

## 수자원-4 유전자 알고리즘을 이용한 유출모형의 매개변수 추정

조현경<sup>\*</sup>, 이영화<sup>1</sup>, 신성일<sup>2</sup>, 박정규<sup>3</sup>, 박종권<sup>4</sup>

영남이공대학 토목과, <sup>1</sup>경산대학교 건축건설시스템공학부

<sup>2</sup>경일대학교 도시정보지적공학과, <sup>3</sup>혜천대학 환경관리과

<sup>4</sup>안동과학대학 토목과

### 1. 서론

수문현상은 그 자체가 대단히 복잡하고 복합적인 요소를 내포하고 있으므로 물의 순환과정을 단순화한 유출모형을 구성하여 유출예측을 하는 것이 일반적이다. 따라서 유출모형이 실제의 유출현상을 제대로 모의하려면 모형 매개변수들의 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 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용하여 선정된 유출모형의 최적 매개변수를 결정하는데 그 목적을 두었다.

### 2. 유출모형의 이론

본 연구에서는 유출모형으로 SED(Storage-Effective Drainage)모형을 선정하였다(Holecek, 1988 ; 조현경, 1995). 어떤 유역에서 강우-유출관계는 동적과정인 반면 비선형성을 내포하고 있기 때문에 유출은 저류상태의 연속적인 변화에 의해서 발생된다고 볼 수 있다. SED모형은 이러한 대상유역의 저류상태를 나타내는 이론성장곡선( $\phi$ 곡선과 SED곡선)을 이용하는데, 이는 다음 식과 같이 나타낸다.

$$\phi = x \cdot y = \frac{\alpha \cdot y}{(1 + \beta \cdot e^{\gamma \cdot y})} \quad (1)$$

$$x = \frac{\alpha}{(1 + \beta \cdot e^{\gamma \cdot y})} \quad (2)$$

따라서 좌표  $x$ ,  $y$ 를 가지는 점들에 대해서 최소자승법을 이용하여 곡선식의 상수인  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 의 값을 구할 수 있으며, 이 상수들에 의해서 대상유역에 대한 곡선의 형태가 정해진다.

한편 수문곡선은 시간에 따라 분포된 유출량이므로 강우량과 초기저류고  $y_{in}$ 이 주어

진다면 임의 시간에 대한 유출량을 다음 식으로 구할 수 있다.

$$Q_{vi} = \frac{a \cdot \Delta R_i}{\Delta t_{vi}} = Q_{wi} = \frac{b \cdot \Delta R_i}{\Delta t_{wi}} \quad (3)$$

### 3. 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘이란 자연계의 진화현상인 유전적 진화와 적자생존이라는 개념을 모델링한 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.

#### 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 찾기도 전에 지역극소(Local Minimum)에 빠질 위험성이 있지만, 유전자 알고리즘은 해가 될 가능성이 있는 개체집단을 유지하면서 그들 모두가 동시에 최적값을 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(임영도 등, 1997 ; 박성수 등, 2001).

## 4. 적용 및 분석

### 4.1 분석대상유역

본 연구의 대상유역은 비교적 정밀한 강우, 수위 및 유량 등의 수문자료가 있는 IHP 대표유역인 낙동강 위천대표유역을 선정하였다. 유역내에는 자기 강우관측소 11개소와 자기 수위관측소 6개소가 있으며, 1982년부터 2000년 현재까지 19년간에 걸쳐서 수문관측이 실시되어 왔다. 위천유역의 하천수계 구성은 본류와 비교적 큰 1개의 지류로 구성되어 있다.

#### 4.2 매개변수의 추정

하천유역의 유출과정을 해석하기 위한 기본모형은 본 연구에서 제시한 SED모형이며, 본 모형의 주요 매개변수는 초기저류고  $y_{in}$ 이다.  $y_{in}$ 에 대하여 본 연구에서 제시한 유전자 알고리즘을 이용한 매개변수 추정법(GAM)과 시행착오법(TEM)으로 매개변수를 추정하였다.

본 연구에서는 매개변수  $y_{in}$ 의 결정을 위하여 과거에 유역내에서 발생한 수문관측자료를 수집하였다. 이들 수집된 자료에 대해 SED모형을 이용하여 계산치를 산정하고, 그 결과를 관측유량과 비교하면서 유전자 알고리즘을 이용한 매개변수 추정법과 시행착오법으로 대상호우에서의 최적 매개변수를 추정하였다.

또한 이들 매개변수를 다른 호우에 적용하기 위하여 초기저류고  $y_{in}$ 이 선행강우량과 상관관계가 있다고 간주하고 5일, 10일 및 15일 선행강우량과의 관계식을 도출하였으며, 그 결과는 다음 Table 1과 같았다.

Table 1. Relationships of  $y_{in}$  and Antecedent Precipitation

Method	Regression Formula
GAM	$y_{in}=0.30287+0.00382x_1+0.00135x_2+0.00221x_3$
TEM	$y_{in}=0.30431+0.00126x_1+0.00159x_2+0.00125x_3$

#### 5. 결론

본 연구는 유전자 알고리즘을 이용하여 SED모형의 최적 매개변수를 결정하고자 하는데 그 목적을 두었다.

먼저, SED모형에 대한 매개변수를 추정하기 위해서 유전자 알고리즘을 이용한 매개변수 추정법을 제시하였다. 이를 이용하여 SED모형의 주요 매개변수인 초기저류고  $y_{in}$ 을 산정하고 기존에 널리 사용되어온 시행착오법과 비교하였다.

또한 다른 호우에 적용하기 위하여 초기저류고  $y_{in}$ 이 선행강우량과 상관관계가 있다고 간주하고 5일, 10일 및 15일 선행강우량과의 관계식을 도출하여 그 적용성을 확보하고자 하였다.

#### 참 고 문 헌

- 박봉진, 차형선, 김주환, “유전자 알고리즘을 이용한 저류함수모형의 매개변수 추정에 관한 연구”, 한국수자원학회논문집 제30권 제4호 pp. 347~355, 1997. 8.
- 박성수, 박해영, “C++로 구현한 유전자 알고리즘”, 한울출판사, 2001.
- 이길성, 김상옥, “유전자 알고리즘을 이용한 SSARR 모형의 자동보정”, 대한토목학회논문집 제21권 제3-B호 pp. 171~183, 2001. 5.
- 임영도, 이상부, “퍼지·신경망·유전진화”, 도서출판 영과 일, 1997.

- 조현경, “하천유역에서의 강우-유출과정에 관한 연구”, 영남대학교 대학원 박사학위논문, 1995. 12.
- Bard, Y., “Nonlinear Parameter Estimation”, Academic, Orlando, Fla., 1974.
- Beck, J.V., and K.J. Arnold, “Parameter Estimation in Engineering and Science”, John Wiley, Inc., New York, 1977.
- Holecek, G., “Storage-Effective Drainage(SED) Runoff Model”, J. Hydrol., Vol.98, pp. 295~314, 1988.
- Johnston, P.R., and D.H., Pilgrim, “Parameter Optimization for Watershed Models”, Water Resources Research, Vol.12, No.3, pp.477~486, 1976.
- Kuester, J. L. and J.H. Mize, “Optimization Techniques with FORTRAN”, McGraw-Hill Book Company, 1973.