

지하수 함양량 추정시 공간상에서의 자료 sampling 방법에 따른 Minimum Entropy Deconvolution의 적용성에 관한 검토

김태희, 김용제, 이강근*

한국지질자원연구원 지하수지열연구부

* 서울대학교 지구환경과학부

e-mail : katzura@kigam.re.kr

요 약 문

Kim and Lee(2005) suggested Minimum Entropy Deconvolution(MED) to estimate the temporal sequence of the relative recharge. However this study by Kim and Lee(2005) was just related to the verification of the conceptual approach with MED. In this study, we try to characterize the applicability of MED in the case of spatially heterogeneous recharge (distance from recharge area). Simulated results were recorded with some specific sampling points. Estimated results from this study show higher than 0.8 in cross-correlation with the original recharge sequence.

key word : MED, sampling point, distance from recharge area, cross-correlation

1. 서론

지금까지 지하수함양량의 추정방법에 관한 연구는 매우 다양한 방법을 통해 이루어져 왔다 (Scandal, 2002). 가장 고전적인 방법으로는 물수지 분석법을 들 수 있으나, 이는 통상적으로 관측오차가 크다고 알려져 있고, 증발산량에 대해서는 추정값을 활용하므로 참고자료로는 활용될지라도, 이 결과를 받아들이기는 힘들다. 따라서, 최근에는 환경추적자를 이용하는 방법 (Scandal, 2002) 등이 이용되고 있기는 하나, 아직은 그 효용성에 관해서는 논란의 여지가 존재한다. 이 밖에도 수치모델을 이용한 역산 기법 역시 활용될 수 있다.

이와 관련하여 Kim and Lee(2005)는 시간에 따른 동적인 변화라는 관점에서 상대함양량의 시계열적 추정에 관한 연구를 수행하였다. Kim and Lee(2005)는 Wiggins (1978)에 의해 최초로 제안되고, Carelli (1984)에 의해 수학적으로 보다 간소화된 D norm을 이용한 Minimum Entropy Deconvolution(MED)의 개념을 도입하여 지하수 함양량의 시계열적 추정 가능성을 검증하였다. 하지만, Kim and Lee(2005)는 기본적인 개념에 대한 검증 연구를 수행하였을 뿐, 그 적용성의 한계나 실제 모니터링 자료에 적용시 발생할 수 있는 공간적 분포의 문제나, 시간적 자료 채취 상의 문제 등에 대해서는 검토되지 않았다. 따라서 본 연구의 목적은 강수 패턴의 공간적 분포 문제에 따른 제안된 MED 적용성의 한계를 검토하고자 한다.

2. 본론

본 연구에서 Kim and Lee(2005)에서 제시된 MED의 적용성을 범용적으로 평가하기 위해 지하수 자료의 sampling 지점 및 함양지 간의 공간적 거리에 따라 적용결과의 차이를 검토하기 위한 것이다. 그를 위해 우선 균질한 매질(Fig. 2(a))을 가정하고, 국부적으로만 함양이 될 때 (Fig. 1) 함양지로부터의 수위 변화 양상에 대해 수치 모델링을 수행하였다. 그리고 동일한 개념 모델을 이용하여 불균질 매질에서의 적용성을 평가하였다. 2개의 경우 모두 Fig. 1에 나타난 바와 같이 총 14개의 지점에서 시간에 따른 수위 변화 양상을 기록하였다.

2.1 수치모델링 (Numerical Modeling)

앞서 설명한 바와 같이 Fig 1의 개념모델을 적용하여 Fig 2(a)와 (b)와 같이 수리전도도 분포를 할당하고 수치모의를 수행한 결과는 Fig 3(b), (c)와 같다. 이 때 수치모델링에 적용된 함양량의 분포는 Fig 3(a)와 같다.

2.2 MED 적용성 평가

앞서 설명한 2개의 개념 모델을 이용하여 계산된 총 14개 지점에서의 수위 변화양상에 대해 MED 방법을 통해 상대 함양량을 추정하였다(Fig. 4, Fig 5).

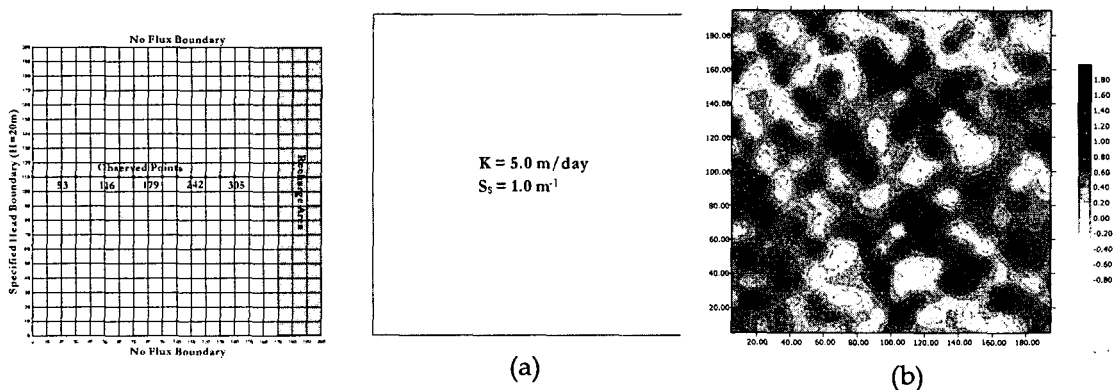


Fig. 1 Boundary Condition for Numerical Modeling

Fig.2 The Distribution of hydraulic conductivity : (a) homogeneous case, (b) random field

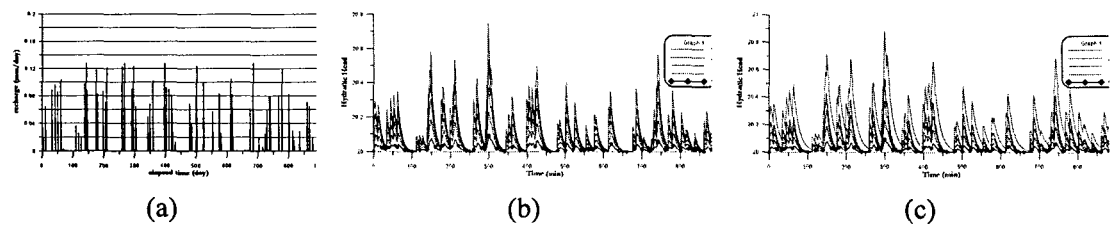


Fig. 3 Applied recharge sequence(a) and results of numerical modeling : (b) homogeneous, (c) random field of hydraulic conductivity

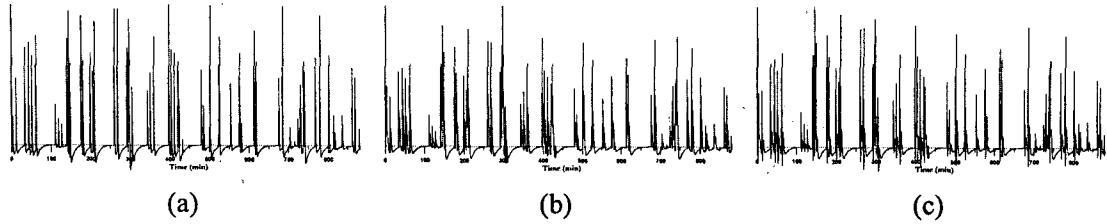


Fig. 3 Results of estimations with MED in homogeneous case : (a) 305, (b) 179, (c) 53

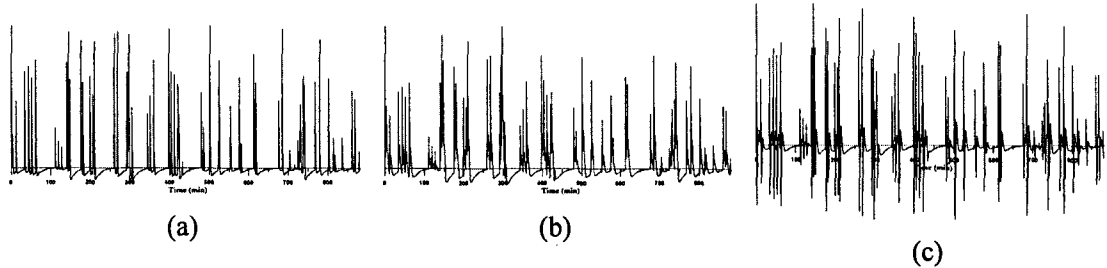


Fig. 4 Results of estimations with MED in random hydraulic conductivity field : (a) 305, (b) 179, (c) 53

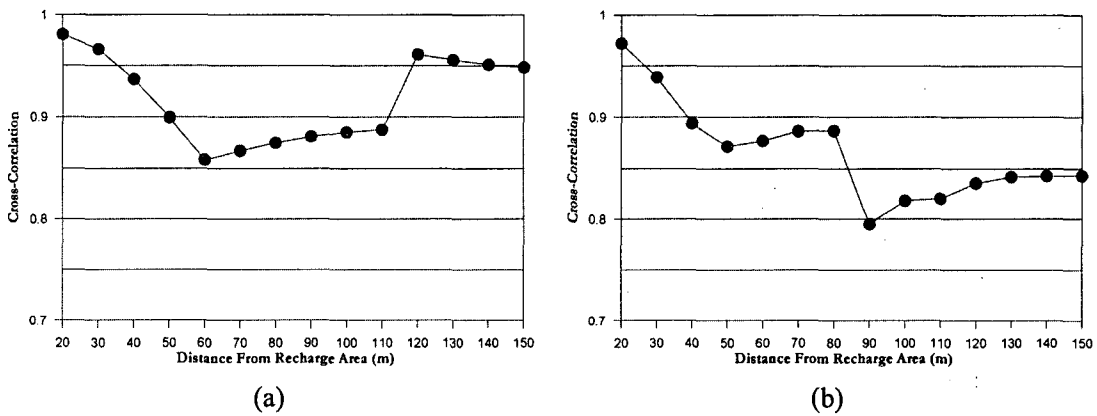


Fig. 5 Cross-correlation between the applied sequence of recharge and the estimated sequence of relative recharge

위의 cross-correlation 계산 결과 살펴보면 전반적으로는 모델 상에서 가정된 함양지로부터 거리가 멀어질수록 상대적으로 수치 모델을 위해 가정된 함양량의 시계열과 모델링 결과를 이용해 추정된 상대 함양량의 시계열 간의 cross-correlation이 점차 작아짐을 확인할 수 있다. 하지만, 균질한 수리전도도를 가정한 경우나, 불균질한 수리전도도를 가정한 경우 모두 50 ~ 60m 지점을 지나면서 서서히 상호 상관성이 높아지는 경향을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이러한 경향은 함양량의 시계열 역산에 적용하기 위해 계산된 필터의 길이(filter length, Kim and Lee, 2005)와도 관련이 있는 것으로 보인다 (Fig. 6). 이 때, 필터의 길이가 2인 경우 (함양지로부터 40m 이내의 거리), 이의 물리적 의미는 함양 후 지하수위의 하강 패턴이 지수적 감소 경향을 가진다는 것을 의미한다 (Kim and Lee, 2005). 하지만, 실제 수치 모델링 결과는 함양지와 가까운 경우 이 가정에 근접하는 결과를 보이나, 점차 멀어질 수록 그 차이가 점차 분명해져 가게 된다. 따라서 최적 필터의 길이가 바뀐 이후 상호 상관성이 서서히 증가하는 경향을 보이는 것은 해

당 필터의 길이가 표현할 수 있는 수위 감소 경향에 점차 근접해 하고 있음을 의미한다고 할 수 있다.

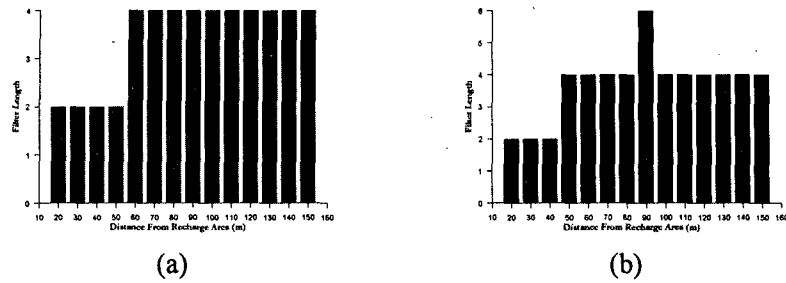


Fig. 6 Length of estimated filter : (a) homogeneous case, (b) reandom hydraulic conductivity field

3. 결론

이상의 과정을 통해 공간 상에서 함양지의 분포와 지하수위 sampling 지점의 차이에 따른 MED 방법의 적용성에 대해 간략히 살펴 보았다. 물론 추정 결과의 정확도는 함양지로부터의 거리, 거리에 따른 수위 반응 양상, 그리고 최종 계산에 적용되는 필터의 길이에 의해 좌우되게 된다. 하지만, 이상의 2가지 개념 모델에서는 MED를 이용하여 추정된 함양량의 분포는 원 함양량의 분포와 0.8 이상의 상호 상관성을 가짐을 확인하였다.

4. 참고문헌

- 김태희, An Alternative framework for analyzing hydraulic information of the groundwater flow system, 2001, PhD. Dissertation, Seoul National University
- Carbrelli, A.C., Minimum entropy deconvolution and simplicity: a non iterative algorithm, Geophysics, vol. 50(3), 394-413, 1984
- Taehee Kim, and Kang-Keun Lee, Estimation of relative recharge sequence to groundwater with minimum entropy deconvolution, 2005, Journal of Hydrology, In Press
- Wiggins, R.A., Minimum Entropy Deconvolution, Geoprospection, vol. 16. 21-35, 1978