

# Forecasting and Evaluation of the Accident Rate and Fatal Accident in the Construction Industries

Young-Sig Kang<sup>†</sup>

Department of Occupational Health & Safety Engineering, Semyung University

## 건설업에서 재해율과 업무상 사고 사망의 예측 및 평가

강 영 식<sup>†</sup>

세명대학교 보건안전공학과

Many industrial accidents have occurred continuously in the manufacturing industries, construction industries, and service industries of Korea. Fatal accidents have occurred most frequently in the construction industries of Korea. Especially, the trend analysis of the accident rate and fatal accident rate is very important in order to prevent industrial accidents in the construction industries systematically. This paper considers forecasting of the accident rate and fatal accident rate with static and dynamic time series analysis methods in the construction industries. Therefore, this paper describes the optimal accident rate and fatal accident rate by minimization of the sum of square errors (SSE) among regression analysis method (RAM), exponential smoothing method (ESM), double exponential smoothing method (DESM), auto-regressive integrated moving average (ARIMA) model, proposed analytic function model (PAFM), and kalman filtering model (KFM) with existing accident data in construction industries. In this paper, microsoft foundation class (MFC) soft of Visual Studio 2008 was used to predict the accident rate and fatal accident rate. Zero Accident Program developed in this paper is defined as the predicted accident rate and fatal accident rate, the zero accident target time, and the zero accident time based on the achievement probability calculated rationally and practically. The minimum value for minimizing SSE in the construction industries was found in 0.1666 and 1.4579 in the accident rate and fatal accident rate, respectively. Accordingly, RAM and ARIMA model are ideally applied in the accident rate and fatal accident rate, respectively. Finally, the trend analysis of this paper provides decisive information in order to prevent industrial accidents in construction industries very systematically.

**Keywords** : Accident Rate and Fatal Accident rate, Forecasting, SSE, Construction Industries

### 1. 서론

현재 정부에서는 산업현장에서 발생하고 있는 업무상 사망사고를 근원적으로 제거하기 위한 산재예방정책을 지속적이며, 체계적으로 시행하고 있다. 따라서 고용노동부의 산재예방보상정책국에서 발표한 2015년 산업안전보건과

관련된 재해를 발생빈도 면에서 살펴보면 다음과 같다. 산업재해보상보험법 적용사업장 2,367,186개소에 종사하는 근로자 17,968,931명 중에서 4일 이상 요양을 요하는 재해자는 90,129명(사망 1,810명, 부상 80,400명, 업무상질병 이환자 7,919명)이 발생하여 산업재해율은 0.50%로 산출되어 전년대비 0.03%가 감소되었다[12]. 또한, 근로자의 사망자 수는 1,810명으로 사망 재해자 중 50인 미만 사업장 사망사고는 1,062명으로 전체 사망 재해자 중에서 58.7%나 발생하여 50인 미만 사업장의 산업재해 예

Received 20 February 2017; Finally Revised 10 March 2017;  
Accepted 14 March 2017

<sup>†</sup> Corresponding Author : kys@semyung.ac.kr

방이 선결 과제로 부각되고 있다. 그리고 이 사망자 중에서 순수하게 일을 하다가 사망한 근로자는 955명으로 업무상 사고 사망만인율은 0.53으로 산출되었다[12]. 따라서 2015년에 산업재해로 인한 직·간접손실을 포함한 경제적 손실액은 약 20조 3천 4백만 원이 산업현장에서 발생하여 전년대비 3.89%가 증가하였다[6, 8, 12].

전체 업무상 사고 사망자수 955명 중에서 업종별로 발생한 분포는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Number of Fatal Accidents by Industrial Classification

Rank	Industrial Classification	Frequency (No. of data)	Percentage (%)
1	Construction Industry	437	45.76
2	Manufacturing Industry	251	26.28
3	Service Industry	149	15.60
4	Transport, Warehousing, Telecommunication Industry	88	9.21
5	Forestry	15	1.57

전체 재해자 90,129명 중에서 업종별로 발생한 분포는 <Table 2>와 같다

<Table 2> Number of Occupational Accidents by Industrial Classification

Rank	Industrial Classification	Frequency (No. of data)	Percentage (%)
1	Service Industry	29,734	33
2	Manufacturing Industry	27,011	30
3	Construction Industry	25,132	27.9

<Table 1>과 <Table 2>에서 보는바와 같이 건설업은 치명적인 재해가 1순위로 발생하고 있으며, 업종별로는 3순위로 발생하고 있다. 따라서 건설업의 치명적인 재해와 사고를 최소화하기 위해서는 무엇보다도 건설업에서 발생하고 있는 재해를 분석과 이를 통한 철저한 예방대책이 선행 되어져야 만 한다.

그러므로 본 연구에서는 사회적·기술적인 사업환경의 변화를 반영한 건설업의 재해율('01~'15)과 업무상 사고 사망만인율('01~'15)에 대한 재해 자료를 사용하여 재해율 예측기법 중에서 정적기법 뿐만 아니라 동적기법까지 고려하여 향후 오차제곱합(sum of square errors : SSE)을 최소화하는 값을 찾아내어 매우 바람직한 각각의 재해율을 예측하는 것이다. 그 다음에 향후 5년간의 재해율 및 업무상 사고 사망만인율의 예측치에 대한 추세분석을 통하여 건설업의 산업재해예방을 위한 필요한 전략이나 방안을 수립하는데 지속적으로 결정적인 정보를 제공하는 것이다.

## 2. 연구방법 및 재해율 예측 모형

### 2.1 연구내용 및 방법

본 연구에서 사용한 재해 자료는 각각 2001년도부터 2015년까지 15년간 건설업에서 발생한 재해 자료를 사용하였다. 이 재해자료를 가지고 건설업의 재해율 및 업무상 사고 사망만인율을 5년간 예측하기 위해 MFC(microsoft foundation class) software of visual studio 2008의 소프트웨어를 사용하여 개발한 “ZeroAccident 프로그램”을 적용하였다.

건설업에서 재해율은 재해특정상 사망사고는 5배의 가중치를 사용하여 환산한 환산재해율을 적용하였다.

연구방법으로는 국·내외 재해율 예측기법에 대한 문헌 조사를 통하여 추출한 바람직한 재해율 예측기법은 정적기법으로 회귀분석법(Regression Analysis Method : RAM), 지수평활법(Exponential Smoothing Method : ESM), 이중지수평활법(Double Exponential Smoothing Method : DESM), ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average) Model, 고안한 해석함수법(Proposed Analytic Function Model : PAFM)을 적용하였으며, 동적기법으로는 칼만 필터링 모형(Kalman Filtering Method : KFM)을 적용하였다.

그러므로 재해율을 예측 시에 가장 바람직하고 이상적인 재해율 예측기법은 오차제곱합(SSE)이 최소화되는 값이다. 따라서 최적 예측값은 SSE를 최소화시키는 예측기법으로 결정하였다.

### 2.2 이론적 배경

업종별로 위험도를 나타내는 척도로는 재해율을 들 수 있다. 재해율은 사업장에 근무하는 근로자 중에서 몇 명이 재해를 입었는가에 대한 척도이다[4, 6, 7, 10, 11].

그러나 건설업은 재해특성 상 사망사고의 비중이 크기 때문에 사망자는 재해자를 기준으로 1명의 사망자 당 5배의 가중치를 적용한 환산재해율을 사용하였다. 또한, 업무상 사고 사망만인율은 순수하게 일하다가 사망한 근로자를 만인율로 표시한 것이다.

기존의 연구를 살펴보면, 시계열에 관한 기존의 연구를 살펴보면, 최승일, 임현교[1]는 무재해운동을 극대화하기 위해 재해율을 가지고 무재해 목표시간 및 무재해 달성확률을 산정하고자 하였다.

강영식[5]은 시계열자료를 대상으로 여러 가지 시계열모형을 비교·분석하여 SSE를 가장 최소로 하는 모수 추정과 매우 이상적인 예측모형을 발견하였다.

김태구, 강영식[10]은 서비스산업 중에서 창고업과 통신업을 중심으로 업종별 위험도 척도가 반영된 재해율 예측값을 산정하였으며, 서비스산업 중에서 창고업과 통

신업의 재해율 예측 방법은 모두 ARIMA 모형을 적용하는 것이 가장 바람직하다고 제안하였다.

강영식, 김태구[4]는 운수창고 및 통신업에서 사회적·기술적인 사업환경의 변화를 반영하여 향후 SSE를 최소화하는 재해율 예측 및 추정된 무재해시간 및 달성확률을 체계적으로 추정하여 서비스산업에서 운수창고 및 통신업에서 재해율 예측은 ARIMA 모형을 적용하는 것이 매우 이상적이라는 것을 발견하였다.

김태구, 강영식, 이형원[11]은 재해율을 가지고 SSE를 최소화하는 예측 재해율을 결정한 다음에 이 예측재해율을 대상으로 가장 바람직한 무재해시간과 무재해 달성확률을 산출하는 프로그램을 개발하였다.

강영식[6]은 제조업을 대상으로 향후 SSE를 최소화하는 재해율 예측은 ARIMA 모형을 적용하고 업무상 사고 사망만인율은 회귀분석법을 적용하는 것이 매우 이상적이라는 것을 발견하였다. 또한, SSE를 최소화하는 향후 5년간 예측 재해율과 업무상 사고 사망만인율의 추세분석을 통하여 지속적이며, 체계적인 산재예방 정책을 제안하였다.

## 2.3 재해율 예측 기법

### 2.3.1 회귀분석법(RAM)

회귀분석(RAM)은 관찰된 연속형 변수에 대해 독립변수와 종속변수의 선형 식을 구한다. 그리고 그 식을 이용하여 독립변수가 주어졌을 때 종속변수를 예측하는 분석방법이다. 회귀분석 기법을 본 연구에 도입하게 되면, 과거의 재해율이 독립변수가 된다. 그러면 그에 따라 앞으로의 재해율이 종속변수가 되는 것이다. 이 회귀분석을 통하여 과거 재해율과 미래재해율의 상관관계를 파악 할 수 있다.

그러므로 회귀분석을 사용한 예측방정식과 기호정의는 다음과 같다[4, 6, 7, 10, 11].

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \epsilon_t \quad (1)$$

$$\begin{aligned} y_t &= t\text{시간의 독립변수} \\ \beta_0, \beta_1 &= \text{알려지지 않은 모수} \\ x_t &= t\text{시간에 재해율인 독립변수} \\ \epsilon_t &= t\text{시간의 예측 오차} \end{aligned}$$

### 2.3.2 지수평활법(ESM)

지수평활법(ESM)은 과거의 자료보다 최근의 자료에 가중치를 두어 미래를 예측하는 방법이다. 이 기법은 중·단기예측에 아주 유용하다. 특히, 추세와 계절성을 가지는 시계열에 매우 효율적인 기법이다[4, 6, 7, 10, 11]. 따라서 ESM 모형의 예측방정식과 기호정의는 다음과 같다[4, 6, 7, 10, 11].

$$Y_t = \alpha X_{t-1} + (1-\alpha) x_t Y_{t-1} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} Y_t &= \text{예측 재해율} \\ \alpha &= \text{최적화하는 상수} \\ X_{t-1} &= t-1\text{시간의 재해율} \\ Y_{t-1} &= t-1\text{시간의 예측 재해율} \end{aligned}$$

이중지수평활법(Double Exponential Smoothing Method : DESM)이란 정해진 기간 내에 상향이나 하향의 추세가 있는 자료에 지수평활을 두 번 적용하는 재해율 예측방법이다[2].

### 2.3.3 ARIMA Model

ARIMA 모형은 자동회귀와 누적 이동평균을 뜻한다. 이 모형은 과거의 패턴을 찾고 미래를 예측하기 위해 역사적 자료의 시차(lag)와 추이(shift)를 사용한다. ARIMA 모형을 결정짓는 것은 두 가지이다.

첫 번째는 다음 관측치를 예측하기 위해 과거의 시간은 어느 정도 사용되어야 하는가(가중치의 길이)이다.

두 번째는 가중치의 값을 결정하는 것이다.

ARIMA 모형은 회귀모형과 이동평균 모형을 더욱 더 세부적이고 정교하게 나타내어 주기 때문에 회귀모형, 단순평균, 단순이동평균, 가중이동평균 모형을 사용할 필요가 없다. ARIMA 모형에 의한 예측방정식은 자동회귀 모형 (autoregressive model : AR(p))과 이동평균 모형(moving average model : MA(q))으로 구분된다.

AR(p) 모형은 그 시계열이 과거치의 선형결합으로 이루어진 시계열이다. 따라서 AR(p) 모형의 예측방정식과 기호정의는 다음과 같다[6, 11, 14].

$$X_t = \delta + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + A_t \quad (3)$$

$$X_t = \text{시계열}$$

$$\delta = (1 - \sum_{i=1}^p \phi_i) \mu \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \phi_i &= \text{모형의 모수}(i = 1, 2, \dots, p) \\ X_{t-i} &= t-i\text{의 시계열}(i = 1, 2, \dots, p) \\ \mu &= \text{재해율의 평균} \\ p &= \text{AR 모형의 차수} \\ A_t &= \text{화이트 노이즈} \end{aligned}$$

MA(q) 모형은 예측오차의 선형결합으로 이루어진 시계열이다. 그리고 MA(q) 모형의 예측방정식과 기호정의는 다음과 같다[6, 11, 14].

$$X_t = \mu + A_t - \theta_1 A_{t-1} - \theta_2 A_{t-2} - \dots - \theta_q A_{t-q} \quad (5)$$

- $X_t$  = 시계열
- $\mu$  = 재해율의 평균
- $\theta_i$  = 모형의 모수( $i = 1, 2, \dots, q$ )
- $q$  = MA 모형의 차수
- $A_{t-i}$  = 화이트 노이즈( $i = 1, 2, \dots, q$ )

그러므로 ARIMA 모형의 식과 기호정의는 다음과 같다[6, 11, 14].

$$X_t = \delta + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + A_t - \theta_1 A_{t-1} - \theta_2 A_{t-2} - \dots - \theta_q A_{t-q} \quad (6)$$

### 2.3.4 고안한 해석함수법(PAFM)

우연적이고 규칙성이 없는 산업재해 발생과정은 이산상태의 연속시간 모형 중에서 포아송 프로세스에 해당된다. 따라서 만일 무재해 시간과 무재해 목표시간을 위한 달성확률은 포아송 프로세스에 따라 산출 할 수 있다.

그러므로 재해율을 산정하기 위해 PAFM을 사용한 실측 및 예측방정식은 다음과 같다[5, 6, 11].

$$Y_n = \mu + \alpha e^{-\beta(t_n - t_0)} + \gamma \sin(\omega(t_n - t_0) + \phi) + \delta_n \quad (7)$$

$$E_n = \mu + \alpha e^{-\beta(t_n - t_0)} + \gamma \sin(\omega(t_n - t_0) + \phi) \quad (8)$$

- $Y_n$  = n차 연도의 재해율
- $\mu$  = 재해율의 평균
- $\alpha, \beta$  = 결정상수
- $t_n$  = n차 연도의 임의의 시간
- $t_0$  = 관측 시작년도로 보통 0
- $\gamma$  = 진폭
- $\omega = 2\pi f$
- $\phi$  = 계절진동을 위한 위상
- $\delta_n$  = 예측치와 실측치의 차이
- $E_n$  = n차 연도의 예측 재해율

### 2.3.5 Kalman Filtering Model(KFM)

Kalman Filtering은 추계적 모형으로 근본적으로는 조건부 추정치를 최소화하는 동적 모형이다. 이모형은 가장 정확하게 짧은 단기간의 예측모형에 적합한 기법으로서 원래는 전기, 전자 및 제어분야에서 예측기법을 적용한 것으로, 현재는 유도탄 미사일제어 분야나 오차를 보증하는 자동제어분야 뿐만 아니라 교통공학의 교차로 예측이나 항해선박의 위치 및 속도 예측, 제어분야에 널리 이용되고 있는 실정이다[3, 5, 12, 13, 14].

일반적으로, Kalman Filtering 기법은 Filter Gain Matrix Form을 Matrix(vector) 유형과 Scalar 유형으로 산출하고 있다[3, 5, 12, 13, 14].

Kalman Filtering 모형을 도출하기 위해서는 시스템의 실측방정식과 예측방정식을 토대로 하여 모형을 산출하는데 식은 다음과 같다[3, 5, 12, 14].

#### ① 실측 방정식(Observation Equation)

$$Y_t = H_t \cdot X_t + \epsilon_t \quad (9)$$

#### ② 시스템 방정식 또는 예측상태 방정식

$$X_t = G_t \cdot X_{t-1} + W_t \quad (10)$$

식 (9)와 식 (10)을 토대로 하여 개선된 추정치를 구하면 식 (11)과 같다.

$$\hat{X}_{(t)} = G_{(t-1)} \cdot \hat{X}_{(t-1)} + K_{(t)} \cdot [Y_t - G_{(t-1)} \cdot \hat{X}_{(t-1)}] \quad (11)$$

따라서, 위식에서 주어지는 초기자료는  $G_{(t)}$ ,  $\hat{X}_{(t)}$ ,  $Q_{(t)}$ ,  $R_{(t)}$ 가 주어진다. 여기서,  $t \neq u$ 일 때,  $Q_{(t)}$ 는  $E[W_{(t)} \cdot W_{(u)}] = Q_{(t)} \cdot \delta_{tu}$ 에서 구하며,  $R_{(t)}$ 는  $E[V_{(t)} \cdot V_{(u)}] = R_{(t)} \cdot \delta_{tu}$ 에서 산출한다.

Kalman Filtering 예측 모형을 평가하기 위한 척도로는 다음과 같이 네 가지 요소를 가지고 평가한다.

#### 1) MARE (Mean Absolute Relation Error)

$$= \frac{1}{N} \sum \frac{|X_{(t)} - \hat{X}_{(t)}|}{X_{(t)}} \quad (12)$$

#### 2) MAE (Mean Absolute Error)

$$= \frac{1}{N} \sum |X_{(t)} - \hat{X}_{(t)}| \quad (13)$$

#### 3) RMSE (Root Mean Square Error)

$$= \sqrt{\frac{1}{N} \sum [X_{(t)} - \hat{X}_{(t)}]^2} \quad (14)$$

#### 4) EC (Equality Coefficient)

$$= 1 - \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum [X_{(t)} - \hat{X}_{(t)}]^2}}{\sqrt{\sum X_{(t)}^2} + \sqrt{\sum \hat{X}_{(t)}^2}} \quad (15)$$

따라서, 위의 네 가지 평가기준을 가지고 가장 적합한 예측 모형을 도출 해내는 것이다.

위의 모형을 도출하기 위한 기호설명은 다음과 같다.

- $Y_t$  = t시점의 실제 관측치
- $H_t$  = t시점의 Transition
- $\epsilon_t$  = t시점에서의 실측방정식의 관측오차, Random noise vector or scalar, 단,  $(\epsilon_t \sim N(0, \epsilon_t))$
- $X_t$  = t시점의 예측치
- $X_{t-1}$  = t-1시점의 예측치
- $G_t$  = 시간 t-1에서 t까지의 Transition positive definite posterior error covariance,  $G_{(t)}$
- $W_t$  = t시점에서의 시스템 방정식의 오차  
= Random noise vector or scalar  
단,  $(W_t \sim N(0, Q_t))$
- $V_t$  = t시점에서 실측 방정식의 오차,  
단,  $V_t (V_t \sim N(0, R_t))$
- $\hat{X}_{(t)}$  = t시점에서 t+1시점의 추정치
- $\hat{X}_{(t-1)}$  = t-1시점에서 t시점의 추정치
- $\hat{K}_{(t)}$  = t시점에서 Kalman gain vector or scalar  
= Posterior error covariance(POEC)와 Prior error covariance(PREC)의 포함
- $Q_{(t)}$  = 시스템 방정식의 공분산
- $R_{(t)}$  = 실측 상태 방정식의 공분산
- $X_{(t)}$  = t시점에서 t+1시점의 예측치
- $\delta_{uu}$  = Kronecker delta

재해율을 예측하는 과정에서 기존 데이터의 특수성에 따라 예측값이 음수가 나올 수 있다. 이 경우에 예측값은 0으로 하였다. 그러나 예측값이 0으로 나오는 경우에는 재해율을 사용하는 대신에 재해율의 역수를 사용하여 예측한다. 그러면 이러한 문제는 쉽게 해결 할 수 있다.

### 2.4 재해율 예측을 위한 추진 절차

재해율은 건설업에서 재해를 당한 근로자 수를 종사하고 있는 전체 근로자 수로 나누어 백분율로 환산한 값을 의미한다. 그리고 “ZeroAccident 프로그램”으로 재해율을 예측하는 경우 250년을 초과하게 되면 예측값이 발산하기 때문에 재해율은 250년까지 산정 할 수 있다.

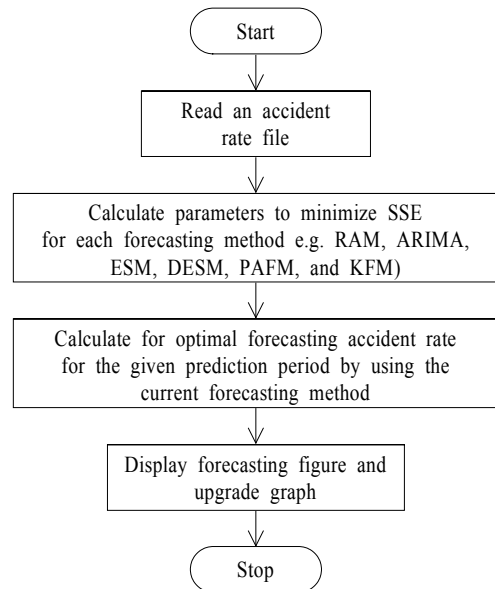
재해율 예측에 가장 유용한 방법은 SSE가 가장 적게 산출되는 값을 찾아내는 것이다.

재해율 예측을 위한 프로그램의 추진절차는 다음과 같다[4, 6, 7, 10, 11].

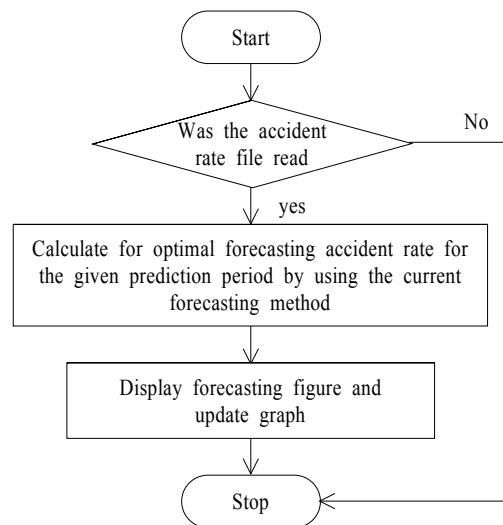
- 1단계로 예측하고자하는 업종을 선택한다.
- 2단계로 선택된 업종의 과거 재해율을 .rat 파일로 변환하여 메모장에 저장한다.

- 3단계로 예측 재해율을 위해 개발한 Zero Accident 프로그램을 시작한 후에 선택된 업종의 저장 파일을 열고 상단의 재해율 예측 버튼을 클릭한다.
- 4단계로 재해율 예측 방법을 변경해 가면서 SSE 값이 가장 적게 산출되는 재해율 예측 기법을 결정한다.
- 5단계로 재해율이 1보다 작은 경우에는 역재해율을 클릭하여 계산한다.
- 마지막으로 선택된 업종의 합리적이고 현실적인 재해율을 저장기능에 저장한다.

그러므로 현실적이고 합리적인 예측 재해율을 산출하기 위한 흐름도는 <Figure 1>과 <Figure 2>와 같다[4, 6, 7, 10, 11].



<Figure 1> Flow Chart for Open Menu



<Figure 2> Flow Chart for Predicted Accident Rate

### 3. 사례연구

2001년부터 2015년까지 15년간의 건설업의 환산(calculated) 재해율은 <Table 3>과 같다.

2001년부터 2015년까지 15년간의 건설업의 업무상 사고 사망만인율은 <Table 4>와 같다.

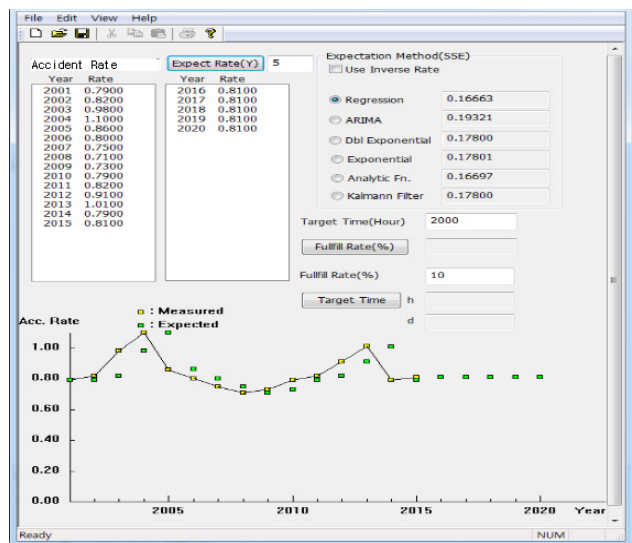
향후 5년간 예측한 건설업의 재해율은 <Figure 3>에서 보는바와 같이 재해율이 정제되는 경향을 보이고 있다. 그리고 SSE를 최소화하는 값은 <Figure 3>의 오른쪽 상단의 첫 번째 값에서 보는바와 같이 0.1666으로 발견되었으며, 환산재해율에 적합한 예측모형은 <Figure 3>의

오른쪽 상단의 RAM, ARIMA, DEFM, EFM, PAFM, 그리고 KFM 모형 중에서 회귀분석 모형(RAM)으로 결정되었다.

향후 5년간 예측한 건설업의 업무상 사고 사망만인율은 <Figure 4>에서 보는바와 같이 감소하는 추세가 매우 미미하게 감소하는 경향을 보이고 있다. 그리고 SSE를 최소화하는 값은 <Figure 4>의 오른쪽 상단의 두 번째 값에서 보는바와 같이 1.4579로 발견되었으며, 업무상 사고 사망만인율에 적합한 예측모형은 <Figure 4>의 오른쪽 상단의 RAM, ARIMA, DEFM, EFM, PAFM, 그리고 KFM 모형 중에서 ARIMA 모형으로 판명되었다.

<Table 3> Calculated Accident Rate in Construction Industries for 15years

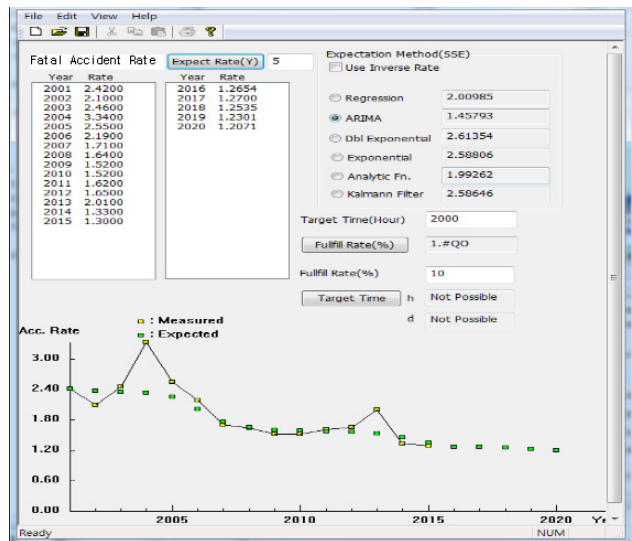
Year	Calculated Accident Rate
2001	0.79
2002	0.82
2003	0.98
2004	1.10
2005	0.86
2006	0.80
2007	0.75
2008	0.71
2009	0.73
2010	0.79
2011	0.82
2012	0.91
2013	1.01
2014	0.79
2015	0.81



<Figure 3> The Computation Results of Predicted Calculated Accident Rate for 5 Years

<Table 4> Fatal Rate in Construction Industries for 15years

Year	Fatal Rate
2001	2.42
2002	2.10
2003	2.46
2004	3.34
2005	2.55
2006	2.19
2007	1.71
2008	1.64
2009	1.52
2010	1.52
2011	1.62
2012	1.65
2013	2.01
2014	1.33
2015	1.30



<Figure 4> The Computation Results of Predicted Fatal Rate for 5 Years

## 4. 결 론

현재 정부에서는 건설업에서 발생하고 있는 사망사고 예방을 위해 안전보건 감독 비중을 강화하고 건설재해의 주원인인 떨어짐(추락) 사망사고를 20% 감축 목표를 설정하여 원청의 산재예방 체임을 사업장 내 모든 장소로 확대하여 안전보건 공생협력프로그램과 위험성평가를 통한 지속적인 자율안전관리를 현장에 정착시키는 방안을 적극적으로 추진하고 있다.

그러므로 본 연구의 결과에서 기대되는 결론과 향후 5년간의 추세예측을 통한 건설업의 사망사고 예방을 제안은 다음과 같다.

첫째, 건설업에서 재해율 및 업무상 사고 사망만인율을 예측하는 경우에 SSE를 가장 최소화 시키는 예측모형을 결정하는 방법을 제공 하였다

둘째, 건설업에서 재해율을 예측 시에 SSE를 최소화하는 값은 0.1666으로 회귀분석 모형(RAM)을 적용하는 것이 매우 바람직하며, 업무상 사고 사망만인율을 예측 시에 SSE를 최소화하는 값은 1.4579로 ARIMA 모형을 적용하는 것이 매우 이상적이라 할 수 있다.

셋째, 각 사업장별로 측정된 재해율을 “Zero Accident 프로그램”에 적용함으로써 각 사업장별 예측치를 통하여 각 사업장별로 세부적인 산업재해 예방을 수립하는 데에도 결정적인 정보를 제공하게 된다[6, 11].

넷째, 향후 5년간 예측한 재해율이 정체되는 경향과 업무상 사고 사망만인율의 추세가 매우 미미하게 감소하는 경향을 보이고 있는 예측 결과로 볼 때 건설업의 재해를 획기적으로 감소시키기 위한 전략이나 방안을 수립하여 체계적이고 지속적으로 실행되어 져야 만 한다. 현재 50인 미만 사업장 사고가 전체 재해자 중에서 81.6%를 차지하고 있다. 따라서 정부에서는 이를 위한 근본적인 해결방안으로 원청업체가 협력업체인 중소 건설업의 산재예방을 획기적으로 감소시키기 위해 매우 간단하고 사용하기에 편리한 위험성 평가 기법을 개발하여 교육, 관리, 통제, 감독을 실행하는 “공생협력프로그램”을 시범적으로 추진하고 있다. 그러므로 이러한 “공생협력프로그램”을 더욱 더 활성화하는 방안을 지속적으로 체계적으로 추진되어야 만 한다.

마지막으로, 본 연구에서 제안한 예측모형 기법은 세부적인 각 건설회사의 추세분석을 통하여 각각의 건설기업의 산재예방 방안을 수립하고 정책을 추진하는 데에 매우 효율적으로 활용 될 수 있을 것으로 사려 된다.

추후의 연구과제로는 서비스업에 정적 및 동적기법을 적용한 연구가 요구된다.

## Acknowledgement

This paper was supported by the Semyung University Research year of 2015.

## References

- [1] Choi, S.I. and Lim, H.K., Establishment of Zero Accident Goal Period Based on Time Serious Analysis of Accident Tendency, *Journal of the Korean Society of Safety*, 1992, Vol. 7, No. 2, pp. 5-13.
- [2] Hunter, J.S., The Exponentially Weighted Moving Average, *Journal of Quality Technology*, 1986, Vol. 18, No. 4, pp. 203-209.
- [3] Kalman, R.E., A New Approach to linear Filtering and Prediction Problems, *Journal of Basic Engineering*, 1960, Vol. 82, No. 1, pp. 35-45.
- [4] Kang, Y.S. and Kim, T.G., A Study on the Accident Rate Forecasting and Estimated Zero Accident Time in the Transportation, Storage, and Telecommunication Divisions, *Journal of the Korean Society of Safety*, 2010, Vol. 25, No. 6, pp. 47-52.
- [5] Kang, Y.S., A Comparative Analysis of Forecasting Models and its application, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 1997, Vol. 20, No. 44, pp. 243-255.
- [6] Kang, Y.S., A Study on Forecasting of the Fatal Accident and Accident Rate in the Manufacturing Industry, *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, 2015, Vol. 20, No. 2, pp. 29-36.
- [7] Kang, Y.S., Kim, T.G., and Lee, H.W., The Industrial Accident Rate Forecasting and Program Development of Estimated Zero Accident Time in Korea, *Proceedings of Asia Pacific Symposium on Safety(APSS 2009)*, 2009, pp. 227-230.
- [8] Kang, Y.S., Systematic Safety Education for Prevention of Major Casualties, *Korea University News*, 2014, p. 2.
- [9] Kang, Y.S., Yang, S.H., Kim, T.G., and Kim, D.S., Systematic Strategies for the Third Industrial Accident Prevention Plan in Korea, *Industrial Health*, 2012, Vol. 50, No. 6, pp. 567-574.
- [10] Kim, T.G. and Kang, Y.S., A Study on Forecasting of Accidents Rates in the Service Industry-Focused on the Warehousing and Telecommunication Division, *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, 2010, Vol. 15, No. 2, pp. 103-108.

- [11] Kim, T.G., Kang, Y.S., and Lee, H.W., A Study on Industrial Accident Rate Forecasting and Program Development of Estimated Zero Accident Time in Korea, *Industrial Health*, 2011, Vol. 49, No. 1, pp. 56-62.
- [12] Korea Occupational Safety & Agency (KOSHA), Statistics of the Industrial Accident (per Years), *KOSHA*, 2001~2016, pp. 1-725.
- [13] Morrison, G.W. and Pike, D.H., Kalman Filtering Applied to Statistical Forecasting, *Management Science*, 1986, Vol. 23, No. 7, pp. 1-7.
- [14] Netwon, H.J., *TIMESLAB-A Time Serious Analysis Laboratory*, Wadsworth & Brook/Cole Publishing Co., 1988, pp. 230-240.
- [15] Stephen, V.C., *Kalman Filtering and statistical process control*, Iowa State University, 1986, pp. 123-127.

**ORCID**Young-Sig Kang | <http://orcid.org/0000-0001-7923-2856>