

데이터 마이닝 기법을 활용한 댐방류에 따른 하천 수위 예측

이동훈, 이호현, 최성국, 정우성, 신강욱

한국수자원공사

dhhero@kwater.or.kr, lhh@kwater.or.kr, socj@kwater.or.kr, usjung@kwater.or.kr, gwshin@kwater.or.kr

River water level prediction according to dam discharge using data mining

Lee Dong Hoon, Lee Ho Hyun, Choi Sung Koog, Jung Woo Sung, Shin Gang Wook

K-water

요약

본 논문에서는 댐방류량에 따른 하류하천 수위를 예측하기 위한 선형 및 비선형 모델을 개발하였고, 선형회귀와 신경망 모델을 검토하였다. 데이터간 상관관계 분석을 통해 입력변수를 선정하였으며 군남홍수조절지 및 한탄강댐 방류에 따른 임진강 하천의 4개 수위국 수위를 예측하였다. 특히 도달시간 예측을 위하여 교차상관관계를 통하여 최적 도달시간을 예측하였으며, 모델이 시간에 따른 오차가 발생할 수 있어 이를 실시간 보정하는 알고리즘을 추가하였다. 이를 통해 댐방류량에 따른 정확한 수위예측을 기여하고, 홍수에 따른 인명 및 재산피해를 사전에 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

I. 서론

과거 여러 해 동안 홍수 예방에 대한 인식이 높아지면서 홍수 예측 기술을 개선하기 위한 움직임이 있어 왔다. 홍수를 예방하는 기술에서 하천수위 예측은 중요한 문제이고 많은 연구가 이뤄졌다. 지금까지는 강우량에 따른 하천수위 예측에 대한 연구가 많이 수행되었다. 그러나, 댐방류량에 따른 하류하천 수위예측에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 댐방류시 방류량은 강우량에 비해 하천 수위변화에 더 큰 영향을 미치기 때문에 댐방류량 변화에 따른 하류하천의 수위예측은 댐운영에 있어 중요한 문제이다.

본 연구에서는 하류하천 수위 예측을 위해 선형 및 비선형 모델(기법)을 모두 적용하여 구현하였으며 두 개 모델에 대한 예측결과를 도출하여 비교하였다. 본론에서 시뮬레이션 방법에 대해 설명하고 데이터분석을 통한 모델개발과 결과에 대해 기술하였다.

II. 본론

2.1 대상지 및 데이터 확보

댐방류량에 따른 하류하천의 수위를 예측하고자 군남홍수조절지와 한탄강댐 및 임진강 하류하천을 적용 지역으로 선정하였다. 댐 및 수위국의 위치 및 지형은 대략적으로 그림1과 같다. 군남홍수조절지와 한탄강댐은 댐간 연계운영을 통해 방류량을 조정하고 있으며 주요 수위국은 북삼교, 임진교, 삼화교, 비룡대교, 통일대교이다.



그림 1. 댐 및 하천 모식도

하류하천 수위 예측모델을 개발하기 위해 입력변수로 방류량과 과거수위, 출력변수로는 하천수위를 선택하였다. 선형 및 비선형 기법을 적용하여 모델링 하였으며 선형모델은 회귀방정식을 사용하였고 비선형모델로는 신경망을 사용하였다. 모델링 및 검증에 위해 사용한 데이터는 2020년 8월 1일 ~ 8월 15일 10분단위 계측 데이터이며 전체 데이터 1800개 중 1200개는 학습데이터로 사용하였으며 나머지 600개는 검증데이터로 활용하였다.

2.2 데이터분석 및 모델 개발

가. 데이터 분석

댐방류량에 따른 하천 수위예측을 위해 실제 방류량과 수위와의 상관관계를 데이터분석을 통해 확인하였다. 군남홍수조절지와 한탄강댐 방류량 개별데이터 및 군남홍수조절지와 한탄강댐 총방류량 데이터와 비룡대교 수위와의 상관관계 분석결과는 표1과 같다. 결과를 보면 군남홍수조절지와 한탄강댐 총방류량 데이터와 수위데이터간 상관관계가 가장 높았다.

표 1. 댐 방류량과 수위 상관관계수

구분	군남홍수조절지	한탄강댐	군남댐 + 한탄강댐
상관계수	0.907	0.851	0.951

댐에서 방류시 거리에 따라 특정 수위국에 영향을 미치는 시간을 고려하기 위해 과거 방류데이터와 수위와의 상관관계수가 최대가 되는 시점을 도달시간으로 정의하였으며 수위와의 상관관계를 분석한 결과 도달시간을 미고려한 경우에 비해 상관관계가 높음을 표 2에서 알 수 있다.

표 2. 도달시간과 수위 상관관계수

구분	도달시간 미반영	도달시간 반영
상관계수	0.951	0.961

방류량과 수위 데이터 추세를 분석한 결과 방류량이 증가하고 감소하는 변화율을 반영하기 위해서는 각 수위국 과거 수위자료를 입력인자로 선정하는 것이 타당함을 알 수 있었다.

나. 모델 개발

하천수위 예측 모델링을 위해 선형회귀 및 신경망 알고리즘을 적용하여 4개 하류수위지점을 예측하였다. 상관관계 분석 결과로서 모델링을 위한 독립변수로는 댐방류량과 과거 수위데이터를 선택하였고 종속변수는 각 수위국 수위값이다. 앞서 데이터분석 결과를 4가지 경우에 대해 모델링 하였고 오차 및 상관계수를 계산하여 검증 하였다. 4가지 경우는 도달시간을 미고려한 경우, 도달시간을 고려한 경우, 입력변수로서 수위값을 추가한 경우, 모델에 오차보정을 추가한 경우이다. 비룡대교 수위국에 대해 모델링하여 수위를 예측한 결과는 표3과 같다. 댐방류시 비룡대교 수위국 도달시간은 140분이며 파란색선이 실측값이고 빨간색선이 예측값이다.

표 3. 비룡대교 시물레이션 결과

구분		도달시간 미반영	도달시간 반영	과거수위 반영	오차보정
선형 모델	MAE(m)	0.854	0.801	0.342	0.176
	상관계수	0.942	0.953	0.986	0.996
비선형 모델	MAE(m)	0.527	0.473	0.366	0.166
	상관계수	0.973	0.977	0.983	0.996

선형모델에 대해 시물레이션한 결과를 그래프로 나타내면 다음과 같다.

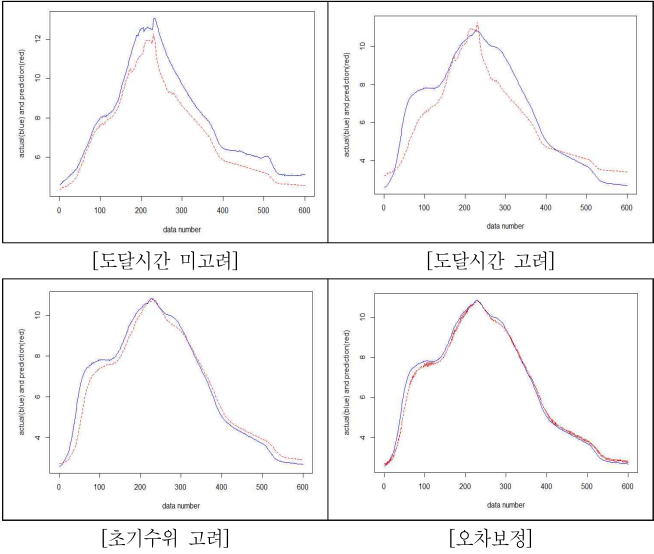


그림 2. 비룡대교 수위국 선형모델 시물레이션 결과

앞의 표와 그래프에서 보는 것과 같이 과거 수위를 추가한 경우 오차가 많이 줄어들게 됨을 알 수 있으며 최종적으로 오차를 보정한 모형이 가장 좋은 성능을 가짐을 알 수 있다. 선형과 비선형 모델 중에서는 비선형 모델이 조금 더 나은 성능을 가짐을 알 수 있으며, 적용된 신경망 모형은 hidden layer가 2개에 hidden node가 2개인 모형이다. 댐 방류량에 대한 4개 수위국의 오차보정 모델에 의한 도달시간, 예측값 오차 및 상관계수는 표4와 같다.

표 4. 4개 수위국 시물레이션 결과

구분 (오차보정 모형)		북삼교	임진교	삼화교	비룡대교
도달시간(분)		40	90	100	140
선형 모델	MAE(m)	0.054	0.174	0.159	0.176
	상관계수	0.999	0.998	0.997	0.996
비선형 모델	MAE(m)	0.053	0.130	0.156	0.166
	상관계수	0.999	0.998	0.997	0.996

선형모델에 의한 4개 수위국의 시물레이션 결과는 다음과 같다.

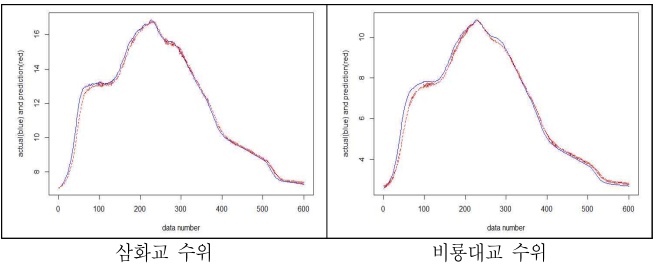
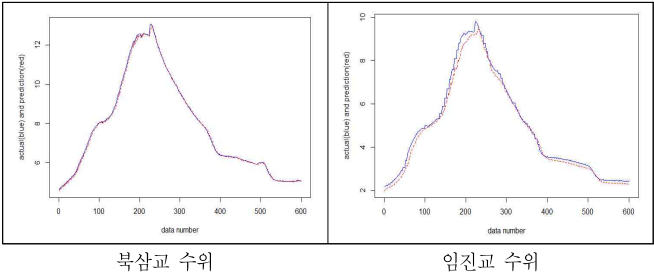


그림 3. 4개 수위국 선형모델 시물레이션 결과(오차보정 모델)

비선형모델에 의한 4개 수위국의 시물레이션 결과는 다음과 같다.

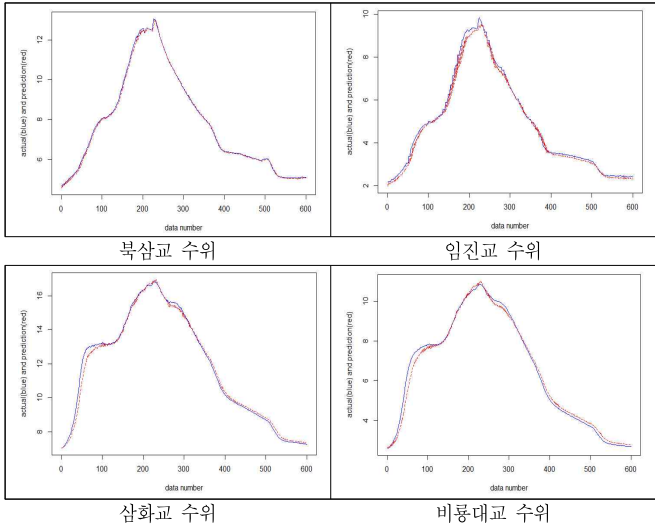


그림 4. 4개 수위국 비선형모델 시물레이션 결과(오차보정 모델)

2.3 분석 결과

데이터 분석에서 4가지 경우에 대해 상관계수로 분석한 결과와 같이 비룡대교 수위를 예측한 결과 입력변수로 과거 수위값을 추가한 경우 모델이 현저히 개선되었으며 오차보정을 한 경우 가장 좋은 성능을 발휘함을 알 수 있었다. 댐방류량에 따른 각 수위국의 도달시간을 고려하여 오차보정 모델에 대한 선형 및 비선형 모형을 구현하여 시물레이션한 결과 선형과 비선형 모델 모두 도달시간이 길어질수록 오차가 커지는 비슷한 결과를 도출할 수 있었다. 4개 수위국의 수위 오차는 5~18cm 이며 상관계수는 0.996~0.999로 나타났다. 선형 및 비선형 모델예측 결과를 통해 댐운영시 하류하천 수위예측에 충분히 활용 가능함을 알 수 있었다.

III. 결 론

본 논문에서는 댐방류량에 따른 하류하천 수위를 예측하기 위한 선형 및 비선형 모형을 개발하였다. 데이터간 상관관계 분석을 통해 입력변수를 선정하였으며 군남홍수조절지 및 한탄강댐 방류에 따른 임진강 하천의 4개 수위국 수위를 성공적으로 예측하였다. 댐방류량에 따른 정확한 수위예측을 통해 홍수에 따른 인명 및 재산피해를 사전에 방지할 수 있을 것으로 기대된다. 향후, 방류량에 따른 도달시간을 가변하고 신경망 외 LSTM 등 새로운 알고리즘을 적용하여 오차를 저감하는 모델 개선 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] M.Y.A. Khan 외, “Neural network model for discharge and water level prediction for Ramganga River catchment Ganga Basin, India”, Hydrological Sciences Journal, 2016. 6

[2] 김성원 “신경망모형에 의한 홍수위예측의 신뢰성 분석”, 대한토목학회, 2005