

유전자 알고리즘을 이용한 물수지 분석의 최적화 방안

Optimum Operation of Water Budget Analysis Using Genetic Algorithms

금도훈*, 김성범**, 고진석***, 최은혁****, 지홍기*****

Do Hun Keum, Sung Bum Kim, Jin Seok Ko, Eun Hyuk Choi, Hong Kee Jee

요 지

산업화와 도시화에 따라 용수사용량이 증가되면서 용수부족이 나타나기 시작하였다. 용수부족을 보다 효율적이며 경제적으로 용수수급계획을 하기 위한 관심이 고조되고 있다. 물수지 분석의 최적화기법을 연구하기 위하여 새로운 기법으로 부각되고 있는 유전자 알고리즘을 적용하였다. 본 연구에서는 물수지 분석 중 하나인 저수지 모의운영 방법을 사용하였으며 대상지역으로는 낙동강 유역인 임하댐을 중심으로 모의를 하였으며 실제 유입량 자료와 유입량 예측기법을 이용하여 최적화를 수행하였다. 최적화 모형의 구성은 임하댐을 상태로 하는 모형을 구성하였고, 목적함수는 저수지 모의기법에서 설정한 말기저수위를 우선적으로 만족시키고, 임하댐의 용수공급량을 만족시키는 것으로 구성하였다.

유전자 알고리즘을 이용한 물수지 분석의 최적화 방안을 실행하였는데 이러한 방법을 통하여서 보다 나은 용수수급계획을 할 수 있을 것이라 기대된다.

핵심용어 : 유전자 알고리즘, 최적화, 말기저수위, 물수지

1. 서 론

낙동강 수계의 지역에 수자원 개발사업으로 댐 및 하천 사업을 실시하면서, 용수수요와 매년 발생되는 집중호우 및 태풍으로 인한 홍수피해를 경감시켰다. 그러나 최근 산업화와 도시화에 따라 용수사용량이 계속 증가되면서 지역에 따라 아직도 용수부족으로 인해 지역간의 갈등 및 다툼이 있으며, 유역별로 수자원 부존량에 대한 차이가 나며 물 수급에 있어 불균형이 있을 뿐 아니라 더 이상의 새로운 댐 건설 및 개발은 환경파괴 및 시민단체에 의한 반대가 심하여 대규모의 수자원 개발은 점차 어려워지고 있는 실정이다. 또한 우리나라는 전체 강수량의 2/3이 6~9월에 집중되어 여름에는 홍수, 겨울과 봄철에는 가뭄이 발생하는 등 수자원의 변동 폭이 큰 것이 특징이다. 따라서 수자원의 효율적인 확보와 체계적인 관리가 요구되며 댐의 건설 및 기존 시설물에 대한 효율적인 운영관리가 필요하다. 본 연구에서는 이 문제를 해결하고자 낙동강 수계에 있는 임하댐을 보다 효과적으로 물 수급 문제를 해결하기 위하여 새로운 기법으로 부각되고 있는 유전자 알고리즘을 이용한 운영방법에 관해 연구하고자 한다.

2. 유역현황

본 연구에서는 낙동강수계로서 경상북도 안동시 임하면에 있는 임하다목적댐을 중심으로 연구하였다. 임하댐은 낙동강 수계로서 중·하류지역의 늘어나는 물 소비량을 충당하는데 도움이 되고 있어 이번 연구를

* 정회원 · 영남대학교 대학원 석사과정 · E-mail : jesusceo@hanmail.net

** 정회원 · 영남대학교 대학원 석사과정 · E-mail : ambitious_kim@hotmail.com

*** 정회원 · 영남대학교 대학원 박사과정 · E-mail : sprintime@ymail.ac.kr

**** 정회원 · 영남대학교 대학원 박사과정 · E-mail : hyuk1102@nate.com

***** 정회원 · 영남대학교 건설환경공학부 교수 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr

하게 되었다. 임하댐은 높이 73m, 길이 515m, 총저수량 5억 9500만 m^3 , 유역면적 1,361 km^2 이다. 4대강 유역 종합개발계획의 하나인 다목적 수자원개발사업에 의해 건설된 다목적 사력댐으로, 1984년 12월 착공하여 1993년 12월 31일 준공되었다. 표 1, 표 2는 임하댐과 저수지특성을 나타내었다.

표 1. 임하댐 특성

댐높이(m)	73.00	댐길이(m)	515.00	댐체적(천 m^3)	37.00
댐형식	E. C. R. D	댐종류	다목적댐	정상표고(EL. m)	168.00

표 2. 임하댐 저수지 특성

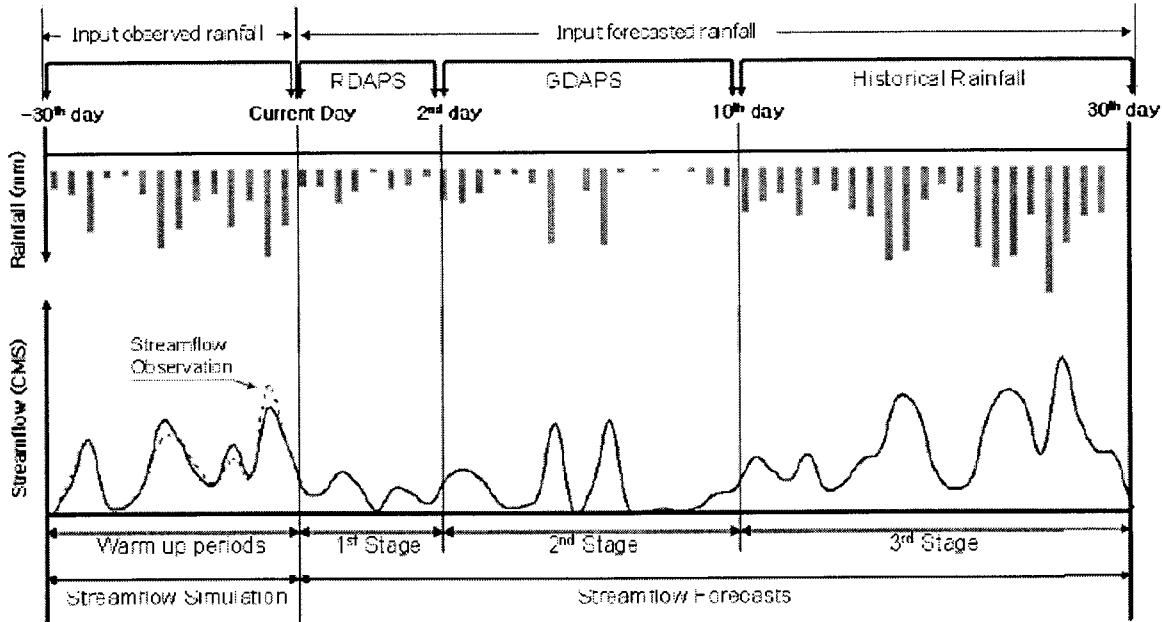
하천	반변천	유역면적 (km^2)	1,361.00	저수면적 ($km^2 km^3$)	26.40	유역연평균 유입량 (CMS)	17.30
유역연평균 강우량 (mm)	987.10	계획홍수위 (EL.m)	164.70	상시만수위 (EL.m)	163.00	상시만수위 용량 (백만 m^3)	548.10
홍수기 제한수위 (EL.m)	154.00	홍수조절용량 (백만 m^3)	80.00	저수위 (EL.m)	137.00	저수위용량 (백만 m^3)	123.80
용수공급 가능수위 (EL.m)	124.00	총저수용량 (백만 m^3)	595.00	유효저수용량 (백만 m^3)	424.00	사수용량 (백만 m^3)	40.00
비상용수 공급량 (백만 m^3)	84.00	공급불가능용량 (백만 m^3)	40.00	저수지길이 (m)	37.00	설계홍수량 (백만 m^3)	7,550.00

3. 추계학적 방법

댐 운영을 위한 실제상황은 이론적인 모형이 가정하고 있는 확정적 정보를 토대로 하지 않으며, 특히 유입량의 불확실성 때문에 운영문제 및 물 분배 문제의 해결을 어렵게 하는 요소 중 하나이다. 이를 해결하기 위하여 추계학적 동적계획법과 추계학적 선형계획법 등으로 나누어 질수 있다. 본 연구에서는 불확실성하의 장기계획 수립 문제에 주로 사용하고 있는 추계학적 선형계획법을 이용하였다. 이 모형은 각 저수지별 유입량을 예측 즉 시나리오를 고려하여 시스템 운영목표측면에서 기댓값을 최대화 할 수 있는 기간별 저류 계획을 도출하도록 하였다. 또한 추계학적 선형계획은 목적함수와 제약식으로 구성되지만 확률변수가 추가되어 확률변수를 고려했을 때, 목적함수의 기댓값이 최대가 되는 해를 도출한다. 추계학적 선형계획법은 유입량에 대한 제약식을 만족시키지 못하는 경우가 발생하기도 한다. 이를 위하여 확률변수를 추정하여야 하며, 일반적으로 확률변수인 저수지 유입량의 분포는 지속성 효과와 유역간 또는 시점별 공분산 효과를 반영하기 힘든 문제가 있으며 또한 확률분포를 몇 개 구간으로 나누어 이산 확률 값을 산정한 후에 최적화하여야 한다. 표3은 수위-저수용량의 관계곡선이고 그림 1은 강우-유출모형을 이용한 유입량 예측이다.

4. 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)

유전자 알고리즘은 자연선택의 법칙인 자연진화 이론으로부터 나온 탐색기법으로 다원의 적자생존이론에 비탕을 둔 진화이론의 한 가지 알고리즘이다. 즉 생명체의 자연선택을 기계적인 학습영역에 적용한 탐색알고리즘으로써 생물체의 유전이나 진화과정을 모방하여 최적화 모형에 적용하는 추계학적인 탐색모형으로 제안되었으며, 이 방법은 유전자 알고리즘이라 하는 것은 최적화하고자 하는 변수를 컴퓨터 비트내의 문자로 표현하는 것이 염색체나 유전자 등과 유사성이 있다는 사실에 기인한 것이며, 이 과정에서 목적함수의 형태나 최적화 과정의 수학적 고려는 사실상 없다. 유전자 알고리즘은 세대를 거듭함에 따라 최적의 해에 수렴하고, 전세대의 생존자(우수개체)로부터 새로운 개체들의 집합이 형성되어 모든 전영역에 대한 최적해를 찾아간다.



<그림 1> 강우-유출모형을 이용한 유입량 예측

4.1 유전 연산자(Genetic Operator)

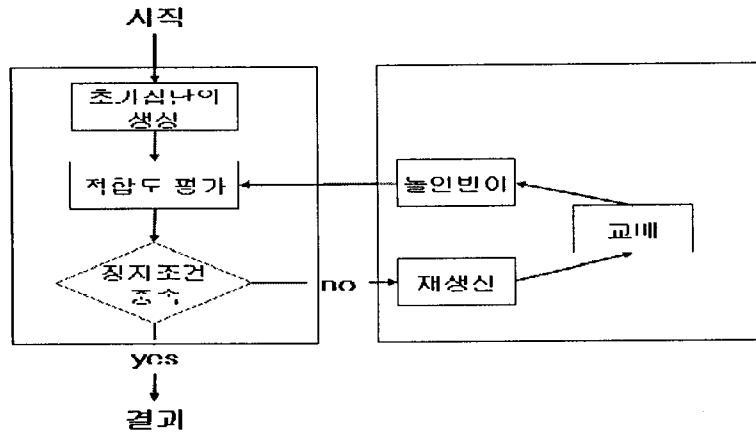
유전연산자란 다음 세 가지 기능에 의해 진화와 도태의 과정을 반복하는데, 첫 번째는 재생으로써 잘 적응한 해들은 살아남고, 잘 적응하지 못한 해들은 도태되도록 유도하는 조작법이다. 본 연구에서는 개체군 중에서 일정한 개수의 개체를 임의로 선택하여 그 중에 최고의 적합도를 가지는 개체를 다음 세대에 남기는 토너먼트 선택법을 이용하였다. 두 번째로 교배로서 두 부모해의 유전정보를 임의의 위치에서 부분적으로 교환함으로써 새로운 자손해를 생성한다. 본 연구에서는 일점교배를 이용하였다. 세 번째로는 돌연변이로써 부모해로부터 자손해로 전달되는 특정한 유전정보에 대하여 무작위적인 변형을 시도함으로써 전체 해 집단에서 배제된 새로운 개체를 발생시키거나 진화과정에서 상실한 특정 유전정보의 재현을 시도하는 조작방법이다.

4.2 적합도 함수(Fitness Function)

개체가 환경에 적응하여 도태되지 않고 살아남을 수 있는 능력을 적합도 함수 즉, 목적함수라고 한다. 목적함수 즉, 최적화 하기 위해 사용하는 함수는 각 개체의 적합도를 평가하는 기반이 된다. 다시 말해서 본 연구에서는 저수지 모의기법에서 설정한 말기저수 위의 저류량이 되겠다.

5. 적용결과

추계학적계획법을 적용함에 있어서 유입량 예측값을 그림 3과 같이 나타내었다. 실제로 유입량의 합계의 값이 예측값이 실제보다 크게 산정되었다. 또한 홍수기인 6월 ~ 9월의 유입량 예측값이 실제값과 비교해서 다른달보다 상대적으로 차이가 났다. 모형의 검증을 위해 기왕의 사상과 동일한 조건 하에서 유전자 알고리즘을 사용하여 최적화 하였다.



<그림 2> 유전알고리즘의 구조

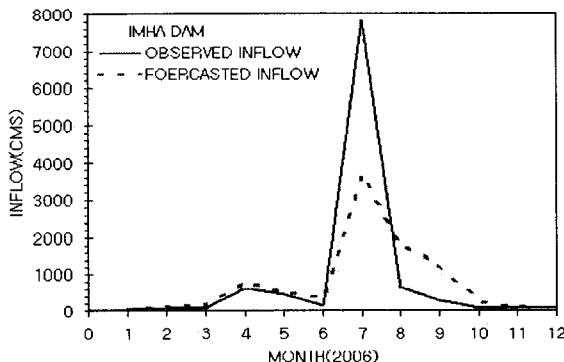


그림 3 유입량 예측값과 실제값

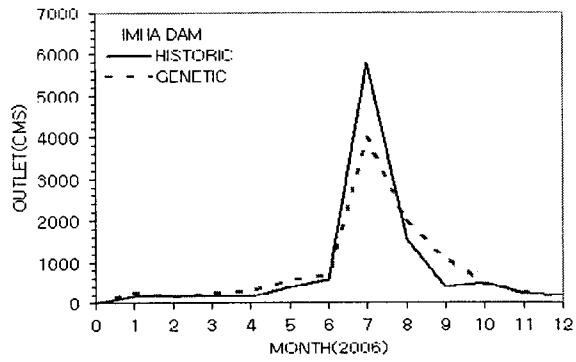


그림 4 방류량 예측값과 실제값

6. 결 론

본 연구에서는 물수지 분석중 하나인 저수지 모의운영기법을 위하여 추계학적 기법을 바탕으로 추계학적 선형계획법을 이용하였다. 또한 최적화기법으로 유전자 알고리즘을 도입하여 기준의 최적화 방법이나 경험적이고 시행착오적인 설계방법을 연구하였다. 하지만 연구결과 미비한 점과 자료의 부족등 검증되지 않은 미비한 부분들이 있다. 이를 보완하기 위해서 한강수계와 같은 다른 수계에 대한 적용 및 검증이 요구된다.

참 고 문 헌

1. Faber, B. A. , and Stendinger,J.R.(2001), "Reservoir optimization using sampling SDP with ensemble streamflow prediction(ESP) forecasts" Journal of Hydrology, Vol. 249, No. 1-4, pp.113-133
2. Hall, W. A. Butcher, W. S. ,and Esogbue, A. (1968) "Optimization of the operation of a multipie-purpose reservoir by dynamic programming." Water Resource Research, 4(3), pp.471-477
3. 신홍준(2001), 유전자알고리즘을 이용한 한강수계 댐 운영의 최적화 방안, 석사학위논문, 연세대학교
4. 김중훈(1997), 유전자알고리즘, 한국수자원학회지, 30(4), pp. 150-151
5. 한국수자원공사(2002), 낙동강수계 댐군 최적연계운영시스템 개선 보고서
6. 진강규(2004), 유전자알고리즘과 그 응용, 교우사