

군 정비시설 운용 최적화를 위한 시뮬레이션 분석 연구

김경록*, 이종문¹
¹LIG 넥스원 ILS 연구센터

Simulation Analysis to Optimize the Management of Military Maintenance Facility

Kyung-Rok Kim^{*} and Jong-Moon Rhee¹
¹ILS(Integrated Logistics Support) R&D Lab, LIG Nex1

요 약 최근 국가의 향후 국방 계획이 첨단 무기체계로 향하는 만큼, 이를 위한 군 정비시설도 점점 중요해지고 있다. 하지만 현재 군 정비시설은 관리자의 경험적인 방법과 단순 수리적 계산으로 운용되고 있다. 그래서 본 연구에서는 좀 더 과학적이고 논리적인 방법을 이용하여 군 정비시설 운용 최적화 방법을 제시한다. 연구는 다음과 같은 절차를 따른다. 첫째, 군 정비시설 운용을 분석하여 시뮬레이션을 설계한다. 둘째, 최적화를 위해 독립변수와 종속변수를 정의한다. 독립변수는 군 정비시설 운용 세부사항으로 볼 수 있는 정비장비, 운반장비, 그리고 작업자 수이고, 종속변수는 독립변수에 영향을 받는 총 정비시간으로 결정한다. 셋째, 설계된 시뮬레이션 모델을 기준으로 Warmup 기간을 얻기 위해 Warmup 분석 한다. 넷째, 군 정비시설 운용 최적화를 위해 독립변수의 최적 조합을 메타휴리스틱인 진화전략을 이용하여 산출한다. 이 최적 조합을 통해 군 정비시설 운용은 제한된 비용 내 최대 효과를 얻을 수 있다. 향후 복수의 무기체계 장비를 정비하는 군 정비시설의 다목적 분석 연구를 할 것이다.

Abstract As the future national defense plan of government focus on advanced weapon system, military maintenance facility becomes more important. However, military maintenance facility has been managed by director's experience and simple mathematical calculation until now. Thus, the optimization for the management of military maintenance facility is suggested by more scientific and logical methods in this study. The study follows the procedure below. First, simulation is designed according to the analysis of military maintenance facility. Second, independent variable and dependent variable are defined for optimization. Independent Variable includes the number of maintenance machine, transportation machine, worker in the details of military maintenance facility operation, and dependent variable involves total maintenance time affected by independent variable. Third, warmup analysis is performed to get warmup period, based on the simulation model. Fourth, the optimal combination is computed with evolution strategy, meta-heuristic, to enhance military maintenance management. By the optimal combination, the management of military maintenance facility can gain the biggest effect against the limited cost. In the future, the multipurpose study, to analyze the military maintenance facility covering various weapon system equipments, will be performed.

Key Words : Evolution Strategy, Military Maintenance Facility, Simulation

1. 서론

최근 많은 군사 전문가들은 국방 예산에서 운영 유지

예산이 75%정도를 차지하고 있는 병력위주 군 전력 구조를 저비용, 고효율의 핵심 무기체계 위주로 전환 할 것을 요구하고 있다. 또한 국방부는 2006년 '국방개혁

*Corresponding Author : Kyung-Rok Kim(ILS R&D Lab, LIG Nex1.)

Tel: +82-31-8026-4979 email: kyungrok.kim@lignex1.com

Received January 14, 2014

Revised (1st February 6, 2014, 2nd February 25, 2014)

Accepted May 8, 2014

2020'에서 군을 병력 위주의 양적 구조에서 정보, 지식 중심의 질적 구조로 전환하기 위해 현재 68만 여명의 병력을 2020년까지 단계적으로 50만 여명으로 감축하고 최첨단 무기체계 획득을 통해 전투력을 강화하기 위한 방안으로 2015년까지 매년 국방 예산을 점진적으로 증가시켜 나가겠다고 발표하였다[1].

이렇듯 국방력의 최첨단 무기체계 비중이 커지고 있는 만큼, 이를 유지 보수를 위한 정비 시설의 중요도 역시 커지고 있다. 하지만 높아져가는 군 정비 시설의 중요도에 비해 그것의 운용은 아직 단순 수리적 계산에 의지한 채 계획되어지고 있는 실정이다.

이에 무기체계 장비들이 정비를 위해 들어오는 정비 시설의 운용을 최적화하기 위해 본 연구에서는 시뮬레이션 분석 방법을 개발하였다.

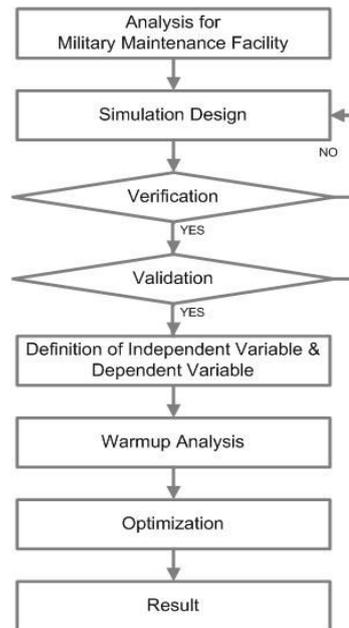
시뮬레이션 분석 방법은 정비계단 '사용자-부대-야전 직접-야전 일반-창' 중 '야전 일반'에 해당하는 군 정비 시설의 운용을 분석하기 위해 정량적 자료, 정성적 자료, 및 기타 자료로 분류된 다양한 입력 자료가 복합적으로 고려가 되어야 하는 해당 분야에 연구 결과 정확성을 높이기 위해 적합하다. 다양한 입력 자료를 복합적으로 고려한 이런 점은 기존 분석 방법으로 보완되기 어려운 부분이다. 이때, 정량적 자료는 정비시간 등 수치로 표현된 것이고, 정성적 자료는 수치로 표현하기 힘든 정비시설 내 업무 프로세스 등을 말하며, 기타 자료로는 군 정비시설 내 도면 등을 말한다.

본 논문의 구성은 2장에서 연구 절차에 대해 설명하고, 3장에서 본 연구와 관련된 연구 동향을 알아보고, 4장에서는 일반적인 군 정비 시설 운용 자료를 바탕으로 시뮬레이션 및 최적화를 통해 운용 안을 완성하고, 5장에서 결론으로 마무리 한다.

2. 연구 절차

본 연구 절차의 내용은 아래 Fig. 1과 같다. 먼저, 분석 대상인 군 정비 시설이 어떠한 절차와 구조로 운용 되어지고 있는지를 정의 및 분석한다. 이를 통해 파악된 군 정비 시설의 시뮬레이션을 설계한다. 이때 시뮬레이션 설계를 위해 선행되어야 할 가정과 입력 자료를 정의 후 시뮬레이션 모델링이 진행된다. 그리고 이렇게 설계된 시뮬레이션 모델의 정확성(Verification) 및 타당성

(Validation) 확인을 위해 검증을 수행한다. 정확성(Verification) 검증은 본 모델이 내부적으로 에러 없이 정상적으로 실행되는 지를 확인하는 것이고, 타당성(Validation) 검증은 본 모델의 대상이 되는 군 정비 시설을 정확히 반영하였는가를 확인하는 작업이다. 이런 과정을 거친 시뮬레이션 모델을 바탕으로 최적화를 위해 독립변수 및 종속 변수를 선정한다. 독립변수 및 종속변수는 서로 의존적인 것으로, 종속변수는 독립변수의 변화에 따라 다양해진다. 이 연구에서 독립변수는 군 정비 시설 운용 세부사항으로 볼 수 있는 운반장비, 정비장비 및 작업자 할당으로 볼 수 있으며, 종속변수는 정비시간이라 할 수 있다. 그리고 Warmup 분석을 통해, 시뮬레이션 분석 자료로 사용하기 어려운 초기 일정 구간을 정한다. 시뮬레이션 분석은 초기 일정 구간을 지나 안전화 상태에 도달한 이후 자료를 사용하기 때문에 이 초기 구간을 확인하기 위하여 Warmup 분석을 한다. 그 후, 시뮬레이션 모델을 기준으로 메타휴리스틱을 이용하여 종속변수가 가장 이상적일 수 있는 지점의 독립변수 조합을 산출하여 이를 통해 군 정비시설 운용 최적화를 제시한다. 메타휴리스틱은 진화 전략을 사용한다. 진화 전략은 유전자 알고리즘의 한 일환으로 이미 그 효과가 증명되었다[2].



[Fig. 1] Research Process

3. 관련 연구 동향

Um et al.[2,3]은 시뮬레이션을 이용한 철도 정비 시설의 최적 설계 방법을 연구 하였다. 이 연구는 본 연구처럼 시뮬레이션을 기반으로 시설 설계에 대한 최적화를 한 것이다. 그러나 독립변수에 대한 범위 외, 비용 등과 같은 제약 조건이 다양하게 고려되지 못한 단점이 있다.

Lee et al.[4]는 설비배치계획에서의 개미 알고리즘 응용을 연구 하였다. 이는 시설 내 설비의 물리적 배치를 결정하는 방법으로 총 이동거리를 최소화 하는 것을 목적으로 배치안을 개미알고리즘으로 최적화 하였다. 그러나 문제를 단순화시켜 시뮬레이션이 아닌 수리적 계산으로 적합도함수(Fitness Function)를 수식화한 것은 아쉽다.

본 연구에서는 관련 연구 동향에서 파악된 단점을 보완하여 분석 방법을 제시한다.

4. 사례 연구

4.1 군 정비시설 운용 분석

흔히 정비장이라 불리는 군 정비시설은 전략화 된 무기체계의 정비를 담당하고 있다. 이러한 무기체계의 정비는 계획정비와 비계획정비로 나뉘는데, 계획정비는 해당 무기체계가 전력화 이후 주/월/년 등의 기간 별 미리 계획된 정비를 뜻하고, 비계획 정비는 뜻하지 않는 사고, 전투, 노후 등의 고장 이유로 발생된 정비를 말한다. 이러한 정비로 인해 군 정비시설에 해당 장비가 입고되면 필요 검사와 정비를 파악하고, 완료가 되면 불출한다.

본 연구에서는 군 정비시설 내 위의 정비절차로 진행 될 때, 계획 및 결정되어야 할 운용 안을 최적화하는 것이 목표이다. 여기서, 운용은 제한된 비용 내 최소 총 평균 정비시간을 목표로 앞서 언급한 운반장비, 정비장비, 그리고 작업자의 최적 조합을 결정하는 것으로 정한다.

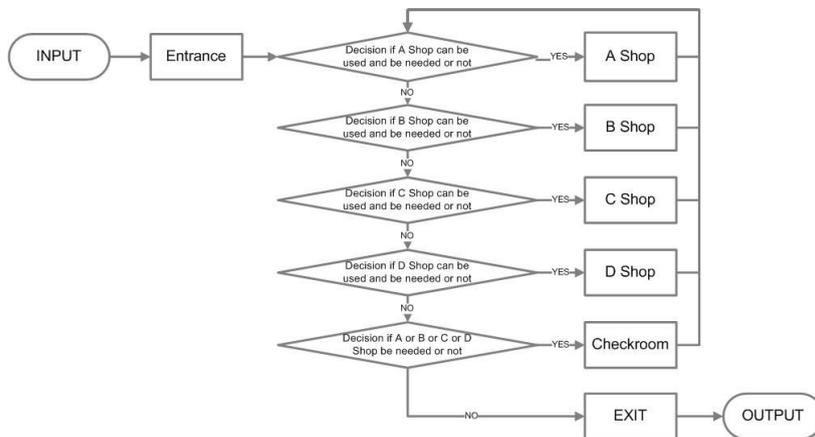
4.2 시뮬레이션 설계

군 정비시설 운용 분석이 끝나면 시뮬레이션 설계를 진행한다. 시뮬레이션 설계를 위해서 가정을 먼저 정의한다. 이 가정은 시뮬레이션 모델 내 알고리즘을 작성할 때, 규칙으로 사용된다. 그리고 입력 자료로써 정비절차와 같은 정성적 자료 및 정비시간과 같은 정량적 자료로 구분하고, 정비시설 도면을 기타 자료로 추가하여 정의한다. 이렇게 정의된 가정과 입력자료를 이용하여 시뮬레이션 모델링을 구현한다.

분석에 사용된 자료는 다양한 무기체계 장비 중 미사일과 같은 ‘탄’ 류에 관한 정비 자료를 일반화시킨 것이다.

4.2.1 시뮬레이션 가정

- (1) 시뮬레이션 실험 기간은 5년을 기준으로 하며, 연간 작업 일수는 주말 및 공휴일을 제외한 251일이며, 하루 작업 시간은 8시간으로 정의한다. 단, 수요일은 4시간으로 제한한다.
- (2) 각 정비장비의 고장률은 고려하지 않으며, 항상 이용 가능한 상태로 정의한다.
- (3) 각 정비장비의 검사실 별 이동 시간은 제외한다.
- (4) 정비 시, 필요 검사 중 작업장 여건이 가능한 순서로 검사한다. 즉, 필요 정비의 순서는 유연하다.



[Fig. 2] Work Process in Military Maintenance Facility

- (5) 군 정비 시설 내 운반장비 운용은 먼저 요청이 들어오는 곳부터 사용(First Come First Served)한다.
- (6) 각 검사는 사람의 수작업으로 이루어지는 경우가 많으므로 정비 시간을 정규 분포를 가진다고 정의, 이때 편차는 평균값의 10%로 정의한다.
- (7) 작업자의 능력은 한 번에 한 개의 군수 제품을 검사 및 정비한다.
- (8) 검사 및 정비별 필요한 특수 기능이 없어, 모든 작업자는 모든 검사 및 정비가 가능하다.

4.2.2 입력자료

(1) 정성적 자료

시뮬레이션 모델링을 위한 정성적 자료로는 군 정비 시설 내 업무절차가 있다. 위 Fig. 2는 이 업무절차를 순서도로 표현한 것이다. 정비가 필요한 무기체계 장비가 정비시설의 투입고에 들어와 필요한 검사 및 정비를 판단한 후 운반장비를 이용하여 작업자가 각 작업장으로 이동하여 검사 및 정비를 한다. 필요 검사 및 정비의 해당 작업장이 아직 다른 군수품의 정비 및 검사를 위해 점령되어 있을 경우 임시 보관소로 이동하여 대기한다. 필요 검사를 모두 마친 군수품은 다시 운반장비를 이용하여 군 정비시설을 나와 전력화된다.

(2) 정량적 자료

시뮬레이션 모델링을 위한 정량적 자료로는 시뮬레이션 모델 전역에서 사용하는 변수(Variables)와 무기체계 장비 각각에 부여되는 속성(Load Attributes)으로 나뉜다.

변수로는 각 작업장 별 정비 시간 및 사용되는 정비장비, 그리고 운반장비의 속도, 가/감속도, 장비를 싣고, 내리는 시간을 Table 1에서 정의 하였다. 이때 정비시간은 앞서 가정에서 언급한 기준으로 정규분포를 따른다.

[Table 1] Variables

| Classification | | Definition |
|---------------------|--------|--------------|
| Maintenance Time | A Shop | N(10, 1) hr |
| | B Shop | N(8, 0.8) hr |
| | C Shop | N(5, 0.5) hr |
| | D Shop | N(10, 1) hr |
| Maintenance Machine | A Shop | #a, #b |
| | B Shop | #b, #d, #e |
| | C Shop | #c, #d |
| | D Shop | #a, #c, #e |

| | | |
|--------------------------|--------------|-----------------------|
| Transportation Equipment | Velocity | 60 m/min |
| | Acc. | 20 m/min ² |
| | Dec. | 20 m/min ² |
| | Pickup Time | N(15, 1.5) sec |
| | Setdown Time | N(15, 1.5) sec |

속성은 계획정비와 비계획정비 기준으로 나누어 진다.

계획정비는 무기체계의 전력화된 연차마다 검사 및 정비 작업이 다르게 이루어지며, 분기별로 진행되는 것으로 Table 2에서 정의 하였다. 이때, 계획정비를 위해 입고되는 장비 수량은 당해 연도 생산된 물량에 따라 달라지며, 본 실험에서는 해마다 20대씩 3년간 총 60대 생산하는 것을 기준으로 분석하였다.

비계획정비는 평균고장간격시간(Mean Time Between Failure, MTBF)을 기준으로 고장을 지수분포 기준으로 발생시켜 정비빈도를 산출하였으며, 군 정비시설에 입고 되어 수행되는 검사 및 정비 비율을 Table 3에서 정의하였다.

[Table 2] Load Attributes for Planned Maintenance

| Classification | | Definition |
|---------------------|--------|---------------------------|
| Input Cycle | | Quarter |
| Lot Size | | 20, 40, 60, 60, 60 per Yr |
| Planned Maintenance | 1st Yr | A, B Shop |
| | 2nd Yr | A, B, C Shop |
| | 3rd Yr | B, D Shop |
| | 4th Yr | A, C, D Shop |
| | 5th Yr | B, C, D Shop |

[Table 3] Load Attributes for Non Planned Maintenance

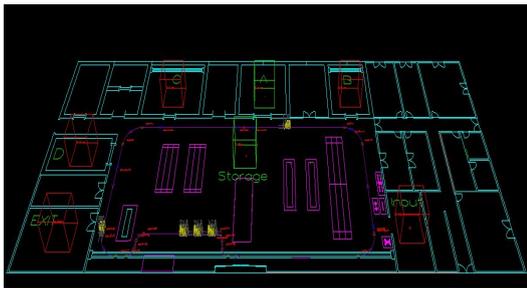
| Classification | | Definition |
|------------------------------|--------|------------|
| MTBF | | 250,000 hr |
| Maintenance Assignment Ratio | A Shop | 5 |
| | B Shop | 5 |
| | C Shop | 3 |
| | D Shop | 2 |

Table 1/2/3에서 표기된 A/B/C/D Shop 은 군 정비시설 내 각 검사 및 정비 작업장을 뜻하고, #a/b/c/d/e 는 각 정비장비를 의미한다.

(3) 기타

시뮬레이션 모델링을 위한 기타 자료로는 군 정비시설 도면이 있다. 도면은 각 검사 및 정비 작업장, 임시 보관소 그리고 투입/반입고의 배치 상태를 보다 정확하게 구현할 수 있게 도와주는 자료이다. 이를 통해 작업장 간의 이동시 사용하게 될 운반장비의 동선 등이 고려되어 혼잡을까지 표현이 가능한 보다 세밀한 분석이 가능하다.

4.2.3 시뮬레이션 모델링 및 검증



[Fig. 3] Simulation Model

본 실험을 위하여 시뮬레이션 모델링 작업은 AutoMOD라는 3D 시뮬레이션 S/W를 이용하였다. 위에서 언급한 가정 및 입력자료를 바탕으로 시뮬레이션 모델링을 하였으며, 이후 정확성(Verification) & 타당성(Validation) 검증 절차를 통해 최종 완성하였다. Fig. 3은 시뮬레이션으로 구현한 군 정비 시설의 전체 화면이다.

4.3 독립변수 및 종속변수 선정

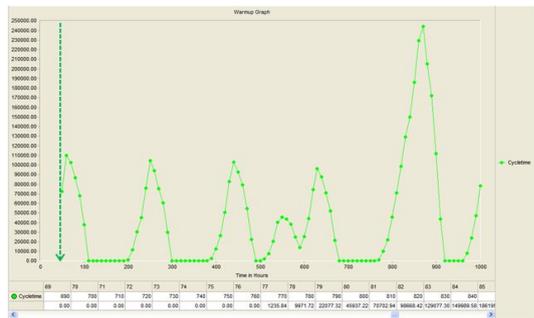
군 정비시설 운용 최적화를 위한 독립변수는 운반장비, 정비장비, 작업자 수로 정하고, 종속변수는 그 독립변수에 의해 영향을 받는 총 정비시간으로 정의한다. 독립변수 중 운반장비는 정비가 필요한 무기체계 장비가 입고 된 이후 각 작업장, 임시 보관소 등에 이동시 사용되는 장비이고, 정비장비는 각 작업장에서 정비를 위해 사용되는 공구, 검사용 전자기계 따위이며, 작업자는 검사 및 정비 업무는 물론 무기체계 장비 이동 업무 시 필요한 인력이다. 이런 독립변수들은 군 정비시설 내 정비절차를 수행하는데 필수적이다. 종속변수인 총 정비시간은 무기체계 장비가 군 정비시설에 입고되어 출고될 때 까지 머문 총 정비시간을 뜻한다. 아래 Table 4는 독립변수 및 종속변수에 대한 수학적 표기 및 설명을 정의하였다.

[Table 4] Independent and Dependent Variable Definition

| Classification | Definition |
|----------------------|------------------------------------|
| Independent Variable | X_1 # of Maintenance Machine(#a) |
| | X_2 # of Maintenance Machine(#b) |
| | X_3 # of Maintenance Machine(#c) |
| | X_4 # of Maintenance Machine(#d) |
| | X_5 # of Maintenance Machine(#e) |
| | X_6 # of Transportation Machine |
| | X_7 # of Operator |
| Dependent Variable | Y Avg. Total Maintenance Time |

4.4 Warmup 분석

시뮬레이션은 특성상 실험이 활성화 될 때 까지 Warmup 시간이 발생한다. 정상적인 결과 자료를 얻기 위해서는 이 시간동안의 데이터를 시뮬레이션 결과 자료로 포함하지 말아야 한다. 본 실험에서는 Warmup 분석을 하여, Fig. 4에서 확인되었듯이 50 hr를 Warmup 시간으로 정의하였다.



[Fig. 4] Warmup Analysis

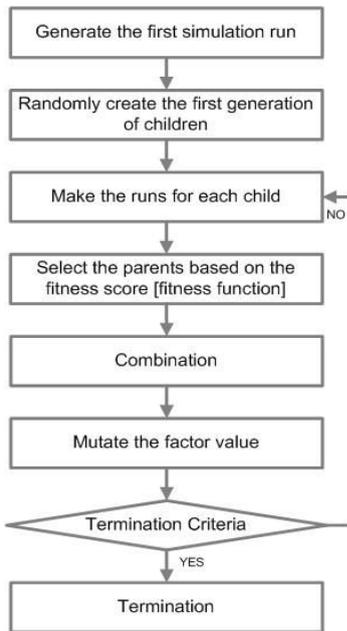
4.5 최적화

본 연구에서 사용한 최적화 기법으로는 메타휴리스틱 중 진화 전략이다. 진화 전략은 자연 진화의 원리를 묘사한 최적화 기법으로 돌연변이만을 재조합하는 방법을 적용하여 유동점을 최적화 시키는 진화 프로그램이다[5]. 아래 Table 5는 진화 전략에 필요한 입력 값을 정의한 것이고, Fig. 5는 최적화 절차에 대한 설명이다[2,6].

$$ES = (\mu, \lambda, R, \Phi, X, \Delta\sigma, \gamma)$$

[Table 5] Symbol Definition

| Symbol | Contents |
|----------------|--|
| μ | the population size |
| λ | the number of children produced in each generation |
| R | the replacement policy |
| Φ | the fitness function |
| X | a recombination operator |
| $\Delta\sigma$ | the increment/decrement value for modifying the standard deviation σ of each individual |
| γ | a termination criterion |



[Fig. 5] Evolution Strategy

본 실험에서는 $\mu = 3$, $\lambda = 7\mu$, $R = (\mu + \lambda)$, 최대 반복 횟수는 3번으로 정의하며, 목적 함수(Φ)는 종속변수인 총 정비시간의 평균을 최소화하는 것으로 목표한다. 종료 조건(γ)으로는 최대 세대는 50세대이며, 30세대 이후, 5% 미만으로 개선($\Delta\sigma$)되어 그 효과가 미비하면 종료하도록 하였다. 이때, 독립변수의 제약조건은 아래와 같이 정의하였다. 각 독립변수 별로 민감도 분석을 하여 종속변수에 영향을 미치는 최대값을 확인한다. 이를 제약 조건에 독립변수 별 범위로 정의하는데, 이것은 최적화를 진행하면서 지역 최적화에 빠지지 않게 하기 위한

것이다. 즉, 의미 없이 해당 독립변수 수량이 커지는 것을 막는 것이다. 그리고 비용 제약을 두었다. 해당 비용은 운송장비 및 정비장비를 시뮬레이션 실험 주기인 5년 동안 사용할 경우 발생하는 비용으로 정의한다. 작업자 한명당 소요비용은 군이라는 특수 사항에 의해 제외한다. 정비장비(#a, #b, #c, #d, #e)와 운반장비의 한 대당 사용 비용은 각 350000, 700000, 800000, 1200000, 2500000, 700000 원이며, 총 비용은 10000000원 이하로 한다.

제약 조건 :

$$1 \leq X_1 \leq 5$$

$$1 \leq X_2 \leq 5$$

$$1 \leq X_3 \leq 3$$

$$1 \leq X_4 \leq 4$$

$$1 \leq X_5 \leq 3$$

$$1 \leq X_6 \leq 3$$

$$1 \leq X_7 \leq 5$$

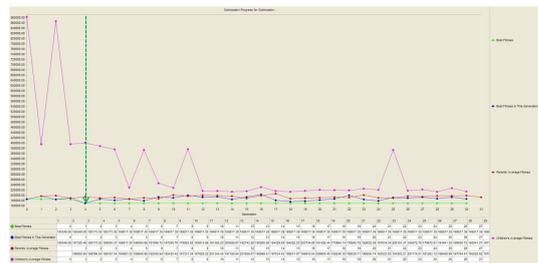
$$0 \leq C \leq 10,000,000$$

$$\left. \begin{aligned} &X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7 \text{는 자연수} \\ &C = 350,000X_1 + 700,000X_2 + \\ &800,000X_3 + 1,200,000X_4 + \\ &2,500,000X_5 + 700,000X_6 \end{aligned} \right\}$$

Fitness function :

Max. 평균 총 정비시간

4.6 결과



[Fig. 6] Optimization Graph

시뮬레이션 모델링과 진화전략이라는 최적화 이론을 이용하여 군 정비 시설 운용을 최적화 하였다. 4세대에 최적 해가 수렴이 되었으며, 30세대 이후 5%이상으로 향상치를 얻지 못하여 종료하였다. 최적 해에 대한 내용은 Table 6과 같다.

[Table 6] Optimization Value

| Independent Variable | Value |
|------------------------------|-------|
| # of Maintenance Machine(#a) | 3 |
| # of Maintenance Machine(#b) | 2 |
| # of Maintenance Machine(#c) | 2 |
| # of Maintenance Machine(#d) | 1 |
| # of Maintenance Machine(#e) | 1 |
| # of Transportation Machine | 3 |
| # of Operator | 4 |

실험 결과 정비장비(#a)는 3개, 정비장비(#b)는 2개, 정비장비(#c)는 2개, 정비장비(#d)는 2개, 정비장비(#e)는 1개, 운반장비는 3대, 작업자는 4명으로 최적해가 산출되었다.

5. 결론

본 논문에서는 군 정비 시설 운용 최적화를 위해 설계된 시뮬레이션 모델을 기준으로 메타휴리스틱인 진화 전략을 사용하여 운용 최적 안을 산출하였다. 그 절차로는 군 정비시설 운용을 분석하여, 가정과 입력 자료를 이용하여 시뮬레이션 모델을 설계하였다. 이렇게 완성된 시뮬레이션 모델을 바탕으로 Warmup 분석 후 도출된 Warmup Period 이후 자료를 사용하여 최적화된 군 정비 시설 운용 안을 수립할 수 있는 해 값을 얻어 내었다. 이를 통하여 단순 수리적 계산에 의존하여 결정하던 기존 군 정비시설의 운용 계획을 보다 현실성 있는 분석을 통해 정확성 높일 수 있었다. 향후 추가 연구로는 단일 무기체계 장비가 아닌 다양한 무기체계 장비를 정비 가능한 군 정비시설에서 복수의 목적을 충족할 수 있는 다목적 문제의 최적 운용 계획을 얻는 연구를 할 것이다.

References

[1] Ministry of National Defense, *Defense Reform 2020 : Logistics Master Plan*, pp.7-9, Ministry of National Defense, 2007

[2] I. S. Um, H. C. Lee, H. J. Cheon, "The Optimal Design Method of the Train Repair Facility based on the Simulation", *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol.10, No.3, pp.306-312, 2007

[3] I. S. Um, H. J. Cheon, H. C. Lee, "Optimization for the Design Parameters of Electric Locomotive Overhaul Maintenance Facility", *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol.13, No.2, pp.222-228, 2010

[4] S. Y. Lee, W. S. Lee, "Ant Algorithm Based Facility Layout Planning", *Journal of Korean Industrial Information Systems Society*, Vol.13, No.5, pp.142-148, 2008

[5] Y. K. Lee, K. S. Kim, "The Study for Optimal Boner Allocation in FMS Using Genetic Algorithm and Simulation", *Journal of the Korea Society for Simulation*, Vol.10, No.4, pp.65-75, 2001

[6] Michalewicz, Z., *Genetic Algorithm + Data Structures = Evolution Program 3rd Edition*, pp. 15-300, Springer-Verlag, 1996
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-03315-9>

[7] Schwefel, H.P., *Evolution and Optimum Seeking*, pp. 15 - 300, NewYork, John Wiley & Sons., 1991

[8] Hani Y., Amodeo L., Yalaoui F., "Simulation based optimization of a train maintenance facility", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 19, No. 3, pp.293-300, 2008
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10845-008-0082-8>

[9] S. W. Lee, H. S. Kim, S. Y. Cho, "Integrated mathematical programming Approach of Cell formation and facility layout in cellular", *Journal of society of Korea industrial and systems engineering*, Vol.28, No.2, pp.94-100, 2005

[10] J. T. Kong, J. H. Kim, S. K. Kim, "A Study on the Fundamental Comparison of Simulation and Optimization Approaches for Water Resources Systems Planning and Management", *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol.46, No.4, pp.373-387, 2013
DOI: <http://dx.doi.org/10.3741/JKWRA.2013.46.4.373>

김 경 록(Kyung-Rok Kim)

[정회원]



- 2008년 2월 : 명지대학교 산업시스템공학부 (공학학사)
- 2011년 2월 : 고려대학교 정보경영공학전문대학원 정보경영공학과 (공학석사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : LIG 넥스원 선임연구원

<관심분야>
모델링&시뮬레이션, 체계공학, 최적화

이 종 문(Jong-Moon Rhee)

[정회원]



- 1993년 2월 : 경성대학교 산업공학(공학석사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : LIG백스원 수석연구원

<관심분야>

체계공학, 인간공학, 신뢰성 공학