

고객 수요가 공급 사슬의 총재고비용과 주문만족율에 미치는 영향

박 경 종[†]

광주대학교 경영학과

Effect of Customer Demand on Total Inventory Cost and Order Fill Rate in a Supply Chain

Kyoung Jong Park

Department of Business Administration, Gwangju University

This paper studies that σ values(10, 20, 50) and ρ values(-0.6, -0.3, 0.0, 0.3, 0.6) affect the total inventory cost of a supply chain and order fill rate when the market demand process follows a general auto-correlated AR(1) process without seasonality. σ indicates the degree of demand fluctuation and ρ means the trend of demand. ANOVA tests using a 5% significance level are performed in SPSS to examine significant performance changes among various cases.

Keywords : Supply Chain, AR(1), Total Inventory Cost, Order Fill Rate

1. 서 론

공급 사슬은 그 복잡성으로 인하여 예상하지 못한 문제들이 발생하며, 일반적으로 이러한 현상을 채찍 효과(bullwhip effect)로 설명한다. 채찍 효과는 공급 사슬의 각 티어(tier) 별로 주문이 진행될 때, 업스트림(upstream) 티어로 갈수록 주문 편차가 급속도로 증가된다고 알려진 현상이며[6], Forrester[3]에 의해 처음 제기되었다. Lee 등[6]은 채찍 효과가 일어나는 원인을 수요 처리, 리드타임, 배치 주문, 결품 발생, 그리고 가격 변동 및 판촉의 5가지로 분류하였다.

공급 사슬 상의 각 티어들 사이에서 발생하는 현상과 문제점들을 확인하기 위해 기존 연구들은 주로 Beer Game 모델을 사용하였다. 채찍 효과를 해결하기 위한 방법으로 각 티어 간의 정보공유가 매우 중요함을 기존 연구들이 제시하고 있다[1]. 공급 사슬상의 정보는 주문 정보,

수요 정보, 재고 정보, 및 선적 정보 등으로 분류되고 이러한 정보를 공유할 때와 하지 않을 때로 나누어 연구가 진행되었다.

Lee 등[7]은 공급 사슬의 수요가 AR(1)이고, order-up-to-level 재고 주문 정책을 사용할 때 공급 사슬에 비용 감소 효과가 발생한다고 하였다. 또한, 공급 사슬 리드타임이 티어별 재고 수준 및 비용에 미치는 영향도 연구하였다.

Cho[2]는 수요 예측 방법인 이동평균법(Moving Average : MA), 지수평활법(Exponential Smoothing : ES), 그리고 최소평균자승오차법(Minimum Mean Squared Error : MMSE)이 주문만족율에 미치는 영향을 연구하였다. 수요가 확률적(stochastic)이면 리드타임이 중요한 이슈가 되며, 리드타임을 제어하면 효과가 크다고 설명하였다. 즉, 짧은 리드타임은 안전재고와 결품으로 인한 손실을 줄여주고, 고객 서비스 수준을 향상시켜준다고 하였다.

Lau 등[5]은 재고 정책, 정보 공유, 사전 주문 위탁(Early

Order Commitment)이 공급 사슬의 수행도에 미치는 영향을 연구하였고, 각 티어별로 유리한 재고 정책이 다를 수 있다고 주장하였다.

Warburton 등[11]은 고객 수요가 확률적일 때 주문 변화와 재고 변화를 계산할 수 있는 식을 만들고 채찍 효과를 측정하였다. 또한 채찍 효과를 줄이면 그 대신에 많은 재고량을 요구한다고 설명하였다.

Keleporis 등[4]은 재고 충족 파라미터가 공급 사슬의 주문변동성, 제품충족율, 재고 수준에 미치는 영향과 정보 공유가 채찍 효과에 미치는 영향을 연구하였고, 짧은 리드타임이 공급 사슬의 효율적인 운영에 필수적이라고 설명하였다.

Zhang[12]은 고객 주문이 AR(1) 수요 모델이고 order-up-to-level 재고 정책을 따를 때, 수요와 리드타임이 채찍 효과에 미치는 영향을 연구하였다.

대부분의 기존 연구들은 정보 공유, 재고 정책, 수요 예측 방법들이 채찍 효과에 어떤 영향을 주고 어떻게 하면 채찍 효과를 줄일가에 관심이 많았다. 대부분의 기업들도 고객에게 서비스를 제공하기 위해 주로 기업 내부의 운영에만 집중하였고, 전체 공급 사슬의 수행도 향상에는 관심이 적었다[5].

또한 기존 연구들은 공급 사슬의 채찍 효과에 미치는 영향에 주로 관심이 있었고 공급 사슬의 파라미터들이 수행도와 어떤 연관성을 갖는지에 대해서는 거의 연구가 진행되지 않았다.

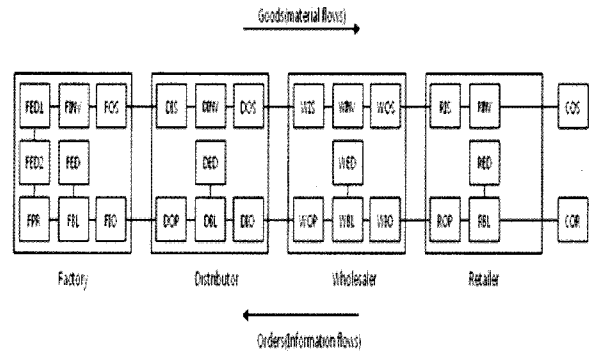
그러므로 본 연구에서는 고객 주문이 AR(1) 수요 프로세스를 따를 때 수요의 변동(fluctuation)을 설명하는 σ 와 수요의 추세(trend)를 설명하는 ρ 가 공급 사슬의 주문만족율 및 총재고비용과 어떤 연관성이 있는지를 실험한다. 즉, 고객 수요가 변동함에 따라 고객측면인 주문만족율과 기업측면인 총재고비용에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

지금까지 본 장에서는 기존 연구 동향 및 연구 목적에 대해서 설명했고, 제 2장에서는 공급 사슬 모델을 설명한다. 제 3장에서는 σ 와 ρ 의 값이 주문만족율과 공급 사슬의 총재고비용에 미치는 영향을 분석하고, 마지막으로 제 4장에서는 결론 및 추후 연구과제를 제시한다.

2. 공급 사슬 모델

본 연구에서는 <그림 1>과 같이 4티어(Factory-Distributor-Wholesaler-Retailer)로 구성된 공급 사슬 모델을 대상으로 한다.

<그림 1>의 공급 사슬 모델은 전체 29개의 상태 변수로 설명될 수 있고, 공급 사슬의 각 티어에서의 주문 처



<그림 1> 4 티어로 구성된 공급 사슬 모델

리는 동일한 방법을 사용한다고 가정한다. 시점 t 에서 AR(1)에 의해 고객 수요(COR_t)가 발생하여 Retailer에 도착한다. Retailer에서는 Wholesaler에서 배송 리드타임 전에 보낸 주문 물량이 도착하면, 고객 주문량과 현 보유 재고량을 고려하여 고객이 주문한 양을 배송한다. 이 때, 현 보유 재고량이 고객이 요청한 주문량보다 많으면 고객이 요청한 주문량을 즉시 배송한다. 현 보유 재고량이 고객이 요청한 주문량보다 적으면, 현재 있는 재고만을 고객에게 배송하고, 부족한 주문량은 Wholesaler에서 도착하면 즉시 고객에게 배송한다고 가정한다.

본 연구에서 사용되는 주요 기호를 설명하면 다음과 같다.

- FED_t : 시점 t 의 Factory 기대 수요량
- DED_t : 시점 t 의 Distributor 기대 수요량
- WED_t : 시점 t 의 Wholesaler 기대 수요량
- RED_t : 시점 t 의 Retailer 기대 수요량
- FIO_t : 시점 t 의 Factory 수주량
- DIO_t : 시점 t 의 Distributor 수주량
- WIO_t : 시점 t 의 Wholesaler 수주량
- COR_t : 시점 t 의 고객 주문량
- FPR_t : 시점 t 의 Factory 생산량
- DOP_t : 시점 t 의 Distributor 주문량
- WOP_t : 시점 t 의 Wholesaler 주문량
- ROP_t : 시점 t 의 Retailer 주문량
- FBL_t : 시점 t 의 Factory 결품량
- DBL_t : 시점 t 의 Distributor 결품량
- WBL_t : 시점 t 의 Wholesaler 결품량
- RBL_t : 시점 t 의 Retailer 결품량
- $FINV_t$: 시점 t 의 Factory 재고량
- $DINV_t$: 시점 t 의 Distributor 재고량
- $WINV_t$: 시점 t 의 Wholesaler 재고량
- $RINV_t$: 시점 t 의 Retailer 재고량

- WAS_t : 시점 t 의 Wholesaler 조정량
- $WALS_t$: 시점 t 의 공급 사슬 Wholesaler 조정량
- BLC : 공급 사슬의 단위 제품당 결품비용
- HIC : 공급 사슬의 단위 제품당 재고유지비용
- TIC : 공급 사슬의 총재고비용

<그림 1>의 공급 사슬 모델은 시점 t 에서, 각 티어에서의 기대 수요는 동일하다고 가정하고, Wholesaler에서의 기대 수요는 식 (1)로 표현한다.

$$WED_t = \theta \cdot WIO_{t-1} + (1-\theta) \cdot WED_{t-1} \quad (1)$$

식 (1)에서 WED_t 는 시점 t 에서의 Wholesaler 기대 수요이고 WED_{t-1} 은 시점 $t-1$ 에서의 기대 수요를 설명한다. WIO_{t-1} 는 시점 $t-1$ 에서 접수된 주문인 수주량을 의미한다. 시점 t 에서의 기대 수요를 계산할 때, θ 는 시점 $t-1$ 에서의 기대 수요와 접수된 주문 사이의 가중치를 의미한다. θ 값이 작을수록 기대 수요의 중요도가 커지고 다운스트림(downstream) 티어에서 요청한 주문의 비중이 작아진다. 실험을 통하여 θ 의 값은 0.25로 제시되었으며 본 연구에서도 같은 값을 사용한다[9, 10]. 다른 티어에서의 기대 수요 FED_t , DED_t , 및 RED_t 도 식 (1)과 같은 개념으로 계산된다.

시점 t 에서 Wholesaler의 주문량 WOP_t 는 음수 값이 존재하지 않기 때문에 $\max(0, WOP_t^*)$ 로 결정되며, 이 때 WOP_t^* 는 $WED_t + WAS_t + WALS_t$ 가 된다. WAS_t 는 Wholesaler 재고 조정량이고 $WALS_t$ 는 공급 사슬의 Wholesaler 조정량을 의미한다. Distributor 주문량 DOP_t 와 Retailer 주문량 ROP_t 도 같은 방법으로 계산한다. 그러나 Factory는 최 상위의 티어이기 때문에, 주문 대신에 직접 생산을 하며, 시점 t 에서의 생산량 FPR_t 로 설명되고, WOP_t 와 같은 개념으로 계산된다.

일반적으로 사용되는 재고 보충 정책은 order-up-to-level 재고 정책이며, order-point order-quantity(s, Q) 시스템, order-point order-up-to-level(s, S) 시스템, periodic-review order-up-to-level(R, S) 시스템, 및 (R, s, S) 시스템이 여기에 속한다[8]. 본 연구에서의 재고 보충은 각 티어의 재고 조정량과 전체 공급 사슬의 재고 조정량을 고려하여 ROP_t , WOP_t , DOP_t , 및 FPR_t 를 사용하여 계산한다.

<그림 1>에서 설명된 공급 사슬 모델의 총재고비용(TIC)은 다음의 식 (2)와 같이 계산된다.

$$TIC = \sum_{t=1}^n (BLC(FBL_t + DBL_t + WBL_t + RBL_t) + HIC(FINV_t + DINV_t + WINV_t + RINV_t)) \quad (2)$$

식 (2)의 공급 사슬 총재고비용 TIC는 시점 t 에서 각 티어의 결품량인 FBL_t , DBL_t , WBL_t , 및 RBL_t 를 합하여 단위 제품당 결품비용 BLC 를 곱하고, 이 값에 각 티어의 재고량 $FINV_t$, $DINV_t$, $WINV_t$, 및 $RINV_t$ 를 합산하여 단위 제품당 재고유지비용 HIC 를 곱하여 더하면 얻어진다. <그림 1>에서 사용된 상태 변수들의 추가적인 설명은 Strozzi 등[9]을 참조한다.

시점 t 에서의 고객 수요는 다음의 식 (3)과 같이 AR(1)을 따른다고 가정한다.

$$D_t = \mu + \rho D_{t-1} + \epsilon_t, |\rho| < 1 \quad (3)$$

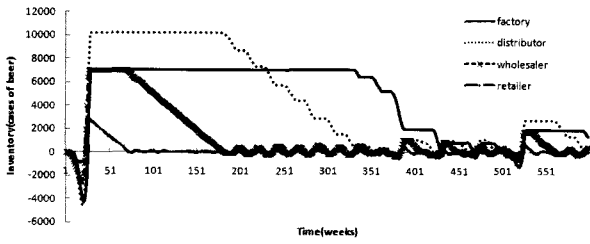
식 (3)에서 D_t 는 시점 t 에서의 수요, μ 는 음수가 아닌 상수, ϵ_t 는 평균이 0이고 분산이 σ^2 인 독립적이고 동일한 정규분포를 따르는 오차항을 의미한다. 그리고 ρ 는 1차 자기상관계수(autocorrelation coefficient)이다. 식 (3)의 ρ 와 σ 는 고객 수요 프로세스에 영향을 미친다. ρ 는 수요 추세를 의미하며 전체 시간동안의 수요의 상관관계를 나타내고, σ 는 수요의 변동을 의미하며 수요의 분산을 설명한다[13].

3. 실험 및 결과 분석

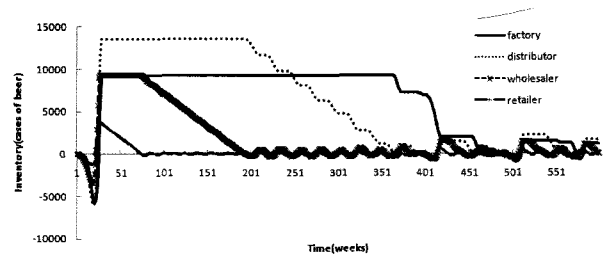
고객 수요가 공급 사슬의 주문만족율과 총재고비용에 미치는 영향을 알아보기 위해 먼저 주문만족율과 총재고비용을 정의한다. 주문만족율은 고객이 요청한 주문량을 즉시 배송하면 1이고, 즉시 배송하지 못하면 0이 된다. 그러므로 전체 시간 동안의 주문만족율은 (즉시배송회수/전체주문회수)×100%로 계산된다. 본 실험에서는 Retailer와 고객간의 주문만족율을 고려한다. 총재고비용은 식 (2)와 같이 전체 시간 동안의 결품비용과 재고유지비용의 합으로 계산된다. 결품비용은 고객에게 제품을 팔 수 있는 기회와 신뢰를 상실하는 것이기 때문에 일반적으로 재고유지비용보다 높게 책정한다. 본 연구에서는 결품비용 BLC 를 2로 하고, 재고유지비용 HIC 는 결품비용의 1/4 수준인 0.5로 설정한다[9].

고객 수요를 나타내는 식 (3)에서 $\mu = 100$, $\epsilon_t = N(0, \sigma^2)$ 이라고 가정한다[13]. 수요의 변동을 의미하는 σ 값은 Zhang and Zhang[13]에서 10~50을 사용했기 때문에 본 연구에서는 10, 20, 및 50의 3가지 경우를 실험한다. 고객 수요가 고객만족율에 미치는 영향을 조사하기 위해 수요 추세를 의미하고 전체 시간동안의 수요의 상관관계를 나타내는 ρ 값은 Cho[2]의 경우와 같이 -0.6, -0.3, 0.0, 0.3, 0.6 일 때를 실험한다.

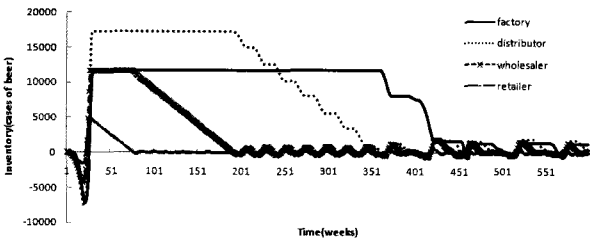
공급 사슬의 리드타임도 공급 측면에 영향을 주는 파라미터이지만, 본 연구에서는 고객 주문이 미치는 영향



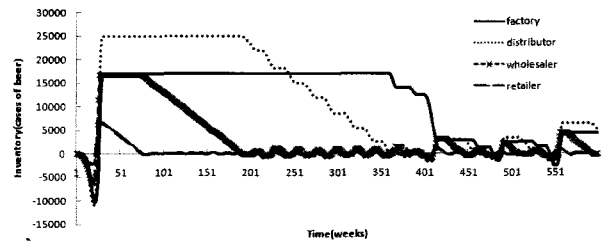
<그림 2> $\rho = -0.6$ 일 때 공급 사슬 재고 수준



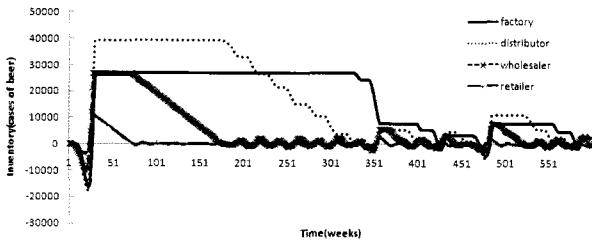
<그림 4> $\rho = 0.0$ 일 때 공급 사슬 재고 수준



<그림 3> $\rho = -0.3$ 일 때 공급 사슬 재고 수준



<그림 5> $\rho = 0.3$ 일 때 공급 사슬 재고 수준



<그림 6> $\rho = 0.6$ 일 때 공급 사슬 재고 수준

을 파악하는 것이기 때문에 정확한 비교를 위해 리드타임은 고정되었다고 가정한다. 즉, 각 티어에서의 정보 리드타임과 제품 리드타임은 각각 1주로 설정한다.

<그림 1>의 공급 사슬 모델에서 사용되는 추가적인 파라미터들은 Strozzi 등[9]과 같이 $\theta = 0.25$, $Q = 17$, $\beta = 0.016$ 로 설정한다.

전체 시뮬레이션은 충분한 시간을 보장하기 위해 600주로 하며, 각 파라미터 조합에 대해서 20번의 시뮬레이션을 수행하여 비교한다. 그러므로 전체 시뮬레이션 횟수는 $3(\sigma) \cdot 5(\rho) \cdot 20$ 로 300번이 된다.

<그림 2>부터 <그림 6>은 σ 의 값이 10이고, ρ 의 값이 -0.6, -0.3, 0.0, 0.3, 0.6일 때의 전체 기간 동안의 각 티어에서의 재고 수준(현재고량-결품재고량)을 나타낸다.

<그림 2>에서 <그림 6>까지의 그래프를 보면 공통적으로 업스트림 티어로 갈수록 재고 변동이 심함을 알 수 있다. Factory보다 Distributor의 재고 변동이 심한 이유는 Factory는 업스트림 티어로 주문을 하지 않고 Distributor로부터 온 주문량을 직접 생산하기 때문이다. 또한 시간이 진행됨에 따라 재고 변동이 줄어들지만 채찍 효과에 의해 감소되는 방향으로 반복적인 사이클을 보이

<표 1> ρ 값에 따른 고객 주문만족률

회수	ρ	$\rho = -0.6$	$\rho = -0.3$	$\rho = 0$	$\rho = 0.3$	$\rho = 0.6$
1		0.483	0.490	0.490	0.498	0.485
2		0.492	0.507	0.518	0.498	0.497
3		0.492	0.498	0.500	0.502	0.483
4		0.502	0.488	0.490	0.487	0.502
5		0.488	0.483	0.483	0.475	0.482
6		0.498	0.505	0.490	0.477	0.483
7		0.483	0.485	0.493	0.510	0.492
8		0.470	0.490	0.488	0.498	0.487
9		0.497	0.497	0.495	0.477	0.488
10		0.490	0.497	0.483	0.490	0.485
11		0.510	0.478	0.493	0.510	0.483
12		0.482	0.498	0.478	0.495	0.482
13		0.493	0.487	0.497	0.505	0.482
14		0.478	0.500	0.485	0.487	0.505
15		0.497	0.493	0.498	0.478	0.493
16		0.488	0.497	0.492	0.490	0.492
17		0.500	0.493	0.478	0.487	0.487
18		0.467	0.497	0.490	0.490	0.495
19		0.500	0.470	0.507	0.488	0.482
20		0.492	0.490	0.502	0.488	0.472

고 있음을 알 수 있다.

다음은 σ 값이 10일 때, ρ 값이 공급 사슬의 주문만족률 및 총재고비용과 어떤 연관성을 가지는지 실험한다. <표 1>은 ρ 값(-0.6, -0.3, 0.0, 0.3, 0.6)에 따라 고객의 주문만족율을 20번 실행한 결과이고 <표 2>는 ρ 값에 따

<표 2> ρ 값에 따른 공급 사슬 총재고비용

회수	$\rho = -0.6$	$\rho = -0.3$	$\rho = 0$	$\rho = 0.3$	$\rho = 0.6$
1	3,692,403	4,321,405	5,453,085	7,941,745	13,589,118
2	3,441,838	4,502,302	5,600,868	8,631,621	14,211,494
3	3,875,838	4,730,837	5,679,872	8,333,425	12,924,392
4	3,764,913	4,368,711	5,594,015	8,649,280	13,237,003
5	3,747,095	4,794,300	5,932,271	8,152,402	14,712,268
6	3,578,983	4,633,065	5,771,951	9,155,232	14,717,210
7	3,677,178	4,678,650	5,671,822	8,923,170	14,193,893
8	3,803,958	4,964,230	5,772,262	8,263,659	13,832,329
9	3,566,351	4,687,901	6,256,303	7,981,016	12,824,345
10	3,946,523	4,354,255	5,794,858	8,139,203	13,689,982
11	3,992,211	4,883,254	6,100,388	7,953,014	14,340,260
12	3,590,011	4,238,812	5,860,899	8,268,851	13,280,522
13	3,773,799	4,771,254	6,279,530	8,164,377	13,518,606
14	3,912,508	4,816,577	6,270,854	8,153,673	14,348,187
15	3,690,615	3,970,715	5,918,320	8,231,877	15,380,726
16	3,486,203	4,636,932	6,419,694	9,036,772	14,856,009
17	3,588,459	4,626,840	6,097,359	8,791,727	14,305,692
18	3,629,127	4,757,590	5,798,749	8,876,598	14,731,806
19	3,520,053	4,471,198	5,968,088	8,063,721	12,204,146
20	3,606,562	4,478,522	6,218,241	8,364,458	12,494,865

라 공급 사슬의 총재고비용을 20번 실행한 결과이다.

<표 3>과 <표 4>는 ρ 값이 주문만족율과 총재고비용에 미치는 영향을 분석하기 위해 ANOVA 분석을 수행한 결과이다.

<표 3> ρ 값과 주문만족율의 ANOVA 분석(95% 신뢰도)

변동 요인	제곱합	자유도	제곱 평균	F 비	P-값	F 기각치
처리	0.000669	4	0.000167	1.138347	0.343257	2.467494
잔차	0.013955	95	0.000147			
계	0.014624	99				

<표 3>의 결과를 보면 p값이 0.343257로 0.05보다 크기 때문에 ρ 값이 달라지더라도 주문만족율에 유의한 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

<표 4>의 결과를 보면 p값이 9.83E-91로 0.05보다 매우 작기 때문에 ρ 값에 따른 공급 사슬의 총재고비용은 유의한 차이가 있음을 알 수 있다. 그러므로 고객 주문이 AR(1)을 따를 때, 수요 추세를 의미하고 전체 시간동안의 수요 상관관계를 나타내는 ρ 값의 변동은 σ 의 값이 10일 때, 소비자 측면인 주문 만족율에는 유의한 영향을 주지 않

<표 4> ρ 값과 총재고비용의 ANOVA 분석(95% 신뢰도)

변동 요인	제곱합	자유도	제곱 평균	F 비	P-값	F 기각치
처리	1.38E+15	4	3.45E+14	1999.014	9.83E-91	2.467494
잔차	1.64E+13	95	1.72E+11			
계	1.39E+15	99				

지만, 회사 측면의 총재고비용에는 유의한 영향을 줄 수 있다. 유의한 차이를 보여주는 총재고비용을 Scheffe 통계량으로 사후분석을 수행하면 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 모든 ρ 에 대해 총재고비용의 평균차이가 유의확률 0.000으로 유의함을 알 수 있다.

다음은 ρ 값에 따라 수요의 변동을 의미하는 σ 값의 영향을 자세히 알아보기 위해 추가적으로 σ 값이 20인 경우와 50인 경우를 ANOVA 분석을 통해 살펴본다.

σ 값이 20이면 ρ 값은 주문만족율과 총재고비용에 유의한 영향을 준다. 주문만족율에 대해 Scheffe 통계량으로 계산된 사후분석을 수행하면 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 ρ 가 -0.6인 경우와 0.6인 경우만이 주문만족율의 평균차이가 유의확률 0.001로 유의하다. 총재고비용에 대해 Scheffe 통계량으로 계산된 사후분석을 수행하면 ρ 가 -0.6과 0.3인 경우를 제외하고는 평균차이가 유의확률 0.000으로 유의하다.

σ 값이 50인 경우에도 ρ 값은 주문만족율과 총재고비용에 유의한 영향을 준다. 주문만족율에 대해 Scheffe 통계량으로 계산된 사후분석을 수행하면 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 ρ 가 (-0.6, 0.3), (-0.6, 0.6), (-0.3, 0.6), (0.0, 0.6), (0.3, -0.6), (0.6, -0.6 ; -0.3 ; 0.0)인 경우에는 주문만족율의 평균차이가 유의하다. 총재고비용에 대해 Scheffe 통계량으로 사후분석을 수행하면 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 ρ 가 (-0.6, 0.0 ; 0.3 ; 0.6), (-0.3, 0.3 ; 0.6), (0.0, -0.6 ; 0.3 ; 0.6), (0.3, -0.6 ; -0.3 ; 0.0 ; 0.6), (0.6, -0.6 ; -0.3 ; 0.0 ; 0.3)인 경우에는 총재고비용의 평균차이가 유의함을 알 수 있다.

지금까지 σ 가 10, 20, 50일 때 ρ 를 -0.6, -0.3, 0.0, 0.3, 0.6으로 변경시키면서 주문만족율과 총재고비용에 미치는 영향을 분석하였다. σ 가 10일 때는 주문 만족율에는 유의한 영향을 주지 않았지만, 20 및 50으로 증가할 때는 주문 만족율에도 유의한 영향을 주었다. 즉, σ 가 커질수록 ρ 가 주문 만족율에 미치는 유의성이 커진다. 그러나 총재고비용은 주문만족율과는 반대의 결과를 보여준다. 즉, σ 가 10일 때는 모든 ρ 값이 총재고비용에 유의한 영향을 주었지만 σ 가 커질수록 ρ 가 총재고비용에 미치는 유의성은 떨어짐을 알 수 있었다.

결론적으로 수요 추세를 의미하고 전체 시간동안의 수요의 상관관계를 나타내는 ρ 값은 수요의 변동을 의미하는 σ 값이 커질수록 주문만족율에 미치는 유의성이

커지고, 총재고비용에 미치는 유의성은 반대로 작아짐을 알 수 있었다.

4. 결론 및 추후 연구과제

본 연구에서는 고객 주문이 공급 사슬의 주문만족율과 총재고비용에 미치는 영향을 분석하였다. 고객 주문은 AR(1) 프로세스를 따른다고 가정하고, 공급 사슬 모델은 Strozzi 등[9]이 제시한 방법을 사용하였다. 고객 주문이 미치는 영향을 분석할 때 다른 파라미터들은 고정하고, 수요의 변동을 의미하는 σ 값(10, 20, 50)에 따라 수요 추세를 의미하고 수요의 상관관계를 보여주는 ρ 의 값을 -0.6, -0.3, 0.0, 0.3, 및 0.6으로 변경하면서 주문만족율과 총재고비용에 미치는 영향을 분석하였다. σ 와 ρ 가 미치는 영향을 정확하게 평가하기 위해 각 ρ 값에 대해서 600주 동안 20번의 시뮬레이션을 수행하고, 95%의 신뢰도로 ANOVA 분석을 수행하였다.

실험 결과를 분석하면 σ 가 10일 때는 ρ 값이 달라지더라도 주문 만족율에는 유의한 영향을 주지 못하지만, 총재고비용에는 유의한 영향을 준다는 것을 알 수 있었다. 그러나 σ 가 커질수록 ρ 값은 주문 만족율과 총재고비용에 유의한 영향을 줄 수 있었다. 이러한 경우에도 σ 가 커질수록 ρ 값은 주문 만족율에 미치는 유의성이 커지고 반대로 총재고비용에 미치는 유의성이 작아짐을 알 수 있었다. 즉, σ 가 커질수록 ρ 값은 소비자가 느끼는 주문 만족율에는 유의한 영향을 많이 주고, 공급 사슬을 운영하는 회사의 총재고비용에는 유의한 영향을 작게 줄 수 있었다.

추후 연구과제는 다양한 재고 보충 정책에 따라 고객 수요의 σ 와 ρ 가 미치는 영향을 분석하는 것이다.

참고문헌

- [1] Chatfield, D. C., Kim, J. G., Harrison, T. P., and Hayya, J. C.; "The Bullwhip Effect- Impact of Stochastic Lead Time, Information Quality, and Information Sharing : A Simulation Study," *Production and Operations Management*, 13(4) : 340-353, 2004.
- [2] Cho, M. S.; "Effect of Demand Forecasting Methods on the Order Fill Rate in a Supply Chain," *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, 7(2) : 49-56, 2007.
- [3] Forrester, J. W.; "Industrial Dynamics- A Major Breakthrough for Decision Making," *Harvard Business Review*, 36(4) : 37-66, 1958.
- [4] Kelepouris, T., Miliotis, P., and Pramataris, K.; "The Impact of Replenishment Parameters and Information Sharing on the Bullwhip Effect : A Computational Study," *Computers and Operations Research*, 35 : 3657-3670, 2008.
- [5] Lau, R. S. M., Xie, J., and Zhao, X.; "Effects of Inventory Policy on Supply Chain Performance: A Simulation Study of Critical Decision Parameters," *Computers and Industrial Engineering*, 55 : 620-633, 2008.
- [6] Lee, H. L., Padmanabhan, V., and Whang, S.; "Information Distortion in the Supply Chain: the Bullwhip Effect," *Management Science*, 43(4) : 546-558, 1997.
- [7] Lee, H. L., So, K. C., and Tang, C. S.; "The Value of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain," *Management Science*, 46(5) : 626-643.
- [8] Silver, E. A., Pyke, D. F., and Peterson, R.; *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 3rd Edition, John Wiley and Sons, : 237-241, 1998,
- [9] Strozzi, F., Bosch, J., and Zaldivar, J. M.; "Beer Game Order Policy Optimization under Changing Customer Demand", *Decision Support Systems*, 42 : 2153-2163, 2007.
- [10] Thomson, J. S., Mosekilde, E., and, Sterman, J. D.; "Hyperchaotic Phenomena in Dynamic Decision Making," *Complexity, Chaos, and Biological Evolution*, : 397-420, 1991.
- [11] Warburton, R. D. H. and Disney, S. M.; "Order and Inventory Variance Amplification : The Equivalence of Discrete and Continuous Time Analyses," *International Journal of Production Economics*, 110 : 128-137, 2007.
- [12] Zhang, X.; "The Impact of Forecasting Methods on the Bullwhip Effect," *International Journal of Production Economics*, 88 : 15-27, 2004.
- [13] Zhang, C. and Zhang, C.; "Design and Simulation of Demand Information Sharing in a Supply Chain," *Simulation Modeling Practice and Theory*, 15 : 32-46, 2007.