

# 최적화 – 의사결정 지능화의 핵심 기술

## Optimization - Core Technology for Intelligent Decision Making

윤희제, 민성호, 최영태, 신규현  
Yun, Hyung-Je, Min, Sung-Ho, Choi, Young-Tae, Shin, Kyu-Hyeon

### Abstract

오늘날 많은 글로벌 기업들은 시장에서 경쟁력을 유지하거나 강화하기 위하여 시스템 기반의 의사결정 지능화를 추진하고 있다. 의사결정 지능화를 지원하는 대부분의 정보 기술들이 사람의 의사결정을 지원하는 데 그치는 반면에, 최적화 기술은 실질적인 대안을 제시하여 의사결정을 완결시키는 궁극적이고 핵심적인 정보 기술이다. 국내 기업의 최적화 기술 도입은 해외 기업에 비해 다소 늦었지만, 현재 생산, 물류, 통신, 금융 및 에너지 등 여러 산업 영역으로 빠르게 확산되고 있다. 다양한 최적화 적용 성공 사례 소개를 통해 최적화 기술 기반 의사결정 지능화의 가능성에 대해서 살펴보고, 최적화 기술 적용 방안과 적용시 고려사항을 제언한다.

**주제어:** Optimization, Decision Making, Intelligence, Analytics, Prescriptive, AI

윤희제: LG CNS, Entruе컨설팅, 컨설팅 위원  
민성호: LG CNS, Entruе컨설팅, 전임 컨설턴트  
최영태: LG CNS, Entruе컨설팅, 총괄 컨설턴트  
신규현: LG CNS, Entruе컨설팅, 선임 컨설턴트

## 1. 개요

기업의 사업 환경은 점점 더 복잡해지고 있다. 사업 확장을 위해 해외로 진출하는 기업이 늘어나면서 고객의 요구사항도 점점 개인화되고 있다. 복잡한 사업 환경에 대응하려는 기업의 업무 복잡성 또한 증가하여, 직관적인 판단을 통해 최선의 의사결정을 내리는 것이 상대적으로 어려워졌다. 반면에 기업의 정보화 수준은 날이 갈수록 높아지고 있다. 지난 30년간 컴퓨터의 계산 속도와 데이터 저장 용량은 기하급수적으로 발전하였고, 전사자원관리시스템(ERP)의 도입이 중소기업으로 확대되면서 기업의 내부 데이터 관리 수준도 이전과 비교할 수 없을 만큼 높아졌으며, 인공지능, 빅데이터 등 기업 데이터의 효율적 분석 및 활용을 가능하게 만드는 정보 기술 역시 가파르게 발전하고 있다.

복잡한 사업 환경이 주는 어려움을 극복하고 글로벌 경쟁력을 유지하기 위하여, 기업의 의사결정 과정에 정보 기술을 활용하는 것은 필수적인 일이 되었다. Schulte[5]는 기업에서 필요로 하는 다양한 의사결정 과정에서 적용 가능한 기술, 즉 기계학습, 최적화, 시뮬레이션 등에 대해서 소개하고 있다. 기계학습은 과거의 데이터에 기반하여 미래에 어떤 일이 일어날지 예측하는 것을 목적으로 사용되는 분석 기술이다. 기계 학습은 그 자체로 의사결정 작업을 완결지을 수는 없으며 사람의 판단이 추가되거나 의사결정을 내릴 수 있는 추가 알고리즘을 필요로 한다. 최적화는 필요에 따라 최종적인 의사결정에 필요한 대안을 제시하고 그 이유를 설명할 수 있다는 점에서 가장 핵심적인 의사결정 지능화 기술이라고 할 수 있다. 요즘 각광받고 있는 인공지능 기술도 합리적이고 최적화된 의사결정 과정을 지원한다는 측면에서는 최적화와 일맥상통한다고 볼 수 있다. 하지만 인공지능은 발견된 대안이 최적인지를 보장하지 못한다는 한계와, 그 대안이 선택된 이유를 설명하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 대신 인공지능은 수리적으로 모델링하는 것 자체가 어려운 상황이거나, 수리 모델링은 가능하지만 대안의 수가 너무 많아 수학적으로 최적 대안을 찾기 어려운 문제에서 더 유용할 수 있다.

“2020년까지 40% 이상의 글로벌 기업이 규범 단계의 분석 기술을 도입할 것으로 전망된다.”

Kart[3]는 <그림 1>과 같이 기업의 의사결정을 지원할 수 있는 분석 기술의 유형을 4단계, 즉 서술(Descriptive), 진단(Diagnostic), 예측(Predictive), 규범(Prescriptive)으로 나누어 각 단계가 추구하는 내용과 의사결정에 주는 영향에 대해서 기술하고 있다. 특히 규범 단계의 분석 기술을 미래 혹은 가까운 장래에 기업이 무엇을 해야 할 것인지에 대한 의사결정을 지원하거나 자동화 할 수 있는 기술로 정의하고, 이 단계의 핵심 기술로 최적화와 규칙 기반 알고리즘을 제시하고 있다. 또한 2020년까지 40% 이상의 글로벌 기업이 빅데이터로 대변되는 예측 단계의 분석 기술과 연계된 규범 단계의 분석 기술을 도입할 것으로 전망하고 있다.

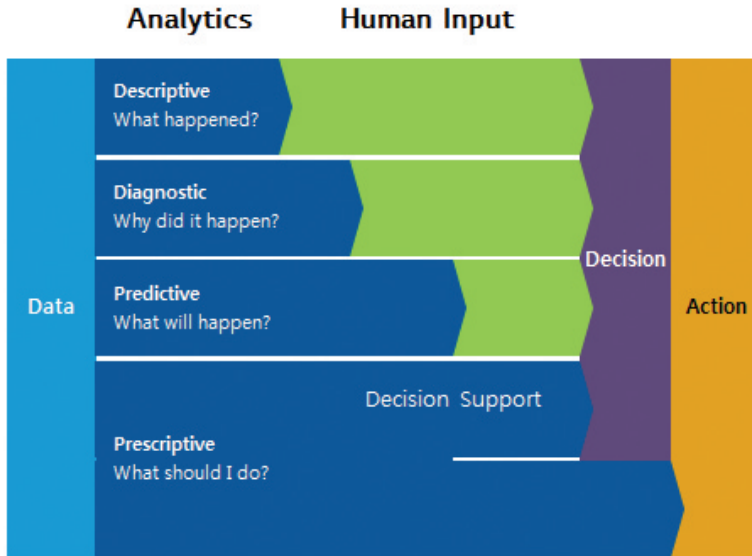


그림 1. 분석 기술의 유형과 단계

요약하면, 최적화는 의사결정을 지원할 수 있는 분석 기술 중 가장 마지막 규범 단계에서 도입될 수 있는 궁극적인 기술이다. 현재 예측 단계의 분석 기술이 도입되는 속도를 볼 때, 머지않은 미래에 다수의 기업들이 의사결정 지능화를 포함한 다양한 목적으로 최적화 기술 도입에 투자할 것이다. 따라서 본고에서는 중요성이 점점 더 부각되고 있는 최적화의 정의, 역사, 적용 분야에 대해서 살펴보고, 다양한 도입 사례를 통해서 최적화가 어떻게 의사결정 지능화에 기여할 수 있는지 설명하며, 마지막으로 최적화 기술의 성공적인 도입 방안에 대해서 정리한다.

“최적화는 의사결정을 지원할 수 있는 분석 기술 중 가장 마지막 규범 단계에서 도입될 수 있는 궁극적인 기술이다.”

## 2. 최적화의 정의, 역사, 적용 분야

최적화는 의사결정이 필요한 업무 혹은 사업이 어떻게 작동하는지를 수학적으로 모델링하고 정교한 수학적 해석을 통해 최선의 의사결정이 무엇인지를 확정할 수 있는 의사결정과학(Decision Science) 영역의 핵심 분야이다. 최적화 모형은 <식 1>과 같이 목적식, 제약식, 결정변수로 구성된다.

Maximize $f(x)$	---	목적식	
subject to $g(x) \geq c$	---	제약식	식 1)
$x \geq 0$	---	결정변수	

목적식은 기업이 의사결정을 통해 달성하려고 하는 궁극적인 목표를 표현한

것이며, 매출/이익 최대화, 비용 최소화, 설비 가동률 극대화 등이 한 예라고 할 수 있다. 제약식은 목표를 달성하는 과정에서 고려해야 될 자원의 한계를 표현한 것이고, 설비의 최대 생산 능력 혹은 작업 시간 등이 예가 될 수 있다. 결정변수는 기업이 의사결정시 고려하는 대안들의 집합이라고 볼 수 있다.

최적화 문제를 풀기 위한 수학적 이론은 매우 긴 역사를 가지고 있어서, 1, 2차 세계 대전 당시로 거슬러 올라가야 한다. 영화 “이미테이션 게임”에서 주인공이 독일군 암호를 해독한 뒤에 독일군이 암호 해독을 눈치 채지 못한 상태에서 전쟁을 승리로 이끌기 위한 작전계획을 수립하는 데 최적화 이론을 활용한다는 대사가 나온다. 과거 최적화 이론은 주로 군대에서 무기의 관리나 사용을 효율화하는데 사용되었고 일반 기업에서 활용되는 경우는 극히 드물었다. 많은 경우 최적 대안을 구하는, 수학적으로 증명된 알고리즘이 개발되어 있었지만, 현실의 문제에 적용하기에는 그 알고리즘이 너무 복잡해서 사람이 손으로 푸는 것은 불가능했다. 따라서 최적화 이론이나 알고리즘이 좀더 우리 삶에 가까이 다가오기 시작한 것은 컴퓨터가 범용화되기 시작한 이후이다.

“우리나라는 땅이 작고 인구 분포가 특이하다 보니 해외보다 최적화 기술의 도입이 늦은 편이다.”

우리나라는 땅이 작고 인구 분포가 특이하다 보니 해외보다 최적화 기술의 도입이 늦은 편이다. 기업 입장에서는 직관적으로 판단하는 것이 정확하고 비용도 적게 드니 굳이 최적화 기술에 투자할 이유가 없었다. 예를 들어 해외에서 많이 다루는 대표적인 최적화 문제 중에 하나가 물류센터 위치를 정하는 문제이다. 우리나라에서 1개의 물류센터를 짓는다면 어디에 짓는 것이 고객 서비스를 적정 수준으로 유지하면서도 비용 관점에서 최선일까? 정답은 경기도 동남부에 짓는 것이다. 왜일까? 일단 수도권에 인구의 절반이 모여 있기 때문에 물류센터는 수도권에 있어야 하고, 나머지 지역인 경상권, 전라권, 충청권, 강원권으로 배송하는 데 유리한, 교통이 좋은 지역이어야 하며 땅값이 싸야 하고 운영 인력을 구하고 유지하기도 쉬워야 한다. 실제로 우리나라 경기 동남부권에 가면 물류센터가 많다는 것을 눈으로 확인할 수 있다.

하지만 앞에서도 언급했듯이, 기업을 둘러싼 사업 환경이 점차 복잡해지고 고객의 요구사항이 까다로워지면서 최적화 기술의 도움이 필요한 영역은 점점 늘어나고 있다. 유럽이나 미국으로 진출한 기업은 국내에서 고려할 필요가 없었던 물류센터 위치에 대한 고민을 해야 한다. 국내의 경우에도 수도권에 하나의 물류센터만 운영한다면, 최근 폭발적으로 늘어나고 있는 “당일 주문, 당일 배송” 서비스를 전국 단위에서 실현하기는 쉽지 않을 것이다. 만약 복수의 물류센터를 운영해야 한다면, 추가 물류센터의 수나 위치에 따라 서비스 수준이나 비용은 엄청난 차

이가 날 것이고, 이 의사결정을 도와 줄 수 있는 것이 최적화 기술이다.

최적화 기술이 적극적으로 도입되었거나, 도입이 검토되고 있는 국내외 분야와 세부 영역은 <표 1>과 같다. 전통적으로 최적화 기술 도입이 빨리 진행된 제조, 물류 영역뿐만 아니라 금융, 통신, 에너지, 교통, 의료, 인사, 광고 등 거의 모든 산업과 서비스 분야에서 최적화 기술이 적용 가능함을 알 수 있다.

<표 1> 최적화 적용 가능 영역

분야	세부영역
제조 장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산계획/공급계획</li> <li>• 장비 실시간 스케줄링</li> <li>• 1, 2차원 절단 최적화(프로파일, 유리, 종이)</li> <li>• 원료 배합 비율</li> </ul>
운송 및 물류	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물류 거점 최적화</li> <li>• 운송사 비딩</li> <li>• 수배송 계획</li> <li>• 재고 최적화</li> <li>• 3차원 절단 최적화(박스/컨테이너)</li> </ul>
금융/통신	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 금융 상품 포트폴리오 구성</li> <li>• 금융상품/가격</li> <li>• 네트워크 용량 계획</li> <li>• 라우팅 최적화/통신기지국 위치</li> <li>• 장비 및 서비스 구성</li> </ul>
전력 및 에너지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ESS 용량 산정</li> <li>• Micro Grid 운영계획</li> <li>• 수력발전소 저수량</li> <li>• 채광 운영/별목 계획</li> </ul>
교통/의료	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 의료 인력, 수술실 운영 계획</li> <li>• 버스 스케줄링/버스-기사 할당 및 근무 계획</li> </ul>
인사/광고/기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 콜센터 인력 운영</li> <li>• 온라인 광고 입찰가 결정</li> <li>• 자원확보를 위한 복합 입찰</li> <li>• 운동경기 일정 계획</li> <li>• 식단 최적화</li> </ul>

### 3. 최적화 적용 사례

최적화 기술에 대한 관심과 이해가 높아지면서 이전에 생각하지 못했던 새로운 영역에서 적용 성공 사례가 나오고 있다. 본 장에서는 전통적으로 최적화 기술이 먼저 도입되었고 효과가 큰 영역에 대한 사례를 소개하고 아직까지 국내 적용

“ 최적화 기술에 대한 관심과 이해가 높아지면서 이전에 생각하지 못했던 새로운 영역에서 적용 성공 사례가 나오고 있다. ”

사례가 많지 않은 영역의 경우 해외 적용 사례를 살펴보고자 한다(〈표 2〉).

〈표 2〉 최적화 적용 사례별 목적 및 특징

적용 사례	도입 목적	특징
글로벌 공급망 운영	• 고객 주문 대응 능력 극대화	• 본사의 글로벌 공급망 운영 역량 강화 • 예측 + 최적화
항공화물 적재계획	• 수익성 극대화	• 3차원 절단 문제 • 업무 자동화, 시뮬레이션 가능
온라인 물류센터 운영계획	• 물류설비 처리량 극대화	• 합포 주문 처리 순서 자동화 • 일일 물동량 변동에 유연한 대응
계절 특성을 고려한 식단 구성	• 운영 원가 최소화	• 통계 분석 + 최적화 • 본사 관리 역량 강화
심판 배정*	• 심판 운영 비용 최소화	• 공정성, 육성 조건을 제약으로 반영 • 업무 자동화, 시뮬레이션 가능
수술실 운영 일정계획*	• 수술실 점유율 최대화	• 수술실 운영 계획 수립 자동화 • 긴급 수술 요구 발생시 시뮬레이션 가능
고객지원 데스크*	• 운영 인력 최소화	• 예측 + 최적화 • 핵심 지표 시뮬레이션 가능

\*해외 사례

### - 고객 주문 대응 능력을 극대화하는 글로벌 공급 계획

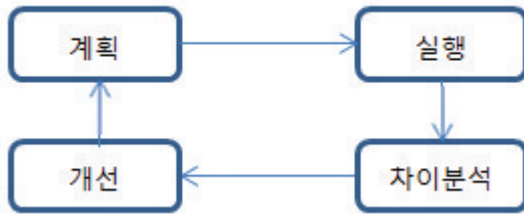
“ 다수의 해외 공장과 해외 판매법인이 존재하는 경우, 본사가 전체 사업을 효율적으로 관리하는 것은 생각보다 어려운 문제이다. ”

해외로 진출하는 많은 기업들이 가장 고민하는 내용 두 가지는 해외 고객의 주문에 효과적으로 적시에 대응하는 것과 해외 법인들의 관리 수준을 본사 수준으로 끌어 올리는 것이다. 특히 다수의 해외 공장과 해외 판매법인이 존재하는 경우, 본사가 전체 사업을 효율적으로 관리하는 것은 생각보다 어려운 문제이다. 특히 해외 진출 초기에는 판매법인에서 고객의 주문에 제때 대응하지 못하는 빈도가 늘어나고, 공장에서는 팔지도 못할 제품들이 생산되어 재고로 쌓이게 된다. 이 문제를 해결하기 위한 대안이 **글로벌 공급망 관리(GSCM, Global Supply Chain Management)** 체계이고, 이 체계가 지향하는 핵심 사상이 지능형 업무 모델이다.

기업의 업무는 개념적으로 보면 계획과 실행의 2단계로 구성될 수 있다. 사람에 비유하면 계획은 머리에 해당하고 실행은 몸통에 해당한다. 지능형 업무 모델은 〈그림 2〉와 같이 실행의 결과를 기반으로 계획과 실행의 차이 분석을 통해 계획과 실행 업무를 개선, 발전시키는 선순환 체계를 가진 모델이다. 우리가 1인 기업을 운영하는 대표이사라면, 계획/실행 업무뿐만 아니라 차이 분석과 개선까지

모두 한 사람이 담당할 것이다. 대표이사가 의지만 있다면 혼자서 지능형 업무 모델 기반으로 기업을 운영할 수 있을 것이다. 하지만 기업의 규모가 커질수록, 담당자가 업무별로 분리될 것이고 마치 해외법인이 늘어나는 것처럼 동일 업무를 수행하는 조직 및 담당자의 수도 늘어날 것이다.

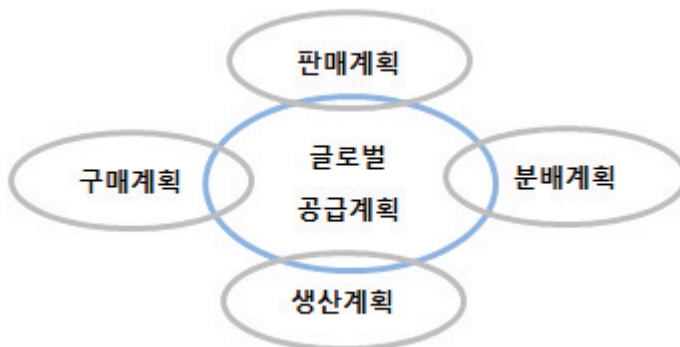
“기업의 규모가 커질수록 담당자가 업무별로 분리될 것이고 동일 업무를 수행하는 조직 및 담당자의 수도 늘어날 것이다.”



〈그림 2〉 지능형 업무 모델 개념도

글로벌 공급망 관리 체계에서는 해외 법인을 포함한 복잡한 조직의 지능형 업무 모델을 구현하기 위해 각 단계별로 다음과 같은 방식을 적용한다.

- 계획: 모든 하부계획(판매법인의 판매계획, 공장의 생산계획, 자재의 구매계획, 물류의 분배계획)과 연계된 글로벌 공급 계획(〈그림 3〉 참조)을 최적화 알고리즘으로 수립하고 이를 시스템에 저장한다.
- 실행: 하부조직(판매, 생산, 구매, 물류)별로 실행하고 그 결과를 ERP 등 시스템에 저장한다.
- 차이 분석: 계획 대비 실행 여부를 판단할 수 있는 핵심 지표를 정의하고 모니터링 시스템을 구현한다.
- 개선: 핵심 지표가 나쁜 원인을 확인하고, 개선방안을 수립하고 적용한다.



〈그림 3〉 글로벌 공급계획과 하부계획

고객의 수요 대응을 극대화하는 글로벌 공급계획을 수립하기 위해서는, 해외



“수리 모델링 기반 최적화 알고리즘은 복잡한 제약과 하부계획을 빠짐없이 반영하여 현실적인 글로벌 공급 계획을 수립할 수 있는 효과적인 도구이다.”

법인을 포함한 전체 공급망에 있는 재고 정보, 제품의 운송 시간, 공장의 생산 능력, 주요 자재의 수급 가능 정보 등에 대한 제약을 고려해야 한다. 글로벌 공급 계획은 모든 부서에서 합의한 계획이어야 하며, 모든 부서는 이 계획을 준수할 수 있는 하부계획을 수립하고 이를 시스템에 관리, 저장하여 차후 글로벌 공급계획에 반영될 수 있도록 해야 한다. 수리 모델링 기반 최적화 알고리즘은 이러한 복잡한 제약과 하부계획을 빠짐없이 반영하여 현실적인 글로벌 공급계획을 수립할 수 있는 효과적인 도구이다. 다음은 글로벌 공급망 관리 체계 구축을 통해 성과를 거둔 사례 중 하나이다.

A사는 한국과 중국에 있는 생산 공장에서 만든 전자 부품을 다수의 해외 고객사에 납품하는 회사이다. 시장이 확대되면서, 글로벌 재고 수준은 급격하게 높아지고 납기 준수에 대한 고객 불만도 날이 갈수록 커지고 있었다. 이런 현상을 피하기 위하여, A사는 고객에게 제공받은 수요 정보를 기반으로 재고량, 운송 시간, 생산 능력 등을 고려하여 글로벌 공급계획을 수립하고, 이 계획을 바탕으로 영업과 생산의 각 조직들이 유기적으로 실행하는 글로벌 공급망 관리 체계를 구축하였다. 또한 별도의 개선 조직을 만들어, 매주/매월 글로벌 공급계획 대비 실행 단계에서 발생한 차이를 분석하고, 원인 규명 및 잘못된 업무 관행과 부정확한 시스템 정보를 개선하는 활동을 지속적으로 전개하였다. 그 결과, A사는 글로벌 공급망 관리 체계 도입 2년 만에 글로벌 재고 수준을 50% 이상 낮추고, 고객 납기 준수율은 50% 미만에서 99% 이상으로 개선하는 획기적인 성과를 거두었다.

#### — 수익성을 극대화하는 항공 화물 3차원 적재계획(3차원 절단 문제)

3차원 절단 최적화 문제는 보통 물류에서 컨테이너나 박스에 상품을 적재할 때 고려된다. 보통 해상이나 육상 물류에서는 최대한 많은 화물이나 상품을 적재하는 것을 목표로 적재계획을 수립하며, 이 경우에 적합한 최적화 기술 기반 적재 솔루션들을 국내외에서 쉽게 찾아볼 수 있다. 하지만 항공 화물 적재계획 수립시에는 육상 화물에는 없는 몇 가지 독특한 상황을 추가로 고려해야 한다.

첫째, <그림 4>처럼 다양한 형태의 컨테이너(ULD)가 존재한다. 이는 비행기의 곡면을 고려해서 컨테이너의 크기와 모양을 정하기 때문이다.

둘째, 무게가 크면 무게로 과금하고 부피가 크면 부피로 과금하는 체계이다. <그림 5>와 같이 1번 화물은 무게(GWT)가 환산된 부피(VWT)보다 크기 때문에 무게(100)에 해당하는 물류비를 지불해야 한다. 2번 화물은 무게는 1번 화물보다 가볍지만 부피가 크기 때문에 역시 부피(150)에 해당하는 물류비를 내야 한다.





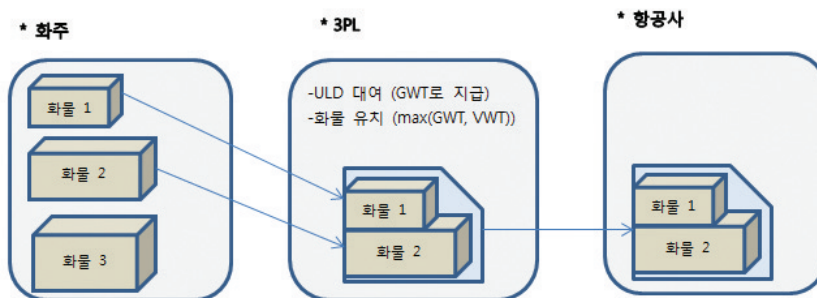
〈그림 4〉 다양한 항공기용 컨테이너(ULD)



〈그림 5〉 항공화물 과금체계

마지막으로, 항공사, 물류회사(3PL), 화주사 사이의 독특한 사업 구조를 이해해야 한다(〈그림 6〉 참조). 항공사가 화주사로부터 모든 화물을 직접 받고 적재계획을 세우고 실제 적재 작업을 하기에는 전문가도 부족하고 관리가 매우 번거롭다. 따라서 항공사는 물류회사에 컨테이너를 대여해 준다. 대여 비용은 컨테이너에 실린 화물의 무게에 비례한다. 물류회사는 화주사로부터 항공 화물 과금체계로 화물을 유치하고 실제 적재 작업을 대행해 준다. 물류회사는 화주사에서 받은 화물 물류비(매출)에서 컨테이너 대여 비용(매입)을 뺀 차익을 수익으로 가져가게 된다.

“항공사가 화주사로부터 모든 화물을 직접 받고 적재계획을 세우고 실제 적재 작업을 하기에는 전문가도 부족하고 관리가 매우 번거롭다.”



〈그림 6〉 항공 화물 사업 구조

〈그림 6〉에서 물류회사는 컨테이너에 화물 1, 2를 적재하여 항공사로 인계하고, 화물 3은 컨테이너에 적재할 공간이 없기 때문에 화주에게 되돌려 주거나 항공사에 개별 화물로 운송을 의뢰해야 한다. 물류회사 입장에서 이익이 가장 많이

남는 최적 화물 적재계획을 수립하기 위해서는 아래 몇 가지 질문에 답할 수 있어야 한다.

- 1) 물류회사가 빌린 컨테이너에 화주사가 의뢰한 화물이 모두 적재 가능한가?
- 2) 모두 적재 가능하지 않다면, 어떤 화물을 적재하는 것이 가장 유리할까?
- 3) 남은 화물은 화주사에 돌려주어야 할까 아니면 항공사에 개별 화물로 운송을 의뢰해야 할까?
- 4) 현재 유치한 화물을 가장 유리한 조건으로 적재하기 위해서 어떤 컨테이너를 빌려야 할까?

다음은 위에서 설명한 항공 화물의 특수성을 고려하여 수익성 극대화를 위한 3차원 적재계획 수립 최적화 엔진을 도입한 사례이다.

B사는 연간 화물기 수천 대 분량의 항공 화물을 처리하고 있는 글로벌 물류 기업이다. 국내 중심으로 적은 물량을 처리할 때는 수작업으로 항공 화물의 적재계획을 수립하였으나, 점차 물량도 늘어나고 중국 등 해외로 사업 확장을 계획하면서 이익을 극대화할 수 있는 최적화된 항공 화물 적재계획 수립에 관심을 가지게 되었다.

B사는 사업을 본격적으로 확장하는 시점에 개별 담당자의 능력에 의존하지 않고, 시스템에서 이익이 최대로 되는 적재계획을 수립하는 최적화 엔진을 개발 및 도입하였다. 화주사가 특정 화물의 항공 적재를 의뢰하면, 어떤 컨테이너를 빌리는 것이 좋을지, 그 컨테이너에 어떤 화물을 적재할지, 이번에 의뢰된 화물을 되돌려 줄지 등의 의사결정을, 1, 2분 내 신속하게 시뮬레이션해 본 결과를 토대로 내릴 수 있게 되었다. B사는 현재 이를 기반으로 항공 화물 적재 및 운송 대행 사업을 계속 확대하고 있으며, 중국으로 사업을 확장하였다.

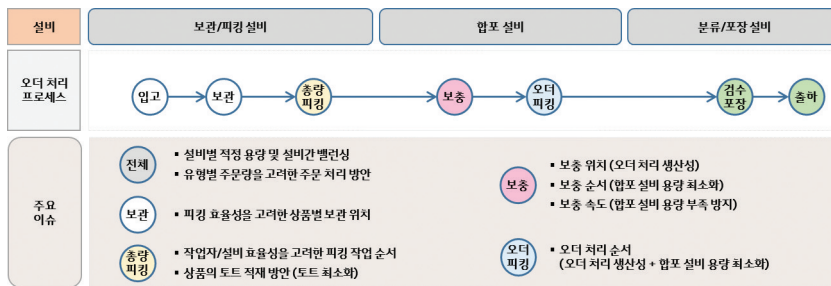
#### — 온라인 물류센터의 생산성을 극대화한 상품과 주문의 처리 순서 결정 ([1] 참조)

전 세계적으로 온라인 쇼핑 시장은 계속 성장하고 있고, 국내 온라인 쇼핑 시장도 2005년부터 2017년까지 연 20%씩 성장하여, 2017년 기준 거래 규모가 78조에 달한다는 통계가 있다. 온라인 쇼핑 시장이 급속히 성장함에 따라, 온라인으로 영역을 넓히고 있는 기존의 오프라인 유통 대기업과 새로이 시장에 등장한 온라인 쇼핑 전문 기업 간의 경쟁도 점점 치열해지고 있다. 경쟁에서 살아남기 위하여 많은 기업들이 물류 비용을 줄이고자 물류센터의 통합화 및 대형화에 과감한 투자를 하고 있다. 온라인 쇼핑 시장의 가장 큰 특징 중의 하나는 주문 하나에 여

“B사는 개별 담당자의 능력에 의존하지 않고 시스템에서 이익이 최대로 되는 적재계획을 수립하는 최적화 엔진을 개발 및 도입하였다.”

러 종류의 상품들이 포함된 ‘합포’ 주문이 늘어나고 있다는 것이다. 온라인 물류 센터에서는 합포 주문을 어떻게 잘 처리하느냐가 매우 중요해졌다. <그림 7>은 온라인 물류센터에서 합포 주문을 처리할 때 필요한 업무와 설비를 나타낸 업무 흐름도이다. 합포 주문은 다양한 자동화 설비와 합포 설비를 필요로 하기 때문에 물류센터의 업무를 복잡하게 만들고, 운영 단계에 다양한 이슈를 발생시킨다. 이런 이슈들은 물류 자동화만으로는 해결할 수 없기 때문에, 상황에 꼭 맞는 물류 운영 최적화를 적용해야 한다.

“합포 주문은 물류센터의 업무를 복잡하게 만들고 운영단계에 다양한 이슈를 발생시킨다. 이런 이슈들은 물류 자동화만으로는 해결할 수 없기에 물류 운영 최적화를 적용해야 한다.”

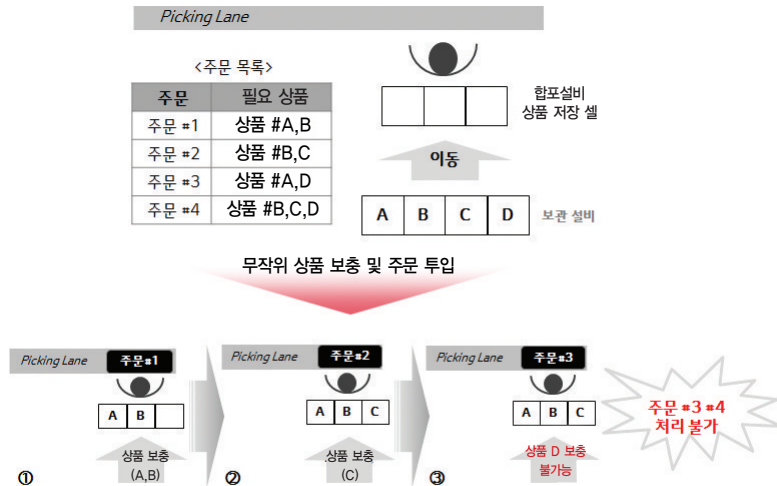


<그림 7> 합포 주문 처리 프로세스 및 이슈

일반적으로 온라인 물류센터에서는 합포 설비의 생산성이 전체 물류 센터의 생산성에 직결되므로, 합포 설비의 생산성을 높이는 것이 중요하다. 합포 설비의 생산성을 극대화하기 위해서 가장 중요한 이슈는 (1) 상품의 보충 순서(총량 피킹 순서)와 주문의 처리 순서를 정하는 문제, (2) 보충 위치를 정하는 문제가 있다.

#### • 상품의 보충 순서(총량 피킹 순서)와 주문의 처리 순서를 정하는 문제

합포 설비의 효율적인 운영을 위해서는, 합포 설비에 보충될 상품들의 순서와 그에 따른 주문 처리 순서를 조화롭게 맞춰 나가야 한다. 상품의 보충 순서와 주문의 처리 순서가 어긋나면, 합포 설비의 필요 보관 용량은 늘어나고 주문 처리는 지연되는 문제를 초래한다. <그림 8>은 합포 설비에 무작위로 상품을 보충하고 주문을 투입할 때, 주문 처리에 실패하게 되는 사례를 보여 준다. <그림 8>과 다르게 상품 보충 순서와 주문 처리 순서를 조금씩만 바꿔 보면, 주어진 합포 설비로 모든 주문을 처리할 수 있는 계획을 만들어낼 수 있다. 하지만 주문이 몇만 개 단위로 늘어나고, 상품 종류도 1만 개 이상으로 많아지면 종이와 펜으로 풀기에는 불가능한 문제가 된다. 이를 해결할 수 있는 여러 방법 중 하나는, 상품과 주문 간의 연관 관계를 활용한 최적화 알고리즘을 사용하는 것이다. 또한 이러한 합포 설비 운영 계획을 역으로 이용하면, 각 물류센터에 필요한 합포 설비 최소 용량을 계산할 수도 있다. 취급하는 상품 수에 비해 훨씬 적은 합포 설비의 용량으로도 목표 주문량



➔ 주문처리 순서와 상품 보충 순서에 따라서 작업공간에 필요 셀 수가 달라짐

(그림 8) 상품(SKU) 보충 순서 및 주문 처리 순서에 따른 주문 처리 실패 사례

을 처리할 수 있게 되는 것이다.

#### • 상품의 보충 위치를 정하는 문제

“작업 공간간의 업무량 균등화와 토트 방문 횟수 최소화라는, 두 마리 토끼를 모두 잡을 수 있는 최적화된 운영계획이 뒷받침되어야 합포 설비의 생산성을 높일 수 있다.”

상품 보충 위치는 합포 설비의 생산성에 영향을 미치는 두 가지 요소가 상충되기 때문에 면밀한 분석이 필요하다. 제1요소는 각 작업 공간(Work station, WS)의 균등한 업무량이다. 합포 설비의 생산성은 가장 생산성이 떨어지는 특정 작업 공간의 생산성에 의해 결정된다. 따라서 사전에 충분한 분석을 거쳐 각 작업 공간에 최대한 균등하게 업무량을 나눠 줄 필요가 있다. 제2요소는 주문 토트가 거쳐야 하는 작업 공간의 수를 줄이는 것이다. 주문 토트가 여러 작업 공간에 방문해야 한다면, 합포 설비를 구성하는 토트 이송 설비에 많은 부하가 걸리게 된다. 작업 공간 방문 횟수를 줄이기 위해서는 서로 연관성이 높은 상품들을 하나의 작업 공간에 집중시켜야 하는데, 이 과정에서 작업 공간 간에 처리해야 할 업무량의 편차가 발생할 가능성이 높아진다. 극단적인 예를 들자면, 오직 하나의 작업 공간만 운영한다면 모든 토트의 방문 작업 공간 수는 1로 최소화되지만, 전체 설비의 생산성은 오직 하나의 작업 공간만 존재하는 설비처럼 저하될 것이다. 따라서 작업 공간간의 업무량 균등화와 토트 방문 횟수 최소화라는, 두 마리 토끼를 모두 잡을 수 있는 최적화된 운영 계획이 뒷받침되어야 합포 설비의 생산성을 높일 수 있다.

다음은 신규 대형 물류센터를 구축하면서 물류비 관점에서 전체 운영 프로세스

를 효율화하고 특히 합포 주문에 효과적으로 대응하기 위해서 최적화 기술에 기반하여 물류센터 내 전체 설비의 용량을 설계하고 설비 운영계획을 수립한 사례이다.

C사는 신규 물류센터를 구축하면서 합포 주문을 효율적으로 처리하기 위한 다양한 최적화 알고리즘을 탐색하고, 이를 시뮬레이션으로 검증하였다. 특히, 주문 수가 많은 상품을 우선 보충하는 전통적인 방식에 비해서, 주문과 상품의 연관성이 높은 순서로 주문 처리 순서와 상품 보충 순서를 정하는 방식이, 총량 피킹의 횟수도 줄이고 합포 설비의 초기 투자비를 30% 절감할 수 있다는 것을 확인하고, 이를 물류센터 설비 설계 및 운영 방안에 적용하였다.

#### - 계절 특성에 맞는 재료와 메뉴를 추천해 주는 식단 구성 최적화

해외의 경우, 영양학 측면에서 균형 잡힌 식단을 짜는 식단 구성 문제는 최적화 교재에서 빠지지 않고 등장하는 단골 사례이다. 우리나라에서도 단체 급식 사업을 하는 일부 기업들이 이미 최적화 엔진을 활용하여 식단 구성을 하고 있거나 고려하고 있다. 다음은 국내 기업의 사례이다.

D사는 단체 급식사업을 운영하는 회사로, 전국에 급식 매장만 수백 개에 달한다. 개별 매장에서 식단은 영양사들이 짜는데, 주로 영양학적인 측면, 재료의 원가, 주 메뉴와 부 메뉴의 조화, 맛의 다양성을 고려한다. 각 매장에서 작성한 식단은 본사로 취합되어 본사에서 재료를 구매할 때 사용된다. 본사의 고민은 영양사들의 이직이 잦고, 식단을 구성하는 능력이 천차만별이라는 것이다. 특히 경험이 많은 영양사는 계절별로 싸고 맛있는 재료를 활용하는 역량이 우수하지만 초보 영양사들은 그렇지 못하다 보니, 매장별로 매출과 손익 수준, 고객들의 식단에 대한 호감도가 들쭉날쭉했다. 또한 사용되는 재료가 매장별로 모두 다르다 보니, 규모의 경제를 활용한 재료 구매 원가 절감에도 한계가 있었다.

이러한 고민을 해결하기 위하여 C사는 식단 구성을 자동화할 수 있는 최적화 엔진을 개발하고, 이를 활용하여 식단 작성 및 공유 프로세스를 개선하는 프로젝트를 진행하였다. 먼저 본사에서는 영양사들이 공통적으로 고려하는 다양한 조건들을 반영하여 전국 모든 매장의 식단을 작성하고 이를 각 매장의 영양사에게 전달한다. 각 매장의 영양사들은 매장별 특성을 고려하여 본사의 가이드라인 내에서 식단 구성을 수정하는 작업을 진행하

“영양학 측면에서 균형 잡힌 식단을 짜는 식단 구성 문제는 최적화 교재에서 빠지지 않고 등장하는 단골 사례이다.”

고 이를 본사와 공유한다. 본사에서는 이를 받아 최종적으로 매장 관리와 재료 구매 등에 활용한다. 또한 식단 구성 시 고려해야 되는 다양한 조건들을 최적화 엔진에서 제약으로 반영하기 위해서, 재료의 색깔이나 맛에 대한 정보, 메뉴별 맛과 시점에 대한 특징, 메뉴간 상호 관계(조화로우며 유사성 여부) 등에 대한 기준정보를 새롭게 정비하고 시스템에서 지속적으로 관리될 수 있도록 기준정보 관리 프로세스를 개선하는 활동을 병행하여 진행하였다.

이러한 최적화 엔진을 활용한 프로세스 개선의 효과로, 각 매장에서 계절 특성에 맞는 재료가 포함되도록 식단을 구성하여 고객의 식단에 대한 만족도도 높이고 재료 구매 원가도 획기적으로 개선할 수 있었다. 뿐만 아니라 개별 영양사의 실력 편차에 의한 식단 구성의 품질 차이를 최소화할 수 있었고, 영양사들이 식단 구성에 사용하는 시간을 단축하여 조리과 위생에 좀더 신경 쓸 수 있게 되었으며, 신입 영양사들도 빠르게 업무에 적응할 수 있게 되었다.

#### - 공정성과 육성을 고려한 심판 배정

“우리나라에서 인기 있는 프로야구, 프로농구 등의 정규 리그 시합의 일정 계획이나 정규 리그 각 시합의 심판 배정도 수리 최적화 모델링을 통해서 수립이 가능하다.”

우리나라에서 인기 있는 프로 야구, 프로 농구 등의 정규 리그 시합의 일정 계획이나 정규 리그 각 시합의 심판 배정도 수리 최적화 모델링을 통해서 수립이 가능하다. 다음은 최적화 엔진을 활용하여 공정성과 육성을 고려하고 운영 비용을 최소로 하는 심판 배정 계획을 수립한 영국의 데본 크리켓 리그(Devon Cricket League)의 사례이다([7] 참조).

데본 크리켓 리그는 1972년 설립되어 현재 총 76개의 클럽이 8개 리그로 나뉘어 있고, 그중 상위 3개 리그에는 각각 10개의 클럽이 소속되어 있다. 시즌은 4월 말이나 5월 초에 시작하여 8월 말이나 9월 초에 종료된다. 상위 3개 리그의 모든 클럽은 같은 리그에 소속되어 있는 다른 클럽과 매주 토요일에 홈/원정 각 한 번씩 경기를 갖게 된다.

리그는 정해진 예산 내에서 진행되어야 하므로 운영 비용을 낮추는 것이 매우 중요하다. 그중 심판에 지급되는 인건비와 경비를 최소화하는 것이 전체 운영 비용을 낮추는 데 중요하다. 각 경기에서는 고정 인건비와 출장비가 발생하는데, 고정 인건비는 심판의 등급에 따라, 출장비는 경기장까지의 이동거리에 따라 달라진다.

각 경기에 심판을 할당할 때 주요하게 고려해야 될 사항은 크게 3가지



이다.

첫째, 고정 인건비와 출장비용을 최소화해야 한다. 출장비용은 이동 거리에 비례하는데, 2명의 심판의 이동경로가 겹치거나 유사하면 더 멀리 사는 심판이 경기장으로 이동 도중 다른 심판과 같이 동승해서 가야 한다. 따라서 경기장의 위치와 심판들의 거주지를 고려하여 심판을 할당해야 한다.

둘째, 모든 팀에게 공정한 경기가 운영되어야 한다. 협회는 공정한 경기 운영을 위하여 심판들을 각 팀의 경기에 균등하게 할당할 필요가 있어 몇 가지 규칙을 고려하고 있다. (1) 특정 심판이 시즌 전반기 또는 후반기 동안 특정 클럽과 관련된 경기에 두 번 이상 배정되지 않는다. (2) 특정 심판이 6주 미만의 간격으로 특정 클럽을 상대로 두 번 이상 배정되지 않는다. (3) 특정 심판이 한 시즌 동안 특정 클럽의 홈 경기에 두 번 이상 배정되지 않는다. (4) 동일한 심판 조합이 한 시즌 동안 두 번 이상 나오지 않게 한다. (5) 특정 두 클럽의 홈/원정 경기에 같은 심판이 배정될 수 없다.

마지막으로 미래를 위해 심판 육성을 고려해야 한다. 이를 위해 경험 많은 심판들의 노하우를 경험 적은 심판들에게 전수할 필요가 있다. 하위 리그 경기 심판을 보는 데 있어서 최상위 등급의 심판이 두 명이나 필요하지 않으므로, 최상위 등급의 심판과 그보다 낮은 등급의 심판이 같은 경기에서 심판을 보도록 배정하여 낮은 등급 심판이 노하우를 배울 수 있도록 한다.

과거에는 은퇴한 선수들이 심판 배정 계획을 수작업으로 세웠기 때문에 위 3가지 상황들을 모두 고려하여 계획을 세우려면 많은 시간을 필요로 했고, 심판에게 지급되는 인건비와 출장비가 최소화된 것인지 아닌지 판단할 근거가 없었다. 현재는 수리 최적화 모형을 기반으로 계획을 수립하여, 비용을 최소화할 뿐만 아니라 사람이 수작업으로 고려하기 어려운 공정성과 육성에 대한 까다로운 조건들도 모두 만족시키는 계획을 만들 수 있게 되었다. 뿐만 아니라 향후 새로운 조건이 생기거나 기존의 조건이 변경되더라도 신속하게 계획에 반영하는 것이 가능하게 되었다. 예를 들면, 다양한 리그 시스템의 변화(예를 들어 팀 수의 증가)나 급작스러운 심판 운용의 변화(예를 들어 심판의 질병으로 인한 배정 변경)에도 신속하게 대응할 수 있게 되었다.

“ 현재는 수리 최적화 모형을 기반으로 계획을 수립하여, 경기를 운영하기 위해 들어가는 비용을 최소화할 뿐만 아니라 공정성과 육성에 대한 조건도 모두 만족시키는 계획을 만들 수 있게 되었다. ”

#### - 최소 인원으로 고객 만족도 기준을 달성하는 고객 지원 데스크 운영

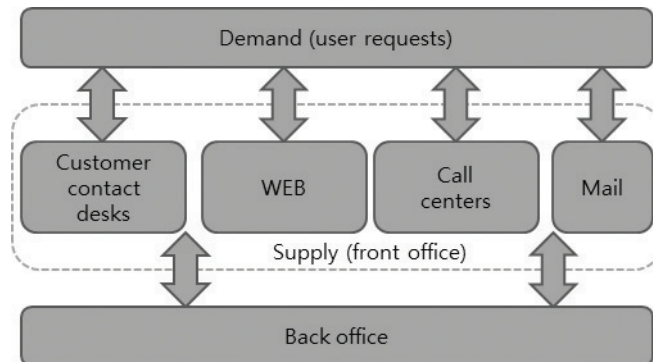
서비스 센터나 콜센터 인력 운영 계획 수립에 최적화 기술을 적용하는 것은, 우리나라에서 생소한 영역 중의 하나이다. 하지만 가용한 인원이 다양한 역량 수



“서비스센터나 콜센터 인력 운영 계획 수립에 최적화 기술을 적용하는 것은 적어도 우리나라에서는 생소한 영역 중의 하나이다.”

준을 가지고 있거나 서로 다른 기술을 보유하고 있다면, 계획 수립 시 수리 모델링 기반 계획 수립을 검토해 볼 필요가 있다. 다음은 고객 서비스 센터에 최적화 기술을 적용한 이탈리아 기업의 사례이다([6] 참조).

이탈리아에서 두 번째로 큰 유틸리티 기업인 헤라는 이탈리아 북부 지역에서 330만 명이 넘는 시민들에게 폐기물 처리 및 물, 에너지 유통 서비스를 제공하고 있다. 헤라는 고객 충성도를 유지하기 위한 고객 관계 관리를 회사의 핵심 역량으로 판단하고 고객 관계 관리에 심혈을 기울였다. 고객 관계 관리 서비스 구성 요소(<그림 9> 참조)는 고객들을 응대하는 프론트 오피스와 고객들이 요청한 내역들을 처리하는 백 오피스로 나뉘어 있으며, 프론트 오피스는 크게 고객 지원 데스크(CCD, Customer Contact Desks), 콜센터, 웹 사이트, 이메일로 구분할 수 있다. 이 중 헤라는 고객과 직접 대면하는 고객 지원 데스크를 고객 관계 관리에서 가장 중요한 영역으로 생각하였다.

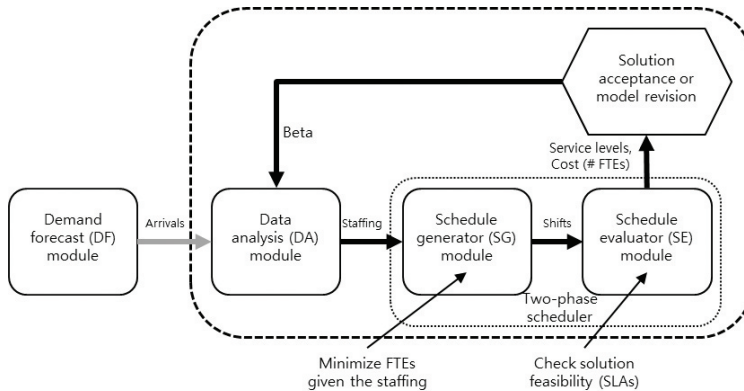


<그림 9> 헤라의 고객 관계 관리 개념도

고객 지원 데스크는 서비스 담당자가 고객과 카운터에서 직접 대면하여, 계정 관리에 대한 문의나 비용 문제제기 등 다양한 요청에 대응하는 서비스이다. 80개 고객 지원 데스크에 있는 약 200명 인원이 매년 65만 명의 고객이 요청하는 110만 건 이상의 서비스 요청에 대응하고 있다. 고객 지원 데스크는 세 가지 종류로 구분되며 대도시에 8개의 대형 고객 지원 데스크, 중소도시에 20개의 중형 고객 지원 데스크, 나머지 소도시와 특정 위치에 소형 고객 지원 데스크가 있다. 중/대형의 고객 지원 데스크에는 최대 20개의 카운터가 운영되고 있으며, 고객 지원 데스크 관리자는 개별 카운터의 운영 여부 등 데스크 근무 직원들의 작업 계획을 수립하고 감독한다.

헤라의 고객 지원 데스크 최적 운영의 목표는 성과 지표의 연간 목표를

달성하기 위해 필요한 직원 수를 최소로 하는 것이다. 이를 위해 고려해야 할 제약 사항은 1) 카운터 운영 시 최소 근무 시간 조건, 2) 카운터의 최대 운영 가능 시간, 3) 직원별 의무 근무 시간대, 4) 각 카운터별 의무 운영 시간대, 5) 직원의 휴가, 6) 휴일, 7) 카운터의 운영 개수 등이다.



〈그림 10〉 헤라의 최적 운영 계획 수립 흐름도

헤라는 〈그림 10〉에서 볼 수 있는 것처럼 수요 예측, 계획 수립, 성과 시뮬레이션 등의 단계를 반복적으로 수행하여, 상기 목표와 제약을 만족하는 최적 운영 계획을 수립하고 있다. 먼저, 과거의 수요 정보를 이용해서 시간별, 요일별, 계절별 수요와, 수요 유형별 처리 시간의 정보를 도출한다(Demand Forecast(DF) 단계). 둘째, 도출된 각 시간대의 수요량을 바탕으로, 전체 가용 직원을 수요량에 비례하여 고객 지원 데스크에 배분한다(Data Analysis(DA) 단계). 셋째, 앞에서 살펴본 다양한 제약 사항을 고려하여 각 직원의 스케줄을 생성한다(Schedule Generator(SG) 단계). 넷째, 생성된 각 직원의 스케줄을 기반으로 주요 핵심 성과 지표를 계산한다(Schedule Evaluator(SE) 단계). 마지막으로, 계산된 주요 핵심 성과 지표 값과 연간 성과 목표 값을 비교하여, 목표를 만족시키지 못하거나 목표를 크게 상회하게 되면, 인력의 증감을 적용하여 DA 단계를 다시 실행한다. 이와 같은 과정을 반복하여 연간 성과 목표를 최소한의 인원으로 만족시킬 수 있는 최적 고객 지원 데스크 운영 계획을 도출한다.

헤라는 최적 고객 지원 데스크 운영 계획을 도입한 이후 〈표 3〉에서 보는 것처럼 직원 수를 늘리지 않고도, 월별 서비스 요청 건수가 기존보다 많아졌음에도, 핵심 성과 지표 중 고객들의 대기 시간은 약 35%, 장시간(40분 이상) 대기 고객 수는 약 49% 줄일 수 있었으며, 고객 만족도 또한 매우 향상되었다.

“헤라는 수요 예측, 계획 수립, 성과 시뮬레이션 등의 단계를 반복적으로 수행하여, 상기 목표와 제약을 만족하는 최적 운영 계획을 수립하고 있다.”

〈표 3〉 최적 운영 계획 도입 전후 성과 지표 비교

성과지표	'09 (최적화 이전)	'11. Mar - '11. Dec		'12. Jan - '13. May	
월별 평균 서비스 요청 건수(중/대형 CCD)	20,500	23,700	+16%	25,900	+26%
평균 대기 시간 (분)	16.00	10.32	-36%	10.37	-35%
40분 이상 기다리는 고객 비율	9.00	4.60	-49%	4.60	-49%
고객 만족도	72	78	+8%	81	+13%
가용 직원 수	193	189	-2%	188	-3%

#### - 병원 경영 개선과 환자 서비스 개선의 두 마리 토끼를 잡는 수술실 일정 계획

“ 의료 분야에서도 많은 최적화 과제가 도출될 수 있다. ”

의료 분야에서도 많은 최적화 과제가 도출될 수 있다. 약품의 적정 재고 관리나 병실 운영 스케줄 수립 등이 한 예가 될 수 있다. 다음은 수술실 일정 계획 수립에 최적화가 적용된 포르투갈 병원 사례이다([4] 참조).

포르투갈 국립 병원에서는 매년 5,000건의 수술을 수행하고 있으며, 2,200건의 수술 대기 명부를 가지고 있다. 병원의 수술실은 한정되어 있고, 수술 유형에 따라 필요한 장비도 다르고 수술 가능한 의사도 다르다는 제약이 있다. 어느 수술실에서 언제 어떤 수술을 진행하느냐에 따라서 더 많은 환자를 치료할 수도 있고 아닐 수도 있게 된다. 따라서 수술실 일정 계획을 잘 수립하여 수술실의 효율적 운영이 가능해지면, 병원 입장에서도 경영 개선을 이룰 수 있고, 환자 입장에서도 빠른 수술과 치료를 기대할 수 있게 된다. 그러나 현재는 수작업으로 수술실 일정 계획을 수립하다 보니 수술실의 점유율은 42% 정도밖에 되지 않고, 환자들의 대기 시간도 점차 늘어나게 되었다.

이 병원에서는 수술실 일정을 최적화하여 수술실의 점유율을 높이고 긴급 수술 등으로 일정 변경이 필요할 때 신속하고 효율적으로 일정을 변경할 수 있는 방안을 고민하게 되었고, 그 결과 수리 최적화 모델링을 통해 수술실 일정 계획을 수립하기로 하였다. 수술실 일정 계획 수립 시에는 아주 복잡한 고려사항이 발생하는데, 대표적인 사항은 아래와 같다.

- (1) 수술 유형에 따라 이용 가능한 수술실이 정해져 있다.
- (2) 수술에 사용하는 특수한 장비의 수에 제한이 있고, 수술 유형에 따라 사용하는 장비도 다르다.
- (3) 수술 유형에 따라 투입 가능한 의사가 다르며, 그 수도 유한하다.
- (4) 한 의사는 동 시간대에 1개의 수술에만 할당되어야 한다.
- (5) 수술과 수술 사이에는 수술실을 청소하는 시간이 반영되어야 한다.
- (6) 수술의 유형별로 필요한 준비 시간이 다르다.
- (7) 수술에 필요한 시간은 환자에 따라 다르다.
- (8) 수술 대기 명부의 환자별 우선순위를 반영해야 한다.

“이 병원에서는 수술실의 점유율을 높이고 일정 변경이 필요할 때 신속하고 효율적으로 일정을 변경하기 위해 수리 최적화 모델링을 통해 수술실 일정 계획을 수립하기로 하였다.”

이런 복잡한 제약 사항을 모두 고려하여 사람이 일정을 짜기 위해서는 많은 시간이 소요된다. 긴급 환자 대응을 위해 수술실 일정을 변경하는 경우, 이를 신속하게 반영하여 다시 일정 계획을 짜는 것은 더더욱 어렵다. 최적화 기반 수술실 일정 계획을 수립하고 병원을 운영한 결과, 수술실의 점유율을 80% 대까지 높이는 괄목할 만한 성과를 거두었다. 그로 인해 환자들의 대기 시간도 획기적으로 줄일 수 있었다. 또한 응급 상황으로 인해 수술실 일정이 변경되어야 할 때 신속하게 대응할 수 있게 되었고 병원 수익성 향상에도 기여하였다.

#### 4. 최적화 적용 방안

우리는 앞에서 최적화 기술이 적용될 수 있는 다양한 사례를 다루었다. 우리가 알고 있는 모든 의사결정 문제가 최적화 기술로 해결되지는 않을 것이다. 하지만, 컴퓨터의 계산 능력 발전에 비례해서 최적화가 의사결정 지능화에 기여할 가능성도 점점 커지는 것 또한 사실이다. 따라서 최적화의 적용 가능 영역을 탐색하고, 해당 영역에 성공적으로 도입하기 위한 방안을 살펴보는 것은 의미가 있다. 최적화 기술을 우리 업무에 도입하는 과정은 크게 문제 식별 단계, 모형 설계 단계, 알고리즘 개발 단계, 검증/평가 단계, 시스템화 단계로 나눌 수 있다(<그림 11> 참조).

문제 식별 단계는 해당 업무 혹은 산업 분야의 업에 대한 이해를 바탕으로 최적화 도입이 효과를 거둘 수 있는 영역을 탐색하는 단계이다. 이미 최적화 기술 도입의 효과가 잘 알려진 문제도 있지만, 의외로 현업에서도 잘 모르고 숨어 있는 문제가 적지 않다. 따라서 이 단계에서는 현업과 최적화 전문가의 협업이 필요하고

“최적화 기술을 우리 업무에 도입하는 과정은 문제 식별 단계, 모형 설계 단계, 알고리즘 개발 단계, 검증/평가 단계, 시스템화 단계로 나눌 수 있다.”

매우 중요하다.

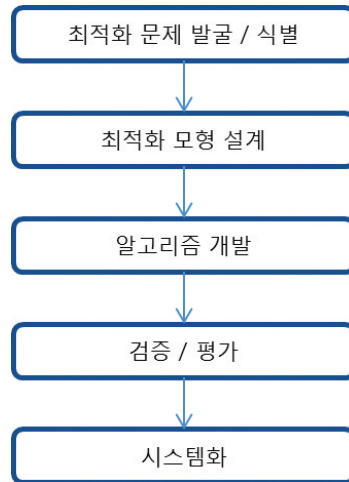
모형 설계 단계는 우리가 풀어야 될 문제 상황을 수리적으로 모델링하는 단계이다. 좋은 모형이란 수리적 모형이 실제 문제 상황을 잘 반영하면서도 적절한 시간 내에 의미 있는 결과를 도출할 수 있는 모형이다. 모형 설계 단계에서는 필연적으로 현실을 추상화하는 과정이 포함되어, 고객이 중요하게 생각하는 상황과 수리 모형에 반영된 상황 사이에 괴리가 생길 수 있다. 진정한 최적화 전문가는 고객의 중요한 상황을 수리 모형에 잘 반영하면서도, 불필요한 요구사항의 수리 모형 반영을 최소화하여 고객에게 의미 있는 최적화 모형을 구현할 수 있어야 한다.

알고리즘 개발 단계는 설계된 최적화 모형에서 고객이 원하는 시간 내에 최적 대안 혹은 적절히 좋은 대안을 찾아내는 알고리즘을 만드는 단계이다. 최적 알고리즘이 알려져 있는 수학적 모형이라면 그 알고리즘이 구현된 상용 솔버(Solver)를 사용하는 것이 좋다. 그렇지 않은 경우, 최적 혹은 그에 가까운 대안을 찾는 효율적인 알고리즘을 새로 개발하고 구현해야 한다. 인공지능에서 사용되는 강화 학습 기반 딥러닝 알고리즘도 요즘 많이 검토되고 있는 후보 알고리즘 중의 하나이다.

검증/평가 단계에서는 수리 모형이 고객의 현실을 잘 반영하여 모형에서 최적화 알고리즘으로 구한 최적 대안이 고객이 원하는 최적 대안인지를 검증한다. 또한 그 대안을 구하는 데 걸리는 시간이 고객이 원하는 제한된 시간 내인지 검토한다. 고객이 원하는 최적 대안이 아니라면 구체적으로 왜 그런 차이가 발생했는지 검토해서 수리 모형을 보완해야 하고, 풀이 시간이 많이 걸린다면 시간을 단축하면서도 최적에 가까운 대안을 찾을 수 있는 알고리즘을 새롭게 개발해야 한다.

시스템화 단계는 구현된 알고리즘을 최적화 엔진으로 모듈화하고 기존 시스템에 접목하는 단계이다. 수리 모형에서 구한 최적 대안이 고객 시스템의 계획 정보로서 관리되어야 비로서 기업 내 모든 사람들이 공유하는 의미 있는 계획 결과가 되며, 의사결정 지능화의 핵심 기능으로써 작동할 수 있게 된다.

최적화 기술 도입이 항상 성공적인 것은 아니다. 최적화 기술은 분석 기술 중 가장 마지막 단계에서 도입되는 궁극적인 기술이므로, 성공적으로 활용되기 위해서는 기업의 업무나 데이터 관리 수준이 매우 높아야 한다. 반대로 기업의 업무나 데이터 관리 수준을 획기적으로 높이고 싶다면 최적화 기술을 도입하는 것이 하나의 방법이 될 수 있다. Idoine[2]은 최적화 도입 프로젝트가 실패하지 않기 위해



〈그림 11〉 최적화 적용 단계

고려해야 할 다양한 요소에 대해 설명하고 있다.

먼저, 구현된 최적화 엔진이 고객의 업무 운영 프로세스와 유기적으로 연계되어야 한다. 예를 들어, 고객은 최적화 엔진을 시뮬레이션 용도로 반복해서 사용하고 싶은데, 최적화 엔진이 답을 주는 시간이 많이 걸린다면 고객의 업무에 장애를 초래하게 된다. 좋은 대안을 주는 것도 중요하지만 고객의 중요한 업무에 도움이 되어야 하고, 고객이 다음 업무 프로세스를 진행하는 데 영향을 주지 않는 최적화 엔진이어야 한다.

기존 현업 담당자와의 많은 논의를 바탕으로 프로젝트를 진행해야 한다. 최적화 모델링이 필요한 의사결정 업무는 기존 현업 담당자가 하고 있던 업무일 것이다. 담당자가 적극 참여하지 않은 상태에서 수리 모델링이 진행되고 있다면 수리 모델링을 하는 최적화 전문가가 모르는 중요한 요구 사항이 존재할 가능성이 높다. 이렇게 개발된 엔진은 실제 사용하게 될 현업의 무관심으로 현실 업무에 적용될 기회를 얻지 못하게 된다.

또한 최적화 기술 도입 이전과 이후의 성과를 측정할 수 있는 도구를 마련해야 한다. 이는 최적화 엔진의 도입 효과를 분명하게 보여 주기 위해 필요하다. 또한 의사결정 업무의 내용은 시간과 상황의 변화에 따라 항상 바뀔 수 있다는 점을 염두에 두어야 한다. 지속적으로 유지 보수하고 수리 모델링을 수정 관리할 수 있는 체계가 마련되지 않으면, 시간이 지남에 따라 도입된 최적화 엔진은 현실 업무와 맞지 않게 되어 자연스럽게 퇴출될 것이다.

“기업의 업무나 데이터 관리 수준을 획기적으로 높이고 싶다면 최적화 기술을 도입하는 것이 하나의 방법이다.”

“최적화 기술 도입 이전과 이후의 성과를 측정할 수 있는 도구를 마련하여, 최적화 엔진의 도입 효과를 분명히 보여 줘야 한다.”

마지막으로 최적화 기술 기반 의사결정이 정확한 대안을 주기 위해서는 기준 정보의 정확성이 확보되어야 한다. 최적화 기술을 도입하고 싶어 하는 대부분의 고객들이 기준 정보는 제대로 관리하지 않을 가능성이 높다. 최적화 기술 도입과 병행해서 기준 정보의 관리 프로세스를 정비하고, 잘못된 데이터를 보완하는 작업을 현업이 수행할 수 있도록 독려해야 한다.

## 5. 마치며

우리는 의사결정 지능화를 위해 최적화 기술 도입이 활발해지고 있는 배경에 대해서 살펴보았고, 주요한 최적화 적용 영역과 사례 그리고 최적화 적용 방안에 대해서 살펴보았다. 알게 모르게 최적화 기술은 이미 우리 생활 깊숙이 침투해 있다. 특히 빅데이터로 대변되는 예측 기반 분석 기술의 도입이 활발히 이루어지고 있다는 점을 고려하면, 이와 연계된 혹은 넘어서는 규범적 분석 기술의 핵심인 최적화 기술의 도입은 시간 문제일 뿐이다. 장기적으로 최적화 기술은 빅데이터나 머신러닝을 뛰어넘어, 모든 기업이 필수적으로 도입하는 의사결정 지능화의 핵심 기술이 될 것이다.

최적화와 인공지능은 기본적으로 비슷한 문제를 다른 관점에서 바라보고 있고, 알파고의 개발 과정처럼 상호 보완적으로 발전해 나갈 가능성이 매우 높다. 알파고가 유명해졌을 때 모든 사람들이 딥러닝에 집중했지만, 알파고의 개발 과정에 많은 수의 최적화 전문가들이 참여했다는 것을 아는 사람은 별로 없다. 최적화와 인공지능은 때로는 같은 문제를, 때로는 다른 문제를 다루겠지만, 각 기술이 지향하는 방법론이나 내용은 서로 영향을 주면서 같이 발전해 나갈 것이다.



## 참고문헌

- [1] 이준호, 2019. “통합물류센터의 운영 이슈와 최적화”, LG CNS Official Blog.
- [2] Idoine, C., 2017. “Innovation Insight for Optimization”, Gartner.
- [3] Kart, R., 2016. “How to get started with Prescriptive Analytics,” Gartner.
- [4] Marques, I., Captivo, M.E. and Pato, M.V., 2014. “Scheduling elective surgeries in a Portuguese hospital using a genetic heuristic”, Operations Research for Health Care, Vol.3, No.2, pp.59-72.
- [5] Schulte, W.R. and Brethenoux, E., 2018. “How Companies Succeed at Decision Management,” Gartner.
- [6] Vigo, D., Caremi, C., Gordini, A., Bosso, S., D’ Aleo, G. and Beleggia, B., 2014. “SPRINT: Optimization of Staff Management for Desk Customer Relations Services at Hera”, INFORMS Journal on Applied Analytics, Vol.44, No.5, pp.461-479.
- [7] Wright, M.B., 2007. “Case study: problem formulation and solution for a real world sports scheduling problem”, Journal of the Operational Research Society, Vol.58, No.4, pp.439-445.

## 저자소개



윤형제(Yun, HyungJe)

LG CNS 엔트루 컨설팅에서 컨설팅 위원으로 재직하고 있다. 최적화, SCM, 물류 분야에서 컨설팅 프로젝트를 수행하였고, 최근에는 다양한 최적화 사업과, 최적화에 AI를 접목하는 사업을 개발하고 이행하는 데 참여하고 있다.

E-mail: hjyun@lgcns.com



민성호(Min, Sungho)

LG CNS 엔트루 컨설팅에서 전임 컨설턴트로 재직하고 있다. 최적화 분야에서 컨설팅 프로젝트를 수행하고 있고, 최근에는 항공화물 적재 최적화 엔진 기능 고도화와 스톡어(Stocker) 지능화 과제에 참여하고 있다.

E-mail: sunghomin@lgcns.com



최영태(Choi, YoungTae)

LG CNS 엔트루 컨설팅에서 총괄 컨설턴트로 재직하고 있다. LG그룹 GSCM 구축 프로젝트에 참여하였으며 최근에는 스마트 팩토리 관련 최적화 사업에 참여하고 있다.

E-mail: ytchoi@lgcns.com



신규현(Shin, Kyuhyeon)

LG CNS 엔트루 컨설팅에서 선임 컨설턴트로 재직하고 있다. 최적화, 시뮬레이션, 물류 분야에서 컨설팅 프로젝트를 수행하였고, 최근에는 물류 자동화 설비의 운영 계획 최적화 업무에 참여하고 있다.

E-mail: kh.shin@lgcns.com