

다양한 침수인자간의 상관관계 분석을 통한 침수위험지역 예측

Study on the Inundation Risk Evaluation by the Relationship Analysis

최성욱* · 전환돈** · 박무종***

Choi, Sung Wook · Jun, Hwan Don · Park, Moo Jong

Abstract

In this study, PROMETHEE(Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) which is one of the multi criteria decision making methods is applied to estimate the relative inundation risk of the urban subcatchment. For this purpose, five factors which have an effect on the inundation risk are selected and used to perform PROMETHEE. Those are elevation average, slope average, density of conduit, population and sediment yields per unit area of each subcatchment. Based on them, PROMETHEE is performed and the relative inundation risk for each subcatchment is estimated. Sensitivity analysis is conducted to evaluate each factor's effect on subcatchment and it is found that suggested method can be used to establish a practical guide to mitigate the inundation.

key words : decision making, inundation risk, PROMETHEE, urban subcatchment, GIS

1. 서론

최근 전 세계적으로 이상기후에 따른 국지성 집중호우의 빈번한 발생과 도시화에 따른 불투수 면적 증가 및 도달시간의 감소 등은 도시유역에서의 내수침수의 발생 위험을 증가시키고 있다. 도시유역내에서 발생하는 침수는 다양한 침수유발인자가 복합적으로 작용하여 발생되어진다. 본 연구에서는 도시유역내 침수 발생의 원인이 되는 다양한 인자들간의 상호작용을 고려한 침수위험지역 평가를 위해 다기준 의사결정기법의 하나인 PROMETHEE를 적용하였다. PROMETHEE는 적용과정에서 차원이 다른 인자들의 데이터 값을 정량화하여 대안들간의 쌍대비교를 통하여 선호지수를 산정한다. 산정된 선호지수를 바탕으로 대안들간의 순위를 도출시키는 방법으로 Brans와 Vincke(1985)에 의하여 구체화 되었다. 도시유역에서의 침수위험도는 수문특성(토지이용특성), 지형특성(유역경사, 유역고도, 관거특성), 인문특성(인구수, 지역의 중요성)등을 종합하여 평가하였으며, GIS를 이용한 공간분석을 통하여 평가기준별 데이터를 추출하였다. 민감도 분석을 이용하여 침수발생에 기여하는 인자를 분석하였다. 연구 대상지역으로는 서울특별시 군자배수구역(약 200ha)을 적용하였다. PROMETHEE의 상대적 침수위험순위를 바탕으로 침수저감 대책수립 시 우선순위를 도출하였으며, 대상 소유역의 침수유발인자를 파악함으로써 선택적으로 제거할 수 있는 방안을 도출하였다.

2. 연구방법 및 적용

2.1 평가기준에 대한 가중치 설정

지역특성에 따른 대상 지역의 소유역에 대한 상대적 침수위험도를 평가하기 위하여 평가기준에 대한 가중치 설정은 필수적이다. 가중치 설정 방법은 의사결정자가 평가기준에 대하여 중요한 순서대로 배열을 한 후 배열순서에 대하여 역을 취하여 가중치를 계산하는 카드배열방법을 적용하였다(Simos J., 1990). 본 논문

* 한서대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : eternity0722@naver.com - 발표자

** 정회원 · 한밭대학교 토목, 환경, 도시공학부 전임강사 · 공학박사 · E-mail : hwanndonjun@gmail.com

*** 정회원 · 한서대학교 토목공학과 부교수 · 공학박사 · E-mail : mjpark@hanseo.ac.kr

에서는 수자원분야의 전문가들을 대상으로 적용유역에 대한 설문조사를 실시하였고, 평가기준들에 대한 가중치는 설문조사를 통해 산정하였으며 표 1과 같다.

2.2 선호함수 및 파라미터 설정

PROMETHEE의 6가지 선호함수 유형 중 침수가능성의 특성을 고려하여 식 1과 같이 V형 선호함수로 선정하였다. 이것은 평가지표가 어느 정도 값 이상으로 커진다고 하여도 침수가능성이 계속적으로 높아지지 않는 특성을 보이기 때문이며 V형 선호함수가 이러한 특성을 가장 잘 나타낸다고 판단되었기 때문이다. V형의 파라미터 설정은 표 2와 같이 각 평가지표의 최대값과 최소값의 차를 사용함으로써 평가지표 범위내에서 설정하였으며, 설정된 각각의 파라미터에 의해 정량화 된다.

$$H(x_h) = \begin{cases} x_h/m, & x_h \leq m \\ 1, & x_h \geq m \end{cases} \quad (1)$$

표 1. 전문가들의 설문조사를 통한 가중치 산정

설문자	평균고도	평균경사	관밀도	인구수	단위면적당 유사발생량	합
1	2	1	4	3	5	15
2	3	1	5	4	2	15
3	5	4	3	2	1	15
4	2	5	4	1	3	15
5	5	4	1	3	2	15
6	1	5	4	2	3	15
7	4	2	3	1	5	15
8	4	3	1	2	5	15
9	2	4	3	1	5	15
10	5	2	1	3	4	15
합계	33.00	31.00	29.00	22.00	35.00	150
가중치	0.220	0.207	0.193	0.147	0.233	1

표 2. 파라미터 설정

	평균고도 EL.(m)	평균경사 (°)	관밀도 (m ³ /m ²)	소유역별 인구수 (명)	단위면적당 유사발생량 (kg/yr/m ²)
MAX	33.25	7.80	0.032	6403	10.01
MIN	14.50	0.89	0.002	50	0.01
Parameters	18.75	6.91	0.030	6353	10.00

2.3 선호지수 계산

본 논문에서의 선호지수 $\pi(a,b)$ 는 표 1에서 산정된 가중치를 고려하여 식 2와 같으며, 대안 a, b의 평가기준의 차에 대하여 의사결정자의 선호 선향을 나타내는 선호함수 $P_h(a,b)$ 와 평가기준별 가중치 w_h 의 곱의 합을 평균하여 나타내었다. 식 2를 이용하여 군자배수분구의 25개 소유역별 선호지수의 산정 결과는 다음의 표 3과 같다.

$$\pi(a,b) = \frac{1}{k} \sum_{h=1}^k p_h(a,b) \cdot w_h \quad (2)$$

표 3. 선호지수

소유역	1	2	3	4	5	6	~	24	25
1	0.000	0.006	0.014	0.008	0.008	0.007	~	0.003	0.027
2	0.033	0.000	0.023	0.013	0.016	0.013	~	0.022	0.034
3	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	~	0.004	0.015
4	0.051	0.029	0.039	0.000	0.024	0.018	~	0.037	0.045
5	0.033	0.013	0.021	0.006	0.000	0.001	~	0.017	0.022
6	0.043	0.022	0.033	0.012	0.013	0.000	~	0.028	0.033
							0.000		
24	0.016	0.008	0.014	0.007	0.006	0.005	~	0.000	0.027
25	0.031	0.011	0.016	0.006	0.001	0.000	~	0.018	0.000

2.4 선호유출량-유입량, 순흐름량 계산

선호유출량($\phi^+(a)$)은 표 3의 행의 합으로, 선호유입량($\phi^-(a)$)은 열의 합으로 나타나며 순흐름량($\phi(a)$)

은 식 3과 같이 선호유출량($\phi^+(a)$)과 선호유입량($\phi^-(a)$)의 차로 계산된다. 산정된 결과는 다음의 표 4와 같다.

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (3)$$

표 4. 선호유출량-유입량, 순흐름량, 우선순위 계산 결과

소유역	선호 유출량	선호 유입량	순흐름량	위협순위	소유역	선호 유출량	선호 유입량	순흐름량	위협순위
1	0.446	0.904	-0.458	20	14	1.243	0.701	0.542	3
2	0.612	0.402	0.209	10	15	0.158	1.142	-0.984	25
3	0.294	0.672	-0.378	19	16	0.638	0.436	0.202	11
4	0.954	0.327	0.627	2	17	0.444	0.953	-0.509	21
5	0.521	0.371	0.150	13	18	0.259	0.842	-0.583	22
6	0.755	0.298	0.457	7	19	0.541	1.367	-0.826	23
7	0.736	0.247	0.490	5	20	0.200	1.151	-0.951	24
8	1.420	0.889	0.531	4	21	0.374	0.619	-0.245	17
9	0.987	0.209	0.778	1	22	0.509	0.412	0.097	14
10	0.564	0.490	0.074	15	23	0.601	0.348	0.253	9
11	0.722	0.335	0.387	8	24	0.471	0.603	-0.132	16
12	0.592	0.435	0.157	12	25	0.408	0.774	-0.366	18
13	0.978	0.500	0.477	6	-	-	-	-	-

3. 결과분석

3.1 민감도 분석

본 연구에서 평균고도, 평균경사, 관밀도가 낮으면, 소유역별 인구수, 단위면적당 유사발생량이 높으면 침수발생위험이 높다고 설정하였다. 따라서, 민감도 분석을 통한 침수발생에 영향을 미치는 인자 분석에 평균 고도, 평균경사, 관밀도의 데이터 값을 10%단위로 증가시켰으며, 소유역별 인구수, 단위면적당 유사발생량은 10%단위로 데이터 값을 감소시켜 침수위험순위의 변화량을 분석하였다. 적용대상 소유역은 1~5위의 침수위험순위 5개 소유역에 이며, 이를 정리한 민감도 분석결과는 그림 1과 같다.

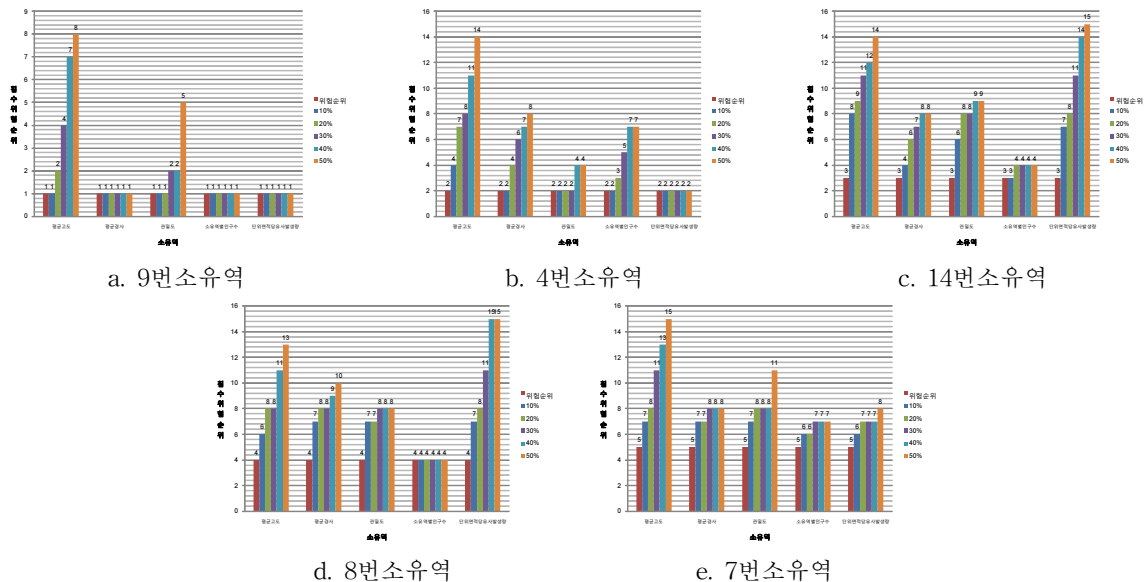


그림 1 민감도 분석 결과

3.2 침수실적 비교

다기준의사결정방법을 적용한 소유역간 상대적 침수위험도와 도시유역내에서 발생되는 유사량을 이용한 침수위험도를 국가수자원관리 종합정보(이하 WAMIS)에서 제공하는 '98년 침수실적과 비교 분석하였다. 비교 결과를 GIS를 이용하여 침수위험도를 작성하였으며 그림 2와 같은 결과가 도출되었다. 표 5와 같이 '98년

실제 침수가 발생한 지역은 대상구역내에서 15개의 소유역이 침수가 발생하였다. 유사 발생에 따른 침수위험 순위는 상위 15개의 소유역중 11개 소유역이 '98년 침수 실적과 일치하였고, PROMETHEE에 따른 침수위험 순위는 상위 15개의 소유역중 13개의 소유역이 '98년 침수 실적과 일치하였다. 본 대상구역의 경우 다양한 인자를 고려한 PROMETHEE에 의한 방법이 단일 인자를 바탕으로 한 침수위험도 평가모델보다 좀 더 나은 결과를 나타냈으며 예측상에 큰 차이는 없는 것으로 판단된다. 또한 '98년 침수실적이 PROMETHEE를 적용한 침수위험순위에서 상위에 밀집해 있는 경향이 나타났으며, PROMETHEE적용 결과 1~5위의 침수위험순위를 갖고 있는 9, 4, 14, 8, 7번의 각각의 소유역의 인자를 민감도 분석을 실시하여 침수위험에 영향을 미치는 인자를 분석한 결과 PROMETHEE에 의한 침수위험순위 1위인 9번소유역의 경우, 평균고도와 관밀도에서 침수위험순위가 낮아졌으며, 나머지 인자는 영향을 미치지 않았다. 침수위험순위 2위인 4번소유역의 경우 단위면적당유사발생량의 경우 영향을 미치지 않았으며, 4위의 8번소유역은 소유역별 인구수가 영향을 미치지 않았다. 3위의 14번소유역과 5위 7번소유역은 5가지 인자모두 영향을 미치고 있다. 위 결과 각각의 소유역마다 침수발생 특성에 대해 차이가 있음을 보이고 있으며, 각각의 소유역에 대해 침수발생에 영향을 가장 많이 미치는 인자를 선택적으로 찾아 제거하는 방법에 적정성이 있다고 판단된다.

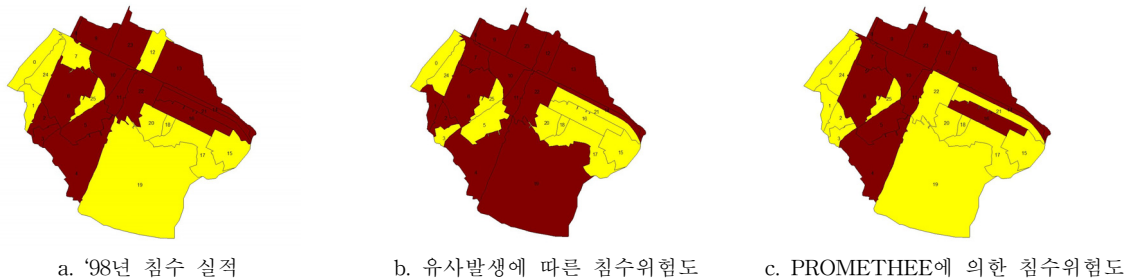


그림 2. 군자 배수 구역의 침수위험도

4. 결 론

다기준의사결정방법을 적용한 도시구역의 차원이 서로 다른 침수유발 인자를 바탕으로 상대적 침수위험도평가 결과 다음과 같은 연구결과를 도출하였다.

- (1) 대상구역의 소유역별 상대적 침수위험순위를 도출하였다.
- (2) 차원이 서로 다른 인자를 바탕으로 침수위험도를 평가하였으며, 실제 침수 지역이 PROMETHEE에 의한 상대적 침수위험순위 상위에 포함되어, 평가방법의 적정성을 확인할 수 있었다.
- (3) 민감도 분석을 통해 소유역별 침수발생에 기여하는 인자를 추출하였으며, 침수발생에 기여하는 인자를 선택적으로 제거하여 도시구역 침수저감 대책수립에 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단됨.

본 연구에 내용을 반영한 침수저감 대책수립시 보다 효율적인 침수대상지역의 관리가 가능할 것으로 판단된다. 향후 보다 객관적인 가중치 결정방법과 5가지 침수 유발 인자외에 구역의 특성을 반영하는 인자에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청에서 출연하고 국가자연재난상황관리기술개발사업에 의한 풍수해 대응체계 고도화 기술개발(NEMA-06-NH-11)의 연구 성과입니다.

참고문헌

1. Brans, J. P. and Vincke, P.(1985) *The A preference ranking organisation method : The PROMETHEE method for MCDM*. Management Science, 31(6), pp. 647~656.
2. Simos, J.(1990) *L'evaluation environnementale : un proces sur cognitif negocié*, These de doctorat, DGR-EPFL, Lausanne, pp.216.
3. 국가수자원관리종합정보시스템(www.wamis.go.kr)