

# 확률적 시뮬레이션을 이용한 공장자동화의 도입 효과분석

## (Analysis of Factory Automation Based on the Stochastic Simulation)

박 영 흥  
(Young Hong Park)

**요 약** 우리의 생산현장은 정보화 및 자동화 혁명을 통해 큰 변혁을 맞이하고 있다. 첨단 생산시설과 최적의 생산방법을 통한 품질의 향상 및 생산비의 절감이 기업의 성패를 좌우할 수 있다는 전제아래 경쟁기업을 능가하는 생산성제고가 무한경쟁시대의 기업 최고의 목표가 되고 있다. 세계화, 국제화, 정보화 추세 속에서 소비자들의 소비 욕구는 점점 다양해지고 세분화되며 고객은 정확한 상품 정보와 신속한 제품의 인도를 요구하고 있다. 따라서 기업은 생존을 위한 전략으로 공장 자동화 시스템을 도입하여 제품의 질적 향상을 도모하면서 최적 생산을 통해 다양한 고객의 욕구에 대응하고 있다. 본 연구는 몬테칼로법에 기초한 확률적 접근방법을 통한 연속적 시뮬레이션 모델을 이용하여 기업이 공장자동화시스템을 도입하기 전, 그 효과를 사전에 측정,평가함으로써 합리적으로 도입방법, 도입규모, 도입내용 등을 결정할 수 있는 방법을 제시한다. 즉 시뮬레이션 모델을 통해 기업이 공장자동화를 추진함에 있어 이에 수반되는 비용과 이로 인한 효과를 생산성 향상 측면에서 분석하여 최적의 공장자동화 도입수준을 결정하고 자동화에 대한 투자효율을 극대화시키기 위한 하나의 척도를 제공하게 된다.

**Abstract** This paper focuses on the measurement of increased work efficiency expected from the factory automation through random interactions of the organizational behavioral factors whose attributes can be changed with the implementation of the factory automations. Specifically the work reported here is concerned with modeling and analyzing the random interrelationships among the organizational behavioral factors which factory automation will have impact on throughout the time horizon of its implementation in terms of productivity. In addition, it is also concerned with developing a stochastic continuous simulation model to be used to assess the impact of factory automations.

### 1. 서 론

첨단 생산 설비의 설치와 최적 생산 방법의 도입을 통한 생산의 자동화로 지칭되는 공장자동화는 세계화,국제화,정보화의 무한 경쟁시대에서 기업의 필수적인 생산시스템으로 자리잡아가고 있다. 공장자동화를 통해 기업은 품질을 향상시키고 생산비용을 절감시키면서 생산성 향상을 통해 다양한 고객의 소비욕구를 충족시키고 있다. 또한 대부분의 기업은 현재의 자동화 수준에 만족하지 않고 지속적인 생산성 향상을 위해 자동제어시스템이나 지능형 로봇등 새로운 제조기술의 도입이나 생산방법의 개선에 계속적인 투자를 아끼지 않고 있다. 기업의 공장자동화는 생산성향상을 목표로 추진된다. 생산의 자동화를 통해 기업은 생산비용을 절감하고 제품의 질을 향상시키며 다양한 고객의 욕구를 충족시키게 된다. 하지만 공장자동화의 도입효과를 극대화

하기 위해서는 먼저 기업의 주어진 여건이나 규모 및 제조환경의 특성을 고려한 후 이에 맞는 공장자동화의 내용이나 방법이 결정되어 추진되어야 한다. 왜냐하면 기업의 업무 성격과 처한 제조환경에 따라 도입해야 할 자동화의 내용과 방법이 서로 다르기 때문이다. 그러므로 무조건적인 공장자동화의 추진보다는 해당 기업의 업무 특성을 고려한 적정 수준의 자동화를 통해 투자효과가 투자비용을 능가하는 최적의 공장자동화를 이룩하는 것이 필요하다. 다시 말해 경제의 원칙에 의거 공장자동화도 자동화로 인한 투자효과를 극대화시킬 수 있는 방향으로 추진되어야 한다.

본 연구는 기업이 막대한 예산을 투입하여 구현한 공장자동화 시스템이 과연 그 만큼의 투자가치를 지니게 되는지를 이에 투자된 비용과 이로 인해 증가된 생산성에 기초하여 비교분석하고자 한다. 이를 위해 산업동태학(Industrial Dynamics)에서 다루는 연속적 시뮬레이션 모델에 몬테칼로

법을 가미하여 자동화로 인한 여러 가지 긍정적 효과 및 부정적 효과들을 복합적으로 고려하면서 공장자동화가 궁극적으로 기업의 생산성 향상에 미치는 영향을 분석하게 된다. 즉 공장자동화가 생산성 향상에 미치는 영향에 관한 실증적 고찰[1]에 기초하여 공장자동화로 인한 생산조직내의 변화 요인을 중심으로 이들 요소들 사이의 상호관계를 확률에 기초한 수리적 모델로 변형시킨 후 연속적 시뮬레이션 모델을 통해 분석하여 공장자동화의 도입 효과를 증가된 제조 생산성을 중심으로 파악하고 측정할 수 있는 모델을 개발하게 된다. 따라서 본 연구의 목적은 개발된 시뮬레이션 모델을 통해 미리 공장자동화의 도입 효과를 예측하여 이를 의사결정에 반영시키므로 막대한 비용이 투입되는 공장자동화의 도입이나 자동화 추진 과정에서 범할지도 모를 시행착오를 줄이고 보다 효율적으로 주어진 여건이나 특성에 맞는 공장자동화의 도입을 추진할 수 있는 하나의 방법을 제시함에 있다.

본 연구는 가정과 한계를 포함하고 있다. 공장자동화로 인해 변화하는 작업환경의 개선, 근로자의 사기진작 등 생산현장의 특성이 정성적(qualitative)인 요소인데 반해 공장자동화의 도입비용, 도입규모, 이로 인해 증가된 생산량 즉 도입효과 등은 모두 정량적인(quantitative) 수치이고 더우기 시뮬레이션 기법 자체가 의미있는 수치(ratio scale)를 요구하므로 일정한 가정을 통해 모든 정성적 요소를 계량화시켰다. 또한 공장자동화의 도입 효과를 측정하는데 객관적 자료의 결핍으로 관련 전문가의 주관적 견해나 경험에 의존할 수밖에 없었다. 하지만 이러한 연구의 가정과 한계에도 불구하고 공장자동화로 인한 생산성의 변화를 예측하고 생산조직내의 요소 상호간의 연관성을 통해 공장자동화의 효율적 도입방법을 제시함으로써 보다 적절하게 무한 경쟁시대의 기업 환경에 대처하며 효과적으로 생산성 향상에 일조할 수 있음에 본 연구의 의의가 있다.

## 2. 문헌연구

1973년 1차 오일쇼크 이후 생산성 향상 운동이 일본을 선두로 세계 각국에서 일어나기 시작한 이래로 생산성을 향상시키기 위한 많은 연구와 노력이 진행되었다. 초기 대부분의 연구는 생산성을 증가시킬 수 있는 방법론적인 측면에서 시도되어 새로운 생산시스템의 고안이나 작업방법의 개선 등에 치중되었다. 그러다가 80년대 들어 이들 제도나 방법이 생산성 향상에 기여한 효과를 측정하려는 시도가 이루어지면서 구체적인 측정방법으로 동태적 최적모델[3]이나

입력과 출력에 기초한 평가방법[4] 등이 이용되고 또한 많은 실증적 연구도 수행되었다[2].

하지만 지금까지 발표된 공장자동화의 도입효과 측정방법에 관한 연구는 대부분 계량경제모델이나 통계적 분석방법에 의존하여 수행되었고[6] 다분히 추상적이며 정성적인 요소를 중심으로 이루어졌다. 또한 연구의 내용도 이론적인 체계나 설문조사를 통해 공장자동화 시스템이 기업의 생산현장에 미치는 영향을 주로 분석하였을 뿐 경영과학적 분석방법을 통해 보다 객관적으로 공장자동화가 생산조직내의 여러 조직행태에 미치는 영향을 중심으로 공장자동화의 도입효과를 분석하지는 못했다.

본 연구는 공장자동화의 도입효과를 측정하기 위한 분석방법으로 연속적 시뮬레이션 기법에 몬테칼로법을 가미한 기법을 이용한다. 연속적 시뮬레이션 기법에 몬테칼로법을 가미시킨 이유는 공장자동화의 도입으로 인해 영향을 받게 되는 요소 상호간의 상관관계가 일정치 않고 조직의 특성이나 크기에 따라 다르기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 공장자동화가 생산조직내의 조직행태를 구성하는 각각의 요소에 끼치는 복합적인 파급효과를 설문조사를 통해 수집, 파악하여 수집된 원시자료 그 자체를 몬테칼로법에 의해 재현시켜 요소 상호간의 상관관계를 나타내도록 하였다. 연구를 통해 구축된 연속적 시뮬레이션 모델은 시뮬레이션 언어인 SIMAN[6] 과 FORTRAN 프로그램을 통해 분석된다.

## 3. 연구방법

공장자동화가 생산조직에 미치는 영향을 살펴보면 일부는 공장자동화의 도입으로 인해 정(正)의 효과를 지니게 되지만 일부는 부(負)의 효과를 지니게 된다. 예를 들어 작업환경의 개선이나 불량품율의 감소, 제품의 질의 향상과 제조시간의 단축 및 작업량의 증가 등은 공장자동화의 도입으로 인해 기대할 수 있는 정의 효과이지만 반대로 공장자동화의 도입 비용이나 에너지 소비증가, 잉여 노동력의 해고, 새로운 생산설비나 작업방법의 개선을 위한 재교육비의 지출 등은 공장자동화의 도입으로 인해 발생하게 되는 부의 효과라고 할 수 있다. 물론 공장자동화로 인해 얻게 되는 정의 효과가 이로 인한 부의 효과를 훨씬 능가하게 되므로 일반적으로 기업이나 조직은 공장자동화를 도입하게 되지만 본 연구에서는 공장자동화의 도입 효과를 측정함에 있어 정의 효과와 부의 효과를 가져오는 요소 모두를 고려하였다.

공장자동화가 생산조직에 미치는 영향은 직접적인 영향과 간접적인 영향으로 나누어질 수 있다. 예를 들어 공장

자동화로 인해 작업환경이나 작업여건이 개선된다면 이것은 공장자동화의 직접적인 영향의 결과이고 작업환경이나 작업여건의 개선을 통해 작업자의 사기가 향상되고 나아가 불량품율이 떨어지게 된다면 이는 공장자동화의 도입으로 인해 파생되는 간접적인 영향의 결과라고 할 수 있다.

공장자동화가 생산성에 미치는 영향은 시간의 흐름에 따라 그 정도를 달리하게 된다. 즉 공장자동화 도입 비용이나 공장자동화로 인한 작업 방법이나 작업환경의 개선 효과 등은 공장자동화의 도입과 동시에 발생하지만 제품의 질의 향상, 불량품율의 감소, 잉여 노동력의 발생 등은 공장자동화의 도입 후 일정 시점이 지난 상태에서 서서히 나타나게 된다. 본 연구에서는 분석의 편의상 영향의 파급기간을 단기, 중기, 장기로 나누어 단기는 그 파급효과가 1 개월 이내에 나타나는 경우에, 중기는 3 개월 이내에 나타나는 경우에, 장기는 6 개월 이내에 나타나는 경우에 각각 적용하였다.

연속적 시뮬레이션 모델을 통해 공장자동화의 도입 효과를 분석하기 위해 먼저 공장자동화의 도입으로 인해 영향을 받게 되는 조직 내의 여러 가지 요소들을 파악한 후 이들 요소 상호간의 연관성을 추정해야 되는데 이에 관한 연구는 이미 수행되었으므로[1] 본 연구에서는 이를 원용하였다. 본 연구에 이용된 요소상호간의 연관성을 도표로 나타내면 [그림 1]과 같다.

[그림 1]에 나타난 화살표는 한 요소가 다른 요소에 대하여 영향을 주는 것을 나타내고 있는데 화살표가 시작하는 쪽의 요소는 독립적인 요소가 되고 화살표가 가리키는 방향의 요소는 종속적인 요소가 된다. 또한 [그림 1]에서 어떤 요소는 하나의 화살표만을 갖고 있지만 다른 요소는 여러 개의 화살표를 갖고 있는데 이때 여러 개의 화살표를 갖게 되는 요소는 그 만큼 해당 요소에 영향을 미치게 되는 요소, 즉 독립변수의 수를 많이 갖게 된다.

[그림 1]에는 한 요소가 다른 요소에 주는 영향의 방향은 표시되었지만 얼마 만큼의 영향을 준다는 것과 그 만큼의 영향을 미치는 데 있어 소요되는 시간 즉 시차(time-lag)는 표시되지 않았다. 하지만 확률적 시뮬레이션 모델을 통해 공장자동화의 도입효과를 분석하기 위해서는 [그림 1]에 나타난 요소들을 중심으로 공장자동화로 인해 이들 요소가 어느 정도 변화하게 되는지를 파악하고 이러한 변화를 끝내는데 소요되는 시간을 결정해야 하는데 이 역사가 수행된 연구[1]에서 설문조사를 통해 파악되었으므로 이를 원용하였다. 기 수행된 연구에서 제시된 요소 상호간의 연관계수의 평균, 최대,최소값 그리고 이들의 시차를 표로 나타내면 아래 [표 1]과 같다. 본 연구에서 공장자동화의 도입효과를 측정하기 위해 먼저 [표 1]에 나열된 요소 사이의 상관관계를 중심으로 확률적 모델을 구성한 후 이를 시뮬레이션 언어인 SIMAN을 이용하여 분석하였다. 즉 요소

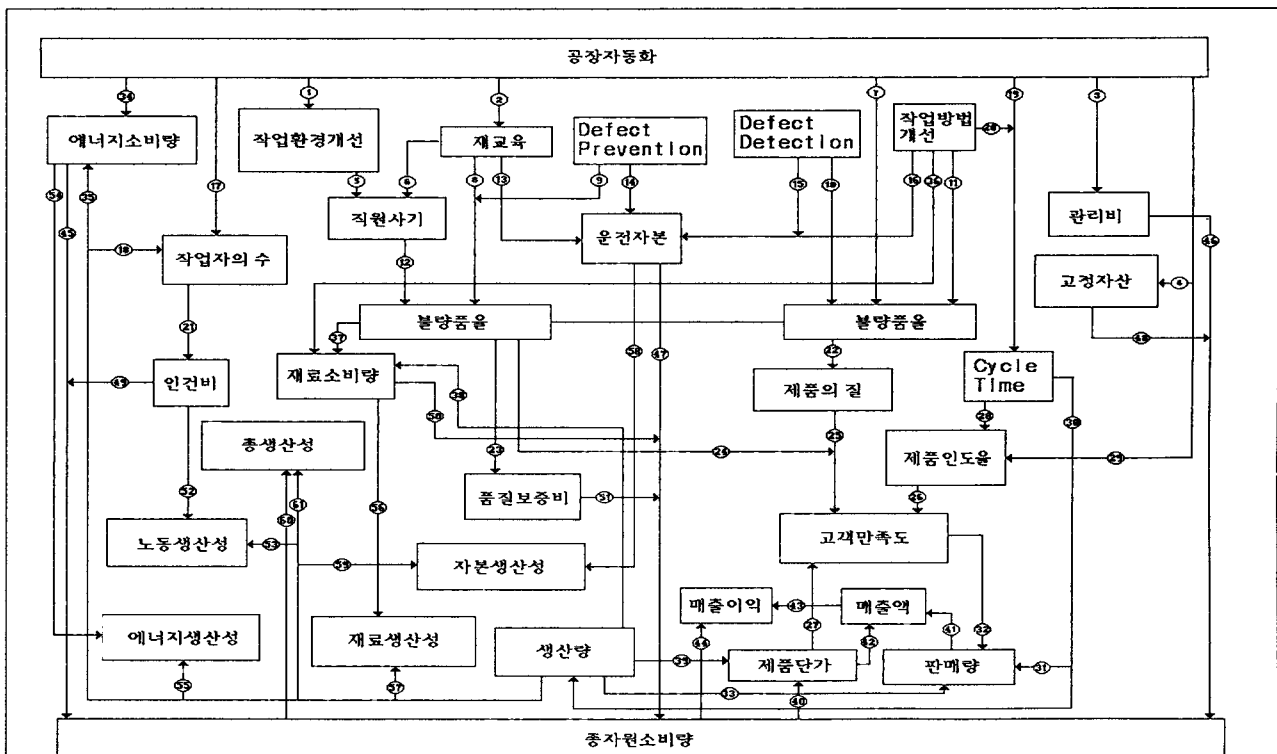


그림 1. 요소상관분석표

표 1. 설문조사의 결과에 근거한 요소상호간의 연관성

번호	종속변수	독립변수	연관성 최소값 평균 최대값	시차
1	작업환경개선	공장자동화	.603	1개월
2	작업환경개선	공장자동화	.66	1개월
3	작업환경개선	공장자동화	.025	1개월
4	고성능생산기	공장자동화	1.0	1개월
5	고성능생산기	작업환경개선	1.097	6개월
6	직접원사기	재교육	.938	3개월
7	불량률	공장자동화	-.528	3개월
8	불량률	재교육	-.682	6개월
9	불량률	Defect Prevention	-.893	3개월
10	불량률	Defect Detection	-.378	3개월
11	불량률	작업방법개선	-.646	3개월
12	불량률	직접원사기	-.127	1개월
13	안전사고	재교육	1.0	1개월
14	안전사고	Defect Prevention	1.0	1개월
15	안전사고	Defect Detection	1.0	1개월
16	안전사고	작업방법개선	-.405	1개월
17	작업자의 수	공장자동화	-.27	3개월
18	작업자의 수	생산량	.472	3개월
19	Cycle Time	공장자동화	-.633	1개월
20	Cycle Time	작업방법개선	-.707	1개월
21	인건비	작업자의 수	1.0	1개월
22	제품의 질	불량률	-.355	1개월
23	제품의 질	불량률	-.55	1개월
24	고객만족도	불량률	-1.03	6개월
25	고객만족도	제품의 질	.947	6개월
26	고객만족도	제품인도율	1.003	6개월
27	고객만족도	제품단가	-.908	3개월
28	제품인도율	Cycle Time	-.498	1개월
29	제품인도율	공장자동화	.331	1개월
30	생산량	Cycle Time	-1.0	1개월
31	판매량	Cycle Time	-.422	1개월
32	판매량	고객만족도	.903	3개월
33	판매량	생산량	.43	1개월
34	에너지소비량	공장자동화	.49	1개월
35	에너지소비량	생산량	.503	1개월
36	재료소비량	작업방법개선	.335	1개월
37	재료소비량	불량률	-1.0	1개월
38	재료소비량	생산량	1.0	1개월
39	제품단가	생산량	-.26	1개월
40	제품단가	총자원소비량	-	-
41	매출액	판매량	-	-
42	매출액	제품단가	-	-
43	매출액	매출액	-	-
44	매출액	총자원소비량	-	-
45	총자원소비량	에너지소비량	-	-
46	총자원소비량	관리비	-	-
47	총자원소비량	운전자본	-	-
48	총자원소비량	고정자산	-	-
49	총자원소비량	인건비	-	-
50	총자원소비량	재료소비량	-	-
51	총자원소비량	제품질보증비	-	-
52	노동생산성	인건비	-	-
53	노동생산성	생산량	-	-
54	에너지생산성	에너지소비량	-	-
55	에너지생산성	생산량	-	-
56	재료생산성	재료소비량	-	-
57	재료생산성	생산량	-	-
58	자본생산성	운전자본	-	-
59	자본생산성	생산량	-	-
60	총생산성	총자원소비량	-	-
61	총생산성	생산량	-	-

상호간의 연관성을 나타내는 수리적 모델이 FORTRAN 프로그램으로 변환된 후 이는 다시 SIMAN 속에서 부 프로그램으로 호출되어 SIMAN 실험체계 화일에 정의된 여러 가지 실험 조건에 따라 분석되었다. 분석결과는 SIMAN에서 정한 출력 형태를 좇아 각각의 요소에 대한 평균값, 최대값, 최소값 등을 출력하게 되는데 생산성과 관련된 요소들의 값의 변화를 관찰하므로 공장자동화의 도입효과를 측정하게 된다.

#### 4. 실증적 분석

지금까지 방법론적인 측면에서 공장자동화의 도입효과를 분석할 수 있는 시뮬레이션 모델에 대하여 설명하였다. 이제 본 연구를 통해 제시된 시뮬레이션 모델을 검증하고 동 모델을 이용하여 공장자동화의 도입효과를 측정하는 방법을 설명하기 위해 [그림 1]에 나타난 요소 상호간의 연관성을 이용하여 실제로 공장자동화의 도입 효과를 측정해보고자

한다. 공장자동화가 생산조직내의 각 행태요소에 미치는 영향의 정도는 설문조사를 통해 얻어진 [표 1]의 결과를 이용하여 기초하여 생산조직 내의 각 요소별로 총 27 개의 수식을 정의하여 이들로 실증적 분석을 위해 필요한 수리적 모델을 구성하였다. 그리고 각 요소의 초기 값으로 정성적(qualitative) 요소인 경우에는 1 을, 정량적(quantitative) 요소인 경우에는 설문조사를 통해 얻어진 값을 이용하였다. 이들 27 개의 수식을 종속변수를 기준으로 열거하면 [표 2]와 같다.

실제로 공장자동화의 도입 효과를 측정하기 위해 [표 2]에 정의된 수리적 모델을 SIMAN 언어와 결합시켜 시뮬레이션 분석을 수행하였는데 실증적 분석은 공장자동화의 수준을 현재보다 10% 향상시켰을 경우를 가정하고 이로 인해 공장자동화의 도입 후 1 년 간에 걸쳐 파생되는 조직행태에 미치는 영향의 정도를 1 개월 단위로 파악하면서 공장자동화의 도입으로 인해 총생산성이나 노동생산성 등이 어떻게 변하고 있는지 살펴보았다.

표 2. 실증적 분석을 위한 수리적 모델(연관계수로 평균값만을 기술하였음)

관리비 = 공장자동화의 투자액 * .025	고정자산 = 공장자동화의 투자액 * 1.0
재교육 = 공장자동화의 변화율 * .66	작업환경개선 = 공장자동화의 변화율 * .603
직원사기 = 작업환경개선율*1.1 + 재교육의 변화율*.938	
불량품율 = -직원사기*.127-작업방법개선*.65-공장자동화*.53-defect prevention*.89-defect detection*.378-재교육*.682	
제품의 질 = -불량품율의 변화 * .355	품질보증비 = -불량품율의 변화 * .55
CYCLE TIME = - 공장자동화*.633 - 작업방법의 개선율*.71	제품인도율 = 공장자동화*.33 - cycle time 변화율*.5
생산량 = 총작업시간 / cycle time	작업자의 수 = 생산량 * .47 + 공장자동화의 변화율*.27
인건비 = 작업자의 수 * 월 평균임금	
에너지소비량 = 공장자동화의 변화율*.49 + 생산량의 변화율 * .5	
재료소비량 = 생산량의 변화율*1.0 -작업방법개선율*.34 + 불량품율*1.0	
운전자본 = 재교육의 변화*1.0 + defect prevention 추가투자*1.0 + defect detection 추가투자*1.0 - 작업방법의개선*.41	
총자원소비량 = 에너지소비량+인건비+재료소비량+운전자본+고정자산*.01 + 품질보증비+관리비	
제품단가 =(1-생산량의 변화율 * .26)* (총자원소비량 / 생산량)	
고객만족도 =제품인도율의 변화*1.003-제품단가의 변화*.908+제품의 질의 변화*.947 - 불량품율의 변화*1.03	
판매량 = 고객만족도의 변화율*.9 - cycle time의 변화율*.422 + 생산량변화율*.43	
매출액 = 판매량 * 제품단가	매출이익 = 판매액 - 총자원소비량
노동생산성 = 생산량 / 노동비	재료생산성 = 생산량 / 재료소비량
에너지생산성 = 생산량 / 에너지소비량	자본생산성 = 생산량 / 운전자본
총생산성 = 생산량 / 총자원소비량	

[표 3]은 실증적 분석의 결과로서 공장자동화의 수준을 현재보다 10% 향상시켰을 때 이로 인해 생산조직에 미친 영향을 1 년 동안 관찰한 결과를 조직행태를 나타내는 각 요소별로 평균값(average), 표준편차(standard deviation), 최소값(minimum value), 최대값(maximum value)으로 나누어 보여주고 있다. [표 3]에 나타난 시뮬레이션 분석결과를 살펴보면 공장자동화를 현 수준보다 10% 향상시켰을 때 제품의 질은 2.5% 향상되고, 작업환경은 28% 개선되었으며, 불

량품율은 13.2% 감소하고 직원사기는 29% 이상 향상되었다. 하지만 근무직원의 수는 반대로 현 수준보다 5.3% 줄고, 에너지소비량도 현재보다 약 11.9% 정도 늘어났다. 공장자동화의 도입에 있어 그可否를 정하는 데 결정적인 요인으로 작용하게 되는 생산성의 변화를 살펴보면 총생산성은 17.9%, 노동생산성은 27.3%, 재료생산성은 1.4%, 그리고 에너지 생산성은 11.3% 증가하였다.

[표 3]에서 제시된 시뮬레이션 분석결과에 기초하여 기

표 3. SIMAN 을 이용한 시뮬레이션 분석 결과

SIMAN Summary Report

Run Number 1 of 1

Project: PRODUCTIVITY SIM  
Analyst: Y.H.PARK  
Date : 10/ 5/1999

Run ended at time : .1200E+02

Continuous Change Variables

---

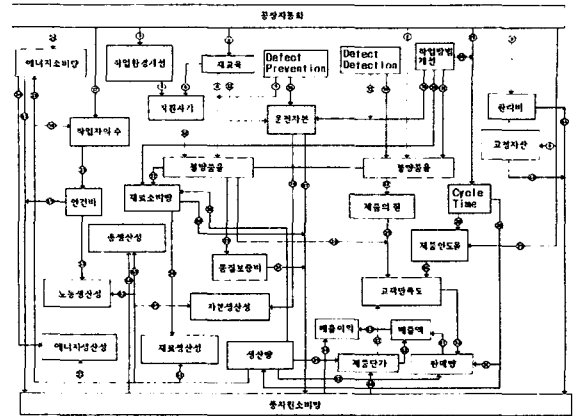
Number Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1 HI_TECH	.9074E+07	.2855E+06	.8574E+07	.9074E+07	.1200E+02
2 WORK METHOD	685000.00	344.72	685000.00	685000.00	12.00
3 DEFECT PREVENTIO	715900.00	.00	715900.00	715900.00	12.00
4 DEFECT DETECTION	500000.00	.00	500000.00	500000.00	12.00
5 MAINTENCE COST	226850.00	7137.20	214350.00	226850.00	12.00
6 TOTAL FACILITY	.7825E+09	.2123E+07	.7820E+09	.7825E+09	.1200E+02
7 TRAINING	676228.60	16852.68	651000.00	676228.60	12.00
8 QUAL WORK LIFE	1.27964	.10973	1.00000	1.29964	12.00
9 WORKER ATTITLDE	1.36256	.12874	1.00000	1.36256	12.00
10 SCRAP & REWORK	1.13220	.00000	1.00000	1.14002	12.00
11 QUAL FIN GOODS	1.02534	.00572	1.00000	1.00234	12.00
12 WARRANTY COST	540000.00	.00	539540.10	540000.00	12.00
13 CYCLE TIME	2.82200	.09365	2.21169	2.82200	12.00
14 ON TIME DELI	1.12644	.05620	1.00000	1.12644	12.00
15 AMOUNT OF PROD	.7656E+08	.5376E+07	.6000E+08	.7656E+08	.1200E+02
16 NLM OF WORKER	6750.00	.00	6380.06	6756.00	12.00
17 LABOR COST	.1690E+08	.0000E+00	.1597E+08	.1690E+08	.1200E+02
18 ENERGY COSUMP	285436.70	13191.33	250000.00	286492.70	12.00
19 MATERIAL	.1761E+08	.1209E+07	.1390E+08	.1761E+08	.1200E+02
20 WORKING CAP	.1103E+08	.6285E+05	.1100E+08	.1103E+08	.1200E+02
21 TOTAL RES CON	.4307E+08	.1338E+07	.3974E+08	.4307E+08	.1200E+02
22 UNIT COST	.66391	.00000	.56253	.66391	12.00
23 CUSTOMER SAT	1.15853	.06122	.99775	1.15853	12.00
24 SALES	.7401E+08	.5087E+07	.5986E+08	.7401E+08	.1200E+02
25 SALES VOLUME	.3016E+08	.7158E+07	.1014E+08	.3016E+08	.1200E+02
26 PROFIT	.3098E+08	.3633E+07	.2002E+08	.3098E+08	.1200E+02
27 TOTAL PRODUCTIVI	1.17918	.06702	1.00251	1.18318	12.00
28 LABOR PRODUCTIVI	1.27398	.10459	1.00000	1.30938	12.00
29 MATERIAL PROD	1.01409	.01014	1.00000	1.00709	12.00
30 ENERGY PRODYTY	1.11210	.04782	1.00000	1.12202	12.00
31 CAPITAL PROD	1.27303	.08875	1.00000	1.27303	12.00

업의 최고 의사결정자는 추가적인 공장자동화의 도입여부를 결정하게 된다. 즉 비용효과분석(cost-benefit analysis)을 통해 생산성의 증가로 나타나는 공장자동화의 도입효과를 화폐단위로 환산한 후 이에 소요되는 비용과 비교하므로 공장자동화의 도입에 따른 최적의 의사결정을 내릴 수 있게 된다.

## 5. 결론

지금까지 연속적 시뮬레이션 모델을 이용하여 기업 내에 복합적인 파급효과를 지나게 되는 공장자동화의 도입효과를 확률적 접근방법에 의거 분석 파악하고 측정할 수 있는 방법을 제시하였다. 즉 공장자동화로 인해 긍정적이든, 부정적이든 조직의 변화를 초래하게 되는 요소를 파악한 후 이들 요소 상호간의 연관 관계에 기초하여 공장자동화의 도입이 시간의 흐름에 따라 생산조직에 어떤 파급효과를 가져오게 되는지를 몬테칼로법을 응용한 연속적 시뮬레이션 기법을 이용하여 생산성 제고 측면에서 측정·평가할 수 있는 분석방법을 제시하였다. 또 실증적 분석을 통해 본 연구에서 제시된 평가모델을 검증하고 공장자동화의 수준을 현재보다 10% 향상시켰을 때 시간의 흐름에 따라 각종 생산성 관련 지표들이 어느 정도 향상되었는지 살펴보았다.

본 연구를 통해 개발된 시뮬레이션 모델을 이용하므로 기업은 막대한 비용이 소요되는 공장자동화를 시행하기 전 미리 도입 타당성 검토를 통해 주어진 여건에 맞는 최적의 공장자동화의 종류, 수준, 및 도입시점 등을 결정할 수 있게 된다. 하지만 본 연구의 결과를 활용하기 위해서는 생산현장마다 공장자동화의 도입으로 인해 영향을 받는 요소나 이들이 생산조직에 미치는 영향의 정도가 다를 수 있으므로 먼저 본 연구에서 제시된 수리적 모델의 요소나 이들의 상관관계를 주어진 여건에 맞도록 수정하는 작업이 선행되어야 한다. 결론적으로 공장자동화를 추진하고자 하는 기업이나 조직은 본 연구를 통해 제시된 분석 방법과 절차를 따라 공장자동화의 도입으로 인하여 증가하는 생산성을 측정하여 투자비용 대비 투자효과가 기대 이상일 경우에는 공장자동화를 추진하고 아니면 공장자동화를 수정·보류하거나 조직의 체계나 제조방법 등을 개선한 후 추진하므로 보다 효율적으로 공장자동화의 도입방법을 결정할 수 있을 것이다.



## 참고문헌

- [1] 박 영 흥, "공장자동화가 생산성 향상에 미치는 영향에 관한 실증적 고찰", 한국경영학회 강원지회 경영학 연구 제 8 권 67-79, 1995. 12.
- [2] Harper, Michael; Berndt, Ernst R; Wood, David, Rates of Return and Capital Aggregation Using Alternative Rental Prices, Working Paper, Bureau of Labor Statistics Working Paper: 170, July 1987, pages 57
- [3] Morrison, Catherine J., Productivity Measurement with Nonstatic Expectations and Varying Capacity Utilization: An Integrated Approach, National Bureau of Economic Research Working Paper:1561, Feb. 1985.
- [4] Rymes, Thomas K., The Measurement of Multifactor Productivity in an Input-Output Framework: New Canadian Estimates, Proceedings of an International Meeting organized by the Austrian Statistical Society, Austria, 19-25 May, 1985.
- [5] Pegden, C. Dennis, 1983, Introduction to SIMAN, Systems Modeling Corporation, State College, PA.
- [6] Slade, Margaret E., Value Added Total-Factor-Productivity Measurement: A Monte Carlo Assessment, University of British Columbia Department of Economics Discussion Paper: 85-36, July 1985, pages 30.