

화물 피킹 안전작업에 대한 연구 : 수작업을 중심으로

김기홍* · 정병현**

*우송대학교 초빙교수 · **우송대학교 교수

A Study on Cargo Picking Safety Work: Focusing on Manual Labor

Ki Hong Kim* · Byung Hyun Chung**

*Woosong University Visiting Professor · **Woosong University Professor

Abstract

When picking up cargo, workers manually load and unload the cargo. Workers have different intensity of work depending on the amount and weight of cargo. In particular, as the intensity of manual work increases, workers are exposed to cumulative traumatic diseases. A manual for picking safety work for workers cargo handling in the distribution center is required. In this study, the worker's picking safety work based on the cargo volume and weight was presented as an experimental design model. Like the research results, the disease begins when the worker feels the number of pains presented by the model.

Keywords : Picking, Safety Work, Cumulative Trauma Disorders, Design of Experiment

1. 서론

물류센터 프로세스는 화물이 입고되고 보관 후 주문 시점에 따라 화물이 출고된다. 하지만 목적지별로 주문 유형에 따라 출고되는 화물 형태는 박스, 파렛트로 출고 된다. 물류센터 내에서 자동적으로 박스 또는 파렛트가 분류되지 않으면, 작업자들은 주문정보처럼 화물을 직접 수작업을 통해 롤 컨테이너 또는 파렛트에 화물을 분류 및 적재하는 작업을 한다. 작업 시, 박스 규격, 무게, 수량 등에 따라 작업의 강도가 달라지고 작업의 생산성도 다르다. 뿐만 아니라, 작업자의 안전에도 영향을 미칠 수 있다.

화물을 하나씩 나르는 인력 운반은 융통성이 있어 편리하지만 수량이 많고 연속 작업이 되면 피로와 방심에 의한 사고가 많이 발생한다.[1] 산업 현장이 자동화로 변화되어도 인력을 통한 운반은 아직까지 부분마다 수작업 활동으로 작업이 이루어진다. 하역작업의 강도가 높아지고 빈도수가 많을수록 시간에 따라 인체에 근골격 같은 질환이

발생될 수 있다. 인간활동의 본질은 일하는데 있어 물건의 가치를 높여서 인간 생활을 풍부하게 하려는 행위로서 가치증진활동을 한다.[1] 인간활동은 일을 통해 가치를 증진하는 반면 너무 많은 일을 통해 인체에 위험을 가할 수는 없다.

본 연구에서는 물류창고 내 피킹작업이 수작업으로 인한 안전예방에 관한 연구를 하려고 한다. 수작업으로 얼마나 많은 양과 무게를 피킹 하게 되면 누적외상성 질환의 위험성에 노출되어 있는지에 관한 실험연구를 하려고 한다. 여러번 반복에 의한 수작업은 손목, 손가락 등 근골격 질환에 노출되어 있다. 뿐만 아니라, 안전예방에 대한 방안도 제시하려고 한다. 물류센터 내 작업활동 영역에서 인간의 노동활동이 아직까지 제일 많이 차지하는 부분이 하역작업이다. 따라서, 본 연구의 구성은 1. 서론, 2. 선행연구, 3. 연구모형 및 연구 결과, 4.결론 순으로 진행하려고 한다.

†본 논문은 2022년 우송대학교 교내 학술연구조성비 지원을 받아 수행된 연구임

†Corresponding Author : Byunghyun Chung, Department of Logistics System, Woosong University, 171 Dongdaeseon-no, Daejeon 300-712, Korea, E-mail: bhchung@wsu.ac.kr

Received March 30, 2022; Revision May 23, 2022; Accepted May 23, 2022

2. 하역 및 선행연구

2.1 하역작업

하역작업은 화물을 옮기는 작업이다. 하역작업시 자동으로 화물을 옮기지 않으면 인력으로 인해 작업이 이루어지는데 이 작업이 수작업이다. 수작업이란 산업 현장과 일상 생활에서 손으로 행해지는 작업을 의미한다.[2] 인력의 운반작업은 연속적으로 작업 시 사고가 많이 발생된다.[1] 하역은 물품이 포장·보관·운송에 전후하여 필수적으로 행해지는 활동이다.[3] 보관된 제품을 분류하고 포장하는 활동은 물류센터 내에서 화물이 출고할 때 이루어진다. 입출고시 차량에 제품이 내리거나 올리는 경우도 하역이 이루어진다. 뿐만 아니라, 하역의 요소는 쌓기, 내리기, 운반, 적재, 반출, 분류, 정돈으로 이루어진다.[3] 물건을 파렛트, 롤컨테이너, 화물차, 렉 등에 제품을 쌓거나 내리는 과정에도 하역이 이루어진다. 이 모든과정에서 자동화로 하역이 이루어지지 않으면 작업자가 직접 화물을 적재해야 한다.

2.2 선행연구

물류센터에서 하역작업이 발생하는 경우는 입고, 보관, 출고 과정에서 자동화가 되지 않으면 인력에 의한 하역작업이 이루어진다. 물류센터의 상하역 작업은 출하 대기장소에 있는 파렛트 화물을 상하차하는 작업이다.[4] 출하 대기 장소에 있는 파렛트화물의 상하역이 지연되면 운송이 목적지에 정시도착 하기 어렵게 된다. 상차작업이 수작업으로 하역하게 되면 상하역 량이 많고 무게가 무거울수록 차량의 출발시간은 지연되게 된다. 이언경, 최용석, 김선군(2016)은 제한된 공간에서 반복적 상하역작업이 원활하게 수행하기 위해 일괄상하역 방식 지원 3가지 시스템을 제시하는 시뮬레이션 결과 트럭 서비스 시간 감소 및 지게차 가동률 감소하는 결과를 연구하였다.[4]

권오재, 선미선, 유희천(2002)은 수작업 반복성 평가 사용에 있어 평가 척도들과 측정 방법을 분석한 결과 반복성 평가 척도들은 시간, 빈도수, 속도 측면에서 주관적 및 객관적 측정을 분류하는 연구를 하였다.[2] 물류센터 하역작업장에서 물동량, 화물무게, 작업회수에 따른 작업 강도는 달라진다. 뿐만 아니라, 화물 형태에 따라서 작업자 수 및 기계장치 투입수도 달라진다. 하나의 제품에 두명의 작업자와 지게차가 투입되어 하역작업이 이루어져야 하역의 안전성을 높일 수 있다. 그렇지 않으면 작업들의 질환, 낙하, 파손 등의 사고발생에 많은 영향을 미칠 수 있다.

상온창고에서 하역작업은 화물의 양, 무게 형상 등에 따라 작업의 강도만 낮출 수 있으면 작업자들의 질환발생율을 낮출수 있다. 하지만, 냉동창고 하역작업은 작업들의

인체적 온도가 달라 화물의 무게와 작업 빈도수에 따라 인체에 미치는 강도는 상온창고 하역작업보다 더 높을 수 있다. 장성록(1999)은 냉동창고 출하작업의 반복적 직무수행으로 어깨, 허리 및 무릎 부위에 따른 누적외상성 장애로 인한 직업병에 대해 연구되었다.[5] 누적 외상성 장애는 쑤시는 느낌, 뻘뻘함, 찌릿찌릿함 등의 통증이 있다.[6] 상온 및 저온 하역장에서 작업하는 작업자들의 하역작업 빈도 및 강도에 따라 통증은 다르게 나타날 것이다

물류활동 중 하역은 다른 활동에 비해 크게 발전되지 않았다. 최근에 들어, 박스에 손잡이를 만들거나, 웨어러블(Wearable)기술을 이용하여 하역작업을 도와주는 기기가 개발되기 시작되었다. 본 연구에서는 하역작업자들이 수작업으로 인해 하역동작을 한다. 독립적 요인인 물동량과 화물무게에 따라 수작업시 느끼는 통증횟수의 결과를 실험하여 누적외상성 장애 발생 시점을 연구하려고 한다. 하역작업에 대한 경제성 분석, 하역작업 강도 측정 등에 관한 연구는 있으나 질병과 관련된 연구는 부족한 현실이다.

3. 연구모형

3.1 작업과 질환발생

3.1.1 피킹작업

물류센터 내 피킹작업은 첫 번째, 렉에서 주문된 화물을 수량만큼 꺼낸다. 두 번째, 주문된 화물을 파렛트 또는 컨테이너에 수량만큼 적재한다. 마지막으로 차량에 화물을 수량만큼 수작업으로 적재하는 3가지 유형으로 구분할 수 있다. 예를 들어, 물류센터 출하장에서 차량 적재함에 화물을 적재 시 컨베이어가 차량 적재함까지 자동으로 화물을 이동시켜도 컨베이어에서 차량적재함으로 내리는 작업은 수작업으로 할 수 밖에 없다. 만약 아래의 활성지수의 지수 3단계인 대차 위에 놓여 있다면 입고작업 또는 분류작업 과정에서 이미 대차에 화물이 적재되어 있고 대차는 로봇기술이 적용된 자율적으로 이동이 되어야 적재함에서 자동하역이 되는 것이다.

하역의 활성지수에 따라 활동의 강도는 달라진다. 하역의 활성지수는 다음과 같다.

<Table 1> Stepwise activity index[7]

index	a state of being high in something
0	be placed on the floor individually
1	be in the bax
2	to be on the pallet/skit
3	be on a cart
4	be placed on a convay

<Table 1>처럼 활성화 상태에 따라 기계화 및 자동화 되지 않으면 수작업으로 인력이 직접 하역을 해야 한다. 지수4는 컨베이어 위에 놓여 있는 제품들은 컨베이어에 투입과 배출 과정에서 자동화가 되지 않으면 인력이 직접 하역을 해야 한다. 택배터미널 하역장에서 택배 기사들이 컨베이어 마지막 부분에서 화물을 직접 분류하고 차량에 적재한다. 뿐만 아니라, 현재 컨베이어 투입과 배출과정에서 자동화 시스템은 공정 간만 자동화 되어 있지 않다면 수작업으로 이루어지는 곳이 많다.

3.1.2 피킹작업 질환 발생

대한산업안전협회 신설일부터 1년 이내 대상자들을 상대로 유해요인을 조사한 결과 근골격계부담작업 종류는 총 11가지이다. 내용을 정리하면, 하루2시간 이상, 무게는 최소 10Kg, 10회 이상 반복작업은 근골격계부담작업 대상이 된다고 한다.[8] 피킹작업 시 질환 발생이 가능한 최소한의 환경이다. 하루 100~200개의 화물을 수배송 취급한다.[9] 매일 100개 이상의 화물을 취급하는 차량이 있는 반면 아닌 차량도 있다. 대다수 택배차량은 100개 이상의 화물을 수작업으로 화물차량에 적재할 것이다. 또한, 자동차부품 수송차량에는 롤컨테이너와 같은 대차를 적재하는데 이 또한 자동차 부품의 중량들을 반복적으로 롤컨테이너를 수작업으로 이동하게 된다.

매일 같은 작업을 장시간, 많은 양과 반복횟수로 작업을 하게 되면 작업자들은 통증을 느낄 수 있고, 만약 통증을 느낀다면 손목, 목, 발목, 허리 등에 “땡긴다”, “저리다”, “쿵쿵쑤신다”, “뽀뽀지근하다”, “움찔하게 아프다” 등으로 다양하게 [10] 표현되는데 어떤 부위에서 어떤 통증의 표현에 따라 질환의 깊이가 다른지 판단하기 어렵다. 현재 동통 연구에는 척도와 질문 방법을 통해 동통을 평가한다.[10] 일반적으로 나이가 많고 작업량이 많은 장기간 근무한 작업자들의 동통과 반대의 작업자들 간의 동통의 호소는 개인별로 차이가 있어 판단하기가 어려운 것이다. 하지만 본 연구에서처럼 하역 작업의 양과 횟수에 따라 질환이 발생 가능성이 높은지를 실험을 통해 판단할 수 있을 것이다.

3.2 연구이론

3.2.1 실험계획법

실험계획법은 해결해야 할 문제를 실험을 통해 데이터를 얻고 통계적 방법으로 분석하며, 최소 노력과 비용으로 최대의 정보를 얻을 수 있도록 계획한다.[11] 활동 과정의 특성인 요인들을 통해 문제를 해결할 수 있는 데이터를 실험을 통해 얻고, 결정적인 요인들 간의 인과관계를 분석

하게 된다. 본 연구에서처럼, 하역작업 과정에서 수작업으로 인한 피킹작업자들의 화물의 특성 요인인 화물수량과 무게를 토대로 작업 시 느끼는 통증회수의 결과를 얻어 실험 후 랜덤으로 얻은 실험연구모형의 각 통증별 횟수가 누적외상성 장애 발생 시점이 유의한가를 판단하려고 한다.

3.2.2 연구모형

● 연구모형 정의

본 연구에서는 [Figure 1]처럼 파렛트에 적재된 화물을 수작업으로 화물을 차량에 적재한다. 앞에서 언급되었듯이, 파렛트를 지게차로 화물을 차량에 적재하면 자동화 하역작업이라고 설명되지만 반대로, 화물을 한 개씩 차량에 적재하게 되면 수작업으로 하역해야 한다. 대표적인 예로 택배, 부품배송 등은 수작업으로 화물을 적재하는 경우가 많고 대형차량인 경우도 화물의 부피가 작으면 화물들은 수작업으로 화물을 차량에 적재하기도 한다.



[Figure 1] Research Model

파렛트화 되어 화물을 적재하는 경우와 수작업으로 적재하는 경우는 화물의 부피에 따라 용적율은 다르겠지만 20~30% 차이가 발생할 수 있다. 자동화 하역은 비용이 증가되는 반면 운송의 효율은 높아진다. 반면에, 수작업은 반대의 결과의 경우가 많을 것이다.

● 연구모형 요인

연구모형의 독립적 요인은 3자물류 전문기업 6개월 동안의 재고수량을 기초로 파렛트에 적재된 수량과 총 무게를 기준으로 설정한 실험 요인들이다. 본 연구에서 동통이란 통증이라고 설명할 수 있다. 통증은 위에서 언급된 “땡긴다”, “저리다”, “쿵쿵쑤신다”, “뽀뽀지근하다”, “움찔하게 아프다”에서 하나 이상 또는 여러번 느낀 경우를 포함하여 1~5 단계로 구분하여 통증이 여러번 느낀 경우, 누적 외상성 질환이 시작된 것으로 판단하는 실험이다. MiniTab14버전을 이용하여, 1차적으로 실험계획설계 단계에서 수량과 무게 요인들의 활용범위를 설계하였다. <Table 2>는 실험계획 요인들의 활용 범위는 일일 주문별 수량은 최소 20~50개가 출고되고, 무게는 400~1,000Kg으로 출고되도록 구성한다. 제품 한 개 무게가 20kg이기 때문이다.

<Table 2> Factor in the experimental planning

	Quantity (EA)	Weigh (Kg)	pain (number)
Max	50	1000	5
Min	20	400	1

3.3 연구모형 실험설계

3.3.1 연구모형 요인실험

요인 배치법의 실험계획은 실험하고자 하는 요인들의 주효과 뿐만 아니라 요인들간의 교호작용을 검정하는데 효과적이다[12] 생산공정에 큰 영향을 주는 요인에 대한 분석이라고 할수 있다. 물류부분에서 공정과정을 보면 창고로 제품이 입고되고 보관되어 출고되는 과정이 공장라인에서처럼 공정과정이라고 설명할 수 있다. 본 연구에서는 출고 시 하역작업하는 공정에서 작업자들의 누적 외상형 질환에 영향을 미치는 요인이 수량과 무게에 따른 주효과 뿐만 아니라, 양 요인들의 교호작용을 검정하려고 한다. 실험계획의 요인배치는 반복이 있는 2²형의 데이터 구조식은 <식 1>과 같으며, 교호작용(ab)_{ij}와 오차 e_{ijk}를 분리 검출할 수 있다.[11]

<Formula 1> Research test formula

$$y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + (ab)_{ij} + e_{ijk}$$

i, j = 1, 2
k = 1, 2, ..., r
e_{ijk} ~ N(0, σ_e²)

<Table 2>의 실험요인들을 요인배치 실험계획법을 MiniTab14를 통해 스크리닝 설계를 구성하면, <Table 3>은 표준순서(S/O:StdOrder)는 처음 실험이 설계될 때의 순서, 실험실행순서(R.O:RunOrder)는 실험 계획 후 실험 실시에 따른 랜덤순서[12] 중심점, 블록(실험단위의 묶음), 양, 무게의 데이터 값으로 설계된 구성표이다.

<Table 3> Factor design scheme framework

S/O	R/O	Center Pint	Block	Quantity (EA)	Weigh (Kg)
3	1	1	1	20	1,000
1	2	1	1	20	400
6	3	1	1	50	400
4	4	1	1	50	1,000
5	5	1	1	20	400
8	6	1	1	50	1,000
2	7	1	1	50	400
7	8	1	1	20	1,000

<Table 4>는 스크리닝 설계 결과에 통증 값을 입력하여 실험할 데이터다. 통증의 데이터는 앞에서 언급되었듯이, “땅긴다”, “저리다”, “쿵쿵췌신다”, “뻘뻘지근하다”, “움찔하게 아프다” 중 하나라도 느끼게 되면 1단계이고 모두 느끼게 되면 5단계이다.

<Table 3>의 요인설계 실험 계획 스크리닝 결과에 1차적으로 통증의 단계값을 입력하고 분석한다. 2차적으로 휴식의 실험값을 입력한다. 휴식 입력값은 최대 15분으로 한다. <Table 4>는 통증과 휴식시간 각각 입력한 데이터이다. 실제 실험을 위한 시간 측정은 현장에서 다시 출고하기까지 작업 대기시간은 평균 최대 15분이 소요되었다.

<Table 4> Design of Experiments for pain and Rest

quantity	weigh	pain	Rest
20	1000	4	13
20	400	1	6
50	400	2	8
50	1000	5	15
20	400	2	7
50	1000	5	15
50	400	3	10
20	1000	3	11

3.3.2 연구결과

● 통증에 의한 결과

<Table 1>처럼 단계적 활성지수에 따라 수작업의 빈도수는 달라지고 또한 화물의 수량과 모형에 따라 수작업 난이도도 어렵다. 예를 들어, 에어컨 포장된 부속품들은 부피가 작아 에어컨 본체보다 옮기는 것이 쉽다. 하지만, 포장된 에어컨 부품도 많은 수량을 하역하게 되면 어깨, 손목, 허리 등에 통증을 느끼게 된다. <Table 5> 통증 요인의 추정 효과는 교호작용효과와 분산분석을 위한 통계적 유효성 결과이다. 통계적 유효성이 80% 이상이면 통계적으로 유효하므로 본 연구모형의 통계적 유효성은 교호작용의 효과로는 89.92%이고 분산분석은 89.08%이므로 통계적으로 유효하다고 설명력이 있다.

교호작용의 양×무게 효과는 0.25만큼 영향이 있다. 각 요인인 양과 무게는 유의수준 0.05 이하이므로, 통계적으로 영향이 유의하고, 비교호작용 요인들도 유의하다고 해석된다.

<Table 6>은 본 연구 모형인 화물의 수량과 무게에 따라 하역작업시 통증을 느끼면 누적 외상형 질환이 시작된다고 판단할 수 있는 설명에서 p값이 0.004이므로 통계적으로 유효하고, 연구모형의 적합성은 0.595만큼 설득력이 있는 것으로 판단된다.

<Table 5> Estimated effects of pain factors

Estimated effect	interaction		R square	non interaction		R square
	effect	P		effect	P	
constant		0	89.92%		0	89.08%
quantity	1.25	0.045		1.25	0.027	
weigh	2.25	0.007		2.25	0.003	
quantity *weigh	0.25	0.595				

<Table 6> Analysis of variance of pain

source	interaction	non interaction
	P	P
main effect	0.010	0.004
two-way interaction	0.595	
lack of conformance		0.595

본 연구에서 화물의 수량과 무게에 따라 수작업 시 통증을 느끼게 되면 누적 외상형 질환이 시작되는 시점이라고 판단되는 연구모형의 결과는 연구모형의 각 수량과 무게에 따른 모형에서 통증의 회수에 접근하면 누적 외상형 질환이 시작되는 시점이다. 뿐만 아니라, 누적 외상형 질환이 시작될 경우 같은 연구모형의 수량과 무게를 수작업 후 휴식을 얼마동안 쉬면 되는지에 대한 연구결과는 <3-4> 처럼 각 연구모형에 따라 수작업 후 휴식을 취해야 하는 것으로 연구되었다. 휴식에 관한 연구 결과는 <Table 5> 와 <Table 6>의 해석과 같이 교호작용효과는 0.25%, R 제곱 94.76%와 분산분석효과 R제곱 94.61%만큼 통계적으로 설명력이 있다.

<Table 7> Estimated effects of rest factors

Estimated effect	interaction		R square	non interaction		R square
	effect	P		effect	P	
constant		0	94.76%		0	94.61%
quantity	2.7500	0.021		2750	0.010	
weigh	5.7500	0.002		5.750	0.000	
quantity *weigh	0.2500	0.756				

<Table 8> Analysis of variance of rest

source	interaction	non interaction
	P	P
main effect	0.003	0.001
two-way interaction	0.756	
lack of conformance		0.756

<Table 8>은 휴식에 관한 분산분석 결과로 화물량과 무게에 따른 연구 모형별 수작업 후 휴식시간이 필요한 연구모형의 결과는 0.756만큼의 연구모형이 적합하다고 설명된다.

4. 결론

보통 하역작업에서 화물을 안전하게 옮기는 것이 중요하지만, 하역작업 중 작업자의 장기적 노동에 의해 인체적 문제가 발생하는 것이 더욱 문제가 심각해진다. 물류활동 중 하역에서는 작업자들이 안전하게 노동을 할 수 있는 환경이 필요하다.

물류센터에서 일일 물동량에 따라 피킹 수작업을 하는 경우, 양과 무게에 따라 작업자들의 노동 강도 정도는 매우 크다. 강도가 클수록 누적 외상형 질환의 노출이 커지게 된다. 본 연구결과처럼, 20~40개 수량과 400~1,000Kg의 물동량 범위내 수작업인 경우, 충분한 휴식이 동반되어야 작업자들이 안전하게 피킹하역작업을 할 수 있는 연구모형의 실험결과가 도출되었다. 뿐만 아니라, 휴식의 시간도 수작업 할 화물의 수량과 무게에 따라 휴식모형의 실험결과도 도출되었다.

작업자들의 안전한 하역작업이 이루어지지 않으면 하역작업의 생산성은 낮아지고 작업자들의 안전의 위험성은 높아진다. 하역 작업에서 수작업 빈도수를 낮추는 것이 안전성을 높이는 것이다. 하지만 자동화로 하역이 이루어지지 않으면 작업자들에 의해 수작업은 계속 이루어지게 된다.

본 연구에서 화물 하역작업시 노동 시간을 추가하여 더욱 안전한 피킹 하역작업이 이루어질 수 있는 지속적인 연구가 요구된다.

5. References

- [1] This Month's Safety Class(2004), "Safety of loading and unloading operations on premises." Korean Industrial Health Association, Korean Industrial Health Association Safety Technology, 83:92-107.
- [2] C. K. Oh, M. S. Sun, H. C. You(2002), "An analysis of repetitiveness assessment measures and measurement methods for hand intensive tasks." Ergonomics Society of Korea, Proceedings of Ergonomics Society of Korea Conference, 287-290.
- [3] C. K. Yoo(2009), Storage and warehousing.

- Hyungseul, pp. 137–139.
- [4] E. K. Lee, T. S. Choi, S. G. Kim(2016), “Design support simulator for the improvement of cargo batch loading and unloading systems in a warehouse.” The Korean Association of Shipping and Logistics, Shipping and Logistics Research, 32(3):497–519.
- [5] S. R. Chang(1999), “An analysis of physical load of the shipping work in cold storage warehouse.” Journal of the Korean of Safety, 14(4):192–198.
- [6] GREENPro, 2022year 2Month 6Day access. <https://www.greenpio.com/lifeHealth/healthHabit.asp?Lcode=NG0613&Mcode=NG0613004>
- [7] M. J. Woo(2021), Certified professional logistician storage and warehousing. Sinjiwon, pp. 206–207.
- [8] Korea Industrial Safety Association, Consulting on musculoskeletal hazards. 2022year2month16day access. <http://www.safety.or.kr/content/1080/contentView.do>
- [9] J. W. Son(2006, March 30), Where is the proper delivery service? Korea Logistics News.
- [10] B. H. Lee, H. I. Yoon, J. W. Park(1995), “A study on efficiency of pain management by questionnaire using visual analogue scale in back-pain patients.” The Korean Society of Physical Therapy, 2(3): 679–689.
- [11] T. H. Woo, K. H. Park, Y. W. Cho, K. M. Yang(2010), Design of experiments. Hyungseul, pp. 13–15.
- [12] H. C. Kim(2009), Minitab design of experiments. Hanol, pp. 212–242.

저자 소개



김기홍

한양대학교 도시공학 학사 및 교통계획 석사
일본 關西大學 철도정책 및 물류박사
관심분야 : 철도물류, 철도안전



정병현

고려대학교 경영학사
SNHU 경영석사,
명지대학교 박사
관심분야 : SCM, 레이아웃, 시뮬레이션, 운송경로