

소매점 공급사슬에서 공급자 주도 재고를 위한 의사결정지원시스템의 개발

박양병[†] · 심규탁

경희대학교 테크노공학대학 산업공학과

Development of the Decision Support System for Vendor-managed Inventory in the Retail Supply Chain

Yang-Byung Park · Kyu-Tak Shim

Department of Industrial Engineering, College of Advanced Engineering, Kyung Hee University, Yongin 449-701

Vendor-managed inventory(VMI) is a supply chain strategy to improve the inventory turnover and customer service in supply chain management. Unfortunately, many VMI programs fail because they simply transfer the transactional aspects of placing replenishment orders from customer to vendor. In fact, such VMI programs often degrade supply chain performance because vendors lack capability to plan the VMI operations effectively in an integrated way under the dynamic, complex, and stochastic VMI supply chain environment. This paper presents a decision support system, termed DSSV, for VMI in the retail supply chain. DSSV supports the market forecasting, vendor's production planning, retailer's inventory replenishment planning, vehicle routing, determination of the system operating parameter values, retailer's purchase price decision, and what-if analysis. The potential benefits of DSSV include the provision of guidance, solution, and simulation environment for enterprises to reduce risks for their VMI supply chain operations.

Keyword : vendor-managed inventory, decision support system, supply chain management, inventory/routing problems, computer simulation

1. 서론

공급자 주도 재고(vendor-managed inventory : VMI)는 공급사슬의 개체간 긴밀한 협조를 통해 고객서비스 수준과 재고회전을 향상하기 위한 목적으로 제조업체들에 의해 시작되었다. VMI의 목표는 공급사슬의 운영과 관련된 주요 의사결정을 공급자에게 중앙 집중화하여 정확한 고객수요의 예측을 바탕으로 수립된 효과적인 소매점 재고보충 및 배송계획에 의해 달성된다. VMI는 소매점 재고의 소유와 비용을 공급자에 전가함

으로써 생산 및 분배과정에서 규모의 경제를 이룰 수 있게 해주며, 경우에 따라 공급자에게 소매점의 매대 배치와 진열까지도 책임을 지운다(Oracle, 2006). VMI의 비용절감 혜택에 대한 이론적 연구로 Yao *et al.*(2007), Bertazzi *et al.*(2005) 등이 있다. VMI의 변형으로 CMI(co-managed inventory), CR(continuous replenishment), CPFR(collaborative planning, forecasting and replenishment) 등이 있다.

<Table 1>은 VMI를 운영하고 있는 국내의 기업의 예를 취급 제품과 함께 보여 준다. 삼성 TESCO는 VMI의 선도적 국내

본 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원에 의해 연구되었음(KRF-2007-D00561).

[†]연락처 : 박양병 교수, 449-701 경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지, 경희대학교 테크노공학대학 산업공학과, Fax : 031-203-4004,

E-mail : ybpark@khu.ac.kr

투고일(2008년 05월 21일), 심사일(1차 : 2008년 05월 27일, 2차 : 2008년 07월 12일, 3차 : 2008년 07월 24일), 게재확정일(2008년 08월 07일).

기업으로 전체 식품 공급업체를 대상으로 적용을 추진하고 있다(Sim, 2005). 최근, 국내의 여러 대형 외식 프랜차이즈 본사에서는 각 매장의 재고를 직접 파악하여 자동으로 보충하는 VMI 시스템의 구축을 시도하고 있다.

Aichlymayr(2000)의 조사에 의하면, VMI를 도입한 기업의 약 1/3은 공급사슬 운영의 혼란과 추가비용 발생으로 기대한 효과를 얻지 못한 것으로 나타났다. 공급자에게 집중된 의사결정, 소매점의 추가 비용부담에 대한 공급자의 보상 미흡, 공급자와 소매점 간 불완전한 정보공유, 소매점 자신의 통제상실 등이 원인으로 지적되고 있다. VMI의 성공적 운영을 위해서는 공급자와 소매점 간 조직의 재정비, 정보시스템의 구축, 의사결정지원시스템(DSS)의 사용이 중요하다. 처음 두 가지는 경영차원에서 전략적으로 다루어지는 조직과 인프라 문제이다. da-talliance[®]와 i2 Technologies는 공급자와 고객 간 VMI on-line 정보 시스템 구축을 위한 상용 소프트웨어를 공급하고 있다. DSS는 복잡한 동적, 확률적, 상호의존적 특성의 VMI 공급사슬에서 공급자가 직면하는 다양한 운영문제 해결을 지원하는 과학적 분석도구이다.

VMI를 위한 대부분의 기존 DSS 연구는 수요예측과 소매점에 대한 특정 재고관리 방법의 운영변수 결정과 평가를 위한 시스템 개발에 집중되었다. Achabal *et al.*(2000)은 수요예측과 정기보충 재고정책을 위한 DSS를 개발하여, 이를 30개 소매점에 제품을 공급하는 의류회사에 적용한 내용을 소개하였다. Disney and Towill(2002)는 VMI에서 수요예측, 제조업체의 생산 결정, 구매자의 재주문점 관련 운영변수 결정을 위한 DSS를 개발하였다. 이 DSS는 생산착수비와 단위재고유지비의 가능한 범위 내에서 운영변수들의 적절한 조정기능을 가진다. Tyan and Wee(2003)는 P&G가 대만 소재 Wellcome 슈퍼마켓 체인

과의 VMI 운영을 위해 사용한 KARS라는 DSS를 소개하였다. KARS는 자체 수요예측과 사용자로부터 서비스 수준, 안전재고, 보충빈도, 최소보충량, 리드타임 등의 입력을 토대로 소매점 재고보충량을 산정한다.

Chan *et al.*(2006)은 VMI 공급사슬에서 재고보충계획에 대한 소매점의 주문충족률과 품질률을 평가하는 DSS 유형의 지식 기반 시뮬레이션 모델을 개발하였다. Oracle(2006)은 VMI의 전 운영과정을 지원하는 상용 DSS인 Demantra를 개발하였다. Demantra는 Bayesian 예측을 이용한 수요계획, 판촉계획, 재고보충계획, 주문실행과 승인의 4가지 주기능과 함께 모니터링, 자료전송, 보고서의 3가지 보조기능을 갖추고 있다. Nachiappan *et al.*(2007)는 다수 공급자와 구매자로 구성된 VMI 공급사슬에서 각 구매자의 판매량, 판매가, 구매가를 결정하기 위한 DSS 유형의 지식관리시스템을 개발하여 인도 남부지역의 곡물 공급사슬에 적용하였다.

본 논문에서는 단일제품(또는 단일 제품그룹)의 한 생산업체와 한 소매기업의 다수 상점으로 구성된 2단계 소매점 공급사슬에서 VMI의 운영지원을 위한 prototype 시스템, DSSV (Decision Support System for VMI)의 개발을 소개한다. DSSV는 수요예측, 공급자 생산계획, 상점 재고보충계획, 차량경로계획, 시스템 운영변수 값 결정, 소매기업 구매가 결정, what-if 분석기능을 포함하며, 이들의 구현을 위해 다양한 분석모델을 사용한다. DSSV의 주 프로그램은 Visual Basic으로 작성되며, Arena 시뮬레이션 모델, Visual Basic sub-programs, Excel DB, GIS(geographical information system) 등과 연동한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 1장의 서론에 이어, 제 2장에서 DSSV 대상인 VMI 소매점 공급사슬을 묘사한다. 제 3장에서 DSSV의 의사결정지원 기능과 분석모델에 대해 설명한다.

Table 1. Examples of the companies operating VMI supply chains

Vendors(Suppliers)	Products	Buyers
Pulmuone, Dongsuh, Ottogi	Foods	Samsung TESCO, GS Retail
CJ CheilJedang, Yuhan-Kimberly	Daily consumer goods	Lotte Mart
LG Chemical	Electronic parts(PCB)	LG Electronics
LG Siltron	Wafer	Samsung Electronics
Johnson and Johnson	Daily consumer goods	Park'N Shop
Procter and Gamble	Daily consumer goods	Wal-Mart, JCPenny
Tyco	Automobile parts	Hyundai, Kia, GM Daewoo
Whitehall Robbins	Drugs(eg., Advil)	K-mart
Western Publishing	Children's books	Toys"R"Us
Mattel	Toys	
Hewlett-Packard	Printer	Wal-Mart
Rockwell	Electrical materials	North Coast Electric
Chicago Rawhide	Fluid sealing devices	Midwest Wheel Companies

제 4장에서 DSSV의 구축에 대해 설명한다. 끝으로, 결론과 향후 과제를 제 5장에 기술한다.

2. VMI 소매점 공급사슬

DSSV의 대상인 VMI 공급사슬은 단일 생산업체와 단일 소매기업의 다수 상점으로 구성된다. 공급사슬은 연중 무휴 운영된다. 공급사슬은 광역지역 내에서 단일제품(또는 유사한 품목들로써 구성된 제품그룹)을 취급한다. 제품그룹은 스타일-색상-크기 수준에서 수백 종류의 SKU(stock keeping unit)를 포함할 수 있을 것이다. 공급자는 정량생산에 의한 재고를 이용하여 재고보충정책에 의거 상점에 제품을 공급하며, 상점의 품질은 모두 판매손실(lost sales)로 처리한다. 상점의 재고는 판매될 때까지 공급자 소유이며, 소매기업은 판매된 수량에 대해서만 공급자에게 대금을 지불한다. 공급사슬은 총 이익의 최대화를 목적으로 한다.

공급자와 소매기업은 정보공유를 통해 함께 일일 단위 계획기간 동안의 판촉행사를 계획하고 수요를 예측한다. 공급자는 사용 차량용량/대수와 상점에서 필요한 저장공간 크기를 정하고, 공급자의 생산시기와 수량, 상점들의 재고보충 시기와 수량, 그리고 개점시간 전까지 모든 배송이 완료되도록 일일 차량경로를 계획한다. 공급자와 소매기업은 상호협약의 하에 소매기업의 제품 구매가를 결정한다. 구매가 결정은 VMI 적용으로 인한 공급자의 추가비용을 보상해 주는 차원에서 중요하다.

공급사슬의 총 수입은 계획기간 동안 모든 상점의 판매수량과 공통의 판매단가에 의해 결정된다. 공급자에서는 생산준비비와 가공비, 재고유지비가 발생하며, 상점에서는 저장공간비와 재고유지비가 발생한다. 재고유지비는 일일 평균 재고수준에 대해 발생한다. 저장공간비는 상점에서 저장공간(또는 매대)의 크기에 비례해 발생하는 고정비이다. 수송에는 소요 차량대수에 비례하는 고정비와 이동거리에 비례하는 변동비가 발생한다. 차량고정비는 감가상각비, 인건비, 배송준비비 등의 합으로 결정되며, 차량변동비는 주로 연료비에 해당된다.

한 기에 한 상점의 배송량이 차량용량을 초과하지 않는 상황에서 계획기간 동안 공급사슬의 총 이익은 식 (1)과 같이 총 판매수입에서 공급자의 생산준비비, 가공비, 재고유지비, 상점의 재고유지비와 저장공간비, 차량의 고정비와 변동비의 합을 뺀으로써 구해진다. 공급사슬 비용 중 공급자의 생산비, 공급자와 상점의 재고유지비, 수송비는 공급자 비용 그리고 상점의 구매비와 저장공간비는 소매기업 비용으로 간주한다.

$$\begin{aligned}
 \text{Max. } p \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T (D_{it} - b_{it}) - \left\{ S \cdot l + c \cdot A + \sum_{i=1}^R h_1 I_{0t} + \right. & (1) \\
 \left. \frac{1}{2} \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T h_2 (I_{i,t-1} + \delta_{it} + I_{it}) + T \sum_{i=1}^R q_i O_i + K \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T x_{0it} + \right. & \\
 \left. v \sum_{i=0}^R \sum_{j=1}^R \sum_{t=1}^T d_{ij} x_{ijt} \right\} &
 \end{aligned}$$

여기서 R 은 상점 수, T 는 계획기간, V 는 가용차량대수(정규수송능력=가용차량대수×차량용량)을 나타낸다. D_{it} 는 t 일 상점 i 의 고객수요, b_{it} 는 t 일 상점 i 의 품질량, p 는 판매가, S 는 생산준비비, l 은 생산횟수, c 는 개당 가공비, A 는 총 생산량, h_1 과 h_2 는 각각 공급자와 상점의 단위재고유지비, I_{0t} 와 I_{it} 는 각각 t 일 일과 후 공급자와 상점 i 의 재고수준, δ_{it} 는 t 일 상점 i 의 재고보충량, q_i 는 상점 i 의 단위저장공간비, O_i 는 상점 i 의 저장공간크기, K 는 차량고정비, v 는 차량 단위변동비, d_{ij} 는 i 에서 j 까지 이동거리를 나타낸다. 만약 차량이 t 일 i 에서 j 로 이동하면 $x_{ijt} = 1$, 아니면 0이다. $i = 0$ 은 공급자를 나타낸다.

계획기간 동안 공급사슬의 수입은 상점에서 제품판매에 의해 발생한다. 만일 계획기간 말에 공급자 또는 상점에 재고가 존재한다면, 이 재고는 다음 계획기간 동안 수입을 창출하고 현재의 계획기간 동안에는 생산비만 발생하여 총 이익의 불합리한 계산을 초래하게 된다. 이를 해결하기 위해 공급자와 상점의 계획기간 말 재고는 다음 계획기간 초(시작) 재고로 이월된다는 사실에 입각하여 계획기간 초 재고에 가공비를 부과하고, 대신에 계획기간 말 재고에 가공비를 공제하여 총 이익을 계산한다. 이 경우, 식 (1)의 둘째 항 대괄호 속에 $c \sum_{i=0}^R (I_{i0} - I_{iT})$ 를 추가한다. I_{i0} 와 I_{iT} 는 각각 시설 i 의 계획기간 초와 말 재고를 나타낸다.

정규 수송능력과 상점 저장공간 크기를 초과하는 물량의 배송은 각각 특별비용을 지출하며 허용한다. 이 경우, 식 (1)의 둘째 항 대괄호 속에 $m^s \sum_{t=1}^T \varphi_t + \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T q_i^s \lambda_{it}$ 를 추가한다. m^s 와 q_i^s 는 각각 특별 단위수송비와 상점 i 의 특별 단위 저장공간비, φ_t 는 t 일 초과 수송량, λ_{it} 는 t 일 상점 i 의 초과 저장량을 나타낸다.

공급사슬에서 고객수요는 확정적과 확률적 상황으로 설정한다. 확정적 수요의 상황에서는 계획기간 동안 실제수요가 예측치와 일치하며, 확률적 수요의 상황에서는 실제수요가 예측치에 대해 $N(0, \sigma_i^2)$ 의 오차가 존재하는 것으로 가정한다.

상점 i 의 일일 수요의 분산 σ_i^2 은 $\sum_{l=1}^n e_l^2 / (n-2)$ 에 의해 추정된다. 상점 i 에 대해 e_l 는 과거 예측자료 l 의 오차, n 는 과거자료 수를 나타낸다. 사용 예측모델에서 매개변수는 두 개다.

VMI 운영은 계획기간 동안 공급사슬 총 이익, 제품 충족률(product fill rate), 상점 재고회전율(inventory turnover ratio), 체적효과(bullwhip effect), 초과 수송량 및 저장량의 5가지 척도로서 평가된다. ‘제품충족률 = 1 - (총 품질량/총 고객수요)’, ‘상점 재고회전율 = 총 고객수요/평균상점재고’, ‘체적효과 = 일일 공급자 총 배송량의 분산/일일 총 고객수요의 분산’에 의해 계산된다.

3. DSSV의 의사결정지원 기능

DSSV는 의사결정지원을 위해 6개의 주 기능을 포함한다. 이들은 <Figure 1>과 같이 기본적으로 단계별 진행에 따라 실행되나, 점선의 흐름처럼 사용자가 선택적으로 실행할 수 있다. 시스템은 초기에 문제, 공급자, 상점, 차량과 관련하여 각종 비용과 운영변수, 위치, 재고, 과거 판매자료 등의 자료를 사용자로부터 입력 받거나 기존 파일로부터 읽어 들인다.

단계 I에서는 과거자료를 토대로 계획기간 동안 상점의 고객수요를 예측한다. 수요의 직접 입력도 가능하다. 그리고 사용자는 과거 예측오차의 크기를 토대로 예측수요의 확률성을 평가한다. 확률성이 유의적인 경우는 예측치에 정규분포의 오차를 반영하여 확률적 수요를 생성한다. 단계 II에서는 재고정책에 따라 생산계획, 재고보충계획, 차량경로계획으로 구성된 운영계획을 수립한다. 확률적 수요의 경우는 고객서비스 수준에 대한 안전재고를 고려한다. 고객서비스 수준은 시스템이 최적 값을 구하거나 직접 입력할 수 있다. 단계 III에서는 공급사슬 총 이익을 최대화 하는 차량용량/대수와 상점 저장공간 크기의 최적 값을 허용범위 내에서 구한다. 최적 값으로써 운영계획을 수립하려면 단계 II로 되돌아간다.

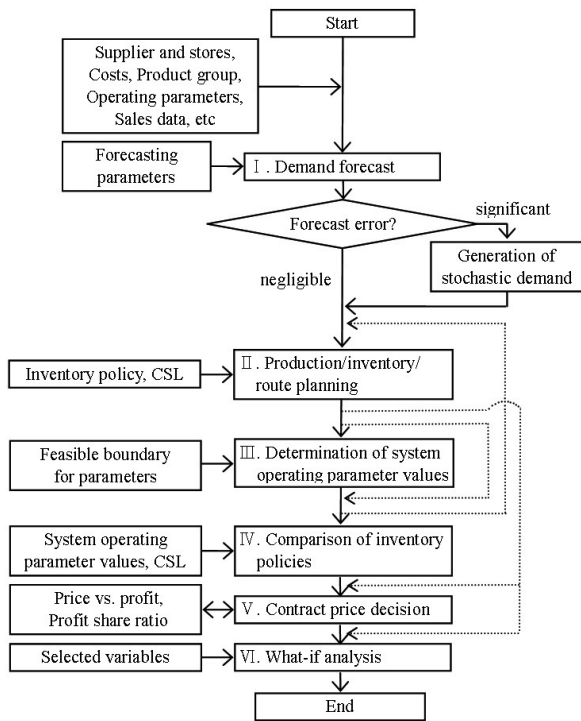


Figure 1. Decision support process of DSSV

단계 IV에서는 시스템 운영변수와 고객서비스 수준(확률적 수요의 경우)에 대해 사용자 입력 값을 모든 재고정책에서 공통으로 적용하거나 또는 각 재고정책에서 시스템이 자체적으로 구한 최적 값을 적용하여 재고정책들의 공급사슬 수행도와

비용을 비교한다. 단계 V에서는 소매기업의 계약구매가를 결정한다. 이 단계의 실행을 위해서는 반드시 사전에 운영계획이 수립되어 총 이익이 산정되어 있어야 한다. 끝으로, 단계 VI에서는 상점 및 차량에 대한 입력 값 변경 전후의 공급사슬 수행도를 비교하는 what-if 분석을 수행한다. DSSV의 6개 의사결정지원 기능의 분석모델을 차례로 설명한다.

3.1 고객수요 예측

DSSV는 고객수요의 예측에 ‘top-down’ 방법을 적용한다. 즉, 연휴, 개학일 전후, 명절 전 등의 일시적 계절변동을 반영하여 소매기업의 주간 총팔수요를 예측한 다음, 각 상점의 판매율을 기준으로 상점별 수요로 분해한다. 그리고 요일 판매지수와 판촉행사를 고려하여 각 상점의 일일 수요를 예측한다. 한 상점에서 단일제품의 낮은 일일 판매율이 수요추정에 극단적인 noise를 생성할 가능성이 높은 경우는 일반적으로 ‘top-down’ 방법이 ‘bottom-up’ 방법보다 더 선호되고 있다(Achabal *et al.*, 2000).

가격할인 판촉행사는 공급자와 소매기업의 합의 하에 모든 상점에서 동일한 기간 동안 동일한 조건으로 계획기간 동안 최대 1회 실시하며, 전단지를 이용한 판촉광고는 전체 페이지의 1/10정도(가장 보편적 광고지면)를 차지하는 것으로 가정한다. 판촉행사에 의한 수요증가를 나타내는 판촉지수의 산정은 Achabal *et al.*(2000)가 제안한 수식을 사용한다. 판촉지수 산정에 필요한 탄성계수는 과거자료를 이용한 지수평활법에 의해 구할 수 있다. 아래에 DSSV의 예측모델을 절차에 따라 정리한다.

- (1) 소매기업의 w 주 정규수요를 $B_w = a + bw$ 추세 식에 의해 예측한 다음, w 주 총팔수요를 $F_w = B_w(1 + S_w)$ 에 의해 예측한다. S_w 는 w 주의 계절지수로서, $0 < S_w < 1.0$.
- (2) 상점 i 의 w 주 수요를 $F_{iw} = r_i F_w$ 에 의해 예측한다. r_i 는 상점 i 의 판매율이며, 모든 상점의 판매율 합은 1.0이다.
- (3) 판촉행사의 세 가지 경우를 고려하여 상점 i 의 w 주, k 요일의 수요 F_{iwk} 를 예측한다.

① 판촉행사가 없는 주

$$F_{iwk} = g_k F_{iw}$$

g_k 는 k 요일(월 : $k = 1, \dots$, 일 : $k = 7$)의 판매지수로, 1주간 요일 판매지수 합은 1.0이다.

② 판촉행사가 7일 동안 지속되는 주

$$F_{iwk} = g_k M_w F_{iw}, \text{ 여기서 } M_w = \left(\frac{p}{p_d}\right)^\gamma \left(\frac{p}{p_d}\right)^{\beta \left(1 - \frac{1}{M_T}\right)} \left(\frac{M_L}{7}\right)^\tau$$

M_w 는 w 주의 판촉지수, p 는 정상 판매가, p_d 는 할인 판매가, M_T 는 지난번 판촉행사 이후 경과기간(주), M_L 은 판촉기간(일), γ, β, τ 는 각각 판촉행사, 판촉빈도, 판촉기간에 대한 판매량 탄성계수로서, $1 \leq \gamma \leq 5.0, 0 \leq \beta \leq 3.0, 0 \leq \tau \leq 0.3$.

③ 판촉행사가 7일 미만 지속되는 주

$$F_{iwk} = g_k F_{iw} + r_i B_w (1 + S_w) (M_w - 1) \left(g_k / \sum_k g_k \right),$$

k 는 판촉행사에 포함된 요일

$$F_{iwk} = g_k F_{iw}, k \text{는 판촉행사에 포함되지 않는 요일}$$

(4) t 일 상점 i 의 수요 D_{it} 를 예측한다.

$$D_{it} = F_{iwk}, t = 7(w - 1) + k$$

3.2 공급자 생산계획

DSSV에서 공급자의 생산은 품질을 허용하지 않는 정량발주 정책에 의해 계획된다. 1회 주문량 Q_0 은 소매기업의 예측 총 팔수요를 사용한 EOQ 공식에 의해 구한다. 생산은 하루 동안에 완료되는 것으로 가정한다. 공급자에서 수요는 상점의 개점 전 재고보충에 의해 발생하므로 만일 $I_{0t} < \sum_{i=1}^R \delta_{i,t+L+1}$ 이면, $t+L$ 일에 Q_0 을 생산한다. 여기서 I_{0t} 는 t 일 일과 후 공급자의 재고수준, L 은 공급자에서 배송준비 리드타임을 나타낸다. 따라서 공급자의 재주문점은 변화하며, 품질은 발생하지 않는다. 공급자의 저장 공간은 충분한 것으로 가정한다.

3.3 상점재고보충 및 차량경로계획

DSSV는 통합계획, 정량보충, 정기보충, 혼합보충의 4가지 상점재고정책을 포함한다. 통합계획 정책은 Park and Park (2008)이 개발한 GA 해법을 적용하여 재고보충과 차량경로를 통합적으로 계획한다. 다른 세 정책은 해당 Arena(2007) 시뮬레이션 모델을 구동하여 생산과 상점재고보충을 계획하고, 차량 경로계획은 depot로부터 가장 먼 상점부터 시작하는 nearest neighbor 기법을 적용한다. 한 상점의 배송량이 남은 차량용량보다 큰 경우는 분할한다. 모든 정책에서 수송 및 상점 저장능력을 초과한 물량은 특별 처리된다. 확정적 수요의 통합계획을 제외한 모든 정책에서 평가척도와 비용은 해당 Arena 모델을 구동하여 구한다.

통합계획 정책은 계획기간 동안 사전에 수립된 계획에 의거 배송을 미리 준비하므로 배송준비 리드타임의 추가 없이(즉, $L=0$)일정에 따라 곧 바로 재고보충이 시행된다. 하지만 다른 세 정책은 상점의 일과 후 재고수준 정보에 의거 보충여부 및 물량을 결정하므로 보충결정 후 배송까지는 배송준비 리드타임이 존재한다(즉, $L > 0$). 정량 및 정기정책에서 확률적 수요의 경우, 안전재고 결정에 필요한 고객서비스 수준은 사용자로부터 직접 입력 받거나 Chopra and Meindl(2007)의 수식을 응용하여 만든 식에 의해 구한 최적 값을 사용한다.

4가지 재고보충정책의 운영변수 결정방법을 고객수요가 확정적과 확률적인 경우로 구분하여 차례로 설명한다. 추가부호는 다음과 같다. CSL 은 고객서비스 수준, z_{CSL} 은 CSL 의 표준 정규변수, ζ_{it} 는 t 일 상점 i 에 재고보충 후 다음 보충 일까지 간

격, 만일 t 일 상점 i 에 보충이 존재하면 $y_{it} = 1$, 아니면 0, \bar{D}_i 는 상점 i 의 일일 평균수요, G 는 차량용량, d_{0i} 는 공급자로부터 상점 i 까지 이동거리, $E_{(z)}$ 는 z 에 대한 unit normal loss integral 이다.

(1) 통합계획정책(Integrated planning inventory replenishment policy)

Park and Park(2008)의 GA 해법은 2차원 매트릭스에 의한 해 표현방식을 이용하며, 수평 및 수직 교차변이와 돌연변이 과정을 통해 짧은 진화과정에서 매우 좋은 해를 찾아준다. 따라서 이들의 해법은 보통 크기의 문제에서도 매우 긴 계산시간을 소요하고 또한 빈번히 풀이 불가능한 최적해법을 대신하여 DSS의 분석모델로서 적합하다. 본 논문에서 GA 해법에 대한 설명은 생략한다. GA 해법의 해를 토대로 상점 i 의 재고보충은 다음과 같이 계획된다.

I. 확정적 수요

$$\delta_{it} = \delta_{it}$$

II. 확률적 수요

$$\delta_{it} = \delta_{it} + z_{CSL} \cdot \sigma_i \sqrt{\zeta_{it}}$$

여기서

$$CSL \cong 1 - \frac{(h_2 - h_1) \sum_{i=1}^R \left(\sum_{t=1}^T \delta_{it} / \sum_{t=1}^T y_{it} \right)}{\omega \cdot p \sum_{i=1}^R \left(\sum_{t=1}^T D_{it} / T \right) + (h_2 - h_1) \sum_{i=1}^R \left(\sum_{t=1}^T \delta_{it} / \sum_{t=1}^T y_{it} \right)}, \omega \text{는}$$

개당 수익률이다. I 과 II에서 등식 오른쪽의 δ_{it} 는 GA 해법에 의해 구한 t 일 상점 i 의 보충량을 나타낸다.

(2) 정량보충정책(Fixed-quantity inventory replenishment policy)

상점의 일일 영업 후 재고수준이 재보충점 ROP_i 에 도달하면 일정량 Q_i 를 보충하는 방식이다. 재보충점 결정에 평균 고객수요를 사용하므로 확정적 수요의 경우에도 리드타임 동안 품질이 발생할 수 있다. 반복 절차적 방법에 따라 상점 i 의 운영변수 결정과정을 아래에 정리한다.

I. 확정적 수요

① 개략적 보충량을 구한다.

$$Q_i' = \sqrt{\frac{2\bar{D}_i(K+v \cdot d_{0i})}{(h_2 - h_1)}}$$

② 보충량을 구한다.

$$Q_i = \sqrt{\frac{2\bar{D}_i(K [Q_i' / G] + v \cdot d_{0i})}{(h_2 - h_1)}}, \text{여기서 } [\] \text{은 내}$$

부의 값 보다 큰 가장 작은 정수를 뜻한다.

③ 만일 $|Q_i - Q_i'| \leq \epsilon$ 이면, Q_i 는 ②에서 구한 값으로 정하고,

$$ROP_i = \bar{D}_i \cdot L. \text{여기서 } \epsilon \text{는 허용편차를 의미한다. 아니}$$

면, $Q'_i = Q_i$ 로 하고 ②로 진행한다.

II. 확률적 수요

① 개략적 보충량을 구한다.

$$Q'_i = \sqrt{\frac{2\bar{D}_i(K+v \cdot d_{0i})}{(h_2-h_1)}} \quad \forall i$$

② 리드타임 동안 상점에 재고가 있을 공통 확률 pro 를 계산하고 보충량을 구한다.

$$pro = 1 - \frac{(h_2-h_1) \sum_{i=1}^R Q'_i}{\omega \cdot p \sum_{i=1}^R \bar{D}_i + (h_2-h_1) \sum_{i=1}^R Q'_i}$$

$$Q_i = \sqrt{\frac{2\bar{D}_i(K \lceil Q'_i/G \rceil + v \cdot d_{0i} + \omega \cdot p \cdot \sigma_i \sqrt{L} \cdot E_{(z_{pro})})}{(h_2-h_1)}}$$

③ 만일 $|Q_i - Q'_i| \leq \epsilon$ 이면, Q_i 는 ②에서 구한 값으로 정하고,

$$CSL = pro, ROP_i = \bar{D}_i \cdot L + z_{CSL} \cdot \sigma_i \sqrt{L}. \text{ 아니면,}$$

$$Q'_i = Q_i \text{로 하고 ②로 진행한다.}$$

(3) 정기보충정책(Fixed-interval inventory replenishment policy)

상점에 일정한 주기마다 최대재고수준(up-to level) UL_i 의 부족분을 보충하는 방식이다. DSSV는 사용자의 요구에 따라 모든 상점에 대해 공통의 보충주기 J 또는 상점 별로 보충주기 J_i 를 결정할 수 있다. 공통주기의 경우라도 상점 별로 최대재고수준을 결정한다. 반복 절차적 방법에 따라 상점 i 의 운영변수 결정과정을 아래에 정리한다. 공통 보충주기의 위주로 기술하며, 상점별 보충주기에 대응하는 내용은 바로 옆의 괄호 속에 포함한다.

I. 확정적 수요

① 개략적 보충량과 보충주기를 구한다.

$$Q'_i = \sqrt{\frac{2\bar{D}_i(K+v \cdot d_{0i})}{(h_2-h_1)}} \quad \forall i$$

$$J = \sum_{i=1}^R Q'_i / \sum_{i=1}^R \bar{D}_i \quad (J_i = Q'_i / \bar{D}_i)$$

② 보충량과 보충주기를 구한다.

$$Q_i = \sqrt{\frac{2\bar{D}_i(K \lceil Q'_i/G \rceil + v \cdot d_{0i})}{(h_2-h_1)}} \quad \forall i$$

$$J = \sqrt{\frac{2 \left(K \lceil \sum_{i=1}^R Q'_i/G \rceil + v \sum_{i=1}^R d_{0i} \right)}{(h_2-h_1) \sum_{i=1}^R \bar{D}_i}}$$

$$\left(J_i = \sqrt{\frac{2(K \lceil Q'_i/G \rceil + v \cdot d_{0i})}{(h_2-h_1) \bar{D}_i}} \right)$$

③ 만일 $|J - J_i| \leq \epsilon$ ($|J_i - J'_i| \leq \epsilon$)이면, J (J_i)는 ②에서 구한 값으로 정하고, $UL_i = \bar{D}_i(J+L)$ ($UL_i = \bar{D}_i(J_i+L)$). 아니면, $Q'_i = Q_i \quad \forall i, J = J(J_i = J_i)$ 로 하고 ②로 진행한다.

II. 확률적 수요

① 개략적 보충량과 보충주기를 구한다.

$$Q'_i = \sqrt{\frac{2\bar{D}_i(K+v \cdot d_{0i})}{(h_2-h_1)}} \quad \forall i$$

$$J = \sum_{i=1}^R Q'_i / \sum_{i=1}^R \bar{D}_i \quad (J_i = Q'_i / \bar{D}_i)$$

② 보충주기와 리드타임 동안 상점에 재고가 있을 공통확률 pro 를 계산한다.

$$pro = 1 - \frac{(h_2-h_1) \sum_{i=1}^R Q'_i}{\omega \cdot p \sum_{i=1}^R \bar{D}_i + (h_2-h_1) \sum_{i=1}^R Q'_i}$$

③ 보충량과 보충주기를 구한다.

$$Q_i = \sqrt{\frac{2\bar{D}_i(K \lceil Q'_i/G \rceil + v \cdot d_{0i} + \omega \cdot p \cdot \sigma_i \sqrt{L} \cdot E_{(z_{pro})})}{(h_2-h_1)}} \quad \forall i$$

$$J = \sqrt{\frac{2 \left(K \lceil \sum_{i=1}^R Q'_i/G \rceil + v \sum_{i=1}^R d_{0i} + \omega \cdot p \cdot \sqrt{J+L} \sum_{i=1}^R \sigma_i \cdot E_{(z_{pro})} \right)}{(h_2-h_1) \sum_{i=1}^R \bar{D}_i}}$$

$$\left(J_i = \sqrt{\frac{2(K \lceil Q'_i/G \rceil + v \cdot d_{0i} + \omega \cdot p \cdot \sqrt{J_i+L} \cdot \sigma_i \cdot E_{(z_{pro})})}{(h_2-h_1) \bar{D}_i}} \right)$$

④ 만일 $|J - J_i| \leq \epsilon$ ($|J_i - J'_i| \leq \epsilon$)이면, J (J_i)는 ③에서 구한 값으로 정하고, $CSL = pro, UL_i = \bar{D}_i(J+L) + z_{CSL} \cdot \sigma_i \sqrt{J+L}$ ($UL_i = \bar{D}_i(J_i+L) + z_{CSL} \cdot \sigma_i \sqrt{J_i+L}$). 아니면, $Q'_i = Q_i \quad \forall i, J = J(J_i = J_i)$ 로 하고 ②로 진행한다.

(4) 혼합보충정책(Hybrid inventory replenishment policy)

정량과 정기 보충정책을 혼합한 방식으로, 상점 재고수준이 재보충점 ROP_i 보다 작으면 최대재고수준 UL_i 의 부족분을 보충한다. 운영변수의 결정은 유효성이 입증된 Ehrhardt and Mosier(1984)의 power approximation 식을 응용한다. 상점 i 의 운영변수 결정과정을 아래에 정리한다.

I. 확정적 수요

① 개략적 보충량을 구한다.

$$Q'_i = 1.3(\bar{D}_i)^{0.494} \left(\frac{K+v \cdot d_{0i}}{h_2-h_1} \right)^{0.506}$$

② 재보충점과 최대재고수준을 구한다.

$$ROP_i = 0.973(L+1)\bar{D}_i, UL_i = Q'_i + ROP_i$$

③ Q'_i 값이 직전 반복에서 구한 값으로부터 허용 편차 내에 속하면, ROP_i 와 UL_i 는 각각 ②에서 구한 값으로 정한다. 아니면, $K = K \lceil (UL_i - ROP_i)/G \rceil$ 로 하고 ①로 진행한다.

II. 확률적 수요

① 개략적 보충량을 구한다.

$$Q'_i = 1.3(\bar{D}_i)^{0.494} \left(\frac{K+v \cdot d_{0i}}{h_2-h_1} \right)^{0.506} \left\{ 1 + \frac{(L+1) \cdot \sigma_i^2}{\bar{D}_i^2} \right\}^{0.116}$$

② 재보충점과 최대재고수준을 구한다.

$$ROP_i = 0.973\{(L+1)\bar{D}_i + \sqrt{L+1} \cdot \sigma_i(0.183/\alpha_i + 1.063 - 2.192\alpha_i)\}$$

$$UL_i = Q_i' + ROP_i$$

$$\text{여기서 } \alpha_i = \sqrt{Q_i' \left(\frac{h_2 - h_1}{\sqrt{L+1} \cdot \sigma_i \cdot \omega \cdot p} \right)}$$

③ Q_i' 값이 직전 반복에서 구한 값으로부터 허용 편차 내에 속하면, ROP_i 와 UL_i 는 각각 ②에서 구한 값으로 정한다. 아니면, $K = K \lceil (UL_i - ROP_i)/G \rceil$ 로 하고 ①로 진행한다.

3.4 시스템 운영변수 값 결정

Park and Park(2008)은 VMI 공급사슬에서 총 이익을 최대화 하는 차량용량/대수와 상점 저장공간 크기가 시스템 운영변수로서 존재하는 것을 확인하였다. DSSV는 사용자가 입력한 가능한 범위 내에서 통합계획의 경우 GA를 반복 수행하여 그리고 다른 재고정책의 경우 Arena(2007)에 내장되어 있는 OptQuest 툴을 실행하여 두 변수의 최적 값을 구한다. 차량용량/대수의 경우, 사용자가 차량용량의 범위와 간격을 입력하면 시스템이 일일 정규 수송능력을 차량용량으로 나누어 가능한 차량용량/대수 조합을 구성한다.

OptQuest[®]는 OptTek System 회사가 개발한 소프트웨어 패키지로서, tabu search와 scatter search 탐색기법을 사용하여 사용자가 입력한 변수 값들의 통제 공간에서 지능적인 해 탐색을 통해 신속하고 신뢰성 있게 최적해에 수렴한다. OptQuest는 모든 경우에 최적 해를 보장하지는 않으며, 단지 주어진 조건에서 최적해를 탐색한 결과를 제시한다.

3.5 소매기업 구매가 결정

VMI 운영에서 소매기업의 제품 구매가는 VMI로 인한 공급자의 비용부담을 보상하는 차원에서 중요한 의사결정 사항이며, 공급자와 소매기업 간 공급사슬 총 이익의 배분을 결정짓는다. VMI에서 구매가 결정의 최근 연구로는 Nachiappan *et al.* (2007), Bernstein *et al.*(2006), Haifeng and Xiaoyuan(2005) 등이 있다. DSSV는 공급자와 소매기업 각자 및 두 주체 모두에게 이익을 제공해 주는 구매가 범위와 두 주체에게 동등하게 이익을 보장해 주는 구매가 정보를 그래프와 함께 제시하고, 두 주체가 합의해 입력한 이익배분을 p_{ratio} 에 따라 계약구매가 p_c 를 결정한다.

공급자 입장에서 최소 및 최대 이익의 구매가는 각각 ‘총공급자비용/판매량’과 ‘판매가’로 구해진다. 소매기업 입장에서 최소 및 최대 이익의 구매가는 각각 ‘판매가-(저장공간비/판매량)’과 0으로 구해진다. 따라서 두 주체가 모두 이익을 가지는 공통구간은 [총 공급자비용/판매량, 판매가-(저장공간비/판매량)]으로 구해진다. 예를 들어, 판매가 = 100원, 총 공급자비용

= 200,000원, 판매량 = 5,000개, 상점저장공간비 = 20,000원인 경우에 공급자의 최소 및 최대 이익의 구매가는 각각 40원과 100원, 소매기업의 최소 및 최대 이익의 구매가는 각각 96원과 0원이고, 공통이익 구간은 [40원, 96원]이 된다.

공급자와 소매기업의 이익배분율은 ‘공급자이익/소매기업이익’ 비율을 의미한다. 식 (1)에 포함된 비용요소에 공급자와 상점의 계획기간 초와 말 재고의 가공비, 공급자의 특별 수송비, 상점의 특별 저장공간비를 추가로 반영하여 이익배분율은 다음과 같이 구축된다.

$$P_{ratio} = \frac{\left(p_c \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T (D_{it} - b_{it}) - \left(S \cdot l + c \cdot A + h_1 \sum_{i=1}^R I_{0t} + \frac{1}{2} h_2 \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T (I_{i,t-1} + \delta_{it} + I_{it}) + K \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T x_{0it} + v \sum_{i=0}^R \sum_{j=1}^V \sum_{t=1}^T d_{ij} x_{ijt} + c \sum_{i=0}^R (I_{i0} - I_{iT}) + m^* \sum_{t=1}^T \varphi_t \right) \right)}{p \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T (D_{it} - b_{it}) - \left(p_c \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T (D_{it} - b_{it}) + T \sum_{i=1}^R q_i O_i + \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T q_i^* \lambda_{it} \right)} \quad (2)$$

위 식을 계약구매가 계산식으로 정리하면 다음과 같다.

$$P_c = \frac{\left(P_{ratio} \left(p \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T (D_{it} - b_{it}) + T \sum_{i=1}^R q_i O_i + \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T q_i^* \lambda_{it} \right) + \left(S \cdot l + c \cdot A + h_1 \sum_{i=1}^R I_{0t} + \frac{1}{2} h_2 \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T (I_{i,t-1} + \delta_{it} + I_{it}) + K \sum_{i=0}^R \sum_{j=1}^V \sum_{t=1}^T d_{ij} x_{ijt} + c \sum_{i=0}^R (I_{i0} - I_{iT}) + m^* \sum_{t=1}^T \varphi_t \right) \right)}{(1 + P_{ratio}) \sum_{i=1}^R \sum_{t=1}^T (D_{it} - b_{it})} \quad (3)$$

3.6 what-if 분석

DSSV에서 what-if 분석 기능은 주요 VMI 시스템 변수의 새로운 값에 대한 공급사슬 운영의 평가척도 변화를 알아 보기 위한 것으로, 다양한 시스템 운영 시나리오에 대한 공급사슬의 수행도를 분석해 보는데 유용하다. what-if 분석의 입력변수로는 판매가, 상점 재고유지비, 상점 개점시간, 상점 저장공간 크기 및 비용, 차량용량/대수, 차량 고정비 및 변동비, 고객서비스 수준, 재고정책 운영변수를 포함한다. DSSV는 선택된 what-if 분석 변수를 사용자의 새로운 입력 값으로 그리고 이외의 모든 변수를 기존 값으로 고정하고 생산계획, 재고보충계획, 차량경로계획을 수립하여 평가척도와 세부비용을 기존계획과 비교해 보여준다.

4. DSSV의 구축

DSSV의 작동구조는 <Figure 2>와 같이, GIS, 6개 의사결정 모듈, 의사결정 모듈을 지원하는 Arena 모델과 OptQuest 툴, 입력자료와 의사결정 해를 저장하는 2개 Excel DB, 출력 인터페이스 프로그램으로 이루어진다. DSSV는 최대 28기 계획기간과 30개 상점을 다룰 수 있도록 설계되지만, 이 제한은 분석모델

의 처리능력 조절에 의해 간단히 늘릴 수 있다. 모든 의사결정 모듈 프로그램은 Visual Basic으로 작성된다. 사용자와 시스템 간의 입출력 인터페이스는 OptQuest 툴을 제외하고 모두 Visual Basic 환경에서 이루어진다. 시스템의 성능 검증은 DSSV의 what-if 분석 기능을 이용하여 주요 변수 값들의 변경에 대한 운영비용과 평가척도들의 변화를 확인하는 방법을 적용하였다.

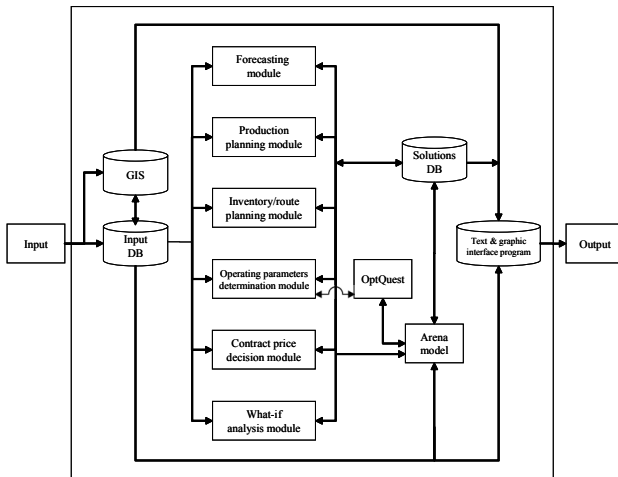


Figure 2. Operating structure of DSSV

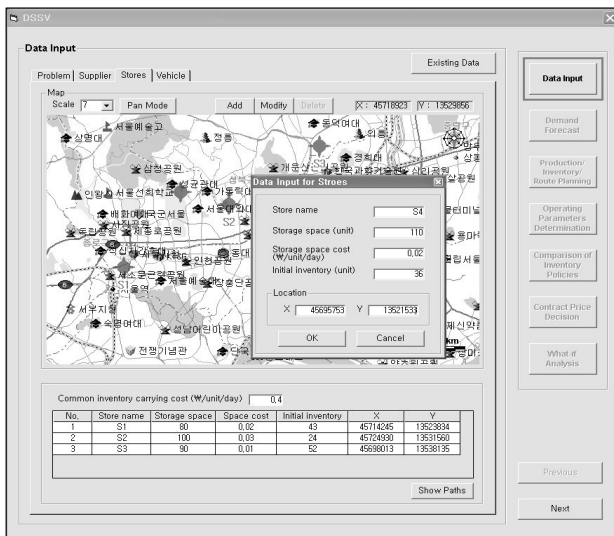


Figure 3. Example of data input screen for stores

사용자의 자료입력과 편집은 기본적으로 화면에 제공된 입력 창을 통하여, DSSV 폴더 내의 information.xls 파일을 열어 직접 작업도 가능하다. DSSV는 전자지도로 배경으로 공급자와 상점들의 지리적 위치를 시각적으로 나타내고 지점간 실제 이동거리를 자동으로 산정하기 위해 SpeedGeoX 1.0(2002) GIS를 사용한다. GIS를 사용함으로써 사용자는 전자지도 화면 상에서 편집버튼과 마우스를 이용하여 공급자와 상점의 위치를 간단히 지정 및 변경할 수 있으며, 동시에 공급자와 상점에 대한 자료(배송준비 리드타임, 초기재고, 저장공간 크기, 재고유

지비 등)를 편리하게 입력 및 편집할 수 있다. 또한, 지도화면 상에서 지점간 이동 가능한 경로를 확인할 수 있으며, 차량경로 계획에서 이동경로의 실제 거리 값을 사용할 수 있다. <Figure 3>은 DSSV에서 상점에 대한 자료입력 화면 예를 보여준다.

Production planning module, Inventory/route planning module, Operating parameters determination module, What-if analysis module에서는 필요에 따라 사용자가 선택한 재고정책에 해당되는 Arena 모델을 연동한다. Arena 모델의 구동에 필요한 자료 중 사용자 입력 값은 Input DB, 예측수요, 운영변수 값 등은 Solutions DB로부터 제공받는다. Solutions DB에서 재고정책 운영변수 값은 정책에 따라 배열로 저장된다. Inventory/route planning module에서 일일 차량경로계획은 Arena 모델의 실행에 의해 구해진 재고보충계획에 대해 nearest neighbor 기법을 적용 수렴된다.

Arena 모델이 Excel DB와 입출력 인터페이스를 위해 여러 변수 값을 동시에 저장 및 불러오기가 불편한 Read/Write 모듈 대신 ModelLogic_RunBegin과 ModelLogic_RunBeginSimulation VBA 사건, VBA 블록 모듈을 사용한다. Arena는 자체적으로 Visual Basic Editor를 내장하고 있어 손쉽게 VBA 사건과 블록 모듈의 프로그램을 작성할 수 있다. ModelLogic_RunBegin 사건은 Arena 모델의 Create 모듈에서 계획기간을 나타내는 Max Arrivals 연산자 값을 할당하는데 사용된다. ModelLogic_RunBeginSimulation 사건은 시물레이션 실행 초기에 단 한번 집행되며, 시물레이션 시작 전에 Create 모듈에서 상점 수를 나타내는 Entities per Arrival 연산자와 Excel과 같은 외부 소스로부터 상점 수, 고객수요, 재고정책 운영변수 값 등과 같은 시스템 변수 값을 할당하는데 사용된다.

```

Set xlApp = CreateObject("excel.application"); 엑셀 프로그램을 참조하도록 지정
Set xlBook = xlApp.Workbooks.Open("c : \DSSV\information.xls", True); 엑셀파일(information.xls)을 참조하도록 지정
Set xlSheet1 = xlBook.Worksheets(1); sheet1을 참조하도록 지정
max_i = xlSheet1.Cells(2, 2).value; sheet1의 2열 2행에 있는 값을 'max_i' 변수에 저장
xlApp.Quit; 엑셀 프로그램 종료
Set xlSheet1 = Nothing
Set xlBook = Nothing
Set xlApp = Nothing
Dim eq As SIMAN; 변수 eq를 Arena의 SIMAN 언어로 선언
Set eq = ThisDocument.Model.SIMAN; SIMAN 언어를 참조하도록 지정
eqq.VariableArrayValue(eqq.SymbolNumber("Max Store")) = max_i; Arena 'Max Store' 변수에 'max_i' 변수값 저장
    
```

Figure 4. Program for assigning the value stored in Excel file to 'Max Store' Arena variable

<Figure 4>는 Arena 모델에서 상점 수를 나타내는 Max Store 시스템 변수에 Input DB에 저장되어 있는 값을 할당하는 작업을 실행하는 Visual Basic 프로그램이다. VBA 블록 모듈은 Arena 모델에서 재고정책의 각종 운영비용을 계산하고, 시뮬레이션 결과 구해진 운영계획과 평가척도 값을 Solutions DB에 저장하는데 사용된다.

최적의 시스템 운영변수 값 결정을 위해 연동되는 OptQuest 툴은 Arena의 번들 프로그램으로서 소스 프로그램 접근이 불가능하다. 따라서 DSSV에서 OptQuest의 직접 연동 및 작동을 위한 프로그램 작성이 불가능하여, Arena flowchart 창의 메뉴에서 Tools>OptQuest for Arena 선택을 통해 OptQuest 툴 환경에 접근하는 방법을 사용한다. 따라서 사용자는 OptQuest가 순차적으로 제시하는 창을 통해 자료를 입력하고, 실행 후에는 OptQuest가 제공하는 텍스트와 그래프로 구성된 출력화면을 보게 된다. OptQuest 종료 후 사용자는 반드시 OptQuest 화면을 닫고 DSSV의 이전 창으로 되돌아가야 한다.

DSSV의 모든 출력은 Input DB, GIS, Solutions DB와 연동되는 Text and graphic output interface program을 이용하여 다양한 형태의 텍스트와 그래프 형태로 사용자에게 제공된다. <Figure 5>는 예로서 확정적 수요 상황에서 통합계획 정책이 선택된 경우에 10일의 재고보충 및 차량경로계획 출력화면을 보여준다. 4개의 차량경로를 전자지도 상에서 확인할 수 있다. 화면 오른쪽 아래의 Back 버튼을 클릭하면 이전 화면으로 돌아가 생산계획 출력을 볼 수 있다.

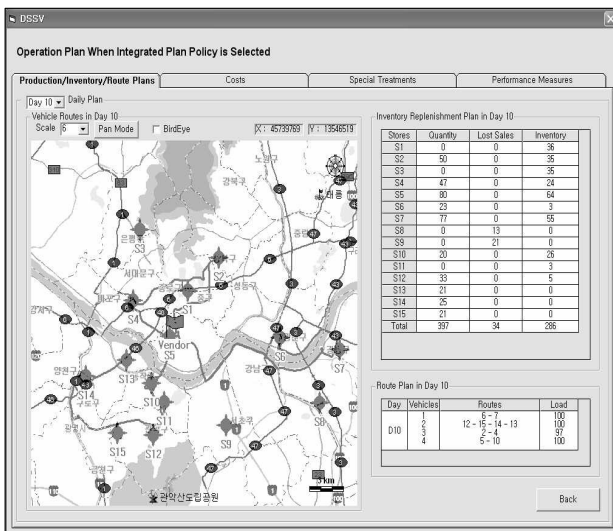


Figure 5. Example of output screen of inventory replenishment and route plans

<Figure 6>은 확정적 수요 상황에서 사용자가 차량용량과 상점 S1의 저장공간 크기를 각각 110과 100으로 새로이 입력하여 재고보충정책들을 비교한 출력화면 예를 보여준다. 그림에서 BE는 채찍효과, PFR는 제품충족률, ITR는 상점 재고회전을 나타낸다. 통합계획 정책이 모든 평가척도에서 가장 우수

함을 알 수 있다. 채찍효과는 보충 물량과 시기의 변동성에 의해 결정되므로 정책들의 BE 척도는 고객수요, 비용 등의 문제 입력변수 값에 따라 크게 변화하게 된다. Cost 그림 상단의 Detail 버튼을 클릭하면 상세비용 정보를 볼 수 있다. <Figure 7>은 공급자와 소매기업 간의 구매가 결정 입출력 화면 예를 보여준다. 화면에서 두 주체간에 60% 이익 배분율을 보장하는 계약구매가는 25.1로 제안되어 있다.



Figure 6. Example of comparison output screen of inventory replenishment policies

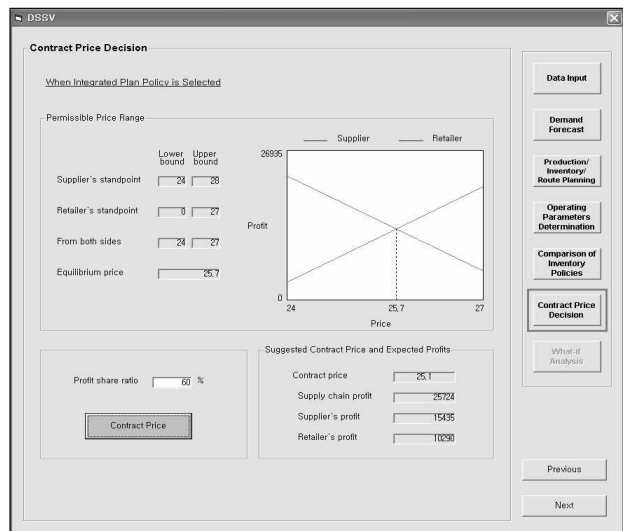


Figure 7. Example of input/output screen for contract price decision

<Figure 8>은 확정적 수요의 통합계획 정책 하에서 상점 S10의 저장공간 크기를 80에서 100으로 그리고 배송 상한시간(즉, 상점 개점시간)을 60에서 50으로 변경하는 what-if 분석의 입력 화면 예를 보여준다. 사용자가 원하면, 모든 입력변수 값을 동시에 변경하여 분석할 수 있다.

<Figure 9>는 <Figure 8>의 입력에 따른 what-if 분석의 출력

화면으로서, 입력변수 변경 전후의 각종 평가척도 비교를 그래프로 보여준다. 변경 후에 공급사슬의 이익과 총비용이 모두 감소함을 알 수 있다. 이 결과는 변경 후에 상점 S10의 저장공간이 커져 저장공간비가 증가하고 또한 상점 배송 상한시간의 단축으로 인해 사전 배송물량이 늘어나 상점의 재고유지비가 증가하나, 차량대수의 제한으로 배송 상한시간의 단축이 품질을 발생시켜 공급자의 생산비와 수송비가 더 많이 감소하는 경우에 해당된다. 결과적으로, 수입과 총비용이 동시에 감소한다. <Figure 9>에서 변경 후에 4%의 품질(즉, PFR = 0.96)이 발생함을 확인할 수 있다. 변경 후에 ITR이 1.24 감소하는데, 이것은 품질로 인해 실제로 충족시킨 총 고객수요의 크기가 감소하고 사전 배송물량과 S10 저장공간 크기의 증가로 인해 평균 상점재고수준이 증가한 때문이다. 화면 오른쪽 하단에 위치한 변경 전후의 해당 'Show Solution' 버튼을 클릭하면 생산/재고보충/차량경로계획, 각종 비용, 평가척도 등의 상세 해와 결과 값을 볼 수 있다.

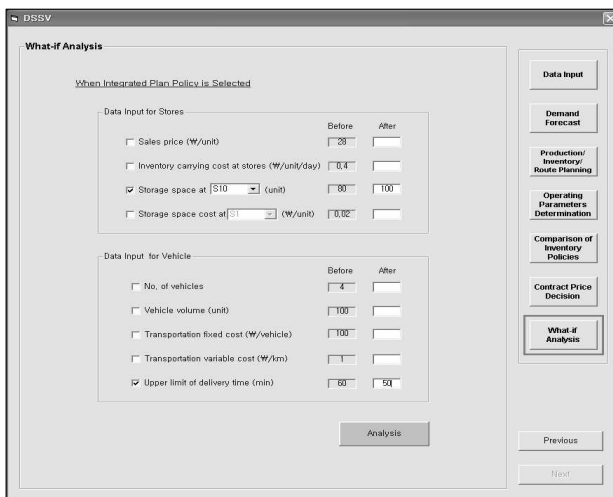


Figure 8. Example of input screen for what-if analysis

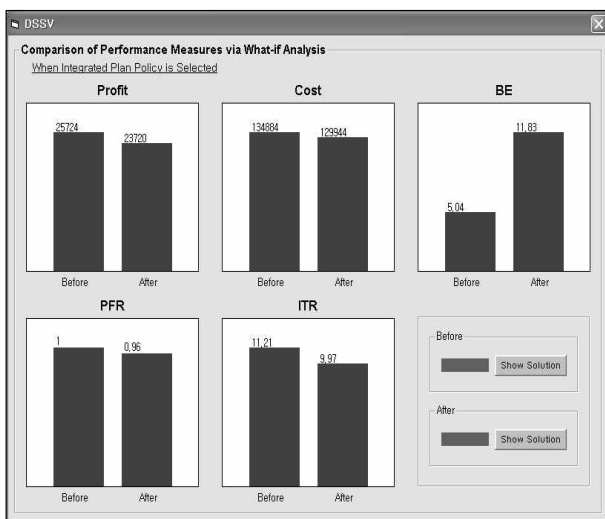


Figure 9. Example of output screen for what-if analysis

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 한 생산업체와 한 소매기업의 다수 상점으로 구성된 공급사슬에서 VMI의 운영지원을 위해 저자들이 개발한 DSSV 이름의 의사결정지원시스템을 소개하였다. DSSV는 수요예측, 공급자 생산계획, 상점 재고보충계획, 차량경로계획, 시스템 운영변수 값 결정, 계약구매가 결정, what-if 분석 기능을 포함한다. DSSV의 작동구조는 GIS, 6개 의사결정 모듈, 의사결정 모듈을 지원하는 Arena 모델과 OptQuest 툴, 입력자료와 의사결정 해를 저장하는 2개 Excel DB, 텍스트 및 그래픽 출력 인터페이스 프로그램으로 구성된다. DSSV에서 사용자 시스템 간의 입출력 인터페이스는 OptQuest 툴을 제외하고 모두 Visual Basic 환경에서 이루어진다.

DSSV의 추가 기능으로는 다양한 예측모델의 선택, 공급자의 정기 및 혼합발주정책 선택, 고객수요의 변화에 대한 소매점의 최적 판매가 결정, 상점에서 주문잔고(backorder) 품질의 선택 등을 고려할 수 있다. 향후, DSSV에서 통합계획 정책에 GA 해법 대신 해 품질과 계산시간의 관점에서 보다 우수한 새로운 해법을 사용함으로써 DSSV의 최적성을 높이고 실행시간을 단축하는 연구가 필요하다. 또한, 시스템 운영변수 값 결정에서 상당한 시간이 소요되는 OptQuest 툴과의 간접 연동문제를 해결하기 위해 OptQuest 툴을 대신하는 최적 값 탐색용 자체 모듈 개발이 요구된다. 그리고 고객수요 예측에 상용 소프트웨어의 연동을 시도할 수 있다. 저자들은 DSSV가 이러한 추가 연구를 통해 완전한 상용 DSSV로 개발되어 기업의 VMI 시스템 운영을 지원하는 값진 도구로 활용되기를 기대한다.

참고문헌

Achabal, D. D., Mchintyre, S. H. Smith, S. A. and Kalyanam, K. (2000), A Decision Support System for Vendor Managed Inventory, *Journal of Retailing*, 76(4), 430-454.

Aichlymayr, M. (2000), DC Mart : Who Manages Inventory in a Value Chain?, *Transportation and Distribution*, 41, 60-68.

Bernstein, F., Chen, F., and Federgruen, A. (2006), Coordinating Supply Chains with Simple Pricing Schemes : The Role of Vendor Managed Inventories, *Management Science*, 52(10), 1483-1492.

Bertazzi, L., Paletta, G., and Speranza, M. G. (2005), Minimizing the Total Cost in an Integrated Vendor-managed Inventory System, *Journal of Heuristics*, 11, 393-419.

Chan, Y. L., Cheung, C. F., Lee, W. B., and Kwok, S. K. (2006), Knowledge-based Simulation and Analysis of Supply Chain Performance, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 19(1), 14-23.

Chopra, S. and Meindl, P. (2007), *Supply chain management*, 2nd ed., Pearson Prentice Hall, NJ, USA.

Disney, S. M. and Towill, D. R. (2002), A Procedure for the Optimization of the Dynamic Response of a Vendor Managed Inventory System, *Computers and Industrial Engineering*, 43, 27-58.

Ehrhardt, R. and Mosier, C. (1984), A Revision of the Power Approximation for Computing(s,S) Policies, *Management Science*, 30(5), 618-622.

- Haifeng, G. and Xiaoyuan, H. (2005), Optimization Purchase Price and the Profit Policy under Vendor Managed Inventory, *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 16(2), 321-324.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., and Sturrock, D. T. (2007), *Simulation with Arena*, 4thed., McGraw-Hill, NY, USA.
- Nachiappan, S. P., Gunasekaran, A., and Jawahar, N. (2007), Knowledge Management System for Operating Parameters in Two-echelon VMI Supply Chains, *International Journal of Production Research*, 45(11), 2479-2505.
- Oracle (2006), *Demantra : A Demand-driven Approach to Vendor Managed Inventory*, An Oracle White Paper, September.
- Park, Y. B. and Park, H. S. (2008), A Genetic Algorithm for Integrated Inventory and Routing Problems in Two-echelon VMI Supply Chains, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 34(3), to appear.
- Sim, E. Y. (2005), Operational factors for effective VMI system, *e-Logistics*, 48.
- SpeedGeoX 1.0 How to* (2002), Mando Map and Soft, Korea.
- Tyan, J. and Wee, H. (2003), Vendor Managed Inventory : A Survey of the Taiwanese Grocery Industry, *Journal of Purchasing and Supply Management*, 9(1), 11-18.
- Yao, Y., Evers, P. T., and Dresner, M. E. (2007), Supply Chain Integration in Vendor-managed Inventory, *Decision Support Systems*, 43, 663-674.



박양병

한양대학교 산업공학과 학사
 Pennsylvania State University 산업공학 석사
 Oklahoma State University 산업공학 박사
 현재: 경희대학교 산업공학과 교수
 관심분야: SCM/물류, 생산경영, 컴퓨터시물레이션



심규탁

경희대학교 산업공학 학사
 현재: 경희대학교 산업공학과 대학원 석사과정
 관심분야: SCM/물류, 컴퓨터시물레이션