

엑셀을 이용한 시뮬레이션 교육

- 재고관리 시뮬레이션을 중심으로 -

김 기 석 *

.....

본 연구는 시뮬레이션 교육에 있어서 엑셀 활용의 가능성과 유용성을 보임으로써 엑셀을 사용한 경영과학과 생산관리의 교육에 대한 관심을 제고하고자 하였다. 이를 위하여 먼저 시뮬레이션 실험에서 필수적인 난수생성을 위한 엑셀의 도구와 그 사용법을 살펴본 뒤, 세 종류(단일기간 재고모형, 정량주문 시스템, 정기주문 시스템)의 재고관리 시뮬레이션을 통하여 엑셀을 이용한 시뮬레이션 교육을 상세히 예시하였다. 엑셀은 또한 '해 찾기', '목표값 찾기', '데이터분석' 등의 도구를 가지고 있으므로, 시뮬레이션뿐만 아니라 경영과학 및 생산관리의 교육 전반에 걸쳐 매우 유용한 도구로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

.....

1. 서 론

최근 경영과학 또는 생산관리의 교육방법에 있어서 나타난 새로운 경향의 하나는 엑셀(Excel)의 활용이다. 미국의 경우에는 수년 전부터 이러한 경향이 나타나서 좋은 반응을 얻었으며, 엑셀을 활용한 경영과학 및 생산관리 교재가 이미 다수 출간되어 있다. 국내에서는 최근에 와서 이러한 경향에 대한 관심이 높아지고 있으며, 교재도 출간되기 시작하였다. 이러한 경향이 등장한 것은 마이크로소프트(Microsoft)의 엑셀이 가장 대중적인 스프레드시트(spreadsheet) 소프트웨어로서 대부분의 PC에 설치되어 있으며 다양하고 편리한 기능을 갖추고 있어, 경영과학 또는 생산관리의 교육에 있어서 매우 유용하게 사용할 수 있기 때문이다.

경영과학의 문제해결 접근법으로서 시뮬레이션을 적용하려면 GPSS, SIMSCRIPT, SIMAN과 같은 시뮬레이션 전용언어를 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 만약 주어진 문제가 그다지 복잡하지 않은 경우에는 엑셀을 사용하여 시뮬레이션을 수행할 수도 있다. 엑셀은 다양한 범용 기능들과 함께 시뮬레이션 실험에서 필수적인 난수생성도구를 내장하고 있다. 또한 엑셀에서 시뮬레이션을 수행하면, 분석대상인 시스템의 각종 변수들 값을 동시에 관찰함으로써 그들의 관계를 쉽게 이해할 수 있다. 그리고 엑셀에서는 주어진 모형의 입력자료를 수정하거나 F9 키를 누르면 출력자료가 즉시 수정되는 장점이 있으므로 반복적인 실험이 용이하다. 따라서 시뮬레이션 교육을 위해서는 엑셀을 사용하는 것이 매우 경제적이고 효과적이라 할 수 있다.

* 부산대학교 경영학부 교수

본 논문의 목적은 시뮬레이션 교육에 있어서 엑셀 활용의 가능성과 유용성을 보임으로써 엑셀을 사용한 경영과학과 생산관리의 교육에 대한 관심을 제고하는 것이다. 이를 위하여 먼저 시뮬레이션 실험에서 필수적인 난수생성을 위한 엑셀의 도구와 그 사용법을 살펴본다. 그리고 세 종류(단일기간 재고모형, 정량주문 시스템, 정기주문 시스템)의 재고관리 시뮬레이션을 통하여 엑셀을 이용한 시뮬레이션 교육을 상세히 예시하고자 한다.

2. 엑셀에서의 난수 생성

엑셀에서 난수를 생성시키는 방법으로는 워크시트 함수를 활용하는 방법과 데이터분석 도구를 활용하는 방법의 두 가지가 있다. 워크시트 함수를 사용하면 어떠한 확률분포를 따르는 난수도 얻을 수 있지만, 사용자가 적절한 수식 또는 매크로를 작성해야 한다. 반면에 데이터분석 도구를 사용하는 경우에는 대화상자의 빈칸만 채우면 난수를 얻을 수 있지만, 사용 가능한 확률분포가 7가지로 제한되어 있다.

1) 워크시트 함수의 활용

엑셀에서는 난수생성을 위한 워크시트 함수로서 RAND와 RANDBETWEEN을 제공하고 있으며, 그 사용 수식은 각각 다음과 같다.

$$\begin{aligned} &= \text{RAND}() \\ &= \text{RANDBETWEEN}(\text{bottom}, \text{top}) \end{aligned}$$

이들 중 전자는 0이상 1 미만의 실수 난수를 생성시키며, 후자는 지정한 두 정수 bottom이상 top이하의 정수 난수를 생성시킨다. 이렇게 생성된 난수들은 워크시트를 다시 열거나 F9 키를 누를 때마다 변경되며, 난수가 변경되지 않도록 하려면 수식 입력줄에서 이 수식을 입력한 후 F9 키를 눌러 수식을 난수로 변경하면 된다.

한편, RAND() 함수를 적절히 사용하면 다음과 같이 어떤 종류의 확률분포를 따르는 난수라도 생성시킬 수 있다.

- (1) 두 실수 a와 b 사이의 일양분포(uniform distribution)

$$= \text{RAND}() * (b - a) + a$$

- (2) 평균이 μ 이고 표준편차가 σ 인 정규분포(normal distribution)

$$= \text{NORMINV}(\text{RAND}(), \mu, \sigma)$$

- (3) 성공률이 p인 베르누이분포(Bernoulli distribution)

=IF(RAND()<p,1,0)

(4) 시행횟수가 n이고 성공률이 p인 이항분포(binomial distribution)

=CRITBINOM(n,p,RAND())

(5) 평균이 λ인 지수분포(exponential distribution)

=-λ*LN(RAND())

(6) 일반적인 이산분포(discrete distribution)

RAND() 함수를 사용하면 어떤 이산분포를 따르는 난수라도 얻을 수 있다. 예컨대 [그림 1]은 수요량이 A2:B5와 같은 이산분포를 따를 때, 10일간의 수요량 표본을 C8:C17에 출력한 워크시트이다. 이 그림의 B8 셀과 C8 셀에는 각각 다음 수식을 입력하고, B8:C8 영역을 지정한 뒤 채우기행들을 B17:C17까지 끌어서 이 수식을 복사하였다.

B8: =RAND()

C8:

=LOOKUP(B8,\$C\$2:\$C\$5,\$A\$2:\$A\$5)

	A	B	C
1	수요량	확률	누적확률
2	500	0.2	0
3	600	0.3	0.2
4	700	0.4	0.5
5	800	0.1	0.9
6			
7	일자	난수	수요
8	1	0.951292	800
9	2	0.300602	600
10	3	0.427733	600
11	4	0.975614	800
12	5	0.718181	700
13	6	0.464729	600
14	7	0.312888	600
15	8	0.086439	500
16	9	0.130766	500
17	10	0.464997	600

[그림 1] 이산분포의 난수생성

(7) 기타 확률분포

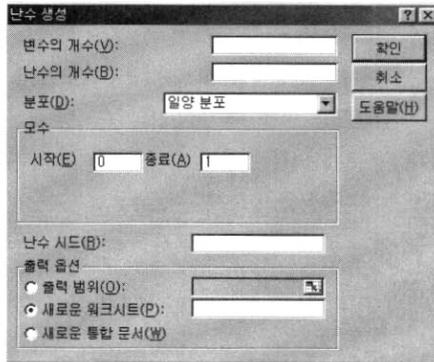
워크시트 함수를 사용하면 위에서 예로 든 확률분포 외에 어떠한 확률분포를 따르는 난수도 생성시킬 수 있다. 다만 주어지는 확률분포에 따라 사용자가 적절한 수식 또는 매크로를 작성해야 한다.

2) 데이터분석 도구의 활용

엑셀의 '도구' 메뉴 중에서 '데이터분석(D)'을 선택하면! [통계데이터분석] 대화상자가 나타

1) 만약 '도구' 메뉴 중에 '데이터분석'이 없으면 먼저 이 도구를 설치해야 한다. 이 도구를 설치하려면 '도구' 메뉴에서 '추가 기능'을 선택하여 [추가 기능] 대화 상자가 나타나면 '사용가능한 추가기능' 중에서 '분석

나고, 이 상자의 '분석도구(A)' 중에서 '난수생성'을 선택한 뒤 '확인' 단추를 누르면 [그림 2]와 같은 [난수생성] 대화상자가 나타난다. 이 상자에서 제공하는 '분포(D)'의 종류로는 모두 7가지(일양분포, 정규분포, 베르누이분포, 이항분포, 포아송분포, 패턴분포, 이산분포)가 있으며, 분포에 따라 모수 입력상자는 다르게 나타난다.



[그림 2] 데이터분석 도구의 난수생성 대화상자

이와 같은 엑셀의 '데이터분석(D)' 도구를 사용하면, 위의 7가지 확률분포 중 하나에 대해서는 쉽게 난수를 생성시킬 수 있다. 예컨대 [그림 3]은 수요량이 A2:B5와 같은 이산분포를 따를 때, 10일간의 수요량 표본을 B8:B17에 출력하기 위한 워크시트이다.

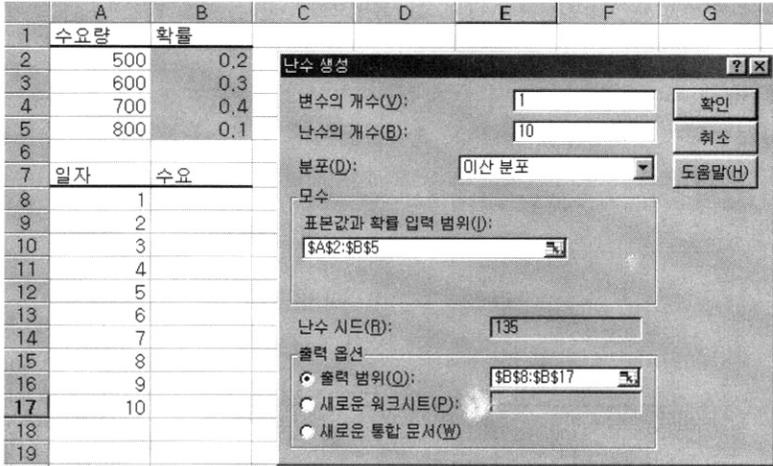
3. 단일기간 재고모형의 시뮬레이션

단일기간 재고모형(single period inventory model)은 사용기간이 제한된 품목의 최적 주문량을 결정하기 위한 모형이다. 예컨대 과일과 채소 등의 부패성 상품이나 신문과 잡지 등의 시의성 상품은 일회 주문량을 일정한 기간(즉, 단일기간) 내에 판매하지 못하면 폐기하거나 헐값에 처분해야 한다. 그리고 수요가 재고보다 많을 때는 추가이익의 기회상실뿐만 아니라 신용상실에 따른 재고부족비가 발생하기도 한다. 이와 같은 경우의 최적 주문량은 다음 식 (1)을 만족하는 Q 의 최소값임이 알려져 있다.²⁾

(단, $F(Q)$ 는 수요량 Q 까지의 누적확률)

도구' 앞에 체크표시를 하고 '확인' 단추를 누른다. 만약 여기에도 없으면 엑셀 설치 프로그램을 실행하여 이 도구를 추가해야 한다.

2) E. Silver and R. Peterson, "Decision Systems for Inventory Management and Production Planning," 2nd ed., Wiley, 1985, p.405.



[그림 3] 데이터분석 도구를 활용한 이산분포의 난수생성

$$F(Q) \geq \frac{\text{판매가격} - \text{구입가격} + \text{재고부족비}}{\text{판매가격} - \text{처분가격} + \text{재고부족비}} \dots\dots(1)$$

<표 1> 신문 수요량의 확률분포

수요량(Q)	확률
150부	0.05
160	0.10
170	0.25
180	0.35
190	0.15
200	0.10

[예제 1]

어느 신문팔이소년은 일간신문을 1부 당 300에 구입하여 400원에 판매하며, 그날 판매하지 못한 신문은 10원에 처분한다고 한다. 그리고 신문의 재고부족에 따른 비용은 1부 당 50원으로 추정하였다. 이 신문의 수요량(Q)에 대한 확률분포가 <표 1>과 같다면, 최적 주문량은 몇 부인가? (주문량은 10부 단위로 함)

이 문제에 위의 식 (1)을 적용하면,

$$F(Q) \geq \frac{400 - 300 + 50}{400 - 10 + 50} = 0.34 \text{를 만족하는 } Q \text{의 최소값은 } 170 \text{이므로 최적 주문량은}$$

170부가 된다. 그러나 여기서는 시뮬레이션 실험에 의해서 이를 확인해 보기로 한다. 먼저 임의로 주문량을 결정했을 때, 매일의 판매량과 수익 그리고 비용 등을 관찰하기 위한 시뮬레이션 모형을 엑셀에서 작성해 보기로 하자. [그림 4]는 주문량을 170부로 결정했을 때, 10일 동안의 수요

량을 확률분포에 따라 발생시키고 이에 따른 판매량과 수익 그리고 비용 등을 보여주는 시물레이션 모형이다.

[그림 4]에서 사용된 수식들은 <표 2>와 같으며, B12:J12 영역을 지정한 뒤 채우기행들을 B21:J21 까지 끌어서 이 수식을 복사하였다. 여기서 판매량은 주문량과 수요량 중에서 적은 값이

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	재고관리 시물레이션: 신문팔이소년 문제										
2											
3	수요량	확률	누적확률								
4	150	0.05	0		구입 가격	300		주문량	170		
5	160	0.1	0.05		판매 가격	400					
6	170	0.25	0.15		처분 가격	10					
7	180	0.35	0.4		재고부족비	50					
8	190	0.15	0.75								
9	200	0.1	0.9								
10											
11	일	난수	수요량	판매량	미판매량	판매수익	처분수익	구입비용	재고부족비용	순이익	
12		1	0.2658	170	170	0	68000	0	51000	0	17000
13		2	0.1081	160	160	10	64000	100	51000	0	13100
14		3	0.8933	190	170	0	68000	0	51000	1000	16000
15		4	0.5903	180	170	0	68000	0	51000	500	16500
16		5	0.1293	160	160	10	64000	100	51000	0	13100
17		6	0.3222	170	170	0	68000	0	51000	0	17000
18		7	0.6935	180	170	0	68000	0	51000	500	16500
19		8	0.8437	190	170	0	68000	0	51000	1000	16000
20		9	0.1713	170	170	0	68000	0	51000	0	17000
21		10	0.2789	170	170	0	68000	0	51000	0	17000
22	평균		174.0	168.0	2.0	67200.0	20.0	51000.0	300.0	15920.0	
23	기대 수요량		177.5								
24	서비스율			0.97							

[그림 4] 신문팔이소년 문제의 시물레이션(1)

며, 이에 따라 판매수익이 발생한다. 수요량이 주문량보다 적은 경우(2,5일)에는 미판매량이 발생하여 처분수익이 발생하였으며, 수요량이 주문량보다 많은 경우(3,4,7,8일)에는 재고부족량에 따라 재고부족비용이 발생하였다. 그리고 순이익은 판매수익에 처분수익을 더하고 구입비용과 재고부족비용을 뺀 것이다. 이 실험에서 순이익이 가장 많이 발생하는 수요량은 주문량과 같은 것임을 알 수 있으며, 주문량을 여러 값으로 변경시켜 보면 각 경우의 수익과 비용 및 순이익을 관찰할 수 있다. B열의 난수들은 이 파일을 다시 열거나 F9 키를 누를 때마다 달라지므로 전체 계산결과도 이에 따라 달라진다.

한편 500일 동안의 수요량에 대한 주문량별 순이익을 동시에 비교하려면, 위의 시물레이션 모형을 약간 수정하여 [그림 5]와 같이 작성하면 된다. 이 그림에서 11-499일의 실험 내용은 엑셀의 '숨기기' 기능을 사용하여 보이지 않게 하였으며, 주문량별 순이익의 평균과 더불어 표준편차와 95% 신뢰구간도 구하였다. 그리고 F13 셀에는 다음과 같은 수식이 입력되어 있다.

<표 2> [그림4]에서 사용된 수식

셀	수식
B12	=RAND()
C12	=LOOKUP(B12,\$C\$4:\$C\$9,\$A\$4:\$A\$9)
D12	=MIN(\$I\$4,C12)
E12	=\$I\$4-D12
F12	=\$F\$5*D12
G12	=\$F\$6*E12
H12	=\$F\$4*\$I\$4
I12	=\$F\$7*MAX(0,C12-\$I\$4)
J12	=F12+G12-H12-I12
C22	=AVERAGE(C12:C21)
C23	=SUMPRODUCT(A4:A9,B4:B9)
D24	=D22/C22

$$\begin{aligned}
 &= \$F\$5 * \text{MIN}(\$F\$12, C13) \\
 &+ \$F\$6 * (\$F\$12 - \text{MIN}(\$F\$12, C13)) \\
 &- \$F\$4 * \$F\$12 - \$F\$7 * \text{MAX}(0, C13 - \$F\$12)
 \end{aligned}$$

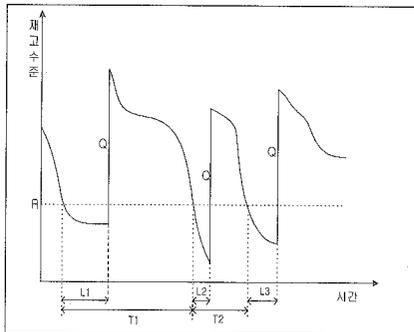
이 실험 결과로부터 하루의 순이익이 최대가 되는 주문량은 수요량과 일치하는 것이며, 평균 순이익이 최대가 되는 것은 주문량이 170부인 경우임을 알 수 있다. 여기서도 난수들의 값은 이 파일을 다시 부르거나 F9 키를 누를 때마다 달라지며, 이에 따라 여러 가지 경우의 계산결과를 볼 수 있다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	재고관리 시뮬레이션: 신문팔이소년 문제								
2									
3	수요량	확률	누적확률						
4	150	0.05	0		구입 가격	300			
5	160	0.1	0.05		판매 가격	400			
6	170	0.25	0.15		처분 가격	10			
7	180	0.35	0.4		재고부족비	50			
8	190	0.15	0.75						
9	200	0.1	0.9						
10	기대수요량		177.5						
11				주 문 량					
12	일	난수	수요량	150	160	170	180	190	200
13	1	0.5744	180	13500.0	15000.0	16500.0	18000.0	15100.0	12200.0
14	2	0.2689	170	14000.0	15500.0	17000.0	14100.0	11200.0	8300.0
15	3	0.8068	190	13000.0	14500.0	16000.0	17500.0	19000.0	16100.0
16	4	0.6743	180	13500.0	15000.0	16500.0	18000.0	15100.0	12200.0
17	5	0.6076	180	13500.0	15000.0	16500.0	18000.0	15100.0	12200.0
18	6	0.6993	180	13500.0	15000.0	16500.0	18000.0	15100.0	12200.0
19	7	0.9685	200	12500.0	14000.0	15500.0	17000.0	18500.0	20000.0
20	8	0.6068	180	13500.0	15000.0	16500.0	18000.0	15100.0	12200.0
21	9	0.1264	160	14500.0	16000.0	13100.0	10200.0	7300.0	4400.0
22	10	0.5914	180	13500.0	15000.0	16500.0	18000.0	15100.0	12200.0
512	500	0.7984	190	13000.0	14500.0	16000.0	17500.0	19000.0	16100.0
513	평균		177.0	13649.0	14893.8	15716.2	15377.0	13541.8	11037.8
514	표준편차			631.7414	876.3776	1946.231	3326.515	4330.998	4927.583
515	95% 신뢰구간 하한			13593.63	14816.96	15545.61	15085.42	13162.18	10605.89
516	95% 신뢰구간 상한			13704.37	14970.62	15686.79	15668.58	13921.42	11469.71

[그림 5] 신문팔이소년 문제의 시뮬레이션(2)

4. 정량주문 시스템의 시뮬레이션

정량주문 시스템(Fixed Order Quantity system)은 사전에 주문점(reorder point)과 주문량(order quantity)을 정해놓고, 재고수준이 주문점 이하로 떨어지면 주문량만큼 주문하는 재고관리 시스템이다. 이 시스템은 재고수준이 주문점에 도달했는지를 알기 위해서 계속적으로 재고수준을 조사해야 하므로 계속재고조사 시스템(continuous review system)이라고도 부른다. 정량주문 시스템에서의 재고수준은 시간의 흐름에 따라 [그림 6]과 같이 변동한다. 여기서 R은 주문점이고, Q는 일정한 주문량이며, L_j 와 T_j 는 각각 j번째 주문 조달기간과 주문간격을 나타낸다. 이 시스템에서는 재고관련 총 비용을 최소로 하는 주문점과 주문량을 발견하는 것이 중요하다.



[그림 6] 정량주문 시스템

[예제 2]

컴퓨터 판매대리점인 선진전산(주)는 재고관리를 위해 정량주문 시스템을 채택하고 있으며, 현재 주문점(R)은 3대이고 주문량(Q)은 6대로 정해 놓고 있다. (단, 재고수준이 주문점 이하로 떨어지더라도, 입고되지 않은 주문량이 있으면 추가 주문하지 않기로 함.) 한편, 재고유지비용은 기말재고 한 단위당 2만원이고 주문비용은 일 회당 30만원이며 재고부족비용은 한 단위당 20만원 이라 한다. (여기서 제품 구입비용은 일정하다고 가정하여 고려하지 않는다.) 또한 선진전산은 과거의 주간 수요량과 리드타임 자료를 분석한 결과 <표 3> 및 <표 4>와 같은 확률분포를 얻었다고 한다. 시뮬레이션을 이용하여 현행 정량주문 시스템에 따른 비용을 분석하고, 적정 주문점과 주문량을 결정하라.

<표 3> 수요량

수요량	확률
0대	0.10
1대	0.20
2대	0.30
3대	0.24
4대	0.16

<표 4> 리드타임

리드타임	확률
1주	0.40
2주	0.40
3주	0.20

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	재고관리 시뮬레이션: 정량주문시스템												
2													
3	수요량	확률	누적확률		리드타임	확률	누적확률						
4	0	0.1	0		1	0.4	0		재고유지비	2		주문점	3
5	1	0.2	0.1		2	0.4	0.4		주문비용	30		주문량	6
6	2	0.3	0.3		3	0.2	0.8		재고부족비	20			
7	3	0.24	0.6										
8	4	0.16	0.84		기대 수요량	2.16							
9													
10													
11	기초				기말		리드		재고		재고		
12	주일	재고	입고량	난수#1	수요량	재고	난수#2	리드타임	주문량	유지비	주문비	부족비	총비용
13	1	6	0	0.2147	1	5	-1	0	0	10	0	0	10
14	2	5	0	0.5861	2	3	0.04	1	6	6	30	0	36
15	3	3	6	0.9189	4	5	-1	0	0	10	0	0	10
16	4	5	0	0.378	2	3	0.544	2	6	6	30	0	36
17	5	3	0	0.8888	4	0	-1	1	6	0	0	20	20
18	6	0	6	0.8477	4	2	0.103	1	6	4	30	0	34
19	7	2	6	0.8895	4	4	-1	0	0	8	0	0	8
20	8	4	0	0.4323	2	2	0.674	2	6	4	30	0	34
21	9	2	0	0.0887	0	2	-1	1	6	4	0	0	4
22	10	2	6	0.594	2	6	-1	0	0	12	0	0	12
512	500	0	0	0.14	1	0	-1	1	6	0	0	20	20
513	평균				2.178					5.736	9.6	5.16	20.5
514	표준편차												15
515	95% 신뢰구간 하한												19.18
516	95% 신뢰구간 상한												21.81

[그림 7] 정량주문 시스템의 시뮬레이션

먼저 현행 정량주문시스템에 따라 발생하는 각종 비용을 분석하기 위한 시뮬레이션 모형을 엑셀에서 작성해 보기로 하자. [그림 7]은 주문점이 3대이고 주문량이 6대인 경우의 시뮬레이션 실험을 500주일에 걸쳐 시행하는 엑셀 모형이다. 이 그림에서 사용된 수식들은 [표 5]와 같으며, 11-499일의 실험 내용은 엑셀의 '숨기기' 기능을 사용하여 보이지 않게 하였다.

여기서 난수 #1은 수요량을 결정하기 위하여 매주 발생시켰으며, 난수 #2는 기말재고가 주문점 이하이고 입고되지 않은 주문량이 없을 때 주문하는 데 따른 리드타임을 결정하기 위하여 발생시켰다.(난수 #2의 값 중 '-1'은 주문하지 않는 경우에 난수를 발생시키지 않았다는 표시이다.) 한편 리드타임은 주문 후 1주일씩 감소하여 1주일이 되면 그 다음 주 초에 입고되고, 주문량은 항상 6대이고 주문 후 입고될 때까지 그대로 유지된다.

[그림 7]에서 재고유지비용은 기말재고 한 단위당 2만원씩 발생하였고, 주문비용은 한번 주문할 때마다(즉, 난수 #2를 발생시킬 때마다) 30만원씩 발생하였음을 알 수 있다. 또한 재고부족비용은 주간 수요량이 (기초재고+ 입고량)보다 클 때 그 차이 한 단위당 20만원씩 발생하였다. 그리고 이 실험에서 현행 정량주문 시스템에 따라 발생한 총비용의 주당 평균은 20.5만원이었으며,

95% 신뢰구간은 (19.18, 21.81)이었다. 그러나 난수들의 값은 파일을 다시 열거나 F9 키를 누를 때마다 달라지므로, 이에 따라 실험결과도 달라진다.

<표 5> [그림 7]에서 사용된 수식

셀	수식
B14	=F13
C14	=F(H13=1,M\$5,0)
D14	=RAND()
E14	=LOOKUP(D14,\$C\$4:\$C\$8,\$A\$4:\$A\$8)
F14	=MAX(0,B14+C14-E14)
G14	=F(F14>\$M\$4,-1,IF(H13>1,-1,RAND()))
H14	=F(G14>0,LOOKUP(G14,\$G\$4:\$G\$6,\$E\$4:\$E\$6),MAX(0,H13-1))
I14	=F(G14>0,M\$5,IF(H14=0,0,I13))
J14	=F14+\$J\$4
K14	=F(G14<0,0,\$J\$5)
L14	=\$J\$6+MAX(0,E14-B14-C14)
M14	=J14+K14+L14

이러한 컴퓨터 시뮬레이션 실험을 여러 가지 주문점과 주문량에 대하여 4회씩 반복 시행하고, 주당 평균 총비용의 4회 평균을 구한 결과는 <표 6>과 같다. 이 실험의 결과에 따르면, 선전전산(주)의 재고관련 총비용이 최소가 되는 것은 주문점이 3대이고 주문량은 8 또는 10대인 경우이다. 만약 더욱 정확한 결과를 도출하려면, 이 주문점과 주문량 근처의 값에 대해 보다 장시간동안 여러 번 반복 실험하여 그 관찰치들의 평균을 비교하면 된다. 예컨대 주문점(R) 2.3.4대 각각에 대하여 주문량(Q)을 7,8,9,10,11대로 하여 5000주일 동안의 실험을 10회 반복 시행하고, 그 관찰치들의 평균을 비교함으로써 보다 나은 정량주문 시스템을 설계할 수 있을 것이다.

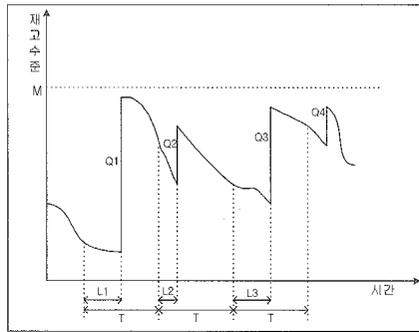
<표 6> 정량주문 시스템의 시뮬레이션 결과
(단위: 만원/주)

주문점 주문량	1대	2대	3대	4대
4대	26.36	24.87	24.07	24.36
6대	22.13	20.46	20.29	20.57
8대	20.24	19.44	18.80	19.43
10대	19.46	18.97	18.80	19.76
12대	19.81	19.41	19.24	20.17

5. 정기주문 시스템의 시뮬레이션

정기주문 시스템(Fixed Order Interval system)은 사전에 주문주기(order interval)와 목표재고수준(target inventory level)을 정해 놓고, 주문주기 때마다 재고수준을 조사하여 목표재고수준과의 차

이만큼 주문하는 재고관리 시스템이다. 따라서 정기주문 시스템에서는 재고수준을 계속적으로 조사할 필요가 없고, 다만 주문시점마다 조사하면 되므로 이 시스템을 정기재고조사 시스템(periodic review system)이라고도 부른다. 정기주문 시스템에서의 재고수준은 시간의 흐름에 따라 [그림 8]과 같이 변동한다. 이 그림에서 M은 목표재고수준이고 T는 일정한 주문간격이며, Q_j 와 L_j 는 각각 j번째 주문량과 주문조달기간을 나타낸다. 이 시스템에서는 재고관련 총 비용을 최소로 하는 주문주기와 목표재고수준을 발견하는 것이 중요하다.



[그림 8] 정기주문 시스템

[예제 3]

컴퓨터 판매대리점인 선진전산(주)는 재고관리를 위해 정기주문 시스템을 채택하고 있으며, 현재 주문주기와 목표재고수준은 각각 3주일 및 11대로 정해 놓고 있다. 한편, 재고유지비용은 기말재고 한 단위당 2만원이고 주문비용은 일 회당 30만원이며 재고부족비용은 한 단위당 20만원이라 한다. (여기서 제품 구입비용은 일정하다고 가정하여 고려하지 않는다.) 또한 선진전산은 과거의 주간 수요량과 리드타임 자료를 분석한 결과 <표 7> 및 <표 8>과 같은 확률분포를 얻었다고 한다. 시뮬레이션을 이용하여 현행 정기주문 시스템에 따른 비용을 분석하고, 적정 주문주기와 목표재고수준을 결정하라.

<표 7> 수요량

수요량	확률
0대	0.10
1대	0.20
2대	0.30
3대	0.24
4대	0.16

<표 8> 리드타임

리드타임	확률
1주	0.40
2주	0.40
3주	0.20

먼저 현행 정기주문 시스템에 따라 발생하는 각종 비용을 분석하기 위한 시뮬레이션 모형을 엑셀에서 작성해 보기로 하자. [그림 9]는 주문주기와 목표재고수준이 각각 3주일 및 11대인 경우의 시뮬레이션 실험을 500주일에 걸쳐 시행하는 엑셀 모형이다. 이 그림에서 11-499일의 실험 내용은 엑셀의 '숨기기' 기능을 사용하여 보이지 않게 하였으며, G14:I14 셀에는 다음과 같은 수식이

입력되어 있다.

$$G14:=IF(MOD(A14-1,\$N\$5)>0,-1,RAND())$$

$$H14:=IF(G14>0,LOOKUP(G14,\$G\$4:\$G\$6,\$E\$4:\$E \$6),MAX(0,H13-1))$$

$$I14:=IF(G14>0,\$N\$4-F14,IF(H14=0,0,I13))$$

[그림 9]에서 난수 #1은 수요량을 결정하기 위하여 매주 발생시켰으며, 난수 #2는 주문주기 인 3주일마다 주문하는 데 따른 리드타임을 결정하기 위하여 발생시켰다.(난수 #2의 값 중 '-1'은 주문하지 않는 경우에 난수를 발생시키지 않았다는 표시이다.) 한편 리드타임은 주문 후 1주일씩 감소하여 1주일이 되면 그 다음 주 초에 입고되고, 주문량은 목표재고수준과 기말재고의 차이 만큼이며 주문 후 입고될 때까지 그대로 유지된다. 여기서 재고유지비용은 기말재고 한 단위당 2만원씩 발생하였고, 주문비용은 한번 주문할 때마다(즉, 난수 #2를 발생시킬 때마다) 30만원씩 발생하였음을 알 수 있다. 또한 재고부족비용은 주간 수요량이 (기초재고+ 입고량)보다 클 때 그 차이 한 단위당 20만원씩 발생하였음을 알 수 있다. 그리고 이 실험에서 현행 정기주문 시스템에 따라 발생한 총비용의 주당 평균은 22.29만원이었으며, 95% 신뢰구간은 (21.00, 23.58)이었다. 그러나 난수들의 값은 파일을 다시 열거나 F9 키를 누를 때마다 달라지므로, 이에 따라 실험결과도 달라진다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	재고관리 시뮬레이션: 정기주문시스템													
2														
3	수요량	확률	누적확률		리드타임	확률	누적확률							
4	0	0.1	0		1	0.4	0	재고유지비	2		목표재고수준	11		
5	1	0.2	0.1		2	0.4	0.4	주문비용	30		주문주기(주일)	3		
6	2	0.3	0.3		3	0.2	0.8	재고부족비	20					
7	3	0.24	0.6											
8	4	0.16	0.84		기대수요량	2.16								
9														
10														
11		기초			기말	리드		재고		재고				
12	주일	재고	입고량	난수#1	수요량	재고	난수#2	타임	주문량	유지비	주문비	부족비	총비용	
13	1	6	0	0.47	2	4	0.610	2	7	8	30	0	38	
14	2	4	0	0.148	1	3	-1	1	7	6	0	0	6	
15	3	3	7	0.73	3	7	-1	0	0	14	0	0	14	
16	4	7	0	0.884	4	3	0.961	3	8	6	30	0	36	
17	5	3	0	0.41	2	1	-1	2	8	2	0	0	2	
18	6	1	0	0.629	3	0	-1	1	8	0	0	40	40	
19	7	0	8	0.728	3	5	0.15	1	6	10	30	0	40	
20	8	5	6	0.803	3	8	-1	0	0	16	0	0	16	
21	9	8	0	0.637	3	5	-1	0	0	10	0	0	10	
22	10	5	0	0.948	4	1	0.005	1	10	2	30	0	32	
512	500	4	7	0.999	4	7	-1	0	0	14	0	0	14	
513	평균				2.148					10.83	10.02	1.44	22.29	
514	표준편차												14.71	
515	95% 신뢰구간 하한												21.00	
516	95% 신뢰구간 상한												23.58	

[그림 9] 정기주문 시스템의 시뮬레이션

이러한 컴퓨터 시뮬레이션 실험을 여러 가지 주문주기와 목표재고수준에 대하여 4회씩 반복 시행하고, 주당 평균 총비용의 4회 평균을 구한 결과는 <표 9>와 같다. 이 실험의 결과에 따르면, 선진전산(주)의 재고관련 총비용이 최소가 되는 것은 주문주기와 목표재고수준은 각각 5주일 및 13대인 경우이다. 만약 더욱 정확한 결과를 도출하려면, 이 주문주기와 목표재고수준 근처의 값에

대해 보다 장시간동안 여러 번 반복 실험하여 그 관찰치들의 평균을 비교하면 된다. 예컨대 주문 주기 4,5,6주일 각각에 대하여 목표재고수준을 11,12,13,14,15대로 하여 5000주일 동안의 실험을 10회 반복 시행하고, 그 관찰치들의 평균을 비교함으로써 보다 나은 정기주문 시스템을 설계할 수 있을 것이다.

<표 9> 정기주문 시스템의 시뮬레이션 결과
(단위: 만원/주)

목표 재고수준	주문주기	주문주기			
		3주일	4주일	5주일	6주일
7대		23.53	23.97	26.99	27.95
9대		21.34	21.27	22.58	24.48
11대		22.21	20.79	20.70	22.38
13대		24.48	21.33	20.58	21.29
15대		27.65	24.08	22.51	21.42

6. 결론

본 논문에서는 시뮬레이션 교육에 있어서 엑셀 활용의 가능성과 유용성을 보임으로써 엑셀을 사용한 경영과학과 생산관리의 교육에 대한 관심을 제고하고자 하였다. 종전의 학부수준 경영과학(또는 생산관리) 교육은 이론적인 강의가 중심이었으며, 컴퓨터를 이용한 실습은 제한적으로 시행되어 왔다. 이러한 교육방식의 주된 이유로는 실습에 필요한 소프트웨어의 구입 및 설치에 따르는 비용을 들 수 있다. 따라서 시뮬레이션 실습의 경우, GPSS나 SIMSCRIPT 등에 비해 다소 전문성은 부족하지만 추가비용의 부담이 없는 엑셀을 사용하는 것이 매우 경제적이고 효과적이라 할 수 있다.

시뮬레이션 실험에서는 난수생성 도구가 필수적이며, 엑셀에서 난수를 생성시키는 방법으로는 워크시트 함수를 활용하는 방법과 데이터분석 도구를 활용하는 방법의 두 가지가 있다. 워크시트 함수를 사용하면 어떠한 확률분포를 따르는 난수도 얻을 수 있지만, 사용자가 적절한 수식 또는 매크로를 작성해야 한다. 반면에 데이터분석 도구를 사용하는 경우에는 대화상자의 빈칸만 채우면 난수를 얻을 수 있지만, 사용 가능한 확률분포가 제한되어 있다.

본 논문에서는 세 종류(단일기간 재고모형, 정량주문 시스템, 정기주문 시스템)의 재고관리 시뮬레이션을 통하여 엑셀을 이용한 시뮬레이션 교육을 상세히 예시하였다. 특히 엑셀에서 시뮬레이션을 수행하면, 분석대상인 시스템의 각종 변수들 값을 동시에 관찰함으로써 그들의 관계를 쉽게 이해할 수 있음을 보였다. 엑셀에서는 주어진 모형의 입력자료를 수정하거나 F9 키를 누르면 출력자료가 즉시 수정되는 장점이 있으므로 반복적인 실험이 용이하다.

또한 엑셀이 제공하는 VBA(Visual Basic for Applications) 매크로 언어를 사용하면, 엑셀 시뮬레이션을 현실 문제에도 적용할 수 있다. 그러나 여기에 필요한 프로그래밍 작업은 시뮬레이션 전용 소프트웨어에 비해 복잡하고 어렵다. 최근에는 VBA로 작성된 엑셀 add-in 프로그램들이 상

품으로 판매되거나 프리웨어 또는 셰어웨어로 제공되어 이러한 문제의 해결을 도와주고 있다. 예컨대 시뮬레이션 add-in 프로그램으로서 판매되는 것으로는 Crystal Ball과 @RISK가 잘 알려져 있고, 셰어웨어로는 CellSim 등이 있다. 이러한 add-in 프로그램을 사용한 현실적 형태의 시뮬레이션 case study는 향후 과제로 남겨둔다.

엑셀에는 시뮬레이션 외에도 다른 경영과학 또는 생산관리 기법의 교육에 유용한 기능들이 다수 있다. 그 중에서도 특히 '해 찾기' 도구는 선형계획 모형, 수송계획 모형, 정수계획 모형, 목표계획 모형, 비선형계획 모형 등의 최적해를 구하는 데 매우 요긴하다. 그리고 '목표값 찾기' 도구, '데이터분석' 도구, '차트 마법사' 등도 여러 가지 용도로 활용할 수 있다.

지금까지 논의한 바와 같이 엑셀은 시뮬레이션의 교육뿐만 아니라 경영과학 및 생산관리의 교육 전반에 걸쳐 매우 유용한 도구로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 이러한 교육을 통하여 배양된 엑셀의 활용 능력은 다른 분야의 문제해결에도 도움이 될 것이다. 따라서 엑셀을 활용한 경영과학 및 생산관리의 교육에 대한 관심이 더욱 확산될 것이 예상된다. 앞으로는 국내에서도 이 분야에 대한 관심과 연구가 고조되어 훌륭한 교재가 다수 출간되기를 기대한다.

참고문헌

- 강금식 「Excel 2000 활용 생산운영관리」, 박영사, 2000.
- 김기석 「엑셀활용 경영과학」, 학현사, 2000.
- 박광태, 김민철 「Excel 활용 의사결정」, 박영사, 1999.
- Anderson, D., D. Sweeney, and T. Williams, *Contemporary Management Science with Spreadsheets*, South-Western College Publishing, 1999.
- Hillier, F., M. Hillier, and G. Lieberman, *Introduction to Management Science: A Modeling and Case Studies Approach with Spreadsheets*, McGraw-Hill, 2000.
- Law, A. and W. Kelton, *Simulation Modeling & Analysis*, 2nd ed., McGraw-Hill, 1991.
- Shafer, S. and J. Meredith, *Operations Management: A Process Approach with Spreadsheets*, Wiley, 1998.
- Silver, E. and R. Peterson, *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*, 2nd ed., Wiley, 1985.
- Watson, H. and J. Blackstone, *Computer Simulation*, Wiley, 2nd ed., 1989.
- Winston, W. and S. Albright, *Practical Management Science: Spreadsheet Modeling and Applications*, Duxbury Press, 1997.