

# MODAPTS 기반 자동차 조립공정 공수 산정에 관한 연구

이창호\*

\*인하대학교 산업경영공학과

## A Study on the Man-Hour Computation Based on MODAPTS in Automobile Assembly Line

Chang-Ho Lee\*

\*Department of Industrial Engineering, INHA University

### Abstract

Domestic as well as global automobile manufacturers are making greater efforts in cost reduction to strengthen the competitiveness. In this study, we developed a program to effectively manage standard time of automobile assembly line, and confirm based on A-automobile factory data. For the purpose, we develop the system which is possible to manage standard time as well as calculate man-hour for automobile assembly line.

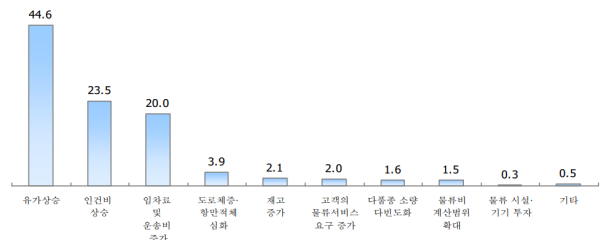
**Keywords :** MODAPTS, Man-Hour Computation, Automobile Assembly Line

### 1. 서론

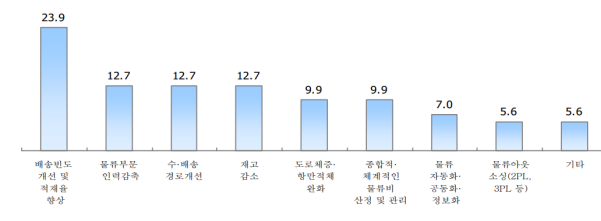
자동차는 수천 개 이상의 부품으로 이루어져 있으며, 최근 많은 부품들이 모듈화되어 완성체 업체가 관리해야 할 부품의 종류는 줄어들었지만 여전히 많은 수의 부품을 조달하여 조립하고 있다. 따라서 구매와 조달물류의 효율성이 중요하며, 생산시스템을 포함한 물류체계의 합리화가 생산성, 품질 등과 직결되기 때문에 물류의 중요성은 매우 높다고 할 수 있다.

2012년 한국교통연구원 발표에 의하면 GDP대비 국가물류비는 한국이 11.94%로 미국 7.98%, 2010년의 일본 7.46%에 비해 높은 것으로 나타났다. 매출액대비 기업물류비는 2011년 기준으로 한국은 8.03로 집계 되어 2009년 집계된 일본의 4.8 대비 약 2배 정도 높아 여러 면에서 물류효율 향상을 위한 개선이 요구되고 있다.

물류비 절감을 위해서는 물류시설 및 장비의 개선과 함께 물류인원의 공수관리가 중요하다. [Figure 1]은 물류비 증감 요인을 보여주는데 물류비 증가 요인으로 인건비 상승과 [Figure 2]의 감소요인으로 물류부문 인력 감축으로 나타난 것과 같이 인력관리의 필요성을 확인할 수 있다.



[Figure 1] Causes of Logistics Costs Increase



[Figure 2] Causes of Logistics Costs Decrease

본 논문에서는 자동차 물류 중 조달물류에서 조립라인에 자재를 조달하는 사내 물류부문을 대상으로 하여 물류인원의 공수관리를 위한 시스템을 개발하고 이를 활용할 수 있는 방안에 대해 연구를 진행하였다.

†본 연구는 2015년 인하대학교 연구비 지원으로 연구되었음

†Corresponding Author : Chang-Ho Lee, 100 Inha-ro, Michuhol-gu, Incheon 22212, E-mail: lch5601@inha.ac.kr

Received: February 24, 2021; Revision: March 2, 2021; Accepted: March 2, 2021

## 2. 이론적 배경

### 2.1 PTS(Predetermined Time Standards) 기법

PTS법은 “같은 동작을 누가, 언제, 어디서 행하여도 그 소요시간은 같을 것이다.”라는 기초이념에 따르고 있다. 즉 인간의 작업에 포함되어 있는 일반적인 동작요소에 대하여 일관성 있는 정확한 기본 시간치를 측정함으로써 객관성 있는 표준시간을 설정하려고 하는 것이다.

PTS법은 1924년 미국의 A.B Segar에 의하여 MTA법(Motion Time Analysis)이 개발된 이래 현재까지 약 20종류 가까이 개발되었으며 이중에서 가장 널리 보급된 것이 WF(Work Factor)법과 MTM(Methods-Time Measurement)법이다. 한편 한국의 기업에서는 실적 자료법, 표준 자료법, 스톱워치 법, PTS법 등을 작업측정도구로서 사용하고 있는데 PTS 법의 보급률은 아직은 낮은 실정이나 증가하는 추세이다.

### 2.2 MODAPTS기법

MODAPTS법의 시간치는 신체 각 부분의 동작의 비로서 시간치를 나타낸다. 즉, 특정인을 꼭 집어서 그 신체 각 부분의 동작 시간의 비를 구하면 누구라도 뜻밖이라 할 만큼 유사한 수치를 나타내는데, 이것이 바로 MODAPTS법이 간단한 시간치로 표시가 가능한 원인이다. 동작 시간의 비는 손가락의 평균적인 동작(약 2.5)의 소요 시간을 최소 단위로 하고, 이를 1MOD로 표현한다. 이를 기준으로 다른 동작시간은 손가락 동작 시간의 몇 배에 해당하는지를 정수배의 수치로 표시하고 있다. 이때 1 MOD는 0.129 초인데, 이것은 최소경제 에너지 속도로서 MODAPTS법에서는 이 시간치를 정상치로 한다. [5] [6]

MODAPTS 법에는 동작분류 기호의 번호와 시간치를 일치시키는 방법을 적용하고 있다, 즉 동작기호 및 숫자, 즉 시간치를 함께 표시하는데, 동작의 수와 시간치의 수는 모두 21개가 있다. 이것들로부터 기존의 PTS법보다 훨씬 간단하게 시간치를 구할 수 있다. <Table 1>은 손과 관련된 동작의 예를 보여주고 있다.

<Table 1> Examples of hand-related movements

Action	Operation symbol	Time Values
Finger motion	M1	1 MOD
Hand movement	M2	2 MOD
Forearm movement	M3	3 MOD
Shoulder motion	M4	4 MOD
Bend and stretch arms	M5	5 MOD

### 2.3 자동차 공장의 부품조달 물류

자동차 부품조달물류의 과정을 구체적으로 살펴보면, 생산계획의 수립, 발주 및 추적, 부품 명세서 관리, 부품 공급자 관리, 운송, 수출입 물품의 보관 및 재포장, 부품 및 생산라인의 품질관리 등을 포함한다. 자동차 부품조달물류의 주요 기능은 부품공급업체가 완성차 조립업체의 수요에 반응하여 부품을 조달하고 비용 최소화와 생산의 효율화 추구에 있다.

자동차 부품조달물류는 자동차 공급체인 프로세스 중에서도 가장 많은 비용이 발생하는 부문이기 때문에 부품조달물류 본연의 목적을 달성하기가 쉽지가 않다. 부품조달물류는 공급체인 프로세스에 주기적으로 영향을 미치기 때문에, 부품조달물류의 최적화가 완성차 조립업체 및 공급체인 전체의 경쟁력으로 직결될 수 있다. 물류최적화는 제품의 생산주기를 단축하고 물류비용을 감소시켜 공급체인의 민첩성과 유연성을 제고한다.

자동차 조달물류 운영모델을 크게 3가지 즉, 직접운송, 밀크런(Milk-Run), 집하·배송센터(C.C: Consolidation Center)로 구분하였다. 자동차 조달물류의 방식에 따라서 서로 다른 물류비용과 시간을 요구한다. [3] [4] <Table 2>와 같이 일반적으로 직접운송에서 운송거리가 짧기 때문에 납품회사별로 볼 때 가장 낮은 운송비용 및 가장 짧은 배송시간이 걸린다.

<Table 2> Vehicle procurement logistics operation model

Procurement logistics Operation model	Transit time	Transport frequency	Inventory cost	delivery cost
Direct transportation	short	low	high	low
Milk Run	middle	middle	middle	middle
Pick-up and delivery center	long	high	low	high

### 2.4 유사한 연구와 비교

본 논문의 연구목적과 관련 있는 MODAPTS를 활용한 작업측정과 이를 관리도구로 활용한 연구에 대해 분석하였다.

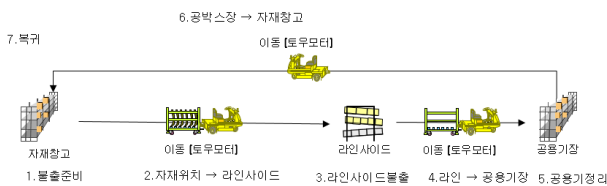
MODAPTS 기반 자동차 조립공정 부품공급 공수 산정에 관한 연구 [1]에서는 공수산정 과정은 통일하지만 본 연구에서는 추가로 시스템의 활용방안에 대해 제시하였다.

자동차 조립과정 부품공급 작업자별 부하밸런스 평준화 알고리즘 연구[2]에서는 본 연구와 공수산정 방법은 동일하지만 물류작업의 부하 밸런스 조정을 통해 공수를 줄이는 연구를 진행하였다.

### 3. 본 론

#### 3.1 자재조달 물류의 프로세스 및 작업

본 연구는 국내 A자동차 회사를 대상으로 산정하였으며 A자동차 회사의 조달물류는 크게 일반불출로 이루어지는 부품과 서열화 작업 후 불출되는 서열부품을 대상으로 하는 물류로 분류된다. 본 연구는 일반불출 부품인 1,400여 품목의 부품을 대상으로 연구를 진행하였으며 일반불출 물류 작업의 프로세스는 [Figure 3]과 같이 부품창고에서 이루어지는 불출준비부터 부품을 라인사이드에 배송하고 다시 자재창고로 복귀하는 순서로 이루어지고 있다.



[Figure 3] Matrial supply process in A automobile factory

#### 3.2 공수 산출 과정

공수의 산출과정은 다음과 같다. 모답스 코드를 바탕으로 작업 구성을 만들고, 이를 통해 작업별 공수를 계산한다. 공수 산출은 작업구성에서는 단위작업의 공수와 공장 현황과 생산현황에서는 공장, 적용라인, 1SHIFT 작업시간, 1SHIFT CYCLE 수, UPH(Units Per Hour)를 참조하여 결과를 출력한다.

공수의 계산은 다음의 공식에 따라 이루어진다.

$$\text{공수(M/H)} = \text{불출자 표준시간 합계} / (3,600 \times 1\text{SHIFT 작업시간})$$

표준공수는 정미공수와 운반공수, 보조공수의 합으로 계산된다.

정미공수는 변동공수와 고정공수의 합으로 계산되는데 여기서 변동공수는 불출되는 물량에 따라 변하는 공수이며, 고정공수는 물류량의 변화에 영향을 받지 않는 공수를 말한다. 변동공수는 불출준비 단계의 고정/변동 공수와 라

인사이드 불출 단계의 고정/변동 공수, 공용기 정리 단계의 고정/변동공수, 전동차복귀 단계의 고정/변동공수를 통해 계산된다.

변동공수를 구하기 위한 용어의 정의와 계산은 다음과 같은 정의 및 공식들에 따라 이루어진다.

$$\text{소요량} = \text{UPH} \times \text{Shift} \times \text{U/S} \times \text{옵션율}$$

\* UPH(Unit Per Hour): 자동차 공장의 경우 단위 시간당 생산대수를 의미하며, 3600초를 cycle time으로 나누어 계산한다.

\* U/S(USage): 한 번에 사용되는 량을 말한다.

\* 옵션율: 생산라인에 차종과 옵션에 따른 부품의 투입비율(옵션율이 100%라면 생산라인의 모든 차종에 투입되는 부품을 말한다.)

$$\text{불출용기수} = \text{소요량} / \text{납품용기적입량}$$

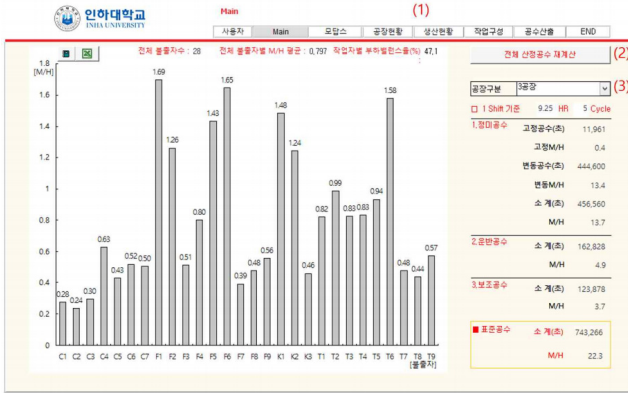
동일 공정 불출용기수 계산 = 전체 품번중 동일 불출자 & 동일 불출공정의 불출용기수 합계 / 1Shift cycle  
 운반공수는 자재위치에서 라인, 라인에서 공용기장, 공용기장에서 자재창고까지의 이동공수와 전동차를 조작하는 공수를 통해 계산되며, 보조공수는 정미공수에 여유율을 곱해 계산된다.

#### 3.3 조립라인 자재 조달 물류의 공수관리시스템

##### 3.3.1 클라이언트 프로그램 구현

Main화면의 구성은 [Figure 4]와 같이 (1) 메인메뉴, (2) 공수계산, (3) 공장선택, (4) 레포트로 구성되어 있다. 메인메뉴를 통해 사용자 관리와 모답스 코드 관리, 공장현황 관리, 생산현황 관리, 작업구성 관리, 공수산출 화면으로 이동이 가능하다. 공수 계산 버튼은 모답스 코드와 공장 현황 등 공수 계산에 영향을 미치는 요소가 변경되었을 때 최종 결과물을 재계산할 때 사용한다. 공장 구분은 자동차 공장내에 있는 여러 공장 중에서 선택할 수 있도록 하였으며, 레포트 기능은 결과를 문서로 또는 엑셀로 출력할 수 있다.

Main화면의 기능은 메뉴간의 이동뿐만 아니라 결과를 출력하는 화면으로 쓰인다. 선택한 공장의 조달물류 작업에 투입된 정미공수와 운반공수, 보조공수 계산결과와 공수계산 결과를 출력한다. 사시, 화이날 등의 창고별 불출자 수와 투입되는 공수를 그래프로 확인할 수 있다. 이를 통해 표준공수 대비 편성율과 작업 부하를 확인할 수 있다.



[Figure 4] Main screen



[Figure 6] Factory Status Tab

모달스 탭은 [Figure 5]와 같이 공수 계산에 기초가 되는 모달스 코드를 입력, 수정, 제거가 가능하다. 모달스 코드와 MOD 수, 코드에 대한 설명에 해당하는 코드의개요의 관리가 가능하다.

공수관리를 위한 데이터의 입력은 사용자 탭과 main 탭을 제외하고 나머지 탭에서 사용자가 입력해야한다. 모달스 탭과 공장현황 탭, 생산현황 탭, 작업구성 탭에서는 입력 항목이 많지 않기 때문에 사용자가 직접 입력이 가능하지만 공수산출 탭은 입력해야할 데이터가 많기 때문에 사용자가 직접입력하기 어렵다. 공수산출 탭에 입력해야할 데이터는 부품별 수량, 포장단위, 적입량, 수요공정, 소요량 등이 있는데 대상부품의 종류가 많을수록 입력해야할 데이터가 많아진다. 본 논문에서는 1,475 부품을 대상으로 하였기 때문에 사용자가 직접 입력할 수 없기 때문에 기존에 보유하고 있는 부품정보를 정해진 엑셀 양식으로 수정 후 프로그램에 업로드할 수 있도록 하였다.



[Figure 5] Modabs Tab

[Figure 6]의 공장현황 탭에서는 관리 대상 공장의 일반 현황을 입력할 수 있다. 일반현황에는 생산라인의 이름과 라인에서 생산되는 차종을 입력하여 관리할 수 있다.

[Figure 7]의 생산현황에서는 공장현황에서 입력된 생산라인의 현황을 입력한다. 공장현황에는 라인별 UPH와 1SHIFT 작업시간, 1SHIHT CYCLE 수를 입력하여 관리할 수 있다.



[Figure 7] Production status

[Figure 8]에서의 작업구성에서는 물류작업 프로세스 상에 소분류 작업을 구성하는 탭으로 모달스 코드를 조합하여 소분류 작업별 표준시간을 계산하고 관리할 수 있다.



[Figure 8] Job configuration tab

[Figure 9]의 작업구성 공수산출 탭에서는 아이템별 공수를 계산한다. 해당 아이템의 납품 수량과 적입형태, 공용기 회수작업의 필요 여부, 공급되는 라인, U/S, 옵션 율을 입력하면 소요량과 불출용기수, 1CYCLE 불출횟수 등을 계산하여 아이템별 공수를 산출하고 관리할 수 있다.

부품별 공수 산출 결과는 전체항목을 선택하고 선택항목보기 버튼을 눌러 보고서로 출력하거나 엑셀로 보내기 버튼을 눌러 엑셀파일로 출력이 가능하다. 공수산출 결과에는 부품별 정미고정공수, 정미변동공수, 운반공수, 보조공수, 표준공수와 세부적으로는 해당부품이 거치는 물류 프로세스 단계별 표준시간 등이 포함되어있다.

번호	품명	공급장	공급장명	납품량	적입 형태	공용기 회수작업	회수율	U/S	공수	소요량(SHPT)	불출용기수	잔액
1	1549-DH030 RESERVOIR & HOSE ASSY	T1	도움	20	입고	○	122RH	×	1	100%	481	6.6
2	1570-DH190 RESERVOIR & HOSE ASSY	T1	도움	20	입고	○	122RH	×	1	100%	481	6.6
3	1570-DH190 PEDAL ASSY-ACCELERATOR	T1	도움	7	입고	○	122RH	×	1	100%	481	6.6
4	1570-DH190 PEDAL ASSY-ACCELERATOR	T1	도움	7	입고	○	122RH	×	1	100%	481	6.6
5	1570-DH190 CABLE ASSY-ACCELERATOR	T1	도움	60	입고	○	122RH	×	1	100%	481	6.6
6	1570-DH190 CABLE ASSY-ACCELERATOR	T1	도움	60	입고	○	122RH	×	1	100%	481	6.6
7	1570-DH190 CABLE ASSY-ACCELERATOR	T1	도움	60	입고	○	122RH	×	1	100%	481	6.6
8	1570-DH190 CABLE ASSY-ACCELERATOR	T1	도움	60	입고	○	122RH	×	1	100%	481	6.6
9	1570-DH190 CABLE ASSY-ACCELERATOR	T1	도움	60	입고	○	122RH	×	1	100%	481	6.6
14	1570-DH190 TURBO-HYDRAULIC UNIT TO P	T1	도움	100	입고	○	112RH	×	1	100%	481	6.6

[Figure 9] Task Count Tab

### 3.3.2 공수 관리시스템의 활용

본 논문에서의 조달물류 공수 관리 시스템의 활용은 공수의 확인뿐만 아니라 시나리오 분석에 활용이 가능하다. A 자동차 공장의 일반 부품 조달 공수를 분석한 결과 대차 조작과 대차이동, 견인고리 조작 등 대차와 관련된 공수가 전체의 31%인 것으로 확인되었다. 서열부품의 경우 피킹 작업이 27% 차지하고 있고, 여기에 대차 관련 공수를 포함시키면 전체 공수의 64%를 차지한다. 이러한 분석을 통해 대차 및 피킹 작업에 할당된 공수를 줄이기 위한 방안의 필요성을 확인할 수 있다. 이러한 공수를 줄이기 위해서는 자동화 설비의 도입을 고려해볼 수 있다. 자동화 설비의 도입을 위해서는 비용이 투입되는데 기업들은 설비 도입전 일반적으로 비용 편익 분석을 실시하여 설비 도입의 타당성을 분석한다.

비용-편익분석은 많은 분야에서 행해지지만 실제 적용에 있어서 신중히 검토해야 할 사항들이 있다. 대표적으로 논란이 되고 있는 사항은 적정 사회적 할인율의 선택, 계

량화 할 수 없는 편익과 비용에 대한 계측, 특정 프로젝트와 연관되어 있는 위험과 불확실성에 대한 고려, NPV, IRR, B/C 등의 지표 선택의 문제 등이 있다.

본 논문에서 제시하는 시스템의 시나리오 분석 기능을 활용하게 되면 시나리오별 공수 변화를 시각적으로 확인할 수 있고 공수를 줄이기 위한 설비도입의 타당성 분석에서 편익을 계량화하는데 활용이 가능하다.

## 4. 결론 및 향후 연구 과제

A자동차를 대상으로 분석한 결과 대차조작과 대차이동, 견인고리 조작 등 대차와 관련된 공수가 전체의 31%인 것으로 확인되었다. 서열부품의 경우 피킹 작업이 27% 차지하고 있고, 여기에 대차 관련 공수를 포함시키면 전체 공수의 64%를 차지한다. 이러한 분석을 통해 대차 및 피킹 작업에 할당된 공수를 줄이기 위한 방안의 필요성을 확인할 수 있었다.

본 논문에서 제시하는 시스템의 시나리오 분석 기능을 활용하게 되면 시나리오별 공수 변화를 시각적으로 확인할 수 있고 공수를 줄이기 위한 설비도입의 타당성 분석에서 편익을 계량화하는데 활용이 가능하다.

추후 연구로는 시나리오 분석을 통한 공수 절감 방안에 대한 연구가 필요하다.

## 5. References

- [1] D. R. Kim(2014), A comparative study on logistics outsourcing types in the automotive company. Chung-Ang University.
- [2] J. H. Jang(2016a), "A study on the improvement of load balance for materials supply worker in automobile assembly line." Journal of the Korea Safety Management & Science, 18(4):107-114.
- [3] J. H. Jang(2016b), "A study on the material supply man-hour computation based on MODAPTS in automobile assembly line." Journal of the Korea Safety Management & Science, 18(3):127-135.
- [4] C.H. Lee(2016), "Supply worker in automobile assembly line." Journal of the Korea Safety Management & Science, 18(3):127-134



## 저자 소개



### 이 창 호

인하대학교 산업공학과 학사 취득. 한국과학기술원 산업공학과 석사, 경영과학과 공학박사 취득. 현재 인하대학교 명예교수로 재직 중.

관심분야 : 물류, SCM, MBS

주 소 : 인천광역시 미추홀구 인화로 100, 인하대학교 산업경영공학과