

# 이웃해 탐색 알고리즘 기반의 특수화물 팔레트 크기 최적화

신현수\* · 김창현\*\* · 하창완\*\* · † 김환성

\*한국해양대학교 대학원 KMI-KMOU 학연협동과정생, \*\*한국기계연구원, † 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수

## Pallet Size Optimization for Special Cargo based on Neighborhood Search Algorithm

Hyeon-Soo Shin\* · Chang-Hyeon Kim\*\* · Chang-Wan Ha\*\* · † Hwan-Seong Kim

\*KMI-KMOU Cooperation Program, Graduate school of Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, KOREA

\*\*Korea Institute of Machinery and Materials, Daejeon, 34103, KOREA

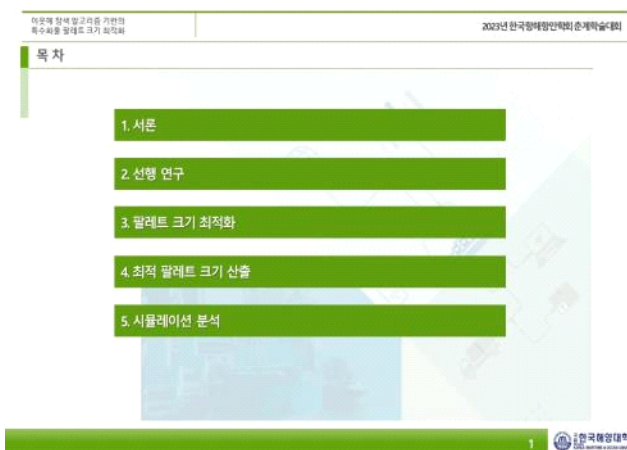
† Professor, Dept. of Logistics, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, KOREA

**요약** : 팔레트는 낱개의 여러 화물을 동시에 묶어 운송할 수 있게 하는 하역 장비로서 원자재 조달에서부터 소비자에게 전달되기까지의 흐름을 통합적으로 연결하는 중요한 요소이다. 더불어 일관수송을 통한 비용 절감, 거래단위의 표준화, 운송수단의 효율적인 운영, 하역작업 개선을 목적으로 팔레트 표준화가 활발히 진행됨에 따라 T-11형, T-12형 등의 표준 팔레트가 우리나라 물류 산업 전반에 걸쳐 사용되고 있다. 그러나 대형·중량화물을 비롯한 특수화물의 경우, 크기 및 중량 등의 이유로 표준 팔레트에 적재하는 것이 불가능하기에 대부분 자체 팔레트를 개발하여 사용하고 있다. 본 연구는 다양한 특수화물을 취급하는 팔레트의 크기를 결정하는 문제로서, 특수화물의 종류, 크기 및 중량, 보관 수량 등을 고려하여 최적 팔레트 크기를 산출하고자 한다. 이를 위해, 이웃해 탐색 알고리즘을 변형하여 전역 최적해를 찾을 수 있는 최적화 기법을 제안하였으며, 입력 데이터로서는 특수화물의 종류별 제한 및 보관 수량 정보, 제약조건 관련 정보가 사용되었다. 또한, 특정한 특수화물을 대상으로 최적화 시뮬레이션을 수행하여 최적해 도출 여부를 확인함으로써 본 최적화 기법의 최적성을 검증하였다.

**핵심용어** : 특수화물, 자체 팔레트, 팔레트 크기 최적화, 이웃해 탐색 기법

**Abstract** : The pallet, typically a form of tertiary packaging, is a flat structure used as a base for the unitization of goods in the supply chain. In addition, standard pallets such as T-11 and T-12 are used throughout the logistics industry to reduce the cost and enhance the efficiency of transportation. However, in the case of special cargo, it is impossible to handle such cargo using a standard pallet due to its size and weight, so many have developed and are now using their customized pallet. Therefore, this study suggests a pallet size optimization method to calculate the optimal pallet size, which minimizes the loss of space on a pallet. The main input features are the specifications and the storage quantity of each cargo, and the optimization method that has modified the Neighborhood Search Algorithm calculates the optimal pallet size. In order to verify the optimality of the developed algorithm, a comparative analysis has been conducted through simulation.

**Key words** : Special Cargo, Customized Pallet, Pallet Size Optimization, Neighborhood Search Algorithm



† Corresponding Author : 종신회원, kimhs@kmou.ac.kr 051)410-4334  
\* 정회원, hynsoo.kmou@gmail.com

**서론 : 연구 목적 및 방법**

**연구 목적**

- 특수화물을 대상으로 화물의 종류, 크기 및 중량, 보관 수량 등을 고려하여 팔레트 크기에 따른 총 팔레트 손실공간을 최소화하는 최적 팔레트 크기를 산출

**연구 방법**

문헌조사 : 팔레트 크기 최적화 연구 국내외 문헌 조사

팔레트 크기 최적화 : 팔레트 크기 최적화 문제 정의, 목적함수 및 제약조건 설정

최적 팔레트 크기 산출 : 팔레트 크기에 따른 총 팔레트 손실공간 산출, 이숫에 탐색 알고리즘 적용한 최적 팔레트 크기 탐색

시뮬레이션 분석 : 팔레트 크기 최적화 알고리즘의 최적성 검증

**서론 : 특수화물 자체 팔레트 도입 사례**

민간용	군수용
<p>엘마 TLS</p> 	<p>Multiple Transport Platform</p> 
<p>436L master pallet</p> 	
<ul style="list-style-type: none"> <li>유리 천을 팔레트, 총 팔레트 등 좌편 특성에 적합한 자체 팔레트를 사용</li> <li>유리 천을 팔레트 A-Frame, L-Frame, Stillage는 유리의 충격에 취약한 특성과 재료가 어렵다는 특징에 맞게 설계</li> <li>총 팔레트의 경우 원통 형태의 팔들을 보편하기 위한 팔레트 트로 팔치 가변타입과 부차 가변타입으로 구분하여 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>행비 두터 팔레트의 일종으로 고급 자동차의 항공 운송을 위해 설계</li> <li>자동차 외 다른 종류의 중량 화물 적재 가능</li> <li>군용 수송기와 민간 예비 항공 함대 (Civil Reserve Air Fleet, CRAP) 화물 항공기에 적재 및 하역할 수 있도록 설계된 항공화물 및 군수용 전용 팔레트</li> <li>규격은 2,235mm x 2,743mm으로 국제 표준 팔레트 대비 너비가 4배 이상, 최대 하중 또한 4.5배에 달함</li> </ul>

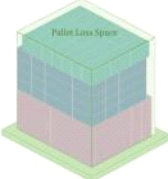
**선형 연구**

구분	연구명/연구자	주요 연구내용
팔레트 적재효율 관련 연구	Loading Optimization of Palletized Products on Trucks (Morabito, R. et al.2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>운송 차량 내 팔레트 배치 문제 해결을 위해 최적화 모델을 적용</li> <li>포장 상자, 팔레트 및 운송 차량의 크기를 최적화하기 위한 접근 방식 논의</li> </ul>
	팔레트 적재효율을 고려한 부산출 포장 상자 통합규격에 관한 연구 (서교, 이창재, 서병훈(2008))	<ul style="list-style-type: none"> <li>문턱카를로 시뮬레이션 기법을 통한 부산출 포장 상자 규격 통합 연구</li> <li>여러 종류의 부산출에 사용할 수 있는 통합 포장 상자 규격을 제안</li> </ul>
특수화물 팔레트 관련 연구	Membership Wholesale Club에서의 ERP 적재관련 총화물 표준규격에 관한 연구 (정성태, 김우철(2013))	<ul style="list-style-type: none"> <li>재물을 팔레트에 적재할 때 적재 방향에 따라 발생하는 정교형 팔레트(Membership Wholesale Club, MKC)에서 사용되고 있는 팔레트 적재관련 조사 및 분석</li> <li>물류적용방식의 적재효율을 개선할 수 있는 안전 전돌 (Retail Ready Package, RRP)의 표준 규격 제안</li> </ul>
	철강 코일재용 수송 팔레트와 설계 최적화 (박홍규, 임광석, 이창철(2008))	<ul style="list-style-type: none"> <li>First-Fit Decreasing 알고리즘을 기반으로 일한 수의 코일을 모두 적재하는데 필요한 팔레트 개수를 최소화하는 문제를 산출</li> </ul>
	The Reliability-based Design and Optimization Procedures for a Heavy-duty Pallet System (L. J. et al.2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>신뢰성 이론을 기반으로 중앙화를 팔레트 시스템의 최적 설계 방법을 제안</li> <li>다양한 소재의 탄성계수 및 무게계수를 비교 분석함으로써 구조물 안전 목적처 (Laminated Veneer Lumber, LVL)가 가장 이상적인 팔레트 소재임을 확인</li> </ul>

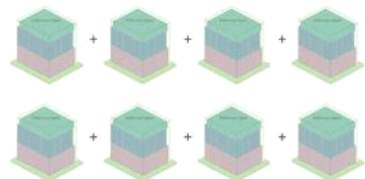
선형연구와 저비용·특정 특수화물을 대상으로 모든 수량의 화물을 적재하는데 발생하는 총 팔레트 손실공간을 비교, 이를 최소화하는 최적 팔레트 크기를 산출

**팔레트 크기 최적화**

- 문제 정의
  - 팔레트에 화물을 적재하는 경우, 적재 방식에 따라 팔레트 적재 손실공간이 발생
  - 단일 팔레트 손실공간: ① 적재하는 화물의 크기, ② 적재 방향 및 방식에 의해 결정
  - 총 팔레트 손실공간: ① 화물보관수량, ② 적재시 요구되는 팔레트수에 의해 결정



<단일 팔레트 손실공간>



<총 팔레트 손실공간>

**팔레트 크기 최적화**

- 목적 함수
  - 팔레트 크기에 따른 총 팔레트 손실공간  $TLS(Lpal, Wpal)$
  - 결정변수: 팔레트 길이  $Lpal$ , 팔레트 너비  $Wpal$

$$\text{Minimize } TLS(Lpal, Wpal) = \sum_{i=1}^I LS_i(Lpal, Wpal) \times Qpal_i(Lpal, Wpal) \quad (1)$$

▷ 총 팔레트 손실공간을 최소화하는 팔레트 길이 및 너비를 산출하고자함을 의미. 식(1)

**팔레트 크기 최적화**

- 제약조건

$$\text{Subject to } Lpal_{max} \geq Lpal \geq Lpal_{min} \quad (2)$$

$$Wpal_{max} \geq Wpal \geq Wpal_{min} \quad (3)$$

$$Lpal \geq Nc_i(Lpal, Wpal) \times L_i + 2C \quad (4)$$

$$Wpal \geq Nw_j(Lpal, Wpal) \times W_j + 2C \quad (5)$$

$$Hpal_{max} \geq Nz_i(Lpal, Wpal) \times H_i \quad (6)$$

$$Gpal_{max} \geq ni(Lpal, Wpal) \times G_i \quad (7)$$

▷ 팔레트의 길이와 너비가 각각의 하중 범위를 벗어나지 못하도록 제한함을 의미. 식(2)&(3)

▷ 화물의 고박을 위한 최소 여유 공간을 고려하여야 함을 의미. 식(4)&(5)

▷ 팔레트 위 적재 제한 높이가 있음을 의미. 식(6)

▷ 팔레트 위 적재된 화물이 총 중량이 팔레트의 최대하중을 초과하지 못함을 의미. 식(7)