

네트워크 분석을 이용한 보행속도에 따른 대피소 서비스 영역 분석 Analysis of Shelter Service Areas According to Walking Speed Using Network Analysis

박재국* · 김동문**
Park, Jae Kook · Kim, Dong Moon

要 旨

위급상황 발생시 국민의 안전을 위해 신속히 대피할 수 있는 대피소가 전국에 약 2만 5,724개소가 지정되어 있으며, 서울시의 경우 약 3,870개소가 지정되어 있다. 전국에 설치된 대피소는 신속한 대피를 위해 주변 반경 5분 이내에 도착할 수 있는 위치에 지정되어 있으며, 서울시의 대피소 수용능력은 서울인구의 285%를 수용할 수 있다. 하지만 문제는 보행자의 나이, 신장, 건강상태, 신체조건 등과 같은 개인차에 의한 보행속도를 고려하였을 경우 5분 이내에 도착할 수 있는 대피소가 얼마나 되는지는 알 수 없다. 또한 대피소의 공간적 배분 및 분포에 따라 수용 가능한 서비스 영역이 달라지며, 이에 따른 취약지가 발생 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 선행연구사례를 통해서 보행자의 유형별 보행속도를 1m/s, 1.3m/s, 2m/s 정의하였고, 서울시에 지정된 대피소와 도로망을 이용하여 입지할 당모형의 네트워크 분석을 실시하였다. 그 결과 서울시 행정구역별로 보행속도에 따른 대피소의 서비스 지역과 취약 지역을 알 수 있었으며, 노약자의 경우 대피소에 도달할 수 없는 취약 지역이 빠른 걸음의 성인남녀에 비해 2배 이상 큰 것으로 분석되었다.

핵심용어 : 입지할당모형, 네트워크 분석, 보행속도, 대피소

Abstract

There are approximately 25,724 shelters to which people can be quickly evacuated for safety in case of emergency across the nation, and Seoul has about 3,870 shelters. Those nationwide shelters are located at a point within a five-minute radius for quick evacuation. Seoul's shelter capacity can hold 285% of its population. The problem is, however, that there is no knowing how many shelters are reachable within five minutes when considering walking speed according to individual differences in age, height, health state, and physical condition. In addition, available service areas become different according to the spatial allocation and distribution of shelters with possible vulnerable points. This study thus defined the pedestrian walking speed at 1m/s, 1.3m/s, and 2m/s by reviewing previous studies and conducted network analysis of the Location Allocation Model with the designated shelters and road networks in Seoul. The results identified the shelter service and vulnerable areas in each administrative district of Seoul according to walking speeds. It was analyzed that the vulnerable areas in which the elderly could not reach a shelter were more than twice as big as those of adult men and women with a fast walking speed.

Keywords : Location Allocation Model, Network Analysis, Walking Speed, Shelter

1. 서 론

과거 공공서비스 시설의 접근성과 서비스 영역(권역)에 대한 연구는 최단 직선거리만을 사용하여 분석되었으며(Yang, 2004), 네트워크 분석시 대부분 도로상의 제한속도를 기준으로 분석되어, 보행에 대한 접근성 및 서비스 영역에 대한 분석은 제한되었다. 일부 보행자의

보행속도를 적용한 연구사례가 있었으나 성인만을 대상으로 보행속도가 계산되었고(Kim, 2005) 보행자의 다양한 특성을 고려하여 보행속도를 적용하는데는 한계가 있었다(Jeon, 2011). 특히 보행속도와 관련해서는 건축물의 성능적인 피난안전설계를 위해 실내 모델링에 적용된 것이 대부분이었다(Hong et al., 2011; Lee, 2001).

2012년 9월 17일 접수, 2012년 9월 28일 수정, 2012년 10월 11일 채택

* 교신저자 · 정희원 · 남서울대학교 GIS공학과 조교수(Corresponding author, Member, Dept. of GIS Engineering, Namseoul University, gisdata@nsu.ac.kr)

** 정희원 · 남서울대학교 GIS공학과 조교수(Member, Dept. of GIS Engineering, Namseoul University, david@nsu.ac.kr)

최근에는 공공서비스 시설의 접근성과 서비스 영역(권역)에 대한 연구시 입지할당모형(Location Allocation Model)의 네트워크 분석을 통해 연구가 진행되고 있다. 특히 서비스 영역 분석시 입지할당유형의 네트워크분석은 매우 유용하다. 이 분석기법은 특정시간에 시설이 서비스 할 수 있는 구역을 설정하는데 유용하다. 즉, 환자가 5분내 도착할 수 있는 병원을 찾거나 반대로 병원에서 5분 이내에 구급차가 환자에게 도착할 수 있는 구급서비스 영역을 분석할 수 있다. 또한 파출소 관할지역 설정, 소방서의 적정위치 선정, 학교에서의 통학가능 영역 분석 등 공공시설의 접근성 및 적지선정 등에 활용할 수 있다(Song, 2011; Jeon, 2011; Chang et al., 2004).

이와 같은 입지할당모형의 네트워크 분석은 대피소의 추가설치나 기존 대피소의 서비스 영역을 분석하여 취약지역을 분석하는데 매우 유용하게 활용될 수 있다. 그러나 각종 재난·재해로부터 인명피해를 최소화하기 위해 전국적으로 배치된 대피소에 대해서 이러한 연구가 적용된바가 없다.

이에 국민이 빠르고 안전하게 대피할 수 있도록 보행자의 개인특성에 따라 보행속도를 고려하여 대피소의 서비스 영역을 분석하고 취약지역을 찾아내는 것은 매우 중요하다.

이에 본 연구에서는 국내의 연구결과를 통해서 보행자의 개인특성을 크게 3분류로 구분하고, 개인특성에 따라 보행속도와 보행시간을 정의하였다. 그리고 입지할당유형의 네트워크 분석에 보행속도와 보행시간을 적용하여 대피소의 서비스 영역을 설정하였다. 그 결과 대피소의 서비스 지역과 취약지역을 분석할 수 있었다.

2. 이론적 고찰

2.1 GIS 네트워크 분석

GIS 공간분석기법 중 네트워크 분석은 유량모델링, 상수관망 해석 등의 수자원분야, 도로, 철도 등의 교통분야와 공공시설의 접근성 및 시설물의 최적입지 선정 등에 많이 활용되고 있으며(Ma and Kim, 2011; Jeon, 2011), 가장 효율적인 경로검색 또는 근접 시설 검색, 이동방향 생성, 이동 시간에 따른 서비스 영역정의, OD(Origin Destination) 네트워크¹⁾와 같은 네트워크 기반 분석에도 활용된다(ESRI, 2007).

네트워크 분석은 노드와 링크로 구성된 네트워크 모

델을 구축하고 다양한 기법을 통해 분석이 이루어진다(Park et al., 2007). 네트워크 분석에서 제공하는 주요 기법들로는 경로탐색(Path finding), 경로추적(Tracing), 입지할당모형 등을 예로 들 수 있다(Jeon, 2011).

Oh et al.(2012)은 입지할당모형을 이용하여 119 센터의 차량이 특정 시간에 도달 가능한 서비스 권역을 설정하였다. 또한 OD 네트워크 분석을 이용하여 119 안전센터와 구조·구급활동이 벌어진 지점에 대한 OD Cost Matrix를 작성함으로써 구조·구급 서비스망을 재조정하는 개선안을 제시하였다.

Yang(2004)은 강원영동권역의 응급의료로 대상으로 GIS 공간분석기법인 입지할당모형을 통해서 응급의료서비스 취약지역을 분석하고, 응급의료지의 효율성과 형평성을 고려한 최적의 입지를 선정하였다. 여기서 효율성과 형평성이란 시설입지의 적합성을 판단하는 기준으로 효율성은 이용자와 시설간의 총 통행거리의 합을 최소화하는 것이며, 형평성은 이용자와 시설간의 최대통행거리를 최소화하는 것이다.

Kim(2005)은 대피소의 적정위치를 선정하기 위해 범용선형계획프로그램인 LINDO 6.01²⁾을 이용하여 대피소간의 이동거리를 최소화하는 최적 해를 분석하였고, 재해발생시 모든 주민들이 제한시간 안에 대피할 수 있도록 이동거리가 가장 짧은 대피소의 적정위치를 선정하였다. 그러나 위치선정에 있어 노약자를 고려하지 못한 성인남녀의 평균보행속도만을 고려하였으며, 15분내 성인남녀의 이동거리와 대피소간의 상호 이격거리 등이 직선상의 이동거리로 문제를 해결함으로써 도로나 통행상의 제약조건 등을 충분히 고려하지 못한 점 등이 한계로 지적된다.

Ma and Kim(2011)은 입지할당모형을 이용하여 인천시를 대상으로 노인복지시설의 이용권역을 분석하고, 그 결과를 토대로 시설의 서비스 공급 사각지역을 도출하였다. 그는 이용권역 분석을 위한 네트워크 분석시 노인의 보행가능 거리를 최소 300m, 평균 500m, 최대 1km로 제시하였다.

Jeon(2011)은 입지할당모형을 이용하여 도시 공공시설 이용에 따른 실제적 보행이용권을 파악함으로써 공공시설의 접근성을 평가하였다. 전범우는 연구에서 보행속도를 교통공학에서 제시하는 0.75-1.2m/s, 경찰청 교통신호기 설치·관리 매뉴얼에서 제시하는 통상 1m/s를 근거로 보행속도를 성인 1m/s, 어린이 0.8m/s로 설정하였다.

1) OD(Origin Destination) 네트워크 : 출발점과 다수의 도착점까지의 Cost Matrix를 생성하여, 효율적인 다수의 서비스 권역을 설정할 수 있는 네트워크 분석 기법.

2) LINDO 6.01 : 선형계획법(LP), 정수계획법(IP), 2차계획법(QP)등의 각종 최적화 문제를 해결하기 위한 소프트웨어.

2.2 보행속도

보행속도는 사람이 보행하는 속도로 공공시설의 서비스 영역을 분석하거나 입지선정 등에 주요 인자로 활용되며, 노인복지시설의 접근성 분석, 건축물의 피난안전설계 등에서도 활용된다.

일본의 경우 지진이나 쓰나미와 같은 재난발생시 주민이 신속히 대피소로 이동할 수 있도록 피난계획 수립시 보행속도를 주요인자로 활용한다.

그러나 보행자의 나이, 신장, 건강상태, 신체조건 등의 개인차가 심하고, 보행시 다양한 장애물과 주변여건, 자유보행 및 군집보행 등에 따라 보행속도 달라짐으로 일률적으로 보행속도를 정의하는데는 한계가 있다. 특히 건물내부에서의 보행속도를 계산하는데는 개인의 특성과 건축물의 구조 및 용도에 따라 다르므로 보행자의 피난행동특성에 따라 보행속도를 규정하는 것은 현실적으로 더 많은 연구가 요구된다(Lee, 2001; Hong et al., 2010). 반면 실외의 경우 보행자의 보행속도가 건물내부에 비해 장애물과 주변여건 등의 영향을 덜 받는다.

이에 본 연구에서는 보행자가 대피소까지 이동할 수 있는 보행경로, 즉 실외에 대한 보행경로만을 대상으로 보행속도를 정의하였다.

보행속도는 개인차에 따라 편차가 심하다. 따라서 평균보행속도로 보행속도를 정의하기도 한다(Kim, 2005). 평균보행속도는 개인보폭, 보행횟수, 보행시간에 의해 계산된다(Eqs. (1)).

$$\text{평균보행속도}(m/s) = \frac{\text{보폭}(m) \times \text{보행횟수}(n)}{\text{보행시간}(sec)} \quad (1)$$

Table 1의 선행연구를 살펴보면 노약자 또는 어린이

그리고 20-30대 일반 성인 남녀로 구분하고, 실내와 실외에서 자유보행 또는 군집보행 등을 통해서 보행속도가 실험되었다.

Studenski et al.(2011)는 65이상 노인의 경우 평균보행속도를 0.92m/s로 정의하였고, Bohannon (1997)는 20대에서 70대 사이의 성인남녀를 대상으로 보행속도를 조사한 결과 보통걸음은 1.27-1.46m/s, 빠른걸음은 1.75-2.53m/s의 보행속도를 보여주었다. 이외 선행연구에서도 유사한 보행속도를 보여주고 있다.

또한 선행연구사례에서 보행자 유형별로 조건에 따른 보행속도의 평균을 살펴보면 느린걸음, 보통걸음, 빠른걸음이 각각 1.006m/s, 1.298m/s, 1.888m/s로 나타났다.

이와 더불어 화재시 인간의 보행속도를 정의할 때 느린 사람은 1m/s, 빠른 사람은 2m/s, 표준은 1.33m/s로 정의하고 있다(Park, 2008).

이에 본 연구에서는 선행연구사례의 보행자 유형별 평균속도와 화재시 군집 또는 수평이동 등의 보행속도 기준을 근거로 형평성 및 유사성 등을 고려하여 보행자 유형별 보행속도를 각각 1m/s, 1.3m/s, 2m/s로 정의하였다(Table 1).

2.3 보행시간

본 연구에서 보행시간은 피난시간으로 보행자가 대피소까지 이동하는 시간이며, 재난·재해 발생시 생명을 보호하기 위해 본인의 위치에서 신속하게 대피소로 이동할 때 요구되는 시간이다. 즉, 차량이나 타 교통수단을 이용하지 않고 순수 보행을 통해 이동하는 시간이다. 재난·재해 발생시 몇 분 이내에 대피소로 이동해야 하는지에 대한 정확한 근거나 지침이 없는 실정이다. 그러나 국민의 안전을 위해 국내에 설치 또는 지정된

Table 1. Walking speed based on the advance research

index			speed (m/s)	contents			researcher
				average	standard speed	assessment	
walking speed (m/s)	fast	20s and 30s	2	1.888	1.24-2.05	horizontal space 40m ² (2m×20m):adult	Hong et al.(2010)
					1.87	walking inside the building	Lee(2001)
					1.75-2.53	fast walking of 20s and 70s	Bohannon(1997)
	average	20s and 30s	1.3	1.298	0.7-1.2	traffic engineering	Jeon(2011)
					1.25-1.8	adult	Kim(2005)
					1.3	population density-0.1person/m ²	Pauls(1983)
					1.4	free walking speed of street in London	Older et al.(1964)
					1.27-1.46	average walking of 20s and 70s	Bohannon(1997)
					0.8-1.1	Korean Nation Police Agency	Jeon(2011)
slow	elders and kids	1	1.006	0.93-1.28	senior citizen	Hong et al.(2010)	
				0.92	senior citizen more then 34,485 person	Studenski(2011)	

Table 2. Walking distance based on the walking speed

speed(m/s)	1	1.3	2
distance(m)	300	390	600

대피소는 주변 반경 5분 이내에 도착할 수 있는 대피소가 1개 이상 지정되어 있다고 한다(National Disaster Information Center, 2012). 특히나 노약자의 경우 보행속도가 느리고 보행할 수 있는 거리도 제약되어 통상적으로 노약자의 보행권의 거리를 최소 300m로 보고 있다(Ma and Kim, 2011). 때문에 노약자의 경우 느린 걸음(1m/s)으로 300m를 가는데 5분이 소요된다.

이에 본 연구에서의 최대한 안전을 도모하기 위해 보행시간(피난시간)을 5분으로 정의하였다. Table 2는 보행자 유형별 보행속도에 따라 이동 가능한 거리를 나타낸 것이다.

3. 적용

3.1 연구지역 및 연구방법

연구대상지역은 인구밀도가 매우 높고 시설물이 밀집되어 있어 재난·재해 발생시 가장 큰 피해를 받을 수 있는 서울시를 대상으로 하였으며, 대피소는 서울시의 민방위 대피시설을 대상으로 하였다.

서울시의 민방위 대피시설은 약 3,870여개소로 수용 가능 면적은 2,400만여㎡에 달한다. 이는 서울시민이 대피하기 위한 면적의 285%에 해당한다(Seoul). 하지만 이와 같은 수치는 인구수 대비 수용면적에 대한 산

술계산으로 대피소의 적절한 공간적 분포와 배분이 고려되지 않아 시민들이 모두 안전하게 대피할 수 있을지에 대해서는 의문이다. 즉, 시민들이 신속하고 안전하게 대피가 가능한지에 대해 확인이 요구된다.

이를 위해 국가재난정보센터 민방위 홈페이지에서 제공되는 대피시설 중 누락된 116개소를 제외한 약 3,754개소를 수집하고 지오코딩을 통해 해당위치를 지도에 등록하였다. 다음으로 서울시내 도로에 보행자 유형별 보행속도를 입력하고, 보행시간은 5분으로 설정하였다. 자동화를 위해 ArcGIS Desktop 10의 모델빌더를 이용하여 네트워크 분석 실시하였다. 그 결과 보행자 유형별로 대피소의 서비스 영역을 분석할 수 있었다. Figure 1은 연구방법을 나타낸 것이다.

3.2 자료구축 및 네트워크 분석

네트워크 분석을 통해서 대피소 서비스 영역을 분석하기 위해 수집된 자료는 서울시 도로망, 행정경계, 토지피복도, 대피시설, 통계연보이며(Table 3), 토지피복도의 경우 서울시 대피 대상지역을 추출하기 위해 사용되었다.

DB 구축과 분석은 ArcGIS Desktop 10에서 수행되었다.

Figure 2는 서울시 도로망을 ArcGIS Desktop 에서 도로유형별로 표현해 나타낸 것으로 해당 자료를 이용하여 네트워크 자료를 생성하였다. 이때 네트워크 구성요소로 Junction(Point), Edges(Lines) 등을 구성하였으며, Tunes과 같은 회전요소는 보행자를 대상으로 하였으므로 네트워크 구성요소에 반영하지 않았다.

네트워크 분석을 자동화하기 위해 모델빌더를 이용하여 네트워크 모델링을 제작하였으며, 분석에 필요한 자료를 입력하고 모델링을 실행하여 대피소 서비스 영역에 대한 네트워크 분석을 실시하였다. Figure 3은 본 연구에서 제작한 네트워크 모델링을 그림으로 나타낸 것이다.

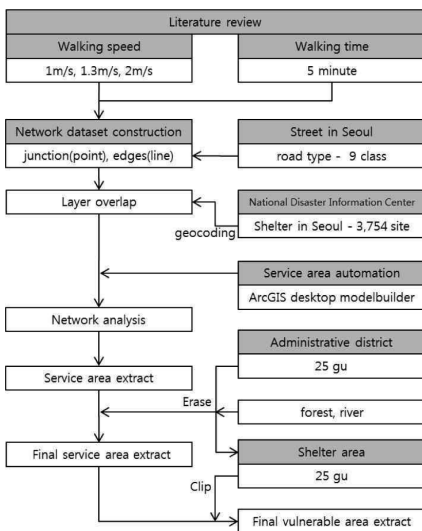


Figure 1. Flow chart of the study



Figure 2. Network dataset of road network

Table 3. Spatial data and attribute data

source data	information
street in Seoul	highway
	expressway
	national highway
	local road
	main road
	city street
	road
	minor road
road in apartment	
district	25 Gu
land-cover	forest, river
shelter	Nation Disaster Information Center : 3,754 site
statistics yearbook	production in the year 2011

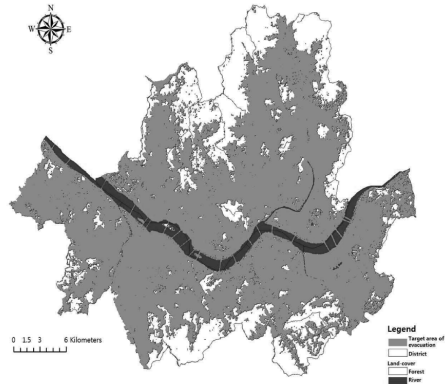


Figure 4. Target area of evacuation

여 제작된 토지피복도에서 산림과 수역을 추출하여 사용하였다.

서울시에서 발행한 2011년도 통계연보 (2000년 기준)의 행정구역 면적(Table 4의 면적 A)에서 통계연보의 임야와 하천을 제거한 통계상의 대피 대상면적은 405.22 km²으로 나타났으며(Table 4의 면적 B), 토지피

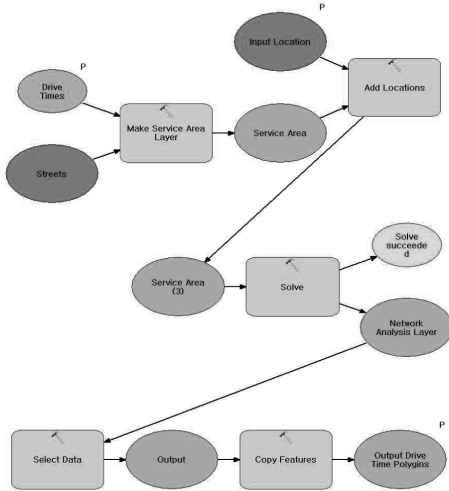


Figure 3. Network analysis using model-builder of ArcGIS Desktop 10

3.3 대피소 서비스 영역과 취약지 분석

3.3.1 대피 대상지역

재난·재해 발생시 산림 또는 산악지역, 하천 또는 수역을 제외한 나머지 지역은 대피를 해야 할 대상지역으로 실제 인구가 밀집되어있는 주거지역, 상업지역 등이 이에 해당된다. 기존에 설치 지정된 대피소는 거의 대부분 대피 대상지역내에 존재한다.

따라서 본 연구에서는 대피 대상지역을 추출하기 위해 서울시 행정경계에서 산림과 수역을 제거하였다 (Figure 4). 참고로 산림과 수역은 토지이용도나 지적도를 활용하는 것이 효과적이거나 자료 취득의 한계로 본 연구에서는 Landst 7 ETM 2000년 위성영상을 분석하

Table 4. Area of danger zone

district	yearbook		land-cover	
	area A	area B	area C	increase
Gangnam-gu	39.51	29.11	30.31	1.20
Gangdong-gu	24.58	18.00	18.46	0.46
Gangbuk-gu	23.61	10.02	10.51	0.49
Gangseo-gu	41.43	34.70	35.37	0.67
Gwanak-gu	29.57	12.61	14.92	2.31
Gwangjin-gu	17.06	12.00	12.91	0.91
Guro-gu	20.12	15.54	15.92	0.38
Geumcheon-gu	13.00	9.50	10.47	0.97
Nowon-gu	35.44	17.38	19.52	2.14
Dobong-gu	20.70	10.30	11.17	0.87
Dongdaemun-gu	14.20	12.69	13.10	0.41
Dongjak-gu	16.35	13.03	13.58	0.55
Mapo-gu	23.88	17.26	19.02	1.76
Seodaemun-gu	17.60	12.51	13.15	0.64
Seocho-gu	47.00	26.32	26.18	-0.14
Seongdong-gu	16.85	12.80	14.32	1.52
Seongbuk-gu	24.56	15.46	16.99	1.53
Songpa-gu	33.88	26.73	28.82	2.09
Yangcheon-gu	17.40	14.70	15.16	0.46
Yeongdeungpo-gu	24.57	16.48	19.52	3.04
Yongsan-gu	21.87	15.39	16.61	1.22
Eunpyeong-gu	29.69	15.59	17.02	1.43
Jongno-gu	23.91	14.25	13.12	-1.13
Jung-gu	9.96	8.59	8.75	0.16
Jungnang-gu	18.50	14.26	13.87	-0.39
Total	605.24	405.22	428.77	23.55

북도에서 추출한 산림과 수역을 이용하여 서울시의 대피 대상면적을 분석한 결과는 428.77 km²(Table 4의 면적 C)으로 나타났다. 각 행정구역마다 대피 대상면적은 미세한 차이를 보여주고 있으며, 전체적으로 약 5.8%의 차이가 있음을 알 수 있다.

3.3.2 대피소 서비스 영역 분석

Figure 5는 보행자 유형별로 설정된 보행속도에 대한 대피소 서비스 영역을 그림으로 나타낸 것이다.

Table 5에서 서울시의 대피 대상면적 대비 보행속도 유형별 서비스 면적은 77.69%, 66.44%, 53.93%로 분석되었으며, 취약지 면적은 22.31%, 33.56%, 46.07%로 분석되었다. 본 연구의 대피 대상지역 분석에서 언급하였던 5.6%의 대피 대상면적의 차이와 민방위 홈페이지에 미등록된 대피소를 고려하더라도 많은 지역이 취약지로 존재함을 알 수 있다.

취약지가 가장 넓은 행정구역으로 강서구, 서초구,

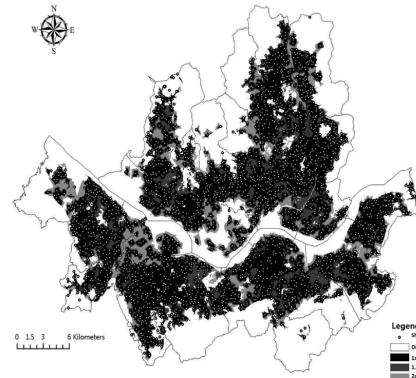


Figure 5. Service areas of shelter

송파구, 용산구, 강남구, 은평구 순으로 나타났다. 그러나 강서구의 경우 김포공항 내부까지 네트워크 분석용 도로망이 연결되지 않아 취약지로 평가된 것이기 때문에 해당 면적 10.44km²(Korea Airports Corporation)를

Table 5. Service areas and vulnerable area of shelter according to walking speed

Seoul			① service area			② vulnerable area		
district	area A	area B	2m/s	1.3m/s	1m/s	2m/s	1.3m/s	1m/s
Gangnam-gu	39.52	30.31	23.60	22.16	17.35	6.71	8.15	12.96
Gangdong-gu	24.56	18.46	12.81	11.73	10.52	5.65	6.73	7.94
Gangbuk-gu	23.63	10.51	9.81	8.83	7.51	0.70	1.68	3.00
Gangseo-gu	41.45	35.37	18.45	13.87	12.13	16.92	21.50	23.24
Gwanak-gu	29.57	14.92	11.96	11.55	10.20	2.96	3.37	4.72
Gwangjin-gu	17.04	12.91	11.19	9.66	6.69	1.72	3.25	6.22
Guro-gu	20.08	15.92	13.00	11.65	9.71	2.92	4.27	6.21
Geumcheon-gu	13.02	10.47	7.22	6.40	5.45	3.25	4.07	5.02
Nowon-gu	35.61	19.52	14.83	11.79	9.98	4.69	7.73	9.54
Dobong-gu	20.69	11.17	10.10	9.14	8.32	1.07	2.03	2.85
Dongdaemun-gu	14.25	13.10	13.10	13.10	12.16	0.00	0.00	0.94
Dongjak-gu	16.39	13.58	13.25	12.38	9.34	0.33	1.20	4.24
Mapo-gu	23.75	19.02	13.37	11.92	10.10	5.65	7.10	8.92
Seodaemun-gu	17.69	13.15	12.58	11.04	8.03	0.57	2.11	5.12
Seocho-gu	46.89	26.18	17.21	14.35	11.17	8.97	11.83	15.01
Seongdong-gu	16.81	14.32	12.83	10.92	7.59	1.49	3.40	6.73
Seongbuk-gu	24.61	16.99	14.40	11.90	7.56	2.59	5.09	9.43
Songpa-gu	33.85	28.82	21.01	17.38	14.16	7.81	11.44	14.66
Yangcheon-gu	17.41	15.16	14.10	12.36	9.64	1.06	2.80	5.52
Yeongdeungpo-gu	24.65	19.52	16.95	11.65	9.61	2.57	7.87	9.91
Yongsan-gu	21.91	16.61	10.13	5.02	3.53	6.48	11.59	13.08
Eunpyeong-gu	29.79	17.02	11.58	9.04	6.40	5.44	7.98	10.62
Jongno-gu	23.99	13.12	9.55	8.21	7.22	3.57	4.91	5.90
Jung-gu	9.97	8.75	8.48	7.54	6.66	0.27	1.21	2.09
Jungnang-gu	18.54	13.87	11.58	11.27	10.20	2.29	2.60	3.67
total	605.67	428.77	333.09	284.86	231.23	95.68	143.91	197.54
① or ② / area B ×100 (%)			77.69	66.44	53.93	22.31	33.56	46.07

※ area A * : area of digital map, area B * : target area of evacuation

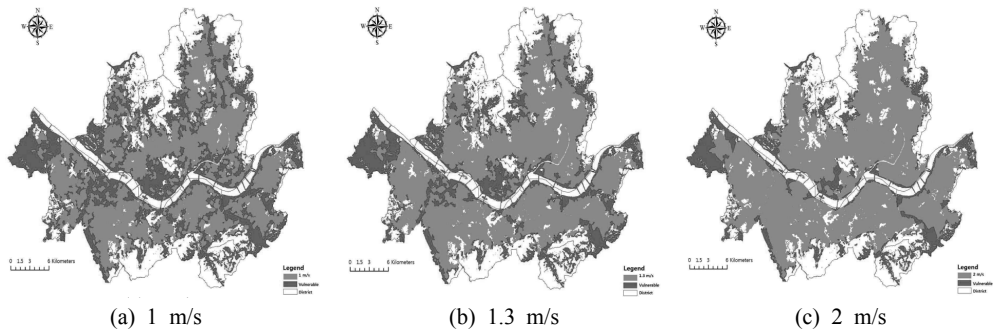


Figure 6. Service areas and vulnerable area of shelter according to walking speed

제거한다면 강서구는 강남구 다음으로 취약지가 많은 것으로 평가된다.

서비스 영역이 가장 넓은 행정구역으로는 동대문구, 중구, 도봉구, 강북구, 중랑구 순으로 나타났으며, 특히 동대문구는 충분한 대피공간을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

Figure 6은 보행속도에 따른 대피소의 서비스 영역과 취약지 영역을 그림으로 나타낸 것이다. 그림에서 서울시 외곽과 중심부에 취약지가 집중되어 있는 것을 알 수 있다. 또한 보행속도가 빠를수록 서비스 영역이 서울시 전역으로 확대되는 것을 알 수 있다.

4. 결론

GIS 네트워크 분석을 이용하여 보행자의 보행속도별 대피소의 서비스 영역을 분석할 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 보행자 유형별 보행속도를 1m/s, 1.3m/s, 2m/s로 정의 할 수 있었으며, 보행시간을 5분으로 정의할 수 있었다.
2. 서울시 행정구역 면적 605.67km²에 대해서 70.79%에 해당하는 428.77km²이 대피 대상지역으로 나타났으며, 대피 대상지역 대비 대피소의 서비스 면적은 보행 속도에 따라 53.93%, 66.44%, 77.69%로 분석되었다. 또한 취약지 면적은 46.07%, 33.56%, 22.31%로 분석되었다. 특히, 노약자의 느린걸음의 경우 20-30대 성인 남녀의 빠른걸음에 비해 취약지 면적이 2배 이상 높게 나타남을 알 수 있었다.
3. 서울시 행정구역별로 대피소의 서비스 영역과 취약지 영역에 대한 분포를 알 수 있었다.

향후 연구에 있어 대피소의 수용인원, 인구밀도, 급수시설, 지적도, 보행자 전용도로 등을 추가 보완하여

연구를 수행한다면 향후 대피소 추가 설치 및 운영에 있어 의사결정에 중요한 기초자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Bohannon, R.W., 1997, Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years, *Age Ageing*, Vol.26, pp.15-19.
2. Chang, H., Heo, J., and Kim, M.G., 2004, Analysis and evaluation on the location of public service facility using geographic information system : the case of kumchon gu - office in seoul, 2004 GIS/RS Spring Conference, KOGSIS, pp.381-387.
3. ESRI, 2007, *Working with arcgis network analysis*, ESRI, USA.
4. Hong, H.R., Seo, D.G., Hasemi Yuji, and Kown, Y.J., 2011, A study on the walking speed of crowd for safety evacuation design of the elderly, *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, KIFSE, Vol.25, No.1, pp.19-26.
5. Jeon, B.W., 2011, A study on the development of network for pedestrian access to public facility, PH.D. Dissertation, Kangwon National University.
6. Kim, Y.C., 2005, Selection of appropriate location for the disaster relief shelter in the city, Master's Thesis, Yonsei University, pp.30-44.
7. Korea Airports Corporation, <http://www.airport.co.kr>.
8. Lee, S.H., 2001, An estimation of evacuation time

- based on evacuation behaviors, Master's Thesis, Kyonggi University.
9. Ma, S., and Kim, H.S., 2011, Accessibility to welfare facilities for the aged through gis network analysis : focused on inland areas in incheon, The Korea Spatial Planning Review, KRIHS, Vol.70, pp.64-75.
 10. National Disaster Information Center, 2012, Civil Defense, <http://www.safekorea.go.kr>.
 11. Oh, C.S., Lee, S.W., Lee, I.M., and Kho, S.Y., A spatial analysis about arrival delay and dispatch distribution of the 119 rescue-aid service utilizing GIS -gyeongsangbuk-do case study-, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, KSCE, Vol.32, No.1D, pp.13-22.
 12. Older, S.J., 1964, Pedestrians. Dept scientific and industrial research, Road Research Laboratory, Crowthorne, England, pp.17-28.
 13. Park, I.H., Jun, C.M., and Choi, Y.S., 2007, 3D-GIS network modeling for optimal path finding in indoor spaces, Journal of the Korean Society for Geo Spatial Information System, KOGSIS, Vol.15, No.3, pp.27-32.
 14. Park, M.H., 2008, Human's walking speed, Risk Tech, <http://www.risktech.co.kr>.
 15. Pauls, A., Schofer, J.L. and Ushpiz, A., Pedestrian flow and level of service, J. Transport. eng, ASCE, Vol.109, pp.46-56.
 16. Seoul, <http://www.seoul.go.kr>.
 17. Song, H.J., 2011, Adjustment of the service area of fire station using GIS accessibility analysis, Master's Thesis, Sangmyung University, pp.11-19.
 18. Studenski, Perera, Patel, Rosano, Faulkner, Inzitari et al., 2011, Gait speed and survival in older adults, Journal of American Medical Association, AMA, Vol.305, No.1, pp.50-58.
 19. Yang, B.Y., 2004, The application of GIS for effective distribution of the emergency medical service area, Master's Thesis, Kyunghee University, p.26.