

# 하천관리등급조정의 우선순위결정: 방법론

## Ranking Decision in River Management Class Adjustments: Methodology

강민구\*, 강부식\*\*, 이주현\*\*\*, 박두호\*\*\*\*

Min Goo Kang, Boo Sik Kang, Joo Heon Lee, Doo Ho Park

### 요지

본 연구에서는 개정된 하천법에 의거하여 지방하천들 중에서 국가하천으로 지정하기에 적합한 하천들을 선별하여 이들의 관리등급을 조정하기 위한 방법론을 개발하였다. 대상 하천들 사이의 관리등급조정에 대한 우선순위를 결정하기 위하여 다기준의사결정법을 적용하였다. 개발된 하천평가지수에서는 세부기준을 하천중요도, 하천관리상태, 하천관리능력으로 구분하였으며, 지형 및 수문학적, 사회 및 경제적, 환경적 측면에서 각 세부기준들을 평가할 수 있는 지표들을 선정하였다. 또한, 수자원 분야 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하고 계층적 분석기법을 사용하여 평가기준들과 평가지표들의 상대적 중요도를 결정하였다. 국가하천지정 우선순위는 대상하천의 등급을 8개로 구분하고 각 등급 내에서 하천평가지수의 상대적 크기를 비교하여 결정하였다.

**핵심용어:** 하천등급 조정, 우선순위결정, 계층적 분석기법, 평가기준, 평가지표

### 1. 서론

하천의 상태 및 관리 방향은 기후변화, 도시화, 선호도의 변화, 환경 및 생태계 변화, 사회 및 경제시스템의 변화 등에 의해 영향을 받는다. 따라서 보다 합리적이고 효율적으로 하천을 관리하기 위해서는 관련 제도 및 법률들이 여건들의 변화에 적응하기 위해 수정될 필요가 있다. 또한, 수정된 제도 및 법률에 근거하여 하천관리 방식과 이와 관련된 하천등급의 조정이 필요하다. 국내의 하천관리는 “국가하천”, “지방1급 하천”, “지방2급 하천”으로 구분되어 시행되어 왔으나, 2008년 하천법이 개정됨에 따라 이들 하천들을 관리주체를 기준으로 “국가하천”과 “지방하천”으로 구분하여 관리하고 있다. 따라서 개정된 하천법에 의거하여 기존 지방하천들 중에서 국가하천에 적합한 하천들을 선별하고 이들에 대한 등급조정이 요구되고 있다. 그러나 등급조정사업을 시행하기 위해서는 충분한 재정적, 제도 및 법률적, 사회 및 문화적 검토가 필요하다. 따라서 다양한 기준들과 지표들을 사용하여 대상 하천들을 평가한 후, 하천등급 조정을 위한 대상하천들 사이의 우선순위를 결정해야 한다.

하천을 평가하는 방법은 평가목적에 따라 다양하게 구성될 수 있다. 박봉진 등(2005)은 하천의 자연성을 평가하기 위하여 평가기준을 하천 형태와 하천 환경으로 구분하여 각각 7개 지표를 사용하여 평가한 바가 있다. 박태선(2002)은 하천의 중요도를 사회적 중요도와 자연적 중요도로 구분하고 각각을 4개의 지표를 사용하여 평가한 바가 있으며, 이 방법을 사용하여 하천등급 조정과 관리방향을 수립할 것을 제안하였다. 이와 같은 기존 연구들과 같이 하천을 평가하기 위해서는 다양한 지표들을 사용해야 하며, 이들 지표들 사이의 상대적인 중요도를 고려해야 한다. 따라서 다기준의사결정법의 적용이 필요하며, 이 방법은 세부기준을 평가하기 위한 지표들을 선정하고 대안들을 선정된 지표들

\* 정회원·미래자원연구원 선임연구원·kmg901@hanmail.net

\*\* 정회원·단국대학교 토목환경공학과 조교수·bskang@dankook.ac.kr

\*\*\* 정회원·중부대학교 사회기반시스템공학과 부교수·leejh@joongbu.ac.kr

\*\*\*\* 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원·dhpark@kwater.or.kr

을 사용하여 평가한 후 세부기준이나 최종 목표를 평가하여 대안들 사이의 상대적인 우선순위를 결정한다(강민구와 이광만, 2006). 우선순위를 결정하기 위한 다기준의사결정법에는 ELECTRE 계열, Compromise Programming, PROMETHEE 등이 있으며, 공공투자사업의 의사결정에 주로 사용되고 있다(김우구 등, 2006).

본 연구에서는 국가하천지정 대상하천들의 하천등급 조정의 우선순위를 결정하기 위한 방법론을 개발하였다. 개발된 모형에서는 세부기준을 하천중요도, 하천관리상태, 하천관리능력으로 구분하였으며, 각 세부기준을 평가할 수 있는 지표들을 선정하였다. 또한, 수자원 분야 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하고 계층적 분석기법(Alytic Hierarchy Analysis, AHP)을 사용하여 평가기준들과 평가지표들의 상대적 중요도를 결정하였다.

## 2. 국가하천지정 우선순위결정을 위한 하천평가지수 개발

### 2.1 평가지수의 구성

본 연구에서는 국가하천지정의 우선순위를 결정하기 위한 하천평가지수를 개발하였다. 기존 연구에서는 하천의 중요도를 몇 가지의 세부기준을 사용하여 평가하였으며, 평가결과를 하천별 관리 방안을 수립하는데 사용하였다. 기존 연구 결과를 그대로 적용하면 단지 하천의 중요도만을 고려하여 우선순위를 결정하게 되며, 하천의 상태나 관리주체의 사회·경제적 특성을 반영하지 못한다. 또한, 하천중요도가 높더라도 하천관리 상태가 열악하고, 하천관리 능력이 다른 하천들 보다 열등한 경우가 있으며, 이와 같은 경우에 해당되는 하천들을 국가하천으로 우선적으로 지정하여 체계적으로 관리할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 평가의 세부기준을 하천중요도, 하천관리상태, 하천관리능력으로 구분하고 각 세부기준을 평가할 수 있는 평가지표들을 선정하였다. 세부기준들 중에서 하천중요도는 순기능 기준이며 하천관리상태 및 하천관리능력은 역기능 기준으로 이들은 상충관계를 나타낸다. 그림 1은 국가하천지정 우선순위결정을 위한 하천평가지수의 구성을 나타낸 것이다. 하천중요도를 평가하기 위한 지표들로 유역면적, 인구밀도, 하천내 댐 및 하구둑의 저수량, 유역내 보호지역 면적, 하천내 상수취수량, 하구 계획홍수량, 단위면적당 과거 10년간 우심피해액을 선정하였습니다. 하천관리능력을 평가하기 위한 지표들로 유역내 시·군·구의 하천관리공무원 1인당 관리연장, 유역내 시·군·구의 재정자주도를 선정하였습니다. 하천관리상태를 평가하기 위한 지표들로 하천개수율, 하천정비계획수립율, 하수도보급율, 하천수질(BOD)를 선정하였다.

### 2.2 중요도 산정

국가하천지정 우선순위결정을 위한 하천평가지수의 세부기준인 하천중요도, 하천관리능력, 하천관리상태 사이의 중요도와 세부기준을 구성하는 평가지표들 사이의 중요도를 산정하기 위하여 수자원분야 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 세부기준과 이들을 구성하는 평가지표들의 중요도는 계층적 분석기법(AHP)을 사용하여 분석하였다. 국가하천지정 우선순위결정을 위한 하천평가지수의 구성항목들의 상대적 중요도 결정을 위한 설문조사는 수자원 분야에 종사는 전문가 22명을 대상으로 2009년 2월 16일부터 3월 7일 사이에 실시하였다. 본 연구에서 실시한 설문조사에서는 평가지수의 구성항목들 사이의 중요도를 쌍대비교하기 위하여 설문지를 개인별로 배포한 후 수거하여 AHP 기법을 적용하여 응답자별 설문결과의 일관성을 평가하고 일관성 평가를 통과한 응답결과를 사용하여 세부기준들과 평가지표들의 중요도를 산정하였다.

세부기준들의 상대적 중요도는 하천중요도가 0.679, 하천관리능력이 0.179, 하천관리상태가

0.141로 산정되었다. 하천중요도 세부기준의 평가지표들 사이의 상대적 중요도는 유역면적이 0.197, 인구밀도가 0.192, 저수용량이 0.117, 보호지역면적이 0.097, 상수취수량이 0.129, 계획홍수량이 0.115, 우심피해액이 0.153으로 산정되었다. 그림 2는 이들 평가지표들 사이의 상대적 중요도를 도식적으로 나타낸 것이다. 하천관리능력 세부기준의 평가지표들 사이의 상대적 중요도는 하천관리연장이 0.410, 재정자주도가 0.590으로 산정되었다. 하천관리상태 세부기준의 평가지표들 사이의 상대적 중요도는 하천개수율이 0.345, 정비계획수립율이 0.203, 하수도보급율이 0.150, 하천수질이 0.303으로 산정되었다.

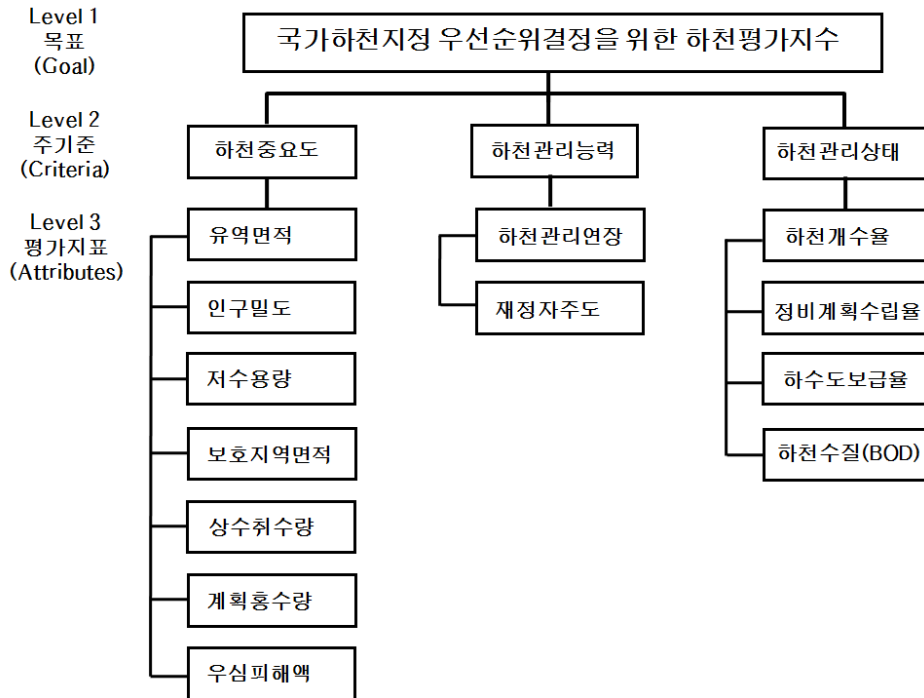


그림 1. 국가하천지정 우선순위결정을 위한 하천평가지수의 구성

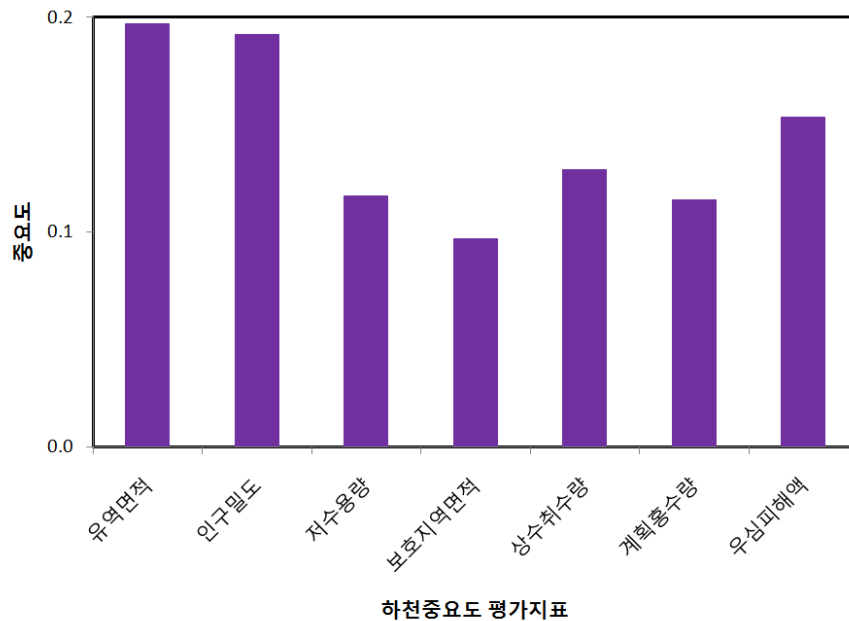


그림 2. 하천중요도 세부기준의 평가지표별 중요도 비교

### 3. 국가하천지정의 우선순위결정 방법

#### 3.1 자료의 무차원화

각 하천별로 국가하천지정 우선순위결정을 위한 하천평가지수를 산정하기 위해서는 평가항목에 대한 자료들을 대상하천마다 수집해서 분석해야한다. 그러나 수집된 자료들은 단위를 가지고 있어 이들을 직접비교할 수 없다. 따라서 이들 자료들의 단위를 없애고 무차원값으로 변환해서 상대적인 크기를 비교해야한다. 본 연구에서는 비교대상 자료들을 무차원화는 식 (1)과 같이 자료의 최대값과 최소값의 차를 이용하여 선형변환하는 방법과 식 (2)와 식 (3)과 같이 특정 지표값에 기본점수를 부여하여 선형변환하는 방법을 혼용하였다. 계획홍수량, 우심피해액, 하천관리연장, 재정자주도, 하천개수율, 정비계획수립율, 하수도보급율, 하천수질 등과 같이 지표값의 하한값이 특정값으로 제한되어 있지 않거나 표준편차가 크지 않는 평가지표들의 무차원화는 식 (1)을 사용하였다. 이에 반하여 최소제한 값을 갖는 지표를 대상 하천들 사이에 비교할 경우에는 식 (2)와 식 (3)과 같이 최소제한 값을 나타내는 지표값에 기본점수를 부여한다. 본 연구에서는 유역면적, 인구밀도, 저수용량, 보호지역면적, 상수취수량과 같은 평가지표들을 무차원할 때 이와 같은 방법을 적용하였다.

$$Z = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}; Z = \frac{X_{\max} - X}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

$$Z = \frac{1 - c}{X_{\max} - X_c} \times X + \frac{c(X_{\max} - 1)}{X_{\max} - X_c} \quad \text{if } X \geq X_c \quad (2)$$

$$Z = \frac{c}{X_c - X_{\min}} \times X + \frac{c \times X_{\min}}{X_c - X_{\min}} \quad \text{if } X < X_c \quad (3)$$

여기서,  $X$ 는 항목값  $X_{\max}$ 는 최대값,  $X_{\min}$ 는 최소값을 나타낸다. 또한,  $c$ 는 최소값을 나타내는 지표의 기본점수,  $X_c$ 는 최소값을 나타내는 지표를 나타낸다.

#### 3.2 세부기준과 하천평가지수의 산정

하천중요도, 하천관리능력, 하천관리상태와 같은 세부기준은 무차원화된 평가지표들의 값에 가중치를 적용하여 그 값들을 산정한다. 각 평가지표들의 가중치는 설문조사를 통하여 얻은 평가지표들 사이의 상대적인 중요도를 사용하였다. 식 (4)는 평가지표들의 가중치를 적용하여 각 세부기준들을 산정하는 방법을 나타낸 것이다.

$$DWR = \sum_{i=1}^7 wr_i NR_i; DMC = \sum_{i=1}^2 wc_i NC_i; DSM = \sum_{i=1}^4 wm_i NM_i \quad (4)$$

여기서,  $wr_i, wc_i, wm_i$ 는 각 세부기준을 구성하는 평가지표들의 가중치,  $NR_i, NC_i, NM_i$ 은 각각 하천중요도, 하천관리능력, 하천관리상태 세부기준의 평가지표들을 무차원화한 값,  $DWR, DMC, DSM$ 은 각각 하천중요도, 하천관리능력, 하천관리상태 세부기준을 산정한 값을 나타낸다.

국가하천지정 우선순위결정을 위한 하천평가지수는 하천중요도, 하천관리능력, 하천관리상태 세부기준을 산정한 값에 가중치를 고려하여 식 (5)와 같이 산정한다.

$$IER = \frac{wwr \times DWR + wmc \times DMC + wsm \times DSM}{wwr + wmc + wsm} \quad (5)$$

여기서,  $wwr$ ,  $wmc$ ,  $wsm$ 는 각 세부기준의 가중치,  $IER$ 은 하천평가지수를 나타낸다.

### 3.3 대상하천의 등급분류 및 국가하천지정의 우선순위결정

본 연구에서는 국가하천지정 우선순위를 결정하기 위하여 대상하천들을 하천평가지수의 하천 중요도 세부기준을 사용하여 8개의 등급으로 구분하고 하천평가지수 값의 상대적 크기를 고려하여 각 등급내 하천들의 우선순위를 결정하였다. 하천중요도 세부기준을 사용하여 대상하천들을 등급으로 분류하기 위하여 이들의 적정확률분포를 선정하고 이들의 초과확률(PE)을 사용하여 식 (6)과 식 (7)과 같이 A~H 등급으로 8등분하였다.

$$A: PE < 12.5\%; B: 12.5\% \leq PE < 25\%; C: 25\% \leq PE < 37.5\%; D: 37.5\% \leq PE < 50\% \quad (6)$$

$$E: 50\% \leq PE < 62.5\%; F: 62.5\% \leq PE < 75\%; G: 75\% \leq PE < 87.5\%; H: PE \geq 87.5\% \quad (7)$$

자료의 적정 확률 분포형을 검정하는 방법에는 자료를 확률지에 도시하여 직선에 가깝게 나타나는가를 판별하는 방법과 자료군의 계급구간별 빈도를 계산하여 상대도수분포도를 작성하여 이론적 확률분포의 밀도함수와 정량적으로 비교하는 적합도 검정이 있다. 확률지를 이용하는 방법은 도식적으로 자료의 확률을 비교하는 방법이다. 본 연구에서는 적합도 검정 중 일반적으로 많이 사용하는 K-S 검정과  $\chi^2$  검정을 사용하였다.

## 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 개정된 하천법에 의거하여 지방하천들 중에서 국가하천으로 지정하기에 적합한 하천들을 선별하여 이들의 관리등급을 조정하기 위한 방법론을 개발하였다. 하천관리등급조정의 우선순위를 결정하기 위한 하천평가에 다기준의사결정법을 적용하였다. 개발된 방법론에서는 세부기준을 하천중요도, 하천관리상태, 하천관리능력으로 구분하였으며, 지형 및 수문학적, 사회 및 경제적, 환경적 측면에서 세부기준들을 평가할 수 있는 지표들을 선정하였다. 또한, 수자원 분야 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하고 계층적 분석기법을 사용하여 평가기준들과 평가지표들의 상대적 중요도를 결정하였으며, 이들을 분석한 결과, 하천중요도가 다른 평가기준들 보다 월등히 높은 중요도를 나타냈다.

### 감사의 글

본 연구는 2008년 한국수자원공사에서 시행한 “국가하천 지정 및 관리방안 연구”의 연구비지원으로 수행된 것입니다.

### 참 고 문 헌

1. 강민구, 이광만(2006). 수자원의 지속가능성 평가 지수 개발과 구성 요소의 중요도 평가, **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제39권, 제1호, pp. 59- 68.
2. 김우구, 이광만, 박두호(2006). MCDA 기법을 이용한 댐사업의 투자우선순위결정, **한국수자원학회논문집**, 제39권, 제12호, pp. 1067-1080.
3. 박봉진(2005). 하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도평가: I. 평가방법의 제안, **한국수자원학회논문집**, 제38권, 제1호, pp. 37-48.
4. 박태선(2002). 계층화 분석법을 이용한 하천의 중요도 평가 기법, **한국수자원학회 논문집**, 제35권, 제6호, pp. 685-692.