

유통업체간 제휴를 위한 공급체인 재설계에 의한 물동량 감소효과 분석: 시스템다이내믹스를 이용한 시뮬레이션

An Analysis on the Reduction Effect of Freight Volume by Supply Chain Redesign for the Alliance of Distributors: A Simulation Using System Dynamics

박세훈* · 문성암**

Park, Se-Hoon* · Moon, Seong-Am**

Abstract

This study shows the reduction effect of freight volume by the supply chain redesign for the alliance of distributors with system dynamics simulation. The as-is model is composed of 3 independent companies which one has 3 distribution centers (DCS) and 24 agents, another has 1 dc and 9 agents, the other has 3 DCS and 15 agents each. The to-be model is an integrated logistics model and composed of 1 company having 5 areal DCS and 38 agents. Each agent in the same area is integrated with each other. Two models have same demands but very different result. As a result, the freight volume between DCS and agents is reduced by 33.55%. This case study will be useful to analyze the similar cases about the logistics integration by supply chain redesign.

Keywords: 물류통합, 물류센터, 공급체인재설계, 시스템다이내믹스

(Logistics Integration, Distribution Center, Supply Chain Redesign, System Dynamics)

* 국방대학교 박사과정(fox6410@paran.com)

** 국방대학교 국방관리학부 교수(mseongam@hotmail.com)

I. 서론

영리를 추구하는 기업이나 조직에게 규모의 경제를 이루는 것은 중요한 의미가 있다. 물류활동에서 규모의 경제를 이루기 위한 노력의 일환으로 물류통합을 고려할 수 있다. 다수의 기업이 통합 또는 제휴를 통하여 물류를 통합한다면 몇 가지 성과에서 개선효과를 기대할 수 있다. 대표적인 개선효과로는 재고 통합에 의한 리스크 풀링(risk pooling) 효과와 각각의 기업이 독립적으로 수송하던 물자를 통합 수송함으로써 수송비용 절감효과를 볼 수 있다(Simchi-Levi 외, 2003; Cachon and Terwiesch, 2007). 또한 기존 물류센터(distribution center)의 위치를 권역별 지원이 가능하도록 공급체인(supply chain)을 재설계한다면 물동량의 감소효과가 확실하게 나타날 것이다(박경철, 2010).

본 사례연구에서는 유통업체 A, B, C가 제휴를 통하여 공급체인을 통합하려고 하는데, 각 회사들은 기존에 자신의 지점들에 제품들을 공급하고 있지만, 그 중 일부 품목은 동일한 품목들도 있으며 업무 형태가 유사하기 때문이다. 재배치되는 물류센터의 위치는 네트워크 최적화 기법과 지역적 특성 등을 고려하여 선정할 수 있다(박경철, 2010; 조건, 2006). 그러나 통합을 할 경우 물동량 감소와 같은 장점들도 있지만 회사 A보다 규모가 작은 B와 C는 상대적으로 인력감축 규모가 더 크거나 주력제품의 배송이 더 늦어질 것이라는 관리상의 문제점들이 계속 제기되고 있었다. 따라서 각 회사에게 부분적인 손실이 있더라도 전체적으로는 이익이 얼마나 되는지 구체적으로 알 수 있다면 공급체인의 통합을 추진하기 위한 근거자료로 활용할 수 있다. 또한 통합 후에 물류센터나 각 지점에 대한 배송이나 재고수준이 어떤 행태를 보이게 될지에 대한 분석이 병행된다면, 불이익의 발생을 주장하는 회사의 입장을 검증할 수도 있게 된다.

물류센터를 재배치할 경우 각 지점들과의 거리는 변경되지만 각 지점들의 위치와 수요 평균은 변경되지 않는다. 따라서 물류센터와 지점간 거리 변화에 따른 물동량 변화를 예측할 수 있다. 물동량을 표현하는 단위 중 하나인 ton-km는 1ton 무게의 화물이 1km 거리를 이동하는 것을 의미한다. 2007년 기준¹⁾ 국내화물의 수송실적은 ton-km 기준으로 1,442억 ton-km이고, 단위수송비는 ton-km 기준으로 540.9원/ton-km이다(서상범 · 권혁구, 2009). 만약 물류통합과 공급체인 재설계로 인하여 변경되는 각 물류센터와 지점간의 물량(ton)과 거리(km)에 대한 정보를 확보한다면, 감소하는 물동량(ton-km)을 예측한 후 단위수송비(원

1) e-나라지표(http://www.index.go.kr/egams/stts/P0_STTS_IdxMain.jsp?idx_cd=2727)의 국토해양부 물류정책과 “국가물류비 현황”에 의하면 2000년부터 현행 국가물류비 산정방식을 적용하였음. 또한 물류비는 2년의 조사기간이 소요되며, 2007년 자료가 2009년도에 발표되었고, 2009년 자료는 2012년 초에 발표할 예정이기 때문에 본 논문에서는 2007년도 자료를 인용하였음.

/ton-km)를 곱하여 수송비용 절감액(원)을 산정할 수 있다.

공급체인의 성과나 물동량에 대한 연구들은 다음과 같다. Lai 등(2004)은 공급체인 참조 모델을 이용하여 서비스 비용으로서 수송물류에서 공급체인 성과를 측정하였다. 조삼현(2009)은 기존의 항만의 철도물동량 예측 자료들을 활용하여 철도운송 활성화 방안에 대하여 연구를 하였다. 시물레이션을 이용한 연구로 정재운 등(2010)은 시스템 다이나믹스 방법론에 시나리오 개발방법론을 접목하여 복합수송체계 시물레이션을 개발하였다.

본 연구에서는 물동량의 변화를 예측하기 위하여 시물레이션을 사용하는데, 여러 조건 하에서 실제 시행착오 없이도 다양한 실험이 가능하므로 경제적이기 때문이다(Kelton 등, 2007; 이광렬 등 2009). 또한 시물레이션은 시간의 흐름에 따른 각 변수들의 상하한과 빈도를 관찰할 수 있어서 시스템을 관리할 때 발생할 수 있는 문제점들의 형태와 빈도를 미리 예측하는데 도움이 된다. 그 중에서도 시스템 다이나믹스 시물레이션은 저장(stock)과 유량(rate) 변수를 이용하여 복잡한 시스템의 동적행태를 모델링하기에 적합하다. 모델 안에서 변수간의 관계로 이루어진 루프는 시간의 선후관계에 따른 영향과정을 반영할 수 있다(Forrester, 1969; Sterman, 2000). 특히 시물레이션 모델에 백록(backlog)과 재고조정 루프(loop) 등의 특성을 공급체인 단계별로 구현할 경우 보다 현실적인 결과를 도출할 수 있다.

시물레이션을 위하여 작성된 기존 모델은 3개의 회사가 각각 3개, 1개, 3개의 물류센터와 24개, 9개, 15개의 지점을 보유하고 있으며, 대안 모델은 5개의 물류센터와 38개의 지점을 보유하고 있어서 모델링을 할 경우 모델이 너무 복잡해질 수 있다. 그러나 시물레이션 모델링을 위해 사용된 Vensim 어플리케이션의 서브스크립트(subscript) 기능은 변수들의 값을 다변량 값으로 취급할 수 있게 해 준다. 즉 여러 개의 모델로 나누어 수행해야 하는 작업을 하나의 모델로 시물레이션 할 수 있게 해주기 때문에(Ventana Systems Inc., 2006), 결과적으로 보다 효율적인 모델링이 가능할 뿐만 아니라 기존 모델과 대안 모델의 모든 물류센터와 지점의 재고수준이나 물동량에 대하여 시간별로 행태를 관찰할 수 있다.

본 사례연구에서는 기존에는 3개의 유통업체가 제휴를 위하여 공급체인을 통합할 경우 물동량 측면에서 얼마나 이점이 있는지 파악하기 위하여 공급체인을 통합하여 재설계하고 통합된 공급체인에서 물동량의 변화에 주는 영향을 계산한다. 독립적으로 전국으로 물자를 수송하는 3개의 회사는 물류통합을 추진하기 위하여 각 회사의 기존 물류센터의 위치와 권역별 물류망 구성을 고려하여 5개(경기도, 강원도, 충청도, 경상도, 전라도) 물류센터를 선정하였는데, 이러한 변화가 기존의 공급체인에 비해서 수송비용을 얼마나 감소시키는지 확인한다. 시물레이션은 기존 3사의 물류센터와 지점의 위치와 물동량을 근거로 기존 모델을 구성하고, 대안으로는 3사의 물류를 통합하여 권역별 5개의 물류센터를 반영하여 모델을 구성하여, 100회의 시물레이션을 실시한 다음 결과를 분석한다.



[그림 1] 기존 모델과 대안 모델의 물류센터 및 지점 위치

II. 시뮬레이션 모델

1. 기존 모델과 대안 모델의 공급체인

기존 모델의 회사 A, B, C의 물류센터(H)와 지점(S)의 위치는 [그림 1]의 처음 3개 지도와 같고, 대안 모델은 [그림 1]의 4번째 지도와 같다. 기존의 공급체인은 3개 회사는 각각 전국에 위치한 지점으로 제품을 수송하고 있다. 회사 A는 모두 3개의 물류센터(A1, A2, A3)와 24개의 지점(A01, A02, A03, ..., A24)을 보유하고 있으며, 각각의 물류센터에서 24개의 지점으로 제품을 운송하고 있다. 회사 A의 물류센터와 지점과의 거리 정보 및 물류센터별 지점의 연간 물량은 <표 1>과 같으며, 모든 물류센터에서 모든 지점으로 제품을 운송하고 있다. 회사 B는 1개의 물류센터(B1)와 9개의 지점(B01, B02, B03, ..., B09)을 보유하고 있으며, 물류센터와 지점간의 거리 및 지점의 연간 물량은 <표 2>와 같다. 회사 C는 3개의 물류센터(C1, C2, C3)와 15개의 지점(C01, C02, C03, ..., C24)을 보유하고 있으며 물류센터와 지점간 거리 및 연간 물량 정보는 각각 <표 3>과 같다. 회사 C는 <표 3>에서 볼 수 있는 것과 같이 회사 A와 달리 모든 물류센터가 모든 지점에 제품을 공급하고 있지는 않다. 대안 모델의 공급체인은 5개의 물류센터(D1, D2, D3, D4, D5)와 지점은 기존 모델의 지점 중 같은 지역에 있는 지점들을 일부 통합하여 38개의 지점(D01, D02, D03, ..., D38)으로 개편하였으며 거리와 물량 정보는 <표 4>와 같다.

<표 1> 회사 A의 물류센터와 지점간 거리 및 연간 물량

지점	물량 계(t)	물류센터A1		물류센터A2		물류센터A3	
		거리(km)	물량(t)	거리(km)	물량(t)	거리(km)	물량(t)
지점A01	6,093	148	2,448	325	2,274	139	1,370
지점A02	4,570	223	1,836	401	1,706	135	1,028
지점A03	3,119	250	1,253	429	1,164	173	701
지점A04	3,047	265	1,224	444	1,137	249	685
지점A05	1,560	187	627	377	582	132	351
지점A06	6,121	171	2,460	400	2,285	46	1,376
지점A07	14,954	154	6,009	384	5,582	49	3,363
지점A08	7,299	196	2,933	426	2,725	91	1,641
지점A09	9,928	174	3,989	404	3,706	50	2,233
지점A10	1,523	151	612	393	569	27	342

(계속)

지점	물량 계(t)	물류센터A1		물류센터A2		물류센터A3	
		거리(km)	물량(t)	거리(km)	물량(t)	거리(km)	물량(t)
지점A11	1,523	175	612	421	569	20	342
지점A12	1,523	115	612	364	569	54	342
지점A13	4,569	167	1,836	408	1,706	1	1,027
지점A14	12,296	179	4,941	409	4,590	35	2,765
지점A15	1,524	151	612	397	569	24	343
지점A16	3,046	130	1,224	373	1,137	47	685
지점A17	3,047	156	1,224	106	1,137	302	685
지점A18	3,155	195	1,268	270	1,178	296	709
지점A19	3,047	239	1,224	40	1,137	385	685
지점A20	9,249	47	3,717	259	3,453	180	2,080
지점A21	3,047	229	1,224	109	1,137	376	685
지점A22	1,523	132	612	352	569	117	342
지점A23	1,523	262	612	1	569	409	342
지점A24	1,523	239	612	43	569	386	342

〈표 2〉 회사 B의 물류센터와 지점간 거리 및 연간 물량

지점	물량(t)	거리(km)	지점	물량(t)	거리(km)	지점	물량(t)	거리(km)
지점B01	700	403	지점B04	1,612	339	지점B07	5,498	1
지점B02	211	354	지점B05	771	152	지점B08	570	275
지점B03	3,086	368	지점B06	579	45	지점B09	471	270

〈표 3〉 회사 C의 물류센터와 지점간 거리 및 연간 물량

지역	물량 계(t)	물류센터C1		물류센터C2		물류센터C3	
		거리(km)	물량(t)	거리(km)	물량(t)	거리(km)	물량(t)
지점C01	1,452	1	1,316	121	136	269	-
지점C02	742	216	621	320	57	119	64
지점C03	610	56	605	142	5	228	-
지점C04	657	271	595	397	62	95	-
지점C05	594	236	582	308	-	221	12

(계속)

지역	물량 계(t)	물류센터C1		물류센터C2		물류센터C3	
		거리(km)	물량(t)	거리(km)	물량(t)	거리(km)	물량(t)
지점C06	660	240	549	110	53	243	54
지점C07	1,063	74	506	3	557	367	-
지점C08	136	179	78	355	58	303	-
지점C09	107	73	67	261	40	259	-
지점C10	22	168	22	341	-	87	-
지점C11	712	106	-	36	712	348	-
지점C12	200	267	-	368	-	1	200
지점C13	99	265	-	413	34	143	65
지점C14	80	167	-	268	-	3	80
지점C15	16	237	-	282	-	124	16

〈표 4〉 대안의 물류센터와 지점간 거리 및 연간 물량

구분	지점	물량계(t)	거리(km)	기존모델의 물량(t)		
				회사A	회사B	회사C
물류센터D1	지점D01	6,687	4	6,093	-	594
	지점D02	4,570	87	4,570	-	-
	지점D03	3,119	114	3,119	-	-
	지점D04	3,183	119	3,047	-	136
	지점D05	1,560	62	1,560	-	-
	지점D06	1,612	158	-	1,612	-
물류센터D2	지점D07	6,121	226	6,121	-	-
	지점D08	14,954	106	14,954	-	-
	지점D09	7,299	154	7,299	-	-
	지점D10	9,928	109	9,928	-	-
	지점D11	1,523	40	1,523	-	-
	지점D12	2,223	106	1,523	700	-
	지점D13	1,523	1	1,523	-	-
	지점D14	4,569	43	4,569	-	-
	지점D15	12,296	47	12,296	-	-

(계속)

구분	지점	물량계(t)	거리(km)	기존모델의 물량(t)		
				회사A	회사B	회사C
물류센터D2	지점D16	1,524	13	1,524	-	-
	지점D17	3,145	81	3,046	-	99
	지점D18	657	157	-	-	657
	지점D19	22	46	-	-	22
	지점D20	211	51	-	211	-
	지점D21	3,086	93	-	3,086	-

〈표 4〉 대안의 물류센터와 지점간 거리 및 연간 물량

구분	지점	물량계(t)	거리(km)	기존모델의 물량(t)		
				회사A	회사B	회사C
물류센터D1	지점D01	6,687	4	6,093	-	594
	지점D02	4,570	87	4,570	-	-
	지점D03	3,119	114	3,119	-	-
	지점D04	3,183	119	3,047	-	136
	지점D05	1,560	62	1,560	-	-
	지점D06	1,612	158	-	1,612	-
물류센터D2	지점D07	6,121	226	6,121	-	-
	지점D08	14,954	106	14,954	-	-
	지점D09	7,299	154	7,299	-	-
	지점D10	9,928	109	9,928	-	-
	지점D11	1,523	40	1,523	-	-
	지점D12	2,223	106	1,523	700	-
	지점D13	1,523	1	1,523	-	-
	지점D14	4,569	43	4,569	-	-
	지점D15	12,296	47	12,296	-	-
	지점D16	1,524	13	1,524	-	-
	지점D17	3,145	81	3,046	-	99
	지점D18	657	157	-	-	657

(계속)

구분	지점	물량계(t)	거리(km)	기존모델의 물량(t)		
				회사A	회사B	회사C
물류센터D2	지점D19	22	46	-	-	22
	지점D20	211	51	-	211	-
	지점D21	3,086	93	-	3,086	-
물류센터D3	지점D22	9,249	50	9,249	-	-
	지점D23	742	27	-	-	742
	지점D24	200	20	-	-	200
	지점D25	80	54	-	-	80
물류센터D4	지점D26	4,499	55	3,047	-	1,452
	지점D27	3,155	50	3,155	-	-
	지점D28	3,047	85	3,047	-	-
	지점D29	3,818	67	3,047	771	-
	지점D30	3,165	1	1,523	579	1,063
	지점D31	7,733	35	1,523	5,498	712
	지점D32	610	24	-	-	610
	지점D33	107	47	-	-	107
물류센터D5	지점D34	1,523	217	1,523	-	-
	지점D35	570	1	-	570	-
	지점D36	471	88	-	471	-
	지점D37	656	22	-	-	656
	지점D38	16	94	-	-	16

2. 모델설정

시뮬레이션 기간은 전체 1,365일로 설정하였으나, 초기영향을 제거하기 위하여 초기 1,000일의 관측치를 제거하고 후기 365일의 관측치만 분석하였다. 기존 모델에서 각 회사의 고객 주문량은 <표 1, 2, 3>의 연간 물동량에 근거하여 물동량의 1주일분을 평균으로 하는 정규분포로 가정하였다. 고객의 주문은 주 1회 다른 지점과 독립적으로 발생하는 것으로 가정하고 각 실험마다 기존 모델과 대안 모델에서 동일하게 발생시킨다. 시뮬레이션 모델에서 주요변수의 구성은 <표 5>와 같다.

〈표 5〉 주요변수 구성

변 수	비 고(값)
관찰 주기(time stamp)	1day
수요발생 주기	1day
사내 리드타임	30days
업체 조달기간	120days
1회당 수송차량 수송능력	5tons
수송차량 속도	60km/hr
지점 서비스율	99%
지점별 고객 주문량	〈표 1, 2, 3, 4〉의 물량에 근거한 정규분포로 발생(ton)
물류센터와 지점간 거리	〈표 1, 2, 3, 4〉의 거리(km)

시뮬레이션은 기존 모델과 대안 모델에 대하여 각각 난수 seed를 달리하여 총 100회의 시뮬레이션을 실행하였고, 각 시뮬레이션에 대하여 S1-S100의 ID를 부여하였다. 물류의 통합에서 직접적인 영향을 받지 않는 요소, 즉 생산업체가 주문을 받아서 각 물류센터까지 물자가 도착할 때까지의 물류비와 각 지점에서 고객까지의 물류비는 고려하지 않는다. 기존 모델과 대안 모델의 재고정책은 동일하며, 안전재고의 산정에 필요한 서비스율은 99%로 설정하였다. 안전재고 공식은 식 (1)과 같다.

$$\text{안전재고량} = \alpha \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{\text{리드타임}} \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

식 (1)에서 α 는 서비스 수준을 99%로 설정하여, 이에 해당하는 표준 정규분포의 계수 1.96을 사용하였다. σ_d 는 각 지점의 주간 수요량 분포의 표준편차이며 모델에서는 평균의 30% 수준이다. 리드타임은 물류센터와 지점 간에는 30일이며, 물류센터와 생산업체 간에는 120일로 설정하였다. 각 지점은 고객의 수요에 근거한 재고목표를 충족하기 위하여 물류센터에 물품의 보충을 신청하고 물류센터에서 지점으로 물품을 수송할 때에는 5ton 트럭을 이용하여 만차(FTL: Full Truck Load)의 경우에만 수송하는 것으로 가정한다. 물류센터에서도 재고목표를 유지하기 위하여 부족한 물품은 생산업체에게 조달하게 되는데, 조달을 개시한 이후 120일 만에 물품을 보충 받는다. 물품은 부피에 관계없이 무게(ton)로 환산한다.

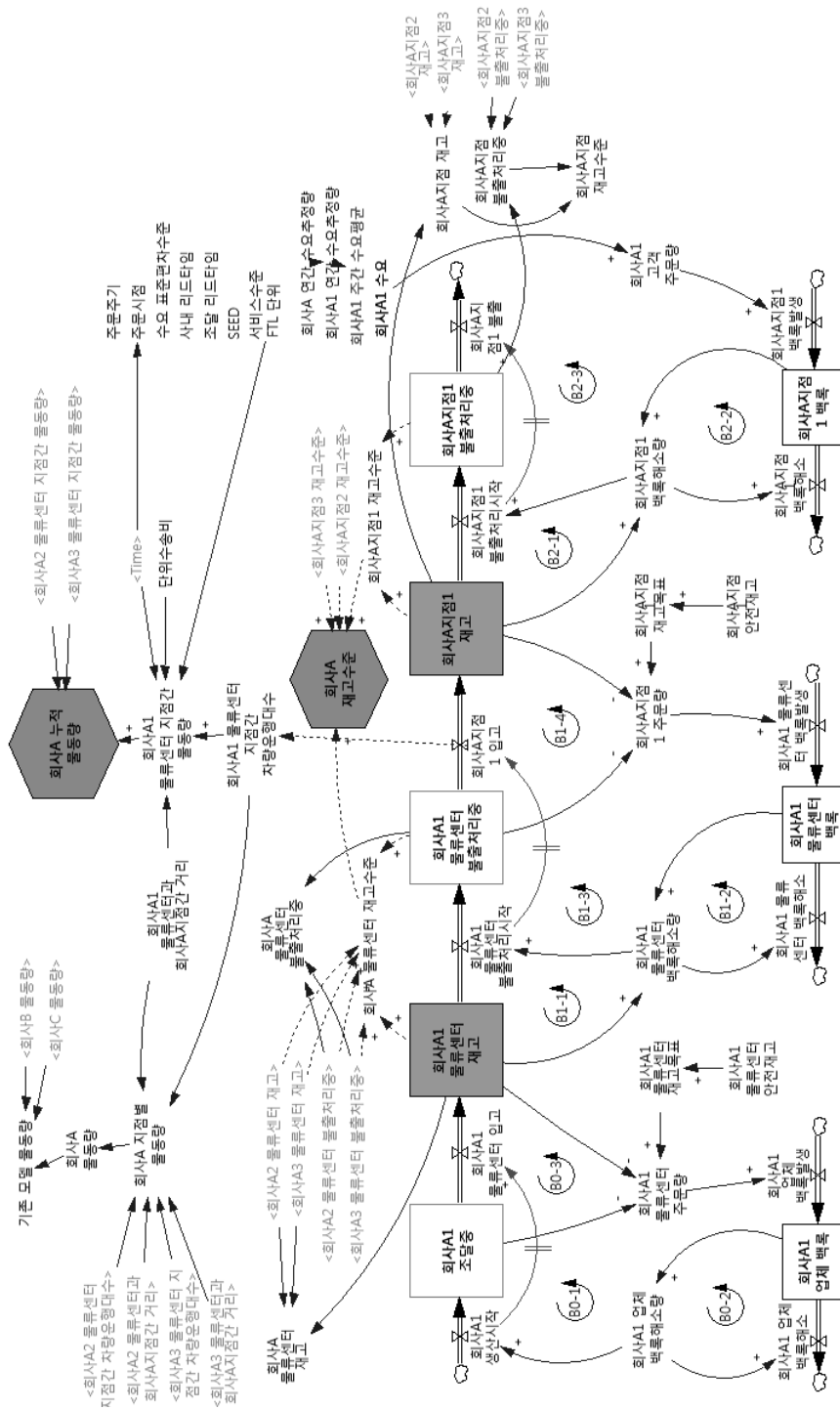
3. 2단계 재고모델의 흐름도(SFD)

시물레이션 모델의 흐름도(SFD: Stock and Flow Diagram)는 [그림 2]와 같다. [그림 2]는 회사 A의 경우이지만, 회사 B, C 및 대안 모델의 경우에도 같은 형태이다. 고객의 주문과 백록(backlog)은 [그림 2]의 B2-2 루프와 같으며, 발생한 고객의 주문은 백록에 누적되고, 지점에 필요한 물량이 있는 만큼 고객에게 제공되고 백록이 해소된다. 같은 원리에 의해 각 단계별 백록 루프가 작동하는데, 물류센터에서는 지점의 주문에 의하여 B1-2 루프가 작동하고, 생산업체는 B0-2 루프가 작동한다. 신청한 물품은 각 단계별 리드타임만큼 지연된 후에 받게 된다.

재고 수준의 측정은 물류센터와 지점의 창고 재고뿐만 아니라 파이프라인 재고도 포함한다. 물동량은 각 물류센터와 각 지점 간에 이동하는 물량(ton)과 이동거리(km)를 곱하여 그 값을 모두 합하여 산정하며 식 (2)와 같다.

$$\text{관찰기간중 전체 물동량} = \int_{t_i}^{t_e} \sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^{C_i} \sum_{k=1}^{C_{ij}} (\text{물량}_{ijk} \cdot \text{이동거리}_{ijk}) \dots\dots\dots \text{식 (2)}$$

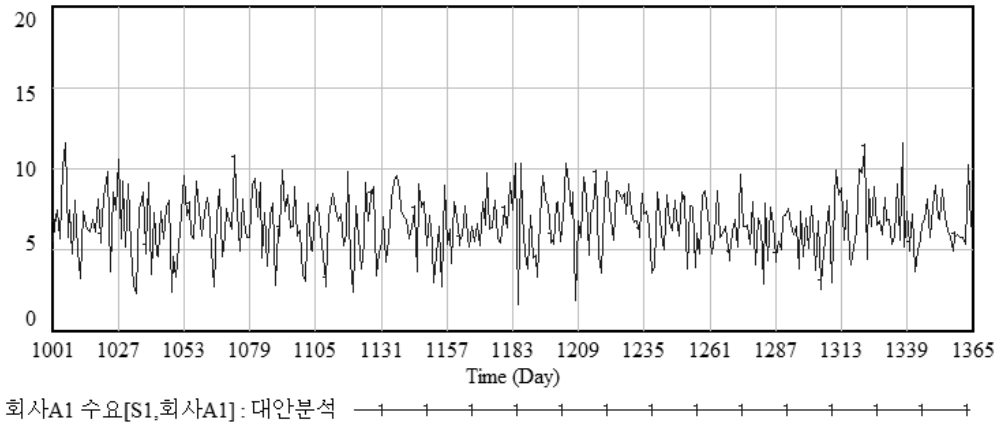
여기에서, 관찰기간은 $t_i \sim t_e$ 이며, 기존 모델의 C 는 회사수로서 3, C_i 는 각 회사의 물류센터의 수로서 [3, 1, 3]이고, C_{ij} 는 각 회사의 물류센터별 지점수로서 [24, 9, 15]이다. 대안 모델의 C 는 1, C_i 는 각 회사의 물류센터의 수로서 [5]이고, C_{ij} 는 각 회사의 물류센터별 지점수로서 [6, 15, 4, 8, 5]이다. 물량 $_{ijk}$ 와 이동거리 $_{ijk}$ 는 각각 물류센터 $_{ij}$ 에서 지점 $_{ijk}$ 로의 물량과 이동거리이다.



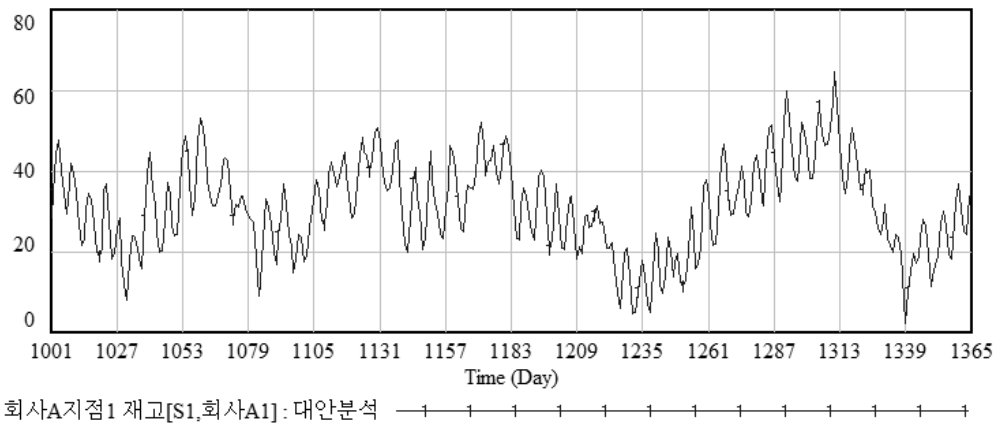
[그림 2] 회사A의 HRM

4. 변수의 주요행태

지점의 수요는 1년을 365일로 하여 수집된 연간 물량을 365일로 나누어 일일 수요평군을 산정하고 이 값을 평균으로 한 정규분포로 가정하였다. [그림 3]은 기존 모델의 회사 A 물류센터의 첫 번째 지점A1의 수요 행태를 보여준다. 다른 회사의 지점들도 물량의 차이가 있지만 유사한 행태를 갖는다. 일일 1회 수요를 발생시킴에 따라 1년간 365회의 수요가 발생하였다. [그림 4]는 실험 1의 기존 모델의 회사 A 물류센터의 첫 번째 지점A1의 재고 행태를 보여준다. 각 지점은 고객의 수요에 대응하고 재고목표를 보충하기 위해 물류센터로 주문한다.

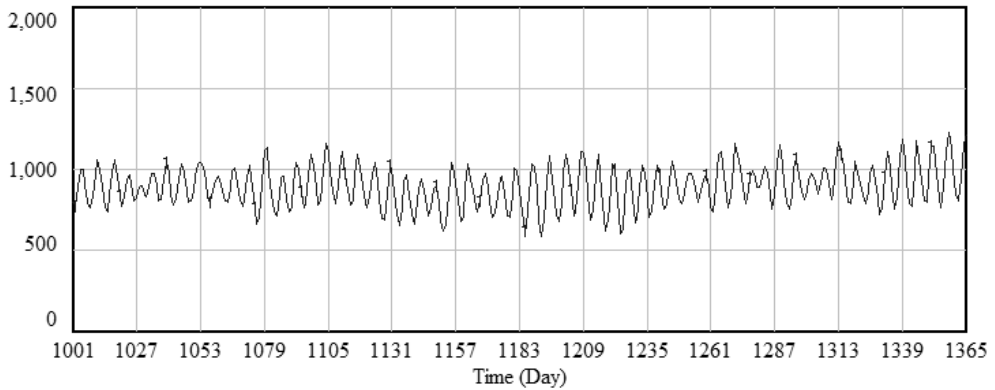


[그림 3] 지점의 수요 행태(단위: ton)

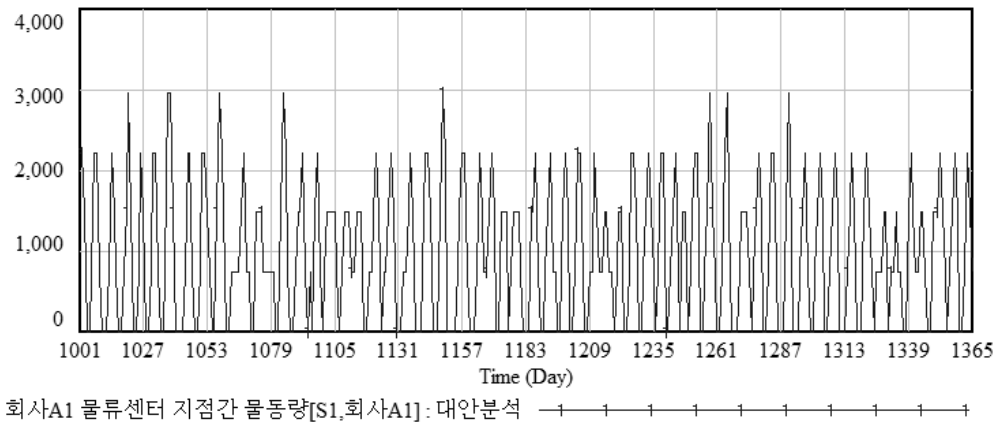


[그림 4] 지점 재고 행태(단위: ton)

물류센터는 해당 지점의 신청에 대응하고 각각의 재고목표 대비 부족량을 생산업체에 조달하게 된다. 회사 A의 물류센터 A1 재고는 [그림 5]와 같다. 각각의 물류센터는 관할 지점의 주문량에 대응하면서 물량이 부족하게 되면 생산업체에 조달을 요청하여 재고목표 대비 부족분을 보충한다. 각각의 물류센터는 배송해야할 제품이 5ton 트럭 분량이 되면 제품을 요청한 지점으로 물자를 배송한다. 다른 물류센터의 재고의 행태도 유사하다. 회사 A의 물류센터A1과 지점간의 물동량은 [그림 6]과 같으며, 다른 물동량들의 행태도 유사하게 발생한다.



[그림 5] 물류센터 재고 행태(단위: ton)

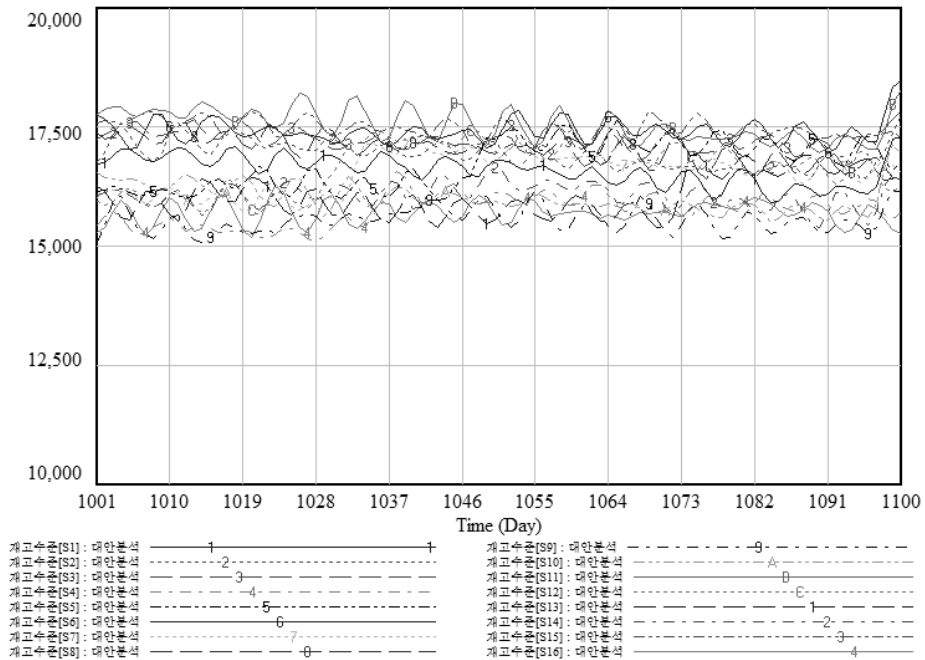


[그림 6] 물류센터A1의 물동량 행태(단위: ton-km)

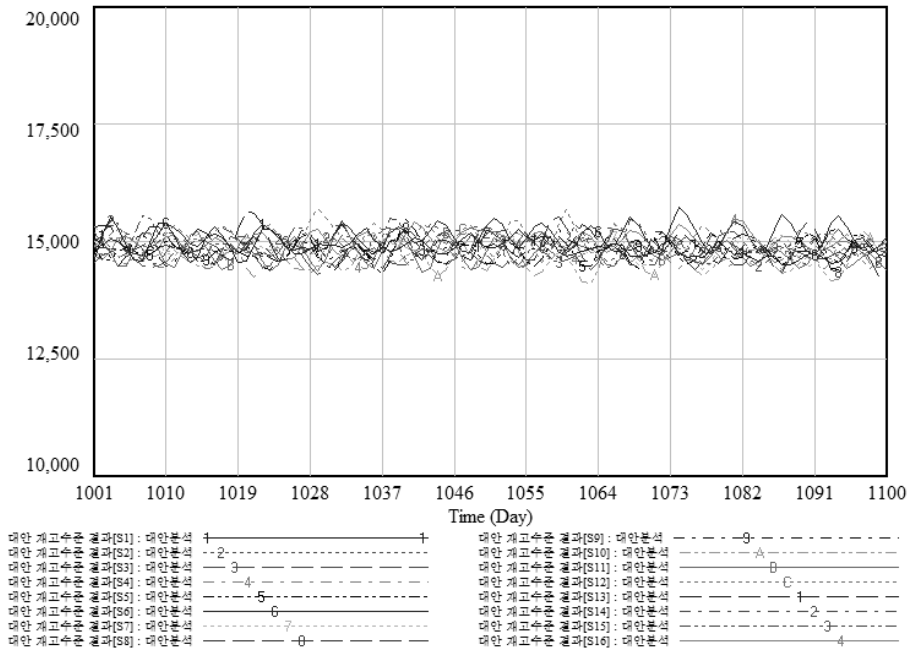
Ⅲ. 시뮬레이션 결과분석

기존 모델과 대안 모델의 각 지점별 고객의 수요에 대하여 난수를 발생시켜 100회의 시뮬레이션(S1-100)을 실시하였다. 각 실험별 수요의 총합은 기존 모델과 대안 모델에서 동일하다. 총 관찰기간 1,365일 중 초기효과 제거를 위하여 처음 1,000일의 결과를 제외하고 365일의 관측결과를 시간의 변화에 따라 분석하였다.

전체 재고수준은 물류센터와 지점의 재고 및 파이프라인 재고의 양을 의미하며, 기존 모델에서 전체 재고수준은 3개 회사의 7개 물류센터의 재고 및 48개의 지점 재고와 파이프라인 재고의 합이며, 일일 최소 14,824ton, 일일 최대 20,820ton, 100회 실험의 일일평균은 17,108ton 수준이다. 시뮬레이션 S1-16의 기존 모델 전체 재고수준은 [그림 7]과 같다. 대안 모델의 전체 재고수준은 5개의 통합 물류센터의 재고, 파이프라인 재고, 38개 지점의 재고를 모두 합한 값이며, 일일 최소 13,856ton, 일일 최대 16,263ton, 100회 실험의 평균은 14,885ton 수준이다. 시뮬레이션 S1-16에서 대안 모델의 전체 재고수준은 [그림 8]과 같다. 동일한 수요가 발생하였을 경우 대안 모델의 재고의 수준과 변동성이 기존 모델에 비하여 감소하였음을 알 수 있다.

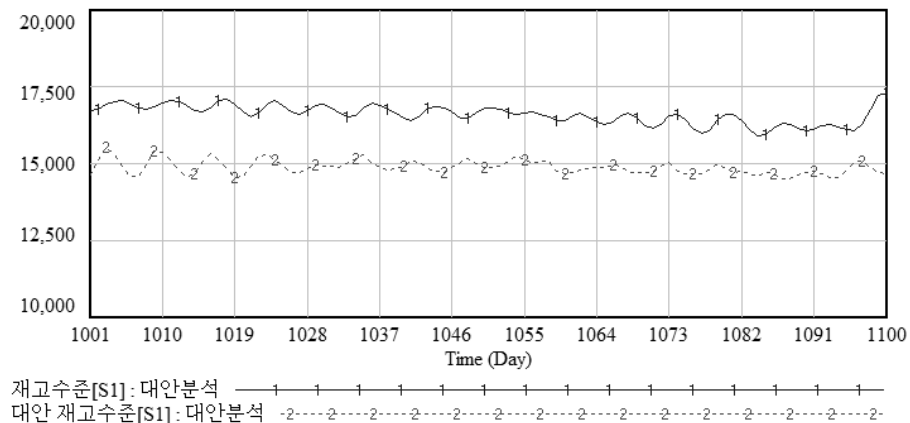


[그림 7] 시뮬레이션 S1-16 기존모델의 전체 재고수준(단위: ton)



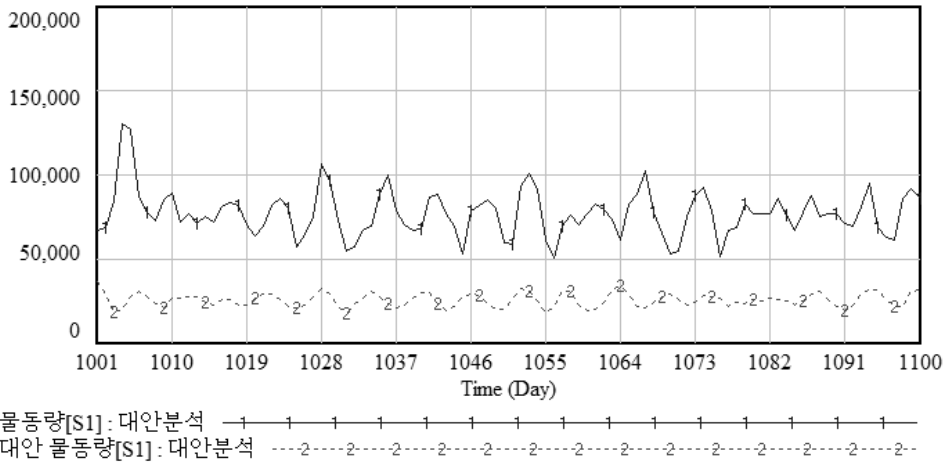
[그림 8] 시뮬레이션 S1-16 대안모델의 전체 재고수준(단위: ton)

시뮬레이션 S1에서 기존 모델과 대안 모델의 전체 재고수준을 비교하면 [그림 9]와 같이 대안 모델의 재고수준이 조금 작은 것을 알 수 있으며, 모든 실험에서 유사한 결과를 얻었다. 이는 권역별 물류센터와 지점 간 이동거리가 기존 모델에 비해서 짧아지기 때문에 시간(리드타임)의 영향을 받는 안전재고 수준이 감소하는데 기인한다.



[그림 9] 시뮬레이션 S1의 전체 재고수준 비교(단위: ton)

전체 물동량(ton-km)은 물량(ton)과 이동거리(km)의 곱으로 나타낼 수 있으며, [그림 10]은 시뮬레이션 S1에서 기존 모델과 대안 모델의 전체 물동량을 비교한 그래프이다. 기존 모델에서 전체 물동량의 100회 실험 결과 일일 최소값은 33,230ton-km, 일일 최대값은 141,750ton-km, 일일평균은 76,119ton-km이고, 대안 모델의 전체 물동량은 일일 최소값은 10,635ton-km, 일일 최대값은 43,935ton-km, 일일평균은 25,541ton-km이다.



[그림 10] 시뮬레이션 S1의 전체 물동량 비교(단위: ton-km)

대안 모델의 물동량이 기존 모델에 비해서 얼마나 감소하는지 확인하기 위하여 대응표본 t-검정(paired t-test)를 실행하였다. <표 6, 7, 8>과 같이 양측검증($\alpha = .05$)에서 t-value는 1,892.34, p-value는 .000으로 나타나 기존 모델과 대안 모델의 물동량 일일평균에는 차이가 있는 것으로 나타났다. 결론적으로 [그림 11]에서 볼 수 있듯이 대안 모델의 물동량이 기존 모델의 33.55% 수준이기 때문에, 3개 회사가 물류를 통합하여 공급체인을 재설계한다면 수송비용을 획기적으로 개선할 수 있다. 물동량의 결과가 비용으로 환산되었을 경우 선형성을 갖지는 않겠지만, 2007년도 기준 단위수송비 540.9원/ton-km(서상범·권혁구, 2009)를 산출된 물동량에 곱하면 기존 모델의 회사 A, B, C의 전체 일일 수송비용은 41,172,707원이고, 대안 모델은 13,815,208원이 된다.

〈표 6〉 물동량 평균의 대응표본통계량

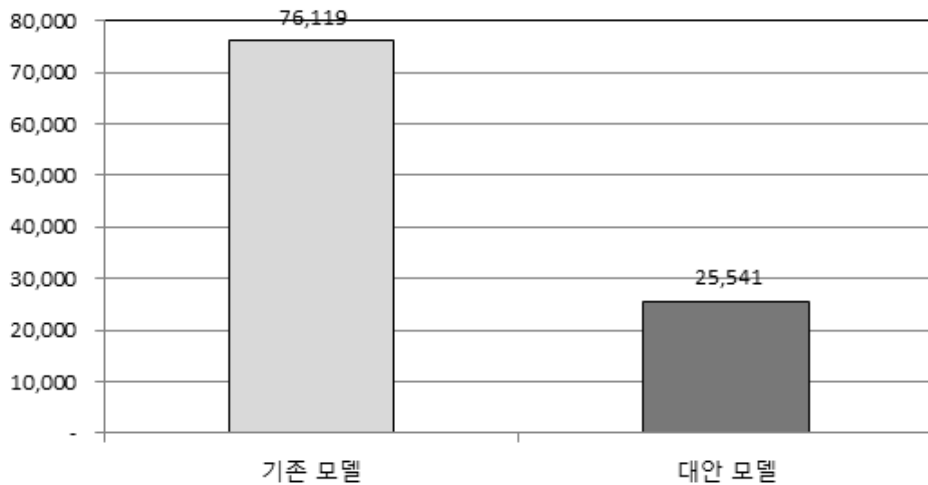
구 분	평 균	N	표준편차	평균의 표준오차
기존 모델의 물동량 평균	76,119	100	282.072	28.207
대안 모델의 물동량 평균	25,528	100	61.438	6.144

〈표 7〉 물동량 평균의 대응표본상관계수

구 분	N	상관계수	유의확률
기존 모델의 물동량 평균 & 대안 모델의 물동량 평균	100	.343	.000

〈표 8〉 물동량 평균의 대응표본검정

구 분	대응차					t	자유도	유의확률 (양측)
	평균	표준 편차	평균의 표준오차	차이의 95% 신뢰구간				
				하한	상한			
기존 모델의 물동량 평균 - 대안 모델의 물동량 평균	50,578	267.277	26.728	50,525	50,631	1,892.34	99	.000



[그림 11] 기존 모델과 대안 모델의 물동량 일일평균 비교(단위: ton-km)

IV. 결론

특정 업체들이 전략적으로 제휴를 추진하면서 얻을 수 있는 장점 중 하나는 규모의 경제를 이루는 것이다. 규모의 경제는 원가를 낮추는데 기여할 수 있으며, 생산통합뿐만 아니라 물류통합 등 다양한 파생효과를 가져온다. 물류통합의 측면에서는 물류센터의 수를 줄인다는 것만으로도 물류센터를 재배치할 수 있게 되는데 이 과정에서 물동량의 감소효과가 나타난다. 또한 리스크 풀링에 의한 재고수준과 변동성도 감소한다.

본 사례연구에서는 물류통합의 과정 중에서 물동량을 어느 정도 줄일 수 있는지 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 기존 모델에서는 3개의 회사가 규모의 문제로 각각 3개, 1개, 3개의 물류센터를 운영하고 있어서 개개의 회사는 물류센터의 수가 충분하지 못하였다면, 대안 모델에서는 3개 회사의 물류센터 7개를 통합하고 권역별로 재배치하면서 5개의 물류센터를 운영할 수 있게 되어서 물동량의 감소에 크게 기여할 수 있었다. 그리고 재고수준과 재고의 변동성도 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

물동량의 결과가 비용으로 환산되었을 경우 선형성을 갖지는 않겠지만, 2007년도 기준 단위수송비를 산출된 물동량에 곱하면 물류통합으로 인하여 절감되는 수송비용을 가늠할 수 있었다. 본 연구에서는 수집되는 정보의 부족으로 다수의 생산업체에서 물류센터까지 수송되는 물동량을 고려하지 않았는데, 만약 이 물동량까지 고려한다면 보다 현실적인 사례연구가 될 수 있을 것이다.

본 사례연구에서는 시스템 다이내믹스 시뮬레이션을 이용하여 특정업체의 특수한 상황에 대한 현실태(as-is)와 대안(to-be)을 모델링하였다. 기본 모델은 2단계 재고모델로서 비교적 간단하지만 물류센터와 지점수가 많아서 모델이 복잡해진다. 그러나 동일한 기능을 하는 다수의 모듈은 시뮬레이션 어플리케이션의 도움으로 비교적 간단하게 모델링할 수 있었다. 그 결과 본 사례에서 공급체인의 재설계는 물동량을 획기적으로 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 본 사례연구에서 쓰인 모델은 다른 업체의 상황을 고려하여 쉽게 수정이 가능하기 때문에 유사한 문제를 분석할 때 유용하다고 판단된다.

【참고문헌】

- 박경철. (2010). 『물류단지의 권역별 배치방안 수립』. 경기개발연구원.
- 서상범 · 권혁구. (2009). 『2007 국가물류비 산정 및 추이분석』. 한국교통연구원.
- 이광렬 · 윤수정 · 이철웅. (2009). “시물레이션을 통한 항공화물 네트워크 수익관리 모형 성능 평가”. 『한국 시물레이션학회 논문지』 제18권 제1호: 41-51.
- 정재운 · 김현수 · 최형림 · 홍순구. (2010). “지속가능 물류를 위한 TP-SD 방법론 기반의 복합 수송체계 시물레이션 모델 개발”. 『한국 시스템다이내믹스 연구』 제11권 제2호: 45-75.
- 조삼현. (2009). “신항과 북항의 철도물동량 예측에 따른 철도운송 활성화 방안에 관한 연구”. 『한국항만경제학회지』 제25집 제4호: 131-146.
- 조 건. (2006). “공급사슬관리에서 생산입지선정 문제와 안전재고 최적화 문제의 통합모형 개발에 관한 연구”. 『한국경영과학회지』 제31권 제1호: 91-103.
- Cachon, G., & Terwiesch, C. (2007). *Matching Supply with Demand*. McGraw-Hill.
- Forrester, J. W. (1969). *Urban Dynamics*. The Colonial Press Inc.
- Lai, K., Ngai, E. W. T. & Cheng, T. C. E. (2004). “An Empirical Study on Supply Chain Performance in Transport Logistics”. *International Journal of Production Economics*. Vol. 87: 321-331.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Strurrock, D. T. (2007). *Simulation with Arena, 4th Edition*. McGraw-Hill.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2003). *Designing and Manageing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. McGraw-Hill.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill.
- Ventana Systems Inc. (2006). *Vensim: Modeling Guide*. Ventana Systems Inc.