

중장기 우편물류를 위한 수요예측 시스템 개발

김태영* · 황승준†**

*동양미래대학 경영학부 · **한양대학교 경상대학 경영학부

Development of a Long-Term Postal Demand Forecasting System

Tai-Young Kim* · Seung-June Hwang†**

*Department of Business Management, Dongyang Mirae University, Seoul, Korea

**Department of Business Administration, Hanyang University, Ansan, Gyeonggi, Korea

Today, environmental changes and technical advances are changing the way of postal logistics services, and are changing the awareness and usage of Postal logistics of consumers. This paper is a case study that shows the development of demand forecast information system for local postal logistics is used in simulation and it helps decision for logistics facilities install or logistics. The system is used in simulating and making decisions on postal logistics network design problems such as facilities location and construction.

Specifically, postal demand forecasting system in this paper has been developed to analyze the impact of descriptive statistics showing the social change and business cycle of South Korea to local postal logistics, and to analyze changes in patterns of South Korea local postal logistics user with the passage of time, and accordingly time series forecasting and casual forecasting for decision-making.

Keywords: Postal Logistics, Demand Forecasting, Management Information System

1. 서론

우편물류 서비스는 한 나라의 국민은 물론 전세계 사람들이 큰 부담 없이 활용할 수 있어야 하는 보편적 서비스라는 특징을 가지고 있다. 다른 한편으로는, 변화하는 시대 조류와 경영 환경에 맞추어 소포 및 택배와 같이 우편을 이용한 물류 서비스 수요가 시

간이 갈수록 늘어나고 있다(Trinkner와Grossmann, 2006). 또한 등기와 같이 소비자가 특별한 비용 부담을 감수하더라도 배달에 확실성을 기대하는 특수 우편 서비스와 같은 분야의 중요성도 계속적으로 증가하고 있다.

때문에 언제나 일반 통상 우편 서비스에 대해서는 보편적인 우편물의 배달이 가능하도록 현재의 서비스 수준을 계속적으로 유지하고, 증가하는 소포 물량에 대하여 빠른 배송이 가능하도록 하

† Corresponding author: 425-791. 1271 Sa-dong, Ansan, Gyeonggi-do, Department of Business Administration, Hanyang University,ERICA Campus, Ansan, Korea

TEL : 82-31-400-5637 FAX : 82-31-400-5591 E-mail : sjh@hanyang.ac.kr

* 2010년 8월 27일 투고, 9월 29일 게재 확정.

는 서비스 제공 체제를 구축할 수 있도록 우편물류에 대한 인프라가 마련되어야 한다. 이러한 요구에 따라 우편물류 서비스를 위하여 중장기적 인프라 구축 계획을 수립하기 위하여 애써 왔지만, 최적의 인프라 구축 계획을 수립하기 위해서는 미래 시점의 우편물량의 변화에 대한 정확한 수요예측이 선행되어야 한다. 우편물류를 위한 인프라 구축은 많은 비용과 시간을 소요하는 국가의 기간 업무 중 하나이기 때문에 그 의사결정은 신중할 수 밖에 없으며 정확한 수요예측과 과학적인 판단의 근거 자료를 필요로 한다. 따라서 각 지역별로 필요한 인프라의 규모를 측정하기 위하여, 우선 우편 서비스 유형별로 정확한 중장기 수요예측을 실시하여야 한다. 그리고 이러한 수요예측 결과를 토대로 각 지역에 산재하여 존재하게 되는 우체국, 집중국, 교환 센터 등의 주요 우편물류 거점에 대한 최적 규모와 바람직한 입지를 선정하는 인프라 구축 계획을 수립하여야 한다.

우편물류를 위한 최적화 문제와 수요예측 대하여 국내외에서 다양한 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 우선 국내에서 진행된 우편물류 예측에 대한 연구를 살펴보면, 우선 김의창과 최현탁(1999)은 우편 집중국별로 운송 차량 할당을 위한 최적 계획을 수립하기 위하여 우편 물량을 예측에 대한 연구를 진행하였다. 최지영 등(2001)은 우편물류에 대한 기간 운송 계획을 수립하는 알고리즘을 개발하는 연구를 진행하였으며, 특히 우편 물량에 대한 정확한 수요예측이 최적 물류 계획 수립을 위하여 중요하다는 것을 강조하였다. 임준묵 등(2003)은 미래 시점의 한국 인구 변동에 대한 통계청의 예측 자료를 기반으로 인구수에 따른 우편 물량 간의 관계에 대한 단일 회귀 분석에 의한 수요예측 연구를 진행하였다. 오형식 등(2003)은 미래시점의 GDP 예상값을 기반으로 우편물류에 대한 회귀 분석 결과를 제시하였고, 이후 성장모형 로지스틱스 곡선을 활용하여 보다 정교한 우편물류를 위한 수요예측을 실시하였다. 이덕주 등(2005)은 시계열 분석의 ARIMA 기법을 이용하여 국내 우편물류 예측을 실시하는 연구를 진행하였다.

우편물류 인프라에 대한 효율성을 평가하는 연구도 꾸준히 진행되어 왔다. 김대기와 최재필(2006)은 DEA(data envelopment analysis) 기법을 활용하여 주요 우편물류 인프라인 집중국들에 대한 상대적 효율성 평가를 진행하고 각각의 집중국별로 효율성 순위를 매겼으며, 임준묵 등(2007)은 우편 집배국의 순로구분을 자동화하였을 경우에 대한 효율성 평가를 진행하는 연구를 수행하였다. 그 밖에 임재민 등(2006)은 우편 집중국에서 진행되는 구분 작업의 노동 생산성을 평가하는 연구를 수행한 바 있다.

해외에서 진행된 우편물류에 대한 연구로는, Werners와 Wülfing(2010)가 독일의 우편 서비스를 위한 우편물 최적 할당과 정리 문제를 혼합정수계획법 형태의 수리 모형으로 모델링하

여 분석하였다. Trinkner와 Grossmann(2006)은 스위스의 통상 우편 서비스에 대하여 수요예측을 수행하였고, Christian(2007)은 스위스에서 우편 시장과 통상 우편 서비스의 생존 능력에 대하여 연구를 진행하였다.

우편물류 서비스가 통상 우편 외에 소포와 우체국 택배 등과 같은 일반 물류 서비스의 비중이 날로 커지고, 또한 국제 특송, 국내 등기와 같은 특별 운송이 주목받게 되면서, 이러한 특별 운송에 관련된 연구도 국내외에서 활발하게 진행되고 있다. 이충배 등(2003)은 국제 특송 운송에 대한 동향과 미래 전망에 대한 연구를 진행하였다. 문성철(2008)은 향후 우정 사업의 전개와 국제 특송 업계와의 관계 변화에 대하여 고찰하였다.

Pettus와 Munoz(2008)는 페덱스(FedEx)의 국제 운송 물류 서비스에 대한 비즈니스 전개에 대한 연구를 진행하였으며, McAree 등(2006)은 페더럴 익스프레스(Federal Express)의 특송 운송을 위한 포장 및 정리를 위한 설비 활용 문제에 대하여 연구하였다. Ko 등(2007)은 특송 물류 서비스의 한계 시간을 고려하여 이익을 최대화할 수 있는 수리 모형을 모델링하고, 이를 유전 알고리즘을 통하여 현실적으로 가능한 시간 내에 해를 구할 수 있는 시스템을 제안하였다.

최적의 중장기 우편물류 인프라 구축을 위해서는 우체국, 집중국, 교환 센터 등의 각각의 우편 인프라의 부하를 정확히 측정할 수 있어야 하고, 이를 위해서는 미래 시점의 우편 물량을 정확히 예측할 수 있는 기능이 필요하다. 본 논문은 최적의 우편물류 인프라 계획 수립을 위하여, 시계열 분석 및 다중 회귀 분석 등의 주요 수요예측 기법을 통하여 우편물류에 대한 중장기 수요예측을 수행할 수 있는 소프트웨어 개발 및 실제 우편물류 서비스 현장 도입 사례를 연구하였다. 현재까지 한국의 우편물류 서비스를 위한 전용 수요예측 소프트웨어는 개발된 바 없으며, 본 연구가 소개하는 우편 물량 예측 소프트웨어가 한국 최초의 개발 사례이다.

2. 우편물류 수요예측 시스템의 개발

2.1 시스템 개발 프로젝트 개요

한국의 우편물류 서비스 사업을 관장하는 우정사업본부는 보다 향상된 우편물류 서비스 제공과 안정적인 우편물류를 위한 인프라 구축을 위하여, 우정기술연구센터와 더불어 2006년부터 2010년까지 5개년에 걸쳐 ‘실시간 우편물류 기술 개발’ 사업을 추진 중에 있다(이상락 등[4]). 이를 위한 세부 과제로 “실시간 우편물류 운영 기술 개발”을 위하여 우편 물량에 대한 수요예측을 실시하는 소프트웨어 개발 과제가 진행되었다. 우편물류 서비스를 위한 물

량 예측 소프트웨어 개발은 우정사업본부가 발주하여 한국전자통신연구원(ETRI)에 의해 관리되었으며, 해당 소프트웨어의 실제 개발은 경기도 안산에 소재한 H대 경영학부와 서울에 소재한 D대 경영학부의 교수진에 의하여 이루어졌다.

우편물류를 위한 수요예측 소프트웨어 개발 작업은 2009년 5월에서 2009년 10월까지 6개월에 걸쳐 이루어졌으며, 이후 2개월 간의 수정 및 보완 작업을 거쳐 2010년 1월부터 우정사업본부의 우편물류 수요예측 업무에 실제로 도입되어 활용 중에 있다. 우편물류를 위한 수요예측 시스템 개발을 위하여 MS Visual Studio 2008 닷넷(.net) 기반의 C# 프로그래밍 언어를 이용하였으며, 이렇게 개발된 우편물류 수요예측 소프트웨어는 Windows 기반의 OS 환경에서 사용할 수 있도록 제작되었다.

2.2 전체 시스템 구조 설계

우편물류 예측 시스템은 우선 과거의 실제 우편 물량 자료를 입력하고, 예측 기간 및 예측 방법을 선택한 뒤, 우편 물량 예측 결과를 제시하는 방식으로 사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 개발되었다. 이 때 우편물류에 대한 수요예측은 미래 시점에 우편물류를 위한 효과적인 인프라 관리를 위한 자료로 활용하고자 하는 목적을 갖고 있기 때문에, 기본적으로 중장기 수요예측(long-term forecasting)을 진행하는 것을 주안점으로 하고 있다. 따라서 장기적으로 우편 물량 변동에 영향을 미치는 원인 요소를 찾아내고 이에 따라 수요예측을 실시할 수 있도록 시스템 구조를 설계하였다.

우편물류 예측 시스템은 우정사업본부가 관리하고 있는 우편물류 데이터베이스 시스템 '포스트넷(PostNet)' 으로부터 과거 시점의 실제 우편 물량 수요 데이터를 넘겨 받아 미래 시점에 대한 수요예측을 실시하도록 설계하였다. 입력 데이터는 csv 확장자 포맷 파일을 기본으로 하여 연도별 각 우편 유형에 대한 데이터, 월별 각 우편 유형에 대한 데이터, 연도별 청별 각 우편 유형에 대한 데이터 등 세 가지 실제 과거 우편 물량 데이터를 사용하는 것으로 하였다. 또한 주어진 데이터를 활용하여 최대한 정확한 예측이 가능하도록 하기 위하여, 각 수요예측 기법에 대하여 MSE 분석(mean square error analysis)을 실시하여 예측 오차를 검증할 수 있도록 하였다.

우편물류에 대한 수요를 예측하기 위하여 활용한 예측 기법은 인과형 예측(casual forecasting)과 시계열 분석(time series analysis)을 사용할 수 있도록 하였다. 인과형 예측을 위해서는 독립 변수를 최대 4 가지까지 동시에 고려하는 다중 회귀 분석(multiple regression analysis)이 가능하도록 시스템을 설계하여 개발하였으며, 시계열 분석은 추세 요인(trend factor), 계절

요인(seasonality factor), 주기 요인(cyclical factor) 등과 같은 다양한 시계열 요인을 동시에 고려하여 예측에 반영할 수 있는 분해법(decomposition methods)을 사용하여 예측을 진행할 수 있도록 설계하였다. 특히 한국의 우편물류에 적합한 수요예측 기법을 찾아내기 위하여, 회귀 분석이나 분해법 등에 대하여 시간의 흐름에 따라 선형으로 우편 물량이 증가하거나 감소하기보다는, 우편 물량의 수요 증가세가 차츰 둔화되는 비선형의 관계일 수 있다는 것을 감안하여 이 부분을 반영한 수요예측도 선택적으로 수행할 수 있도록 시스템을 설계하였다.

회귀 분석을 진행할 경우, 우편 물량의 변동에 원인 요인으로 작용할 것으로 판단되는 주요 항목에 대한 독립 변수 자료를 미리 입력하여 활용하여야 한다. 따라서 통계청 등의 국가 기관에서 공시한 사항을 참고하여 2000년에서 2030년까지의 인구(명), 1인당 GDP(원), 사이버 쇼핑물 거래액(원), 가구수(세대), 택배 시장 규모(원), 실질 GDP(원), 실질 GNI(원), 상장 주식수(주), 전력 발전량(MWh), 경제 활동 인구(명) 등의 10가지 항목에 대한 자료를 수집하여 정리하였고, 회귀 분석을 진행할 때 독립 변수로 사용할 수 있도록 하였다.

3. 우편물류 수요예측 시스템 기능 구현

3.1 입력 데이터 조회 및 검증 기능

우편 물량 데이터 관리를 위하여, 우선 입력 데이터가 저장된 폴더 선택하여 입력 데이터 가져오기 기능을 이용하여 과거의 실제 우편물류량에 대한 데이터를 불러들이게 된다. 이러한 입력 데이터 자료는 연도별 물량 현황 조회 기능과 월별 물량 현황 조회 기능 등을 활용하여 기술 통계량(descriptive statistics)을 확인할 수 있다. 과거 우편물류 수요에 대한 실제 데이터 조회를 통하여 우선 수요예측에 적용할 수 있는지 적합성을 검증할 수 있도록 개발하였으며, 경우에 따라 다양한 방법으로 수요예측과 시물레이션을 진행할 수 있도록 사용자가 원하는 대로 입력 데이터를 자유롭게 수정하여 활용할 수 있는 기능도 설계하였다.

특히 과거에 진행한 바 있는 물량 예측 과정에 대한 모든 내용은 프로젝트 단위로 개별 폴더에 동시에 저장하고 관리할 수 있도록 개발하였다. 만일 과거의 실제 입력 데이터를 수요예측이나 시물레이션 등의 작업을 진행하기 위하여 수정하였다면, 이를 필요에 따라 다시 불러들여 우편물류를 위한 물량 예측 작업에 재사용하는 것이 가능하도록 하였다. 이러한 기능을 활용하면 다양한 경우의 수에 대한 물량 예측을 반복적으로 수행하는 것이 가능하고, 이것을 통하여 인프라 구축을 위한 시물레이션 작업을 진행할 때에도 유연한 시물레이션이 가능해진다.

〈그림 1〉은 우편물류 과거 실 데이터를 입력 한 후 기술 통계량을 조회하는 화면을 보인 것이다.

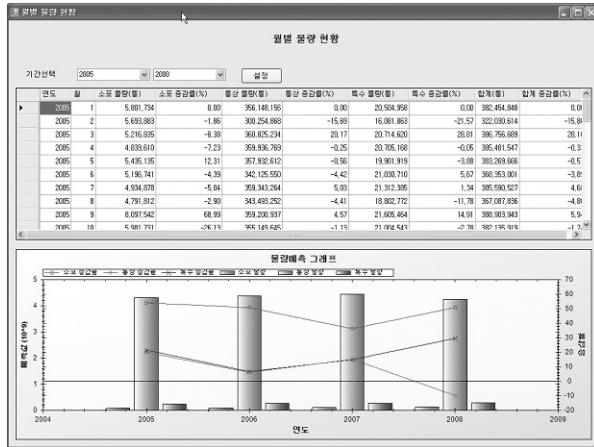


그림 1. 우편물류 과거 실 데이터 조회

3.2 물량 예측 최적 해법 자동 선택 및 실행

우편물류를 위한 물량의 수요예측 실행 화면에서는, 우선 과거 물량 데이터 사용 기간 및 예측 기간 설정에 대한 기능을 구현하였다. 예측 기간의 설정은 전체 '계획 기간(PH: planning horizon)'과 '단위 구간(TB: time bucket)'을 결정하는 부분이기 때문에 향후 예측 결과를 사용하여 우편물류 인프라 구축을 위한 시뮬레이션 등을 진행하고자 할 때 대단히 중요한 역할을 한다. 전체 10년의 '계획 기간(PH)'에 대하여 각 1년씩 '단위 구간(TB)'을 설정하였다면, 앞으로 미래 10년 동안의 우편물류에 대한 수요예측을 진행하고 그 결과값을 1년 단위로 조회하게 된다. 우편물류 서비스를 위한 경영 활동에 있어서, 모든 계획(planning)과 예측은 이러한 '계획 기간(PH)'과 '단위 구간(TB)'이 먼저 제대로 설정되어 있어야 한다.

이러한 우편 물량 예측을 위한 시간 축의 설정은 시스템에 설정되어 있는 초기 설정값을 자동으로 인식하여 활용할 수도 있고, 필요에 따라 수정하거나 수동으로 입력하는 것도 가능하도록 개발하였다. 우편물류를 위한 수요예측 시스템에서 활용되는 '계획 기

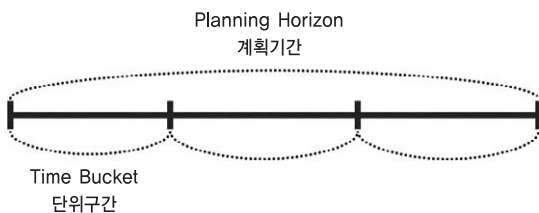


그림 2. 계획 기간과 단위 구간

간(PH)'과 '단위 구간(TB)'의 개념은 〈그림 2〉와 같이 도시할 수 있다(함용석과 김태영, 2010).

우편물류 유형에 따라 적합한 최적 해법을 자동으로 제안하여 예측을 수행하도록 하는 기능을 개발하였다. 이 때 물량 예측을 위한 자동 해법 선택은 MSE 분석을 실시하여 그 결과가 가장 우수한 것을 대표 해법으로 선정하는 방식으로 이루어지도록 하였다.

최적 해법에 따라 수행된 물량 예측 결과 조회 기능은 우편물류 유형에 따라 조회하는 기능과 월별 또는 연도별로 예측 결과를 바꾸어 조회하는 기능, 각 지역의 체신청별로 조회하는 기능 등을 개발하였다. 또한 물량 예측 결과를 csv 확장자의 파일이나 엑셀 파일 등으로 저장할 수 있도록 하여 사용자의 활용성을 높였다.

〈그림 3〉은 최적 해법의 자동 선택에 의한 수요예측 결과의 조회 화면을 보인 것이다.

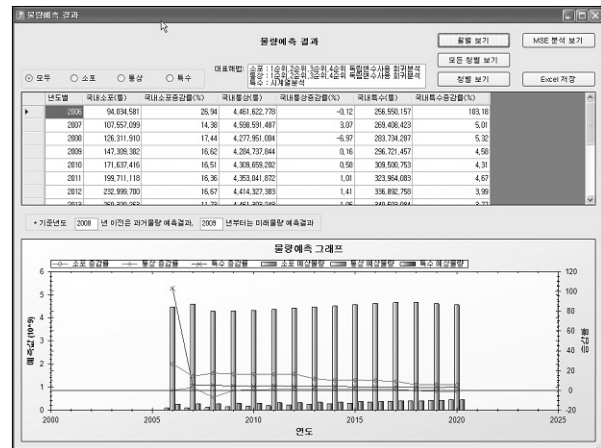


그림 3. 최적 해법 자동 선택에 의한 예측 결과

3.3 회귀 분석 기능

회귀 분석(regression analysis)을 위한 과거 물량 데이터 사용 기간 및 예측 기간을 자동으로 인식하고 이를 필요에 따라 수정하거나 입력하는 기능을 구현하였다. 이 부분은 3.2 절에 소개된 기능과 사실상 동일하다.

다중 회귀 분석을 실시하기 이전에, **종속 변수에 따라 효과적으로 독립 변수를 선택할 수 있도록 상관 계수(correlation coefficient)를 구하고** 우수한 독립 변수를 추천할 수 있도록 하는 기능을 구현하였다. 각각의 독립 변수들과 종속 변수 사이의 상관 계수는 식 (1)과 같이 계산되어 지며, 그 결과가 1에 가까울수록 양의 상관성이 강해지고 -1에 가까울수록 음의 상관성이 강해지며, 0에 가까울수록 두 변수 간에는 상관성이 적다고 할 수 있다(Kleinbaum 등, 2007).

$$\rho_{xy} = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (1)$$

회귀 분석의 대상이 되는 보통 우편, 특수 우편, 소포 등 종속 변수 선택에 따라 어떠한 독립 변수가 보다 적합한지 확인할 수 있도록 하기 위하여, 종속 변수를 선택하면 우편물류에 영향을 미칠 수 있는 독립 변수들과의 상관 계수를 자동으로 계산하여 비교 조회할 수 있도록 소프트웨어를 개발하였다. 이에 따라 종속 변수에 따라 우수한 독립 변수를 추천할 수 있으며, 사용자가 회귀 분석 등에 대한 전문적인 지식 없이도 적합한 독립 변수를 보다 쉽게 파악하여 활용할 수 있게 되었다.

〈그림 4〉는 예측 대상을 소포, 통상 우편, 특수 우편 등으로 선택함에 따라 10가지 독립 변수에 대한 상관 계수 값을 계산하여 종속 변수와 관련성이 높은 순위를 조회할 수 있도록 하는 기능을 보인 것이다.

독립 변수	상관 계수	순위
택배시간	0.9965	1
1인당GDP	0.9976	2
경제활동인구	0.9968	3
전력발전량	0.9965	4
사이버쇼핑몰 거래액	0.9910	5
가구수	0.9884	6
상장주식수	0.9734	7
인구	0.9397	8
실질GDP	0.8992	9
실질GNI	0.8556	10

그림 4. 상관 계수 순위 조회

우편물류 수요예측을 위한 회귀 분석 기능은 Kleinbaum 등 (2007)에 소개된 다중 회귀 분석 기법의 수학적 모델에 따라 설계하였으며, 독립 변수 4개까지 활용할 수 있는 다중 회귀 분석 실행 모듈을 개발하였다. 회귀 분석을 실행할 때는 종속 변수 및 독립 변수 데이터를 불러들인 후 경우에 따라 수정하거나 추가 입력할 수 있는 기능을 구현하였다.

다중 회귀 분석을 위하여 사용되는 회귀식은 아래 식 (2)와 같다(Kleinbaum 등, 2007).

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k + \epsilon \quad (2)$$

여기서 Y 는 종속 변수, X_k 는 각 원인 인자에 의한 독립 변수, b_k 는 각 독립 변수에 대한 회귀 계수(regression coefficient)이며 ϵ 는 오차이다.

종속 변수는 식 (3)과 같은 Y 벡터 형태로 표현할 수 있다.

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

독립 변수는 식 (4)와 같은 X 벡터 형태로 표현된다.

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \dots & x_{k1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \dots & x_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & \dots & x_{kn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

이 때, 식 (2)와 같은 회귀식에서의 회귀 계수에 대한 벡터값을 의미하는 b 벡터는 식 (5)와 같이 정의할 수 있다.

$$b = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix} \quad (5)$$

회귀 분석을 위한 최소 자승법(method of least square)에서의 정규 방정식(normal equation)은 식 (6)과 같다.

$$X^T X b = X^T Y \quad (6)$$

따라서 최소 자승 추정량 b 벡터는 식 (6)의 정규 방정식을 이용하여 식 (7)과 같이 전개하여 구할 수 있다.

$$b = [X^T X]^{-1} X^T Y \quad (7)$$

식 (7)에 의하여 구해진 b_k 값을 활용하여 통계청 등으로부터 수집된 자료인 각각의 독립 변수 값 X_k 를 식 (2)에 대입하여 다항식을 계산하면, 최종적으로 다중 회귀 분석에 의한 수요예측치를 구할 수 있게 된다.

우편물류를 위한 물량 예측을 실시하는데 있어, 다중 회귀 분석 기능은 식 (7)의 계산 알고리즘을 C#으로 구현하는 것에 초점이 맞추어 졌다. 특히 b 벡터를 구하기 위하여 $n \times n$ 형태의 역행렬을 피벗팅(pivoting) 방식으로 가우스 조던 소거법(Gauss-Jordan elimination method)을 통해 계산해 낼 수 있도록 개발하였다.

회귀 분석을 수행한 결과를 조회하는 기능의 경우, 우선 일반, 특수, 소포 등의 우편물류 유형에 따라 조회할 수 있도록 하였다. 그리고 회귀 분석에 대한 월별 결과 및 연도별 결과를 자유롭게 변환시켜가면서 조회할 수 있는 기능을 구현하였으며, 채신청을 선택하여 회귀 분석 결과를 각 지역별로 조회할 수 있는 기능도 개발하였다. 그리고 회귀 분석의 결과를 csv 확장자와 엑셀 파일 등으로 저장할 수 있도록 하여 사용자가 수요예측 결과를 자유롭게 활용할 수 있도록 하였다.

〈그림 5〉는 다중 회귀 분석의 실행 화면을 보인 것이다.

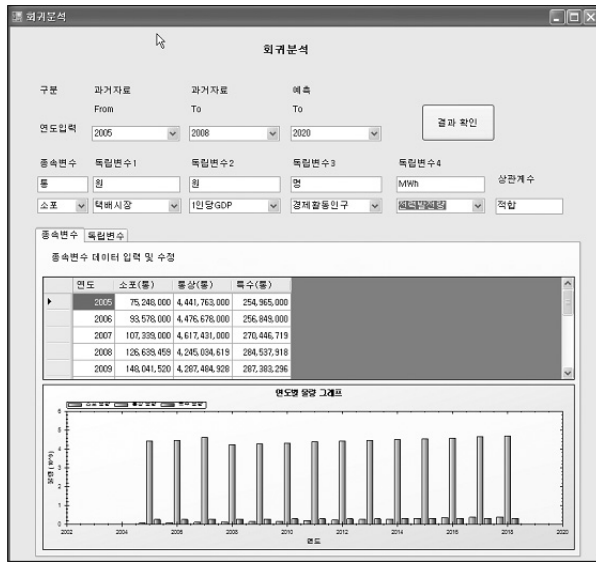


그림 5. 다중 회귀 분석 실행 화면

3.4 시계열 분석 기능

우편물류 수요예측을 위한 시계열 분석(time series analysis)

에서도 3.2 절에 소개된 기능과 같이 위한 과거 물량 데이터 사용 기간, 예측 기간을 자동으로 인식하고 경우에 따라 수정하거나 추가로 입력할 수 있도록 개발하였으며, 시계열 분석을 위한 과거 물량 데이터를 조회하고 수정사항을 입력하는 기능을 갖도록 하였다.

우편물류 수요예측을 위하여 구현된 시계열 분석 모듈은 Montgomery 등(2008)에 소개된 분해법(decomposition method)의 방법론에 따라 설계되었다. 분해법에서는 각 시점 t 에 대하여 식 (8)과 같이 수요(D: demands)를 추세 요인(T: trend factor), 순환 요인(C: cyclical factor), 계절 요인(S: seasonality factor), 랜덤 요인(R: randomness)의 곱으로 표현할 수 있다고 본다.

$$D_t = T_t \times C_t \times S_t \times R_t \quad (8)$$

각 시점의 실제 우편 물량의 수요를 각 시점에 대한 이동평균값(MAV: moving average)으로 나누면 식 (9)와 같이 계절 요인과 랜덤 요인의 곱이 구해진다. 이 때 이동평균값은 수요에 영향을 미치는 추세 요인과 사이클 요인 이렇게 두 요인의 곱으로 파악된다.

$$\frac{D_t}{MAV_t} = \frac{T_t \times C_t \times S_t \times R_t}{T_t \times C_t} = S_t \times R_t \quad (9)$$

식 (9)로부터 구해진 값을 각 월별로 평균을 내어 랜덤 요인의

영향을 사실상 없애는 것으로 정리하면, 월별 계절 요인 지수 S_t 를 구해낼 수 있게 된다.

수요를 종속 변수로 하고 시간의 흐름에 따르는 각 시점 t 를 독립 변수로 하는 단순 선형 회귀 분석을 위한 회귀식은 식 (10)과 같다.

$$D_t = b_0 + b_1 \times t \quad (10)$$

식 (10)은 다중 회귀 분석을 위한 식 (2)에서 오직 한 가지 종류의 독립 변수만 존재하는 특수한 경우에 대한 회귀식이라고 할 수 있다. 따라서 다중 회귀 분석을 실시할 때와 마찬가지로 식 (3)~식 (7)을 통하여 b 를 구하고, 이를 식(2)에 대입하여 회귀선을 구할 수 있다. 이렇게 구해진 회귀선의 기울기 b_1 값이 시간의 흐름에 대한 추세 요인 T_t 가 된다.

시간의 흐름에 대한 수요의 움직임을 추세 요인을 구할 때, 식 (10)과 같이 시간의 흐름에 따라 일정하게 증가하거나 감소하는 선형 함수 형태를 갖는다고 가정하는 것이 실제 우편물류 수요의 추세 변화에 적합하지 않을 수도 있다. 따라서 향후 우편물류 수요 변화의 추이와 가장 유사한 형태일 것으로 예상되는 완만하게 수요의 증가 폭이 감소할 경우에 대해서는 식 (11)과 같이 로그 함수에 대한 회귀식을 이용할 수 있다.

$$D_t = b_0 + b_1 \times \ln t \quad (11)$$

로그 함수를 적용한 회귀식 식 (11)에 대하여, 최소 자승법을 활용할 경우 최소화해야 하는 값은 식 (12)과 같다.

$$\sum_{t=1}^n (b_1 \times \ln t + b_0 - D_t)^2 \quad (12)$$

식 (12)를 와 에 대하여 편미분하면 식 (13), 식 (14)와 같다.

$$b_0 = \frac{\sum_{t=1}^n D_t - b_1 \sum_{t=1}^n \ln t}{n} \quad (13)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{t=1}^n D_t \ln t - b_0 \sum_{t=1}^n \ln t}{\sum_{t=1}^n (\ln t)^2} \quad (14)$$

식 (14)를 식 (13)에 대입하면 연립 방정식에 의하여 식 (15)와 같이 전개할 수 있고, 이를 통하여 b_1 을 구하기 위한 식 (16)을 얻게 된다.

$$b_0 = \frac{\sum_{t=1}^n D_t}{n} - \frac{\sum_{t=1}^n D_t \ln t - \frac{1}{n} (\sum_{t=1}^n D_t) (\sum_{t=1}^n \ln t)}{n \sum_{t=1}^n (\ln t)^2 - (\sum_{t=1}^n \ln t)^2} \quad (15)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{t=1}^n D_t \ln t - \frac{1}{n} (\sum_{t=1}^n D_t) (\sum_{t=1}^n \ln t)}{\sum_{t=1}^n (\ln t)^2 - \frac{1}{n} (\sum_{t=1}^n \ln t)^2} \quad (16)$$

식 (16)을 이용하면 시간의 흐름에 따라 추세 변화가 완만하게 진행되는 것을 반영하는 추세 요인 T_t 를 구해낼 수 있다.

분해법에서 순환 요인은 이동평균값을 추세 요인으로 나누는 방법으로 구할 수 있으며, 이는 식 (17)과 같다.

$$C_t = \frac{MA V_t}{T_t} \quad (17)$$

이렇게 계절 요인, 추세 요인, 순환 요인 등과 같은 각 요인들을 모두 분해하여 값을 구한 후, 이를 식 (8)에 대입하면 분해법에 의한 수요예측치를 구할 수 있게 된다. 추세 요인을 찾을 때 월별 기간을 미래 시점까지 길게 늘여서 구하므로, 미래에 대한 수요예측이 가능해 진다. 또한 실제 우편 물량 수요 데이터가 존재하는 과거의 기간에 대한 수요예측값은, 예측치와 실제 수요량을 서로 비교하여 예측 오차를 구해내고 이를 이용하여 MSE 분석을 실시하는 데 사용한다.

시계열 분석 모듈은 이상과 같은 계산 방법에 따라 분해법을 실행하고 그 결과를 우편물류 유형에 따라 조회할 수 있도록 구현하였다. 특히 분해법의 추세 요인의 경우 선형 함수 또는 로그 함수를 선택할 수 있도록 시스템을 개발한 것이 특징이다. 또한 시계열 분석에 사용된 계절 요인과 순환 요인 값을 조회할 수 있도록 하였다.

시계열 분석 결과 조회 부분에서는, 각각의 우편 유형에 대하여

월별 또는 연도별로 수요예측 결과값을 자유롭게 조회할 수 있도록 개발하였다. 각 지역별 체신청별 결과도 별도로 선택하여 조회할 수 있도록 하였으며, 시계열 분석 결과를 csv 확장자나 엑셀 파일 등으로 저장할 수 있도록 하였다.

〈그림 6〉은 시계열 분석 결과의 각 지역 체신청별 조회 화면을 보인 것이다.

4. 결론

본 연구는 우편물류를 위한 중장기 수요예측 시스템 개발 및 도입에 대한 사례를 다루고 있으며, 소프트웨어 개발 과정에서 적용한 주요 알고리즘과 개발 방법을 상세하게 소개하였다. 지금까지 국내외에서 우편물류의 수요예측을 다루는 연구는 다양한 방법으로 진행된 바 있지만, 한국의 우편물류 서비스 실정에 맞는 수요예측 소프트웨어를 실제로 개발하고 그 과정에 대하여 소개한 것은 이번 사례 연구가 처음이다. 실제 한국의 우편 서비스 과거 물량 변화 추이에 맞추어 자동으로 최적의 수요예측 해법을 제안하고 그것에 따라 예측 결과를 활용할 수 있도록 한 것이 본 연구에서 소개한 소프트웨어의 특징이다.

향후 과제로는, 우선 우편물류 서비스를 위한 중장기 수요예측을 기반으로 중장기 우편물류 인프라 구축의 최적 계획 수립에 관한 연구를 진행할 필요가 있으며, 중장기 우편물류 인프라에 대한 수요예측 결과를 기반으로 다양한 시뮬레이션을 수행하는 연구가 필요하다고 생각된다.

참고 문헌

- [1] 김대기, 최재필(2006), 우편집중국의 운영효율성 개선을 위한 의사결정지원 모델에 대한 연구, *한국 SCM 학회지*, 제6권, 제2호, pp. 36~47.
- [2] 김의창, 최현탁(1999), 집중국별 우편물량 예측에 따른 차량 할당, *한국정보시스템학회 1999년도 춘계학술대회 발표논문집*, pp. B64~B71.
- [3] 문성철(2008), 'POST-EXPO 2008'을 통해 본 우정사업의 미래, *우정정보*, 제75권, 제4호, pp. 95~110.
- [4] 오형식, 이성준, 남윤석, 장태우(2003), 우편물량에 대한 예측 (로지스틱 곡선을 중심으로), *대한산업공학회 2003년도 추계학술대회 발표논문집*, pp. 281~285.
- [5] 이덕주, 김기홍, 안재경, 김종화, 이성준(2005), 시장환경

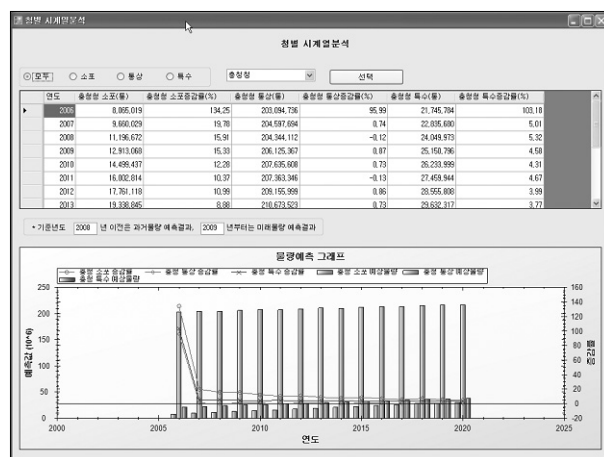


그림 6. 체신청별 시계열 분석 결과 조회

- 변화를 고려한 국내 다량우편물 물량 예측”, 한국경영과학회/대한산업공학회 2005년도 춘계공동학술대회 발표 논문집, pp. 784~793.
- [6] 이상락, 임재민, 박종홍, 박기식, 전성무(2006), 실시간 우편물류 구축을 위한 기술 및 적용 방법론 분석, 전자통신동향분석, 제21권, 제2호, pp. 98~106.
- [7] 이충배, 양재훈, 이정민(2003), 국제 특송업체의 글로벌 경쟁전략, 로지스틱스연구, 제11권, 제1호, pp. 59~81.
- [8] 임재민, 김완석, 차춘남(2006), 우편집중국 구분작업의 노동생산성 평가모형에 관한 연구, 한국 SCM 학회지, 제6권, 제2호, pp. 63~73.
- [9] 임준묵, 강진규, 최한용, 차춘남(2003), 국내 우편물량의 수요예측, 한국경영과학회 2003년도 추계학술대회 발표 논문집, pp. 3~6.
- [10] 임준묵, 이성준, 김호연(2007), 우편 집배국의 순로구분 자동화 수행도 평가, 한국 SCM 학회지, 제7권, 제2호, pp. 99~110.
- [11] 최지영, 이정식, 박성수, 김진석, 김혜규(2001), 우편물 기간운송계획 알고리즘, 한국경영과학회 2001년도 추계학술대회 발표논문집, pp. 191~194.
- [12] 함용석, 김태영(2010), 알기쉬운 생산운영관리. 두남.
- [13] Christian, J.(2007), Liberalization of the Swiss letter market and the viability of universal service obligations, *Swiss Journal of Economics and Statistics*, Vol. 143(3), pp. 261~282.
- [14] Kleinbaum, D. G., Kupper, L. L., Nizam, A. and Muller, K. E.(2007), *Applied Regression Analysis and Multivariable Methods*, 4th ed., Duxbury Press.
- [15] Ko, C. S., Min, H. K. and Ko, H. J.(2007), Determination of cutoff time for express courier services: a genetic algorithm approach, *International Transactions in Operational Research*, Vol. 14(2), pp. 159~177.
- [16] McAree, P., Bodin, L., Ball, M. and Segars, J.(2006), Design of the Federal Express large package sort facility, *Annals of Operations Research*, Vol. 144(1), pp. 133~152.
- [17] Montgomery, D. C., Jennings, C. L, Kulahci, M.(2008), *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*, John Wiley & Sons.
- [18] Pettus, M. L. and Munoz, J. M.(2008), Conducting business in the Philippines: the case of FedEx, *Global Business & Organizational Excellence*, Vol. 27(3), pp. 57~67.
- [19] Trinkner, U. and Grossmann, M.(2006), Forecasting Swiss Mail Demand, *Progress Toward Liberalization of the Postal and Delivery Sector*, Crew, M. A. and Kleindorfer, P. R.(ed), Springer.
- [20] Werners, B. and W?lfling, T.(2010), Robust optimization of internal transports at a parcel sorting center operated by Deutsche Post World Net, *European Journal of Operational Research*, Vol. 200(1), pp. 419~426.



김 태 영

한양대학교 산업공학과 학사

한양대학교 산업공학과 공학석사

한양대학교 산업공학과 공학박사

현재 : 동양미래대학 경영학부 전임강사

관심분야 : 생산/물류관리, ERP/SCM, 경영과학



황 승 준

한양대학교 산업공학과 학사

Georgia Institute of Technology

산업공학과 공학석사

Georgia Institute of Technology

산업공학과 공학박사

현재 : 한양대학교 경상대학 경영학부 조교수

관심분야 : 생산관리, 물류/SCM, 경영과학