

# 의사결정트리 학습을 적용한 조선소 블록 적치 위치 선정에 관한 연구

남병욱<sup>1</sup> · 이경호<sup>1,†</sup> · 이재준<sup>1</sup> · 문승환<sup>2</sup>  
인하대학교 조선해양공학과<sup>1</sup>  
삼성중공업<sup>2</sup>

## A Study on Selection of Block Stockyard Applying Decision Tree Learning Algorithm

Byeong-Wook Nam<sup>1</sup> · Kyung-Ho Lee<sup>1,†</sup> · Jae-Joon Lee<sup>1</sup> · Seung-Hwan Mun<sup>2</sup>  
Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha University<sup>1</sup>  
Samsung Heavy Industries co., Ltd.<sup>2</sup>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

It is very important to manage the position of the blocks in the shipyard where the work is completed, or the blocks need to be moved for the next process operation. The moving distance of the block increases according to the position of the block stockyard. As the travel distance increases, the number of trips and travel distance of the transporter increases, which causes a great deal of operation cost. Currently, the selection of the block position in the shipyard is based on the know-how of picking up a transporter worker by the production schedule of the block, and the location where the block is to be placed is determined according to the situation in the stockyard. The know-how to select the position of the block is the result of optimizing the position of the block in the shipyard for a long time. In this study, we used the accumulated data as a result of the operation of the yard in the shipyard and tried to select the location of blocks by learning it. Decision tree learning algorithm was used for learning, and a prototype was developed using it. Finally, we prove the possibility of selecting a block stockyard through this algorithm.

**Keywords** : Block stockyard(블록 적치장), Decision Tree Learning(DTL, 의사결정트리 학습), Transporter optical operation (트랜스포터 최적 운영)

## 1. 서론

조선 및 해양플랜트 산업은 다른 제조업과 달리 제품의 크기가 매우 크기 때문에 전체를 한 번에 건조하기 어렵고 하나의 제품의 건조 기간이 오래 걸린다. 이로 인해 제품을 설계할 때 블록 단위로 나누어 건조할 수 있도록 설계하고, 필요한 부재를 전처리 단계부터 소조립, 중조립, 대조립, 도장 공정의 단계를 거쳐 도크에서 탑재 단계를 거쳐 제품이 건조된다(Kim, et al., 2013). 이러한 과정에서 블록들은 동시 다발적으로 각 공정 단계에서 건조되는 데, 각 공정 단계에서 건조 기간은 블록의 형상이나 필요한 부재 양, 작업의 난이도에 따라 달라진다. 따라서 각 단계에서 건조된 블록

들은 다음 공정 작업이 진행되기 전까지 블록 적치장에 적치되어 다음 공정 작업을 대기하게 된다. 이러한 과정들은 각 단계의 공정 작업이 끝났거나 공정 작업을 진행할 때 발생하며, 그 과정 속에서 하루에 적게는 수십 번에서 많게는 수백 번의 블록들이 적치장에 반입·반출하게 된다. 적치장은 작업 구역에 따라 지번으로 정해지고 보통 조선소 내 적치장은 각 지번 별로 적치할 수 있는 가용 공간이 제한되어 있어, 적치장의 한 곳으로 블록이 집중될 경우, 적치장의 부하율이 높아지는 결과를 초래한다. 또한 블록의 적치 위치를 선정하는 데 있어서도 작업자에 의한 인적 오류가 발생하며, Fig. 1에서는 블록의 이동 과정에서 인적 오류의 발생 단계를 나타내고 있다. 각 공정 작업자가 작업을 위하여 블록 이동 신청을 하였으나 블록의 적치 위치가 후행 공정 작업과 무관한 위치로 결정

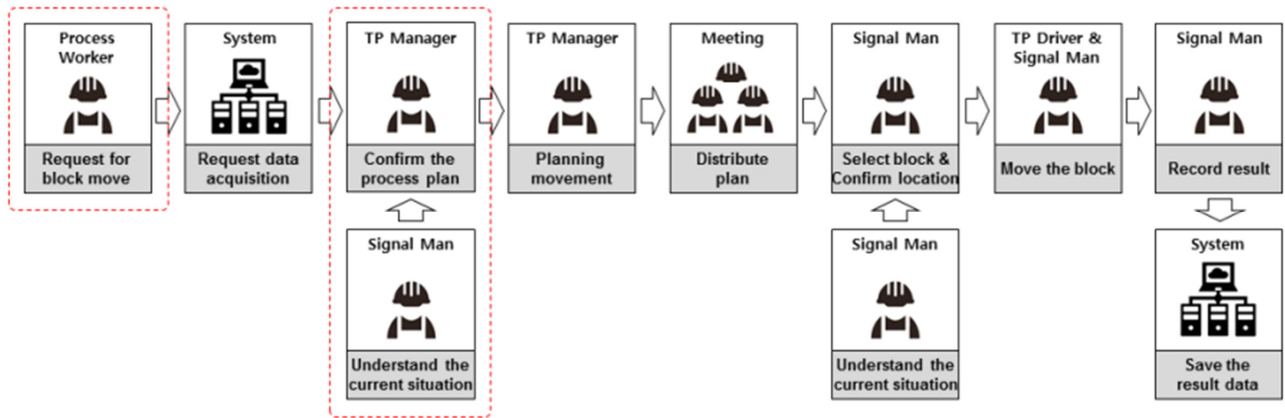


Fig. 1 Human error in block move process (tred rectangle : part of human error)

하게 되면, 불필요하게 이동되어야하는 블록들이 많아지게 되어 인력 및 장비, 작업 시간, 특히, 블록은 특수한 운반 장비인 트랜스포터를 이용하여 운반하기 때문에 트랜스포터 장비를 운행하는 데 발생하는 비용 등의 추가 투입으로 생산성에 많은 영향을 미치게 된다. 뿐만 아니라 블록 이동에 대한 일정 계획 수립 시에도 작업 일정을 작업자가 일일이 확인하여 적치 계획을 수립하는 과정에서나 블록이 적치장에 적치 가능 여부를 판단하는 과정에서 작업자의 경험에 의존하여 오판하게 되는 경우에도 불필요한 블록 이동이 발생하여 생산성에 영향을 미치게 된다. 이처럼 블록 이동 프로세스에서의 인적 오류로 인해 블록의 불필요한 이동이 발생하여 인력 및 장비의 추가 투입으로 인한 비용 증가와 재운반 작업으로 인한 공기 지연을 초래하게 된다. 또한 이 과정에서 옮겨져야 할 블록의 이동경로를 방해하고 있는 블록을 간섭 블록이라 하는데, 블록이 옮겨질 때 간섭 블록이 이동되어야 한다. 즉, 블록 운반이 많아지게 되면 이동되어야할 간섭 블록도 많아지므로 적치장 운영에 있어 효율성을 저해하는 요소로 작용하게 된다.

따라서 조선소 내 블록 이동 및 물류를 효율적으로 관리할 수 있도록 하는 시스템이 필요하며, 이에 따라 블록의 이동과 물류를 효율적으로 관리하고 블록 운반을 수행하는 장비인 트랜스포터의 운영을 최소화하고 최적화할 수 있도록 하는 트랜스포터 최적 운영 시스템을 연구, 개발하고자 한다. 연구를 진행하기에 앞서 각 생산 공정 단계에서 생산된 블록을 어느 시점에 어느 위치에 적치할 것인지에 대하여 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 기존의 블록 이동에 관한 실적 데이터를 분석하고 적치 위치 선정에 있어서 관련 있는 유효한 데이터를 추출하였다. 보통 트랜스포터 작업반장과 운전수, 신호수 등의 작업자들이 이동되어야 할 블록의 행선지와 이동 경로를 결정하게 되는 데, 당시의 야드 상황과 각 공정 별 작업장의 상황을 파악하고 그에 맞는 판단을 통해 블록을 운반하게 되며, 실적으로 저장하게 된다. 이에 기존의 블록 이동에 관한 실적 데이터는 작업자들의 노하우를 축적하고 있어 이를 기반으로 한 블록의 적치장 선정을 제안한다. 작업자의 노하우가 축적된 실적 데이터의 유효한 데이터를 학습하여 블록의 적치장을 선정하고자 하였으며, 학습에 적합한 알고리즘을 선정하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 적치장 선정과 관련된 연구를 소개하고 본 연구의 차별화를 설명한다. 3절에서는 기존의 블록 이동에 관한 실적 데이터에서 적치장 선정에 필요한 데이터와 실적 데이터 이외의 필요한 데이터를 선정한다. 4절에서는 이렇게 선정된 데이터를 학습할 수 있는 학습 알고리즘을 선정하고, 선정한 이유를 설명한다. 5절에서는 3절에서 실적 데이터 및 실적 데이터 이외 필요한 데이터를 선정한 학습 알고리즘에 적용하여 나타난 결과를 보이고, 실적 결과와 비교하며, 마지막으로 6절에서 결론을 제시한다.

## 2. 관련 연구

지금까지 조선 산업에서는 블록 생산과 물류에 관한 많은 연구들이 수행되어 왔으며 (Park, et al., 1995), 현재에도 블록 생산 및 물류 관리에 소요되는 비용과 시간을 줄이고, 경제력을 갖추기 위한 노력을 하고 있다.

먼저, 블록의 위치와 이동을 파악하여 블록 물류를 관리하기 위한 연구 사례들이 있다. 블록에 대한 위치추적 시스템을 개발한 연구가 진행되었고 (Lee, et al., 2008), 블록의 실시간 위치 인식과 블록의 운반 계획을 수립할 수 있는 운영관리시스템 개발을 통하여 조립블록의 물류개선을 하고자 하는 연구가 수행되었으며 (Kim, et al., 2009), 조선소에서 계획 수립 대비 블록 운반 업무가 개선될 수 있도록 블록 운반 관리에 대한 연구가 있었다 (Jung, 2007). 또한 RFID 기술을 이용하여 블록 부재의 추적과 모니터링 시스템을 설계함으로써 실적 정보를 획득하여 일정계획 수립의 정확도를 향상시키는 연구가 진행되었고 (Lee, 2007), 복잡적으로 움직여야하는 트랜스포터의 일정계획을 수립하기 위한 연구도 진행되었다 (Jang, 2007). 이러한 연구들은 조선 산업에서는 블록 물류를 관리하기 위하여 블록의 위치 모니터링 뿐만 아니라 블록의 이동에 대한 요청 정보나 블록의 이동 후 실적 정보를 관리하는 것을 기반으로 하고 있다.

더 나아가서는 블록의 위치 추적뿐만 아니라 앞으로의 공정 작업을 고려하여 현재 블록이 어느 위치로 이동할 것인가에 대한 연구가 진행되었다. 유전 알고리즘을 이용한 조립 블록의 생산

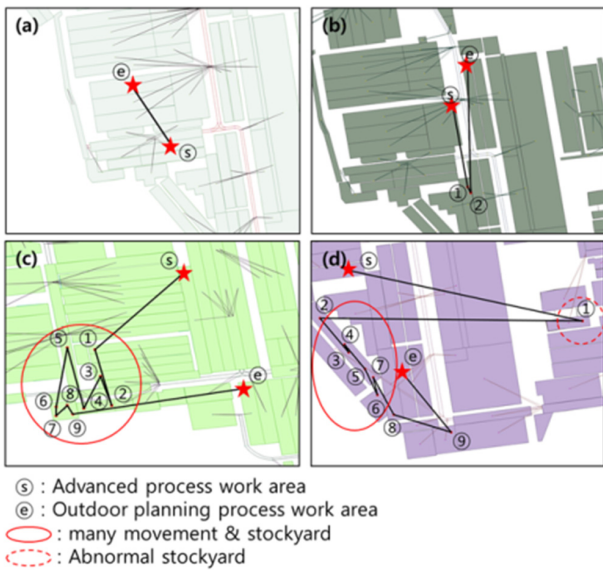


Fig. 2 Various examples of block movement in shipyards. (a) A case of moving to the work area without having to go to the stock yard. (b) A case of moving to the work area after being placed on a stockyard. (c), (d) A case of moving to a location that is too mobile and not relevant to work.

계획을 수립에 대한 연구 (Koh, 1996, & Roh, 2012)와 적치 가용 공간과 간섭 블록을 고려한 조선소 블록 적치장 배치와 반출 경로를 결정하는 연구가 있었으며 (Kim, et al., 2013), 휴리스틱 알고리즘을 이용하여 조선 산업의 블록 적치장 운영계획에 관한 연구가 수행되었다 (Son, et al., 2014). 또한 타부 서치를 사용한 블록 운반 계획 연구가 있었으며 (Lee, 2011), 블록의 적치 위치를 선정하기 위한 조립블록 지번할당 알고리즘을 연구한 사례가 있다 (Park, et al., 2006). 특히 조선소 내 블록 적치장의 공간적 제약과 생산 일정을 고려하여 공간의 효율성을 극대화하고 생산 시간을 최소화하기 위한 블록 위치를 결정하는 공간 일정 계획의 연구가 수행되었다 (Lee, et al., 1996, Cho, et al., 2001). 하지만 이전의 연구들은 블록 물류 관리를 위하여 축적된 블록의 위치와 이동에 대한 요청 정보, 블록의 이동 후 실적 정보를 활용한 사례가 거의 없다. 이러한 정보들은 현장 작업자가 현장 상황에 따라 계획된 작업을 변경하고 필요한 작업을 수행함에 따라 그에 적합한 작업자의 노하우가 담겨 있기 때문에 이를 이용하여 블록의 적치 위치를 선정할 경우, 적치 위치 선정 이유와 선정 결과를 검증할 수 있는 도구로 사용할 수 있어 이를 활용할 수 있는 시스템이 필요하다.

게다가 조선소 내 각각의 블록이 하나의 공정 작업장에서 반출

되어 후행 공정 작업장으로 반입되는 과정에서 나타나는 다양한 이동결과를 Fig. 2에서 보이고 있다. 이러한 블록들의 이동은 시간에 상관없이 발생하고, 공정 작업장에서 많이 벗어나 적치되는 경우가 발생하고 있다. 또한 블록의 이동은 한 시점에 하나의 블록만 이동하는 것이 아니라 다수 블록의 이동이 동시다발적으로 발생하고 있고, 상황에 따라서는 급하게 이동하여야 하는 경우도 발생함에 따라 실시간 다수 블록의 적치 위치를 빠르게 선정하여야 할 필요가 있다. 기존 연구에서는 하나의 적치장 구역을 선정하여 반입·반출되는 블록에 대해 적치장을 선정하는 데 반해 본 연구에서는 실제 조선소 내 다양하게 존재하는 블록 이동 상황에 대해 학습하여 이동이 필요한 블록의 적치장을 도출하는 것으로 기존 연구와는 차별성을 갖는다.

본 연구에서는 축적된 블록의 위치와 이동에 대한 요청 정보, 블록의 이동 후 실적 정보를 분석하고 여기서 적치 위치 선정에 필요한 데이터를 추출, 학습을 통하여 실시간으로 다수의 이동을 고려하여 각 블록의 적치 위치를 선정하고 트랜스포터 및 적치장 운용에 반영할 수 있도록 하였다.

### 3. 학습에 필요한 데이터 분석

축적된 블록 이동 요청 데이터와 실적 데이터를 이용하여 학습을 통해 이동이 필요한 블록의 적치 위치를 선정하는 데 있어서 이 데이터를 모두 학습하기에는 의미 없는 데이터가 많고 데이터가 많아질수록 학습 시간에 영향을 미친다. 블록 이동 요청 데이터와 실적 데이터에서는 정확하지 않거나 학습에 불필요한 잡음(Noise) 데이터가 존재하여 학습의 성능을 저해한다. 예를 들면, 작업자가 동일한 내용의 실적을 중복해서 입력하거나 블록이 이동하는 데 있어서 하나의 블록 이동을 추적하였을 때, 블록의 이전 이동의 하차지와 다음 이동의 상차지가 일치하지 않는 경우, 블록이 이미 A에서 상차되어 B라는 적치장으로 이동하여 실적으로 기록되었으나 다음 실적으로 동일한 블록이 다시 A에서 상차되어 C라는 적치장으로 이동되었다고 실적으로 기록된 경우, 블록이 아닌 프로펠러, 거더 등 부재의 이동, 제자리 이동 등이 있다. 이러한 이유로 데이터를 학습하기 위해서는 전체 데이터에서 유효한 데이터를 선정해야 하며, 뿐만 아니라 블록 이동 요청 데이터나 실적 데이터에는 공정 작업에 관련된 정보가 있지 않으므로 이에 관련된 정보를 추가할 필요가 있다.

#### 3.1 블록 이동 요청 데이터

본 연구에서는 기존에 축적된 블록 이동 요청 데이터와 실적

Table 1 Block transfer request data

No.	Classify	Sector	Project	Block	Specification	Weight	Work scope	Loading area	Request work time	Worker	Registration date
1	Inside	Production 1	PR0001	A110	16.2*12.2*2.7		Assembly in	D210	Morning	LKH	3/3/2017
2	Outside	Production 2	PR0001	A111	18.3*12.5*4.2		Painting in	H201	Afternoon	NBW	3/3/2017
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Table 2 Block transfer result data

No.	Classify	Sector	Equipment	Project	Block	Specification	Weight	Work scope	Loading area	Unloading area	Working time		Worker
											Loading	Unloading	
1	Inside	Prod. 1	TP1	PR0001	A110	16.2*12.2*2.7		Assembly in	D210	3Dock	3/3/2017 10:00	3/3/2017 10:10	LKH
2	Outside	Prod. 2	TP2	PR0001	A111	18.3*12.5*4.2		Painting in	H201	P101	3/3/2017 11:25	3/3/2017 11:42	NBW
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

데이터를 학습하여 적치 위치를 선정할 수 있도록 데이터를 분석하고 유효 데이터를 추출하고자 한다.

블록 이동 요청 데이터에는 대부분 공정 작업자가 공정 작업을 수행하기 위해 필요한 블록의 입고를 요청하거나 공정 작업이 완료되어 해당 블록의 출고가 요청된 데이터를 의미하며, 이외에도 블록이 아닌 블록 부재나 작업에 필요한 기계나 장비의 운반을 포함하고 있다. Table 1은 블록 이동 요청 데이터의 항목과 그에 대한 데이터 예시를 나타내며, 각 항목들은 다음과 같이 의미한다.

- No.(순번) : 블록 이동 요청 순번
- Classify (구분) : 작업이 이루어지는 지역(사내, 사외)
- Sector (부문) : 작업이 이루어지는 부서
- Project (프로젝트) : 블록이 속한 선박 프로젝트
- Block (블록) : 블록의 명칭
- Specification (제원) : 블록의 크기
- Weight (중량) : 블록의 중량
- Work scope (작업구분) : 작업의 명칭
- Loading area (상차지) : 요청된 블록의 상차 위치
- Request work time (요청작업시간) : 블록의 이동 작업이 이루어져야 하는 시간
- Worker (작업자) : 블록 이동을 신청한 작업자
- Registration date (등록일) : 블록 이동이 수행되어야 하는 날짜

블록 이동 요청 데이터에서는 하나의 블록이 어느 시점에 한 위치에서 다른 위치로 이동 요청된 데이터가 중요하므로 학습 데이터로 사용하기 위해서는 요청된 블록에 대한 정보 즉, 프로젝트, 블록 명, 블록의 제원 등 세 가지와 현재 위치를 나타내는 상차 위치, 목적지를 나타내는 하차 위치, 작업이 이루어져야 하는 날짜와 시간이 필요하다.

### 3.2 블록 이동 실적 데이터

블록 이동 실적 데이터를 살펴보면, 조선소에서 블록은 하루에 적게는 수십 건에서 많게는 수백 건으로 많은 이동이 이루어지고 모든 블록 이동 정보는 실적으로 기록하여 관리하게 된다. Table 2는 조선소에서 관리하고 있는 블록 이동 실적 데이터의 항목과 그에 대한 데이터 예시를 나타내며, 블록 이동 요청 데이터와 상이한 각 항목들은 다음과 같이 의미한다.

- Equipment (장비) : 블록 운반 수단 장비
- Loading area (상차지) : 실제 블록이 상차된 위치

- Unloading area (하차지) : 실제 블록이 하차된 위치
- Working time (작업시간) : 블록 이동이 수행된 시간
- Worker (작업자) : 블록을 운반한 작업자

이러한 블록 이동은 블록의 이동 목적에 따라 두 가지 형태로 나눌 수 있다. 공정 작업 수행을 목적으로 입고를 위하여 이동하거나 하나의 공정 작업이 종료되어 작업장에서 출고를 위하여 이동하는 목적 이동과 하나의 블록이 목적 이동이 이루어질 때 간섭 블록에 해당하는 블록이 다른 곳으로 이동하게 되는 부수 이동으로 나누어진다. 따라서 하나의 블록이 이동될 때, 부수 이동이 아닌 목적 이동을 기준으로 블록 이동 실적 데이터에서의 학습 데이터를 선정하였다.

Table 3 Process plan and process data

Project	Block	Process			Process			...
		Start	End	Location	Start	End	Location	
PR0001	A110	3/3	3/9	D101	4/1	4/7	P201	...
PR0002	B111	3/7	3/10	E102	4/6	4/12	P312	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...

### 3.3 공정 계획 및 공정 정보

선박 및 해양플랜트 분야는 선표 계획, 공정 계획, 일정 계획, 실행 계획을 수립하여 각 생산 공정 단계 별로 계획에 따라 생산하게 된다 (Lee, 2007). 각 생산 공정 단계에서 생산되는 블록은 어느 시점에 어느 공정 작업장에서 해당 공정 작업이 이루어지고, 블록의 이동 또한 공정 계획 및 공정 정보에 따라서 수행된다. Table 3은 조선소에서 관리하고 있는 블록 별 공정 계획 및 공정 정보로 각 항목과 그에 대한 데이터 예시를 나타내었으며, 각 항목이 의미하는 것은 다음과 같다.

- Process (공정작업명) : 공정 작업 명
- Start (시작일) : 공정 작업이 시작되는 날짜
- End (종료일) : 공정 작업이 종료되는 날짜
- Location (위치) : 공정 작업이 이루어지는 위치

공정 계획과 공정 정보는 공정 작업장으로 블록이 운반되었을 때 공정 작업장 내 작업이 완료되지 못하여 블록의 반출 및 반입이 불가능하거나 공정 계획에 따라 블록 생산 및 작업이 이루어지나 블록마다 크기나 난이도에 따라 작업 일정이 달라지므로 블록 별 공정 계획과 공정 정보를 이용하여 작업이 이루어지는 시간과 작업장 현황에 따라 적치 위치가 결정되어야 한다.

### 3.4 기타 정보

조선소에서 공정 작업장에 할당된 적치장이 존재하였으나 2000년대부터 선박 건조량이 점차 증가함에 따라 블록 수에 비해 적치 공간이 부족하여 할당된 적치장 이외의 적치장에 적치하게 되었으며, 이로 인하여 블록의 이동이 많아졌고 물류 관리 및 이동에 소요되는 비용과 시간이 증가하게 되었다 (Son, et al., 2014). 3절에서 적치장 선정 관련 데이터 이외에도 적치장 가동율이나 적치장 별 블록의 이동 거리 등의 추가로 고려되어야 하는 요소들이 있으나 본 연구에서는 공정 작업장에 할당된 적치장만을 다루었으며, 다른 요소들은 추후 연구에서 다루도록 할 예정이다.

본 연구에서는 위에 언급한 적치장 할당이라는 개념 대신에 블록이 다음 공정 작업을 대기할 때 블록 공정 작업장과 근접한 적치장으로 적치될 수 있도록 공정 작업장 주변 적치장의 분포를 확인하고 이 정보를 활용하였다.

## 4. 학습 알고리즘 선정

기계 학습(Machine learning)은 학습하는 데이터의 형태나 목적에 따라 그 방법을 선택하게 되며, 어떤 방법을 선택하느냐에 따라 결과가 달라지므로 학습 방법을 선택하는 것은 중요하다 (Jang, 2007). 기계 학습은 지도 학습(Supervised learning), 비지도 학습(Unsupervised learning), 강화 학습(Reinforcement learning) 등 크게 3가지로 나누어진다. 지도 학습은 학습 데이터로부터 입력 값에 대한 예측과 추정, 분류를 수행하고 비지도 학습은 입력 데이터로부터 패턴이나 규칙을 탐색하며, 강화 학습은 환경 변화에 따라 취해야 할 행동을 선택할 수 있도록 각 행동을 평가하게 된다. 궁극적으로 기존의 데이터와 적치장 상황을 학습하고 각각의 상황에서의 이동을 평가하여 최적의 적치 위치를 찾을 수 있는 점진적 학습을 통한 지능형 블록 적치장 선정은 목표로 하고 있다. 학습 알고리즘을 선정하기에 앞서 블록의 이동은 Fig. 2을 통해 설명한 바와 같이 생산 기간 동안에 계속해서 발생하며, 이러한 블록의 이동은 한 시점에 하나의 블록만 이동하는 것이 아니라 다수 블록의 이동이 동시다발적으로 발생하고 있고, 상황에 따라서는 급하게 이동하여야 하는 경우도 발생한다. 이에 블록의 이동이 필요할 때마다 조선소 내 전체 상황을 파악하고 새로운 적치장을 선정하는 과정에서 비효율적인 시간과 비용 소모가 발생한다. 이에 블록의 이동에 대한 기존의 데이터를 학습하여 블록 이동 요청이 이루어지면 대응하는 적치장을 도출할 수 있도록 학습 방법의 특징에 따라 지도 학습 방법을 선택하였다. 그 중에서도 지도 학습에는 다양한 알고리즘들이 존재하는데, 학습하고자 하는 블록의 이동 요청 데이터와 실적 데이터, 공정 계획 및 공정 정보 등의 적치 위치를 선정에 관여하는 데이터들은 범주형 데이터이면서 비선형 데이터이며, 본 연구의 최종 모형은 블록 하나하나의 움직임과 동시에 일어나는 상황을 학습하여 의사결정 트리 학습(Decision tree learning) 방법을 선정하였다.

의사결정 트리 학습은 의사결정 트리에 학습의 개념이 더해진 것으로 통계학 및 데이터 마이닝, 기계 학습에서 사용되는 예측 모델링 기법으로서 일련의 질문에 근거하여 주어진 데이터 분류 알고리즘이다. 또한 본 연구에서 사용되는 데이터와 같이 통계학적인 용어를 사용하지 않고도 변수 간 상호작용을 쉽게 설명할 수 있는 화이트박스(White box) 형태인 것이 특징이며 (Lee, et al., 2005), 이는 곧 알고리즘을 통해 블록의 적치 위치를 도출하였을 경우, 적치 위치의 선정 이유와 선정 결과에 대해 확인이 가능하다. 의사결정트리 알고리즘의 대표적으로 ID3 (Iterative Dichotomiser 3), C4.5, C5.0 (Quinlan, 1993), CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detection) (Hartigan, 1975), CART (Classification and Regression Trees) (Breiman, et al., 1984) 등이 있으며, 이 중 적치장 선정 관련 데이터에 대하여 C5.0 알고리즘을 선정하였다.

C5.0 알고리즘은 Quinlan에 의해 개발되었으며, ID3의 개선된 C4.5 알고리즘을 개선한 의사결정트리의 대표적인 알고리즘이다. C5.0은 대부분의 문제에 적합하며, 범주형 및 수치형 데이터를 모두 다룰 수 있고 중요하지 않은 특징에 대해서는 제거를 수행한다. 또한 데이터 셋의 규모와 상관없이 사용이 가능하고 전문적 지식을 갖추고 있지 않아도 해석 가능한 모델을 생성하며, 다른 복잡한 모델보다 효율적으로 학습하는 것이 특징이다. 다만 의사결정트리 전반적으로 과적합(Over-fitting)이나 미적합(Under-fitting)이 일어나기 쉽고, 학습 데이터의 작은 변화량만으로도 결정 논리에 큰 변화를 가져올 수 있다는 단점이 있으나 과적합과 미적합은 사전 가지치기(Pre-pruning)과 사후 가지치기(Post-pruning)를 통해서 해결할 수 있고, 추후에 추가로 진행될 강화 학습을 통하여 해결할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 의사결정트리 학습을 이용한 블록의 적치 위치를 선정하는 로직의 구동 조건은 Fig. 3에서 나타내는 것과 같다. 작업자에 의해 블록의 이동이 요청되어 블록의 적치 위치가 Shop/Dock/적치장으로 요청 해당 적치장의 적치 가능 여부를 판단하여 적치가 불가능하거나 블록의 이동이 요청되었지만 적치 위치가 지정되지 않은 경우에 본 논문에서 제안한 방법을 통하여 블록의 적치 위치를 선정하는 것으로 정의하였다.

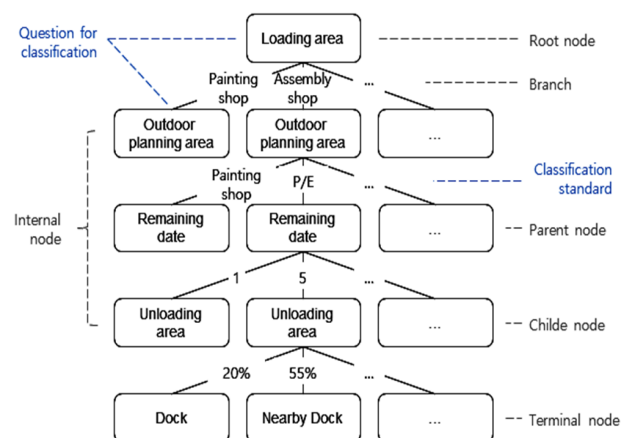


Fig. 3 Logic for block stockyard selection

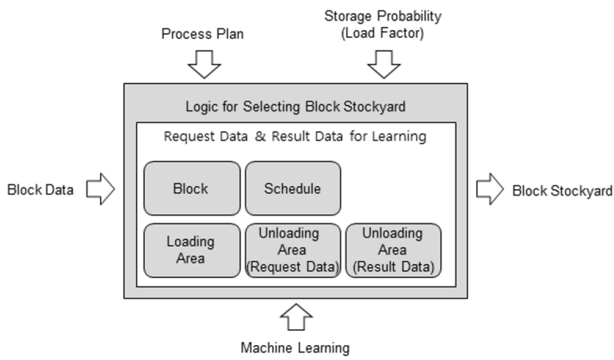


Fig. 4 Example of decision tree

의사결정트리 학습 방법을 통해 3절에서 언급한 기존의 블록 이동 요청 데이터와 실적 데이터, 블록 공정 작업 계획 정보와 공정 작업 위치 정보를 학습한 결과와 이동 요청된 블록의 대한 공정 계획 정보, 적치장의 가동율을 통해 적치장을 선정하게 된다. 본 연구에서의 결과로 생성된 의사결정트리의 일부를 Fig. 4에서 예시로 나타내었으며, 이를 통하여 각 마디는 가지는 질의를 나타내고, 가지는 질의에 대한 답으로 트리가 형성되며, 각 구성 요소를 설명하면 다음과 같다.

- 뿌리마디(Root node) : 트리구조가 시작되는 마디
- 자식마디(Child node) : 하나의 마디로부터 분리된 2개 이상의 마디
- 부모마디(Paent node) : 자식마디의 상위노드
- 끝마디(Terminal node) 혹은 잎(Leaf) : 트리의 끝에 위치한 노드
- 중간마디(Internal node) : 뿌리마디 및 끝마디가 아닌 트리 구조 중간에 위치한 마디
- 가지(Branch) : 하나의 마디로부터 끝마디까지 연결된 일련의 마디
- 깊이(Depth) : 가지를 이루고 있는 마디의 개수

## 5. 학습을 통한 적치 위치 선정

본 연구에서는 블록의 적치 위치 선정에 대해 의사결정트리 학습 알고리즘인 C5.0을 적용하고 적치장 선정에 대해 검증하였다. 학습 데이터는 조선소에서 건조중인 프로젝트 중 2016년 11월 한 달간 발생한 작업량이 가장 많은 3개의 컨테이너 선박을 건조하는 프로젝트에 대하여 블록 이동 요청 및 실적 데이터를 활용하였다. 11월 한 달간 발생한 3개의 프로젝트의 블록 이동 건수인 2,254건 중 학습에 관계없는 부재 이동 등의 데이터 항목

과 실적 기록의 오류, 제자리 이동 등의 잡음 데이터를 제거한 1,618건의 유효 데이터에 대해 학습을 진행하였다. 테스트는 학습으로 사용된 데이터 중 일부를 추출하여 진행하였고, 실제 적치장 선정, 블록의 이동과 비교하였다. 반면, 본 연구에서는 추출된 데이터에 대해 적치장의 부하율 및 간섭 블록에 대한 취급은 이루어지지 않으며, 테스트를 위하여 일부 적치장은 적치가 불가능하다는 조건과 적치장에서의 작업은 이루어지지 않는다는 전제 조건 하에 데이터 학습 및 적치장 선정 테스트를 수행하였고, 추가로 블록의 후행 공정 작업의 일정을 변경하며 적치장 선정 테스트를 진행하였다.

### 5.1 유효 데이터 추출 및 의사결정트리 학습 결과

기존의 데이터를 학습하기 위하여 블록 이동 요청 데이터 및 실적 데이터, 공정 계획 및 공정 정보, 공정 작업장과 근접한 적치장을 이용하여 각 데이터에서 학습에 유효한 데이터를 추출하고, 이를 통해 학습에 필요한 데이터를 계산하고 추가하였으며, Table 4와 같이 항목을 나열하여 정리하였다.

각 블록의 상차지 및 실제 하차지, 후행 공정 위치, 블록 이동 일, 후행 공정 작업일, 블록 이동이 이루어진 날짜로부터 후행 공정 작업 일까지 남은 기간으로 항목을 나열하였다.

### 5.2 적치장 선정 테스트

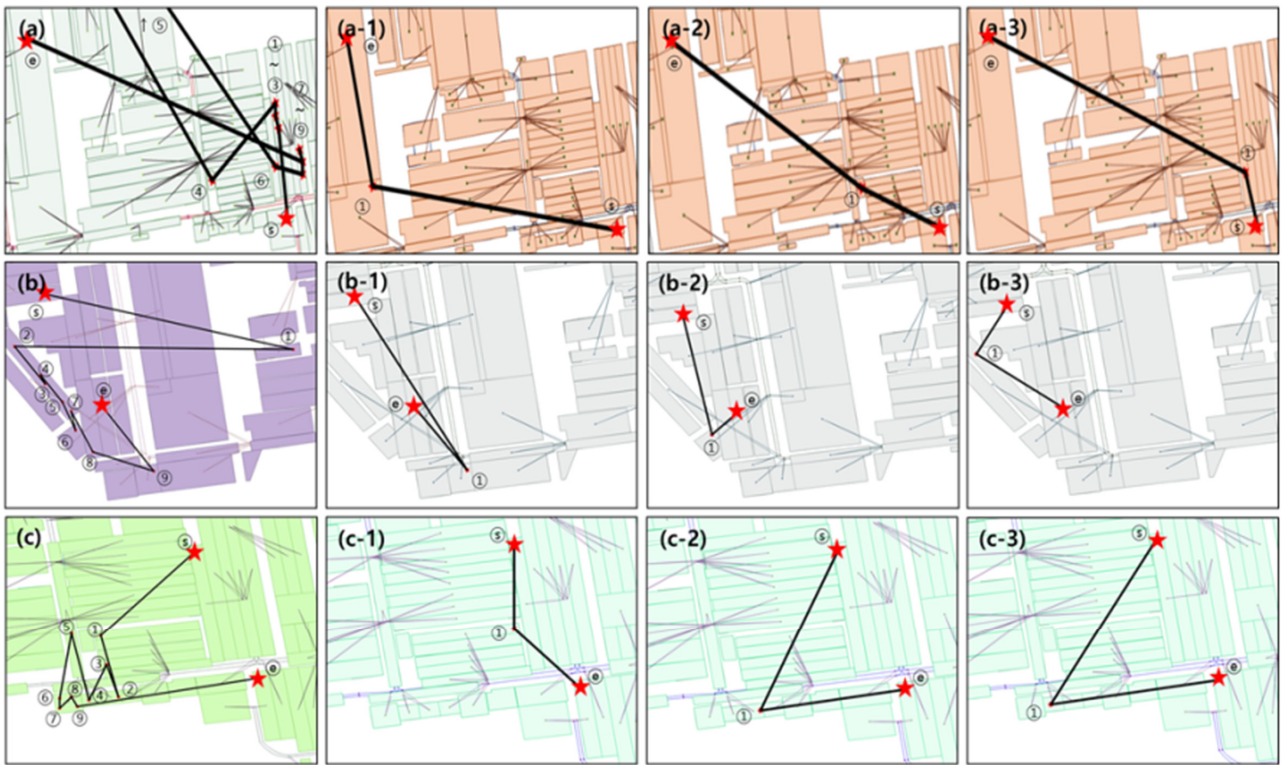
Fig. 4에서는 5.1절에서 추출한 데이터를 학습하여 나온 결과를 가시화한 트리 구조 중 일부를 나타내며, 트리 구조는 데이터를 분류할 때 어떻게 나누어졌는지에 대한 질의와 질의에 대한 답을 각각 노드와 가지를 통해 보여준다. 최상의 마디는 상차지가 어디인지 묻고 거기에 형성되는 가지는 상차지를 나타낸다. 상차지로 나누어진 데이터들은 두 번째 마디에서 후행공정 작업장으로 나누어지게 되며, 이러한 방식으로 끝마디인 적치장까지 생성되어 트리가 형성된다.

이렇게 형성된 트리를 이용하여 Fig. 5에서는 블록이 하나의 공정 작업장과 다음 공정 작업장까지를 하나의 사이클(Cycle)로 하여 기존의 블록의 이동 실적 데이터와 본 의사결정트리 학습 방법을 적용한 블록의 적치 위치의 선정 결과를 블록의 이동으로 비교하여 나타내었다. 여기서 블록의 이동 표기는 실제 도로에서의 이동 경로를 표기한 것이 아니며, 블록이 적치된 위치를 표기하고 이를 선으로 표기하여 블록 이동을 나타내었다. Fig. 5에서 (a)~(c)는 기존 실적으로 기록된 블록의 이동을 나타내며, 후행

Table 4 Extracted and computed data for learning

Project	Block	Loading area	Unloading area (result)	Escorting process area	Completion date	Escorting process start date	Remaining date
PR0001	A110	D210	E201	3Dock	3/3/2017	3/17/2017	14
PR0001	A111	H201	P101	P1	3/7/2017	3/8/2017	1
...	...	...	...	...	...	...	...





(S) : Advanced process work area  
 (O) : Outdoor planning process work area

Fig. 5 Comparison of the routes and stockyards of the blocks from past records ((a)~(c)) and the proposed method ((a-1)~(c-3))

Table 5 Comparing results of past data and proposed method

Block	Past data		Proposed method					
			Short ← Remaining time to process → a lot of					
	Movement count	Distance (m)	First (0~3 days)		Second (4~8 days)		Third (8~ days)	
			Movement count	Distance (m)	Movement count	Distance (m)	Movement count	Distance (m)
A	9	5,955	2	955	2	1,245	2	1,336
B	9	2,890	2	550	2	613	2	680
C	9	2,518	2	579	2	1,138	2	1,338
Results (average)			-7	- 80.7 %	-7	70.9 %	-7	67.0 %

공정 작업 일정에 따라 적치장 선정 결과를 비교하기 위하여 (a-1)~(c-3)에서 후행 공정 작업 일정에 따라 적치된 위치를 나타내었다. 여기서, (a-1)~(c-1)은 후행 공정 작업 일정까지 가까이 남은 경우(약 0~3일), (a-2)~(c-2)은 후행 공정 작업 일정까지 어느 정도 남은 경우(약 4~8일), (a-3)~(c-3)은 후행 공정 작업 일정까지 비교적 많이 남은 경우(약 9일 이상)로 나누어 나타낸다. 또한 Table 5에서는 Fig. 5에서 나타낸 블록 별 결과 비교를 나타낸다.

블록이 하나의 공정 작업장에서 반출되어 다음 공정 작업장으로 반입되기까지의 이동에서 블록의 적치장에 적치 및 적치장으로 이동횟수, 블록의 이동 거리(Count in Table 5)를 비교하였으며, 이동 거리는 실제 적치장 입출고 방향으로 고려하지 않

고 가장 가까운 도로를 이용한다는 가정 하에 계산하였다. 실제 적치장 입출고 방향과 크레인에 의한 이동에 대해서는 이번 연구에서 다루지 않고 향후 연구에서 이동 거리에 대한 학습을 고려할 때 함께 비교 및 평가할 예정이다. 기존 실적에서 나타낸 결과 대비 본 연구에서 제안한 방법을 사용한 경우, 블록의 적치 위치가 후행공정 작업 일정에 따라 일정이 가까우면 후행공정 작업장에서 가깝게 선정되고 일정이 멀면 후행공정 작업장에서 멀리 선정되는 것을 확인하였으며, 단순히 가깝고 멀리 선정되는 것이 아니라 후행공정 작업장으로 가는 경로 내 위치한 적치장으로 선정되는 것을 확인하였다. 추가적으로 실적과 블록 이동 거리를 비교해보았을 때에도 이동이 줄어든 것을 확인하였다.

## 6. 결론 및 향후 연구

본 연구는 블록의 입출고 시점에서 블록의 적치 위치를 선정하는 블록 물류 관리 문제를 다루었다. 이는 조선소에서 블록 생산과 물류 관리를 위하여 기존에 관리하고 있던 블록 이동 요청 데이터와 실적 데이터, 공정 계획 정보를 이용하여 적치장 내에서의 블록의 이동 거리를 최소화하고 블록 운반을 수행하는 장비인 트랜스포터의 운행을 최적화할 수 있도록 하는 첫 번째 과정이다.

본 연구는 조선소에서 물류 관리를 위하여 축적한 데이터를 학습하여 블록의 적치 위치를 도출하는 의사결정트리 학습 방법을 제안하였다. 구체적으로, 기존의 데이터에서 학습 결과에 영향을 미치는 데이터를 추출하고, 기계 학습 중에서 데이터를 분류하고 결과를 나타내는 과정을 확인하고 선정 결과에 대해 선정 이유와 결과 검증을 수행할 수 있도록 하는 의사결정트리 학습 방법을 제안하였다. 학습을 통해 블록 적치 위치를 선정하고 기존의 블록 이동 거리와의 비교를 통하여 의사결정트리 학습 방법의 적용을 검증하였다. 제안된 의사결정트리 학습 방법은 각 공정 단계에서 생산된 블록의 반입·반출에 있어 블록 적치 위치 선정 노하우의 시스템화로서 중요한 의미를 지니며, 트랜스포터 운영 계획 수립에서도 필수적일 것이다.

의사결정트리 학습 방법을 통해 도출한 블록의 적치 위치는 연속적으로 블록 이송 시 트랜스포터의 운영 전략과 함께 활용된다면 보다 나은 운영 환경이 조성될 것으로 판단되며, 블록 이동 거리의 최소화 및 트랜스포터의 최적 운영을 통하여 생산성 향상 및 비용 절감이라는 효과를 얻을 것으로 보인다.

마지막으로 본 연구를 바탕으로 하여 향후 연구로는 간섭 블록에 대한 취급과 적치장의 부하율을 고려하여 적치 위치를 선정할 수 있도록 진행할 예정이며, 실제 도로에서의 블록 이동 거리를 계산하여 적치장 선정 시 블록의 실제 이동 거리도 학습에 포함될 수 있도록 고려할 예정이다.

## 후 기

이 논문은 2016년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구이며(10067423), 2016년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2016R1A2B4014406).

## References

Breiman, L. Friedman, J.H. Olshen, R.A. & Stone, C.J., 1984. *Classification and regression trees*. Wadsworth and Books: California.

Cho, K.K. Chung, K.H. Park, C. Park, J.C. & Kim, H. S., 2001. A spatial scheduling system for block

painting process in shipbuilding. *The International Academy for Production Engineering, CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 50(1), pp.339-342.

Hartigan, J.A., 1975. *Clustering algorithms*. John Wiley & Sons: New York.

Jang, B.T., 2007. Next-generation machine learning technology. *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, 25(3), pp.96-107.

Jung, Y.S., 2007. *Block transportation management system*. Master's Thesis, Ulsan National University.

Kim, M.S. Cha, J.H. & Cho, D.Y., 2013. Determination of arrangement and take-out path in ship block stockyard considering available space and obstructive block. *Proceedings of the Society of CAD/CAM Conference*, Republic of Korea, 30 January - 1 February 2013.

Kim, J.O. Paek, T.H. Ha, S.J. Lee, S.H. Jung, M.Y. Min, S.K. Kim. D.S. & Hwang, S.Y., 2009. Development of real time location measuring and logistics system for assembled block in shipbuilding. *2009 Conference on Korean Operations Research And Management Society*, Pusan, Republic of Korea, 22-23 May 2009.

Koh, S.G., 1996. A production schedule with genetic algorithm in block assembly shop. *Korean Management Science Review*, 13(1), pp.1-12.

Lee, J.M., 2007. *An integrated process and measurement framework for planning production of large shipyards*. Ph.D. Thesis, Seoul National University.

Lee, K.H. & Yeun, Y.S., 2005, A study on the data analysis and utilization method based on datamining concept in ship design. *2005 Conference of Society for Computer Aided Design and Computer Aided Engineering*, Gangwon, Republic of Korea, 27 - 29 January 2005.

Lee, K.J. Lee, J.K. & Choi, S.Y., 1996. A spatial scheduling system and its application to shipbuilding DAS-CURVE. *Expert Systems With Applications*, 10(3/4), pp.311-324.

Lee, S.H., 2011. *Block transportation planning in a shipyard*. Ph.D. Thesis, Pusan National University.

Lee, Y.H. Lee, K.C. Lee, K.J. & Son, Y.D., 2008. Study on the positioning system for logistics of ship-block. *Special Issue of the Society of Naval Architects of Korea*, pp.68-75.

Park, C.K. & Seo, J.Y., 2006. JIBUN (location)



assignment algorithm for assembly blocks : A case of Hyundai Heavy Industries. *Industrial Engineers Interfaces*, 19(2), pp.160–167.

Park, M.H. Lee, W.S. Ock, Y.S. & Lee, T.E., 1995. A review of Korean shipbuilding industry and engineering research. *Industrial Engineers Interfaces*, 8(2), pp.5–20.

Roh, M.I., 2012. Block layout method in the block stockyard based on the genetic algorithm. *Ocean Systems Engineering*, 2(4), pp.271–287.

Son, J.R. Seo, H.W. & Ha, B.H., 2014. A heuristic algorithm for block storage planning in shipbuilding.

*Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 51(3), pp.239–245.

Quinlan, J.R. 1993. *Programs for machine learning*. Morgan Kaufmann Publishers: San Francisco.

