였으며, 수식 (1)과 같다.

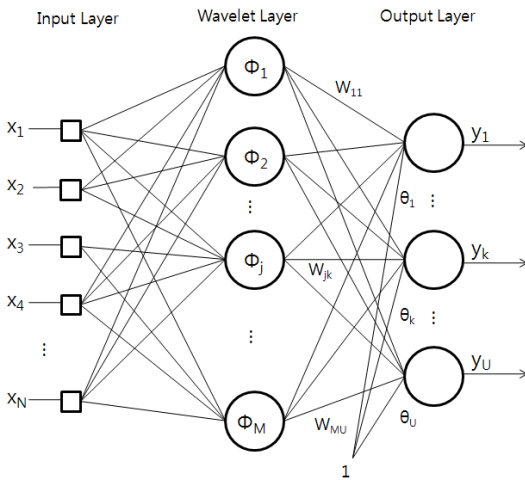


그림 2. 웨이블렛 신경회로망의 구조
Fig. 2 Structure of wavelet neural network

$$\phi_j(X) = -X \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot X^2\right) \quad (1)$$

웨이블렛 신경회로망의 출력은 수식 (2)와 같으며, w_{jk} 는 웨이블렛 층의 뉴런과 출력층의 뉴런 사이의 가중치, θ_k 는 바이어스 가중치(bias weight)를 의미한

다. 웨이블렛 신경회로망의 학습을 위하여 일반적인 오류역전파 알고리즘을 사용한다.

$$y_k = \sum_{j=1}^N \phi_j w_{jk} + \theta_k \quad (2)$$

웨이블렛 층의 뉴런 개수는 일반적으로 시행착오법으로 결정하는데, 그 이유는 뉴런 개수를 결정하는 명확한 이론은 밝혀지지 않았기 때문이다. 따라서 본 논문에서 웨이블렛 층의 뉴런 개수를 결정하거나, 제안한 모형의 성능을 분석하기 위하여 성능지표로는 평균절대백분위오차를 이용하여 실험을 통하여 결정하였다.

실제 값 y_t 와 예측 값 \hat{y}_t 의 차이를 예측 오차라고 하며 평균절대백분위오차(Mean Absolute Percentage Error : MAPE)를 식 (3)에 나타내었다.

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_i \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \quad (3)$$

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 사용된 판매량의 시계열자료는 H사의 주력 상품인 등산복의 판매량으로 2008년부터 2012년까지의 월별 자료를 그림 3에서 나타내었다. 이 자료를 분석해 본 결과 선형의 증가 추세와 뚜렷한 계절성 패턴을 가지고 있으며, 크고 작은 주기적 변동의 변화를 관찰할 수 있다.

이 시계열 데이터는 시간의 변화에서 분산과 평균에 대하여 안정적이지 못하며, 선형추세가 있고 계절변동을 갖는 비정상계열이라 할 수 있다. 따라서 분산을 정상화시키기 위한 대수변환과 추세를 제거하기 위한 차분차수변환이 필요하다. 시계열 데이터를 자연로그 변환하고 ACF와 PACF를 관찰한 결과 그림 4에서 나타내었으며, 판매량은 계절적인 변동을 나타내고 있어 계절성분을 고려한 계절 ARIMA 모형을 이용하였다. 모형의 행태로는 ARIMA(1, 0, 1)(1, 0, 1)₁₂, ARIMA(1, 1, 1)(1, 0, 1)₁₂, ARIMA(1, 0, 1)(1, 1, 1)₁₂를 SPSS를 사용하여 측정해 본 결과, ARIMA(1, 1,

1)(1, 0, 1)₁₂가 가장 적당한 것으로 나타났다.

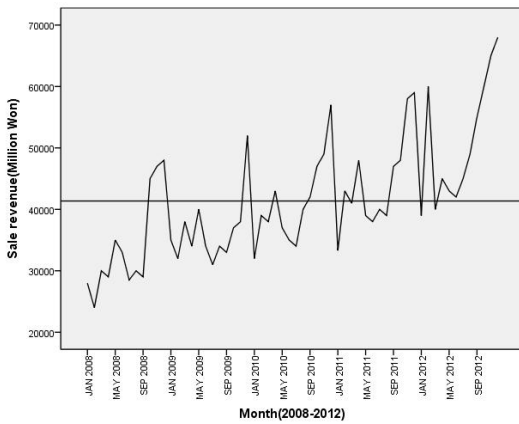


그림 3. 시계열 데이터
Fig. 3 Time series data from 2008 to 2012

월별 수요 예측을 위한 웨이블릿 신경회로망 모형에서도 ARIMA를 이용한 통계적인 기법과 마찬가지로 예측 성과를 비교하기 위하여 시계열 분석에서 고려하였던 입력 변수들을 웨이블릿 신경회로망의 입력으로 구성하였다. 웨이블릿 신경회로망에 입력 전 사전처리로는 우선 자연로그를 취하고, 1차 차분과 계절 차분을 취하였다. 표 1의 WNN의 실험결과를 정리한 표이다.

여기서 입력으로는 과거의 수요 데이터를 포함하여 3개의 입력을 구성하였고, 웨이블릿 층의 3개의 뉴런을 가지는 웨이블릿 신경회로망이 MAPE가 4.553[%]으로 나타났다. 따라서 웨이블릿 신경회로망을 단독으로 사용한 경우에는 MAPE 값이 가장 적은 WNN2 모형이 가장 좋은 결과를 나타내었다.

본 논문에서 웨이블릿 신경회로망을 통한 예측 결과를 개선할 목적으로 ARIMA 모형과 웨이블릿 신경회로망을 결합한 구조를 제안하였다. 여기서, 통계적 분석기법을 사용한 ARIMA 모형의 예측 값을 웨이블릿 신경회로망의 입력노드에 추가하여 웨이블릿 신경회로망의 웨이블릿 층의 뉴런 개수를 다르게 하여 실험을 진행하였다. 여기서, 기존의 입력인 과거의 수요 데이터 3개와 ARIMA 모형에서 예측한 값을 입력으로 추가하여 실험한 결과를 표 2에서 나타내었다.

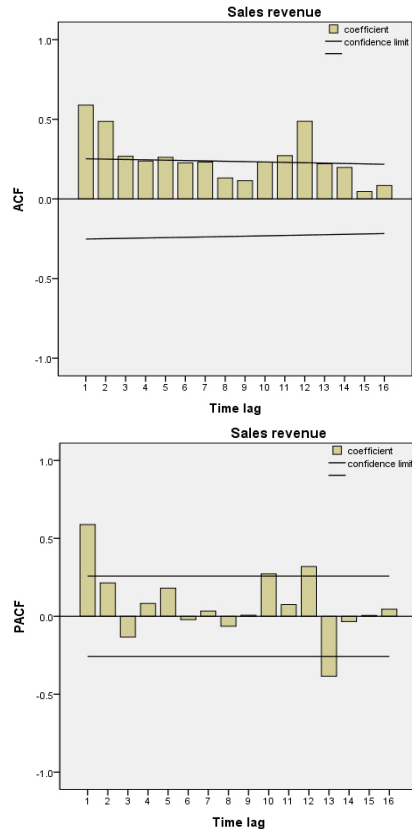


그림 4. 로그 변환된 시계열 데이터의 ACF와 PACF
Fig. 4 ACF and PACF of log-transformed time series data

표 1. 웨이블릿 신경회로망
Table 1. Wavelet neural networks(WNN)

Model	Network	MAPE[%]
WNN1	3-2-1	5.212
WNN2	3-3-1	4.553
WNN3	3-5-1	4.758

여기서, 웨이블릿 층의 뉴런 개수가 9개인 웨이블릿 신경회로망이 MAPE가 4.483[%]으로 나타났다. MAPE 값이 가장 적은 AWNN3 모형이 가장 좋은 결과를 보여준다.

표 2. ARIMA 모형과 웨이블릿 신경회로망
Table 2. ARIMA model + wavelet neural networks(AWNN)

Model	Network	MAPE[%]
AWNN1	4-3-1	4.741
AWNN2	4-6-1	4.882
AWNN3	4-9-1	4.448

여기서, 웨이블릿 층의 뉴런 개수가 9개인 웨이블릿 신경회로망이 MAPE가 4.483[%]으로 나타났다. MAPE 값이 가장 적은 AWNN3 모형이 가장 좋은 결과를 보여준다.

표 1과 표 2를 살펴보면, 웨이블릿 신경회로망을 단독으로 사용하는 것 보다는 ARIMA 모형의 예측 값을 입력으로 가지는 웨이블릿 신경회로망이 보다 더 정확한 예측 값을 산출하는 것을 볼 수 있다.

ARIMA 모형, WNN 모형 및 AWNN모형에 대한 실험 예측 값을 그림 5에 나타내었다. 여기서 살펴보면 AWNN 모형이 다소 우수한 예측 값을 나타내고 있다.

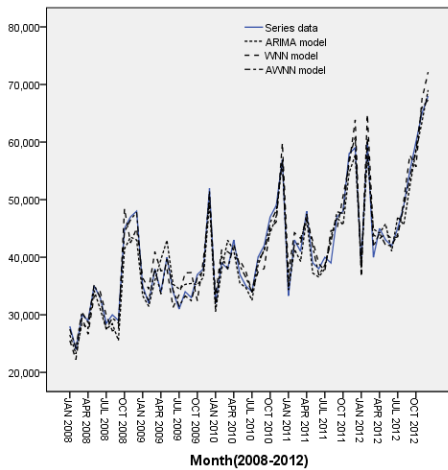


그림 5. 예측 결과
Fig. 5 Prediction results

VI. 결 론

본 논문에서는 판매 수요 예측을 위한 방법으로

ARIMA 모형을 이용한 예측 기법과 웨이블릿 신경회로망 모형을 이용한 예측 기법을 실험을 통하여 예측 결과를 비교 분석하였다. 웨이블릿 신경회로망의 웨이블릿 층의 뉴런 개수를 실험을 통하여 MAPE가 가장 적은 뉴런을 선택하였다. 더 나아가 보다 정확한 예측을 위해 웨이블릿 신경회로망에 ARIMA 모형의 예측 값을 입력으로 가지는 웨이블릿 신경회로망을 제안하였고, 그것을 실험을 통하여 보다 더 정확한 예측을 할 수 있음을 보였다. 앞으로 연구 방향은 입력변수 선택의 한 개점을 해결하기 위한 방법, 웨이블릿 신경회로망에 대한 웨이블릿 층의 뉴런 수를 효과적으로 결정하는 방법을 제시하여 성능 개선을 하고자 한다.

참고 문헌

- [1] S. Moon and T. Ha, "A Study on Long-term Demand Forecasting Model of New Technology Products," *Institute for Finance & Knowledge*, vol. 5, no. 2, 2007, pp. 255-281.
- [2] Y.-W. Kim and E.-H. Son, "Forecasting Demand For Gyeongju Tourist By Seasonal ARIMA Model," *The J. of The Korean Academic Society of Hospitality Administration*, vol. 15, no. 1, 2006, pp. 309-326.
- [3] K.-S. Song and C.-K. Lee, "A Comparison of Accuracy among Tourism Forecasting Models," *The J. of The Korean Tourism Research Association*, vol. 20, no. 2, 2006, pp. 351-369.
- [4] W.-S. Shim, "A Empirical Study on the Demand Forecasts of Sales by the ARIMA Model in a B2C," *The J. of Commodity Science*, vol. 33, 2004, pp. 215-240.
- [5] D.-B. Jung, "Demand Forecasting Of Time Series," *Hannarae Publishing Co.*, 2009, pp. 22-122.
- [6] H.-J. Jeong, H.-K. Lee, "Comparison of the BOD Forecasting Ability of the ARIMA model and the Artificial Neural Network Model," *The J. of The Korean Environmental Health Sciences*, vol. 28, no. 3, 2002, pp. 19-25.
- [7] J.-S. Choi, "Voiced-Unvoiced-Silence Detection Algorithm using Perceptron Neural Network," *The J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 2, 2001, pp. 237-242.

- [8] J.-H. Lee, "The Study on Position Control of Nonlinear System Using Wavelet Neural Network Controller," *The J. of The Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences*, vol. 12, no. 12, 2008, pp. 2366-2370.

저자 소개



이재현(Jae-Hyun Lee)

1996년 부경대학교 전자계산학과
졸업(공학사)

1998년 한국해양대학교 대학원 전
자통신공학과 졸업(공학석사)

2002년 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과 졸
업(공학박사)

2006년~현재 동명대학교 자율전공학부 조교수

※ 관심분야 : 인공지능, 영상처리, 유비쿼터스