

PE8) 비선형 Muskingum 홍수추적방법의 최적 매개변수 추정

조현경

영남이공대학 토목과

1. 서 론

자연하천에서의 홍수추적 문제는 수자원 연구자들에게는 매우 흥미로운 주제이다. 특히, 자연하천에 있어서의 홍수현상은 변동성이 매우 강한 비선형성을 내포하고 있으므로 이를 모의한 홍수추적방법의 수치적 해를 구하는 것은 복잡한 작업이라고 할 수 있다. 홍수추적 방법은 하천에 있어서 흐름을 표현하는 방정식에 따라 다양한 모형들이 제시되고 있다. 본 논문에서는 일반적으로 많이 이용되고 있는 비선형 Muskingum 홍수추적방법을 제안하고 이를 자연하천에 적용시켜 그 결과를 검토하였다. 그런데 홍수추적방법이 실제 현상을 제대로 모의하려면 매개변수의 합리적인 추정이 필수적인 선결과제이다. 매개변수 추정방법 중에서 가장 많이 이용되는 방법으로는 단순히 시행을 반복하여 값을 결정하는 시행착오법(Trial and Error Method)과 선형, 비선형계획법 등 최적화 기법에 의한 자동추정법(Automatic Calibration)이 있다.

본 연구에서는 최근 각종 수공학문제의 매개변수 추정방법으로 널리 이용되고 있는 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용하여 제안한 비선형 Muskingum 홍수추적방법의 최적 매개변수를 결정하는데 그 목적을 두었다.

2. 비선형 Muskingum 홍수추적방법의 이론

본 연구에서는 제시된 Muskingum 홍수추적방법은 다음과 같은 저류 및 연속방정식을 사용한다.

$$S_m = K_m [I_m x_m + (1 - x_m) O_m] \quad (1)$$

$$\frac{dS_m}{dt} = I_m - O_m \quad (2)$$

여기서, S_m 은 하도구간의 저류량, I_m 은 구간의 유입량, O_m 은 구간의 유출량, K_m 과 x_m 은 Muskingum 변수이다.

윗 식의 변수들은 시행착오법을 이용하여 구하는 것이 일반적이지만, 본 논문에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 비선형 Muskingum 홍수추적방법의 최적 매개변수를 결정하였다.

3. 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘이란 자연계의 진화현상인 유전적 진화와 적자생존이라는 개념을 모델링

한 최적화 탐색방법이다. 다윈의 진화론에 의하면 집단내 개체는 주위환경에 적합한 형질을 가질수록 생존할 확률이 높고 교배와 돌연변이를 통해 더 나은 방향으로 진화하며, 부적합한 형질을 가질수록 진화의 과정에서 점차 도태되어 간다고 한다.

유전자 알고리즘은 다음과 같이 3가지 기능을 가지고 여러 가지 문제에서 전역적인 해를 구한다.

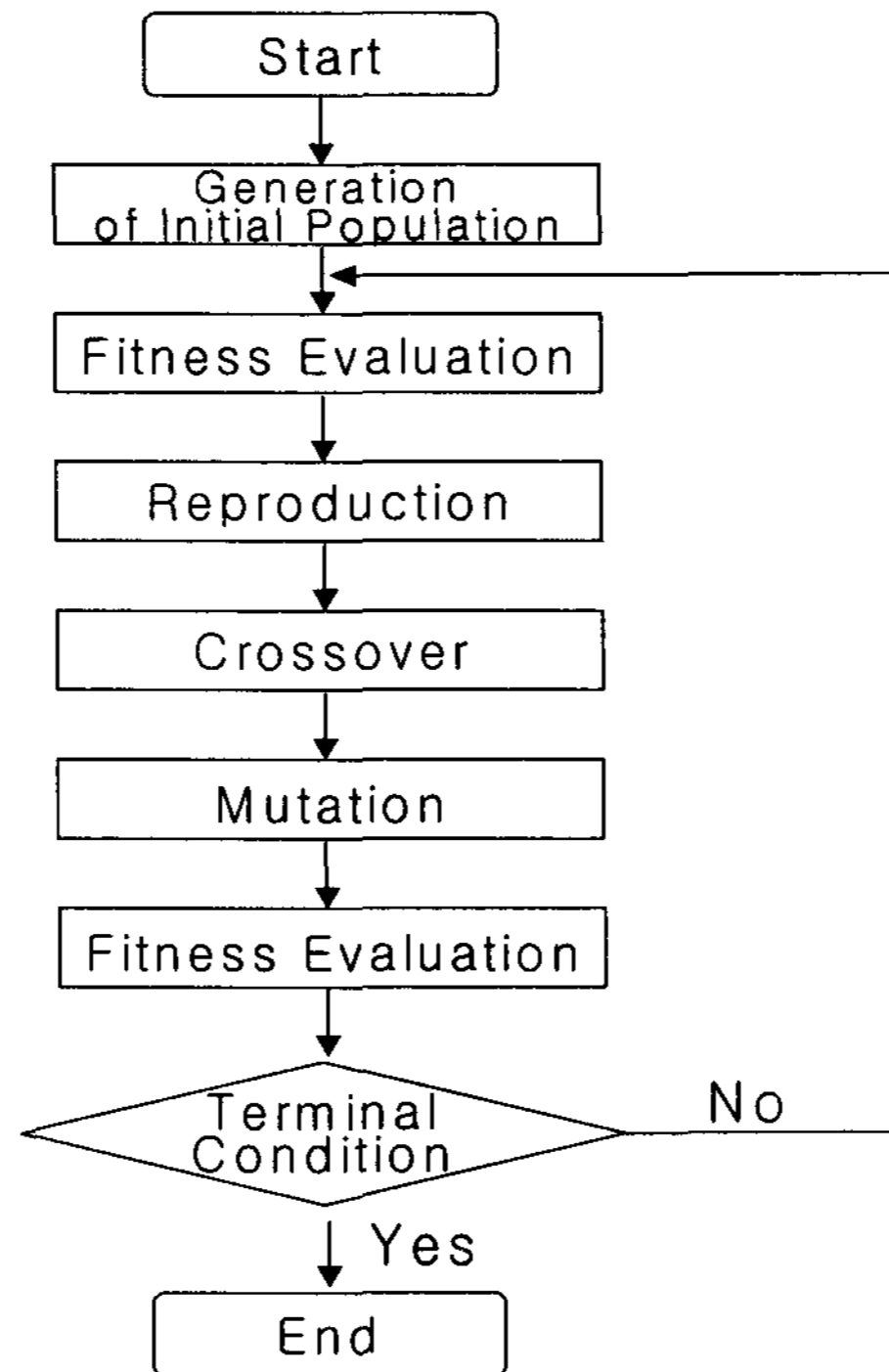


Fig. 1. Flowchart of Genetic Algorithm.

3.1. 복제(Reproduction)

자연에서의 복제는 부모 개체에 의해 자식 개체를 생산함으로써 이루어진다. 이 과정은 적합도가 높은 개체일수록 다음 세대에 더 많은 자손을 가질 확률이 높음을 의미하며, 이는 주어진 환경에 더 잘 적응하는 개체만이 살아남는다는 자연선택의 원리를 뜻한다.

3.2. 교배(Crossover)

교배는 두 부모의 염색체를 조합하여 바꾸어 자식의 염색체를 만드는 조작이다. 자연계에서 자손은 부모세대로부터 유전자를 이어 받으면서도 부모와는 전혀 다른 형질을 가지듯이 유전자 알고리즘에서도 이 과정을 모방한 것이 교배이다.

3.3. 돌연변이(Mutation)

돌연변이는 유전자를 일정한 확률로 변화시키는 조작이다. 기존의 다른 탐색방법들은 탐색공간에서 최적값을 찾기도전에 지역극소(Local Minimum)에 빠질 위험성이 있지만, 유전자 알고리즘은 해가 될 가능성이 있는 개체집단을 유지하면서 그들 모두가 동시에 최적값

을 찾아나가기 때문에 지역 극소에 빠질 위험을 어느 정도 방지할 수 있다. 자연계에서와 마찬가지로 돌연변이는 유전자 알고리즘에서 아주 드물게 일어나는 부가적인 역할을 하며, 복제 및 교배와 함께 사용될 때 전역적 탐색기능을 더욱 향상시킬 수 있다.

4. 적용 및 분석

4.1. 분석 대상구역

본 연구의 대상구역은 비교적 정밀한 강우, 수위 및 유량 등의 수문자료가 있는 IHP대표 구역인 낙동강 위천대표구역을 선정하였다. 구역내에는 자기 강우관측소 11개소와 자기 수위관측소 6개소가 있으며, 1982년부터 2006년 현재까지 25년간에 걸쳐서 수문관측이 실시되어 왔다. 위천구역의 하천수계 구성은 본류와 비교적 큰 1개의 지류로 구성되어 있다.

4.2. 매개변수의 추정

자연하천에 대한 적용성을 검토하고 제안된 비선형 Muskingum 홍수추적방법의 매개변수인 K_m, x_m 등을 추정하기 위하여 다음과 같이 실측유출량과 모의유출량의 제곱평균제곱근오차(RMSE)가 최소가 되도록 목적함수를 구성하였다.

$$\min S = \sum_{i=1}^n (Y_i^* - Y_i)^2 \tag{12}$$

여기서, S 는 목적함수, Y_i^* 는 실측치, Y_i 는 계산치이다.

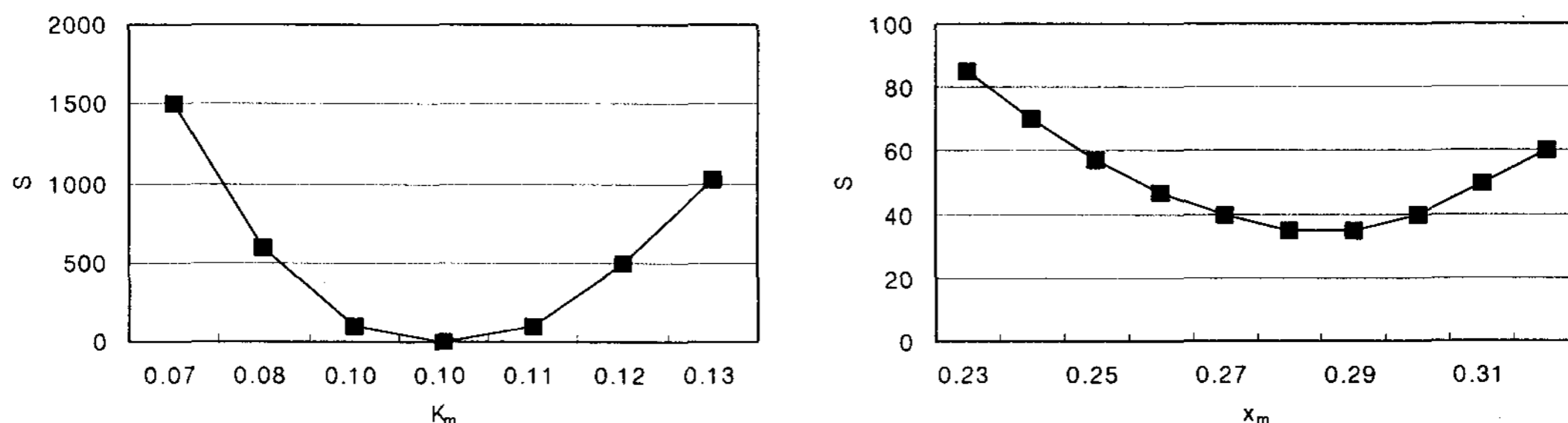


Fig. 2. Results of Sensitivity Analysis for Parameters.

5. 결 론

본 연구는 유전자 알고리즘을 이용하여 비선형 Muskingum 홍수추적방법의 최적 매개변수를 결정하고자 하는데 그 목적을 두었다.

또한 산정한 최적의 매개변수를 비선형 Muskingum 홍수추적방법에 적용한 결과 대상지점에서의 관측 홍수수문곡선과 잘 일치함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

김진수, “선형 Muskingum-Cunge법에서의 수치적 인자의 변화가 유출특성에 미치는 영향”,

- 한국수자원학회 논문집 제29권 제5호 pp. 139~150, 1996. 10.
- 김진수, 김진홍, “선형과 비선형 Muskingum-Cunge법에 의한 유출곡선의 특성 비교”, 한국수자원학회 논문집 제32권 제4호 pp. 417~426, 1999. 8
- 김대근, 서일원, “Muskingum-Cunge 홍수추적방법의 오차해석”, 한국수자원학회 논문집 제36권 제5호 pp. 751~760, 2003. 10.
- Liong, S.K., Chan, W.T., and ShreeRam, J., “Peak flow forecasting with genetic algorithm and SWMM”, Proc., 9th Congr. of the Asian-Pacific Div. of IAHR, pp. 24~26, 1994.
- Perumal, M., O’Connel, P.E., and Raju, K.G.R., “Field applications of a variable parameter Muskingum method”, J. of Hydrologic Eng., ASCE, Vol. 6, No. 3, pp. 196~207, 2001.