

계절 ARIMA 모형을 이용한 중앙선의 여객수송수요 예측

Forecasting Passenger Transport Demand of Joongang Line using Seasonal ARIMA Model

김범승*[†], 이찬우*, 심재호*, 이승기*, 김주희*, 박현규*

Beom-Seung Kim*[†], Chan-Woo Lee*, Jae-Ho Sim*, Seung-Ki Lee*, Joo-Hee Kim*, Hyun-Gyu Park*

Abstract This study suggested the ARIMA model considering the seasonal characteristic factor as the method for forecasting passenger transport demand of the Joongang Line efficiently. Particularly, the forecasting model was built including the demand for the central inland region tourist train (O-train, V-train) which was opened to traffic in April, 2013 and run in order to reflect the recent demand for tourism industry. For this, by using the monthly time series data (103) from January, 2005 to July, 2013 the optimum model was selected. And, the forecasting result of passenger transport demand of the Joongang Line showed up to increase continuously. The developed model forecast the demand for short-term of the Joongang Line and is available.

Keywords : Joongang Line, Passenger Transport Demand, Seasonal ARIMA Model, Demand Forecast

초 록 본 연구는 중앙선의 여객수송수요를 효율적으로 예측하기 위한 방법으로 계절성 요인을 고려한 ARIMA 모형을 제안하였다. 특히, 최근의 관광수요를 반영하기 위하여 2013년 4월 개통되어 운행되고 있는 중부내륙권 관광전용열차(O-train, V-train)의 수요를 포함하여 예측모형을 구축하였다. 이를 위하여 2005년 1월부터 2013년 7월까지의 월별 시계열 데이터(103개)를 사용하여 최적의 모형을 선정하였으며 예측결과 중앙선의 여객수송수요는 지속적으로 증가할 것으로 나타났다. 구축된 모형은 중앙선의 단기수요를 예측하는데 활용이 가능하다.

주요어 : 중앙선, 여객수송수요, 계절 ARIMA 모형, 수요예측

1. 서론

적정한 수준의 철도 장래 수요예측은 경영계획의 수립, 투자 의사 결정 등에 있어 중요한 역할을 한다. 따라서 잘못된 수요예측에 따른 과잉투자 또는 기회비용의 손실 등은 경영상의 문제를 발생시킨다. 기존의 철도 수요예측 연구에서는 중·장기 예측을 위한 전통적인 4단계 모형, 단기 예측을 위한 시계열 분석 및 직접수요모형을 주로 사용하였다[1-3].

[†] 교신저자: 코레일 정보기술단(bluedav@korail.com)

* 코레일 정보기술단

이 중 단기 예측을 위한 ARIMA 모형은 적은 자료만으로 빠른 시간 내에 정확도가 높은 장래 수요예측이 가능하다. ARIMA 모형의 적용에 관한 연구를 살펴보면 Kim과 Hwang[4]은 ARIMA 모형을 이용하여 제주공항 여객 수요를 예측하였고, Kwon과 Lee[5]는 ARIMA 모형을 이용하여 범용적으로 쓸 수 있는 지역간 철도수송수요 예측모형을 구축하였다. 또한 Lee 와 Kim[6]은 ARIMA 모형을 이용하여 전력수요를 효율적으로 예측하여 활용하고자 하였고, Hur et al.[7]는 다변량 시계열 ARIMA 모형을 이용하여 항공 수요를 예측하였다. 이처럼 ARIMA 모형은 여러 분야에서 다양하게 응용되고 있다. 무엇보다도 각 분야의 특성에 맞는 최적 모형의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 중앙선을 대상으로 최근의 관광수요(O-train, V-train)를 포함한 여객수송수요를 효율적으로 예측하기 위한 방법으로 계절 ARIMA 모형을 제안하였다. 본 연구는 2장에서 연구자료 및 ARIMA 모형을 설명하고, 3장에서 모형의 구축 및 검증에 관하여 논하고, 4장에서는 결론 및 향후 연구계획을 제시한다.

2. 연구자료 및 계절 ARIMA 모형

2.1 연구대상 및 연구자료

본 연구를 위한 시간 및 공간적인 범위는 중앙선이다. 중앙선은 청량리~경주(383.0 km)까지의 노선으로 우리나라 5대 간선중의 하나이지만 청량리역과 원주역을 제외하면 인구 30만 명 이상의 배후도시가 없는 대표적인 지방 중소도시 연계노선이다[8]. 이는 근본적으로 철도를 이용할 수 있는 인구유발요인이 부족한 한계를 가지며 인프라(선로 등)의 개선(복선전철화 및 고속화 등)을 위한 투자 의사 결정시 새로운 수익상품(관광상품 등)의 개발과 함께 적정수준의 장래 수요에 대한 효율적인 예측이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 최근의 관광수요가 반영된 자료를 기반으로 수요예측 모형을 구축하고자 하였다. 본 연구를 위하여 구축한 자료는 2005년 1월부터 2013년 7월(103개월)까지의 주운행선이 중앙선이고 정기권 실적을 포함한 월별 여객열차의 수송인원이다. 여기서 여객수송인원은 열차종별이 새마을과 무궁화인 열차로 수송된 수요이다. Fig1은 연도별 월평균 여객수송실적이다. 2005년 청량리 ~ 용문(현 용산 ~ 용문 전동차 운행) 복선전철 개통 운행 이후 2007년까지 감소하다가 2009년 이후 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며 특히 2013년 큰 폭의 증가를 보이고 있다. 이는 최근의 관광수요(O-train, V-train)¹가 반영된 것으로 추정된다. 본 연구에서는 모형의 식별 및 구축을 위하여 2005년 1월 ~ 2013년 7월까지의 월별 수송실적자료를 활용하여 계절 ARIMA 모형을 이용한 수요예측모형을 구축하였다.

¹ 중부내륙권 관광전용열차 : O-train 의 O 는 'One'의 약자, 순환을 상징 하는 모양, 중부내륙 3 도(강원, 충북, 경북도)를 하나(One)로 잇는 순환열차 의미, V-train 의 V 는 'Valley(협곡)'의 약자, 동시에 협곡의 모양을 의미, 협곡전용열차

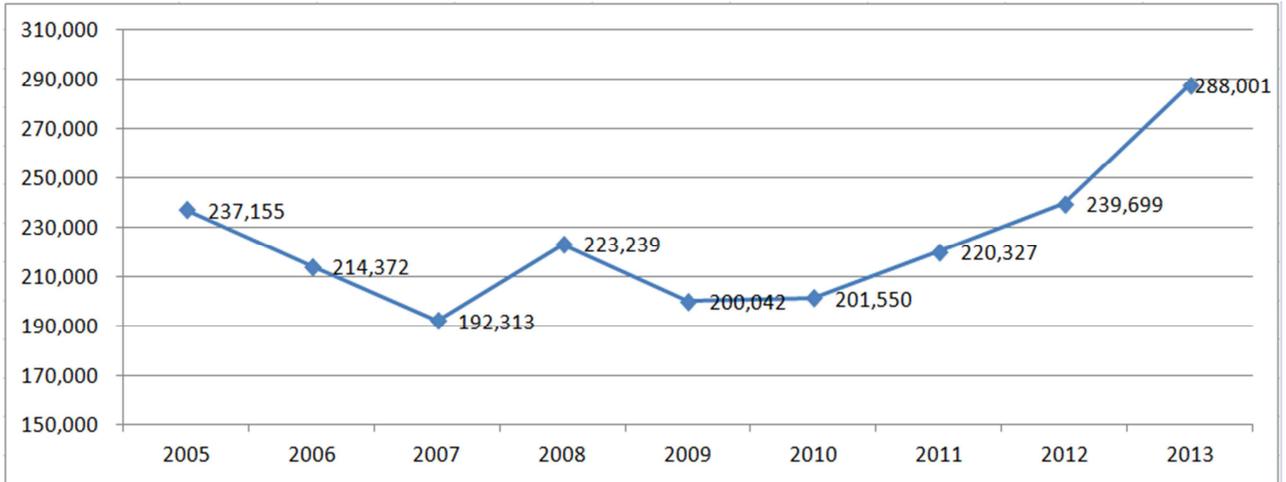


Fig. 1 The passenger transportation number of people by Year monthly average

2.2 계절 ARIMA 모형

시계열이 일정한 계절주기를 가지고 변할 때 사용하는 계절 ARIMA 모형은 시계열의 구성 성분들이 확률적이거나 다른 성분들과 상관성이 있는 경우에 사용할 수 있다. 시계열 Z_t 가 계절 주기가 s 인 $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s$ 과정을 따를 때 식 (1) 형태의 모형으로 표현한다[2,9]. 여기서, B 는 후행연산자(Backshift Operator), $\phi(B)$ 와 $\Phi(B^s)$ 는 각각 비계절적 및 계절적 AR연산자, $\theta(B)$ 와 $\Theta(B^s)$ 는 각각 비계절적 및 계절적 MA 연산자, d 와 D 는 각각 비계절적 및 계절적 차분 차수, p 와 P 는 각각 비계절적 및 계절적 AR차수, q 와 Q 는 각각 비계절적 및 계절적 MA 차수, δ 는 평균에 관련된 상수이다. 본 연구에서는 계절 ARIMA 모형을 이용하여 수요예측 모형을 구축하였다.

$$\phi_p(B)\Phi_p(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Z_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_q(B^s)\varepsilon_t, \varepsilon_t \sim iid N(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (1)$$

3. 모형의 구축 및 검증

3.1 정상성 및 계절성 존재여부 점검

Fig2의 중앙선의 여객수송인원의 시계열 그래프를 살펴보면 2010년 3월 이후 급격히 감소했다가 다시 증가하는 추세를 보이며 평균 참조선을 기준으로 일정한 패턴을 보이지 않고 있기 때문에 평균이 정상적이지 않음을 알 수 있다. 따라서 비계절적인 차분을 실시하여 평균을 정상적으로 만들 필요가 있다.

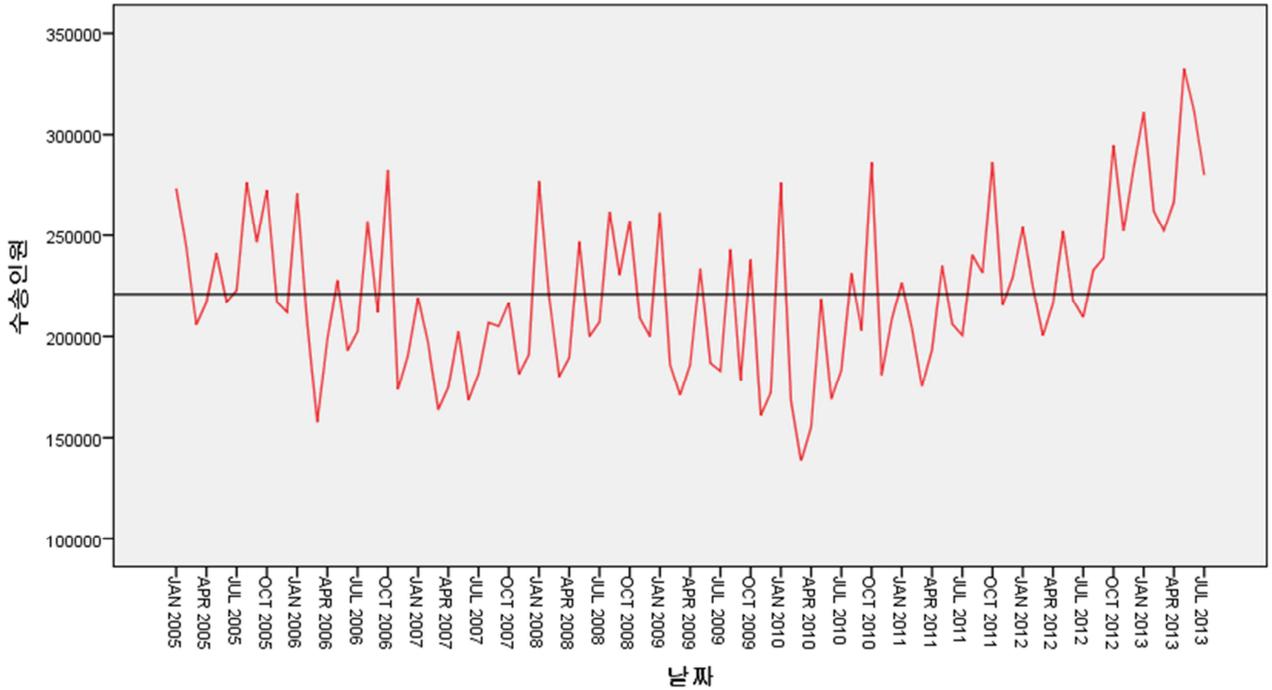


Fig. 2 The time series graph for Passenger transportation number of people

Fig3의 비계절적인 1차 차분후 시계열 도표를 살펴보면 Fig2와는 달리 더 이상 감소하거나 증가하는 추세를 보이지 않으며 시계열 자료의 평균이 정상적으로 되었음을 시작적으로 확인할 수 있다.

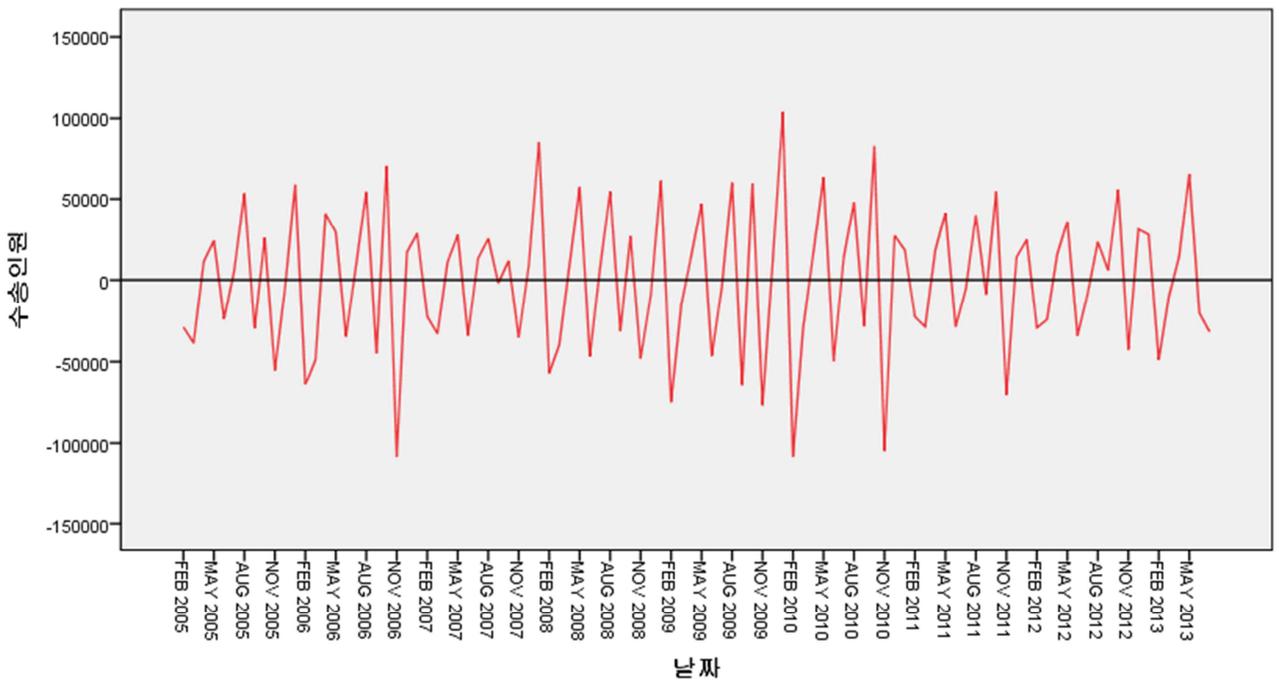


Fig. 3 The primary difference non-Seasonal Time series graph

또한 Fig4 에서 1차 비계절적 차분된 자기상관함수를 살펴보면 더 이상 증가하는 추세가 나타나지 않음을 알 수 있다. 그리고 1차 비계절적 차분된 자기상관함수 중에서 몇 개의 스파이크가 신뢰한계선 밖으로 튀어나온 것을 볼 수 있다. 특히, 시차 12와 시차 24의 자기상관계수의 스파이크가 신뢰한계선을 넘어 돌출되어 있고 시차 12와 시차 24의 자기상관계수가 서서히 감소하므로 계절적 차분(D=1)이 필요함을 알 수 있다.

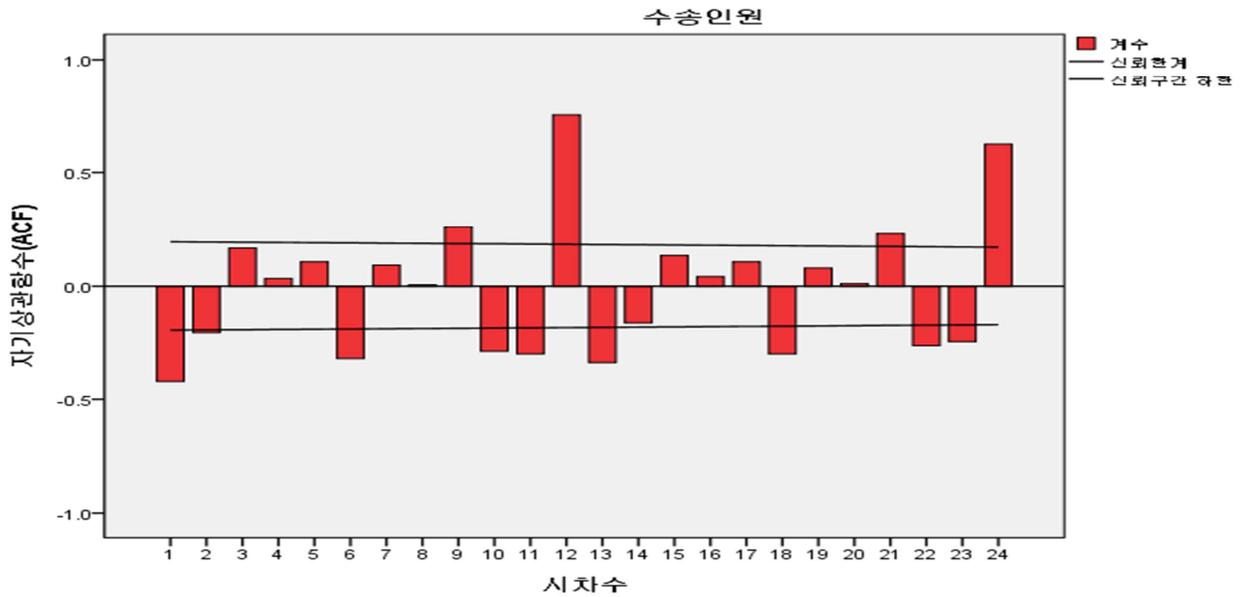


Fig. 4 The primary difference non-Seasonal Autocorrelation Function

Fig5 에서 여객수송인원의 비계절적 및 계절적 1차 차분 그래프를 살펴보면, 평균 0을 중심으로 일정하고, 분산도 시간의 흐름에 따라 일정한 모습을 보인다. 이는 차분후 시계열 자료의 평균과 분산이 정상적인 분포를 나타내고 있음을 알 수 있다.

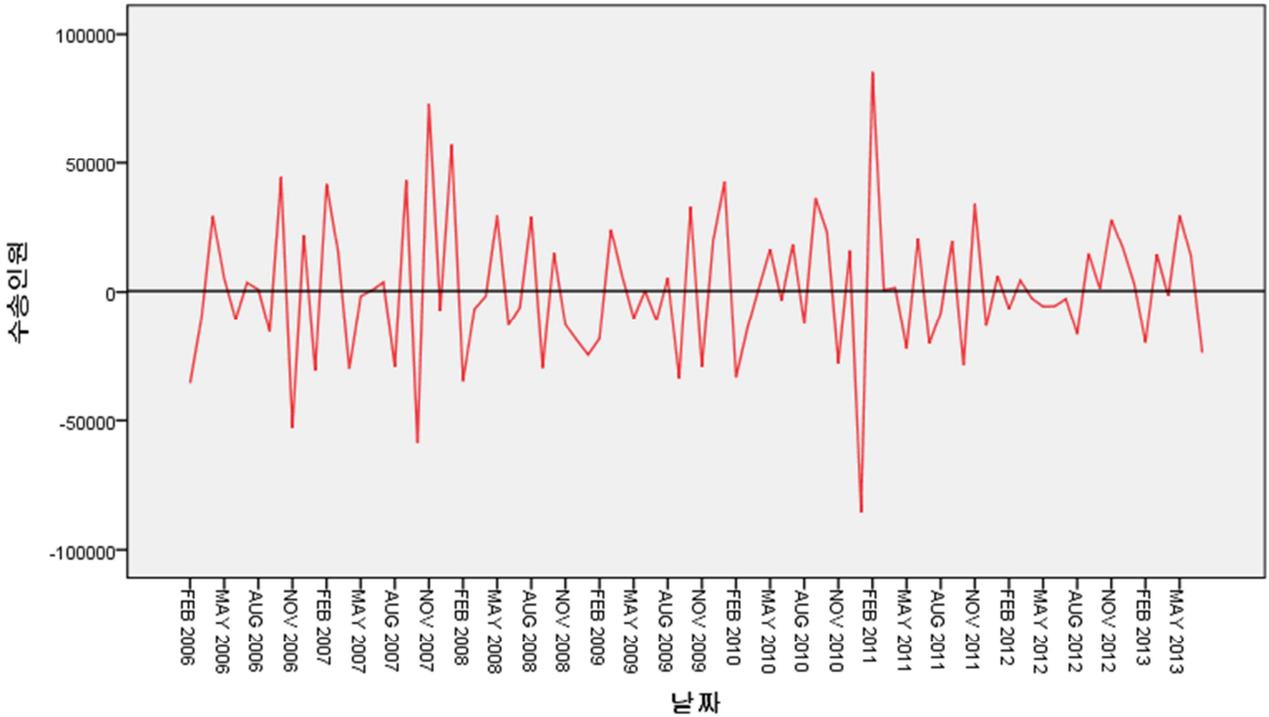


Fig. 5 The primary difference non-Seasonal and Seasonal time-series graph

3.2 모형의 식별

자기상관함수는 자기회귀(AR)의 경우 이론적으로 지수함수 또는 사인곡선 형태로 서서히 0으로 감소하는 형태이며, 이동평균(MA)의 경우에는 이동평균 차수에 해당하는 시차에서 두드러진 스파이크가 나타나고, 이 시차 이후에 해당하는 자기상관계수가 모두 0으로 절단되며, 혼합된 경우에는 0을 향해 서서히 감소하는 형태를 보인다[4,9]. Fig 6에서 자기상관함수의 시차 1에서 뚜렷한 스파이크를 발견할 수 있으며 그 이후 단기시차에서 서서히 0으로 절단되는 형태이므로, 비계절적 부분을 MA(1)모형으로 고려 할 수 있다. 마찬가지로, 자기상관함수의 시차 12에서 뚜렷한 스파이크를 발견할 수 있고 시차 24에서 0으로 절단하는 형태이므로 MA(1)12모형을 고려할 수 있다. 또한 비계절적 및 계절적 1차 자기상관함수는 계절시차 12에서 유의적인 값을 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 Model1: ARIMA(0,1,1)(0,1,1)12, Model2: ARIMA(0,1,1)(0,1,0)12, Model3: ARIMA(0,1,0)(1,1,1)12, Model4: ARIMA(0,1,0)(1,1,0)12, Model5: ARIMA(0,1,0)(0,1,1)12의 5가지 모형을 고려하였다. 이때 통계적으로 유의하지 않은 상수항은 모형에서 제외한다.

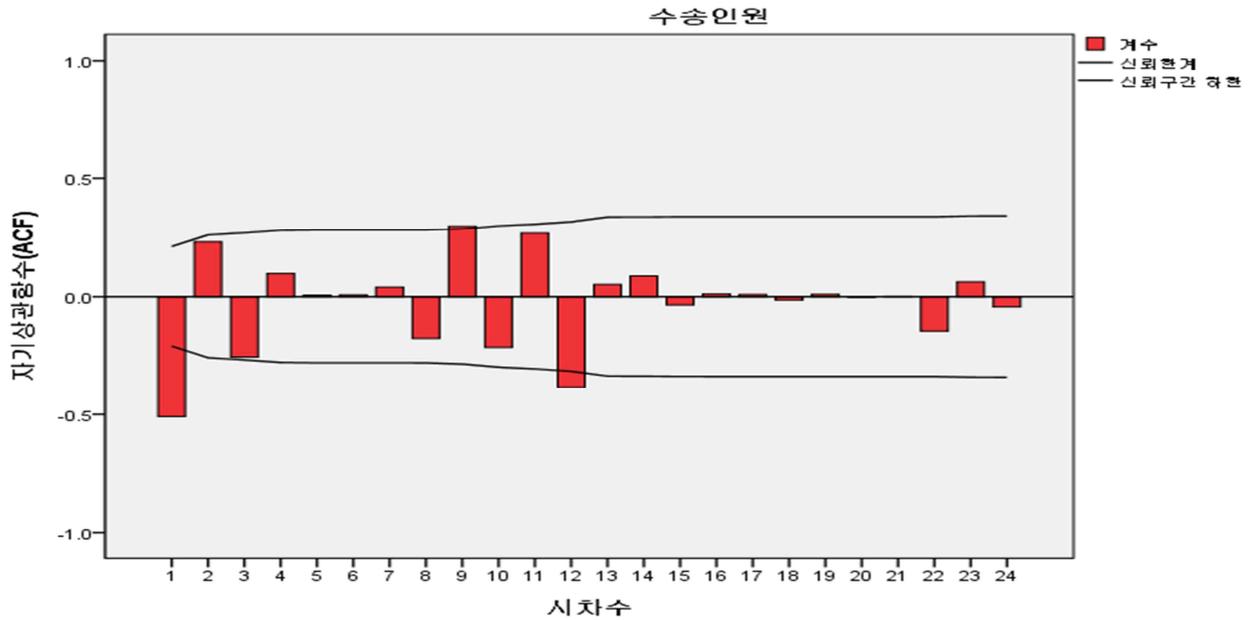


Fig. 6 The primary difference non-Seasonal and Seasonal Autocorrelation Function

본 연구에서는 적절한 모형의 차수결정을 위해 자기상관함수와 편자기상관함수를 이용하고, 그 후에 ARIMA 모형을 객관적으로 식별하기 위하여 정규화된 BIC(Normalized Bayesian Information Criterion) 방법을 사용하였다[9]. 다음 Table 1을 살펴보면 Model1의 BIC 값이 19.936으로 가장 작으므로 Model1을 우선적으로 최적모형으로 고려하되 다른 Model 들의 경우도 함께 살펴보기로 한다.

Table 1. Model Identification

ARIMA 모형	정상 R Square	정규화된 BIC
Model1: (0,1,1)(0,1,1)12	0.483	19.936
Model2: (0,1,1)(0,1,0)12	0.269	20.220
Model3: (0,1,0)(1,1,1)12	0.252	20.332
Model4: (0,1,0)(1,1,0)12	0.126	20.398
Model5: (0,1,0)(0,1,1)12	0.267	20.223

3.3 모형의 추정

Table 2. Model Presumption

		추정값	SE	t	P(=Sig.)	
Model1 (0,1,1)(0,1,1)12	상수항	793.938	322.896	2.459	0.016	
	차분	1	-	-	-	
	MA	시차1	0.614	0.086	7.125	0.000
	계절차분	1	-	-	-	
	MA,계절	시차1	0.795	0.186	4.284	0.000
			추정값	SE	t	P(=Sig.)
Model2 (0,1,1)(0,1,0)12	상수항	1073.401	1048.084	1.024	0.309	
	차분	1	-	-	-	
	MA	시차1	0.580	0.088	6.562	0.000
	계절차분	1	-	-	-	
			추정값	SE	t	P(=Sig.)
Model3 (0,1,0)(1,1,1)12	상수항	0.003	0.004	0.617	0.539	
	차분	1	-	-	-	
	AR,계절	시차1	0.198	0.195	1.013	0.314
	계절차분	1	-	-	-	
	MA,계절	시차1	0.988	4.244	0.233	0.816
			추정값	SE	t	P(=Sig.)
Model4 (0,1,0)(1,1,0)12	상수항	0.003	0.009	0.373	0.710	
	차분	1	-	-	-	
	AR,계절	시차1	-0.368	0.099	-3.706	0.000
	계절차분	1	-	-	-	
			추정값	SE	t	P(=Sig.)
Model5 (0,1,0)(0,1,1)12	상수항	615.694	892.893	0.690	0.492	
	차분	1	-	-	-	
	계절차분	1	-	-	-	
	MA,계절	시차1	0.834	0.202	4.122	0.000

Table 2에서 볼 수 있듯이 모형의 추정단계에서 우선적으로 고려한 Model1을 제외한 Model2 ~ Model5의 상수항의 경우 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의하지 않았고 Model3을 제외한 다른 Model 들의 추정된 계수들은 모두 99% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

3.4 모형의 진단

Table 3. Model Evaluation

Ljung-Box Q 통계량			
ARIMA 모형	통계량	자유도	P(=Sig.)
Model1 (0,1,1)(0,1,1)12	14.632	16	0.552
Model2 (0,1,1)(0,1,0)12	34.255	17	0.309
Model3 (0,1,0)(1,1,1)12	48.243	16	0.000
Model4 (0,1,0)(1,1,0)12	69.621	17	0.000
Model5 (0,1,0)(0,1,1)12	54.780	17	0.000

모형의 진단은 추정된 모형이 관측된 시계열을 통계적으로 잘 적합시키고 있는지를 확인하는 것이다. 모형을 진단하는 방법으로 잔차분석을 주로 이용하는데 통계적 적절성을 점검하는데 있어 가장 중요한 검증은 백색잡음(White Noise)의 독립성 가정 여부이다. 본 연구에서는 주로 사용하는 모형 진단 방법 중 Ljung-Box 통계량을 이용하였다[4,9]. Table 3의 Ljung-Box 통계량을 살펴보면 Model1, Model2의 경우 유의확률이 각각 $0.552 > 0.05$, $0.309 > 0.05$ 이므로 “잔차는 자기상관이 없다”는 귀무가설이 기각되지 않기 때문에 잔차에는 자기상관이 없다. 따라서 “백색잡음항은 독립이다”라는 귀무가설을 채택하게 된다. 전체적으로 종합하여 판단하면 모형의 식별단계의 BIC 값, 모형의 추정단계의 t-통계량, p-Value 및 모형의 진단단계의 Ljung-Box 통계량을 고려해 볼 때 Model1을 최적모형으로 선정할 수 있다.

3.5 장래수요의 예측

최적 모형으로 선정된 Model1: ARIMA(0,1,1)(0,1,1)12 를 이용하여 2013년 8월부터 2014년 12월까지의 중앙선의 여객수송수요를 예측하였다. 그 결과는 Fig7과 같으며 2014년 12월까지 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다. 이는 중부내륙권 관광전용열차(O-train, V-train)의 수요가 영향을 미치고 있음 알 수 있다. 이처럼 새로운 관광상품의 개발은 중앙선의 여객 이용률을 높이는 중요한 견인차 역할을 할 뿐만 아니라 철도와 연계한 지역관광 활성화에 도 기여할 것으로 기대된다. 무엇보다도 지속 가능한 수요의 창출과 유지 및 서비스의 질을 높이기 위해서는 단기적으로는 마케팅 및 홍보활동의 강화, 지방자치단체와 연계한 주변 관광상품의 개발이 필요하며, 장기적으로는 적정수준의 수요예측에 기반한 지속적이고 꾸준한 중앙선(선로용량 확장 등) 및 관광지 주변(관광지 접근성 확보를 위한 도로의 확장, 환승시설 마련 등)의 인프라 개선이 필요하다.

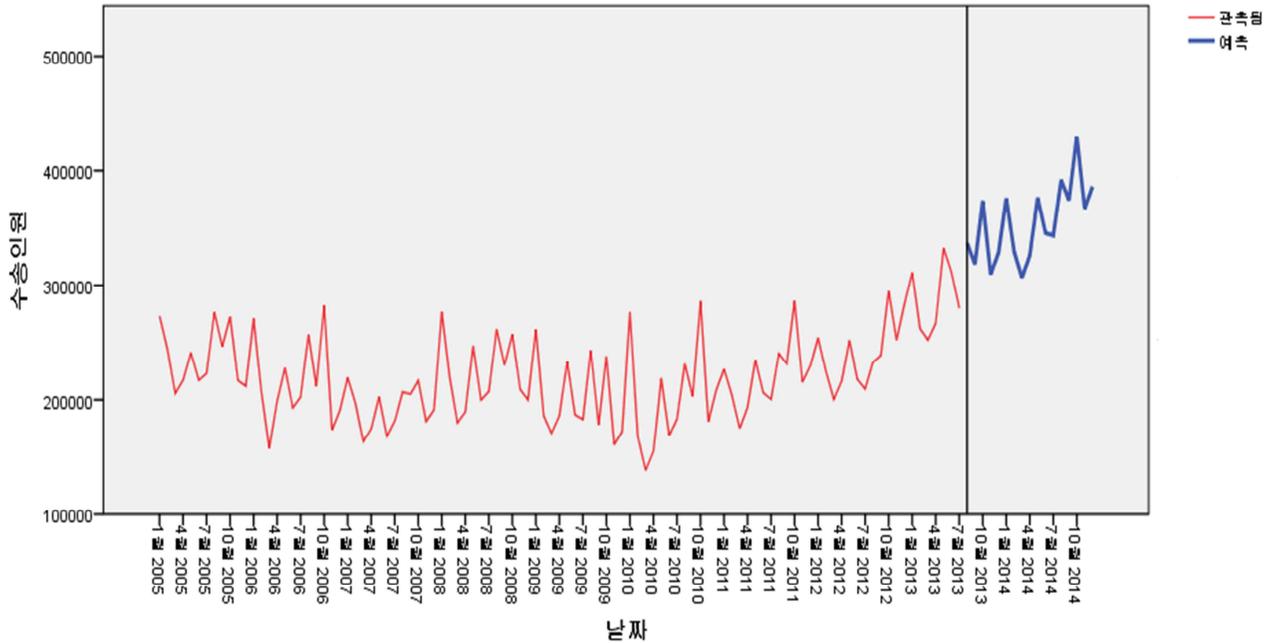


Fig. 7 The future demand forecast for Passenger transportation number of people

4. 결론 및 향후계획

중앙선은 청량리역과 원주역을 제외하면 인구 30만 명 이상의 배후도시가 없는 대표적인 지방 중소도시 연계노선으로서 근본적으로 철도를 이용할 수 있는 인구유발요인이 부족한 한계를 가진다. 따라서 인프라(선로 등)의 개선(복선전철화 및 고속화 등)을 위한 투자 의사 결정 시 새로운 수익상품(관광상품 등)의 개발과 함께 적정수준의 장래수요에 대한 효율적인 예측이 선행되어야 한다. 본 연구는 중앙선의 여객수송수요를 효율적으로 예측하기 위한 방법으로 계절성 요인을 고려한 ARIMA 모형을 제안하였다. 특히, 최근의 관광수요를 반영하기 위하여 2013년 4월 개통되어 운행되고 있는 중부내륙권 관광전용열차(O-train, V-train)의 수요를 포함하여 예측모형을 구축하였다. 이를 위하여 2005년 1월부터 2013년 7월까지의 월별 시계열 데이터(103개)를 사용하여 최적의 모형을 선정하였으며 예측결과 중앙선의 여객수송수요는 지속적으로 증가할 것으로 나타났다. 향후 각 노선별 특성을 반영한 ARIMA 모형의 구축에 관한 연구를 진행 할 계획이다.

후 기

본 연구는 2013년도 코레일 정보기술단 ICT 연구회 활동의 일환으로 진행되었습니다.

참고문헌

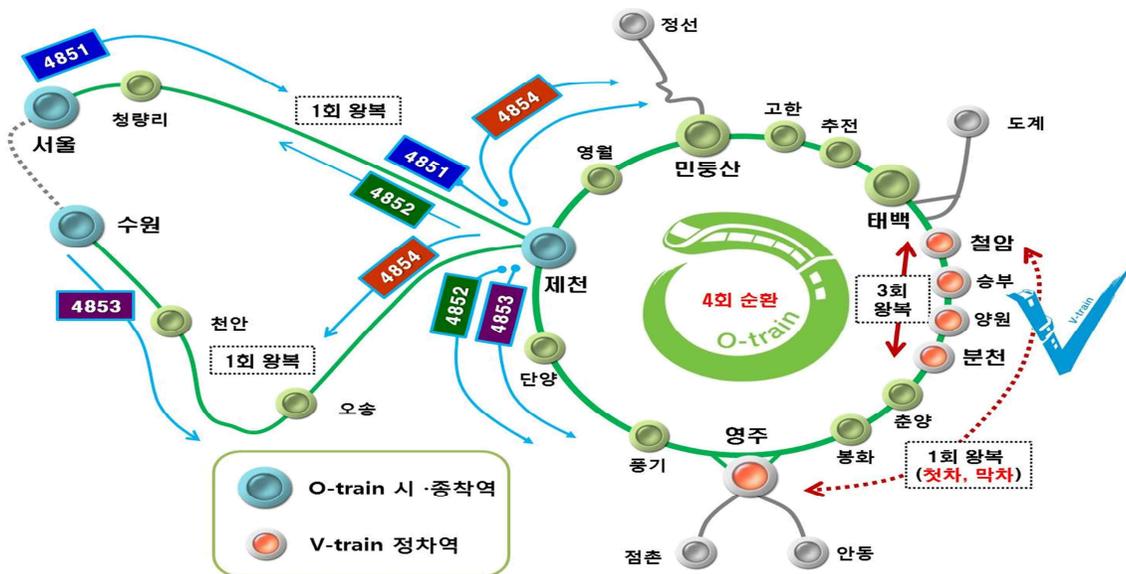
- [1] H.S Kim, D.H Yun, S.D Lee (2012) Travel Behavior Analysis for Short-Term KTX Passenger Demand Forecasting, *Journal of the Korean Statistical Society*, 19(1), pp.183-192.
- [2] K.H Kim, H.S Kim (2011) KTX Passenger Demand Forecast with Intervention ARIMA Model, *Journal of the Korean Society for Railway*, 14(5), pp. 470-476.
- [3] H.J Kim, C.M Jung (2010) Development of A Direct Demand Estimation Model for Forecasting of Railroad Traffic Demand, *Proceeding of the Conference of the Korean Society for Railway*, 14(5), pp. 2166-2178.
- [4] K.B Kim, K.S Hwang (2012) A Study on the Demand Forecasting and Efficient Operation of Jeju National Airport using seasonal ARIMA model, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 13(8), pp.3381-3388.
- [5] J.M Lee, Y.J Kwon (2011) A Study on Dynamic Change of Transportation Demand Using Seasonal ARIMA Model, *Journal of Korean Society of Transportation*, 29(5), pp.139-155.
- [6] J.S Lee, H.G. Shon, S. Kim (2013) Daily Peak Load Forecasting for Electricity Demand by Time series Models, *The Korean Journal of Applied Statistics*, 26(2), pp.349-360.
- [7] N.K Hur, J.Y Jung (2009) S. Kim, A Study on Air Demand Forecasting Using Multivariate Time Series Models, *Journal of Korean Statistical Society*, 22(5), pp.1007-1017.
- [8] C.H Choi (2013) Suggestions for Improvement of Connectivity between Railway Stations in Small and Medium-sized Cities Based on a Survey Focused on the Joongang Line, *Journal of the Korean Society for RailWay*, 16(1), pp.52-58.
- [9] D.B Jung (2009) Time Series Demand Forecasting I (SPSS/PASW), *Hannarae*.

부 록

A1 중부내륙권 관광열차 운행 안내자료

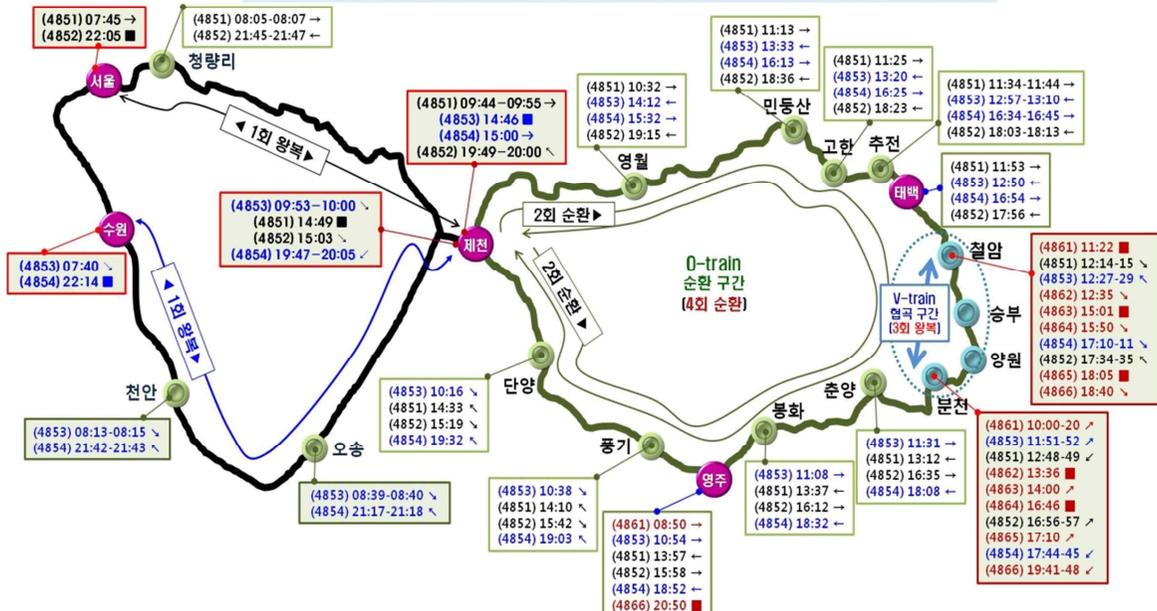
A1.1 중부내륙권 관광열차 운행 노선도

중부내륙 순환열차 O-train / 백두대간 협곡열차 V-train 운행 노선도



A1.2 2013년 9~10월 중부내륙권 관광전용열차 운행노선 및 시간

9-10월 중부내륙권 관광전용열차 운행노선 및 시간 (중부내륙순환열차 O-train, 백두대간협곡열차 V-train)



부 록 참고문헌