

## 시계열의 웨블레트분해에 기초한 월평균흐름량 예측방법

리 동 호

월평균흐름량예측에서 초기자료계열의 구성은 예측정확도에 영향을 준다는데 대해서는 언급되었지만 자기상관계열을 리용하는 경우에 각이한 계열구성방법에 대하여 깊이 연구되지 못하였다. 제한된 표본이 가지고있는 여러가지 성분들을 분리한데 기초하여 분리된 성분들을 입력자료로 하는 월평균흐름량예측모형을 작성하면 월평균흐름량예측의 정확도를 높일수 있다.[1-3]

월평균흐름량시계열을 웨블레트분해하면 월평균흐름량시계열에 들어있는 여러가지 성분들로 분리해낼수 있으므로 분리해낸 성분계열을 리용하는 월흐름량예측모형을 작성하면 예측의 정확도를 높일수 있다.[2, 3]

본문에서는 월평균흐름량계열을 웨블레트분해하고 분해된 계열로 성분별예측을 한 다음 성분들을 재구성하여 월평균흐름량을 예측하는 방법을 연구하였다. 여기서는 6개 지점의 실측자료를 리용하였다.

### 1. 월평균흐름량계열의 웨블레트분해와 모형작성방법

웨블레트분해조합모형은 다음과 같은 방법으로 작성한다.

① 월평균흐름량시계열자료를 표준화한다.

② 웨블레트함수로서는 Db3을 선택하고 분해층수를 결정한 다음 A Trousgo속분해알고리즘을 리용하여 월평균흐름량시계열에 대한 웨블레트분해를 진행한다.

표준화된 월평균흐름량시계열의 매 분해계열의 자기상관결수는 표 1과 같다.

표 1. 표준화된 월평균흐름량시계열의 매 분해계열의 자기상관결수(1지점)

드림( $\tau$ )	$W^1(t)$	$W^2(t)$	$W^3(t)$	$C^3(t)$	드림( $\tau$ )	$W^1(t)$	$W^2(t)$	$W^3(t)$	$C^3(t)$
0	1	1	1	1	7	-0.066	0.074	-0.610	0.040
1	-0.491	0.235	0.821	0.961	8	-0.068	0.175	-0.418	-0.096
2	-0.208	-0.680	0.422	0.862	9	0.200	-0.189	-0.100	-0.190
3	0.277	-0.371	-0.034	0.722	10	-0.193	-0.412	0.254	-0.249
4	-0.069	0.211	-0.428	0.556	11	-0.095	0.118	0.560	-0.279
5	-0.075	0.134	-0.631	0.38	12	0.314	0.572	0.693	-0.287
6	0.136	-0.078	-0.673	0.204	13	-0.111	0.111	0.543	-0.281

분해된 드림 1~3의 저주파성분계열  $C^3(t)$ 의 자기상관은 매우 좋으며 나머지 고주파성분계열은 부의 상관(드림 1, 2)이 좋다.

그림 1은 분해된 매 계열들의 드림에 따르는 자기상관정도를 보여준다. 그림 1에서  $r(x)$ ,  $r(W)$ ,  $r(C)$ 는 각각 분해되기 전 원시계열의 자기상관결수와 분해된 고주파 및 저주파성분계열의 자기상관결수이다.

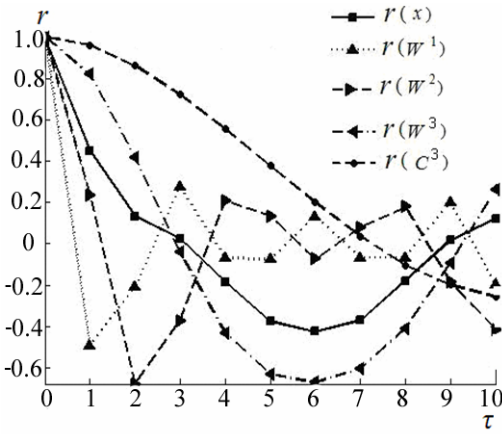


그림 1. 웨블레트분해계렬의 자기상관결수  
그래프(1지점)

그림 1에서 알수 있는바와 같이 분해된 계렬의 드림 1~3의 자기상관은 원시계렬의 자기상관보다 모두 좋다.

다른 지점들의 월평균흐름량시계렬의 웨블레트분해계렬에 대한 특성을 분석해보아도 같은 결과를 볼수 있다.

월평균흐름량시계렬의 분해계렬  $\{W^1(t), W^2(t), \dots, W^J(t), C^J(t)\}$ 에 대한 우와 같은 분석에 기초하여 모형의 입력자료로 웨블레트분해계렬을 리용하고 웨블레트분해조합모형과 웨블레트신경망결합모형을 작성하여 정확도를 평가하였다.

③ 분해계렬에 대하여 각각 예측을 진행한다.

④ A Trous의 재구성알고리즘을 리용하여 예측값을 얻는다.

## 2. 월평균흐름량예측의 정확도평가

6개 지점에 대하여 웨블레트분해조합모형을 리용하여 월평균흐름량예측을 진행하고 분석을 진행하였다. 모형의 적합성을 검토하기 위하여 매월의 약 45년이상 흐름량자료로 웨블레트분해조합모형을 작성하고 나머지 3년간의 자료로 검사예측을 진행하였다.(그림 2)

6개 지점에 대한 월별로 작성한 웨블레트분해조합모형의 월평균흐름량예측결과를 보면 대부분 상대오차는 25%이다.

표 2에서는 월별로 작성한 웨블레트신경망결합모형과 웨블레트분해조합예측모형에 의한 월평균흐름량예측의 상대오차를 보여준다.

표 2. 두가지 웨블레트모형에 의한 월평균흐름량예측의 상대오차(1지점, %)

단계		월											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
적합	모형 1	18.3	16.3	17.5	34.1	20.3	25.0	31.0	45.1	35.7	22.3	23.0	15.1
	모형 2	13.9	10.1	15.6	29.8	13.1	17.5	20.5	36.3	31.4	18.3	18.6	13.5
검사예측	모형 1	19.1	17.3	20.5	27.1	15.3	33.4	41.0	34.9	21.6	19.3	25.7	16.5
	모형 2	17.0	16.6	15.2	12.0	9.0	29.8	43.3	45.2	23.8	13.0	23.2	21.9

표 2에서 모형 1은 웨블레트인공신경망모형이고 모형 2는 웨블레트분해조합모형이다.

적합단계에서 4월과 7, 8, 9월을 제외하고 웨블레트신경망결합모형의 상대오차는 25%미만이며 웨블레트분해조합예측모형의 상대오차는 20%미만이다.

검사예측단계에서 7, 8, 9월을 제외하고 웨블레트신경망결합모형은 상대오차가 28%미만이며 웨블레트분해조합예측모형은 상대오차가 23%미만이다. 다른 지점에 대하여서도 우와 같은 결과를 얻을수 있다. 즉 웨블레트분해조합예측모형이 웨블레트신경망결합모형보다 우월하다는 결론을 내릴수 있다.

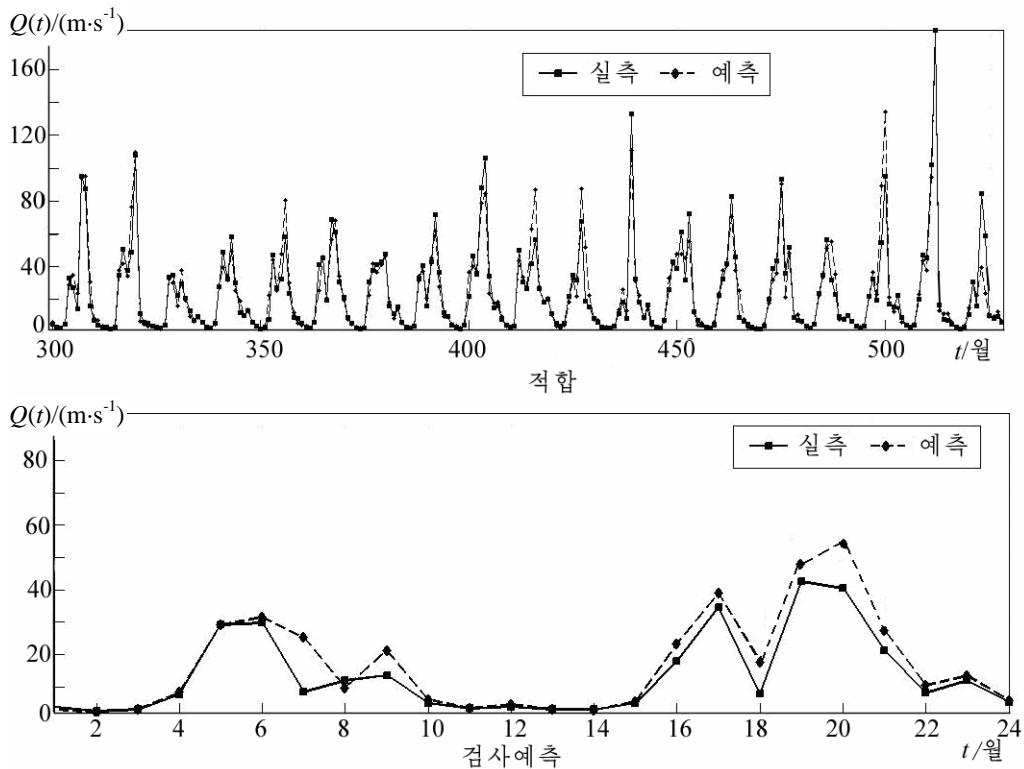


그림 2. 월별로 작성한 웨블레트분해조합모형에 의한 월평균흐름량예측결과(1지점)

이상과 같은 연구를 통하여 월평균흐름량을 예측하는 경우 7, 8월의 특이점들을 제외하고 웨블레트신경망결합모형의 상대오차는 20~25%, 웨블레트분해조합모형의 상대오차는 16~23%이라는것을 알수 있다.

## 맺 는 말

월평균흐름량시계열에 웨블레트해석방법을 적용하여 흐름량예측을 진행하는 경우 월평균흐름량시계열에 대한 웨블레트분해를 진행하고 매 분해계열에 대한 예측모형을 작성한 다음 재구성하는 방법으로 예측을 진행하는것이 합리적이라는것을 밝혔다.

## 참 고 문 헌

- [1] 리동호; 수문정보처리, 김일성종합대학출판사, 102~109, 주체98(2009).
- [2] 王文圣 等; 水文小波分析, 化学工业出版社, 142~194, 2005.
- [3] Bellie Sivakumar; Chaos in Hydrology, Springer, 111~131, 2017.

## **Monthly Runoff Forecast Method Based on Wavelet Division of Time Series**

*Ri Tong Ho*

We studied a method to forecast monthly runoff reflected an attribute of several components existing in monthly runoff series.

First, we made clear the forecast method of monthly runoff using wavelet division combination. Then, we made clear that this method could ensure the relative error of the monthly runoff forecast by 16~23%.

Key words: monthly runoff forecast, wavelet