

MD-FDA와 GIS를 이용한 태풍해일 침수지역의 경제성 분석

최 현* · 윤홍주** · 안창환*

*경남대학교 공과대학 토목공학과 · **부경대학교 환경해양대학 위성정보과학과

Economic Analysis of Typhoon Surge Floodplain Using GIS and MD-FDA

Hyun Choi* · Hong-Joo Yoon** · Chang-whan Ahn*

Kyungnam University* · Pukyong National University**

E-mail : hchoi@kyungnam.ac.kr · yoonhj@pknu.ac.kr · survey21c@kyungnam.ac.kr

요 약

본 연구에서는 태풍 “매미” 당시 해일로 인해 가장 큰 피해를 입었던 마산만 지역을 중심으로 최고 극조위에 따른 최대침수구역을 산정하여 실제 침수구역과 비교분석하여 침수모형의 정확도를 분석하고 침수해일의 방어목적으로 제안한 방재언덕등에 대한 다차원 홍수피해 산정방법을 적용하여 경제성 분석을 실시함으로써 이에 대한 타당성 평가 및 방재사업에 필요한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

ABSTRACT

It is essential to establish some systematic counterplans to diminish such damages of large-scale tidal invasion on coastal lowlands considering the recent weather conditions of growing scale of typhoons. Therefore, the purpose of this research is to make the counterplans for prevention against disasters fulfilled effectively based on the data conducted by comparing and analyzing the accuracy between observation values and the results of estimating the greatest overflow area according to abnormal tidal levels centered on Masan area where there was the severest damage from tidal wave at that time.

키워드

ADCIRC, GIS, 태풍해일, 조위

I. 서 론

최근 한반도의 기상상태는 지구온난화에 따른 해수온도상승과 아열대성 기후의 징후를 보이고 있어 내습하는 태풍의 강도가 더 강해지고 있는 추세이다. 특히 2003년 9월 12일 마산시 해안지역에 상륙한 태풍 “매미”는 지금까지 우리나라에서 발생한 가장 큰 연안재해를 기록하였다.

태풍해일의 특성상 만조위와 겹쳐 발생할 경우 비정상적인 최고극조위에 이르게 되며 또한 순간적인 내습으로 예측이 어려워 막대한 피해를 발생시키는데 경남일대의 피해는 사망 70여명, 부상 300여명, 이재민 45,000여명에 이르고, 재산피해 역시 2조 8천억원에 달했다.

따라서 태풍해일에 대한 종합적인 방재시스템 구축과 해일피해를 대비한 세부구역별 대책수립이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 태풍 “매미” 당시 해일로 인해 가

장 큰 피해를 입었던 마산만 지역을 중심으로 최고침수지역을 산정한 후 실제침수지역과 비교분석하여 그 정확도를 분석하였다. 그리고 경제성 분석을 위하여 「치수사업 경제성분석 개선방안 연구」의 방법을 보완한 「치수사업 경제성분석 방법 연구-다차원 홍수피해 산정방법-; MD-FDA」를 적용하여 보다 정량적인 홍수피해액 산정 및 경제성 분석을 실시하였다.

II. 본 론

다차원 홍수피해산정법에서는 침수지역내의 피해자산을 구하여 침수심에 맞는 피해율을 고려하여 직접피해를 산정하는 방법이다. 직접피해액 항목은 크게 ①인명피해액 ②건물피해액 ③건물내용물피해액 ④농경지피해액 ⑤농작물피해액 ⑥사업소 유형·재고자산피해액 ⑦공공시설피해액의 7가지로 분류된다.

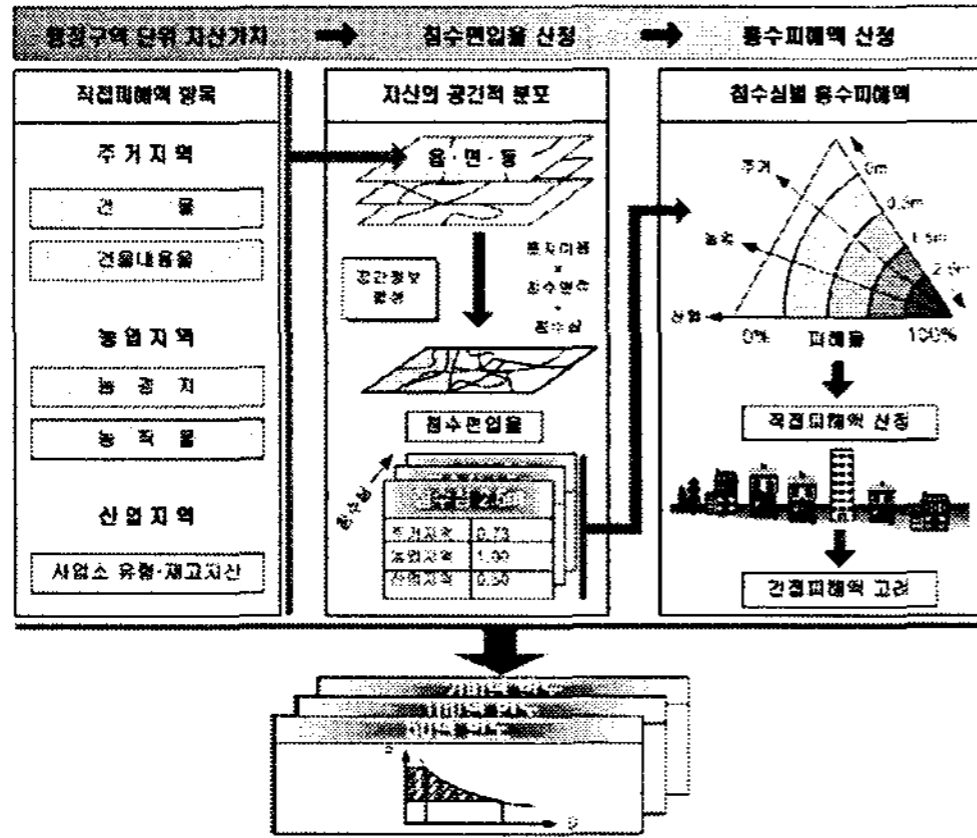


그림 1. 다차원 홍수피해액 산정방법

침수피해액의 산정은 식 (1)과 식 (2)와 같다. 식 (1)에서 산정한 주거지역, 농업지역, 산업지역에 대한 일반자산 피해액에 인명/이재민 피해액, 공공시설물피해액을 고려하여 식 (2)와 같이 총 피해액을 계산한다. 일반자산 피해액은 침수면입율과 침수피해율을 고려하여 산출하고, 공공시설물 등의 피해액은 (일반자산피해액)×1.694(일본에서 사용하고 있는 비율)로 산정하며, 인명 피해액은 개선법(건설교통부, 2001)에 제시한 방법을 사용한다.

$$M_i = \sum_{i=1}^n [RD_i + AD_i + ID_i] \quad (1)$$

$$R = (1 + a) M_i + P \quad (2)$$

여기서, M_i : 일반자산피해액

RD_i : 건물, 건물내용물 피해액 함수

AD_i : 농경지, 농작물 피해액 함수

ID_i : 사업체유형, 재고자산 피해액함수

n : 해당 읍면동 개수

a : 공공시설물 피해액의 비율

R : 직접피해액

P : 인명피해액

여러 가지 투자계획 중에서 하나를 선택하거나 또는 최적규모로 결정된 시설에 대한 경제성 평가를 위해서는 일반적인 기준이 필요하다. 이러한 기준을 평가기준(Evaluation Criteria), 평가지표(Evaluation Indicator) 또는 투자기준(Investment Criteria)이라고도 하며, 아래 식 (3)~(6)과 같이 순현재가(NPV; Net Present Value), 편익·비용비(B/C; Benefit-Cost ratio), 내부수익율(IRR; Internal Rate of Return)의 세 가지가 주로 이용되고 있다.

$$NPV = \frac{B_0 - C_0}{(1+r)^0} + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t} \quad (3)$$

투자의 분석기간(n)이 끝나 후에 자산의 잔존 가치(residual value)가 남아있다면 고려하여야 하므로, 이 경우의 순현재가는 식(4)과 같이 계산된다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \left[\frac{NB_t}{(1+r)^t} \right] + \frac{S_n}{(1+r)^n} \quad (4)$$

여기서, S_n 은 감가상각비를 고려한 잔존가치

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (5)$$

$$\frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (6)$$

여기서, B_t : t 차년도에 발생하는 편익

C_t : t 차년도에 발생하는 비용

n : 분석기간

NB_t : t 차년도에 발생하는 순편익 또는 순가(= $B_t - C_t$)

r : 할인율

다차원 홍수피해산정법은 기존의 경제성 분석에 대한 단점을 보다 구체적이고 일괄적으로 해결할 수 있는 방안을 제시하였다고 평가받고 있으며, 간략한 절차로 쉽게 피해액을 산정할 수 있는 장점은 있으나 적용항목이 구체화된 만큼 전처리 과정 및 피해액 산정과정에서 다소 복잡해진 단점이 있다.[3]

본 연구에서는 이를 보완하기 위하여 그림 4의 과정과 같이 GIS를 활용하여 예상침수구역을 보다 쉽게 산정할 수 있도록 하였으며, 각 피해편의 항목은 통계청의 자료와 연구대상지역의 통계연보, 재해백서등을 활용하여 효율적이고 일괄된 분석이 가능하도록 하였다.

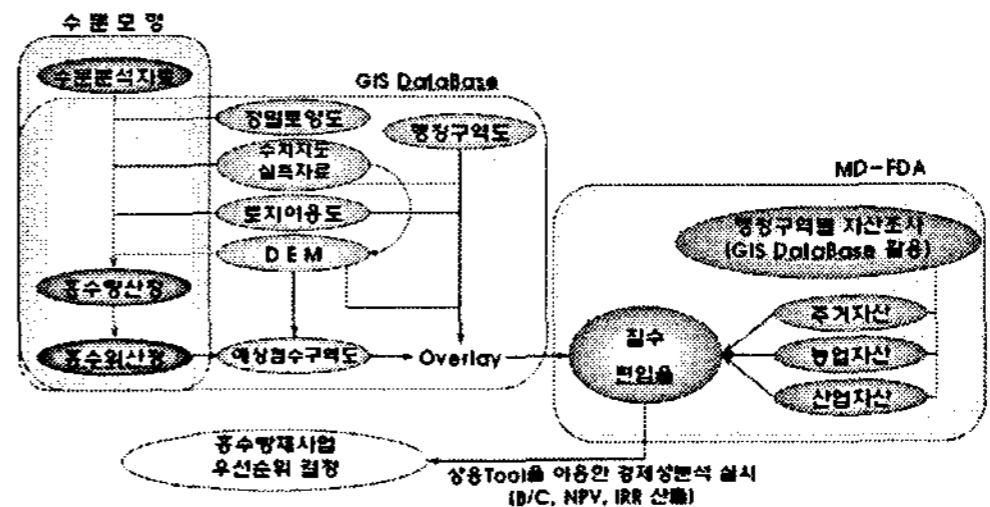


그림 2. GIS를 적용한 다차원홍수피해산정법 적용과정

III. 수치실험에 대한 결과

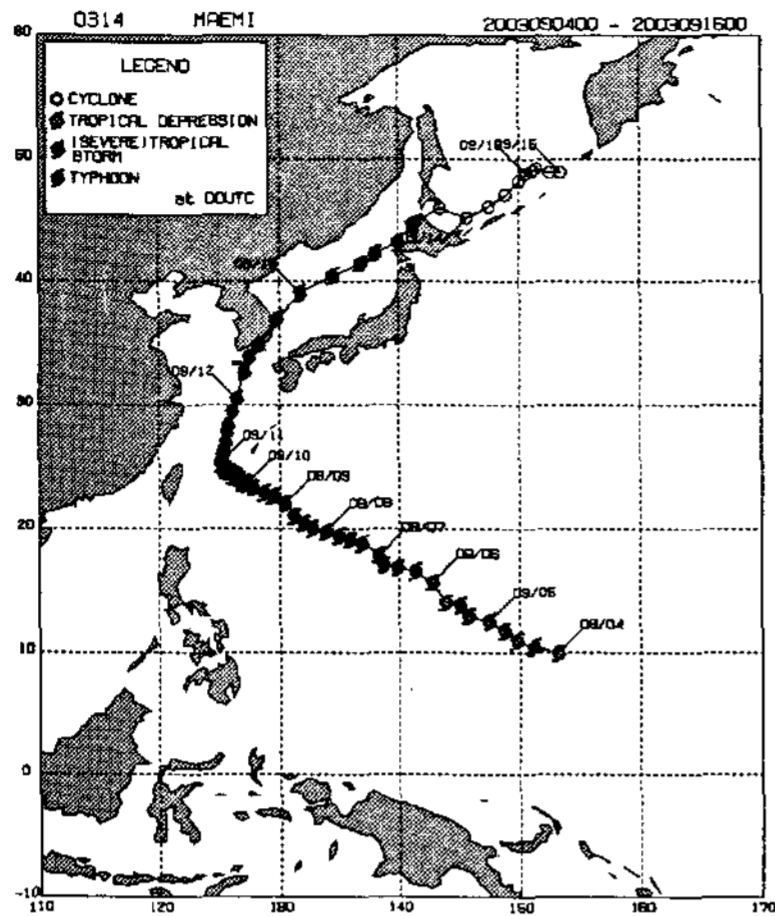


그림 3. 태풍 "매미" 이동경로

아래 그림은 ADCIRC 모형을 이용하여 태풍 "매미"를 시뮬레이션한 후 얻은 기압분포, 수심분포, 풍향을 도해적으로 표현하였다.[4]

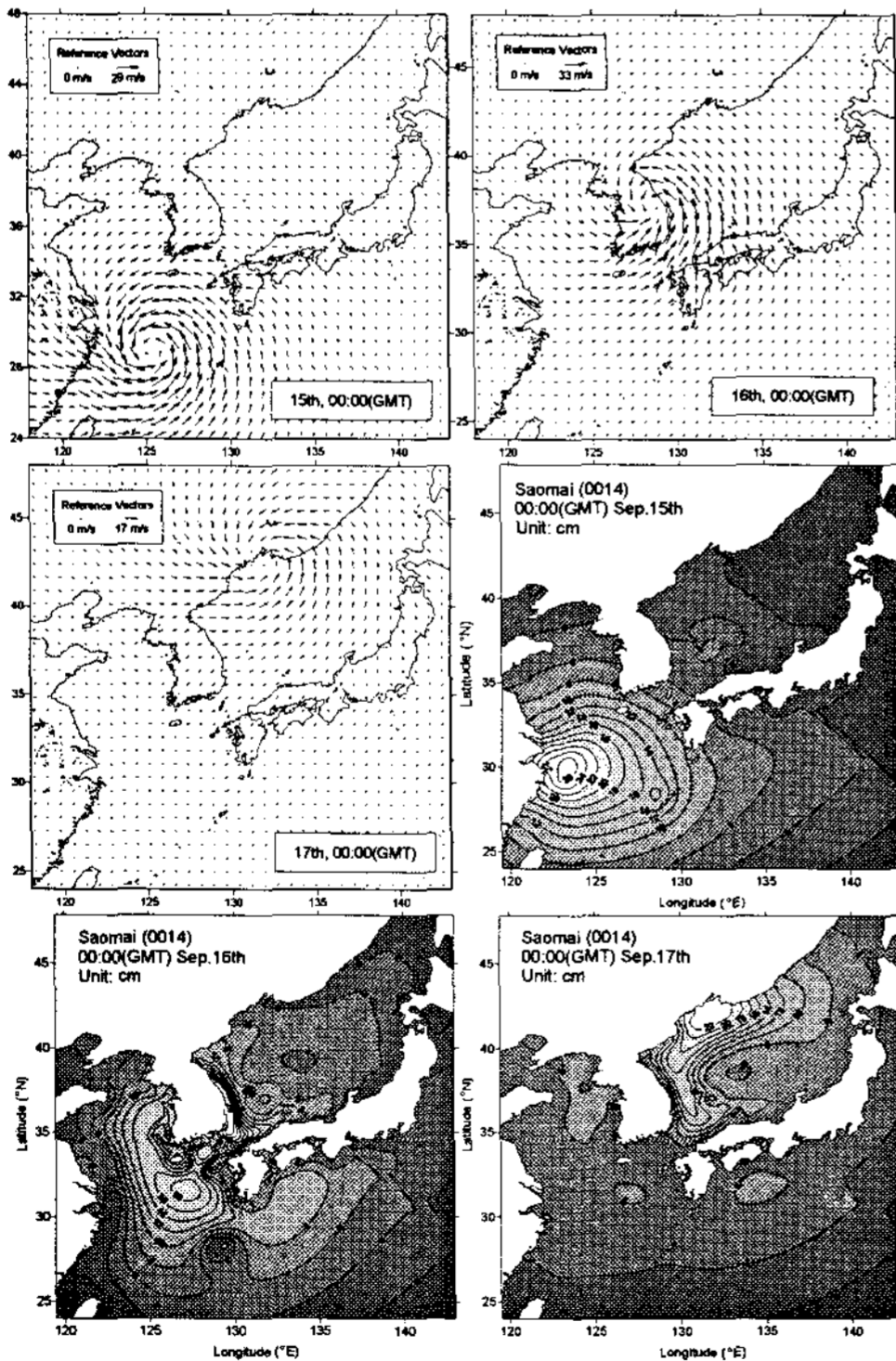


그림 4. 태풍 "매미" 해상풍 및 해일 추산

조석별 최대침수구역을 산정하기 위하여 마산지역의 1:1,000 수치지도를 이용하여 DEM을 구성한

후 이를 이용하여 조위별 최대침수구역을 산정한 후 실제 관측치와 비교분석하였다.[4]

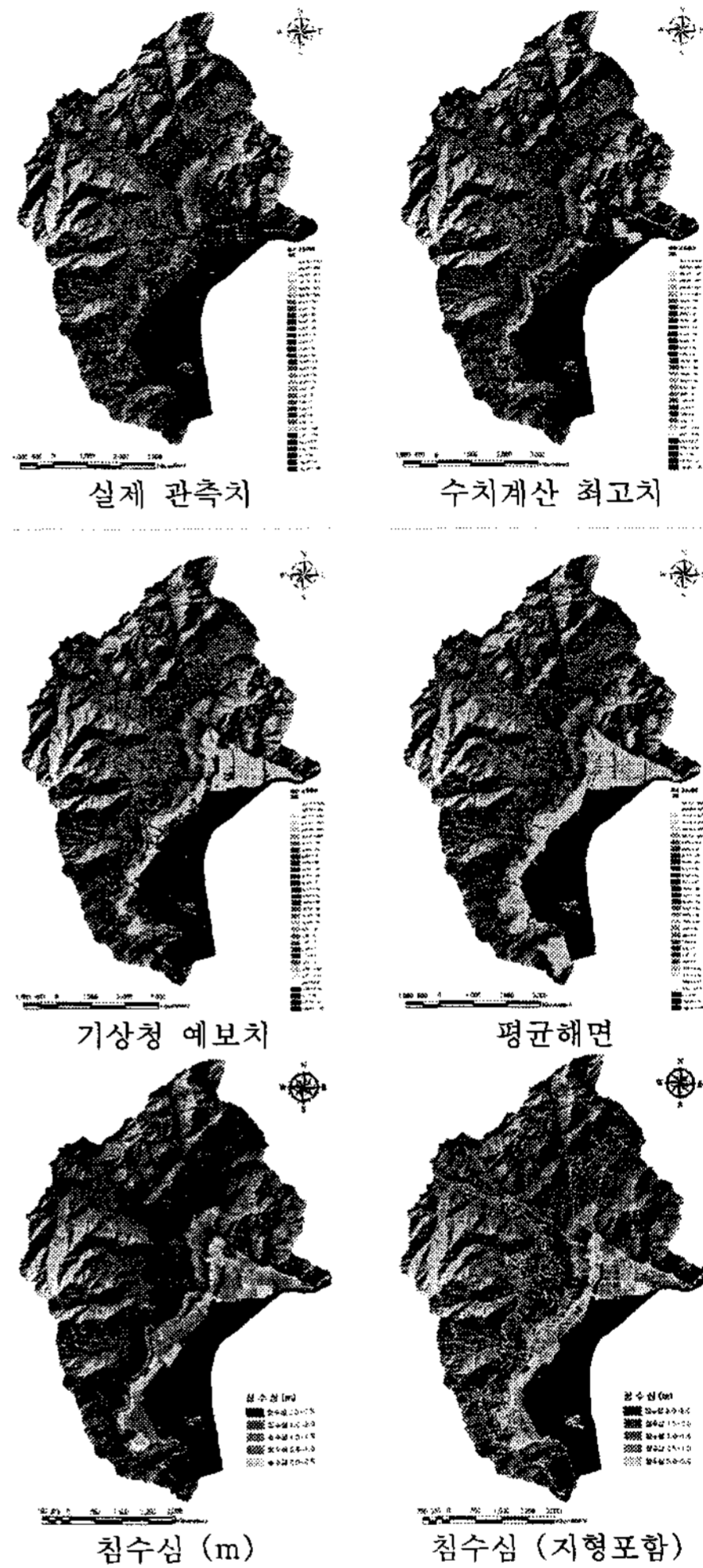


그림 5. 조석별 최대침수구역 비교

IV. 경제성 분석

구체적인 편익·비용분석의 기준 또는 지표로는 편익·비용비(B/C ratio; Benefit-Cost ratio), 순현재가(NPV; Net Present Value) 및 내부수익률(IRR; Internal Rate of Return)과 같은 기법들이 이용되고 있는데 적용하는 목적과 투자사업의 특성에 따라 각각 장단점을 갖고 있다. 이러한 평가방법은 투자사업을 평가하는데 서로 배타적인 개념이 아니라 보완적인 기준으로 쓸 수 있다. 경제성 분석의 근본적인 목적은 국가경제의 전체적인 입장에서 사업의 타당성을 분석하는 것이다. 이를 위해서는 사업 전후의 각종 편익과 비용을 추정한 후, 순현재가치(NPV, Net Present Value), 내부수익률(IRR, Internal Rate of Return), 비용편익비

(B/C, Benefit-Cost ratio)등의 경제성 평가지표를 활용하여 경제성을 평가한다. 본 연구대상지역의 각 빈도별 예상침수지구의 경제성분석을 실시하여 침수사업의 우선순위를 결정하였다. 따라서 본 연구의 침수사업 우선순위 결정은 위의 3가지 기법중 여러 가지 사업을 객관적인 입장에서 비교할 수 있는 비용편익비(B/C, Benefit-Cost ratio)를 적용하였다.

태풍해일로 인한 침수지역은 연구대상지역의 분석을 통하여 법정동을 기준으로 10개 지구로 구분하였으며, 분석기준년은 100년빈도이고 각 지구당 침수면적 분석은 ArcGIS를 이용하였고, 인구, 세대수, 자산등은 마산시 통계년보와 재해연보를 참조하여 비교분석하였다.

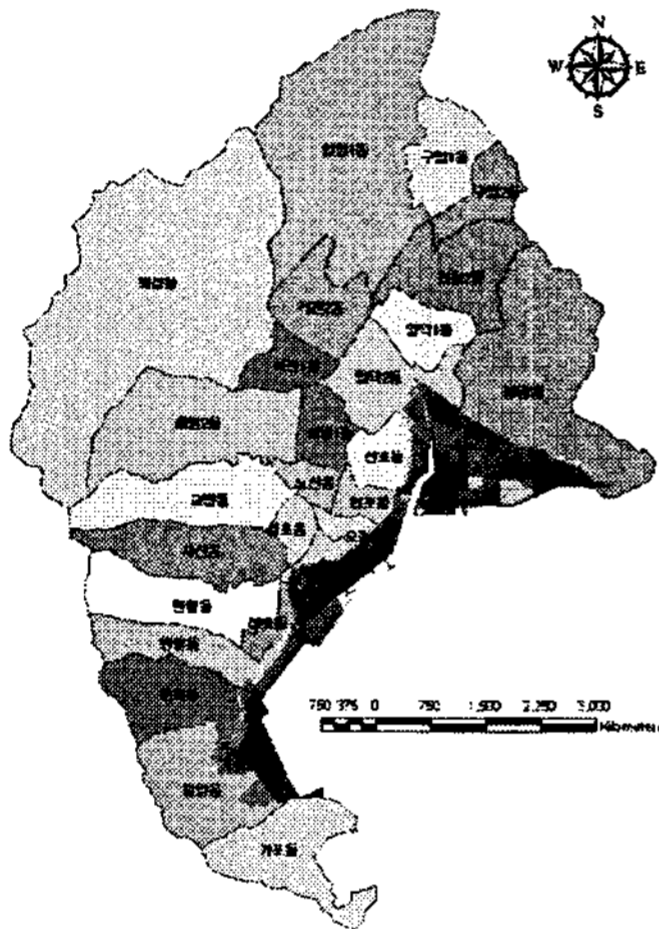


그림 3. 지구별 침수면적(법정동 기준)

아래 표 1은 법정동을 기준으로 나눈 지구별 침수심을 나타낸 것이다.

표 1. 지구별 침수심

지구명	침수심(m, ha)			
	0.0~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0
월영동	10.34	3.54	22.14	41.15
문화동	2.07	3.82	13.30	0.20
반월동	4.35	7.91	12.71	0.00
중앙동	1.01	1.05	1.78	0.00
동서동	0.00	2.51	44.63	15.69
오동동	0.89	1.82	9.09	10.50
합포동	1.82	2.27	10.07	0.50
산호동	4.42	3.01	10.31	3.20
양덕2동	5.03	4.34	14.16	10.14
봉암동	20.52	7.10	152.84	14.85

본 연구의 사업대상지구내에 100년 빈도를 적용 하였을때 침수사업의 우선순위로 선정하였으며 결과는 아래 표 2과 같다.

표 2. MD-FDA를 이용한 침수경제성분석 및 침수사업 우선순위 결과

지구명	B/C	NPV	IRR	순위
월영동	1.327	12032.94	8.198	1
문화동	1.083	2224.59	6.578	4
반월동	1.193	4554.63	7.324	3
중앙동	0.662	-14019.5	3.393	9
동서동	1.005	223.85	6.039	6
오동동	1.208	5393.28	7.422	2
합포동	1.013	400.97	6.094	5
산호동	0.953	-1621.18	5.663	7
양덕2동	0.738	-12356.1	4.024	8
봉암동	0.562	-24807.2	2.491	10

V. 결 론

본 연구는 GIS를 이용하여 태풍해일의 침수지역을 분석하였으며, 이를 실제 침수지역과 비교분석한 후 법정동을 기준으로 나눈 지구별 침수심을 산출하고 다차원 홍수피해산정법(MD-FDA)를 이용한 침수경제성 분석을 실시한 것으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, MD-FDA를 이용한 침수경제성 분석을 비용편익비(B/C)에 따라 우선순위를 결정한 결과 인명피해등 실제 침수피해가 가장 크게 나타났던 월영동이 1순위로 나타났으며, 마산만의 가장 안쪽에 위치하고, 상대적으로 재산피해가 작았던 봉암동이 10순위로 나타났다.

둘째, 각 침수면적 및 침수심을 GIS를 이용하여 산정하였고, 이를 이용하여 경제성분석을 실시함으로써 실무에서 적용시 효율성을 높일수 있는 방안을 제시하였다고 판단된다.

셋째, 본 연구에서 수행한 GIS기법과 침수예측을 위한 수리모형의 연계는 예상침수지역의 자료획득 및 처리과정이 복잡한 다차원 홍수피해산정법의 단점을 보완할 수 있었으며, 보다 공간적인 측면에서의 접근이 가능하였다.

참고문헌

- [1] 이재준, 태풍 「매미」 내습시 경남해역의 조석 및 폭풍해일 모의, 국립방재연구소, p6, 2004
- [2] Wheeler M F, Progress Report: Parallelization of ADCIRC3D, CEWES MSRC 98-11
- [3] 이병걸, 안창환, 최현, 홍순헌, GIS와 MD-FDA를 연계한 예상침수지역의 경제성 분석
- [4] 안창환, 최현, 윤홍주, ADCIRC와 GIS를 이용한 태풍해일의 최대침수구역 산정, 한국해양정보통신학회 춘계학술발표회, pp917~920, 2007