

SARIMA모형을 이용한 철도여객 단기수송수요 예측

Short-term Railway Passenger Demand Forecasting by SARIMA Model

노윤승*
(Noh, Yunseung)

(Center of Infrastructure Asset Management)

도명식**
(Do, Myungsik)

(Hanbat National University)

· Corresponding author : Do, Myungsik(Hanbat National University), E-mail : msdo@hanbat.ac.kr

요약

본 연구에서는 새마을·무궁화 열차의 주요 5개노선(경부선, 호남선, 전라선, 장항선, 중앙선)의 단기수송수요의 예측 모형 선정방안을 제시하고 유용성을 확인하기 위한 검증결과를 제시하였다. 분석을 위해 계절별 특성이 반영된 SARIMA 모형을 이용하였으며, 주중/주말 통행 특성 및 대체근무제 등과 같은 공휴일 특성을 반영하고자 각 노선별 주중/주말 일평균 모형을 각각 구축하였다. 또한 모형의 신뢰도를 높이기 위해 EXPO 개최, 새로운 노선의 개통 등 노선별 개입요소를 고려하여 수송수요의 예측모형에 반영하였으며 모형 예측력의 검증을 통해 정도 높은 모형을 구축하였음을 확인하였다. 본 연구를 통해 개발된 모형은 열차 노선별 단기운행계획 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어 : 철도수송수요, SARIMA모형, 개입 모형, 시계열 모형, 새마을, 무궁화

ABSTRACT

This study is a fundamental research to suggest a forecasting model for short-term railway passenger demand focusing on major lines (Gyeongbu, Honam, Jeolla, Janghang, Jungang) of Saemaeul rail and Mugunghwa rail. Also the author tried to verify the potential application of the proposed models. For this study, SARIMA model considering characteristics of seasonal trip is basically used, and daily mean forecasting models are independently constructed depending on weekday/weekend in order to consider characteristics of weekday/weekend trip and a legal holiday trip. Furthermore, intervention events having an impact on using the train such as introduction of new lines or EXPO are reflected in the model to increase reliability of the model. Finally, proposed models are confirmed to have high accuracy and reliability by verifying predictability of models. The proposed models of this research will be expected to utilize for establishing a plan for short-term operation of lines.

Key words : Railway Demand, SARIMA Model, Intervention Model, Time-series model, Saemaeul, Mugunghwa

† 본 논문은 한밭대학교 2014년도 교내학술연구 지원 사업에 의해 수행되었으며, 대한교통학회 제71회 정기학술발표회 (2014.9.19)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성되었습니다. 본 연구에 사용된 귀중한 자료를 공유해 주신 KORAIL 연구원 담당자에게도 깊은 감사를 드립니다.

* 주저자 : SOC자산관리센터 연구원(공학석사)

** 공저자 및 교신저자 : 한밭대학교 도시공학과 교수

† Received 16 July 2015; reviewed 10 August 2015; Accepted 14 August 2015

I. 서론

경인선 개통(1899년)으로 시작된 국내철도는 국 가산업 발전과 더불어 국내 여객수송의 중요한 역할을 해왔다. 현재 국내철도는 일반열차(새마을, 무궁화)와 고속철도(KTX)를 중심으로 운행되고 있으며, 고속철도 개통 이전부터 이용되어 온 일반열차는 높은 접근성(Accessibility)으로 인해 많은 노선을 가지고 있다. 한편 철도운영기관은 이윤 극대화, 자원의 효율적 활용을 위해 중장기 및 단기 전략 수립이 필요하며, 중장기 계획은 장래 철도건설, 철도 차량 노후화에 따른 차량도입의 의사결정을 위해 주로 활용되는 반면, 단기 계획은 제한된 자원 하에서 수입증대를 위한 각종 방안에 대한 의사결정에 활용된다[1]. 이처럼 일반여객의 경영 효율성을 높이고, 서비스개선을 위해서는 단기적인 측면에서의 전략수립이 필요하며 이를 위해서는 무엇보다도 정확한 단기 수송수요의 예측이 선행되어야 한다.

철도 수송수요 예측방법은 크게 전통적 4단계 수요추정모형과 중력모형에 근거한 직접수요모형 그리고 과거패턴을 이용하여 예측하는 시계열 모형 등이 있다. 전통적 4단계 수요추정모형과 직접수요 모형의 경우 중장기 측면에서의 정책변화나 사회경제지표 등을 반영하여 분석을 수행할 수 있는 장점을 가지지만 계절별 수요변화나 주중/주말 특성을 반영한 단기수송수요 분석에는 한계를 지닌다[2].

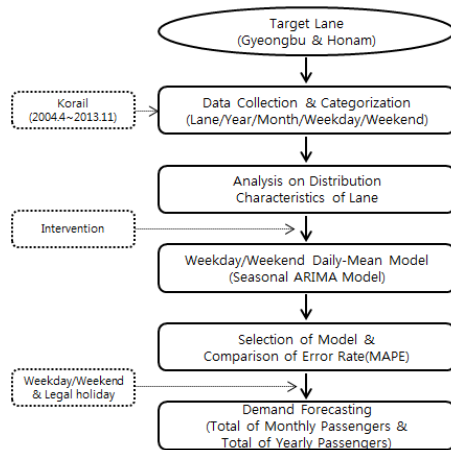
국내의 시계열 모형을 이용한 수요예측의 연구를 살펴보면, 김경범·황경수(2012)는 계절 ARIMA 모형을 이용하여 제주공항 여객의 수요예측 연구를 수행하였으며[3], 김관형·김한수(2011)은 경부고속철도 2단계 개통과 2008년 금융위기를 개입요소로 하는 개입ARIMA모형을 이용하여 KTX 수송수요를 예측하는 방법을 제안하였다[4].

한편 국외에서는 Vaziri and Hutchinson (1987)은 미국의 단기 석탄수요예측을 위해 시계열 및 개입모형을 이용하는 방법을 제시한 바 있으며[5], Considine and Narayan (1988)은 개입모형을 이용하여 대중교통의 변화의 영향에 대한 연구 성과를 제시하였다[6]. 또한, Woroniuk et. al.(2013)은 유럽의

민간부문의 철도 화물서비스를 대상으로 시계열분석을 통해 장래전망을 하였으며[7], Chiang et. al.(2011)은 대중교통 수요예측을 회귀분석, 신경망 및 시계열모형을 이용한다[8].

본 연구의 차별성은 국내철도 수요예측 부문에서의 대부분 연구로는 KTX열차 위주로 진행되어 왔거나 경부선과 호남선 중심의 일부노선 위주로 이루어졌기 때문에 과업, 신설노선의 건설, 지역축제 등과 같은 외부요인 등을 반영한 단기수송수요의 예측을 시도하였다는 점이다.

따라서 본 연구에서는 국내 열차 중 새마을·무궁화 열차의 주요 5개 노선(경부선, 호남선, 전라선, 장항선, 중앙선)을 대상으로 계절 시계열모형을 이용한 단기수송수요 예측 방법론을 제시하는 것을 그 목적으로 한다. 그림1은 연구 흐름도를 나타낸 것이다.



〈그림 1〉 연구흐름도
〈Fig. 1〉 Flow-chart for Study

II. 연구방법 및 자료구축

1. SARIMA(Seasonal ARIMA) 모형

Box와 Jenkins에 의해 제안된 ARIMA(Auto Regressive Integrated Moving Average) 모형은 예측변수의 과거자료(Time Series Data)를 근거로 미래값을 예측하는 시계열 분석 중 하나로 경제, 금융, 교

통 등의 다양한 분야에서 수요예측을 위해 폭넓게 사용되어 왔다. 특히 최근시점에 가까운 과거에 비중을 더 주어 단기예측에 적합한 모형으로 시계열 내에 존재하는 불안정한 속성을 제거한 후 특징적인 패턴을 체계적으로 파악하여 예측하는 기법이다. 하지만 ARIMA 모형의 경우 시계열 자료의 주기적인 특성을 반영하기가 힘든 단점을 가지며, 만약 자료가 주기적인 특성, 계절성을 지닐 경우 이를 모형에 적절히 반영하지 않으면 예측의 신뢰도가 떨어지게 된다. 여기에 예측하고자 하는 시점과 가까운 과거 자료를 활용할 뿐만 아니라 계절별로 발생하는 주기적인 패턴까지 고려하여 모형의 신뢰도를 높인 것이 계절 ARIMA 모형 즉 SARIMA(Seasonal ARIMA) 모형이다. 여기서 계절 주기가 s일 때 모형식은 ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)s의 형태이며 식(1)과 같이 표현된다[9].

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1-B)^d(\dots 1-B^s)^D Y_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\epsilon_t \quad (1)$$

여기서, Y_t : 시점t에서 시계열
 p, P : 비계절및 계절적 AR차수
 d, D : 비계절및 계절적 차분차수
 q, Q : 비계절및 계절적 MA차수
 ϵ_t : 백색잡음, B : 후향연산자
 $\Phi, \Theta, \phi, \theta$: 계수
 $\Phi_P(B^s) = 1 - \Phi_s B^s - \Phi_{2s} B^{2s} - \dots - \Phi_{Ps} B^{Ps}$
 $\Theta_Q(B^s) = 1 - \Theta_s B^s - \Theta_{2s} B^{2s} - \dots - \Theta_{Qs} B^{Qs}$
 $\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$
 $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$

SARIMA모형 구축절차는 정상성(Stationary)검정, 식별(Identification), 추정(Estimation), 모형진단(Diagnostic Checking) 순으로 이루어진다. 먼저 정상성 검정 단계에서는 시계열의 평균, 분산, 자기상관함수가 시간의 흐름에 따라 일정한지를 파악하는 것으로, 만약 시계열이 비정상적인 경우 변수변환(Variable transformation)과 차분(Difference)을 통해 시계열 패턴을 정상적으로 만든다. 정상성 검정을 위해 그래프 분석, 상관도표 분석, 단위근 검정 등이 이용되며 이를 통해 ‘d’와 ‘D’의 값이 결정된다. 식별단계에서는 AR(Autoregressive)의 차수 ‘p’,

MA(Moving Average)의 차수 ‘q’, SAR(Seasonal Autoregressive)의 차수 ‘P’, SMA(Seasonal Moving Average)의 차수 ‘Q’의 값을 임의로 결정하는 것으로 DF-GLS 방법을 이용하거나 자기상관함수(Autocorrelation function, ACF)와 편자기상관함수(Partial Autocorrelation function, PACF)를 관찰하여 결정한다. 그리고 추정단계에서는 식별단계에서 임의로 결정된 모형의 적절한 모수값을 결정한다. 특히 추정된 계수 값의 크기를 통해 정상성과 가역성 조건을 판단하고, 모수들의 유의성 검증을 수행한다. 모수 추정 방법으로는 비선형 추정법, 최소제곱 추정법, 최대우도 추정법, 적률 추정법 등이 있다. 마지막으로 모형진단과정에서는 통계적 검증을 통해 추정된 모형이 적절한 지를 판단하는 것으로 주로 잔차분석(Residual Analysis)과 과대적합진단(Overfitting Diagnostics) 등이 이용된다. 이때 추정된 모수가 통계적으로 유의하지 않을 경우 다시 식별 단계로 돌아가 다른 모형을 재식별 한다[10].

2. 개입 SARIMA모형

철도 단기수요예측을 위한 모형 구축 시 시계열 자료 내 신규철도노선 건설, 지역 축제, 정책변화 등과 같은 제어할 수 없는 외적사건(event)이 발생한다면 기존에 관측된 자료와는 다른 패턴을 갖는 자료가 관측될 것이다. 이러한 분석에 영향을 미치는 사건들을 모형 내 반영하지 않는다면 정확하고 현실적인 예측이 불가능하다. 이러한 경우 Box와 Tiao가 제시한 개입요소의 영향을 모형에 포함시키는 개입모형(Intervention Model)을 활용하면 보다 더 현실적이고 정확한 예측이 가능하며, 이와 같이 외적 개입요소까지도 고려된 형태의 모형을 개입 SARIMA 모형이라 하며 식(2)와 같다[9].

$$Y_t = C + \sum_{i=1}^M a_i X_{i,t} + N_t \quad (2)$$

여기서, Y_t : 시점t에서 시계열
 X_i : 개입 시점에서의 시계열
 N_t : 오차항 시계열
 C : 상수항, a_i : $X_{i,t}$ 의 계수

3. 자료 구축

본 연구를 위해 2004년 4월 ~ 2013년 11월까지의 한국철도공사의 새마을·무궁화 연/월/일평균 수송실적 자료를 이용하였다. 2013년 12월 철도파업으로 인해 시계열 자료가 크게 변동 하였으나, 이를 고려한 시계열 분석을 위한 데이터 수가 충분히 확보되지 않아 2013년 12월 이후 자료는 본 분석에서 제외하였다.

또한 월별 총량에 대한 모형을 구축할 경우, 주중과 주말의 이용객 패턴을 구분 할 수 없고 특히 최근 시행된 대체근무제 등으로 인한 공휴일 특성을 반영할 수 없는 한계로 인해, 노선별 월별 주중/주말 일평균 모형을 각각 구축한 후 월, 연 총량을 예측하였다.

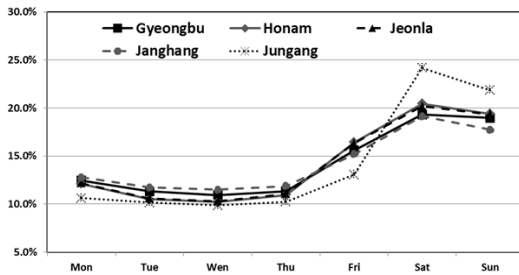
먼저, 새마을·무궁화 열차의 요일별 통행량 분포를 살펴보면(그림 2, 3 참고), 월요일~목요일에 비해 금요일~토요일 수송량이 많은 것을 알 수 있으며, 토요일의 이용객이 가장 많은 것을 볼 수 있다. 또한 통행량 분포는 주중(월~목)과 주말(금~일)로

구분되는 특징이 있다. 따라서 월요일~목요일을 주중, 금요일~일요일을 주말로 구분하여 데이터를 구축하여 주중 및 주말 통행량 변화의 차이를 반영하였다. 또한 월별 일 평균 수송량 분포를 살펴보면(그림 4, 5 참고), 성수기 기간과 관광객의 유동인구가 많은 5월과 8월이 가장 높았으며, 특송기간이 포함되는 달에도 상대적으로 이용객이 많아 시계열 자료가 뚜렷한 계절성을 확인할 수 있었다. 그리고 새마을 중앙선의 경우 다른 노선에 비해 주중·주말, 월별로 이용객 차이가 많이 나는 것을 볼 수 있는데 이는 O/V-train(관광열차)운행 등으로 인한 여행객들의 특성이 반영되었기 때문이라 판단된다.

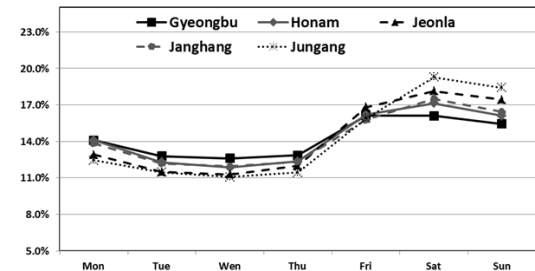
III. 단기 여객 수송수요 예측

1. 데이터 정상성 및 계절성

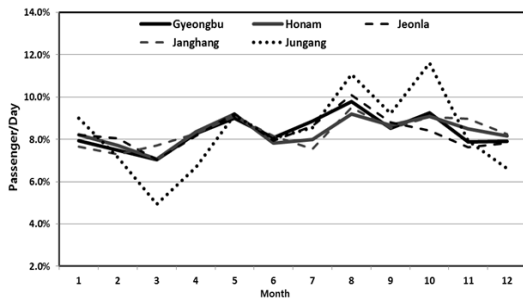
Box와 Jenkins방법에 적용될 시계열 자료는 정상성을 기본 전제로 한다. 따라서 분석에 앞서 정상성 여부를 확인해야 하며, 그림 6은 새마을 주말 일별



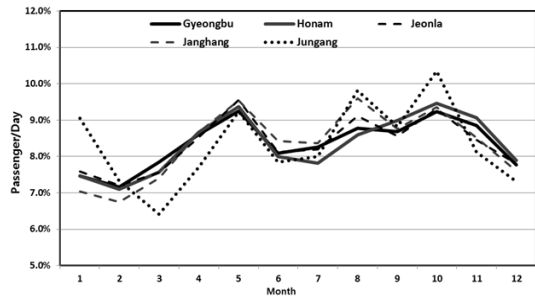
〈그림 2〉 새마을 요일별 수송량 비율(%/day)
〈Fig. 2〉 Daily Passenger (Saemaeul)



〈그림 3〉 무궁화 요일별 수송량 비율(%/day)
〈Fig. 3〉 Daily Passenger (Mugunghwa)



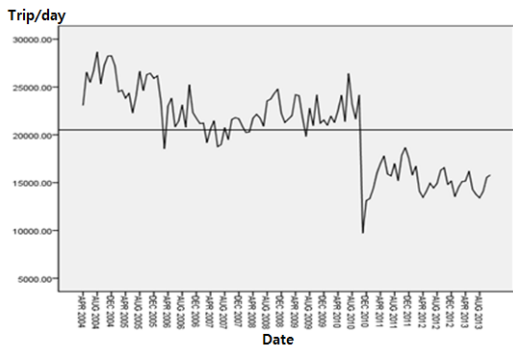
〈그림 4〉 새마을 월별 일 수송량(%/day·month)
〈Fig. 4〉 Monthly Daily Passenger (Saemaeul)



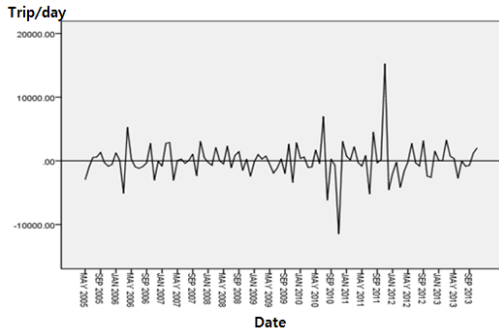
〈그림 5〉 무궁화 월별 일 수송량(%/day·month)
〈Fig. 5〉 Monthly Daily Passenger (Mugunghwa)

수송실적 원 시계열 패턴을 나타낸 것이다. 여기서 평균이 일정하지 않으며 7~8월에 수요가 많고 3월에 수요가 적으며, 12개월을 주기로 한 계절성이 존재하는 것을 볼 수 있다. 따라서 비계절적 차분과 계절적 차분을 통해 시계열 그래프를 안정화 시켰다(그림 7 참조).

또한, 2010년 11월 이후 수요가 급격히 변화했음을 확인할 수 있는데, 이는 KTX 2차 개통으로 인한 수요변동이 발생한 것으로 이를 개입요소로 적용하여 왜곡 요소를 차단하고 수요예측을 수행하였다.



〈그림 6〉 새마을 경부선 주말 원시계열 그래프
 〈Fig. 6〉 Time series Plot
 (Saemaeul, Gyeongbu, Weekend)



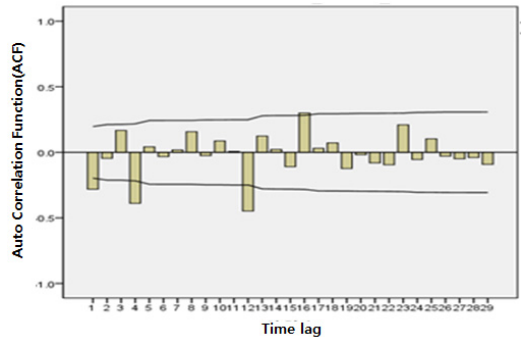
〈그림 7〉 새마을 경부선 주말 계절적·비계절적 1차 차분 후 시계열 그래프
 〈Fig. 7〉 Time series Plot, $d=1, s=12$
 (Saemaeul, Gyeongbu, Weekend)

2. 모형식별 및 추정

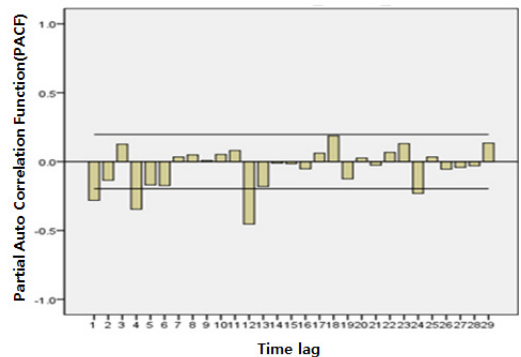
SARIMA모형의 개입요소를 적용하기 위해서는 개입이 발생한 이전 시점의 시계열에 대한 모형을

식별하여야 한다. 따라서 개입이전 시계열 자료에 대한 계절적 1차 차분과 비계절적 1차 차분을 수행한 후 안정화된 시계열 그래프의 자기상관함수(ACF)와 편자기상관함수(PACF)를 이용하여 모형을 식별하였다(그림 8, 9).

먼저 ACF, PACF를 살펴보면, PACF가 서서히 감소하며 ACF가 시차 1, 4, 12에서 절단되는 형태를 보이므로 MA(1), MA(4), SMA(1) 모형을 고려할 수 있다. 또한 PACF가 시차 1, 4, 12에서 절단되는 AR(1), AR(4), SAR(2) 모형도 고려할 수 있다. 모수 절약의 원칙에 근거하여 추정된 모형 내 모수들의 정상성과 가역성조건을 만족하며, 신뢰수준 95%에서 통계적으로 유의한 ARIMA(1,1,0)(0,1,1)₁₂, ARIMA(0,1,1)(0,1,1)₁₂, ARIMA(0,1,1)(1,1,0)₁₂ 모형이 잠정 모형으로 선정되었다(표 1).



〈그림 8〉 1차 차분 후 자기상관함수(ACF)
 〈Fig. 8〉 ACF ($d=1, S=12$)



〈그림 9〉 1차 차분 후 편자기상관함수(PACF)
 〈Fig. 9〉 PACF ($d=1, S=12$)

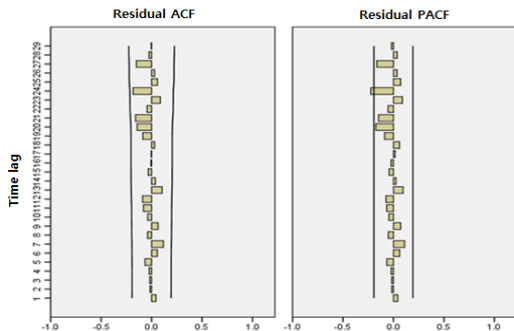
추정된 모형 중 본 연구의 새마을 경부선 주말 노선의 경우 모수절약의 원칙에 근거하여, 모형의 통계적 유의성이 우수하다고 판단되는 ARIMA(0,1,1)(1,1,0)₁₂ 모형이 최종모형으로 채택되었다. 최종 선정된 모형의 통계량을 살펴보면, 다른 추정 노선에 비해 모형의 적합도를 나타내는 R-square, RMSE, MAPE, MAE가 상대적으로 높은 것을 알 수 있으며, 오차율과 모수절약의 원칙을 나타내는 BIC값이 상대적으로 적은 것을 볼 수 있다. 또한 Ljung-Box통계량이 유의확률 5%를 넘어 잔차(백색잡음)들이 서로 독립적임을 확인하였다.

〈표 1〉 새마을 경부선 주말 추정모형 통계량 비교
〈Table 1〉 Analysis of Estimated Models

| Estimated Model | Intervention ARIMA (1,1,0)(0,1,1) ₁₂ | Intervention ARIMA (0,1,1)(0,1,1) ₁₂ | Intervention ARIMA (0,1,1)(1,1,0) ₁₂ |
|-------------------------|---|---|---|
| R Square | 0.894 | 0.895 | 0.900 |
| RMSE | 1315.911 | 1311.506 | 1282.382 |
| MAPE | 5.343 | 5.314 | 5.259 |
| MaxAPE | 20.162 | 20.763 | 16.837 |
| MAE | 1015.166 | 1007.382 | 1011.575 |
| MaxAE | 2961.000 | 2961.000 | 2961.000 |
| Normalized BIC | 14.635 | 14.628 | 14.628 |
| Ljung-Box Q(18) p-Index | 0.863 | 0.873 | 0.972 |

3. 모형검증 및 수요예측

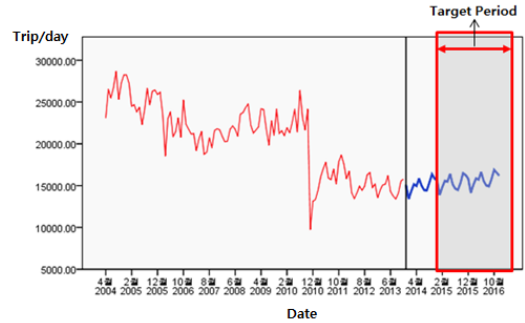
채택된 모형에 대해 백색잡음의 독립성을 검증하기 위해 잔차분석을 수행하였다. 백색잡음들이 독립이면 추정값의 잔차 역시 독립이어야 하므로



〈그림 10〉 새마을 경부선 주말 최종모형 잔차분석
〈Fig. 10〉 Analysis of Residual (Saema-eul, Gyeongbu, Weekend)

잔차분석 결과 신뢰한계를 초과하지 않아 최종모형의 백색잡음 독립성 조건을 만족하였다(그림 10).

그림 11은 경부선 새마을을 대상으로 ARIMA(0,1,1)(1,1,0)₁₂ 모형을 이용한 주말 일 평균 모형의 최종 수요예측 결과를 나타낸 것이다.



〈그림 11〉 새마을 경부선 주말 수요예측 결과

〈Fig. 11〉 Forecasting Result

(Saema-eul, Gyeongbu, Weekend)

4. 최종 모형 선정

새마을 경부선 주말 일평균 모형과 동일한 구축 과정을 거쳐 새마을·무궁화 주요 5개 노선별 최종 예측모형 식을 산정하였다. 최종 선정된 모형식의 결

〈표 2〉 최종선정모형

〈Table 2〉 Result of Final Selected Model

| Type | Line | Model | Intervention |
|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Saema-eul | Geon gbu | Weekday | ARIMA(0,1,1)(1,1,0) ₁₂ |
| | | Weekend | ARIMA(0,1,1)(1,1,0) ₁₂ |
| | Hosanam | Weekday | ARIMA(1,1,0)(1,1,0) ₁₂ |
| | | Weekend | ARIMA(0,1,1)(1,1,0) ₁₂ |
| Mugunghwa | Jeon la | Weekday | ARIMA(1,1,0)(1,1,0) ₁₂ |
| | | Weekend | ARIMA(0,1,1)(0,1,1) ₁₂ |
| | Jang hang | Weekday | ARIMA(2,1,0)(0,1,2) ₁₂ |
| | | Weekend | ARIMA(0,1,1)(0,1,1) ₁₂ |
| Jung ang | Weekday | ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ₁₂ | |
| | Weekend | ARIMA(0,1,1)(0,1,1) ₁₂ | |
| Mugunghwa | Geon gbu | Weekday | ARIMA(2,1,0)(1,1,0) ₁₂ |
| | | Weekend | ARIMA(0,1,2)(0,1,1) ₁₂ |
| | Hosanam | Weekday | ARIMA(1,1,0)(1,1,0) ₁₂ |
| | | Weekend | ARIMA(2,1,0)(1,1,0) ₁₂ |
| | Jeon la | Weekday | ARIMA(0,0,0)(2,1,0) ₁₂ |
| | | Weekend | ARIMA(0,0,3)(0,1,0) ₁₂ |
| | Jang hang | Weekday | ARIMA(0,1,1)(1,1,0) ₁₂ |
| | | Weekend | ARIMA(1,1,0)(0,1,1) ₁₂ |
| Jung ang | Weekday | ARIMA(2,1,3)(1,1,0) ₁₂ | |
| | Weekend | ARIMA(0,1,1)(0,1,1) ₁₂ | |

과를 요약하면 표 2와 같다. 모형 선정 시 경부선 KTX 2단계 개통(2011.10.), 전라선 KTX 개통(2011.10.)·여수세계박람회(2012.05.~2012.08), 중앙선 O/V Train(관광열차) 운행(2013.04.)을 각각 개입요소로 추가하였다 (경부선-계단(step)개입, 전라선-계단(step)개입·펄스(pulse)개입, 중앙선-계단(step)개입).

IV. 모형 예측력 검증

모형의 예측력 검증을 위해 수송실적이 확보된 2014년 2월 ~ 2014년 4월의 3개월의 실측치를 바탕으로 본 연구에서 선정된 모형을 통한 예측치와 비교하였다. 적정성 검토를 위한 판단기준으로는 평균제곱오차의제곱근(Root Mean Square Error, RMSE), 평균절대백분율오차(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)를 이용하였다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2} \quad (3)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100 \quad (4)$$

여기서, A_t : 실측치, F_t : 예측치

SARIMA 모형 내 개입요소의 영향력을 파악하기 위해서는 개입 시점 이후 충분한 데이터가 필요하다

지만 새마을 중앙선 열차의 경우 O/V Train이 운행된 2013년 4월부터 분석시점까지 충분한 데이터를 가지지 못해 본 연구의 모형 예측력 검증에서는 제외된 모형 예측력 검증 결과를 표 3에 나타내었다.

RMSE는 모형의 정밀도를 나타내는 것으로 작은 값을 가질수록 상대적으로 잡음요소를 적게 포함하고 있기 때문에 적합도가 좋다고 할 수 있다. MAPE의 경우 모형 예측값의 오차를 확률로 나타낸 것으로 새마을·무궁화열차의 주중/주말예측 모형이 모두 평균 5%내의 오차율을 보이는 것을 확인하였다. 또한 모형검증 결과, 새마을·무궁화 대부분 노선에서 주말보다 주중이 RMSE, MAPE 값 모두 상대적으로 높게 나온 것을 볼 수 있는데, 이는 주중의 경우 출퇴근이나 비즈니스 활동 등의 고정 수요가 아닌 변동성이 높은 통행량의 특성이 반영된 것으로 판단된다.

V. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 새마을·무궁화 열차의 주요 5개 노선(경부선, 호남선, 전라선, 장항선, 중앙선)의 단기수송수요의 예측 모형 선정방안을 제시하고 유용성을 확인하기 위한 검증결과를 제시하였다. 분석을 위해 계절별 특성이 반영된 SARIMA 모형을 이용하였으며, 주중/주말 통행 특성 및 대체근무제 등과 같은 공휴일 특성을 반영하고자 각 노선별 주중/

〈표 3〉 모형 예측력 검증 결과
〈Table 3〉 The result of verifying predictability of Model

| Type | Line | RMSE | | MAPE | |
|-----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| | | Weekday | Weekend | Weekday | Weekend |
| Saemaoul | Gyeongbu | 608.62 | 363.43 | 6.37 | 2.06 |
| | Honam | 116.99 | 234.75 | 3.74 | 4.59 |
| | Jeonla | 68.79 | 47.19 | 5.13 | 2.07 |
| | Janghang | 136.29 | 541.39 | 1.86 | 5.41 |
| | Average | 232.67 | 296.69 | 4.28 | 3.53 |
| Mugunghwa | Gyeongbu | 4590.34 | 2824.23 | 5.60 | 2.79 |
| | Honam | 852.41 | 299.45 | 4.72 | 0.96 |
| | Jeonla | 706.65 | 703.82 | 5.05 | 3.16 |
| | Janghang | 568.32 | 366.02 | 4.84 | 1.92 |
| | Jungang | 102.15 | 245.06 | 1.29 | 2.18 |
| | Average | 1363.97 | 887.72 | 4.30 | 2.20 |

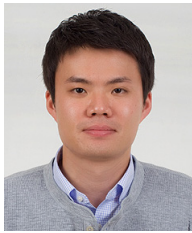
주말 일평균 모형을 각각 구축하였다. 또한 모형의 신뢰도를 높이기 위해 EXPO 개최, 새로운 노선의 개통 등 노선별 개입요소를 고려하여 수송수요의 예측모형에 반영하였으며 모형 예측력의 검증을 통해 정도 높은 모형을 구축하였음을 확인하였다. 개발된 모형은 열차 노선별 단기운행계획 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구에서는 열차 운행 횟수 변화나 노선연장 등과 같은 정책변화로 인한 철도 공급량의 변화를 추가적으로 반영하는 모형 확장이 필요하며, 열차 예약정보 등을 활용하여 잠재수요를 고려할 수 있는 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] KORAIL Research Institute, The demand forecast for KTX and conventional train in 2013, p.87, Sep. 2012.
- [2] H. J. Kim and C. M. Jung, "Development of a direct demand estimation model for forecasting of railroad traffic demand", *Proceedings of the Conference of the Korean Society for Railway*, pp.2166~2178, Jul. 2010.
- [3] K. B. Kim and K. S. Hwang, "A study on the demand forecasting and efficient operation of Jeju national airport using seasonal ARIMA model", *J. of the Korea Academic-Industrial cooperation Society*, vol. 13, no. 8, pp.3381~3388, Aug. 2012.
- [4] K. H. Kim and H. S. Kim "KTX passenger demand forecast with intervention ARIMA model", *J. of the Korean Society for Railway*, vol. 14, no. 5, pp.470~476, Oct. 2011.
- [5] M. Vaziri and J. Hutchinson. "Short-run forecasting of United States coal production", *Intl. J. of Mining and Geological Engineering*, vol. 5, Issue 4, pp.419~432, Dec. 1987.
- [6] J. Considine and J. Narayan "Assessment of the impact of changes in transit systems using intervention analysis", *Transportation Research_B*, vol. 22, Issue 1, pp.55~67, Feb. 1988.
- [7] C. Woroniuk, M. Marinov, T. Zunder and P. Mortimer, "Time series analysis of rail freight services by the private sector in Europe", *J. of Transport Policy*, vol. 25, pp.81~93, Jan. 2013.
- [8] W. Chiang, R. A. Russell and T. L. Urban, "Forecasting ridership for a metropolitan transit authority", *J. of Transportation Research_A*, vol. 45, Issue 7, pp.696~705, Aug. 2011.
- [9] D. B. Jung, *Demand forecasting of time series_I*, Hannarae Pub., 2009.
- [10] K. C. Min, Y. I. Jun and H. K. Ha, "Forecasting the air cargo demand with seasonal ARIMA model: focusing on ICN to EU route", *J. of the Korean Society of Transportation*, vol. 31, no. 3, pp.3~18, Jun. 2013.

저자소개



노 윤 승 (Noh, Yunseung)

2013년 : 영남대학교 학사 졸업(건설시스템공학전공)

2013년 ~ 2015년 : 한밭대학교 대학원 공학석사 졸업(도시공학과)

2015년 ~ 현재 : SOC자산관리센터 연구원

e-mail : nys0713@naver.com



도 명 식 (Do, Myungsik)

2000년 : 교토(Kyoto)대학교 토목공학과 교통계획 전공 졸업(박사)

2000년 ~ 2002년 : 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원 근무

2009년 ~ 2010년 : Univ. of Iowa (visiting scholar)

2002년 ~ 현재 : 한밭대학교 도시공학과 교수

e-mail : msdo@hanbat.ac.kr