

# 도심항공교통(UAM) 도입에 따른 대중교통 이용자들의 UAM에 대한 선호도 분석 (인천공항-인천길병원 노선사례)

## Analysis of Preference for UAM of Public Transportation Users Following UAM Adoption (Incheon Airport - Incheon Gil Medical Center Line)

이 한 솔\* · 이 수 범\*\* · 임 준 범\*\*\*

\* 주저자 : 서울시립대학교 도시과학대학원 교통관리학과 석사

\*\* 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 교수

\*\*\* 교신저자 : 한국교통안전공단 교통안전연구처 책임연구원

Han sol Lee\* · Soo beom Lee\* · Joon bum Lim\*\*

\* Department of Transportation management, University of Seoul

\*\* Transportation Safety Research Office, Korea Transportation Safety Authority

† Corresponding author : Joon bum Lim, limjb@kotsa.or.kr

Vol. 21 No.5(2022)  
October, 2022  
pp.01~14

pISSN 1738-0774  
eISSN 2384-1729  
<https://doi.org/10.12815/kits.2022.21.5.1>

Received 26 August 2022  
Revised 20 September 2022  
Accepted 17 October 2022

© 2022. The Korea Institute of  
Intelligent Transport Systems. All  
rights reserved.

### 요 약

본 연구에서는 도심항공교통(UAM) 도입에 따른 대중교통 이용자들의 도심항공교통(UAM) 선호도를 분석하기 위하여 도심항공교통(UAM) 실증노선 구간인 인천국제공항-인천 길병원 노선을 대상구간으로 하여 인천광역시 대중교통 이용자 807명을 대상으로 선호의식(SP)조사를 실시하였다. 또한, 도심항공교통(UAM) 도입 초기, 성장기, 성숙기로 구분하여 시기별 통행 시간, 통행비용을 달리하여 선호의식(SP)조사를 실시한 결과를 토대로 수단선택모형을 추정하였다. 구축된 수단선택모형을 활용하여 통행에 대한 시간가치를 분석한 결과 56,428원/시로 나타났다. 모형에서 통행비용(원), 차내시간(분), 차외시간(분)에 대한 탄력성 검증 결과 본 모형에서 도심항공교통(UAM) 분담율에 미치는 영향은 통행비용(원), 차내시간(분), 차외시간(분) 순서로 나타났고, 통행비용(원)이 증가할 때보다 감소할 때 미치는 영향이 크게 나타났다.

핵심어 : 도심항공교통(UAM), 선호의식(SP)조사, 다항로짓 모형, 수단선택

### ABSTRACT

In this study, in order to analyze the preference for UAM of public transportation users following the introduction of urban air transportation(UAM), A preference consciousness(SP) survey was conducted on 840 users of Incheon public transportation using the Incheon International Airport-Incheon Gil Hospital route, which is the urban air traffic(UAM) demonstration route section. In addition, the means selection model was estimated based on the results of conducting a preference consciousness (SP) survey. As a result of analyzing the time value for travel using the established means selection model, it was found to be 56,428 won/hour, As a result of verifying the elasticity of travel cost (won), in-vehicle time (minutes), and out-of-vehicle time (minutes) in the model, the effect on the urban air traffic (UAM) share in this model was found that travel cost (won), in-vehicle

time (minutes), and out-of-vehicle time (minutes) were in order, and the effect was greater when the travel cost (won) decreased than when it increased.

Key words : Urban air mobility(K-UAM), Stated Preference(SP), Multinomial Logit Model, Modal choice

## I. 서 론

### 1. 연구배경 및 목적

대도시권은 국가 산업 및 경제의 핵심으로 다양한 일자리 제공에 따라 인구의 집중도는 점점 심화되고 있다. 대도시권 인구는 '19년 기준 77.4%를 차지하고, 수도권 인구집중도는 '19년도 처음 50%에 도달했다. 이러한 대도시권 인구집중 현상은 혼잡, 주차, 안전, 환경 등 다양한 교통문제를 유발하게 된다. 특히, 국내 교통혼잡비용 전체(연간 38.5조)의 82%가 대도시권에서 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 국제기구에서도 무동력 또는 친환경 교통수단 활성화를 위한 노력을 권고하고 있으며, 이를 넘어서 상공을 나는 교통수단인 도심항공교통(UAM) 도입이 활발히 진행되고 있다. 이에 우리나라 정부에서도 도심항공교통(UAM)을 미래 경쟁력 있는 성장산업으로 적극 육성할 필요성에 따라 본격 대중화('35년) 이전에 시장 자생력을 높이기 위해 '25년 도심항공교통(UAM) 상용화 서비스 개시를 주 내용으로 하는 「한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵」을 수립하였다. 또한 '23년까지 「UAM 특별법」 제정 추진, 「K-UAM 그랜드챌린지」 실증사업 연계 및 부처 간 협력 R&D 사업 등을 추진 중이다. 도심항공교통(UAM)이 새로운 분야인 만큼 기체·운항·인프라 등 안전기준 마련과 인증에 따른 시간 소요로 '23~'25년 최초 상용화, '30~'35년 본격 확대 될 것으로 예상된다.

이에 본 연구에서는 장래 도심항공교통(UAM)이 도입될 경우 예상되는 통행시간과 통행비용 변화에 따라 대중교통, 택시 이용자들의 도심항공교통(UAM) 선호도를 선호의식(SP) 조사로 파악하고 수단선택 모형을 구축하는데 그 목적이 있다. 또한, 추정된 모형을 토대로 도심항공교통(UAM)의 시간가치, 탄력성 분석을 통해 향후 도심항공교통(UAM) 도입 및 활성화를 위한 기초연구 자료 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 도심항공교통(UAM) 및 선행연구 고찰

### 1. 도심항공교통(UAM) 관련 계획

#### 1) 한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵

정부는 관계부처 합동으로 UAM 선도국가 도약 및 도시경쟁력 강화를 비전으로 '22~'24 UAM 비행실증, '25 UAM 상용화 시작, '30 본격 상용화를 목표로 하는 「한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵」을 '20년 6월 수립·발표하였다. 이 로드맵에서는 단계적 서비스 실현, 합리적 제도 설정, 민간기업 역량 강화를 위한 환경 조성, 인프라·연계교통 구축, 산업생태계 조성, 국제협력 확대 등을 주요 추진 전략으로 삼고 있다. 특히, 우리나라는 UAM의 필수적 요소인 소재, 배터리, 전자제어칩, 5G 등 다양한 기술에 장점이 있어 사회적 수용성을 확보하면 시장 성장이 가능할 것으로 기대되고 있다. UAM을 위한 법제도 정비와 기존 교통수단과의

연계, 합리적 비용 등의 문제가 해결된다면 '25년부터 '35년까지 단계적 상용화를 거쳐 대중화까지 기하급수적으로 성장(이용자 증가율 연평균 116%) 가능할 것으로 예상된다.

## 2) 한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵

UAM을 구성하는 세부기술 구체화, 상용화 시기·비용 분석 등을 통해 새로운 생태계에 적용 가능한 맞춤형 전략을 수립하기 위해 정부는 「한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵」을 수립·발표하였다. 한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵이 '25년 최초 상용화를 주요 목표로 제도 마련, 시험·실증 지원, 단계적 서비스·인프라 구축방향 중심이라면 기술로드맵은 UAM 시장이 확대되는 시점인 '30년 개발기술 상용화, '35년 대중화를 목표로 기술적 과제에 집중하여 수립되었다. 기술로드맵에 따르면 현재 수도권 기준으로 일일 사천사백만명이 택시·승용차 이용 증으로 나타나며, 주로 중장거리 택시·승용차 이용자가 향후 UAM 이용수요로 전환할 것으로 예상된다. 초기에는 비즈니스·관광·공항 이용자 중심으로 수요가 형성되고('25년 일일 29명 수준), 운임수준과 비례하여 이용수요가 급격히 성장하여 대중교통 수단('35년 일일 15만명 수준)으로 전환 될 것으로 전망된다.

## 3) 한국형 도심항공교통(K-UAM) 그랜드챌린지 운용계획

국토교통부는 기체뿐만 아니라 운항·인프라·교통관리 등을 종합적으로 검증하는 대규모 실증사업으로 K-UAM 그랜드챌린지 운용계획을 수립·추진하였다. K-UAM 그랜드챌린지 운용계획은 新비행체 안전성 및 교통관리 기능 시험 등 통합운용의 단계적 실증을 통한 UAM 국내 상용화 착수 지원을 목적으로 하며, 1단계는 국가종합비행성능시험장(고흥)에서 K-UAM GC 모사시험, 비행체 안전성 및 K-UAM 교통체계 통합운용을 실증하고('23년), 2단계 초기에는 준도심, 하반기부터는 도심에 준하는 인구 밀도를 가진 지역에서 시험비행 추진예정이다('24년). 주요 실증범위는 ①버티포트 운영 및 UAM 교통관리 서비스의 H/W, S/W 안전성 통합점검, ②통신, 항법, 감시, 정보 공유·교환을 통한 이해관계자간 역할, ③악천후, 기기고장 등 상황별 비정상상황에 대비한 대응계획 등이다. 수행체계로는 국토부(주최), 한국항공우주연구원(주관)으로 수행하며, 참여 대상은 잠재적인 도심항공교통(UAM) 운항·제작자, 버티포트(Vertiport) 운영자, 교통관리 제공자 등이다.

## 4) 2040년 인천도시기본계획

인천광역시는 환경·사회·경제적 측면을 포괄하여 공간 차원에서 구체화하는 종합계획의 성격으로 2040년 인천도시기본계획 내 UAM 활성화를 목적으로 인천~서울을 연결하는 노선과 인천 내부를 순환하는 노선을 계획하였다. 인천광역시는 UAM 상용화 목표 시기인 '25년에 발맞춰 실증노선을 개통하여 '30년 3개, '35년 4개, '40년까지 5개 노선까지 확대한다는 방침이다. 인천광역시에서 구상한 각 노선의 터미널 격에 해당하는 버티포트(VertiPort) 예정지는 인천국제공항(V1)·청라로봇랜드(V2)·계양테크노밸리(V3)·송도11공구(V4)·인천길병원(V5) 5곳이다. 도심 내 구축할 버티포트(Vertiport)는 연계교통(Seamless)을 위한 환승 센터로 건설 또는 기존 건물 옥상 등에 조성할 것으로 보이며, 인천광역시가 지원하고 있는 도심항공교통(UAM) 업체도 현재 6개에서 '25년 상용화에 맞춰 16개, '40년 46개까지 확대할 계획이다. 또한 기체를 활용한 공공서비스 사업도 현재 6개에서 '25년 상용화에 맞춰 26개, '40년 86개까지 늘릴 예정이며, 현재 인천서구시설관리공단, 인천해양경찰서 등은 이미 시설안전점검 분야 및 재난안전 분야에 기체를 활용하고 있다.

## 2. SP조사 및 수단선택모형 관련 선행연구 고찰

Park and Kim(2022)는 도심항공교통(UAM)에 대한 통행자들의 이용의사를 잠재선호(SP)를 통해 분석하고, 효용함수를 구축하여 실제 시간과 비용에 따른 UAM으로의 전환 정도를 정량화하여 제시하였다. 기존 수단별 시간가치 분석결과 승용차 이용자 34,772원, 대중교통이용자는 26,344원으로 나타났으며, 승용차 이용자의 경우 대중교통 이용자에 비해 UAM 비용에 둔감한 반면 시간에는 민감한 것으로 나타났다. 수단선택확률 변화를 그래프로 시각화하였으며, 수도권 내 통행 2만원, 20분 소요 기준으로 승용차 77.2%, 대중교통 48.1%였으며, 4만원, 30분 소요 기준으로는 승용차 37.2%, 대중교통 6.5%로 정도로 나타났다.

Choi et al.(2021)은 인천국제공항 접근 교통 데이터와 로짓 모델을 활용하여 도심항공교통(UAM) 이용객 확보를 위한 요금 수준을 추정하였다(Choi et al., 2021). 기존의 택시 이용자를 전환 대상으로 설정하여 통행 시간 단축 정도에 비례하여 택시 이용자를 도심항공교통(UAM) 이용자로 전환시킬 수 있는 최대 요금차이를 산출하였다. 그 결과 서울역에서 인천국제공항까지 도심항공교통(UAM) 서비스가 이용객을 확보하기 위해서는 96~108 USD 정도의 요금 수준으로 추정되었다.

Son et al.(2007)은 대중교통 통행배정을 위한 수단 및 경로선택을 위해 차내 시간, 도보시간, 대기시간(환승대기시간 포함), 환승시간(환승 도보시간), 요금 등 각 요소별 가중치로 구성된 일반화 비용 모형을 제시하였다(Son et al., 2007). 모형의 정산을 선호의식(SP)조사를 실시하여 자료를 수집·분석하였으며, 한계대체율 및 한계임금율법을 적용하여 모형의 각 변수별 상대적 가중치를 도출하였다.

Kim et al.(2006)은新高통수단 건설 사업에 있어 통행특성별로 그룹을 나누어 각 그룹별 통행 특성을 반영한 교통수요모형을 적용하였다(Kim et al., 2006). 신설 교통수단만 이용하는 통행수요, 신설 교통수단을 이용하여 출발하거나 도착하는 통행수요, 신설 교통수단의 노선을 통과하는 통행수요로 구분하여 통행 특성을 반영한 분석 방법을 제안하였고, 승용차에서 대중교통으로의 수단 전환이 가능한 정책 분석 중 사업 시행 시, 사업 미 시행 시 시간 수단별 O/D값에 차이가 있더라도 동일한 지표에 의해 일괄된 정책평가 결과를 제시할 수 있도록 하는 통행시간 편익산출 방법도 제안하였다.

Lee(2009)은 대중교통 요금체계를 고려한 도시철도 수요 추정을 위해 적절한 환승요금에 대한 통행저항 산정을 위해 도시철도 이용자를 대상으로 선호의식(SP) 조사를 실시하였다(Lee, 2009). 조사된 선호의식(SP) 자료를 이용하여 대안별 효용 함수를 도출하였으며, 도시철도 이용자의 독립요금체계의 환승통행에 대한 시간가치를 추정하여 적절한 환승요금에 대한 통행저항을 산정하였다.

Shin(2008)은 고속철도 개통 후 철도 수송체계 개편 및 철도시설개량에 따른 품목별 수단선택 가능성을 조사·분석하기 위하여 선호의식(SP) 조사를 통해 자료를 수집하고, 이 자료를 토대로 화물품목별 수단선택 모형을 추정하였다(Shin, 2008). 또한, 추정한 모형의 시간가치, 탄력성, 적중률을 분석하였고 그 결과 시간단축 정책보다는 요금인하 정책이 철도 수요를 증가시키는 것으로 나타났다.

이상의 기존연구에서 대부분 SP 설문조사를 통해 선호도 분석을 실시한 것은 유사하나, 대중교통 이용자를 대상으로 인천공항이라는 특수한 장소가 출발/도착지인 사례를 중심으로 분석한 것이 차이점이라고 볼 수 있다. 현재 실증노선에서 알 수 있듯이 도심항공교통(UAM)은 인천공항과 김포공항을 중심으로 발전하게 될 것으로 예상된다. 정부에서 발표한 도심항공교통(UAM) 로드맵에서도 중장거리 택시·승용차 이용자의 대체수단으로 예상하고 있으나, 승용차의 경우 비용이 저렴한 대중교통으로 전환이 높지 않은 경향이 있다. 따라서 본 연구에서는 비즈니스, 관광 등의 목적통행을 특화할 수 있는 UAM의 수단선택비율을 산출하는데 중점을 두고 이러한 UAM의 주요 타겟을 고려하여 설문지 구성 및 선호도 분석을 실시하였다.

### Ⅲ. 분석방법론

#### 1. 선호의식 조사

##### 1) 선호의식 기법

선호의식(Stated Preference, 이하 SP)기법은 통계적인 실험계획법을 통해 구축한 가상의 시나리오를 응답자에게 제공하여 개인의 선호를 찾는 기법이다. 선호의식(SP)조사는 개별 응답자에게 가상의 상황을 바탕으로 한 대안을 제공하며, 그 대안을 대표하는 설명변수 즉, 서비스 또는 특성으로 표현된다. 이때 각 대안의 속성은 미리 설계하여 제시하고, 대안 구성 시 실험계획법으로 조합하여 응답자에게 각 대안에 대해 척도로 등급을 나타내거나, 중요도 순서를 매기거나 또는 가장 선호하는 대안을 선택하도록 하여 응답자의 선호를 표시하도록 한다. SP조사와 대비되는 조사방법은 현시선호(Revealed Preference, 이하 RP)기법이 있다. 선호의식(SP) 기법의 장점 및 한계는 현시선호(RP) 기법이 갖는 한계 및 장점과 연관이 있다. 이는 SP 자료와 RP 자료를 상호 보완적으로 활용 가능함을 의미한다. SP 조사는 새로운 상황에 대하여 자료 수집이 가능하지만, RP 조사는 현재 존재하지 않는 새로운 수단의 교통수요를 추정할 수 없다. 즉, 가상의 상황을 실험계획을 통해 제시하여 아직 건설되지 않은 교통시설 이용가능성 조사 시 RP 조사 보다 적합하다고 할 수 있다. 또한 선호의식(SP) 기법의 경우 속성변수 단위를 사전에 설정하여 제시되므로 자료 입력 또는 모형 구축 시 측정값의 오차가 발생하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 아직 상용화되지 않은 상황에서 도심항공교통(UAM)에 대한 선호를 파악하는데 SP조사가 더 적합한 방법으로 판단되어 주된 조사방법으로 사용하였다.

#### 2. 선호의식 조사 설계

##### 1) 조사 목적 및 범위

본 연구에서 SP 조사 목적은 新교통수단인 도심항공교통(UAM) 도입에 따라 실제 대중교통 이용자를 대상으로 가상 상황에 대한 선택대안을 제시하여 UAM 수요를 추정해보는 것이다. 조사 범위는 UAM 버티포트 구축 예정인 인천국제공항을 기점으로 해서 인천광역시 대중교통을 주로 이용하는 시민을 조사 대상으로 설정하여 도심항공교통(UAM) 실증노선 구간의 현재 대중교통 요금과 도심항공교통(UAM) 도입 시 가상의 상황을 제시하여 SP 조사를 실시하였다.

##### 2) 표본수의 설정

선호의식(SP)조사의 적정 표본 수는 집단별로 75명~100명의 표본수가 필요하다고 알려져 있으며(Bradley and Kroes, 1990), 국내의 경우 모집단의 비율(p), 상대오차(a), 질문 수(r)를 반영한 최소 표본수를 제시하고 있다(Kim and Cho, 2006). 수단분담률 0.6, 상대오차가 0.05로 가정할 때 질문수가 9개 일 경우 683명의 최소 표본이 필요한 것으로 나타났다. 따라서 인천광역시민 840명을 대상으로 도심항공교통(UAM) 도입 시 가상적 상황을 제시하여 SP 조사를 실시하였다.

##### 3) 선호표현 방법

SP조사의 선호표현방법으로는 선택(choice), 순위(ranking), 평가(rating) 등의 방법이 있으며 응답자의 표현 용이성과 현실상황을 잘 반영할 수 있는 선호 자료인지 고려하여 선호표현방법을 결정해야 한다. 순위(ranking)자료와 평가(rating)자료는 대안 선택 정보 외에도 선호 순위, 선호 정도를 나타내는 정보를 제공하

며, 순위(ranking)자료의 경우 선택 대안이 많은 경우 순위가 낮거나 높을수록 순위자료의 신뢰성이 떨어지는 문제가 발생하고 평가(rating)자료의 경우 분석할 때 적용되는 척도에 따라 결과가 달라질 수 있고 선택확률의 자의성과 선호의 등간성 문제도 제기된다. 본 연구의 선호표현방법은 SP자료 선호표현방법 중 가장 현실적이며 대중적인 표현방법으로 여러 대안 중 응답자가 가장 선호하는 대안을 선택하여 선호를 표시하는 선택(choice) 자료를 이용하여 설문조사를 하였다.

#### 4) 선택상황

선호의식(SP) 기법은 가상적인 상황을 설계하여 응답자에게 제시한다. 본 연구에서는 도심항공교통(UAM) 도입 시 통행시간가치를 구하기 위해 한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵에서 정의하고 있는 도입 초기(~29), 성장기(~35), 성숙기(35~) 3단계로 구분, 가상적 상황의 통행시간과 통행비용을 제시하였다.

#### 5) 선택대안 및 속성변수

SP 조사에서 선택상황을 가정한 후 필요한 과정은 선택대안과 선택대안 수를 결정하는 단계이다. 선택 대안을 설명하는 변수를 속성 변수라고 하며, 일반적으로 선택 상황과 선택 대안의 수를 결정하고 나서 응답자가 해당 선택 대안을 결정하는데 있어 직접적으로 영향을 미치는 변수, 즉 속성 변수를 선정한다. 본 연구에서는 수단선택 분석 시 일반적으로 포함되는 통행시간과 통행비용을 속성변수로 하여 인천광역시 대중교통 이용자의 선호의식을 조사하였다. SP 조사에서 선택상황을 가정한 후 필요한 과정은 선택대안과 선택대안 수를 결정하는 단계이다. 선택 대안을 설명하는 변수를 속성 변수라고 하며, 일반적으로 선택 상황과 선택 대안의 수를 결정하고 나서 응답자가 해당 선택 대안을 결정하는데 있어 직접적으로 영향을 미치는 변수, 즉 속성 변수를 선정한다. 본 연구에서는 수단선택 분석 시 일반적으로 포함되는 통행시간과 통행비용을 속성 변수로 하여 인천광역시 대중교통 이용자의 선호의식을 조사하였다. 통행시간은 실제 대중교통 이용자가 출발지에서 목적지까지 이동하는 시간을 의미하며, 차내 이동시간과 그 외 수단 접근시간(대기시간, 승·하차시간, 도보 통행시간)으로 구분된다. 통행비용은 대중교통 이용자가 출발지에서 목적지까지 이동하는데 지불하게 되는 교통요금을 의미한다. 본 연구에서는 출발지를 인천국제공항 목적지를 인천 길병원으로 설정하여, 도심항공교통(UAM) 도입 초기, 성장기, 성숙기 각각의 출발지에서 목적지까지 통행시간과 통행비용을 토대로 선택대안을 설계하였다.

<Table 1> Choice alternative according to travel time and fare

	Bus	Taxi	Subway	UAM		
				early	growth period	maturity
in-vehicle time	60min	36min	62min	10min	6.25min	5min
out-of-vehicle time	10min	4min	18min	30min	10min	5min
fare	1,650won	30,500won	3,850won	75,000won	50,000won	32,500won

### 3. 다항 로짓 모형

교통 수요를 추정함에 있어 존(Zone)단위 집계자료가 아닌 개인 또는 가구로부터의 비 집계자료에 근거해서 수요를 추정하는 개별행태모형은 확률효용이론(Random utility theory)을 기초로 개발되었다. 효용(utility)은 개인이 각 교통수단별 매력도를 계량화한 것이며, 개별 교통수단의 서비스 특성 변수와 특성 변수의 중요도

의 조합으로 표현된다. 개인의 수단 k에 대한 효용( $U_i$ )은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$V_{ijk} = \alpha_1(T_{iv-time})_{ijk} + \alpha_2(T_{ov-time})_{ijk} + \alpha_3(T_{cost})_{ijk} + D_k$$

여기서,

$V_{ijk}$	:	수단 k의 존 i와 j간 효용함수
$(T_{iv-time})$	:	수단 k의 존 i와 j간의 차 내 통행시간(시간)
$(T_{ov-time})$	:	수단 k의 존 i와 j간의 차 외 통행시간(시간)
$(T_{cost})_{ijk}$	:	수단 k의 존 i와 j간의 통행비용(천원)
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	:	파라미터
$D_k$	:	대안 특성상수

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6$ 는 각 변수의 가중치로서 개별 설명 변수의 단위에서 절대 값이 크면 해당 변수가 중요한 것으로 볼 수 있다. 또한, 개인의 수단효용을 분석가의 관측효용뿐만 아니라 이에 대한 효용 오차를 도입함으로써 총 효용( $U_i$ )을 다음과 같이 표현한다.

$$U_i = V_i + \epsilon_i$$

여기서  $V_i$ 는 관측효용,  $\epsilon_i$ 는 비관측 효용, 오차를 의미한다. 개인은 효용이 가장 큰 대안을 선택하므로, 개인이 여러 대안 중에서 대안 i를 선택하는 확률  $P_i$ 는 교통수단 i의 효용( $U_i$ )이 다른 교통수단 j의 효용( $U_j$ )보다 클 확률이므로 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$P_i = \text{Prob}[U_i > U_j, \text{ for all } j \neq i] \\ = \text{Prob}[V_i + \epsilon_i > V_j + \epsilon_j, \text{ for all } j \neq i]$$

확률효용이론(Random utility theory)은 효용이 확률적으로 변동된다는 이론으로 효용함수의 오차항인  $\epsilon_i$ 의 확률분포를 가정하여 표현할 수 있다.  $\epsilon_i$ 가 동일한 분산을 갖고 독립적으로 분포하는 Weibull분포를 나타낼 때 로짓 모형(logit model)이라고 하며, 로짓 모형에서 개인 n이 대안 i를 선택하는 확률  $P_i$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$P_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^J \exp[-(V_{in} - V_{jn})]} = \frac{\exp V_{in}}{\sum_{j=1}^J \exp V_{jn}}$$

## IV. 분석 결과

### 1. 선호의식 설문 개요

본 연구에서 인천광역시 대중교통을 이용한 경험이 있는 840명을 대상으로 UAM 실증노선 중 최단거리인 인천국제공항~인천 길병원에 노선에 관하여 선호의식 설문조사를 실시하였다. 이 중 중복체크나 무응답 등 이상이 있는 응답자를 제외한 유효부수는 807부이며, 이를 통해 총 4,275개의 선호의식 자료를 수집하였다. 유효한 응답을 한 응답자의 특성은 아래 <Table 2>와 같다.

본 연구의 선호의식 설문조사는 대중교통 이용자를 대상으로 시행하였다. 평소 인천공항을 방문하는 경우

대중교통을 주로 이용하는 이용자와 인천공항 방문 경험이 없다면 평소 통근·통학 등의 주요수단이 대중교통인 사람들을 대상으로 설문을 시행하였다. 정부에서 발표한 K-UAM 로드맵에서 UAM이 중장거리 택시·승용차 이용자의 대체수단이 될 것으로 예상하였기 때문에 택시 이용자가 UAM으로 얼마나 전환될지를 분석하는 것을 목적으로 하였다. 인천공항이라는 특수성으로 인해 승용차 이용자 보다는 택시, 대중교통 이용자들의 수단전환을 비교하였다.

<Table 2> Characteristics of respondents

Gender	# of responses (percentage)	# of family members	# of responses (percentage)	Possession of car	# of responses (percentage)
Male	403 (49.9%)	Single	92 (11.4%)	Possessed	641 (79.4%)
Female	404 (50.1%)	2 persons	144 (17.8%)	Not possessed	166 (20.6%)
Age group	# of responses (percentage)	3 persons	248 (30.7%)	Range of Commuting (to work or school)	# of responses (percentage)
20's	48 (5.9%)	4 persons	307 (38.1%)	Within Incheon	630 (78.1%)
30's	166 (20.6%)	5 persons or more	16 (2.0%)	Between Incheon-Seoul	93 (11.5%)
40's	274 (34.0%)	Residing area	# of responses (percentage)	Between Incheon-Gyeonggi-do	68 (8.4%)
50's	243 (30.1%)	Jung-gu, Incheon	31 (3.8%)	Between Incheon-other locations	16 (2.0%)
60's	76 (9.4%)	Gyeyang-gu, Incheon	102 (12.6%)	Occupation	# of responses (percentage)
Marital status	# of responses (percentage)	Seo-gu, Incheon	184 (22.8%)	Office job	319 (39.5%)
Single	277 (34.3%)	Namdong-gu, Incheon	139 (17.2%)	Self-employed	127 (15.8%)
Married	514 (63.7%)	Dong-gu, Incheon	24 (3.0%)	Service industry	69 (8.6%)
Others	16 (2.0%)	Yeonsu-gu, Incheon	100 (12.4%)	Government employee	55 (6.8%)
		Bupyeong-gu, Incheon	138 (17.1%)	Housewife	125 (15.5%)
		Michuhol-gu, Incheon	89 (11.0%)	Student/Unemployed	56 (6.9%)
				Others	56 (6.9%)

또한 본 연구의 설문대상 구간인 인천국제공항과 인천 길병원 구간에 대해 통행비용과 통행시간 정보를 주지 않은 상태에서 응답자들이 평소 기존 대중교통 수단에 대한 선호의식을 설문한 결과는 다음 <Table 3>과 같다. 해당구간에 대해서 도시철도(60.1%)를 가장 선호하였으며, 버스(33%), 택시(5.9%) 순으로 나타났다. 도시철도를 선택한 응답자는 선택 이유로 정시성을 가장 많이 응답하였으며, 버스를 선호한 응답자는 합리



적 비용을 이유로 선택한 응답자가 많았다.

<Table 3> Respondents' awareness of existing means

Regular use between Incheon International Airport and Incheon Gil Hospital	Number of responses (Percentage)
Regular use (Round trip or layover at least 3 times a week)	28 (3.5%)
No regular use	779 (96.5%)
Preferred public transport means when using public transportation between Incheon International Airport and Incheon Gil Hospital	Number of responses (Percentage)
Bus (Transit bus, express bus, red bus, M bus etc.)	267 (33.0%)
Taxi (Compact, small, medium, large, deluxe taxi etc.)	48 (5.9%)
Urban railway (Incheon Urban Railway Lines 1 and 2, Incheon Airport Maglev Railway, etc.)	492 (60.1%)
If using public transportation between Incheon International Airport and Incheon Gil Hospital, what is the reason for your preferred public transport?	Number of responses (Percentage)
It is quick (speed)	240 (29.8%)
It is not delayed often (punctuality)	311 (38.5%)
Reasonable cost	202 (25.0%)
Ride quality	54 (6.7%)

## 2. 선호의식 조사 결과

본 연구에서 선호의식 조사를 위하여 기존 교통수단별 통행비용, 통행시간(차내 이동시간, 차외시간)은 네 이버지도에서 인천국제공항~길병원 구간에 대해 검색하여 평균 값을 산출하였으며, 도심항공교통(UAM)은 K-UAM 기술로드맵에서 제시한 단계별 주행속도, 운임요금에 대한 계획안을 토대로 산출하였다. 선호의식 설문문을 위해 구성한 각 수단별 통행비용, 통행시간 시나리오와 응답자의 선택비율은 아래 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Result of SP servey

	traffic mode	travel cost (won)	total travel time (min)	in-vehicle time (min)	out-of-vehicle time (min)	# of responses (percentage)
1-1	UAM	75,000	40	10	30	37 (4.6)
	bus	1,650	70	60	10	442 (54.8)
	taxi	30,500	40	36	4	80 (9.9)
	railway	3,850	80	62	18	248 (30.7)
1-2	traffic mode	travel cost (won)	total travel time (min)	in-vehicle time (min)	out-of-vehicle time (min)	# of responses (percentage)
	UAM	75,000	16.25	6.2 min.	10	61 (7.6)
	bus	1,650	70	60 min.	10	442 (54.8)
	taxi	30,500	40	36 min.	4	64 (7.9)
	railway	3,850	80	62 min.	18	240 (29.7)

	traffic mode	travel cost (won)	total travel time (min)	in-vehicle time (min)	out-of-vehicle time (min)	# of responses (percentage)
	1-3	UAM	75,000	10	5	5
bus		1,650	70	60	10	434 (53.8)
taxi		30,500	40	36	4	80 (9.9)
railway		3,850	80	62	18	224 (27.8)
	traffic mode	travel cost (won)	total travel time (min)	in-vehicle time (min)	out-of-vehicle time (min)	# of responses (percentage)
	1-4	UAM	50,000	40	10	30
bus		1,650	70	60	10	466 (57.7)
taxi		30,500	40	36	4	72 (8.9)
railway		3,850	80	62	18	216 (26.8)
	traffic mode	travel cost (won)	total travel time (min)	in-vehicle time (min)	out-of-vehicle time (min)	# of responses (percentage)
	1-5	UAM	50,000	16.25	6.25	10
bus		1,650	70	60	10	418 (51.8)
taxi		30,500	40	36	4	96 (11.9)
railway		3,850	80	62	18	224 (27.8)
	traffic mode	travel cost (won)	total travel time (min)	in-vehicle time (min)	out-of-vehicle time (min)	# of responses (percentage)
	1-6	UAM	50,000	10	5	5
bus		1,650	70	60	10	442 (54.8)
taxi		30,500	40	36	4	64 (7.9)
railway		3,850	80	62	18	192 (23.8)
	traffic mode	travel cost (won)	total travel time (min)	in-vehicle time (min)	out-of-vehicle time (min)	# of responses (percentage)
	1-7	UAM	32,500	40	10	30
bus		1,650	70	60	10	466 (57.7)
taxi		30,500	40	36	4	48 (6.0)
railway		3,850	80	62	18	200 (24.8)
	traffic mode	travel cost (won)	total travel time (min)	in-vehicle time (min)	out-of-vehicle time (min)	# of responses (percentage)
	1-8	UAM	32,500	16.25	6.25	10
bus		1,650	70	60	10	426 (52.8)
taxi		30,500	40	36	4	0 (0.0)
railway		3,850	80	62	18	208 ((25.8)
	traffic mode	travel cost (won)	total travel time (min)	in-vehicle time (min)	out-of-vehicle time (min)	# of responses (percentage)
	1-9	UAM	32,500	10	5	5
bus		1,650	70	60	10	402 (49.8)
taxi		30,500	40	36	4	16 (2.0)
railway		3,850	80	62	18	200 (24.8)

다만, <Table 4>는 선호도 설문 응답자 807명의 응답비율을 그대로 나타냈으며, <Table 5>의 효용함수 모형을 구축시에는 선호도 설문 응답지 중에서 수단 선택에 대한 일관성이 모순이 되거나 이상치로 보이는 응답표본수는 제거하였다. 설문 결과 도심항공교통(UAM)의 선택비율은 통행비용이 저렴할수록, 통행시간이 짧을수록 높아지는 패턴을 보였다. 통행시간이 40분에서 10분으로 줄어들게 되면 통행비용이 75,000원인 경우 4.6%에서 8.5%로 1.85배 늘어났으며, 통행비용이 50,000원인 경우 6.6%에서 13.5%로 약2배, 통행비용이 32,500원인 경우 11.5%에서 23.4%로 약2배 증가하는 것으로 나타났다.

### 3. 모형 추정 결과

인천광역시민 대중교통 이용자 807명의 4,275개 관측값을 대상으로 실시한 선호의식 조사 결과를 LimDep with Nlogit 프로그램을 이용하여 수단선택 로짓모형을 분석하였다. 로짓모형을 추정하기 위한 효용함수 구축 결과는 아래 <Table 5>와 같다. 본 연구에서 추정된 모형의 계수 값을 살펴보면 차내 통행시간의 경우 -3.4929, 차외 통행시간의 경우 -0.1274, 통행비용(천원)의 경우 -0.06415로 모두 음(-)의 값을 나타낸다. 이는 통행시간(차 내 시간, 차 외 시간)과 통행비용이 증가할수록 통행자의 선택 효용은 낮아진다는 의미로 해석되어 현실과 부합한다고 해석할 수 있다. 다만 버스의 대안특성 상수가 t-value 값이 1.96보다 작아 유의확률 95% 수준을 만족하지 못하고, 90% 수준을 만족하는 것으로 나타났다. 그 외에 통행비용(원), 차내시간(분), 차외시간(분) 변수와 UAM 대안특성상수, 택시 대안특성상수의 t-value의 절대치가 1.96을 초과하므로 선택 확률에 95% 유의확률로 영향을 주는 요인으로 해석할 수 있다.

<Table 5> Results of constructing utility function

Classification	Coefficient	t-value	Standard deviation
In-vehicle time (min)	-3.4929	-3.5477***	0.0000014
Out-of-vehicle time (min)	-0.1274	-2.1147**	0.000345
Travel cost (thousand won)	-0.06415	-15.1491***	0.003019
UAM alternative characteristic constant	-4.5245	-2.0217***	0.12445
BUS alternative characteristic constant	0.2354	-1.975*	1.02144
TAXI alternative characteristic constant	-1.7893	-2.4732***	1.45772
L(0) : Likelihood with zero(no) coefficient		-4,102.24	
L( $\beta$ ) : Final value of likelihood		-3,647.35	
$\rho^2$		0.2014	
$-\rho^2$		0.1967	
# of Observation		4,275	
Time value (KRW/hour)		56,428	

note : \*, \*\*, \*\*\*, represents the significant level of 10%, 5% and 1% respectively.

확률선택 모형의 적합도는 우도비(Likelihood ratio index,  $\rho^2$ )가 사용되는데 일반적으로 0.2-0.4 사이의 값을 가지면 아주 좋은 적합도를 갖는 것으로 평가할 수 있다(McFadden, 1976). 그러나 조사자료의 대안간 분담율에 대한 설명력과 상관없이 그 값이 달라질 수 있기 때문에 우도비 값을 일률적으로 평가하는 것은 문제가 있을 수 있다(Otuzar and Williamsen, 1995). 일반적으로 동일한 표본자료에 대하여 효용 함수에 변수가

새롭게 추가될 때 마다 우도비  $\rho^2$ 의 값은 증가하게 된다. 이러한  $\rho^2$ 의 결점을 보완하기 위해서  $\overline{\rho^2}$  (adjusted likelihood ratio index)를 사용한다. 본 연구에서 추정된 모형의 경우  $L(0)$ 는 -4,102.24,  $L(\hat{\beta})$ 는 -3,647.35의 값을 가지고 우도비  $\rho^2$ 의 값은 0.2014의 값을 갖는다. 수정 우도비  $\overline{\rho^2}$ 의 값은 0.1936이다.

효용함수를 토대로 도심항공교통(UAM)이 도입되기 이전 수단분담율과 UAM 도입 초기 통행비용이 75,000원일 경우, 성장기에 통행비용이 50,000원일 경우, 성숙기 통행비용 32,500원일 경우 수단분담율을 각각 추정하였으며, 그 결과는 다음 표6과 같다.

UAM도입 전 수단별 통행량과 비율은 인천공항(운서, 영종동) - 인천광역시(강화군, 옹진군 제외)의 택시, 버스, 지하철/철도 통행 O/D 자료(KTDB 2020 배포자료, 내부통행량 제외)를 활용하여 인천공항과 인천광역시 통행량을 기준으로 수단분담율을 산출하였다.

도심항공교통(UAM) 도입 초기, UAM 통행비용이 75,000원일 경우 수단분담율 값은 미시행인 경우와 비교하였을 때, 통행량은 약 0.08% 증가하는데 그치고 있어 큰 차이가 없다. 따라서 UAM 통행비용으로 75,000원은 이용자들이 매우 비싸 이용할 가치가 낮다고 생각하는 것으로 판단할 수 있다. 도심항공교통(UAM) 도입 성장기로 UAM 통행비용이 50,000원으로 낮아진 경우 수단분담율은 UAM 통행비용이 75,000원인 경우와 비교하였을 때, 약 6.5배 증가(0.08%→0.52%)하는 것으로 나타났다. 다만 전체 이용자에서의 점유 비율은 매우 미비한 수치라고 볼 수 있다. 도심항공교통(UAM) 도입 성숙기인 UAM 통행비용이 32,500원으로 낮아질 경우 수단분담율은 UAM 통행비용이 75,000원인 경우와 비교하였을 때, 약 21배 증가(0.08%→1.70%)하고, UAM 통행비용이 50,000원일 경우와 비교하였을 때, 약 3.3배 증가(0.52%→1.70%)하는 것으로 나타났다.

<Table 6> Estimated means-distribution ratio results by means

Classification	Estimated means-distribution ratio							
	Before adopting UAM		Early stages in UAM adoption (Toll cost 75,000 won)		Growth stages in UAM adoption (Toll cost 50,000 won)		Mature stages in UAM adoption (Toll cost 32,500 won)	
	Traffic	Distribution ratio	Traffic	Distribution ratio	Traffic	Distribution ratio	Traffic	Distribution ratio
UAM	0	0.00%	7	0.08%	46	0.52%	153	1.70%
BUS	5,294	58.97%	5,290	58.92%	5,267	58.66%	5,204	57.96%
TAXI	450	5.01%	449	5.00%	447	4.98%	442	4.92%
railway	3,235	36.03%	3,232	36.00%	3,218	35.84%	3,179	35.41%
Total	8,978		8,978		8,978		8,978	

효용함수 모형을 통해서 시간가치를 추정할 수 있는데, 시간가치는 1단위의 운송시간을 줄이기 위하여 희생할 용의가 있는 금전비용을 의미한다. 본 연구에서는 통행 시간 1시간을 절약하기 위해 통행자가 어떤 대안을 선택할 경우 추가 금액 지불의사를 추정하는 한계대체율법으로 시간가치를 추정해 보았다. 통행 효용함수의 정의는 다음과 같으며, 시간가치는  $\beta_2 / \beta_1$  으로 계산할 수 있다.

$$U(c,t) = \beta_0 + \beta_1 \text{cost} + \beta_2 \text{time}, \text{ 여기서, } \beta_0 \text{는 상수, } \beta_1, \beta_2 \text{는 효용함수의 계수}$$

본 연구에서 선호의식 조사를 통해 추정된 모형으로 산출한 시간가치는 56,428원/시 로 나타났다. 이는 2021년 평균 시간가치는 승용차 19,380원으로 약2.9배가 높은 것으로 나타난 수치다. 이는 설문조사 대상자들이 선호조사의 출발/도착지가 인천공항이라는 점으로 인해 통행목적은 여행, 출장 등의 목적으로 인식한 결과라고 볼 수 있다. 또한 UAM이라는 신규 교통수단에 대한 기대심리도 반영이 되어 기존 수단에 비해 시

간가치가 높게 산출된 것으로 보인다. 그러나 국외의 통행시간 가치를 비교해 보면 호주 NSW(58,506원), 호주(51,253원), 영국(56,261원), 프랑스(50,778원) 스위스(41,591원), 미국(28,298원) 등의 값을 보이고 있어(Kim et al., 2017) 적절한 것으로 판단된다.

## V. 결 론

지상교통 혼잡을 해결하기 위해 새로운 친환경 교통수단으로 대두되고 있는 도심항공교통(UAM)은 아직 현실화되지 않은 미래 교통수단으로 시장 조성 등 상용화 이전에 가상의 교통수단에 대한 선호도 조사를 할 필요성이 있다. 본 연구는 도심항공교통(UAM)이라는 새로운 교통수단에 대해서 이용자 선호도를 승용차가 아닌 버스, 도시철도, 택시 수단과의 비교가 목적이다. 도심항공교통(UAM)에 대한 선호도 조사를 위해서 본 연구에서는 인천광역시 대중교통 이용자를 대상으로 도심항공교통(UAM) 버티포트 구축 예정지인 인천국제공항부터 인천 길병원까지의 UAM 실증노선 구간을 대상구간으로 하여 선호의식(SP)조사를 실시하였다. 인천광역시 대중교통 이용자 807명을 대상으로 도심항공교통(UAM) 도입 초기, 성장기, 성숙기로 구분하여 시기별 통행시간, 통행비용을 달리하여 선호의식(SP)조사를 실시한 결과로 수단선택모형을 추정하였다. 그리고 구축된 수단선택모형을 활용하여 통행에 대한 시간가치를 분석한 결과 56,428원/시로 나타났고, 모형에서 통행비용(원), 차내시간(분), 차외시간(분)에 대한 탄력성 분석 결과 본 모형에서 도심항공교통(UAM) 분담율에 미치는 영향은 통행비용(원), 차내시간(분), 차외시간(분) 순서인 것으로 나타났고, 통행비용(원)이 증가할 때 보다 감소할 때 미치는 영향이 크게 나타났다. 통행비용이 75,000원인 경우, UAM의 수단분담율 0.08%로 UAM이 도입되기 이전과 큰 차이를 보이지는 않았다. 통행비용이 50,000원인 경우 수단분담율은 75,000원인 경우보다 약 6.5배가 증가한 0.52%를 차지하는 것으로 나타났다. 그러나 역시 다른 수단분담율에 영향을 미치는 정도는 아닌 것으로 판단된다. 통행비용이 32,500원인 경우, UAM의 수단분담율은 약 1.70%로 통행비용이 50,000원인 경우보다 약 3.3배 증가하고, 통행비용이 75,000원인 경우보다는 약 21배 증가하는 것으로 나타났다. 인천공항에서 인천 길병원 노선에서 전체 통행량의 약 1.7% 정도를 차지하는 것은 택시와의 경쟁력을 갖출 수 있는 요금수준이라고 판단할 수 있으며, 다만 총 통행시간이 택시에 비해서 절반 이상 줄어들어야 수단 전환이 일어날 것으로 보인다. 이용자들은 새로운 수단에 대한 안전성 우려와 기존 이용 수단을 선호하는 경향 등을 고려할 때, 통행시간 감소와 함께 경쟁수단의 요금과 유사한 수준으로 서비스를 향상시키는 방안을 마련해야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 UAM 도입 실증노선 중 하나인 인천공항과 인천 길병원 노선에 대한 수단선택 선호도를 조사하였으며, 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. UAM의 경우 장기적으로 활성화된 사니라오 에서도 버티포트의 입지는 주요 중심지로 제한되고, 상대적으로 매우 높은 운임수준을 갖고, 버티포트의 운영요량의 제약이 최대 이용객수에도 제약이 있을 것으로 예상이 된다. 이러한 다양한 제약으로 인해서 이용대상의 제약이 있을 것으로 예상되지만 타 교통수단과의 수단분담율을 전통적인 방법으로 비교하는 것이 합리적인지는 충분한 검토가 더욱 필요할 것으로 보인다. 특히, 통행특성별 이용자 그룹을 분류하는 방식으로 수단선택 모형을 추정하여 보완할 필요가 있다. 또한 가장 통행량이 많은 승용차 이용자에 대하여 설문조사를 실시하지 않아 분석에서 제외되었다. K-UAM 로드맵에서 UAM은 중장거리 택시·승용차 이용자가 주요 전환 대상자로 예상한 만큼 승용차 이용자의 수단전환율도 분석할 필요가 있다.

## REFERENCES

- Bradley, M. A. and Kroes, E.(1990), “Forecasting issues in stated preference survey research”, *Paper Presented at the 3rd International Conference on Survey Methods in Transportation Washington D.C.*
- Choi, J. H., Park, Y. H. and Jeon, I. S.(2021), “A study on the cost of fare for UAM(Urban Air Mobility) Airport Shuttle Service”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 39, no. 5, pp.593-605.
- Incheon Metropolitan City(2022), *2040 Incheon Metropolitan City Basic Plan.*
- Kim, G. S. and Cho, H. J.(2006), *SP Investigation Design and Analysis Methodology*, Boseonggak.
- Kim, I. K., Han, G. S. and Bang, H. J.(2006), “Suggesting a demand forecasting technique explicitly considering transfers in light rail transit project analysis”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 24, no. 3, pp.197-205.
- Kim, K. H., Lee, J. H. and Yun, I. S.(2017), “Calculation of travel time values in Seoul metropolitan area considering unique travel patterns”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 35, no. 6, pp.481-498.
- Lee, J. H.(2009), *Analysis of forecasting transit demand considering various fare system*, University of Seoul.
- McFadden, D.(1976), The theory and practice of disaggregate demand forecasting for various modes of urban transportation, *Working Paper*, No. 7623.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport et al.(2021), *Roadmap of K-UAM.*
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2021a), *K-UAM Grand Challenge Operation Plan.*
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2021b), *Public Transportation Status Survey.*
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2021c), *Technical Roadmap of K-UAM.*
- Ortuzar, J. and Willumsen, L.(1995), *Modelling Transport* (2nd ed.).
- Park, S. W. and Kim, M. H.(2022), “A Study on the Future Modal Shift of UAM Passenger Service”, *Journal the Korea Institute of Communication Science*, vol. 39, no. 3, pp.55-60.
- Shin, S. J.(2008), *Development of freight mode choice model using SP data*, University of Seoul.
- Son, S. H., Choi, K. J. and Yoo, J. H.(2007), “An estimation of generalized cost for transit assignment”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 25, no. 2, pp.121-132.
- UAM Team Korea(2021), *K-UAM Operation Concept Ver.1.0.*