

고속도로 휴게소 상권분석에 의한 점유율 및 규모 추정 연구 - 수정된 Huff 모형을 중심으로 -

A Study on Market Share and Size Estimation through Expressway Rest Area
Business Analysis

(Conducting Research using The Modified Huff Model)

홍 남 주 (Hong, Nam Joo)*

이 상 근 (Lee, Sang-Gun)**

< Abstract >

This study defined Expressway rest areas as individual stores and conducted market analysis by connecting the rest areas along a route from the departure interchange to the arrival interchange, assuming customers travel between these points. To investigate linear(one-dimensional) markets (LM), distinct from two-dimensional markets (TM), this study established five experimental tasks and developed three analytic models to address and solve these tasks. Upon reviewing the existing literature, it is evident that various analytic techniques and models are available for TM analysis. However, the methodologies specifically designed for LM analysis are almost nonexistent. For these reasons, this study aimed to identify the most commonly used and input-variable-efficient analytical techniques in TM analysis. Subsequently, we applied these techniques to LM and assessed their reliability.

This study systematically applied variables that appeared to be specialized for LM in a stepwise manner, verifying the reliability and accuracy of the model. The final analysis results revealed the applicability of the modified Huff model to LM. Moreover, it was found that, in LM, parking area plays a more crucial role in enhancing attractiveness than store scale. Most notably, while demographic variables play a crucial role in TM, this study was conducted under the assumption that main traffic volume would substitute for these variables in LM. The results indicated that applying main traffic volume to the modified Huff model yielded the highest accuracy and reliability. Based on these findings, it is anticipated that main traffic volume and parking area will be established as standard variables in future LM analyses.

Finally, the extended model was employed to calculate the store scale and parking space size for the recently installed Munui-Cheongnamdae Rest Area. The results allowed for estimating the appropriate scale of the rest area and the anticipated business share.

Keyword : Huff Model, Rest Area, Market Analysis, Expressway, Linear Markets

* 본 학회 정회원, 서강대학교 일반대학원 부동산학과 박사과정, expressway0615@gmail.com, 주저자

** 서강대학교 일반대학원 경영학부 정교수, slee1028@sogang.ac.kr, 교신저자

I. 서론

우리나라 고속도로는 1970년 경부선을 시작으로 현재는 35개 노선으로 총연장이 4,238km에 이를 정도로 우리 경제와 함께 많은 성장을 해왔다. 또한 2022년 기준으로 485만 대가 통행할 정도로 대한민국 경제의 동맥 역할을 수행하고 있다. 이와 함께 고속도로 휴게소는 1969년 간이휴게소를 시작으로 현재까지 총 200개소가 넘을 정도로 눈부신 성장이 급속하게 이루어졌다. 그러나 휴게소를 이용 하다 보면 교통량에 비해 다소 협소하거나 너무 여유로운 휴게소를 간혹 방문할 때도 있다. 최근 고속도로 건설은 노선당 총사업비가 9조 원을 초과할 만큼 천문학적인 예산이 투입되고 있으며, 그중 휴게소 건설비용은 최소 200억 원에서 최대 800억 원 이상의 비용이 투입되고 있다.

고속도로 건설과 관련해서는 공법 개선과 토목 기술 혁신 등으로 인해 건설비 절감을 위한 연구가 꾸준히 이루어져 왔으나 고속도로 휴게소 매출 또는 규모와 관련된 연구는 상대적으로 거의 전무한 실정이며, 이는 선행연구에서도 극명하게 나타나고 있다. 선행연구는 도시지역의 대형매장, 백화점, 편의점에 대한 상권분석으로 매출을 추정하는 것만 있고, 고속도로 휴게소에 대해서는 교통공학적 관점에서 설계기준을 연구하는 것이 거의 유일하다. 더욱이 코로나19 사태 및 거시경제 성장 둔화 등 다양한 사회·경제적 변화로 인해 고속도로 이용객 또한 감소 되고 있어서 휴게소 규모 및 매출 추정 연구가 매우 시급하다고 할 수 있다.

본 연구는 기존 선행연구를 기반으로 하되 상권분석에서 그동안 관심받지 못했던 변수들을 반영하여 휴게소별 매출을 추정하고, 해당 휴게소의 규모까지 예측함으로써 휴게소 규모 및 매출 추정 표준모델을 정립하고자 한다. 이를 위해 기존의 평면상권 중심의 상권분석모델을 수정·응용하여 새로운 측면의 선행상권 분석 모델을 제시하고자 한다. 본 연구에서의 새로운 접근방법은 하나의 변수 투입이 많은 의미를 함축할 수 있는 변수를 선정하는 것이다. 이런 측면에서 본 연구는 고속도로라는 특정 공간을 고려하여 도로 운행 중에 접하게 되는 차선, 지·정체 상황, 교통사고, 도로 선형 개량 공사 등 많은 변수를 투입해야 하나 연구 접근법에 적합한 보다 간편하면서도 확장성이 있는 변수를 선정하여 선행상권에 특화될 수 있도록 하겠다.

아울러 고속도로를 이용하는 고객이 휴게소를 이용

한다는 것을 확률적 시각으로 접근하여 허프(Huff)의 확률모형을 적용할 계획이며, 이 모형의 장점인 각 지역적 상황에 따라 원래 모형에 다른 변수를 투입할 수 있는 점과 마찰계수를 활용하여 신뢰성과 정확성을 확보할 수 있는 점을 최대한 응용하도록 하겠다. 이는 마찰계수의 해석을 보다 폭넓게 하여 고속도로에 특화된 마찰계수를 선정하도록 하겠으며, 이에 대한 의미를 소비자의 효용과 각 노선별 특성(2차선, 3차선, 4차선, 노면 평탄성, 주행 안전성 등) 및 운전자 피로도가 반영된 것으로 해석될 수 있도록 적합화에 중점을 두도록 하겠다.

이렇듯 본 연구는 선행연구의 한계점을 극복하고 현실 적용의 실효성을 제고시키면서 보다 탄력적이고 신뢰도가 높은 휴게소 상권분석 모델을 제시하여 고속도로 및 일반국도에 설치된 (또는 설치 예정인) 휴게소 분석 분야에 적용하여 쾌적한 휴게소 구축에 기여코자 한다.

II. 이론고찰 및 선행연구

1. 상권개념 및 중력모형 이론

상권이라 하면 소매점 또는 대형 쇼핑물에 고객들을 끌어들이는 구역으로 매출액을 유발시키게 하는 공간적 개념을 말한다. 일반적으로 상권은 이용자 중심적이며 공급자가 상권을 임의로 형성해도 이용자가 접근하지 않으면 그 의미는 소멸될 수 있다(진창범, 2017). 이는 어떤 특정 점포가 정해진 거리나 소요시간 범위에 포함된 사람들을 해당 점포로 유인하여 고객화 할 수 있는 대상 지역이라 할 수 있기 때문에 상권의 크기는 입지조건 교통의 편리성, 접근성, 매장이 다루는 상품 종류, 가격, 브랜드 인지도, 고객서비스 등 다양한 조건들에 의해서 좌우될 수 있다(이상윤, 2018). 이러한 개념에 따라 고속도로 휴게소도 사람들이 모이는 장소에 해당되고, 고객 이용경로(출발IC부터 도착IC까지)가 그 상권에 해당된다고 볼 수 있다. 경로를 상권으로 설정하는 이유는 상권의 기준은 고객의 기호에 의해서 특정 목적지에 도착하기 위해 일반인들이 주로 찾는 노선들의 조합으로써 위에서 언급한 상권 개념과 일치하기 때문이다.

상권분석 이론으로 중력모형은 만유인력 법칙을 응용한 분석기법으로 두 물체가 서로 끌어당기는 인력이 두 물체의 질량의 곱에 비례하고 두 물체 사이의 거리

제곱에 반비례한다는 원리를 개념화해서 상권분석 모델로 활용되고 있는데 이와 관련된 이론은 레일리(Reilly)의 소매인력법칙과 컨버스(Converse)법칙이 있다.

레일리 이론의 핵심은 상가들의 집적도가 높을 경우 고객들을 유인할 수 있는 매력도가 높아진다는 것이며, 상권의 경계는 상가간 거리와 면적에 의해서 결정된다는 것이다. 레일리의 소매인력법칙은 인구나 거리변수만을 사용하여 손쉽게 상권을 결정했다는 측면에서 의미가 있으나 실제 조사 결과와 상당한 차이가 발생되고 있어서 많은 한계점이 있어 왔다. 컨버스 이론은 레일리 이론을 변형한 것으로, 2개 도시 사이에 있는 소비자를 끌어들이므로써 그 도시의 상권의 경계를 나누는 데 사용되는 이론으로 레일리의 법칙과 동일한 한계점이 있어서 실질적인 상권분석 모델로 적용하기에는 한계점이 있어 왔다. 이에 반해 허프모형은 그런 한계점을 극복했다는 점에서 상권분석에 많이 응용되고 있다.

2. 허프(Huff)의 확률모형

허프는 소비자들에게 다수의 대안점포들이 있을 때 그들은 어느 특정 점포만을 결정화 시켜 단골로 이용하기보다는 여러 점포를 확률적으로 이용한다는 인식에서부터 시작된 이론이다(태경섭, 2010)

그는 소비자들이 복수의 상점을 방문할 수 있으며, 이것을 확률적으로 설명하였는데 식(1)을 통해 x지역의 소비자들이 y지역의 상점을 이용해서 얻는 효용을 중력모형에 근거해서 산출하고, 소비자가 상가구역내 특정 상점을 방문할 확률은 그 상가가 주는 효용에 대한 그 소비자가 얻는 모든 상가들의 효용의 합으로 나누 것과 같다고 밝혔다.

$$U_{ij} = \frac{M_j^a}{D_{ij}^b} \tag{식1}$$

U_{ij} : 상업시설 j에 대한 소비자 i의 효용

M_j^a : j시설의 매장 면적

D_{ij}^b : 소비자 i로부터 j매장까지의 거리

a : 매장면적에 대한 소비자의 민감도계수

b : 거리에 대한 소비자의 민감도계수

그는 위 수식을 이용하여 상업지역내 각 소비자의 위치에서 특정매장을 방문할 확률을 구하였으며(식2),

$$P_{ij} = \frac{\frac{M_j^a}{D_{ij}^b}}{\sum_{i=1}^n \frac{M_j^a}{D_{ij}^b}} \tag{식2}$$

P_{ij} : 소비자 i가 j매장에 방문할 확률

n = i 소비자가 고려하는 매장들의 수

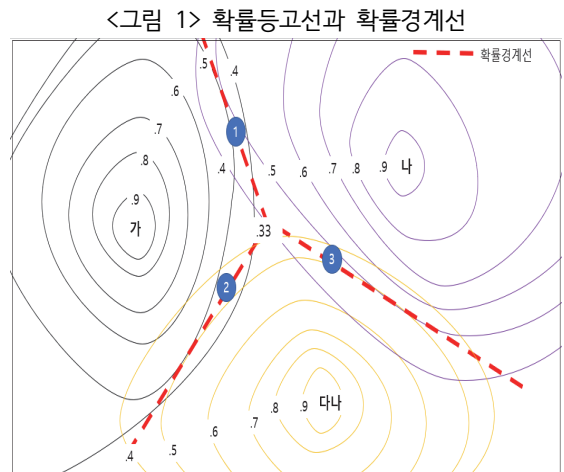
허프는 그가 제시한 모형을 기초로 하여 예상인구 값도 도출하여 식(5)와 같은 수정모형도 나타내게 했다.

$$V_{hj} = R_h \left(\frac{\frac{M_j^a}{D_{ij}^b}}{\sum_{i=1}^n \frac{M_j^a}{D_{ij}^b}} \right) = R_h \times P_{ij}$$

V_{hj} : 점포 j를 방문하는 h지역의 기대인구

R_h : h지역의 인구

허프는 P_{ij} 와 V_{hj} 는 점포들의 수요확률에 따라 등급화할 수 있으며, <그림 1>처럼 동일한 확률값이 나타나는 지점들을 하나의 선으로 연결하여 그 연결선을 확률등고선이라고 표현할 수 있다고 하였다.



출처 : 태경섭. “무계중심을 이용한 상업입지모형 연구.” p.40

<그림 1>의 확률등고선을 보면 0.5의 확률값을 연결한 선이 3개 있으며 이 선들이 겹치는 부분에 있어서 확률값은 0.33이다. 따라서 각각의 무차별 지점을 연결하면 각 점포별로 시장 점유율이 가장 높은 지역의 공간 범위를 나타낼 수 있다(태경섭, 2010). 그러나 이러한

확률등고선은 2차원 평면 상권지역에서는 가능하나 고속도로와 같은 1차원 선형 상권에서는 적용하기에는 한계점이 있다.

3. 선행연구

<표 1> (국내) 중력 및 허프모형에 의한 상권분석

연구자	주요내용	분석모형 및 주요변수
김주영 · 김정수 (2021).	<ul style="list-style-type: none"> 중력모형을 활용하여 판매상권과 소비상권의 영향력을 통합 분석 신용카드를 패널 데이터로 하여 업종별 거리와 함께매개변수(마찰계수) 파악 	중력모형, 신용카드 사용자, 업종간 거리, 소비자 연령 등
태경섭 · 임병준 (2010)	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 대형마트를 대상으로 상점별 점유인구를 산출 점유에 따라 시장유형 구분 신규점포 입지 장소 제시 	허프모형, 매출액, 매장면적, 거리, 통행시간, 관찰 고객수
김선철 · 임병준 · 유선종 (2012)	<ul style="list-style-type: none"> 은행점포의 시장점유율추정 실 매출액과 시장점유율과의 편차분석으로 허프모형의 설명력과 타당성 증명 	매장 면적, 매장과 주민센터와의 거리
임석 · 이재우 (2000)	<ul style="list-style-type: none"> 수정된 허프모형으로 백화점 시장점유율을 추정 실매출액과 비교하여 설명력과 적응가능성을 입증 	백화점 면적, 주민센터와의 거리

<표 1>은 국내 중력 및 허프모형에 의한 상권분석과 관련된 선행연구를 정리한 것으로, 김주영 · 김정수 (2021)는 중력 모델을 통해 신용카드 패널 자료를 사용하여 소비상권과 판매 상권을 추출함으로써 각각의 영향력의 차이를 파악하였고, 업종 및 소비자의 나이에 따라 구매력에서 차이가 있음을 확인함과 동시에 거리에 따른 민감성 분석을 실시하였다.

태경섭 · 임병준(2010)은 허프의 확률모형을 활용하여 서울시 대형마트를 대상으로 상점별 점유 인구를 산출한 결과 독점시장, 과점시장, 경쟁시장, 비경쟁시장으로 시장유형을 구분하였고, 교통거리를 적용하여 신규 점포 입지를 제시하였다.

김선철 · 임병준 · 유선종(2012)은 허프모형을 통해 은행 점포의 시장 점유율을 추정하여, 그동안 규모 추정에만 사용한 허프모형의 확장 가능성을 증명하였다.

<표 2>는 국외에서 허프모형 또는 중력모형을 통해 상권분석한 사례들을 정리한 것이다. Bucklin · Louis

P(1971)는 환자가 병원을 선택하는 상황들을 소비자 효용 측면으로 접근하여 병원(center)의 크기는 소비자 효용성을 대리하는 역할을 하며, 거리는 소비자가 선택을 하는 데 드는 비용을 측정한다는 가정으로 확률값을 산출하고, 거리와 확률값에 대해서 등고선 프로파일(Contour profile)을 작성하여 매개변수를 도출하였다. Drezner · Tammy et al.(2002)는 중력모형을 통해 소매 시설의 시장 점유율, 구매력, 고객과 소매 시설 간의 거리, 그리고 소매 시설의 매력도 사이에 관계가 존재한다는 가정에서 출발하여 특정 지역에 있는 고객이 매장을 방문할 확률값을 구하고, 거리 감소 함수(a distance decay function)에 따라 매력지수를 추론하였으며, 이러한 매력 지수의 정확도를 검증하기 위해 272명을 대상으로 매장 매력도를 설문조사 하여 서로 비교 평가하였다.

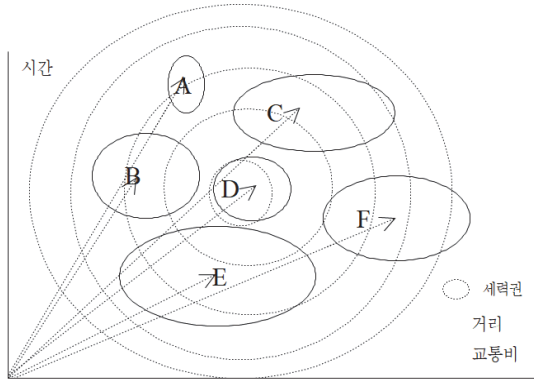
<표 2> (국외) 중력 및 허프모형에 의한 상권분석

연구자	주요내용	분석모형 및 주요변수
Bucklin, Louis P (1971)	<ul style="list-style-type: none"> 병원 방문사례를 중심으로 중력모형을 통해 방문확률 값을 구하여 등고선(Contour Profile)을 제시함 	거리, 병원 매력도
Lv, Hai Rong, et al. (2008)	<ul style="list-style-type: none"> 잠재고객 분석을 위해 인구특성을 감안하여 분석을 진행 함과 동시에 허프모형과 GIS기법을 활용하여 상권을 추정 하였음 	연령, 소득, 고용 상태
Drezner · Tammy, et al. (2002)	<ul style="list-style-type: none"> 소매시설의 매력도를 측정하기 위해 중력모형을 활용하였고, 연간 매출을 매력도(매개변수)로 간주하여 중력모형을 수정 하였음 	매출금액, 구매력 (잠재고객 소득) 거리, 고객 인터뷰
Del Gatto Massimo, Mastinu Carlo S (2018)	<ul style="list-style-type: none"> 허프모형을 가지고 이탈리아 소매상권 분석 상권의 지리적 차이 원인을 접근성 보다는 지리적 규모에 있음을 밝혀냄 	소비자 수, 수입, 상점 크기, 거리
Liang Yunlei, Gao Song, et al. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> 대규모 상점 방문 패턴을 이동 전화 위치 데이터를 사용하여 허프 모델에 적용시켜 시장 점유율 분석 	이동전화 위치 데이터

그러나 위의 선행연구들은 <그림 2>와 같은 평면 상권이며, 본 연구에서 하고자 하는 <그림 3>와 같은 고속도로 상권과는 다르다고 볼 수 있다. 특히 허프모

형 및 중력모형에 대한 상권 또는 입지분석 연구는 국내에서는 많이 알려져 있음에도 불구하고 이를 활용하는 연구는 소수에 불과한 실정이지만, 오히려 국외에서는 다양한 접근방법으로 활발하게 연구가 이뤄지고 있다.

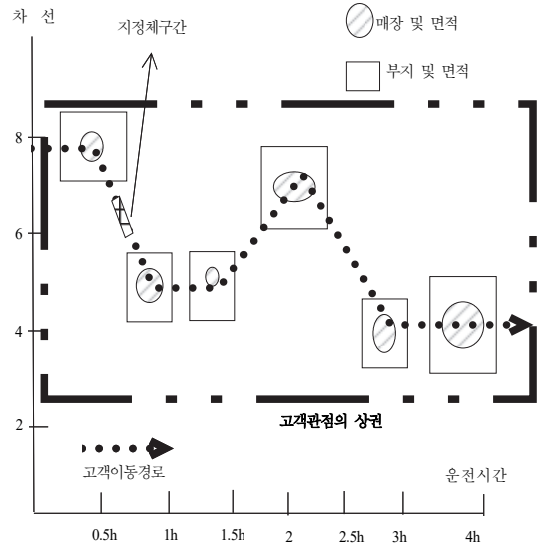
<그림 2> 평면상권



평면상권은 거리, 판매 상품, 브랜드 및 그 상권 규모 등에 여러 가지 매력 요인에 따라 다양하게 분포된다. 특히 Drezner(2011)에 의한 기존 상권들은 그 매력에 따라 증가하는 ‘영향 반경(Radius of influence)’, 즉 세력권을 가지고 있다고 정의하였고, Losch(1954)와 Christaller(1966)는 그의 중심지 이론에서 고객은 그 세력권의 영향 반경 내에 있을 때에만 해당 시설을 방문한다고 하였다. 즉 평면상권에서는 세력권과 상권의 크기는 유사한 개념이라고 할 수 있다. 그러나 <그림 3>과 같은 고속도로 선형상권은 세력권이라는 개념을 적용하기에는 한계가 있다. 또한 휴게소 자체가 고객을 끌어들이기 보다는 고객의 상태에 따라서 매장을 방문할 확률적 선택사항에 더 가깝다고 할 수 있다. 아울러 위에서 언급한 선행연구들을 보면 인구 및 교통량을 변수로 고려하지 않고 있다는 점도 본 연구와 다른 한계점이 있다. 일반적으로 인구밀도가 낮은 지역은 상업지역 범위가 확대되고 인구밀도가 높은 지역은 상업 범위가 축소되는 경향이 있다(이상운, 2018). 또한 교통체계의 발달은 상권변화를 가속화 시키고 있으며 과거에는 근거리에 있는 상권이 효용 측면에서 높았으나 원거리까지 그 효용 범위가 확대될 수 있는 중요한 요인으로 등장하기 때문이다. 따라서 상권분석을 위해서는 다양한 변수를 통제하기 보다는 그 상권에 적합한 변수를 반영해야만 정확한 결과를 얻을 수 있다. 그러나 <그림 3>과 같은 상황에서 차선 수, 지·정체 구간, 정체시간 등까지 모두 고려해야 하는

것은 자료 구득의 한계 및 번거로움으로 현실적 적용에 어려움이 존재한다.

<그림 3> 고속도로 선형상권



4. 선행연구와의 차별성

지금까지 중력모형 및 허프모형을 이용한 상권분석과 고속도로 휴게소 관련한 선행연구를 분석하였으며, 그 한계점을 보면, 첫 번째로 허프의 확률모형은 국외에서는 중소형 상권분석에, 국내에서는 도시지역의 대형 매장, 은행, 백화점 등에서 사용되어 왔으며, 이는 평면상권분석에서만 이용되었지 선형상권에는 적용한 사례는 전무하다고 할 수 있다.

두 번째로는 국내·외 연구를 살펴보면 교통량과 주차장 크기를 투입변수로 적용한 사례가 거의 없다는 것이다. 교통량은 인구수를 대체할 수 있을 것으로 추정되는 변수이고 주차장 크기는 그 상점의 매력도를 증가시킬 수 있는 요소임에도 불구하고 국내·외 연구에서는 이를 적용하는 시도가 없었다는 점을 들 수 있다.

세 번째로 모형들의 정확성을 향상시키는 다양한 방법이 선행연구에서 보여주고 있으나 투입 변수를 변화시키면서 해당 변수가 어떤 영향으로 어느 정도의 정확성을 향상 시키는지에 대한 분석 결과가 없는 점이 한계점으로 분석되었다. 이런 이유로 선행연구와의 차별성을 위해 본 연구는 투입 변수를 변화시키면서 분석 모형의 신뢰성의 크기 변화를 측정하여 투입 변수가 해당

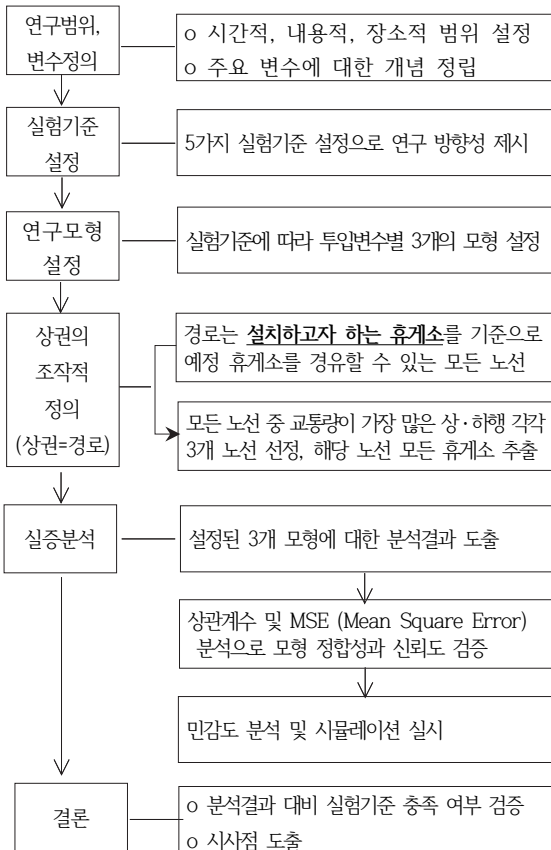
모형에서 어느 정도의 요인으로 작용하는지를 입증하고자 한다.

마지막으로 허프의 확률모형을 사용하여 고속도로 특성에 맞는 마찰계수를 사용할 계획이며, 이 계수를 통해 소비자의 효용, 각 노선별 특성(2차선, 3차선, 4차선, 노면 평탄성, 주행 안전성 등) 및 운전자 피로도가 최대한 반영되었다고 볼 수 있는 모형을 선정하도록 하겠으며, 아울러 최소 변수를 투입하고 하나의 변수가 복수 변수 의미까지 포함하는지까지 검증하고자 한다. 이러한 차별화를 통해 휴게소의 적정 위치, 거리, 크기 산정에 있어서 오차가 최소화 되는 분석 모형을 제시하여 고속도로 휴게소 서비스 수준을 향상 시키는데 기여하고자 한다.

III. 연구절차

1. 연구방법

<그림 4> 연구방법 및 절차



본 연구의 연구방법 및 절차는 <그림 4>와 같이 진행하도록 하겠다. 먼저 변수 정의 부분은 고속도로 선형 상권 분석에 필요한 주요 변수에 대한 설명과 도출방법을 기술하고 연구 방향성에 대한 기준으로 5가지 실험 기준을 설정하도록 하겠으며 고속도로 경로를 상권으로 가정하는 조작적 정의를 통해 이 연구의 지역적 범위를 설정하도록 하겠다. 다음으로는 실증분석 단계에는 투입 변수별로 3단계 모형을 설정하여 어떤 변수가 투입될 경우에 실제 매출액과 추정 매출액과의 관계에서 오차가 감소되는지를 확인하도록 하겠으며 각 모형에 대한 적합성과 신뢰도 검증을 위해 피어슨 상관계수와 평균제곱오차(MSE) 분석기법을 통해 정확도를 검증하도록 하겠다.

2. 연구 범위 및 변수

1) 시간적 범위

본 연구는 구득 가능한 휴게소 매출액을 기준으로 최근 3년간 평균 매출액을 사용하였으며, 교통량은 문의청남대 휴게소 설치일(2021.12)을 고려하여 22년 교통량을 사용하고자 한다.

2) 내용적 범위

허프의 확률모형과 수정모형을 도출하여 점유 확률 값을 계산하며, 모형 3가지를 설정하여 허프의 수정모형 검증을 실시하였으며, 각 모델의 검증에는 피어슨 상관계수를 활용하기로 한다.

3) 공간적 범위

기준 휴게소인 문의청남대(영덕방향)와 문의청남대(청주방향) 휴게소를 경유할 수 있는 고속도로 전 노선을 선형상권 범위로 설정(부록 2참조)하고자 한다. 아울러 문의청남대를 기준 휴게소로 정한 이유는 분석기간중에 가장 최근에 설치된 휴게소이며 위치도 경로상 중앙에 있어서 표준모형 구축에 적합하다고 판단했기 때문이다.

4) 주요 변수

(1) VDS교통량(본선 교통)

VDS(Vehicle Detection System, 차량검지장치)는 고속도로 노선상에 설치된 장치로 본선의 교통량을 실시간으로 측정하는 장치이다. 본 연구에서는 한국도로공사에서 제공하는 VDS 교통량자료¹⁾를 기초통계량으로 하되, 자

료의 신뢰성을 높이기 위해서 관련 휴게소 직전에 설치된 VDS 자료를 기준으로 하며, 휴게소 매출액과 연계시키기 위해서 월단위 교통량을 활용하고자 한다.

(2) 실 점유율

휴게소 월별 매출액 합계액을 해당 경로에 있는 휴게소 매출액 총합으로 나눈 값이며, 이에 대한 계산식은 아래와 같다(식3).

$$R_{ki} = \frac{\sum_{p=1}^m S_{ip}}{\sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^m S_{ip}} \quad (식3)$$

R_{ki} = k경로 i 휴게소 실점유율

k경로 i 휴게소 매출액 합계 = $\sum_{p=1}^m S_{ip}$

k경로 휴게소들 매출액 총합 = $\sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^m S_{ip}$

i = 휴게소 p = 월단위수

k = 경로명(1,3,5,9,13,15)

(3) 거리

본 연구에서 사용하는 거리변수는 일반적 허프모형의 중심지이론보다는 직선적으로만 이동할 수 밖에 없는 고속도로의 특수성을 감안하여 <표 3>과 같이 정의하였다.

<표 3> 거리에 대한 조작적 정의

구 분	정 의
허프모형에서의 거리	소비자가 방문할 수 있는 상점의 면적을 소비자가 있는 위치에서 상점까지의 거리로 나누기 때문에 거리가 길어질수록 방문할 확률이 낮아지게 됨.
본연구에서의 거리 개념	도로 선형을 따라서 위치한 휴게소의 경우는 최초 출발지를 제외하고 나머지 휴게소는 휴게소간 거리를 거리 개념으로 정의 함

3. 실험기준 설정

본 연구는 공용 중인 고속도로 노선에 각각의 휴게소들이 어떤 점유율을 가지고 있으며, 이런 노선에 휴게소

를 추가 설치할 경우 그 휴게소와 관련된 다른 휴게소 점유에 어떤 영향을 주고 있으며 그 영향이 휴게소 간 거리별로 매장 및 주차장 부지 크기를 예측할 수 있는지를 검증 하는데 그 목적이 있다.

이를 위해 다음과 같은 몇 가지 실험 기준을 설정하여 본 연구를 수행할 계획이며, 마지막 장에서 해당 실험 기준의 유용성을 검증하여 선형상관 표준모델 정립에 기여하고자 한다.

[실험 1] 전통적 허프모형이 고속도로와 같은 선형상관에서도 적용되는지 유무

[실험 2] 휴게소의 매력도가 매장 크기에 의한 영향보다는 주차장 면적이 더 큰 영향 요인으로 작용되는지 여부

[실험 3] 평면 상권분석에서는 인구 변수가 사용되고 있는데 선형 상권분석에 최적화 될 수 있는 대안 변수가 있는지?

[실험 4] 기존 상권분석에서 사용되는 거리개념을 선형상관 개념으로 조정해서 사용할 수 있는지?

[실험 5] 평면 상권분석에서 사용되는 마찰계수가 선형 상권분석에서도 유용하게 적용될 수 있는지?

본 연구는 위에서 언급한 실험 기준이 연구의 방향성과 일치하며, 이를 충족시키기 위해서 허프모형을 중심으로 고속도로 휴게소 상권분석을 진행하도록 하겠다. 이를 위해 고속도로 특성에 적합한 변수로는 휴게소 매출액, 휴게소 면적, 휴게소 주차장 면적, 휴게소 진입전 교통량, 휴게소간 거리, 운전자별 평균 운전시간, 휴게소 방문 고객 수, 휴게소별 만족도 등이 있다. 그러나 자료 구득의 어려움이 있는 평균 운전시간, 방문 고객 수, 만족도 자료는 제외하며, 구득 가능한 변수들로만 구성하여 허프모형의 간편성을 지향하면서 신뢰도까지 제고시키는데 중점두도록 하겠다.

또한 연구의 실증분석의 가치를 높이기 위해서 당진-영덕 고속도로에 설치된 문의청남대 휴게소를 경로 기준점 휴게소로 활용하였는데, 해당 휴게소는 2021.12월에 오픈한 휴게소로서 고속도로 표준 중형규모에 해당되며 수도권과 비교적 근접하면서도 중앙에 가깝기 때문에 경로 기준점 휴게소로 적합하다고 판단했다. 아울러 문의청남대 휴게소를 상행 및 하행으로 구분하여 경유하는 모든 가능한 경로를 네이버 네비게이션을 통해 찾고, 해당 경로별 휴게소 점유율을 분석하도록 하겠다.

1) 고속도로 공공데이터 포털, <http://data.ex.co.kr/portal/traffic/trafficVds>

<표 4> 연구모형 설정

구분	모형 설명
모형1	<p>전통적 허프모형을 기준으로 방문확률값 계산 1) 사용변수 : 휴게소 면적, 휴게소간 거리 2) 계산식</p> $P_{ij} = \frac{\frac{M_j^a}{D_{ij}^b}}{\sum_{i=1}^n \frac{M_j^a}{D_{ij}^b}} \quad (\text{식4})$ <p>P_{ij} = 소비자 i가 j매장에 방문할 확률 n = i 소비자가 고려하는 매장들의 수 M_j^a = 시설의 매장 면적 D_{ij}^b = 소비자 i로부터 j매장까지의 거리 a : 매장면적에 대한 소비자의 마찰계수 b : 거리에 대한 소비자의 마찰계수</p>
모형2	<p>휴게소 면적을 대리할 수 있는 변수로 주차장 면적 사용 1) 사용변수 : 주차장 면적, 휴게소간 거리 2) 계산식</p> $P_{ij}^* = \frac{\frac{K_j^a}{D_{ij}^b}}{\sum_{i=1}^n \frac{K_j^a}{D_{ij}^b}} \quad (\text{식5})$ <p>P_{ij}^* = 소비자 i가 j휴게소에 방문할 확률 n = i 소비자가 고려하는 휴게소들의 수 K_j^a = j휴게소의 주차장 면적 D_{ij}^b = i 지점 휴게소부터 j휴게소까지의 거리 a : 면적에 대한 소비자의 마찰계수 b : 거리에 대한 소비자의 마찰계수</p>
모형3	<p>도시 인구수를 대리할 수 있는 변수로 교통량 변수를 모형2에 추가 적용 1) 사용변수 : 주차장 면적, 휴게소간 거리, 교통량 2) 계산식</p> $P_{ij}^* = \frac{\frac{T_j^b K_j^a}{D_{ij}^b}}{\sum_{i=1}^n \frac{T_j^b K_j^a}{D_{ij}^b}} \quad (\text{식6})$ <p>P_{ij}^* = 소비자 i가 j휴게소에 방문할 확률 n = i 소비자가 고려하는 경로별 휴게소들의 수 K_j^a = j휴게소 주차장 면적 T_j^b = j휴게소 본선 교통량 D_{ij}^b = 소비자 i로부터 j휴게소까지의 거리 a = 면적에 대한 민감도 계수 b = 거리에 대한 민감도 계수</p>

4. 연구모형

<표 4>와 같이 모형1은 전통적 허프모형을 그대로 적용한 것으로 매장 면적과 휴게소 간 거리를 변수로 사용하였으며 모형2는 고속도로의 접근이 자동차로만 접근할 수 있다는 점을 감안하여 주차장 면적을 매장 면적을 대신할 수 있는 대리변수로 사용하였다. 모형3은 선행연구의 한계점을 극복하기 위해서 인구변수를 대리할 수 있는 교통량을 추가 적용하여 모형을 설정하였다.

허프모형에 있어서 마찰계수는 특정 지역에 있는 소비자들이 매장 선택과 관련된 조사 결과에 의해서 결정된다고 정의하였다. 즉 소비자별로 거리 또는 매장 면적 중에 상대적 중요도에 따라 계수값이 결정된다고 볼 수 있다. 기존 선행연구에서는 마찰계수를 레일리의 소매인력법칙에 따라 a=1, b=2로 설정하여 연구를 진행하였거나 이후 추정값과 실 매출액에 따른 점유율과 비교하여 그 계수값을 조정하는 방식으로 연구를 진행하였다.(김선철·임병준·유선종, 2012)

본 연구에서는 계수값에 대해서 각 경로별 휴게소에 대해서 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 실시하여 실 점유율에 근사한 값들의 평균값을 해당 마찰계수로 <표 5>와 같이 사용하였다. 각 경로별 계수값을 구분하는 이유는 허프모형의 마찰계수가 상권별로 구분되기 때문이다. 즉 상권에 해당하는 각 경로를 볼 때 운전자는 그 경로에 대해서 체감하는 교통환경(노선별 차선 수, 평탄성, 포장 재질에 따른 주행 쾌적성 등) 등이 다르기 때문에 구분 적용하였다.

<표 5> 민감도분석에 의한 노선별 계수값

노선	계수평균		노선	계수평균	
	a	b		a	b
R1	0.63	0.85	R3	0.77	0.63
R9	1.27	0.82	R13	0.755	0.766
R5	0.88	0.41	R15	0.46	1.25

모형1부터 모형3까지 분석 결과에 대한 신뢰도 검증은 위해서 각 모형별 상관계수²⁾를 도출하여 어떤 모형이 정확성과 신뢰성을 갖는지 분석하고자 하며 이를 위해 Pearson 상관계수를 활용하였다. Pearson 상관계수의 검정통계량은 식(7)과 같으며 t-검정통계

2) 김선철·임병준·유선종(2012)은 “허프모형을 이용한 은행점포의 시장점유율 추정 연구”에서 허프모형과 실 점유율과의 검증을 위해 Pearson 상관계수를 사용하였고 상관계수값이 0.548 수준으로 나와 있음.

량은 n-2의 자유도를 가진 t-분포를 따른다.

$$t = r \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (식7)$$

t : Pearson 상관계수의 검정통계량
n : 표본의 크기 r = Pearson 상관계수크기

또한 모형별 신뢰도 검증을 위해 식(8)과 같이 MSE(Mean Square Error) 분석을 실시하여 오차값이 가장 작은 모형을 선정하도록 하겠다.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (|실점유율 - 추정점유율| - 오차평균)^2}{n} \quad (식8)$$

5. 상권에 대한 조작적 정의

본 연구에서 경로를 분석하는 것은 고객이 출발지에서 목적지까지 이동할 때 본인이 선택하는 경로가 있음을 가정했으며, 특별한 사정이 있는 경우를 제외하면 이 경로를 벗어나서 이동하기는 매우 어렵다고 할 수 있다. 또한 본 연구는 휴게소를 추가 설치할 때 분석할 수 있는 방법론을 연구하는 것이기 때문에 최근에 설치했던 문의청담대(영덕방향, 청주방향) 휴게소를 중심으로 해당 휴게소를 경유할 수 있는 주요 경로를 분석하였다. 해당 경로는 네이버 지도의 경로 찾기 기능을 활용하였고, 그 결과 <표 6>과 같이 상행 3개, 하행 3개 총 6개 경로가 나왔다. 그러나 해당 경로에서 민자노선은 자료 구득의 한계로 인해 최적 경로 찾기에서 해당 노선들은 제외하여 분석을 진행하였다. 참고로 고속도로 일반현황에 대해서는 부록 1에 기술하였다.

IV. 실증분석

1. 모형별 분석 결과 및 검증

모형별 실 점유율과 추정 점유율간의 오차에 대해서 <표 7>과 같이 정리하였다. 모형1은 전통적 허프모형에 의한 것으로 전체 59개소 중에 5% 이하의 오차를 보이는 휴게소는 41개소이며, 1% 이하의 오차를 보이는

<표 6> 상권매칭 경로

경로 번호	경유 노선명	교통량 (합계)	휴게소명
R1 (상행)	경부-중부내륙-당진영덕-경부	637,536,065	울산ic, 언양(서울), 건천(서울), 경산(서울), 칠곡(서울), 선산(양평), 속리산(청주), 문의(청주), 청주(서울), 천안삼거리(서울), 입장거봉포도(서울), 안성(서울), 죽전(서울)
R3 (상행)	중부내륙-당진영덕-경부	584,255,229	칠서(양평), 남성주(양평), 성주(양평), 선산(양평), 속리산(청주), 문의(청주), 청주(서울), 천안삼거리(서울), 입장거봉포도(서울), 안성(서울), 죽전(서울)
R5 (상행)	당진영덕-중부	187,531,163	청송(청주), 의성(청주), 속리산(청주), 문의(청주), 오창(하남), 음성(하남), 마장(북합), 이천(하남), 하남드림
R9 (하행)	경부-당진영덕	134,429,827	서울만남(부산), 기흥(부산), 안성(부산), 망항(부산), 천안호두(부산), 옥산(부산), 문의(영덕), 화서(영덕), 의성(영덕), 청송(영덕)
R13 (하행)	영동-중부-당진영덕-경부	458,005,224	웅인(강릉), 덕평, 음성(남이), 오창(남이), 문의(영덕), 화서(영덕), 칠곡(부산), 평사(부산), 건천(부산), 경주(부산), 통도사(부산)
R15 (하행)	경부-평택제천-중부-당진영덕-경부	497,908,558	서울만남(부산), 기흥(부산), 안성(부산), 안성맞춤(제천), 오창(남이), 문의(영덕), 화서(영덕), 칠곡(부산), 평사(부산), 건천(부산), 경주(부산), 통도사(부산)

휴게소는 20개소로서 정확성 측면에서는 다소 낮은 결과값이라고 볼 수 있으나 간단한 변수만을 사용해서 의사 결정을 지원하는 측면에서는 실제 적용 가능성이 높다고 할 수 있다. 한편 기존 선행연구에 의해서 레일리의 소매인력법칙에 의한 마찰계수(a=1, b=2)를 적용하여 분석한 결과, 추정 점유율과 실 매출액에 의한 점유율 값의 비교에서 5% 이하의 오차를 보이는 휴게소는 27개소이며, 1% 이하의 오차를 보이는 휴게소는 10개소로 모형1의 값이 더 높은 정확성을 보였다. 이는 마찰계수의 획일적 적용이 아닌 민감도 분석을 통해 각 경로별

특성이 반영된 계수값 적용의 결과라고 볼 수 있다.

모형2의 경우에는 휴게소 면적을 사용하지 않고 해당 휴게소의 주차장 면적³⁾을 대안 변수로 사용하여 분석을 진행한 것으로, 허프의 확률모형에서의 면적 개념은 점포의 효용은 점포의 규모에 비례하고, 거리에는 반비례하는 것으로 정의되고 있다. 이는 면적이 클수록 다양한 상품을 보유하기 때문에 면적이 효용부분에 상당한 영향을 미친다고 볼 수 있다(김선철·임병준·유선종, 2012). 이에 반해 본 연구에서 적용하는 수정모형에서의 면적 개념은 고속도로 휴게소는 이동 수단이 차량으로만 접근하기 때문에 휴게소 점포 면적보다는 주차장 면적이 매출에 상당한 영향을 주고 있다고 판단되어 점포 면적 보다는 대안변수로 주차장 면적을 활용하기로 한다(신종섭·홍일류, 2018). 이를 위해 전통적 허프모형에 대한 수식(식4)을 아래 수식(식 5)으로 수정하였으며, 직선구간인 고속도로 상권 특성을 감안해서 마찰계수를 적용하고 그 결과값을 도출하였다.

실험 결과 실 매출점유율과의 비교를 보면 5% 이하의 오차를 보이는 휴게소는 59개소 중 42개소로써 71%의 정확도를 보이고 있어서 모형1보다 더 정확하게 나왔고, 1% 이하의 오차를 보이는 휴게소는 13개소로 이는 모형1 보다는 다소 낮은 결과값이 도출됐다. 모형1과 모형2의 추정 점유율값과 실 매출액 기준으로 한 점유율 비교에서 그 값이 크게 차이나는 이유는 매장 면적과 주차장 면적이 실제 이용자에 비해 더 작거나 크게 설계되었기 때문이다. 이는 수정모형과 허프모형을 이용할 경우 설계된 휴게소의 과소·과대 여부를 판정하는데 유용한 방법론으로 활용될 수 있다는 것을 입증한 결과이다.

선행연구 결과를 보면 허프모형의 한계점으로 지역 인구수를 변수로 반영하지 못한 점을 주로 지적하고 있다(임석희·이재우, 2000). 본 연구에서 모형3은 지역 인구수를 대안 할 수 있는 변수로 본선 교통량을 활용하였다. 휴게소 방문 고객은 실제 방문한 소비자에 해당하기 때문에 확률적 개념에서는 도입할 수 없어서 잠재수요에 해당하는 본선 교통량을 대안변수로 사용하여 모형3을 도출하였다. 교통량은 휴게소 간 거리와 매칭되기 때문에 마찰계수는 거리에 적용되는 계수와 동일하게 하여 적용하였다(식6). 실험 결과 실 매출점유율과의 비교를 보면 5% 이하의 오차를 보이는 휴게소는 59개소 중 50개소로서 모형1과 모형2보다 더 높은 정확도를 보이고 있었고, 1% 이하의 오차를 보이는 휴게소는 19개소로 이는 모형1과 거의 유사한 결과를 보이고 있다.

<표 7> 모형별 실점유율 차이

(단위 : %, 절대값)

노선	휴게소	실점유	모형1 오차 ⁴⁾	모형2 오차	모형3 오차
R1	언양(서울)	8.99	3.3	1.2	2.3
R1	건천(서울)	6.04	0.8	2.1	1.1
R1	경산(서울)	3.11	3.0	3.7	1.7
R1	칠곡(서울)	13.57	9.5	9.8	7.4
R1	선산(양평)	7.97	1.9	1.7	1.9
R1	문의(청주)	2.01	1.6	2.5	0.5
R1	청주(서울)	6.76	0.0	4.6	3.1
R1	천안삼거리(서울)	16.47	9.6	6.0	0.4
R1	입장거봉(서울)	9.38	10.1	7.8	3.0
R1	안성(서울)	14.39	8.7	3.7	0.8
R1	죽전(서울)	11.31	4.9	3.9	6.9
R3	칠서(양평)	6.86	1.6	0.6	2.2
R3	남성주(양평)	5.19	0.1	1.9	1.4
R3	성주(양평)	3.66	6.3	7.0	3.7
R3	선산(양평)	8.97	2.9	2.6	2.1
R3	속리산(청주)	7.49	1.8	3.2	2.3
R3	문의(청주)	2.26	1.2	2.3	0.8
R3	청주(서울)	7.60	1.4	4.0	1.7
R3	천안삼거리(서울)	18.53	12.6	8.7	5.8
R3	입장거봉(서울)	10.55	9.3	6.7	0.9
R3	안성(서울)	16.18	6.6	0.8	1.0
R3	죽전(서울)	12.72	6.4	5.1	3.1
R5	문의(청주)	4.25	0.6	2.9	2.0
R5	마창(북합)	33.86	5.3	7.8	1.6
R5	속리산(청주)	14.08	4.2	6.6	0.9
R5	의성(청주)	3.70	0.6	0.6	0.5
R5	이천(하남)	14.95	26.5	11.3	5.1
R5	청송(청주)	5.24	3.2	1.6	3.5
R5	하남드림	23.92	14.9	2.3	3.7
R9	서울만남(부산)	8.75	1.0	7.5	5.3
R9	옥산(부산)	6.74	8.5	8.9	4.4
R9	의성(영덕)	1.86	1.5	0.6	0.2
R9	천안호두(부산)	14.91	11.9	4.8	14.4
R9	청송(영덕)	2.15	1.3	0.9	1.6
R9	화서(영덕)	10.50	2.0	4.8	7.1
R9	기흥(부산)	10.95	18.0	5.6	7.1
R9	망향(부산)	16.75	2.4	0.6	3.0
R9	문의(영덕)	2.60	2.1	2.1	4.2

3) 주차면적 산정방법은 2019. 1월 기준인 가로2.3m x 세로5m를 면적값으로 환원하여 적용하였음.

<표 7> 계속

노선	휴게소	실점유	모형1 오차	모형2 오차	모형3 오차
R9	안성(부산)	24.79	15.5	12.4	10.6
R13	덕평	48.54	0.5	7.9	3.1
R13	음성(남이)	8.99	2.8	3.3	4.2
R13	오창(남이)	7.41	4.0	2.0	2.5
R13	문의(영덕)	2.78	1.6	3.8	1.2
R13	화서(영덕)	11.24	4.1	4.5	4.9
R13	선산(창원)	8.31	4.2	2.4	3.7
R13	남성주(창원)	2.65	7.9	6.6	4.5
R13	성주(창원)	3.19	4.4	6.3	1.9
R13	영산(창원)	6.90	3.9	3.2	3.8
R15	기흥(부산)	11.25	2.9	1.4	8.8
R15	안성(부산)	25.46	16.2	14.1	8.4
R15	안성맞춤(계천)	8.70	0.1	2.9	0.6
R15	오창(남이)	7.11	1.7	1.0	0.7
R15	문의(영덕)	2.67	4.0	4.8	2.1
R15	화서(영덕)	10.78	4.0	5.2	6.2
R15	칠곡(부산)	11.16	5.1	2.2	0.2
R15	평사(부산)	6.87	2.1	2.5	3.6
R15	건천(부산)	5.10	0.5	1.6	0.1
R15	경주(부산)	5.01	20.2	16.5	2.1
R15	통도사(부산)	5.89	1.7	3.5	5.6

<표 8> 모형별 상관계수 결과

상관계수	모형1	모형2	모형3	실점유
Pearson 상관	.608**	.732**	.889**	1
실점유	유의확률 (양측)	.000	.000	.000
N	59	59	59	59

** . 상관관계가 0.01 수준에서 유의합니다(양측).

<표 8>에 의한 분석결과 각 모형별 상관계수 값은 유의수준 1% 수준에서 모두 유의하게 나왔으며, 모형 3이 실점유율과 비교에서 0.889로 가장 높게 나왔으며, 그 다음으로 모형2가 0.732로 나왔다. 결과값을 보면 선행연구 결과값보다 상당히 높은 신뢰도를 보이고 있다. 이는 고속도로에서는 전통적 허프모형보다는 고속도로의 특수성을 감안한 수정모형이 더 신뢰성과 타당성이 있다고 할 수 있다. 아울러 마찰계수 산정시 민감도 분석을 통해서 도출한 값이 기존 선행연구보다 더 정확성을 향상 시킨 것으로 판단된다. 더불어 공용

중인 고속도로상에 휴게소를 추가 설치할 경우 모형1 부터 모형3을 병행 사용할 경우 휴게소 면적 및 주차장 면적을 추정하는데 용이 하다는 결과를 얻을 수 있었다.

<표 9> 모형별 MSE 분석 결과

구분	모형1	모형2	모형3
MSE	30.6	11.8	7.8

모형별 MSE(Mean Square Error)는 모형3이 가장 낮게 나와서 상관계수 값과 그 해석의 일치성이 있는 것으로 나왔다. MSE는 그 값이 작으면 작을수록 평균에 일치한다는 것으로 모형3이 두 개의 모형보다 더욱 신뢰도가 높다고 할 수 있다.

2. 상권분석 활용 및 시뮬레이션

<표 10>은 기준 휴게소인 문의청남대 휴게소를 대상으로 모형별로 분석한 결과이다.

<표 10> 문의청남대 휴게소 상권분석

경로	휴게소명	모형1 (1)	모형3 (3)	실점유 (4)	(1)-(4)	(3)-(4)
R1	문의(청주)	3.57%	1.40%	2.0%	1.6%	-0.61%
R3	문의(청주)	3.44%	3.19%	2.3%	1.2%	0.93%
R5	문의(청주)	4.85%	6.29%	4.3%	0.6%	2.04%
R9	문의(영덕)	4.66%	6.83%	2.6%	2.1%	4.24%
R13	문의(영덕)	4.34%	3.46%	2.8%	1.6%	0.69%
R15	문의(영덕)	6.69%	2.73%	2.7%	4.0%	0.06%

경로별 실 매출액과의 비교를 보면 상행 방향은 최대 2%, 하행방향은 최대 4.2%까지 추정점유율이 높은 것으로 나왔는데, 이는 하행 방향의 경우 주차 면적 과다 및 설치 위치가 적정하지 못한 것으로 분석된다. 실제 문의청남대(영덕) 휴게소를 보면 주차 면적에 비해 실제 이용차량이 많지 않은 점도 현실적으로 문제 시되고 있다. 아울러 모형1에서는 매장 면적과 실 매출액과의 차이가 상행은 최대 1.6%이고 하행은 최대 4%로 나왔는데 이는 주차 면적 분석 결과와 동일한 이유로써 하행 방향 매장 면적이 과다 설계된 이유라고 해석된다. 결과적으로 문의청남대 휴게소의 경우는 하행 방향에서 휴게소 면적 및 주차장 부지가 이용 고객에

4) 오차 = (실점유율 - 모형의 추정점유율) x 100

비해 과도하게 설계되었다는 결과물을 얻을 수 있었다.

더불어 본 연구모형의 추정력을 높이기 위해 시뮬레이션 추가를 진행하였다. r9에 추정 매출액 30억 휴게소를 추가 설치한다는 가정으로 분석을 실시하여 보았다. 휴게소 매장 면적, 주차장 면적 및 휴게소 간 거리를 산정하고자 할 경우에 부록에서 기술한 민감도 분석 결과가 나오게 된다. 우선 거리 기준을 20km로 하여 모형1에 의해서 산출된 매장 면적은 12,000㎡이며, 모형3에 의해서 산출한 주차장 부지는 2,900㎡ 나왔고, 거리 기준을 25km로 한다면은 모형1에 의해서 산출된 매장 면적은 14,000㎡이며, 모형3에 의해서 산출한 주차장 부지는 3,500㎡ 나왔다. 이러한 시뮬레이션 분석 결과에서도 모형1부터 모형3까지 선형상관 및 입지 여건 분석 방법론으로 충분히 활용될 수 있음을 재확인하였으며, 아울러 그동안 교통공학적 측면으로만 고려되었던 접근법의 한계를 본 연구의 수정모형이 이를 극복할 수 있는 대안으로 작용할 수 있는 부분에서 큰 기여도가 있다고 여겨진다.

V. 결론

본 연구는 고속도로상에 있는 휴게소를 하나의 매장으로 정의하였고 고객이 출발 IC에서 도착 IC를 가정으로 해당 경로상에 있는 휴게소들을 선형 상관개념으로 연결시켜 시장분석을 수행하였다. 고속도로 휴게소의 시장분석 목적은 1차적으로 휴게소를 추가 설치할 때 휴게소의 규모, 주차장 면적을 간편하게 산출하기 위해서이고, 2차적으로 과도하거나 과소한 설계로 인하여 발생하는 사회적 비용을 제거하기 위해서이다. 다양한 시장분석 모델과 이론 중에서 적은 변수로 정확한 예측값을 도출할 수 있는 방법론을 선형연구를 통해 분석한 결과 허프모형이 본 목적에 부합됨을 확인하였다. 또한 이 허프모형이 고속도로라는 특화지역에서도 응용될 수 있도록 본 모형을 수정한 2가지 모형을 제시하였다.

먼저 모형1을 통해 [실험 1]에서 설정한 기준을 충족하여 허프모형이 선형상관 분석 모델로 사용하는데 어느 정도 적합하다고 판정할 수 있었다.

모형2의 경우에는 휴게소는 차량으로만 접근할 수 있는 특수성 때문에 매장 면적의 대안 변수로 주차장 면적을 적용하였다. 상관계수는 0.732로 전통적 허프모형보다는 높게 나와서 [실험 2]의 기준을 충족함으로써

주차장 면적이 매장 면적보다 휴게소 매력도를 더 향상시키는 요인으로 작용된다는 것을 파악할 수 있었다.

모형3의 경우는 대부분의 선형연구와 다르게 휴게소 직전 본선 교통량(VDS)을 투입 변수로 사용하여 분석하였으며, 상관계수 값이 0.889라는 가장 높은 결과값이 나왔다. 이는 [실험 3] 기준으로 해석할 경우 본선 교통량이 선형상관 분석에서는 인구변수와 같은 요인으로 작용하며 향후 선형상관 분석 시 표준 변수로 충분히 활용될 수 있음을 입증하였다.

그러나 [실험 4]에서 설정한 선형상관 거리 개념 적용 여부는 민감도 분석 결과 실 매출액에 근접하지 못하는 등 큰 편차가 나타났는데 이는 선형상관 특성과 장시간 운전자의 운전 시간을 거리로 단순화시키면서 발생되는 부작용으로 보이며, 향후 선형모형 분석 시 거리별 적정 운전 시간을 고려할 필요성이 있다고 보여진다.

[실험 5]에서 가정한 마찰계수 적용 가능성은 모형1부터 모형3의 결과값의 신뢰도 향상으로 충분히 입증되었다고 볼 수 있다. 특히 이러한 고속도로 특성에 맞는 마찰계수 적용은 고속도로 노선환경, 소비자의 효용 및 운전자 피로도까지 최대한 반영되었다고 볼 수 있다. 이는 하나의 변수가 복수 변수의 의미까지 포괄했고, 각 모형의 신뢰도 및 적합도를 더욱 상승시키는 결과를 가져왔다.

결과적으로 본 연구의 목적과 성과는 고속도로 휴게소 서비스 수준의 질적 성장을 지원하는데 있으며, 이를 위해 휴게소의 적정 위치, 거리, 크기 추정에 있어서 오차가 최소화되는 분석모형을 제시함에 있었다. 실험 1부터 실험 5까지의 입증과정을 통해 마찰계수의 역할과 신규 투입된 교통량 변수의 중요도를 재확인하였다고 판단된다.

그러나 고속도로 휴게소의 주된 이용 목적은 고객들의 운전 피로도 감소 및 생리현상 해소에 있다. 이런 이유로 보다 더 정확한 추정값을 산출하기 위해서는 운전 시간에 따른 피로도가 실증적으로 반영될 필요성이 있다. 운전자 피로도는 요일별, 시간대별, 날씨별, 평일과 휴일, 연령별, 성별 등 다양한 여건 등으로 인해 조사에 한계가 있고, 아울러 복잡한 결과까지 도출될 수 있는 문제점을 상시 안고 있지만 향후 연구의 고도화를 위해서는 추가 검토가 필요한 과제로 판단되어진다.

본 연구는 이러한 한계점에도 불구하고 허프모형의 고도화를 통해 개발된 수정모형이 선형상관분석의 표준모델로 활용됨으로써 고속도로뿐만 아니라 일

반국도에 있는 휴게소에서도 적용될 수 있다는 점과 잘못된 분석모델 또는 설계기준 등으로 인해 발생된 막대한 사회적 비용을 사전에 방지할 수 있다는 두가지 측면에서 본 연구의 결과가 의미있는 분야에서 적용될 수 있을 것으로 예상된다.

논문접수일 : 2024년 1월 28일

논문심사일 : 2024년 4월 22일

게재확정일 : 2024년 5월 27일

참고문헌

1. 강현모 · 이상경, “시계열 군집분석과 로지스틱 회귀분석을 이용한 골목상권 성장요인 연구”, 「한국측량학회」 학회논문지 37집 6호, 2019, pp. 535-543
2. 권오혁, “교통발달에 의한 중심지체계 변화 모형의 분석과 함의”, 「대한지리학회」 학회논문지 51집 1호, 2016, pp. 77-88
3. 고속도로 공공데이터 포털, <http://data.ex.co.kr/portal/traffic/traffivds>
4. 김선철 · 임병준 · 유선중, “허프모형을 이용한 은행점포의 시장 점유율 추정에 관한 연구”, 「부동산연구」 학회논문지 22집 3호, 2012, pp. 235-259
5. 김수용, “대형할인점의 입지선정에 관한 연구.” 江南大學校 박사학위논문, 2012
6. 김주영 · 김정수, “중력모델(Gravity Model)을 통한 상권분석”, 「유통연구」 학회논문지 26집 4호, 2021, pp. 49-72
7. 김희선 · 이현석, “고속도로 휴게소의 매출 및 임대료 영향요인 분석”, 「부동산연구」 학회논문지 23집 2호, 2013, pp. 35-52
8. 서용구 · 한경동, “대형마트 출점이 주변 상권에 미치는 영향”, 「流通研究」 학회논문지 20집 2호, 2015, pp. 47-64
9. 신종섭 · 홍일유, “고속도로 휴게소의 매출액과 선행요인 간의 영향관계에 관한 탐색적 연구”, 「한국경영과학회」 학회논문지 43집 4호, 2018, pp. 33-43
10. 신승우 · 유승동 · 박동근, “한의원 입지선정에 관한 연구”, 「부동산연구」 학회논문지 22집 2호, 2012, pp. 193-208
11. 유인진 · 서봉근 · 박도형, “Smart Store in Smart City : 소비자 감성기반 상권분석 시스템 개발”, 「지능정보연구」 학회논문지 24집 1호, 2018, pp. 25-52
12. 이상윤, 「상권분석론」, 도서출판 두남, 2018
13. 이상엽 · 김재환, “백화점 출점을 위한 매출액 예측에 관한 연구”, 「부동산연구」 학회논문지 20집 1호, 2010, pp. 139-162
14. 이영은 · 박동선, “일산신도시의 중심상권 활성화를 위한 상권 분석에 관한 연구”, 「LHI 저널」 학회논문지 12집 1호, 2019, pp. 1-7
15. 이임동 · 이찬호 · 강상목, “편의점 매출에 영향을 미치는 입지요인에 대한 실증연구”, 「不動產學研究」 학회논문지 16집 4호, 2010, pp. 53-77
16. 이현석 · 이의은 · 서임기 · 박제진, “교통안전을 고려한 고속도로 휴게소 설계기준 개발”, 「한국도로학회」 학회논문지 14집 3호, 2012, pp. 173-182
17. 이호병, “중력형태의 상업시설 입지모형의 비교분석”, 「한국부동산학회」 23집, 不動產學報, 2004, pp. 216-223
18. 임석희 · 이재우, “Huff의 확률모형을 이용한 시장점유율 추정방법”, 「부동산연구」 학회논문지 10집, 2000, pp. 65-84
19. 정승영 · 도희섭, “서울시의 상권분류에 관한 연구”, 「大韓不動產學會」 학회논문지 29집 2호, 2011, pp. 335-350
20. ㈜삼안, 「휴게소 증장기 설치계획 수립 및 합리적인 휴게시설 주차장 규모 산정기준 연구」, 한국도로공사, 2018
21. 진창범, “소매업의 상권타당성 분석과 쇼핑센터 활성화를 위한 매출추정 모델에 관한 연구”, 을지대학교 박사학위논문, 2017
22. 최내영 · 이용직, “아날로그기법을 이용한 상권분석 사례연구”, 「국토계획」 학회논문지 40집 5호, 2005, pp. 75-86
23. 태경섭, “무계중심을 이용한 상업입지모형 연구”, 한성대학교 박사학위논문, 2010
24. 태경섭 · 임병준, “상권경쟁을 고려한 신규점포의 입지선정에 관한 연구”, 「대한지리학회」 학회논문지 45집 5호, 2010, pp. 609-627
25. 한국도로공사 고속도로 설계 실무지침, 2014
26. 황수진 · 임채근 · 배재호, “AHP 기반의 수정 Huff 모형을 활용한 상권분석”, 「한국지식정보기술학회」 학술논문지 9집 1호, 2014, pp. 179-190
27. Bruno, Giuseppe, and Gennaro Improta, “Using gravity models for the evaluation of new university site locations: A case study,” Computers & Operations Research, 35.2, 2008, pp. 436-444
28. Bucklin, Louis P, “Retail Gravity Models and Consumer Choice: A Theoretical and Empirical Critique,” Economic Geography, vol. 47 no. 4, 1971, pp. 489-97
29. DaelHwan, Bang, YoungIhn, Lee, HyunHo, Chang, DongHee, Han, “The Utilization Probability Model of Expressway Service Area based on Individual Travel Behaviors Using Vehicle Trajectory Data,” The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, 17(4), 2018, pp. 63-75
30. De Beule M, Van den Poel D, Van de Weghe N, “An extended Huff-model for robustly benchmarking and predicting retail network performance,” Applied Geography, 2014, pp. 80-89
31. Del Gatto Massimo, Mastinu Carlo S, “A Huff model with firm heterogeneity and selection. Application to the Italian retail sector,” Spatial Economic Analysis, Vol. 13 Issue 4, Dec 2018, pp. 442-456
32. Drezner T, Drezner Z, Kalczynski P, “Strategic competitive location: improving existing and establishing new facilities,” The Journal of the Operational Research Society, 63(12), 2012 Dec 01, pp. 1720-1730
33. Drezner T, Drezner Z, “Finding the optimal solution to the Huff based competitive location model,” Computational Management Science, 07 1(2), 2004, pp. 193-208
34. Drezner, Tammy, and Zvi Drezner, “Validating the gravity-based competitive location model using inferred attractiveness,” Annals of Operations Research, Vol. 111 Issue 1-4, Mar 2002, pp. 227-237
35. Fischer, Kathrin, “Central places: The theories of von Thünen, Christaller, and Lösch,” Foundations of location analysis, 2011, pp. 471-505
36. H. Jingyuan and L. Yahui, “Modification of Huff Model and ITS Application in County Market: A Case of Pharmacy Siting in Huanghua City, Hebei Province,” 2015 International Conference on Service Science

- (ICSS), Weihai, China, 2015, pp. 63-69
37. Hirai, Shoichi, et al., "Preliminary analysis on the resting behavior of expressway users with ETC data," Proceedings of the 22nd ITS World Congress, Bordeaux, France. 2015
 38. Huff, David L, "A probabilistic analysis of shopping center trade areas," *Land economics*, 39.1, 1963, pp. 81-90
 39. Huff, David L. "Parameter estimation in the Huff model," Esri, ArcUser, 2003, pp. 34-36
 40. Jun, M. J, "Modeling market analysis system using geographic information system," *Journal of Industry and Management*, 5.1, 1996, pp. 123-136
 41. Jung, Chuloh, and Naglaa Sami Abdelaziz Mahmoud, "Exploring Customer Behavior in Shopping Malls: A Study of Rest Areas in Dubai, United Arab Emirates," *Sustainability*, 15.12, 2023
 42. Kim, Pan-Jin, Kim, Wanki, Chung, Won-Ki, Youn, Myoung-Kil, "Using new Huff model for predicting potential retail market in South Korea," *AFRICAN JOURNAL OF BUSINESS MANAGEMENT*; MAR 4 2011, 5 5, pp. 1543-1550
 43. Liang Yunlei, Gao Song, Cai Yuxin, Foutz Natasha Zhang, Wu Lei, "Calibrating the dynamic Huff model for business analysis using location big data," *Transactions in GIS*, 2003, pp. 681-703
 44. Lösch, August · William Henry Woglom · Wolfgang F. Stolper, "The economics of location," 1954
 45. Lv, Hai Rong, et al., "Simulation based sales forecasting on retail small stores," 2008 Winter Simulation Conference Simulation Conference, 2008, pp. 1711-1716
 46. Niedercorn, John H., and Burley V. Bechdolt Jr, "An economic derivation of the "gravity law" of spatial interaction," *Journal of Regional Science*, 9.2, 1969, pp. 273-282
 47. Okunuki, Kei-ichi, and Atsuyuki Okabe, "Solving the Huff-based competitive location model on a network with link-based demand," *Annals of Operations Research*, 111 2002, pp. 239-252
 48. Pan Haozhi, Li Yongfu, Dang Anrong, "Application of network Huff model for commercial network planning at suburban - Taking Wujin district, Changzhou as a case," *Annals of GIS*, Vol. 19 Issue 3, 2013, pp. 131-141
 49. Pérez-Acebo, Heriberto, and Ander Romo-Martín, "Service and rest areas in toll motorways in Poland: Study of distribution and facilities," *Transport Problems*, 14, 2019
 50. Shuai Su Myoung-Kil Youn, "Using Huff Model for Predicting the Potential Chinese Retail Market," *Asian Journal of Business Environment (AJBE)*, 1.1, 2011, pp. 9-12
 51. Tanaka, Shinji, Shinya Ohno, and Fumihiko Nakamura, "Analysis on drivers' parking lot choice behaviors in expressway rest area," *Transportation research procedia*, 25, 2017, pp. 1342-1351
 52. Y. Ohba, H. Ueno and M. Kuwahara, "Travel time calculation method for expressway using toll collection system data," Proceedings 199 IEEE/IEEJ/JSAI International Conference on Intelligent Transportation Systems (Cat. No.99TH8383), Tokyo, Japan, 1999, pp. 471-475
 53. Zvi Drezner, H.A. Eiselt, "Competitive location models: A review," *European Journal of Operational Research*, Volume 316 Issue 1, 2024, pp. 5-18

<국문요약>

고속도로 휴게소 상권분석에 의한 점유율 및 규모 추정 연구 - 수정된 Huff 모형을 중심으로 -

홍 남 주 (Hong, Nam Joo)
이 상 군 (Lee, Sang-Gun)

본 연구는 고속도로상에 있는 휴게소를 하나의 매장으로 정의하였고 고객이 출발IC에서 도착IC를 가정으로 해당 경로상에 있는 휴게소들을 상권개념으로 연결시켜 시장분석을 수행하였다. 평면 상권이 아닌 선형상권을 분석하기 위해 5개의 실험 과제를 설정하고 과제 해결을 위해 3가지 분석모형을 도출하여 연구를 진행하였다. 기존 선형연구를 보면 평면 상권분석에는 다양한 분석기법과 분석모형들이 있으나 선형상권 분석을 위한 기법은 거의 전무함을 알 수 있었다. 이에 평면 상권분석에서 가장 많이 사용됨과 동시에 투입변수가 적은 분석기법을 선형상권에 적용하여 응용 가능성을 진단하였다.

단계별로 선형 상권에 특화될 것으로 보이는 변수들을 투입하여 모형의 신뢰도와 정확도를 검증하였다. 최종 분석 결과 허프모형이 선형상권에도 적용 가능하며, 선형상권의 매력도를 향상 시키는 요인으로는 주차장 면적이 매장면적보다 더 중요하다는 사실을 파악했으며, 무엇보다도 본선 교통량이 평면상권으로 보면 인구통계적 변수의 역할을 수행하는 대안 변수로 활용되었으며, 해당 변수가 투입됐을 경우 가장 높은 정확도와 신뢰도를 보여주었다. 이러한 결론에 기반하여 본선 교통량과 주차장 면적은 향후 선형상권 분석시 표준 변수로 자리 잡을 것으로 예상된다.

마지막으로 최근에 추가 설치한 문의청남대 휴게소에 대해서 수정모형을 통해 매장면적 및 주차장 크기를 산출한 결과 적정 규모와 예상 점유율을 추정할 수 있었다.

주 제 어 : 허프 모형, Huff, 휴게소, 상권분석, 고속도로, 선형상권

<부록>

<표 1> 고속도로 휴게소 일반현황 등

노선	휴게소명	매장 면적(m ²)	주차 면수	1일 이용객 (2017,명)	1일 차량 통행량 (2022, 대)
경부선	건천(부산)	13,041	120	4,165	3,357
경부선	건천(서울)	23,174	96	4,819	2,757
경부선	경산(서울)	33,100	253	6,299	2,528
경부선	경주(부산)	72,848	294	5,258	2,516
경부선	기흥(부산)	72,615	433	11,207	10,304
경부선	망항(부산)	33,558	329	14,077	7,861
경부선	안성(부산)	28,974	351	19,540	10,682
경부선	안성(서울)	85,692	348	18,381	10,365
경부선	연양(서울)	50,123	225	6,074	3,933
경부선	옥산(부산)	31,782	240	7,753	5,863
경부선	죽전(서울)	28,982	223	18,253	10,511
경부선	천안삼거리 (서울)	19,003	271	19,488	6,883
경부선	천안호두 (부산)	9,661	224	10,964	5,862
경부선	칠곡(부산)	23,096	334	9,822	6,186
경부선	통도사(부산)	20,861	251	6,357	3,651
경부선	평사(부산)	43,867	243	7,748	2,918
서해안선	매송(목포)	78,280	391	-	5,175
영동선	덕평	182,761	831	7,879	7,616
영동선	용인(강릉)	33,223	298	15,870	6,881
중부내륙	남성주참외 (양평)	39,978	139	7,150	2,569
중부내륙	선산(양평)	28,943	192	18,577	3,983
중부내륙	영산(창원)	20,609	136	7,314	3,805
중부선	오창(남이)	14,123	134	7,973	3,994
중부선	음성(남이)	66,714	333	7,567	4,960
중부선	이천(하남)	69,794	238	10,785	5,528
중부선	하남드림	29,882	725	13,632	10,044
청주영덕	문의청남대 (영덕)	17,400	150	-	3,210
청주영덕	문의청남대 (청주)	15,920	148	-	3,351
청주영덕	속리산(청주)	42,633	189	6,662	3,697
청주영덕	의성(영덕)	19,101	72	2,122	951
청주영덕	의성(청주)	16,237	67	1,321	913
청주영덕	청송(영덕)	6,394	80	4,050	1,313
청주영덕	청송(청주)	5,945	75	1,448	1,207
청주영덕	화서(영덕)	48,863	225	8,569	4,723
평택제천	안성맞춤 (제천)	66,590	173	7,261	4,156

출처 : 한국도로공사 자료제공(2023)

<표 2> 휴게소 종류별 면적 기준

구분	정규휴게소	간이휴게소	졸음쉼터
구성	주차장, 녹지, 화장실, 식당, 주유소 등	주차장, 녹지, 화장실, 편의점, 주유소 등	주차장, 간이화장실 등
면적 (m ²)	23,800(소형)	9,800	2,500

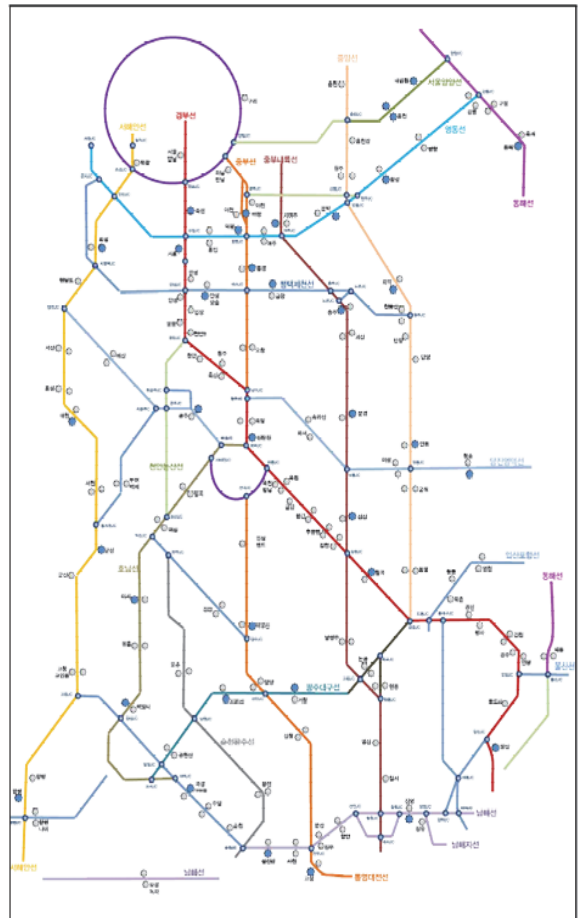
* 한국도로공사 고속도로 설계 실무지침(2014)

<표 3> 휴게소 배치간격 기준

구 분	표준간격 (km)	최대간격 (km)
모든 휴게소 상호간	15	25
일반 휴게소 상호간	50	100

* 한국도로공사 고속도로 설계 실무지침(2014)

<그림 1> 고속도로 휴게소 노선별 현황(선형상권)



출처 : 한국도로공사 자료제공(2023)

<표 4> 모형별 추정 점유율
(단위 : %)

노선	휴게소	모형1	모형2	모형3	실점유율
R1	연양(서울)	12.3	10.2	11.3	9.0
R1	건천(서울)	5.3	3.9	5.0	6.0
R1	경산(서울)	6.1	6.9	4.8	3.1
R1	칠곡(서울)	4.0	3.7	6.2	13.6
R1	선산(양평)	6.1	6.3	6.0	8.0
R1	문의(청주)	3.6	4.5	2.5	2.0
R1	청주(서울)	6.8	11.3	9.9	6.8
R1	천안삼거리(서울)	6.9	10.4	16.1	16.5
R1	입장거봉포도(서울)	19.4	17.2	6.4	9.4
R1	안성(서울)	23.1	18.1	13.5	14.4
R1	죽전(서울)	6.4	7.4	18.2	11.3
R3	칠서(양평)	8.5	7.5	9.0	6.9
R3	남성주(양평)	5.1	3.3	3.8	5.2
R3	성주(양평)	10.0	10.7	7.4	3.7
R3	선산(양평)	6.1	6.4	6.9	9.0
R3	속리산(청주)	5.7	4.3	5.2	7.5
R3	문의(청주)	3.4	4.6	3.0	2.3
R3	청주(서울)	6.2	11.6	9.3	7.6
R3	천안삼거리(서울)	6.0	9.8	12.7	18.5
R3	입장거봉포도(서울)	19.9	17.2	9.7	10.6
R3	안성(서울)	22.8	17.0	17.2	16.2
R3	죽전(서울)	6.4	7.6	15.8	12.7
R5	문의(청주)	4.8	7.1	6.3	4.3
R5	마창(북합)	28.5	26.1	35.4	33.9
R5	속리산(청주)	9.9	7.5	13.2	14.1
R5	의성(청주)	4.3	3.1	3.2	3.7
R5	이천(하남)	41.5	26.2	20.0	14.9
R5	청송(청주)	2.0	3.6	1.7	5.2
R5	하남드림	9.0	26.3	20.2	23.9

노선	휴게소	모형1	모형2	모형3	실점유율
R9	서울만남(부산)	7.7	16.3	3.4	8.8
R9	옥산(부산)	15.3	15.7	2.4	6.7
R9	의성(영덕)	3.4	1.3	1.6	1.9
R9	천안호두(부산)	3.0	10.1	0.5	14.9
R9	청송(영덕)	0.9	1.2	0.6	2.1
R9	화서(영덕)	12.5	5.7	17.6	10.5
R9	기흥(부산)	28.9	16.5	18.1	11.0
R9	망향(부산)	14.4	16.1	13.7	16.8
R9	문의(영덕)	4.7	4.7	6.8	2.6
R9	안성(부산)	9.3	12.4	35.4	24.8
R13	덕평	48.1	40.7	51.7	48.5
R13	음성(남이)	11.7	12.3	13.2	9.0
R13	오창(남이)	3.4	5.5	4.9	7.4
R13	문의(영덕)	4.3	6.6	4.0	2.8
R13	화서(영덕)	7.2	6.7	6.3	11.2
R13	선산(창원)	4.1	5.9	4.6	8.3
R13	남성주(창원)	10.6	9.2	7.1	2.7
R13	성주(창원)	7.6	9.5	5.1	3.2
R13	영산(창원)	3.0	3.7	3.1	6.9
R15	기흥(부산)	14.1	12.7	2.4	11.3
R15	안성(부산)	9.2	11.4	33.8	25.5
R15	안성맞춤(제천)	8.6	5.8	8.1	8.7
R15	오창(남이)	5.4	6.1	7.9	7.1
R15	문의(영덕)	6.7	7.4	4.7	2.7
R15	화서(영덕)	6.8	5.6	4.5	10.8
R15	칠곡(부산)	6.0	8.9	11.4	11.2
R15	평사(부산)	4.8	4.4	3.3	6.9
R15	건천(부산)	5.6	6.7	5.2	5.1
R15	경주(부산)	25.2	21.5	7.1	5.0
R15	통도사(부산)	7.6	9.4	11.5	5.9

<표 5> 모형 1 모의실험 민감도 분석결과

모형 1		매장면적										
3,661,693		10,000	12,000	14,000	16,000	18,000	20,000	22,000	24,000	26,000	28,000	30,000
거리	10	4,188,407	5,211,131	6,253,069	7,306,904	8,366,947	9,428,685	10,488,490	11,543,414	12,591,055	13,629,449	14,656,988
	15	3,047,210	3,804,740	4,582,055	5,374,008	6,176,538	6,986,361	7,800,775	8,617,526	9,434,714	10,250,733	11,064,210
	20	2,425,597	3,034,465	3,661,693	4,303,309	4,956,162	5,617,689	6,285,758	6,958,575	7,634,608	8,312,541	8,991,233
	25	2,029,932	2,542,617	3,072,089	3,615,103	4,169,085	4,731,930	5,301,886	5,877,466	6,457,394	7,040,567	7,626,019
	30	1,754,008	2,198,899	2,659,162	3,132,051	3,615,383	4,107,374	4,606,533	5,111,595	5,621,467	6,135,203	6,651,969
	35	1,549,627	1,943,919	2,352,366	2,772,581	3,202,666	3,641,072	4,086,500	4,537,848	4,994,163	5,454,615	5,918,473
	40	1,391,605	1,746,553	2,114,613	2,493,671	2,882,047	3,278,368	3,681,486	4,090,421	4,504,329	4,922,471	5,344,197

<표 6> 모형 3 모의실험 민감도 분석결과

모형 3		주차부지										
3,025,113		2,500	2,700	2,900	3,100	3,300	3,500	3,700	3,900	4,100	4,300	4,500
거리	10	4,175,685	4,580,751	4,989,734	5,402,043	5,817,147	6,234,573	6,653,892	7,074,719	7,496,701	7,919,518	8,342,878
	15	3,037,821	3,337,184	3,640,296	3,946,744	4,256,159	4,568,207	4,882,586	5,199,021	5,517,260	5,837,074	6,158,249
	20	2,418,066	2,658,386	2,902,092	3,148,864	3,398,419	3,650,497	3,904,867	4,161,315	4,419,647	4,679,682	4,941,255
	25	2,023,598	2,225,798	2,431,048	2,639,087	2,849,683	3,062,626	3,277,726	3,494,809	3,713,714	3,934,296	4,156,418
	30	1,748,516	1,923,883	2,102,017	2,282,697	2,465,727	2,650,929	2,838,141	3,027,216	3,218,020	3,410,427	3,604,321
	35	1,544,763	1,700,122	1,858,013	2,018,243	2,180,642	2,345,055	2,511,342	2,679,374	2,849,035	3,020,216	3,192,817
	40	1,387,229	1,527,042	1,669,189	1,813,500	1,959,823	2,108,022	2,257,972	2,409,559	2,562,680	2,717,240	2,873,148