

Sequential Gaussian Simulation(SGS)에 의한 질산성질소 오염 분포 영상화

배광옥, 이강근*, 정형재
농업기반공사 농어촌연구원, *서울대학교 지구환경과학부
gobea@karico.co.kr

요 약 문

강원도 춘천시 신북읍 유포리 연구지역의 지하수의 NO₃-N 2차원 공간 분포를 정의하기 위하여 지구통계학적 해석 방법인 sequential Gaussian simulation(SGS)을 이용하였다. 원자료의 공간적 clustering을 제거하기 위하여 cell declustering을 수행한 후 normal score 변환을 거친 후 variogram 분석과 모델링을 수행하였다. Exponential, gaussian, spherical variogram model에 대한 각각의 nugget, range, sill을 정의하여 SGS에 이용하였다. SGS에 의해 도출된 결과들은 모두 동일한 결과를 나타낸다. 또한 관측 자료의 분포와 주 오염원의 분포와 상응하는 모델링 결과를 나타내는 것으로 보아 SGS를 이용한 농촌지역 지하수내 NO₃-N의 공간적 오염 분포 영상화가 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

주제어 : NO₃-N, sequential Gaussian simulation, variogram model, normal score, declustering, nugget, range, sill.

1. 서론

농촌지역 지하수의 NO₃-N 오염은 축산지역 및 시설원예지역에서 자주 보고되는 문제이다. 지하수의 NO₃-N 오염은 광범위한 지역에 걸쳐 장기적으로 나타나는 특성을 가지고 있다. NO₃-N의 시·공간적 분포를 규명하고 영상화하기 위해서는 점단위로 관측되는 자료들을 특별한 방법을 동원하여 해석해야 할 필요성이 제기된다. 여기서는 NO₃-N의 공간적 분포를 영상화하기 위한 방법으로 지구통계학적 해석 방법의 하나인 sequential Gaussian simulation(SGS)을 도입하고자 한다.

Sequential Gaussian Simulation

SGS는 다음과 같은 특성을 가지고 있어 오염 분포의 영상화에 매우 적합한 방법으로 제안할 수 있다(Carlson and Osieny, 2002).

- (1) SGS는 불확실성(uncertainty)을 평가할 수 있게 한다.
- (2) SGS는 샘플 히스토그램이 그다지 큰 skewness를 갖지 않는다.
- (3) SGS는 점단위 자료와 같은 conditional-type 자료의 모사에 적합하다.
- (4) SGS는 연구 대상지역의 다양한 규모에 활용하기 적합하다.
- (5) SGS는 다른 해석 방법들에 비해 손쉽게 적용할 수 있다.

SGS의 적용과정은 크게 cell declustering과 normal score 변환, 격자망 구성을 포함하는 초기화(initialization) 단계, global random walk process 단계, local search & conditional estimation의 단계로 나누어진다. 이러한 세 단계의 작업이 완료되면 normal score 변환된 결과를 역변환(back transformation)의 과정을 거쳐 공간 분포 영상을 얻어낸다.

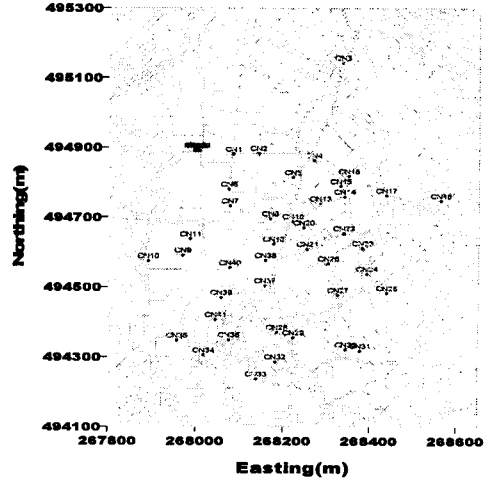
SGS의 한계점으로는 실제보다 더 큰 공간적 변화를 만들어 낼 수 있는 local spatial entropy를 과대평가하는 결과를 나타내는 경향이 있으며, 다른 정규집단에 속하는 변수들을 혼합하여 처리하기에는 불편한 점이 많으며, 다른 변수들 및 soft information과의 복합 simulation이 현재

로서는 불가능하다는 점이다.

2. 본론

가. 연구지역 현황

연구지역은 강원도 춘천시 신북읍 유포리에 위치하며 과수원, 우사 등이 산재하고 있다. 지형은 주변이 산으로 둘러싸인 분지형태를 이루고 있으며, 지질은 흑운모화강암(춘천화강암)이 분포하며, 분지는 제4기 충적층으로 이루어져 있다. (그림 1)은 연구지역의 위치 지형 및 관측점의 위치를 나타내고 있다.



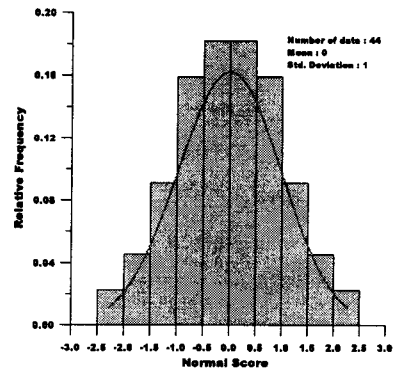
(그림 1) 춘천시 유포리 연구지역 위치, 지형 및 관측점 배치도.

나. 시료채취 및 분석

$\text{NO}_3\text{-N}$ 분석을 위한 시료는 총 44개 관측점에서 채취하였으며 모두 생활 및 농업용수로 이용되고 있다. 시료 채취 시기는 우기인 2002년 7월이며, 분석은 서울대학교 농업생명과학대학 부설 농업과학공동기기센터(NICEM)에서 수행하였다. 연구지역의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 0.1~41.8mg/L의 범위에서 검출되고 있다.

다. Simulation 초기화

SGS를 위한 초기화로 원자료에 대한 cell declustering과 normal score 변환을 시행하였다. 그 결과 (그림 2)의 정규분포 곡선을 도출하였다.

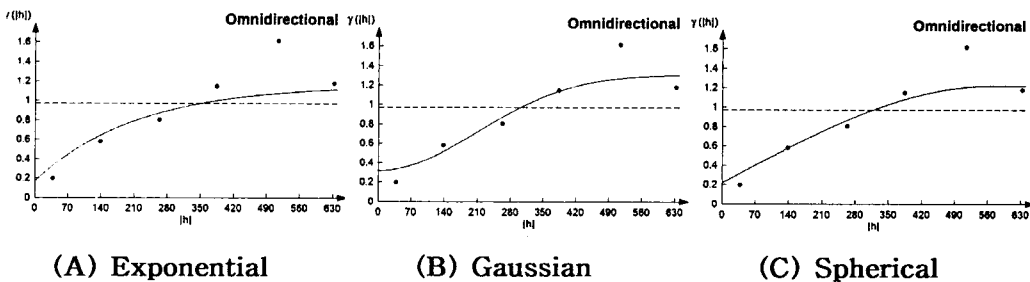


(그림 2) Normal Score 변환 결과.

라. Variogram 분석

Variogram 분석에서는 Exponential, Gaussian, Spherical 모델을 적용하였다. Exponential 모델은 best fit = 8.5487E-02, nugget = 0.17, range = 640, sill = 1, Gaussian 모델은 best fit = 4.0476E-02, nugget = 0.32, range = 505.6, sill = 1, Spherical 모델은 best fit = 4.5938E-02, nugget = 0.22, range = 563.2, sill = 1의 값을 갖는다. (그림 3)은 각각의 fitting 그래프를 나타낸다.

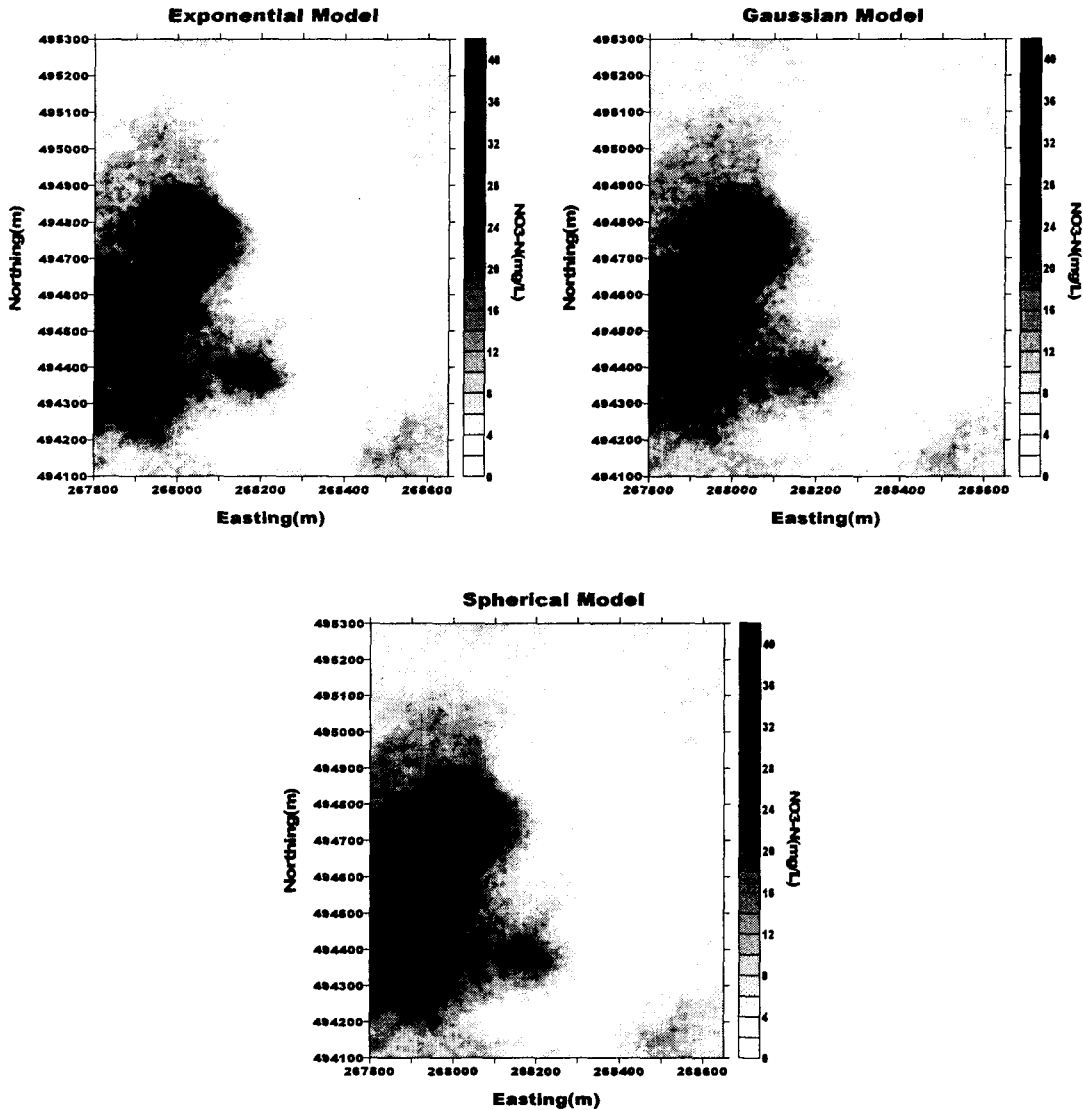
Best fit 결과로는 Gaussian 모델링 가장 좋으나, 이 연구에서는 세 가지 모두에 대해 SGS를 수행하였다.



(그림 3) Variogram fitting 결과.

마. SGS 결과

SGS를 수행하기 위한 연구지역의 dimension은 [가로 850m]×[세로 1,200m]의 2차원 평면이다. 이를 각각 10m씩의 격자로 나누어 중심에 node를 설정하였다. 총 node의 개수는 10,200개로 [가로 85개]×[세로 120개]로 구성된다. 각 node에서는 30번의 realization을 시행하였다. 그 결과 얻어진 normal score 값을 expected value estimate를 수행하고 이를 역변환하여 아래 (그림 4)와 같은 NO₃-N 공간 분포 영상을 획득하였다.



(그림 4) 세 가지 variogram 모델에 대한 SGS 수행 결과.

위의 결과에서 보는 바와 같이 세 가지 모델 모두 동일한 영상을 나타내고 있어 모의 결과가 variogram 모델의 종류에는 크게 영향을 받지 않음을 확인할 수 있다.

결과적으로 연구지역의 서편이 동편에 비해 더 많이 오염되어 있음을 알 수 있는데, 이는 우사와 돈사가 집중적으로 분포하는 축산지역과 일치하는 결과이다. 상대적으로 동편은 서편에 비해 지형 경사가 급한 지역으로 지하수가 NO₃-N에 의해 덜 오염되어 있음을 보여주고 있다.

3. 결론

연구지역인 강원도 춘천시 신북읍 유포리 지역은 축산단지와 과수단지가 혼재하는 지역으로

NO₃-N에 의한 지하수 오염이 관측되고 있다. NO₃-N 농도는 0.1~41.8mg/L의 범위를 나타내고 있다. 이 지역 지하수내 NO₃-N의 공간적 분포를 영상화 하기 위하여 지구통계학적 방법인 sequential Gaussian simulation을 적용하였다. 그 결과 이 지역의 오염 분포 양상은 경사가 급한 동편에 비해 완만하고 우사, 둔사 등의 축산단지가 밀집한 서편에서 더 심각한 지하수의 NO₃-N 오염을 보여주는 영상을 획득할 수 있었다. 점오염원과 비점오염원이 혼재하는 지역에서 SGS를 적용할 경우 효과적인 오염 분포 영상을 획득하는 것이 가능할 것으로 판단되며, 계절별 관측 자료의 축적과 SGS를 이용한 분석이 병행된다면 시간적인 오염 분포의 변화 양상도 가시적으로 영상화 할 수 있을 것이다.

4. 참고문헌

1. Carlson, R. A., and J. L. Osiensky, 2002, A geostatistically based ground water monitoring study of nonpoint source NO₃-N concentrations, *Ground Water Monitoring & Remediation*, 22(4), 109-116..
2. Deutsch, C. V., and A. G. Journel, 1992, *GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide*, New York: Oxford Univ. Press.
3. Goovaerts, P., 2001, Geostatistical modeling of uncertainty in soil science, *Geoderma*, 103, 3-26.
4. Istok, J. D., and C. A. Rautman, 1996, Probabilistic assessment of ground water contamination: 2. Results of case study, *Ground Water*, 34(6), 1050-1064.
5. Rautman, C. A., and J. D. Istok, 1996, Probabilistic assessment of ground water contamination: 1. Geostatistical framework, *Ground Water*, 34(5), 899-909.

사사 : 본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원(과제번호 3-5-1)과 농림부 농림기술개발사업(농업환경오염 복원기술 개발)의 일부 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.