

☒ 응용논문

신뢰성 확률지의 전산화에 관한 연구 (VI) Studies on the Computerization of Reliability Paper (VI)

정수일 *
Jung, Soo Il

Abstract

This paper summarizes the former 5 papers that studied computer programming for the estimation of the Weibull, Extreme value, Hazard, Normal and Log-normal parameters which have a close relation with the reliability of the various kinds of industrial products.

Probability paper is very commonly used in estimating the parameters, however, it is very hard to neglect the errors in plotting the data, and especially in drawing the regression line. The main purpose of this paper is to reduce these errors and to help the engineers to use the parameters in improving the reliability of their products.

The following parts are included in the computer programming with the emphases on significant digits and rounding of numerical values :

- data input part for various cases
- parameter estimation part
- printing part for input data
- printing part for the results
- printing part for the graphic(probability paper).

And the running results(monitor displays) of the program for a fictitious example of Weibull distribution is given for the interested ones.

I . 서 론

공정(제조공정 및 사무공정)이 점차 자동화 및 로봇화 또는 컴퓨터에 의해 자동조절됨에 따라 이에서 얻어지는 데이터의 양상은 과거와 많이 달라졌으며 이는 통계적방법의 활용습관을 대폭적으로 바꿀 수 밖에 없는 새로운 국면을 초래하게 되었다. 컴퓨터로 공정관리를 수행할 경우 전후의 공정은 보다 밀접하게 연결되고 또한 이에 수반되는 데이터는 상상할 수 없는 양이 되어, 종전과 같은 손계산이나 수작업 위주의 통계적 방법의 사용은 그 활용가치를 잃게 된 데에서 기인하는 필연적인 결과라고 하겠다.

국내 기업에서도 이와 같은 추세에 따라 전산부서의 보강과 함께, 각종 과학적관리기법의 전산화 및 전문 프로그램의 도입에 많은 노력을 경주하고 있다. 특히 컴퓨터 전문요원이나 SQC전문가만이 프로그램을 사용할 것이라는 전제 하에 중형 이상의 컴퓨터를 대상으로 했던 전산화습성에서 벗어나 기업 내의 전계층, 전부문에서 사용가능한 PC 위주의 프로그램 개발, 보급, 활용은 매우 바람직한 현상이라고 할 수 있다. 그러나 이들 프로그램의 활용 계층 및 부문이 확대됨에 따라 본 연구자가 기회있을 때마다 거론해 온 계층기의 정확도 및 정밀도를 무시한 채 얻어진 계층 데이터와 특히 이를 처리하는 과정에서의 유효숫자에 대한 무감각성은 그 심각함이 더욱 증대되고 있다고 하겠다.

* 인하대학교 산업공학과 교수

1995년부터 범국가적인 차원에서 전개된 "100PPM품질혁신운동"의 교재에서 계측기의 반복성(Repeatability) 및 재현성(Reproducibility)에 대해 그 중요성이 언급되고 또한 "100PPM품질혁신운동"에 대한 호응도가 높아 국내기업에 있어서의 계측기 정밀도의 문제는 상당히 개선되리라고 예상되었으나, 유효숫자의 개념에 대해서는 여전히 다루지를 못하고 있어 모처럼의 계측기에 대한 관리개선의 기대효과는 반감될 수 밖에 없을 것으로 예견되었다. 이와같은 이유에서도 과거 본인의 연구에서 다루었던 "유효숫자 자릿수 지정 및 소숫점아래 지정자릿수까지 반올림"해 주는 subroutine과 함께 "소숫점아래 지정자릿수까지 반올림"해 주는 subroutine을 이용하여 각종 실험데이터의 분석을 위한 활용 빈도가 높은 전산프로그래밍에 대한 연구의 내용 및 결과는 계속적인 주목을 받아야 할 것으로 생각된다.

"100PPM품질혁신운동"의 전개 및 교재 보급에 따라 계측기의 정밀도 특히, 반복성 및 재현성이 많이 개선되리라는 애초의 기대와는 달리 "100PPM품질혁신운동"의 교재에서 이와 관련된 부분이 삭제되어 정밀도 문제는 다시 원점으로 회귀되고, 또한 "정확도-정밀도"의 개념이 "진도-정밀도"의 개념으로, 다시 "진도-정밀도"의 개념이 "불확도의 개념으로 변하면서 국내기업 특히, 중소기업에서의 정밀도에 대한 이해도는 더욱 낮아지고, 이에 따라 계측기 관리는 매우 심각한 국면을 맞게 되었으며 SQC기법을 활용하여야할 위한 각종 데이터의 신빙성은 더욱 저하되고 있다.

국내에 품질관리활동이 도입된 역사 및 그간의 학계, 관계, 단체, 기업 등의 노력에 비해 우리 제품의 성가, 특히 질적인 측면에서의 평가는 국제시장에서는 물론 국내시장에서도 만족할 만하지가 못하며 이를 해결하기 위한 방안 중의 한 가지로써 "품질관리" 또는 "TQC" 대신에 "품질경영" 또는 "TQM"이라는 용어까지 대두되고 있으면서도 그 개선의 속도는 여전히 기대에 못미치고 있다. 이와같은 바람직스럽지 못한 결과를 초래한 데에는 그간 국내에서의 품질관리 활동에 여러가지로 부족하거나 미흡한 측면이 있었기 때문일 것이나, 그 중에서도 품질개선(안정 및 향상) 대신에 불량률감소에 치중하고 신뢰성에 대한 무감각 내지는 소홀함이 가장 큰 원인이라고 할 수 있을 것이다.

국내업체에 대한 신뢰성공학의 도입 및 활용의 필요성에 대해서는 70년대 중반부터 일부 품질관리전문가에 의해 거론되기 시작하였으나, 학회의 구성을 비롯한 실제적인 활동이나 추진 등은 매우 지지부진하던 중 92년말에 이르러서야 겨우 "한국신뢰성연구회"라는 단체가 구성되어 학계는 물론 업계에서도 커다란 호응을 얻고 있다. 그러나 현시점에서 우리가 심각하게 염두에 두고 고려해야 할 사항은, 과거 SQC기법에 대한 관심의 수준에 비해 SQC기법의 활용에 의한 성과의 수준은 우리의 기대에 훨씬 미흡했던 것처럼, 현재의 신뢰성기법에 대한 관심도 과거의 SQC에 대한 관심과 같은 결과를 초래하지 않을까 하는 점이다.

과거 — 그리고 현시점에 있어서도 마찬가지이지만 — SQC기법에 대한 관심에 비해 SQC기법의 활용수준이 낮고 이로 인한 성과의 수준도 낮은 결과가 초래된 데에는 기법에 대한 올바른 이해, 중요공식의 기억, 상사의 관심도 등 여러가지 부정적인 원인이 작용하고 있겠으나 데이터의 해석 즉, 계산의 번거로움 및 자신감의 결여 등도 결코 간과해서는 안될 것이다.

신뢰성기법을 활용할 때 계산의 번거로움은 SQC기법에 비해 더욱 심각하므로 본 연구에서는 이를 극복하고 특히 업체에서 쉽게 신뢰성기법을 도입·활용하여 그 성과를 거둘 수 있도록 도움을 주고 또한 대학과정의 수업이나 신뢰성관련 각종 세미나에서도 도움을 주기 위해 신뢰성기법에서 기본적인 응용성이 큰

- 와이블 확률지
- 극치 확률지
- 헤저드 확률지
- 정규 확률지
- 대수정규 확률지

의 5가지 확률지를 이용한 모수추정의 전산화를 시도하였다.

II . 신뢰성 확률지의 중요성 및 문제점

신뢰성 이론에서 가장 빈번히 활용되고 또한 실무에서 응용범위가 넓은 분포는 와이블분포, 극치분포, 정규분포, 대수정규분포이며, 불완전 데이터의 해석에는 누적해저드법이 자주 쓰이고 있다. 이들 분포를 규정하는 파라미터를 구하는 데에는 이론적계산에 의한 추정방법과 그래프(작도)에 의한 추정방법이 있으나 이론적계산방법은 일반 엔지니어가 기업에서 활용하는 데에는 여러가지 문제점이 있어 외국의 경우에도 이를 활용하는 예는 매우 드물고, 대개의 경우 작도법을 사용하고 있다. 그러나 확률지에 타점할 때의 예러, 회귀직선을 작도할 때의 예러, 그리고 모수를 추정하기 위하여 관련 눈금을 읽을 때의 예러 등은 절대로 무시할 수 없는 심각한 문제점들이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 상기 5가지 분포·방법의 확률지에 의한 모수추정방법을 전산화하였다.

이들 확률지에 대한 전산화의 타당성을 알아보기 위해 학부 및 대학원의 신뢰성 관련 수업 등에서 학생들로 하여금 가상적인 예제에 대하여 직접 확률지에 타점한 후 회귀직선을 작도, 확률지의 해당부분 눈금을 읽어 모수추정을 시킨 결과는 대부분 전산 프로그램에 의한 결과와 10%이상의 차이를 나타내었으며 특히, 개인 간에는 심한 경우 50%이상의 차이가 나타나고 있어 이들 프로그램의 유효성이 어렵지 않게 확인되었다.

각 확률지와 관련된 이론적 배경, 구성의 내용, 구체적인 적용사례, 주의사항 등에 대해서는 지면절약을 위해 그 설명을 생략하고자 한다.

III . 프로그램의 개요 및 특징

본 연구에서 개발된 확률지에 의한 모수추정 전산 프로그램의 내용은 크게

- 데이터를 읽어 들이는 부분
- 필요한 모수를 추정하는 부분
- 입력데이터의 내용을 인쇄하거나 모니터 화면에 나타내 주는 부분
- 결과(수치 및 수식)를 인쇄하거나 모니터 화면에 나타내 주는 부분
- graphic결과를 모니터 화면에 나타내 주는 부분

등으로 구성되어 있으며, input data는 정규 및 대수정규확률지의 경우에는

- raw(original) data
- grouped(frequency table) data

의 두 가지 종류가 모두 다 입력이 가능하도록 하고, 입력방법은

- keyboard
- data file

중에서 선택하도록 하였다.

F(x)의 값은 프로그램 사용자가 직접 입력하거나, 프로그램에 의해 계산되도록 하였으나, 프로그램에 의해 계산되는 경우에는

- average rank method
- median rank method(근사식 사용)

중에서 택일하도록 하였다.

프로그램의 내용 중 추정 회귀식을 구하는 데에는 최소자승법을 이용하였으며 정규방정식을 각각 1차식 및 2차식까지 풀어서 상수항 및 계수를 구하였고, PC의 메모리를 최소한으로 사용하기 위하여 고전적인 BASIC언어를 사용하였음을 참고로 밝혀둔다.

본 연구에서 개발된 프로그램의 특징은 유효숫자의 처리에 있다. 유효숫자의 처리에 대해서는

- PC의 유효숫자 처리 자릿수에 맞기는 방법
- 대개의 데이터가 유효숫자 2~3자리인 점을 감안하여 계산과정 및 처리결과를 유효숫자 3자리로 구하는 방법

```

----- WEIBULL PROBLEM 1 -----
INPUT FAILURE TIME ;
      0. 20000      0. 35000      0. 50000      0. 70000
      0. 90000      1. 30000      1. 50000      1. 80000
      2. 50000      3. 00000

GAMMA IS ZERO.
ALPHA & BETA WILL BE ESTIMATED

----- PRELIMINARY WORK -----
N = 10      K = 0      L = 10      INOF = 0
F(i) = (i-.3) / (i+.4)      X(i) = ln t      Y(i) = ln ln 1 / (1-F(i))

-----
i      t      F(i)      X(i)      Y(i)
-----
1      0. 20000      0. 06731      -1. 60944      -2. 66384
2      0. 35000      0. 16346      -1. 04982      -1. 72326
3      0. 50000      0. 25962      -0. 69315      -1. 20202
4      0. 70000      0. 35577      -0. 35667      -0. 82167
5      0. 90000      0. 45192      -0. 10536      -0. 50860
6      1. 30000      0. 54808      0. 26236      -0. 23037
7      1. 50000      0. 64423      0. 40547      0. 03292
8      1. 80000      0. 74038      0. 58779      0. 29903
9      2. 50000      0. 83654      0. 91629      0. 59398
10     3. 00000      0. 93269      1. 09861      0. 99269
-----

----- R E S U L T -----
ALPHA = 1. 57486      BETA = 1. 26761
GAMMA = 0. 00000      ETA = 1. 43087
MU = 1. 32785      SIGMA = 1. 05312
MODE = 0. 42211      MEDIAN = 1. 07172

REGRESSION LINE : Y = -0. 45416 + 1. 26761 X

-----
RELIABILITY AT ORIGINAL DATA      RELIABILITY AT OTHER POINTS
INPUT DATA      R (T)      T I M E      R (T)
-----
0. 20000      0. 92076      0. 25000      0. 89624
0. 35000      0. 84552      0. 50000      0. 76818
0. 50000      0. 76818      0. 75000      0. 64343
0. 70000      0. 66763      1. 00000      0. 52995
0. 90000      0. 57373      1. 25000      0. 43061
1. 30000      0. 41250      1. 50000      0. 34589
1. 50000      0. 34589      1. 70000      0. 28818
1. 80000      0. 26246      2. 00000      0. 21680
2. 50000      0. 13152      2. 50000      0. 13152
3. 00000      0. 07761      3. 00000      0. 07761
-----

```

그림 1. 가상적인 예제에 대한 Running Results (1)

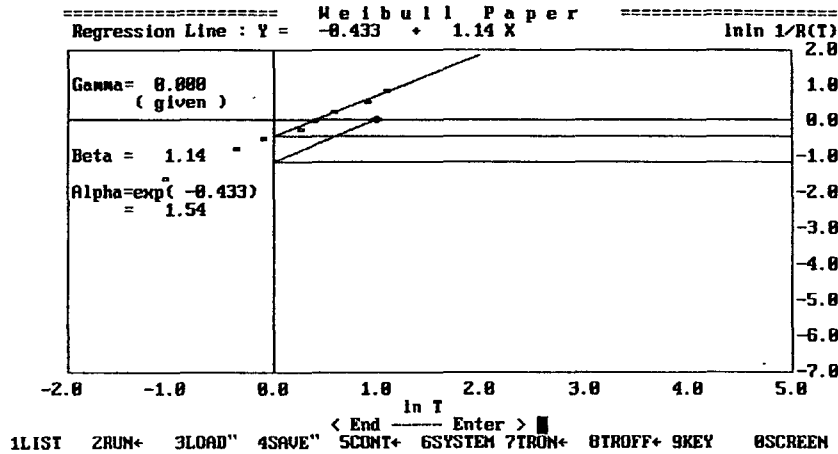


그림 4. 가상적인 예제에 대한 Running Results (4)

등이 있겠으나 이에 대해서는 여러 가지로 논란의 여지가 있으며 특히, 프로그램 사용자의 기호가 작용할 것이므로 상기 2가지 방법으로 각각 프로그래밍하였다. 그리고 유효숫자 3자리로 처리하는 경우에는 과거 본인의 연구에서 개발되었던 "유효숫자 자릿수 지정 및 소숫점아래 지정자릿수까지 반올림"해 주는 subroutine 및 "소숫점아래 지정자릿수까지 반올림"해 주는 subroutine을 이용하였다.

여타 프로그램의 상세한 내용이나 특징 등에 대한 설명도 역시 지면절약을 위해 생략하고 확률지 중에서도 가장 흔히 사용되는 와이블 확률지의 경우에 국한하여 가상적인 예제에 대한 Running Results를 그림 1~4에 나타내었다.

동일한 가상적인 예제에 대해, 그림 1 및 3에서는 계산은 PC의 유효숫자 처리 자릿수에 맡기되 결과는 소숫점 이하 5자리까지(graphic에서는 3자리까지) 나타내도록 하였으며, 그림 2 및 4에서는 계산 및 결과를 모두 다 유효숫자 3자리로 처리하여 나타내도록 하였다.

IV. 결 론

본 연구에서는 신뢰성 확률지 중 와이블, 극치, 해저드, 정규 및 대수정규 확률지에 대한 전산 프로그램을 다루었으나 이를 조금만 수정보완하면 여타 확률지 이용방법의 프로그램 작성에도 응용할 수 있을 것이며, 향후 이들에 대해 계속전산화할 예정이다.

신뢰성 확률지에 의한 모수추정은, 유효숫자 및 소숫점 아래 자릿수의 처리에 대해 매우 민감한 반응을 보여 수작업에 의한 작도로 와이블 모수를 추정하는 경우의 오차는 상상이상으로 심각할 것이라는 점이 확인되었으며, 이에 본 연구의 가장 큰 의의가 있다고 할 수 있을 것이다. 그리고 각종 신뢰성 확률지를 획득·보관하는 번거로움 등을 회피하는 데에도 본 연구의 결과는 적지 않게 기여할 것이다.

유효숫자 자릿수의 처리는 PC에 맡기는 경우와 유효숫자 3자리로 처리하는 경우의 2가지 방법으로 프로그래밍하였으며 유효숫자 3자리로 처리하는 경우에는 KS A 0021에 의해 반올림하

여 결과를 얻었다.

본고에서 제시한 전산프로그램은 결코 완벽한 것이라고는 할 수 없으며 단지 앞에서 거론한 문제점들을 개선하기 위한 하나의 시안으로서 제시한다는 점과, 이에 관심있는 이들의 토론의 장을 마련하는 계기가 되었으면 하는 데에 그 근본취지가 있음을 강조하면서 본 연구는 인하대학교부설 산업과학기술연구소의 지원하에 이루어졌음을 밝히고 아울러 관심있는 이들의 기탄없는 비판을 부탁드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 국립기술품질원 고시 제1998-61호, 측정결과의 소급성유지를 위한 지침, 한국시험·검사기관인정기구, 1998
- [2] 국립기술품질원 고시 제1998-62호, 측정결과불확도 표현 및 평가지침, 한국시험·검사기관인정기구, 1998
- [3] 서문원, Application of Statistical Methods and Current Practices of Statistical Quality Control among U.S. Industrires — New Theories and Trends for Rene-wed Objectives, '83 국내외 한국과학기술자학술회의 논문집, 하계심포지움편, 한국과학기술단체총연합회, pp.291-9, 1983
- [4] 엄태원, 품질보증을 위한 통합 품질시스템 설계와 신뢰성 평가에 관한 연구, 인하대학교 대학원 공학박사학위청구논문, 1994
- [5] 엄태원, 정수일, Computer Graphic에 의한 와이블분포 모수추정에 관한 연구, 한국공업경영학회지, 제16권 제27집, pp.121-5, 1993
- [6] 정수일, 품질관리기법의 전산화에 관한 연구(I), 인하대학교 산업과학기술연구소 논문집, 제12집, pp.52-61, 1984
- [7] 정수일, 실험계획법의 전산화에 관한 연구(I), 한국품질관리학회지, Vol.16, No.1, pp.23-31, 1988
- [8] 정수일, 실험계획법의 전산화에 관한 연구(III), 한국공업경영학회지, 제16권 제28집, pp.103-7, 1993
- [9] 정수일, 신뢰성 확률지의 전산화에 관한 연구(I), 인하대학교 산업과학기술연구소 논문집, 제23집, pp.73-76, 1995
- [10] 정수일, 신뢰성 확률지의 전산화에 관한 연구(V), 인하대학교 산업과학기술연구소 논문집, 제27집, 1999
- [11] 황의철, 최신품질관리, 박영사, 1977
- [12] 市田 嵩 외, 信賴性の分布と統計, 日科技連出版社, 1984
- [13] 鹽見 弘 외, 信賴性における確率紙のつかい方, 日科技連出版社, 1984
- [14] ISO 10012-1:1992 Quality assurance requirements for measuring equipment — Part 1: Metrological confirmation system for measuring equipment, ISO, Geneve, Switz.
- [15] ISO 10012-2:1997 Quality assurance requirements for measuring equipment — Part 2: Guidelines for control of measurment pccesses, ISO, Geneve, Switz.
- [16] Kao, J.H.K., A Graphical Estimation of Mixed Weibull Parameters in Life Testing Electron Tubes, Technometrics, Vol.1, 1959
- [17] Kendal, M.G. & A. Stuart, The Advanced Theory of Statistics, Vol.1:Inference and Relationship, New York:Hafner Pub. Co., 1967

- [18] Nelson, L.S., Weibull Probability Paper, Industrial Quality Control, Vol.23, 1967
- [19] Nelson, W., Hazard Plot Analysis of Incomplete Failure Rate, Nat. Symp. on Rel., Vol.15, pp.391-403, 1969
- [20] Taylor, B.N. and C.E. Kuyatt, Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results, U.S. Government Printing Office, Washinton. DC. 1994