



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석 사 학 위 논 문

수소 충전소 최적의 입지 선정  
예측에 관한 연구

A Study on Prediction of Optimal  
Location Selection for Hydrogen  
Stations

고려대학교컴퓨터정보통신대학원  
소프트웨어공학전공

최 보 미

2020 年 02 月

김 현 철 교 수 지 도  
석 사 학 위 논 문

수소 충전소 최적의 입지 선정  
예측에 관한 연구

A Study on Prediction of Optimal Location  
Selection for Hydrogen Stations

이 논문을 공학 석사 학위 논문으로 제출함

2020 年 02 月

고려대학교컴퓨터정보통신대학원  
소프트웨어공학전공

최 보 미



최보미의 공학 석사 학위 논문 심사를 완료함

2019 年 12 月

위 원 장 김 현 철



위 원 서 태 원



위 원 임 희 석



## 감사의 글

2017년 9월 컴퓨터정보통신대학원 석사과정 합격의 기쁨을 가지고, 마치  
구름 위를 걷듯 우정정보관 강의실을 들어가던 나날들이 생각납니다. 일과  
공부를 병행한다는 것은 매일 새로운 문제들과 난관속에서 묵묵히 견디고,  
그럼에도 불구하고 앞으로 나아가는 과정과도 같았습니다. 그리고 어느덧  
졸업이라는 이 행보가 결코 혼자만의 길이 아니었음을 함께 웃고, 슬픔을 나눠준  
분들께 감사의 마음을 전하고자 합니다.

삶의 목표를 정하고 성취할 때의 미래에 대한 불안함이 해소되는 것이라  
믿음을 심어주신 김현철 지도교수님께 감사합니다. 또한 세심한 심사로 논문  
완성에 도움 주신 서태원교수님, 임희석 교수님께도 감사합니다. 바쁜  
업무중에도 학업을 할 수 있도록 많은 도움 주신 신한DS 대외사업팀  
이경부장님, 서동협부부장님 그리고 이연정 차장님께도 감사의 말씀 드립니다.

밀고 당기는 팽팽한 긴장감이 감도는 우리의 치열한 인생 속에서  
'고려대학교'라는 자부심으로 서로를 기억하고 또다른 도전을 위해 용기와  
조언해주신 컴퓨터정보통신대학원 44기 동기분들께도 감사합니다.



소프트웨어공학과 과대표라는 자리는 학업 정진 뿐만 아니라 책임감과 배려심을 갖게 하여 사람공부, 인생공부를 통한 성장의 계기이기도 하였습니다.

특히나 마음이 맞는 원우들 기대표 장재훈님, 김수진님, 임지수님, 안태진님, 목진규님이 있었기에 학교 생활 더욱 뜻깊게 보낼 수 있었습니다.

때때로 지치고 힘들 때 마다 마음의 안정을 도와준 정신적 지주인 친구들 이하늘님, 박태정님, 이병우님 그리고 임재욱님 감사합니다.

더욱이 하나밖에 없는 딸, 누나 걱정애 어디에 있던 무슨일이 있던 항상 달려와주는 가족, 밝은 등대같은 나의 아버지 최태규님과 BMTECH 대표이사 나의 어머니 김미영님 그리고 고려대학교 정책대학원에 재학중인 나의 동생 최호준님 고개숙여 감사합니다. 친동생과 같은 학교에 다니면서 체육대회 행사에 함께 참여하여 줄다리기를 하였던 그 날은 가족모임에서 늘 이야기 꽃에 한 잎으로 남을 것입니다.

시작을 함께 하였듯이 앞으로도 잘 부탁드립니다, 끝으로 누구보다도 고생한 최보미에게 이 논문을 바칩니다.



## 요 약

2019년 정부의 국내 수소충전소 보급 로드맵을 통해 2040년까지 수소충전소 1,200개소를 설치하겠다고 발표함에 따라, 최적의 입지 선정에 대한 예측이 필요하다. 그러나 부지확보의 어려움과 비용 문제로 인하여 보급이 지연되고 있다.

본 연구에서는 계층적 분석과정(AHP : Analytic Hierarchy Process)을 통해 최적의 수소충전소 입지 선정 방안을 제시하고 데이터분석, 데이터 수집, 데이터 전처리 등을 통하여 부지확보 문제를 해결하면서 충전소 구축 비용을 절감하고, 납비현상을 완화하는 효과를 기대할 수 있다.

제1장에서는 연구의 배경과 목적에 대하여 서술 한다. 제2장에서는 전기차 충전소 입지 선정 시스템 관련 연구와 계층적 분석법인 AHP(Analytic Hierarchy Process)에 대해 기술한다. 제3장에서는 시스템 적용 방안 전체 구조, 데이터 세트 수집, 데이터 전처리, 의사결정 계층화, 평가 기준 비교, 가중치 설정 그리고 일관성 검증 방법에 대해 기술하며, 제4장에서는 이에 따른 실험 결과를 기술하고 분석해 본다. 마지막 장에서는 수소충전소 입지 선정에 대한 연구 결론 및 향후 연구방향을 서술하였다.



# Abstract

In 2019, the government announced that it would install 1,200 hydrogen fuel stations by 2040 through the roadmap for supplying hydrogen fuel stations in Korea. However, dissemination is delayed due to the difficulty of site acquisition and cost.

In this study, we propose a method for selecting the optimal hydrogen station location through the Analytic Hierarchy Process and reduce the cost of charging station construction while solving security problem through data analysis, data collection, and data preprocessing.

Chapter 1 describes the background and purpose of the study. Chapter 2 describes the research on the location selection system for EV charging stations and AHP. Chapter 3 describes the overall structure of the system, data set collection, data preprocessing, decision stratification, evaluation criteria comparison, weighting, and consistency verification methods. Chapter 4 analyzes the experimental results. The last chapter describes the conclusions and future directions for the site selection of hydrogen stations.





# 목차

제1장 서론 .....	1
1.1 연구 배경 .....	1
1.2 연구 목적 .....	3
제2장 관련 연구 .....	4
2.1 전기차 충전소 입지 선정 시스템 .....	4
2.2 AHP (Analytic Hierarchy Process) .....	7
제3장 최적의 수소 충전소 입지 선정 관련 분석 방법 .....	11
3.1 시스템 적용 방안 전체 구조 .....	11
3.2 데이터 세트 수집 .....	11
3.3 데이터 전처리 .....	12
3.4 의사결정 계층화 .....	12
3.5 평가기준 비교 .....	12
3.6 가중치 설정 .....	12
3.7 일관성 검증 .....	12
제4장 실험 .....	18
4.1 실험 환경 .....	18
4.2 실험 결과 .....	18
제5장 결론 및 향후 연구 과제 .....	22



## 그림 목차

(그림 1) 수소충전소 구축 방식에 따른 비용 .....	1
(그림 2) 국내 수소충전소 보급 로드맵 .....	2
(그림 3) 전기차 기초 통계 분석내용.....	5
(그림 4) 전기차 변수간 상관관계.....	6
(그림 5) 일반적인 계층구조의 형태.....	8
(그림 6) 계층적 분석과정 (AHP).....	11
(그림 7) 데이터 전처리.....	12
(그림 8) 최적의 수소 충전소 설립 위치 선정을 위한 의사결정 계층화.....	13
(그림 9) 활용 분석도구.....	18
(그림 10) 최종 수소충전소 입지 선정:주변 LPG 주유소 밀집도.....	18
(그림 11) 최종 수소충전소 입지 선정:제1보호구역(초,중,고,유치원) .....	18
(그림 12) 최종 수소충전소 입지 선정:자치구별 화재발생률.....	20
(그림 13) 최종 수소충전소 입지 선정 결과.....	20



## 표 목차

(표 1) 무작위 일관성 지표(R.I.) .....	10
(표 2) 데이터 목록 .....	11
(표 3) 1종 보호시설 중요도 및 화재 중요도 .....	14
(표 4) 충전소 개수 중요도 .....	14
(표 5) 쌍대 비교치 및 대안 별 중요 순위표 .....	15
(표 6) 대안 별 쌍대 비교표 .....	15
(표 7) 일관성 검증 수행 결과 : LAMDA MAX .....	17
(표 8) 일관성 검증 수행 결과 : C.I.값 .....	17
(표 9) 일관성 검증 수행 결과 : C.R.값 .....	17

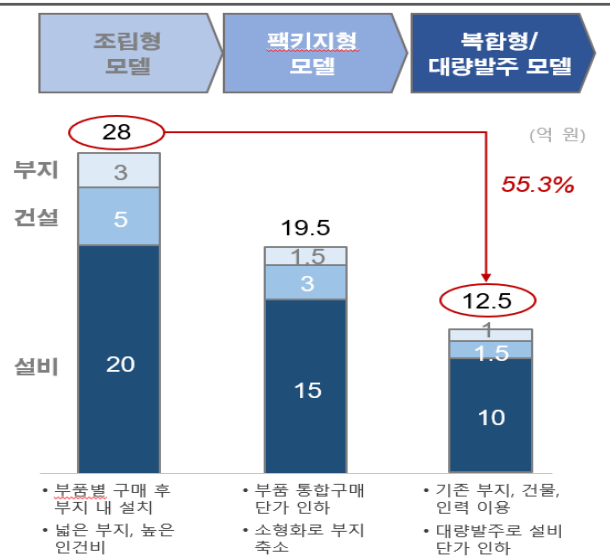


# 제 1 장 서론

## 1.1 연구 배경

2019년 10월 기준으로 국내에 수소충전소는 총 22개로 설치되어 운영되고 있다. 정부는 2040년까지 수소충전소 1,200개소를 설치하겠다는 ‘수소경제 활성화 로드맵’을 발표하였다.[1] 현재 수소충전소 보급은 한국도로공사가 전국의 고속도로 휴게소를 중심으로 관리되고 있다.[1] 그럼에도 불구하고 일반 전기차 충전소의 약 20배의 비용이 소요되고, 동시에 부지확보를 하는데 장기간이 소요되기 때문에 주요한 수소 충전소 보급이 지연되고 있다.[2] 또한 사기업이 주도하는 수소충전소의 설치와 운영을 위한 사업계획은 아직도 논의되고 있다.[1] 국내 수소충전소의 환경 구축이 지연되고 있는 원인은 정책적인 이유와 더불어 부지 확보가 힘들기 때문이다.[3]

수소충전소 구축 방식에 따른 비용



(그림 1) 수소충전소 구축 방식에 따른 비용

그림1과 같이 수소충전소의 구축 방식에 따른 비용은 조립형, 팩키지형,



복합형이 있고 조립형 -> 팩키지형 => 복합형으로 변화하면서 수소충전소 구축 비용은 최대 55.3%가 감소될 것이다.

이와 같이 기존의 LPG시설을 활용하면, 서울에만 70여곳에 수소충전소를 설치할 수 있다.[3] 예를 들면 2017년 10월에 울산 옥동에 완공된 수소복합 충전소로 기존 LPG 충전소에 수소저장 탱크 및 관련 장치를 추가한 경우다.[3]

따라서 기존 LPG시설을 활용한 최적의 수소 충전소 입지를 선정하는 것은 국가와 기존사업자에게 수소 사용 수요 목표치를 달성하기 위해 반드시 필요한 과장임을 인지하고 있다.[3]

## 국내 수소충전소 보급 로드맵



(그림 2) 국내 수소충전소 보급 로드맵



## 1.2 연구 목적

수소 충전소 인프라 부족의 원인으로 부지확보의 어려움, 많은 시간과 비용이 필요 그리고 수소에 대한 인식이 부정적이다. 이를 해결하기 위한 방법은 기존의 LPG 충전소를 재활용하면서 안전성 요소와 운영 효율성을 극대화하는 것이다.

따라서 본 논문에서의 연구 목적은 비용과 안전성을 고려한 최적의 수소충전소 위치를 예측하는 것이다. 수소 충전소의 입지 선정 예측 알고리즘의 최적화를 위해 필요한 데이터 분석, 데이터 수집, 데이터 전처리 등을 활용하여 부지확보 문제를 해결하면서 충전소 구축 비용을 절감하고, 님비현상을 완화하는 효과를 기대하고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제1장에서는 연구의 배경과 목적에 대하여 서술 한다. 제2장에서는 전기차 충전소 입지 선정 시스템 관련 연구와 계층적 분석법인 AHP(Analytic Hierarchy Process)에 대해 기술한다. 제3장에서는 시스템 적용 방안 전체 구조, 데이터 세트 수집, 데이터 전처리, 의사결정 계층화, 평가 기준 비교, 가중치 설정 그리고 일관성 검증 방법에 대해 기술하며, 제4장에서는 이에 따른 실험 결과를 기술하고 분석해 본다. 마지막 장에서는 수소충전소 입지 선정에 대한 연구 결론 및 향후 연구방향을 다루며 논문을 마무리한다.



## 제 2 장 관련 연구

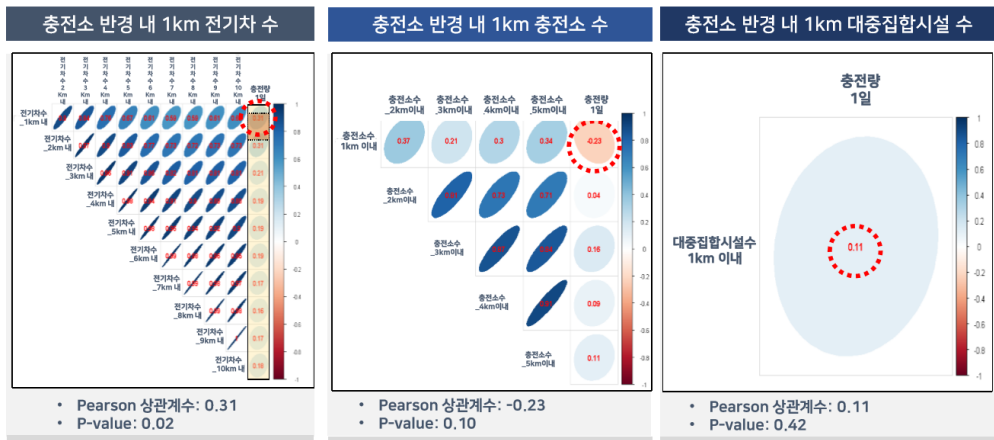
### 2.1 전기차 충전소 입지 선정 시스템

전기차 충전소 입지 선정 시스템은 전기차 충전소 후보지에 대한 데이터 기반에 따른 최적의 입지 선정을 하는 시스템으로 다양한 주요환경변수들을 이용한 모델을 도출하여 효율적이고 합리적인 최적의 입지를 선정하는데 활용한다.[5] 선행연구 및 현황 검토를 통한 분석 시나리오를 토대로 입지선정 모델을 개발하고 회귀분석을 통해 전기차 사용량을 예측하며, 주변환경요인의 분석을 통한 입지선정모델을 통해 충전소 운영에 적용하여 충전소 설치 업무 효율성을 개선한다.[5] 분석데이터로는 총7개 기관(대구광역시, 한국자산관리공사, 한국재정정보원, 한국전력공사, 한국정보화진흥원, KT, 전기안전기술인협회), 197종(대중집합시설, 전기차 정보, 충전소 정보, 충전기 정보, 변압기 용량정보, 도로별 교통량 정보 등)에 해당하는 데이터를 활용한다.[5] 분석 범위는 대구광역시 내 전기차 관련 데이터와 공공 및 지자체 보유 데이터 등 다양한 정보를 복합적으로 분석하여 “전기차 충전 인프라 설치 입지 선정” 모델을 개발한다.[5] 요소별 조합 생성, 조합별 점수 계산, 조합별 점수로 각 순위 도출 그리고 높은 순위 후보지 최적 입지로 결정하여 공간정보를 활용한 입지선정 모델을 설계한다.[5] 분석 내용 및 절차는 변수 추가, 삭제, 컬럼 추가 등 전반적인 정제를 통해 표준화된 데이터를 기반으로 기초통계를 추출하여 유의 변수를 도출한다.[5] 유의 변수는 아래 그림3 기초 통계 분석내용과 같다.









(그림 4) 전기차 변수간 상관관계

일평균 충전소 전기사용량과 각 조건별 변수들의 상관관계는 “충전소 반경 내 1km 전기차 수”, 충전소 반경 내 1km 충전소 수” 2개의 변수가 가장 상관관계가 높게 분석되었다. 대중집합시설 수는 높은 상관관계는 아니었으나 입지 선정에 법적으로 중요한 변수이므로 포함하였다. 주변환경별 수요예측을 위한 군집화는 전기차 충전소와 관계 있는 모수들로 작업을 실시하고 군집 별 그리고 기준별 수치가 높은 데이터를 확인하여 유효데이터를 추출한다. 추출한 데이터 중 상위 데이터를 활용하여 입지선정에 적용한다. 뿐만 아니라 분석모델을 적용하기에 앞서 주변환경요소에 따라 세부 군집분류(대분류 16개, 소분류 82개)를 통해 입지선정 모델의 고도화 작업을 수행한다. 분석한 결과, 정보들을 활용하여 공간정보 분석에 적용한다. 또한 입지선정 분석 결과를 시각화 하고 다양한 검증 기법을 사용하여 지속적인 고도화를 시킨다. 사용한 검증 기법으로는 가중치 부여 비교 검증, 설치 충전소 검증, 분석결과 검증 그리고 현장 검증이 있다. 현장 검증 체크리스트로는 1.주변 환경 요소, 2.전기수급 가능지역 여부, 3.주차시설 전기공사 가능여부, 4.주차공간 여부 등 충전소 설치가 가능한 지역인지 파악한다.



이렇듯 전기차 충전소 입지선정 시스템은 단기적으로는 지자체 정책 수립 및 추진할 수 있고, 충전 인프라 관련 객관적 자료 제공이 가능하며, 사용자 불편사항 개선에 의한 전기차 사용을 촉진함과 동시에 환경부 충전소 설치 신청을 하면 지역 중 하나를 선정하여 검증할 수 있다. 장기적으로 변동될 수 있는 요소인 도시계획 변동, 인구 변동, 충전인프라 변동에 따라 지자체 예산 수립 시 충전 인프라 예산을 예측할 수 있고, 충전인프라 수명 예측을 통한 효율적 자원 관리 시에 활용계획이 가능하다.

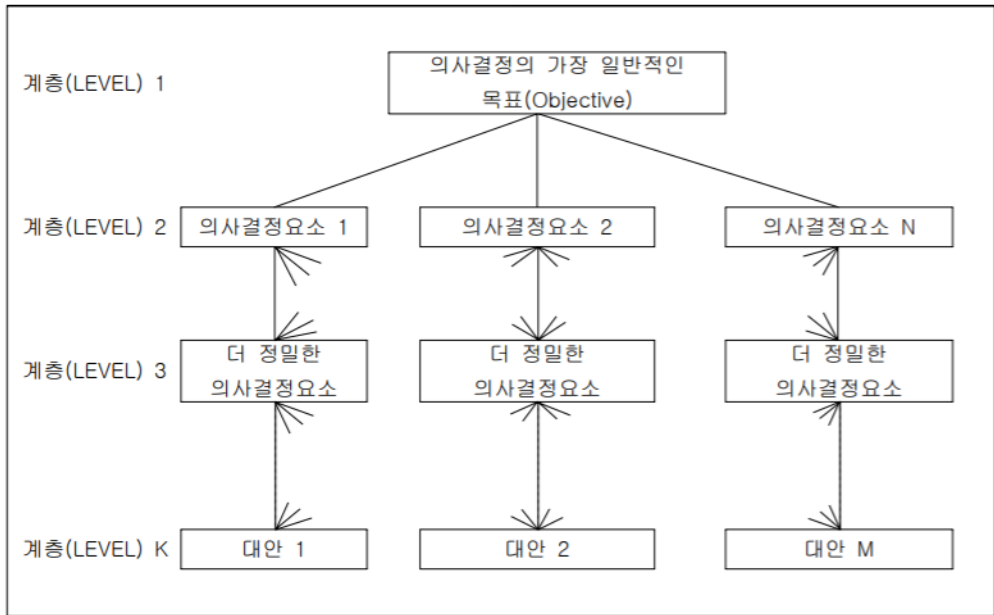
## 2.2 AHP (Analytic Hierarchy Process)

계층적 분석과정 (AHP : Analytic Hierarchy Process)은 정량화가 가능하거나 혹은 정성적 기준들을 다루기 위해 목표들 사이의 중요도를 단계적으로 나누어 파악하여 각 대안들의 중요도를 산출하는 측정 이론으로서 의사결정시에 의사결정자, 의사결정 분석자들이 의사결정 계층화하고, 평가기준을 비교하여 가중치 추정 후 일관성 검증을 한다.[6]

### 1) 의사결정 계층화

의사결정 계층화에서는 가장 보편적인 의사결정 목표를 최상위 계층에 세우고 그 계층의 바로 아래위치의 수준에는 선택적인 대안들을 구성 시킨다. 중간위치의 수준에는 평가 기준인 의사결정을 하는데 영향을 주는 대안들로 세워 아래위로 갈수록 더욱 자세하고 구체적인 내용을 이룬다. 일반적인 계층화의 형태는 아래 그림5 와 같다.[7,8]





(그림 5)일반적인 계층구조의 형태

## 2) 평가기준 비교

가중치는 상대적인 중요도 혹은 상대적인 비중을 말한다. 보통 평가기준이 두 개일 경우, 그 두가지를 비교함 으로서 상대적 중요도나 비중을 구한다. 그러나 여러 개의 평가기준을 비교해야 한다면, 모든 상대적 중요도와 비중을 적용 하여 단 한 개의 가중치를 산출하기에는 문제점이 따른다. 따라서 계층적 분석(AHP) 과정에서는 비교할 평가기준들 중 두 개 만을 뽑아 쌍대비교를 한다. 쌍대비교를 할 때는 어느 위치에 있는 계층의 한 기준 즉 요소 혹은 속성의 관점에서 상위 와 하위계층 간에 있는 기준치들의 상대적 중요도를 비교평가하기 위하여 평가 대상 기준치들 간에 쌍대비교를 한 뒤, 그 결과치를 토대로 행렬로 표기 한 다.[8,10]



$$A = (a_{ij}) \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

### 3) 가중치 추정

앞서 2) 평가기준 비교를 한 후에는 상위, 하위 계층 간의 비교할 대상인 평가 기준들의 가중치를 상대적으로 추정한다. Saaty가 제안한 가중치 추정방법으로서 고유치 방법(Eigenvalue Method)이 있다.[8,9]

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n w_j \times a_{ij}}{w_i}$$

### 4) 일관성 검증

계층적 분석과정(AHP)에는 일관성 검증 과정을 거친다. 일관성 검증을 통해 도출된 결과값 즉 정량적 분석을 기반으로 구한 결과값은 쌍대 비교 혹은 전체 비교를 해도 그 결과값은 일관적인 값을 나타낸다. 그렇지만 기준 및 대안의 갯수가 많아지면 판단자의 주관이 개입되기 때문에 일관된 판단 기준을 정하기는 어렵다.[8,10]

이러한 문제점을 보완하고 보다 정확한 일관성 검증을 위해 일관성 지표(C.I. : Consistency Index)를 무작위 지표(R.I. : Random Index)로 나눈 일관성 비율(C.R. : Consistency Ratio)로 검증하여, 일관성 비율인 C.R.값이 0.1이하의 값을 나타낼 때, 올바른 일관성 검증이 되었다고 본다. C.I.는 일치성의 척도를 나타내는 값을 말한다. 이 때, C.I.값이 0이면 정확한 일관성을 의미하게 된다. C.I.값을 구하는 수식은 다음과 같다.[8,9]



$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

R.I.는 무작위로 1에서 9까지를 나타내는 정수들 중에서 행렬을 구성한 후 이 과정으로부터 일치하는 지표를 구한 값을 나타낸다. 표본(n=500개)으로부터 무작위 지수(R.I)를 구하여 평균을 계산한 값은 (표1)과 같다.[8,9]

(표 1) 무작위 일관성 지표(R.I.)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

C.R.값을 구하는 수식은 다음과 같다.[8,9]

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

C.R.값이 0.1이내일 때는 확실하게 증명할 수 있는 범위로 간주하고, C.R.값이 0.2미만일 때는 가용 범위라고 나타내는 기준으로 보았다.[8,9]



## 제 3 장 최적의 수소 충전소 입지 선정 관련 분석 방법

### 3.1 시스템 적용 방안 전체 구조

최적의 수소 충전소 입지 선정 관련 분석을 위한 방법으로 계층적 분석과정(AHP : Analytic Hierarchy Process) 을 통하여 1)의사결정 계층화, 2)평가기준 비교, 3)가중치 추정, 4)일관성 검증 단계로 구성하여 목표들 사이의 중요도(Weight)를 파악함으로써 모든 대안들의 중요도를 산출하는 구조이다.



(그림 6) 계층적 분석과정(AHP)

### 3.2 데이터 세트 수집

데이터는 전국 LPG 충전소 현황, 서울시 유치원 및 초,중,고 현황, 지역별 화재 건수를 활용하였다. 아래 (표2)는 사용한 데이터 출처, 속성, 시점 그리고 파일형식이다.

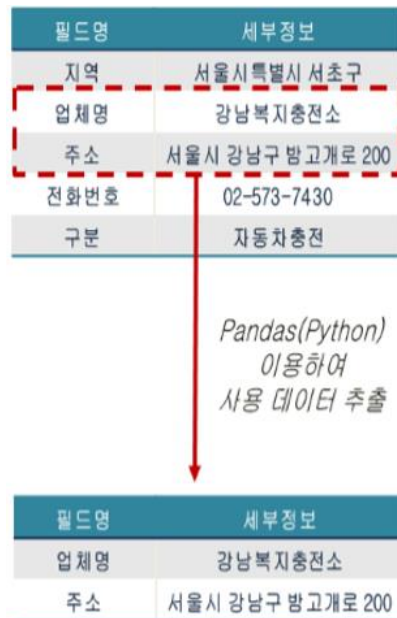
(표 2) 데이터 목록

데이터	출처	속성	시점	파일 형식
전국 LPG 충전소 현황	공공 데이터 포털	시설명, 지역, 주소	2019.09	CSV
서울시 유치원 현황	서울시 열린 데이터 광장	시설명, 주소	2014.12	CSV
서울시 초, 중, 고 현황	공공 데이터 포털	시설명, 주소	2014.12	CSV
지역별 화재 건수	소방청 국가 화재정보센터	지역, 화재발생 수	2018.08	CSV



### 3.3 데이터 전처리

데이터 전처리를 위하여 Pandas(Python)를 이용하여 사용할 데이터만을 추출하였다. 이해를 돕기 위하여 테이블로 도식화한 것이다.



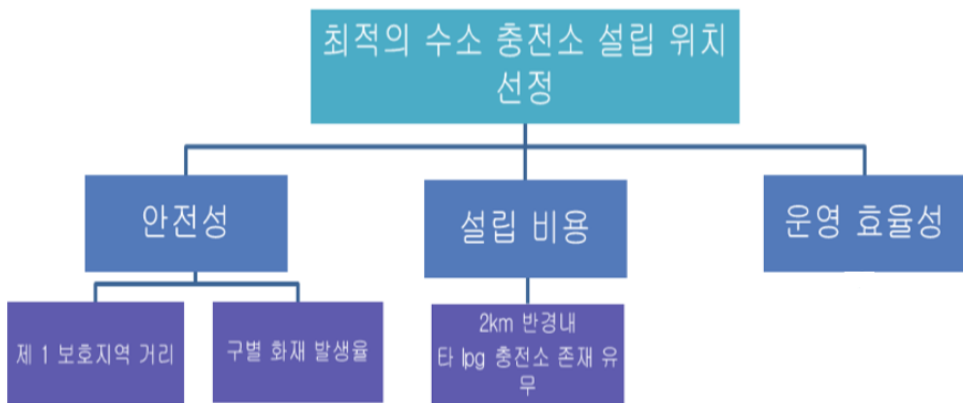
(그림 7) 데이터 전처리

추출한 데이터를 ‘지오코딩’ 서비스를 이용하여 도로명 주소기반의 데이터로부터 위도, 경도 정보를 추출한다. 좌표(위도, 경도) 값을 기반으로 데이터 시각화한다.



### 3.4 의사결정 계층화

최적의 수소 충전소 설립 위치를 선정하는 것을 보편적인 최상위 계층으로 세우고, 하위 계층의 요소로서 안전성, 설립 비용 그리고 운영효율성으로 구성하였다. 왜냐하면 요소선정에 있어서 수소차에 대한 인식이 부정적이기 때문에 보다 안정성을 중요하게 판단하였다. 안전성에서 세부 평가기준으로서 제 1보호지역거리와 지역구별 화재 발생율로 두고, 설립 비용의 세부 평가기준으로서 2km 반경내의 타 LPG 충전소 존재 유무로 계층화하였다. 그림7은 최적의 수소 충전소 설립 위치 선정을 위한 의사결정 계층화를 도식화한 것이다.



(그림 8) 최적의 수소 충전소 설립 위치 선정을 위한 의사결정 계층화

### 3.5 평가기준 비교

3.2에서 세운 의사결정 계층화로부터 각 요소별 그룹 부여 번호를 정하여 평가기준 비교하기 전에 중요도를 정한다. (표3)는 1종 보호시설 중요도 및 화재 중요도를 나타내며, (표4)은 2km 이내 충전소 개수별 중요도를 나타낸 것이다.





(표 3) 1종 보호시설 중요도 및 화재 중요도

1종 보호시설 중요도	그룹 부여 번호	화재 중요도 (서울 전체 화재 건수대비 구별 화재 비율(%))	그룹 부여 번호
0.2km 이내	1	5.0% 초과	1
0.2Km 초과 0.3km 이하	2	3.7% 초과 5.0% 이하	2
0.3Km 초과 1km 이하	3	3.4% 초과 3.7% 이하	3
1km 초과	4	3.4% 이하	4

(표 4) 충전소 개수 중요도

충전소 개수 중요도 (2km 이내 충전소 개수)	그룹 부여 번호
0	1
1	2
2	3
3	4

쌍대 비교치는 중요도가 높음과 낮음으로 비교하였다. 서술적 평가에 따라 그룹 번호를 부여하였다. 대안 별 중요 순위는 화재, 1종 보호시설거리, 2km 이내의 타 충전소 개수를 차례대로 나타냈다.

(표 5) 쌍대 비교치 및 대안 별 중요 순위표

	서술적 평가	그룹 부여 번호	중요순위	
중요도 높음	강	7	화재	1
	중	5	1종 보호시설 거리	2
	약	3	2Km 이내의 타 충전소 개수	3
중요도 낮음	중립	1		
	약	1/3		
	중	1/5		
	강	1/7		



대안 별 쌍대 비교는 3가지 평가기준인 화재 발생률, 1종 보호시설 거리 그리고 2km 이내의 타 충전소 개수의 중요도와 열의 합은 아래와 같다.

(표 6) 대안 별 쌍대 비교표

4가지 평가기준의 중요도와 열의 합			
평가기준	화재 발생률	1종 보호시설 거리	2Km 이내의 타 충전소 개수
화재	1	0.333	0.200
1종 보호시설 거리	3	1	0.333
2Km 이내의 타 충전소 개수	5	3	1

### 3.6 가중치 추정

앞서 관련 연구 2.2에서 Saaty가 제안한 가중치 추정방법으로서 고유치 방법(Eigenvalue Method) 알고리즘을 본 논문에서 활용하여 아래와 같은 수식으로 적용하였다.

$i, j = 1, 2, \dots, n$   $k = \text{평가기준}$   $n = \text{평가요소의 수}$

$$A_k = a_{1i} - a_{j1} = r \begin{cases} r \geq 0 \rightarrow h = 2r + 1 \\ r < 0 \rightarrow h = \frac{1}{(1-2r)} \end{cases} \quad (A \text{는 } n \times n \text{ 행렬, } h = \text{행렬에 부여되는 값})$$



$$weight_i = \frac{1}{n} \sum_{z=1}^n \left[ \frac{a_{iz}}{\left\{ \sum_{j=1}^n a_{ji} \right\}} \right] \quad (weight_i \text{는 } n \times 1 \text{ 행렬})$$

### 3.7 일관성 검증

앞서 관련 연구 2.2에서 소개한 일관성 검증 방법을 활용하여 아래 C.I.값과 C.R.값을 확인한다.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{A_k \times weight_i}{weight_i} \right]$$

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)}, \quad n = \text{비교되는 평가요소의 수}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}, \quad RI = \text{무작위 지수(random index)}$$

(CR < 0.1일 경우 일관성 있다고 판정)

n=50 일 때, C.R.값이 6.47857 인 것을 기준으로 Lamda Max와 C.I.값, C.R.값을 다음과 같이 확인하였다. 각 기준 요소들의 C.R.값이 0.1미만이기 때문에 모든 요소가 일관성이 있다고 판정하였다.



(표 7) 일관성 검증 수행 결과 : Lamda Max

Lamda Max		
화재	1종 보호시설	주유소
50.81837	51.92307	50.71221

(표 8) 일관성 검증 수행 결과 : C.I.값

C.I		
화재	1종 보호시설	주유소
0.016701	0.039246	0.014535

(표 9) 일관성 검증 수행 결과 : C.R.값

C.R		
화재	1종 보호시설	주유소
0.002578	0.006058	0.002244

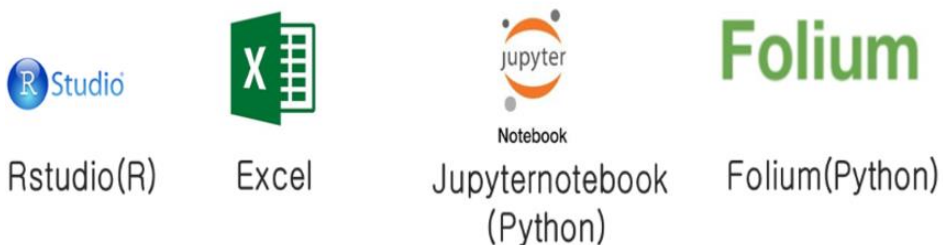


## 제 4 장 실험

4장에서는 수소 충전소 입지 선정 예측에 대한 실험 환경 및 결과에 대해 설명한다.

### 4.1 실험 환경

본 논문에서는 Python 3.6.1언어로 Jupyternotebook과 Folium을 사용하여 수소 충전소 입지 선정을 도출 및 결과를 시각화 하였고, 데이터 전처리를 위하여 Rstudio와 Excel sheet를 활용하였다.



(그림 9) 활용 분석도구

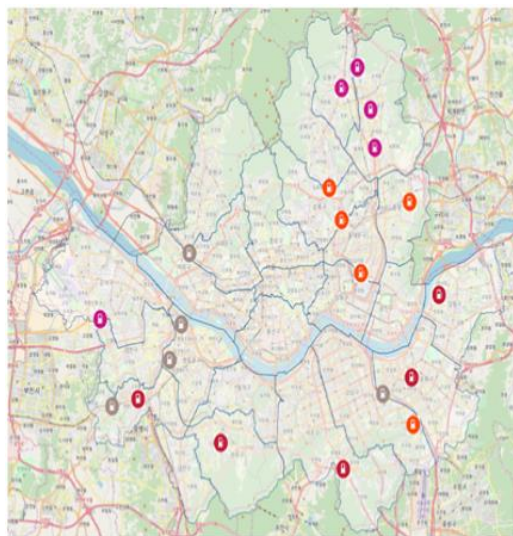
### 4.2 실험 결과

본 논문에서는 3가지 요소인 주변 LPG 주요소 밀집도, 제1보호구역(초, 중, 고, 유치원) 그리고 자치구별 화재발생률 각 요소별로 중요도 1~20위까지 최적의 수소 충전소 입지 선정된 결과값은 아래와 같다.



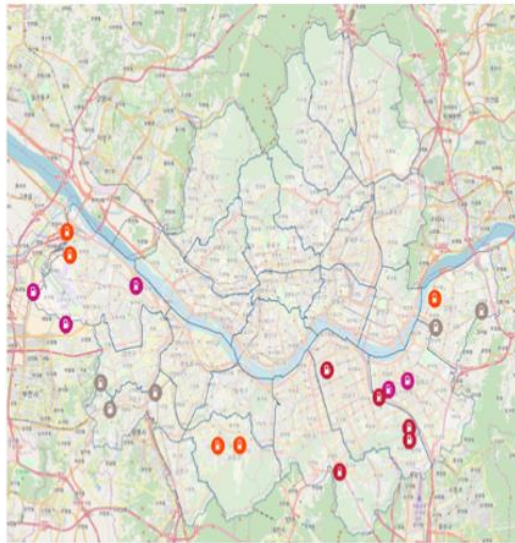


(그림 10) 최종 수소충전소 입지 선정: 주변 LPG 주유소 밀집도



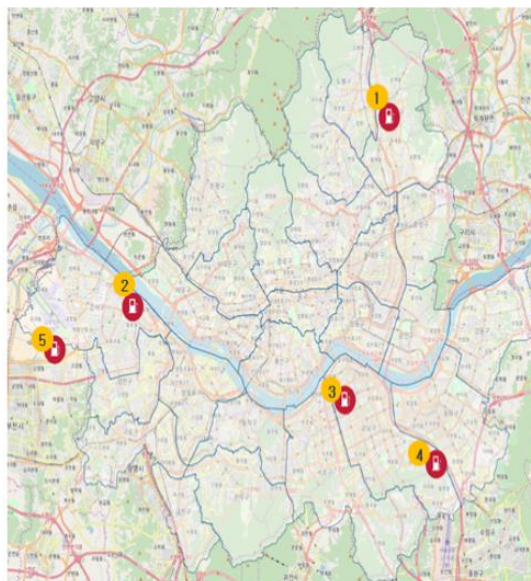
(그림 11) 최종 수소충전소 입지 선정: 제1보호구역 (초, 중, 고, 유치원)





(그림 12) 최종 수소충전소 입지 선정: 자치구별 화재발생률

분석요인 3가지 주변 LPG주요소 밀집도, 제1보호구역(초,중,고,유치원), 화재 위험장소 모두 종합하여 최종 수소 충전소 입지 선정한 결과값은 아래와 같다.



(그림 13) 최종 수소충전소 입지 선정 결과



최종 수소 충전소 입지 선정에 높은 순위를 받은 5곳은 1위 점수 0.042461을 받은 (주)평안에너지상계충전소(서울 노원구), 2위 점수 0.040848 대양가스충전소(서울 강서구), 3위 점수 0.039427 (주)상현상사(서울 강남구), 4위 점수 0.039023 (주)수서에너지(서울 강남구), 5위 점수 0.038908 (주)삼표에너지 김포충전소(서울 강서구) 로 나타났다.





## 제 5 장 결론 및 향후 연구 과제

본 연구는 수소충전소 입지선정 예측 모형으로 서울시 수소충전소 설립 정책과 관련하여 객관적 자료로 활용이 가능하다. 또한 새 충전소 설립 시 입지 선정 분류 모델로서 활용할 수 있다.

본 논문에서 아쉬웠던 점은 화재 관련 데이터를 사용할 때, 일정 범위의 화재 발생 비율이 아닌 특정 화재 건물 데이터 정보를 얻을 수 있고, 의사결정 계층화 단계에서 운영 효율성의 조건을 만족시킬 기준정보를 적용하였다면, 보다 정확한 예측이 가능하다는 점에서 한계가 존재한다는 것이다. 더불어 충전소 설립 방식을 LPG 충전소에만 국한되었기 때문에 모든 방식을 고려하기에는 한계점을 보였다.

향후 연구로는 LPG 충전소를 활용하는 방식 뿐만 아니라 모든 충전소 설립 방식에 도입할 수 있는 설립방식별 예측 분류 체계를 구축하여 보다 완성도 높은 수소 충전소 입지 선정 추천 시스템을 제안해 보고자 한다.



## 참고 문헌

- [1] HMG저널 (2019) “<https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=26420197&memberNo=10759501>” HMG저널 URL
- [2] 수소월간경제 (2018) “<http://www.h2news.kr/>” 수소월간경제 URL
- [3] news1뉴스 (2018) “<http://news1.kr/>” news1뉴스 URL
- [4] 수소융합얼라이언스추진단 (2017) “[http://www.prism.go.kr/homepage/researchCommon/retrieveResearchDetailPopup.do?research\\_id=1450000-201800077](http://www.prism.go.kr/homepage/researchCommon/retrieveResearchDetailPopup.do?research_id=1450000-201800077)” 수송용수소연료가격설정및수급관리방안보고서
- [5] NIA한국정보화진흥원 (2017) “전기차 충전 인프라 설치입지 선정” 행정안전부 2017년공공빅데이터분석사업
- [6] Luis G.Vargas (1990) “An overview of the analytic hierarchy process and its applications” European Journal of Operational Research, Vol.48
- [7] Fatemeh Zahedi (1986) “The Analytic Hierarchy Process: A Survey of the Method and Its Applications” Interfaces Vol. 16, No. 4 Jul. - Aug.
- [8] 송경일 (2004) “AHP기법을 이용한 공항 입지선정 연구 -영남권 신국제공항건설을 중심으로-”
- [9] Saaty, T.L. (1980) “The Analytic Hierarchy Process.” McGraw-Hill, New York
- [10] Saaty, T.L. (1983) “Priority setting in complex problems.” IEEE Transactions on Engineering Management Vol. 30 ,No.3, pp140-155 , Aug.

