

GIS 공간 분석기법을 통한 철도사고위험물질별 피해규모 자동추출방안

A Method to Measure Damage Areas by the types of Railroad Hazardous Material through GIS Spatial Analysis

김상균†
Kim, Sang-Gyun

김시곤*
Kim, Sigon

이원태**
Lee, Won-Tea

ABSTRACT

Due to the industrialization and urbanization, the transport of hazardous materials increases, which rises possibilities in occurring prospective accidents in terms of hazardous material transport as well. This study applied the model developed from the previous research to analyze the scale of damage areas from the accidents related to hazardous material accidents, as well as suggested a method to measure automatically the scale of accident including casualties and environmental damage based on the guideline which suggests the quantities of hazardous materials exposed from an accident and was defined in the study of standardization for hazardous material classification. A buffering analysis technique of Geographic Information System (GIS) was applied for that. To apply the model which evaluates the scale of population and exposure to environment on each link, rail network, zones, rail accident data, rail freight trips, and locations of rivers etc were compiled as a database for GIS analysis. In conclusion, a method to measure damage areas by the types of hazardous materials was introduced using a Clip and a Special Join technique for overlay analysis.

국문요약

산업의 발달 및 도시화의 증가로 인해 위험물질을 포함한 물류 수송량은 날로 증가하는 추세이고 위험물질 수송차량들의 사고발생 위험도 따라서 증대되고 있다. 본 연구에서는 위험물 운송이 점차 증가하고 있는 철도수송에 있어 기존 선행 연구의 피해규모 분석모형을 적용하고, 위험물 물류 표준화 연구에서 정의된 물질별 사고노출량을 기준으로 하여 위험물 물질별 인구 및 환경 노출규모를 GIS(Geographic Information System)의 버퍼링 분석기법을 통하여 일반적으로 분석이 어려운 피해규모산정을 자동으로 도출하는 방안을 제시하였다. 각 링크별 인구 및 노출규모 산출 모형을 적용하기 위해서는 Network(철도망), Zone(행정구역), 철도사고Data, 철도화물 통행량, 하천 및 강 등을 GIS Database로 구축하였고, 최종적으로 Buffering 분석과 함께, 중첩분석의 Clip 기법과 Special Join기법을 함께 사용하여 본연구의 제시한 위험물 물질별 피해규모 자동 추출 방안을 제시해 보았다.

† 책임저자 : 김상균

E-mail : sanggyunkim@yahoo.co.kr

TEL : (042)607-3026 FAX : (042)607-3008

* 정회원, 국립서울산업대학교, 철도전문대학원, 교수

** 비회원, 국립서울산업대학교, 철도전문대학원

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대 사회의 산업화 및 도시화의 증가로 인해 위험물질을 포함한 철도물류 수송량은 날로 증가하는 추세이고 위험물질 수송차량들의 사고발생 위험도 또한 증대되고 있다. 대표적인 사례로 2004년 4월 22일 평안북도 용천군 용천역에서 질산암모늄을 실은 화물차량과 유조차량 교체작업을 하던 중에 열차충돌로 인한 폭발사고가 있다. 이 사고로 인해 철로가 훼손되고 용천역사를 비롯해 역 부근의 학교와 관공서, 상가건물, 민가가 크게 부서져 폐허가 되었다. 이러한 위험물 운반도중에 폭발사고를 미연에 방지하고 피해를 최소화 하기 위해서는 운반경로에 따른 위험물질별 피해규모분석이 필요하다. 이러한 피해규모 분석은 일반적으로 정량적인 계산이 불가능하다. 이에 따라 자동면적추출기법(Buffer)과 2개 이상의 객체들의 중첩분석을 통하여 위험물질별 피해규모를 자동으로 분석할 수 있는 GIS(Geographic Information System)공간분석 기법을 활용하였다.

따라서, 본 연구에서는 “GIS기반 위험물수송 위험도관리 표준화방안”의 기초 연구로서 현재 철도로 운송되고 있는 위험물질별 영향범위기준을 검토하여 GIS공간분석기법을 통한 위험물 물질별 피해규모를 자동으로 추출하는 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 내용 및 수행방법

본 연구에서는 철도수송을 통하여 발생하는 사고에 국한하여 피해규모를 분석한다. 이에 따른 피해규모를 분석하기 위해서는 위험물질별로 평균영향거리의 기준을 마련하고, 선행 연구에서 정의된 피해규모 분석모형을 적용한다. 또한 GIS프로그램을 이용하여 지형데이터와 속성데이터를 구축하여 GIS의 공간분석기능 인접분석과, 중첩분석을 사용하여 위험물질별 피해규모를 자동으로 도출하고자 한다. 이를 연구하기 위한 수행방법은 아래와 같다(그림. 1).

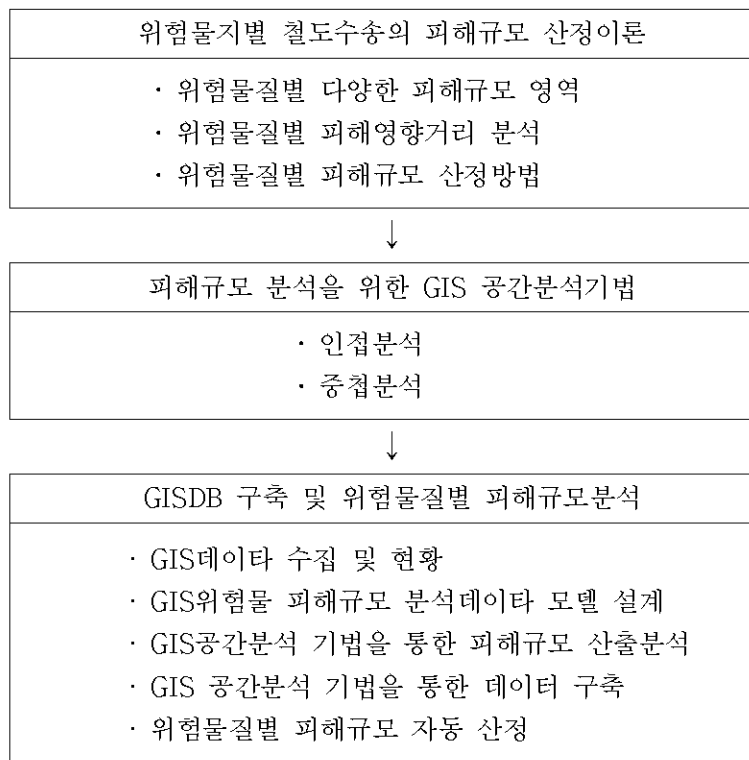


그림1. 연구수행방법

2. 위험물질별 철도수송의 피해규모 산정이론

2.1 위험물질별 다양한 피해규모 영역

위험물질차량의 사고로 인한 위험물 방출시 피해규모는 (그림 2)에서와 같이 위험물의 종류에 따라서 영향을 미치는 권역과 피해영향 폭이 각기 다른 것을 볼 수 있다. 따라서 위험물질별로 평균영향거리를 도출하여 피해규모에 적용한다.

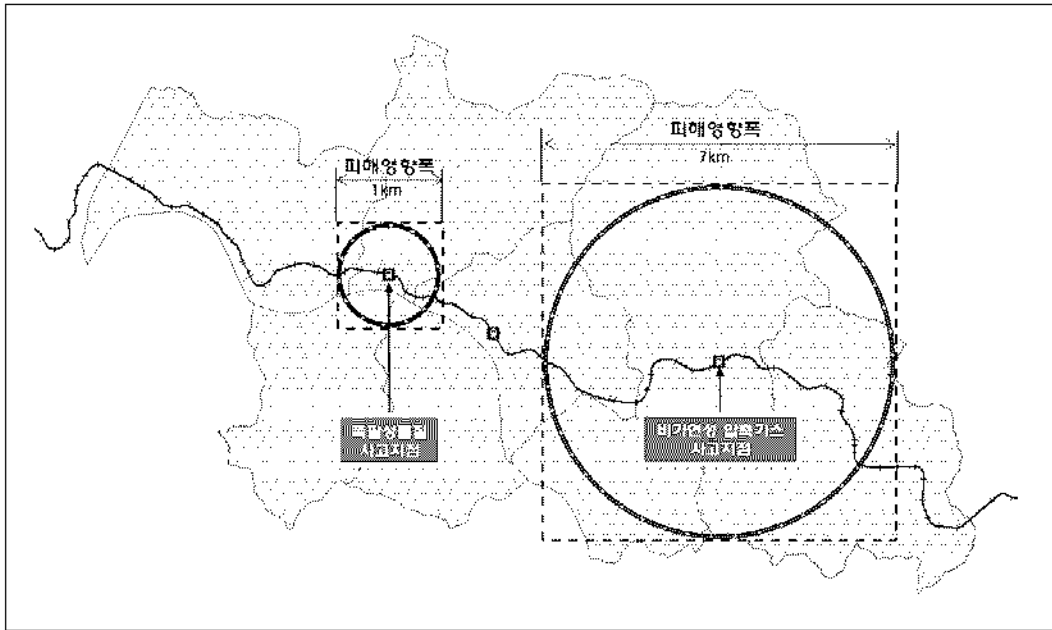


그림2. 다양한 위험물질별 피해규모 영역

2.2 위험물질별 피해영향거리 분석

사고발생시 인명과 재산 피해를 최소화하기 위하여 위험물의 종류에 따라 그에 해당하는 피해영향거리 (표 1)와 같다. 이에 따른 철도수송의 위험물질과 비교해 볼 때에 화약류-폭발성 물질(EXP), 휘발유-연소성 기체(CL), 프로필렌-가연성 압축가스(FG), 황산-부식성 물질(COR)등으로 분류 할 수 있으며, 피해영향지역의 범위를 산정하여 각각의 피해노출규모를 도출 할 수 있었다. 본 연구의 경우 (표 1)에서 보는 것과 같이 값의 차이가 큰 1km와 7km를 피해영향범위 기준으로 설정하였다.

표 1. 위험물 종류별 피해영향지역의 범위

위험물의 종류	피해영향지역의 범위
연소성 액체(CL)	반경 0.8km
가연성 액체(FL)	반경 0.8km
가연성 고체(FS)	반경 0.8km
산화물질(OXI)	반경 0.8km
비가연성 압축가스(NFG)	풍향으로 7km
가연성 압축가스(FG)	반경 0.8km
독성물질(POI)	풍향으로 1km
폭발성 물질(EXP)	반경 0.8km
부식성 물질(COR)	풍향으로 1km

※ 한국교통개발연구원 “수송안전정보시스템 개발”보고서

2.3 위험물질별 피해규모 산정방법

위험물질별 수송사고 발생에 의한 영향을 받을 수 있는 시설적, 환경적, 경제적 피해규모에 대한 정량적 산정을 한다는 것은 거의 불가능하다. 따라서, 본 연구에서는 자료수집이 용이한 인구자료와 환경(하천 및 강, 호수)자료를 대상으로 하여 인구피해노출규모와 환경피해노출규모 2가지로 분류하여 피해노출규모 모형을 제시하고자 한다.

2.3.1 인구피해노출규모

인구피해노출규모 N_{ij}^p 는 (표 1)에 해당하는 위험물질별 피해영향범위를 기준으로 하여 (식1)에 의해 링크별 노출규모를 산출하였다.

$$N_{ij}^p = D_i^p \times S_j \dots\dots\dots(1)$$

여기서, N_{ij}^p = 링크 i에서 인구피해규모(명)

D_i^p = 링크 i의 해당 피해영향지역내 인구밀도(명/km²)

S_j = 링크 i의 해당지역의 j물질별 피해영향면적(km²)

2.3.2 환경피해노출규모

환경피해노출규모 N_{ij}^e 는 (표 1)에 해당하는 위험물질별 피해영향범위를 기준으로 하여 (식 2)에 의해 링크별 노출규모를 산출하였다.

$$N_{ij}^e = D_i^e \times S_j \dots\dots\dots(2)$$

여기서, N_{ij}^e = 링크 i에서 환경노출 기준의 피해가능규모(km²)

D_i^e = 링크 i의 해당 피해영향지역내 환경밀도

S_j = 링크 i의 해당지역의 j물질별 피해영향면적(km²)

3. GIS 공간분석기법

3.1 GIS 공간분석기법

GIS의 공간분석은 지리적 특징들에 대해 새로운 정보를 추출하거나 작성하는 과정이고, 특징의 분포, 네트워크 또는 영역 및 이들 특징 사이의 관계를 결정하는 기술이라고 말할 수 있다. 구체적으로 보면 위치나 질의(Query)를 이용하여 다른 Feature와 관련된 Feature를 찾을 수 있을 뿐만 아니라 교차(Intersection)기능 등을 통해 다른 특정 레이어 범위에 포함되는 레이어의 정확한 영역 등을 분석하는 작업과 같은 고급 공간 분석기능을 필요로 한다. 이와 같은 GIS 공간분석기능에는 인접(Proximity)분석 및 중첩(Overlay)분석 등이 있다(김동문, 2002).

3.1.1 인접(Proximity)분석

실세계상의 개체(Entity)가 기하학적인 형태의 객체로 나타날 경우, 이들 객체사이의 거리는 질의(Query) 및 분석이 가능하다. 인접(Proximity)도구는 이들 공간관계를 기준으로 새로운 데이터 레이어를 생성하며, 이들 객체사이의 거리를 분석하는 인접(Proximity)분석기능은 버퍼(Buffer)작업 및 공간 Join 작업을 통해 가장 가까운 이웃(Nearest Neighbor)을 찾는다. 버퍼(Buffer) 작업에서는 특정 Feature를 기

준으로 하는 구역(Zone)을 생성하여 이 구역 내에 존재하는 Feature에 대해 알아볼 수가 있다. 이와 같이 버퍼(Buffer)기법은 특정 지리 Feature를 기준으로 인접지역(Zone of Proximity)을 생성 및 표출 하는 작업을 말하며, 각종 공간 질의작업도 포함한다. 종종 특정 Feature를 대상으로 인접한 가장 가까운 Feature를 찾고자 할 경우 Nearest Neighbor 찾기 기능을 이용할 수 있다(김황배, 2002).

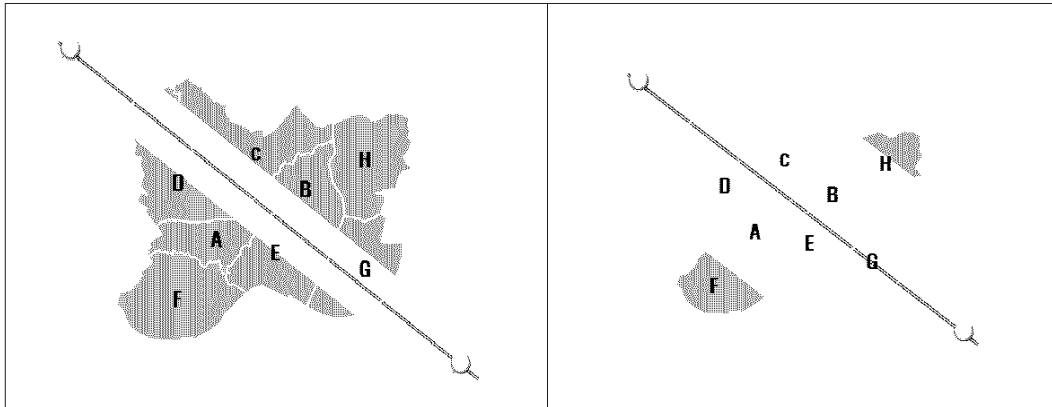


그림3. Buffer기능의 개념

3.1.2 중첩(Overlay)분석

GIS의 강력한 분석 기능 중 하나는 레이어를 통합하여 새로운 레이어를 만들어 내는 중첩 기능이다. 출력형태 및 사용할 속성 필드의 개수는 어느 중첩작업을 사용하는가에 달려있다. 중첩(Overlay)기법은 새로운 레이어가 생성한 다음 얼마간의 작업공정을 거쳐 입력 레이어 Feature가 중첩 레이어의 경계선에 Clip된다.

중첩 기능에는 Pint-in-Polygon 형식의 중첩(Overlay)작업으로, 특정 한 포인트가 어떤 폴리곤 내에 속하는지 알기 위해서는 Pint-in-Polygon 형식의 중첩 기능을 사용한다.

또 다른 기능으로는 Lin-In-Polygon 형식의 중첩작업으로 라인 레이어와 폴리곤 레이어 사이에 존재 하는 공통영역(Common Area)을 찾기 위해서는 Lin-In-Polygon 형식의 중첩기능을 사용한다(김황배, 2002).

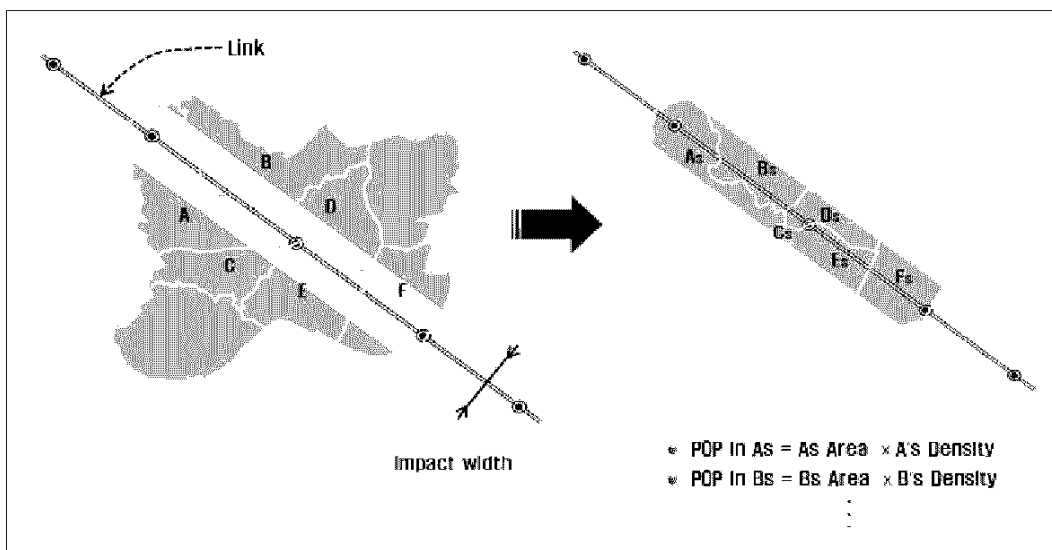


그림4. Clip 개념

4. GIS DB구축 및 위험물별 피해규모 분석

4.1 GIS 데이터 수집 및 현황

위험물질별 피해규모에 필요한 GIS DB는 크게 도형데이터와 속성데이터로 나뉘고, 점(Point), 선(Line), 면(Polygon)으로 구분하며 벡터데이터로 구축되어있다. 점(point)은 정류장 및 사고지점을 표기하여 보다 정확하게 위치를 분별할 수 있고, 선(Line)은 철도망으로 되어있어 위험물질을 운송하는 차량들의 노선을 알 수 있으며, 면(Polygon)형태를 지닌 자료는 행정구역이나 하천 및 강 등을 대상으로 구축하였다. 사용된 기초자료들은 "한국교통연구원의 교통DB센터"에 자료요청을 하여 전국 철도망과 역정보, 행정구역, 하천 및 강의 데이터를 수집하였다.

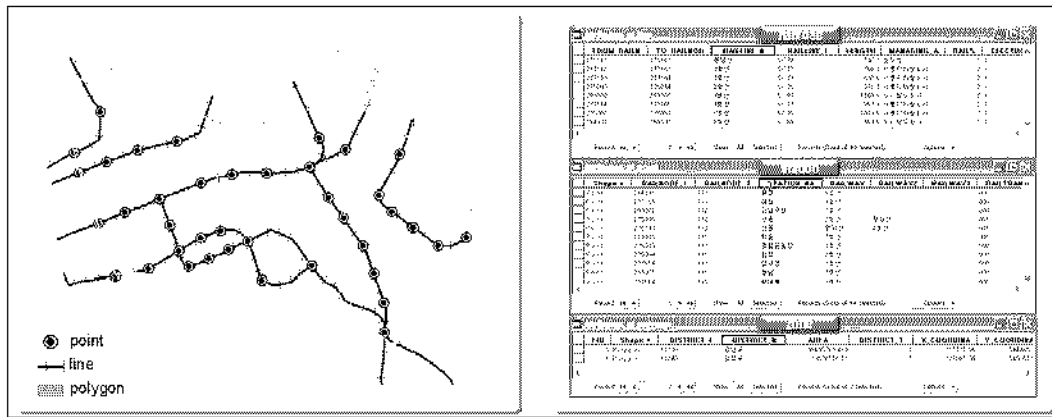


그림5. 데이터의 형식

4.2 GIS위험물 피해규모 분석 데이터 모델 설계

데이터 수집 과정을 통하여 취득한 데이터와 추가분석을 위한 설계 데이터의 속성정보를 보면 다음과 같이 나열할 수 있다. 점(Point)형태의 역(정거장) 속성 정보에는 역의 이름과 기관명 등이 포함되어있고, 선(Line)형태의 철도망 데이터 속성정보에는 노선명칭, 구간 속도, 길이 등의 정보를 담고 있다. 또한, 면(Polygon)형태의 행정구역, 하천 및 강의 속성정보로는 행정구역, 하천 및 강의 이름, 면적, 인구수, 인구밀도 등이 포함 되어 있다.

표 2. 역(정류장)의 속성정보 내용

필드명	Data Type	설명
Shape	character	점, 선, 면 구분
MANAGING_A	character	기관명
STATION_NA	character	역 이름

표 3. 철도망의 속성정보 내용

필드명	Data Type	설명
Shape	character	점, 선, 면 구분
FROM_RAILN	Number	링크의 시작점
TO_RAILNOD	Number	링크의 끝점
LENGTH	Number	링크길이
MANAGING_A	character	기관명
MAXSPEED	Number	역 구간의 속도
RAILLINE_N	character	노선명칭

표 4. 행정구역의 속성정보 내용

필드명	Data Type	설명
Shape	character	점, 선, 면 구분
AREA	Number	면적
DISTRICT_N	character	행정구역 명
POP	Number	인구수
DENSITY	Number	인구밀도

표 5. 하천 및 강의 속성정보 내용

필드명	Data Type	설명
Shape	character	점, 선, 면 구분
WATERNAME	character	하천 및 강 이름
RIVER_AREA	Number	하천 및 강 면적

4.3.1 GIS공간 분석기법을 통한 데이터 구축

피해규모를 산출하기 위하여 데이터를 구축하는데 있어서 첫 번째는 철도망을 (표 1)에서 정의된 위험 물질별 피해영향범위 기준에 따라 버퍼링기법을 사용하여 (그림 6)과 같이 피해영향범위를 도출하였다. 또한 피해영향범위가 큰 물질일수록 도출되는 면적이 넓게 분포된다.

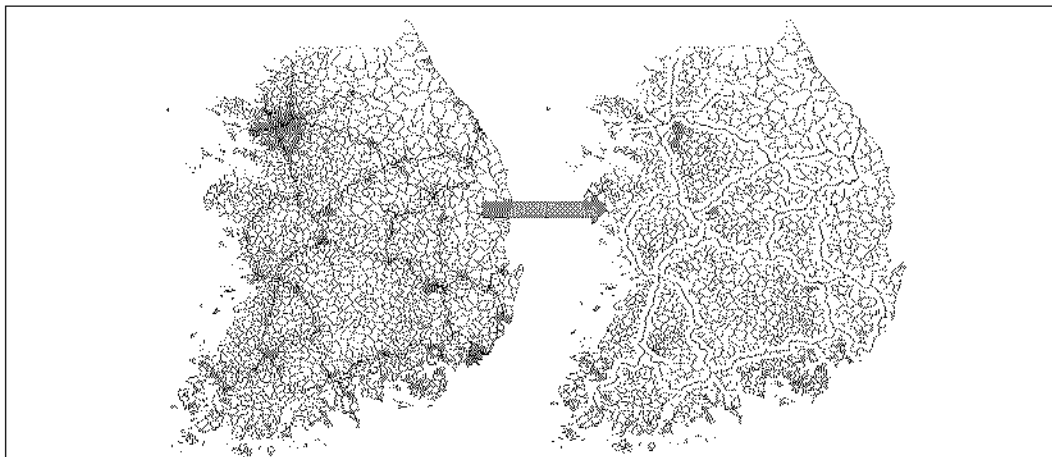


그림6. Buffer기능

Clip기능은 Buffer된 면적 값을 기준으로 하여 그에 해당하는 만큼을 제외한 나머지부분을 잘라버리는 기능이다. (그림 7)에서는 버퍼링분석을 기준으로 Clip을 사용하여 범위를 도출하였다.

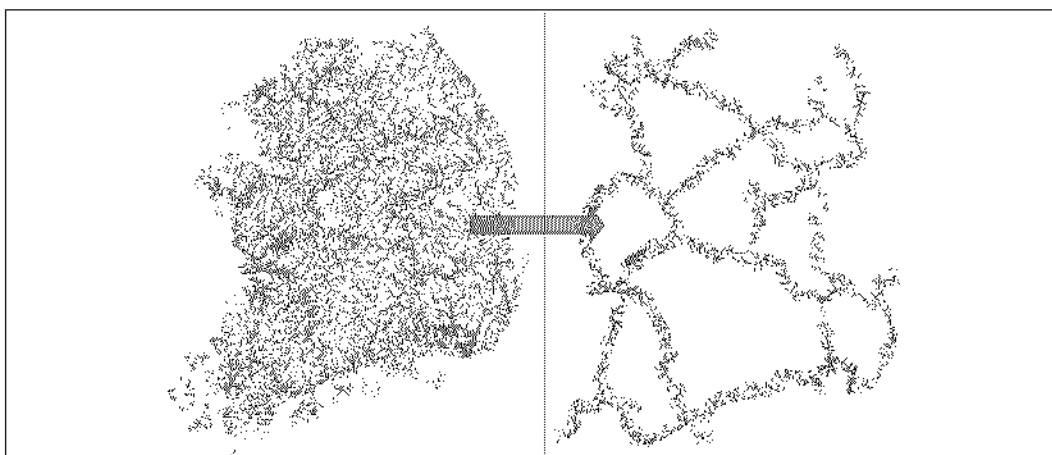


그림7. Clip기능

(그림 8)은 Intersect기능을 사용한 화면이다. Intersect기능은 합집합의 의미와 동일하여 두 개의 데이터가 겹쳐지는 부분이 추출되고, 속성 값 또한 경계구역에 맞게 세분화 되어 추출된다.

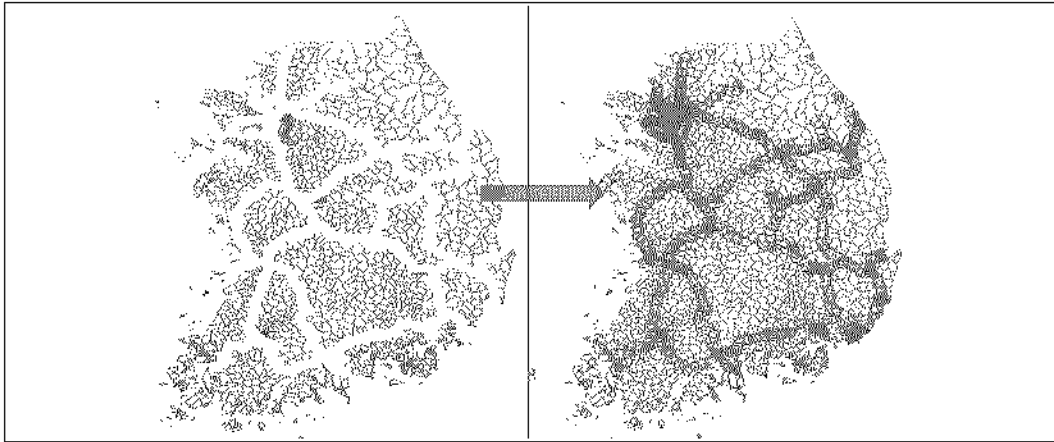


그림8. Intersect기능

위에서 Intersect를 한 데이터로 Dissolve기능을 사용하여 아래와 같이 세분화 된 속성 데이터들을 동일한 ID를 기준으로 재부호화 하여 같은 ID의 테이블의 값을 연산 할 수 있도록 한다.

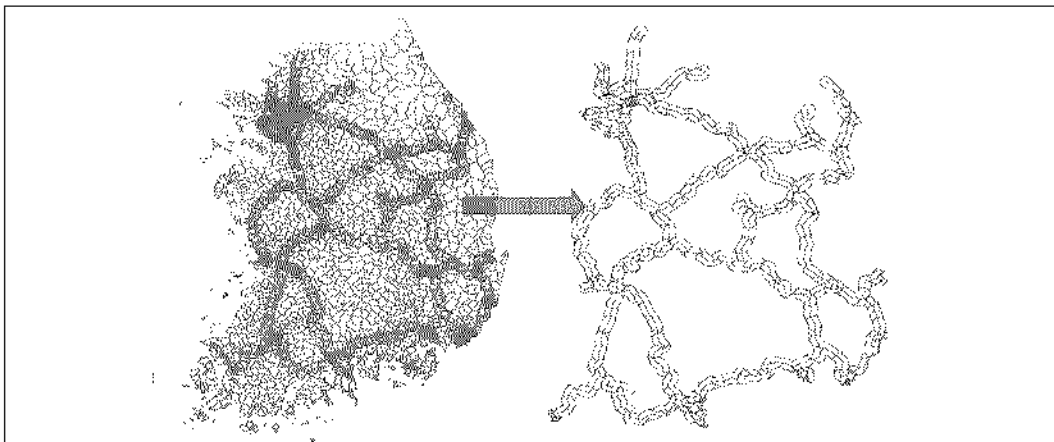


그림9. Dissolve기능

4.3.2 위험물질별 피해규모 자동 산정

피해규모를 산정하는 방법으로는 ArcGIS Calculator기능을 통해 자동 산출이 가능하다. 인구노출피해 규모를 구하기 위해서는 (적용 버퍼링 범위×노선 길이×인구밀도)이며, 환경노출피해규모는 (적용 버퍼링 범위×노선 길이×환경밀도)의 값을 계산하여 도출한다.

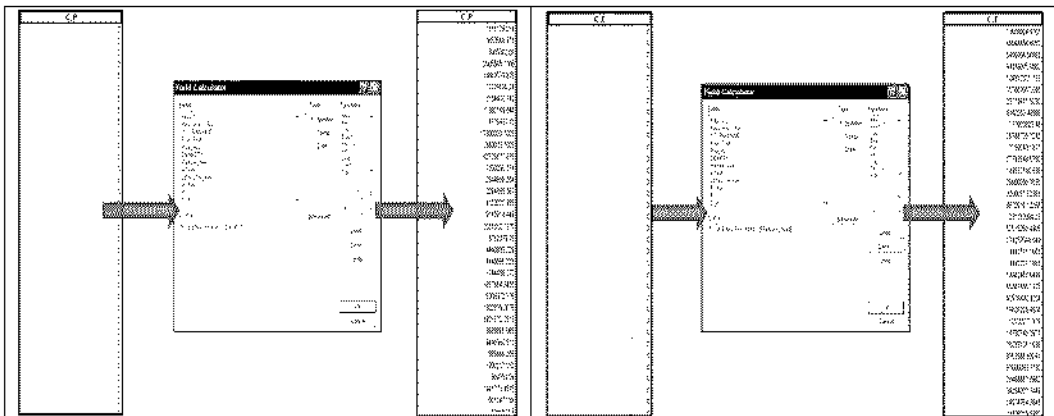


그림10. Calculator기능

위와 같은 계산식에 의하여 인구노출피해규모와 환경노출피해규모의 값을 구하고, 이 값으로 ArcGIS의 Symbology기능을 사용하여 색으로 구간별 피해규모를 확인 할 수 있다.

(그림 11)은 위험물질별 버퍼링의 반경 1km와 7km별로 피해규모를 산정한 것이고, 붉은 색에 가까워지면 피해규모가 큰 값을 나타낸다.

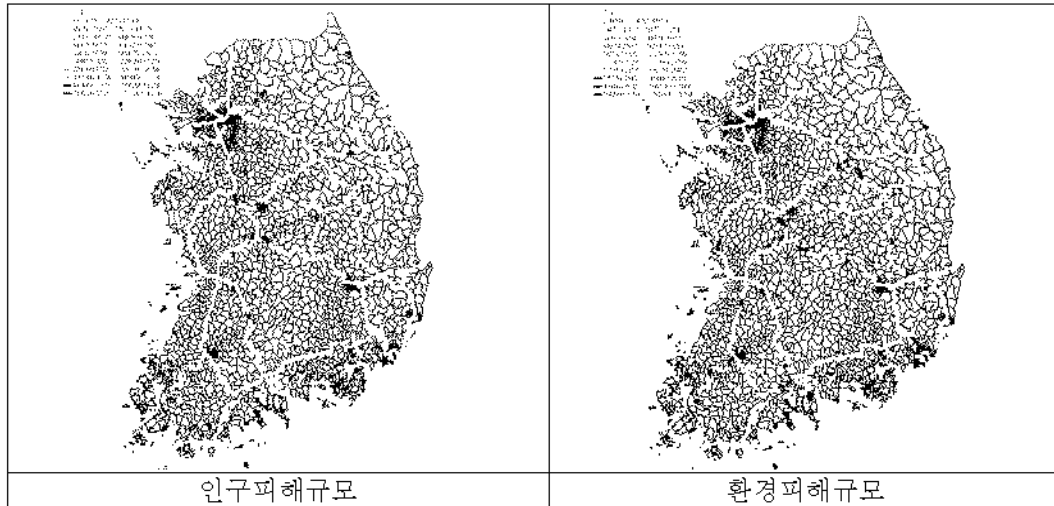


그림11. 1km반경 위험물 피해규모

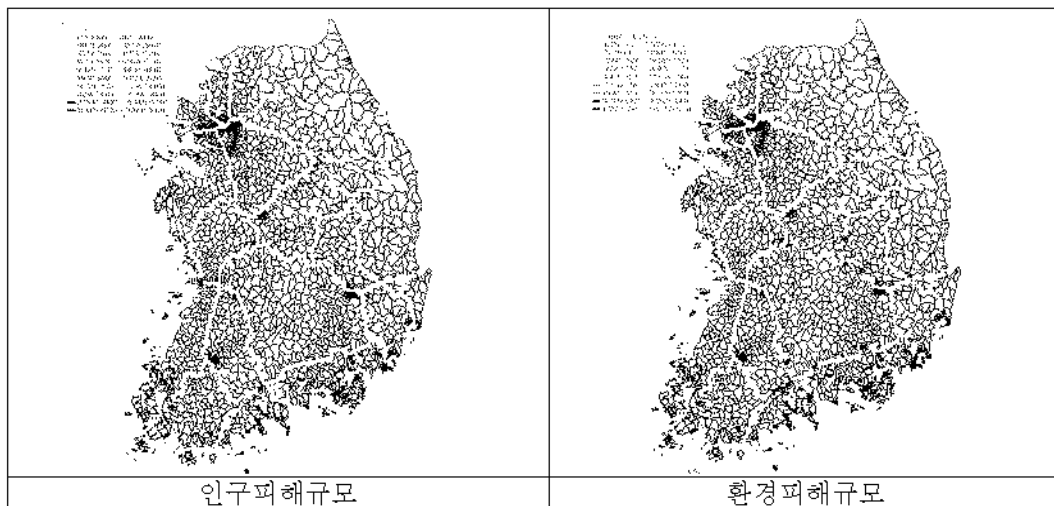


그림12. 7km반경 위험물 피해규모

5. 결 론

본 연구는 철도 위험물 사고발생시 피해영역이 다양한 위험물질별 피해규모를 GIS공간분석기법을 활용하여 자동으로 추출하는 방안을 실시한 것으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 위험물의 피해규모가 인구 및 환경에 따른 가중치가 다르기 때문에 GIS분석을 통하여 나온 결과를 보면 인구피해규모와 환경피해규모가 확연히 다른 것을 확인 할 수 있었다.

둘째, 기존에는 일반 도로교통수단에 대해서만 선행연구가 이루어져 왔는데 이번 연구를 바탕으로 철도를 통한 위험물 수송사고발생시 위치별(Link) 산출된 피해규모를 바탕으로 미연의 사고방지를 통하여 위험도를 낮출 수 있을 것으로 판단된다.

마지막으로, GIS공간기법을 사용함으로써 기존의 수리적 방법에 비해 시간과 비용을 줄일 수 있었고, 컴퓨터 기반인 GIS프로그램을 통해 더욱더 정량적인 분석이 가능 하였다.

참고문헌

1. 김동문 (2002), “GSIS에 의한 도로의 최적노선선정시스템 개발”, 박사학위논문, 강원대학교, 춘천시.
2. 김시곤, 안승범 (1999), “GIS를 활용한 위험물 수송관리시스템개발 (울산시 사례연구)”교통학회지 제17권 2호.
3. 김용진, 김건영 (2004), “수송안전정보시스템 개발(3차년도)”보고서, 교통개발연구원, 제 3권
4. 김항배, 김동문 (2002), “GIS공간분석기법을 적용한 대규모 가스 및 유류 저장시설 폭발시 피해범위 산정” 토목학회논문집, 제22권 5-D호.
5. 장용봉 (1996), “GIS를 이용한 위험도분석과 위험물질의 최적이동경로에 대한 연구”, 서울대학교 대학원 석사학위논문.
6. 조용성, 오세창 (1999), “위험물 수송을 위한 위험도 및 최적경로산정”, 대학교통학회지 제 17권 1호
7. 주용진, 최정민, 박수홍 (2005), “교통DB구축을 위한 GIS-T 통합시스템의 설계와 구현 Vol.14, No.3, pp.309-321.