

가

박 경 중[†]

광주대학교 경영학과

Effect of Information Quality Level and Customer Demand on Performance Measures in a Supply Chain

Kyoung Jong Park[†]

Department of Business Administration, Gwangju University

This paper studies the effect of information quality level and customer demand on performance measures in a supply chain. The information quality level compares 2 types, the information levels of a customer demand and a lead time. The customer demand process follows a general auto-correlated AR(1) process without seasonality. In the AR(1) process, σ indicates the degree of demand fluctuation and ρ means the trend of customer demand. ANOVA tests using a 5% significance level are performed in SPSS to examine significant performance changes among various cases.

Keywords : Customer Demand, Information Quality Level, AR(1), ANOVA

1. 서 론

미국의 구매관리전문가협회(Institute for Supply Management : ISM)의 정의에 의하면 공급 사슬 경영(Supply Chain Management : SCM)은 최종 소비자의 실질적인 요구를 충족시키기 위하여 조직을 모두 연결하여 가치를 부각시켜 주는 프로세스의 설계와 관리로 설명된다[2].

공급 사슬은 그 복잡성으로 인해 다양한 문제들이 발생하며, 이러한 문제들을 채찍효과(bullwhip effect) 현상으로 설명한다. 채찍효과는 공급자의 주문량 변동이 구매자의 판매량 변동보다 크다는 수요왜곡(demand distortion)과 수요왜곡이 공급 사슬의 업스트림(upstream) 티어(tier)로 갈수록 더욱 커지는 변동확산(variance amplification)을 의미하는 효과[12]로 Forrester[9]가 처음으로 제시하였다.

이러한 현상은 공급 사슬의 각 티어 사이에서 소통이 원활하지 못하거나 협조가 이루어지지 않아 재고와 비용 상승으로 나타나게 된다. 채찍효과가 발생하는 원인은 수요 처리, 리드타임, 배치 주문, 결품 발생, 가격 변동 및 판촉의 5가지로 Lee et al.[12]에 의해 정리되었다.

Lee et al.[13]은 공급 사슬의 고객 수요가 AR(1)을 따르고 order-up-to-level 재고 주문 정책을 사용할 때의 공급 사슬에 비용 감소 효과가 발생하는 현상을 실험을 통해서 보여주었다. Zhang[19]은 Lee et al.[13]과 같은 실험 조건에서 수요와 리드타임이 채찍효과에 영향을 미침을 보였다. Keleporis et al.[10]은 공급 사슬의 주문 변동성, 제품 충족율, 재고 관련 매개변수(parameter)가 채찍효과에 미치는 영향을 연구하였다.

Lau et al.[11]은 재고 정책, 정보 공유, 사전 주문 위탁

논문접수일 : 2012년 05월 04일 게재확정일 : 2012년 06월 06일

[†] 교신저자 kjpark@gwangju.ac.kr

※ 이 연구는 2012년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 연구되었음.

이 공급 사슬의 수행척도에 미치는 영향을 연구하여 각 티어별로 유리한 재고 정책이 있다고 설명하였다. Keleporis et al.[10]은 정보 공유와 재고가 채찍효과에 미치는 영향을 연구하여 짧은 리드타임이 공급 사슬의 운영에 필수적이라고 설명하였다.

Chen et al.[8]은 단일 소매업자와 제조업자로 구성되는 단순 2단계 공급 사슬을 이용하여 수요 예측이 채찍 효과에 미치는 영향을 평가하였다. Warburton et al.[17]은 고객 수요가 확률적일 때의 주문 및 재고 변화식을 만들어 채찍효과를 측정할 결과 채찍효과를 줄이면 재고량이 증가한다고 주장하였다. 조면식[6]은 수요 예측 방법인 이동평균법, 지수평활법, 최소평균자승오차법이 주문만족율에 미치는 영향을 연구하였다. 연구의 결과는 리드타임이 짧아지면 안전재고 및 결품 손실이 감소하고 고객 서비스 수준이 향상된다고 설명하였다.

기존 연구들[6, 8, 10, 11, 12, 13, 17, 19]의 연구 방향은 정보 공유, 재고 정책, 수요 예측 방법 등이 채찍효과에 주는 영향과 이러한 채찍효과를 줄이는 방법에 집중하였다.

박경중[3]은 기존 연구들[6, 8, 10, 11, 12, 13, 17, 19]이 공급 사슬에서 채찍효과가 어떤 요인에 의해 발생하는지에 주된 관심이 있고, 공급 사슬의 매개변수가 수행척도와 가지는 연관성에 대한 연구가 부족한 것을 확인하고 이를 실험하였다. 연구의 결과는 수요 추세를 의미하고 전체 시간 동안의 수요의 상관관계를 나타내는 ρ 값은 수요의 변동을 의미하는 σ 값이 커질수록 주문만족율(Order Fill Rate : OFR)에 미치는 유의성이 커지고, 총재고비용(Total Inventory Cost : TIC)에 미치는 유의성은 반대로 작아진다고 설명하였다.

본 연구에서는 박경중[3]의 연구에 정보의 품질 수준 조건을 포함시켜서 σ , ρ , 정보의 품질 수준 전략이 공급 사슬에 주는 영향을 분석하고자 한다. 즉, 공급 사슬에서 수요의 추세를 의미하는 ρ , 수요의 변동을 의미하는 σ ,

정보의 품질 수준이 변경될 때 공급 사슬의 수행척도인 TIC와 OFR에 주는 영향을 분석하고자 한다.

본 연구의 제 1장에서는 공급 사슬 경영의 이론 및 연구 목표에 대해서 설명했고, 제 2장에서는 본 연구에서 다루는 공급 사슬 모델에 대해서 설명한다. 제 3장에서는 실험 및 결과에 대해서 설명하고, 마지막으로 제 4장에서는 결론 및 추후 연구과제를 제시한다.

2. 공급 사슬 모델

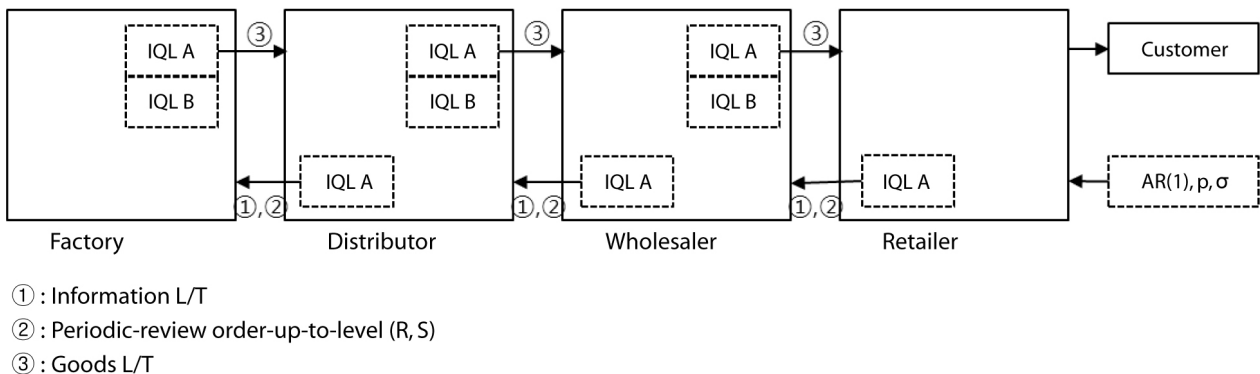
본 논문에서 사용하는 공급 사슬은 Factory-Distributor-Wholesaler-Retailer로 구성된 4 티어(tier) 모델이다[3, 4, 15, 16].

<그림 1>의 모델에 대한 설명은 박경중[3, 4]에서 설명되었지만 이해를 돕기 위해 다시 설명한다. 고객 수요는 공급 사슬의 현실성을 고려하여 확정적(deterministic) 수요 대신에 확률적(stochastic) 수요를 가정하며 식 (1)로 표현되는 AR(1) 모델을 사용한다.

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

D_t 는 시점 t의 수요, μ 는 음수가 아닌 상수, ϵ_t 는 평균이 0, 분산이 σ^2 인 독립적이고 동일한 정규분포를 따르는 오차항, ρ 는 1차 자기상관계수(autocorrelation coefficient)이다. 식 (1)의 σ 와 ρ 는 고객 수요 프로세스에 영향을 미친다. ρ 는 수요 추세를 의미하며 전체 시간 동안의 수요의 상관관계를 나타내고, σ 는 수요의 변동을 의미하며 수요의 분산을 설명한다[3, 18]

각 티어의 기대 수요는 $ED_t = \theta \cdot IO_{t-1} + (1-\theta) \cdot ED_{t-1}$ 로 가정하며, ED_t 와 ED_{t-1} 는 시점 t와 t-1의 기대 수요이고, IO_{t-1} 는 시점 t-1의 수주량을 의미한다. 각 티어의 기대 수요는 하류 티어의 주문량과 현재 티어의 예측 수요량을 합하여 계산하며 값이 클수록 하류 티어에서 요청한



<그림 1> 4 티어 공급 사슬 모델

수주량의 중요도가 커지기 때문에 불확실성을 포함하고 있는 예측 수요의 중요도가 감소된다.

공급 사슬을 평가하기 위한 수행척도는 공급 사슬의 TIC와 OFR을 사용하며, 공급 사슬의 TIC는 다음의 식 (2)와 같이 표현된다.

$$\sum_{t=1}^n (BLC(\sum_{i=1}^m BL_{t,i}) + HIC(\sum_{i=1}^m INV_{t,i})) \quad (2)$$

식 (2)의 TIC는 전체 기간 동안의 결품비용(Backlog Cost : BLC)과 재고유지비용(Holding Inventory Cost : HIC)의 합이며, BLC는 고객에게 제품을 팔 수 있는 기회와 신뢰를 상실하기 때문에 HIC보다 통상적으로 높게 책정된다. 식 (2)의 $BL_{t,i}$ 는 시점 t에서 티어 i의 결품량이고, $INV_{t,i}$ 는 재고량을 의미한다.

OFR은 고객이 요청한 주문량을 즉시 배송하면 1이고, 즉시 배송하지 못하면 0이 된다. 그러므로 전체 기간 동안의 OFR은 (즉시배송회수/전체주문회수)×100%로 계산되면 식 (3)으로 표현된다. OFR_i 는 i번째 티어의 OFR을 의미하며, 실험에서는 Retailer와 고객간의 OFR을 분석 대상으로 고려한다.

$$\sum_{i=1}^m OFR_i / m \quad (3)$$

일반적인 재고 보충 전략은 order-up-to-level 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, (R, s, S) 시스템 등이 있다[14]. 본 연구는 재고 보충 전략으로 periodic-review order-up-to-level (R, S) 정책을 사용하며, 주기(R)마다 각 티어의 재고를 $\max(0, S - INV_{t,i})$ 만큼 주문한다[3, 4].

<그림 1>의 공급 사슬에서 IQL A와 IQL B로 표시된 정보의 품질 수준은 다음과 같다[4].

IQL A : 하류 티어의 주문량에 대한 히스토리 데이터를 보유하고 있다고 가정한다. 그러므로 주문량 평균(\bar{D})과 주문량 표준편차(s_D)를 계산할 수 있다. 상류 티어로 부터의 리드타임에 대한 히스토리 데이터는 없지만 리드타임의 평균(\bar{L})은 알고 있다고 가정한다. periodic-review order-up-to-level (R, S) 정책의 S는 식 (4)로 표현된다[1, 7].

$$S = \bar{X} + z s_X \quad (4)$$

식 (4)에서 사용되는 리드타임 동안의 수요 평균 \bar{X} 와 표준편차 s_X 는 식 (5)와 식 (6)으로 표현된다. \bar{D} 는 하류

티어의 주문 평균이고 s_D 는 주문에 대한 표준편차를 나타낸다.

$$\bar{X} = (\bar{L} + R) \bar{D} \quad (5)$$

$$s_X = s_D \cdot \sqrt{(\bar{L} + R)} \quad (6)$$

IQL B : 하류 티어의 주문량에 대한 히스토리 데이터를 보유하고 있다고 가정한다. 그러므로 주문량 평균(\bar{D})과 주문량 표준편차(s_D)를 계산할 수 있다. 상류 티어로 부터의 리드타임에 대한 히스토리 데이터를 보유하고 있다고 가정한다. 그러므로 리드타임에 대한 평균(\bar{L})과 표준편차(s_L)를 계산할 수 있다. 리드타임에 대한 평균(\bar{L})과 표준편차(s_L) 정보를 이용하여 리드타임 동안의 주문에 대한 표준편차는 식 (7)로 나타낼 수 있다.

$$s_X = s_D \cdot \sqrt{(\bar{L} + R)} + \bar{D} \cdot s_L \quad (7)$$

3. 실험 및 결과 분석

<그림 1>에서 설명한 공급 사슬 모델의 실험 조건은 다음과 같다. 4 티어 공급 사슬의 각 단계에서 다음 단계로 제품이 이동하는 시간은 1단위 기간(period, week)이며, Factory에서의 제품 생산 시간은 원자재의 납품을 고려하여 3주로 가정한다. 생산 용량(capacity)은 무한대로 가정하고 각 단계는 하나의 재고 지점을 가진다고 가정한다. 요청된 주문량은 취소되지 않으며 남은 재고도 반품되지 않는 것으로 가정한다[15].

최종 고객의 수요를 나타내는 AR(1) 모델은 $\rho = (-0.6, -0.3, 0, 0.3, 0.6)$, $\mu = 100$, ϵ_t 는 $\sigma = (10, 20, 50)$ 인 정규분포 $N(0, \sigma^2)$ 로 가정한다[6, 18]. 각 티어의 재고 변동 범위는 $[0, 20]$, 수요 예측을 위한 θ 값의 변동 범위는 $[0, 1]$, 모집단의 크기는 200, 세대 수는 100으로 설정한다. 정보 리드 타임은 없고 제품 리드 타임은 각 티어별로 평균이 3이고 분산이 1인 정규분포를 가정한다. 전체 시뮬레이션 기간은 600단위 기간이며, 200단위 기간은 준비(warm-up) 기간으로 간주하여 제거한다[4].

(R, S) 재고 정책에서 각 티어의 재고를 관찰하는 주기 R은 1이며 order-up-to-level S의 서비스 수준(service level)은 95%로 가정하여 안전 계수(safety factor) z값 1.65를 사용한다. 식 (2)의 TIC를 계산하기 위한 BLC는 2로 하고, HIC는 BLC의 1/4수준인 0.5로 설정한다[15].

본 연구의 실험계획은 다음의 <표 1>로 정리된다. 수요의 추세를 의미하는 ρ 의 값이 -0.6, -0.3, 0.0, 0.3, 0.6의 범

위이고, 수요의 변동을 의미하는 σ 의 값이 10, 20, 50일 때 공급 사슬에서 정보의 품질 전략을 IQL A과 IQL B로 나누어 전체 $30(\rho \times \sigma \times IQL)$ 경우를 실험한다. IQL 전략은 각 전략들을 정확하게 분석하기 위해 각 티어에서 동시에 적용되는 정보의 품질 수준은 동일하다고 가정한다.

<표 1> ρ, σ, IQL 의 실험 조건

$\sigma \backslash \rho$	ρ				
	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.6
10	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A
	IQL B	IQL B	IQL B	IQL B	IQL B
20	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A
	IQL B	IQL B	IQL B	IQL B	IQL B
50	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A
	IQL B	IQL B	IQL B	IQL B	IQL B

<표 1>에서 설명한 30개의 실험계획에 의한 TIC와 OFR이 유의한 차이가 있는지를 검정하기 위한 귀무가설과 대립가설은 다음과 같다.

$$H_0: \mu_i, i=1, \dots, 30$$

$$(\mu_i \text{는 전략 } i \text{로 얻어진 TIC, OFR})$$

$$H_1: H_0 \text{은 사실이 아니다}$$

즉, 귀무가설 H_0 은 모든 처리집단의 모평균이 동일하다는 것을 의미하며, 대립가설 H_1 은 모평균 모두가 동일하지 않고 최소한 하나는 다른 값과 같지 않다는 것을 의미한다.

분석 순서는 먼저 각 집단의 분산이 동일한가를 검정하기 위하여 분산의 동질성을 검정한다. 만약 분산의 동질성을 검정하여 등분산이면 분산분석을 수행하고, 위배되는 경우에는 분산분석표를 가지고 검정할 수 없으므로 이분산인 경우의 평균 차이를 검정하는 Brown-Forsythe와 Welch를 사용하여 사후분석 유무를 결정한다[5]. 다음의 <표 2>는 분산의 동질성 검정 결과를 보여준다.

<표 2> 분산의 동질성 검정

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
TIC	83.801	29	5970	.000
OFR	32.628	29	5970	.000

<표 2>에서처럼 유의확률이 0으로 유의수준 5% 하에서 각 집단들의 등분산 조건이 성립되지 않는다. 그러므로 Brown-Forsythe와 Welch를 사용하여 사후분석을 수행한

다. 다음의 <표 3>은 Brown-Forsythe와 Welch를 사용하여 이분산인 경우의 평균의 동질성을 검정한 결과이다.

<표 3> 평균의 동질성 검정

		Statistic ^a	df1	df2	Sig.
TIC	Welch	178.121	29	2121.263	.000
	Brown-Forsythe	262.916	29	1973.458	.000
OFR	Welch	5.651	29	2100.211	.000
	Brown-Forsythe	6.814	29	4247.646	.000

주) ^a : Asymptotically F distributed.

<표 3>의 두 방법 모두에서 TIC와 OFR이 유의수준 5% 하에서 유의확률이 0으로 유의함을 알 수 있다. 그러므로 각 전략의 TIC와 OFR의 평균값을 서로 비교하여 대소관계를 파악할 수 있으며, 본 실험의 경우에는 이분산인 경우에 속하기 때문에 Dunnett's T3 방법을 이용한다.

Dunnett's T3 방법을 사용한 TIC의 사후 분석 결과는 <표 4>로 설명된다. <표 4>는 30개의 전략들의 TIC 평균값을 유의수준 5%하에서 서로 비교하여 유의한 경우를 정리하여 보여준다. <표 4>에서 $\rho = 0.6, \sigma = 10, IQL B$ 조건의 TIC는 다른 모든 경우의 TIC와 유의하다는 사후 분석 결과를 보여준다. 또한 다른 실험 조건들의 TIC 값들도 대부분의 실험 조건들과 서로 유의한 차이가 있음을 알 수 있다.

Dunnett's T3 방법을 사용한 OFR의 사후 분석 결과는 <표 5>로 설명된다. <표 5>는 30개의 전략들의 OFR 평균값을 유의수준 5%하에서 서로 비교하여 유의한 경우를 정리하여 보여준다. <표 5>를 보면 <표 4>의 TIC의 사후 분석 결과와는 다르게 유의한 경우가 적음을 알 수 있다. $\rho = 0.6, \sigma = 10, IQL A$ 와 $\rho = -0.3, \sigma = 20, IQL A$ 조건의 OFR은 다른 전략들과 유의하지 않는 것으로 나타난다. $\rho = -0.3, \sigma = 10, IQL A$; $\rho = 0.0, \sigma = 10, IQL A$; $\rho = -0.6, \sigma = 10, IQL B$; $\rho = -0.3, \sigma = 10, IQL B$; $\rho = 0.0, \sigma = 10, IQL B$; $\rho = 0.3, \sigma = 10, IQL B$; $\rho = 0.6, \sigma = 10, IQL B$; $\rho = 0.3, \sigma = 20, IQL B$; $\rho = 0.6, \sigma = 20, IQL B$; $\rho = 0.3, \sigma = 50, IQL A$; $\rho = 0.6, \sigma = 50, IQL A$; $\rho = -0.3, \sigma = 50, IQL B$; $\rho = 0.3, \sigma = 50, IQL B$; $\rho = 0.6, \sigma = 50, IQL B$ 조건의 OFR은 한 가지 전략과만 유의한 결과를 보여준다. 즉, OFR은 각 전략간에 유의성이 많은 TIC와는 다르게 전략들간에 유의성이 적음을 알 수 있다.

결론적으로 공급 사슬의 각 티어에서 ρ, σ, IQL 의 변동에 의한 전략들은 공급 사슬의 수행척도인 TIC와 OFR에 유의한 영향을 줄 수 있다. 그러나 공급 사슬에서 각 티어의 전략들이 OFR에 미치는 영향보다는 TIC에 미치는 영향이 더 큼을 알 수 있다.

<표 5> 각 전략들의 OFR에 대한 사후 분석

$\sigma \backslash \rho$	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.6		
10	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A		
	$\rho = -0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = -0.3, \sigma = 10, \text{IQL B}$ $\rho = 0.0, \sigma = 10, \text{IQL B}$ $\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL B}$ $\rho = 0.6, \sigma = 10, \text{IQL B}$ $\rho = -0.3, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.6, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = -0.6, \sigma = 50, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 50, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 50, \text{IQL A}$ $\rho = 0.6, \sigma = 50, \text{IQL A}$ $\rho = -0.6, \sigma = 50, \text{IQL B}$ $\rho = 0.3, \sigma = 50, \text{IQL B}$ $\rho = 0.6, \sigma = 50, \text{IQL B}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL B}$ $\rho = -0.6, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = -0.6, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = -0.3, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = 0.0, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = 0.6, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = -0.6, \sigma = 50, \text{IQL A}$ $\rho = -0.3, \sigma = 50, \text{IQL A}$ $\rho = -0.6, \sigma = 50, \text{IQL B}$ $\rho = -0.3, \sigma = 50, \text{IQL B}$ $\rho = 0.0, \sigma = 50, \text{IQL B}$			
	IQL B	IQL B	IQL B	IQL B	IQL B		
	$\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$		
	20	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A	
		$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$		$\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.6, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 50, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = -0.6, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = -0.3, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = 0.0, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = -0.3, \sigma = 50, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 50, \text{IQL B}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = -0.6, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = -0.3, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = 0.0, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = -0.3, \sigma = 50, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 50, \text{IQL B}$	
		IQL B	IQL B	IQL B	IQL B	IQL B	
		$\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.6, \sigma = 20, \text{IQL A}$	$\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.6, \sigma = 20, \text{IQL A}$	$\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.6, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 50, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$	$\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$	
		50	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A	IQL A
			$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$	$\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.6, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 50, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 20, \text{IQL B}$ $\rho = -0.3, \sigma = 50, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 50, \text{IQL B}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$
	IQL B		IQL B	IQL B	IQL B	IQL B	
	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$		$\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$	$\rho = 0.3, \sigma = 10, \text{IQL A}$ $\rho = 0.3, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.6, \sigma = 20, \text{IQL A}$ $\rho = 0.0, \sigma = 50, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$	$\rho = -0.6, \sigma = 10, \text{IQL A}$	

4. 결론 및 추후 연구과제

본 연구는 공급 사슬 내에서 수요의 추세를 의미하는 ρ , 수요의 변동을 의미하는 σ , 정보의 품질 수준을 고려한 30개의 실험계획을 만들어 공급 사슬의 TIC와 OFR에 미치는 영향을 분석하였다.

분석 순서는 먼저 각 집단의 분산이 동일한가를 검정

하기 위하여 분산의 동질성을 검정하여 동일하다고 판단 되면 분산분석표를 분석하고, 만약 분산의 동질성이 위배 되는 경우에는 분산분석표를 가지고 검정할 수 없으므로 이분산인 경우의 평균 차이를 검정하는 Brown-Forsythe 와 Welch를 사용하여 사후 분석 유무를 결정하였다. 실험에서는 각 집단들의 모분산이 같다는 귀무가설을 채택할 수 없어서 등분산의 가정이 만족되지 않기 때문에 분산

분석표를 사용할 수 없었다. 그래서 이분산인 경우의 평균 차이를 비교하는 Brown-Forsythe와 Welch를 사용하여 사후 분석 유무를 결정하였고 그 결과로 사후분석을 수행하였다. 사후 분석은 이분산인 경우에 속하기 때문에 Dunnett's T3 방법을 이용하였다.

실험 결과를 보면 30개의 실험 계획이 유의 확률 5%하에서 서로 유의하여 귀무가설 H_0 의 모든 처리집단의 모평균이 동일하다는 가설이 기각되어 대립가설 H_1 이 채택되었다. TIC와 OFR에 대한 사후 분석 결과를 보면 수요의 추세를 의미하는 ρ , 수요의 변동을 의미하는 σ , 정보의 품질 수준을 의미하는 IQL의 변동은 TIC와 OFR에 유의한 영향을 주었다. 그러나 OFR보다 TIC에 더 유의한 영향을 줌을 알 수 있었다. 그러므로 공급 사슬에서 전략을 수립할 때는 사용하는 공급 사슬에 가장 적절한 전략을 확인하고 사용해야 함을 알 수 있었다.

본 연구에서는 각 실험 계획이 TIC와 OFR에 유의한 영향을 준다는 것으로 판정되었다. 추후 연구과제는 공급 사슬의 최적화를 통해서 주어진 전략을 최적화하고, 최적화로 나타난 결과들이 서로 유의한 영향을 주는지를 실험하는 것이다.

참고문헌

- [1] 권오경; 공급사슬관리, 박영사, 2010.
- [2] 김대수, 김수욱, 민동권, 손병규; 공급사슬관리, 시그마프레스, 2009.
- [3] 박경중; “고객 수요가 공급 사슬의 총재고비용과 주문 만족율에 미치는 영향”, 산업경영시스템학회지, 32(3) : 93-98, 2009.
- [4] 박경중; “정보의 품질 수준과 초기 재고 조정을 통한 공급 사슬의 최적화 방안”, 한국SCM학회지, 11(1) : 25-34, 2011.
- [5] 원태연, 정성원; 통계조사분석, 한나래아카데미, 2010.
- [6] 조면식; “수요예측 방법이 공급체인의 주문 만족율에 미치는 영향”, 한국SCM학회지, 7(2) : 49-56, 2007.
- [7] 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.
- [8] Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., and Simchi, L. D.; “Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain : The Impact of Forecasting Lead Times and Information,” *Management Science*, 46(3) : 436-443, 2000.
- [9] Forrester, J. W.; “Industrial Dynamics-A Major Breakthrough for Decision Making,” *Harvard Business Review*, 36(4) : 37-66, 1958.
- [10] 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(11) : 3657-3670, 2008.
- [11] 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(3) : 620-633, 2008.
- [12] Lee, H. L., Padmanabhan, V., and Whang, S.; “Information Distortion in the Supply Chain : the Bullwhip Effect,” *Management Science*, 43(4) : 546-558, 1997.
- [13] 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, 2000.
- [14] Silver, E. A., Pyke, D. F., and Peterson, R.; *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 3rd Edition, John Wiley and Sons, 237-241, 1989.
- [15] Strozzi, F., Bosch, J., and Zaldivar, J. M.; “Beer Game Order Policy Optimization under Changing Customer Demand,” *Decision Support Systems*, 42(2) : 2153-2163, 2007.
- [16] Thomson, J. S., Mosekilde, E., and Serman, J. D.; “Hyperchaotic Phenomena in Dynamic Decision Making,” *Complexity, Chaos, and Biological Evolution*, New York, 397-420, 1991.
- [17] 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(1-2) : 128-137, 2007.
- [18] Zhang, C. and Zhang, C.; “Design and Simulation of Demand Information Sharing in a Supply Chain,” *Simulation Modelling Practice and Theory*, 15(1) : 32-46, 2007.
- [19] Zhang, X.; “The Impact of Forecasting Methods on the Bullwhip Effect,” *International Journal of Production Economics*, 88(1) : 15-27, 2004.