

컨테이너 터미널에서의 하역생산성 추정에 관한 연구

전수민
부산대학교 산업공학과
(1006sumin@pusan.ac.kr)

김갑환
부산대학교 산업공학과
(kapkim@pusan.ac.kr)

본 연구에서는 터미널의 운영전략과 하역시스템의 다양한 속성들이 반영이 된 터미널의 하역생산성 추정모형을 제시하였다. 터미널 설계 시 고려되는 하역시스템 특성 및 장치장의 레이아웃을 고려한 다양한 요소들을 반영하여 실험하였으며 시뮬레이션을 이용하여 하역 생산성 자료를 수집하였다. 수집된 자료를 바탕으로 회귀분석을 통하여 모델의 유의성을 검증하였다.

논문접수일 : 2008년 07월

게재확정일 : 2008년 09월

교신저자 : 전수민

1. 서론

하역은 화물을 싣고 내리는 일, 옮기는 일, 창고에 쌓고 꺼내는 일, 이동에 관한 일체의 현장처리 작업을 말한다. 컨테이너 터미널은 다양한 하역작업이 동시에 이루어지는 대표적인 작업현장이다. 컨테이너 터미널에서의 하역작업은 그 영역에 따라 세 부분으로 구분할 수 있다. 선박의 컨테이너를 내리거나 선박으로 컨테이너를 싣는 작업을 하는 안벽크레인이 있는 선석영역, 터미널로 반입된 컨테이너를 저장하거나 외부로 반출할 컨테이너를 저장할 때 발생하는 하역작업을 처리하는 야드 크레인이 있는 장치장 영역, 그리고 선석과 장치장을 오가면서 컨테이너를 운반하는 이송영역이다. 컨테이너의 흐름은 작업형태에 따라 거처가는 작

업 순서는 달라질 수 있지만, 해당 작업을 처리하는 하역장비는 정해지게 되므로 효율적인 하역시스템 설계는 터미널 생산성 향상에 중요한 부분임을 알 수 있다.

하역시스템에 관한 기존연구로는 다음과 같은 것들이 있다. 이경모, 김갑환(1999)은 컨테이너 터미널에서 반입 반출에 대한 서비스 수준의 향상을 위해서 트럭의 대기시간을 줄이는데 중점을 두어 연구를 하였다. 류명욱(1998)은 트랜스퍼 크레인 과 컨테이너 크레인의 기초 표준자료를 제시하고 이를 이용하여 장비들의 처리율과 시스템 처리율을 제시하였다. Lia and Leung(1996)은 트럭의 대기시간을 줄이고 서비스 수준을 향상 시키기 위하여 새로운 타입의 장치장 크레인 운영방법을 개발 하였다. 윤원영, 최용석, 송진영, 양창호(2001)는

* 본 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술 연구사업단).

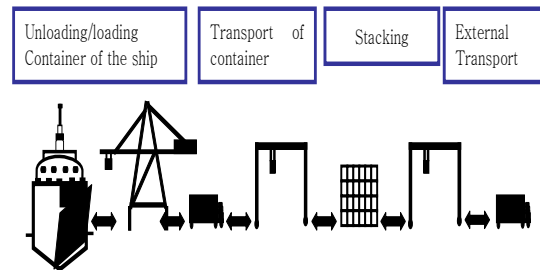
실제 현실에서 일어나고 있는 QC의 고장을 반영한 QC의 하역능력을 시뮬레이션을 이용하여 추정하였다. Saanen and Valkengoed(2005)는 야드의 배치형태를 고려한 야드 크레인의 작업할당에 대한 제시하고 시뮬레이션으로 대안을 평가하였다. Yang et al.(2006)은 이송장비 중심으로 하역 시스템을 제시하고 생산성을 시뮬레이션을 이용하여 비교하였다. 그러나 이들 연구들은 작업영역별 개별적인 하역생산성 산출에 중점을 두고 있으며 연구대상으로 삼은 터미널의 특정 하역시스템으로 모델을 한정하여 하역 생산성을 분석하였다. Vidovic and Kim(2006)은 컨테이너 터미널의 하역작업을 3단계로 나누고 생산성 분석을 위한 수리모형을 제안하였다. 제안한 수리모형은 복잡한 모델로 구성되어 있어서 실제 항만크기의 모델로 적용할 경우에는 무리가 생길 수 있다.

본 연구에서는 터미널의 운영전략과 하역시스템의 다양한 속성들이 반영이 된 추정 모델을 만들어 터미널의 하역 생산성 산정에 도움을 주고자 한다. 본 연구의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 컨테이너 터미널의 하역시스템 특성에 대해서 살펴보고 제 3장에서는 터미널 생산성에 영향을 미치는 요소들을 고려하여 컨테이너 터미널의 하역 생산성 추정 모델을 제시하고 제 4장에서 시뮬레이션을 이용하여 하역 생산성 자료를 수집하였다. 제 5장에서 수집된 자료를 바탕으로 회귀분석을 이용하여 모델을 검증하였다. 제 6장에서 결론 및 향후 과제로 맺는다.

2. 컨테이너 터미널의 하역시스템

컨테이너 터미널의 하역시스템을 구성하는 대표적인 하역 장비로는 안벽 크레인(QC : Quay Crane), 이송장비, 야드 크레인이 있다. <그림 1>

에서 보여주듯이 터미널에서 발생하는 작업은 이들 장비간의 유기적인 흐름으로 처리된다. 따라서 장비의 작업지연을 최소화 하고 생산성을 높일 수 있는 하역 시스템 선정은 터미널의 경쟁력을 결정짓는 중요한 부분이 된다. 본 장에서는 컨테이너 터미널에서의 하역 시스템의 특성을 살펴보고 생산성에 영향을 미칠 수 있는 하역시스템 설계요소를 제시한다.



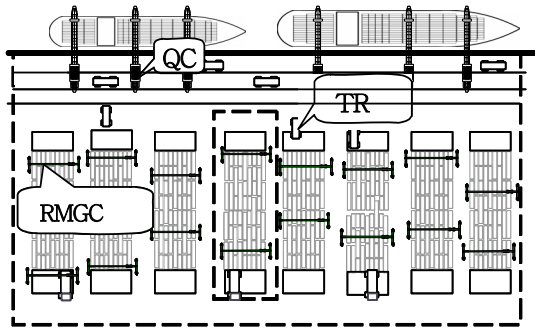
<그림 1> 컨테이너 터미널에서 발생하는 작업

2.1 대상하역시스템의 특성

본 연구에서 다루는 하역시스템은 컨테이너 터미널에서 적용하고 있는 장비를 대상으로 하였다. 터미널 레이아웃은 <그림 2>와 같이 수직배치 장치장 형태이다. 장치장에서 컨테이너를 저장 및 인출작업을 하는 자동화 야드 크레인 장비로는 (RMGC) Rail Mounted Gantry Crane을 적용하였다. RMGC는 RTGC처럼 다른 블록으로의 이동이 허용되지 않고 할당된 블록에서 작업을 수행하게 된다. 하지만 기존의 RTGC(Rubber Tired Gantry Crane)에 비하여 기계적 성능이 높고 장치효율 면에서도 고단적으로 적재를 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

이송장비는 다른 하역장비와 연계되는 작업을 수행할 때 대기가 발생하게 된다. 이러한 특성은 기존 재래식 항만에 적용하고 있는 YT(Yard Truck)

의 속성과 같다고 볼 수 있다.



<그림 2> 대상 컨테이너 터미널

터미널에 입항한 선박에 대한 하역작업을 수행하는 안벽 크레인의 생산성은 일반적으로 터미널의 생산성과 서비스수준을 결정하는 중요한 지표로 사용되고 있다. 따라서 다른 하역장비를 보다 다양한 형태의 QC가 개발되고 있으며 다른 작업 영역에 비하여 가장 숙련된 작업자가 필요한 작업 영역이기도 하다. 본 연구에서 고려한 QC 작업은 가장 일반적으로 많이 사용되고 있는 Single Trolley 형태의 크레인을 대상으로 하였다.

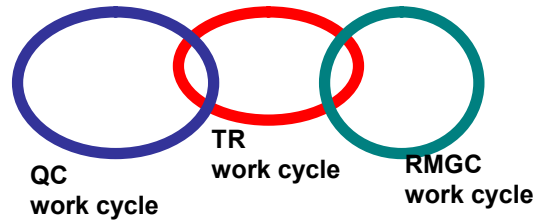
3. 컨테이너 터미널에서의 하역 생산성 추정방법

본 장에서는 컨테이너 터미널에서의 하역 생산성에 영향을 미치는 요소들에 대해서 살펴보고 이들 요소들을 고려한 하역 생산성을 추정하는 식을 제안한다.

3.1 하역시스템의 생산성을 결정하는 요소

하역시스템을 구성하는 장비들의 특징에 따라 하역 생산성에 영향을 미치는 요소들이 달라질 수

가 있다. 본 연구에서 고려한 하역시스템에서는 선석과 장치장을 오고 가는 이송장비의 역할이 무엇보다 중요하다. <그림 3>에서 보듯이 하역작업을 담당하는 QC와 RMGC의 작업사이클은 이송장비의 작업사이클과 맞물려 있다. 따라서 이송장비의 작업 지연이 발생하게 된다면 안벽크레인의 작업 지연과 야드 크레인의 작업대기로 전체 터미널의 생산성이 낮아질 수가 있다. 이러한 경우 차량의 대수를 늘려서 이송영역에서 생기는 작업지연을 해소 할 수 가 있다. 하지만 할당된 이송장비의 처리능력이 크레인의 작업 처리능력을 초과하게 된다면 이송장비의 정체현상이 생길 수도 있다. 그러므로 크레인의 작업지연을 최소화 할 수 있는 적정 이송장비대수 결정이 필요하다.



<그림 3> 대상하역시스템의 작업 사이클

또 다른 고려요소로는 하역장비의 기계적 성능이다. 운영방식이 동일한 환경에서 안벽크레인의 생산성을 향상시킬 수 있는 방법은 이송장비나 야드 크레인의 자체 처리능력을 향상시켜 신속하게 작업을 처리하도록 하는 것이다. 각 장비의 신속한 작업처리가 이루어 진다면 QC의 사이클 타임이 짧아져 QC의 처리능력을 향상시킬 수 있다.

이송장비의 신속한 처리능력을 결정하는 요소는 주행속도와 운행경로이다. 이송장비의 주행영역은 이미 결정되어 있으므로 이송장비의 사이클 타임의 변화는 주행속도의 변화에 따라 달라지게

된다. 한 블록에 할당된 RMGC의 사이클 타임에 영향을 미치는 요소는 RMGC의 주행속도(Gantry speed), 상하속도(Hoist speed), 횡행속도(Trolley speed)가 있다.

본 연구에서는 하역생산성에 영향을 미치는 고려 요소로 한대의 QC 마다 할당되는 이송장비 대수와 이송장비의 주행속도 그리고 RMGC의 주행속도로 하였다. 또 다른 고려요소는 장치장의 블록 사양이다. RMGC는 할당된 블록 내에서만 작업을 처리하게 되므로 블록의 사양에 따라 RMGC의 횡행작업, 상하작업, 주행작업 시간이 달라지므로 이것은 RMGC 작업 사이클에 영향을 미치는 요소가 될 수 있다. 또한 블록사양은 저장능력이 주어졌을 때 한 블록을 구성하는 열과 단수 그리고 베이의 개수를 조정하면 장치장내 총 블록 개수도 조정된다. 결국 QC 작업을 지원하는 RMGC의 대수는 블록개수에 비례한다고 볼 수 있다.

하역시스템의 생산성에 영향을 미칠 수 있는 고려 요소들은 아래 표와 같다.

<표 1> 하역생산성에 고려되는 요소

고려요소
1. QC한대당 할당되는 이송장비 대수
2. 이송장비 사이클타임
3. RMGC 사이클타임
4. QC 사이클 타임
5. RMGC 대수
6. 장치장 내 블록 사양 (약12,852 TEU : Twenty-foot Equivalent Units)

3.2 하역생산성 추정 식 제시

컨테이너 터미널의 생산성을 결정짓는 요소는 안벽 크레인의 시간당 컨테이너 처리량이다. 터미

널의 작업 특성상 컨테이너 처리 작업은 하역장비 간의 유기적인 흐름으로 진행된다. 따라서 안벽크레인의 생산성은 작업에 참여하는 다른 하역장비의 특성과 터미널 운영 전략에 많은 영향을 받게 된다. 따라서 앞장에서 언급한 설계 요소들이 안벽크레인의 생산성에 어떠한 영향을 주는지 살펴보기 위하여 하역생산성 추정 모델을 제시한다.

3.3 하역생산성 추정모델 제시

터미널의 하역 생산성 추정을 위한 모델을 제시한다.

모델에 사용된 변수의 정의는 다음과 같다.

- C_q = QC의 기계적 사이클 타임
- C_y = RMGC의 기계적 사이클 타임
- C_v = 이송장비의 기계적 사이클 타임
- T_q = QC의 생산성
- M_q = QC의 시간 당 최대처리 개수($3600/C_q$)
- N_v = QC마다 할당되는 이송장비 대수
- N_y = RMGC 대수

이송장비와 RMGC의 사이클 타임이 주어지고 장비 별 대수가 주어진다면 이송장비와 RMGC가 몇 분마다 컨테이너를 처리하는지 알 수 있다. 본 연구에서 제시하는 하역생산성 추정 모델은 QC의 작업사이클 시간과 이송장비의 작업 사이클 시간의 비($C_v/N_v/C_q$) 그리고 QC의 작업 사이클 시간과 RMGC의 작업 사이클 시간의 비($C_y/N_y/C_q$)를 독립변수로 보고 시뮬레이션을 통하여 얻게 되는 안벽크레인의 생산성과 사이클타임에 의해 계산되는 안벽크레인의 생산성의 비를 종속변수로 하여 하역생산성을 추정하고자 한다. 하역 생산성 추정

모델을 모형화 하면 식 (1)과 같다.

$$\frac{T_q}{M_q} = \alpha + \beta \frac{C_v}{N_v * C_q} + \gamma \frac{C_y}{N_y * C_q} + \epsilon \quad (1)$$

4. 시뮬레이션을 이용한 하역 생산성 자료 수집

앞장에서 제시한 추정모델의 값을 구하기 위하여 $C_v/N_v/C_q$ 와 $C_y/N_y/C_q$ 의 값을 구하고 하역생산성 자료를 수집하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. $C_v/N_v/C_q$ 를 구하기 위해서 고려한 요소는 <표 1>에 나타낸 이송장비의 속력과 QC 한 대 당 할당되는 이송장비대수이다. QC사이클 타임은 100초와 120초를 고려하였다. QC 한대 당 작업하는 이송장비의 사이클 시간의 비를 계산하면 <표 2>와 같다.

<표 2> QC와 이송장비간의 작업 사이클시간의 비

구 분 (QC에 할당된 이송장비대수)	$C_v/N_v/C_q$
6m/sec, 6대	0.270
5m/sec, 6대	0.291
4m/sec, 6대	0.322
6m/sec, 5대	0.324
5m/sec, 5대	0.349
4m/sec, 5대	0.386
6m/sec, 4대	0.405
5m/sec, 4대	0.436
4m/sec, 4대	0.482
6m/sec, 3대	0.540
5m/sec, 3대	0.581
4m/sec, 3대	0.643
6m/sec, 2대	0.810
5m/sec, 2대	0.872
4m/sec, 2대	0.965

앞에서 고려 요소로 제시한 장치장의 블록사양을 반영하기 위하여 세 가지 블록 사양을 정하고 QC와 RMGC 간의 작업 사이클타임의 비를 구하였다. C_q 의 값이 120인 경우 블록 대안 별 QC 한대 당 작업하는 RMGC의 사이클 시간의 비를 구하면 <표 3>과 같다.

<표 3> QC와 RMGC 간의 작업 사이클시간의 비

구 분 (블록 개수 RMGC 주행속도)	$C_y/N_y/C_q$	
$N_y = 5$	2m/sec	1.584
	3m/sec	1.479
	4m/sec	1.426
	5m/sec	1.395
	6m/sec	1.374
$N_y = 7$	2m/sec	1.077
	3m/sec	1.012
	4m/sec	0.980
	5m/sec	0.961
	6m/sec	0.948
$N_y = 11$	2m/sec	0.719
	3m/sec	0.668
	4m/sec	0.642
	5m/sec	0.626
	6m/sec	0.616

<표 2>와 <표 3>에서 구한 설계 요소 값이 조합된 시스템의 생산성을 구하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 모델은 한 선석을 대상으로 하였다. 실험에 필요한 기초 자료는 실제 데이터를 수집 하였다. 각 설계요소 조합에 대하여 10번 반복실험을 수행하였다. 시뮬레이션의 초기 설정은 다음과 같이 가정하였다.

1. 시뮬레이션의 Warm-up period는 7일이다.
2. 한 선석을 대상으로 하였으며 선석에 할당된 QC대수는 3대이다.
3. 모든 야드 크레인은 동일하며 동일한 블록에서 교차가 불가능하다.

4. 모선의 입항정보 및 물량정보는 실제 데이터를 반영하였으며 한달 동안 29척의 모선이 한 선석에서 하역 서비스를 받는다.
5. 이송장비의 운영방식은 지정장비 할당(dedicated dispatching) 이다.
6. 수출 컨테이너의 장치비율은 수출 컨테이너가 반입된 후 선박에 적하 할 때까지 장치되는 컨테이너 수의 비율로써 적하 작업 시작 전 7일 간의 자료를 수집하였다.
7. 수입 컨테이너의 장치비율은 수입 컨테이너가 선박으로부터 양하 후 7일 간의 자료를 수집하였다.
8. 시뮬레이션 수행 시 양하, 적하, 반입, 반출 작업은 동시에 일어난다.
9. 장치장에서 컨테이너 저장위치는 랜덤하게 결정된다.
10. 블록의 용도는 수출입 혼재로 가정한다.
11. 선석과 장치장을 오가는 이송장비의 주행거리는 직각거리로 하였다.

시뮬레이션에서 반 출입 작업은 동시에 발생되며 본선작업은 양하 작업이 끝나면 적하 작업이 시작된다. 더 이상의 처리할 물량이 없으면 시뮬레이션은 종료된다.

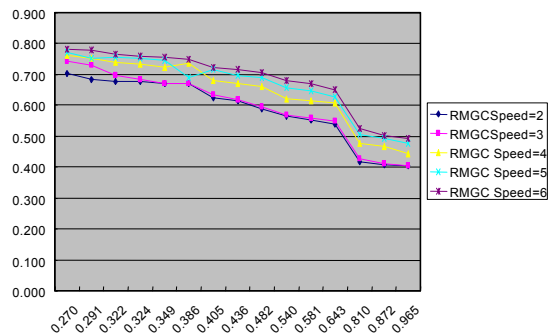
시뮬레이션 종료 후 각 설계요소 조합 별로 시스템 생산성을 수집하여 하역 생산성 추정 모델에 적용 해 보면 <표 4>와 같다. <표 4>의 각 칸에 채워진 값은 T_q/M_q 를 의미한다.

<표 4>는 실험 결과의 일부를 나타낸 것인데 $C_y/N_y/C_q$ 에서 N_y 와 C_q 값은 일정하고 속도변화에 따른 C_y 의 값을 변화시켰을 예이다. 그래프로 표현해 본다면 <그림 3>과 같다.

실험결과 야드 크레인의 속도가 일정한 경우 이송장비속력의 변화보다는 안벽 크레인에 할당되

<표 4> 시뮬레이션 결과의 예

$C_y/N_y/C_q$	$C_y/N_y/C_q$				
	1.077	1.012	0.980	0.961	0.948
0.270	0.703	0.744	0.763	0.772	0.781
0.291	0.682	0.730	0.752	0.754	0.777
0.322	0.678	0.695	0.738	0.755	0.766
0.324	0.677	0.684	0.733	0.754	0.758
0.349	0.669	0.671	0.722	0.746	0.756
0.386	0.669	0.671	0.736	0.688	0.750
0.405	0.624	0.633	0.679	0.715	0.721
0.436	0.614	0.616	0.671	0.695	0.717
0.482	0.588	0.593	0.659	0.688	0.706
0.540	0.563	0.569	0.620	0.657	0.680
0.581	0.553	0.558	0.615	0.648	0.670
0.643	0.538	0.548	0.606	0.627	0.650
0.810	0.418	0.427	0.476	0.506	0.526
0.872	0.407	0.411	0.466	0.492	0.503
0.965	0.404	0.404	0.444	0.476	0.493



<그림 3> N_y 값의 변화에 따른 QC 생산성

는 이송장비의 대수가 많을수록 QC의 생산성이 높음을 알 수 있다. 이것은 이송장비의 순수 주행 시간보다는 안벽 크레인이나 야드 크레인과 연결작업으로 지체되는 시간이 이송장비의 작업사 이클에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 이송장비의 속성을 고정시켜 놓고 RMGC의 속력을 증가시켜보면 시스템의 생산성도 높아짐을 알 수 있는

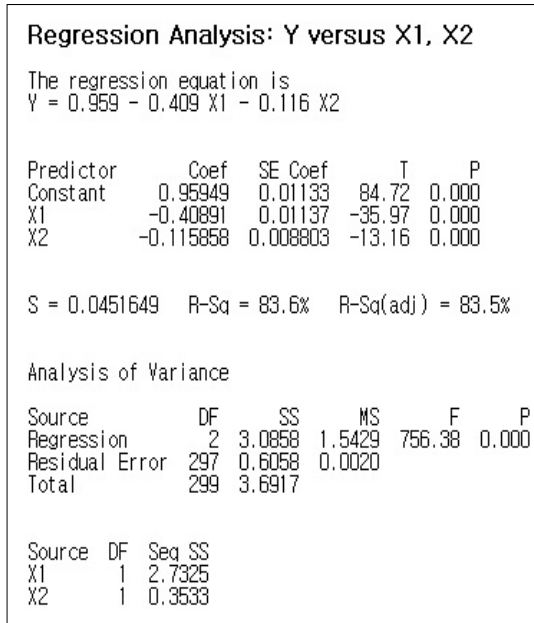
데 이것은 RMGC 속력이 낮을수록 작업 부하가 많이 생겨 전체 시스템의 생산성을 낮게 한다는 것을 알 수 있다. 장치장의 블록 사양에 대한 실험 결과 11개 블록이 가장 생산성이 높았으며 5개 블록이 생산성이 가장 낮았다. 대상 터미널의 장치장은 수직형태 장치장 이므로 각 대안 별 이송장비의 주행거리는 생산성에 많은 영향을 미치지 않음을 알 수 있었으나 각 대안 별 작업하는 RMGC대수가 생산성변화에 많은 영향을 미침을 알 수 있었다. 즉, 블록의 개수가 증가할수록 한 블록의 저장단수와 열수는 낮아지지만 작업하는 RMGC의 대수는 블록의 대수와 동일하므로 늘어나게 된다. 터미널의 생산성과 장치장의 저장능력을 고려한다면 생산성을 향상시킬 수 있는 적정 장비대수 결정과 블록 사양의 설계가 필요하다.

5. 통계적 기법을 이용한 생산성 예측 모델 수립

시뮬레이션을 수행한 후 데이터의 형태로 얻어지는 추정모델 값에 대해서 영향을 미치고 있는 원인이 어떠한 관계가 있는지를 알아보기 위하여 통계적 기법을 이용하였다.

독립변수의 값에 대한 종속변수가 갖는 값의 정확한 추정을 하기 위해서 회귀분석을 수행하였다. 본 연구에서 제시하는 추정모델은 2개의 독립변수와 1개의 종속변수로 구성되므로 중 회귀모델이므로 독립 변수 X_1 은 $C_v/N_v/C_q$ 이며 X_2 는 $C_y/N_y/C_q$ 이고 종속변수(Y)는 T_q/M_q 이다. 회귀분석의 수행은 통계분석 전용 도구인 MINITAB14버전을 사용하였으며 결과 출력은 <그림 5>와 같다.

출력된 회귀분석 결과를 해석해보면 추정된 회귀 식은 $\frac{T_q}{M_q} = 0.959 - 0.409 \frac{C_v}{N_v * C_q} - 0.116 \frac{C_y}{N_y * C_q}$



<그림 5> 회귀분석 결과 출력

이며, P값이 모두 0.05보다 작으므로 유의하다. S는 회귀선에 대한 표준 편차의 추정 량이고 R-sq(adj)은 회귀식에 변수가 추가될 때 마다 R-sq 값이 늘어나는데 대한 조정 값이다. 예측변수가 2개 이상일 때 이 값은 의미가 있는데 추정된 회귀식에서 R-sq(adj)값은 83.5%로 전체 변동 중 회귀식에 의해 설명되는 변동이 83.5%로 높은 편이다. 분산분석의 결과 F = 756.38로 매우 크며, 회귀변동의 p값은 0이므로 회귀식이 매우 유의함을 알 수 있다. Seq SS는 예측 변수가 2개 이상인 분석에서 나타내는 것으로 순차적 변동의 합(Sequential sum of squares)이다. 이는 변수들이 모형에 들어간 상황에서 구해지는 t-통계량 테스트와는 달리 모형에 앞서 어떤 변수가 들어간 조건하에 계산되는 현재 변수만의 변동의 합(sum of square)이다. 예를 들어 X1는 변수가 모형에 들어가서 Seq SS가 2.73이 되었다면, 다음의 X2 변수의

0.3533은 X1이 주어진 상황에서 가지게 되는 유일한 X2의 순차적 변동의 합이다.

추정된 회귀 식을 이용하여 QC의 생산성을 추정해 보자. 주어진 값으로 QC의 기계적인 사이클 타임은 120초이고, 이송장비의 기계적인 사이클 타임은 240초, RMGC의 기계적인 사이클 타임은 180초이다. QC당 할당된 이송장비의 대수는 5대이고 RMGC는 2.3대라고 하자. X1은(240/5/120)이고 X2는(180/2.3/120)이 된다. 회귀 식에 대입해 보면 Y값은 0.719가 된다. 따라서 추정되는 QC의 생산성은 약 22개임을 알 수 있게 된다.

6. 결론

본 연구는 컨테이너 터미널의 하역 생산성을 추정하기 위한 모델을 제시하고 유의성을 검증하였다. 터미널 설계 시 고려되는 하역시스템 특성 및 장치장의 레이아웃을 고려한 다양한 요소들을 반영하여 실험하였으며 수집된 데이터를 회귀분석을 통하여 유의성을 검증하였다. 추정된 회귀식은 다양한 설계요소를 고려하였으므로 보다 일반적인 수준에서의 터미널 전체 하역생산성을 추정할 수 있는 식을 제시한 것에 의의가 있다. 본 연구는 선석이 하나인 단순한 경우에 대해서 하역 생산성 추정 모델에 대한 실험을 수행하였다. 그러나 보다 많은 종류의 하역시스템의 특성을 반영하기 위해서 다양한 터미널의 배치 형태와 여러 형태의 선진 장비에 대하여 추가로 고려하여 보다 광범위하게 하역시스템의 생산성 추정에 적용이 될 수 있도록 하는 후속 연구가 필요하다.

참고문헌

- 김갑환, 김홍배, 홍봉희, 김기영, 배종욱, 김두열, 최진오, 이영기, 박영만, 박강태, 손행태, 1995. “수출입 컨테이너 장치장 배정을 위한 소프트웨어의 개발”, *경영과학*, 12권 3호, 1~15.
- 류명욱, “컨테이너 터미널에서의 작업시간에 관한 연구”, *석사학위논문*, 부산대학교, 1998.
- 윤원영, 최용석, 송진영, 양창호, “컨테이너 터미널에서 컨테이너 크레인의 하역능력 추정에 관한 시뮬레이션 연구”, *대한산업공학회지*, 14권 1호(2001), 67~78.
- 이경모, 김갑환, “트랜스퍼 크레인의 반입 및 반출 작업순서 결정규칙의 도출과 비교실험연구”, *한국경영과학회 대한산업공학회 춘계공동학술대회논문집*, 1999.
- Liu, C. I., H. Julia, and K. Vukadinovic, “Automated Guided Vehicle system for two container yard layout”, *Transportation Research Part C*, 12(2004), 349~368.
- Vidovic, M., and K. H. Kim, “Estimating the cycle time of three stage handling systems”, *Annals of operations research*, Vol.144, No.1 (2006), 181~200.
- Saanan, Y. A. and M. V. Valkengoed, “Comparison of three automated stacking alternatives by means of simulation”, *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*, 2005, 1567~1576.
- Yang, C. H., Y. S. Choi, and T. Y. Ha, “Simulation-based performance evaluation of transport vehicles at automated container terminal”, *OR Spectrum*, Vol.24(2004), 149~170.

Abstract

A Study on Estimation of the Productivity in Container Terminal

Su Min Jeon* · Kap Hwan Kim*

This study presents a method for estimating the productivity of the ship operation in container terminal. The productivity of the ship operation is influenced by the specifications of each piece of equipment and layouts of the terminal, and the operational strategies. The handling equipments considered in this study are QC(Quay Crane), RMGC (Rail mounted gantry crane), and Transporter (TR). The simulation experiments are conducted to estimate the QC productivity based on the change of the design factors.

Key Words : Conatiner Terminal, Productivity

* Pusan National University, Department of Industrial Engineering

저 자 소개



전수민

현재 부산대학교 산업공학과 박사과정이다. 한국해양대학교 물류시스템 공학과 학사를 취득하였고, 부산대학교 산업공학과 석사학위를 취득하였다. 부산대학교에서 현재까지 박사과정에 있다. 주요 연구분야는 물류관리, 물류정보, 최적화 등이다.



김갑환

부산대학교 산업공학과 교수로 근무 중이며 서울대학교 산업공학 학사, 한국과학기술원에서 산업공학 석사, 박사학위를 취득하였다. 생산관리, 물류시스템 분야를 강의하고 있고 관심분야는 생산시스템의 설계, 계획 및 운영의 최적화이다. 특히, 컨테이너터미널을 대상으로 다양한 연구를 수행하고 있다.