

요인분석을 통한 IoT 기반 고령자용 교통안전 보행자 시스템

An IoT-based Traffic Safety Pedestrian System for the Elderly by Factor Analysis

이 경 민* · 인 치 호**

* 주저자 : 세명대학교 컴퓨터학부 박사과정

** 교신저자 : 세명대학교 컴퓨터학부 교수

Kyung-Min Lee* · Chi-Ho Lin**

* School of Computer Science, Univ of Semyung

** School of Computer Science, Univ of Semyung

† Corresponding author : Chi-Ho Lin, ich410@semyung.ac.kr

Vol.20 No.1(2021)

February, 2021

pp.1~9

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

[https://doi.org/10.12815/kits.](https://doi.org/10.12815/kits.2021.20.1.1)

2021.20.1.1

Received 5 October 2020

Revised 30 October 2020

Accepted 19 November 2020

© 2021. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요 약

본 논문은 안전한 보행 경로 정보를 제공하는 IoT 기반 고령자용 교통안전 보행자 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 고령자 안전 변수의 요인분석을 수행하고 분석결과를 사용하여 고령자에게 최적의 경로를 제공한다. 이 시스템의 성능을 검증하기 위해 고령 보행자 경로에 대한 성능 측정을 실험하였습니다. 그 결과 모바일 내비게이션보다 안전 성능이 더 나은 성능 확인하였다.

핵심어 : 고령자, IoT 서비스, 교통 안전, 요인 분석

ABSTRACT

In this paper, we propose an IoT-based traffic safety pedestrian system for the elderly by factor analysis. The proposed system performs a factor analysis of the elderly safety variables and uses the analysis results to provide an optimal path for the elderly. In order to verify the performance of this system, we experimented with performance measurements on elderly pedestrian paths. As a result, we confirm that it provides a better safety path than mobile navigation.

Key words : The elderly, Pedestrians system, IoT service, Traffic safety, Factor analysis

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 2000년 고령화 사회에 진입한 이래 고령자 인구가 지속해서 증가하였다. 일반적으로 65세 이상의 인구비율이 전체 인구의 7%를 넘어선 사회를 ‘고령화 사회’라고 하며 14%를 넘어서면 ‘고령사회’라고 한다. 통계청(Statistical Geographic Information Service System DB, 2020)에 따르면 2005년 65세 이상 노령인구는 432만 명으로 증가해 현재는 812만 명에 도달하여 전체 인구의 15.7%로 ‘고령사회’에 진입하였으며 2035년에는 2005년의 3.5배인 1,523만 명이 될 것으로 전망하고 있다. 이러한 증가세는 2040년에 이르러서야 증가율이 둔화할 것으로 예상할 수 있으나, 긍정적으로 생각할 수 없다. 이처럼 노령인구가 증가하여 ‘초고령사회’가 다가오는 지금 고령사회가 가속될수록 고령자의 이동과 사회 참여에 대한 욕구가 점점 더 커지고 고령자의 사회활동 영역과 범위도 확대될 것이며, 그에 따른 여러 가지 사회적 문제가 발생할 것이다.

특히 고령 운전자(Ball et al., 1993) 및 보행자는 시각과 청각, 운동기능 등이 저하되어 젊은 사람에 비해 돌발 상황에 대한 대처능력이 떨어지게 된다. 특히, 고령자는 본인의 심신 기능 저하를 인정하지 않고 도로를 무단으로 횡단하는 등 과거의 습관대로 행동하다 사고를 당한 경우가 많은 것으로 보인다(Roh et al., 2015). 이렇게 고령자에 대한 특성을 파악하여 고령자의 안전성 향상을 위한 기술의 활용범위 및 필요성이 확대될 것이다(Jang et al., 2015)

기존의 고령자를 위한 교통 환경 안전성 향상을 위한 기술은 다양하다. 고령자의 교통사고 특성을 고찰하는 청주시 사례(Park et al., 2009)는 고령자의 교통사고와 이동편의시설과의 관계를 분석하였으며, Ka et al.(2019)는 보행자의 특성을 고려한 예측형 보행자 충돌 경고 서비스를 제공하였다. 또한, Jeong et al.(2007)은 횡단보도 보행 편의성에 초점을 맞추어 고령자가 횡단보도를 이용하는 데 있어 개선되어야 할 요소를 제시하였다. 국내의 연구는 물리적 교통 인프라를 활용한 기술로 고령자의 안정성을 향상시키는 목적을 중심으로 다루고 있다. 해외에서는 고령자의 편의성과 안정성을 동시에 향상하는 ICT 기술의 적용과 고령자의 스마트폰 사용률 증가 흐름을 고려한 연구(Monash University Accident Research Centre, 2006)를 진행하였다. 그 예로 포틀랜드시의 고령자 교통안전프로그램의 목적으로 “Safe Routes to Senior Center Program”을 운영하고 있으며, 이 프로그램은 보행자 충돌 사고 및 사망자의 수, 속성 및 상황과 같은 환경 데이터를 수집하여 고령자에게 필요한 안전한 보행 환경을 제공한다.

그러나, 기존의 많은 교통 기술들은 이용자의 수요 특성을 파악하기에 앞서 공급이 우선되어, Lee and Lee(2003)와 같이 본 논문은 고령자와 교통 환경 특성을 파악하고 관계성을 모형화하여, 고령자의 교통 환경 안전성 향상을 위한 서비스가 필요하다.

본 논문에서는 안전한 보행 경로 정보를 제공하는 IoT 기반 고령자용 교통안전 보행 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 고령자를 대상으로 효율적인 맞춤형 교통안전 서비스가 될 수 있을 거라는 기대하에 진행되었으며, 이를 위해 임의의 경로에 존재하는 다양한 교통 환경 변수 중 고령자 안전 보행에 미치는 변수를 통한 요인분석(Factor analysis) 수행과 여기서 도출된 요인 간의 관계성 파악을 위한 경로 모형(Path model)을 추정하였다. 그리고 분석된 결과를 통해 고령자에게 안전한 교통 환경을 제공할 수 있는 최적의 이동 경로 정보를 제시한다. 본 논문 구성은 서론, IoT 기반 고령자용 교통안전 보행 시스템 설계, 그리고 교통안전 보행 시스템 구축 및 실험을 통해 결과를 분석한다.

II. IoT 기반 고령자용 교통안전 보행 시스템 설계

본 논문의 IoT 기반 고령자용 교통안전 보행 시스템은 고령자와 교통안전의 관계성을 파악한 후에 고령자를 고려한 교통안전 경로 모형을 추정하여, 그 모형을 시스템에 적용 후 최적의 이동 경로를 제공하여 안전한 교통 환경을 고령자에게 제공하는데 목적을 두고 있다. 이 장에서는 고령자를 고려한 경로 모형 추론을 위해 고령자의 보행 흐름에 영향을 미치는 변수 중 교통안전 변수 설정과 그 변수의 요인분석 수행 그리고 경로 모형을 통한 최적의 안전 경로 정보를 고령자에게 제공할 수 있는 시스템을 설명한다.

1. 요인분석을 통한 고령자용 최적의 경로 모형

고령자를 위한 교통안전 보행 시스템은 고령자가 출발지와 목적지까지의 경로 위에서 안전한 교통 환경을 제공하기 위한 시스템으로 고령자에게 안전한 교통 환경이 어떤 요인이 되는지를 확인할 필요가 있다. 따라서, 본 논문에서는 고령자에게 안전한 교통 환경을 제공할 수 있는 변수 정의와 고령자의 신체적 약점에 따라 보행 경로 선택에 미치는 영향력 정도, 즉 우선순위가 다를 수 있어, 고령자를 고려한 안전한 교통 환경 변수들의 적절한 상대적 가중치를 선정해야 할 필요가 있다. 이를 위해 요인분석을 수행하였으며, 일반적으로 요인분석은 여러 개의 변수가 서로 어떤 관련이 있는가를 분석하여 이 변수들의 관계를 파악하는 데 활용되고 있다. 본 논문에서도 요인분석을 통해 보행에 대한 변수 간의 상관관계를 파악하여 고령자를 고려한 최적의 안전 경로 모형을 추론하고자 한다. <Table 1>은 고령자가 교통안전에서 미칠 수 있는 교통 환경 변수와 그 결과값이다.

<Table 1> Descriptive statistics of walking attitudes factor

Observed variable	Mean	St.d
x_1 Distance	5.67	.711
x_2 Sidewalk width	5.68	.709
x_3 Protected area	5.21	.743
x_4 Viaduct	5.16	.762
x_5 Mixed road	5.21	.743
x_6 Crosswalk use	3.18	.386
x_7 Vehicle speed	3.22	.416
x_8 Public transportation wait time	3.13	.338
x_9 Traffic accident	1.93	.820
x_{10} Pedestrian	2.01	.772
x_{11} Crosswalk wait time	2.05	.744
x_{12} Pedestrian accidents	2.51	.502
x_{13} Traffic	2.54	.501

고령자가 안전할 수 있는 교통 환경 변수들의 요인분석은 p 개의 관찰변수에 대한 n 개의 관찰치의 집합 X 가 있을 때 각 변수의 상호관련성을 소수의 기본적인 요인으로 집약하는 방법으로, <Table 1>과 같이 변수

의 정의와 상관관계 계산이 가능한 척도 자료가 구성되어야 하지만 입력된 자료는 측정단위가 달라 식 (1) 을 통해 표준화하여 측정단위가 분석에 미치는 영향을 제거할 수 있도록 집합 Z 를 구하였다.

$$z_p = \frac{x_p - \bar{x}_p}{\sigma_p} \dots\dots\dots (1)$$

$$X = \begin{pmatrix} x_{11}, & x_{12}, & \dots, & x_{1n} \\ \vdots & & & \\ x_{p1}, & x_{p2}, & \dots, & x_{pn} \end{pmatrix} \quad Z = \begin{pmatrix} z_{11}, & z_{12}, & \dots, & z_{1n} \\ \vdots & & & \\ z_{p1}, & z_{p2}, & \dots, & z_{pn} \end{pmatrix}$$

그리고 변수 간의 상호관련성을 파악하기 위해 피어슨 상관관계(Pearson's product-moment correlation)의 상관계수 행렬(Correlation matrix)을 이용한 주성분 분석으로 요인을 추출하였다. p 개의 변수들의 상관계수 행렬로부터 p 개의 고유값(Eigenvalue: λ)을 얻을 수 있으며, 일반적으로 λ_p 값은 1보다 클 때 유의미하게 설명할 수 있는 요인이다. 즉, 추출된 요인들은 전체 자료들의 $(\lambda_1 + \dots + \lambda_r)/p$ 만큼 정보를 유지하는 것이므로, $(\lambda_1 + \dots + \lambda_r)/p$ 가 0.7 이상은 되어야 바람직하다. 고유값에 대응하는 고유벡터(Eigenvector: e_p)는 무수히 많아, $e_1 + e_2 + \dots + e_p = 1$ 을 만족하는 고유벡터를 구하여야 하며, 이러한 고유값을 구하려면 다음 식 (2)를 통해 구할 수 있다.

$$Ax = \lambda e \dots\dots\dots (2)$$

$$Ax - \lambda e = 0$$

$$(A - \lambda I)e = 0$$

$$D(\lambda) = \det(A - \lambda I) = \begin{vmatrix} a_{11} - \lambda, & a_{12}, & \dots, & a_{1n} \\ a_{21}, & a_{22} - \lambda, & \dots, & a_{2n} \\ \vdots & & & \\ a_{n1}, & a_{n2}, & \dots, & a_{nn} - \lambda \end{vmatrix}$$

각 관찰변수가 하나의 주성분을 정의하는 데에 있어서 기여하는 정도를 살펴봄으로써 주성분을 해석할 수 있다. 여기서 고유값(λ)은 관찰변수들의 상관행렬을 스펙트럼 분해하여 얻은 것이며, 이러한 주성분과 관찰변수 간 상관을 해당 주성분의 ‘성분 부하량(Component loading)’이라고 부른다. 성분 부하량은 식 (3)과 같이 추정된 성분 부하량의 집합 L 을 구할 수 있다.

$$r(PC_1, x_j) = \sqrt{\lambda_1} e_{1j} \dots\dots\dots (3)$$

$$L = [\sqrt{\lambda_1} e_{11}, \sqrt{\lambda_1} e_{12}, \dots, \sqrt{\lambda_i} e_{ij}] = [l_{11}, l_{12}, \dots, l_{ij}]$$

또한, 베리믹스(Varimix) 직교 회전식 (4)를 통해 성분 부하량을 열의 분산 합계를 최대화하여 회전된 성분 부하량으로 변환하여 해석에 쉽게 변환하며, 그 결과를 다음 <Table 2>를 통해 확인할 수 있다.

$$T = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \dots\dots\dots (4)$$

$$T = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p (l_{ij}^2)^2 - \frac{1}{p^2} \sum_{i=1}^p (l_{ij}^2)^2$$

$$\hat{L} = LT$$

<Table 2>에서 보행 거리(Distance)의 공통성은 식 (5)를 통해 $(0.132)^2 + (0.735)^2 + (0.338)^2 + (0.424)^2 = 0.852$ 를 계산됨을 확인할 수 있다.

$$\sum_{j=i}^p r(PC_i, X_{ij})^2 \dots\dots\dots (5)$$

요인 1의 분산 비율은 36.41%, 요인 2는 14.74%, 요인 3은 10.85%, 요인 4는 9.97%로 전체 누적 분산은 71.99% 수준의 설명되고 있는 것으로 확인되었다. 도출된 요인들을 잠재변수(Latent variable)를 고려하였으며, 요인 1을 보행 보도 환경을 나타내는 변수로, 요인 2는 경로 이해를 나타내는 잠재변수로, 요인 3은 보행 불편성 인식, 요인 4는 보행 중 위험 인식에 관한 잠재적 변수로 정의하였다.

<Table 2> Rotated factor loadings on attitudes to walking

Observed variable	Communality	Factor				Remark
		1	2	3	4	
Distance	.852	-.018	-.032	.062	.920	
Sidewalk width	.820	.152	-.016	.204	.869	
Protected area	.657	.164	.085	.781	.116	
Viaduct	.605	.178	.098	.751	.012	
Mixed road	.699	.166	.143	.791	.161	
Crosswalk use	.832	.133	.891	.131	-.054	
Vehicle speed	.759	.349	.796	.064	.021	
Public transportation wait time	.748	.116	.844	.149	-.002	
Traffic accident	.849	.816	.189	.375	-.088	
Pedestrian	.793	.851	.160	.206	.003	
Crosswalk wait time	.817	.875	.122	.192	-.004	
Pedestrian accidents	.407	.548	.157	.274	.086	
Traffic	.520	.636	.153	-.138	.271	
Eigenvalue		4.734	1.917	1.412	4.734	

Kaise-Meyer-Olkin Measure = .782
 Bartlett's Sphericity Test Significance Probability = .000

이를 <Table 3>과 같이 요인 계수를 정의할 수 있다. 계수의 정의는 식 (6)을 통해 산출할 수 있다.

$$B = R^{-1}A \dots\dots\dots (6)$$

<Table 3> Factor score on attitudes to walking

	1	2	3	4
Distance	-.049	.028	-.057	.553
Sidewalk width	.001	-.007	.001	.501
Protected area	-.090	-.045	.421	-.016
Viaduct	-.076	-.043	.410	-.076
Mixed road	-.103	-.012	.416	.013
Crosswalk use	-.111	.447	-.020	-.005
Vehicle speed	.013	.369	-.100	.034

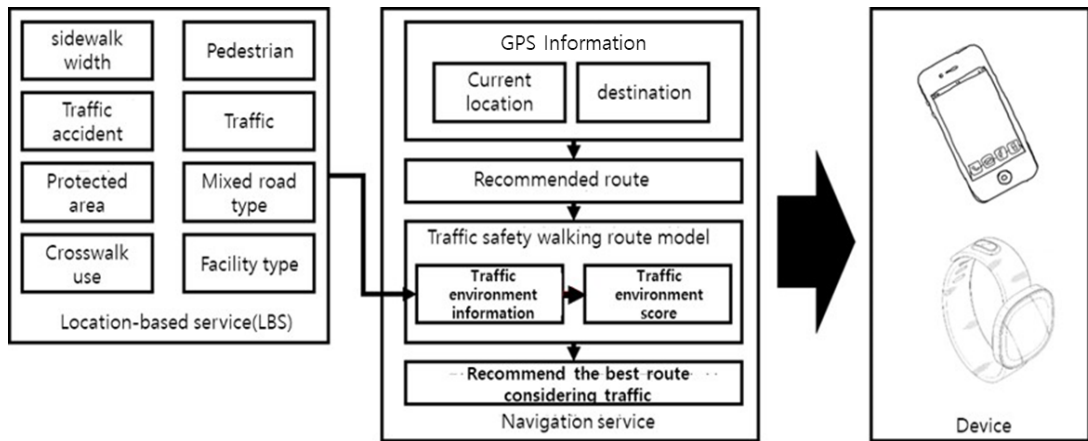
Public transportation wait time	-.116	.425	-.007	.022
Traffic accident	.274	-.072	.066	-.116
Pedestrian	.323	-.074	-.050	-.045
Crosswalk wait time	.343	-.098	-.058	-.050
Pedestrian accidents	.169	-.026	.039	.010
Traffic	.280	.003	-.245	.164

$$\begin{aligned}
 y_1 &= 0.553 \times (\text{Distance}) + 0.501 \times (\text{Sidewalk width}) \\
 y_2 &= 0.421 \times (\text{Protected area}) + 0.410 \times (\text{Viaduct}) + 0.416 \times (\text{Mixed road}) \\
 y_3 &= 0.447 \times (\text{Crosswalk use}) + 0.369 \times (\text{Vehicle speed}) + 0.425 \\
 &\quad \times (\text{Public transportation wait time}) \\
 y_4 &= 0.274 \times (\text{Traffic accident}) + 0.323 \times (\text{Pedestrian}) + 0.343 \\
 &\quad \times (\text{Crosswalk wait time}) + 0.169 \times (\text{Pedestrian accident}) + 0.280 \times (\text{Traffic}) \\
 y &= y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = \text{Traffic safety score}
 \end{aligned}$$

여기서 <Table 3>은 4개의 총합 잠재변수 스코어(score)를 계산할 수 있으며, 총합 잠재변수 스코어의 합계는 고령자에게 안전한 교통 환경을 제공할 수 있는 경로의 스코어가 된다.

III. 실험 결과 및 분석

앞의 요인분석을 통해 안전 교통 환경 스코어를 측정하는 가중치를 활용하여 고령자의 교통안전 제공을 위해 경로 제공 서비스 시스템을 설계하였다. 설계된 시스템은 <Fig. 1>과 같다.



<Fig. 1> System block diagram

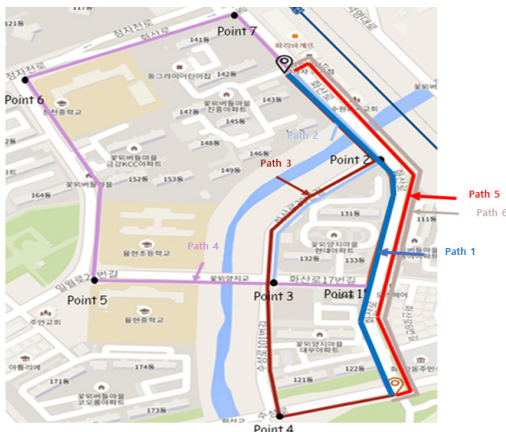
시스템은 위치 기반 데이터베이스와 요인분석을 통해 추정된 경로 모델을 활용한 교통안전 경로를 제공하는 서버로 구성된다. 위치 기반 데이터베이스는 요인분석에 활용한 변수 X_1, X_2, \dots, X_p 에 관한 실측 데이

터로 고령자의 현재 위치에서 목적지까지의 경로의 도로 폭, 교통사고 발생량, 건너는 횡단보도 수 등 데이터를 추출하여 교통안전 서버를 입력하게 되며 교통안전 서버에서는 경로 모델에서의 각 변수 가중치를 적용하여 교통안전 스코어를 산출한다. 산출된 스코어가 높을수록 교통안전이 크다. 실험은 <Table 3>을 통해 도출된 안전한 교통 경로 스코어식을 통해 경로 내의 각 변수의 정보를 입력하여 교통 환경 스코어를 산출하였으며, <Table 4>와 같이 기-중점을 설정한 후 도출되는 경로들의 교통안전 스코어를 측정하였다.

<Table 4> Criteria for input variables in the proposed standardized safety score expression

	1	2	3	4	5
Distance	< 100m	200m	300	400	> 500m
Sidewalk width	1.5m	2m	2.5m	3m	3.5m
Protected area	Use	Not Use	-	-	-
Viaduct	Use	Not Use	-	-	-
Mixed road	Use	Not Use	-	-	-
Crosswalk use	1	2	3	4	5
Vehicle speed	< 30km/h	50km/h	60km/h	80km/h	> 80km/h
Public transportation wait time	< 3 minute	5 minute	10 minute	20 minute	> 25 minute
Traffic accident	1	2	3	4	> 5
Pedestrian	15 minutes traffic (Person/15 minutes)				
Crosswalk wait time	< 3 minute	5 minute	10 minute	20 minute	> 25 minute
Pedestrian accidents	1	2	3	4	> 5
Traffic	15 minutes traffic (Car/15 minutes)				

<Table 4>를 위에서 제안된 교통안전 스코어를 계산하는 수식에 각 관찰변수를 입력하기 위한 기준이며, 이 기준을 통해 기-중점에 관한 정보 정규화한다. 이를 통해 수식에 입력하여 계산된 값은 다음 <Fig. 2> 및 <Table 5>와 같이 결과가 도출되며 교통안전 스코어식을 통해 고령자를 위한 최적의 경로를 제공한다.



<Fig. 2> Experimental results

<Table 5> Calculation of traffic safety score

Path	Detailed path	Score
Path 1	Starting Point → Point 1 → Point 2 → Destination	13.9
Path 2	Starting Point → Point 1 → Point 3 → Point 2 → Destination	13.4
Path 3	Starting Point → Point 4 → Point 3 → Point 2 → Destination	12.8
Path 4	Starting Point → Point 4 → Point 3 → Point 5 → Point 6 → Point 7 → Destination	12.4
Path 5	Starting Point → Station → Take Bus #3 → Destination	15.7
Path 6	Starting Point → Station → Take Bus #27 → Destination	13.6

* Address: Flower Mogyo Intersection-> Hwasan-ro 57-gil, Paldal-gu, Suwon

<Table 5>에서 가장 큰 스코어는 Path 5로 출발지에서 목적지까지 대중교통 활용하는 경로이다. 그러나 Path 5와 같게 대중교통을 활용하는 Path 6은 경로 1보다 낮은 스코어를 보인다. 그 이유는 Path 6에서 승차하는 27번 버스의 버스 배차 간격은 15~25분 사이로 3번 버스에 비교하여 10분 정도 간격이 길어 Path 6은 Path 1보다 낮은 스코어가 나타난다. 이를 통해 기존의 사용되는 일반적인 내비게이션에 최적의 경로를 제공하는 시스템과 다르게 고령자의 교통안전을 요인분석을 통하여 고령자를 고려한 최적의 경로를 제공하는 시스템을 확인하였다. 기존의 내비게이션을 활용하여 기-종점의 경로를 검색하면 일반적인 최적의 경로는 Path 1에 해당한다. Path 1과 같은 결과는 거리와 도착 시각을 고려한 경로이다. <Table 5>에서 Path 1의 교통안전 스코어를 보면 13.9의 결과를 보이며, 이 결과는 다른 경로의 교통안전 스코어 중 중간 정도의 안전도를 나타낸다. 그리고 일반적인 보행자에게는 제공할 수 있는 경로나, 고령자 관점에서 Path 1은 2번의 횡단보도와 건강 조건에 따라 부담될 수 있는 거리일 수 있다. 반면에 제안하는 시스템을 활용하면 Path 5를 최적의 경로로 제공한다. Path 5는 1번의 횡단보도와 버스 3번을 통해 목적지에 도달하는 경로로 도착 시각에서 안정도에서도 고령자에 안전한 경로이다. 최종적으로 제안하는 교통안전 수식을 통해 도출된 최적의 경로를 스마트워치 및 스마트폰을 통해 고령자 보행자에게 정보를 제공한다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 안전한 보행 경로 정보를 제공하는 IoT 기반 고령자용 교통안전 보행 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 고령자를 대상으로 맞춤형 고령자의 교통안전에 있어 효율적인 서비스가 될 수 있을 거라는 기대하에 진행되었으며, 이를 위해 임의의 경로에 존재하는 다양한 교통 환경 변수 중 고령자의 안전한 보행에 미치는 변수를 통해 요인분석 수행과 여기서 도출된 요인 간의 관계성 파악을 위해 경로 모형을 추정하였다. 그리고 분석된 결과를 통해 고령자에게 목적지까지 안전한 교통 환경을 제공할 수 있는 최적의 이동 경로 정보를 제시하였다. 제시하는 방법은 경로 내의 교통 환경 정보를 위치 기반 데이터 서버에서 횡단보도 수와 시간, 보도의 폭, 교통량, 보행량 등 경로 모형을 추론 시 사용했던 변수들의 정보를 가져와 추론 모델에서 도출된 안전한 교통안전 스코어식에 적용하여 교통 환경 스코어를 경로별로 산출하고 산출된 스코어가 높으면 고령자에게 안전한 경로, 낮으면 고령자에게 안전하지 않은 경로로써 고령자에게 최적의 경로를 제공하였다. 이 연구를 통해 고령자에게 단순하게 경로를 제공하는 것이 아닌 안전까지 제공할 수 있는 경로를 제공함으로써 다가오는 초고령화 사회 속에 고령자에게 안전하고 건강한 사회활동을 할 수 있는 분석 자료가 될 것이라 기대된다. 향후 연구로는 본 논문에서 다루지 못한 차량에 대한 변수와 고령 보행자의 관계성을 파악하여 더 나은 안전한 교통 환경 정보를 제공할 수 있는 시스템을 연구하고자 한다.

REFERENCES

- Ball K., Owsley C., Sloane M. E., Roenker D. L. and Bruni J. R.(1993), "Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers," *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, vol. 34, pp.3110-3123.
- Jang J. A., Kim J. and Choi K.(2015), "Analyzing interview data of ICT-based walking service for the elderly," *Transportation Technology and Policy, Korea Society of Transportation*, vol. 12, no.

1, pp.29-37.

- Jeong E. G., Lee J. S. and Cho G. T.(2007), “A study for improving walking convenience of cross walk of the aged pedestrian through field survey,” *In Proc. KSCE(Korean Society of Civil Engineers) Conf.*, pp.1800-1803.
- Ka D. H., Lee D. H. and Yeo H. S.(2019), “Development of Predictive Pedestrian Collision Warning Service Considering Pedestrian Characteristics,” *The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 18, no. 3, pp.68-83.
- Lee H. and Lee J.(2003), “Analysis of causal relationship among education quality factors using path analysis,” *Journal of Korean Industrial Information Systems Society*, vol. 8, no. 2, pp.72-83.
- Monash University Accident Research Centre(2006), *The Elderly and Mobility: A Review of the Literature*.
- Park B. H., Yanf J. M. and Inn B. C.(2009) “Relationship between traffic accidents of elderly pedestrians and barrier-Free facilities in the case of Cheongju,” *Korean Society of Transportation*, vol. 27, no. 2, pp.189-197.
- Roh C. G., Park B. J., Moon B. S. and Kim J. S.(2015), “Classification of Walking Capability of the Elderly and Analysis of Characteristics for Each Class,” *Journal of Science and Technology*, vol. 5, no. 5, pp.262-267.
- Safe Routes to Senior Center Program(2020), <https://americawalks.org/learning-center/technical-resources/pedestrian-safety>.
- Statistical Geographic Information Service System DB, <https://sgis.kostat.go.kr/publicsmodel>, 2020.07.29.