

## 유전알고리즘에 의한 조석예보모형작성과 조선서해에서의 적용가능성해석

박금석, 곽일환

선행조석예보에서는 조석관측자료의 분석과 예보가 양력날자로 진행되고 따라서 불가피하게 해마다 따로따로 하면서도 전통적인 최소2제곱법에 의거하였으므로 조석예보정확도보장과 그 사용에서 불합리한 점이 적지 않았다.

론문에서는 음력과 조석현상사이관계를 확인하고 그에 맞는 조석예보식과 유전알고리즘(GA)해석법을 제기하고 그 적용가능성을 조선서해수역에서 검토하였다.

### 1. 연구모형작성

조석은 지구에 주는 달과 태양의 만유인력과 원심력의 벡토르합성인 기조력에 의해 생기는데 이 힘은 달, 태양, 지구의 상대위치에 관계된다.[1, 3] 한편 달모양은 지구, 달, 태양의 상대위치를 반영하고있으며 음력날자는 이 달모양을 반영하는 지표이므로 음력날자별로 조석과정을 특징지을수 있다. 이로부터 연구에서는 먼저 음력날자별 조석과정특성을 조사하였다.

그림 1은 조선서해 교지점에서의 1960년—2009년사이(20년간)의 매시 조석관측자료들 중에서 음력 1월 1일과 15일에 해당하는 조석물높이과정선이다.

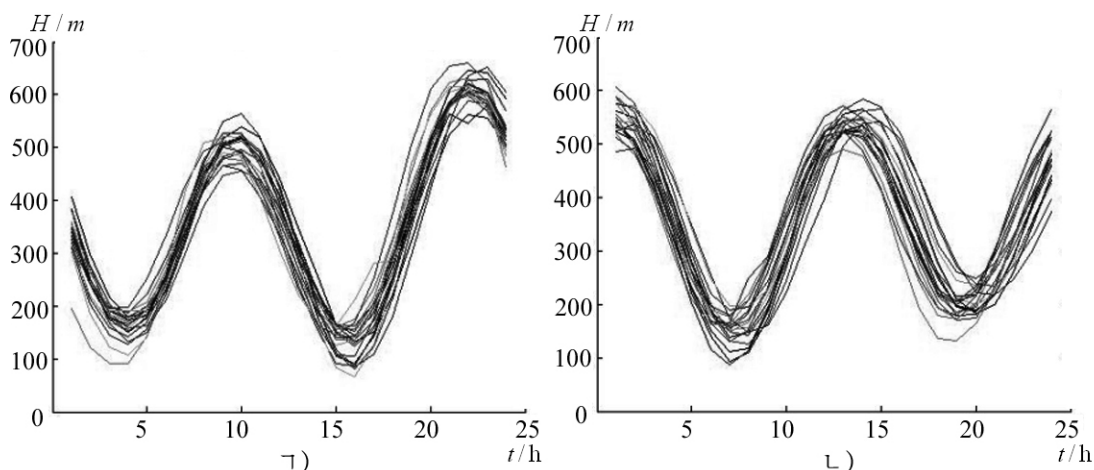


그림 1. 교지점에서 음력 1월 1일( $\neg$ )과 1월 15일( $\neg$ )의 조석물높이과정선

관측조사자료로 분석한데 의하면 양력 1월 1일의 조석곡선에서는 그 어떤 일치도 찾아볼수 없으며 조석물높이곡선과 태양일사이에는 음력일에서와 같은 관계가 전혀 없다.

이를 고려하여 론문에서는 음력날자에 관계되는 조석물높이과정에 대한 비조화회귀모형을 다음과 같이 전개하였다. 그림 2에 모형화하려는 조석물높이과정선을 파라메터와

결부하여 제시하였는데 실측조석과정선에는  $m$  월  $d$  일  $t_k$  시에 관측한 조석물높이값  $H_{m,d}(t_k)$  이 연속적으로 기록되어있다. 여기서 조석물높이값들은 기준년에 매일 1h에 한 번씩 취한것이다. 시간은 0시부터 24시까지이며 여기서 24시는 다음날 0시이다.

조석물높이곡선을 2개의 선분들인  $F$ 와  $I$ 로 나누어 회귀식을 쓰면 다음과 같다.

$$\begin{cases} H_{m,d}(t_k) = \{x_{m,d}^{p_1} + R_{m,d}^{p_1} \times [(4\pi + \Delta A_{m,d}^{p_1}) - a_{m,d}^{p_1} \times s_{m,d}^{p_1} \times t_k] + v_{m,d}^{p_1}\}, & 0 < t_k < p_{m,d} \\ H_{m,d}(t_k) = \{x_{m,d}^{p_2} + R_{m,d}^{p_2} \times [(4\pi + \Delta A_{m,d}^{p_2}) - a_{m,d}^{p_2} \times s_{m,d}^{p_2} \times t_k] + v_{m,d}^{p_2}\}, & p_{m,d} < t_k < 24 \end{cases}$$

여기서  $H_{m,d}(t_k)$  는 조석물높이값,  $t_k$  는 시간(간격은 1),  $m$  은 태음달번호(1~12),  $d$  는 태음일번호(1~30),  $X_{m,d}^{p_2}$  는  $p_2$  기간의 물높이평균값(그림에서  $M$ ),  $R_{m,d}^{p_2}$  는  $p_2$  기간의 진폭결수(그림에서  $N$ ),  $\Delta A_{m,d}^{p_1}$  와  $a_{m,d}^{p_1}$  는 각각  $p_1$  기간에서의 위상조정결수와 각조정결수(그림 2에서 조석조정결수  $G$ ),  $\Delta A_{m,d}^{p_2}$  와  $a_{m,d}^{p_2}$  는 각각  $p_2$  기간에서의 위상조정결수와 각조정결수(그림 2에서 조석조정결수  $K$ ),  $S_{m,d}^{p_2}$  은  $p_2$  기간에서의 물높이곡선확장결수(그림 2에서  $J$ ),  $V_{m,d}^{p_2}$  은  $p_2$  기간의 근사곡선을 아래위로 이동시키는 미소물높이조정결수(그림 2의  $P$ )이다.

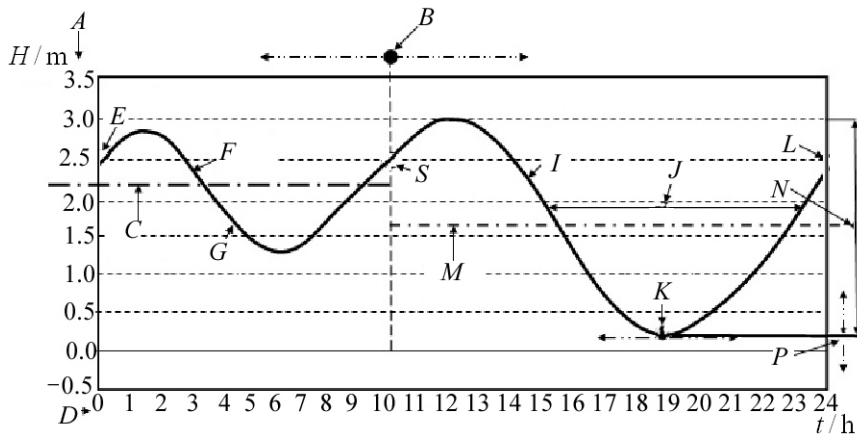


그림 2. 조석물높이과정선과 모형파라미터

선분 1(그림 2에서  $F$ 로서  $E$ 부터  $S$ 까지의 곡선)은 기간  $p_1$  ( $0 < t_k < p_{m,d}$ )의 근사곡선이고 선분 2(그림 2에서  $I$ 로서  $S$ 부터  $L$ 까지의 곡선)는 기간  $p_2$  ( $p_{m,d} < t_k < 24$ )의 근사곡선인데 점  $p_{m,d}$  (그림 2에서  $B$ )에서 2개의 선분으로 나누어진다.

$p_1$  기간에 대해서도 위와 같은 파라미터들이 쓰인다. 일단 물높이곡선분할자  $p_{m,d}$  가 결정되면

$p_1$  기간의 조석물높이값평균(그림 2에서  $C$ )은  $X_{m,d}^{p_1} = \frac{1}{N_{p_1}} \sum_{t_k=0}^{N_{p_1}} h_{m,d}^{p_1}(t_k)$  로 계산할수 있다. 윗식에서

$N_{p_1}$  은  $0 \sim p_{m,d}$  까지의 자료수,  $N_{p_2}$  는  $p_{m,d} \sim 24$  까지의 자료수,  $h_{m,d}^{p_1}(t_k)$  는  $m$  월  $d$  일의  $p_1$  기간의  $t_k$  시에 관측한 조석물높이값,  $h_{m,d}^{p_2}(t_k)$  는  $m$  월  $d$  일의  $p_2$  기간의  $t_k$  시에 관측한 조석물높이값,  $p_1$  기간의 각조정결수  $a_{m,d}^{p_1}$  는  $a_{m,d}^{p_1} = \frac{4\pi}{N_H \times 60}$  로 계산한다. 여기서  $N_H$  는 태음일동안의 시간수(표준적으로 24h)이다. 시간간격은 상수이므로  $a_{m,d}^{p_1}$  는  $a_{m,d}^{p_2}$  과 같다.

## 2. 모형계산과 정확도평가

### 1) GA에 의한 모형식계산

연구에서는 행  $m$  과 열  $d$  에 해당하는  $H_{m,d}(t_k)$  를 예보모형에 대한 유전표시로 간주하고 식에 들어있는 유전회귀모형의 파라미터값구간을 다음과 같이 결정하였다.

$$p_{m,d} \text{의 값: } 8 \sim 17(\text{h})$$

$$R_{m,d}^{p_1} \text{의 값: } 0 \sim 10$$

$$\Delta A_{m,d}^{p_1} \text{의 값: } -2.5 \sim 7.5$$

$$S_{m,d}^{p_1} \text{의 값: } -0.2 \sim 0.2$$

$$V_{m,d}^{p_1} \text{의 값: } -5.0 \sim 5.0$$

$p_2$  기간의 파라미터들의 값범위는  $p_1$  기간의 파라미터들의 값들과 꼭 같다.

연구에서는 매 조석예보모형에 필요한  $p_{m,d}$ ,  $R_{m,d}^{p_1}$ ,  $\Delta A_{m,d}^{p_1}$ ,  $S_{m,d}^{p_1}$ ,  $V_{m,d}^{p_1}$ ,  $R_{m,d}^{p_2}$ ,  $\Delta A_{m,d}^{p_2}$ ,  $S_{m,d}^{p_2}$ ,  $V_{m,d}^{p_2}$  과 같이 독립파라미터들의 값들을 GA모형에 기초한 회귀분석으로 결정하였다.[2]

모형화하여 얻은 조석물높이함수는  $H_{m,d}(t_k)$  로 표시한다. 그러면 함수값  $H_{m,d}(t_k)$  는 관측된 조석물높이값으로부터 일정한 편차 즉

$$d_1 = h_{m,d}(t_1) - H_{m,d}(t_1)$$

$$d_2 = h_{m,d}(t_2) - H_{m,d}(t_2)$$

...

$$d_n = h_{m,d}(t_n) - H_{m,d}(t_n)$$

를 가진다. 최소2제곱법에 의하면 오차  $F_{md}$  는 다음식을 만족해야 한다.

$$F_{m,d} = \sum_{k=1}^{N_t} d_k^2 = \sum_{k=1}^{N_t} [h_{m,d}(t_k) - H_{m,d}(t_k)]^2 \Rightarrow \min$$

이 최소화가 만족되는 조건하에서 모형의 미지파라미터들이 결정되어야 하는데 결국 GA에서의 목적함수가 바로 웃식이다.

### 2) 계산정확도평가

이 모형의 계산정확도를 평가하기 위하여 교지점에서의 모형작성에 쓰인 2012년 음력 5월 한달동안의 조석과정을 관측자료와 대비검토하였다. 결과 관측시계열과 계산곡선은 거의 일치하며 평균상대정확도는 90%로서 조화분석법에 비하여 평균 5~10%가 더 개선되었다.

## 맺 는 말

론문에서 제기한 음력날자를 리용한 조석곡선의 회귀모형화와 미지파라미터를 GA로 결정하는 방법은 지난 시기의 조화분석법의 부족점을 극복할수 있는 모형으로 인정된다. 이 모형식에 의해 작성된 조석표는 음력날자만으로 리용하므로 해당 지점에서는 지금처럼 해마다 따로따로 계산하지 않고 영구히 쓰이는 《만년조석표》로 불리우는 조석표로 된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 박일환 등; 기상해양정보통계처리, 농업출판사, 11~32, 주체102(2013).
- [2] J. Durbin et al.; Time Series Analysis by State Space Methods, Oxford University Press, 15~154, 2001.
- [3] H. Robert et. al.; Time Series Analysis and Its Applications, Springer, 412~500, 2006.

주체 107(2018)년 4월 5일 원고접수

### **Analysis on Tidal Prediction Modeling by Genetic Algorithm and Its Application Possibility in the West Sea of Korea**

*Pak Kum Sok, Kwak Il Hwan*

In this paper, we confirmed that closed relation between lunar day and tidal phenomenon (such as high and low tide) existed and proposed tidal prediction model and genetic Algorithm(GA) suitable to it and weighed its application possibility in the West Sea of Korea.

As a result of study, it is recognized that the model proposed in this paper is available for the tidal prediction in the West Sea of Korea because this model depends on only lunar day.

Key words: tidal prediction, genetic algorithm, West Sea of Korea