

공유창고 신규 입지선정을 위한 평가기준 도출 및 의사결정 분석*

이평수^{1**} · 박수훈² · 유승호^{3***}

¹(경기대학교 경영학과), ²(남경심계대학 경영학과), ³(한양대학교 산업융합학부)

Development of Evaluation Criteria and Analysis for Selecting New Location of Self Storage

Pyoungsoo Lee^{1**} · Soohoon Park² · Seung Ho Yoo^{3***}

¹Department of Business Administration, Kyonggi University,

²College of Auditing and Evaluation, Nanjing Audit University,

³Division of Interdisciplinary Industrial Studies, Hanyang University

Abstract

This study proposes an integrated model that combines literature research, Delphi method, and multi-criteria decision making method to solve the self-storage facility location selection problem. Through the three round of the Delphi method, experts' opinions were integrated and consensus was reached, and as a result, seven location evaluation criteria were derived. In addition, evaluation analysis using TOPSIS was performed under group decisions, where the ratings of various alternative locations under different attributes and the importance weights of all attributes are assessed in linguistic values represented by fuzzy numbers. The concepts of objective weight and subjective weight were used at the same time, and additional analysis was performed to confirm the influence of these weights on the results.

Keywords: self-storage, location selection, multi-criteria decision-making(MCDM), TOPSIS

1. 서론

공유창고(Self Storage)는 고객에게 물건을 보관 할 수 있는 공간을 직접 임대해 주는 서비스로, 보통 단기적인 기간을 기준으로 서비스를 제공하는 새로운 서비스업을 의미한다. 세계 경제발전예 따른 가계소비 증가와 기업규모 증가로 도시지역의 물리적 공간에 대한 수요가 증가함에 따라 미국, 영국, 일본 등 선진국을 중심으로 공유창고 서비스 산업이 크게 성장하고 있다. 미국 공유창고 협회 (Self Storage Association, 2015)에 따르면 최근 40년간 미국 상업용 부동산 산업에서 공유창고가 가장 빠르게 성장하는 부문 중 하나

인 것으로 나타났다. 2013년 약 240억 달러의 매출을 기록하던 미국의 공유창고 산업은 2019년 60%이상 증가한 약 390억 달러의 매출을 기록하였으며, 총 가구 수의 약 9.4%가 공유창고를 사용하고 있다(Mordor Intelligence, 2019). 유럽의 경우 영국, 프랑스, 네덜란드가 공유창고 산업을 주도 하고 있으며 2019년 산업 매출액은 31억 유로로 2013년 10억 유로에 비해 비약적으로 성장한 모습을 보이고 있다 (FEDESSA, 2018; Neighbor, 2020).

공유창고는 기존의 대규모 물류창고와 달리, 주로 주요 도시의 중심부에 위치하고 있으며 기업과 개인에게 유연한 가격 정책 및 임대 조건을 제공한다는 특징을 갖고 있다. 즉,

논문접수일: 2020. 10. 01

게재확정일: 2021. 01. 12

* 이 논문은 한양대학교 교내연구지원사업으로 연구되었음(HY-2019년도).

** 주저자: pyoungsoo@kgu.ac.kr

*** 교신저자: shoyoo@hanyang.ac.kr

공유창고의 주요 고객은 밀집도 높은 도시에 거주하면서 공간의 부족으로 주거지 근처에 추가적인 창고를 원하는 개인들이라고 할 수 있다. 이러한 고객집단 외에도 도심지역에서의 긴급주문에 대응해야하는 기업들이나 도심 사무실의 업무환경을 위해 재고 및 서류/사무용품 등을 보관할 장소가 부족한 기업들도 공유창고의 주요한 고객으로 분류되고 있다. 공유창고는 이러한 고객들에게 도심 접근성 측면에서 높은 편의를 제공하고, 온도/습도 제어장치 및 보안 시스템 등을 갖춘 공간을 대여하는 차별화된 서비스를 제공한다.

국내에서는 다른 선진국에 비해 늦게 이 사업모델이 도입되었지만, 국내 업체들은 국내 시장에 더 적합한 형태로 서비스를 개발하고 있으며, 서울을 비롯한 대도시 주변으로 지점을 적극적으로 확장하고 있다. 이러한 상황에서 기업들은 신규 지점의 최적 장소를 찾기 위해 노력하고 있다. 국내 공유창고 업체들은 대부분 중소기업이기 때문에 자본력의 부족으로 이러한 자본집약적 결정을 내리는 데에 신중을 기해야 한다. 실제적으로 활용할 수 있는 정보와 기업 내부에 축적된 지식의 부족으로 인해 이러한 의사결정을 더욱 어려운 과제가 되고 있다. 또한, 신규 지점의 평가 및 결정에 활용할 수 있는 평가 기준이 될 만한 요인을 식별하거나 의사결정 프레임워크를 제공하는 데에는 학문적인 관심이 거의 없는 상황이다. 이러한 환경에서 적절한 의사결정을 지원하기 위해서는 서로 다른 영역의 관련 전문가들의 지식과 경험을 통합하는 방법이 요구된다.

의사결정 기법을 적용하기 전에 평가 기준의 선정이 선행되어야 하며, 이것은 의사결정에 있어 매우 중요한 과제가 된다. 그러나 공유창고와 같은 신생 산업의 경우 시설 입지 선정을 위한 축적된 지식의 부족은 물론, 학문적 기반 역할을 할 선행 연구의 부족으로 인해 어려움이 따른다. 선행연구가 부족하고 구성원 또는 복수의 의사결정자들의 합의가 도출되기 어려운 상황에서 델파이 조사기법은 효과적인 도구가 된다(Dalkey & Helmer, 1963; Okoli & Pawlowski, 2004). 따라서 델파이법을 통한 전문가들의 의견 수렴과 도출된 평가기준에 근거한 의사결정 지원 프레임워크가 필요하다고 할 수 있다.

다기준 의사결정(Multi-Criteria Decision-Making, 이하 MCDM)은 경영과학 방법론 중 하나로써 의사결정자와 분석자들에게 다양한 의사결정 문제에 적합한 광범위한 방법론을 제공한다(Hwang & Yoon, 1981; Ehrgott, 2005; Zavadskas & Turskis, 2011). MCDM의 목표는 미리 정의된 평가기준에 기초한 선택 가능한 대안들로부터 가장 바람직한 대안을 식별해 내는 것이다. 지난 수십 년 동안, 많은 학자들이 새로운 MCDM 기법들을 개발해 실제 사례에 적용해왔다. 개발된 방법론들과 그 적용에 대한 많은 연구들은 Kahraman (2008), Zavadskas and Turskis (2011), Zavadskas,

Turskis, & Kildienė (2014) 등의 연구를 참고할 수 있다. 문헌에 따르면 가장 대표적인 MCDM기법의 적용분야 중 하나가 시설 입지선정 문제 (facility location selection problem)이며, 다양한 세부 기법을 통해 연구되었다(Bhatia, Dora, & Jakhar, 2019; Farahani, SteadieSeifi, & Asgari, 2010; Rao, Goh, Zhao, & Zheng, 2015). 기본적으로 공유창고 입지선정은 일반적인 시설 입지선정 문제의 특수한 사례로 간주할 수 있다. 따라서 이 연구에서 최적 공유창고 입지를 선택하기 위해 MCDM 기법을 활용하기로 한다.

이 연구에 활용하는 MCDM기법은 Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (이하 TOPSIS)이며, 이 기법은 각 대안들의 평가 점수와 이상해(ideal solution)간의 거리 개념을 사용하여 최적 대안을 도출한다. 구체적으로는 Positive ideal solution(PIS)로부터는 가장 가까운 거리에 있고, Negative ideal solution(NIS)로부터는 가장 먼 거리에 있는 대안이 최적 대안으로 선택되도록 하는 기법이다. TOPSIS는 각 대안의 상대적 평가점수를 측정할 수 있는 간단하고 의사결정자가 이해하기 쉬운 논리구조를 갖고 있으며, 우수한 연산 효율을 갖기 때문에 가장 효과적인 MCDM기법 중 하나로 알려져 있다. 또한 TOPSIS는 비교적 단순한 수학적 특성을 사용하기 때문에 다른 수학적 이론과 결합하여 활용하기도 쉽다는 장점을 갖는다.

의사결정 상황에서는 일반적으로 복수의 의사결정자가 참여하게 된다. 각 평가기준과 대안에 대한 평가는 서로 다른 의사결정자의 인식과 선호에서 도출되므로, 결과적으로 이 문제는 불확실성에 노출되게 된다. 최근에는 불확실한 환경에서 MCDM문제를 해결하기 위해 퍼지이론에 기반한 방법론이 활용되고 있다(Chan & Prakash, 2012; Chou & Cheng, 2012; Karsak & Dursun, 2015; Kuo, 2012; Liu, 2011). 의사결정자가 평가기준이나 대안에 대해 갖게 되는 주관적인 판단은 대개 언어적(linguistic) 변수의 특성의 띠게 되고, 이러한 주관적인 선호를 갖는 의사결정자가 복수가 되면 이 의사결정 문제를 해결하기 어렵기 때문이다. 따라서 퍼지 집합 이론과 MCDM기법의 결합은 다수의 의사결정자들이 주관적 판단에 의해 대안 평가를 하는 경우 적절한 해결책이 될 수 있다(Wang & Lee, 2009).

MCDM기법에서의 최적화 결과는 가중치에 크게 의존하기 때문에 가중치를 결정하고 활용하는 것은 매우 중요한 학제이다. 퍼지 TOPSIS에서 평가기준의 가중치는 전통적인 TOPSIS에서와 같이 본질적으로 주관적이다. 또한 여러 의사결정자가 있는 상황에서 기준에 대한 합의가 항상 달성되는 것은 아니다. 따라서 의사결정 모형에 내재된 주관성을 완화시키기 위해 객관적 가중치의 개념이 활용될 수 있다

(Deng, Yeh, & Willis, 2000).

본 연구는 문헌연구와 델파이 조사법, 그리고 MCDM 모형인 TOPSIS를 결합하는 의사결정 프레임워크를 제시하고, 사례 데이터를 통해 분석한 결과를 보여주고자 한다. 2절에서는 관련 선행연구를 탐색하고 3절에서 구체적인 분석 방법론에 대해 설명한다. 4절을 통해 분석결과를 제시하고, 5절에서 연구의 시사점 및 한계점을 제시한다.

II. 이론적 배경 및 선행연구

2.1 공유창고 연구

공유창고(Self Storage)는 Self-service storage의 줄임말로 임대 사업자가 방, 사물함, 컨테이너 등의 공간을 기업 또는 개인 고객에게 임대해주는 유형의 서비스를 의미한다. 일반적인 창고에 비해 고객들의 계약기간이 유연하여 단기계약 고객이 많고, 고객별로 대여공간 규모에도 차이가 크다는 특성을 갖는다. 또한 개인고객의 비율이 상당히 크다는 점이 일반 창고와 구별되는 특성으로 알려져 있다. 서론에서 기술한 바와 같이 국내에서의 공유창고 서비스 산업은 다른 선진국들에 비해 늦게 성장하기 시작했고, 이러한 이유로 이에 대한 학술적 연구는 거의 이루어지지 않았다. 최근 국제저명학술지를 중심으로 공유창고에 대한 연구가 보고되고 있다. 주요 공유창고 관련 연구들은 공유창고가 일반적인 창고와 다른 특성을 갖고 있고, 산업의 성장이 빠르게 이루어지고 있기 때문에 관심을 받고 있다. Chen, Li, and Wang (2019)은 공유창고의 동적 가격 결정에 대한 요인 설계 및 전략에 대한 연구를 수행하였고, Gong, de Koster, Frenk, and Gabor (2013)은 수익 최대화를 위한 공유창고 대여 공간 설계에 대한 연구를 수행하였다. 또한 Zhang, Zhou, de Koster, and van de Velde (2016)은 수익 최대화를 위한 공유창고 주문 일정 설계를 연구하였고, Zhou, Gong, & de Koster (2016)는 고객 선택 행동에 따른 공유창고 공간배치에

대한 유연설계 연구를 수행하였다. 이 연구들은 공유창고가 주로 단기간의 기간 동안 대여 된다는 점, 대여 기간 및 공간에 변동에 따라 가격이 달라진다는 점, 전통적 창고보다 유연한 시설 설계가 가능하다는 점과 같은 특성을 잘 드러내고 있다.

이상의 선행연구에서 발견할 수 있는 공유창고의 특성 외에도 공유창고는 전통적 창고와 시설의 입지 측면에서도 차이를 보인다. 공유창고의 주요 특징은 기존의 대규모 물류창고와 달리, 주로 주요 도시 중심부에 위치하고 있기 때문이다. 또한 이렇게 중심부에 위치하는 이유는 도시의 물리적 공간 포화로 인해, 물건을 적재하려는 공간을 찾는 수요가 늘어나고 있고, 대개 이 수요는 주거지 또는 기업으로부터 가까운 곳에 존재하기 때문이다. 그럼에도 불구하고 공유창고의 입지 선정문제에 대한 선행연구는 전혀 보고되고 있지 않고 있다.

따라서, 물류창고의 기본적 기능을 수행하고 있다는 점을 기초로 하여 다양한 물류창고입지 선정 기준을 선행연구를 통해 정리하고, 공유창고의 차별적 특성을 고려한 입지 선정 기준을 탐구하여 공유창고의 신규 지점 입지에 활용할 수 있는 기준과 그 평가 모형을 개발하고 적용하는 것은 매우 중요한 일이 된다. 또한 공유창고 뿐 아니라 새롭게 등장하고 있는 진화된 서비스 영역에서 신규 지점에 대한 평가 모형을 어떻게 개발하고 활용할 수 있는지에 대한 기초 자료로서의 역할을 하는 본 연구는 반드시 필요하다고 할 수 있다.

2.2 MCDM기법을 활용한 입지 선정

시설 입지 선정 문제는 공급망 설계와 관리에 있어 가장 중요한 결정 중 하나이다. Simchi-Levi et al. (2003)은 물류 네트워크 구조의 최적화를 위해 공장, 창고, 유통 센터 및 소매점 등의 시설을 전략적으로 배치하여 공급망 성과와 수익성을 극대화해야 함을 역설하고 있다. 다양한 시설 입지 선정 문제에 대한 최근의 MCDM기법의 응용에 대한 연구를 <표 1>에 요약 제시하였다.

<표 1> MCDM기법의 입지 선정 문제에서의 적용

적용분야	선행연구
Plant	Chu (2002), Yong (2006)
Warehouse	Demirel, Demirel, & Kahraman (2010), Özcan, Çelebi, & Esnaf (2011), Ashrafzadeh, Rafiei, Isfahani, & Zare (2012), Dey, Bairagi, Sarkar, & Sanyal (2016)
Transshipment	Onut & Soner (2008)
Factory	Ertugrul & Karakasoglu (2008), Çebi & Otay (2015)
Bank branch	Cinar & Ahiska (2010)
Restaurant location	Tzeng, Teng, Chen, & Opricovic (2002)
Waste treatment facilities	Erkut, Karagiannidis, Perkoulidis, & Tjandra (2008)
International facilities	Badri (1999)
Public facilities	Doerner, Gutjahr, & Nolz (2009)

그러나 공유참고 입지 선정을 위한 적절한 평가 기준과 의사결정 지원 모형은 전혀 연구되고 있지 않다. 신흥 산업에서 의사결정 지원 도구가 신속하게 마련되어야 한다는 측면을 고려할 때, 본 연구에 활용할 의사결정기준에 대한 이론적 탐색은 매우 중요하다. 따라서, 첫 단계에 해당하는 문헌 조사는 <표 1>에 제시된 것과 같은 입지선정 문제로부터 공유참고의 특성과 다른 분야와의 유사성을 근거로 연구에 활용할 평가기준의 초안을 마련하는데 중점을 두어야 한다.

III. 연구모형

3.1 델파이 조사

델파이 조사법은 전문가들의 의견을 수렴하여 합의를 도출하기 위한 방법 중 가장 잘 확립된 수단이다(Green, Hunter, & Moore, 1990; Linstone & Turroff, 1975). 주어진 주제나 질문에 관한 전문가의 개별적인 의견과 피드백을 합의를 위한 자료로 활용하고, 개인들에게 다른 견해를 수용할 수 있는 기회를 제공하게 된다. 더불어 스스로의 견해를 수정할 기회를 제공한다. 이러한 개인적인 의사표현이 익명성을 전제로 이루어진다는 점이 또 하나의 특징으로 알려져 있다(Steurer, 2011). 다양한 전문가의 의견을 완전히 추가할 수 있는 기회를 제공한다는 점에서 장점을 갖지만, 시간과 비용이 많이 소모되고 전문가의 응답에 불확실성과 모호성이 존재한다는 단점을 수반하기도 한다(Chang, Huang, & Lin, 2000). 이러한 특징을 갖는 델파이 조사법은 불확실 또는 불완전한 지식이 있는 많은 상황에 적합한 문제해결 방법으로 보고되어왔다(Okoli & Pawlowski, 2004; Skulmoski, Hartman, & Krahn, 2007).

본 연구에서는 평가기준에 대한 체계적 구조가 없는 상황에서 수정된 델파이 조사를 활용한다. 전술한 바와 같이, 공유참고의 입지 선정 문제는 학계에서 연구되지 않았기 때문에, 유사한 의사결정 문제를 다루는 문헌에서 관련 단서를 수집하여 구조화하는 첫 단계의 연구를 수행한 것이다. 이어서 문헌 분석을 통해 도출한 결과를 바탕으로 전문가의 의견을 활용하기 위해 델파이 조사법을 사용하도록 한다.

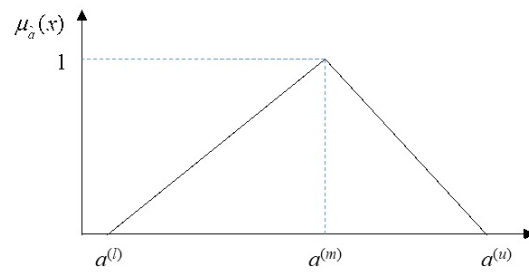
3.2 Fuzzy TOPSIS모형의 개발

Zadeh (1965)가 제시한 퍼지 집합 이론은 현상의 불확실성을 표현하는 집합 이론으로, 퍼지수(fuzzy numbers) 표현법을 활용하여 불확실한 상황을 나타내는 언어적 변수에 이에 대응하는 퍼지수 값을 집합 형태로 치환하여 분석을 용

이하게 한다. 따라서, 의사결정에서의 발생하는 평가기준에 대한 중요도 수준이나 대안에 대한 평가에도 이러한 퍼지수 표현이 유용하게 활용될 수 있다. 의사결정자의 판단 정보는 퍼지 집합 소속 함수(membership function)를 통해 표현될 수 있으며, 수학적으로는 아래 (식 1)을 참고할 수 있다.

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a^{(l)} \\ \frac{x - a^{(l)}}{a^{(m)} - a^{(l)}}, & a^{(l)} \leq x \leq a^{(m)} \\ \frac{a^{(u)} - x}{a^{(u)} - a^{(m)}}, & a^{(m)} \leq x \leq a^{(u)} \\ 0, & x > a^{(u)} \end{cases} \quad (\text{식 1})$$

즉, 퍼지집합 \tilde{a} 소속 함수 $\mu_{\tilde{a}}$ 를 통해 X 의 원소 x 는 삼각퍼지수 $[a^{(l)}, a^{(m)}, a^{(u)}]$ 와 같은 집합형태로 표현된다. 여기서 $a^{(l)}$ 와 $a^{(u)}$ 는 각각 퍼지수 \tilde{a} 의 상한과 하한값을 의미하여 $a^{(m)}$ 은 중간값을 말한다. 삼각퍼지수의 개념은 아래와 같은 <그림 1>을 통해 이해할 수 있다.



<그림 1> 삼각 퍼지수와 소속함수의 이해 예시

본 연구에서는 퍼지 집합 이론을 활용한 TOPSIS기법인 퍼지 TOPSIS를 활용한다. Hwang and Yoon (1981)이 고안한 TOPSIS는 대표적인 MCDM기법 중 하나로써 광범위한 응용 분야에 적용되어 왔다(Zavadskas et al., 2014; Zyoued & Fuchs-Hanusch, 2017). TOPSIS는 최적 대안이 PIS로부터는 가장 가까운 거리에, NIS로부터는 가장 멀리 존재한다는 개념에 기초하는 방법론이다. 퍼지 TOPSIS는 의사결정 행렬의 요소들을 모두 삼각퍼지수로 표현하면서 계산을 수행한다. 퍼지수를 이용한 의사결정 행렬의 구성은 불확실한 정보가 존재하는 상황에서 아주 유용한 방법이 될 수 있다(Zhao & Guo, 2014; Cavallaro, 2010).

본 연구에서는 Shannon의 엔트로피 가중치를 퍼지이론과 함께 활용하여 의사결정을 지원하는 MCDM모형을 제시한다. 엔트로피는 주어진 자료사이의 불일치의 정도를 측정하는 척도로서, 의사결정자들의 언어적 표현에 대한 불일치 정도를 측정하여 가중치를 결정하는 데에 활용된다, 이때 구해진 가중치는 자료 자체에 근거하여 도출된다는 성질로 인해 객관적 가중

치로 알려져 있다. 선행연구들은 객관적 가중치를 활용할 경우 MCDM기법의 활용도가 다양해질 수 있음을 제시하고 있다 (Deng et al., 2000; Wang & Lee, 2009; Shemshadi, Shirazi, Toreihi, & Tarokh, 2011). 특히, Deng et al. (2000)과 Wang and Lee (2009)의 연구는 Shannon의 엔트로피 가중치를 통해 퍼지 MCDM의 주관적 속성이 완화될 수 있음을 보여주었다.

본 연구에서 활용하는 구체적인 퍼지 TOPSIS 방법을 아래에 제시한다.

Step 1: 의사결정 환경의 확인

K 명의 의사결정자 $D_k = \{D_1, D_2, \dots, D_K\}$ 가 n 개의 평가기준 $C_j = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 으로 m 개의 대안 $A_i = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ 을 평가하는 의사결정 상황에서 각 의사결정자의 대안에 대한 평가는 퍼지 집합 $\tilde{x}_{ijk} = (a_{ijk}^{(l)}, a_{ijk}^{(m)}, a_{ijk}^{(u)})$ 으로 정의된다. 대안 평가를 위해 사용되는 언어적 변수의 퍼지수 변환은 <표 2>를 따른다. 같은 방식으로 의사결정자 k 의 j 평가기준에 대한 중요도를 의미하는 가중치는 $\tilde{w}_{ijk} = (w_{ijk}^{(l)}, w_{ijk}^{(m)}, w_{ijk}^{(u)})$ 로 정의된다. 대안평가와 유사한 방식으로 평가기준에 대한 중요도 평가는 <표 3>의 변환을 통해 이루어지며, 각 기준 별 평가점수와 평가기준에 대한 중요도는 각각 (식 2)와 (식 3)으로 정리된다.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K}(\tilde{x}_{ij1} \oplus \tilde{x}_{ij2} \oplus \dots \oplus \tilde{x}_{ijK}) \quad (식 2)$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K}(\tilde{w}_{j1} \oplus \tilde{w}_{j2} \oplus \dots \oplus \tilde{w}_{jK}) \quad (식 3)$$

<표 2> 대안평가를 위한 언어적 변수

언어변수	퍼지수
Very low (VL)	(0, 0, 0.2)
Low (L)	(0, 0.2, 0.4)
Good (G)	(0.3, 0.5, 0.7)
High (H)	(0.6, 0.8, 1)
Very high (VH)	(0.8, 1, 1)

<표 3> 평가기준 중요도 평가를 위한 언어적 변수

언어변수	퍼지수
Of little importance (LI)	(0, 0, 0.3)
Moderately important (MI)	(0, 0.3, 0.5)
Important (I)	(0.2, 0.5, 0.8)
Very important (VI)	(0.5, 0.7, 1)
Absolutely important (AI)	(0.7, 1, 1)

Step 2: 의사결정 행렬의 생성

의사결정 행렬은 (식 2)를 활용하여 아래와 같이 표현한다.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (식 4)$$

또한, (식 3)을 통해 계산된 각 기준에 대한 퍼지 가중치는 아래 (식 5)와 같이 정리하여 표현할 수 있다.

$$\tilde{w} = [\tilde{w}_1 \quad \tilde{w}_2 \quad \dots \quad \tilde{w}_m] \quad (식 5)$$

Step 3. 의사결정 행렬의 정규화

Chen (2000)이 제시한 정규화 방식(linear scale transformation)에 따라 행렬의 각 요소들이 서로 비교 가능한 척도가 되도록 정규화를 수행한다. 정규화 행렬은 아래와 같이 정의된다.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (식 6)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \begin{cases} \left(\frac{a_{ij}^{(l)}}{a_j^+}, \frac{a_{ij}^{(m)}}{a_j^+}, \frac{a_{ij}^{(u)}}{a_j^+} \right), & a_j^+ = \max_i a_{ij}^{(u)} \\ \left(\frac{a_j^-}{a_{ij}^{(u)}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}^{(m)}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}^{(l)}} \right), & a_j^- = \min_i a_{ij}^{(l)} \end{cases} \quad (식 7)$$

Step 4. 성과행렬의 계산

정규화된 퍼지 행렬과 퍼지 가중치를 곱하여 가중화 된 정규화행렬을 구성한다.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \text{ where } \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \quad (식 8)$$

Step 5. 퍼지 PIS와 NIS 도출

퍼지 PIS와 NIS는 각각 아래의 (식 9)와 (식 10)을 통해 도출된다.

$$C^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+), \text{ where } \tilde{v}_j^+ = \max_i v_{ij}^{(u)} \quad (식 9)$$

$$C^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \text{ where } \tilde{v}_j^- = \min_i v_{ij}^{(l)} \quad (식 10)$$

Step 6. 각 대안의 퍼지 PIS와 NIS로부터의 거리 계산

두 퍼지수 사이의 거리를 구하기 위해 vertex method를 활용한다. 이 방법을 사용하는 경우, 두 퍼지수 \tilde{a} 와 \tilde{b} 사이의 거리 $d(\tilde{a}, \tilde{b})$ 는 (식 11)과 같은 방식으로 구해진다(Bojadziej & Bojadziej, 1995).

$$\sqrt{1/3[(a^{(l)} - b^{(l)})^2 + (a^{(m)} - b^{(m)})^2 + (a^{(u)} - b^{(u)})^2]} \quad (\text{식 11})$$

(식 11)을 통해 각 대안별로 퍼지 PIS와 NIS로부터 떨어진 거리를 산출할 수 있다. 일반적인 TOPSIS에서는 이 거리를 산출할 때 가중치의 개념을 사용하지 않는다. 이는 (식 8)에 표현된 의사결정 행렬에 이미 주관적 가중치의 개념이 내포되어 있기 때문이다. 본 연구에서는 객관적 가중치의 개념을 이 단계에 활용하여 가중화 된 거리를 계산한다. 다양한 객관적 가중치 측정도구 중 Shannon (2001)의 엔트로피 가중치를 이 단계에 활용하여 대안 별로 가중화된 유클리디언 거리를 측정한다.

Shannon의 엔트로피 가중치는 다음과 같은 방법으로 구해진다. 먼저, (식 12)와 같이 area center method를 활용하여 자료를 일반적인 자료(crisp data)의 형태로 변환하고 (Zhao & Govind, 1991), (식 13)을 이용하여 평가기준에 대한 의사결정 행렬을 정규화한다.

$$x_{ij} = \frac{[(a_{ij}^{(u)} - a_{ij}^{(l)}) + (a_{ij}^{(m)} - a_{ij}^{(l)})]}{3} + a_{ij}^{(l)} \quad (\text{식 12})$$

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (\text{식 13})$$

정규화된 p_{ij} 값을 이용하여 구해진 정보의 엔트로피 (E_j)와 객관적 가중치(w_j)는 각각 아래의 (식 14), (식 15)를 통해 구해진다.

$$E_j = -(\ln m)^{-1} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (\text{식 14})$$

$$w_j = \frac{1 - E_j}{n - \sum_{j=1}^n E_j} \quad (\text{식 15})$$

객관적 가중치를 활용하여 각 대안들에 대해 퍼지 PIS와 NIS로부터의 가중화된 거리는 각각 (식 16)과 (식 17)을 통해 도출된다.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n w_j d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad (\text{식 16})$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n w_j d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad (\text{식 17})$$

Step 7. 각 대안의 근접도 계수 도출 및 대안의 우선순위 결정

대안들의 우선순위를 도출하기 위해 상대적 근접도(CC)를 도출한다. 상대적 근접도는 각 대안이 퍼지 PIS와 NIS로부터 떨어진 거리를 비율의 형태로 표현한다.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (\text{식 18})$$

CC 값에 기반하여 대안들을 정리한다. 가장 높은 CC값을 갖는 대안이 최적대안으로 선정된다.

IV. 실증 분석

4.1 분석 대상

분석 대상 기업은 국내 셀프스토리지 서비스 제공 기업으로 하였다. 2019년 현재 서울을 중심으로 총 7개의 지점을 운영 중에 있는 이 기업은 지점마다 약간의 차이는 있으나, 1×1×1m, 0.8×0.6×2.3m, 1×1×2.3m, 1.3×1.3×2.3m, 2×2×2.3m 등의 다섯 개의 표준 공간을 제공하고, 지점에 따라 고객화된 형태의 공간을 마련하고 있다. 대상 고객은 개인과 법인을 포괄하고 있다.

이 기업은 공격적 시설 확장을 진행하고 있고 현재에도 추가 지점의 확장을 계획 중이다. 현재 대부분의 지점이 상업 및 인구 밀집지역인 강남구를 중심으로 반경 10km내에 위치하고 있으며, 이 전략에 기반한 확장을 계획 중이다. 신규 지점 선정의 후보지역들은 서울에서도 가장 부동산 가격이 높은 지역이기 때문에 신중한 의사결정이 필요하다. 기업의 실무진들은 내부 조사를 통해 입지 후보지역을 탐색하고 있지만, 정보의 부족으로 이에 어려움을 겪는다. 이 기업은 신규 지점 선정시에 후보 입지 탐색을 진행한 후 가장 유력한 대안을 3~5개로 범위를 좁혀놓은 상태에서 기업내부 회의를 통해 결정하고 있다. 대개 잠재적 대안이 되는 위치의 임대료, 계약 정보, 지리적 위치, 인구통계학적 자료 등을 취합하고 검토한다. 본 연구는 이러한 기업내부 조사를 바탕으로 결정된 입지 후보군 중 가장 나은 대안을 빠르게 결정할 수 있는 의사결정 기준과 의사결정 프레임워크를 설계하여 제공하기 위해 수행되었다. 본 연구에서는 입지평가를 위한 대안을 현재 사례 대상기업이 탐색 중인 4곳으로 설정하였다.

4.2 3 라운드 델파이 조사

공유창고 신규 시설의 입지 분석을 위해 활용되었던 선택 기준이 보고되고 있지 않으므로, 이 산업과 유사한 특성을 갖는 대상에 대한 선행연구를 참고하였다. 기본적으로 물류센터 입지(박진희, 문하연, 2016; 윤관호, 차영두, 여기태, 2017; 진무위, 이향숙, 2017; Min & Melachrinoudi, 1999; Alberto, 2000; MacCarthy & Atthirawong, 2003; Dey et

al., 2016), 도심 분배센터 입지(Awasthi, Chauhan, & Goyal, 2011), 서비스 시설 입지 (Lee & McCracken, 1982; Ordway, Bul, & Eakin, 1988)에 관한 선행 연구를 참고하였고. 또한 서비스 산업의 특성을 반영하기 위해 프랜차이즈 시설 입지 (이은용, 김문명, 2015; Park & Khan, 2006; Powers, 1997), 유통상점 입지(Cheng, Li, & Yu 2005; Kuo, Chi, & Kao, 2002; Burnaz & Topçu, 2006)에 관한 연구를 탐색하여 입지선정 기준에 대한 초안이 되는 20개의 선택기준을 설정하였다. 이어서 설정 기준을 축소하고 명확하게 다듬기위한 델파이 조사를 수행하였다. 전문가 집단의 구성은 크게 사례조사 대상기업의 관리자급 직원, 다양한 조직에서 분석 대상 기업을 지원하는 컨설턴트들, 그리고 대학 등의 학술 기관에 소속된 유관 학과 교수들로 구성한다. 활용할 전문가의 수는 총 10명으로 구성하였으며, 인터뷰는 해당 분야의 실무자와 학계 학자들의 균형을 맞추기 위해 전문가들을 두 그룹으로 나눈 뒤 대면 면접 방식과 이메일 조사를 모두 활용하여 진행하였다. 1, 2 라운드 동안에는 대면 면접을, 3 라운드에서는 이메일 조사를 실시하였다. 총 4개월의 기간이 소요되었으며 1 라운드는 2019년 4월, 2 라운드는 5월~6월, 3라운드는 7월에 실시되었다.

1 라운드: 조사자는 인터뷰의 목적을 설명하고, 문헌 분석 결과를 바탕으로 심층적인 인터뷰를 실시하였다. 1 라운드의 인터뷰 대상은 사례조사 대상기업의 관리자급 직원 2명과 컨설턴트 1명으로 설정하고 실무적 지식을 반영하였다. 조사자는 반복적으로 질문을 제시하고 의견을 수렴하는 상호작용을 통해 평가기준에 대한 이해를 높이고 오해를 방지하고자 하였다.

2 라운드: 1라운드 결과를 바탕으로 7명의 학계 전문가들을 인터뷰하여 결정 기준을 수정하였다. 전문가 집단은 입지선정과 관련한 프로젝트 경력이 있거나 연구 경력이 있는 생산운영전공과 마케팅전공의 대학교수 5인과 산업공학과 교수 2인으로 구성하였다. 평균 연구경력은 18.57년, 교수경력은 13.28년으로 나타났다. 조사자는 인터뷰의 취지를 설명하고 성실하게 협조할 것을 격려했다. 본 라운드에서는 포괄적으로 제시될 수 있는 평가기준들을 세분화하고, 평가기준의 명확한 정의를 위해 중복되거나 종속될 수 있는 기준들을 이론에 근거하여 수정하고 재구성하여 총 12개의 평가기준을 도출하였다. <표 4>를 통해 12개의 기준과 의미를 요약하였다.

3 라운드: 1 라운드와 2 라운드에 참여한 모든 전문가들에게 대안 평가의 최종 기준을 결정하고 선정된 기준에 대해 평가를 하도록 요청하였다. 선택된 모든 기준의 중요도에 대한 평가는 5점 리커트 척도로 이루어졌으며, 응답을 위해 1

개월 정도의 시간이 부여하였다. 각 기준 별로 내용 타당성 비율(Content Validity Ratio: 이하 CVR)을 계산하여 전문가들 간의 합의 정도를 정량화한다. 평가기준의 최종 결정은 Lawshe (1975, p. 568)가 제시한 기준을 활용하였다. 총 10명의 전문가를 활용한 조사이므로 Lawshe (1975)가 제시한 내용 타당성 기준에 따라 CVR의 기준값 0.62를 상회하는 7개의 평가기준을 최종적으로 선정하였으며, 평가기준에 대한 기초 통계량과 CVR 값을 <표 5>에 요약하였다. 사분위범위(Interquartile Range: 이하 IQR)는 평가에 대한 합의도를 측정하는 대표적인 도구로써 5점 척도로 측정된 경우 1보다 낮은 값을 보여야 합의가 잘 이루어진 것으로 판단한다(Heiko, 2012). 또한 응답의 안정성을 평가하는 지표인 변동계수(Coefficient of Variation: 이하 CoV)는 7개 항목에서 0.077~0.159로 측정되었다. 선행연구는 CoV가 0.5미만의 평가항목에 대해 추가적인 델파이 라운드가 필요하지 않음을 보고하고 있다(English & Kernan, 1976). 따라서 CVR, IQR, CoV 기준에 따라 선정한 7개의 항목에 대한 합의가 이루어졌다고 판단하였다.

<표 4> 2라운드 델파이 조사로 도출한 의사결정 기준

의사결정 기준	설명
고객근접성 (Proximity to customers)	고객들로부터 떨어진 거리
확장가능성 (Possibility of expansion)	미래에 시설 및 설비 확장가능성
접근성 (Accessibility)	다양한 교통수단을 통한 시설 내부로의 진입 용이성
보안 (Security)	도난 등의 사고로부터의 안전
시설 및 설비비용 (Cost of construction)	시설 및 설비 투자비용
경쟁강도 (Degree of competition)	영업 반경 이내의 경쟁자 및 잠재적 경쟁자의 수
통제가능성 (Controllability)	본부로부터의 통제 가능여부 (지리적/물리적)
사이니지 (Signage)	시설의 존재여부가 옥외 광고 등을 통해 고객에게 알려지는 정도
도로유형 및 상태 (Type and condition of street)	도로의 유형 및 포장상태
주차가능성 (Parking availability)	확보할 수 있는 주차 대수
인구특성 (Population characteristics)	소비수준, 라이프스타일, 연령 등
시설규모 (Size of service facility)	활용 가능한 시설의 규모 (부대시설 제외)

〈표 5〉 의사결정 기준

의사결정 기준	평균	중간값	표준편차	CVR	IQR	CoV
고객근접성	4.7	5.0	0.48	1.00	0.75	0.103
확장가능성	3.7	4.0	0.67	0.20	1.00	0.182
접근성	4.8	5.0	0.42	1.00	0	0.088
보안	4.2	4.0	0.63	0.80	0.75	0.151
시설 및 설비 비용	4.3	4.5	0.82	0.60	1.00	0.191
경쟁강도	4.3	4.0	0.48	1.00	0.75	0.112
통제가능성	4.0	4.0	0.67	0.60	0	0.167
사이니지	4.1	4.0	0.74	0.60	0.75	0.180
도로유형 및 상태	4.1	4.0	0.32	1.00	0	0.077
주차가능성	4.4	4.5	0.70	0.80	1.00	0.159
인구특성	4.6	5.0	0.70	0.80	0.75	0.152
시설규모	3.9	4.0	0.74	0.40	0.75	0.189

실제 프로젝트에는 7개의 기준을 고려한 분석을 수행하였으나, 기업 정보보호를 위해 본 논문에서는 4개의 기준으로 분석한 결과를 보고한다. MCDM에서는 설정 기준 수에 가감이 있는 경우 최종 대안선택이 달라질 수 있으나, 본 연구는 신규 산업에 활용하는 입지선정 프레임워크를 제공한다 는 것에 의미를 두고 축소된 분석 결과를 설명하고자 한다.

4.3 결과 분석

본 연구에서는 사례 대상기업이 탐색 중인 4개의 대안에 대한 평가를 수행하였다. 델파이 조사 1라운드에 참여한 2명의 관리자를 포함한 총 5명의 직원으로 의사결정자 집단을 구성하였으며 응답자들에게 4개 대안의 지리적 위치와 입점 대상 건물의 특징 등을 상세하게 설명하였다. 또한, 평가에 활용되는 평가 기준에 대한 도출 과정을 설명하고, 각 기준의 의미를 명확하게 전달한 후 자료를 수집하였다.

Step 1: 본 연구의 입지선정은 5명의 의사결정자가 4개의 평가기준으로 4개의 대안을 평가하는 의사결정 상황에서 각 의사결정자의 대안평가를 종합하는 문제이다. 의사결정자의 평가기준에 대한 언어적 응답을 〈표 6〉에 정리하였다. 의사결정자의 평가기준에 대한 중요도는 (식 3)에 의해 계산되며, 결과는 〈표 7〉와 같이 퍼지가중치의 형태로 도출된다.

Step 2: (식 2)를 활용하여 의사결정행렬을 도출한다. 도출된 의사결정 행렬을 〈표 8〉에 나타내었다.

Step 3: (식 7)을 활용하여 정규화한다. 정규화된 의사결정 행렬은 〈표 9〉과 같다.

Step 4: 정규화된 퍼지 행렬과 퍼지 가중치를 곱하여 가중화된 정규화행렬을 구성한다. 가중화된 정규화 행렬을 〈표 10〉에 나타내었다.

Step 5: (식 9)와 (식 10)을 활용하여 각 기준에 대해 도출한 퍼지 PIS와 NIS는 아래와 같다.

$$C^+ = (0.872, 1, 1, 0.86)$$

$$C^- = (0.069, 0.074, 0.057, 0.110)$$

Step 6: 각 대안들의 퍼지 PIS와 NIS로부터의 거리 계산 결과를 아래의 〈표 11〉에 나타내었다. 또한 (식 12) ~ (식 15)로부터 계산된 엔트로피 가중치는 $w_1 = 0.175$, $w_2 = 0.294$, $w_3 = 0.175$, $w_4 = 0.356$ 으로 도출되었다. 이 가중치를 이용하여 계산한 가중화된 거리 계수 값을 〈표 12〉에 정리하였다.

Step 7: (식 14)를 활용하여 상대적 근접도를 계산하고 대안들의 우선순위를 도출하였다. A_1 이 가장 높은 근접도 계수 값을 나타내었으며 선호되는 대안은 $A_1 > A_3 > A_2 > A_4$ 로 결정되었다.

〈표 6〉 의사결정 기준에 대한 평가

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
C_1	VI	AI	VI	AI	AI
C_2	AI	MI	AI	VI	MI
C_3	I	AI	MI	VI	AI
C_4	MI	LI	I	AI	LI

〈표 7〉 퍼지가중치

	$w^{(l)}$	$w^{(m)}$	$w^{(u)}$
C_1	0.62	0.88	1.00
C_2	0.38	0.66	0.80
C_3	0.42	0.70	0.86
C_4	0.18	0.36	0.58

<표 8> 의사결정행렬

	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄		
A ₁	0.460	0.660	0.820	0.480	0.680	0.880	0.580	0.780	0.940	0.500	0.700	0.820
A ₂	0.540	0.740	0.940	0.300	0.500	0.700	0.360	0.560	0.760	0.460	0.660	0.820
A ₃	0.420	0.620	0.820	0.180	0.380	0.580	0.580	0.780	0.940	0.760	0.960	1.000
A ₄	0.360	0.560	0.760	0.360	0.560	0.760	0.300	0.500	0.700	0.500	0.700	0.820

<표 9> 정규화된 의사결정행렬

	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄		
A ₁	0.489	0.702	0.872	0.545	0.773	1.000	0.617	0.830	1.000	0.610	0.854	0.820
A ₂	0.574	0.787	1.000	0.341	0.568	0.795	0.383	0.596	0.809	0.561	0.805	0.820
A ₃	0.447	0.660	0.872	0.205	0.432	0.659	0.617	0.830	1.000	0.927	1.171	1.000
A ₄	0.383	0.596	0.809	0.409	0.636	0.864	0.319	0.532	0.745	0.610	0.854	0.820

<표 10> 가중화된 의사결정행렬

	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄		
A ₁	0.303	0.618	0.872	0.338	0.680	1.000	0.383	0.730	1.000	0.378	0.751	0.820
A ₂	0.218	0.520	0.800	0.130	0.375	0.636	0.146	0.393	0.647	0.213	0.531	0.656
A ₃	0.188	0.462	0.750	0.086	0.302	0.567	0.259	0.581	0.860	0.389	0.820	0.860
A ₄	0.069	0.214	0.469	0.074	0.229	0.501	0.057	0.191	0.432	0.110	0.307	0.476

<표 11> 각 대안의 PIS, NIS로 부터의 거리

	$d(\bar{v}_{ij}, \bar{v}_j^-)$				$d(\bar{v}_{ij}, \bar{v}_j^+)$			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
A ₁	0.578	0.662	0.684	0.612	0.360	0.336	0.304	0.295
A ₂	0.499	0.370	0.381	0.435	0.542	0.653	0.639	0.565
A ₃	0.469	0.327	0.565	0.667	0.581	0.709	0.498	0.376
A ₄	0.217	0.237	0.194	0.240	0.631	0.618	0.652	0.582

<표 12> 가중화된 거리와 근접도 계수

	d_i^-	d_i^+	CC_i
A ₁	0.633	0.320	0.664
A ₂	0.418	0.600	0.411
A ₃	0.514	0.532	0.492
A ₄	0.227	0.613	0.270

<표 13> 근접도 계수와 평가순위 결과비교

	Case 1		Case 2		Case 3		Case 4	
	CC	순위	CC	순위	CC	순위	CC	순위
A ₁	0.587	2	0.851	1	0.590	2	0.664	1
A ₂	0.584	3	0.674	3	0.589	3	0.411	3
A ₃	0.605	1	0.738	2	0.628	1	0.492	2
A ₄	0.416	4	0.506	4	0.468	4	0.270	4

본 연구에서 활용한 두 가지 가중치 적용 결과에 대한 영향력을 확인하기 위한 사후 비교분석을 수행하였다. 두 가중치를 모두 활용하지 않고 정규화된 의사결정행렬만을 활용한 분석(Case 1), 객관적 가중치만 활용한 분석(Case 2), 주관적 가중치만 활용한 분석(Case 3)을 수행하여 본 연구(Case 4)의 결과와 비교하였다. Case 1에서는 A₃가 최적대안으로 나타나며 A₁과 A₂가 근소한 차이로 차순위로 평가되었다. Case 2는 퍼지 가중치를 활용해서 도출한 가중화된 의사결정행렬을 활용하여 대안을 도출하는 분석을 의미한다. 분석 결과는 A₁이 가장 높은 순위였으며, 본 연구에서 활용한 Case 4의 결과와 같았다. Case 4에서 사용된 객관적 가중치는 $w_4 > w_2 > w_1 = w_3$ 로 주관적 가중치인 $w_1 > w_3 > w_2 > w_4$ 와는 차이를 보였음에도 불구하고 같은 결과가 도출되었다. 즉, 5명의 의사결정자로부터 도출한 엔트로피 가중치가 결과도

출에 영향을 끼치지 않았음을 나타낸다. 따라서 객관적 가중치 변화에 따른 결과를 확인하기 위해 객관적 가중치를 난수로 발생시키는 시뮬레이션을 수행하였다. 500회의 실험을 통해 결과가 변하지 않음을 확인하였다. Case 3은 주관적 가중치를 배제하기 위해 가중화된 의사결정행렬이 아닌 정규화된 의사결정행렬을 활용하고, 객관적 가중치를 이용한 가중화된 거리를 통해 근접도 계수값을 도출하였다. 도출된 결과는 $A_2 > A_3 > A_1 > A_4$ 로 나타났으며, 이 결과는 본 연구에서 활용한 모형의 결과와 다른 결과를 보여주었다.

V. 결론

본 연구는 물류산업에서 새로운 비즈니스 모델로 주목받고 있는 공유 창고의 입지 선정에 관한 의사결정을 다루고 있다. 문헌연구와 델파이 조사법, 그리고 MCDM기법인 TOPSIS를 결합하여 활용하는 방법을 통해 분석을 시도하였다. 의사결정자의 평가를 보다 정밀하게 평가하기 위해 언어적 응답에 대한 기초한 퍼지이론을 활용하였으며, 정보 신호의 불확실성을 고려하여 객관적 가중치의 개념을 통해 기존의 MCDM 모형의 단점을 보완하고자 하였다.

본 연구가 보여주는 학술적 시사점은 아래와 같다. 첫째, MCDM방법론을 주관적 가중치와 객관적 가중치를 동시에 고려하여 의사결정자들의 표현하는 평가정보의 편향을 줄이고자 했다는 점에서 의미가 있다. 퍼지 이론과 엔트로피 가중치의 활용으로 MCDM기법에 내재된 단점을 줄이는 방법을 제시하였다. 퍼지 가중치를 활용하여 의사결정자들의 선호정보에 대한 분포의 특성을 고려하였으며, 엔트로피 가중치를 활용하여 의사결정자간의 평가에 대한 일치정도를 TOPSIS에 활용하였다. 객관적 가중치의 활용은 의사결정 연구에서 전통적인 MCDM기법들의 단점을 보완해주는 도구로 이용되어왔다(나준호, 2020; Shemshadi et al., 2011; Gligoric, Beljic, & Simeunovic., 2010). 본 모형에서는 순차적으로 퍼지 가중치와 엔트로피 가중치를 반영하여 연구를 진행하였으나, 어떠한 방식으로 이 두 가중치를 반영하는 것이 합리적인 것인지에 대한 연구가 추가적으로 필요하다.

둘째, 선행연구가 많이 이루어지지 않은 신생산업의 입지 선정 방법의 프레임워크를 제공했다는 점에서 기여점이 나타난다. 대규모 임대 물류센터의 입지 여건에 대한 분석은 이다예, 임현우 (2015)의 연구에서와 같이 운송접근성, 임대용이성, 인력가용성 등을 반영한 최적화 모형 연구를 통해 진화하고 있지만, 공유 창고에 대한 연구는 아직 초기단계에 머무르고 있다. 이러한 상황에서 공유창고 입지선정 문제에서의 델파이 조사와 MCDM기법의 결합 사용은 평가기준이 명확하

게 알려져 있지 않은 다른 신생 산업에도 적용될 수 있을 것이다. 본 논문은 공유창고 입지선정 문제를 통해 방법론 적용 과정을 보여줌으로써 실제적인 방법론 활용에 대한 공헌을 보여주었다.

셋째, 본 연구는 공유창고 평가에 활용할 수 있는 기준을 보여주고 있다. 신규 입지평가 기준을 제시하기 위해 문헌연구와 델파이 조사를 활용하여 유관한 산업의 선행연구 결과를 참고하고, 전문가의 합의를 거쳐 7개의 평가기준을 도출하였다. 일반적인 물류창고 또는 분배센터의 입지선정에 활용되고 있는 선정기준 뿐 아니라, 소매, 유통서비스 등의 공유창고와 유사한 특성을 갖는 산업에서의 선정기준을 참고하여 도출된 기준들은 직접적으로 공유창고의 입지선정 뿐 아니라, 이와 유사한 특성을 갖는 신생산업에도 참고가 될 수 있을 것이다.

본 연구가 갖는 한계점은 아래와 같다.

본 논문에서는 주관적 가중치만을 사용했을 때의 의사결정 결과와의 비교에서 대안 순위에 비교가 없음을 보여주었다. 델파이 조사에 참여한 의사결정자들이 대안평가를 시작하기 전에 평가 기준에 대한 중요도에 대해 어느 정도 합의를 거쳤기 때문에 나타날 수 있는 결과라고 해석하였으나 실제로 델파이 조사 수행 없이 연구를 수행하였을 경우와 비교하여 설명하는 것이 타당할 것이다.

또 다른 한계점은 평가 기준에 대한 설정에 고객의 선호정보가 활용되지 않았다는 점이다. 신생산업인 만큼 전문가 집단이 고객의 선호정보를 잘 이해하고 있다는 가정 하에 진행된 연구이나, 실제로 전문가들과 고객의 판단이 같다는 보장은 없다. 따라서 면접 또는 설문은 활용하여 서비스 이용고객이나 잠재고객의 선호정보를 활용하는 것은 추후 연구에 대한 방향을 시사한다.

참고문헌

- 나준호. (2020). 중국 자유무역시험구의 물류경쟁력 분석 : Entropy-TOPSIS의 적용. *로지스틱스연구*, 28(6), 85-100.
- 박진희, 문하연. (2016). 전자상거래 환경을 고려한 위계별 물류시설의 최적 입지 선정에 관한 연구 - 예측배송시스템 관점에서. *로지스틱스연구*, 24(4), 41-58.
- 윤관호, 차영두, 여기태. (2017). 영남권 물류센터 입지 선정 최적화에 관한 연구 - 프랜차이즈 A사 사례를 중심으로. *로지스틱스연구*, 25(2), 43-55.
- 이다예, 임현우. (2015). 국내 수도권 임대 물류센터 입지여건 분석. *로지스틱스연구*, 23(4), 101-113.
- 이은용, 김문명. (2015). AHP를 이용한 중소형 커피프랜차이즈 가맹점 입지결정요인에 관한 연구. *관광레저연구*, 27(11), 327-342.
- 진무위, 이향숙. (2017). 지역물류단지 최적 입지선정을 위한 방법론 연구. *로지스틱스연구*, 25(4), 95-106.
- Aguezzoul, A. (2014). Third-party logistics selection problem: A literature review on criteria and methods. *Omega*, 49, 69-78.
- Alberto, P. (2000). The logistics of industrial location decisions: An application of the analytic hierarchy process methodology. *International Journal of Logistics*, 3(3), 273-289.
- Ashrafzadeh, M., Rafiei, F. M., Isfahani, N. M., & Zare, Z. (2012). Application of fuzzy TOPSIS method for the selection of Warehouse Location: A Case Study. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 3(9), 655-671.
- Awasthi, A., Chauhan, S. S., & Goyal, S. K. (2011). A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty. *Mathematical and Computer Modelling*, 53(1-2), 98-109.
- Badri, M. A. (1999). Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem. *International Journal of Production Economics*, 62(3), 237-248.
- Bhatia, M. S., Dora, M., & Jakhar, S. K. (2019). Appropriate location for remanufacturing plant towards sustainable supply chain. *Annals of Operations Research*, 1-22.
- Bojadziev, G., & Bojadziev, M. (1995). *Fuzzy sets, fuzzy logic, applications* (Vol. 5). Singapore: World Scientific.
- Burnaz, S., & Topçu, Y. I. (2006). A multiple-criteria decision-making approach for the evaluation of retail location. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 14(1-3), 67-76.
- Cavallaro, F. (2010). Fuzzy TOPSIS approach for assessing thermal-energy storage in concentrated solar power (CSP) systems. *Applied Energy*, 87(2), 496-503.
- Çebi, F., & Otay, İ. (2015). Multi-criteria and multi-stage facility location selection under interval type-2 fuzzy environment: a case study for a cement factory. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 8(2), 330-344.
- Chan, F. T., & Prakash, A. (2012). Maintenance policy selection in manufacturing firms using the fuzzy MCDM approach. *International Journal of Production Research*, 50(23), 7044-7056.
- Chang, P. T., Huang, L. C., & Lin, H. J. (2000). The fuzzy Delphi method via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to the human resources. *Fuzzy Sets and Systems*, 112(3), 511-520.
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1-9.
- Chen, L., Li, S., & Wang, D. (2019). Designing the price controller for the dynamic pricing of self-storage. *International Journal of Production Research*, 57(9), 2656-2674.
- Cheng, E. W., Li, H., & Yu, L. (2005). The analytic network process (ANP) approach to location selection: a shopping mall illustration. *Construction Innovation*, 5(2), 83-98.
- Chou, W. C., & Cheng, Y. P. (2012). A hybrid fuzzy MCDM approach for evaluating website quality of professional accounting firms. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 2783-2793.
- Chu, T. C. (2002). Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 20(11), 859-864.
- Cinar, N., & Ahiska, S. S. (2010). A decision support model for bank branch location selection. *International Journal of Human and Social Sciences*, 5(13), 846-851.
- Doerner, K. F., Gutjahr, W. J., & Nolz, P. C. (2009). Multi-criteria location planning for public facilities in tsunami-prone coastal areas. *OR Spectrum*, 31(3), 651-678.
- Dalkey, N., & Helmer, O. (1963). An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management Science*, 9(3), 458-467.
- Demirel, T., Demirel, N. Ç., & Kahraman, C. (2010). Multi-criteria warehouse location selection using Choquet integral. *Expert Systems with Applications*, 37(5), 3943-3952.
- Deng, H., Yeh, C. H., & Willis, R. J. (2000). Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights. *Computers & Operations Research*, 27(10), 963-973.

- Dey, B., Bairagi, B., Sarkar, B., & Sanyal, S. K. (2016). Warehouse location selection by fuzzy multi-criteria decision making methodologies based on subjective and objective criteria. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 11(4), 262-278.
- Ehrgott, M. (2005). *Multicriteria optimization* (Vol. 491). New York: Springer.
- English, J. M., & Kernan, G. L. (1976). The prediction of air travel and aircraft technology to the year 2000 using the Delphi method. *Transportation Research*, 10(1), 1-8.
- Erkut, E., Karagiannidis, A., Perkoulidis, G., & Tjandra, S. A. (2008). A multicriteria facility location model for municipal solid waste management in North Greece. *European Journal of Operational Research*, 187(3), 1402-1421.
- Farahani, R. Z., SteadieSeifi, M., & Asgari, N. (2010). Multiple criteria facility location problems: A survey. *Applied Mathematical Modelling*, 34(7), 1689-1709.
- FEDESSA. (2018). FEDESSA European Self Storage Annual Survey 2018. Last accessed on February 22, 2020 at <https://www.fedessa.org/media/2143/fedessa-europe-an-self-storage-annualsurvey-2018-web.pdf>
- Gligoric, Z., Beljic, C., & Simeunovic, V. (2010). Shaft location selection at deep multiple orebody deposit by using fuzzy TOPSIS method and network optimization. *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1408-1418.
- Gong, Y., de Koster, R. B., Frenk, J. B. G., & Gabor, A. F. (2013). Increasing the Revenue of Self-Storage Warehouses by Facility Design. *Production and Operations Management*, 22(3), 555-570.
- Green, H., Hunter, C., & Moore, B. (1990). Assessing the environmental impact of tourism development: use of the Delphi technique. *Tourism Management*, 11(2), 111-120.
- Heiko, A. (2012). Consensus measurement in Delphi studies: review and implications for future quality assurance. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(8), 1525-1536.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Methods for multiple attribute decision making*. In Multiple attribute decision making (pp. 58-191). Berlin: Springer.
- Karsak, E. E., & Dursun, M. (2015). An integrated fuzzy MCDM approach for supplier evaluation and selection. *Computers & Industrial Engineering*, 82, 82-93.
- Kuo, M. S. (2011). A novel interval-valued fuzzy MCDM method for improving airlines' service quality in Chinese cross-strait airlines. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 1177-1193.
- Kuo, R. J., Chi, S. C., & Kao, S. S. (2002). A decision support system for selecting convenience store location through integration of fuzzy AHP and artificial neural network. *Computers in Industry*, 47(2), 199-214.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563-575.
- Lee, Y., & McCracken, M. (1982). Spatial adjustment of retail activity: A spatial analysis of supermarkets in metropolitan Denver, 1960-1980. *Journal of Regional Analysis and Policy*, 12(2), 62-76.
- Liu, H. T. (2011). Product design and selection using fuzzy QFD and fuzzy MCDM approaches. *Applied Mathematical Modelling*, 35(1), 482-496.
- Linstone, H. A., & Turoff, M. (Eds.). (1975). The delphi method (pp. 3-12). Reading, MA: Addison-Wesley.
- MacCarthy, B. L., & Atthirawong, W. (2003). Factors affecting location decisions in international operations—a Delphi study. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(7), 794-818.
- Min, H., & Melachrinoudis, E. (1999). The relocation of a hybrid manufacturing/distribution facility from supply chain perspectives: a case study. *Omega*, 27(1), 75-85.
- Mordor Intelligence. (2019). Last accessed on June 20, 2020 at <https://mordorintelligence.com/industry-reports/europe-self-storage-market>
- Neighbor. (2020). Last accessed on June 20, 2020 at <https://www.neighbor.com/storage-blog/selfstorage-industry-statistics/>
- Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & Management*, 42(1), 15-29.
- Ordway, N., Bul, A. A., & Eakin, M. E. (1988). Developing a visibility index to classify shopping centers. *The Appraisal Journal*, 56(2), 233.
- Özcan, T., Çelebi, N., & Esnaf, Ş. (2011). Comparative analysis of multi-criteria decision making methodologies and implementation of a warehouse location selection problem. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9773-9779.
- Park, K., & Khan, M. A. (2006). An exploratory study to identify the site selection factors for US franchise restaurants. *Journal of Foodservice Business Research*, 8(1), 97-114.
- Powers, T. (1997). *Marketing hospitality* (No. Ed. 2). New York: John Wiley and Sons.
- Rao, C., Goh, M., Zhao, Y., & Zheng, J. (2015). Location selection of city logistics centers under sustainability. *Transportation Research Part D: Transport and*

- Environment*, 36, 29–44.
- Self Storage Association. (2015). Self Storage Association Fact Sheet. Alexandria, VA: Self Storage Association.
- Shannon, C. E. (2001). A mathematical theory of communication. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, 5(1), 3–55.
- Sharma, D. P., Nair, P. C., & Balasubramanian, R. (2003). Analytical search of problems and prospects of power sector through Delphi study: case study of Kerala State, India. *Energy Policy*, 31(12), 1245–1255.
- Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M., & Tarokh, M. J. (2011). A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12160–12167.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E., & Shankar, R. (2008). Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies. New York: McGraw-Hill Education.
- Skulmoski, G. J., Hartman, F. T., & Krahn, J. (2007). The Delphi method for graduate research. *Journal of Information Technology Education: Research*, 6(1), 1–21.
- Steurer, J. (2011). The Delphi method: an efficient procedure to generate knowledge. *Skeletal Radiology*, 40(8), 959–961.
- Tzeng, G. H., Teng, M. H., Chen, J. J., & Opricovic, S. (2002). Multicriteria selection for a restaurant location in Taipei. *International Journal of Hospitality Management*, 21(2), 171–187.
- Yong, D. (2006). Plant location selection based on fuzzy TOPSIS. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28(7–8), 839–844.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
- Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2011). Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(2), 397–427.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Kildienė, S. (2014). State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(1), 165–179.
- Zhang, X., Zhou, S., de Koster, R., & van de Velde, S. (2016). Increasing the revenue of self-storage warehouses by optimizing order scheduling. *European Journal of Operational Research*, 252(1), 69–78.
- Zhao, R., & Govind, R. (1991). Algebraic characteristics of extended fuzzy numbers. *Information Sciences*, 54(1–2), 103–130.
- Zhao, H., & Guo, S. (2014). Selecting green supplier of thermal power equipment by using a hybrid MCDM method for sustainability. *Sustainability*, 6(1), 217–235.
- Zhou, S., Gong, Y., & de Koster, R. (2016). Designing self-storage warehouses with customer choice. *International Journal of Production Research*, 54(10), 3080–3104.
- Zyoud, S. H., & Fuchs-Hanusch, D. (2017). A bibliometric-based survey on AHP and TOPSIS techniques. *Expert Systems with Applications*, 78, 158–181.

