

# 한국 SCM 학회지

*Journal of the Korean Society of  
Supply Chain Management*

Volume 16 Number 2  
2016 October



사단  
법인 한국SCM학회

# 한국 SCM 학회지

*Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*

## 1 물류센터 내 이동랙의 최적 관리 를 위한 알고리즘 개발

신재영 · 박형준 · 김환성

Recently, improvement of storage efficiency is estimated as an important factor to raise competitive power of domestic warehouses. The mobile-rack technology is adequate for domestic circumstances in Korea. However, there were few research works for mobile-rack. And most of the researches were for order-picking, .....

## 11 목표지향 행동모델을 적용한 O2O서비스 이용의도에 관한 연구

김진수 · 정성용

New attention has recently been paid to O2O(Online to Offline) service that integrates online and offline commerce as services using smart-phones increase rapidly. However, with mushrooming services that could not exactly figure out the users' demands and intentions, side effects of the O2O service itself, .....

## 23 물류사각지대 해소를 위한 Drone 기반의 물류서비스에 대 한 탐색적 고찰

임진우 · 정호상

Even though the logistics infrastructure has been strengthened gradually, most of countries usually have a logistical dead-zone problem which the delivery demand cannot be fully fulfilled on time

via conventional transportation vehicles (i.e. trucks) due to the intrinsic geographical conditions. Demand in either small islands or .....

## 35 군수지원부대 입지선정 및 지 원선 최적화 방법론

김홍섭

This paper suggests the methodology based on a location-routing problem (LRP) for simultaneously optimizing the locations of logistics support units and supply line and formulates the problem into a mixed integer programming (MIP) model for minimizing the sum of the costs for constructing the logistics support units and for operating .....

## 47 공급업체 평가를 위한 공급대 응성 지표

김준석

Vendor evaluation has been one of the main issues in the procurement area for last several decades. Most researches in the literature considered various factors such as price, quality as important measures of assessment. Most companies need to know which suppliers are more responsive in rapidly changing .....

## 55 제도적 압력이 친환경공급사슬 관리(SCEM)와 기업 성과에 미 치는 영향에 관한 연구

김용규

The goal of this paper is to study how friendly

environmental regulation as antecedents variable of supply chain environment management (SCEM) practices has effects on SCEM practices and relationship between SCEM practices and the business performance in Korean exporting manufacturing firms. Referring to previous studies, this study uses friendly environmental regulation as the antecedents factor of SCEM practices. ....

## 67 대형 폐가전 무상수거 서비스 도입에 따른 환경성과 분석

김현수

The collection of disposed large consumer electronics (refrigerator, washer, TV, air-conditioner) is very important activity for maintaining proper environmental stability and also obtaining useful recycled resources. Unfortunately, however, existing collection services have generated several unwanted obstacles, such as illegal .....

## 77 기술, 조직, 환경요인이 SCM 정 보시스템 확산 및 성과에 미치 는 영향

김태우 · 서창교

Supply Chain Management Information Systems(SCM IS) have many benefits to firms, including minimizing the bullwhip effect, maximizing the efficiency of activities, reducing inventories, lowering cycle times, and achieving an acceptable level of quality.

This study investigated the effects of technical, organizational and environmental characteristics on the diffusion of SCM IS, and used the .....

### 93 컨테이너 터미널에서의 유연한 적하작업 순서 결정법

싱기 이반 크리스티안토 · 김갑환

In this study, a method for estimating the quay crane (QC) operational time is used to determine the best loading sequence for containers. Detail parameters such as the distances to be traveled by the QC spreader in the horizontal and vertical axes, acceleration and deceleration rates, maximum speed of the spreader and hoist are considered. The objectives of this study .....

### 105 개발사슬 측면에서의 공급사슬 통합과 기업 및 공급사슬성장에 대한 연구

박찬권 · 김채복

The purpose of this study is to figure out precedence factors for supply chain integration in the perspective of development chain and verify how those factors influence supply chain integration and furthermore corporate & supply chain performance. ....

### 123 고급 브랜드 분화의 따른 효과 : 일본 완성차 산업으로부터의 연구

신승민 · 김창희

As a new initiative, Hyundai Motor Company diversified into luxury automobile market by creating a new company brand called "The Genesis". However, there is nothing new about

this attempt. Honda, Nissan and Toyota motor companies have all diversified into luxury .....

### 135 자동차 차체공장에서 서브라인의 추가와 버퍼의 할당이 시스템 효율에 미치는 영향

문덕희 · 남예슬 · 신양우

Body shop in an automotive factory consists of many sub-lines, and the sub-lines are merged in many assembly operations. There is no buffer in a sub-line and finite buffers are allowed between two successive sub-lines due to the limited space and investment cost. To design a body shop, .....

### 147 회수 물류 네트워크 디자인: 최소 수거 품질 수준, 위치선정 및 용량 최적화

송병덕 · 오용희 · 박경수

With legislations and customers' increased attention to environment issues, interests on reverse logistics have been increased. In this paper, we address a design issue of reverse logistics network with the objectives of minimizing total establishment cost of collection centers and transportation cost of collected end-of-used product by determining the locations of centers, .....

### 157 인공신경망을 이용한 계획 공정 프로세스 군집 예측

주병준 · 배혜림

In order for recent manufacturing to meet

customer demand in the complex production environments, many conditions need to be satisfied. In such environments of the increased order requirements of the production, the frequent change of the production process may occur. With current production technology, it is difficult to prepare an exact process plan due to the .....

### 169 구매자-공급자 관계 유형에 따른 공급사슬 품질경영 프로세스에 관한 실증연구

김현정 · 손지윤

This study investigated the relationship between the relationship management and the efficiency of Supply Chain Quality Management (SCQM) by an empirical survey through matching buyers and suppliers in actual trades. In buyers, the characteristics of length of relationship and contract were statistically significantly higher in the efficient group than in the inefficient group .....

### 179 중국 중소 제조기업의 전통적 용자 모델과 금융SCM모델 비교 연구

김영길 · 김수옥

SMEs are an important part of our economy, they have played an important role in the creation of social wealth, as well as solving the unemployment problem. Since recently, China's SMEs have been facing enormous challenges, such as shrinking external demand, and the plight of internal cost increases, in this situation, the issue of SMEs' financing becomes more prominent. Specifically, the issue of SMEs' financing mainly .....

# 한국 SCM 학회지

Journal of the Korean Society of Supply Chain Management

## 투고논문 작성요령

### 1. 제출방법

투고자는 논문을 한글 또는 MS워드 작성하며, 글씨크기 11포인트, 2단 편집으로 작성하여 제출한다. 논문심사 후 게재가 확정되면 저자약력 및 사진이 포함된 최종본을 e-mail로 제출하여야 하며, 특수한 그림의 경우 전사가 가능한 상태의 그림을 별도로 1부 제출하여야 한다. (논문저자 중 한 명 이상은 한국SCM학회의 연회비 납부회원이어야 투고할 수 있다.)

• 제출처 : 한국SCM학회 사무국

(우)15588 경기도 안산시 상록구 한양대학교로 55  
한양대학교 산업경영공학과 내(5공학관 532호)

E-mail : kscm@kscm.org T. 031-438-5269

### 2. 제출절차

접수된 후 심사과정에 있는 논문의 철회를 저자가 원하는 경우 저자는 서면으로 편집위원장에게 철회요청서를 제출하여야 한다.

### 3. 표지 및 내용

논문 표지에는 논문제목, 저자명 및 직책, 소속기관, 대표저자의 우편번호, 주소, 전화 및 E-mail 주소를 기입한다. (각 사항에 대한 영문을 병기하고 영문 성명은 이름 먼저 쓰고 성은 뒤에 쓴다.) 연구비의 지원을 받아 연구가 이루어진 논문의 경우 표지에서 밝힐 수 있다. 표지의 다음 쪽에는 저자명 및 소속기관을 기입하지 않고 제목부터 시작하여 영문요약(150단어 이내), 키워드(영문포함), 본문, 참고문헌, 부록 순으로 작성한다.

원고 작성시 본문과 그래프 등의 모든 것은 흑백으로 작성한다(컬러 그래프 사용 자제).

### 4. 영문작성

영문의 대문자는 고유명사나 문장의 첫 자 또는 고유명사의 약자 등에만 사용한다.

### 5. Abstract 및 키워드

영문으로 기입된 저자 소속 아래 150단어 이내의 영문요약(abstract)을 기입하고, 그 아래 Keywords를 기입한다.

### 6. 각주(footnote)

— 연구비의 지원을 받아 연구가 이루어진 논문을 알릴 경우  
— 교신저자의 연락처를 기재하는 경우  
상기 사항을 제외한 각주(footnote)는 사용하지 않는 것을 원칙으로 한다.

### 7. 저자구분

논문의 저자 기재 시 제1저자, 제2저자 순으로 기재하며, 교신저자의 경우 “†”로 이름 옆에 표기하도록 한다.

### 8. 번호매김

장이나 절은 아라비아 숫자로 1., 1.1, (1) 등으로 표기하며, 수식은 필요한 경우(1)등으로 매김을 한다.

### 9. 그림과 표

그림은 Fig.로 표시하며 그림의 제목은 그림의 밑 중앙에 표기하고, 표는 Table로 표시하며, 표의 제목은 표의 위 중앙에 표기한다. 모든 그림과 표는 본문의 적당한 위치에 삽입하고, 삽입이 어려운 경우는 논문의 맨 뒤에 첨부한다. 논문의 그림 및 표의 제목을 모두 영문으로 표기한다.

### 10. 수식표시

수식(formula)은 필요한 경우 번호를 부여한다.

(예)  $y = a_1 x^2 + a_2 x + a_3$  (1)

### 11. 참고문헌

참고문헌은 영문으로만 작성하여야 하며, “REFERENCES”로 표제를 통일한다. 참고문헌은 알파벳 순으로 작성한다. 인용된 문헌은 ( ) 안에 저자명과 연도를 본문 중에 명시하고 인용된 문헌의 전부를 본문 끝에 저자명의 영문순으로 일괄 기입한다. 학술지의 경우는 저자명(발행연도), 논문제목, 학술지명(이탤릭체), 권(호), 쪽수의 순으로 기입하고, 정기간행물이 아닌 문헌의 경우는 저자명(출판연도), 서명(이탤릭체), 출판수(2판 이상), 쪽번호 또는 장, 출판사명, 출판지역의 순으로 기입하되, 다음의 예를 따른다.

(예)

[1] Hayes, R. and Pisano, G. P.(2000), SCM Strategy in Korea, *SCM Journals*, Vol. 11(4), pp. 25~41.

[2] Hayes, R.(2000), *SCM Strategy in Korea*, 2nd ed., pp. 123~145, Prentice-Hall.

### 12. 논문 심사료 및 게재료

심사료는 5만원, 게재료는 10페이지(2단으로 편집된 최종 게재본 기준)를 기본으로 20만원이며, 10페이지 초과시 페이지 당 2만원을 추가 납부. 또한 각주 중 연구비 지원에 대한 사사표기가 있을 경우에는 10만원을 추가로 납부.

<송금처>

신한 : 100-014-515276 (예금주 : (사)한국SCM학회)

영수증 발급

## 물류센터 내 이동랙의 최적 관리를 위한 알고리즘 개발\*

신재영 · 박형준<sup>†</sup> · 김환성  
한국해양대학교 물류시스템학과

### Development of Algorithm for Optimum Management using Mobile-Rack in Distribution Center

Jae Young Shin · Hyoung Jun Park<sup>†</sup> · Hwan Seong Kim

Department of Logistics Engineering, Korea Maritime and Ocean University

Recently, improvement of storage efficiency is estimated as an important factor to raise competitive power of domestic warehouses. The mobile-rack technology is adequate for domestic circumstances in Korea. However, there were few research works for mobile-rack. And most of the researches were for order-picking, job scheduling with fixed racks. Therefore, we tried to develop mobile-rack optimum management scheduling algorithm that shows work efficiency as well as storage efficiency. At first, we made working model using more than 2 vehicles with certain assertions and figured out the flows of vehicles and racks. We analyzed the operational features of distribution center with mobile-rack through the changes of positions of vehicles and racks. After we found the rules for prevention of postponement, we established standards for job priority decision. Likewise, we suggested heuristic job scheduling algorithm that creates near optimal schedule. After that, additional factors was drawn through simulation.

**Keywords:** mobile-rack, optimum, management, distribution center, warehouse, algorithm, job scheduling

#### 1. 서론

공간효율의 향상은 창고 운영에 있어 가장 중요한 비용 절감 요인 중 하나다. 이동랙 창고는 차량의 작업 통로를 최소한으로 두어 공간 효율을 현저히 높인다는 장점이 있다. 일반 창고의 공간효율이 50~60%에 불과한 반면 이동랙 창고는 85% 이상까지

기대되기 때문에 지대가 협소한 국내 실정에 적합하다고 생각된다. 하지만 실제 국내 이동랙 장비의 보급이 매우 부진한데, 그 이유로는 대부분의 자동화 장비가 해외의 기술을 사용한 장비로 고가이고 높은 기술 개발 수준을 요구하기 때문이다.(Lee, 1995)

2012년 기준으로 국내 기업들은 물류설비 시장의 후발주자로 아시아권 시장경쟁력을 쌓아가고 있어 국내 기술을 이용한 자동

\* 본 연구는 국토교통부 교통물류연구개발사업의 연구비지원(과제번호 15LRP-B079281-02)에 의해 수행되었습니다.

<sup>†</sup> Corresponding author: Department of Logistics Engineering, Korea Maritime and Ocean University, 727 Taejong-ro, Yeongdo-gu, Busan, 49112, Korea. Tel: +82-10-3931-5504, E-mail: phj5504@kmou.ac.kr

Received : 21 March 2016, Revised : 12 May 2016, Revised : 27 May 2016, Accepted : 14 June 2016

화 장비 개발이 충분히 가능하다고 판단된다. 또한, 2014년에 실시한 물류센터 운영 시 애로사항에 대한 설문에서 나타난 적재 공간 부족 34.8%, 인력부족 27.0%, 자동화 미비 22.8%라는 결과로 볼 때 국내 창고 운영자들도 공간효율 향상의 필요성을 느끼고 있으며 이동랙 장비 도입에 대해 긍정적임을 알 수 있다. (Busan Development Institute, 2015)

창고의 운영 효율 향상을 위해선 공간효율 뿐만 아니라 작업 오더를 적시에 실행하고 효율적인 작업 경로 및 스케줄을 활용해 운영상의 효율을 향상시키는 적절한 관리 시스템이 필요하다.

이러한 오더피킹에 대한 연구는 Rakesh and Adil(2015) 등의 오더 피킹 기반의 창고 레이아웃 설계에 대한 연구부터, Ratliff and Rosenthal(1983), Wenrong et al.(2015)의 TSP를 활용한 효율적인 오더 피킹 및 창고 운영 등 운영상의 최적화 모델에 관한 연구까지 수많은 연구가 이루어 졌다. 하지만 이동랙에 관한 연구는 많지 않은 것이 사실이다. Lee(1995)는 확률적 모델을 활용해 단일 명령 기대주행시간을 도출하여 각 작업에 대한 근사한 주행시간을 수식화하였고, 랙의 개수에 따른 단일명령 기대주행시간의 변화 정도를 분석했다. Guezzen et al.(2013)은 세 개 차원의 좌표를 모두 고려하여 직전 좌표에서 현재좌표까지의 가로, 세로의 직선거리와 직전 화물 높이에서 현재 화물 높이까지의 변화값 중 큰 값을 각 작업에 대한 평균 주행 시간으로 표현했다. 그리고 25가지의 상황을 가정하여 평균 주행 시간의 변화 정도를 시뮬레이션을 통해 분석했다.

본 연구에서는 레이아웃 및 통로, 작업 흐름, 차량 대수 등의 가정을 통해 일반 창고와 이동랙 창고의 운영상 차이점을 파악하고 이동랙 창고 관리에 영향을 미치는 요인을 분석했다. 그리고 작업 위치나 차량 위치 등을 변수화하여 이동랙 관리 시스템에 활용 가능한 작업 스케줄링 알고리즘을 개발하였다.

## 2. 이동랙 창고 작업 스케줄링

일반적인 랙이 배치된 창고는 한 쌍의 랙마다 통로가 있으며 그 통로를 이용해 작업 차량이 저장과 불출 작업을 수행하는 구조이다. 반면에, 이동랙 창고는 보관효율을 극대화하기 위해 최소한의 통로가 블록마다 할당되어 있다. 따라서 고정랙 창고의 경우처럼 파렛트나 랙 위치가 특정 좌표에 고정되어 있지 않고 다른 랙과 동시에 이동될 수 있다. 공간효율은 통로가 하나일 때 극대화 된다. (Lee, 1995)

Fig. 1.을 통해 간단한 이동랙 창고의 예를 들었다. 두 개의 작업 오더가 입력되어 있으며 순서는 1 → 2 라고 가정한다. 작

업 차량이 1번 작업을 실행하기 위해서 Fig. 2.와 같이 해당 작업이 위치한 랙뿐만 아니라 아래쪽 나머지 랙들도 동시에 이동시킨다. 이동랙 창고의 경우 어떤 작업이든 통로가 개방되어 있어야만 실행 가능하므로 작업 차량이 블록 내로 진입하기 전에 통로를 개방시켜놔야 한다. Fig. 3.에서는 다음 2번 작업을 위해 Fig. 2.에서 이동했던 랙 중 하나가 다시 한 번 이동한다.

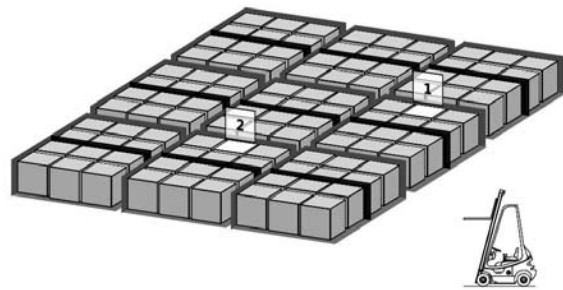


Fig. 1. Example of mobile-rack

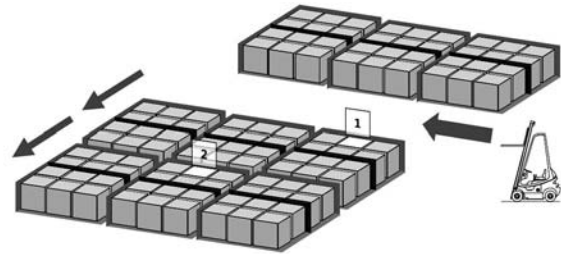


Fig. 2. Open aisle for work No. 1

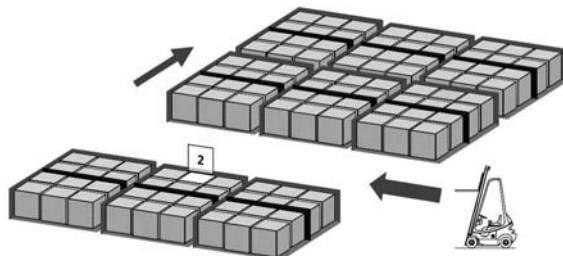


Fig. 3. Open aisle for work No. 2

### 2. 1 이동랙 창고 작업 스케줄링에 영향을 미치는 요인 분석

– 불필요한 랙 이동 최소화 : 같은 여유 공간에서 작업이 가능한 오더들은 연속해서 할당해야만 불필요한 랙 이동을 최소화

시킬 수 있다.

- 이동랙과 작업 차량 간의 충돌 : 동일 블록의 작업을 연속해서 할당할 때 최악의 경우 현재 차량이 작업을 마치고 여유 공간을 벗어나기도 전에 다음 작업을 준비하고자 현재 통로를 폐쇄해버리는 사고가 발생할 수도 있다.

- 작업 차량 간의 충돌 : 여러 대의 작업 차량이 동일 여유 공간의 작업을 동시에 실행하는 경우가 발생할 수 있다.

- 일괄적 작업오더 : 선입선출방식에 따라 입력된 작업 오더를 그대로 실행하게 되면 이동랙과 작업 차량 간의 지연이 발생하거나 불필요한 랙의 이동이 발생하여 많은 비용과 시간이 소모된다. 이 경우 선입선출의 비효율을 방지하기 위해 모든 작업 오더를 한꺼번에 분류하는 것이 효율적이라 생각할 수도 있지만 이 경우 특정 작업이 계속해서 밀리는 현상이 발생할 수 있고 실제 창고 운영상 선입선출이라는 요소를 무시할 수는 없기 때문에 적절한 스케줄링 단위를 지정하는 것이 필요하다. 하지만 적절한 스케줄링 단위는 창고의 규모, 창고의 작업량에 따라서 매번 달라질 수 있으며, 작업 오더 당사자가 하나의 업체이거나 각각 다른 업체인 경우 또 달라질 수 있다. 따라서 본 논문에서는 임의의 스케줄링 단위를 가정한다.

## 2. 2 문제의 설정

본 논문에서 고려한 가정은 다음과 같다.

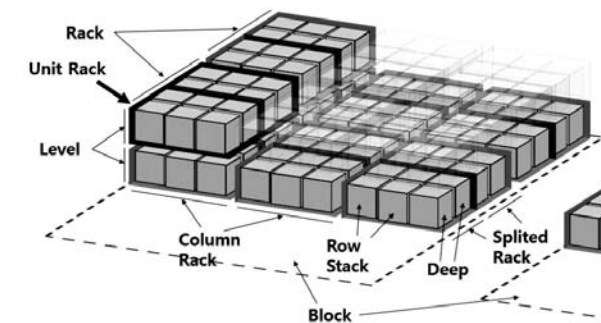


Fig. 4. Mobile-rack relevant assumptions

- 이동랙 창고의 작업은 랙 단위로 이루어진다.
- 단위 랙(Unit Rack)은 자신이 위치한 B(Block)값과, 블록 내 CR(Column Rack)값과 R(Rack)값을 가진다.
- 단위 랙이 가지는 SR(Splited Rack)값이 0이면 랙 뒷면에서만 가능한 작업이고, 1이면 랙 앞면에서만 가능한 작업이다.
- 단위 랙(Unit Rack)에서 D(Deep)는 얼마나 안쪽으로 깊이 보관할 수 있는지(뒤쪽이 0, 앞쪽이 1), RS(Row Stack)는 가로

로 얼마나 많이 보관할 수 있는지(왼쪽부터 0, 1, 2), L(Level)은 위로 얼마나 높이 보관할 수 있는지를 나타낸다.(아래에서부터 0, 1)

- 단위 랙과 단위 랙 사이 한 칸 거리를 1로 두어 창고 레이아웃의 좌측 최상단을 (0, 0)으로 하고 가로축은 x값, 세로축은 y값으로 한다.(단위 랙의 x좌표를 X, y좌표를 Y)

- 단위 랙(Unit Rack)의 가로길이는 2m, 세로길이는 2m라고 가정한다.

- 입구와 출구는 별도로 1개 씩 존재한다.

- 블록 내 작업 통로(이하 여유 공간)는 1개 존재한다.

- 블록 영역 이외의 모든 도로는 2차선이다.

- 각 여유 공간에서 작업 가능한 차량은 1대씩이다.

- 차량의 특성을 동일하게 가정한다.(속도, 회전반경 등)

- 입고와 출고 작업을 구분하지 않는다.

- 작업 차량의 수직방향 주행시간은 무시

- L(Level)값이 같고 나머지 좌표가 모두 같은 두 오더의 작업 시간은 동일하다.(x, y좌표도 동일)

- 작업 차량이 화물을 집고 내리는 시간은 무시한다.

- 초기 입력되는 작업은 작업 효율에 관계없이 먼저 입력된 순서대로 배치되어있다.

- 스케줄링 단위(: Sorting Number)를 가정하여 전체 작업 중 먼저 입력된 작업부터 스케줄링 단위만큼씩 정렬을 한다.

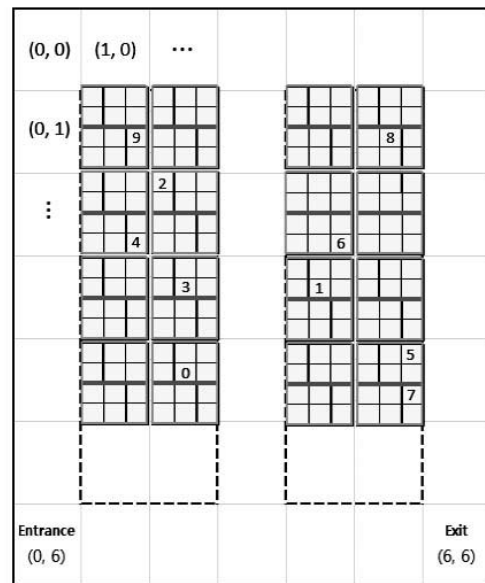


Fig. 5. Warehouse layout example(2B, 2CR, 4R, 2D, 3RS, 3L)

Fig. 5.는 임의의 작업 배치가 이루어진 창고 레이아웃의 예이다. 2개의 블록과 2개의 컬럼 랙, 4개의 랙을 가지고 있으며

좌측 상단을 (0, 0)을 기준으로 하여 모든 작업 위치의 좌표가 매겨진다. Fig. 5.에서 배치된 모든 작업의 좌표는 Table 1.을 통해 알 수 있다.

Table 1. Randomized 10 order locations

No.	b	cr	r	sr	d	rs	l	X	Y
0	0	1	3	0	1	1	0	2	4
1	1	0	2	0	1	1	0	4	3
2	0	1	1	0	0	0	1	2	2
3	0	1	2	0	1	1	0	2	3
4	0	0	1	1	1	2	1	1	2
5	1	1	3	0	0	2	0	5	4
6	1	0	1	1	1	2	2	4	2
7	1	1	3	1	0	2	2	5	4
8	1	1	0	1	0	1	1	5	1
9	0	0	0	1	0	2	0	1	1

블록 내 여유 공간이 1개인 경우 각 오더는 절대적인 작업위치를 가진다. 단, 7번 작업의 경우 여유 공간의 위치에 따라 작업 위치가 변하기 때문에 작업위치가 절대적이지 않다. 따라서 가장 아래쪽 랙에 위치하고 SR값이 1인 작업은 작업위치가 변할 수 있다는 점을 주의해야 한다.

위의 가정과 문제 분석을 통해 여러 대의 작업 차량에 대한 모형을 하고 차량 이동거리, 랙 이동개수 및 총 작업 시간을 최소화시킬 수 있는 알고리즘을 개발한다.

먼저 이동랙 창고의 운영상 특징을 반영하여 기존 연구를 바탕으로 한 수리적 모형을 제시한다. 이동랙 창고 운영에 있어서 제안된 수리적 모형의 한계점을 분석하고 이를 개선하기 위한 휴리스틱 알고리즘을 개발한다.

실험을 통해 두 모형의 결과값을 도출하고, 이를 비교분석한다.

### 2. 3 수리적 모형

랙 이동량과 총 작업시간을 최소화시키기 위해서는 불필요한 랙 이동이나 대기시간을 최소화시킬 수 있는 효율적으로 분류된 작업 스케줄이 필요하다. 한 블록에 동시에 한 대의 차량만이 작업을 하는 상황에서는 다음과 같은 간단한 방법으로 랙 이동량을 최소화하는 블록별 작업 할당 순서를 구할 수 있다.

Fig. 5.의 첫 번째 블록을 예로 들자면, 현재 개발된 여유 공간에서 가장 가까운 작업 순서로 분류했을 때 03429가 되며, 두

번째 블록은 75168이 된다. 이 때 랙 이동량과 총 작업 시간이 최소가 된다. 정리하면 아래와 같은 작업 우선순위 결정 기준으로 설명할 수 있다.

#### [작업 우선순위 결정 기준]

##### 1순위) 랙 이동 없이 가능한 작업

- 여유 공간이 블록 상단에 위치했을 때, 작은 b부터, 작은 r부터, 작은 sr부터, 작은 cr부터, 작은 rs부터, 작은 l부터
- 여유 공간이 블록 하단에 위치했을 때, 작은 b부터, 큰 r부터, 큰 sr부터, 작은 cr부터, 작은 rs부터, 작은 l부터

##### 2순위) 지연이 발생하지 않고 랙을 이동시켜야 가능한 작업

- 여유 공간이 블록 상단에 위치했을 때, 작은 b부터, 작은 r부터, 작은 sr부터, 작은 cr부터, 작은 rs부터, 작은 l부터
- 여유 공간이 블록 하단에 위치했을 때, 작은 b부터, 큰 r부터, 큰 sr부터, 작은 cr부터, 작은 rs부터, 작은 l부터

##### 3순위) 지연이 발생하는 작업

- 다른 블록의 우선순위 작업을 선택
- 다른 블록의 작업이 없다면, 통로에서 대기

작업 우선순위를 결정할 때 가장 먼저 1순위인 작업을 배치하고, 2순위, 3순위인 작업을 차례로 배치한다. 1순위와 2순위의 하위에 설명된 내용은 작업의 좌표상의 정렬 기준이며 동일하게 적용된다.

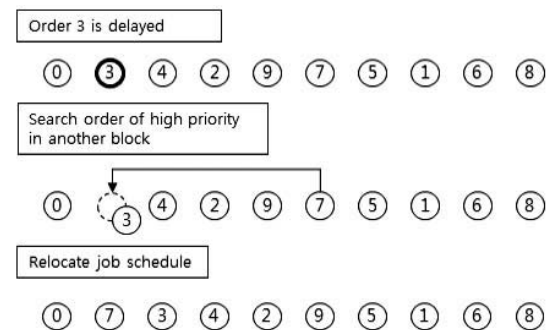


Fig. 6. Relocation in case of postponement

여기서 지연의 발생은 다음과 같은 상황을 의미한다. 먼저 블록 내 연속되는 두 개 작업을 A차량, B차량 순서로 할당받아 실행한다. A차량은 B차량보다 앞서서 진행하고, B차량은 아래쪽 도로를 벗어나기 직전까지 진행한다. 이 때 A차량이 여유 공간



에 위치해있다면 B차량의 작업 통로를 개방할 수 없다고 판단하고 A차량이 여유 공간을 벗어날 때까지 대기하는 경우를 말한다. 하지만 Fig. 6.과 같이 다른 블록에 차선순위 작업이 존재한다면 그 작업을 먼저 실행하고 지연이 발생한 작업은 다음 순서로 미룬다.

본 모형에서는 일차적으로 랙 이동량 최소화를 우선으로 하고 동일한 랙 이동량 해들 중에서 총 작업완료 시간을 최소화하는 최적해를 찾고자 한다. 랙 이동량 최소화를 위해서는 앞에서 언급한 작업 우선순위 결정 방법에 따라 각 블록별로 작업 순서를 쉽게 구할 수 있다.

따라서 랙 이동량을 최소로 하는 작업순서를 미리 구한 상태에서는 이 작업순서를 지키면서 총 작업 완료시간을 최소로 하는 모형만 수립하면 된다. 모형에서 사용될 모수 및 변수 그리고 수리적 모형은 다음과 같다.

### 모수 및 변수

- $N$ : 총 작업 index 집합. block별로 작업 index는 우선순위에 따라 정렬.
- $N^+$ :  $N \cup \{0\}$ 으로 0은 작업의 최초 시작과 종료를 위한 가상 작업
- $K$ : 작업 차량(리프트) index 집합
- $i, j$ : 작업 index
- $B$ : block index 집합
- $N_b^-$ : block  $b$ 의 최종 작업을 제외한 작업 index 집합
- $p_i$ : 블록에 진입하는 지점에서 작업  $i$ 를 마치고 개방된 통로를 벗어난 지점까지 걸리는 시간
- $a_i$ : 작업  $i$ 를 마치고 개방된 통로를 벗어난 지점부터 출구 → 입구까지 걸리는 시간
- $d_j$ : 작업  $j$ 를 위해 입구에서 작업이 위치한 블록에 진입하는 지점까지 걸리는 시간
- $t_{ij}$ :  $p_i + a_i + d_j$ 이며 작업  $i$ 의 시작부터 작업  $j$ 의 시작까지 걸리는 시간
- $x_{ij}^k$ : 차량  $k$ 가 작업  $i$ 를 수행하고 바로 작업  $j$ 를 시작하면 1, 그렇지 않으면 0
- $t_i$ : 블록에 진입하는 지점에서 작업  $i$ 를 시작하는 시간
- $T$ : 총 작업 완료 시간

수리 모형

$$\text{Minimize } T \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N^+} x_{ij}^k = 1 \quad i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{h \in N^+} x_{hi}^k - \sum_{j \in N^+} x_{ij}^k = 0 \quad k \in K, i \in N^+ \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} x_{0j}^k \leq 1 \quad k \in K \quad (4)$$

$$x_{ij}^k = 1 \rightarrow t_i + t_{ij} \leq t_j \quad k \in K, i \in N^+, j \in N \quad (5)$$

$$t_i + p_i \leq t_{i+1} \quad i \in N_b^-, b \in B \quad (6)$$

$$t_i + t_{i0} \leq T \quad i \in N \quad (7)$$

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad i \in N^+, j \in N^+, k \in K \quad (8)$$

$$t_i \geq 0 \quad i \in N^+ \quad (9)$$

$$T \geq 0 \quad (10)$$

모형에서 목적함수인 (1)은 모든 작업을 완료하는데 걸리는 총 작업 시간의 최소화를 나타낸다. 제약식 (2)는 각 작업은 한번 수행되어야 한다는 것을 나타낸다. (3)은 각 차량의 작업 Flow Conservation 제약을 의미한다. 제약식 (4)는 각 차량은 동시에 한 개 이하의 작업만 가능하다는 것을 의미하고, (5)는 동일한 차량에 의해 이루어진 연속 작업들 간의 시작 시간에 관한 제약이다. 제약식 (6)은 동일 블록내의 작업 우선순위를 지키기 위한 제약이다. 제약식 (7)은 최종 작업 완료 시간을 구하기 위한 제약이다.

## 3. 해법 및 실험

### 3.1 해법

본 논문에서 제시한 모형은 차량운행문제(Vehicle Routing Problem)와 유사하다. 또한 계산하기 전에 블록 내 작업들을 정렬하고, 정렬된 작업이 할당되는 모든 경우를 계산해 최적의 작업 스케줄을 도출하는 방식이다. 하지만 이 경우 문제의 규모에 따라 계산시간이 크게 증가하며, 큰 규모의 문제는 최적해를 구하지 못하는 경우가 대부분이다. 따라서 제시한 문제에 대한 해를 도출하기 위해 휴리스틱 해법을 제안한다. 휴리스틱 알고리즘에서 사용될 모수 및 변수, 알고리즘의 상세 단계는 다음과 같다.

### 모수 및 변수

- $i$  : 총 작업의 index
- $j$  : 차량  $A$ 의 작업 index
- $k$  : 차량  $B$ 의 작업 index
- $a$  : 스케줄링 단위에 따라 스케줄링을 실행하는 묶음과 묶음을 구분하는 장치
- $N_s$  : 스케줄링 단위
- $t_A$  : 차량  $A$ 의 누적 작업시간
- $t_B$  : 차량  $B$ 의 누적 작업시간
- $h$  : 출구에서 입구로 돌아오는 시간
- $T_{Aj}$  : 차량  $A$ 를 이용해 작업  $j$ 를 시작할 때부터 마칠 때까지 걸린 시간
- $T_{Bk}$  : 차량  $B$ 를 이용해 작업  $k$ 를 시작할 때부터 마칠 때까지 걸린 시간
- $r$  : 현재 작업에서  $r$ 값
- $sr$  : 현재 작업에서  $sr$ 값
- $r_w$  : 현재 작업에서 작업 위치의  $r$ 값
- $L$  : 현재 블록에서 개방되어 있는 여유 공간의  $y$ 값
- $D$  : 현재 작업의 이동거리
- $T$  : 현재 작업을 완료하는데 소요되는 시간
- $M$  : 현재 작업의 랙 이동개수
- $R$  : 창고레이아웃에 따른 Rack 설정 값
- $CR$  : 창고레이아웃에 따른 Column Rack 설정 값

### ① 작업 우선순위 결정(Job Priority Decision)

수리적 모형의 경우와 작업 우선순위 결정 기준은 동일하다. 단, 휴리스틱의 경우 입구로 작업 차량이 돌아올 때마다 스케줄링 단위 내에서 종료된 작업을 제외하고 다시 정렬한다. 그로 인해 지연 발생을 최소화하는 다음 작업을 실시간으로 정할 수 있다. 수리적 모형의 경우에도 지연에 대한 제약식이 존재하지만 차량에 배치되는 모든 작업 스케줄의 결과값을 비교하고 나서야 지연을 최소화하는 작업 스케줄이 결정되는 형태이기 때문에 사실상 검증하는 단계가 복잡하다고 할 수 있다.

### ② 작업 위치 결정(Job Positioning)

작업 차량이 돌아올 때마다 바뀐 위치를 갱신해야하기 때문에 작업 위치를 결정하는 과정이 필요하다.

```

else if( $sr == 1$ ) { $r_w = r + 1$ }
else if( $r$ 이  $L$ 보다 클 때)
  {if( $sr == 0$ ) { $r_w = r - 1$ }
  else if( $sr == 1$ ) { $r_w = r$ }}
```

### ③ 이동랙 카운팅(Counting Racks moved)

실시간으로 변하는 위치 값과 개방된 여유 공간의 위치 값을 비교해 랙 이동량을 카운팅한다.

입구와  $r_w$  사이,  $r_w$ 와 출구 사이의 직각거리를 이용해 각 작업에서 작업 차량의 이동거리  $D$ 와 작업 시간  $T$ 를 측정한다.

```

if( $r_w$ 가  $L$ 과 같을 때) { $M = 0$ }
else if( $r_w$ 가  $L$ 보다 작을 때)
  {if( $r_w == 0$ ) { $M = 0$ }
  else { $M = (L - r_w) \times CR$ }}
else if( $r_w$ 가  $L$ 보다 클 때)
  {if( $r_w == R + 2$ ) { $M = 0$ }
  else { $M = (r_w - L) \times CR$ }}
```

### 3. 2 작업 차량 2대인 경우의 휴리스틱 스케줄링 알고리즘

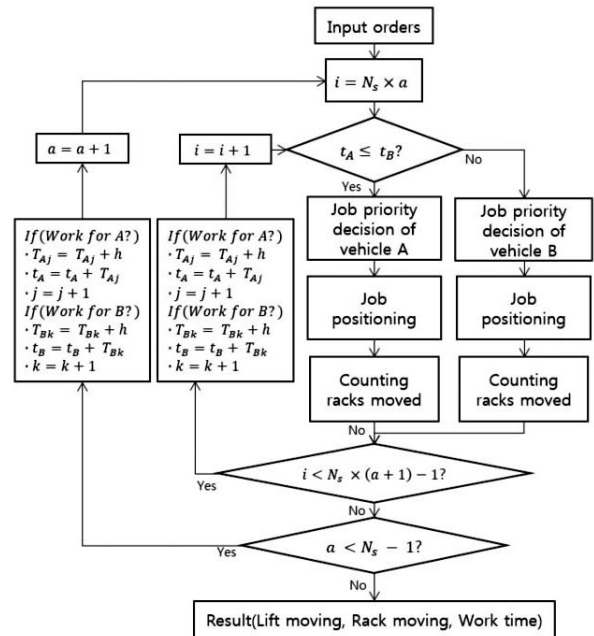


Fig. 7. Job scheduling algorithm for 2 vehicles

Step 1 : Input orders. 배열된 최초 오더를 입력하고, 초기 값을 입력( $r = 0, j = 0, k = 0, a = 0$ )

if( $r$ 이  $L$ 보다 작을 때)( $L$ 이  $R+1$ 일 때 포함)

```

{if( $r == 1$  &&  $sr == 0$ ) { $r_w = 0$ }
else if( $r != 1$  &&  $sr == 0$ ) { $r_w = r$ }}
```

- Step 2 :  $i = N_s \times a$ . 스케줄링 주기 설정 및 실행
- Step 3 :  $t_a \leq t_b$ ? A의 누적 작업 시간과 B의 누적 작업 시간 비교(값이 적은 차량에 작업을 할당하기 위해)
- Step 4-1 : Job priority decision of vehicle A. A 차량 작업 스케줄에 작업 순서 배치 기준에 따른 결과인 우선적인 작업을 할당(작업 순서 배치 기준은 1대인 경우와 동일)
- Step 4-2 : Job positioning. A 차량 작업 위치 결정. 이동랙 특성상 수시로 변화하는 작업 위치를 계산(1대인 경우와 동일)
- Step 4-3 : Counting racks moved. A 차량 이동랙 카운팅. 작업 위치를 이용해 차량의 이동거리와 작업 경과 시간 측정. 여유 공간 위치와 작업 위치를 비교해 작업을 위해 이동하는 랙 개수를 카운팅
- Step 5-1 : Job priority decision of vehicle B. B 차량 작업 스케줄에 작업 순서 배치 기준에 따른 결과인 우선적인 작업을 할당(작업 순서 배치 기준은 1대인 경우와 동일)
- Step 5-2 : Job positioning. B 차량 작업 위치 결정. 이동랙 특성상 수시로 변화하는 작업 위치를 계산(1대인 경우와 동일)
- Step 5-3 : Counting racks moved. B 차량 이동랙 카운팅. 작업 위치를 이용해 차량의 이동거리와 작업 경과 시간 측정. 여유 공간 위치와 작업 위치를 비교해 작업을 위해 이동하는 랙 개수를 카운팅
- Step 6 :  $i < N_s \times (a+1) - 1$ ?  $N_s$ 개 작업을 모두 배치했으면 완료, 남아 있으면 Step 3으로( $i=i+1$ )
- Step 7 :  $a < N_s - 1$ ? 모든 작업을 배치했으면 완료, 남아 있으면 Step 2로( $a=a+1$ ). 다음  $N_s$ 개의 작업을 정렬
- Step 8 : Result(Lift moving, Rack moving, Work time). 리프트 이동거리, 랙 이동량과 총 작업 시간을 출력

작업 스케줄링 알고리즘의 약간의 변화를 통해 2대 이상인 경우도 스케줄링을 할 수 있다.

### 3. 3 실험 및 분석

본 연구에서 제시한 휴리스틱의 효율성을 알아보기 위해 총 20가지 케이스에 대한 수치 실험을 하였다. 최적해와 비교를 위해 최적해는 혼합정수계획법을 풀이하는 일반 패키지 ILOG Cplex 12.5.1을 이용하였고, 제안한 휴리스틱 알고리즘은 CPU Intel Core i7-2600 PC에서 C# 언어로 코딩하여 실험하였다.

실험에 사용된 문제들은 차량 대수, 블록 개수, 총 작업 개수, sorting number에 대해 변화를 주어 문제의 복잡도를 다르게 하였다.

Table 2.에는 문제의 구체적인 상황이 케이스별로 정리되어 있다. 여기서 warehouse size는 창고의 가로, 세로 길이이고, Blocks내의 blocks와 columns, racks는 창고의 블록 개수, 컬럼 개수, 랙 개수를 나타낸다. lift의 number는 투입하는 작업 차량 대수, speed는 작업차량의 평균속도이다. product의 amount는 총 작업 개수이고 sorting number는 스케줄링 단위이다. 1~5번과 6~10번 케이스 간에는 블록 개수의 차이가 있고, 6~10번과 11~15번 케이스 간에는 총 작업 개수의 차이가 있으며, 11~15번과 16~20번 케이스 간에는 sorting number의 차이가 있다.

Table 3.에서 결과 값으로 도출되는 Lift moving은 작업차량의 총 이동 거리를 나타내고, Rack moving은 이동한 랙의 총 개수를 나타낸다. Work time은 작업을 모두 마치는데 까지 걸린 시간을 나타내고, Calc time은 작업 스케줄을 계산해 내는데 걸리는 시간을 나타낸다. 여기서 Heuristic Solution이란 휴리스틱 알고리즘을 통해 계산한 결과값이고 Exact Solution은 수리적 모형을 통해 도출한 최적값이다.

차량 대수에 변화를 준 경우, 차량 대수가 많아짐에 따라 총 작업 시간은 감소했다. 휴리스틱 계산시간은 차량 대수 증가에 따라 증가하는 모습을 보였으며, 최적해 계산시간은 차량이 1대 또는 2대일 때 가장 오래 걸리는 모습을 보였다.

블록 개수에 변화를 준 경우, 총 작업 시간은 두 배 가량 증가하였다. 휴리스틱 계산시간은 소폭 증가하였고, 최적해 계산시간은 불규칙하게 증가하여 휴리스틱과 최적해의 계산시간 차이가 커졌다.

총 작업 개수에 변화를 준 경우, 총 작업 시간은 두 배 가량 증가하였다. 휴리스틱 계산시간은 소폭 증가하였고, 최적해 계산시간은 불규칙하게 증가하여 휴리스틱과 최적해의 계산시간 차이가 커졌다.

sorting number에 변화를 준 경우, 총 작업 시간은 크게 변화하지 않았다. 휴리스틱 계산시간은 크게 변화하지 않았고, 최적해 계산시간은 급격하게 증가하여 16번 케이스의 경우 약 13시간이 넘는 모습을 보였다.

이를 통해, 문제가 복잡해짐에 따라 Exact Solution의 계산 시간은 기하급수적으로 증가할 것이고, 경우에 따라 해를 구하지 못할 수도 있다고 분석할 수 있다. 반면 Heuristic Solution의 경우 1분 내외의 계산시간만 필요하며, 작업 차량 대수, 블록 수, 총 작업 개수, sorting number와 같은 문제의 복잡도에 크게 영향을 받지 않는다는 점에서 효율성을 보인다고 할 수 있다.

Table 2. Set up cases for numerical experiment

Case no.	warehouse size		Blocks			lift		product	
	width	height	blocks	columns	racks	number	speed	amount	sorting number
1	12	14	1	4	4	1	1	50	10
2	12	14	1	4	4	2	1	50	10
3	12	14	1	4	4	3	1	50	10
4	12	14	1	4	4	4	1	50	10
5	12	14	1	4	4	5	1	50	10
6	12	14	2	4	4	1	1	50	10
7	22	14	2	4	4	2	1	50	10
8	22	14	2	4	4	3	1	50	10
9	22	14	2	4	4	4	1	50	10
10	22	14	2	4	4	5	1	50	10
11	22	14	2	4	4	1	1	100	10
12	22	14	2	4	4	2	1	100	10
13	22	14	2	4	4	3	1	100	10
14	22	14	2	4	4	4	1	100	10
15	22	14	2	4	4	5	1	100	10
16	22	14	2	4	4	1	1	100	20
17	22	14	2	4	4	2	1	100	20
18	22	14	2	4	4	3	1	100	20
19	22	14	2	4	4	4	1	100	20
20	22	14	2	4	4	5	1	100	20

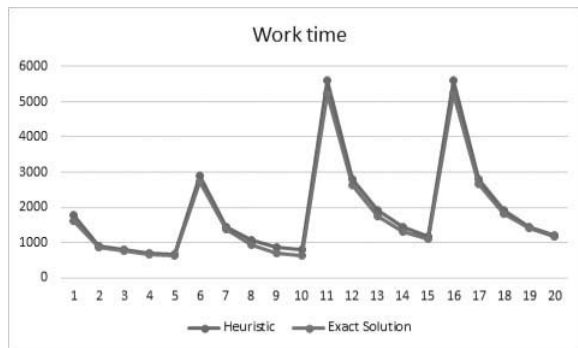


Fig. 8. Comparison of work time results of heuristic solution and exact solution

Fig. 8.에서는 Work time에 대해 Heuristic Solution과 Exact solution의 결과값을 그래프를 통해 비교하고 있다. 두 결과값의 차이는 약 7.5% 정도로, Heuristic Solution의 결과값이 최적해에 매우 근접하다는 사실을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 이동랙을 활용하는 물류센터를 대상으로 총 작업 시간과 랙 이동량을 최소화시킬 수 있는 차량 운행 경로 문제를 다루었다.

이동랙 창고 운영에 영향을 미치는 요인을 분석하고 이를 반영하여 복잡한 문제에서도 해를 찾을 수 있도록 휴리스틱 알고리즘을 제안하였으며, 수치 실험을 통해 그 효율성을 살펴보고 각 요인의 변화가 결과값에 미치는 영향 정도를 분석하였다. 실험 결과 작업 차량의 이동거리나 작업 소요시간은 창고크기, 총 작업개수에 비례했고, 계산 시간은 작업 차량 대수, 창고크기, 총 작업개수 모두에 비례하는 경향을 보였다. 랙 이동개수는 창고크기, 총 작업개수에는 비례한다고 볼 수 있었지만 작업 차량 대수에 대해서는 변화가 거의 없었고, sorting number가 증가함에 따라 값이 줄어든다는 차이점이 있었다.

실제 현장에서 작업 스케줄을 수립할 때 본 연구 결과를 활용하여 차량 운행 계획을 작성할 수 있을 것이며, 이동랙 창고 관리 프로그램의 작업 스케줄링 기능으로 활용될 수 있다고 생각

Table 3. Results of heuristic solution and exact solution

Case no.	Heuristic Solution				Exact Solution			
	Lift moving	Rack moving	Work time	Calc time	Lift moving	Rack moving	Work time	Calc time
1	902	48	1794	18	902	48	1604	3.84
2	902	48	912	29	902	48	862	5.56
3	902	48	800	40	902	48	754	4.3
4	902	48	690	48	902	48	676	3.9
5	902	48	662	55	902	48	644	3.06
6	1464	80	2904	21	1464	80	2726	5.65
7	1464	80	1452	33	1464	80	1370	33.94
8	1464	80	1082	40	1464	80	936	19.37
9	1464	80	866	43	1464	80	708	9.17
10	1466	80	812	50	1464	80	622	5.24
11	2824	156	5620	42	2824	156	5246	11.97
12	2824	156	2814	69	2824	156	2638	76.56
13	2824	156	1902	75	2824	156	1756	44.3
14	2824	156	1452	84	2824	156	1292	19.76
15	2824	156	1170	92	2824	156	1102	12.87
16	2824	88	5606	40	2824	88	5238	45445.35
17	2824	88	2814	70	2824	88	2652	6582.16
18	2824	88	1902	78	2824	88	1824	8084.26
19	2824	88	1454	85	2824	88	1418	5304.64
20	2824	88	1208	90	2824	88	1170	1333.59

한다. 연구의 한계점으로 실제 랙이나 창고, 지게차의 제원을 활용한 것이 아닌 가정에 따랐기 때문에 이후에는 근사한 수치가 아닌 실제 자료를 적용한 연구가 이루어져야 할 것이다. 그리고 작업 차량이 화물을 피킹하는 시간을 반영하지 않았다.

실제 창고 작업의 흐름은 컴퓨터가 작업 스케줄링하는 데로 이상적으로만 진행되지 않을 것이다. 작업자가 실수를 해서 다른 작업을 해버린다거나 랙이 고장이 나서 모든 작업이 지연된다거나 정전이 일어나거나하는 등 예상치 못한 상황이 수시로 발생할 것이다. 따라서 돌발 상황에 처했을 때 유동적으로 대처하기 위해서는 여러 가지 상황에 대한 규칙이나 제약을 추가하고 수정하여 알고리즘을 더욱 견고하게 만들어야 할 것이다.

## REFERENCES

- [1] Busan Development Institute (2015), Logistics trends of east asia, pp. 92-101.
- [2] Choi, G. H. et al. (2006), A Genetic Algorithm for the Heterogeneous Vehicle Routing Problems, Journal of the Korean Society of Supply Chain Management, Vol. 6, No. 2, pp. 97-108.
- [3] Guezzen, A. H. et al. (2013), Travel Time Modeling and Simulation of a Mobile Racks Automated Storage/Retrieval System, IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol. 5, No. 3, pp. 420-423.
- [4] Jang, H. Y. (2009), Algorithms for optimal routing in an Aisle-Based order picking system, Journal of the Korean Society of Supply Chain Management, Vol. 9, No. 2, pp. 155-163.
- [5] Lee, M. K. (1995), Travel-Time Analysis for an Automated Mobile Racking System, Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 21, No. 2, pp. 195-206.
- [6] Ratliff, H. D. and Rosenthal, A. S. (1983), Order-picking in a rectangular warehouse: a solvable case of the

traveling salesman problem, Operations Research, Vol. 31, No. 3, pp. 507-521.

- [7] Rakesh, V. and Adil, G. K. (2015), Layout Optimization of a Three Dimensional Order Picking Warehouse, IFAC-PapersOnLine, Vol. 48, No. 3, pp. 1155-1160.

- [8] Shin, J. Y. and Kim, W. S. (2014), Container

Transportation Models in Industrial Estate Area, Journal of the Korean Institute of Navigation and Port Research, Vol. 38, No.2, pp 171-176.

- [9] Wenrong, L. et al. (2015), An algorithm for dynamic order-picking in warehouse operations, European Journal of Operational Research, Vol. 20, No. 7, pp. 1-16.



### 신재영

서울대학교 경영학사  
한국과학기술원 공학석사  
한국과학기술원 공학박사  
현재 : 한국해양대 물류시스템공학과 교수  
관심분야 : 물류/SCM, 시뮬레이션



### 김환성

부경대학교 공학사  
부경대학교 공학석사  
일본 구마모토대학 공학박사  
현재 : 한국해양대 물류시스템공학과 교수  
관심분야 : 물류/SCM, 물류자동화



### 박형준

한국해양대학교 물류시스템공학과 학사  
현재 : 한국해양대 물류시스템학과 석사  
과정  
관심분야 : 물류/SCM, 시뮬레이션

## 목표지향 행동모델을 적용한 O2O서비스 이용의도에 관한 연구

김진수 · 정성용<sup>†</sup>

중앙대학교 경영경제대학

## A Study on Behavioral Intention of O2O Service Using the Model of Goal-Directed Behaviour

Jin Soo Kim · Sung Yong Jung<sup>†</sup>

Department of Business, Chung-Ang University

New attention has recently been paid to O2O(Online to Offline) service that integrates online and offline commerce as services using smart-phones increase rapidly. However, with mushrooming services that could not exactly figure out the users' demands and intentions, side effects of the O2O service itself began appearing. Thus, this study would draw factors affecting use intention and real action in order to understand the users' demands and use intentions, so that the O2O service can be settled in the market as a new paradigm, on which there is a lack of demonstration research, so as to secure the base of studies of the O2O service, through an empirical analysis. For this purpose, based on the Model of Goal-directed Behavior(MGB), this study conducted validation through a survey, including the factor of emotional support. As a result of verification, the hypothesis that the perceived behavior control would have an impact on desire or real action has all been dismissed, and the newness of the past behavior turned to be an important factor in predicting actions in the future. In addition, it turned out that emotional support had a positive impact on desire that represents the status of psychological motivation. It is expected that this study will provide a base for studies of the O2O service, which does hardly exist in Korea and contribute to the vitalization of the market related to services

**Keywords:** O2O, Intention, MGB, Emotional support, Desire

---

<sup>†</sup> Corresponding author: Department of Business, Chung-Ang University, 84 Heukseok-ro, Dongjak-gu, Seoul, 06974, Korea.

Tel: +82-2-700-0434, E-mail: syjung@cj.net

Received : 14 April 2016, Revised : 15 May 2016, Accepted : 14 June 2016

## 1. 서론

온라인과 오프라인을 유기적으로 연계하여 새로운 가치를 창출하기 위한 O2O(Online to Offline)서비스가 유통환경을 획기적으로 변화시키고 있다. O2O서비스는 최초로 오프라인 커머스를 지원하는 온라인 쇼핑을 의미했으나, 최근에는 온라인에서 오프라인 연결과 오프라인에서 온라인을 연결하는 모든 것을 의미하는 것으로 발전하였다. 상거래에서 O2O서비스가 일반화되면서 오프라인에서 판매되는 서비스와 상품을 온라인을 통해 결제하고 오프라인 매장에서 상품을 구매하거나 서비스를 이용하는 온-오프라인 통합이 가속화 되고 있다.

O2O서비스는 소셜커머스와 차이점이 있는데 소셜커머스는 온라인 쇼핑과 소셜네트워크를 단순하게 결합한 개념으로 볼 수 있으나, O2O서비스는 가상공간인 온라인에서 현실공간인 오프라인으로 고객을 유인하는 모델이라는 점이다. 이는 SCM측면에서도 온라인의 배송모델과 오프라인의 대면모델의 중간자적 모델이라고 볼 수 있으며, 배송이 이루어지지 않는다는 점에서 공급망 구성에 차별화를 해야 한다.

O2O서비스가 고객에게 차별화된 경험을 제공할 수 있는 중요한 수단으로 부각되면서 외식, 온라인 여행, 부동산, 티켓 예약, 자동차 임대, 전자 쿠폰 등의 분야에서 주로 활용되고 있다(Sun, 2015).

O2O서비스는 스마트폰 보급 확대와 더불어 단기간에 급격히 확산되면서 검증되지 않은 서비스 이용에 대한 불만이 증가하고 있다. 특히, 검증되지 않은 플랫폼을 통한 서비스의 제공은 고객과 기업 양측 모두에게 불만을 초래하며, 결과적으로 산업 전체에 부정적인 영향을 미치고 있다.

이러한 문제점을 인식하고 미국과 중국, 일본 등 O2O서비스를 주도하고 있는 선진국을 중심으로 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 국내의 연구는 아직 걸음마 수준에 머무르고 있으며, 대부분의 연구가 산업동향 분석이나 사례분석 위주로 진행되면서 실증연구는 거의 찾아보기 힘든 실정이다. 특히, 다양한 O2O플랫폼이 등장하고 있으나 고객에게 선택받지 못하거나 지속적인 이용이 이루어지지 않는 것에 대한 체계적인 연구가 미비한 상황이다.

O2O서비스 수용의도에 관련된 기존 연구를 살펴보면 Davis(1989)에 의해 제안된 기술수용모델(TAM: Technology Acceptance Model)이나 Lapointe & Rivard(2005)의 사용자 저항이론 등을 활용하여 지각된 위험과 사용자 저항이 이용중단의 의도에 미치는 영향과 관련된 연구가 진행되었다. 그러나 O2O 관련 실증연구가 부족하여 연구결과를 보편화시키지 못하였고

이용의도에 대한 충분한 검토를 하지 못하여 부분적이고 단편적인 결과만을 제시한 것이 한계점이라 할 수 있다(Park, 2015). 또한 급속하게 성장하는 O2O서비스의 이용의도와 관련하여 체계적인 실증연구가 부족하다는 것을 여러 선행연구에서 제시하고 있다(Sun, 2015).

이에 본 연구에서는 기존 소셜커머스와 정보시스템 관련 선행연구와 사회과학분야에서 사용자의 행동을 연구하기 위해 주로 사용되고 있는 목표지향행동모델(MGB: Model of Goal-directed Behaviour)을 활용하여 선행변수 및 인지된 요인들이 이용 의도나 실제 행동에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 또한 목표지향행동모델에 영향을 미칠 수 있는 선행변수로 사회적 지원(social support)을 적용하였다. Cohen & Hoberman(1983)에 의하면 사회적 지원은 상호관계성을 유지해야 하는 상황에서 타인으로부터 제공되는 모든 긍정적인 자원이며, 사회관계망에서의 우호적인 관계라고 제시하였다. 이후 여러 연구자에 의해 소비자의 성향이나 행동의도를 파악하는데 폭넓게 사용되어 왔으며, 새로운 정보시스템 이용의도를 규명하는데도 유용하게 적용되고 있다. 정리하면, 본 연구는 목표지향행동모델에 사회적 지원 요인을 추가하여 O2O서비스 이용의도와 실제 행동에 미치는 영향요인을 실증적으로 규명하고자 한다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 O2O서비스 특성

스마트폰의 보급이 확산됨에 따라 전자상거래 형태가 다양해지면서 최근에 온라인과 오프라인을 통합한 새로운 상거래 형태인 O2O(Online to Offline)서비스가 주목받고 있다. O2O서비스는 온라인에서 상품이나 서비스를 구매하고 오프라인에서 상품을 수령하거나 서비스를 제공받는 비즈니스 유형이다(Chi, Kang, Han, 2015).

O2O서비스는 소셜커머스와 유사한 성격을 지닌다고 주장하는 일부 연구자도 있으나 소비자가 가상공간(online)에서 상품이나 서비스를 구매하고 현실 공간(offline)에서 상품이나 서비스를 제공받게 되면서 물류에 과도하게 의존하지 않으며, 서비스 플랫폼의 신뢰를 크게 인식하지 않는 등 근본적인 접근 방법에서 차이를 보인다(Curty & Zhang, 2013). 이에 O2O서비스를 연구하기 위해서는 기존의 소셜커머스와 전자상거래와는 다른 방법으로 접근해야 한다.



## 2.2 목표지향행동모델

기존의 정보시스템이나 소셜커머스와 관련한 소비자의 행동 연구를 살펴보면 Fishbein & Ajzen(1975)의 합리적 행동이론(TRA: Theory of Reasoned Action)이나 Ajzen(1991)이 제시한 계획된 행동이론(TPB: Theory of Planned Behavior)이 주로 사용되어 왔다. 그러나 산업의 형태가 변화되고 사용자의 행동패턴을 예측하는 것이 점점 복잡해지면서 이러한 연구 결과에 새로운 요인들을 추가해야 할 필요성이 제기되고 있다(Perugini & Bagozzi, 2001).

합리적 행동이론이나 계획된 행동이론의 한계점이 지적되면서 Perugini & Bagozzi(2001)는 긍정적 예기정서(positive anticipated emotion) 및 부정적 예기정서(negative anticipated emotions)와 같은 감정적인 요인과 열망(desire), 과거행동빈도(frequency of past behavior), 과거행동의 최신성(recency of past behavior)을 새롭게 고려한 목표지향행동모델을 제안하였다.

목표지향행동모델이 소비자의 행동을 보다 정확하게 예측할 수 있게 되면서 정보시스템이나 학습, 운동 등 다양한 분야에서 행동패턴을 연구하는데 사용되고 있다. 특히, 소비자들은 어떠한 행동을 할 때 목표를 정하고 그 목표에 접근하기 위한 의사결정을 수행한다고 가정하고, 어떤 목표를 추구하며 목표를 달성하는 방법은 무엇인가를 적절하게 조합하는 목표지향행동모델이 여러 분야에서 소비자 행동의 인과관계를 증명하는데 유용하다(Park, 2011).

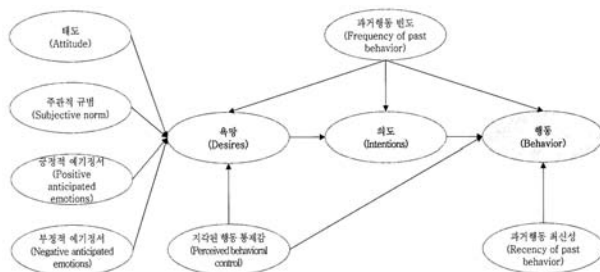


Fig. 1. Model of Goal-directed Behavior  
Source: Perugini & Bagozzi, 2001

Han(2014)은 레스토랑 소셜커머스 이용의도를 파악하기 위한 연구에서 확장된 목표지향행동모델을 활용하여 이용의도에 영향을 미치는 요인을 효과적으로 규명하였으며, Park(2011)의 인터넷 구매행동을 이해하기 위한 연구에서는 욕망과 의도, 실제 행동과의 관계를 규명하는데 목표지향행동모델을 사용하였다.

본 연구에서도 선행연구의 결과를 바탕으로 O2O서비스의 이용의도와 실제 행동의 관계를 규명하기 위해 목표지향행동모델에서 제시하고 있는 요인들을 활용하였다.

## 2.3 정서적 지원

사회적 지원(social support)은 소비자의 행동을 연구하는데 많이 사용되어 왔으나 학자마다 접근하는 방법이나 정의에 차이를 보이고 있다. 정보시스템과 관련된 연구에서는 온라인에서의 소속감이나 사회적 지위, 온라인에서의 가치 강화, 소셜네트워크 상에서의 소속감이나 유대감 등에서의 정서적인 지원(emotional support)이나 정보적인 지원(information support)을 기대하는데서 사회적 지원 요인이 비롯된다고 보고 있다(Hennig-Thurau, Gwinner, Walsh, Gremler, 2004).

Park(2011)의 연구에 의하면 목표지향행동모델에서 예기정서(anticipated emotion)는 소비자들이 느끼는 정서적인 측면으로 목표를 달성하기 위한 긍정적이거나 부정적인 감정요인은 동기적 상태에 영향을 미치고, 이는 정서적인 부분을 설명할 수 있다고 하였다. 그러나 Han(2014)의 연구에서는 예기정서 요인이 정보시스템을 설명하는데 한계가 있음을 제시하고 정보적 지원과 정서적 지원 요소를 사용하여 소셜커머스의 이용의도를 해석하고자 하였다. 이에 본 연구에서는 목표지향행동모델의 긍정적/부정적 예기정서가 정보시스템 이용의도를 예측하는데 한계가 있다는 선행연구를 보완하고자 긍정적/부정적 예기정서 요인을 정서적 지원요소로 통합하였다. 정서적 지원은 사용자 간의 보살핌이나 이해, 동정과 같이 서로 가까운 관계를 형성시키는 요인으로, 정보시스템 관련 연구에서는 감정적인 부분을 설명하기 위해 주로 활용되고 있다.

이에 본 연구에서는 목표지향행동모델에서 제시하고 있는 긍정적/부정적 예기정서 요인을 정서적 지원요인으로 통합함으로써 모델의 설명력을 높이고자 하였다.

## 3. 연구모형 및 연구방법

### 3.1 연구모형

본 연구에서는 O2O서비스 이용의도와 실제 행동에 미치는 영향요인을 파악하기 위해 목표지향행동모델을 기반으로 연구모형을 설정하였으며 긍정적/부정적 예기정서 요인을 정서적 지원으로 통합하여 O2O서비스를 보다 정확하게 바라보고자 하였다. 구체적인 연구 모형은 다음 그림과 같다.

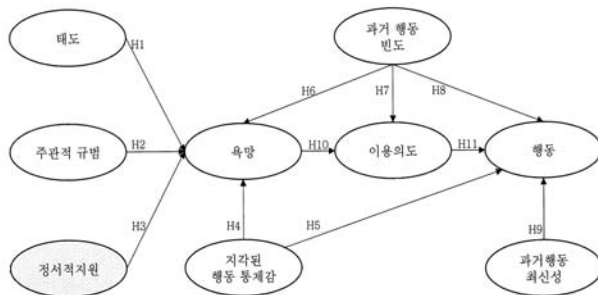


Fig. 2. Research Model

### 3.2 연구가설

#### (1) 태도

태도(attitude)는 특정 대상에 대해 호감을 갖거나 그렇지 않은 경향을 나타내는 심리적인 상태를 나타내며, 특정 대상이나 상황에 대한 지속적인 심리적 경향과 평가 결과에 대한 신념까지 포함한다(Ajzen, 1991).

Kim & Cho(2008)의 연구에서는 자신에게 이익이라고 생각할수록 특정 행동에 대해 긍정적인 태도를 갖게 된다고 하였다. Hsu & Chiu (2004)의 연구에서도 전자서비스에 대한 지각된 유용성과 지각된 즐거움으로 구성된 태도가 이용의도에 긍정적인 영향을 미친다고 제시하였다. 이외에도 많은 연구에서 태도는 특정한 대상을 긍정적인 감정요인으로 전환시키는데 중요한 요인으로 제시하고 있다.

이에 본 연구에서도 태도가 O2O서비스 이용 욕망에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단하고, 오프라인과 온라인을 통합서비스에 대한 태도가 욕망과 어떠한 연관관계를 형성하는지를 판단하고자 다음과 같이 가설을 설정하였다.

**H1:** 태도는 O2O서비스 이용 욕망에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

#### (2) 주관적 규범

Fishbein & Ajzen(1975)의 연구에서 주관적 규범은 자신이 수행하거나 수행하게 될 의사결정 과정에서 느끼는 사회적인 압력으로 정의하고 있으며, 주위에서 자신에게 영향력을 미치는 사람들이 어떻게 생각하는가에 대한 내용이다.

Shin(2013)의 연구에서는 소비자들이 소셜커머스를 이용할 때 주관적 규범이 이용의도에 긍정적인 영향을 미친다고 제시하고 있다. 사용자가 새로운 서비스를 이용할 때 주위에서 추천하거나 동조하는 사람이 많을수록 이용 동기가 확실해 지고 긍정적인 의사결정을 할 가능성이 높아진다.

이에 본 연구에서도 O2O와 같이 새로운 서비스를 이용하는 데 있어서 주위의 판단이 감성적인 동기 요인에 긍정적인 영향을 줄 것으로 판단하고 다음과 같이 가설을 정의하였다.

**H2:** 주관적 규범은 O2O서비스 이용 욕망에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

#### (3) 정서적 지원

소셜네트워크 서비스가 발전하면서 사람과 사람간의 관계형성이 온라인으로 급격히 전환되고 있다. 소셜네트워크 서비스를 이용하는 사람들은 관계형성 과정에서 타인에게 감성적인 지원을 받고자 하는 기대감이 있다. 정서적 지원은 관계형성 과정에서 직접적인 방법보다는 간접적인 방법으로 자신의 의사결정을 지원하며 문제를 직접 해결할 수 있는 대안을 제시하기 보다는 보살핌, 이해, 동정과 같이 의사결정의 실마리를 제공한다(Han, 2014).

Shin(2013)의 소셜커머스 관련 연구에서 정서적인 지원은 이용의도에 긍정적인 영향을 미친다고 제시하였으며, Rosenbaum & Massiah(2007)의 연구에서도 특정한 서비스 이용 시 다른 사용자에게 정서적 지원을 받는 정도에 따라 지속적인 이용성과에 영향을 미치는 것으로 제시되었다. Liang & Turban(2011)은 소셜네트워킹 사이트에서 정보적 지원이 이용의도와 긍정적인 관계가 있다고 제시하였다. Sapp & Laczniak(2003)은 인터넷을 통해 의류 쇼핑을 하는 소비자의 경우 정서적 지원이 많을수록 쇼핑을 긍정적으로 받아들인다고 제시하였다. 정서적 지원은 소셜네트워크와 같이 관계형 서비스에서 이용의도를 결정하는데 중요하게 사용되어 왔다. O2O서비스도 추천이나 사용 후기, 오프라인 서비스의 평가, 사용자 간의 교류를 통해 정서적인 영향을 받을 수 있다.

이에 본 연구에서도 선행연구를 기반으로 정서적 지원과 욕망의 관계에서 다음과 같이 연구가설을 설정하였다.

**H3:** 정서적 지원은 O2O서비스 이용 욕망에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

#### (4) 지각된 행동 통제감

지각된 행동 통제감은 사용자가 자신의 의지대로 얼마나 쉽게 행동을 실행할 수 있는지와 행동 결정권이 자기의 통제 하에 있다고 판단하는 신념이다(Ajzen, 1991). 지각된 행동 통제감은 어떤 행동을 결정하거나 지속적으로 반복할 때 스스로의 의사결정에 의해 진행된다면 긍정적인 방향으로 행동할 가능성이 높다.

Hsu & Chiu(2004)의 연구에서는 전자 서비스 이용 시 소비

자가 자발적인 통제의 조건하에서는 이용의도에 긍정적인 관련이 있다고 제시하였다. Ajzen(1991)의 계획된 행동이론 연구에서는 행동을 실행하기가 용이하고, 자기 의지의 통제하에 있다고 믿는 수준이라고 지각된 행동 통제감을 정의하고 의도에 긍정적인 영향을 미친다고 제시하였다.

이에 지각된 행동 통제감이 O2O서비스 사용 욕망에 긍정적인 영향을 미친다고 판단하여 다음과 같은 가설을 정의하였다.

**H4:** 지각된 행동 통제감은 O2O서비스 이용 욕망에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

**H5:** 지각된 행동 통제감은 O2O서비스 실제 이용 행동에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

#### (5) 과거행동 빈도 및 최신성

과거행동 패턴은 미래의 행동을 예측하는데 중요한 요인이다. 목표지향행동모델을 제안한 Perugini & Bagozzi(2001)는 특정 시점부터 꾸준히 수행한 행동횟수를 의미하는 과거행동 빈도(frequency of past behavior)와 최근에 특정행동을 수행한 과거행동의 최신성(recency of past behavior)을 미래 행동을 예측하는데 중요한 요인으로 제시하였다. 감성적인 동기요인인 욕망, 이용의도, 실제 행동에 영향을 미치는 과거행동 빈도는 과거에서 현재까지의 총 행동 횟수를 의미하고 행동에 직접적 영향을 미치는 과거행동의 최신성은 행동에 대한 최근 행동빈도를 의미한다(Jung, 2014). 과거행동 빈도는 목표지향행동모델에서 욕망, 이용의도, 행동을 결정하는 독립적인 예측변수로 영향력을 미친다고 검증되었다(Park, 2011).

이에 본 연구에서는 Perugini & Bagozzi (2001)의 연구에서 제안한 것과 동일하게 과거행동 빈도와 최신성이 O2O서비스 이용 욕망과 의도, 실제 행동에 미치는 영향을 검증하기 위해 다음과 같이 가설을 설정하였다.

**H6:** 과거행동 빈도는 O2O서비스 이용 욕망에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

**H7:** 과거행동 빈도는 O2O서비스 이용의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

**H8:** 과거행동 빈도는 O2O서비스 실제 이용 행동에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

**H9:** 과거행동 최신성은 O2O서비스 실제 이용 행동에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

#### (6) 욕망, 이용의도 및 행동

욕망(desire)은 사람이 가지고 있는 심리적인 동기 상태를 말

하며 목표지향행동모델에서는 이용의도에 영향을 미치는 핵심 요인이다(한을경, 2014). 특히, 의도(intention)은 동기적인 요소를 포함하지 않고 수단으로만 활용되지만, 행위유발의 동기적 요소를 포함하는 욕망은 의도에 강한 영향을 미친다(Nam, 2013).

이용의도(intention)는 실제 행동에 직접적인 영향을 미치는 것으로 여러 연구자에 의해 검증되었다. Park(2011)은 의도를 변화시키는 요인으로 욕망을 제시하였으며, Bagozzi & Dholakia(2006)는 의도가 실제행동에 영향을 미치는 중요한 예측변수라고 제시하였다.

계획된 행동이론을 제안한 Ajzen(1991)은 행위 의도만으로 행동을 모두 설명할 수 없다고 하였다. 이는 의도가 완전하게 행동을 설명할 수 없다는 것을 반증하는 것이다. 실제 행동은 결과적으로 O2O서비스를 이용했는지 여부를 판단하는 요인으로 이용의도가 있다고 하더라도 실제 행동으로 이어지지 않는 경우가 있다. 즉, 의도는 있었으나 실제 행동을 하는 것은 다른 의미로 해석할 수 있다. 이는 많은 연구에서 이용의도만 파악해서는 실제 행동을 설명하기에 한계점이 있다고 제시하는 것과 의미를 같이 한다.

본 연구에서도 선행연구와 같이 욕망과 이용의도를 다른 요인으로 보고 가설을 설정하였다. 욕망은 동기적인 요소를 포함하고 의도는 수단으로 활용된다는 연구를 기반으로 다음과 같이 욕망과 이용의도에 대한 가설을 설정하였다.

**H10:** 욕망은 O2O서비스 이용의도에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

**H11:** 이용의도는 O2O서비스 실제 이용행동에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

#### 3.3 변수의 조작적 정의 및 측정항목

본 연구에서 활용된 변수들은 선행연구를 통해 신뢰성과 타당성이 확보된 측정 도구들을 O2O서비스에 적합하게 일부 수정하고 보완하여 사용하였으며, Likert 7점 척도를 이용하여 측정하였다. 구체적인 내용은 다음 표와 같다.

Table 1. Operational Definition

변수	조작적 정의	측정항목		참고문헌
태도	O2O서비스 플랫폼 이용의 결과로써 발생하는 기능적 편익에 대한 태도	att1	나는 O2O서비스를 이용하는 것이 효과적이라고 믿는다.	Chen & Lu(2011), Chou, Chen, Wang(2012), Park(2010), Han(2014)
		att2	나는 O2O서비스를 이용하는 것이 가치 있는 것이라고 믿는다.	
		att3	나는 O2O서비스를 이용하는 것이 유용한 것이라고 믿는다.	
주관적 규범	O2O서비스 플랫폼에 대해 주변 사람들이 어떻게 생각하는지에 대한 이사용자의 주관적 신념	sn1	나의 가족들은 내가 O2O서비스를 이사용하는 것을 추천한다.	Featherman & Pavlou (2003), Han(2014), Noh(2011)
		sn2	나의 지인들은 내가 O2O서비스를 이사용하는 것을 추천한다.	
		sn3	다른 O2O서비스 이사용자 들은 내가 O2O서비스를 이용하는 것을 추천한다.	
정서적 지원	O2O서비스 플랫폼 이용에 있어 이사용자들과의 관계를 통해 서로의 관심거리 등에 대해 표현하면서 제공 받는 정서적 도움	es1	내가 이용하는 O2O서비스는 내가 어려운 상황에 있을 때 나의 편에서 생각해 준다.	Chen & Choi(2011), Liang, Li, Turban(2012), Han(2014)
		es2	내가 이용하는 O2O서비스는 내가 어려운 상황에 있을 때 격려가 된다.	
		es3	내가 이용하는 O2O서비스는 내가 어려운 상황에 있을 때 내 감정을 토로 할 수 있다.	
지각된 행동통제감	O2O서비스 플랫폼 이용에 있어서 필요한 자원과 기회의 유무에 대한 지각 정도	pbc1	O2O서비스를 이용할지 여부는 전적으로 나에게 달려있다.	Chen & Lu(2011), Chou, Chen, Wang(2012), Verbeke & Vackier(2005), Han(2014)
		pbc2	나는 O2O서비스를 이용할 수 있는 시간과 기회를 가지고 있다.	
		pbc3	나는 O2O서비스를 이용할 수 있는 금전적 여유가 있다.	
욕망	O2O서비스 플랫폼을 이용하기 원하는 감정적인 동기적 상태	de1	나는 앞으로 O2O서비스를 이용하기를 희망한다.	Bagozzi & Dholakia (2006), Perugini & Bagozzi (2001), Han(2014)
		de2	나는 가까운 미래에 O2O서비스 이용하기를 원한다.	
		de3	나는 앞으로 O2O서비스를 이용하기를 매우 강하게 열망한다.	
이용의도	O2O서비스 플랫폼을 이용하고자 하는 실행적인 결정이나 지속적인 행동 의도	in1	나는 앞으로 O2O서비스를 이용할 계획이다.	Bagozzi & Dholakia (2006), Perugini & Bagozzi (2001), Han(2014)
		in2	나는 앞으로 O2O서비스를 이용할 의도가 있다.	
		in3	나는 앞으로 O2O서비스를 이용하도록 노력할 것이다.	
과거행동 빈도	3개월 동안 실제 O2O서비스플랫폼을 이용하여 상품이나 서비스를 이용한 횟수	fpb	지난 3개월간 O2O서비스를 이용한 횟수는 몇 회입니까?	Leone, Perugini, Ercolani (2004), Bagozzi & Warshaw (1990), Park(2011)
과거행동 최신성	지난 1주 이내 O2O서비스 플랫폼을 이용한 경험	rpb	지난 1주간 O2O서비스를 이용한 횟수는 몇 회입니까?	Leone, Perugini & Ercolani (2004), Bagozzi & Warshaw (1990), Park(2011)
행동	1개월 동안 실제 O2O서비스플랫폼을 이용하여 상품이나 서비스를 이용한 횟수	be	지난 1개월간 O2O서비스를 이용한 횟수는 몇 회입니까?	Park(2011)

## 4. 실증분석

### 4.1 자료수집 및 표본 특성 분석

본 연구에서 정의한 연구모형 및 가설을 검증하기 위해 선행 연구를 기반으로 설문지를 개발하였다. 설문지의 구성은 Likert 7점 척도를 활용하여 선행연구에서 제시한 항목을 O2O서비스에 맞게 수정·보완하여 사용하였다. 작성된 설문은 대기업 물류관련 연구소 임직원 33명을 대상으로 Pilot 조사를 실시하여 어렵거나 모호한 문장을 제거하는 과정을 거쳤다. 수정된 설문지를 일반인 54명을 대상으로 설문을 실시한 결과 가장 낮은 변수의 Cronbachs  $\alpha$ 값이 0.801이었고, 대부분 0.801~0.860 사이로 나타나 설문에 대한 신뢰도는 크게 문제가 없어서 그대로 본 조사를 실시하였다. 본 조사는 결제서비스를 포함한 O2O서비스를 1회 이상 이용한 827명을 대상으로 실시하였으며, 최종적으로 유효한 설문지는 633개를 얻었다.

조사된 설문지는 IBM SPSS 22.0과 AMOS 22.0 통계패키지를 사용하여 신뢰도와 타당성, 가설 검증 등을 실시하였다.

우선 유효한 633개 설문에 대한 인구통계학적 특성을 살펴본 결과 남성응답자가 56.9%로 여성응답자 43.1%에 비해 다소 높게 나타났으며, 연령대별로는 결제서비스를 주로 이용하는 20대~40대의 비중이 높게 나타났다. O2O서비스 이용목적으로는 상품구매와 여행, 외식 등이 주를 이루고 있다. 일반적으로 많이 사용하고 있는 교통수단 이용의 경우 결제를 현장에서 수행하고 서비스플랫폼에서는 이용 예약만 하기 때문에 모집단에서 제외된 경우가 많았다. 이용기간은 O2O서비스가 본격적으로 시장에서 서비스를 개시한 시기가 길지 않기 때문에 1년 이하가 50%를 넘어서고 있으며, 이용빈도는 3개월 평균 3회를 넘기는 응답이 80%를 넘었다. 이는 한번 이용한 사람은 지속적으로 이용한다는 것을 반영한다.

### 4.2 측정모형의 신뢰도 및 타당성 분석

본 연구에서는 연구모형을 검증하기 전에 신뢰성(reliability)과 타당성(validity) 평가를 실시하였다. 타당성 분석은 측정변수와 요인간의 상관관계를 나타내는 집중타당성(convergent validity)분석과 개념 간 차이를 검증하는 판별타당성(discriminant validity)으로 구분하여 실시하였다. 신뢰성 평가는 Cronbach's  $\alpha$ 값을 측정하여 검증하였다.

집중타당성 분석을 위해 평균분산추출(AVE: Average Variance Extracted) 값과 개념신뢰도(CR: Construct

Table 2. Demographic Characteristic

구분		빈도수(명)	비율(%)
성별	남성	360	56.9
	여성	273	43.1
연령대	20세 미만	2	0.3
	20대	124	19.6
	30대	277	43.8
	40대	174	27.5
	50세 이상	56	8.8
학력	고졸이하	62	9.8
	2년제 대학	62	9.8
	4년제 대학	390	61.6
	대학원 이상	119	18.8
O2O 이용목적	교통수단 이용	34	5.4
	상품구매	66	10.4
	정보획득	32	5.1
	여행	182	28.8
	외식	295	46.6
	쿠폰	15	2.4
	기타	9	1.4
O2O 이용기간	6개월 미만	145	22.9
	6개월~1년	206	32.5
	1년~1년 6개월	106	16.7
	1년 6개월~2년	77	12.2
	2년 이상	99	15.6
O2O 이용빈도 (3개월 평균)	2회 이하	121	19.1
	3~5회	270	42.7
	6회 이상	242	38.2

Reliability) 값을 기준으로 검토하였다. 일반적으로 집중타당성을 확보하기 위해서는 평균분산추출 값이 0.5 이상, 개념신뢰도 값이 0.7을 넘어야 한다. 본 연구에서 측정변수 모두가 기준 값을 충족하기 때문에 집중타당도가 확보되었으며, 표준화 계수도 모두 0.7을 상회하는 것으로 나타났다.

판별타당성의 경우 AVE의 제공근 값이 상관계수보다 클 경우 판별타당성이 있다고 판단한다. 분석결과 상관계수가 가장 큰 이용의도 0.690에 비해 AVE 제공근 값이 모두 상회하기 때문에 판별타당성은 확보되었다.

신뢰도 분석을 위한 Cronbach's  $\alpha$  값은 0.7 이상이면 신뢰성이 확보되었다고 볼 수 있는데 본 연구에서는 모두 0.7을 상회하고 있어서 측정도구에 대한 신뢰도가 확보되었다.

Table 3. Reliability and Validity

구성 개념	측정 문항	표준화 계수	CR	Cronbach's $\alpha$	Composite Reliability	AVE	태도	주관적 규범	정서적 지원	지각된 행동 통제감	욕망	이용의도
태도	att1	0.813	16.669	0.796	0.768	0.525	(0.725)					
	att2	0.713	15.708									
	att3	0.740	—									
주관적 규범	sn1	0.703	16.206	0.812	0.814	0.594	0.107	(0.771)				
	sn2	0.812	17.126									
	sn3	0.795	—									
정서적 지원	es1	0.833	27.100	0.898	0.821	0.605	0.288	0.088	(0.778)			
	es2	0.909	26.874									
	es3	0.855	—									
지각된 행동 통제감	pbc1	0.857	24.376	0.890	0.791	0.557	0.148	0.048	0.214	(0.746)		
	pbc2	0.881	24.910									
	pbc3	0.824	—									
욕망	de1	0.898	25.736	0.892	0.825	0.612	0.414	0.250	0.434	0.274	(0.782)	
	de2	0.872	24.980									
	de3	0.807	—									
이용 의도	in1	0.929	27.100	0.907	0.852	0.658	0.523	0.105	0.375	0.374	0.690	(0.811)
	in2	0.921	26.874									
	in3	0.791	—									

\* 대각선 (숫자)안은  $\sqrt{AVE}$  값이며, 과거행동빈도와 같이 단일측정항목은 제외함

#### 4.3 모형의 적합도 검증

가설검증을 위한 경로분석을 실시하기 이전에 모형에 대한 전반적인 적합도 검증을 실시하였다. 적합도는 절대적합지수, 증분적합지수, 간명적합지수를 검증하였으며, 측정모형의 수정지수분석을 실시하였다. 분석결과 아래 표에서 보는바와 같이 비

록  $\chi^2$ 값에 대한 p값은 기준을 충족시키지 못하나, 모형 전반의 적합도를 나타내는 RMSEA 값이 수용기준을 만족하고 있으며, GFI가 높은 수치로 적합한 것으로 나타났다. 특히, 증분적합지수와 간명적합지수는 높은 적합도로 기준에 부합되고 있는 것으로 확인할 수 있었다. 구조방정식 모델에서 모두 만족도 지수를 얻기는 어려우며, 모델의 절대적인 수용 기준은 없다(Gefen, Karahana, Straub, 2003). 본 연구에서도 몇 가지 지수가 만족스럽지 못한 결과를 나타냈으나 측정모형은 전반적으로 우수한 적합도를 보여주고 있다.

#### 4.4 가설 검증

본 연구에서는 제시한 가설을 검증하기 위해 경로 분석을 실시하였다. 가설검증 결과 총 11개의 가설 중 3개는 기각되었고 8개는 채택되었다.

태도(0.251), 주관적 규범(0.168), 정서적 지원(0.317)은 모두 욕망에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 지각된 행동통제감은 욕망이나 행동에 정(+)의 영향을 미친다는 가설이 모두 기각되었다. 이는 사용자가 이미 자신의 행동을 통제할 수 있는 충분한 기회를 갖고 있기 때문에 감성적인 동기요인이나

Table 4. Goodness-of-fit test

적합지수		분석결과	수용기준	적합여부
절대	$\chi^2(p)$	564.371	$p \geq 0.05$	부적합
	$\chi^2/DF$	3.339	표본크기에 민감	부적합
	RMR	0.178	$\leq 0.05$	부적합
	RMSEA	0.061	$\leq 0.1$	적합
	GFI	0.921	$\geq 0.8$ (IS분야)	적합
증분	NFI	0.942	$\geq 0.9$	적합
	TLI	0.948	$\geq 0.9$	적합
	CFI	0.958	$\geq 0.9$	적합
간명	AGFI	0.893	$\geq 0.8$ (IS분야)	적합
	PNFI	0.758	$\geq 0.5$	적합
	PCFI	0.771	$\geq 0.5$	적합

Source: Hwang(2014)

Table 5. Hypothesis test

가설	연구경로	경로 계수	CR	p	결과
H1	태도→욕망	0.251	5.519	***	채택
H2	주관적규범→욕망	0.168	4.269	***	채택
H3	정서적지원→욕망	0.317	7.475	***	채택
H4	지각된 행동통제감→욕망	0.045	1.155	0.248	기각
H5	지각된 행동통제감→행동	0.016	0.814	0.415	기각
H6	과거행동 빈도→욕망	0.169	6.029	***	채택
H7	과거행동 빈도→이용의도	0.303	8.074	***	채택
H8	과거행동 빈도→행동	0.060	0.124	0.902	기각
H9	과거행동 최신성→행동	0.697	1.966	**	채택
H10	욕망→이용의도	0.384	9.894	***	채택
H11	이용의도→행동	0.184	2,090	**	채택

주) \* $p < 0.1$ , \*\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.01$

행동에 직접적인 영향을 주지는 못한다는 것이다. 즉, 자신의 의지에 의해 O2O서비스를 이용하기 때문에 지각된 행동통제감은 유의한 요인이 될 수 없다고 해석된다.

다음으로 과거행동 빈도는 행동에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는 과거행동이 습관화 되었을 경우 직접적인 행동에 영향을 미치지만 그렇지 않을 경우 의도에만 영향을 미친다는 Quelling & Wood(1998)의 연구와 동일한 결과를 보인 것이다. 과거행동의 최신성은 미래행동을 결정하는 중요한 요인으로 나타났으며, 최근에 한 행동은 미래에도 동일하게 수행할 가능성이 높다는 것을 의미한다. 욕망은 이용의도에 긍정적인 영향을 미치며, 이용의도가 있는 사람은 실제 행동을 하는 것으로 나타났다.

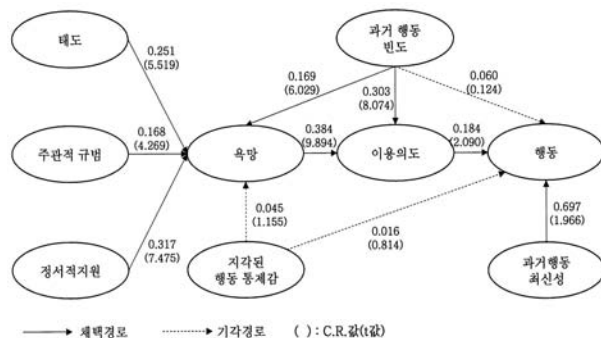


Fig. 3. Structural Equation Model Analysis

## 5. 결론 및 향후 연구과제

### 5.1 결론 및 시사점

본 연구는 최근 이슈가 되고 있는 O2O서비스에 대해 이용의도와 행동에 영향을 미치는 요인을 목표지향행동모델을 이용하여 탐색하고 규명하였다. 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 지각된 행동 통제감은 O2O서비스 이용욕망이나 실제적인 행동에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는 이미 자신의 의도에 의해 O2O서비스를 이용하기 때문에 감성적인 동기요인이나 행동에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 지각된 행동통제감이 이용의도에도 영향을 미치지 않는다면 O2O서비스를 연구하는데 있어서 지각된 행동통제감 요인을 지속적으로 사용할 것인가에 대해 부정적으로 판단해야 한다.

둘째, 태도, 주관적 규범, 정서적 지원은 감성적인 동기요인인 욕망에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 개인적인 부분이 O2O서비스 이용에 중요한 요인임을 알 수 있다.

셋째, 과거행동빈도나 최신성은 미래 행동을 예측하는데 중요한 영향 요인이다. 그러나 습관이 되기 전에는 과거행동 빈도가 실제적인 행동에 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다. 이에 지속적인 이용이 가능하도록 기존 사용자의 만족도 제고 방안도 고려해야 한다.

### 5.2 한계점 및 향후 연구방향

본 연구에서는 온라인과 오프라인을 통합한 O2O서비스에 대한 실증연구를 수행하였다. 그러나 서비스 초기 단계인 O2O서비스에 대해 아직 선행연구가 부족하여 연구를 수행하는데 있어서 다음과 같은 한계점을 갖고 있다.

첫째, 기존의 소셜네트워크 관련 연구는 네트워크효과와 같이 시스템 특성요인을 포함시켜 연구가 진행되어 왔으나 본 연구는 목표지향행동모델에 집중하여 연구를 진행하였다. 이에 향후 연구에서는 다양한 변수를 포함시켜 O2O서비스 관련 연구를 진행해야 한다.

둘째, 다양한 형태의 O2O서비스를 분할하여 특성에 맞게 연구를 진행하지 못하였다. 이에 향후 연구에서는 쇼핑, 여행, 외식 등 O2O서비스 형태에 맞는 연구가 진행되어야 한다.

셋째, 현재까지 국내 O2O서비스 관련 연구가 많지 않아 이론적인 토대가 부족하여, 연구결과를 보편화 시키는데 한계점이 있다. 이에 다양한 연구를 진행하여 선행연구를 점진적으로 강화시켜야 한다.

## REFERENCES

- [1] Ajzen, I.(1991), "The Theory of Planned Behavior", *Organizational Behavior and Human Decision Process*, Vol. 50, Iss. 2, pp. 179-211.
- [2] Bagozzi, R. P., Dholakia, U.M(2006), "Antecedents and purchase consequences of customer participation in small group brand communities", *International Journal of Research in Marketing*, Vol.23, pp.45-61
- [3] Bagozzi, R. P., Warshaw, P.R.(1990), "Trying to consume", *Journal of Consumer research*, Vol. 17, pp.127-140.
- [4] Chen, M.F., Lu, T.Y. (2011), "Modeliong e-coupon proneness as a mediator in the extended TPB model to predict consumers' usage intentions", *Internet Research*, Vol. 21, No. 5, pp. 508-526.
- [5] Chen, W., Choi, A. S. K.(2011), "Internet and social support among Chinese migrants in Singapore.", *New Media & Society*, Vol. 13, Iss. 7, pp. 1067-1084.
- [6] Chou, C. J., Chen, K. S., Wang, Y. Y.(2012),"Green practices in the restaurant industry from an innovation adoption perspective: Evidence from Taiwan" *International Journal of Hospitality Management*, Vol.31, pp. 703-711.
- [7] Chi, Y. S., Kang, M. Y., Han, K. S.(2015), "An Empirical Study on Consumers' Discontinuance Intentions towards O2O Commerce ", *The Journal of Internet Electronic Commerce Resarch*, Vol. 15, No. 4, pp. 223-245.
- [8] Cohen, S., Hoberman, H.(1983), "Positive events and social support as buffers of life change stress". *Journal of Applied Social Psychology*, Vol. 13, No. 2, pp. 99-125.
- [9] Curty, R. G. and Zhang, P., *Website Features That Gave Rise to Social Commerce: A Historical Analysis*, *Electronic Commerce Research and Applications*, Vol. 12, No. 4, 2013, pp. 260-279.
- [10] Davis, F. D. (1989), "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology", *MIS Quarterly*, Vol. 13, No. 3, pp. 319-340.
- [11] Fishbein, M., Ajzen, I.(1975), "Uhnderstanding attitudes and predicting social behaviour", Prentice-Hall.
- [12] Featherman, M. S., Pavlou, P. A.(2003), "Predicting e-services adoption: a perceived risk facets perspective", *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 59, pp. 451-474.
- [13] Gefen, D., Karahanna, E., Straub, D. W.(2003), "Trust and TAM in Online Shopping: An Interacted Model", *MIS Quarterly*, Vol. 27, No. 1, pp. 51-90.
- [14] Gefen, D., Karahanna, E., Straub, D. W.(2003), *Trust and TAM in Online Shopping: An Integrated Model*, *MIS Quarterly*, Vol 27, Iss. 1, pp. 51-90.
- [15] Han, E. K.(2014), "An analysis on effective factors of restaurant social commerce usage intention applying an extended model of goal-directed behavior", *Hanyang Univ.*
- [16] Hennig-Thurau, T. , Gwinner, K. P., Walsh, G., Gremier, D.(2004), "Electronic word of mouth via consumer opinion platforms: what motivates consumer to articulate themselves on the internet?", *Journal of Interactive Marketing*, Vol. 18, No. 1, pp. 38-52.
- [17] Hsu, C. L., Chiu, H. P.(2004), "Why do people play online games? An extended TAM with social influences & flow experience", *Information & Management*, Vol. 41, No. 7, pp. 853-68.
- [18] Hwang, I. H.(2014), "An empirical study on the factors to mitigate the uncertainty of social commerce", *Chung-Ang Univ.*
- [19] Jung, H. K.(2014), "A study on Service Quality and Repurchase Intention using an Extended Model of Goal-directed Behavior for Low Cost Carrier", *Dong-A Univ.*
- [20] Kim, D.J.(2011), *An empirical study on user satisfaction and the influencing factors for continuous usage of social network service*, *Chung-Ang Univ.*
- [21] Kim, D.J., Kim, J.S.(2015), "A Study on the Strategies for Improving User Satisfaction and Continuous Usage of Social Network Service", *Information System Review*, Vol. 17, No. 1, pp. 171-197.
- [22] Kim, H.S., Cho, H.I.(2008), "The Relationship Gambling Behaviors of Golf Game Player: an Application of the Theory of Planned Behavior", *Korean Society of Sport Psychology*, Vol. 129-141.
- [23] Lapointe, L., Rivard, S.(2005), "A Multilevel Model of Resistance to Information Technology Implementation", *MIS Quarterly*, Vol. 29, No. 3, pp. 461-491.
- [24] Leone, L., Perugini, M., Ercolani, A. P. (2004),



- “Studying, practicing, and mastering: A test of the model of goal-directed behavior (MGB) in the software learning domain”, *Journal of Applied Social Psychology*, Vol. 34, pp. 1945-1973.
- [25] Lee, C. W.(2009), “Supply Chain and Performance in Transportation Service System”, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, Vol. 9, No. 2, pp.25-32.
- [26] Liang, T. P., Turban, E.(2011), “Introduction to the special issue-social commerce: a research framework for social commerce”, *International Journal of Electronic Commerce*, Vol 16, Iss. 2, pp. 5-14.
- [27] Liang, T. P., Ho, Y. T., Li, Y. W., Turban, E.(2012), “What Drives Social Commerce: The Role of Social Support and Relationship Quality”, *International Journal of Electronic Commerce*, Vol. 16, Iss. 2, pp.69-90.
- [28] Lim, S. H, Lee, S. H., Kim, J. S.(2004), “Developing An ERP System Selection Model”, *Journal of the Korean Society fo Supply Chain Management*, Vol.4, No.2, pp. 45-54.
- [29] Noh, M. J.(2011), “An Effects of Perceived Risk and Value on the trust and Use Intention of Smart Phone Banking”, *Korea Journal of Business Administration*, Vol.24, No.5, pp. 2599-2615.
- [30] Nam, M. J.(2013), “Predicting foreign tourists’ goal-directed adoption intention toward a new type of Korean quick service restaurant”, *Hanyang Univ.*
- [31] Park, H. R.(2010), “Internet purchase behavior based on anticipated emotion induced theory of planned behavior: Focused on gender difference”, *The Korean journal of consumer and advertising psycholog*, Vol.11, No.4, pp. 661-686.
- [32] Park, H. R.(2011),”Understanding Internet Purchase Behaviour based on Model of Goal-directed Behaviour”, *The Korean Journal of Advertising*, Vol.22, No.2, pp. 67-95.
- [33] Perugini, M., Bagozzi, R. P.(2001), “The role of desires and anticipated emotions in goal-directed behaviours: Broadening and deepening the theory of planned behaviour”, *British Journal of Social Psychology*, Vol. 40, pp.79-98.
- [34] Park, S. W.(2015), “Mobile shopping service that reflected the on-offline converged circumstance”, *Seoul Univ.*
- [35] Quellerette, J. A., Wood, W.(1998), “Habit and intention in ecetyday life: The multiple peocesses by which past behavior predicts future behavior”, *Psychological Bulletin*, Vol. 124, pp. 54-74.
- [36] Rosenbaum, M. S., Massiah, C. A.(2007), “When customers receive support from other customers”, *Journal of service research*, Vol. 9, No. 3, pp. 257-270.
- [37] Sapp, S., Laczniaak, R.(2003), “Consumer adoption of the Internet: The case of apparel shopping”, *Psychology & Marketing*, Vol. 20, Iss. 12, pp. 1095-1118.
- [38] Shin, D. H.(2013), “User experience in social commerce: in friends we trust” , *Behaviour & Information Technology*, Vol. 32, No. 1, pp. 52-67.
- [39] Sun, Z. J.(2015), “Study on the Effects of O2O Characteristics on Attractiveness, Trust and Users` Intention: Focused on Food Service Industry between Korea and China”, *Kongju Univ.*
- [40] Verbeke, W., Vackier, I.(2005), *Individual determinants of fish consumption: application of the theory of planned behavior*, Vol. 44, Iss. 1, pp.67-82.

**김진수**

연세대학교 상경대학 응용통계학과

텍사스 주립대학 MBA

루이지애나 주립대학(LSU) 경영정보학 박사

현재: 중앙대학교 경영경제대학 경영학부  
교수

관심분야: ICT, 비즈니스모델, 빅데이터,  
벤처기술창업 등

**정성용**

중앙대학교 경영학과 석사

중앙대학교 경영학과 박사수료

현재: CJ대한통운 종합물류연구원 수석  
연구원

관심분야: SCRM, O2O, Network  
Optimization 등

# 물류사각지대 해소를 위한 Drone 기반의 물류서비스에 대한 탐색적 고찰\*

임진우\* · 정호상\*\*†

\*인하대학교 물류전문대학원 · \*\*인하대학교 아태물류학부

## An Exploratory Study on Drone-assisted Logistics Services for Logistical Dead-Zones

Jin Woo Lim\* · Ho Sang Jung\*\*†

\*Graduate School of Logistics, Inha University

\*\*Asia Pacific School of Logistics, Inha University

Even though the logistics infrastructure has been strengthened gradually, most of countries usually have a logistical dead-zone problem which the delivery demand cannot be fully fulfilled on time via conventional transportation vehicles (i.e. trucks) due to the intrinsic geographical conditions. Demand in either small islands or mountainous regions might be hardly fulfilled by logistics providers in comparison with other delivery areas. In this paper, we tried to show the possibility of a drone-assisted logistics services for the logistical dead-zones. Through in-depth discussions and simple survey with the related experts, we propose several alternatives for the drone-assisted logistics services and then evaluate those alternatives in terms of feasibility, (operating) convenience, and flexibility (the possibility of future extension). This exploratory study has been conducted using a real world case of South Korea.

**Keywords:** Exploratory Study, Logistical Dead-Zone, Parcel Delivery Service, Drone, Analytic Hierarchy Process(AHP)

---

\*이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2014R1A1A2057391)

† **Corresponding author:** Asia Pacific School of Logistics, Inha University, 100 Inha-ro, Nam-gu, Incheon, 22212, Korea.

Tel: +82-32-860-8435, E-mail: hjung@inha.ac.kr

**Received :** 15 April 2016, **Revised :** 13 May 2016, **Revised :** 15 June 2016, **Accepted :** 22 June 2016

## 1. 서론

물류 인프라의 비약적 발전에도 불구하고 국내에는 여전히 전통적인 물류체계로는 고객이 원하는 시점에 원하는 물품의 배송이 이뤄지지 않는 물류사각지대가 존재한다. 도로망이 잘 갖춰져 있지 않은 산간지대와 도서지역들의 경우에는 도시지역과 비교하여 물류 인프라 측면에서 취약한 것이 사실이다. 물론 인구수와 이에 비례하여 생성되는 물류수요를 감안할 때 물류사각지대 해소를 위한 물류 인프라 구축에 정부와 민간이 대규모 투자를 하기에는 어려운 점이 있다. 그러나 국내에서 교육, 의료 등의 분야에서 보편적 서비스에 대한 국민의 기대치가 높아지고 있고, 예측하지 못한 재난 발생 시 응급의료품 및 구호물품의 적시 배송이 필요하다는 점 등을 감안할 때 물류사각지대의 해소는 중요한 과제가 되고 있다. 특히 국내에는 남해안을 중심으로 정기선조차 운행하지 않는 수많은 유인섬들이 존재하고 있으며, 이 곳에 살고 있는 주민들의 경우 여타지역과 비교하여 물류서비스의 전반적인 수준이 매우 낮은 상황이다. 일례로 수도권에서 택배 물품 하나를 해당 도서 지역으로 보내는 경우에도, 민간 택배사의 경우에는 경제성 측면에서 배송의뢰를 받지 않거나 받더라도 우체국 택배에 넘기는 상황이다. 우체국 택배의 경우에도 경제성은 없으나 공공 서비스 차원에서 해당 도서지역에서 가장 가까운 선착장 인근에 위치한 우편 집하소까지 배송하거나, 정기선이 가는 도서지역의 경우에도 도서지역의 선임된 민간인(이장 등)에게 물품을 대리 수령하게 하는 정도로 서비스를 수행하고 있다. 또한 정기선조차 가지 않는 도서지역의 경우에는 오히려 물품 수령인이 육지로 나와서 물품을 찾아야 한다.

이러한 물류사각지대 해소를 위해서 가장 손쉽게 생각할 수 있는 대안은 정기선 항로를 많이 신설하고 빈번하게 운영하는 방안이 있으나 수요와 비용 등을 감안할 때 비현실적이다. 따라서 물류사각지대 해소를 위해서는 대규모 물류 인프라 투자 이외의 다른 방법을 찾아야 하는데, 투입될 비용은 최소화하면서 또 효과는 극대화할 수 있는 대안을 찾아야 한다.

본 연구에서는 최근 Amazon과 DHL 등에서 시범운영 등을 통해 널리 알려진 Drone을 물류사각지대 해소를 위해 투입하는 방안에 대해 고찰해 보고자 한다. Drone은 무인기(Unmanned Aerial Vehicle)의 일종으로 보통 배터리 기반으로 작동하는 소형 무인기를 통칭하며(Clarke, 2014), 본 연구에서는 이러한 Drone을 이용하여 남해안 도서지역의 물류사각지대를 해소할 수 있는 대안들을 제시하고자 한다.

우선 기존 연구들을 살펴보면, Drone과 관련한 연구들은 국

방, 농업, 도시계획, 재난대응, 항공촬영, 물류서비스 등의 분야에서 광범위하게 진행되고 있다(Kückelhaus, 2014; Bryan, 2014; Madrigal, 2014; Stern, 2013). 물류서비스 분야로 국한해서 살펴보면 대부분의 연구들이 Drone의 이동경로 계획수립 및 최적화에 초점을 맞추고 있으며(Murray and Chu, 2015), 적용분야도 의약품 배송, 국방 분야에서의 정찰/보급 등이 다수를 차지하고 있다(Peters *et al.*, 2011; Gatteschi *et al.*, 2015). 그러나 본 연구에서와 같이 물류사각지대 해소를 위한 목적으로 Drone 기반의 물류서비스 대안들을 제시한 연구 및 해당 대안들을 실제 적용할 수 있는 지역을 상정하여 제시한 연구들은 없었다.

본 연구는 국내 물류사각지대 해소를 위하여 Drone 기반의 물류서비스가 도입될 수 있을지 그 가능성을 타진하고 관련 후속 연구의 필요성을 이끌어내는데 초점을 맞추려 한다. 실제로 국내에서는 Drone 기반의 물류서비스를 실제 확정·도입하는 단계가 아닌, 초보적인 수준에서 그 가능성을 검토하는 단계이다. 또한 Drone 기반의 물류서비스 도입을 최종적으로 결정하기 위해서는 기술적, 경제적, 법적, 제도적 관점에서 종합적이고 면밀한 검토가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 Drone 기반의 물류서비스가 실제 가능한 지역 중 하나로 물류사각지대를 상정하고, 실제 현장 방문 및 관련 전문가 인터뷰 등을 통해서 도입 가능성을 타진하고자 한다.

우선 이를 위해서 Drone개발 업체들을 방문하여 Drone의 배송 역량에 대한 점검을 하였으며, 전남 고흥군 내 녹동신항을 중심으로 정기선 운항로 인근의 여러 도서들을 물류사각지대로 상정한 뒤 차량 또는 정기선을 Drone과 함께 활용하거나 육지에서 직접 Drone으로 배송을 하는 물류 서비스 운영대안을 제시하였다. 제시된 3가지 대안은 우정사업본부의 전문가 그룹과 함께 실현 가능성, 운영 편의성, 확장성 관점에서 검토를 하였고 각각의 기준 별로 선호되는 대안을 정리하였다.

본 연구의 결과는 향후 Drone 기반의 물류서비스를 구상하고 있는 정부 및 민간의 관련 전문가들에게 대안을 제시해 줄 수 있으리라 생각되며, 관련 연구자들에게는 제안되는 대안을 중심으로 다양한 확장 연구들에 대한 아이디어를 제시해 줄 수 있으리라 생각된다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Drone에 대한 설명과 더불어 Drone 기반의 물류서비스 사례 및 관련 연구를 소개한다. 3장에서는 본 연구에서 초점을 맞추고 있는 전남 고흥군을 중심으로 물류사각지대 문제를 소개한다. 4장에서는 물류사각지대 해소를 위한 Drone 기반의 물류서비스 운영 대안을 제안하고, 5장에서는 대안 별 장, 단점에 대한 전문가 설문 내용과 관련 분석내용을 정리한다. 6장에서는 결론과 함께 향후 연구방향을 제시한다.

## 2. Drone 기반의 물류서비스: 기술 및 사례

### 2.1 Drone 소개

Drone은 무인기(Unmanned Aerial Vehicle)의 일종으로, 보통 배터리 기반으로 작동하는 소형 무인기를 통칭한다. Byeon *et al.* (2014)은 일반적으로, 무인기는 조종사가 탑승하지 않은 상태에서 원격 조종 또는 사전에 입력된 프로그램을 통하여 스스로 주위 환경을 인식하고 판단하며 자율 비행하는 비행체로 정의하였다. 국내 법령(항공법 제 2조, 항공법 시행규칙 제 14조)에 따르면, 자체 중량 150kg 이하인 무인동력비행장치와 무인비행선은 '무인비행장치'로, 150kg을 초과하는 것은 '무인항공기'로 정의하고 있으며 이 둘을 포함하여 무인기로 간주한다. 이 중 무인비행선, 무인기구, 무동력 글라이더, 미사일 그리고 취미, 레저 목적의 12kg이하 무인동력비행장치는 무인기의 범주에 포함되지 않는다. 기본적으로 무인기는 비행체와 임무장비, 통신시스템으로 구성되어 있으며 무인기를 운용하기 위해서는 지상통제장비, 지상지원체계 또한 필수적이기 때문에 이를 통칭하여 무인항공기 시스템(Unmanned Aircraft System; UAS)라고도 한다. 무인기는 최초 감시, 정찰, 폭격 등의 작전을 수행하는 군사적 목적으로 개발되어 널리 사용되어 왔으나, 최근 소형 Drone의 능력이 다양해지고 제작비용이 낮아짐에 따라 다양한 상업적 용도로 활용되고 있음을 말한다. 통신 중계, 항공 촬영, 관측, 교통관제, 운송, 재난방재, 농업 등 여러 분야에 걸쳐 빠르게 도입되어 새로운 기회를 창출하고 있다(Shin and Park, 2015). 특히 아마존, DHL, 구글, 페이스북, 알리바바 등 글로벌 기업들이 드론을 활용한 새로운 비즈니스 모델들을 추진하면서 상업용 드론시장의 성장세와 기술발전을 가속하고 있으며, 향후 드론의 활용도는 더욱 높아질 전망이다. 다음의 <Table 1>은 현재 Drone 기반의 물류서비스를 고려할 때 가장 일반적으로 정의되는 사양을 국내 Drone 개발업체들과의 인터뷰를 통해 정리한 것이다.

Table 1. General specifications of drone for logistics services

구분	물류(택배)서비스용 Drone 사양
전장	980~1,000 mm
기체무게(배터리 포함)	4.4~5.3kg
운용반경	10~12km
운용시간	30분 이내
적재중량	10~11kg 이내
속도	최대 70~90km/h

### 2.2 Drone 기반의 물류서비스 사례

Drone을 활용한 물류서비스 사례로는 Amazon의 Prime Air 서비스가 있다. 미국 최대의 온라인 유통기업인 Amazon은 2013년 자체 개발한 옥타콥터 드론 'Prime Air'를 이용하여 주문한 물건을 고객에게 30분 내로 배달하는 서비스를 구상하고, 2015년 이후 상용화시킬 것임을 발표하였다. 아마존이 드론을 이용해서 배달을 할 경우 물류 센터에서 16km 이내에 있는 지역에는 주문 후 30분 이내에 배송을 하는 초고속 배송이 가능하다. 기존의 트럭을 이용한 운송의 원가가 패키지 당 1.2달러 정도인 것에 비해 드론은 최저 9센트 원가 수준으로도 저렴해 경제성도 우수한 것으로 알려지고 있다(Jung, 2015). 2014년 약 2.36kg의 무게의 화물을 싣고 16km 떨어진 지점까지 물건을 나르는 테스트를 성공하였으며, 최근 기술적으로 향상된 하이브리드 드론을 이용한 배송 영상을 Youtube에 공개하면서 본격적인 서비스의 개시가 눈앞에 다가와 있음을 알리고 있다.

독일의 DHL은 드론을 이용한 배송 프로젝트 '파슬콥터 2.0'을 시행, 작년 9월부터 독일 북부의 노르트다이하임~이스트섬의 12km구간을 파슬콥터 비행구간으로 설정하여 긴급 구호품 배송을 시작하였다. DHL은 법적인 제약을 해결하기 위해 독일의 항공관제기관 및 정부부처와 협력관계를 맺고 법적인 승인절차를 걸쳐 의약품 및 긴급구호물품에 한하여 1.36kg이하의 물품을 하루 2회 배송한다. 이스트섬의 주민은 약 2천명이며, 이동시간은 30분정도이다. 먼저 프로그래밍 되어있는 비행경로를 자동으로 날기 때문에 조종사의 시야 밖에서 운용할 수 있다. DHL의 파슬콥터를 이용한 배송은 기후사정에 따라 고립되는 섬 지역에 빠르고 안전하게 물건을 배송할 수 있다는 점에서 타 교통수단에 비해 장점을 가진다. 구글도 드론을 이용하여 배송하기 위한 연구를 진행하고 있다. 구글은 재난 시 필요 지역에 구호물품 배달을 목적으로 4개의 프로펠러를 가진 날개 길이 1.5m, 무게 8.5kg, 최대 10kg의 물건을 운반할 수 있는 드론을 개발하여 실제 호주에서 시험 비행에 성공하였다.

## 3. 물류사각지대 문제

국내에는 대표적인 물류사각지대로 산간지역과 도서지역을 들 수 있다. 물류사각지대란 교통 인프라의 부족, 자연환경에 따른 물리적인 제약, 기상여건으로 인한 교통수단 운영의 불가와 같은 문제들로 인해 상대적으로 물류서비스를 제공, 이용하기가 어려움이 따르는 지역을 의미한다. 우정사업본부에서 지정하는 우편물 송달기준 적용 곤란지역은 산간벽지지역 1곳, 도서지역

Table 2. The examples of logistical dead-zones in Korea (source: Korea Post)

광역시	시군구	읍면동	리	추가 일수	구분
광역시	강화군	서도면	말도리	5	
	옹진군	대청면	대청면	5	
			대청리	5	
		백령면	백령면	5	
			가을1~2리	5	
			남포리, 연화리	5	
			가을3리, 북포리	5	
			진촌리	5	
		연평면	소연평리	4	
	강화군	삼산면	미법리	3	
경기도	화성시	우정읍	국화리	3	
			국화리 산 4~산 8	3	
경상 북도	울릉군	북면	북면	3	도서
			천부1~4리	3	
			현포리	3	
		서면	남양1리, 남양2리	3	
			남양3리	3	
			서면	3	
			태하리	3	
		울릉읍	도동1~3리	3	
			독도리	3	
			사동리	3	
			울릉읍	3	
			저동리	3	
전라 남도	목포시	달동	외달도	3	
	강진군	도암면	신기리 가우도	3	
	신안군	하의면	능산리 신도	3	
		금일읍	동백리 황제도	3	
			장원리 장도	3	
			사동리 다랑도	3	
			척치리 신도	3	
	완도군	노화읍	노록도	3	
			마삭도	3	
		보길면	예송리 예작도	3	
		소안면	구도리	3	
		신지면	월양리 모황도	3	
	영광군	낙월면	모도리 모복도	3	
			석만리	3	
			산월리 저도	3	
	진도군	조도면	라배도리	3	
			죽항도리, 청등도리	3	
			진목도리, 내·외병도리	3	
			눌옥도리	3	
			맹골도리	3	
	구례군	산동면	좌사리 심원	3	산간 벽지

415곳이며, 이 중 배송추가일수가 3일 이상인 경우는 산간벽지 지역 1곳, 도서지역 66곳에 달한다.

대다수의 우편물 송달기준 적용 곤란지역은 서해안, 남해안에 걸쳐있는 다도해 지역에 위치하고 있다. 본토 인근해에 위치한 다수의 유인도는 정기선이 취항하기 때문에 육지와 물류서비스의 신속성 측면에서 차이가 크게 나지 않는다. 반면, 육지에서 거리가 있는 먼 바다의 세대 수가 적은 유인도 또는 본토 인근해에 위치하고 있지만 세대 수가 적은 유인도의 경우 정기선을 이용하는 이용객의 수가 적기 때문에 정기선을 운영하기에는 비용 측면에서 무리가 있어 정기선 운영을 하지 않고 있다. 따라서 정기선이 취항하지 않는 유인도의 경우 택배 물품을 수령할 때, 인근의 육지와 배 이외의 교통수단으로 통행이 가능한 지역 또는 정기선이 취항하는 유인도로 개인 선박을 이용하여 이동 후 물품을 수령하고 있는 실정이다.

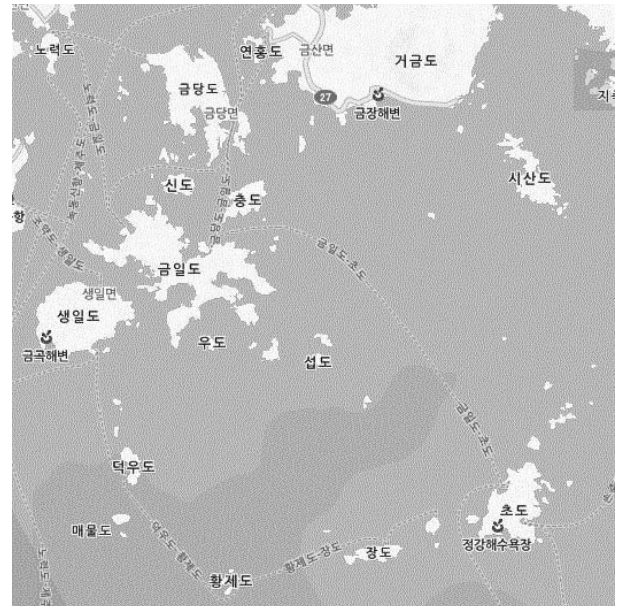


Fig. 1. The logistical dead-zone "Geogum-do, Goheung-gun, Jeollanam-do, Korea(Gumil-eup, Wando-gun, Jeollanam-do)" (source : map.naver.com)

#### 4. 물류사각지대 해소를 위한 Drone 기반의 물류서비스 대안

Drone 기반의 물류서비스는 2.2절에서 소개한 바와 같이 Amazon의 Prime Air 서비스 등에서 그 가능성을 검증한 바 있다. 그러나 본 연구에서 관심을 가지고 있는 물류사각지대의 경우 3절에서 소개된 남해안의 도서지역이므로 Amazon의 Prime Air에서 시도하고 있는 도심 또는 내륙지역에서의 Drone 기반

의 물류서비스를 단순히 적용할 수는 없다. 도서지역이 육지 인근에 있어 육안으로도 식별이 가능한 경우라면 육지에서 직접 Drone을 운영하는 것이 가능하지만, 도서지역이 육지에서 멀리 떨어져 있다면 Drone의 이동 가능 거리를 감안할 때 도서지역 인근까지 접근할 수 있는 다른 수단이 필요하게 된다. 본 연구에서는 기존의 물류서비스에서 육지-해상, 육지-철도 등을 함께 활용하는 복합운송(Intermodal transport)의 개념을 접목하여, Truck-Drone, Ship-Drone의 두 가지 Drone 기반의 물류서비스 운영 대안을 제안하고자 한다. 단, 두 가지 모드 모두 물류사각지대로 분류되는 도서 내 특정 장소 (항구 인근의 특정지역 등)까지의 배송을 목표로 하며, 도서 내 개별 가구까지의 배송을 목표로 하지는 않는다.

#### 4.1 Truck-Drone 모드

Truck-Drone 모드는 배송차량을 이용하여 최종 배송지(도서)와 가장 가까운 육지까지 이동한 뒤에 Drone을 이용하여 물품을 배송하는 것을 의미한다. 특히 수요가 어느 정도 존재하는 도서지역의 경우에는 연륙교가 많이 건설되어 있기에 육지에서 연륙교를 이용하여 규모가 큰 도서지역으로 우선 이동한 뒤에 인근의 가까운 도서지역에는 Drone을 이용하여 배송이 가능한 상황이다. 본 연구의 대상이 된 전남 고흥지역의 녹동 신탄 인근의 경우에도 연륙교가 거금도까지는 건설되어 있기에 해당 지역까지는 트럭을 이용하여 이동한 뒤, 해당 섬에서 직선거리로 5km 내에 위치한 상·하화도와 시산도는 Drone을 이용한 배송이 가능할 것으로 판단된다. 다음의 <Fig. 2, 3>는 녹동신탄, 거금도, 상·하화도, 시산도 지역의 지도이다.

<Fig. 4, 5>은 연륙교로 이어진 거금도에서 인근의 상·하화도, 시산도를 바라본 풍경이다.

이러한 Truck-Drone 모드의 경우, 기술적으로 큰 어려움은 존재하지 않으며, 배송차량 내에 Drone을 추가로 탑재하여 이동하면 된다. 다만 배송차량 운전 기사가 Drone 조정과 관련한 기본지식을 습득해야 한다. 또한 보다 신속한 서비스를 위해서 배송차량의 조수석 또는 적재공간의 일부를 Drone의 탑재와 운용을 위해 개조하는 것도 고려할 수 있다.

#### 4.2 Ship-Drone 모드

Ship-Drone 모드는 Truck-Drone 모드와는 달리 최종 배송지(도서)가 육지에서 멀리 떨어진 도서지역인 경우에 활용 가능한데, 정기선에 물품과 Drone을 함께 탑재하여 이동하면서 정기선 상에서 Drone을 이용하여 도서지역에 물품을 배송하는



Fig. 2. Applicable region of truck-drone mode: Sang · Hahwa-do(source: map.naver.com)



Fig. 3. Applicable region of truck-drone mode: Sisan-do(source: map.naver.com)

것을 의미한다. 연륙교로 연결되는 도서 지역을 제외하면 대부분의 주요 도서들은 민간 정기선들이 여객이송 및 물품배송을 담당하게 된다. 그러나 본 연구에서 대상으로 하고 있는 작은 도서들의 경우에는 수익성 문제로 정기선 항로가 개척되어 있지 않은 곳들이 많다. 그러나 정기선이 왕래하지 않는 도서라 하더라도 정기선 항로 인근에 위치한 경우에는 정기선 상에서 Drone을 이용하여 물품을 충분히 배송할 수 있다.

본 연구에서는 Ship-Drone 모드를 적용할 수 있는 곳으로 전남 고흥군 거금도 인근의 신도를 상정하였다. 신도는 정기선

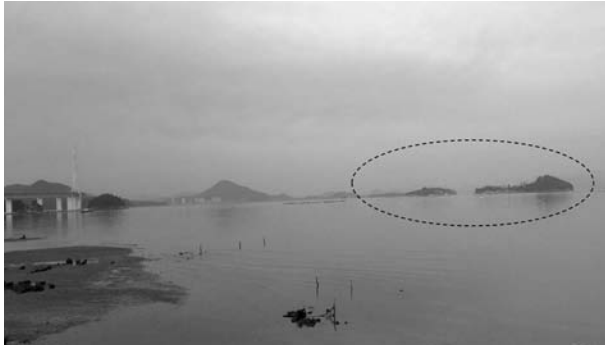


Fig. 4. Sang · Hahwa-do viewed from Geogum-do



Fig. 5. Sisan-do viewed from Geogum-do

이 직접 들어가지는 않지만, 녹동신항에서 출발하는 정기선 항로와 약 2km 정도 떨어져 있어서 정기선상에서 Drone을 활용하여 물품을 배송할 수 있다고 판단하였다. 다음의 <Fig. 6>는 녹동신항과 금일도를 연결하는 정기선 항로와 인근의 신도를 표시한 지도이다.



Fig. 6. Applicable region of ship-drone mode — Sin-do (source: map.naver.com)

<Fig. 7>은 녹동신항에서 금일도까지 왕래하는 정기선 상에서 신도를 바라본 풍경이다.



Fig. 7. Sin-do viewed from the ship (liner)

이러한 Ship-Drone 모드의 경우, Truck-Drone 모드 보다 물류서비스 절차가 간단한데, 단순히 배송인력이 Drone과 물품을 가지고 정기선에 승선하면 된다. 정기선의 이동 중 최종 배송지 인근을 지나가게 되면 Drone을 이용하여 물품을 배송하게 된다. 다만 정기선 상의 어느 지점에서 Drone 배송을 시작하는 것이 비용과 시간 측면에서 효율적인가를 따져 보는 것이 필요할 수 있다.

## 5. Drone 기반의 물류서비스 운영 대안 비교 분석

앞서 소개한 두 가지 Drone 기반의 물류서비스 운영대안에 대한 비교 분석을 위하여 물류사각지대의 범위를 다음과 같이 분류하였다.

- (1) 육지 또는 연륙교로 연결된 인근도서들을 통해 트럭으로 1차 접근이 가능한 곳
- (2) 육지 또는 연륙교로 연결된 인근도서들을 통해 트럭으로 1차 접근이 불가능한 곳

트럭으로 1차 접근이 가능한 곳의 경우에는 Truck-Drone 모드, Ship-Drone 모드, Direct 모드(육지 또는 연륙교로 연결된 인근도서의 배송 집하지 등에서 Drone으로 직접 배송)를 모두 활용할 수 있는 곳이며, 트럭으로 1차 접근이 불가능한 곳의 경우에는 Ship-Drone모드와 Ship 모드(Drone 활용 없이 배편으로 직접 배송)만을 활용할 수 있는 곳이다. 상기의 두 가지 범위 분류 모두 트럭으로 직접 배송이 가능한 도서지역(연륙교로



연결된 도서 등)은 제외한다.

다음의 <Table 3>은 Drone 기반의 물류서비스 운영 대안의 비교분석을 위하여 본 연구에서 설정한 물류사각지대 분류 및 활용 가능한 운영대안(모드)을 요약한 것이다.

Table 3. Classification of logistical dead-zones and operation alternatives

도서지역 물류사각지대 유형	물류서비스 운영대안
유형 1) Truck 접근 가능지역	Truck-Drone 모드
	Ship-Drone 모드
	Direct 모드
유형 2) Truck 접근 불가능 지역	Ship-Drone 모드
	Ship 모드

## 5.1 비교 기준

Table 3>에서 요약한 물류사각지대 유형 1, 2 별로 운영대안들을 비교 분석하기 위해서는 비교 기준이 필요하다. 본 연구에서는 신기술 도입 관련 기존 연구문헌들을 참고(<Table 4> 참조)하여 ① 실현 가능성, ② 운영 편의성, ③ 확장성 등 세 가지 비교 기준을 활용하였다. 비교 기준에서 비용은 제외되었는데, 비용은 모든 운영 대안이 Drone을 활용한다는 점에서 동일하고, 동일한 대수의 Drone을 동일한 인력을 활용하여 운용한다고 가정하였기 때문에 비용 자체가 Drone 기반의 운영 대안들을 비교 분석하는데 유용한 기준이라고 판단하지 않았다. 또한 보다 본질적으로는 현재 도서지역과 같은 물류사각지대에 대한 택배서비스는 수익성 차원이 아닌 공공성 차원에서 우정사업본부 중심으로 제공되고 있다는 점을 고려하였다. 즉, 수익성 측면에서는 적자이나 타 지역 택배서비스를 통해 얻은 수익을 활용하여 도서지역에 대한 서비스가 이루어지고 있으므로 비용을 본 서비스의 도입과 관련하여 중요요소로 고려할 수는 없다고 보았다. 다만 추후 공공성과 수익성 간의 트레이드오프 등을 분석하기 위해서 최종 도입을 결정하는 시점에서는 비용에 대한 연구가 뒤따라야 할 것으로 보인다.

비용과 더불어 배송시간도 비교기준으로 활용하지 않았는데, 이것은 타 지역에 비해 물류사각지대에 대한 배송은 약 5일 정도가 추가로 소요되고 있는 현실에서 본 연구에서 제안하고 있는 드론 기반의 물류서비스의 경우는 모든 대안이 동일하게 매일 또는 적어도 주 3회 운항하고 있는 트럭 및 정기선(비록 물품을 배송해야 할 도서에는 기항하지 않지만) 상에서 드론을 활용하여 물품을 배송하게 되므로 기존 방식에 비해서 배송시간을 크게 단축할 수는 있되 대안 간 차별성은 크지 않다고 판단하였다.

<Table 4>는 운영대안 비교에 사용된 기준들에 대한 조작적 정의와 과거 해당 기준이 사용된 연구문헌들을 정리한 것이다.

Table 4. Definitions and references of comparison criteria

구분	조작적 정의	관련 연구문헌
실현 가능성	해당 대안을 현장에서 실제로 도입/실행할 수 있는 가능성	Kim <i>et al.</i> (2010), Ham <i>et al.</i> (2014), Datta <i>et al.</i> (1992), Konidari and Mavrakis(2007)
운영 편의성	해당 대안을 현장에서 실제로 도입/실행할 때 예상되는 난이도	Lee <i>et al.</i> (2010), Kim <i>et al.</i> (2012), Chang <i>et al.</i> (2009)
확장성	향후 물류사각지대가 증가하거나 변화할 때 대안 별로 손쉽게 대안 적용 지역을 변경하거나 늘릴 수 있는 정도	Joh(2009), Jang and Jung(2012), Datta <i>et al.</i> (1992), Subramanian and Ramanathan(2012)

Kim *et al.*(2010)은 AHP를 활용한 서남해안 관광레저도시 핵심사업 선정 집단별 의식 차이에 관한 연구에서 핵심사업의 우선순위를 선정하기 위한 지표로 실현가능성을 고려하였고, Ham *et al.*(2014)은 AHP 분석을 활용한 사회보장부문 빅데이터 활용가능영역 관련 탐색 연구에서 실현가능성을고려하였다. 또한 Datta *et al.*(1992)은 제조 시스템 개발 관련 연구에서 실현가능성을 고려하였고 Konidari and Mavrakis(2007)은 기후 변화 완화 정책 선정도구의 개발 연구에서 실현가능성과 확장성을 고려하였다. Lee *et al.*(2010)과 Kim *et al.*(2012)은 AHP를 활용한 군용차량 개발 시 운전자 요구사항 우선순위 설정 연구, 우리나라 해운기업의 입지요인에 관한 연구에서 운영편의성을 각각 고려하였고, Chang *et al.*(2009)은 전문가 의사결정 프로세스 구축 관련해서 주요 기준 중 하나로 운영편의성을 고려하였다. Joh (2009)와 Jang and Jung (2012)은 AHP를 이용한 온라인 쇼핑물 솔루션 간 평가, 무기체계 기종결정 위한 평가 관련 연구에서 각각 확장성을 고려하였다. 운영관리(Operations Management) 분야에서 AHP 기법이 사용된 다양한 사례들과 주요 기준들은 Subramanian and Ramanathan(2012)의 논문에 정리되어 있다.

## 5.2 비교 결과

5.1에서 선정한 비교 기준을 활용하여 <Table 3>에 제시된 Drone 기반의 물류서비스 운영 대안들을 비교 분석하였다. 다

만 <Table 3>에서 유형 2로 분류된 지역에서 배편이 들어가는 도서의 경우에는 Ship 모드를, 배편이 들어가지 않는 도서의 경우에는 Ship-Drone 모드를 활용해야 함이 명확하기에 본 비교 분석은 물류사각지대 유형 1(Truck 접근 가능 도서지역)에 대해서만 실시하였다. 본 연구에서는 비교 분석을 위해서 계층적 의사결정기법(Antalytic Hierarchy Process, 이하 AHP)을 활용하였고, AHP 분석을 위한 인터뷰는 우정사업본부 내 관련부서 사무관 및 주무관 9인을 대상으로 실시하였다. 9인의 응답자 중에서 관련경력이 1년 미만(0.3년)인 1인을 제외한 총 8인의 인터뷰 결과를 AHP 분석에 활용하였으며, 8인의 인터뷰 대상자들에 대한 기본정보는 <Table 5>와 같다.

Table 5. Summary of interviewees

구분	구분	연령	관련경력
전문가 1	우편집배과	50세	18년
전문가 2	물류기획과	47세	17년
전문가 3	물류기획과	45세	15년
전문가 4	우편신사업과	43세	10년
전문가 5	물류기획과	52세	31년
전문가 6	우편집배과	46세	26년
전문가 7	물류기획과	53세	30년
전문가 8	물류기획과	50세	2년

AHP 분석결과의 신뢰성 확보를 위해서는 가능한 많은 수의 관련분야 전문가들을 대상으로 인터뷰를 실시하여 결과를 도출하여야 하나, 본 연구와 같이 핵심주제와 관련하여 의견을 줄 수 있는 전문가가 제한적인 상황에서 적은 수의 응답자들의 의견을 바탕으로 AHP 분석을 수행한 연구들이 존재한다(Lam, 2014). 본 연구에서 다루고 있는 물류사각지대 해소를 위한 드론 기반의 물류서비스의 경우에는 관련분야를 심도 있게 연구한 전문가들이 많지 않고, 특히 공공성이 강조되는 물류사각지대 대상의 물류서비스 수행과 관련한 전문가들은 더욱더 부족한 상황이다. 따라서 민간 택배사가 아닌 우정사업본부 내 관련 전문가들을 대상으로 인터뷰를 실시하였다.

또한 본 비교 분석에서 활용한 AHP 모델은 <Fig. 8>과 같다.

계층적 의사결정기법은 1970년대 미국 피츠버그 대학의 Thomas L. Saaty 교수가 제안한 기법으로, 복잡한 의사결정 문제에 있어서 선택 가능한 대안들에 대해 상대적인 중요도를 고려하고 대안의 하위 항목들에 대해서도 중요도를 계량적으로 도출하여 종합적으로 대안 간 우선순위를 결정하는 기법이다(Yoon and Jung, 2011; Kim, 2015). 각 계층별로는 기준 간 또는 대안 간 쌍대비교를 5점, 7점, 9점 척도 등을 사용하여 시

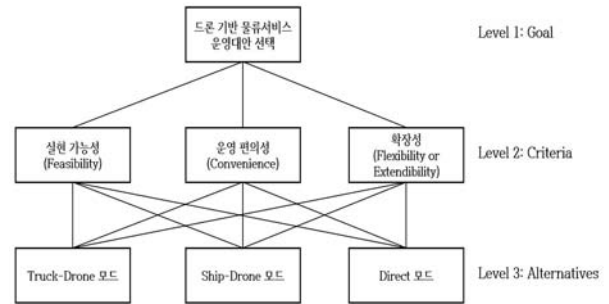


Fig. 8. Hierarchy for analysis

행하게 되며, 본 연구에서는 Saaty(1980)에 의해 실제 설문 응답자의 견해 파악에 있어서 유리하다고 알려진 9점 척도를 활용하였다.

특히 본 비교 분석에서는 응답자가 한 명이 아닌 3인의 전문가들이기 때문에 3인의 의견을 함께 반영한 분석이 필요하다. Saaty(1980)는 응답자가 여러 명인 경우에 1) 응답자 전원의 합의에 의한 평가, 또는 2) 개개의 쌍대행렬 값들을 기하 평균하여 활용하는 방법을 제안하였는데, 본 연구에서는 3인의 전문가를 등가로 취급하며 평가자의 의견을 인위적으로 조작하지 않는 후자의 방법을 활용하였다.

또한 쌍대비교가 일관성 있게 실시되었는지 확인하기 위해서는 일관성 지표(Consistency Index: CI)를 척도로 하여 응답자의 일관성을 확인하게 되는데, CI 값이 0.1보다 작거나 같으면 일관성을 갖는다고 판단하며 0.1보다 크면 응답이 일관적이지 못하다고 판단하고 응답자에게 요청하여 다시 쌍대비교행렬을 구성하게 된다. 기준 계층에 대한 쌍대비교와 가중치 산출이 끝나면, 다음으로 3개 기준 별로 Drone 기반 운영대안들에 대한 쌍대비교를 기준 계층 때와 동일하게 실시하게 된다. 다음의 <Table 6>은 AHP 분석결과를 정리한 것이다.

우선 기준 계층에 대한 쌍대비교 결과를 보면, 실현가능성, 운영편의성, 확장성 등 3개의 기준 중에서 전문가들이 생각하는 가장 중요한 기준은 실현가능성(0.553)이었으며 다음으로 운영편의성(0.286), 확장성(0.161)순이었다. 대안별 선호 순위는 Truck-Drone 모드(0.459), Direct 모드(0.409), Ship-Drone 모드(0.132) 순이었다. 기준 별 3개 대안들에 대한 쌍대비교 결과를 보면, 실현가능성과 운영편의성 관점에서는 공히 Direct 모드(배송 집하지 등에서 Drone으로 직접 배송)가 매우 근소한 차이로 Truck-Drone 모드를 제치고 최선의 대안으로 평가되었다. Direct 모드 다음으로는 Truck-Drone 모드가 차선의 대안으로 뽑혔으며, Ship-Drone 모드에 대한 선호는 매우 낮게 나타났다. 전문가들은 Ship-Drone 모드의 경우 민간 여객선 등을 활용하는 것과 관련한 제도 정비의 필요성, 선상에서

Drone을 활용하여 배송업무를 맡을 인력의 선발 및 배정 등의 문제를 제기하며 실현 가능성과 운영 편의성 측면에서 낮은 점수를 준 것으로 파악되었다.

확장성 관점에서는 Truck-Drone 모드에 대한 선호도가 압도적으로 높았는데, Direct 모드로 배송이 불가능한 지역의 경우 연륙교를 통하거나 카페리 등을 활용하여 기존의 배송차량이 기항하는 도서지역에 들어갈 수 있다는 점에서 높게 평가된 것으로 파악되었다. 실제로 4장에서 언급된 전남 고흥지역의 경우에도 Direct 모드를 시행할 수 있는 장소는 녹동신항 터미널로서 가시거리의 제약 등을 감안할 때 Drone을 활용하여 배송할 수 있는 도서지역은 인근의 몇 개로 제한될 수밖에 없다. 따라서 기존에 익숙하게 활용하고 있는 배송차량과 연계한 Truck-Drone 모드에 대한 선호도가 높은 것으로 분석되었다.

Table 6. The AHP analysis results

	실현 가능성	운영 편의성	확장성	최종 가중치 및 일관성 지표
기준 별 가중치	0.553	0.286	0.1611	
Ship-Drone 모드	0.136	0.136	0.115	<b>0.132</b>
Truck-Drone 모드	0.428	0.432	0.614	<b>0.459</b>
Direct 모드	0.436	0.432	0.271	<b>0.409</b>
합계	1.000	1.000	1.000	1.000
일관성 지표	0.023	0.021	0.019	0.024

## 6. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 물류사각지대 해소를 위한 Drone 기반의 물류서비스 운영 대안들을 소개하고, 실제 적용 가능성을 현지답사와 전문가 인터뷰 등을 통하여 확인하였다. 특히 Drone 기반의 물류서비스 운영 대안으로 Truck-Drone 모드, Ship-Drone 모드, Direct 모드를 제안하고, 실현 가능성, 운영 편의성, 확장성 관점에서 세 가지 모드를 전문가 의견을 반영하여 평가하였다. 평가 결과 전문가들은 Truck-Drone 모드를 최적 대안으로 추천하였다.

다음으로는 근소한 차이로 Direct 모드를 선택하였는데, 특별한 준비 없이 육지에서 바로 Drone을 활용하여 배송할 수 있다는 점에서 선호되는 것으로 파악되었다. 그러나 물류사각지대

로의 접근성과 향후 배송이 필요한 도서지역이 확대되었을 때를 가정한 확장성 등을 고려하면 기존 배송차량과 연계한 Truck-Drone 모드가 가장 매력적인 대안임을 확인할 수 있었다.

특히 본 연구는 전남 고흥군 내 녹동신항과 인근 도서지역을 직접 방문하여 확인함으로써 Drone 기반의 물류서비스 운영이 실제 가능할 수 있음을 확인하였으며, 전문가들과도 구체적인 지역과 활용방안을 상정한 상황에서 대안을 분석하고 평가하였다는데 연구의 의의가 있다. 또한 도심지역을 중심으로 논의되고 있는 Drone 활용방향을 물류사각지대에 접목하고 그 가능성을 제시한 것도 추가적인 연구 의의라 할 수 있다.

그러나 본 연구의 한계와 향후 보완이 필요한 사항도 많이 존재하는데, 가장 대표적으로는 Drone 기술과 관련된 것들이다. 본 연구에서 논의한 물류 서비스 대안들은 Drone이 최소한 2kg 이내의 택배물량을 안전하고 정확하게 목적지에 배송하고 출발 지점으로 되돌아온다는 가정 하에 제시된 것들이다. 물론 현재의 Drone 기술은 본 연구에서 가정한 사항들을 충분히 만족시킬 수준에 도달한 상태이나, 택배 물품을 빈번하게 발송하거나 정기선 상에서 물품을 Drone에 탑재하고 발송하는 작업은 추후 검증 및 시행착오가 필요한 부분이다. 또한 Drone에 탑재된 택배물품의 패키징도 이슈가 될 수 있는데, 도서지역으로 가던 Drone이 물품을 해상에 떨어뜨리는 경우에 방수 및 위치탐지가 가능할 것인지 등은 향후 본격적인 서비스 도입 시 확인이 필요한 부분이라 생각된다.

끝으로 본 연구는 Drone 기반의 물류서비스 관련한 초기 연구로서 본격적인 연구에 앞서 연구 가능성을 타진하고 관련 후속 연구의 필요성을 이끌어내는데 초점을 맞추고 있다. 따라서 향후 법적, 제도적, 기술적, 경제적 검토를 본격적으로 진행할 때 본 연구에서 제시하고 있는 물류서비스 대안들을 중심으로 보다 종합적이고 엄밀한 분석이 뒤따라야 할 것이다.

특히 물류사각지대에 대한 배송이 기본적으로 수익에 초점을 맞춘 서비스라기보다는 공공성에 초점을 맞춘 서비스라는 점을 감안하고 관련 전문가들과의 논의를 통해 본 연구에서는 비용을 분석에서 제외하였으나 향후에는 경제적 관점에서 비용도 Drone 기반의 물류서비스 운영 대안 검토 시 고려되어야 할 것이다. 끝으로 Truck 또는 정기선 상에서 Drone을 효율적으로 운영하기 위하여 여러 배송가능 도서들에 대한 배송 우선순위 결정, Drone 배송경로 결정 문제, Drone 몇 대를 동시에 운영할 것인지 등과 관련한 다양한 연구들이 뒤따라야 할 것이다.

## REFERENCES

- [1] Bryan, V. (2014), *Drone delivery: DHL 'parcelcopter' flies to German isle* <<http://www.reuters.com/article/2014/09/24/us-deutsche-post-dronesidUSKCN0HJ1ED20140924>>.
- [2] Byeon, W. I., Kim, J. B., Hwang, J. Y. (2014), Domestic Policy Ready for a Coming of Age for Civil UAV, *The Journal of Korean Society For Aeronautical And Space Sciences*, pp.948-951.
- [3] Chang, C.-W., Wu, C.-R., and Lin, H.-L. (2009), Applying fuzzy hierarchy multiple attributes to construct an expert decision making process, *Expert Systems with Applications*, 36, pp.7363-7368.
- [4] Clarke, R. (2014), Understanding the Drone Epidemic, *Computer Law & Security Review*, 30(3), pp.230-246.
- [5] Datta, V., Sambasivarao, K. V., Kodali, R., and Deshmukh, S. G. (1992), Multi-attribute decision model using the analytic hierarchy process for the justification of manufacturing systems, *International Journal of Production Economics*, 28, pp.221-234.
- [6] Ham, Y. J., Ahn, C. W., Kim, K. H., Park, G. B., Kim, K. J., Lee, D. Y., Park, S. M. (2014), A Study on Policy Priorities for Implementing Big Data Analytics in the Social Security Sector : Adopting AHP Methodology, *Journal of Digital Convergence*, 12(8), pp.123-144.
- [7] Jang, P. H., Jung, H. K. (2012), A study on the AHP Hierarchy Extend for Source Selection of Weapons Systems, *The 2012 Spring Joint Propulsion Conference of Korean Institute of Industrial Engineers*, pp.1592-1600.
- [8] Joh, Young Hee (2009), The Evaluation of Online Shopping Mall Solution Using the Analytic Hierarchy Process, *Journal of Society for e-Business Studies*, 10(4), pp.55-74.
- [9] Jung, J. H. (2015), The Current Status and Prospect for Drone, *The Photonics Journal*, pp.40-47.
- [10] Kim, C. H., Lee, G. S. and Kim, S. W. (2015), A study on the determinants of foreign market entry decision of third-party logistics providers using AHP, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, 15(2), pp.17-28.
- [11] Kim, D. K., Lee, S. M., Kim, H. J. (2010), A Study on The Differences of Consciousness - Making with The Using AHP Business Priority of The Southwest Coast Tourism & Leisure City Project, *Journal of Tourism&Leisure Research*, 22(1), pp.417-436.
- [12] Kim, M. H., Seo, G. H., Oh, Y. S. (2012), A Study on Locational Factors of Korean Shipping Companies, *Journal of Korea Port Economic Association*, 28(4), pp.209-229.
- [13] Konidari, P. and Mavrakakis, D. (2007), A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments, *Energy Policy*, 35(12), pp.6235-6257.
- [14] Kückelhaus, M. (2014), *Unmanned Aerial Vehicle in Logistics: A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*, DHL Customer Solutions & Innovation.
- [15] Lam, J. S. L. (2014), Designing a sustainable maritime supply chain: A hybrid QFD-ANP approach, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 78, pp.70-81.
- [16] Lee, B. K., Shin, Y. C., Ryou, H. B., Cho, Y. K. (2010), A Study on the Priority of Users' Requirements for the Development of Military Vehicles by Analytic Hierarchy Process, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 36(2), pp.117-124.
- [17] Madrigal, A. C. (2014), *Inside Google's Secret Drone-Delivery Program* <<http://www.theatlantic.com/technology/archive/2014/08/inside-googles-secret-drone-delivery-program/379306/>>.
- [18] Murray, C. C. and Chu, A. G. (2015), The flying sidekick traveling salesman problem: optimization of drone-assisted parcel delivery, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 54, pp.86-109.
- [19] Peters, J. E., Seong, S., Bower, A., Dogo, H., Martin, A. L. and Pernin, C. G. (2011), *Unmanned Aircraft Systems for Logistics Applications*, RAND Arroyo Center.
- [20] Saaty, T. L. (1980), *Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill.
- [21] Shin, H. C., Park, S. Y. (2015), "The Transport Sector Utilization of Drones", *Monthly KOTI Magazine on Transport*, 207, pp.63-71.
- [22] Stern, J. (2013), *Like Amazon, UPS Also Considering Using Unmanned Flying Vehicles* <<http://abcnews.go>

com/Technology/amazon-ups-drone-deliveryoptions/story?id=21086160>.

- [23] Subramanian, N. and Ramanathan, R. (2012), A review of applications of analytic hierarchy process in operations management, *International Journal of Production*

*Economics*, 138, pp.215-241.

- [24] Yoon, S. J., Jung, H. S. (2011), Analysis of Electronic Book User Needs through Fuzzy AHP & Conjoint Analysis, *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, 16(4), pp.207-216.



**임진우**

인하대학교 아태물류학부 학사

현재 : 인하대학교 물류전문대학원 석사  
과정

관심분야 : 물류, SCM



**정호상**

연세대학교 산업시스템공학과 학사

연세대학교 산업시스템공학과 박사

미 Virginia Tech 연구원

삼성경제연구소 경영전략실 수석연구원

현재: 인하대학교 아태물류학부 교수

관심분야: 물류, SCM



# 군수지원부대 입지선정 및 지원선 최적화 방법론

김홍섭<sup>†</sup>

공군사관학교 시스템공학과

## Optimization methodology for determining the locations of logistics support units and supply line

Heung Seob Kim<sup>†</sup>

Department of Systems Engineering, Republic of Korea Air Force Academy

This paper suggests the methodology based on a location-routing problem (LRP) for simultaneously optimizing the locations of logistics support units and supply line and formulates the problem into a mixed integer programming (MIP) model for minimizing the sum of the costs for constructing the logistics support units and for operating the supply line. The construction expenses for the units is classified as fixed cost and variable cost depending on their scale. The operating costs include fixed dispatch cost of vehicles and maintenance expenses for fuel, repair, etc. Furthermore, the model considers various logistics environments such as nonidentical building cost for individual candidate locations, heterogeneous vehicles, time windows for services. The proposed MIP model provides the information on the positions, the scale and the retained delivery vehicles of logistics support units, the route of each vehicle and the visit times for supported units. Finally, a parallel genetic algorithm is suggested for solving it due to its NP-hardness.

**Keywords:** LRP, Logistics, Heterogeneous vehicles, Time-window, Parallel genetic algorithm

### 1. 서론

국방부는 경영혁신의 일환으로 2012년 국방경영 효율화를 위한 30대 중점과제를 선정하여 추진하고 있으며, 중점과제 중 유사조직·기능 효율화, 훈련장 재배치·통합, 비전투분야 민간위탁 확대 등은 부대 이전 및 신설 등을 수반하게 된다. 또한,

2014년부터는 저비용·고효율의 군수지원체계 확립을 목표로 군 물류혁신을 추진하고 있다. 2014년 7월부터 2015년 3월까지 육군의 물류단계 축소, 군수지원사령부 재고수준 조정, 수·배송체계 개선 등에 대한 시범사업을 시행하고, 물류혁신 정책을 전군으로 확대해나가고 있다. 국방부는 시범사업에 대한 최종 평가 결과에서, 물류단계를 기존 5계층(Echelon)에서 3계층으로 축소함으로써 물류속도가 40% 이상 향상되었고, 수·배송

<sup>†</sup> **Corresponding author:** Department of Systems Engineering, Republic of Korea Air Force Academy, P.O. Box, 335-2, Namil-myeon, Sangdang-gu, Cheongju, Chungcheongbuk-do, 28187, Korea. Tel: +82-43-290-6593, E-mail: hskim@afa.ac.kr

차량을 대형차량 2종에서 다양한 용량을 갖는 6종의 차량으로 확대/운용함으로써 차량 적재율과 단위 수송비가 각각 50% 수준에서 개선된 것으로 보고하였다 (The Logistics Magazine, 2015). 이러한 물류혁신은 도심에 위치한 전투부대의 이전과 맞물려 향후 군수지원부대들의 이전과 지원선(Support line)의 조정을 수반하게 될 것이다. 군수 지원선은 군의 물류정책의 근간을 이루는 사안으로, 지원선의 효율화는 물류비 절감뿐만 아니라 전투부대들이 효과적으로 전투력을 발휘할 수 있는 환경을 조성한다.

군의 군수지원부대는 전반적으로 물류센터와 동일한 기능을 수행한다. 따라서 본 연구는 물류센터 건설비와 수송비로 구성되는 물류비용을 최소화하기 위해 물류센터의 입지(Location)와 제품의 수송경로(Route)를 동시에 결정하는 Location-routing problem(LRP)으로써 군수지원부대 위치와 각 군수지원부대가 지원할 전투부대들, 즉, 지원선을 결정하는 방법론을 제안한다.

LRP는 전통적인 입지선정 문제(FLP: Facility location problem)와 차량경로문제(VRP: Vehicle routing problem)가 통합된 유형의 문제이다. 초기의 연구들은 물류센터와 차량의 용량(Capacity)을 고려하지 않았으나, 최근에는 현실의 상황을 고려하여 물류센터와 차량 용량의 제약을 고려하는 Capacitated LRP(CLRP)에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 또한, LRP는 소포배송 (Wasner and Zäpfel, 2004; Jung and Kim, 2015), 해운산업 (Gunnarsson *et al.*, 2006), 통신 네트워크 (Lee *et al.*, 2003; Billionnet *et al.*, 2005), 폐기물 수집 (Del Pia and Filipi, 2006; Mar-Ortiz *et al.*, 2011; Ramos and Oliveira, 2011; Han, 2015), 의료후송 (Chan *et al.*, 2001), 2계층 분배체계 (Boccia *et al.*, 2011; Crainic *et al.*, 2011; Hemmelmayr *et al.*, 2012; Nguyen *et al.*, 2012), 위험/협오시설 위치 (Cappanera *et al.*, 2003; Alumur *et al.*, 2007; Caballero *et al.*, 2007; Xie *et al.*, 2012), 재난 등 비상상황에 대처하기 위한 시설배치 (Tavakkoli-Moghaddam *et al.*, 2010; Rath and Gutjahr, 2011; Hua-Li *et al.*, 2012; Ceselli *et al.*, 2014) 등의 다양한 분야에 적용되면서 많은 유형의 문제들이 제시되어 왔다. Nagy and Salhi (2007)와 Prodhon and Prins (2014)는 이러한 광범위한 연구들을 체계적으로 정리하여 제시하고 있다. 즉, LRP에 대한 연구들은 대상 시스템의 목적과 현실의 제약을 고려하여 문제를 설계하고 있다.

따라서 본 연구는 군의 군수지원 환경을 고려하여 군수지원부대의 입지와 지원선을 결정하기 위한 혼합정수계획(MIP: Mixed integer programming) 모형을 제안하며, 기존 연구들

과의 주된 차이점은 다음과 같다. 첫째, 기존 연구들은 후보지별 물류센터의 규모를 사전에 결정된 것으로 가정하고 있지만, 본 연구에서는 각 물류센터의 규모는 공급 물량에 따라 결정되도록 하였다. 따라서 각 물류센터의 건설비에 규모에 따른 변동비 (Variable cost)가 반영되며, 규모의 경제(Economy of scale) 등을 고려하여 물류센터의 최소, 최대 규모를 제한할 수 있다. 둘째, 고객이 원하는 배송시간이 있거나 기업이 고객과 약속한 배송시간이 있는 경우, 이를 준수하는 배송계획을 수립할 수 있도록 고객별 서비스 시간창(Time windows)을 반영하였다. 군에서도 부대의 임무에 따라 군수물자를 수령할 수 있는 시간이 다를 수 있으며, 다량의 물자를 지원함에 따라 부대별 하역시간이 고려되어야 한다. 예를 들어, 식재료와 같은 경우는, 급식시간을 맞추기 위해 특정 시간대에 지원이 되어야 한다. 마지막으로, 해 탐색공간을 감소시키기 위해 결정변수 간의 종속관계를 정의하는 제약식을 제안하였다.

LRP는 NP-hard로 알려져 있는 FLP와 VRP가 결합된 형태의 문제로, LRP 또한 NP-hard이다. 따라서 현실의 대형문제를 해결하기 위한 휴리스틱(Heuristic) 알고리즘에 대한 많은 연구가 있어 왔다. 비교적 최근에는 타부서치(TS: Tabu search), 모의담금질(SA: Simulated annealing), 개미군집최적화(ACO: Ant colony optimization), 유전자알고리즘(GA: Genetic algorithm) 등의 메타 휴리스틱(Meta-heuristic) 알고리즘과 Wu *et al.* (2002)의 TS-SA, Wang *et al.* (2005)의 TS-ACO, Duhamel *et al.*, (2011)의 GRASP (Greedy randomized adaptive search procedure)-ELS (Evolutionary local search), Derbel *et al.* (2012)의 GA-ILS (Iterative local search) 등 두 종류의 알고리즘을 결합한 Hybrid 알고리즘에 대한 연구가 활발하다. 본 연구는 복수의 단위 GA들이 독립적으로 해를 탐색하고, 주기적으로 우수해를 상호 교환하는 이주(Migration) 단계가 포함된 병렬 유전자 알고리즘(PGA: Parallel GA)을 제안한다. 단위 GA들 간의 우수해 교환을 통한 협력은 지역 최적해(Local optimum)로의 조기수렴(Premature convergence)을 방지하고, 전역 최적해(Global optimum) 탐색 가능성을 향상시킨다.

본 연구의 2장에서는 군수지원부대 위치와 지원선을 결정하기 위한 혼합정수계획모형(MIP)을 제시하고, ILOG CPLEX 12.6.2를 통해 실험예제의 최적해를 도출하여 수리모형의 유효성을 검증한다. 3장에서는 본 연구에서 제시하는 문제의 특성을 고려한 PGA를 제안한다. 4장에서는 수치실험을 통해 수리모형의 해가 제공하는 정보들에 대해 살펴보고, PGA의 해 탐색성능을 분석한다. 마지막으로, 5장에서는 본 연구의 결론을 제시한다.



## 2. 문제정의 및 수리모형

### 2.1 문제정의

본 연구는 군수지원부대 건설을 위한 다수의 후보지가 존재하고 다양한 용량의 차량을 선택적으로 운영할 수 있으며 전투부대별 군수지원이 가능한 시간대가 있는 상황을 가정한다. 그리고 군수지원부대 건설비와 수송비로 구성되는 제반 비용을 최소화하기 위한 ① 후보지들 중 군수지원부대를 건설할 위치와 규모, ② 각 군수지원부대가 운영할 차종과 대수, 그리고, ③ 차량별 지원할 전투부대와 운행경로를 결정한다. 여기서, 총 비용은 군수지원부대 건설비와 시설물의 수명기간 동안 소요되는 운송비의 합으로 산정된다. 건설비는 토지매입비 등의 고정비와 규모에 따른 변동비를 고려하여 산정하고, 운송비는 차량 구매비와 운영비(유류비, 정비비 등)로 구분하여 반영한다. 또한, 시설물의 수명이 장기임을 감안하여 차량 구매비에는 노후 차량을 대체하기 위한 재구매 비용이 반영되고, 운영비는 차량별 주행 거리에 따라 산정된다. 문제의 수리모형을 구축하기 위한 가정 사항은 다음과 같다.

- 건설비 중 변동비는 군수지원부대 규모에 비례하며, 규모는 해당 군수지원부대의 군수물자 지원량에 의해 결정된다.
- 각 전투부대는 하나의 군수지원부대로부터 지원받으며, 차량 1대가 한번만 지원함으로써 소요 물량을 지원할 수 있다.
- 각 차량은 하나의 군수지원부대에 소속되며, 배송이 완료된 후 해당 부대로 복귀한다.
- 각 차량들은 전투부대별 지정된 시간 범위 내에 방문하여 군수물자를 지원한다.
- 전투부대별 보유 장비 등의 여건에 따라 군수물자 하역시간은 상이할 수 있다.
- 차종에 따라 가격, 연비, 적재 용량, 수명 및 평균 주행속도가 상이할 수 있다.

### 2.2 수리모형

본 절의 수리모형은 군수지원부대 후보지들과 전투부대들을 각각의 노드(Node)로 고려하며, 사용하는 표기(Notation)와 결정변수(Decision variables)는 다음과 같다.

#### [Notation]

$D$  : 군수지원부대 후보지 집합

$C$  : 전투부대 집합

$N$  : 전체 노드의 집합 ;  $N=D \cup C$

$V$  :  $v$ 로 색인되는 차종의 집합 ;  $v \in V$

$P$  : 군수지원부대 시설의 수명

$F_i$  : 후보지  $i$ 의 고정비 ;  $i \in D$

$V_i$  : 후보지  $i$ 의 건설 변동비용 ;  $i \in D$

즉, 총 변동비= $V_i \times$ 군수지원량(규모)

$S_{\min}, S_{\max}$  : 군수지원부대의 최소, 최대 규모

$q_i$  : 전투부대  $i$ 의 군수물자 소요량 ;  $i \in C$

$d_{ij}$  : 노드  $i$ 와 노드  $j$ 간의 거리

$\alpha_v$  : 차종  $v$ 의 가격

$\beta_v$  : 차종  $v$ 의 단위 거리 당 연간 운영비

$B_v$  : 차종  $v$ 의 적재 용량(Capacity)

$\rho_v$  : 시설수명 기간 중 차종  $v$ 의 재구매율

$Vel_v$  : 차종  $v$ 의 평균 속도

$u_i$  : 전투부대  $i$ 에서의 하역작업 시간

$T_i^s, T_i^e$  : 전투부대  $i$ 의 군수지원 시작, 종료시간

$M$  : 충분히 큰 수

#### [Decision variables]

- $x_{vij}$  : 차종  $v$ 가 노드  $i$ 에서  $j$ 로 이동하면 1, 아니면 0인 이진변수
- $z_{ij}$  : 전투부대  $j$ 가 군수지원부대 후보지  $i$ 의 지원대상이면 1, 아니면 0인 이진변수
- $y_i$  : 후보지  $i$ 에 군수지원부대를 건설하면 1, 아니면 0인 이진변수
- $w_{vij}$  : 노드  $i$ 에서  $j$ 로 이동할 때의 차종  $v$ 의 군수물자 적재량
- $t_{vi}$  : 차종  $v$ 가 전투부대  $i$ 에 도착하는 시간

2.1절의 문제의 정의에 따른 혼합정수계획(MIP) 모형은 식 (1)부터 식 (22)까지와 같이 제시된다.

$$\text{Min. } \sum_{i \in D} F_i y_i + \sum_{i \in D} \sum_{j \in C} V_i q_j z_{ij} + \sum_{v \in V} \sum_{i \in D} \sum_{j \in C} \rho_v \alpha_v x_{vij} + P \sum_{v \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \beta_v d_{ij} x_{vij} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{v \in V} \sum_{j \in N} x_{vij} = 1, \quad i \in C \quad (2)$$

$$x_{vij} + \sum_{k \in V, k \neq v} \sum_{i \in N, i \neq j} x_{hik} \leq 1, \quad v \in V, i \in N, j \in C, i \neq j \quad (3)$$

$$\sum_{v \in V} \sum_{j \in N} x_{vij} - \sum_{v \in V} \sum_{j \in N} x_{vji} = 0, \quad i \in N \quad (4)$$

$$\sum_{v \in V} x_{vij} \leq z_{ij}, \quad i \in D, j \in C \quad (5)$$

$$\sum_{v \in V} x_{vji} \leq z_{ij}, \quad i \in D, j \in C \quad (6)$$

$$\sum_{v \in V} x_{vij} + z_{ki} + \sum_{d \in D, k} z_{dj} \leq 2, \quad k \in D, (i, j) \in C, i \neq j \quad (7)$$

$$\sum_{v \in V} \sum_{j \in N} w_{vji} - \sum_{v \in V} \sum_{j \in N} w_{vij} = q_i, \quad i \in C \quad (8)$$

$$w_{vij} \leq B_v x_{vij}, \quad v \in V, i \in D, j \in N, i \neq j \quad (9)$$

$$\sum_{v \in V} \sum_{i \in C} w_{vij} = 0, \quad j \in D \quad (10)$$

$$w_{vij} \leq (B_v - q_i) x_{vij}, \quad v \in V, i \in C, j \in N \quad (11)$$

$$w_{vij} \geq q_i x_{vij}, \quad v \in V, i \in N, j \in C \quad (12)$$

$$\sum_{i \in D} z_j = 1, \quad j \in C \quad (13)$$

$$S_{\min} y_i \leq \sum_{j \in C} q_j z_j \leq S_{\max} y_i, \quad i \in D \quad (14)$$

$$t_{vi} - t_{vj} + u_i + \left( \frac{d_{ij}}{Vel_v} \right) \leq M(1 - x_{vij}) \\ , v \in V, i \in N, j \in C, i \neq j \quad (15)$$

$$T_i^s \leq t_{vi} \leq T_i^e, \quad v \in V, i \in N \quad (16)$$

$$\sum_{i \in C} \frac{1}{M} z_{ki} \leq y_k, \quad k \in D \quad (17)$$

$$x_{vij} \in \{0, 1\}, \quad v \in V, (i, j) \in N \quad (18)$$

$$z_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in D, j \in C \quad (19)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \quad i \in D \quad (20)$$

$$w_{vij} \geq 0, \quad v \in V, (i, j) \in N \quad (21)$$

$$t_{vi} \geq 0, \quad v \in V, i \in N \quad (22)$$

식 (1)은 목적함수(Objective function)로서 군수지원부대 건설비용과 시설물의 수명기간 동안 군수물자를 배송하기 위한 차량의 구매비와 운영비의 합을 최소화하는 것이다. 건설비 중 변동비는 해당 군수지원부대가 지원하는 군수물자의 양에 비례하여 반영되며, 차량 구매비에는 차량 노후에 따른 재구매 소요( $\rho_v$ ,  $\alpha_v$ )가 고려된다. 식 (2)부터 식 (7)까지는 차량의 운행경로와 관련된 제약식이다. 식 (2)와 식 (3)은 각 전투부대에 차량 1대가 1회만 지원한다는 것을 의미한다. 즉, 임의의 전투부대를 위한 군수물자를 2대 이상의 차량이 분할 수송하지 않는다. 식 (4)는 차량별 운행경로의 연속성(Route continuity)을 보장하기 위한 제약이며, 식 (5)와 식 (6)은 임의의 차량은 소속된 군수지원부대를 출발하여 지원하는 전투부대를 경유한 후, 소속 부대로 복귀한다는 것을 의미한다. 식 (7)은 부분순회경로(Sub-tour)를 방지하기 위한 제약이다 (Karaoglan *et al.*, 2012). 식 (8)부터 식 (12)까지는 차량들의 적재량에 관련된 제약식이다. 식 (8)은 전투부대  $i$ 에서 전투부대  $j$ 로 출발할 때의 적재량의 차이는 전투부대  $i$ 의 지원량( $q_i$ )과 같다. 즉, 전투부대별 지정된 물량이 정확히 지원되어야 한다는 것을 의미한다. 식 (9)는 군수지원부대를 출

발하는 임의의 차량의 적재량은 자신의 용량을 초과할 수 없음을 의미한다. 식 (10)은 소속 군수지원부대로 복귀하는 차량은 모든 군수물자를 지원하여 적재량이 0이 됨을 의미한다. 식 (11)과 식 (12)는 전투부대  $i$ 에서 전투부대  $j$ 로 출발하는 차량의 적재량에 대한 경계조건(Boundary condition)이다. 식 (13)은 각 전투부대는 하나의 군수지원부대로부터 지원받는다라는 제약이며, 식 (14)는 군수지원부대의 최소( $S_{\min}$ ), 최대( $S_{\max}$ ) 규모를 제한하고 있다. 식 (15)와 식 (16)은 서비스 시간창에 대한 제약식이다. 식 (15)는 각 전투부대에 도착하는 시간을 산정하기 위한 제약으로, 전투부대  $i$ 에서 전투부대  $j$ 로 출발한 차량이 전투부대  $j$ 에 도착하는 시간은 전투부대  $i$ 에 도착한 시점으로부터 하역시간과 전투부대  $j$ 로의 운행시간이 경과된 이후이어야 함을 의미한다. 식 (16)은 임의의 전투부대  $i$ 가 요청한 시간 범위  $[T_i^s, T_i^e]$  내에 군수물자가 지원되어야 함을 의미한다. 식 (17)은 임의의 군수지원부대  $i$ 가 지원하는 전투부대가 있다면, 군수지원부대  $i$ 를 건설함을 의미한다. 즉, 군수지원부대 건설 여부에 대한 결정변수  $y_i$ 를 전투부대 지원에 대한 결정변수  $z_{ij}$ 에 종속적으로 결정되도록 함으로써 해 탐색공간을 감소시킨다. 식 (18)부터 식 (22)까지는 앞서 제시한 결정변수들을 정의한다.

군부대의 여건상 산악지형 등으로 인해 대형차량 등 임의의 차종의 진입이 불가능한 경우가 있을 수 있다. 이러한 상황은 다음의 제약식 (23)을 추가함으로써 고려될 수 있다. 여기서,  $G(i)$ 는 전투부대  $i$ 를 지원할 수 없는 차종의 집합이다.

$$x_{vij} = 0, \quad v \in G(i), j \in N \quad (23)$$

### 2.3 수리모형 검증

본 절에서는 임의적으로 생성한 소형예제를 대상으로 ILOG CPLEX 12.6.2를 통해 최적해를 도출함으로써 수리모형, 즉, 목적함수와 제약식들의 유효성을 검증한다. 소형예제는 군수지원부대 후보지 3개소, 전투부대 7개소, 2종의 차량으로 구성하였다. 군수지원부대 후보지들의 건설 고정비( $F$ )는 각각 20, 18, 22로, 변동비용( $V$ )은 0.7, 0.5, 1.0로 고려하였다. 또한, 군수지원부대의 최소 규모( $S_{\min}$ )는 2,000, 최대 규모( $S_{\max}$ )는 3,000으로 제한하고, 시설물의 수명은 20년으로 고려하였다. 실험예제의 차종별 데이터는 Table 1, 군수지원부대 후보지와 전투부대의 위치와 군수물자 소요량은 Table 2와 같다.

Table 1. Experimental data for vehicles (1)

Vehicles	$\alpha_v$	$\beta_v$	$B_v$	$\rho_v$	$Vel_v$
Type1	5	1.0	1,500	2.0	50
Type2	6	1.3	2,000	1.5	45

Table 2. Experimental data for units

Units		Location coordinate		Demand
		X	Y	
Logistics support units	D <sub>1</sub>	143	208	-
	D <sub>2</sub>	143	237	-
	D <sub>3</sub>	135	235	-
Combat forces ( $u_i=0.5$ )	C <sub>1</sub>	136	194	878
	C <sub>2</sub>	128	197	774
	C <sub>3</sub>	151	264	752
	C <sub>4</sub>	155	230	789
	C <sub>5</sub>	130	254	844
	C <sub>6</sub>	130	220	547
	C <sub>7</sub>	150	200	756

수치실험은 서비스 시간창에 대한 제약의 검증을 위해 전투부대들의 군수지원 시간창을  $[0, 2.0]$ 과  $[0, 1.8]$ 을 적용하여 수행하였으며, 실험결과는 Fig. 1과 같이 나타났다. Fig. 1에서 각 호 (Arc)에는 부대 간 거리, 각 전투부대 표기에는 군수지원 종료시간을 함께 명기하였다. 예를 들면,  $C_1[1.6]$ 은 하역시간을 포함한 전투부대1에 대한 군수지원 종료시간이 1.6임을 의미한다. 군수지원부대는 후보지1과 후보지2에 건설하는 것으로 결정되었으며, 군수지원 차량들의 용량과 경로생성, 그리고 군수지원 시간창에 따른 최적해의 변경 등을 통해 모든 제약이 준수되고 있음을 확인하였다. 또한, 식 (17)은 실험예제에 대한 계산시간을 약 18.2% 감소시키는 효과가 있었다.

### 3. 병렬 유전자 알고리즘

병렬 알고리즘의 기본 개념은 단위 알고리즘이 해를 탐색하는 과정에서 주기적으로 각 단위 알고리즘에 의해 탐색된 우수해에 대한 상호 교환을 통해 단위 알고리즘 간에 협력하는 구조를 묘사하는 것이다. 병렬 알고리즘의 장점은 해 탐색과정에서 임의의 단위 알고리즘에게 지역 최적해로부터 탈출할 수 있는 기회를 부여함으로써 조기 수렴을 예방하고, 전역 최적해 탐색 확률을 증대하는 것이다. Fig. 2는 PGA의 연산 절차를 설명한다.

#### 3.1 유전자 표현 및 초기 모집단

유전자의 표현은 문제의 잠재해(Potential solution)를 염색체 형질로 표현하는 것으로, 적합도 평가, 유전 연산자 등의 진화과정에 영향을 주기 때문에 해 탐색의 효율성과 효과성에 지

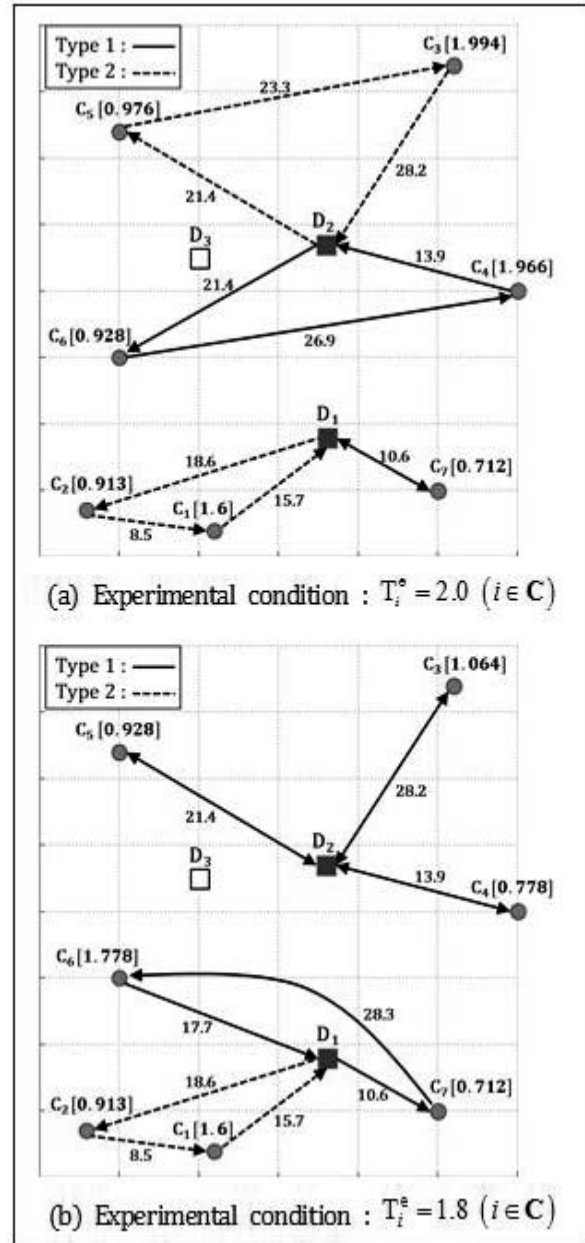


Fig. 1. The verification for mathematical model

대한 영향을 미친다. 본 연구에서는 유전자를 Fig. 3과 같이 총 3개의 영역으로 구분하여 표현하였다. Section 1은 지원해야할 전투부대 수( $|C|$ )만큼의 유전인자들로써 구성되며, 각 유전인자는 특정 전투부대를 지칭하는  $(1 \sim |C|)$  사이의 정수값(Integer value)을 갖는다. Section 2는 차량의 대수만큼의 유전인자들로써 구성되며, 각 유전인자는 각 차량이 지원할 전투부대 수를 표현하기 위해  $(0 \sim |C|)$  사이의 정수값을 갖는다. 여기서 특정 유전인자 값이 0이면, 지원할 전투부대가 없으므로

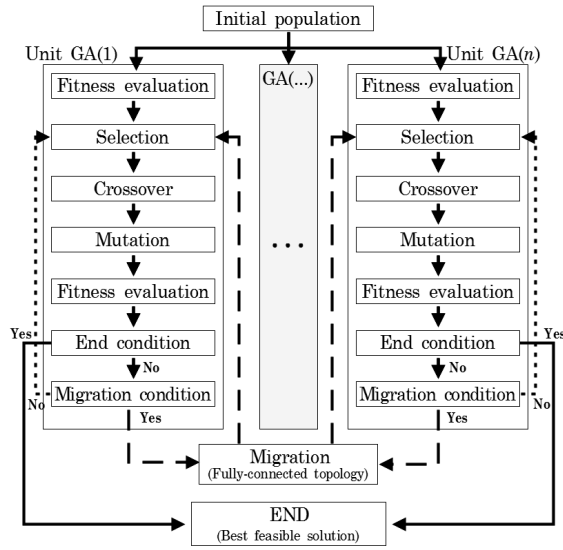


Fig. 2. Parallel genetic algorithm (PGA)

해당 차량은 사용되지 않는다. 그리고 각 유전인자에 해당하는 차량의 차종은 유전자에 표현되지 않고 적합도 평가 등에서 별도로 고려한다. 마지막으로, Section 3은 Section 2와 동일한 개수의 유전인자들로서 구성되며, Section 2의 각 차량이 어느 군수지원부대에 소속되는지를 표현한다. 따라서 각 유전인자는 특정 군수지원부대를 지칭하기 위해 0과 군수지원부대 후보지  $|D|$  개수 사이의 정수값을 갖게 되며, 유전인자 값이 0인 경우는 해당 차량이 소속되는 군수지원부대가 없음을 의미한다. 따라서 사용되지 않는 차량의 유전인자 값은 0, 사용되는 차량의 유전인자는  $(1 \sim |D|)$  사이의 임의의 정수값을 갖도록 하였다. 예를 들어, Fig. 3의 상황은 전투부대는 총 5개소이며, 운용할 수 있는 차량은 5대이고, 군수지원부대 후보지는 2개소 이상이다. Fig. 3의 잠재해는 군수지원부대1과 2를 건설하고, 차량은 총 3대를 운영하여 전투부대 5개소를 지원함을 의미한다. 세부적으로, 첫 번째 차량은 군수지원부대1 소속으로 전투부대 2와 1을 순차적으로 지원하고, 두 번째 차량은 군수지원부대2 소속으로 전투부대 5를 지원한다. 세 번째, 네 번째 차량은 사용되지 않으며, 다섯 번째 차량은 군수지원부대2 소속으로 전투부대 3과 4를 지원함을 의미한다. 초기 모집단은 다음의 규칙에 따라 임의적으로 생성하였다.

#### 〈초기 모집단 생성 규칙〉

1. 전투부대 지원 순서는 동일한 전투부대를 중복 지원하지 않도록 임의의 배정
2. 차량별 지원부대 수는 임의적으로 차량을 선택하여 지원부대 수를 배정/추가하였으며, 이러한 절차를 전 차량의 지

원부대 수와 전투부대 수가 일치할 때까지 수행

3. 각 차량이 소속될 군수지원부대는 지원할 전투부대를 배정 받은 차량에 한해 군수지원부대 후보지 범위 내에서 임의의 배정

Section 1 (Combat forces)					Section 2 (Combat forces per vehicle)					Section 3 (Logistics support units)				
2	1	5	3	4	2	1	0	0	2	1	2	0	0	2

Fig. 3. Gene representation

### 3.2 적합도 평가

적합도(Fitness)는 각 잠재해의 품질을 평가하는 절차이다. 잠재해  $x$ 의 적합도  $F(x)$ 는 식 (24)와 같이 수리모형의 목적함수  $f(x)$ 를 기본으로, 제약을 위반한 개체에 대해 벌금함수(Penalty function) 식 (25)를 적용하여 적합도를 저평가하도록 하였다. 이는 선택(Selection) 등의 진화연산에서, 실행불가능해(Infeasible solution) 보다 실행가능해(Feasible solution)를 우선하기 위한 조치이다.

$$F(x) = f(x) / p(x) \quad (24)$$

$$p(x) = 1 + \left[ \sum_{\forall m} a_m + \sum_{\forall n} b_n \right] \quad (25)$$

$$a_m = \begin{cases} 1, & \text{차량 } m \text{이 용량} \cdot \text{시간창 제약 위반} \\ 0, & \text{차량 } m \text{이 용량} \cdot \text{시간창 제약 준수} \end{cases}$$

$$b_n = \begin{cases} 1, & \text{군수지원부대 } n \text{이 규모 제약 위반} \\ 0, & \text{군수지원부대 } n \text{이 규모 제약 준수} \end{cases}$$

### 3.3 선택(Selection)

선택은 적자생존의 자연법칙, 즉, 적합도 평가 결과에 기초하여 현 세대의 모집단 중 다음 세대에 물려줄 개체를 선택하는 과정이다. 본 연구는 세대별 우수한 해의 생존성을 보장하되 적합도가 낮은 해에게도 확률적으로 생존 기회를 부여하는 룰렛 휠(Roulette wheel) 방법과 현 세대의 최선해(Best solution)는 다음 세대에 원형대로 상속되도록 하는 엘리트리스트(Elitist) 방법을 혼합한 Elitist-roulette wheel 방법을 적용하였다.

### 3.4 교차(Crossover)

교차는 부모(Parent)의 유전형질을 조합하여 자손(Offspring)을 생성하는 과정이다. 본 연구의 문제에서는 유전형질 조합 과정에서 지원 전투부대의 중복, 차량별 지원부대 수의 합이 전투부대 수와 불일치되는 것을 방지하여야한다. 이를 위해 Yuan *et al.* (2013)이 제안한 TCX(Two-part chromosome crossover) 방법을 이용하였다. TCX의 연산절차는 Fig. 4와 같다. 단, 교차 연산자에서는 차량별 소속 군수지원부대는 변경하지 않았다.

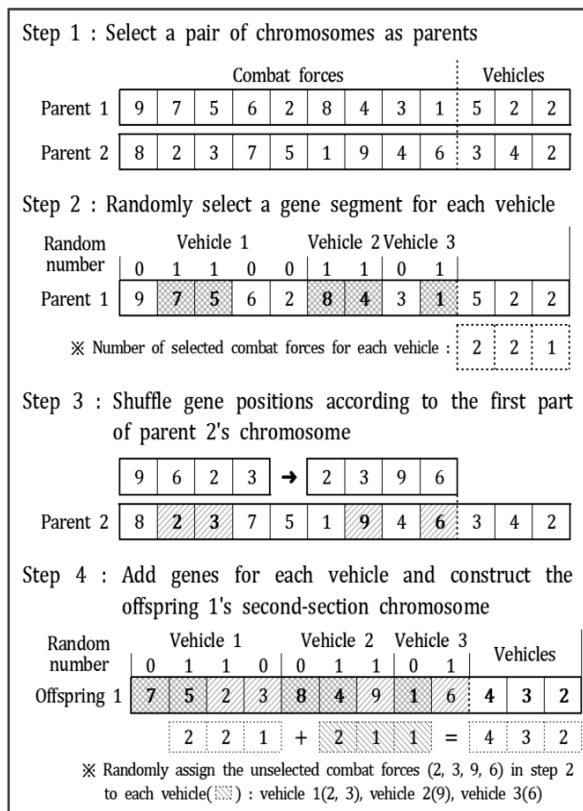


Fig. 4. Two-part chromosome crossover (TCX)

### 3.5 돌연변이(Mutation)

돌연변이는 교차 연산자를 통해 생성된 유전자들 중 돌연변이율(Mutation rate)에 따라 임의적으로 유전자를 선택하고 그들의 일부 염색체를 변화시켜 새로운 형질의 유전자를 생성하는 과정이다. 이는 지역 최적해에서의 탈출과 다른 공간을 탐색할 수 있는 기회를 제공한다. 본 연구는 Fig. 5와 같이 한 유전자에서 임의로 2개의 염색체를 선정하여 이들을 교환하는 2점 교환 방법(Two-point exchange method)을 사용하였다. 단, Fig.

3에서의 영역구분에 따라 전투부대 지원순서, 차량별 지원부대 수, 군수지원부대 후보지 영역을 개별적으로 수행하였다. 이때, 차량별 지원부대 수 영역과 군수지원부대 후보지 영역은 동일한 지점을 교차하였으며, 이는 지원부대가 없는 차량은 어느 군수지원부대에도 소속되지 않도록 하여, 불필요한 군수지원부대를 건설하지 않도록 한다.

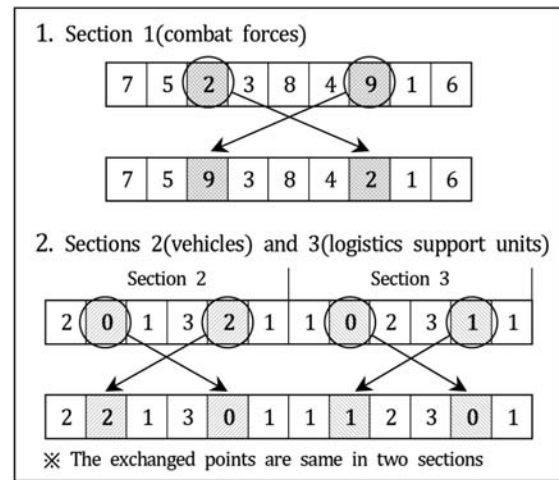


Fig. 5. Two-point exchange mutation

### 3.6 이주(Migration)

이주는 병렬 알고리즘의 핵심적인 단계로, 각 단위 GA들이 지정된 세대수 동안 탐색한 우수해를 상호 교환하는 단계이다. 본 연구에서는 Fig. 6과 같은 Fully-connected topology를 적용하였다. 이주연산의 세부절차는, 각 GA에서 (이주율×모집단 개체수) 만큼의 우수해를 선별하여 우수해 집합을 구성하고, 각 GA에서 적합도가 저조한 개체들을 우수해 집합으로 대체한다. 여기서, 우수해 집합의 개체수는 (이주 개체수×단위 GA 개수)가 된다.

## 4. 수치실험 및 결과

수치실험은 i5-3210M 2.5GHz CPU와 4GB RAM 노트북에서 수행되었으며, PGA는 MATLAB R2010a로 구현되었다. 그리고 PGA 파라미터는 Table 3과 같이 적용하였다. 즉, 각 단위 GA들이 200세대 동안 독립적으로 해를 탐색한 후 이주연산을 수행하는 절차를 2회 실시하고, 마지막으로 각 GA가 200세대 동안 독립적으로 탐색 후 모든 단위 GA가 탐색한 해 중 가장 우

수한 해를 PGA의 최선택으로 선별한다. 따라서 각 단위 GA는 총 600세대의 진화연산을 수행하게 된다.

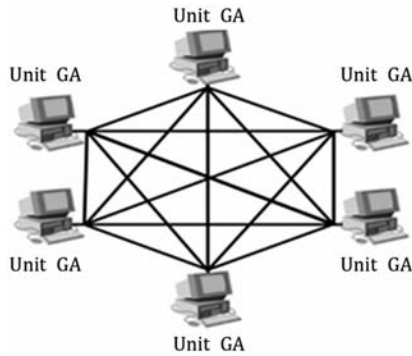


Fig. 6. Fully-connected topology

Table 3. PGA parameters

(a) Parameters for unit GAs (5ea)

Population	Crossover rate	Mutation rate
200 individuals	0.8 (80%)	0.1 (10%)

(b) Migration parameters

Number	Period	Rate
2 times	200 generations	0.1 (10%)

#### 4.1 예제 생성

실험예제는 군수지원부대 입지 후보지 5개소, 전투부대 20개소와 차량은 총 3종, 15대로 구성하였다. 차종별 데이터는 Table 4와 같으며, 군수지원부대 후보지와 전투부대는 Table 2의 부대들에 각각 2개, 13개 부대를 추가하였다. 추가된 군수지원부대 후보지의 좌표는  $D_4[150, 220]$ 과  $D_5[137, 255]$ 이며, 전 후보지의 건설 고정비( $F_i$ )는 각각 2000, 2005, 2010, 2015, 2020으로, 변동비율( $V_i$ )은 전 후보지에 대해 0.005로 고려하였다. 추가된 전투부대들의 위치는 Table 5와 같다. 또한, 군수지원부대 규모에 대한 제약은 최소 3,000, 최대 10,000으로, 전투부대들을 위한 군수지원 마감시간에 대한 제약은 8로 설정하였다.

Table 4. Experimental data for vehicles (2)

Vehicles	$\alpha_v$	$\beta_v$	$B_v$	$\rho_v$	$Vel_v$
Type1(7ea)	50	$18.25 \times 10^{-2}$	1,500	2.0	50
Type2(5ea)	60	$19.16 \times 10^{-2}$	2,000	2.0	45
Type3(3ea)	70	$20.08 \times 10^{-2}$	3,000	2.0	40

Table 5. Data for additional combat forces

Combat forces	Coordinate		Demand	Combat forces	Coordinate		Demand
	X	Y			X	Y	
$C_8$	149	223	797	$C_{15}$	133	249	518
$C_9$	155	270	657	$C_{16}$	158	155	538
$C_{10}$	107	171	762	$C_{17}$	158	278	830
$C_{11}$	155	213	568	$C_{18}$	109	291	778
$C_{12}$	138	288	783	$C_{19}$	159	252	627
$C_{13}$	105	269	512	$C_{20}$	158	264	881
$C_{14}$	116	294	611	※ 군수물자 하역시간 $u_i = 0.5$			

#### 4.2 실험결과

수치실험은 5회에 걸쳐 수행되었으며, 탐색된 최선택(Best solution)는 Table 6과 같다. 군수지원부대는 후보지 5개소 중 3번과 5번 후보지에 건설하도록 결정되었다. 후보지3에 건설된 군수지원부대는 차종1 4대, 차종2 3대, 총 7대를 운영하여 전투부대 14개소에 군수물자 9,699 단위를 지원하게 된다. 예를 들어, 후보지3의 차종2의 첫 번째 차량은 군수물자 1,895 단위를 적재하고, 군수지원부대를 출발하여 전투부대 11, 16, 4를 순차적으로 지원한 후 소속 부대로 복귀한다. 후보지5에 건설되는 군수지원부대는 차종1 2대, 차종3 1대, 총 3대로 전투부대 6개소에 군수물자 4,503 단위를 지원하도록 계획되었다. 이러한 계획을 20년간 실행할 때, 총 비용은 약 8,983으로 산정되었으며, 이는 군수지원부대 건설비 4,101(고정비 4,030 + 변동비 약 71), 차량 구매비 1,100( $550 \times 2$ 회)과 유류비 등의 운영비 약 3,872로 구성된다.

Table 6. Experimental result

Selected sites	Vehicle	Route	The amount of support	Distance in service
Support unit 3	Type1	$D_3-C_{10}-D_3$	762	139.7
		$D_3-C_{13}-C_{20}-D_3$	1,393	135.6
		$D_3-C_1-D_3$	878	82.0
		$D_3-C_7-C_6-D_3$	1,303	82.2
	Type2	$D_3-C_{11}-C_{16}-C_4-D_3$	1,895	183.5
		$D_3-C_{19}-C_3-C_{15}-D_3$	1,897	81.4
		$D_3-C_8-C_2-D_3$	1,571	90.5
Support unit 5	Type1	$D_5-C_{18}-C_{14}-D_5$	1,389	97.5
		$D_5-C_5-D_5$	844	14.2
	Type3	$D_5-C_9-C_{12}-C_{17}-D_5$	2,270	101.7
Total			14,202	1,008.3

Fig. 7은 PGA에 의한 해 탐색과정의 예시를 보여주고 있다. 첫 번째 이주단계에서는 4번째 GA가 최선해를 제공하고 있으며, 이주를 통해 공유된 우수한 해들을 바탕으로 각 GA들이 200세대 간 새롭게 해를 탐색한 결과, 두 번째 이주단계에서는 2번째 GA가 최선해를 제공하고 있다. 즉, 각 단위 GA는 이주를 통해 다른 GA들의 좋은 해를 받아들임으로써 모집단의 다양성을 증대시키고, 지역 최적해로부터의 탈출 기회를 얻게 된다. 이는 보다 넓은 영역에서 해를 탐색하도록 유도함으로써 보다 좋은 해를 탐색할 수 있는 가능성을 향상시킨다.

또한, 알고리즘의 병렬화 효과를 분석하기 위해 PGA와 동등한 수준의 진화연산을 갖는 단위 GA에 대해 수치실험을 수행하였다. 단위 GA는 모집단 1,000개체(200개체×5GA)에 대해 3,000세대(200세대×5GA×3회)에 걸친 진화연산을 수행하도록 하였다. 수치실험은 PGA와 동일하게 5회에 걸쳐 수행되었으며, 각 수치실험에서의 해 탐색과정은 Fig. 8과 같이 나타났다. 전반적으로, 최선해의 개선은 1,000세대 이전에 활발하게 나타나고, 이후에는 간헐적인 해의 개선은 있으나 수렴되는 경향을 보인다.

PGA와 단위 GA의 해 탐색능을 비교하기 위한 탐색된 해의 품질과 계산시간은 Table 7과 같이 나타났다. 각 수치실험에서 PGA가 우수한 최선해를 제공하였을 뿐만 아니라 최선해들의 표준편차가 GA의 29.8% 수준으로 나타나 수렴 안정성도 우수하게 나타났다. 또한, 단위 GA에서는 이주 연산이 제외됨에도 불구하고 계산시간이 상당히 증가되었다. 이는 모집단의 증가로

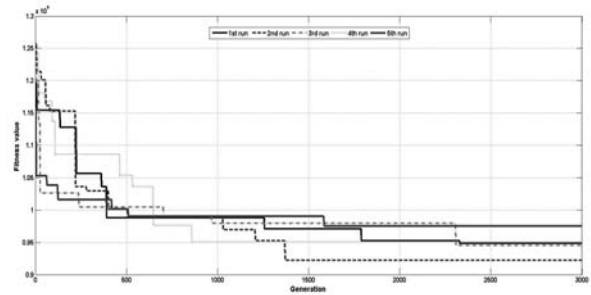


Fig. 8. The example of search process of GA

인한 연산의 복잡도 증대에 기인한다. 결과적으로, 복수의 단위 GA에 적정한 수준의 부분 모집단을 할당하고, 상호 협력하게 하는 PGA의 메커니즘이 해 탐색과 계산시간 측면에서 유리함을 확인하였다.

Table 7. The efficacy of parallelization algorithm

Classification		GA	PGA	Comparison (PGA/GA)
Quality of solution	Min.	9,218.6	8,983.0	97.44%
	Max.	9,753.1	9,128.9	93.60%
	Avg.	9,481.7	9,077.5	95.74%
	S.T.D.	169.8	50.6	29.80%
Avg. CPU time		688.2초	127.5초	18.53%

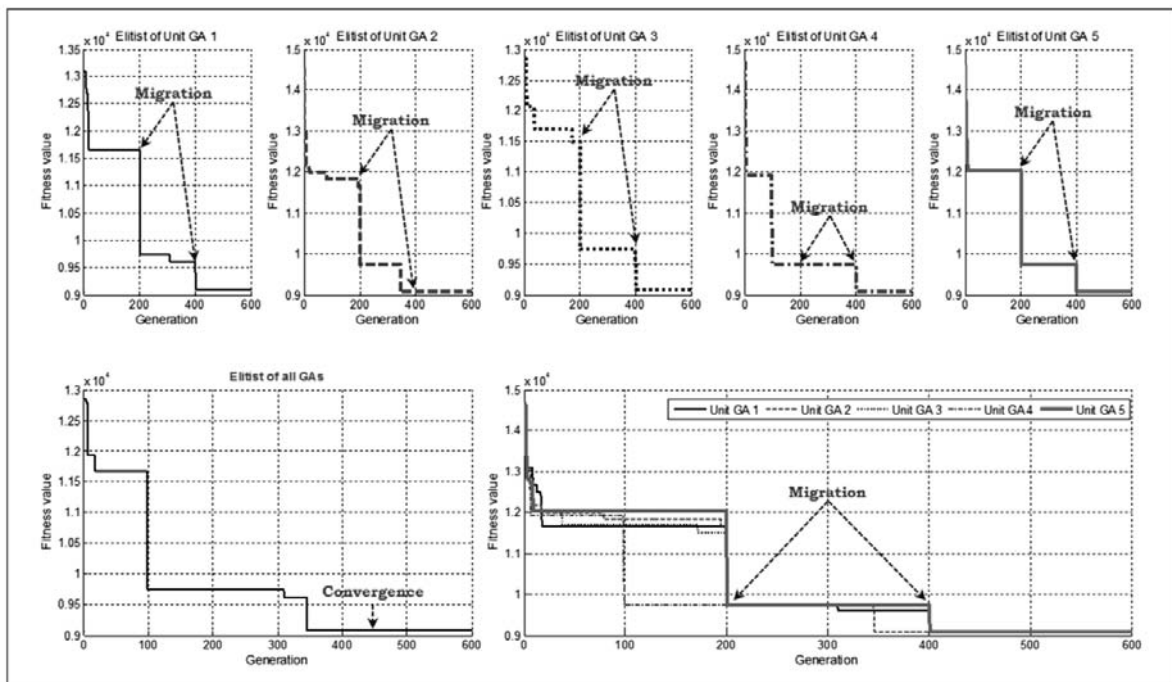


Fig. 7. The example of PGA search process

## 5. 결론

본 연구는 국방부의 물류혁신 정책을 보다 합리적이고 효율적으로 추진하기 위한 군수지원부대의 입지와 지원선을 결정하기 위한 방법론을 LRP를 기반으로 제안하였다. 수리모형은 군수지원부대 건설비용과 군수물자 지원을 위한 수송비용 최소화를 목적으로 하였으며, 제공되는 해는 군에서 필요로 하는 부대규모, 운영할 차종과 경로를 포함하는 지원선에 대한 세부 정보를 제공할 수 있도록 하였다. 또한, 현실의 대형문제를 해결하기 위한 PGA를 제안하고, 실험예제에 대한 수치실험을 통해 수리모형이 제공하는 의사결정 정보들을 살펴보았다.

최근 이슈화되고 있는 드론(Drone)을 이용한 배송 서비스, 특정 기업의 '로켓배송' 서비스 등 물류분야에서는 속도전이 가열되고 있는 추세이다. 따라서 기업들은 새로운 물류 시스템을 설계할 때 고객에게 약속한 배송시간, 지역별 수요 등을 고려하여 물류센터가 잘 분산되도록 하여야 한다. 또한, 상당한 비용을 투자하여 물류센터를 건설하면 장기간 동안 활용하게 되는 만큼 그 위치와 규모의 결정은 매우 중요한 사안이며, 물류센터의 위치는 장기간에 걸쳐 차량 운영비 등의 수송비용에 직접적으로 영향을 미치게 된다. 따라서 물류센터 건설비뿐만 아니라 이러한 수송비용을 동시에 고려하여 한다. 결론적으로, 본 연구가 이러한 물류산업의 최근 이슈들을 고려하고 있기 때문에 기업들에게도 유용하게 적용될 수 있을 것으로 기대한다.

## REFERENCES

- [1] Alumur, S. and Kara, B. Y.(2007), A new model for the hazardous waste location-routing problem, *Computers & Operations Research*, Vol.34(5), pp.1406~1423.
- [2] Billionnet, A., Elloumi, S. and Djerbi, L. G. (2005), Designing radio-mobile access networks based on synchronous digital hierarchy rings, *Computers & operations research*, Vol.32(2), pp.379~394.
- [3] Caballero, R., González, M., Guerrero, F. M., Molina, J. and Paraler, C.(2007), Solving a multiobjective location routing problem with a metaheuristic based on tabu search. Application to a real case in Andalusia, *European Journal of Operational Research*, Vol.177(3), pp.1751~1763.
- [4] Cappanera, P., Gallo, G., & Maffioli, F.(2003), Discrete facility location and routing of obnoxious activities, *Discrete Applied Mathematics*, Vol.133(1), pp.3~28.
- [5] Ceselli, A., Righini, G. and Tresoldi, E.(2014), Combined location and routing problems for drug distribution, *Discrete Applied Mathematics*, Vol.165, pp.130~145.
- [6] Chan, Y., Carter, W. B. and Burnes, M. D.(2001), A multiple-depot, multiple-vehicle, location-routing problem with stochastically processed demands, *Computers & Operations Research*, Vol.28(8), pp.803~826.
- [7] Crainic, T. G., Sforza, A. and Sterle, C.(2011), *Location-routing models for designing a two-echelon freight distribution system*, Montreal: Cirrelet.
- [8] Crainic, T., Mancini, S., Perboli, G. and Tadei, R.(2011), *Impact of generalized travel costs on satellite location in two-echelon VRP*.
- [9] Derbel, H., Jarboui, B., Hanafi, S. and Chabchoub, H.(2012), Genetic algorithm with iterated local search for solving a location- routing problem. *Expert Systems with Applications*, Vol.39(3), pp.2865~2871.
- [10] Duhamel, C., Lacomme, P. and Prodhon, C. (2011), Efficient frameworks for greedy split and new depth first search split procedures for routing problems, *Computers & operations research*, Vol. 38(4), pp.723~739.
- [11] Gunnarsson, H., Rönnqvist, M. and Carlsson, D.(2006), A combined terminal location and ship routing problem, *Journal of the Operational Research Society*, Vol.57(8), pp.928~938.
- [12] Han, Y.(2015), A Cooperative Coevolutionary Algorithm Combined with Local Search for a Waste Location-Routing Problem, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, Vol.15(2), pp.127~137.
- [13] Hemmelmayr, V. C., Cordeau, J. F. and Crainic, T. G.(2012). An adaptive large neighborhood search heuristic for two-echelon vehicle routing problems arising in city logistics. *Computers & operations research*, Vol.39(12), pp.3215~3228.
- [14] Hua-li, S., Xun-qing, W. and Yao-feng, X.(2012), A bi-level programming model for a multi-facility location-routing problem in urban emergency system, *In Engineering Education and Management* (pp.75~80), Springer Berlin Heidelberg.
- [15] Jung, S. Y. and Kim, S. M.(2015), MADM Analysis based Optimal Decision Making Methodology for Location



- Selection of Parcel Terminal, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, Vol.15(1), pp.83~92.
- [16] Karaoglan, I., Altiparmak, F., Kara, I. and Dengiz, B.(2012). The location-routing problem with simultaneous pickup and delivery: Formulations and a heuristic approach. *Omega*, Vol.40(4), pp.465~477.
- [17] Lee, Y., Kim, S. I., Lee, S. and Kang, K.(2003), A location-routing problem in designing optical internet access with WDM systems, *Photonic Network Communications*, Vol.6(2), pp.151~160.
- [18] Mar-Ortiz, J., Adenso-Diaz, B. and González- Velarde, J. L.(2011), Design of a recovery network for WEEE collection: the case of Galicia, Spain, *Journal of the Operational Research Society*, Vol.62, pp.1471~1484.
- [19] Nagy, G. and Salhi, S.(2007), Location-routing: Issues, models and methods, *European Journal of Operational Research*, Vol.177(2), pp.649~672.
- [20] Nguyen, V. P., Prins, C. and Prodhon, C.(2012), Solving the two-echelon location routing problem by a GRASP reinforced by a learning process and path relinking, *European Journal of Operational Research*, Vol.216(1), pp.113~126.
- [21] Prodhon, C. and Prins, C.(2014) A survey of recent research on location-routing problems, *European Journal of Operational Research*, Vol.238(1), pp.1~17.
- [22] Ramos, T. R. P. and Oliveira, R. C.(2011), Delimitation of service areas in reverse logistics networks with multiple depots, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 62(7), pp.1198~1210.
- [23] Rath, S. and Gutjahr, W. J.(2014), A math- heuristic for the warehouse location-routing problem in disaster relief, *Computers & Operations Research*, Vol.42, pp.25~39.
- [24] Tavakkoli-Moghaddam, R., Makui, A. and Mazloomi, Z.(2010), A new integrated mathematical model for a bi-objective multi-depot location-routing problem solved by a multi-objective scatter search algorithm, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 29(2), pp.111~119.
- [25] The Logistics Magazine(2015), MND, Republic of Korea: The implementation of the demonstration project for military logistics innovation 'Reduction of inventory and Transport cost' , *Nice Information Service INC.*, Vol.274, pp.67~67.
- [26] Wang, X., Sun, X. and Fang, Y.(2005), A two-phase hybrid heuristic search approach to the location-routing problem, *In Systems, Man and Cybernetics, 2005 IEEE International Conference on* (Vol.4, pp.3338~3343). IEEE.
- [27] Wasner, M. and Zäpfel, G.(2004), An integrated multi-depot hub-location vehicle routing model for network planning of parcel service, *International Journal of Production Economics*, Vol. 90(3), pp.403~419.
- [28] Wu, T. H., Low, C. and Bai, J. W.(2002), Heuristic solutions to multi-depot location- routing problems, *Computers & Operations Research*, Vol.29(10), pp.1393~1415.
- [29] Yuan, S., Skinner, B., Huang, S. and Liu, D.(2013), A new crossover approach for solving the multiple travelling salesmen problem using genetic algorithms, *Applied mathematical modelling*, Vol.37(1), No.5.
- [30] Xie, Y., Lu, W., Wang, W. and Quadrifoglio, L.(2012), A multimodal location and routing model for hazardous materials transportation. *Journal of hazardous materials*, Vol.227, pp.135~141.



### 김 홍 섭

한국항공대학교 기계설계학과 학사

국방대학교 운영분석학 석사

경북대학교 경영학부 박사수료

현재: 공군사관학교 시스템공학과 조교수

관심분야: SCM, Network, Optimization,  
Reliability, Stochastic model



## 공급업체 평가를 위한 공급대응성 지표

김준석<sup>†</sup>

세종대학교 경영학과

## A Measure Related to Supply Responsiveness for Vendor Evaluation

Joon-Seok Kim<sup>†</sup>

Department of Business Administration, Sejong University

Vendor evaluation has been one of the main issues in the procurement area for last several decades. Most researches in the literature considered various factors such as price, quality as important measures of assessment. Most companies need to know which suppliers are more responsive in rapidly changing markets. Therefore, evaluating suppliers with only traditional measures is not realistic for companies which consider the supply responsiveness as one of the most important capability that suppliers should have. However, the supply responsiveness as a measure for selecting supplier is hardly found in the existing literature. In this paper, the supply responsiveness index of suppliers as a new measure for vendor selection is developed. It can be used independently to evaluate suppliers and also can be easily applied into the well-known multi-criteria decision making models. A simple numerical example for supply responsiveness index is also provided.

**Keywords:** Vendor evaluation, Supply responsiveness, Supply chain

### 1. 서론

공급업체 선택은 구매 분야에서 오랫동안 활발하게 연구와 논의가 이어져 온 문제이다. 주요 자재 또는 부품을 외부로부터 공급받아서 제품을 생산하는 제조업체를 비롯하여, 서비스용 제품을 공급받는 서비스 업체, 그리고 MRO (Maintenance, Repair

and Operation) 자재 또는 설비를 구입하는 업체까지 광범위하게 올바른 공급업체를 선택하는 것은 기업의 경쟁력을 갖추기 위한 중요한 전략적인 결정이라 할 수 있다. 특히, 최근에 미국의 애플과 같이 물량의 일부 또는 전부를 외부에 위탁하여 제품을 생산하는 회사가 증가하고 있고, 이런 회사들에게 있어서도 올바른 협력업체의 선택은 회사의 명운이 걸린 중요한 문제가 아닐 수 없다.

---

<sup>†</sup> Corresponding author: Department of Business Administration, Sejong University, 209 Neungdongro, Gwangjin-gu, Seoul, 05006, Korea.

Tel: +82-2-3408-3169, E-mail: jskim@sejong.ac.kr

Received : 7 May 2016, Revised : 30 September 2016, Accepted : 19 October 2016

기존 연구에서는 공급업체 평가의 기준으로 가격, 품질, 기술 수준 등 다양한 기준들이 고려되었다. Dickson(1966)은 위의 기준들을 포함하여 공급업체 선택을 위해 고려해야 할 23가지 요인을 제시하였다. 이 23가지 요인의 구성을 보면 가격과 품질, 납기와 같은 정량적(quantitative) 요인과, 기술잠재력 등 정성적(qualitative) 요인을 망라하고 있다. Dickson의 연구는 1960년대에 발표되었지만 50여년이 흐른 지금까지도 그가 제시한 기준은 공급업체 평가에 있어 널리 사용되고 있다.

공급업체 선택의 평가기준은 상황에 따라 다르게 선택될 수 있다. 가격, 품질 등은 시대와 장소를 초월해서 공급업체가 갖추어야 할 중요한 경쟁력을 부인할 수 없다. 그러나, 신제품의 개발 단계에서 잠재적인 공급업체를 선택할 때에는 새롭고 기술적 완성도가 높은 부품을 공급할 수 있는 기술 수준도 명백히 고려해야 할 요소이기도 하다. 또한, 시장에서의 수요 변화가 심한 제품에 채용되는 부품의 공급업체는 급박하게 일어나는 구매 수량의 변경 또는 납기의 변경 등 변경 요구에 빨리 대응하는 능력도 매우 중요하다. 특히, 재고의 수준을 최저로 유지하면서, 고객의 요구에도 신속히 대응하기 위한 매우 효율적이면서도 risky한 공급 전략을 사용하는 업체는 부품의 공급업체도 같은 수준으로 대응해 주어야 원활한 운영이 가능하다.

시장에서의 변화로 인한 부품 공급 물량 및 시기에 대한 변경 요구를 공급업체가 어떻게 수용하고 대응할 수 있는 지는 공급업체 고유의 경쟁력이며, 이것 또한 공급자 평가 및 선택에 있어서 중요한 기준으로 고려되어야 한다. (Handfield and Bechtel, 2002) 그럼에도 불구하고 변경 요구에 대한 대처 능력과 연결된 평가 기준은 기존의 연구에서는 찾아보기가 어렵다. 일부의 일반 기업에서는 공급업체의 성향이 요구를 잘 수용하는 편인지 아니면 잘 수용하지 않는 편인지를 담당 구매담당 직원이 주관적으로 평가하여 공급업체 선정 시 고려하는 경우도 있다. 이런 측면에서 살펴보면 이러한 능력을 객관적으로 측정하여 평가에 반영할 수 있는 정량적인 기준이 필요하다.

본 연구에서는 공급업체가 납품을 위하여 사전에 고객에게 제시하는 공급업체 고유의 대응 능력을 공급대응성(supply responsiveness)이라고 정의하고, 이에 대한 적절한 객관적 평가 지표를 제시하고자 한다.

## 2. 공급대응성

대응성(responsiveness)이란 용어는 운영관리(operations management) 분야의 2000년 이후 연구에서 주로 등장하고 있는 용어이다. 2000년 이전에는 유연성(flexibility) 또는 민첩성

(agility)이라는 용어들이 유사한 의미로 사용되었다. 위의 세 가지 용어는 의미가 혼용되어 사용이 되기도 하였지만 관련된 여러 연구를 종합하여 봤을 때, 유연성과 민첩성은 유사한 의미로 정의되었으며, 생산 또는 제조 과정에서의 변경 가능성부터 공급체인(supply chain)상에서의 유연한 대응에 이르는 넓은 의미로 사용되었다. 반면에, 대응성은 공급업체 기준으로 고객의 요구에 대응하여 제품의 종류 및 수량 등을 변경할 수 있는 능력으로 정의되었다.

Reichart and Holweg(2007)은 유연성, 대응성, 민첩성에 대한 명확한 정의를 내리고, 대응성을 유연성의 한 부분으로 규정하였다. 또한, 그들은 대응성에 해당하는 유연성을 제품유연성(product flexibility), 제품믹스유연성(product mix flexibility), 수량유연성(volume flexibility), 납품유연성(delivery flexibility)의 네 가지로 정의하였다. 여기서 제품유연성은 새로운 제품을 소개하거나 기존의 제품을 변경할 수 있는 능력, 제품믹스유연성은 현재 생산하는 제품의 종류를 변경할 수 있는 능력, 수량유연성은 생산의 총수량을 변경할 수 있는 능력, 그리고 납품유연성은 이미 합의된 제품공급 순서를 변경할 수 있는 능력이라고 각각 정의하였다.

기존의 연구들에서 공통적으로 발견되는 내용은 대부분 대응성을 언급할 때 공급자 측면의 능력으로 해석된다는 것이다. 즉, 수요자의 요구에 대응하기 위하여 갖추어야 할 능력으로 알려져 있다. 이런 측면에서 접근한 여러 연구에서 대응성을 공급체인대응성(supply chain responsiveness)으로 표현하거나, 대응성을 갖춘 공급체인을 고객대응 공급체인(customer responsive supply chain)으로 정의한 것을 목격할 수 있다. 그러나, 본 연구에서는 고객 업체가 자신의 공급업체의 대응성의 정도를 평가할 수 있는 평가 기준에 초점이 있다. 따라서, 본 연구에서는 위의 다른 연구와 구분하기 위하여 공급업체가 고객의 요구에 맞추어 공급의 조건을 변경할 수 있는 능력을 공급대응성(supply responsiveness)이라고 정의한다.

1980년대 이후 제조업에서의 화두는 다품종소량 생산에 맞는 전략을 적절하게 구사하는 것이었다. 대량생산 대량소비 시대가 실질적으로 막을 내리고, 고객의 다양한 요구를 최대한 효율적으로 충족시켜야 기업이 생존할 수 있는 환경이 만들어 짐으로써 많은 기업들이 수요예측에 기반한 재고생산(make-to-stock)의 형태를 고집할 수 없게 되었다. 이러한 급격한 변화는 완제품부터 원자재에 이르는 광범위한 공급체인에 큰 영향을 끼쳤고, 이것이 공급체인 상에서의 효율성을 극대화하기 위한 운영 전략인 오늘날의 공급체인관리(supply chain management)가 태동되는 주요 원인이었다.

공급체인은 효율성 제고를 위해 운영 가능한 최소 재고의 유

지, 빠른 리드타임 등 불필요한 낭비를 제거를 요구할 뿐만 아니라 동시에 공급체인상의 인접한 업체들과의 협업을 요구한다. 공급체인관리가 추구하는 효율성의 극대화는 재고의 최소화를 전제로 하기에 외부에서의 수요 변화에 빨리 대응하기 위해서는 공급업체의 변경 대처 능력이 무엇보다도 중요한 요소일 것이다. Dell사를 SCM 분야의 선구자로 만들어 준 VMI (Vendor Managed Inventory)의 납품 방식은 적시에 적량의 부품을 공급받기 위해 공급업체의 역량을 최대한 이용할 수 있는 방법의 주요한 예이기도 하다.

위에서 언급했듯이 공급업체의 공급대응 역량을 평가하여 제대로 된 공급업체를 선택하는 것은 매우 중요하다. 공급대응성에 대한 용어 정의는 간단하지만 실질적으로 고객의 입장에서 공급업체를 평가 또는 선택하기 위한 공급대응성을 정의하고, 이에 대한 측정 방법을 소개한 기존 연구는 찾아보기 어렵다.

본 연구에서 논의하고자 하는 공급대응성은 앞에서 언급한 Reichart and Holweg(2007)이 정의한 4가지 대응성, 즉, 제품, 제품믹스, 수량, 납품유연성 중에서 공급 수량 및 납기의 변경과 연결된 수량유연성과 납품유연성의 두 가지 항목을 포함시키고자 한다. 특히, 위의 두 가지 지표로 납품 계약 이전의 공급업체 선정 과정에서 공급업체가 제시하는 공급대응력을 측정하고 평가하기 위한 기준을 제공하는 것이 주요 목적이다. 좀 더 세분화하면 발주를 기준으로 발주 이전의 계획 변경에 대한 수용 정도와 발주 이후 실행 변경에 대한 수용 정도를 동시에 평가하고자 한다.

본 연구에서 공급대응성을 측정하기 위한 가정은 다음과 같다. 첫째, 고객의 주문 수량에 특별한 제한이 없다. 둘째, 모든 공급업체는 평가 이전에 부품공급계획을 제시하여야 하며, 부품공급계획에는 다음과 같은 사항이 적시되어 있어야 한다.

- 1) 부품업체명과 고유번호( $i$ )
  - 2) 공급되는 부품명과 부품번호( $j$ )
  - 3) 부품별 리드타임( $L_{ij}$ )
  - 4) 주차의 부품별 주별 수량변경 허용율( $P_{ijk}$ ,  $k=1, \dots, n$ )
  - 5) 부품의 납기 변경 허용일( $h_{ij}^-, h_{ij}^+$ )
- 단,  $j=1, \dots, m$ 이고,  $k=1, \dots, n$ 이다.

실제 현장에서의 납품은 계약과정에서 위와 같은 정보를 요구하지 않을 수도 있지만, 본 연구에서 제안하는 공급대응성 지표를 산출하기 위해서는 위의 정보를 사전에 공급업체로부터 제공받아야 한다.

## 2.1 납품수량 변경 능력

납품수량의 변경 가능여부는 납품전의 계획구간에 고객업체

가 제공하는 수요예측 정보가 반영되는 것으로 시작된다. 이 경우 Fig. 1에서 보듯이 부품이 실제 공급되는 시점으로부터 전체 계획구간에 대하여 고객업체의 수요 예측량에 대한 수량변경 허용율과 가능 시기를 고려하여야 하며, 이는 공급업체가 제시한 부품공급계획으로부터 확인할 수 있다.

고객은 계획구간의 끝인  $n$ 주 전부터 수요예측 정보를 제공하기 시작하며, 매주 이전 주의 정보를 업데이트하여 제공하게 된다. 이 과정은 Dell과 협력업체 간의 납품 과정에서 알려진 Funnel forecasting 정보공유 방법과 닮아있다. 이 때, 이전 주의 수요예측 수량을 변경할 수 있는 비율을 주차별 수량변경 허용율이라고 정의할 수 있다. 수량변경 허용율은 일반적으로 Fig. 1에서 보듯 공급 완료 시기에 가까울수록 낮아지게 되며, 어느 시점이 되었을 때 부품이 실제 공급될 때까지 더 이상 변경이 되지 않게 된다. 이 구간을 동결구간(frozen period)이라고 부른다. 또한, 남은 기간이 리드타임에 도달하게 되면 발주해야 하므로, 자동적으로 동결구간이 된다. 이때, 리드타임이 짧을수록 또한 동결구간이 짧을수록 수량 변경은 용이하게 된다.

발주 이후에는 수량 변경은 허용되지 않기 때문에 주문 수량의 납기를 변경하는 경우만 존재하며, 따라서 이 기간에는 납기 변경 허용일을 평가하게 된다. 따라서, 단일부품 모형에서 고려하게 되는 공급대응력은 리드타임을 포함한 동결구간의 크기와 동결기간 이후의 각 주차별 수량변경 허용율, 그리고 납기 변경 허용일로 평가할 수 있다.

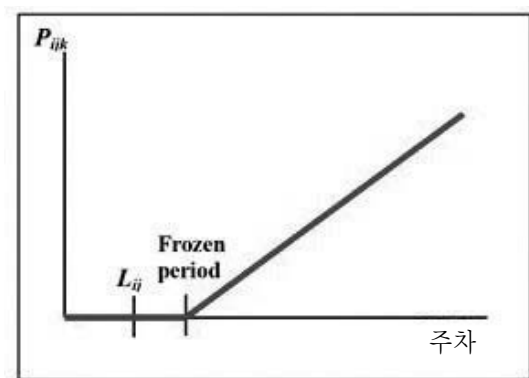


Fig. 1. 주차별 수량변경 허용율의 예

이 과정에서는 부품 공급시기가 가까운 시점에 변경 가능한 것이 고객에게 더욱 유리한 사항이어서 주차별 수량변경 허용율에 대한 주차별 가중치( $w_k$ )도 같이 고려되어야 한다. 직관적으로 생각해 봤을 때 가장 가까운 미래에서의 변경 가능성이 먼 미래보다 더 중요하고 멀어져 갈수록 중요도는 작아질 것이다. 이

런 측면을 고려했을 때 납품 시기에 가까운 주차의 중요도가 높고 미래로 갈수록 낮아지는 가중치를 도입하는 것이 타당해 보인다.

시간적으로 중요도가 작아지는 상황을 반영하는 다양한 가중치 부여 방법이 고려될 수 있으나, 본 연구에서는 납기에 가까운 쪽의 비중을 보다 더 고려하기에 적합한 지수함수의 확률밀도함수를 이용한 가중치 산정 방법을 제안하고자 한다. 지수분포는 연속형 확률분포이므로 이산형 변수인 주차를 이용해서는 가중치의 합이 1이 되도록 만들어 내기 어려우므로, 주차를 확률변수로 하여 확률밀도함수의 값을  $n-1$ 주차까지 계산하고  $n$ 주차의 가중치는  $n-1$ 주차까지의 가중치를 누적한 값을 1에서 차감하여 결정한다. 이때, 확률상수인  $\lambda$ 의 값은 원하는 가중치의 경향을 고려하여 결정하면 된다. 위의 설명에 따른 주차별 가중치( $w_k$ )는 다음과 같이 결정한다.

$$w_k = \lambda e^{-\lambda} \quad (k = 0, \dots, n-1)$$

$$w_n = 1 - \sum_{k=1}^{n-1} w_k \quad (1)$$

위 식으로부터  $n=16$ ,  $\lambda=0.28$ 인 주차별 가중치를 구하면 Table 1, Fig. 2와 같다.

Table1. 주차별 가중치( $w_k$ ,  $n=16$ ,  $\lambda=0.28$ )

$k$	0	1	2	3	4
$w_k$	0.280	0.212	0.139	0.091	0.063
$k$	5	6	7	8	9
$w_k$	0.046	0.035	0.027	0.022	0.018
$k$	10	11	12	13	14
$w_k$	0.015	0.013	0.011	0.010	0.008
$k$	15	16	단, $\sum_{k=1}^n w_k = 1$ 임		
$w_k$	0.07	0.002			

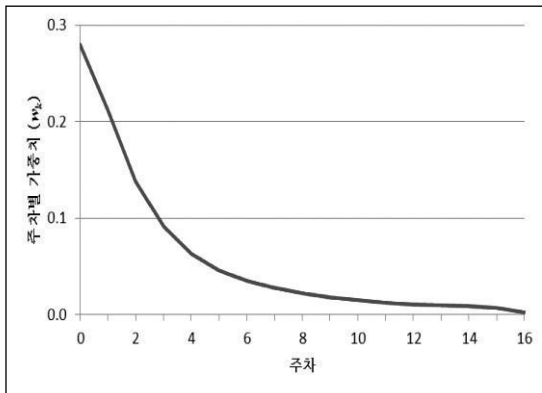


Fig. 2. 주차별 가중치( $w_k$ ,  $n=16$ ,  $\lambda=0.28$ )

본 연구에서 도출한 주차별 가중치는 Fig. 2에서 보이는 것과 같이 0주차에서 가장 큰 가중치를 가지게 되며 6주차까지 가파르게 내려가다가 6주차를 지나서 완만히 감소함을 알 수 있다. 이것은 물품 인도 시점이 가까울수록 변경이 어려운 점을 반영한 것이며, 이 어려운 시점에 변경이 가능하다는 것은 해당 공급업체의 공급대응력이 상대적으로 높다는 것을 반영한 것이다. 주차별 가중치는 동결구간이 시작되는 곳부터 0으로 적용되며, 이는 수량 변경을 불허하는 상황을 반영한다.

납품수량 변경 허용에 대한 능력은 주차별 수량변경 허용률에 주차별 가중치를 곱하고, 모든 주차에 대하여 더한 수량변경허용지수 (Volume Change Index; VCI)로 나타낼 수 있으며, 이는 식(2)와 같다.

$$VCI_i = \sum_{k=1}^n p_{ijk} w_k \quad (2)$$

## 2.2 납기변경 허용 능력

납기의 변경은 일단 고객업체의 발주가 이루어진 이후에 발생하게 된다. 이 경우에는 수량의 변경보다는 실제 배송과정을 앞으로 당기거나 뒤로 미루는 형태로 이루어진다. 공급업체에서 발주 후 고객의 납기 변경 요구를 어디까지 수용할 지 사전에 부품공급계획을 통하여 고객에게 고지하게 되면, 이 정보를 이용하여 공급업체의 대응력을 평가할 수 있다. 공급업체가 제공해야 될 정보는 납품예정일 보다 앞당길 수 있는 최대허용일( $h_{ij}^-$ )과 납품예정일 뒤로 미룰 수 있는 최대허용일( $h_{ij}^+$ )의 두 가지이며, 두 정보의 조합으로 납기변경 허용 능력을 측정할 수 있으며, 이 평가지표를 납기변경허용지수 (Delivery Change Index; DCI)라 정의하며, 식(3)과 같이 구성될 수 있다.

$$DCI_i = \alpha h_{ij}^- + (1-\alpha) h_{ij}^+ \quad (3)$$

식(3)에서  $\alpha$ 는 납품일을 앞당기는 것에 대한 상대적인 중요도이고, 0과 1 사이의 값이다. 여기서,  $\alpha$ 의 값은 고객업체의 사정에 따라 결정하거나 또는 해당 부품의 특성에 따라 결정하면 되며, 이에 대한 논의는 생략한다.

## 2.3 공급대응성의 결정

앞서 공급대응성을 수량변경과 납기변경에 대한 허용 능력으로 정의하고 각각에 대한 평가지표를 제안하였다. 본 절에서는

최종적으로 위의 두 가지 대응능력을 종합한 공급대응성 평가지수를 제안하고자 한다. 앞서 정의한 수량변경허용지수(VCI)와 납기변경허용지수(DCI)를 공정하게 하나의 지표로 종합하여 평가하기 위하여 각 지수별로 기준값이 필요하다. 따라서, 이 기준값들을 각각 목표수량변경허용지수( $VCI_T$ )와 목표납기변경허용지수( $DCI_T$ )로 정의한다. 이 두 값은 고객업체에서 정의하되 특정한 값을 지정해도 되고, 평가대상업체가 제시한 값 중 최대값으로 지정해도 된다. 이 목표값들과 측정된 VCI 및 DCI의 비율을 각각 이용하여 공급대응성지수(Supply Responsiveness Index: SRI)를 정의하게 되며, 식(4)과 같이 나타낼 수 있다

$$SRI_i = \beta \frac{VCI_i}{VCI_T} + (1 - \beta) \frac{DCI_i}{DCI_T} \quad (4)$$

식(4)에서  $\beta$ 는 수량변경 능력에 대한 가중치이고, 0과 1사이에서 결정된다. 반면,  $1-\beta$ 는 납기변경 능력에 대한 가중치이다. 수량변경과 납기변경에 대한 상대적인 중요도를 고려해 결정하면 되며, 이는 기업의 정책적 결정사항이다. 따라서, 이 값의 결정에 대한 논의는 본 연구에서는 진행하지 않는다.

### 3. 수치예제

본 절에서는 앞에서 제시한 공급대응성이 결정되는 과정을 구체적인 예를 들어 설명하고자 한다. 전자제품을 생산하는 A사에서 부품 B의 공급을 위한 입찰에 참여한 3개 부품공급사 C, D, E의 공급대응성을 각각 평가하고자 한다.

각 3사의 납품제안서에서 발췌한 공급대응성 관련 정보의 주요 내용은 16주에 대한 주별 수량변경허용률과 납품변경허용일이며, 이는 Table 2와 Table 3에 정리되어 있다. 수량변경허용지수(VCI) 결정을 위한 주차별 가중치( $w_k$ )는 Table 1에서 제시한 예를 그대로 사용하였다. 각 3사의 수량변경허용지수(VCI) 및 납품변경허용지수(DCI)는 식(2)와 (3)을 이용하여 계산되었으며, 그 결과는 Table 4에 정리되어있다. 또한, 위의 두 지수를 근거로 공급대응성을 종합적으로 판단할 수 있는 공급대응지수를 식(4)를 이용하여 계산하였다. 수량변경과 납품변경에 대한 가중치  $\beta$ 는 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 등 5가지 경우에 대하여 각각 고려하였으며, 그 결과는 Table 5에 정리하였다. 정리된 결과에 의하면, 납품변경 능력에 대한 중요도가 높은 경우( $\beta \leq 0.5$ )에는 D사가 높은 공급대응성을 보였으며, 수량변경에 대한 중요도가 높은 경우( $\beta > 0.5$ )에는 C사의 공급대응성이 높은 것으로 나타났다.

Table 2. 3사의 주차별 수량변경허용률( $P_{ijk}$ )

주차	C사	D사	E사
0~2	0%	0%	0%
3	10%	0%	0%
4	10%	20%	0%
5	30%	20%	20%
6	30%	20%	30%
7	50%	50%	30%
8	50%	50%	50%
9	70%	50%	50%
10	70%	80%	50%
11	100%	80%	70%
12	100%	100%	70%
13~16	100%	100%	100%

Table 3. 3사의 납기변경허용일

	C사	D사	E사
$h^-$	5일	7일	3일
$h^+$	21일	21일	14일

Table 4. 3사의 수량 및 납품변경허용지수

	C사	D사	E사
VCI	0.1389	0.1233	0.0996
DCI	9.8	11.2	6.3

Table 5. 공급대응성지수(SRI)

	C사	D사	E사
0.1	0.8875	0.9888	0.5779
0.3	0.9125	0.9664	0.6088
0.5	0.9375	0.9439	0.6397
0.7	0.9625	0.9215	0.6706
0.9	0.9875	0.8991	0.7014

### 4. 다기준 공급자선택에의 적용

본 연구의 3절과 같이 공급대응성지수(SRI)만을 고려하여 공급업체를 선택하는 경우에는 단순히 업체별로 공급대응성지수를 계산하여 비교하여 결정하면 된다. 하지만, 서론에서도 밝혔듯이 공급업체의 선정은 단순히 하나의 평가기준만으로는 결정하기 어려운 복합적인 구조를 가지고 있다. 기존 연구에서는 다양한 방법으로 복수의 중요한 평가기준을 동시에 고려하여 공급업체를 선택하는 방안을 제시하고 있다.

여러 개의 기준을 동시에 평가하면서 공급업체를 선택하는 문

제는 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 수리계획법을 이용하는 것으로 weighted linear model을 이용한 Wind and Robinson(1968), Timmerman(1986)연구가 있고, 두 번째는 복수목적 수리계획모형(multi-objective mathematical programming model)을 적용한 Weber and Current(1993), Ghodsypour and O'Brien (2001)의 연구가 있다.

두 번째는 비교적 최근에 많이 연구되고 있는 다기준 의사결정법(Multi-Criteria Decision Making)을 적용한 연구이다, 이 분야에서는 다기준 의사결정법 중에서 Satty(1980)에 의하여 처음 소개된 AHP (Analytical Hierarchy Process) 및 AHP에서 응용된 기법을 적용한 Narasimhan (1983), Tam and Tummala (2001), Handfield et al. (2002), Kim and Suh (2013), Kim et al (2015)과 같은 연구가 있다.

AHP는 복수의 목표에 대하여 복수의 의사결정자가 의사결정을 해야 되는 경우, 평가요인 및 평가 대상을 계층별로 나누고, 이에 대한 쌍대비교를 통하여 각 요인에 대한 상대적인 가중치 또는 우선순위를 결정하는 방법이다. 이 방법은 쌍대비교를 통한 상대적인 우선순위 결정의 결과가 우수한 것으로 알려져 있다. 그러나, 평가의 대상이나 요인이 증가함에 따라 쌍대비교의 횟수가 급격히 증가함으로 인하여 평가의 효율성이나 경제성이 떨어지는 단점이 있다.

다른 종류의 다기준 의사결정법인 TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)를 이용한 Li et al. (2008), Kim (2010)의 연구가 있다. TOPSIS는 Hwang and Yoon(1981)에 의하여 처음 소개되었다. 이는 다기준 의사결정 문제의 해로 제시된 대안은 이상적인 최선의 솔루션(PIS; positive ideal solution)에서 가장 짧은 거리에 위치해야 하고, 이상적인 최악의 솔루션 (NIS; negative ideal solution)에서는 가장 먼 거리에 위치해야 한다는 개념에 근거한다. 여기서, PIS는 고려하고 있는 기준이 가질 수 있는 값 중 가장 좋은 값으로 구성되며, NIS는 가장 나쁜 값으로 구성된다. TOPSIS는 비교적 논리가 단순하고 적용이 쉽다는 장점이 있는 반면 대안비교에 대한 정교함이 부족하다.

본 연구에서는 공급업체의 공급대응성을 객관적으로 수치화하여 평가할 수 있는 평가기준인 공급대응성지수(SRI)를 제시하였다. SRI는 가격 혹은 품질과 같은 다른 공급업체 평가 기준들과 동시에 공급업체의 선택의 기준으로 사용될 수 있으며, 위에 소개한 여러 평가 방법들 중 특히 다기준의사결정기법에 적용하여 사용하기에 적합하다고 판단된다.

## 5. 결론

날로 치열해 가는 시장에서의 경쟁과 극단적인 효율성을 추구할 수 밖에 없는 많은 기업들이 시장에서 성공하거나 혹은 생존하기 위하여서는 보다 빠른 수요 변동에 대한 대응이 필요함은 주지의 사실이다. 하지만, 해당 기업의 공급체인 상에서 그 기업에게 부품을 공급하는 공급업체의 역량 또한 매우 중요한 요소이다. 현재까지 50여년 이상 공급업체의 선택에 있어서는 가격, 품질 등 20개가 넘는 다양한 판단의 기준이 고려되었지만, 공급업체가 보유한 공급대응력을 고객업체가 객관적으로 평가하기 위한 기준은 거의 찾아볼 수가 없다.

본 연구에서는 고객업체가 특정 제품 또는 부품을 공급할 공급업체를 선택하는 과정에 있어서 보다 객관적으로 업체가 갖춘 것으로 판단되는 공급에 있어서의 변경에 대한 대응능력을 객관적으로 또한 정량적으로 평가하여 올바른 공급업체를 선정할 수 있는 기준을 제시하였다.

위에서 언급한 공급업체의 변경 대응능력을 공급대응성(supply responsiveness)이라고 정의하고, 이런 능력을 객관적이고 정량적으로 측정 평가할 수 있는 공급대응성지수(SRI)를 개발하였다. 공급대응성지수는 계획기간(planning horizon)중에 수량변경을 허용하는 능력(VCI)과 발주 후에 납기의 변경을 허용하는 능력(DCI)으로 구성되어 있다. 또한, 마지막으로 본 연구에서 개발한 공급대응성지수(SRI)를 포함하여 공급업체 선택을 진행할 수 있는 기준에 알려진 다양한 다기준 공급업체선택 모델을 소개하였다. 본 연구에서 제시한 공급대응성지수는 놀랍게도 중요도에 비하여 기존 연구에서 고려되지 않은 공급업체의 공급대응 능력을 계량화하여 공급업체 선정 기준으로 사용할 수 있도록 한 첫 작업이었다는 데 의미가 있다.

본 연구에서 제안한 방법은 공급업체 선정 또는 평가에 있어서 납품이 이루어지기 전에 진행할 수 있는 사전평가이며, 기존 업체에 대한 실적에 대한 평가는 고려하지 않았다. 또한, 가중치 부여에 대한 보다 객관적인 방법이 추가적으로 고려될 수 있다.



## REFERENCES

- [1] Dickinson, G.W. (1966), An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions, *Journal of Purchasing*, Vol.2(1), pp. 5-17.
- [2] Ghodsypour, S.H. and C. O' Brien (2001), The Total Cost of Logistics in Supplier Selection, Under Conditions of Multiple Sourcing Multiple Criteria and Capacity Constraint, *International Journal of Production Economics*, Vol. 73, pp. 15-27.
- [3] Handfield, R. and C. Bechtel (2002), The Role of Trust and Relationship Structure in Improving Supply Chain Responsiveness, *Industrial Marketing Management*, Vol.31, pp. 367-383.
- [4] Handfield, R., S.V. Walton, R. Sroufe, and S.A. Melnyk (2002), Applying Environmental Criteria to Supplier Assessment: A Study in the Application of the Analytical Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, Vol.141, pp. 70-87.
- [5] Hwang, C.L. and K.P. Yoon (1981), *Multiple Attributes Decision Making: Methods and Applications*, Springer, Berlin, Heidelberg.
- [6] Kim, C., G. Lee and S. Kim(2015), A Study on the Determinants of Foreign Market Entry Decision of Third-Party Logistics Providers using AHP, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, Vol. 15(2), pp.17-28,
- [7] Kim, J. (2010), Vendor Selection Using TOPSIS and Optimal Order Allocation, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol.33(2), pp.1-8.
- [8] Kim, T. and C. Suh (2013), An Analysis of Critical Success Factors for SCM in Mechanical Industry by Using AHP, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, Vol. 13(2), pp.61-73
- [9] Li, W., Chen, Y., and Fu, Y. (2008), Combination of TOPSIS and 0-1 Programming for Supplier Selection in Supply Chain Management, *Proceedings of IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control*.
- [10] Narasimhan, R. (1983), An Analytic Approach to Supplier Selection, *Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol.1, pp.27-32.
- [11] Reichart, A. and M. Holweg (2007), Creating the Customer Responsive Supply Chain: A Reconciliation of Concepts, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.27(1), pp.1144-1172.
- [12] Satty, T.L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill.
- [13] Tam, M.C.Y. and V.M.R. Tummala (2001), An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System, *Omega*, Vol.29, pp.171-182.
- [14] Timmerman, E. (1986), An Approach to Vendor Performance Evaluation, *Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol.22(4), pp.2-8.
- [15] Weber, C.A. and J.R. Current (1993), A Multi-objective Approach Vendor Selection, *European Journal of Operational Research*, Vol.68(2), pp. 173-184.
- [16] Wind, Y. and P.J. Robinson (1968), The Determinants of Vendor Selection: the Evaluation Function Approach, *Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol.4(3), pp.29-41.



## 김 준 석

한양대학교 산업공학 학사

한양대학교 산업공학 석사

University of Minnesota 산업공학 석사

University of Minnesota 산업공학 박사

현재: 세종대학교 경영학과 교수

관심분야: SCM, 구매, Logistics