

AHP를 이용한 하천자연도평가법 개선

The Evaluation of River Naturalness Improvement Using AHP

조홍제*, 윤종춘**, 황재호***, 이동영****

Cho Hong Jae, Yoon Jong Chun, Hwang Jae Ho, Lee Dong Young

요 지

하천생태계의 서식처 기능을 회복하기 위해 하천의 환경적인 측면에서 건전성을 평가하여 하천환경정비의 방향을 제시하기 위해서는 하천의 자연도를 평가해야 한다. 따라서 본 연구에서는 국내·외의 하천자연도평가에 관한 방법을 조사하였다. 한편 하천의 특성은 하천 고유의 성질이므로 하천 간에 자연도를 상호 비교하는 것 보다는 하천구간별로 자연도를 평가하는 것이 타당하다.

따라서 본 연구에서는 하천별 특성을 반영하여 하천 형태와 하천 환경에 따른 하천자연도 평가항목을 선택하고 평가항목별 가중치를 부여하기 위하여 계층분석과정(Alytic Hierarchy Process, AHP)을 적용하였다.

계층분석과정의 쌍대비교를 사용하여 하천자연도 평가항목별 상대적 중요도를 정량화하였고 지방하천인 회야강 22개 구간에 적용하여 분석한 결과, 회야강의 하천자연도는 기존 방법을 적용하는 경우 2.96점에서 가중치를 적용하는 경우 2.86점으로 산정되었다. 한편 구간별로 기존 방법과 개선된 방법의 산정결과를 비교하면, 2등급 1개, 3등급 10개, 4등급 10개, 5등급 1개에서 2등급 1개, 3등급 14개, 4등급 6개, 5등급 1개로 산정되었다.

본 연구 결과를 하천기술자가 하천환경정비계획을 수립하는 업무에 채택하는 등 실무에 적용하는 경우 매우 유용할 것이다.

핵심용어 : 하천환경정비, 하천자연도평가, 계층분석과정, 쌍대비교

* 정회원 · 울산대학교 건설환경공학부 교수 · E-mail : hjcho@ulsan.ac.kr

** 정회원 · (주)삼안 차장 · E-mail : hydro0337@hanmail.net

*** 정회원 · ES다산 대표 · E-mail : stream@ulsan.ac.kr

**** 정회원 · 울산대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail : aizimdw@hanmail.net

1. 서론

하천자연도는 하천의 자연스러운 정도를 의미하는데, 하천자연도평가는 인위적인 하천훼손의 영향을 상대적으로 평가하여 하천복원 대상지역을 선정하거나, 하천복원 성과를 평가하는데 활용할 수 있다.

국내외의 하천자연도평가는 미국의 적정기능상대평가(Prichard 등, 1998), 시각적 하천건강성평가법(USDA, 1998), 현장서식처평가서(Barbour 등, 1999), 뉴질랜드의 생태보전가치를 위한 평가(Coller 등, 1992), 일본의 자연도평가(건설성동북지방건설국, 1994), 영국의 하천서식처조사(Environment Agency, 1997), 우리나라의 하천자연도평가지침(한국수자원공사, 2003) 등이 있다.

한편, 박봉진 등(2005)은 하천형태와 하천환경의 2개 부문에 대하여 각 7개 평가항목, 총 14개 항목으로 구성되는 하천자연도평가법을 제안하였고, 안태진(2007)은 박봉진 등의 연구 결과에 국립방재연구소에서 제안한 부착미생물항과 수서동물항을 추가한 16개 항목으로 구성되는 하천자연도평가법을 제안한 바가 있다.

박봉진 등의 연구 결과에서는, 평가항목에 동일한 중요도를 적용하여 하천자연도를 평가하도록 하고 있다. 이 경우에는 하천별 특성을 적절히 반영하지 못하거나, 하천복원 성과를 적절히 표현하지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 박봉진 등의 평가방법 및 평가기준을 채택하되, 평가항목별 상대적 중요도를 산정하기 위하여 계층적 분석기법의 쌍대비교 원리를 적용하였고, 회야강 마스터플랜(조홍제, 2008)에서 산정한 하천자연도평가 결과와 비교하였다.

2. 하천자연도평가

박봉진 등은 하천의 환경기능 중에서 가장 기본적인 것이 생물서식처 기능이며 진정한 의미의 하천복원은 서식처의 복원에 있음을 고려하고, 평가에 소요되는 비용 및 시간과 하천변화에 대한 평가정도, 생태계의 포용정도, 하천 복원시 공학적인 연계성 정도를 고려하여 하천생물서식처의 질을 평가하는 방향으로 표 1과 같은 하천자연도평가 기준 및 표 2와 같은 하천자연도 평가척도를 제안하였다.

표 1. 하천자연도평가 평가부문 및 항목(박봉진 등, 2005)

구분	평가항목	평가지표				
		1	2	3	4	5
하천의 형태	1 수로의 굴곡	하천제방선형의 중심각 60° 이상(만곡의 시점에서 종점이 잘 보이지 않을 정도)수로굴곡 개소수				
		4개소이상	3개소	2개소	1개소	없음
	2 종·횡사주	종·횡방향 사주의 개소수				
		7개소이상	5-6개소	3-4개소	1-2개소	없음
	3 흐름의 다양성	여울과 소의 존재에 따라 종방향과 횡방향으로 물흐름의 다양성				
		매우 큼	큼	적당한	경미한	없음
	4 하상재료	하상에 분포하고 있는 대표적인 하상재료의 구성(지배적인 하상재료)				
	대부분호박돌 일부 조약돌	조약돌과 자갈 혼재	자갈, 모래, 미사(실트) 점토가 복합적인	대부분 실트와 점토	대부분 모래	
5 저수로 폭다양성	자연적인 현상에 의한 저수로의 수면폭(수제역)의 다양한 정도					
	매우 큼	큼	적당한	경미한	없음	
6 저수로 호안공	저수로 호안공의 재료 및 인공화정도					
	호안공이 없는 자연상태	목재등 자연소재와 인공식생호안	사석, 석축과 인공식생호안	사석 또는 석축호안 (투수성호안)	호안블럭, 콘크리트 등 (불투수성 호안)	
7 제방호안재료	제방 호안공의 재료 및 인공화정도					
	인공제방이 없는 경우	인공흙제방(자연 식생, 잔디식재)	버드나무, 목책, 자연석의 혼합제방	사석쌓기(돌망태), 자연형 호안블럭 제방	호안블럭, 콘크리트 등 불투수성 호안제방	

표 1. 하천자연도평가 평가부문 및 항목(계속)

구분	평가항목	평가지표				
		1	2	3	4	5
하천의 환경	8 저수로변식생	저수로변 식생유무와 식물군락의 유형				
		자연적으로 형성된 다양한 식생군락	자연적인 잡초 교목등이 혼합된 경우	일부는 식생 또는 침식으로 없는 경우	자연적인 침식으로 식생이 없는 경우	호안공등으로 식생이 없는 경우
	9 홍수로식생	홍수로(고수부지)의 식생 및 식물군락의 형성				
		자연적으로 형성된 다양한식생군락	자연적인 침식으로 식생이 없는 경우	자연적 식생과 인위적 식생이 공존하는 경우	인위적으로 식생을 조성한 공원, 잔디밭 등	인위적으로 식생을 제거한 경우
	10 제내지 수변구역 토지이용	지배적인 토지이용의 인공화정도(하천제방에서 제내지측으로 500m이내 구간)				
		자연홍수터, 초지나 교목 등의 자연상태	경작지(논, 밭,과수원)	대부분 경작지(2/3), 일부 시가지, 주거지 혼재	일부 경작지, 대부분 주거지 도로 등	대부분 주거지, 도로, 공장, 주차장 등 시가지 형성
	11 제외지 홍수터이용	지배적인 토지이용으로 인공화정도				
		인공식생, 인공구조물이 없는 자연상태	경작지 또는 자연식생	인공식생과 산책로, 자전거도로 등	잔디공원, 운동장 등 투수성시설	주차장, 도로 등 불투수성 인공구조물
	12 횡방향 인공구조물	어류 등의 이동을 방해하는 인공구조물의 존재 및 방해정도				
		횡단구조물 없음	우회보가 있는 경우 또는 경사형 돌보	어류 이동이 가능한 어도가 설치된 보	보의 높이 0.3-0.4m	보의 높이 0.4m 이상 어류이동 완전차단
13 수질(BOD)	물색과 냄새에 의한 분류(강우 등으로 유량이 급격히 증가한 경우: BOD 수질등급에 의한 분류)					
	1등급(수정처럼 맑음)	2등급(비교적 맑음)	3등급(황갈색, 바닥녹조)	4등급(흑갈색, 바닥 안보임)	5등급(먹물색, 악취)	
14 수면폭대 하천폭비	흐름이 비교적 안정된 하천에서 저수로 수면폭 대 하천제방폭비					
	20% 이상	20 ~ 10%	10 ~ 5%	5 ~ 1%	1%이하	

표 2. 하천자연도평가 평가척도(박봉진 등, 2005)

자연도평가등급	지수범위(I)	하천의 상태	의미
1등급	1.0 ≤ I ≤ 1.8	자연스러운	자연상태에 아주 가까운
2등급	1.8 ≤ I ≤ 2.6	비교적 자연스러운	비교적 자연상태에 가깝도록 유지되었지만 부분적으로 제한적인 요인이 있음
3등급	2.6 ≤ I ≤ 3.4	제한적으로 자연스러운	전체적으로 자연상태에 가깝다고 볼 수는 있지만, 제한적인 요인이 많음
4등급	3.4 ≤ I ≤ 4.2	자연스러움이 없는	훼손으로 자연상태가 상당히 희박함
5등급	4.2 ≤ I ≤ 5.0	자연스러움이 거의 없는	극심하게 훼손되어 자연상태가 거의 없는

3. 평가항목별 중요도

박봉진 등은 표 1과 같은 하천자연도평가 기준을 제시하면서 평가항목별 동일한 가치를 적용하였다. 본 연구에서는 평가항목 간의 상대적 중요도를 정량화하기 위하여 Satty(1995)가 제안한 쌍대비교(pairwise comparison)을 적용하였다.

쌍대비교를 위한 평가항목간의 측정수준은 Interval Scale로 표 3과 같이 적용하였다. 한편 평가항목간의 쌍대비교결과는 표 4와 같다.

표 3. 쌍대비교 측정척도

비교수준	매우 중요	중요	보통	중요하지 않음	전혀 중요하지 않음
배점	3	2	1	1/2	1/3

표 4. 하천자연도평가 평가항목 쌍대비교행렬

항목	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	1	0.5	1	1	1	2	1/3	0.5	2	0.5	2	2	3
2	1	1	0.5	1	1	1	1	1/3	0.5	2	0.5	2	2	3
3	2	2	1	1	1	1	2	0.5	0.5	2	1	3	2	3
4	1	1	1	1	1	1	1	1/3	0.5	2	0.5	2	2	3
5	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	2	1	3	2	3
6	1	1	1	1	1	1	1	1/3	0.5	2	1	3	2	3
7	0.5	1	0.5	1	1	1	1	1/3	0.5	2	1	2	1	3
8	3	3	2	3	2	3	3	1	1	2	1	3	2	3
9	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	3	2	3
10	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1/3	1	1	2
11	2	2	1	2	1	1	1	1	1	3	1	3	2	3
12	0.5	0.5	1/3	0.5	1/3	1/3	0.5	1/3	1/3	1	1/3	1	1	2
13	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	1	0.5	1	1	2
14	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	0.5	1/3	0.5	0.5	1

평가항목을 쌍대비교한 결과의 일관성이 있어야 하므로 일관성지수(CI, Consistency Index)를 산정하였으며, 그 결과 CI는 0.0327로 계산되었다. 일반적으로 CI가 0.1이하인 경우 양호한 결과이며, 신뢰성이 매우 높다고 볼 수 있다.

한편, 쌍대비교에 의해 하천자연도 평가항목별 상대적 중요도를 산정한 결과는 표 5와 같다.

표 5. 하천자연도평가 평가항목별 가중치

평가항목	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	합계
Weight	0.068	0.064	0.088	0.067	0.074	0.073	0.062	0.142	0.118	0.040	0.100	0.034	0.043	0.025	1.0

4. 적용

회야강은 울산광역시 울주군과 경상남도 양산시에 위치한 지방하천으로 유역면적 218.34km², 하천연장은 37.70km이다.

조홍제(2008)는 회야강 울주군 구간 27.8km을 22개 구간으로 분할하여 박봉진 등의 하천자연도 평가법을 적용하여 하천자연도를 평가하였으며, 그 결과는 표 6과 같다.

한편, 표 5의 평가항목별 가중치를 적용하여 회야강 22개 구간의 하천자연도를 산정한 결과는 표 7과 같다.

표 6 및 표 7과 같이 평가항목별 가중치 적용 전후의 하천자연도 평가 결과를 비교하면, 회야강의 하천자연도는 기존 방법을 적용하는 경우 2.96점에서 가중치를 적용하는 경우 2.86점으로 산정되었다. 한편 구간별로 기존 방법과 개선된 방법의 산정결과를 비교하면, 2등급 1개, 3등급 10개, 4등급 10개, 5등급 1개에서 2등급 1개, 3등급 14개, 4등급 6개, 5등급 1개로 산정되었다.

표 6. 하천자연도평가 평가결과(조흥제, 2008)

평가항목	구간																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	3	2
2	5	5	5	5	3	4	5	4	1	2	2	3	3	2	4	4	4	5	4	1	3	2
3	5	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	3	1	2	3
4	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
5	5	4	4	4	3	4	4	4	3	3	2	3	4	3	4	3	4	4	3	2	3	3
6	5	4	1	1	1	1	1	2	4	3	4	4	1	1	2	2	2	5	1	1	1	1
7	5	4	3	3	2	5	2	2	5	5	5	5	4	5	3	3	4	5	4	3	4	5
8	5	5	2	2	2	1	1	2	1	4	5	1	2	5	3	2	3	5	1	1	2	2
9	5	1	1	1	3	1	1	3	3	5	5	5	5	5	3	3	3	5	3	1	1	3
10	4	3	3	3	3	2	2	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
11	5	1	1	1	2	1	1	3	3	4	4	1	2	4	2	2	2	4	2	1	1	1
12	1	1	1	1	4	1	1	1	4	2	1	1	5	5	4	5	5	1	5	5	5	5
13	2	2	2	2	3	3	3	4	4	3	3	2	2	4	3	3	2	3	4	3	3	3
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	2	2	1
합계	58	45	38	36	37	35	33	41	44	46	45	40	43	49	43	43	44	52	41	27	35	36
평균	4.1	3.2	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.9	3.1	3.3	3.2	2.9	3.1	3.5	3.1	3.1	3.1	3.7	2.9	1.9	2.5	2.6
등급	5	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	2	3	3

표 7. 하천자연도평가 평가결과

평가항목	구간																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0.342	0.342	0.342	0.342	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273	0.205	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273	0.068	0.205	0.137
2	0.320	0.320	0.320	0.320	0.192	0.256	0.320	0.256	0.064	0.128	0.128	0.192	0.192	0.128	0.256	0.256	0.256	0.320	0.256	0.064	0.192	0.128
3	0.442	0.354	0.354	0.354	0.265	0.354	0.354	0.354	0.354	0.265	0.354	0.265	0.354	0.354	0.354	0.265	0.354	0.354	0.265	0.088	0.177	0.265
4	0.335	0.335	0.335	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.134	0.134
5	0.372	0.298	0.298	0.298	0.223	0.298	0.298	0.298	0.223	0.223	0.149	0.223	0.298	0.223	0.298	0.223	0.298	0.298	0.223	0.149	0.223	0.223
6	0.364	0.292	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073	0.146	0.292	0.219	0.292	0.292	0.073	0.073	0.146	0.146	0.146	0.364	0.073	0.073	0.073	0.073
7	0.309	0.248	0.186	0.186	0.124	0.309	0.124	0.124	0.309	0.309	0.309	0.309	0.248	0.309	0.186	0.186	0.248	0.309	0.248	0.186	0.248	0.309
8	0.712	0.712	0.285	0.285	0.285	0.142	0.142	0.285	0.142	0.570	0.712	0.142	0.285	0.712	0.427	0.285	0.427	0.712	0.142	0.142	0.285	0.285
9	0.591	0.118	0.118	0.118	0.355	0.118	0.118	0.355	0.355	0.591	0.591	0.591	0.591	0.591	0.355	0.355	0.355	0.591	0.355	0.118	0.118	0.355
10	0.159	0.119	0.119	0.119	0.119	0.079	0.079	0.159	0.159	0.159	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.079	0.119	0.119
11	0.199	0.040	0.040	0.040	0.079	0.040	0.040	0.119	0.119	0.159	0.159	0.040	0.079	0.159	0.079	0.079	0.079	0.159	0.079	0.040	0.040	0.040
12	0.034	0.034	0.034	0.034	0.137	0.034	0.034	0.034	0.137	0.068	0.034	0.034	0.171	0.171	0.137	0.171	0.171	0.034	0.171	0.171	0.171	0.171
13	0.086	0.086	0.086	0.086	0.129	0.129	0.129	0.129	0.172	0.172	0.129	0.129	0.086	0.086	0.172	0.129	0.129	0.086	0.129	0.172	0.129	0.129
14	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.051	0.025	0.025	0.025	0.076	0.025	0.025	0.051	0.051	0.025
합계	4.290	3.323	2.615	2.481	2.480	2.331	2.210	2.801	2.825	3.319	3.407	2.818	2.995	3.510	2.985	2.764	3.038	3.888	2.602	1.559	2.165	2.393
등급	5	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4	4	3	2	3	3

5. 결론

본 연구에서는 하천자연도평가법을 개선하여 평가항목별 상대적 중요도를 정량화한 가중치를 산정하였다. 평가항목별 가중치 산정에는 계층분석과정 중 쌍대비교를 사용하였다. 회야강 하천자연도평가에 적용하여 본 결과, 전문가의 직관을 적절히 반영하는 결과를 도출할 수 있었다. 따라서 개선된 방법은 하천실무자가 하천자연도평가에 유용하게 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 박봉진 등(2005). 하천의 생물서식처 복원을 위한 하천자연도평가: I. 평가방법의 제안, 한국수자원학회 논문집, 제38권 제1호, pp. 37-48.
2. 안태진(2007). 소하천 환경조성사업의 평가를 위한 소하천자연도 평가, 한국수자원학회 논문집, 제40권 제5호, pp. 359-372.
3. Thomas L. Saaty(1995). Decision Making for Leaders, RWS Publications.
4. 조흥제(2008). 회야강 마스터 플랜, 울주군, pp. 90-100.