

GIS 공간 분석기법을 활용한 위험물질별 철도사고 피해규모 자동추출방안에 관한 연구

박민규* · 김시곤** · 이원태**

*탑엔지니어링 기술연구소 · **서울산업대학교 철도경영정책학과

A Method to Measure Damage Areas on Railway Accidents by the HAZMATs types using GIS Spatial Analysis

Min-Kyu Park* · Si-Gon Kim** · Won-Tae Lee**

*Top Engineering R&D Center

**Department of Railroad Management & Policy, Seoul National University of Technology

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.

Keywords : GIS, Spatial Analysis, Railway Accident, Buffering Analysis, Risk degree

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대 사회의 산업화 및 도시화로 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 교차작업을 하던 중에 열차충돌로 인한 폭발사고가 있다.

이 사고로 인해 철도가 훼손되고 용천역사를 비롯해 역부근의 학교와 관공서, 상가건물, 민가가 크게 부서져 폐허가 되었다. 이러한 위험물 운반도중에 폭발사고를 미연에 방지하고 피해를 최소화 하기 위해서는 운반 경로에 따른 위험물질별 피해규모분석이 필요하다. 이러한 피해규모분석은 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 활용할 수 있다[1].

† 교신저자: 김시곤, 서울시 노원구 공릉2동 서울산업대학교 구도서관 216호

M · P: 011-750-3938, E-mail: sigonkim@snut.ac.kr

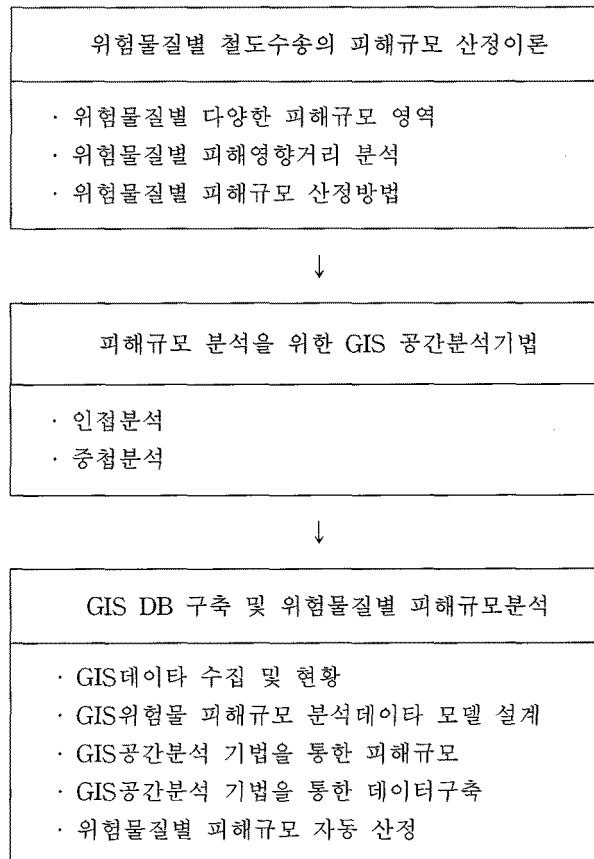
2010년 1월 20일 접수; 2010년 2월 26일 수정본 접수; 2010년 3월 2일 게재확정

일반적으로 도로교통 분야에서 강, 하천 등의 인근 경로를 수송할 때 사고가 발생한다면, 식수원의 오염에 대한 2차 피해가 우려되어 매우 비중있게 다루어지고 있고, 철도수송에서도 이러한 위험성은 항상 내재되어 있으므로 이에 대한 위험도를 분석할 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 현재 철도로 수송되고 있는 위험물질별 영향범위 기준을 검토[2]하여 GIS공간분석 기법을 통한 위험물 물질별 피해규모를 자동으로 추출하는 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위

본 연구에서는 철도수송을 통하여 발생하는 사고에 국한하여 피해규모를 분석하고자 한다. 이에 따른 피해규모를 분석하기 위해서는 위험물질별로 평균영향거리의 기준을 마련하고, 선행 연구에서 정의된 피해규모 분석모형을 적용한다. 또한 GIS프로그램을 이용하여 지형데이터와 속성데이터를 구축하여 GIS의 공간분석 기능 인접분석과, 중첩분석을 사용하여 위험물질별 피해규모를 자동으로 도출하고자 한다.



<Figure 1> 연구수행방법

2. 위험물질별 철도수송의 피해규모 산정 이론

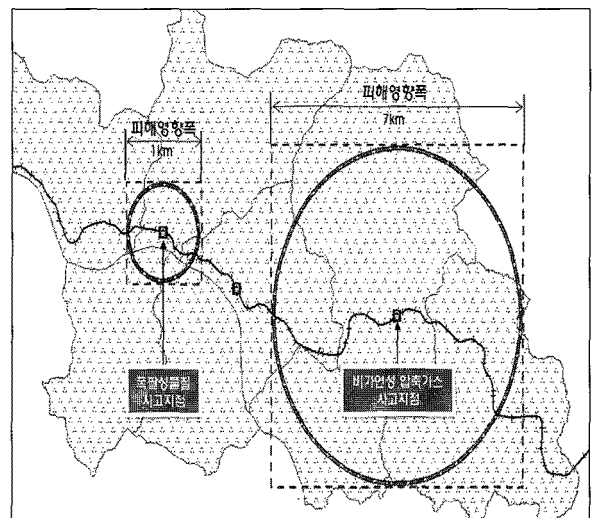
위험물질별 피해규모를 산정하기 위해서는 전국의 철도 및 도로 네트워크에 기초하여 GIS 프로그램을 활용함으로써 시간과 경비를 절감할 수 있다. 위험물질별로 피해규모가 다르고, 행정구역별로 인구와 환경 노출 범위가 다르기 때문에 실제로 이러한 방법 및 절차가 일반적인 수기로 이루어진다면 매우 비효율적인 작업이 될 것이다.

2.1 위험물질별 다양한 피해규모 영역

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

2.2 위험물질별 피해영향거리 분석

사고발생시 인명과 재산 피해를 최소화하기 위하여 위험물의 종류에 따라 그에 해당하는 피해영향거리는 <Table 1>과 같다. 이에 따른 철도수송의 위험물질과 비교해 볼 때에 화약류-폭발성물질(EXP), 휘발유-연소성기체(CL), 프로필렌-가연성압축가스(FG), 황산-부식성물질(COR)등으로 분류 할 수 있으며, 피해영향지역의 범위를 산정하여 각각의 피해도출규모를 도출 할 수 있다. 본 연구의 경우 피해영향지역의 범위가 큰 1km와 7km를 피해영향범위 기준으로 설정하였다.



<Figure 2> 다양한 위험물질별 피해규모 영역

<Table 1> 위험물 종류별 피해영향지역의 범위

위험물의 종류	피해영향지역의 범위
연소성액체(CL)	반경 0.8km
가연성액체(FL)	반경 0.8km
가연성고체(FS)	반경 0.8km
산화물질(OXI)	반경 0.8km
비가연성압축가스(NFG)	풍향으로 7km
가연성압축가스(FG)	반경 0.8km
독성물질(POI)	풍향으로 1km
폭발성물질(EXP)	반경 0.8km
부식성물질(COR)	풍향으로 1km

※한국교통개발연구원 “수송안전정보시스템 개발”보고서[3]

2.3 위험물질별 피해규모 산정방법

미국의 연방도로관리청(FHWA)에서는 일반적으로 위험물질별 위험(Risk)도는 사고발생확률(Probability)과 피해노출규모(Consequence)의 곱으로 도출할 수 있고, 피해노출규모는 다시 인구밀도를 반영한 인구피해노출규모와 강과 하천 등의 환경피해노출규모로 구분하여 산정할 수 있다.

위험물질별 수송사고 발생에 의한 영향을 받을 수 있는 시설적, 환경적, 경제적 피해규모에 대한 정량적 산정을 한다는 것은 거의 불가능하다[4]. 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 <Table 1>해당하는 위험물질별 피해영향범위를 기준으로 하여 식 (1)에 의해 링크별 노출규모를 산출하였다.

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

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 <Table 1>해당하는 위험물질별 피해영향범위를 기준으로 하여 식 (2)에 의해 링크별 노출규모를 산출하였다.

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

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

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 특징과 그와 관련된 특징을 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[5].

3.1 인접(Proximity)분석

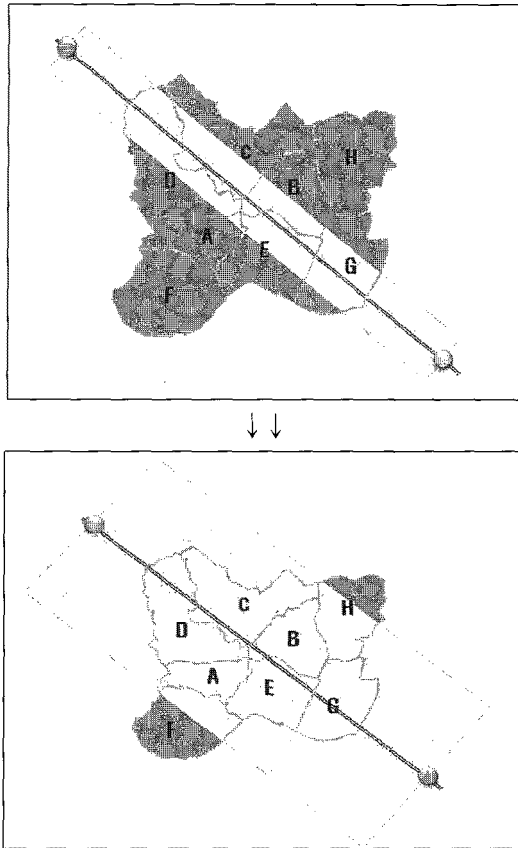
개체(Entity)가 기하학적인 형태의 객체로 나타날 경우, 이들 객체사이의 거리는 질의(Query) 및 분석이 가능하다. 인접(Proximity)도구는 이들 공간관계를 기준으로 새로운 데이터 레이어를 생성하며, 이들 객체사이의 거리를 분석하는 인접(Proximity)분석기능은 버퍼(Buffer)작업 및 공간 조인(Join) 작업을 통해 가장 가까운 이웃(Nearest Neighbor)을 찾는다. 버퍼(Buffer)작업에서는 어떠한 특징을 기준으로 하는 구역(Zone)을 생성하여 이 구역 내에 존재하는 세부 특징에 대해 알아볼 수가 있다.

이와 같이 버퍼(Buffer)기법은 특정 지리 특성을 기준으로 인접지역(Zone of Proximity)을 생성 및 표출하는 작업을 말하며, 각종 공간 질의작업도 포함한다.

중중 특정 Feature를 대상으로 인접한 가장 가까운 Feature를 찾고자 할 경우 Nearest Neighbor 찾기 기능을 이용할 수 있다.

3.2 중첩(Overlay)분석

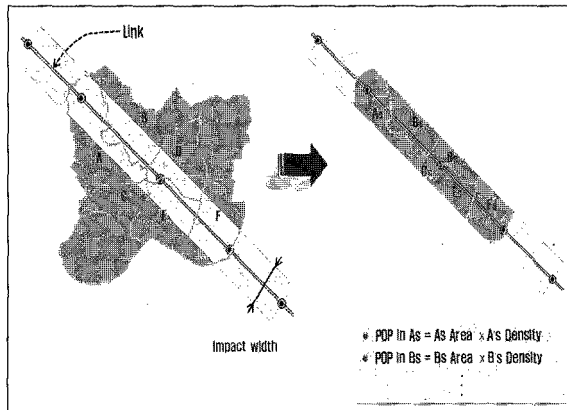
GIS의 강력한 분석 기능 중 하나는 레이어를 통합하여 새로운 레이어를 만들어 내는 중첩 기능이다. 출력형태 및 사용할 속성 필드의 개수는 어느 중첩작업을 사용하는가에 달려있다. 중첩(Overlay)기법은 새로운



<Figure 3> Buffer기능의 개념

레이어가 생성한 다음 얼마간의 작업공정을 거쳐 입력 레이어 특성이 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[6]. 또 다른 기능으로는 Lin-In-Polygon 형식의 중첩작업으로 라인 레이어와 폴리곤 레이어 사이에 존재하는 공통영역(Common Area)을 찾기 위해서는 Lin-In-Polygon 형식의 중첩기능을 사용한다.



<Figure 4> Clip기능의 개념

4. GIS DB구축 및 위험물질별 피해규모 분석

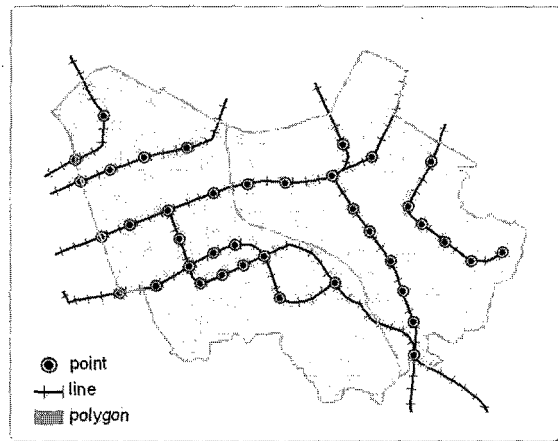
4.1 GIS 데이터 수집 및 현황

위험물질별 피해규모에 필요한 GIS DB는 크게 도형 데이터와 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.

4.2 GIS위험물질 피해규모 분석 데이터 모델 설계

데이터 수집 과정을 통하여 취득한 데이터와 추가분석을 위한 설계 데이터의 속성정보를 보면 다음과 같이



FROM STATION	TO STATION	RAILLINE_N	RAILLINE_I	LENGTH	MANAGING A	RAILS	ELECTRIC
277000	277001	1001	1001	1.00	한국철도공사	1	0
277002	277003	1002	1002	1.00	한국철도공사	1	0
277004	277005	1003	1003	1.00	한국철도공사	1	0
277006	277007	1004	1004	1.00	한국철도공사	1	0
277008	277009	1005	1005	1.00	한국철도공사	1	0
277010	277011	1006	1006	1.00	한국철도공사	1	0
277012	277013	1007	1007	1.00	한국철도공사	1	0
277014	277015	1008	1008	1.00	한국철도공사	1	0
277016	277017	1009	1009	1.00	한국철도공사	1	0
277018	277019	1010	1010	1.00	한국철도공사	1	0
277020	277021	1011	1011	1.00	한국철도공사	1	0
277022	277023	1012	1012	1.00	한국철도공사	1	0
277024	277025	1013	1013	1.00	한국철도공사	1	0
277026	277027	1014	1014	1.00	한국철도공사	1	0
277028	277029	1015	1015	1.00	한국철도공사	1	0
277030	277031	1016	1016	1.00	한국철도공사	1	0
277032	277033	1017	1017	1.00	한국철도공사	1	0
277034	277035	1018	1018	1.00	한국철도공사	1	0
277036	277037	1019	1019	1.00	한국철도공사	1	0
277038	277039	1020	1020	1.00	한국철도공사	1	0
277040	277041	1021	1021	1.00	한국철도공사	1	0
277042	277043	1022	1022	1.00	한국철도공사	1	0
277044	277045	1023	1023	1.00	한국철도공사	1	0
277046	277047	1024	1024	1.00	한국철도공사	1	0
277048	277049	1025	1025	1.00	한국철도공사	1	0
277050	277051	1026	1026	1.00	한국철도공사	1	0
277052	277053	1027	1027	1.00	한국철도공사	1	0
277054	277055	1028	1028	1.00	한국철도공사	1	0
277056	277057	1029	1029	1.00	한국철도공사	1	0
277058	277059	1030	1030	1.00	한국철도공사	1	0
277060	277061	1031	1031	1.00	한국철도공사	1	0
277062	277063	1032	1032	1.00	한국철도공사	1	0
277064	277065	1033	1033	1.00	한국철도공사	1	0
277066	277067	1034	1034	1.00	한국철도공사	1	0
277068	277069	1035	1035	1.00	한국철도공사	1	0
277070	277071	1036	1036	1.00	한국철도공사	1	0
277072	277073	1037	1037	1.00	한국철도공사	1	0
277074	277075	1038	1038	1.00	한국철도공사	1	0
277076	277077	1039	1039	1.00	한국철도공사	1	0
277078	277079	1040	1040	1.00	한국철도공사	1	0
277080	277081	1041	1041	1.00	한국철도공사	1	0
277082	277083	1042	1042	1.00	한국철도공사	1	0
277084	277085	1043	1043	1.00	한국철도공사	1	0
277086	277087	1044	1044	1.00	한국철도공사	1	0
277088	277089	1045	1045	1.00	한국철도공사	1	0
277090	277091	1046	1046	1.00	한국철도공사	1	0
277092	277093	1047	1047	1.00	한국철도공사	1	0
277094	277095	1048	1048	1.00	한국철도공사	1	0
277096	277097	1049	1049	1.00	한국철도공사	1	0
277098	277099	1050	1050	1.00	한국철도공사	1	0
277100	277101	1051	1051	1.00	한국철도공사	1	0
277102	277103	1052	1052	1.00	한국철도공사	1	0
277104	277105	1053	1053	1.00	한국철도공사	1	0
277106	277107	1054	1054	1.00	한국철도공사	1	0
277108	277109	1055	1055	1.00	한국철도공사	1	0
277110	277111	1056	1056	1.00	한국철도공사	1	0
277112	277113	1057	1057	1.00	한국철도공사	1	0
277114	277115	1058	1058	1.00	한국철도공사	1	0
277116	277117	1059	1059	1.00	한국철도공사	1	0
277118	277119	1060	1060	1.00	한국철도공사	1	0
277120	277121	1061	1061	1.00	한국철도공사	1	0
277122	277123	1062	1062	1.00	한국철도공사	1	0
277124	277125	1063	1063	1.00	한국철도공사	1	0
277126	277127	1064	1064	1.00	한국철도공사	1	0
277128	277129	1065	1065	1.00	한국철도공사	1	0
277130	277131	1066	1066	1.00	한국철도공사	1	0
277132	277133	1067	1067	1.00	한국철도공사	1	0
277134	277135	1068	1068	1.00	한국철도공사	1	0
277136	277137	1069	1069	1.00	한국철도공사	1	0
277138	277139	1070	1070	1.00	한국철도공사	1	0
277140	277141	1071	1071	1.00	한국철도공사	1	0
277142	277143	1072	1072	1.00	한국철도공사	1	0
277144	277145	1073	1073	1.00	한국철도공사	1	0
277146	277147	1074	1074	1.00	한국철도공사	1	0
277148	277149	1075	1075	1.00	한국철도공사	1	0
277150	277151	1076	1076	1.00	한국철도공사	1	0
277152	277153	1077	1077	1.00	한국철도공사	1	0
277154	277155	1078	1078	1.00	한국철도공사	1	0
277156	277157	1079	1079	1.00	한국철도공사	1	0
277158	277159	1080	1080	1.00	한국철도공사	1	0
277160	277161	1081	1081	1.00	한국철도공사	1	0
277162	277163	1082	1082	1.00	한국철도공사	1	0
277164	277165	1083	1083	1.00	한국철도공사	1	0
277166	277167	1084	1084	1.00	한국철도공사	1	0
277168	277169	1085	1085	1.00	한국철도공사	1	0
277170	277171	1086	1086	1.00	한국철도공사	1	0
277172	277173	1087	1087	1.00	한국철도공사	1	0
277174	277175	1088	1088	1.00	한국철도공사	1	0
277176	277177	1089	1089	1.00	한국철도공사	1	0
277178	277179	1090	1090	1.00	한국철도공사	1	0
277180	277181	1091	1091	1.00	한국철도공사	1	0
277182	277183	1092	1092	1.00	한국철도공사	1	0
277184	277185	1093	1093	1.00	한국철도공사	1	0
277186	277187	1094	1094	1.00	한국철도공사	1	0
277188	277189	1095	1095	1.00	한국철도공사	1	0
277190	277191	1096	1096	1.00	한국철도공사	1	0
277192	277193	1097	1097	1.00	한국철도공사	1	0
277194	277195	1098	1098	1.00	한국철도공사	1	0
277196	277197	1099	1099	1.00	한국철도공사	1	0
277198	277199	1100	1100	1.00	한국철도공사	1	0

<Figure 5> 데이터의 형식

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 포함되어 있다.

<Table 2> 역(정류장)의 속성정보 내용

필드명	자료 유형	설명
Shape	기호	점, 선, 면 구분
MANAGING_A	기호	기관명
STATION_NA	기호	역 이름

<Table 3> 철도망의 속성정보 내용

필드명	자료 유형	설명
Shape	기호	점, 선, 면 구분
FROM_RAILN	숫자	링크의 시작점
TO_RAILNOD	숫자	링크의 끝점
LENGTH	숫자	링크길이
MANAGING_A	기호	기관명
MAXSPEED	숫자	역 구간의 속도
RAILLINE_N	기호	노선명칭

<Table 4> 행정구역의 속성정보 내용

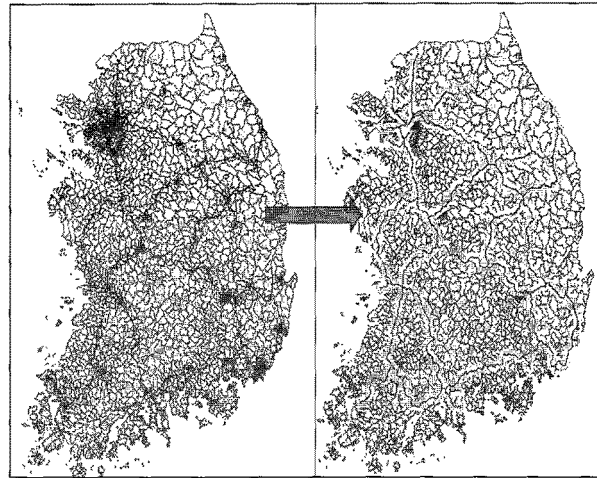
필드명	자료 유형	설명
Shape	기호	점, 선, 면 구분
AREA	숫자	면적
DISTRICT_N	기호	행정구역 명
POP	숫자	인구수
DENSITY	숫자	인구밀도

<Table 5> 하천 및 강의 속성정보 내용

필드명	자료 유형	설명
Shape	기호	점, 선, 면 구분
WATERNAME	기호	하천 및 강 이름
RIVER_AREA	숫자	하천 및 강 면적

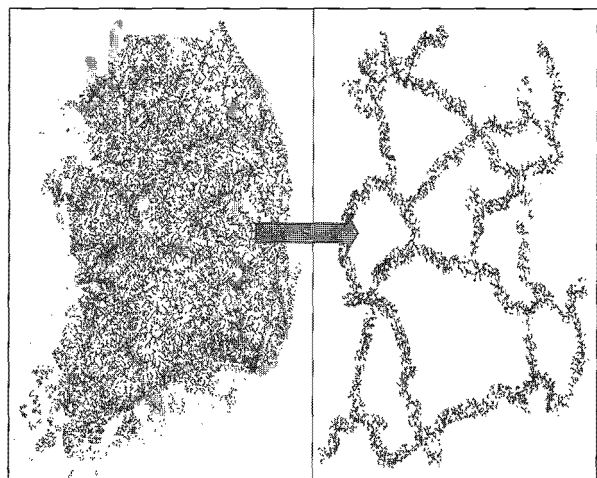
4.2.1 GIS 공간분석기법을 통한 데이터 구축

피해규모를 산출하기 위하여 데이터를 구축하는데 있어서 첫 번째는 철도망을 <Table 1>에서 정의된 위험물질별 피해영향범위 기준에 따라 버퍼링기법을 사용하여 <Figure 6>과 같이 피해영향범위를 도출하였다. 또한 피해영향범위가 큰 물질일수록 도출되는 면적이 넓게 분포된다.



<Figure 6> Buffer기능

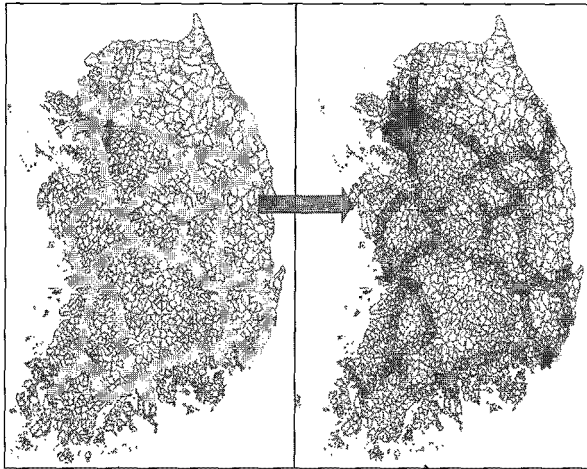
Clip기능은 Buffer된 면적 값을 기준으로 하여 그에 해당하는 만큼을 제외한 나머지부분을 잘라버리는 기능이다. <Figure 7>에서는 버퍼링분석을 기준으로 Clip을 사용하여 범위를 도출하였다.



<Figure 7> Clip기능

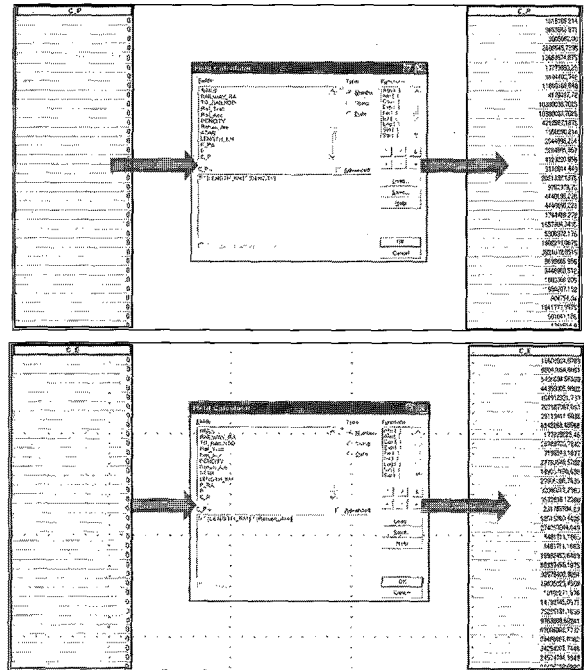
<Figure 8>은 Intersect기능을 사용한 화면이다.

Intersect기능은 합집합의 의미와 동일하여 두 개의 데이터가 겹쳐지는 부분이 추출되고, 속성 값 또한 경계구역에 맞게 세분할 되어 추출된다.

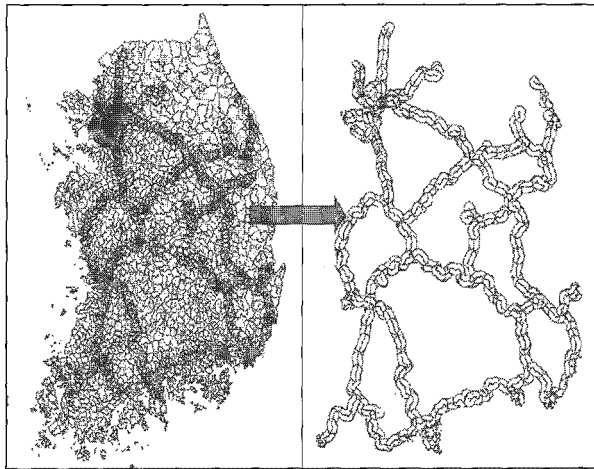


<Figure 8> Intersect기능

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.



<Figure 10> Calculator기능

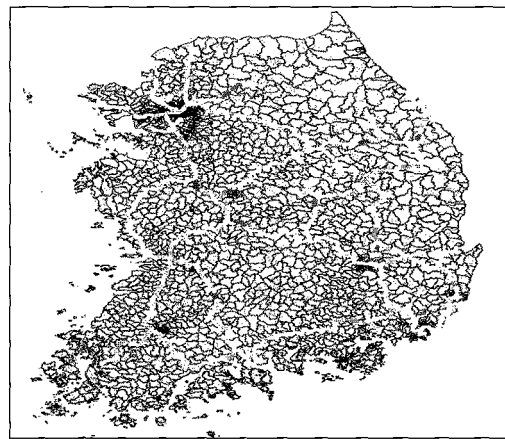


<Figure 9> Dissolve기능

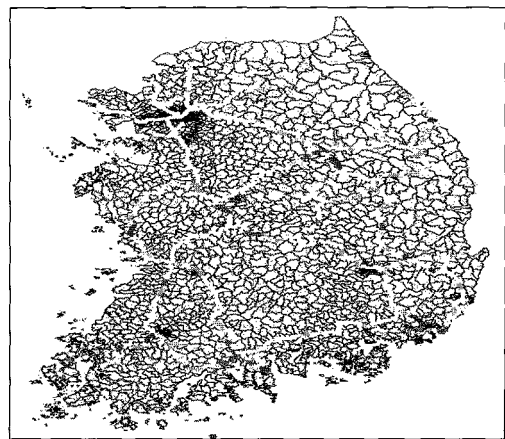
4.2.2 위험물질별 피해규모 자동 산정

피해규모를 산정하는 방법으로는 ArcGIS Calculator 기능을 통해 자동 산출이 가능하다. 인구노출피해규모를 구하기 위해서는(적용버퍼링범위×노선길이×인구밀도)이며, 환경노출피해규모는(적용버퍼링범위×노선길이×환경밀도)의 값을 계산하여 도출한다.

위와 같은 계산식에 의하여 인구노출피해규모와 환경노출피해규모의 값을 구하고, 이 값으로 ArcGIS의 Symbology기능을 사용하여 색으로 구간별 피해규모를 확인 할 수 있다. <Figure 11>은 위험물질별 버퍼링의 반경 1km와 7km별로 피해규모를 산정한 것이고, 붉은 색에 가까워지면 피해규모가 큰 값을 나타낸다.

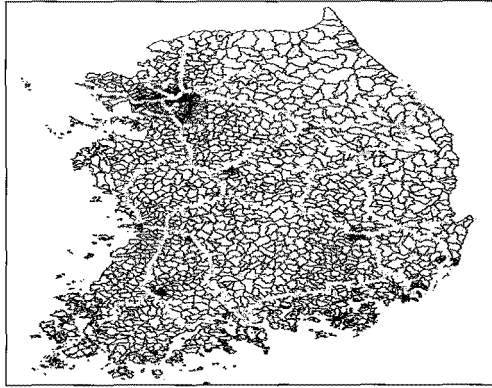


<인구피해규모>

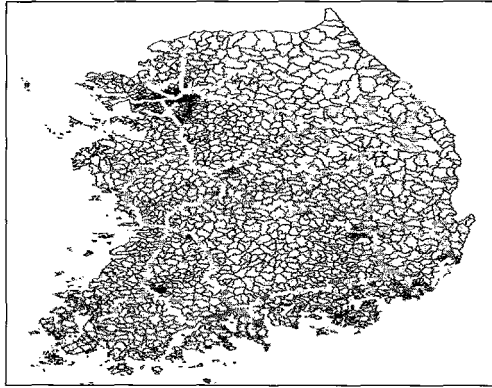


<환경피해규모>

<Figure 11> 1km반경 위험물 피해규모



<인구피해규모>



<환경피해규모>

<Figure 12> 7km반경 위험물 피해규모

5. 결론 및 향후과제

5.1 결론

본 연구는 철도 위험물 사고발생시 피해영역이 다양한 위험물질별 피해규모를 GIS공간분석기법을 활용하여 자동으로 추출하는 방안을 도출한 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.

이상의 결과를 통해 위험물 물류 수송에 있어 GIS에

기반한 안전관리 방안을 마련한다면 투입되는 인적·물적 절감을 통해 더욱 효율적인 분석이 가능할 것이다.

5.2 향후과제

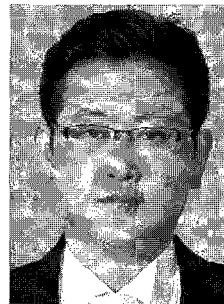
현재 철도에서의 위험물 수송은 일반철도에 한정되고, 공로 수송의 경우 고속국도, 일반국도 위주로 이루어지고 있다. 하지만 일반적으로 철도와 공로 수송이 함께 이루어지는 복합수송(Intermodalism)의 경우에는 환적시 환적저항을 고려하지 못하고 있다. 따라서 위험물의 수송경로를 선정하기 위해서는 단일 수송 수단뿐만 아니라 복합수송에 관한 사항도 고려하여 어떠한 수송 방안이 가장 안전한지에 대한 추가 연구가 요구된다.

6. 참고 문헌

- [1] 김동문 (2002), "GIS에 의한 도로의 최적노선선정 시스템 개발", 박사학위논문, 강원대학교, 춘천시.
- [2] 김시곤, 안승범 (1999), "GIS를 활용한 위험물 수송관리 시스템개발 (울산시 사례연구)" 교통학회지 제17권 2호.
- [3] 김용진, 김건영 (2004), "수송안전정보시스템 개발(3차년도)"보고서, 교통개발연구원, 제 3권
- [4] 김황배, 김동문 (2002), "GIS공간분석기법을 적용한 대규모 가스 및 유류 저장시설 폭 발시 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

저 자 소개

박 민 규



동국대학교에서 학사 및 공학석사 학위를 취득하였고, 서울산업대학교 철도경영정책학과에서 박사학위를 취득하였다. 현재 탐엔지니어링 기술연구소에서 교통연구 PM을 맡고 있다. 관심분야는 SI, 교통 및 철도안전, 물류, Human Error 등이다.

주소: 경기도 수원시 장안구 정자동 51-15 탐엔지니어링 기술연구소

김 시 곤

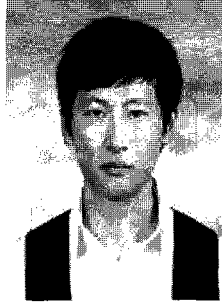


부산대학교에서 학사, 미국 버지니아공대(Virginia Tech.)에서 석사와 공학박사를 취득하였으며, 한국교통연구원(KOTI)에서 철도연구실장을 역임하였다. 남서울대학교 산업환경시스템공학부에서 부교수로 재직하였고, 현재는 서울산업대학교 철도경영정책학과

과의 주임교수로 재직 중이다. 관심분야는 철도안전, 교통수요예측, 철도정보시스템 등이다.

주소: 서울시 노원구 공릉2동 172번지 서울산업대학교 구도서관 216호 철도경영정책연구소

이 원 태



남서울대학교에서 학사를 취득하였으며, 현재 서울산업대학교 철도경영정책학과 석사과정에 재학 중이다. 관심분야는 철도안전, GIS, 철도경영 등이다.

주소: 서울시 노원구 공릉2동 172번지 서울산업대학교 구도서관 216호 철도경영정책연구소