

Radar Network Analysis System (RNAS)의 개발 (I)

- 프로그램의 기본 개념 -



윤강훈 >

한국건설기술연구원 수석연구원, 공학박사

1. 서론

현대 수문학에서 강우레이더의 중요성은 아무리 강조해도 모자람이 없다. 본고에서는 국가차원에서 강우레이더를 계획, 설치 할때에 최적 방안을 얻는 프로그램에 대하여 논하고자 한다. 강우레이더 설치 후보지의 적정성 조사에서 우선적으로 수행되어야 할 요소는 레이더의 수평시계 확보상태 조사이며, 수평시계의 조사를 위해 컴퓨터 시뮬레이션 기술이 부족하고 수치고도모형(Digital Elevation Model, DEM) 자료가 없었던 과거에는 고축적 지도나 사진 등을 이용한 수작업에 의해 설치 후보지의 적정성을 조사해 왔다. 그러나 과거 방식에 따른 수평시계의 조사에서는 임의 지점을 후보지로 선정한 후 관측 반경 내에 포함되는 산의 높이와 레이더 빔의 높이를 계산하여 비교한 후 차폐 여부를 결정해야 하기때문에 수많은 자료를 수작업으로 만들어야 하고, 또한 여러 번의 시행착오를 거쳐야 평가 결과를 얻을 수 있었다. 그러므로 수작업의 불편함을 개선하고 후보지 적정성 조사의 효율을 높이기 위하여 컴퓨터에 의한 수치분석 방법이 개발되어 왔다. 수치분석 방법은 고해상도의 수치 고도 자료를 이용하여 여러 가지 가능한 상황들을 모의해 볼 수 있으므로 실제 현장에서 조사하고 고려해야 할 많은 사항들을 사전에 효율적으로 고려할 수 있다는 장점이 있다.

한편, 과거에는 수평시계를 포함한 지형, 기상 인자 또는 전파사용 및 접근성 등의 하드웨어 적인 측면에 의해서만 레이더 관측망 및 후



보지가 선정되어 왔다. 이는 해외 선진국의 사례도 마찬가지이며, 과거의 방법은 기상 관측 레이더 설치에는 효율적이거나 유역 홍수 관리 개념의 강우 관측 레이더에는 그 목적에 부합하지 않는 면이 있다.

본고에서는 이상에서 언급되었던 레이더 설치 후보지에 대한 적정성 조사를 효율적으로 수행하기 위해 수치 고도 자료를 이용한 지형학적 차폐 모의 및 구성된 강우레이더 관측망에 대한 홍수관리 적합도 분석을 수행할 수 있는 통합 분석 프로그램인 “레이더 관측망 분석 시스템(Radar Network Analysis System, RNAS)”에 대하여 2회에 걸쳐 소개하고자 한다.

2. RNAS 프로그램의 기본적인 구조

그림 1은 개발된 RNAS 프로그램의 기본적인 구조 및 각 모듈들이 수행하고 분석할 수 있는 기능들을 나타내고 있다.

RNAS 프로그램은 선정 후보지의 수평시계 및 레이더 관측망의 커버리지(coverage)를 조사하기 위한 지형 분석 모듈과 구성 관측망의 홍수관리 효율성을 평가할 수 있는 홍수 분석 모듈의 두 가지로 나눌 수

있다. 지형 분석 모듈은 레이더 빔의 지형학적 차폐 및 수평시계 조사를 위한 지형 차폐율 분석, 5대강 수계별 레이더의 지배도를 나타내는 유역 지배도 분석, 구성된 관측망의 효율성을 나타내는 레이더 중복율 분석 등으로 구성된다. 또한, 홍수 분석 모듈은 레이더 관측망의 선정 시 5대강 유역 단위 및 선정된 각 레이더 사이트에 대한 홍수관리 효율성을 종합적이고 정량적으로 평가하기 위한 것으로써, 평가의 기준이 되는 홍수 영향 인자에는 인구 지수, 자산 지수, 홍수 피해액 지수 그리고 확률강우량 지수가 있으며, 이상의 네 가지 지수들을 통합하여 홍수관리 적합도로 나타내었다.

3. 수치 고도 자료 분석 및 변환

3.1 수치 고도 자료 조사 및 입수

레이더 빔의 전파 과정과 지형에 의한 빔 차폐 효과를 고려하기 위해서 과거에는 고축척 지도를 이용하였으나, 근래에는 컴퓨터 및 그래픽 표시 프로그램의 발달로 수치 고도 자료를 이용하여 지형에 의한 빔의 차폐 효과를 분석하고 있다.

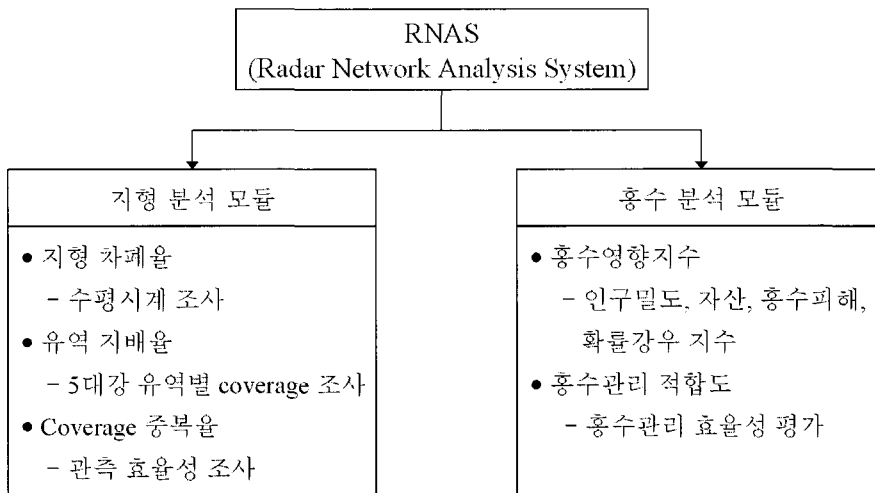


그림 1. RNAS의 구조

수치 고도 자료는 과거에는 고축척 지도 원도를 디지타이저(digitizer)로 스캐닝하여 고해상도의 격자형 수치 고도 자료를 생산하였으나 근래에는 인공위성에 의한 고해상도 지표지형 관측 및 항공 측량이 정밀화되고 일반화 됨에 따라 수치 고도 자료도 이 방법으로 많이 제작되고 있다.

국내에서는 국립지리원이 전국적인 수치지도를 제작하여 판매하고 있으나, 국립지리원의 수치지도는 지형고도뿐만 아니라 기타 행정구역에 관련된 여러 가지 정보가 각각의 레이어(layer)로 구성되어 복잡적으로 제공되기 때문에 수치지도를 가공하여 수치 고도 자료로 변환하는 과정이 다소 복잡하며, RNAS의 지형분석 모듈 개발 목적은 레이다 빔의 전파 및 지형과의 상호작용 모의이므로 단순한 수치 고도 정보만이 필요하다. 그러므로, RNAS의 개발 시에는 1983년 미국 DMA(Digital Mapping Agency)에서 제작되어 우리나라에는 KIST(Korea Institute of Science Technology)를 통해 입수되어 제한적으로 사용되어 오다가 1994년 이후로는 무상으로 제공되고 있는 경위도 3' 크기 격자의 수치 고도 자료를 사용하였다.

우리 나라에서 경위도 3' 자료에 대한 지표면상의 거리는 위도 방향에서는 약 90m이며 경도 방향에서는 약 75m 정도이다. 지구 타원체 표면의 위도는 적도로부터 극까지 등간격으로 구분되어 있어 위도선상 같은 간격의 두 점간 거리는 어느 곳에서나 일정하다. 그러나 경도상의 거리는 위도별도 다른데, 그 이유는 경도선은 모두 극점으로부터 시작하여 다른 극점으로 들어가기 때문이다. 따라서, 각 극점에서는 두 경도간의 거리 차이가 0이며 위도가 0도인 곳 즉 적도에서 최대가 된다. 적도상에서는 경위도 1° 차이의 거리는 서로 동일하고 적도상에서 경도 3'의 거리는 약 90m가 된다. 그러나 적도로부터 극으로 가면서 경도간의 거리가 점차 좁아지므로 같은 경도간의 거리도 점차 줄어들게 되므로, 우리 나라 주변에서 경도 3'간의 거리는 약 75m가 된다. DMA 수치 고도 자료는 경위도 3'의 격자 자료이므로 이를 그대로

평면상에 표출하면 고위도 지방에서는 경도간의 거리가 실제보다 커지게 되는 왜곡 현상이 나타난다. 그러나 RNAS에서는 우리나라 주변의 비교적 적은 영역만을 사용하므로, 왜곡 효과는 크지 않아 이를 무시하고 사용하였다.

3.2 시뮬레이션 영역 설정 및 자료 재구성

지형 분석 및 홍수 분석 모듈의 모의를 위해 수치 고도 자료를 RNAS 프로그램 상에 구현하여 레이다 시뮬레이션 영역을 설정하고 3'단위의 수치 고도 자료를 18'격자 단위의 고도 자료로 변환하여 재구성하였다.

3'단위의 고도 자료를 이용하여 레이다 빔 전파에 관한 시뮬레이션을 수행할 경우 계산해야 할 격자 점의 수와 계산시간이 많이 소요된다. 실제로 레이다 빔의 전파시 가장 중요한 것은 지형의 차폐 현상을 점검하는 것이므로 3'자료로부터 몇 개의 격자점을 묶어 해상도를 낮추어 사용하는 것이 편리하다. 예를 들어, 9'해상도의 자료를 생성하려 한다면 경위도 방향으로 각각 3개씩 즉, 9개의 3'자료로써 만들 수 있

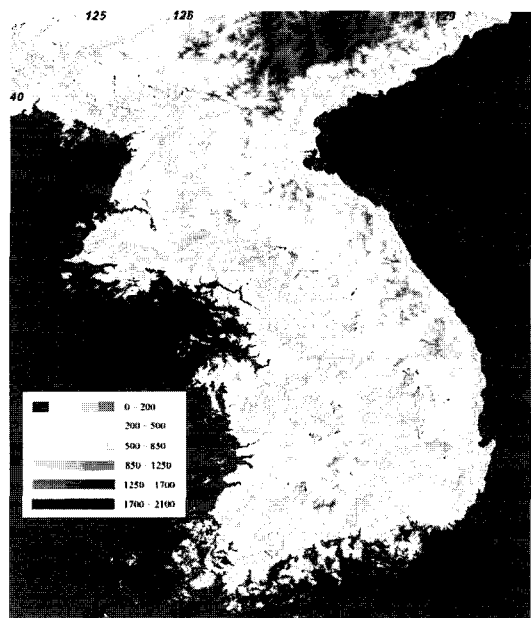
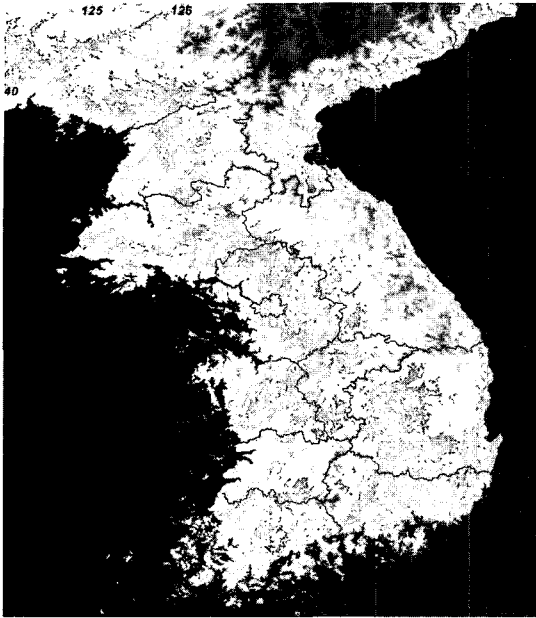
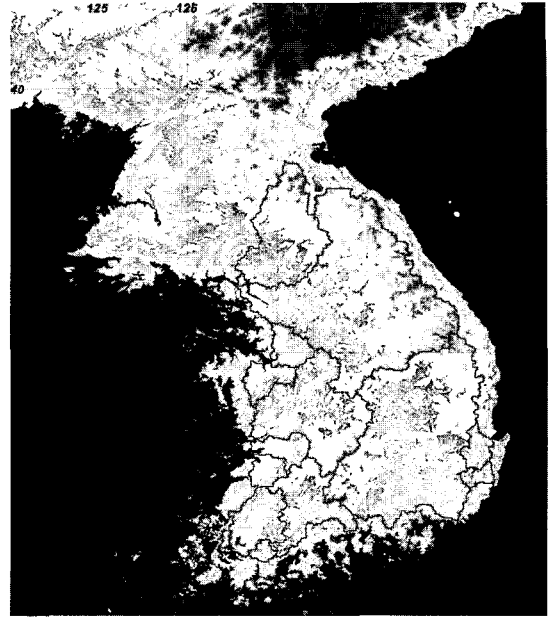


그림 2. RNAS로 구현된 수치 고도 자료



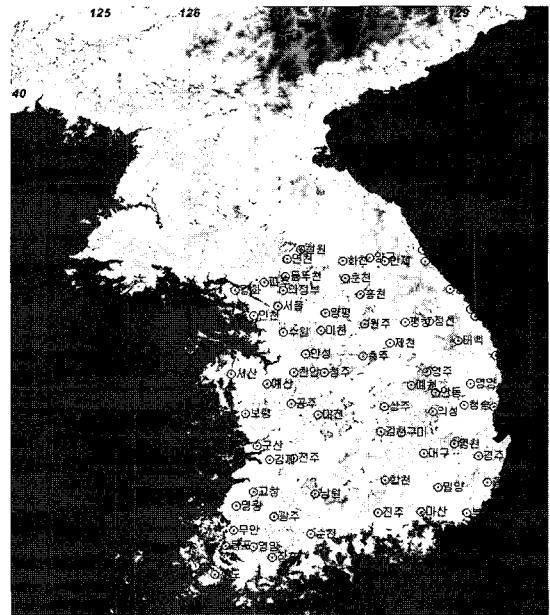
(a) 도 경계



(b) 유역 경계



(c) 주요 산



(d) 주요 도시

그림 3. 수치 고도 자료에 삽입된 4가지 지형자료

으며, 고도값은 9개의 격자 중 고도가 가장 큰 값을 취하여 생성할 수 있으므로 레이더 빔 전파의 측면에서도 고도가 가장 높은 지역에 의한 차폐를 고려할 수 있다. 본 연구에서는 3' 해상도의 고도 자료로부터

18' 해상도의 자료를 재생성 하였으며, RNAS에서 구현한 18' 해상도의 수치 고도 자료는 그림 2와 같다. 또한, RNAS 사용시 레이더 후보지의 지리, 지형, 수문학적 위치 확인을 위해 그림 2의 수치 고도 자료에

도 경계, 유역 경계, 주요 산, 그리고 주요 도시 등 4가지의 지형자료를 각각 삽입하여 구성하였으며, 이는 다음의 그림 3과 같다.

도 경계 및 주요 도시는 행정구역 특성이나 인문 사회적인 특성을 반영하려 하였으며 주요 도시에서는 서울, 부산을 비롯한 74개의 도시를 표시하였다. 유역 경계는 주요 하천수계에 대한 유역지배 상황 및 소유역 관측여부를 조사하기 위함이며, 한강 및 낙동강 등의 5대강 뿐만 아니라 안성천, 형산강, 태화강, 삽교천, 만경강, 동진강, 탐진강 등의 중소하천까지 나타내었다. 또한, 주요 산은 레이더 후보지 선정에 소요되는 노력 및 시간을 단축하기 위해 지형도 상에서 75개의 주요 산을 조사한 후, 수치 고도 자료에 첨가하여 수록하였다.

용된 기본 방정식의 이론 및 알고리즘, 그리고 모의 결과에 따른 보고 기능에 대하여 기술하고자 한다. 전 절에서 언급된 바와 같이 RNAS의 분석기능은 크게 지형 분석 모듈과 홍수 분석 모듈로 나누어 지며, 지형 분석 모듈에서는 레이더 빔 전파 경로 방정식을 사용하여 빔 차폐 모의 기능 및 관측소 위치 및 고도에 따른 빔 차폐의 결과를 도표 및 그림으로 도시할 수 있도록 개발하였다. 또한, 홍수 분석 모듈에서는 구성된 관측망의 홍수영향 지수 및 홍수적합도 산정 알고리즘을 개발하고 그 결과를 각 5대강 수계 및 전국에 대해 도시하여 관측망에 대한 홍수관리 효율성을 분석할 수 있도록 개발하였다.

4. RNAS 프로그램 개발

본 절에서는 RNAS 구성 모듈의 개발과정에서 사

5. 홍수 분석 모듈

홍수 분석 모듈은 레이더 관측망 구성시 지형적 요소 뿐만 아니라 유역 홍수에 미치는 영향 인자들을 고려하고, 그 인자들을 객관적으로 평가함으로써 보

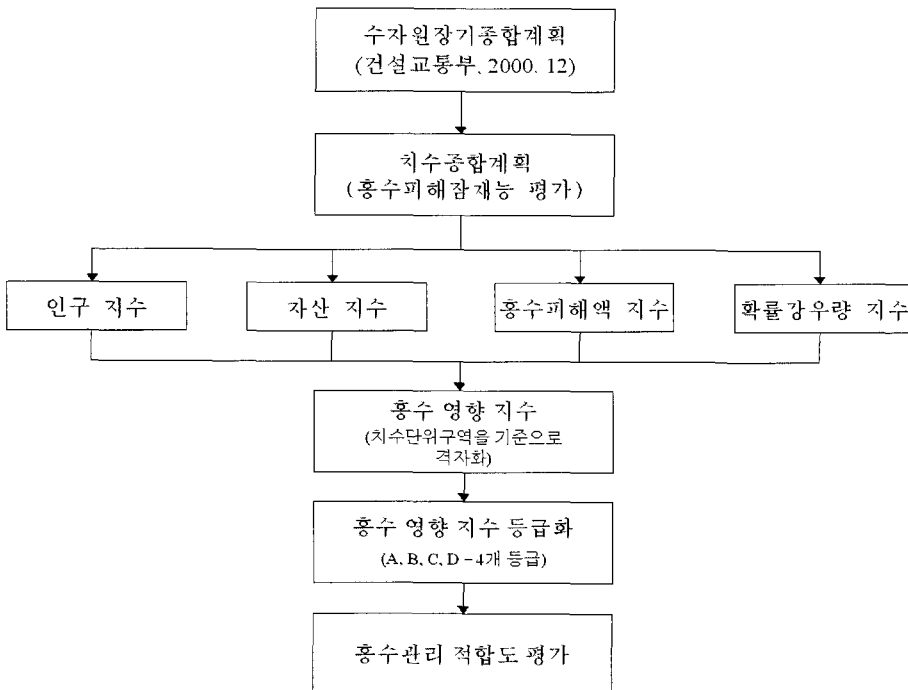


그림 4. 홍수 분석 모듈의 개발 절차

다 합리적이고 정량적인 방법으로 레이더 관측망에 대한 홍수관리 효율성을 검토하는데 그 목적이 있다. 우선, 유역 홍수에 미치는 영향 인자들은 건설교통부(2000) “수자원장기종합계획”의 홍수피해잠재능 산정 지수를 사용하여 A, B, C, D의 네 가지 등급으로 분류하였다. 또한, 등급화되고 분류된 홍수 영향 지수들을 가중치에 의해 통합하여 홍수관리 적합도를 산정하였으며 그림 4는 홍수 분석 모듈의 개발 절차를 나타내고 있다.

1) 홍수 영향 지수의 산정(수자원장기종합계획, 건설교통부)

(가) 인구 지수

인구 지수는 시군별 인구현황으로 치수단위 구역별 단위면적당 인구밀도를 다음과 같이 산정하였다.

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{단위구역별} \\ \text{인구밀도 현황} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{l} \text{단위구역별 해당시군} \\ \text{인구밀도 현황} \end{array}} \times \boxed{\begin{array}{l} \text{시군별 단위구역} \\ \text{편입면적비} \end{array}} \div \boxed{\begin{array}{l} \text{단위구역 면적} \end{array}}$$

(나) 자산 지수

자산 지수는 지가공시에 관한 연차보고서(건설교통부)를 통하여 시군별 치수단위 구역별 평균공시지가로 자산을 조사하였다.

(다) 홍수피해액 지수

홍수피해액 지수는 재해연보를 이용, 과거 20년간('79~'98) 시군별 피해항목별 자료를 조사하여 평균 피해액을 산정하여 피해액 밀도로 구성하였다.

(라) 확률강우량 지수

확률강우량 지수는 기상청 관측소 중 관측기간이 20년 이상인 지점을 대상으로, 국가하천 설계빈도인 100년을 기준으로 한국확률강우량도(건설교통부,

2000)를 이용하여 등우선별 강우량을 산정하였다. 이때, 도달시간은 치수단위구역 평균면적 1,181 km²의 도달시간을 고려하여 24시간으로 산정하였다.

2) 홍수 영향 지수의 등급화

그림 5 ~ 그림 8은 건설교통부(2000) “수자원장기종합계획”에서 치수 단위 구역을 기준으로 격자화된 0.00 ~ 1.00 범위의 홍수 영향 지수를 나타내고 있으며, 이를 표 1의 등급화 기준에 따라 A, B, C, D의 네 가지 등급으로 분류하였다. 그림 9 ~ 그림 12에는 등급화하여 분류된 홍수 영향 지수를 각각 나타내었다.

본 절에서는 홍수 분석 모듈에서 기본적으로 사용되는 지수들의 산정방법 및 기준에 대하여 설명하였으므로, 홍수 영향 지수의 홍수관리 적합도로의 산정 방법은 다음 회에 언급할 것이다.

표 1. 홍수 영향 지수의 등급화

A등급	0.76 ~ 1.00	B등급	0.51 ~ 0.75
C등급	0.26 ~ 0.50	D등급	0.00 ~ 0.25

(다음호 계속)

감사의 말씀

본 연구는 건설교통부 수자원국의 '전국강우레이더 설치 및 홍수예경보시스템개선 기본계획수립' 학술연구요역으로 수행되었으며, 정부의 지원과 관심에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부(2002), 전국강우레이더 설치 및 홍수예경보시스템개선 기본계획수립, pp155-192

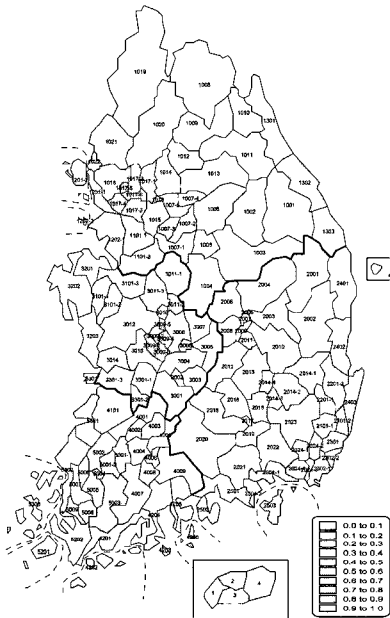


그림 5. 인구 지수의 분포

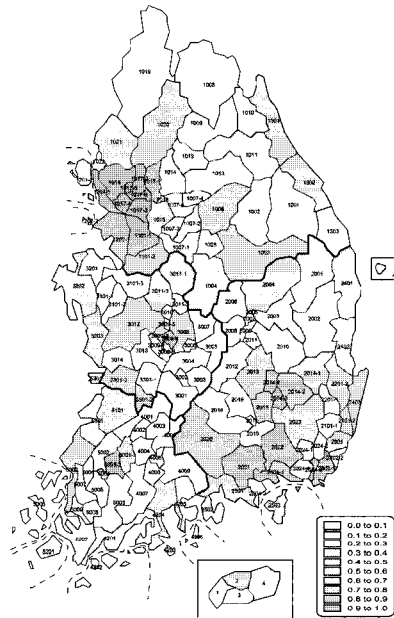


그림 6. 자산 지수의 분포

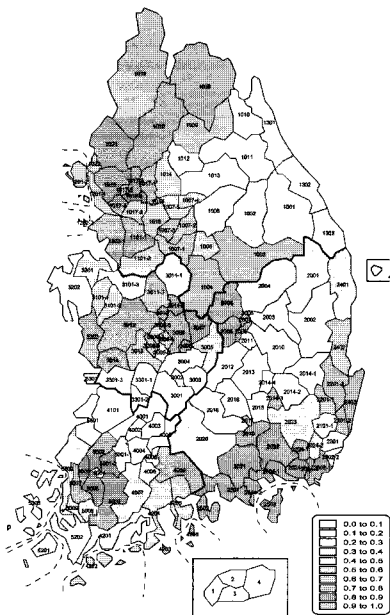


그림 7. 홍수피해액 지수의 분포

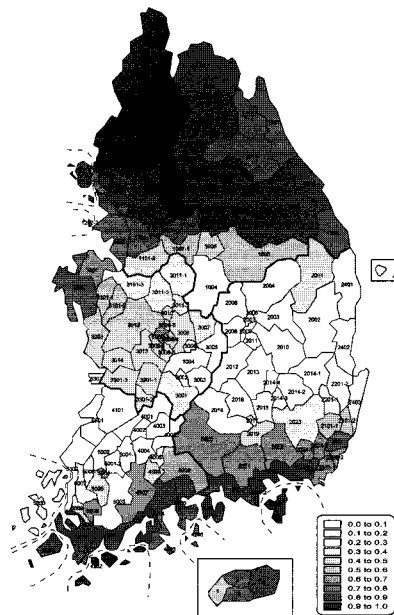


그림 8. 확률강우량 지수의 분포

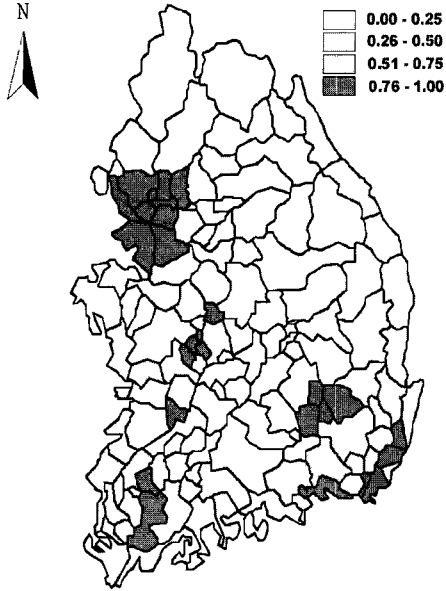


그림 9. 등급화된 인구 지수

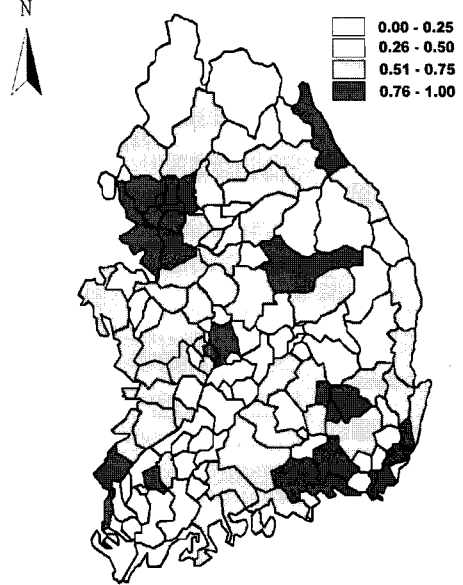


그림 10. 등급화된 자산 지수

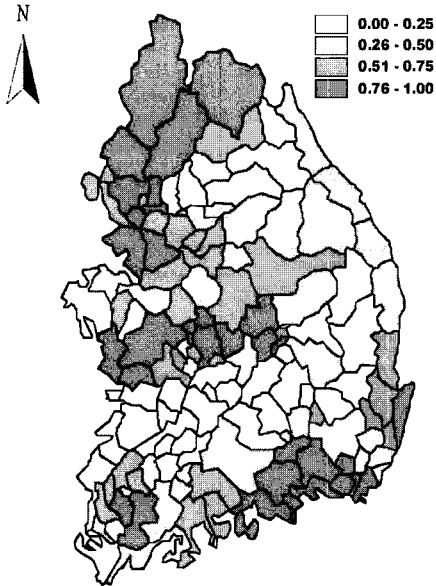


그림 11. 등급화된 홍수피해액 지수

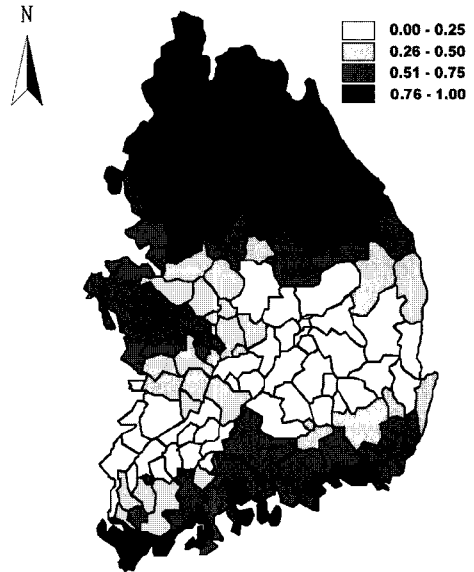


그림 12. 등급화된 확률강우량 지수