

최적화 기법을 통한 함양율에 대한 지역화 변수의 기여도 분석

김영식, 조성현, 하규철, 김석중, 염병우

한국지질자원연구원

<요약문>

어떠한 소유역에서 구하여진 함양율에 대한 영향을 주는 지역화 변수가 있을 때, 이들 변수를 구성하는 인자들에 대한 기여도를 분석하고자 하여 최적화 기법을 이용하였다. 지역화 변수들을 구성하는 각 인자들의 기여도에 면적 가중치를 적용한 합이 주어진 함양율에 대한 값을 나타낸다고 하면, 함양율이 주어져 있는 여러 개의 소유역에 대하여 방정식을 만들 수 있고, 선형기법(LP)을 이용하여 인자들의 기여도를 계산할 수 있다. 이러한 방법에 의하여 계산된 각각의 지역화 변수들의 인자별 기여도를 통하여 미지의 소유역의 함양율을 추정할 수 있다.

Key word : 최적화 기법, 선형기법(LP), 함양율, 지역화 변수, 기여도

1. 서론

지하수 개발은 주변 환경에 피해를 주지 않는 범위에서 지속적으로 개발할 수 있어야 한다. 무분별한 지하수 개발은 수량고갈, 과잉양수에 의한 지반침하, 해수침투 등 각종 지하수 환경재해를 유발시킨다. 지하수는 체계적이고 합리적인 관리가 필요하며 지하수 수요의 장래 예측적인 측면에 있어서도 특정한 지역의 지하수 개발가능량을 검토할 필요가 있다. 이러한 점에서 지하수 함양량 추정은 중요한 의미를 갖는다.

함양량을 추정하는 방법으로는 지하수위 변동법, 해석적 방법, 물수지 방법, 기저유출 분리방법 등이 있다. 이러한 방법들은 대상구역의 크기에 따라서 많은 오차를 수반하는데, 특히, 물수지 분석법은 유출량과 증발산량에 대한 조사가 필요하며, 손실량을 계산하기가 어렵기 때문에 오차가 크고 지하수와 관련된 단위구역에 적용하기에는 무리가 있다. 따라서, 여러 가지 방법에 의해 지하수함양량을 추정하여 비교분석하는 것이 합리적일 것이다.

그런데 이러한 방법들 또한 조사여건상 대상 구역의 일부분만 취하여 함양량을 추정하므로 구역 전체의 함양량이라고 볼 수 없다.

함양량은 강우에 대한 함양율로 나타낼 수 있다. 이러한 함양율은 지형, 토양의 침투성, 토지이용, 식생분포, 지질 및 지질구조 등 여러 요인들에 의하여 영향을 받는다. 구역내 공간적으로 분포하는 지역적 변수들이 함양율에 대하여 어떠한 평균적인 기여도를 가진다면, 이러한 기여도를 계산함으로써 미지의 다른 소유역의 함양율을 추정하는 것이 가능할 것이다. 이번 연구는 최적화기법을 통하여 이러한 기여도를 분석하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 면적가중치를 적용한 최적화방법

m개의 구하여진 소유역별 함양율에 대하여, 이 함양율에 영향을 주는 여러 지역화 변수들이 존재한다고 하고, 이들 지역화변수를 F라 정의하였다. F는 소유역에서 $V_1, V_2 \dots V_n$ 의 인자를 갖고, 각각의 인자가 함양율에 기여하는 기여율 $S_1, S_2 \dots S_n$ 을 가진다고 가정하였다. 그리고 분류된 인자 $V_1, V_2 \dots V_n$ 가 A면적을 갖는 소유역에서 차지하는 면적이 $a_1, a_2 \dots a_n$ 라고 정의하면 각 인자에 대한 면적을 전체 소유역의 면적(A)로 나누어 면적가중치 $A_1, A_2 \dots A_n$ 을 얻을 수 있다. 소유역의 함양율 R_a 은 각각의 면적가중치에 각각의 기여율 $S_1, S_2 \dots S_n$ 를 곱하여 모두 더한 값으로 표현 할 수 있다(식 1).

$$\frac{a_1}{A} S_1 + \frac{a_2}{A} S_2 + \dots + \frac{a_n}{A} S_n = A_1 S_1 + A_2 S_2 + \dots + A_n S_n = \sum_{i=1}^n A_i S_i = R_a \quad \text{식 1)}$$

주어진 지역화변수 F에 따른 인자는 모든 소유역에서 똑같이 적용되는 것이므로 B면적을 갖는 소유역에서도 A면적의 소유역과 같이 지역화변수 F에 따라 인자를 $V_1, V_2 \dots V_n$ 로 분류하고 이들이 B면적의 소유역에서 차지하는 면적을 $b_1, b_2 \dots b_n$ 라 하면, B면적의 소유역에서는 각각의 면적 가중치를 $B_1, B_2 \dots B_n$ 로 표시된다. 그리고 기여율 $S_1, S_2 \dots S_n$ 에 각각의 면적가중치를 곱하고 더하여 B면적을 갖는 소유역의 함양율 R_b 에 대한 관계식을 식 2)와 같이 만들 수 있다.

$$\frac{b_1}{B} S_1 + \frac{b_2}{B} S_2 + \dots + \frac{b_n}{B} S_n = B_1 S_1 + B_2 S_2 + \dots + B_n S_n = \sum_{i=1}^n B_i S_i = R_b \quad \text{식 2)}$$

이렇게 A, B...M면적을 갖는 여러 유역이 있다면 각각의 유역에 대한 함양율은 지역화변수 F의 인자에 따라 분류한 $V_1, V_2 \dots V_n$ 의 면적가중치와 인자 $V_1, V_2 \dots V_n$ 의 함양율에 대한 기여율의 곱으로 표시하여 나열할 수 있다(식 3).

$$\begin{aligned} \frac{a_1}{A} S_1 + \frac{a_2}{A} S_2 + \dots + \frac{a_n}{A} S_n &= A_1 S_1 + A_2 S_2 + \dots + A_n S_n = \sum_{i=1}^n A_i S_i = R_a \\ \frac{b_1}{B} S_1 + \frac{b_2}{B} S_2 + \dots + \frac{b_n}{B} S_n &= B_1 S_1 + B_2 S_2 + \dots + B_n S_n = \sum_{i=1}^n B_i S_i = R_b \\ &\vdots \\ \frac{m_1}{M} S_1 + \frac{m_2}{M} S_2 + \dots + \frac{m_n}{M} S_n &= M_1 S_1 + M_2 S_2 + \dots + M_n S_n = \sum_{i=1}^n M_i S_i = R_m \end{aligned} \quad \text{식 3)}$$

즉, 위 방정식은 지역화변수 F와 함양율 R에 대한 함수로 미지수 n개, 방정식 m개로 나타내어지며 이는 최적화방법 중 LP를 이용하여 해를 구할 수 있다. 이를 최적화 방법을 이용하여 각각의 S_1, S_2, \dots, S_n 값을 구하고 식 3)에 대입하여 m개의 소유역으로부터 면적가중치를 고려한 각 소유역의 평균함양율($R_{ma}, R_{mb}, \dots R_{mm}$)을 구할 수 있다. 최적화방법으로 구한 값($R_{ma}, R_{mb}, \dots R_{mm}$)과 실측값($R_a, R_b, \dots R_m$)의 상관성 분석을 하여 상관성이 없다고 판단되면 함양율과는 무관하다고 평가할 수 있다. S_1, S_2, \dots, S_n 은 각각의 인자 $F_1, F_2 \dots F_n$ 가 유역의 함양율에 대한 상대적인 기여도로서 상수로 구해진다.

2.2 함양율에 관련된 인자들의 최적화를 통한 상대적 기여도

함양율에 상관성이 높은 지역화변수들은 함양율에 대한 일정한 가중치를 가진다. m개의 소유역에 대하여 상관도가 높은 지역화변수가 $F_1, F_2 \dots F_n$ 이라면 식 4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \gamma_{1a} \cdot R_{1a} + \gamma_{2a} \cdot R_{2a} + \dots + \gamma_{na} \cdot R_{na} &= R_a \\ \gamma_{1b} \cdot R_{1b} + \gamma_{2b} \cdot R_{2b} + \dots + \gamma_{nb} \cdot R_{nb} &= R_b \\ &\vdots \\ \gamma_{1m} \cdot R_{1m} + \gamma_{2m} \cdot R_{2m} + \dots + \gamma_{nm} \cdot R_{nm} &= R_m \end{aligned} \quad \text{식 4)}$$

단, $\gamma_{1a} + \gamma_{2a} + \dots + \gamma_{na} = 1$

여기서, $\gamma_{1a}, \gamma_{2a}, \dots, \gamma_{na}$: 지역화변수 $F_1, F_2 \dots F_n$ 에 대한 가중치

$R_{1a}, R_{2a}, \dots, R_{na}$: A유역에서의 지역화변수 $F_1, F_2 \dots F_n$ 에 대한 평균함양율

식 4)에서 방정식은 함양율에 미치는 n개의 가중치와 m개의 방정식으로 최적화방법 중 LP기법으로 해를 구할 수 있다. 최적화 방법을 이용하여 가중치를 구하고 다시 식 4)에 넣어서 각 소유역의 평균함양율을 구할 수 있다.

2.3 함양율에 관련된 인자들로 조사되지 않은 소지역의 함양율 추정

이미 조사된 m개의 소유역에서 함양율에 지역적 변수를 구성하는 인자들에 대한 어떠한 평균적인 기여도를 최적화 방법을 통하여 추정하고, 이러한 기여도를 조사되지 않은 새로운 소유역에 대하여 적용함으로써 함양율을 추정할 수 있다. 그러나 이미 조사된 m개의 소유역에서 함양율에 미치는 인자 외에 다른 인자가 함양율에 영향을 준다면 그 지역화변수는 다시 기여도 분석을 하여야 한다.

3. 결론

조사된 소유역의 함양율에 대하여 함양율에 영향을 주는 지역화 변수를 추론한 후 이 변수들을 구성하는 요소들을 소유역 면적에 대한 면적가중치를 적용하고 최적화 기법을 사용하여 함양율에 대한 비례상수로 표현하였다. 이를 다시 최적화 기법을 통해 지역변수들에게 가중치를 주어 함양율을 추정하였다. 이는 미조사된 소지역의 함양율 추정에도 이용될 수 있으며 많은 자료의 데이터베이스망이 구축된다면 전국적으로 확대하여 볼 수도 있다.

4. 참고사항

현재 13개 소유역에서 수위관측과 유량측정을 통해 기저유출분리방법으로 함양율을 추정하였으며, 지역화변수를 설정하여 모델을 보완 검증중이다.

5. 참고문헌

문상기, 우남칠 수리지질학적 변수들의 지하수 함양률에 대한 기여도 평가, 자원환경지질 제 35권 5호 470-490, 2002년

사 사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 3-1-1)에 의해 수행되었습니다.