

통합홍수방어대책 선정 시스템 구축

Development of Evaluation System for Optimal Flood Protection Plan

임광섭*, 강신욱**, 황만하***, 최시중****

Kwang-Suop Lim, Shin-Uk Kang, Man-Ha Hwang, Si-Jung Choi

요 지

홍수피해저감 대책의 우선순위 결정은 시스템 차원에서 접근해야 한다. 홍수피해저감 사업을 분야별로 분리하여 분석하면 숲을 보지 못하고 산을 판단하는 오류를 범할 수 있다. 홍수피해 최소화를 위한 여러 전문 분야별 대안 분석도 중요하지만, 시스템 차원에서 홍수피해 저감 방안을 파악하고 대책을 수립해야 한다.

따라서 본 시스템의 개발 목적은 최적의 홍수피해저감 대책을 결정하는 데 있어 각각의 개별 정보를 공유하고, 의사결정 지원에 필요한 시스템을 구축하는 데 있다. 본 연구에서 제시한 홍수방어 대책 통합평가시스템은 수문학적 홍수분석 모형을 비롯하여 수리학적 홍수분석 모형, 의사결정지원 시스템이 통합되어 단일 시스템으로 구축되며 이를 위해서는 구체적인 사용자 요구파악과 관련 업무 프로세스 분석을 통한 전체적인 시스템 구조 설계가 중요하다. 홍수방어 대책 통합평가시스템의 핵심 요소는 1) GIS입력 모듈, 2) Fuzzy 알고리즘 모듈, 3) MCDA 알고리즘 모듈, 4) 결과표출 모듈 등 네 가지이다. 여기서 첫 번째 모듈은 GIS 입력 모듈로써 최적 방안 도출을 위한 빈도별 홍수터, 홍수심, 토지이용도 등과 같은 일련의 GIS 기초자료를 제공한다. 두 번째 단계는 퍼지화된 MCDA 모듈을 수행하기 위한 퍼지 알고리즘 및 퍼지 연산을 위한 내부 코딩이 이루어지는 단계로써 사용자 요구 사항에 따른 연산이 가능하다. 세 번째 단계는 최적 방안을 모색하는 MCDA 알고리즘과 연산 수행을 위한 세부 모듈로 구성됐다. 마지막 네 번째 단계는 모형과 DB간의 연계절차로써 사용자가 직접 운영하는 GUI 부분으로써 사용자의 요구 사항을 비롯하여 모형의 특징을 Matlab 프로그램으로 각각의 화면을 디자인한다. 이 단계에서는 모형을 수행하기 위한 DB가 구축되며 사용자의 요구에 의한 맞춤형 분석이 가능하도록 구성됐다. 통합시스템을 통한 의사결정과정의 합리성은 선택된 최적의 홍수저감대책의 사회·경제적 수용성은 물론 의사결정과정의 투명성을 높일 수 있을 것이다.

핵심용어 : 다중의사결정, 퍼지, 홍수방어, 시스템

1. 서 론

우리나라의 홍수피해는 지난 20년 동안 10배로 증가하였으며 홍수피해의 위험도 도리어 증가하고 있으며 홍수피해 유형도 다분화 되어 피해유형에 따른 다양한 홍수피해 저감 대책이 요구되고 있다. 하지만, 홍수와 관련된 주요 관심사는 크게 다를 바가 없다. 다목적댐 운영에 대한 가변제한수위 적용, 홍수터의 지속가능성, 지속 가능한 홍수대책, 고랭지 채소밭의 관리 등(김승, 2006) 정작 우리에게 필요한 홍수피해 저감 대책 수립을 위한 통합평가시스템 차원의 연구는 미비하고 아직도 기존 관행에 따른 저감대책을 수립하고 있을 뿐이다. 또한, 현재 홍수에 따른 피해저감을

* 정회원 · 한국수자원공사 K-water 연구원 수자원연구실 선임연구원 · E-mail : oklim@kwater.or.kr
** 정회원 · 한국수자원공사 K-water 연구원 수자원연구실 선임연구원 · E-mail : sukang@kwater.or.kr
*** 정회원 · 한국수자원공사 K-water 연구원 수자원연구실 수석연구원 · E-mail : hwangmh@kwater.or.kr
**** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원 · E-mail : sjchoi@kict.or.kr

위한 구조적, 비구조적인 국가 공공투자사업의 시행 여부를 결정하기 위해 사업계획단계에서 사업의 타당성 여부를 판단하기 위해 지역적 특성을 고려하지 못한 경제성 분석만을 바탕으로 타당성을 판단하고 있다. 물론 우리나라도 근대에 들어 사업계획 입안과정 혹은 입안 후에 사회적 후생 극대화 측면에서의 사업의 타당성 분석을 시행하고 있으나 아직 그 절차 및 방법에 대한 체계가 확립되었다고 보기는 어렵다.

따라서 본 연구에서는 종합적 홍수피해 저감대책 선정을 위한 통합평가시스템을 개발하여 치수대책을 위한 일반성 확보, 논리적 설명력을 바탕으로 한 의사결정 과정을 통합시스템으로 제시하고자 한다. 통합시스템을 통한 의사결정과정의 합리성 및 투명성은 수립된 치수계획의 사회·경제적 수용성을 높일 수 있을 것이다.

2. 홍수방어 대책 통합평가시스템

평가의 일련 과정은 시스템이다. 홍수피해저감 대책의 우선순위 결정은 시스템 차원에서 접근해야 한다. 홍수피해저감 사업을 분야별로 분리하여 분석하면 숲을 보지 못하고 산을 판단하는 오류를 범할 수 있다. 홍수피해 최소화를 위한 여러 전문 분야별 대안 분석도 중요하지만, 시스템 차원에서 홍수피해 저감 방안을 파악하고 대책을 수립해야 한다. 따라서 본 시스템의 개발 목적은 최적의 홍수피해저감 대책을 결정하는 데 있어 각각의 개별 정보를 공유하고, 의사결정 지원에 필요한 시스템을 구축하는 데 있다.

2.1. 시스템 설계

홍수방어 대책 통합평가시스템은 수문학적 홍수분석 모형을 비롯하여 수리학적 홍수분석 모형, 의사결정지원 시스템이 통합되어 단일 시스템으로 구축되어야 하므로 이를 위해서는 구체적인 사용자의 요구사항과 관련 업무 프로세스 분석을 통한 전체적인 시스템 구조설계가 중요하다. 홍수방어 대책 통합평가시스템의 핵심 요소는 1) GIS 입력 모듈, 2) Fuzzy 알고리즘 모듈, 3) MCDA 알고리즘 모듈, 4) 결과표출 모듈 등 네 가지이다.

이러한 전체 시스템은 그림 1과 같은 4계층의 모듈로 체계적인 시스템 개발이 이루어진다. 여기서 첫 번째 모듈은 GIS 입력 모듈로써 최적 방안 도출을 위한 빈도별 홍수터, 홍수심, 토지이용도 등과 같은 일련의 GIS 기초자료를 제공한다. 두 번째 단계는 퍼지화된 MCDA 모듈을 수행하기 위한 퍼지 알고리즘 및 퍼지 연산을 위한 내부 코딩이 이루어지는 단계로써 사용자 요구 사항에 따른 연산이 가능하다. 세 번째 단계는 최적 방안을 모색하는 MCDA 알고리즘과 연산 수행을 위한 세부 모듈로 구성됐다. 마지막 네 번째 단계는 모형과 DB 간의 연계절차로써 사용자가 직접 운영하는 GUI 부분으로써 사용자의 요구 사항을 비롯하여 모형의 특징을 Matlab 프로그램으로 각각의 화면을 디자인 하였다. 이 단계에서는 모형을 수행하기 위한 DB가 구축되며 사용자의 요구에 의한 맞춤형 분석이 가능하도록 구성됐다.



그림 1. 홍수방어대책 통합평가시스템 모듈별 특징

2.2. GIS 입력 모듈

GIS 입력 모듈에서는 최신 수리/수문학적 모형들과 최근 개발된 GIS S/W를 통합된 방식에 따라 부산 수영강 유역의 홍수터 분석에 적용해 보았다. GIS 입력 모듈의 첫 번째 단계에서 계산된 홍수빈도에 대한 추정치들은 부산기상청에서 수집된 1978~2005년 기간에 대한 연 최고유량 기록을 기반으로 한 것으로 침투유량 및 그에 해당하는 재현기간으로 제시된다. 발생자료의 간격을 결정하고 나서 이들 자료는 수영강 유역의 수문모형에 대한 입력자료로 이용되었다. 1단계 수행을 위하여 HEC-HMS 모형을 사용하였다. 2단계에서는 수문모형으로부터 산정된 침투유량을 HEC-RAS 모형의 입력자료로 이용하여 수영강 유역의 홍수위를 산정하였다. HEC-GeoRAS는 산정된 홍수위를 GIS에서 사용할 수 있도록 변환하기 위하여 이용되었다. 그림 2(좌측)와 같은 일련의 과정을 통하여 Fuzzy-MCDA의 기본정보가 되는 고해상도 DEM을 생성하여 빈도별 홍수범람 및 홍수위를 산정한다. 최종단계에서는 이러한 수치홍수터들을 홍수피해 저감방안 평가를 위하여 부가적인 GIS 자료들과 결합하였다. 그림 2(우측)는 홍수터 범람을 구현한 최종 결과물을 보여주고 있다.

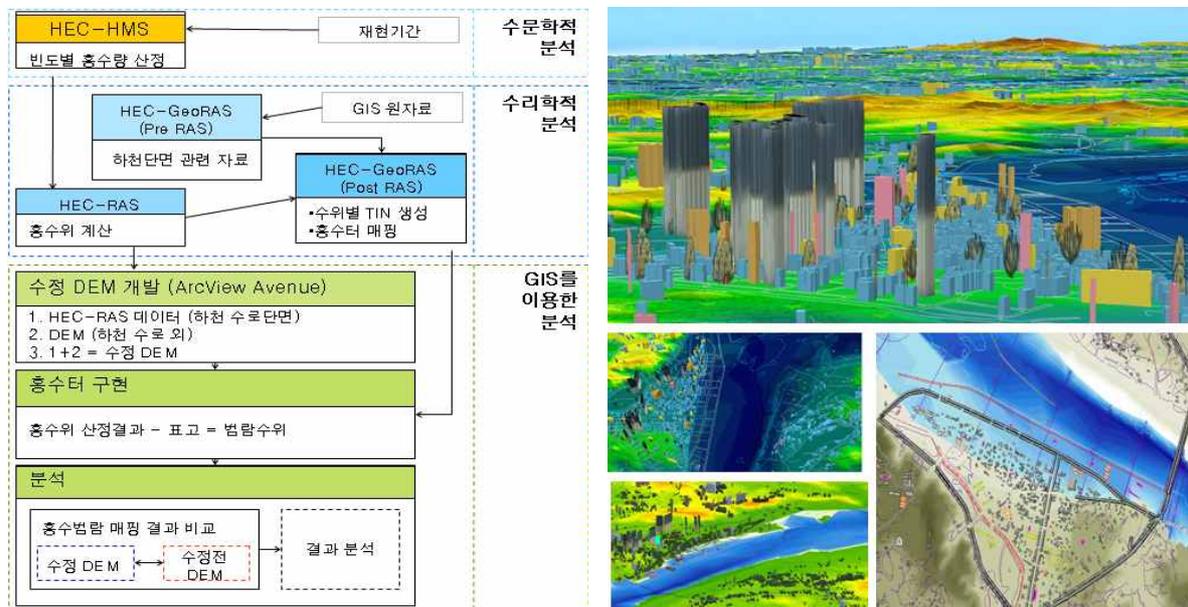


그림 2. GIS를 이용한 고해상도 DEM 개발 연구수행 절차 및 최종결과물

2.3. Fuzzy 알고리즘 모듈

Fuzzy 알고리즘 모듈에서는 의사결정분석방법론 측면에서 원시자료 및 의사결정권자의 선호도와 같은 가중치의 불확실성을 보다 명시적으로 고려할 수 있는 퍼지기법을 이용하였다. 본 연구에서는 공간형 퍼지 다기준의사결정기법을 사용하였으며 퍼지를 활용한 공간형 다기준의사결정기법의 순서는 그림 3과 같다.

2.4. MCDA 알고리즘 모듈

다기준의사결정이란 평가기준이 다수인 경우, 각 기준하에서 선택대상으로 고려한 다수 대안의 선호도를 각각 측정하고, 이를 종합하여 최선의 대안을 선택하고자 하는 과정을 말한다. 다기준의사결정기법에는 다양한 기법들이 존재하는데, 그중에서 본 연구에서는 사용된 Compromise

Programming(CP), Spatial Compromise Programming(SCP), Improved Spacial Fuzzy Weighted Average Method(ISFWAM) 방법들을 간단히 소개하면 다음과 같다. CP 기법은 단순한 몇 개의 입력항만 요구하며 매개변수도 적어 수자원분야에서 가장 널리 쓰이는 기법이다. 하지만 공간 분포가 중요한 최적 대안의 선택의 문제에서 CP 기법은 전체에 대한 평균값을 취해, 공간 분포가 중요한 문제의 해결에는 그 한계점을 보이게 된다. SCP 기법(Tkach and Simonovic, 1997)은 공간분석이 가능한 GIS를 이용하여 CP의 한계점을 해결하였다(Lim and Lee, 2009). 그러나 매개변수 선정의 어려움, 의사결정권자의 선호도 및 기본 자료의 오류 등과 같은 불확실성 문제를 극복하는 것이 중요한 문제라 하겠다. ISFWAM 기법은 SCP에서 해결하지 못한 의사결정의 불확실성(uncertainty)을 Fuzzy 기법을 적용하여 해결하였다.

그림 4(좌측)는 평가기준들을 ArcGIS에서 계산하고 나서 표현된 예를 보여주고 있으며 그림 4(우측)는 홍수피해 절감방안을 보여주고 있다. 평가지표의 가중치는 평가기준별로 가중치(0.6)를 차례로 적용하는 방식을 선택하였고, 마지막으로 최종 가중치는 각 대안에 고른 가중치(0.2)를 부여하는 방식을 채택하였다. 하지만, 결과표출 모듈을 통해 의사결정권자의 선호도에 따른 가중치 입력도 가능하다.

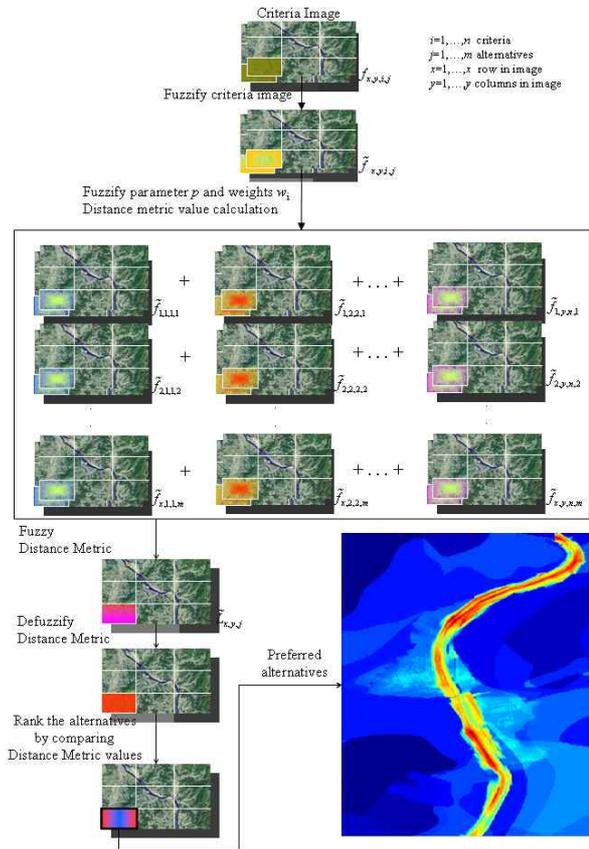


그림 3. 퍼지 알고리즘 모듈 모식도



그림 4. 평가기준 및 대안

2.5. 결과표출 모듈

홍수방어 대책 통합평가시스템을 부산 수영강 유역에 적용하여 도출된 최적 대안선정 결과는 그림 5(우측)와 같으며 이를 통해 과거 자료 처리 중심의 방법에서 한 단계 진보한 다양한 정보와

분석 수단을 제공하여 치수적으로 안정적인 대책 마련을 유도할 수 있을 것이다. 이러한 홍수방어 대책 통합평가시스템의 분석결과는 그 지역이 가지는 대안별 홍수에 대한 강함과 약함 정도를 나타낼 수 있으며, 이는 적정 홍수대응이 실패했을 때 발생할 수 있는 피해의 정도를 상대적으로 판단하는 근거가 될 수 있다. 또한, 유역 내 하천과 인접한 지역의 취약성 정도에 따른 사업 우선순위의 선정 근거에 주요하게 활용할 수 있을 것이다.

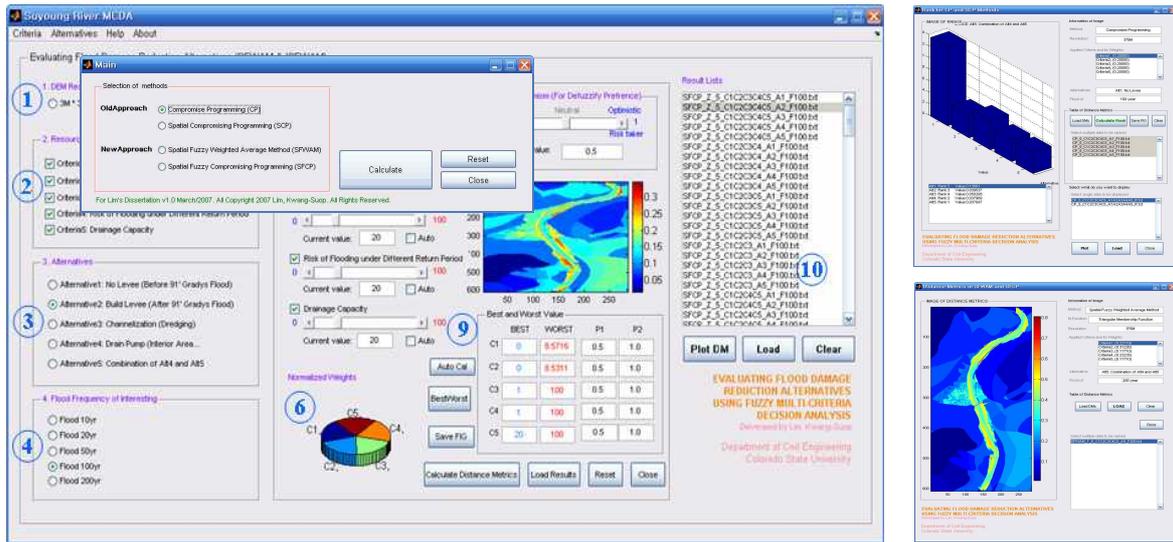


그림 5. 결과표출 GUI

3. 결 론

통합평가시스템을 통한 홍수 저감대책 선정은 우리의 삶의 터전을 보전하고 유지하는 데 큰 도움을 줄 수 있을 것이며 추후 경제성 분석을 반영한 최종적인 프로그램의 GUI 구현을 통하여, 본 연구의 궁극적인 목적인 홍수피해 최적지점 선정 프로그램의 실무활용이 가능하도록 더 많은 연구와 개선책을 마련해 나갈 것이다.

참 고 문 헌

1. 김승 (2006). “통합홍수관리, 수자원학회가 주도하자.” **한국수자원학회지**, 제39권 제10호, pp. 6-7.
2. Kwang-Suop Lim and Dong-Ryul Lee (2009). "The Spatial MCDA Approach for Evaluating Flood Damage Reduction Alternatives" *KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol. 13, Issue 5, pp. 359-369.
3. Tkach, R. J., and Simonovic, S. P. (1997). "A new approach to multi-criteria decision making in water resources." *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, v. 1(n. 1), pp. 25-44.