

극한기후 시 의사결정 변화를 고려한 ABM 연구: 폭우·폭설 시 교통수단 선택을 사례로

나유경* · 이승호** · 조창현***

요약 : 극한기후는 물리적인 환경 변화와 개인의 의사결정 변화를 야기한다. 이러한 변화과정에서 최적의 극한기후 대응을 위하여 의사결정과정을 고려한 연구의 필요성이 높아지고 있다. 이에 폭우·폭설 시 변화하는 교통수요의 예측성을 향상하고, 기후변화대응이 가능한 규칙 기반 모델을 구축하였다. 본 연구는 에이전트 기반 모델을 작성하기 위한 선행연구로서, 설문조사 결과를 바탕으로 각 에이전트(agent)별 규칙을 적용하였다. 이에 향후 기상악화 시 교통서비스 변화에 대한 통행 수요 예측, 통행태 변화 예측에 활용가능하며, 통행 시 불쾌지수 및 돌발사고의 위험도출 연구에 활용될 수 있을 것이다.

주요어 : 극한기후, 의사결정과정, 교통수단 선택, 규칙 기반 모델, 에이전트 기반 모델.

1. 서론

1) 연구배경

극한기후(extreme weather event)는 물리적 환경 변화와 더불어 개인의 의사결정에 영향을 끼친다. 서울시에선 1990년 중반 이후 국지성 극한기후의 발생빈도가 증가하고 있으며(김연희 외, 2009; 김보경 외, 2008, 하경자 외, 2004), 특히 극한강수는 좁은 지역에서 역동적으로 변화하는 양상을 보였고, 시공간별 강수량 변동성이 매우 높게 나타났다. 2011년 7월의 서울시 집중호우 특징을 살펴

보면, 연강수량의 40% 이상이 3일(7.26~28) 동안 집중해서 내렸으며, 지역적 편차가 크게 나타났다(권원태, 2011). 특정시기, 특정지역에 강수가 집중되면 일상적인 물리적, 사회적 환경이 불안정하게 변화한다(손충만·이승호, 2011). 극한기후처럼 가변적인 환경에서, 개인의 의사결정은 부정확하고 불확실한 정보에 기반을 두고 의사결정을 시행한다. 이에 평상시보다 직관적인 판단의 오류를 범할 가능성이 높아지며, 이는 결과적으로 일상의 작은 불편을 가져오거나 인명 피해, 재산 손실을 초래하는 결정적 원인이 되기도 한다(박윤정, 2007).

특히, 극한강우나 폭설 등의 극한기후 상황에

이 논문은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2010-330-B00278).

* 경희대학교 지리학과 석사과정

** 건국대학교 지리학과 교수

*** 교신저자, 경희대학교 지리학과 부교수

서 대도시의 대중교통체계는 기후변화에 민감하게 반응한다. 이는 교통시스템의 효율성이 저하되고, 이용자들의 교통행태가 변화하기 때문이다(이창 외, 2011). 개인의 교통행태는 날씨, 시간, 정보의 습득 등 상황변수에 영향을 받는다(조창현 외, 2009). 이러한 개인의 교통행태 변화는 도로상황 및 대중교통효율성에 영향을 미친다. 따라서 극한기후 시 교통량을 예측하고 교통사고 등 2차 피해를 예방하기 위해 교통시스템의 변화와 더불어 개인의 교통행태 변화를 함께 고려해야 한다.

2) 연구목적

본 연구에선 폭우·폭설 시 교통시스템의 효율성 개선 및 2차 피해 예방을 위한 위기최소화 모델을 구축하여, 극한기후 시 사회적 위기상황 예측력 향상에 기여하고자 한다. 기존연구에선 강우 시 교통시스템 변화가 중점적으로 연구되었다(박창수·장진환, 2004; 김태호 외, 2007, 백승걸 외, 2008). 선행연구에선, 기후변화에 대한 교통수단의 반응을 수리적 상관성으로 해석한 연구, 더불어 단순한 승차인원의 증감을 비교한 연구가 있으나, 교통수단 이용량의 단순비교로는 개인의 의사결정변화를 파악하기가 어려운 한계점이 존재한다. 또한, 교통이용자들의 행태에 어떤 영향을 미치는지에 관한 연구는 전무하여(이창 외, 2011), '규칙 기반 모델(rule-based model)' 구축에 어려움이 존재한다. 개인특성에 따른 기후변화의 인식과정과 이를 바탕으로 통행 시 적용(adaptation)되는 여러 의사결정과정은 고려되지 못하며, 기후변화와 통행행태의 직접적인 상관성만을 분석한 연구는 교통정책 의사결정자의 입장에서 기후변화에 대비한 새로운 교통정책의 영향을 직접적으로 평가할 수 없다는 한계를 지닌다. 이는 기후변화로 인해 발생하는 서비스변화에 따른 통행자의 반응, 즉 인지와 의사결정과정을 파악할 수 없기 때문이다. 따라서 기후변화에 따른 통행행태의 변화를

예측·모의할 수 있는 모델을 구축할 필요성이 제기된다.

이에 본 연구에선 극한기후에 대한 개인의 환경인지 및 개개인의 교통수단 선택 시 고려되는 요인들을 밝혀 이를 기반으로 규칙 기반 모델을 구축하여 극한기후 시 위기 최소화 모델을 제시하고자 한다. 환경의 변화와 개개인의 교통수단 선택의 변화를 고려한 모델을 구축하기 위한 방법으로 교통시스템을 기반으로 한 '에이전트 기반 모델(이하 ABM)'이 적합할 것으로 생각된다.

ABM은 시간의 흐름에 따라 가변적인 극한기후의 양상으로 인한 직·간접적인 피해를 모의할 수 있으며, 규칙(agent rule)에 따른 개인의 의사결정과정 변화를 살펴볼 수 있다. 가변적인 기후는 피해를 최소화하고자 하는 욕구를 가진 사람들의 의사결정을 시계열적으로 변화시킨다. 이에 하나의 시점에서 의사결정 과정을 살피지 않고, 시간의 흐름과 연계한 ABM 연구가 필요하다. 시계열적 변화를 감지하는 것은 회귀식을 통해서도 부분적으로 예상이 가능하나, ABM을 활용한 연구는 상관연구에서 다루지 못한 상황, 요소 등에 대한 유추가 불가능한 수리연구의 한계점을 극복할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

2. 이론적 배경

1) 폭우·폭설과 교통시스템

국내에서 폭우·폭설 시 교통시스템의 변화에 대한 기존연구는 다음과 같다. 박창수·장진환(2004)은 기상악화 시 교통보정계수의 변화를 분석한 결과, 주중과 주말에 적설량 1cm가 증가할 때 교통량은 약 4~5% 감소한다고 분석하였다. 김태호 외(2007)는 버스시스템의 특성 연구를 위해 스마트카드자료를 활용하여 분석한 결과, 강

우량이 많아지면 버스승객은 2~26% 감소하며, 이와 달리 주중 오전첨두시(07~09시)는 강우량이 많을 때 승객수요가 증가한다고 밝혔다. 백승걸 외(2008)은 2006년 1년 동안 강우 시에 통행특성의 변화를 조사하여, 강우일에 총통행량이 7% 감소하며, 총통행거리는 9% 감소하는 경향을 보였다. 덧붙여, 강우가 30mm 이상인 경우 통행량 감소폭이 더 크다는 분석결과를 도출하였다. 이창 외(2011)는 강우에 의한 대중교통서비스의 변화 분석을 위해 서울시의 버스서비스 변화를 살펴 보았다. 강수량에 대한 버스서비스의 한계효과를 측정 한 결과, 평일 오전 07~09시에 강우가 발생할 시, 버스서비스가 가장 크게 악화되는 것을 알 수 있었다. 또한, 교통이 혼잡한 평일 첨두시간대(07~09시, 18~20시)에 30mm 이상의 강우는 버스이용자들에게 상당한 불편을 야기할 수 있을 정도로 버스의 정시성 및 운행속도를 악화시킬 수 있다고 밝혔다.

2) 개인특성 및 환경인지와 교통수단 선택

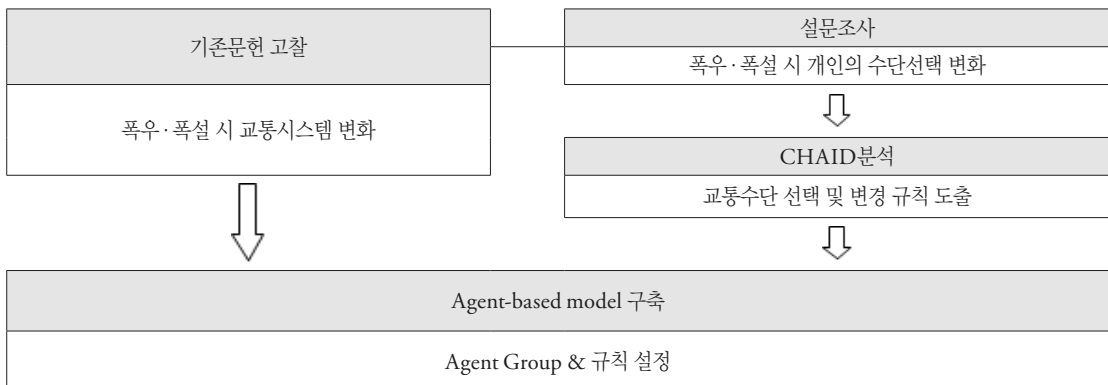
기존연구는 주로 자가용 사용 및 대중교통시스템 등 교통흐름이 기상현상에 의해 어떻게 변화될 수 있는지와 그에 따른 피해를 살펴보았다. 나

아가, 본 연구에선 변동성이 심해지고 빈번해진 극한기후 상황에서 교통수단의 선택은 개인의 위험 인지 및 특성에 따라 달라진다는 점을 착안하여 개인의 의지 및 인식 변화를 살펴보았다. 해외 연구에선 주로 개인의 인지와 교통수단 선택에 관한 연구가 선행되었다. Bamberg *et al.*(2003)은 계획된 행동의 이론을 전제로 대학생의 버스 이용을 조사한 결과, 과거행동이 미래의 행동예측과 가장 밀접한 관계가 있다고 주장하였으며, 나아가 주관적 규범 및 행동 통제 인식도 영향을 미친다고 기술하였다. Srinivasan *et al.*(2006)은 9.11테러 이후 안전과 보안에 대한 개인의 인식이 교통수단 선택 시 중요한 요소로 작용한다고 분석하였다. 총체적으로, 과거 행동 및 위험 인지가 교통수단 선택에 큰 영향을 끼친다고 주장하였다.

3. 연구방법

극한강수 시 교통시스템의 변화와 개인의 행태 변화를 함께 고려한 모델 구축을 위하여 세 단계로 나누어 연구를 진행하였다. 본 연구의 흐름은 표 1과 같다. 첫째, 폭우·폭설과 교통시스템의 관

표 1. 연구흐름도



계를 살펴보고자 선행연구를 고찰하였으며, 개인의 행태변화 자료 구축을 위해 설문조사를 실시하였다. 둘째, 설문조사 내용을 바탕으로 CHAID 분석(Chi-Square Automatic Interaction Detection)을 실시하여 폭우·폭설 시 개인의 교통수단 선택에 유의한 영향을 주는 요인을 밝혔다. 분석결과는 모델 내 개개인을 집단화하는 기준 및 의사결정 변경을 위한 규칙으로 적용하였다. 셋째, ABM 구축을 위해 개개인을 의미하는 agent의 속성을 부여하고, agent를 기준에 따라 집단(agent group)화하였으며, 의사결정의 변화과정을 모의하기 위한 규칙을 적용하였다.

본 연구는 국지적인 폭우 및 폭설의 영향 조사를 위해 서울시민을 대상으로 설문조사를 실시하였다(서울시 서초구·강서구, 2012.2.6.~13). 이를 바탕으로 살펴본 결과, 개인의 위험인지와 행동양식 및 의사결정 과정은 상이하게 나타나지만, 이를 특정 요인에 따라 집단화하고 의사결정 규칙 적용이 가능한지 살펴보려 하였다.

설문범위 및 지역선정 시 극한기후지수를 고려하고자 하였으나, 동(洞)단위의 미시적인 극한지수를 구할 수 없으며, 30년 이상의 자료를 바탕으로 도출되는 극한기후지수 자체의 특성으로 인해 설문지역 선정에 부적합하다고 판단하였다. 최근 기상의 변동성이 더욱 심해진 서울시 내에서 재해의 위험에 크게 노출된 재해위험지구(서초구 사당·방배지구, 강서구 화곡1·2동 지구)를 중심으로 살펴보았다. 재해위험지구란 태풍·홍수·호우·폭풍·해일·폭설 등 불가항력적인 자연의 힘에 의한 현상으로부터 안전하지 못하여 국민의 생명과 재산에 피해를 줄 수 있는 지역과 자연 재해저감시설을 포함한 주변지역이다(자연재해대책법 제12조). 지정을 위한 기준은 편익, 피해면적, 피해액, 재해발생위험도, 인명손실도, 시민불편도, 행위제한여부, 지구지정 후 경과연수 등 총 6개 항목으로 구성되어 있다. 사당역 근처는 행정구역상 동작구에 속하지만 대중교통 환승지로 통행량이

표 2. 설문조사 응답자의 인구학적 특성

항목	강서구		서초구		계
	남	여	남	여	
15-19세	11	21	12	15	59
20-29세	19	41	25	43	128
30-39세	10	26	13	21	70
40-49세	17	18	15	13	63
50-59세	6	3	5	6	20
60세 이상	3	3	3	2	11
계	66	112	73	100	351

많고(이금숙·박종수, 2006) 재해위험지구의 범위 내에 있으므로 설문지역에 포함하였으며 설문결과는 서초구와 동작구를 따로 구분하지 않았다.

설문대상은 통계청(2008; 2010)의 기후변화불안 인식 조사와 동일하게 16세 이상을 대상으로 랜덤추출 하였으며 2012년 2월에 7일간 진행되었다. 극한기후 체험 유무에 따른 인식을 비교하고자 재해위험지구 거주자와 비거주자를 나누어 진행하였다. 설문조사 대상자인 서초구와 강서구에서 각 200부의 설문을 실시하였으며, 서울시민이 아닌 응답자 및 불성실한 응답을 제외하고 총 351부(서초구: 173부, 강서구: 178부)의 유효 표본을 추출하였다(표 2). 응답자는 중·고등학생이 속하는 1~19세가 16.8%, 20대 36.5%, 30대 19.9%, 40대 17.9%, 50대 5.7%, 60대 3.1%로 집계되었다(표 2).

교통수단 선택이라는 의사결정 과정에서 개인은 특정 요인에 의해 영향을 받는다는 가정 하에, 설문조사의 내용은 크게 네 가지로 구성하였다. ① 개인적 특성, ② 극한기후의 위험 인지, ③ 극한기후 시 교통수단 선택 과정, ④ 재난 시 대응체계에 관한 지식 습득 정도에 관한 문항이다.

개인적 특성 항목은 교통수단 선택에 영향을 미칠 것으로 판단되는 성별, 연령, 직업, 거주지 등으로 이루어졌다. 극한기후의 위험 인지 항목은 극한기후의 경험여부를 묻고 교통·경제·보건의

측면에서 체감하는 피해 정도를 5점 척도로 알아 보았다. 심리학, 인지과학적 측면에서, 불확실한 상황의 개인 의사결정 및 행동은 환경인지와 강화 학습 등을 바탕으로 결정된다(이훈구 외, 1993; O'Connor *et al.*, 1999). 이에 개인적 특성이나 위협 인지가 극한기후 환경 하에서 개인적 요인과 위협 인지의 차이가 의사결정에 작용할 것으로 예상하여 교통수단 선택에 유의한 영향을 미치는 요인을 찾고자 하였다. 교통수단 선택 과정 항목은 일상 생활 시 교통수단 선택과 폭우·폭설 시 교통수단 선택의 차이에 중점을 두었다. 교통수단 선택에 있어 가장 중요하게 작용하는 요인은 습관, 시간, 비용, 안전, 기타 항목으로 나누었으며, 실제 교통수단 선택과의 연관성을 살펴보고자 하였다. 마지막으로 폭우·폭설 시 대응체계에 관한 지식 습득 유무와 대응 실천 유무를 살펴보았다. 해외 연구 사례 중에서 Hines *et al.*(1984)는 환경 행동에 대해 태도, 책임감 등의 개인적 요인과 환경에 대한 지식, 활동전략에 대한 지식, 활동할 수 있는 기능 등과 행동의지, 상황요인이 관여하는 행동모델을 제안한 바 있다. 이에 착안하여 교통수단 선택 과정에 관여하는 지식과 상황인식, 행동의지 등을 포함시키고자 하였다.

4. 분석결과

강서구와 서초구의 재해위험지구에서 실시된 설문조사 내용을 바탕으로 ① 개인적 특성과 폭우·폭설 시 교통수단 선택 간의 상관성, ② 극한기후의 위험 인지가 교통수단 선택 변화에 미치는 영향, ③ 극한기후 시 교통수단 선택 과정에 가장 중요하게 작용하는 요인, ④ 재난 시 대응체계에 관한 지식 습득 정도를 살펴보았다. 분석을 통해 기상악화로 인한 교통서비스 변화가 통행자의 의사결정을 거쳐 통행행태를 변화시키는지 알아보

고, CHAID분석을 통해 유의한 상관성을 보이는 요인을 기준으로 규칙화하여 ABM에 적용하고자 하였다.

CHAID(Chi-Square Automatic Interaction Detection)알고리즘은 범주형 데이터인 예측변수와 결과변수간의 관계를 찾을 때 유용한 방법으로, 카이제곱검정 또는 F-검정을 이용하여 가장 유의성이 높은 변수를 결정한다(김신곤·박성용, 1999). 설문문항을 예측변수로, 선택된 교통수단을 결과변수로 하여 유의한 상관관계를 가지는 변수를 찾은 결과를 ABM의 agent group 설정기준과 의사결정 규칙으로 적용하였다. 각 문항별 상세한 분석결과는 다음과 같다.

1) agent group 설정 기준

(1) 개인적 특성과 폭우·폭설 시 교통수단 선택간의 상관성

성별, 연령, 직업 등 다양한 개인적 특성에 따라 일상생활에서의 교통수단과 극한기후 시 교통수단의 선택이 변화하는 양상이 다를 것이라는 가정 하에 설문을 실시하였으나, 개인의 특성과 교통수단의 선택에는 상관성이 나타나지 않았다. 10대는 버스를 이용하거나 걸어서 이동한다고 응답한 응답자가 대다수인 반면, 다른 연령대에서는 두드러지는 특징이 나타나지 않았다.

(2) 극한기후의 위험 인지가 교통수단 선택 변화에 미치는 영향

극한기후 인지 여부를 알아보기 위한 5가지 문항에 대하여 매우 다양한 응답이 도출되었으며, 수단선택과의 연관성은 보이지 않았다. 재해위험 지구라는 사실을 알고 있는지 여부를 살펴본 결과, 응답자 중 거주민의 1%만이 인식하고 있었다. 자연재해대책법에 의하면 '자연재해위험지구로 지정된 사실을 누구나 쉽게 알 수 있도록 고시문

을 30일 이상 계시' 하도록 되어있으나, 재해위험 지구라는 사실을 알고 있는 사람은 극히 적은 것으로 확인되었다. 이에 따라 재해발생시 대응이 소극적으로 나타남을 알 수 있었으며, 개인에 따라 대응이 상이하게 나타날 것으로 응답하였다. 이에 거주지와 재난대응의 연관성이 있을 것이라는 가설은 기각되었다.

(3) 극한기후 시 교통수단 선택 과정에 가장 중요하게 작용하는 요인

극한기후가 발생하면 교통시스템 변화에 대한 개인의 정보를 기반으로 새로운 교통수단을 이용하거나 기존의 교통수단을 선택한다. 교통수단 선택 과정에서 가장 중요하게 생각하는 요인에 대한 응답은 안전, 시간, 습관, 비용, 기타 순이었다. 안전을 가장 중요하게 생각한다고 응답한 응답자 중 87%가 지하철, 도보를 이용한다고 답하였다. 시간을 중요하게 여기는 응답자는 지하철을 선호하

는 응답자가 약 40%로 가장 많았고 두 번째로 택시 선호도가 높았다. 이를 agent의 교통수단 변경 규칙에 가중치로 적용하였다.

습관이 가장 영향을 크게 미친다고 응답한 수치는 낮았으나, CHAID분석 결과 평상시 이용하는 교통수단과 기후변화 시 교통수단은 가장 높은 상관성을 보인다(그림 1). 즉 평상시 같은 교통수단을 이용하는 사람들은 폭우·폭설 시 교통수단 선택의 양상이 비슷한 경향을 보인다. 특히 지하철 이용자는 타 교통수단 이용자와 비교하여 기후변화에도 교통수단의 변화가 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 평상시 이용하는 교통수단이 같은 사람들을 집단으로 묶어 집단 간 서로 다른 교통수단 선택의 규칙을 적용하였다. 교통수단 이용자의 수는 일반적인 통계 수치로 대입이 가능하므로 모델의 운영에 필요한 자료 구축에도 유용하다.

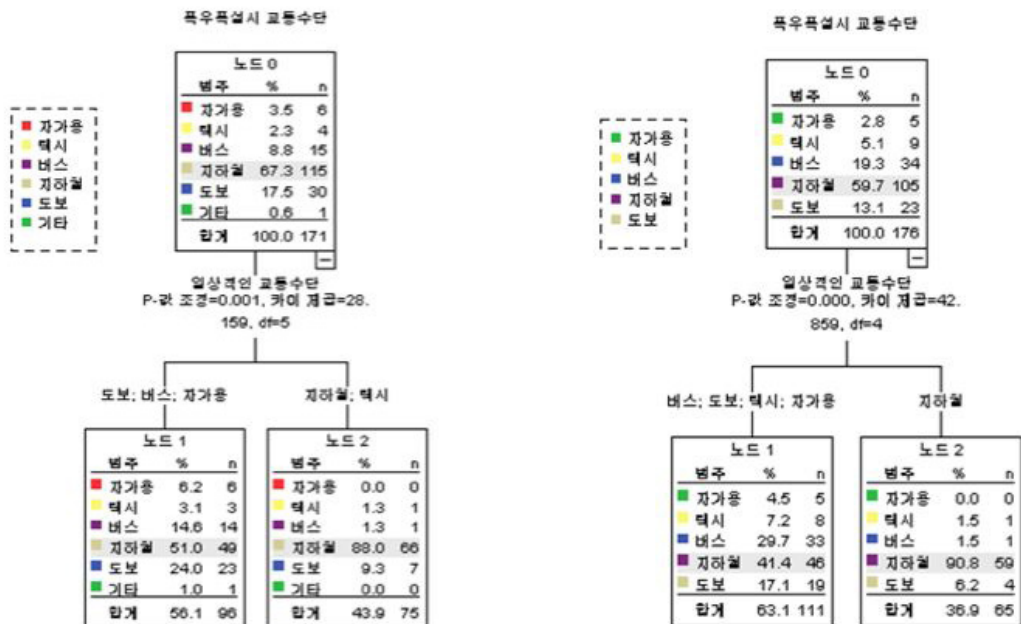


그림 1. 폭우·폭설 시 교통수단 변화(강서구, 서초구)

2) Agent 규칙 설정

기상악화에 따른 교통서비스의 변화 양상에 반응하여 나타나는 사람들의 수단선택 변경은 평상시 이용하는 교통수단이 같은 이용객들을 기준으로 비슷한 패턴을 보인다. 이를 실제로 모델 내에 적용시키기 위하여 agent 규칙을 구축하였다. agent는 출발지에서 목적지까지 이동하는 과정에서 자가용, 택시, 버스, 지하철, 도보를 이용하는 사람들이다. 연령, 나이, 직업, 거주지 등의 특성은 영향을 미치지 않는 요소로 파악되었으므로 agent 특성에 적용되지 않았다. agent 규칙은 교통서비스에 대해 습득한 정보의 양, 시간의 제약, 비용의 제약, 습관, 이용객 성향의 내용을 포함한다. 각각의 규칙을 통해 가변적으로 변화하는 환경에 대응하여 교통수단을 선택하고, 교통수단을 변경하는 행동이 나타난다. 각각의 agent가 교통수단을 선택·변경함에 따라 각 교통수단의 혼잡도 및 사고 발생률이 변화되며, 이는 모델 내에서 그래프로 도출된다.

표 3. 강서구 화곡1·2동 지구의 교통수단 변화 (단위: %)

평상시 \ 폭우폭설시	자가용	택시	버스	지하철	도보
자가용	28.6	0.0	1.4	0.0	0.0
택시	7.1	50.0	1.4	1.5	0.0
버스	21.4	12.5	37.7	1.5	21.4
지하철	42.9	37.5	47.8	90.8	21.4
도보	0.0	0.0	11.6	6.2	57.1

표 4. 서초구 사당·방배 지구의 교통수단 변화 (단위: %)

평상시 \ 폭우폭설시	자가용	택시	버스	지하철	도보
자가용	19.0	0.0	1.8	0.0	5.6
택시	4.8	0.0	3.6	1.4	0.0
버스	4.8	0.0	23.6	1.4	0.0
지하철	71.4	100.0	49.1	87.1	33.3
도보	0.0	0.0	21.8	10.0	61.1

표 3, 4는 설문조사 내용 중 평상시 이용하는 교통수단을 기준으로 agent group을 나누고 폭우·폭설 시 각 교통수단을 선택하는 비율을 살펴보았다. 폭우·폭설 시 출발지에서 교통수단을 선택하는 규칙은 식 (1)과 같다. 표 3, 4의 내용이 가장 큰 비중을 차지하며, 개인은 교통상황에 대한 불완전한 지식을 기반으로 자신의 통행시간, 통행비용의 예산을 초과하지 않을 것이라 판단되는 수단을 선택한다. agent는 시간과 비용을 고려하며 가중치로서 적용된다. 식 (2)는 통행 도중 교통수단 변경을 위한 규칙이다. 불쾌지수는 agent의 주위에 agent가 밀집할수록 증가하며, 무작위 추출된 10명의 평균값을 U라고 정의하였다.

$$X_j = p(X_{ij}) + (W_{time} + W_{charge}) \quad (1)$$

$$X_j - W_x + \alpha < U \quad (2)$$

$$U = \sum X_j / 10, n(j) = 10$$

* i: 평상시 이용하는 교통수단,

j: 폭우·폭설 시 이용하는 교통수단

$p(X_{ij})$: 평상시 i이용객이 j를 이용할 확률 ($0 \leq p(X_{ij}) \leq 100$)

W_{time}, W_{charge} : 시간, 비용 가중치 ($-10 \leq W \leq 10$)

α : 개인의 성향, 인내심 ($-10 \leq \alpha \leq 10, \text{Random}$)

U: 불쾌지수

위 식을 바탕으로 사람들의 교통수단 선택 과정을 모의한다. 각 agent의 통행거리는 무작위로 상이하게 지정된다. 현실적으로, 통행자의 출발지, 통행구간, 목적지가 교통서비스에 미치는 영향이 지역별로 상이할 수 있다. 지역별 교통시스템의 차이는 향후 모델 환경 정의를 통해 지정이 가능하다. 더불어 모델 내에서 지하철의 연착, 버스통행의 불편 등의 특정 상황을 고려할 수 있을 것으로 기대된다.

현재 구축된 ABM의 인터페이스는 그림 2과 같다. 수단별 이용객의 수를 지정하면 agent가 배정

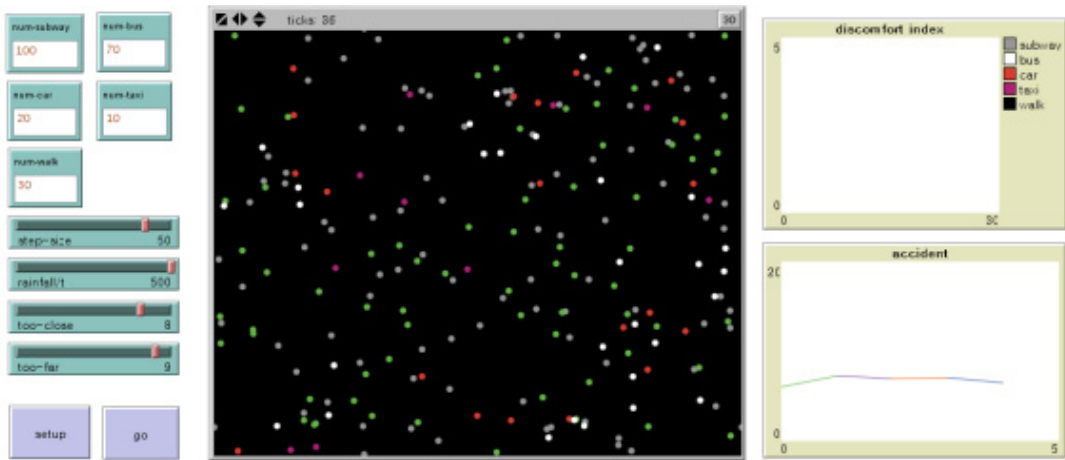


그림 2. ABM Interface

되며 규칙을 따라 교통수단을 선택하여 목적지로 이동한다. 시간당 강수량을 지정할 수 있으며, 모의를 통해 각 수단별 이용객 수의 변화양상 및 돌발사고율을 알 수 있다. 수단별 이용객을 설문대상 수와 함께 지정하여 모의한 결과 극한기후 시 선택하는 교통수요와 유사한 결과값이 도출되는 것을 확인하였다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 연구는 극한기후 시 개인의 의사결정을 고려한 위기최소화 모델 구축을 위한 사례연구로서, 폭우·폭설 시 교통수단 선택상황을 바탕으로 모델을 작성하였다. 교통수단 변경과 유의한 상관성을 지닌 요인을 탐색하기 위하여 서울시의 재해위험지구 2곳에서 설문조사를 실시하였다. 설문조사 결과를 CHAID분석을 통해 유의한 결과를 도출하였다. 극한기후 인식 및 의사결정과정에서 성별, 연령, 직업군 등 개인의 특성이 미치는 영향은 매우 미미하며, 개인이 기후변화를 위기로 인식하는 정도와 대응정도가 비례하지 않음을 알 수 있

었다. 반면, 폭우·폭설이 야기하는 의사결정의 변화는 일상생활에서 유사한 행동양식을 보이는 집단으로 구분하여 규칙을 찾을 수 있었다. 개인의 의사결정 과정은 학습된 생활양식에 따라 나타난다. 따라서 새로운 의사결정 과정이 나타나더라도 무작위로 진행되지 않으므로 예측이 가능하다. ABM 구축 시 의사결정규칙은 집단별로 상이하게 적용하였다. agent group과 agent 규칙은 기상악화 시 통행수요를 예측하고 통행행태 변화 패턴을 알 수 있도록 구축되었다.

향후 연구에선 추가적인 설문조사를 실시하여 날씨·시간 등의 상황변수 정보의 습득, 자가용 이용자와 비이용자의 교통수단 선택을 고려하여 agent 규칙을 보다 정교하게 수정하고자 한다. 또한 기상악화 시 교통서비스의 변화와 통행시간의 변화를 살펴보고, 이를 본 연구에서 적용한 agent 규칙과 더불어 ABM의 환경으로 적용시켜 실제 기상악화로 인한 통행수요의 시공간적 변화 패턴을 살펴보고자 한다. 이를 통해 기상악화의 영향을 평가하고, 미래 통행행태의 변화를 예측할 수 있다. 뿐만 아니라 기상악화 보완책으로서 적용된 교통서비스 변화에 대한 통행수요의 반응을 살펴볼 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- 권원태, 2011, “기후변화에 따른 호우 현황과 전망”, 기후 변화센터·기후변화행동연구소 긴급토론회 자료집, pp.9-18.
- 김보경·김병식·김형수, 2008, “극한지수를 이용한 극한 기상사상의 변화 분석,” 대한토목학회논문집 28, pp.41-53.
- 김신곤·박성용, 1999, “의사결정트리 알고리즘의 성과 비교에 관한 연구,” 한국경영정보학회 춘계학술대회, pp.371-383.
- 김연희·김맹기·이우섭·백을선, 2009, “한반도 재해피해와 호우의 재현주기,” 기후연구 4(2), pp.96-109.
- 김태호·박준환·오영택·윤상훈, 2007, “외부환경을 고려한 버스수요 특성분석 연구,” 대한국토도시계획학회 추계정기학술대회.
- 박윤정(Eds), 2007, *생각의 오류: 보고 싶은 것만 보고, 믿고 싶은 것만 믿게 만드는*, 서울: 열음사 (Thomas E. Kida, 2007, *Don't Believe Everything You Think*, Prometheus Books.)
- 박창수·장진환, 2004, “AADT 추정시 강설량에 따른 날씨보정계수 개발에 관한 연구,” 향토서울 5(2), pp.19-26.
- 백승걸·김범진·임영택, 2008, “강우와 고속도로 통행특성의 관계연구,” 대한교통학회지 26, pp.119-128.
- 손충만·이승호, 2011, “영남내륙지방의 강수특성 변화,” 기후연구 6(2), pp.121-142.
- 심재현, 2006, “겨울철 도시재난과 재난대비 개선방향: 폭설을 중심으로,” 도시문제, pp.71-78.
- 이금숙·박중수, 2006, “서울시 대중교통 이용자의 통행패턴 분석,” 한국경제지리학회지 9(3), pp.379-395.
- 이석민·배윤신·김한샘, 2011, “서울시 기상이변에 대한 고찰과 분석,” 서울도시연구 12(2), pp.1-17.
- 이창·고준호·강영은·이태경, 2011, “강우에 의한 서울시 대중교통서비스 변화분석: 버스서비스의 정시성과 통행속도 변화를 중심으로,” 국토계획 46(7), pp.73-87.
- 이훈구, 1993, *인간행동의 이해*, 법문사.
- 조창현·이백진·빈미영, 2009, “도시 대중교통정보 이용 행동 특성 연구,” 한국경제지리학회지 12(1), pp.56-66.
- 하경자·하은호·류철상·전은희, 2004, “1909년 이후의 우리나라 4대 도시의 기온 경향과 극한 기후,” 한국기상학회지 40(1), pp.1-16.
- Hines, J., Hungerford, H., Tomera, A., 1987, *Analysis and Synthesis of Research on Responsible Environmental Behavior: A Meta-Analysis*, *The Journal of Environmental Education* 18(2), pp.1-8.
- Robert E. O'Connor, Richard J. Bord and Ann Fisher, 1999, “Risk Perceptions, General Environmental Beliefs, and Willingness to Address Climate Change,” *Risk Analysis* 19(3), pp.461-471.
- Sebastian Bamberg, Icek Ajzen and Peter Schmidt, 2003, “Choice of Travel Mode in the Theory of Planned Behavior: The Roles of Past Behavior, Habit, and Reasoned Action,” *Basic and Applied Social Psychology* 25(3), pp.175-187.
- Sivaramakrishnan Srinivasan, Chandra R. Bhat and Jose Holguin-Veras, 2006, “Empirical Analysis of the Impact of Security Perception on Intercity Mode Choice: A Panel Rank-Ordered Mixed Logit Model,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1942, pp.9-15.
- 교신: 조창현, 130-701, 서울시 동대문구 회기동 1번지, 경희대학교 이과대학 동관 504호, 전화: 02-961-9264, 이메일: bwchjoh@khu.ac.kr
- Correspondence: Chang-Hyeon Joh, Room 504, Donggwan Bldg., College of Science, Kyung Hee University, 1 Hoegi-dong, Dongdaemun-gu, Seoul, 130-701, Korea, Tel: +82-2-961-9264, e-mail: bwchjoh@khu.ac.kr

최초투고일 2012년 5월 7일

최종접수일 2012년 5월 23일

An Analysis of Decision-Making in Extreme Weather using an ABM Approach Application of Mode Choice in Heavy Rain & Heavy Snow

Yu-gyung Na* · Seungho Lee** · Chang-Hyeon Joh***

Abstract : Uncertainty increases as a result of environment change and change of individual decision-making in extreme weather. This study consider individual decision-making which has been not covered until now. The purpose of this study is making Agent-Based Model to predict it more accurate that how much change travel demand in heavy rain and heavy snow. Through this model, it can be utilized to forecast travel demand, changes in travel behavior and traffic patterns. It will be also possible to predict discomfort index and risk of accidents.

Key Words : Extreme Weather, Decision-Making, Mode Choice, Rule-Based Model, Agent-Based Model (ABM)

This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2010-330-B00278).

* Graduate student, Depart of Geography, Kyung Hee University.

** Professor, Depart of Geography, Konkuk University.

*** Correspondence, Associate Professor, Depart of Geography, Kyung Hee University.