

□ 論 文 □

퍼지 이론을 이용한 교통사고 위험수준 평가모형

A Development of Fuzzy Logic-Based Evaluation Model
for Traffic Accident Risk Level

변 완 희

(아주대학교 대학원)

최 기 주

(아주대학교 교통공학과 교수)

— 목 차 —

1 서론	3.3 규칙
1.1 연구의 배경 및 목적	3.4 퍼지 합성추론과정
1.2 연구의 범위 및 내용	3.5 보정
2 이론적 고찰	4 사례분석
2.1 퍼지이론의 개념	4.1 사례분석
3 사고수준위험 평가모형	5 결론
3.1 사고인자 결정	
3.2 사고발생 인자의 가능성 분포	〈참고문헌〉

— ABSTRACT —

The evaluation of risk level or possibility of traffic accidents is a fundamental task in reducing the dangers associated with current transportation system. However, due to the lack of data and basic researches for identifying such factors, evaluations so far have been undertaken by only the experts who can use their judgements well in this regard. Here comes the motivation this thesis to evaluate such risk level more or less in an automatic manner. The purpose of this thesis is to test the fuzzy-logic theory in evaluating the risk level of traffic accidents.

In modeling the process of expert's logical inference of risk level determination, only the geometric features have been considered for the simplicity of the modeling. They are the visibility of road surface, horizontal alignment, vertical grade, diverging point, and the location of pedestrian crossing. At the same time, among some inference methods, fuzzy composition inference method has been employed as a backbone inference mechanism.

In calibration, the proposed model used four sites' data. After that, using the calibrated model, six sites' risk levels have been identified. The results of the six sites' outcomes were quite similar to those of real world other than some errors caused by the enforcement of the model's output. But it seems that this kind of errors can be overcome in the future if some other factors such as driver characteristics, traffic environment, and traffic control conditions have been considered. Furthermore, the application of site's specific time series data would produce better results.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

도로교통체계를 구성하는 요소는 도로, 환경, 운전자, 보행자, 및 차량들로서 이 요소들이 제 기능을 다하지 못할 때 체계의 이상을 가져오며, 이는 곧 교통사고의 원인이 된다. 위험이란 '바람직하지 못한 불확실성의 내포'라는 뜻으로 정의할 수 있으며, 위험에 대한 평가는 교통체계내의 잠정적인 위험을 제거하기 위한 기본적인 과제가 된다.

안전 공학 분야에서는 위험요인을 관리하고 위험수준을 평가하기 위한 과정에서 각 사고를 확률적 척도로 계량화하고 있다. 그러나 대부분의 경우 교통 사고는 상황 자료가 부족하고 발생 확률 역시 분명하지 못하기 때문에 정확한 확률값을 구한다는 것은 사실상 불가능하다. 또한, 위험 상황이란 주기적으로 발생하지 않으며 주관적인 판단을 통해 해석되어지고 있다.

현재 교통사고 분석 및 교통사고 다발지점 개선 등은 전문가에 이루어지고 있는 실정이다. 인간이 갖는 애매함이나 불확실성에도 불구하고 Zimmer¹⁾에 의하면, "비록 인간은 계량적인 평가에서는 다소 취약하지만 질적인 평가에서는 상당히 효율적인 측면이 있다"고 하였다. 본질적으로 분명히 볼 수 있듯이, 전문가들의 지식이 대개 언어로 표현되는 질적 변수로 구성되는데, 최근에 개발되고 있는 지식기반 전문가 시스템(knowledge-based expert system)에서 이러한 사항을 인식할 수 있다. 전문가 시스템에서 언어정보를 처리함에 있어 어의 표현이 애매한 경우 고전적 이진 논리는 적용할 수가 없

다. 이러한 애매함을 퍼지제약을 통해 수치로서 처리할 수 있도록 하는 단순한 방법을 제공하고 있는 퍼지집합 이론에서는 명제의 의미를 가능성 분포로서 표현하여 논리규칙을 적용 가능케 한다.

따라서 본 연구의 목적은 교통사고가 갖는 불확실성을 다루기 위하여 퍼지 이론을 적용하였으며, 전문가의 지식과 경험을 모델링 하였다. 그리고 이를 바탕으로 도심부 링크구간의 사고 위험수준을 기하구조의 측면에서 평가하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 내용

본 연구는 도로 링크 구간을 대상으로 하였다. 평가에 적용한 변수는 사고에 영향을 미치는 도로, 환경, 사람 및 차량의 요소 중 도로의 기하구조만을 고려하였으며, 이 중에서 도로의 노면시인성, 평면선형(곡선반경), 종단구배, 분기로, 횡단보도위치를 변수로 설정하였다. 평가기법은 퍼지 이론의 퍼지합성추론을 적용하였다.

사고발생의 원인이 되는 인자의 결정과 인자들과 사고발생건수간의 관계(Relation or Rule)는 교통사고 다발지점 개선 실시설계(서울특별시) 링크구간 42개소에 대한 사고도 및 지점도면 그리고 전문가 분석 내용을 기초자료로 하였으며, 이를 바탕으로 수원시 6개지점의 분석을 통하여 각 사고발생의 원인이 되는 인자의 가능성 분포와 관계의 보정을 행하였다. 수원시 6개지점은 93년도, 94년도 연간 교통사고 발생건수(인피 및 물피사고)의 평균값을 기준으로 하였다. 또한, 사례 6개 지점을 통하여 실제 사고 건수와 비교 검토하였다.

본 논문의 중요 요소는 다음과 같다.

- ① 사고 발생 원인이 되는 인자들의 가능성 분포(語意변수에 대한)

1) Zimmer, A. c., Verbal verse Numerical Processing, North_Holland, Amsterdam, 1983.

- ② 인자와 사고위험수준간의 관계
- ③ 근사추론
- ④ 추론된 결과의 디퍼지화(정량화)

앞서 설명한 바와 같이 인자의 결정과 가능성 분포, 그리고 이들간의 관계는 모두 전문가의 지식과 경험을 바탕으로 하지만, 전문가의 지식과 경험이 갖는 불확실성과 모호성을 제거하기 위한 충분한 사례 분석 및 이에 따른 보정을 행하였다.

종전의 연구에서는 추론된 사고위험 수준의 가능성 분포를 이미 정의된 어의변수로 변환시키기 위하여 해밍거리나 유클리드 거리를 사용하였으나, 본 연구에서는 추론된 사고위험수준의 가능성 분포와 기정의 된 어의변수간의 해밍거리가 큰 값을 나타내었기에, 퍼지 제어 이론에서 사용하는 COA(Center Of Area) 방법을 사용하여 정성적인 어의변수 대신 정량화된 평가값(연간 사고건수)으로 출력하도록 하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 퍼지이론의 개념

퍼지이론은 1965년 미국 버클리 대학의 자데(Lofti A. Zadeh)에 의해 처음 소개되었으며 일본 및 유럽에서 활발하게 연구되고 응용하고 있는 학문이다.

최근 인간과 비슷하게 생각하고 일하는 컴퓨터를 만들고자 하는 인공지능 연구가 활발하게 진행되고 있다. 컴퓨터가 인공지능을 가지고 인간이 원하는 바를 제대로 수행하기 위해서는 인간이 사용하는 숫자는 물론이고 언어에서 보이는 애매한 표현을 처리할 수 있어야 한다. 이러한 애매한 표현을 처리할 수 있는 이론적 바탕을 제공하는 것이 퍼지이론이다. 다시 말해,

언어는 숫자와는 달리 하나의 언어 속에 여러 정보를 담고 있는 경우가 있다. 이런 경우, 언어는 애매함 속에 정보를 담고 있는데 이와 같이 언어가 갖고 있는 정보를 논리적으로 처리할 수 있는 이론적인 근거를 제공하는 것이 퍼지이론이다.

어떤 모집합(Universes of discourse) U의 퍼지 부분집합(Fuzzy subset) A는 모집합 U내의 각 원소 y가 퍼지집합 A에 소속하는 정도를 말하는 멤버쉽 함수(membership function) $\mu(y)$ 에 의해 구체화된다. 즉, A를 구성하는 모집합 U내의 각 원소 y는 퍼지집합 A의 완전한 원소가 되는 것이 아니라 [0,1]사이의 값을 갖는 $\mu(y)$ 만큼의 멤버쉽을 가지며, $\mu(y)$ 값이 양인 U의 원소들이 A의 구성 원소가 된다. 다시 말해 멤버쉽 함수의 값(소속정도: $A(y)$)이 0과 1사이의 임의의 값을 가질수 있도록 하는 집합을 퍼지집합이라 한다.

3. 사고위험수준 평가 모형

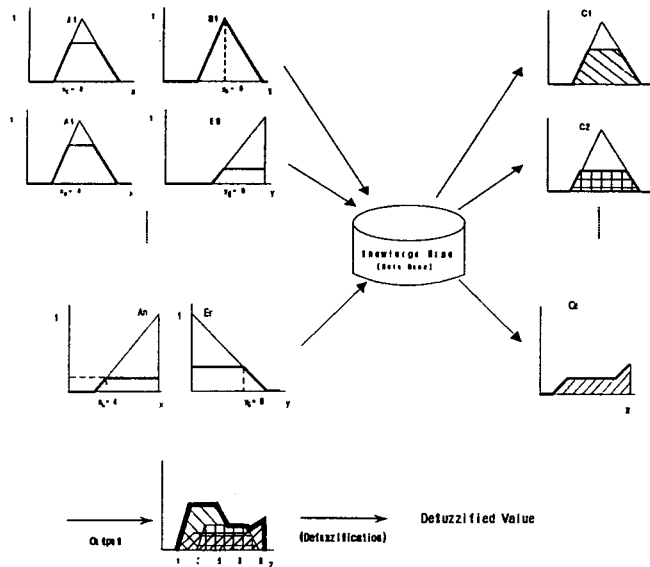
3.1 사고인자 결정

사고위험도 평가모형 과정에 따른 개념도는 <그림 1>과 같다.

각 사고인자의 측정값에 대응되는 컷팅된 어의변수((A1,B1),(A1,B2),...)가 결정되면 지식베이스에서는 이를 참조하여 각각의 대응되는 규칙을 정의하고 퍼지합성추론에 의하여 추론결과(C1,C2,..., Cn)를 도출한다. 추론된 결과들은 다시 퍼지합집합 연산을 통하여 하나의 디퍼지화된 결과를 산출한다.

(1) 자료 분석에 의한 결정

사고 인자의 결정은 [92' 서울특별시 교통사



<그림 1> 사고위험수준 평가 모형의 개념도

<표 2> 사고유형별 사고 발생 인자의 영향

	노면 시인성	횡단보도 시인성	버스정류장 위치	신호등 시인성	분기로	평면선형	횡단보도 위치	종단구배
보행자 사고	◎	◎		○			◎	
정면충돌	◎					◎		○
직각충돌		○			◎			
측면충돌	◎		◎			○		
추돌		○						◎

◎ 주요원인 인자, ○ 주변원인 인자

고 다발지점 개선 실시설계] 보고서의 구간 자료 42개소를 선정하였으며, 사고위험 발생인자의 분석은 사고도와 보고서의 지점별 분석부분을 참조하였다. <표 1>은 서울시 링크 구간 사고다발 지점을 나타낸 것이다.

전문가로 부터 조사된 기하구조 측면에서의 사고원인 인자는 노면시인성, 곡선반경, 종단구배, 분기로, 횡단보도위치였다.

(2) 전문가가 정한 사고원인 인자

(3) 인자 결정

자료 조사와 전문가에 따른 인자는 다음과 같다.

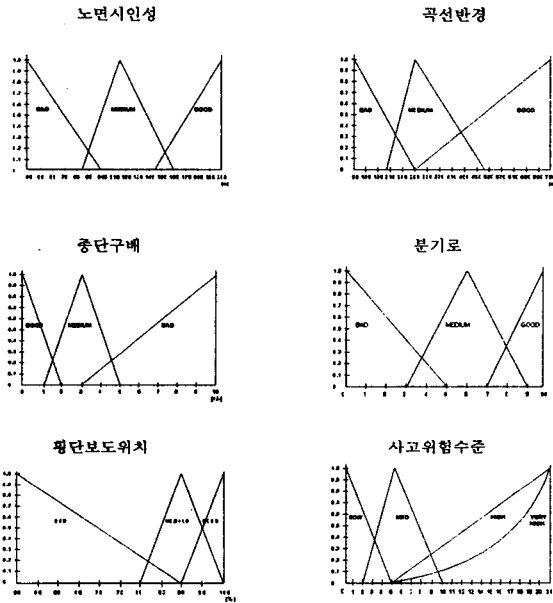
자료분석	노면 시인성	횡단보도 시인성	버스정류장위치	신호등시인성	분기로	평면선형	횡단보도위치	종단 구배
전문가	노면 시인성		-	-	분기로	평면선형	횡단보도위치	종단 구배

<표 1> 서울시 42개소 링크 구간 사고다발 지점

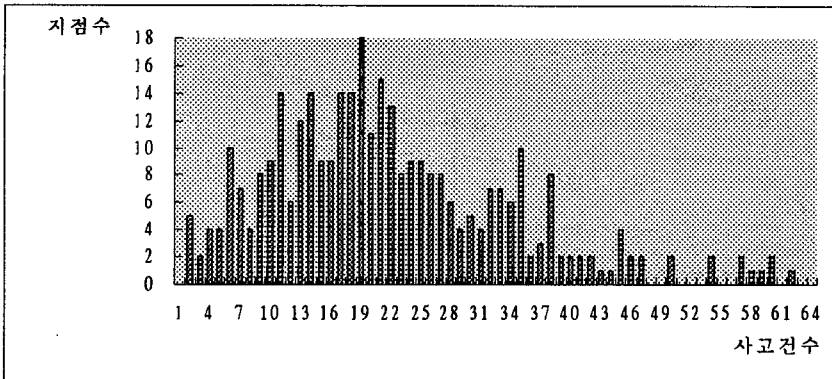
도 로 명	사 고 원 인										사고발생 건 수
	노면 시인성	횡단보도 시인성	버스정류장 위치	신호등 시인성	분기로	평면선형	횡단보도 위치	종단구배	기 타	도 로 형 태	
YMCA앞	●						●			직선	35
신탄은행 청계 3가		●					●			횡단	21
동묘앞	●						●			직선	22
창신국교앞	●	●					●			횡단	18
충신시장입구	●	●				●	●	●		횡단	46
용산 USO	●									횡단	24
국제빌딩			●				●			직선	34
한강쇼핑센터			●				●			직선	10
국민은행 갈현지점	●	●				●	●			횡단	15
불광시의버스터미널	●	●			●			●		횡단	36
은평국교앞	●	●					●			직선	19
신흥쇼핑센터앞	●				●					횡단	7
도봉 601앞	●	●			●					횡단	45
방학동 708	●	●	●							횡단	35
쌍문역앞	●						●			직선	5
수유시장앞	●	●					●			횡단	51
성북시장앞	●	●		●						횡단	40
도봉세무서	●	●			●					횡단	39
미아삼거리역	●						●			직선	65
창 2동 사무소앞	●				●					횡단	11
미아 1동 745앞	●	●				●	●	●		횡단	16
순천당 의원앞	●					●		●		횡단	12
북선 P.B.앞	●					●	●	●		직선	25
돈암동 태극당앞	●	●	●			●	●	●		횡단	29
송정 18-국영유리	●		●		●			●		횡단	16
건대입구R-서전R	●			●	●	●	●			횡단	12
명일R-배재중고R	●	●		●	●					횡단	14
송파 주공 72동앞		●								횡단	15
학동R-도산R	●	●			●		●			횡단	16
강남 도고호텔	●									횡단	12
은곡마을	●				●		●	●		횡단	12
제관R-삼육제활원	●				●		●	●		횡단	16
팔각정-유한양행	●				●					횡단	13
노량진역앞	●				●		●		택시	횡단	18
노량진	●	●				●	●	●		횡단	19
혹석 2동 사무소앞	●							●		횡단	19
유한공고앞	●	●		●		●	●	●		횡단	55
구로구 남부 수경의원	●				●		●			횡단	13
목동 중학교	●					●				곡선	22
방화중앞	●						●			횡단	23
강서구 송정국교	●						●			횡단	11
화곡동 110	●						●	●		횡단	14

전문가는 노면시인성과 횡단보도시인성을 같은 의미로 해석하고 있으며, 버스정류장 위치와 신호등 시인성을 고려하지 않았다. 사고발생지점 다이어그램을 분석한 결과 노면시인성은 구간내에 사고를 유발하고 있고, 횡단보도 시인성은 횡단보도 및 그 주변에서 사고를 유발시키

고 있다고 분석되었으나 지점별 사고 분석에 있어서 측정값은 같은 의미의 값으로서 처리할 수 있다고 판정되었으며 버스정류장위치 및 신호등시인성은 사고발생 원인이 된다고 분석되었으나 이에 따른 사고발생 빈도가 미약함으로 이를 무시하기로 하였다.



〈그림 2〉 사고발생 요인 및 사고위험수준의 가능성 분포



주: 1993년. 서울특별시 교통사고 다발지점 개선사업 효과분석 보고서

〈그림 3〉 사고건수와 그에 대응하는 사고 지점수

따라서 본 논문에서의 사고발생 원인이 되는 인자는 노면시인성, 분기로, 평면선형, 횡단보도 위치, 종단구배로 선정하며, 이들 인자만을 고려한 사고평가 및 분석을 실시하였다.

〈그림 2〉은 전문가로부터 조사된 사고발생요인 및 사고위험 수준을 초기값으로 하여 가능성 분포를 그림으로 나타낸 것이며 〈표 3〉은 이들 가능성 분포를 퍼지소속정도로 나타낸 것이다. 〈그림 2〉의 가로축은 기저변수로 불리우며 정량화된 값을 갖는다. 그리고 세로축은 0

3.2 사고발생 인자의 가능성 분포

〈표 3〉 사고발생 요인이 되는 인자들의 퍼지소속정도

인자	어의 변수	퍼지 소속정도																			
노면시인성	기저변수	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195	205			
	BAD	1	0.83	0.67	0.5	0.33	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	MED	0	0	0	0	0	0.17	0.5	0.83	0.89	0.67	0.44	0.22	0	0	0	0	0	0		
	GOOD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.27	0.45	0.64	0.82	1	1	1		
곡선반경	기저변수	90	130	170	210	250	290	330	370	410	450	490	530	570	610	650	690				
	BAD	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	MED	0	0	0	0.11	0.56	1	0.83	0.66	0.48	0.31	0.14	0	0	0	0	0	0			
	GOOD	0	0	0	0	0	0	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.55	0.64	0.73	0.82	0.91	1			
종단구배	기저변수	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	
	GOOD	1	0.75	0.5	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	MED	0	0	0	0.25	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	BAD	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0.14	0.21	0.29	0.36	0.43	0.50	0.57	0.64	0.71	0.79	0.86	
분기로	기저변수	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
	BAD	1	0.83	0.67	0.5	0.33	0.17	0	0	0	0	0									
	MED	0	0.2	0.4	0	0.33	0.67	1	0.67	0.33	0	0									
	GOOD	0	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0.67	1									
횡단보도 위치	기저변수	50	52.5	55	57.5	60	62.5	65	67.5	70	72.5	75	77.5	80	82.5	85	87.5	90	92.5	95	
	BAD	1	0.94	0.88	0.81	0.75	0.69	0.63	0.56	0.5	0.44	0.38	0.31	0.25	0.19	0.13	0.06	0	0	0	
	MED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.5	0.75	1	0.75	0.5	
	GOOD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.5	
사고위험 수준	기저변수	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	LOW	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MED	0	0	0	0.3	0.67	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	HIGH	0	0	0	0	0	0	0.06	0.13	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.63	0.69	0.75	0.81	
	VERY HIGH	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.04	0.06	0.10	0.14	0.19	0.25	0.39	0.40	0.48	0.56	0.66	

과 1사이의 값으로 기저변수의 한 임의의 값이 갖는 어의변수의 정도를 가리킨다. 가령 노면시인성의 경우 기저변수는 시인거리를 나타내기 위하여 거리(m)를 사용하였고 정지시거 개념을 사용하여 시속 40km/h에서 시속 100km/h사이의 시거값을 범위로 하였다. 시인거리가 125m라 할 때 이에 대응하는 어의변수는 medium이 되며, 그정도는 1.0이 된다.

〈표 3〉은 각 인자들의 어의변수가 갖는 퍼지 소속정도를 나타내고 있다. 노면 시인성의 경우 BAD는 45에서 1.0의 값을 갖고, 105이상은 0의 값을 갖는 함수로서 다음과 같다.

$$y = -(1/60) \times x + (7/4), \text{ 단 } x = \{45, 65, \dots, 205\}$$

〈표 4〉 사고인자와 사고위험수준의 관계

if(노면시인성	∧	곡선반경	∧	내리막구배	∧	분기로	∧	횡단보도위치)	then	사고위험도
bad	∧	bad	∧	bad	∧	bad	∧	bad	⇒	Very high
bad	∧	bad	∧	med	∧	bad	∧	bad	⇒	Very high
bad	∧	bad	∧	good	∧	bad	∧	bad	⇒	Very high
bad	∧	med	∧	med	∧	bad	∧	bad	⇒	Very high
bad	∧	med	∧	med	∧	med	∧	bad	⇒	Very high
med	∧	med	∧	med	∧	bad	∧	bad	⇒	Very high
bad	∧	bad	∧	med	∧	med	∧	med	⇒	Very high
bad	∧	med	∧	bad	∧	med	∧	med	⇒	Very high
bad	∧	good	∧	good	∧	bad	∧	med	⇒	Very high
bad	∧	good	∧	good	∧	med	∧	med	⇒	high
bad	∧	good	∧	good	∧	good	∧	ba	⇒	high
bad	∧	good	∧	good	∧	bad	∧	good	⇒	high
good	∧	bad	∧	bad	∧	med	∧	good	⇒	high
good	∧	med	∧	bad	∧	med	∧	good	⇒	high
good	∧	good	∧	bad	∧	med	∧	good	⇒	high
med	∧	bad	∧	good	∧	bad	∧	med	⇒	high
med	∧	bad	∧	good	∧	bad	∧	good	⇒	high
med	∧	good	∧	good	∧	bad	∧	bad	⇒	high
good	∧	bad	∧	good	∧	bad	∧	med	⇒	high
med	∧	good	∧	good	∧	med	∧	med	⇒	medium
med	∧	good	∧	good	∧	bad	∧	good	⇒	medium
med	∧	good	∧	good	∧	bad	∧	med	⇒	med
med	∧	med	∧	good	∧	bad	∧	med	⇒	medium
med	∧	med	∧	med	∧	good	∧	med	⇒	medium
good	∧	med	∧	good	∧	bad	∧	med	⇒	medium
good	∧	good	∧	good	∧	bad	∧	med	⇒	medium
good	∧	good	∧	good	∧	good	∧	bad	⇒	medium
good	∧	good	∧	good	∧	good	∧	med	⇒	low
good	∧	good	∧	good	∧	good	∧	good	⇒	low
good	∧	good	∧	med	∧	good	∧	good	⇒	low
good	∧	good	∧	bad	∧	good	∧	good	⇒	low
good	∧	med	∧	med	∧	med	∧	good	⇒	low

사고위험 수준은 1993년도 교통사고 다발지점 개선사업 효과분석(서울특별시지방경찰청) 보고서 사고 다발 지점 400개소의 사고 건수를 토대로 하여 평균치 (21건)를 어의변수 "HIGH"의 퍼지 소속정도(가능성)를 1.0으로 하였다. <그림 3>는 사고건수와 그에 대응하는 사고 지점수를 보여주고 있다.

3.3 규칙(Rule)

규칙은 인자별 가능성 분포와 관련하여 전문가의 지식과 경험과 다양한 사고분석 과정을 통하여 구축하였다. <표 4>는 전문가로부터 구한 사고인자와 사고위험도 사이의 관계를 일부 보여주고 있다.

3.4 퍼지 합성 추론 과정

■ 입력 데이터

$$\Pi_{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = \text{Min}_i[C_i(x_i)]$$

■ 조건부 가능성 분포

$$\Pi_{U_i | V_1, V_2, V_3, \dots, V_n}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = \text{Min}(H(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), B(y))$$

여기서, $H(x_1, x_2, \dots, x_n) = \text{Min}_i[A_i(x_i)]$

■ 퍼지 합성 추론

$$\begin{aligned} \Pi_U(y) &= \text{Max} [\Pi_{V_1, V_2, \dots, V_n}(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\quad \wedge \Pi_{U_i | V_1, V_2, \dots, V_n}(x_1, x_2, \dots, x_n, y)] \\ &= \text{Max}_{x_1, x_2, \dots, x_n} [\text{Min}_i[C_i(x_i)] \\ &\quad \wedge \text{Min}(H(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), B(y))] \end{aligned}$$

본 논문에서의 연산은 드모르강 법칙을 이용하여 추론 연산시간을 효율적으로 행하였다.

$A \wedge B \Rightarrow C \equiv (A \Rightarrow C) \vee (B \Rightarrow C)$ 를 이용하여 각 인자들을 각각 사고 위험수준과 추론 연산을 하여 그 결과들을 퍼지합 연산을 하였다.

$$\begin{aligned} \Pi_U(y) &= \text{Max} [\Pi_{V_1}(x_1) \wedge \Pi_{U | V_1}(x_1, y)] \vee \\ &\quad \text{Max} [\Pi_{V_2}(x_2) \wedge \Pi_{U | V_2}(x_2, y)] \vee \\ &\quad \text{Max} [\Pi_{V_3}(x_3) \wedge \Pi_{U | V_3}(x_3, y)] \vee \\ &\quad \text{Max} [\Pi_{V_4}(x_4) \wedge \Pi_{U | V_4}(x_4, y)] \vee \\ &\quad \text{Max} [\Pi_{V_5}(x_5) \wedge \Pi_{U | V_5}(x_5, y)] \end{aligned}$$

■ 추론 과정

지점 : 수원시 원천구 한국통신

<표 5>은 한국통신의 입력 데이터와 그에 상응하는 규칙을 보여주고 있다. 여기서 규칙은 2개이며 이들 각각의 규칙에 따른 추론을 한 결과를 퍼지합 연산을 통하여 얻게되는 것이다.

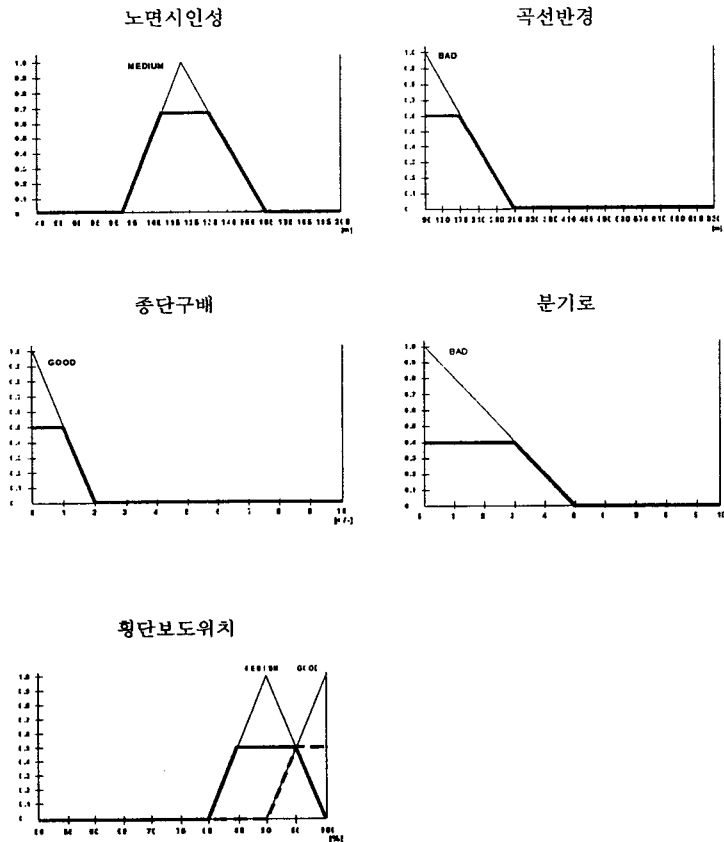
또한 <표 6>과 <그림 4>는 각각 입력값에 의해 결정된 어의변수와 컷팅된 퍼지소속함수를 보여주고 있다.

<표 5> 보정전 한국통신의 입력 데이터와 규칙

한국통신	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치	위험수준
입력 데이터	133m	175m	1.08%	3	94%	
규칙	MED	BAD	GOOD	BAD	MED	HIGH
	MED	BAD	GOOD	BAD	GOOD	HIGH

<표 6> 입력값에 의해 결정된 어의변수의 퍼지 소속정도

인자	어의 변수	퍼지 소속정도																				
노면 사인성	기저 변수	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195	205				
	MED	0	0	0	0	0	0.17	0.5	0.83	0.89	0.67	0.44	0.22	0	0	0	0	0				
곡선 반경	기저 변수	90	130	170	210	250	290	330	370	410	450	490	530	570	610	650	690	730				
	BAD	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
중단 구배	기저 변수	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
	GOOD	1	0.75	0.5	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
분기 로	기저 변수	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
	BAD	1	0.83	0.67	0.5	0.33	0.17	0	0	0	0	0										
횡단 보도 위치	기저 변수	50	52.5	55	57.5	60	62.5	65	67.5	70	72.5	75	77.5	80	82.5	85	87.5	90	92.5	95	97.5	100
	MED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.5	0.75	1	0.75	0.5	0.25	0
	GOOD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.5	0.75



<그림 4> 입력값에 의해 컷팅된 어의변수

입력값에 의해 결정된 컷팅된 어의변수는 규칙에 의하여 추론을 행하게 된다.

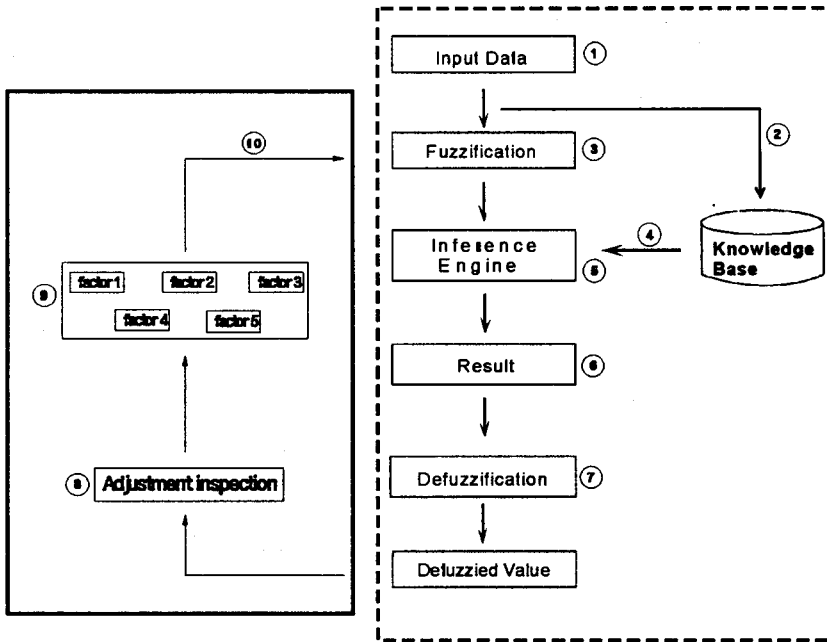
그리고 추론된 결과는 규칙이 2개 존재하므로 역시 2개의 값이 추론된다. 추론된 2개의 결과를 퍼지합 연산을 하면 하나의 가능성 분포를 얻게 되는데, 이 분포를 디퍼지화하여 일점화된 추론 결과를 얻게 되는 것이다.

이상과 같은 방법을 규칙 1과 규칙 2에 따라

실행하여 얻은 가능성 분포들을 퍼지합집합 연산을 통하여 얻은 결과는 15.0이 된다. 따라서 본 지점의 연간 사고 건수는 15.0건으로 평가되어 진다.

3.5 통합 모형과 보정

(1) 통합 모형



〈그림 5〉 보정 과정

각 모듈의 흐름을 설명하면,

퍼지 합성 추론(파선)

- ① 현장조사 등에 의한 조사된 자료 입력
- ② 입력된 자료를 지식베이스에서 대응되는 규칙을 검색
- ③ 입력된 자료를 필터링 퍼지함수로 전환
- ④ 검색된 규칙을 추론 기관에 보냄
- ⑤ 퍼지 합성추론
- ⑥ 추론 결과 - 사고 위험수준에 대한 가능

성 분포

- ⑦ 가능성 분포를 정량화된 하나의 값으로 일점화 시킨다.

보정(실선)

- ⑧ 디퍼지화로 일점화된 값을 검색 - 현재는 User Performance
- ⑨ 인자별 가능성 분포를 보정
- ⑩ 보정된 fuzzification 모듈에 저장

(2) 보정

■ 수집 자료

<표 7> 지점별 조사 자료 현황

태평양화학	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치	위험수준
입력 데이터	78m	-	0%	0	100%	
한국통신	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치	위험수준
입력 데이터	133m	175m	1.08%	3	94%	
고색국민학교	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치	위험수준
입력 데이터	104m	-	0%	3	82.5%	
연무파출소	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치	위험수준
입력 데이터	294m	255m	6%	7	100%	

■ 보정

보정 0

<표 8> 입력 데이터 및 보정 전 대응하는 규칙

태평양화학	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치	위험수준
입력 데이터	78m	-	0%	0	100%	
규칙	BAD	GOOD	GOOD	BAD	GOOD	HIGH
한국통신	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치	위험수준
입력 데이터	133m	175m	1.08%	3	94%	
규칙	MED	BAD	GOOD	BAD	MED	HIGH
	MED	BAD	GOOD	BAD	GOOD	HIGH
고색국민학교	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치	위험수준
입력 데이터	104m	-	0%	3	82.5%	
규칙	MED	GOOD	GOOD	BAD	BAD	HIGH
	MED	GOOD	GOOD	BAD	MED	MED

연무과출소	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기료	횡단보도 위치	위험수준
입력 데이터	294m	255m	6%	7	100%	
규칙	GOOD	BAD	BAD	MED	GOOD	HIGH
	GOOD	MED	BAD	MED	GOOD	HIGH

〈표 9〉 보정전의 추론 결과

지점	사고건수		추론 결과			
			태평양화학	한국통신	고색국민학교	연무과출소
태평양화학	93	15	15.0			
	94	13				
	평균	14				
한국통신	93	10	15.0			
	94	8				
	평균	9				
고색 국민학교	93	9			10.93	
	94	16				
	평균	12.5				
연무과출소	93	17				14.02
	94	14				
	평균	15.5				

보정 1

〈표 10〉 보정 1에서의 추론 결과

지점	평균 사고건수	보정 0	보정 1
태평양화학	14	15.0	15.0
한국통신	9	15.0	15.0
고색국민학교	12.5	11.0	14.0
연무과출소	15.5	14.0	15.5

보정 2

〈표 11〉 보정 2에서의 추론 결과

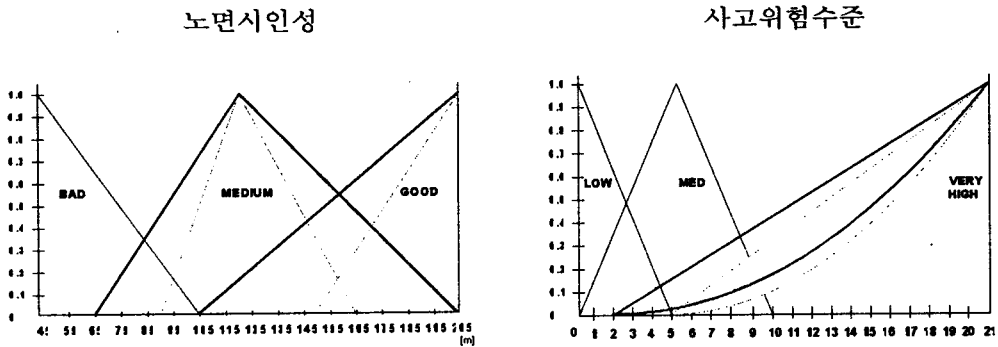
지점	평균 사고건수	보정 0	보정 1	보정 2
대평양화학	14	15.0	15.0	14.92
한국통신	9	15.0	15.0	11.40
고색국민학교	12.5	11.0	14.0	14.0
연무파출소	15.5	14.0	15.5	15.5

보정 3

보정 3에서는 노면시인성의 각각의 어의변수를 곡선반경의 기저변수에 맞추어 조절하였다. 곡선반경의 small은 속도 50km - 70km에 의해 정의된 곡선반경 구간이다. 이 속도 구간에 따른 노면시인성은 105m까지이다. 같은 방법으로

노면시인성의 어의변수를 조정하면 〈그림 6〉과 같다.

그리고 전체적인 산출값의 수준을 낮추기 위해서 사고위험수준의 어의변수 high를 좌측(사고건수 2까지)으로 쉬프트 시키었다.



〈그림 6〉 보정된 어의변수 - 보정 3

〈표 12〉 보정 3에서의 추론 결과

지점	평균 사고건수	보정 0	보정 1	보정 2	보정 3
대평양화학	14	15.0	15.0	14.9	13.6
한국통신	9	15.0	15.0	11.4	11.4
고색국민학교	12.5	11.0	14.0	14.0	12.6
연무파출소	15.5	14.0	15.5	15.5	14.4

〈표 13〉 추론 결과의 비교

지점	평균 사고건수	보정된 신출값-평균사고건수			
		보정 0	보정 1	보정 2	보정 3
태평양화화	14	1	1	0.9	-0.1
한국통신	9	6	6	2.4	2.4
고색국민학교	12.5	-1.5	1.5	1.5	0.1
연무파출소	15.5	-1.5	0	0	-1

4 사례분석

4.1 사례분석

사례분석은 92년도 사고다발지점 6개소를 선정하였으며, 사고지점에 대한 전문가 분석과 입

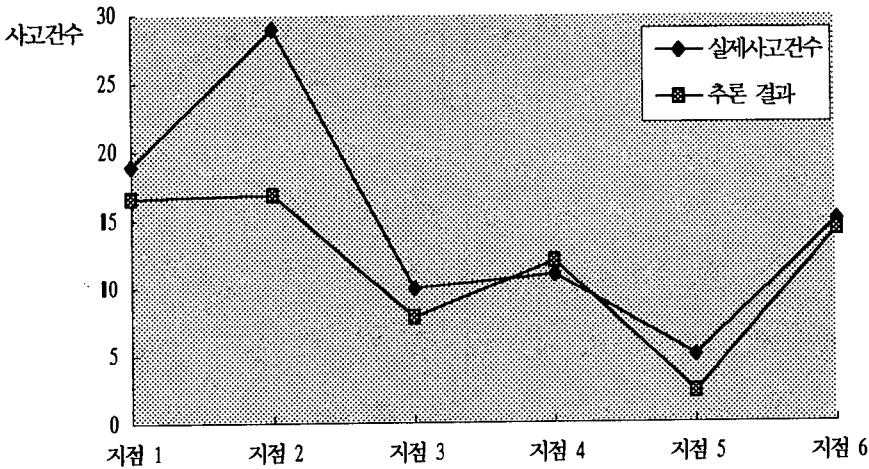
력에 필요한 데이터는 서울특별시 교통사고 다발지점 개선 실시설계의 지점도 및 사고도와 자동차 보험회사의 조사자료중에서 대상 지점의 일부자료를 이용하였다. 그 외 횡단보도의 (횡단보도 이용자/총 횡단자) 비율은 직접 조사하였다.

〈표 14〉 대상 지점의 입력 데이터

은평국민학교	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치
입력 데이터	65m	-	0%	3	92.0%
돈암동 태극당	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치
입력 데이터	64m	211m	6%	7	90.4%
한강쇼펍센터	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치
입력 데이터	124m	-	0%	0	87.4%
창 2동	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치
입력 데이터	85m	-	0%	5	95%
쌍문역	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치
입력 데이터	290m	-	0%	9	87.2%
국민은행 갈현지점	노면시인성	곡선반경	종단구배	분기로	횡단보도 위치
입력 데이터	55m	-	0%	9	65%

<표 15> 실제사고건수와 추론 결과의 비교

지점	지점별 사고건수	지점별 추론 결과
은평국민학교	19	16.6
돈암동 태극당	29	16.9
한강 쇼핑센터	10	7.8
창 2동	11	12.0
쌍문역	5	2.3
국민은행 갈현지점	15	14.3



지점 1: 은평국민학교, 지점 2: 돈암동 태극당, 지점 3: 한강쇼핑센터, 지점 4: 창 2동,
지점 5: 쌍문역, 지점 6: 국민은행 갈현지점

<그림 7> 실제 사고건수와 추론 결과의 비교

본 논문의 사례연구 대상지점의 입력데이터는 <표 14>과 같으며, 퍼지 합성 추론에 의한 결과는 <표 15>과 같다. 또한 실제 사고건수와 추론된 결과를 <그림 7>과 같이 비교하였다.

은평국민학교의 경우 24건의 오차가 발생하였으며, 돈암동 태극당 지점의 경우 12.1건의 큰 오차를 내었다. 이것은 본 논문에서 최대 발생건수를 21건으로 제한하였기 때문이다. 그러나 교통량 및 속도와 같은 인자들이 향후 고려되어진다면 최대 발생건수에 대한 제한을 극복할

수 있다고 판단된다. 한강쇼핑센터의 경우는 2.2건의 차이를, 창 2동의 경우는 1건의 차이를 발생시키고 있다. 그리고 쌍문동 지점의 경우는 2.7건의 차이를 보였다. 또한 국민은행 갈현지점은 0.7건의 차이로 가장 근접한 가장 근접한 결과를 내었다.

<그림 7>을 보면 전반적으로 추론 결과가 실제 사고건수 이하로 발생한 것을 볼수가 있다. 그러나 본 논문의 모형이 기하구조만, 특히 제한된 인자만으로 추론하였기에 교통사고에 있

어 운전자, 차량 그리고 환경에 의한 사고발생은 설명할 수 없으며 그러한 이유로 실제 발생건수 이하의 결과를 내었다는 것은 타당한 결과라고 판단된다. 또한 기하구조만으로도 평가에 있어서도 실제사고건수의 경향을 어느정도 반영하고 있다고 판단된다.

5. 결론

교통사고를 유발시키는 요인으로는 도로의 기하구조, 운전자, 환경 및 교통 조건 등 여러가지가 있으며, 이러한 요인들의 복합적인 관계에 의해 사고가 발생한다. 그러나 이러한 요인들에 대한 분석이나 각 요인내의 여러 인자들은 세부적으로 분석되고 있지 못한 실정이다. 현재 사고다발지점 개선을 위한 지점의 기하구조 측면에서의 분석은 전문가에 의해 이루어지고 있으며, 이는 많은 시간과 비용을 들게 하는 요소가 된다. 따라서 본 논문에서는 기하구조 측면에서의 사고위험수준 평가모형을 구축하여 이러한 비효율성을 개선하고자 하였다.

본 논문에서 제시한 모형은 노면시인성, 평면선형, 종단구배, 분기로, 횡단보도위치 등 기하구조 측면에서의 인자들을 어의변수로 퍼지화시켰으며, 이를 바탕으로 규칙베이스를 구축하였다. 인자 결정에서 분석에 의한 방법과 전문가에 지식과 경험에 의한 방법이 유사하다고 판단되므로 전문가의 지식과 경험에 기초한 인자 및 규칙의 가능성을 구축하였다.

6개 지점의 추론 결과, 기하구조만으로도 실제 사고의 경향을 어느 정도 반영하고 있음을 보여주고 있으며, 사고다발지점에서의 기하구조를 복합적으로 분석할 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

본 논문에서 제시한 모형의 추론결과를 살펴

보면, 돈암동 태극당과 같은 지점의 경우, 상당한 차이를 보이고 있는데, 이러한 차이는 본 모형의 사고위험수준의 최대값을 21건으로 제한하였기 때문이다. 그러나 향후 기하구조 외 교통량이나 속도와 같은 인자들이 고려되어진다면 이러한 문제점은 개선되리라 사료된다.

보정 과정에 있어서는 실제사고건수를 추론 결과와 비교하였고, 이를 바탕으로 각 인자들의 가능성 함수를 보정하였다. 그러나 향후 충분한 지점 분석을 행하고, 과거 자료의 검색을 통한 보정이 이루어진다면 좀더 효과적인 모형이 되리라 판단된다.

본 논문에 있어 향후 고려되어야 할 사항을 종합하여 보면 다음과 같다.

첫째, 교통량이나 속도와 같은 교통조건이 고려되어야 한다. 교통사고는 여러 인자들이 상호 관련된 복합적인 상황으로서 특히, 교통량과 속도는 지점의 사고경향에 있어 매우 중요한 요소임에 분명하기 때문이다.

둘째, 운전자 행태 연구가 이루어져야 한다. 사고에 있어서 직접적인 원인은 운전자에게 있다. 따라서 각 기하구조 및 기타 여러 환경하에서의 운전자 행태가 이루어진다면 보다 효율적인 연구가 이루어지리라 사료된다.

셋째, 도로주변 환경(상업지역, 주택가, 위락지역 등)이 고려되어야 한다. 도로주변 환경은 도로의 교통량 추이, 운전자 연령 및 행태를 기본적으로 결정짓는 요소이다. 따라서 주변 환경에 따른 사고 위험 분석을 통하여 본 논문의 모형에 적용한다면, 교통량, 속도와 함께 가장 적절한 추론 모형을 구축할 수 있을 것이라고 판단되어진다.

넷째, 과거 데이터를 통한 보정이 이루어져야 한다. 현재 본 모형은 과거 2년간의 평균사고건수와 추론결과를 비교하여, 이를 바탕으로 인자의 가능성 분포를 보정하였다. 그러나 이러한

보정방법은 추론 결과에 있어 어느정도 한계를 갖는다. 따라서 현재 이전의 모든 과거 자료를 통한 보정이 이루어지는 것이 향후 지향해야 할 모형이 되는 것이다.

다섯째, 다양한 도로시설하에서의 추론 모형이 이루어져야 한다. 도심부 외에도 고속도로나 국도와 같은 시설에서도 적용 가능한 모형이 구축되어야 한다.

< 참고 문헌 >

- 국내

- 【1】 김용석, "Fuzzy 이론을 이용한 교통사고 많은 지점 사고원인 분석", 한양대학교 석사 학위논문, 1993.
- 【2】 이광형, 오길록, 퍼지이론 및 응용, 홍릉과학출판사, 서울, 1991,
- 【3】 홍상우, "Fuzzy 집합론을 이용한 위험 분석 시스템에 관한 연구", 한양대학교 박사 학위 논문, 1989.
- 【4】 "도로의 구조,시설기준에 관한 규정 해설과 지침", 건설부, 1990.12,

- 국 외

- 【5】 Champman, K. t. and Kinney G. t., "A Practical Safety Analysis System for Hazards Control", J.Safety Reserch, Vol.12, pp. 13 ~ 20, 1980.
- 【6】 Feagans, T. B. and Biller, W. F., Fuzzy Concepts in the Analysis of Public Health Risk, Plenum Press, New York, 1980
- 【7】 Fine, W. T., "Mathematical Evaluations for Controlling Hazards", Academic Press, 1973.
- 【8】 Hamid R. berenji, "Fuzzy Logic Controllers", in "An introduction to fuzzy logic application in intelligent system", "Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, pp. 69 ~80, 1993.
- 【9】 J. Hayer, D. Michie and L.I Mikulich, "A theory of Approximate Reasoning", Eds., Machine Intelligence, New York, pp. 149, 1979.
- 【10】 Mario Fedrizzi, Institute of Statistics and Operations Research, University of Trento, Via Verdi 26, 38100 Trento, Italy, p. 22
- 【11】 Ronald R. Yager., Expert system using fuzzy logic, in An introduction to fuzzy logic applications in intelligent systems, "Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, pp. 27~ 32, 1993.
- 【12】 Zimmer, A. c., Verbal verse Numerical Processing, North_Holland, Amsterdam, 1983.