

실험계획 전문가 시스템*

김성인·문순환**

An Expert System for Design of Experiment

Sung-In Kim, Soon-Hwan, Moon

(Abstract)

The Artificial Intelligence Lab of Industrial Engineering Department, Korea University is continuing to develop expert systems for quality control methods such as acceptance control, process control and reliability analysis. As a series of these efforts, this paper concerns an expert system for design of experiment.

The system includes factorial experiments, response surface methodology and Taguchi method. PROLOG is used as a language with dBASE III+ for the data base management system and C for calculations and graphics. This system selecting the appropriate method and analyzing the data obtained can be implemented on an IBM PC 386 or a higher level machine.

1. 서론

우리나라 제품의 품질이 상당한 수준에 있다고 자타가 인정하고 있다. 예를 들면 자동차나 전자제품은 그런대로 만족할 만한 디자인에 기능을 갖추고 있고 상당량이 수출되고 있다. 그러나 일본 제품과 비교하면 약간은 떨어져 있는 것이 사실이다. 디자인도 약간은 떨어지고 기능도 약간은 부족하며 성능도 고장이 많고 수명도 짧다.

제품에 따라서 이 수준의 차이는 아주 작은 것으로 눈에 보이지 않고 다만 느낌일 수도 있다. 그러나 이러한 조그마한 차이를 극복하지 못하면 우리 제품은 만년 2류에 머물고 만다. 이제는 더 이상 현재의 품질 수준에 만족할 때가 아니고 세계 최고가 되도록 노력할 때이다. 여기에서 문제는 이 약간의 차이를 극복하기 위하여는 배전의 노력과 투자가 필요하다는 것

이다.

일본이 오늘날과 같은 번영을 이룩하고 세계 최고의 품질을 획득한 데에는 그들의 품질관리가 가장 큰 공헌을 하였다고 자타가 인정하고 있다. 우리나라에서도 국내외의 치열한 경쟁을 이기고 품질 및 생산성을 향상시키기 위하여는 품질관리만이 유일한 길이라는 것이 널리 인식되어 있기는 하다. 품질관리를 실천하고 있는 기업이 4,000 여를 넘고 있고, 전국 근로자의 반수에 가까운 100 만명 이상의 근로자가 품질관리 분임조에 참여하고 있다는 숫자가 이를 말하여 준다. 이제는 품질관리가 우리나라의 숲 산업에 정착되었다고 보는 것이 일반적인 견해이다.

그러나 우리나라의 품질관리가 아직도 전문화, 고급화되기에는 많은 난관이 있다. 가장 큰 이유는 품질관리를 제대로 아는 전문가가 부족하기 때문이다. 인공지능의 한 분야인 전문가 시스템은 이러한 문제를

* 이 연구는 한국과학재단의 목적기초연구와 국방과학연구소의 기초연구의 연구비 지원으로 이루어졌음.

** 고려대학교 공과대학 산업공학과

극복할 수 있는 방법이 된다. 이러한 관점에서 고려 대학교 인공지능연구실에서는 다양한 품질관리 기법을 전문가 시스템으로 개발하는 연구를 계속하여 오고 있다. 현재 개발이 끝난 검사운영 전문가 시스템은 생산된 제품 또는 부품의 품질을 검사함으로써 저품질 제품의 방출을 억제한다[2], [3]. 이 시스템은 수많은 검사 방법 중에서 검사의 목적, 생산 조건, 생산 환경에 따라 적합한 방법을 선정하여 준다. 그리고 검사의 적용에 따라 품질이 향상되면서 전수검사, 샘플링검사, 무검사로의 운영을 시스템으로 다룬다.

한편, 제품의 검사 이전에 제품이 생산되는 공정에서 좋은 품질의 제품을 생산하는 것이 중요하다. 본 연구실에서 개발한 공정관리 전문가 시스템은 이러한 관점에서 공정의 이상 유무를 판단하고, 이상이 있다고 판단될 때에는 그 원인을 찾고, 시정조치를 제시하여 준다[4]. 이밖에 신뢰성(수명) 관리 전문가 시스템도 개발되어 있다[5].

그러나 제품의 검사나 공정관리 이전에 더 중요한 것은 제품 또는 공정에서 결함이나 불량률의 주요인이 될 인자들을 분석, 조정함으로써 최적의 설계를 달성하여 높은 품질의 제품을 저렴한 비용으로 생산하는 것이다. 이러한 라인외 품질관리(off-line quality control) 기법이 실험계획이다[6]. 품질관리의 발전 추세를 살펴보면 제품검사나 공정관리의 비중이 줄어들고 있고 연구개발 단계에서 실험계획을 이용한 품질관리가 최근 더욱 강조되고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 제품검사나 공정관리 중심의 품질관리로는 제품 고유의 품질수준을 향상시킬 수 없기 때문이다. 품질관리 활동은 실험계획이 적용 가능한 제품의 설계 단계에서 이루어지는 것이 바람직하고, 늦어도 공정의 설계 단계에서 이루어져야 한다. 이러한 실험계획에 대한 중요성이 인식되고 있어 많은 연구가 이루어져 오고 있다.

그러나 실험계획 역시 그 기법을 적절히 적용하려면 많은 전문 지식과 경험이 필요하다. 최적의 제품 설계 또는 공정설계를 위한 실험계획에서 이에 대한 지식이 부족한 실험자는 최적의 설계와는 동떨어진 결과를 낳게 하는 실험계획 방법을 선택한다. 또는 적절한 실험계획 방법을 선택한 경우에도 얻어지는 데

이타를 잘못 분석할 수 있다. 이로 인하여 설계에 영향을 주는 중요한 인자의 효과가 다른 인자의 효과 때문에 가려지는 경우가 생기며, 따라서 실험자는 실제로 가장 중요한 인자를 무시하거나 중요하지 않다고 판단할 수도 있다.

이와 같이 적절한 실험계획 방법의 선택, 올바른 실험분석을 통한 제품 또는 공정의 설계는 대단히 중요하고 어려운 작업이므로 품질관리 전문가의 지식 및 경험이 필요하다. 이에 대한 기존의 응용 통계 소프트웨어 패키지들은 적용할 실험계획 방법을 구체적으로 알고 있어야 사용이 가능하다. 본 연구에서는 인공지능을 이용한 전문가 시스템을 개발하여 전문 지식이 부족한 실험자(사용자), 더 나아가서 전문 지식이 거의 없는 실험자도 적합한 실험계획 및 분석을 할 수 있도록 도움을 주고 시스템을 운용하도록 한다.

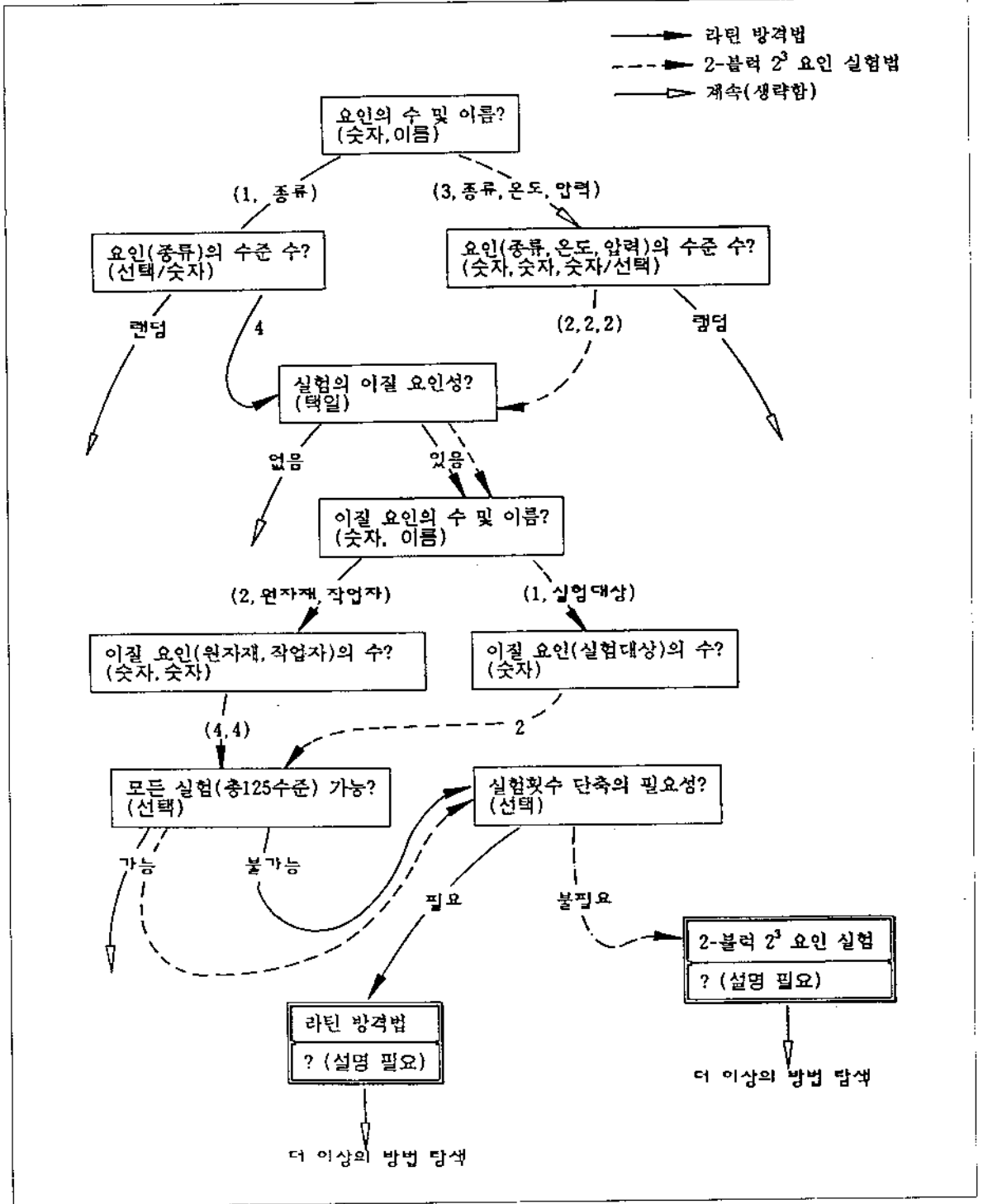
제2절에서는 전문가 시스템 구축을 위하여 실험계획의 여러 기법을 구체적이고 체계적으로 분류하며, 방법을 선정하는 방법론을 제시한다. 제3절에서는 전문가 시스템 구축을 위하여 본 연구에 적합한 언어 및 개발 도구(tool)를 선정하고, 지식 획득, 지식 표현 및 추론 기관을 언급하며, 사용자 대화 기능, 설명 기능 등을 설계하고 하드웨어와 소프트웨어를 설명한다. 아울러 시스템을 평가한다.

2. 지식 베이스

본 논문에서 다루는 내용은 기존에 연구된 실험계획 방법들의 체계화를 통하여 주어진 문제의 형태에 알맞는 실험계획 방법을 선택하고 분석하는 인공지능의 한 분야인 전문가 시스템을 구축하는 것이다.

이 시스템에는 다음의 실험계획 방법들이 포함된다.

- 실험에 고려되는 여러 인자들의 효과를 구하는데 유용한 요인배치법(factorial design)
- 이산적인 값보다 연속적인 값을 갖는 적은 수의 인자들의 효과에 대하여 수리적인 모델을 이용해서 최적의 수준을 찾는 반응표면 방법(response surface methodology)
- 제품 성능을 반영하는 특성치의 변동에 영향을



(그림 1) 방법 선정의 예

주는 잡음(noise)들을 실험에 포함시켜, 그 잡음들에 둔감한(robust) 제품설계나 공정설계를 하는데 유용한 다구치 방법(Taguchi method).

- 실험 수준의 단축 여부
- 교호 작용의 유무
- 반복 실험 여부, 등

요인배치법의 방법들은 다음과 같이 분류된다. 그러나 구체적인 방법은 이 중 어느 하나에만 속하지 않고 이들의 여러가지 조합으로 나타난다.

- 완전 배치법
- 완전 블럭계획법
- 불완전 블럭계획법
- 교락법
- 일부 실시법
- 라틴 방격법 및 그레코 라틴 방격법
- 분할법
- 지분 실험법
- 확정 효과 모델
- 확률 효과 모델, 등.

이들 고려 항목에 대하여 질문이 주어지며, 응답의 종류에 따라 그 다음 질문이 결정된다. 질의, 응답이 계속되어 구체적인 방법이 선택될 수 있는 경우에 이르면 선정된 방법이 제시된다. 질문은 총 54개로 이루어져 있으며, 같은 질문과 같은 종류의 응답이라든가 묻어지는 순서에 따라 선정되는 방법이 다르게 된다.

반응표면 방법에는 다음과 같은 방법들이 포함된다.

- 중심합성계획법
- 회전계획법
- EVOP(Evolutionary Operation)법
- 심플렉스법, 등.

다구치 방법[8]에 대하여는

- 시스템 설계
- 파라미터(parameter) 설계
- 허용차 설계 등

주로 운용 과정을 지시한다.

이제 요인 배치법을 주로 하여 이 시스템의 지식 베이스를 설명한다. 여러가지 방법들에 대한 선정은 주어지는 상황에 따라 결정된다. 예를 들어 요인배치법에서는 다음과 같은 상황이 고려된다.

- 요인의 수
- 각 요인 수준의 수
- 수준의 랜덤성
- 실험 대상의 균일성
- 실험 순위의 랜덤성

실험계획 전문가 시스템

다음과 같은 8가지 조합에 대하여 실험하십시오.

블럭-1 실험대상-1			블럭-2 실험대상-2		
요인-1	요인-2	요인-3	요인-1	요인-2	요인-3
종류	종류	종류	종류	종류	종류
실험-1	1	1	1	1	1
실험-2	2	2	2	2	2
실험-3	2	1	2	1	1
실험-4	1	2	2	2	2
실험-5	1	1	1	1	1
실험-6	2	2	2	2	2
실험-7	1	2	1	1	2
실험-8	1	2	2	2	2

실험이 성공하면 ? : 누르십시오.

〈그림 2〉 라틴 방격법에 의한 실험 지시 화면

실험계획 전문가 시스템

다음과 같은 16가지 조합에 대하여 실험하십시오.

요인-1 인자계			요인-2 작업자		
요인-1	요인-2	요인-3	요인-1	요인-2	요인-3
종류	종류	종류	종류	종류	종류
실험-1	1	1	1	1	1
실험-2	2	1	2	1	2
실험-3	3	1	3	1	3
실험-4	4	1	4	1	4
실험-5	4	2	2	2	1
실험-6	1	2	2	3	2
실험-7	2	2	3	1	3
실험-8	3	2	4	1	4
실험-9	3	3	3	2	1
실험-10	4	3	4	2	2
실험-11	1	3	1	3	3
실험-12	2	3	2	3	4
실험-13	2	4	2	4	1
실험-14	3	4	3	4	2
실험-15	4	4	4	4	3
실험-16	1	4	1	4	4

실험이 성공하면 ? : 누르십시오.

〈그림 3〉 2-블럭 2° 요인 실험법에 의한 실험 지시 화면

각 방법에는 그 방법이 선정되는 질문의 순서 및 응답이 주어져 있다. 이것이 지식 베이스를 형성한다. 그림 1에 라틴 방격법과 완전 블럭 2⁸ 요인실험법이 선정되는 질문과 응답의 과정이 나타나 있다.

시스템은 각 방법이 선택되었을 때에 이 방법에 따른 운용 절차를 지식으로 갖추고 있다. 예를 들면 샘플의 수, 얻어야 할 데이터, 데이터의 분석 방법을 지식 베이스에 구축하고 있다. 그림 2와 그림 3은 각각 위에서 선정된 라틴 방격법과 완전 블럭(블럭수 2) 2⁸ 요인 실험법의 운용을 지시하는 화면을 보여준다. 이 예는 Walpole과 Myers의 교과서[9]에서 각각 예제 13.7과 예제 14.3의 내용이다.

3. 시스템의 구축

이 실험계획 전문가 시스템은 사용하는 언어, 지식 표현 방법, 기능에 있어서 기존의 검사운영 전문가 시스템[2],[3], 품질관리 전문가 시스템[4], 신뢰성(수명)관리 전문가 시스템[5]과 거의 같다.

1) 언어

인공지능 언어로서 LISP은 가장 널리 사용되어 왔으나, 정연하며 읽기 쉽고 문장 구성의 원리에 입각하여 만들어진 PROLOG의 출현에 의하여 그 사용도가 줄고 있다. 본 연구에서는 인공지능 프로그래밍 언어 중의 하나인 PROLOG를 사용하여 시스템을 개발한다. 퍼스널 컴퓨터(PC)에서 쉽게 운용되는 Turbo PROLOG를 사용하며, 메뉴 작성을 위하여 Turbo PROLOG Toolbox 내의 프로그램을 이용한다. 한편 계산이나 그래픽은 C 언어로 작성되고, 데이터 베이스는 dBASE III+로 구축된다.

2) 지식 획득 및 표현

본 연구에서의 지식은 실험계획 전문가로부터 직접 얻거나 품질관리 관련 서적들로부터 지식을 획득한다. 획득된 지식은 IF (condition) THEN (conclusion or

action)의 형태를 갖는 규칙(rule)을 사용하여 표현한다.

3) 기타 기능

대화 기능. 실험 환경에 가장 적합한 실험 방식을 선정하기 위하여 사용자는 시스템과 대화를 통하여 시스템이 제공하는 질문에 가장 적절한 응답을 한다.

설명 기능. 현재의 상황 설명 및 전문 용어 해석 등을 제공하는 설명 기능은 시스템과 사용자와의 효율적인 대화를 도와준다. 본 시스템에는 최적 실험방식을 선정하기 위하여 사용자는 현재의 실험 환경이나 업체, 부품 그리고 실험 항목에 관한 정보를 입력하여야 하는데 사용자 이해를 위하여 설명을 선택할 수 있도록 한다. 또한 품질관리의 각종 전문 용어의 설명이 필요한 경우 이를 해석하여 주어 사용자가 신속하고 정확하게 입력할 수 있도록 도와준다.

수행 척도를 볼 수 있는 기능. 각각의 실험 방식은 OC 곡선 등의 운영 능력의 척도(measures)를 가지고 있으므로 선정된 방식의 수행 능력을 평가하는 수단으로 이를 보여준다.

4) 시스템의 내용

소프트웨어의 메뉴는 그림 4에서와 같이 4개의 주 메뉴와 그에 따른 7개의 부메뉴로 구성된다.

(1) 도움

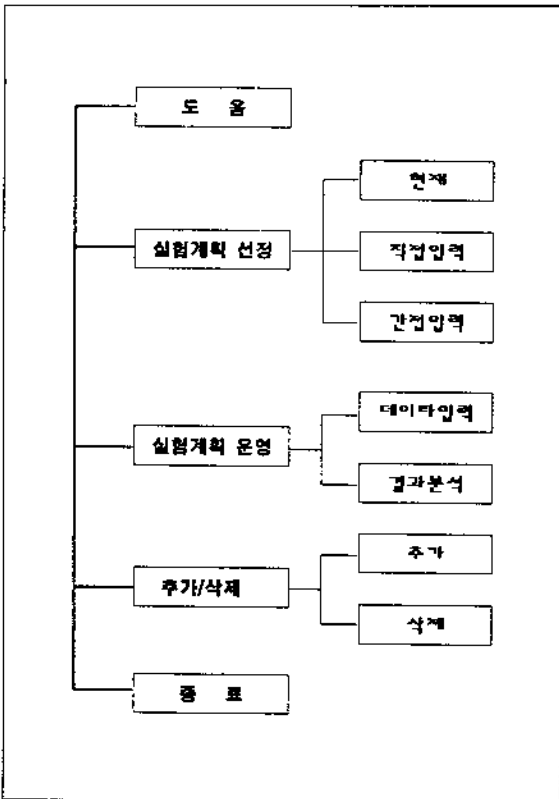
실험계획법 전문가 시스템의 소개, 용어 설명 및 사용법을 포함한다.

(2) 실험계획 선정

현재 기존에 설정된 실험항목 코드에 대해 실험계획 방법, 실험 자료, 평균표, 그래프, 분산분석표, 최적 설계조건들 중 원하는 결과를 보여준다.

직접입력 사용자가 어느 정도 실험계획에 관한 지식이 있을 때 화면에 나타나는 실험계획 방법을 직접 선택한다.

간접입력 시스템과 사용자와의 대화를 통하여 적절한 실험계획 방법을 시스템이 선택하여 준다.



〈그림 4〉 메뉴

(3) 실험계획 운영

입력된 자료로부터 시스템은 사용자에게 평균표, 그래프, 분산분석표, 최적 설계 조건, 등고선표들 중 원하는 결과를 화면에 나타내고, 이의 해석을 돕는다.

데이터 입력 필요한 데이터의 입력을 요인별, 반복 실험별로 지시한다.

결과 분석 가설의 검정, 모수의 추정, 분산분석 등을 수행한다.

(4) 추가/삭제

새롭게 실험을 행하고자 할 때 실험항목을 데이터베이스에 추가하거나 더 이상 관리할 필요가 없는 실험항목을 데이터베이스에서 삭제한다.

(5) 하드웨어

본 연구에서 개발한 실험계획 운영을 위한 전문가 시스템을 운용하기 위하여 갖추어야 할 컴퓨터 하드웨어의 구성은 다음과 같다.

기종: IBM PC AT 급 이상의 기종

기억용량: 640 KB 이상

운영 체제: 한글 DOS 버전 3.0 이상

그래픽 어댑터 카드: VGA 급 이상

한글 코드 체계: 조합형 한글 또는 완성형 한글

디스켓 드라이브: 5.25 인치 또는 3.5 인치

하드 디스크 드라이브: 약 15 MB. 단, 업체/부품/실험항목과 관련된 자료 양에 따라 추가 메모리 필요.

5) 시스템의 評價

시스템을 평가하기 위하여 수종의 교과서([7], [9] 등)에 나와 있는 여러가지 실험 방식들이 제대로 제시되는지를 시험하여 보았다. 시험 방법은 실험 환경을 가상하고 전문가 시스템이 예상된 실험 방식을 제안하는지를 알아보았다. 물론 예상된 실험 방식이 제시되지 않으면 차선의 대안들을 살펴보고 타당성을 검토한다. 그 결과 예측과 크게 벗어나는 경우는 없었다.

4. 결론

본 연구에서는 실험의 효율적인 관리를 위하여 실험 환경에 가장 적합한 실험계획 방식을 실험계획 전문가, 현장의 감독자, 실험원의 지식과 경험을 통하여 選定하여 주고, 실험 결과에 따라 실험을 관리, 운영 하는 전문가 시스템을 개발하였다. 고려하고 있는 검사 방식은 크게 3가지이며 이를 세분하면 80 여가지의 조합에 이른다.

본 시스템은 현재 보편화되어 있는 IBM PC AT 급 이상의 기종에서 개발되었다. 앞으로의 과제는 Affisco 와 Chandra[1]가 파악한대로 품질관리 전반을 위한 전문가 시스템을 구축하는 것이다. 본 연구에 이어서 품질관리 활동의 가시적인 효과와 비용을 산출하기 위한 품질 비용 시스템, 가설 검정, 모수추정 등의 통계적 분석을 위한 통계 전문가 시스템 등을 개발하고, 이들을 유기적으로 통합하는 작업이 필요하다.

참고문헌

1. Affisco, J. F. and Chandra, M., "Quality Engineering and Expert System," *Quality Engineering*, Vol. 3, No. 4, 1991.
2. Kim, Seong-in, "An Expert System Approach to Administer Acceptance Control," *Industrial Engineering*, June, 1993.
3. 김성인, 이춘섭, 양재열, 왕한철, "합리적인 검사 운영을 위한 전문가 시스템," 대한산업공학회지, 제17권, 제1호, 1991.
4. 김성인, 신용석, "통계적 공정관리를 위한 전문가 시스템," 산업공학, 제6권, 제1호, 1993.
5. 김성인, "무기체계 품질관리," 기초 연구 결과 보고서, 국방과학연구소, 1993.
6. Lee, N. S., Phadke, M. S. and Keny, R., "An Expert System for Experimental Design in Off-Line Quality Control," *Expert Systems*, Vol.6, No. 4, Nov. 1989.
7. Montgomery, D., *Design and Analysis of Experiments*, John Wiley & Sons, New York, 1976.
8. Ross, P. J., *Taguchi Techniques for Quality*

Engineering, McGraw-Hill, Inc., New York, 1988.

9. Walpole, R. E., and Myers, R. H., *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, Fifth Edition, Macmillian Publishing Company, New York, 1993.



김성인(金成寅)

1946년생. 고려대학교 산업공학과 교수, 전자계산소 소장으로 재직중이며, 학회의 부회장을 역임하였다. 관심 분야는 설비 입지, 응용 통계이며, 최근 군 설비의 최적 배치, 품질관리 기법의 전문가 시스템화 등을 시도하고 있다. 1970년 서울대학교 경제학과 졸업(학사), 1973년 서울대학교 응용수학과 졸업(학사), 1979년 한국과학원 산업공학과 졸업(석사, 박사).



문순환(文舜煥)

1966년생. 고려대학교 산업공학과 박사과정에 재학중이다. 관심 분야는 인공 지능, 응용통계 등이다. 1989년 울산대학교 산업공학과 졸업(학사), 1992년 고려대학교 산업공학과 졸업(석사).