

## 변기 및 세탁기 가정용수 사용량의 시계열모형 연구

명성민<sup>1</sup> · 김동건<sup>2</sup> · 이두진<sup>3</sup> · 김화수<sup>4</sup> · 조진남<sup>5</sup>

<sup>1</sup>중원대학교 의료정보행정학과 · <sup>25</sup>동덕여자대학교 정보통계학과 ·

<sup>3</sup>한국수자원공사 · <sup>4</sup>도화엔지니어링

접수 2013년 6월 28일, 수정 2013년 7월 16일, 게재확정 2013년 8월 10일

### 요약

가정용수의 용도별 사용량은 주거형태, 거주자 생활양식, 주택구조 등의 내부적인 요인과 온도, 날씨, 수도요금 등과 같은 외부요인들의 영향을 받게 된다. 장기적으로는 거주민의 생활양식, 주거형태, 수도관련 시설의 변화에 따라 사용량이 점진적으로 변화하게 되며, 단기적으로는 기온이나 가뭄과 같은 기후조건이나 절수정책과 같은 인위적인 영향에 의해 사용량이 크게 변화하기도 한다. 본 연구에서는 가정에서 사용하고 있는 변기 및 세탁기 용수의 물 사용량 특성을 파악하기 위하여 전국을 대상으로 실측자료를 모니터링하고 각 사용량의 기준이 되는 원단위 (lpcd; liter per capita day)를 도출하였으며 향후 가정용수 사용량 예측을 위하여 변기 및 세탁기 용수를 대상으로 오차항이 자기상관을 따르는 시계열 회귀모형을 이용하였다. 분석결과, 자기회귀오차 모형으로 변기 및 세탁기 용수의 사용량을 71% 정도 설명할 수 있다.

주요용어: 수요예측, 용수 수요, 자기회귀오차모형.

### 1. 서론

가정용수의 사용량에 영향을 미치는 요인은 수도요금, 온도, 날씨 등과 같은 외부적 요인과 주택구조, 주거형태, 거주자 생활양식 등의 내부적 요인들이 영향을 미친다. 또한 단기적으로는 기후조건, 절수정책과 같은 인위적인 영향이 존재할 수도 있으며, 장기적으로는 거주민의 생활양식, 주거형태, 수도관련 시설의 변화 등에 따라 사용량이 점진적으로 변화하게 된다 (Kim 등, 2008).

미국 등 선진국에서는 오래전부터 용수의 수요차별 사용량에 대한 실측조사를 시행하고, 장·단기적 변화특성과 영향인자를 분석함으로써 용수관리의 효율성을 제고하고 나아가 보다 과학적인 수요예측이 이루어지도록 노력하고 있다 (AWWARF, 1999; AWWARF, 2000; Zhou 등, 2000). 특히 미국 덴버 수도국에서는 1996년부터 2005년까지 10년간 가정용수 수요 패턴 변화를 파악하기 위하여 100여 가구에 대한 실측조사를 수행하였다 (Denver Water, 2006).

우리나라에서도 용도별 물 사용량에 대한 기초자료를 확보하고 사용패턴을 분석하고자 2002년~2006년 사이에 전국 140여 표본가구를 대상으로 매일 가정 용수 용도별 사용량을 측정하여 가정용수의 수요예측모형을 제시하였다 (Korea Water Resource Corporation, 2006). 표본가구 선정기준은 자료전

<sup>1</sup> (367-805) 충청북도 괴산군 괴산읍 문무로 85, 중원대학교 의료정보행정학과, 조교수.

<sup>2</sup> (136-714) 서울시 성북구 화랑로 13길 60, 동덕여자대학교 정보통계학과, 교수.

<sup>3</sup> (306-711) 대전광역시 대덕구 신탄진로 200, 한국수자원공사 수자원연구원 상하수도연구소, 책임연구원.

<sup>4</sup> (135-518) 서울특별시 강남구 삼성로 438, 도화엔지니어링, 부사장.

<sup>5</sup> 교신저자: (136-714) 서울시 성북구 화랑로 13길 60, 동덕여자대학교 정보통계학과, 교수.

E-mail: jinnam@dongduk.ac.kr

송, 유량계 설치 등의 기술적 측면과 인구, 가구수 등의 인문, 사회적 인자를 동시에 고려하였다 (Kim 등, 2008).

본 가정용수 용도별 사용량 자료를 이용하여 지금까지 제안된 국내연구의 경향을 살펴보면, Kim 등 (2007)은 가정용수의 용도별 사용량 모니터링을 통한 외부적/내부적 요인에 대한 관계 여부를 상관관계 분석을 통하여 수행하였으며, Kim 등 (2008)은 가정용수 용도별 사용량의 특성을 분산분석, 상관분석, 월별 시계열도표를 통하여 계절별 증감요인이 있다는 결론을 제시하였다. Lee 등 (2009)은 비가정용수의 업종별 사용량 원단위를 도출하고 분산분석 및 상관관계분석을 통한 사용패턴 및 특성을 분석하였다. 또한 Myoung 등 (2011)은 가정용수의 수요량예측을 위하여 와이블 회귀모형에 대한 유용성을 확인하였다.

위의 국내연구경향에서 제시되었듯이, 가정용수 용도별 사용량 수요 예측을 위하여 많이 사용된 방법은 회귀모형이다. 그러나 위의 자료와 같이 가정용수 사용량이 시간에 따라 영향을 받는 경우는 회귀모형을 사용시 오차항이 독립이어야 한다는 조건에 모순되는 단점이 있다.

본 연구는 가정용수의 용도별 물 사용량 중 변기용수와 세탁기 용수를 대상으로, 시계열 분석 중 자기회귀오차모형 (ARE; autoregressive error model)을 일괄적으로 적용하여 월별 용수별 평균사용량을 예측하는데 초점을 두고 있다. 자기회귀오차모형은 회귀분석과 같이 설명변수를 분석에 사용할 수 있는 모형이고, 어떤 설명변수들이 용수사용량에 영향을 주는지 등의 분석 결과를 비교적 쉽게 해석하여 유용한 정보를 얻을 수 있다 (Lee, 2010; Bu, 2011; Kim, 2011; Lee, 2012).

이를 위하여 가정용수의 용도별 유량조사를 위한 55개 시·군으로부터 표본 선정된 136가구에서 2002년~2006년까지 측정하였다. 시계열 자료에 대한 자기회귀오차모형을 12차까지 고려한 다음, 유의성 검정을 통하여 유의하지 않은 차수를 제거하는 후방제거법 (backward elimination)을 이용하였으며, 자료에 대한 분석은 SAS V9.2를 이용하였다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 용수자료에 대한 취득방법 및 이상치 제거방법, 시계열 모형의 설정은 2절에서 설명하고, 3절에서는 변기 및 세탁기 용수별 시계열 분석결과를 제시하며, 4절에서는 결론 및 본 연구의 성과에 대하여 설명한다.

## 2. 자료소개 및 분석방법

### 2.1. 자료수집

본 연구에서 사용된 자료는 가정용수의 용도별 유량조사를 위하여 55개 시·군 140가구를 대상으로 선정하여 설문을 실시하지 못한 4가구를 제외한 136가구를 대상으로 하였다 (Korea Water Resource Corporation, 2001). 가정 내 용도별 구분은 총량용수, 변기용수, 취사용수, 세탁기 용수, 세면용수로 구분하였으나, 본 연구에서는 변기용수와 세탁기 용수로 제한하였다.

표본가구에서 용도별 유량자료를 취득하기 위해서 전자식 유량계에 데이터 저장과 무선전송이 가능한 로거를 부착한 유량모니터링 시스템을 제작하여 각각의 수도꼭지에 설치하였으며, 유량실측기간은 2002년~2006년이다 (Korea Water Resource Corporation, 2006). 측정데이터를 기반으로 분석하는 경우 이상점이 발생할 수 있는데, 이상점들은 측정기계의 오류나 전송오류 등에 의하여 일어날 수 있다. 이상점들은 비정상적인 형태이기 때문에 모형 구축 전 반드시 제거해야 한다. 본 연구에서의 변기용수, 세탁기 용수 측정 데이터에 대한 이상점은 2가지 경우로 볼 수 있는데, 음수 값이 나타난 경우와 실제사용이 불가능할 정도로 과다하게 측정된 값으로 나타나는 경우로 고려하였다.

변기용수와 세탁기 용수의 가구별 월별자료를 취득하기 위해 이상점을 제거하였는데, 제거방법은 탐색적 데이터 분석 (exploratory data analysis)에서 이용되는 외부상한 (upper outer fence)을 이용하였다 (Tukey, 1977). 외부상한은  $Q_3 + 3 \times IQR$ 로서 정의하는데,  $Q_3$ 은 3사분위수로서 자료의 75%에 해

당되는 값이며,  $IQR$ 은 사분위편차 (interquartile range)로서 3사분위수와 1사분위수의 차를 의미한다. 본 연구에서는 아래와 같은 절차로 이상치를 제거하였다.

첫 번째 단계로 음수를 제거하였으며, 두 번째로 1인당 용도별 용수 사용량에 대하여 가구별 외부상한을 초과하는 관찰치를 제거한다. 마지막 단계로 위의 2단계가 적용된 자료에서 다시 한번 가구별 외부상한을 초과하는 관찰치를 제거한다. 2단계를 한 번 더 적용한 이유는 과다하게 나타난 자료를 좀 더 엄격하게 제거하기 위함이다. 이상치 제거 후 변기용수와 세탁용수 사용량의 기준이 되는 원단위 ( $\ell$ pcd; liter per capita day)를 가구별 월별 평균으로 도출하였으며, 이 자료를 분석에 이용하였다.

## 2.2. 용도별 용수의 자기회귀오차 모형과 적합성

자기회귀오차모형은 시계열자료를 회귀모형에 적합시킬 때 오차항들이 자기상관관계를 가지는 경우에 적합한 모형이다. 시계열 변동성분 중 첫 번째로 추세성분의 경우, 용수사용량이 시간의 흐름에 따라 증가 또는 감소하는 경향이 있을 수 있으므로 시간  $t$ 에 대하여 선형추세를 적용하였다. 왜냐하면 확보된 자료가 3년으로 길지가 않기 때문에 이차, 삼차 또는 비선형추세를 적용하기에는 무리가 있는 것으로 판단하였기 때문이다. 두 번째 변동성분인 계절성분의 경우 겨울철 (12월~2월)보다 여름철 (6월~8월) 사용량이 많은 등 월별 효과가 있을 것으로 예상되므로, 각 월을 나타내는 가변수 (dummy variable)를 이용하여 월별 효과를 모형화 하였다. 참조변수는 마지막 수준, 즉 12월을 기준으로 가변수를 정의하였다. 일반적인  $k$ 차 자기회귀오차모형은 다음과 같다.

$$y_t = \alpha_0 + \alpha t + \sum_{j=1}^{11} \beta_j d_{tj} + \epsilon_t \quad (2.1)$$

여기서  $\epsilon_t = \sum_{k=1}^{12} \phi_k \epsilon_{t-k} + w_t$ 이다. 오차항  $\epsilon_t$ 는 서로 상관관계가 있고 자기회귀과정  $AR(k)$ 를 따른다. 일반회귀모형의 가정에 의하면 오차항은 서로 독립이지만 이 모형에서는 오차항이 독립이 아니라 시차에 따른 자기상관을 가지고 있으며 특히  $AR(k)$ 모형의 형태를 갖는다는 점이다.  $d_{tj}$ 는 월별 가변수로서,  $t$ 시점 관측치가  $j$ 월에 해당되는 경우  $d_{tj} = 1$ , 그렇지 않을 때,  $d_{tj} = 0$ 로 정의된다. 따라서,  $\beta_j$ 는  $j$ 번째 월과 12월의 조정된 평균차이를 나타내는 모수가 된다.  $\epsilon_{t-k}$ 는  $k$  시차 오차,  $\alpha$ 는 시간  $t$ 에 대한 선형추세의 기울기,  $w_t$ 는 서로 독립이며, 평균이 0, 분산이  $\sigma^2$ 인 정규분포를 따르는 확률변수로 정의된다.

식 (2.1)은 일반화 최소제곱법에 의해 추정되며, 각 모수는  $t$ -검정을 통해 그 유의성을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 먼저 선형추세의 여부를 확인하기 위해  $\alpha$ 에 대한 검정을 실시하고, 시간에 대한 기울기가 유의한 경우만, 모형에 포함시켜 분석하였다. 그러나 예측모형의 예측력과 활용도를 높이기 위하여 월별 가변수에 대한 유의성 검정은 실시하지 않고, 그대로 모형에 포함시켰다. 또한 자기상관오차에 대하여 12차 자기상관까지 고려한 다음, 유의성 검정을 통하여 유의하지 않은 차수를 제거하는 후방 제거법을 적용하였다.

유의성검정을 통하여 결정된 최종모형의 잔차에 대하여 Shapiro-Wilk 정규성 검정을 실시하였고, 잔차에 대한 백색잡음과정여부를 확인하기 위하여 Ljung-Box 검정을 적용하였다. 전체 결정계수 (total  $R^2$ )와 RMSE (root mean square error), AIC (Akaike information criteria)를 이용하여 일반회귀모형과 자기회귀오차모형을 비교하였고, 적합성 검정을 통과한 최종모형을 이용하여 95%예측구간을 구성하였다.

## 3. 용수별 시계열 모형

본 절에서는 변기용수와 세탁용수 사용량에 대하여 월별 가변수와 선형추세만 반영된 일반회귀모형

과 월별 가변수, 선형추세와 자기상관오차를 고려한 자기회귀오차모형을 비교하고 최종적인 모형에 대한 시계열 산포도를 제시한다.

변기용수와 세탁용수의 원단위 사용량에 대한 순차도표를 살펴보면 Figure 3.1, Figure 3.2와 같이 꾸준히 증가하는 양의 선형추세가 존재하였다.

월별 가변수와 선형추세만 반영된 일반회귀모형과 월별 가변수, 선형추세와 자기 상관오차를 고려한 자기회귀오차 모형을 비교한 결과가 Table 3.1에 요약되어 있다. 모형에 대한 선택기준으로 AIC, RMSE, 전체 결정계수  $R^2$ 를 고려한 결과, 변기용수 및 세탁용수 모두 자기회귀오차모형이 더 적절하다고 판단하였다. 자기상관회귀 모형의 잔차에 대한 Shapiro-Wilk 정규성검정 결과 정규분포를 따른다는 귀무가설이 채택되었다.

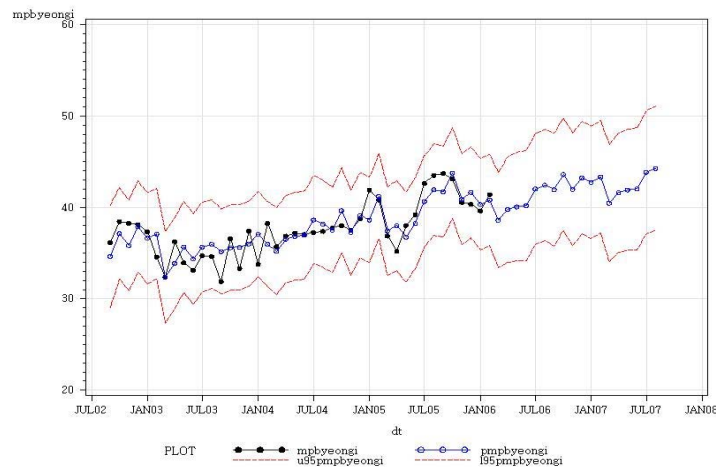


Figure 3.1 Time series plot of toilet water-uses

### 3.1. 용도별 용수 원단위에 대한 자기회귀오차모형

자기회귀오차모형의 모수추정에는 최우추정법 (MLE; maximum likelihood estimator), Yule-Walker 추정량, 비조건부 최소제곱추정법 (ULS; unconditional least square) 등의 방법이 있지만, 본 연구에서는 초기값 조건을 가정하지 않으며 주어진 시계열 데이터의 모든 정보를 이용하는 (Choi, 1992) 최우추정법을 사용하였다.

Table 3.1 Goodness-of-fit criteria for OLS and ARE

| Water-uses | OLS      |        |             | ARE      |        |             |                             |
|------------|----------|--------|-------------|----------|--------|-------------|-----------------------------|
|            | AIC      | RMSE   | Total $R^2$ | AIC      | RMSE   | Total $R^2$ | Shapiro-Wilk Test (p-value) |
| Toilet     | 199.0128 | 2.2840 | 0.5863      | 185.9120 | 1.9337 | 0.7137      | 0.8538                      |
| Laundry    | 218.7953 | 2.8905 | 0.5230      | 199.5246 | 2.2671 | 0.7157      | 0.9510                      |

Table 3.2는 용도별 원단위에 대한 자기회귀오차모형 결과로서, 변기용수의 경우 월별 가변수는 유의하지 않지만 12월에 비하여 3월~6월 사용량이 상대적으로 적게 추정되었음을 확인할 수 있었다. 후방 제거법 적용결과 최종적으로 12차 자기상관오차 중에서 1차 자기상관만 유의한 것으로 판정되었다. 적

합한 후의 잔차가 자기상관의 존재여부를 판단하기 위한 Durbin-Watson 검정의 유의확률은 0.5844로서 더 이상의 자기상관이 존재하지 않았다.

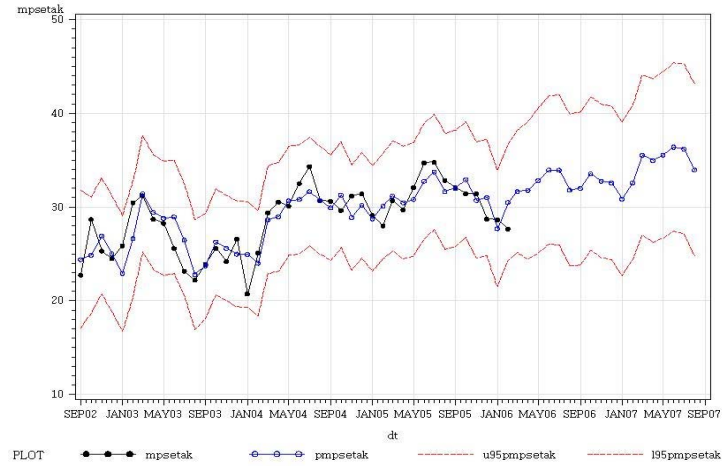


Figure 3.2 Time series plot of laundry water-uses

Table 3.2 Coefficient estimates of autoregressive error model

| variable                          | Toilet   |           |         | Laundry  |           |         |
|-----------------------------------|----------|-----------|---------|----------|-----------|---------|
|                                   | estimate | std.error | p-value | estimate | std.error | p-value |
| intercept                         | 35.3144  | 1.6058    | <.0001  | 24.2278  | 2.0791    | <.0001  |
| t                                 | 0.1525   | 0.0507    | 0.0055  | 0.1620   | 0.0682    | 0.0245  |
| Jan                               | -0.6511  | 1.1001    | 0.5587  | -1.8794  | 1.2646    | 0.1484  |
| Feb                               | -0.1967  | 1.3700    | 0.8869  | -0.3155  | 1.6079    | 0.8459  |
| Mar                               | -3.221   | 1.5923    | 0.0527  | 2.4770   | 1.8924    | 0.2012  |
| Apr                               | -2.2294  | 1.6783    | 0.1948  | 1.7612   | 2.0191    | 0.3905  |
| May                               | -2.0844  | 1.7126    | 0.2337  | 2.2037   | 2.0748    | 0.2972  |
| Jun                               | -2.1205  | 1.7204    | 0.228   | 2.8654   | 2.0879    | 0.1808  |
| Jul                               | -0.4547  | 1.7052    | 0.7917  | 2.5059   | 2.0629    | 0.2346  |
| Aug                               | -0.1954  | 1.6516    | 0.9067  | 0.0814   | 1.9825    | 0.9676  |
| Sep                               | -0.8327  | 1.4992    | 0.583   | 0.0044   | 1.7874    | 0.9981  |
| Oct                               | 0.6746   | 1.3701    | 0.6263  | 1.3542   | 1.6080    | 0.4068  |
| Nov                               | -1.1078  | 1.1001    | 0.3225  | 0.3861   | 1.2647    | 0.7624  |
| Dec                               | .        | .         | .       | .        | .         | .       |
| autoregressive parameter (nlag=1) | -0.5474  | 0.1582    | .       | -0.6141  | 0.1492    | .       |

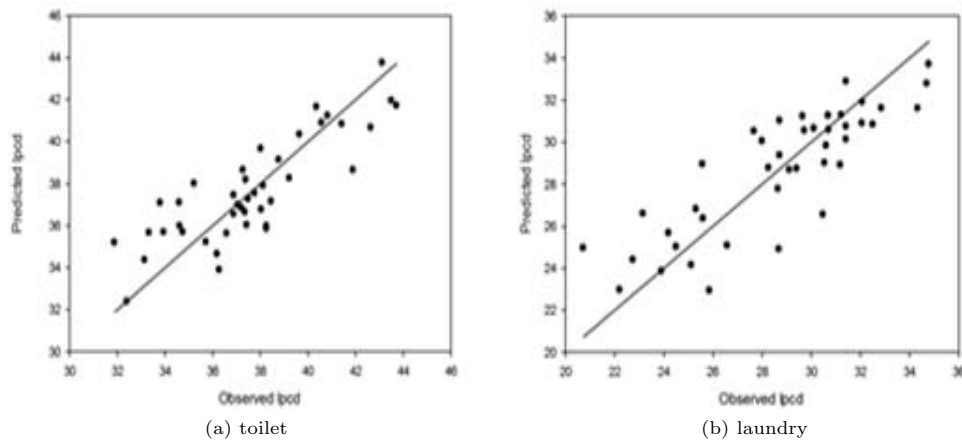
세탁기용수의 경우에도 변기용수와 동일하게 월별 가변수는 유의하지 않았으며, 12월에 비하여 3월 7월 사용량이 상대적으로 많이 사용하였음을 확인할 수 있다. 1차 자기상관관 유의한 것으로 나타났으며, Durbin-Watson 검정의 유의확률은 0.5981로 나타났다. 적합도 척도로 실제값과 예측값의 차이를 나타내는 RMSE값은 변기용수 1.9338, 세탁기용수 2.2708로 나타났다. Table 3.3에서 자기회귀오차 모형의 잔차들이 백색잡음인지의 여부를 판정하기 위한 Ljung-Box 검정결과 6차 자기상관계수까지 모두 0 라는 가설과 12차까지의 자기상관계수가 모두 0 라는 가설이 모두 채택되어, 잔차에 남아 있는 자기상관관계는 존재하지 않는다고 할 수 있다.

**Table 3.3** Ljung-Box tests for autoregressive error model

| water-use | Tolag | Chi-square | DF | p-value | Autocorrelations |        |        |        |        |        |
|-----------|-------|------------|----|---------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |       |            |    |         |                  |        |        |        |        |        |
| toilet    | 6     | 8.45       | 6  | 0.2070  | -0.057           | 0.233  | -0.237 | 0.095  | -0.209 | 0.101  |
|           | 12    | 17.54      | 12 | 0.1305  | -0.003           | 0.030  | -0.054 | -0.169 | 0.104  | -0.327 |
| laundry   | 6     | 3.28       | 6  | 0.7733  | 0.044            | 0.110  | -0.040 | 0.064  | -0.196 | -0.094 |
|           | 12    | 7.74       | 12 | 0.8048  | 0.092            | -0.170 | -0.102 | -0.069 | -0.096 | -0.130 |

### 3.2. 자기회귀오차모형의 실제값과 추정치의 산점도

용도별 원단위의 실제값과 자기회귀오차모형 추정치의 산점도를 변기용수와 세탁기용수별로 Figure 3.3에 나타내었다.

**Figure 3.3** Scatter plot and fitted regression line

$x$ 축은 용도별 용수 원단위의 실제값이고  $y$ 축은 자기회귀오차모형 추정치를 나타낸다. 그러므로 원점을 지나는 대각선 주변에 값들이 많을수록 잘 적합된다고 볼 수 있다. 변기, 세탁기 용수 둘 다 비교적 적합이 잘 되었으나, 상대적으로 세탁기 용수가 대각선에서 벗어나는 값들이 좀 더 많이 나타났다.

## 4. 결론

본 연구에서는 용도별 물 사용량에 대하여 자기회귀오차모형을 일괄적으로 적용하여 월별 용수별 평균사용량을 예측하였다. 이를 위해 시계열 자료에 대한 자기회귀오차모형을 12차까지 고려한 다음, 유의성 검정을 통하여 유의하지 않은 차수를 제거하는 후방제거법을 고려하였다. 결정계수 및 AIC를 통하여 일반회귀모형에 비해 자기상관회귀모형이 더 적절하다고 판단하였으며, 선형추세 및 월별효과에 대하여 시계열 모형을 추정하고 예측곡선을 나타내었다.

분석결과 변기, 세탁기 용수 모두 유의한 양의 선형추세가 존재하므로, 시간에 따른 증가추세를 확인할 수 있었다. 월별 가변수는 모두 유의하지는 않았지만 12월에 비하여 변기용수는 3월~6월 사용량이 적게 추정되었으며, 세탁기 용수의 경우는 3월~7월 사용량이 다소 많은 것을 확인하였다. 적합도 척도인 전체 결정계수  $R^2$ 는 변기용수 0.7137, 세탁기 용수 0.7157로서 비교적 높게 나타났으며, RMSE값은

변기용수 1.9338, 세탁기용수 2.2708로 나타났다.

본 연구로부터 도출된 결과는 가정용수의 용도별 수요예측, 수요관리 정책수립, 수도관련 기자재 및 시설의 규격결정 등에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구자료는 3년 동안의 단기자료이기 때문에 선형추세만을 적용하였으나, 향후 연구방향으로서 만약 3년 이상의 장기적인 자료를 확보한다면 이차, 삼차 또는 비선형 추세를 적용하여 다양한 수요예측을 수행할 수 있을 것이다. 또한 가정용수의 용도별 유량조사를 위하여 136가구의 표본이 선정되었는데, 기존연구에서 표본 선정의 근거가 인문, 사회적인자와 기술적 측면을 고려하였다고 주장하였으나, 추후 연구에서는 정확한 통계적 근거에 입각하여 표본추출에 대한 신중한 검토가 필요하다고 판단된다.

## References

- AWWA Research Foundation (1999). *Residential end uses of water*, American Water Works Association Research Foundation, Denver.
- AWWA Research Foundation (2000). *Commercial and institutional end uses of water*, American Water Works Association Research Foundation, Denver.
- Bu, G. D., Jeong, K. (2011). The analysis of EU carbon trading and energy prices using vector error correction model. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **22**, 401-412.
- Choi, B. (1992). *Univariate time series analysis*, Sekyoungsa, Seoul.
- Denver Water (2006). *Post drought changes in residential water use*, Denver Water, Denver.
- Kim, H., Lee, D., Park, N. and Jung, K. (2008). Analysis of statistical characteristics of household water end-uses. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, **28**, 603-614.
- Kim, J., Kim, H., Lee, D. and Kim, G. (2007). Analysis of water use characteristics by household demand monitoring. *Journal of Korean Society of Environmental Engineering*, **29**, 864-869.
- Kim, T. Y. and Kwon, O. J. (2011). Confidence interval forecast of exchange rate based on bootstrap method during economic crisis. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **22**, 895-902.
- Korea Water Resource Corporation (2006). *Developing domestic water demand model*, Korea Water Resource Corporation, Daejeon.
- Lee, D., Kim, J. and Kim, H. (2009). Statistical analysis of non-household unit water use for business categories. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, **29**, 385-396.
- Lee, H. (2010). Analysis of time series models for PM10 concentrations at the Suwon city in Korea. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **21**, 1117-1124.
- Lee, H. (2012). Analysis of time series models for consumer price index. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **23**, 535-542.
- Myoung, S., Lee, D., Kim, H. and Jo, J. (2011). A comparison of statistical prediction models in household water end-uses. *The Korean Journal of Applied Statistics*, **24**, 567-573.
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory data analysis*, Addison-Wesley, Massachusetts.
- Zhou, S. L., McMahon, T. A., Walton, A. and Lewis, J. (2000). Forecasting daily water demand: A case study of Melbourne. *Journal of Hydrology*, **236**, 153-164.

## An analysis of time series models for toilet and laundry water-uses

Sungmin Myoung<sup>1</sup> · Donggeon Kim<sup>2</sup> · Doo-jin Lee<sup>3</sup> · Hwa Soo Kim<sup>4</sup> · Jinnam Jo<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Medical Information and Administration, Jungwon University

<sup>25</sup>Department of Information and Statistics, Dongduk Women's University

<sup>3</sup>Korea Water Resource Corporation

<sup>4</sup>Dowha Engineering Corporation

Received 28 June 2013, revised 16 July 2013, accepted 10 August 2013

### Abstract

End-uses of household water have been influenced by a housing type, life style and housing area which are considered as internal factors. Also, there are external factors such as water rate, weather and water supply facilities. Analysis of influential factors on water consumption in households would give an explanation on the cause of changing trends and would help predicting the water demand of end-use in household. In this paper, we used real data to predict toilet and laundry water-uses and utilized the linear regression model with autoregressive errors. The results showed that the monthly autoregressive error models explained about 71% for describing the water demand of end-use in toilet and laundry water-uses.

*Keywords:* Autoregressive error model, water conservation, water use.

---

<sup>1</sup> Assistant professor, Department of Medical Information and Administration, Jungwon University, Chungbuk 367-805, Korea.

<sup>2</sup> Professor, Department of Statistics and Information, Dongduk Women's University, Seoul 136-714, Korea.

<sup>3</sup> Senior research engineer, Korea Water Resource Corporation, Daejeon 306-711, Korea.

<sup>4</sup> Vice president, Dowha Engineering Corporation, Seoul 135-518, Korea.

<sup>5</sup> Corresponding author: Professor, Department of Statistics and Information, Dongduk Women's University, Seoul 136-714, Korea. E-mail: jinnam@dongduk.ac.kr