

실험계획법의 전산화에 관한 연구(Ⅱ) Studies on the Computerization of Design of Experiments(Ⅱ)

정 수 일*

ABSTRACT

This paper studies computer programming for Two-Way Layout with Multiple Observations - Fixed Model using the subroutines of the former paper. The following items are considered in the PC computer programming:

- * significant digits in the computation of Sum of Squares
- * containing the necessary F-distribution values in the program
- * including the necessary estimation after the Analysis of Variance
- * following the rules of KS A 0021 in rounding off digits

etc.

The running results of Analysis of Variation Table and Estimations of a fictitious example is added with the parts of PC program. It should be mentioned that the main purpose of this paper is in the arousing of the discussion about significant digits concept in the PC computer programming for various kinds of Statistical Methods.

* 인하대학교 공과대학 산업공학과

I. 서론

MIS, NC, CNC, DNC, FA, OA, Robot화, 자동화, CAD, CAM 등이 거론된 것은 상당히 오래전부터이며, 최근에는 FMS, CIM, CAE, DSS 등이 빈번하게 회자되고 있다. 이러한 추세 속에서 Statistical Package, SPC 등의 전산 프로그램이나 이와 관련된 참고서적을 하나도 구비하고 있지 않다는 기업은 이제 찾아보기가 힘들게 되었다.

공정이 점차 컴퓨터에 의해 자동 조절됨에 따라 이에서 얻어지는 데이터의 양상은 과거와 달라졌으며 이는 통계적방법의 활용습관을 대폭적으로 바꿀 수 밖에 없는 새로운 국면을 초래하게 되었다. 컴퓨터로 공정관리를 수행할 경우 전후 공정은 보다 밀접하게 연결되고 또한 이에 수반하는 데이터는 상상을 초월하는 양이 되어 종전과 같은 손계산 또는 수작업 위주의 통계적 방법의 사용은 그 활용가치를 잃게 된 데에서 기인¹⁾하는 필연적인 결과라고 하겠다.

이와 같은 추세에 따라 국내 각 기업에서도 전산부서의 보강과 함께, 각종 과학적관리기법의 전산화 및 전산 프로그램의 도입에 많은 투자를 하고 있다. 특히 컴퓨터 전문요원이나 SQC전문가만이 프로그램을 사용할 것이라는 전제 하에 중형 이상의 컴퓨터를 대상으로 했던 전산화습성에서 벗어나 기업 내의 전계층, 전부문에서 사용가능한 PC위주의 프로그램 개발, 보급, 활용은 매우 바람직한 현상²⁾이라고 할 수 있다. 그러나 이들 프로그램의 활용 계층 및 부문이 확대됨에 따라 논자가 기회 있을 때마다 거론해 온 계층기의 정확도 및 정밀도를 무시한 계층 데이터와 특히 이를 처리하는 과정에서의 유효숫자에 대한 무감각성

은 그 심각성이 더욱 증대되고 있다고 하겠다.

본고에서는 지난번³⁾에 발표한 “유효숫자 자릿수 지정 및 소숫점아래 지정자릿수까지 반올림”과 “소숫점아래 지정자릿수까지 반올림”해 주는 subroutine을 이용하여 반복있는 이원배치의 실험데이터에 대한 분산분석표작성과 이에 수반되는 추정의 프로그래밍 및 그 결과를 다루었다. 다시 한번 더 유효숫자의 자릿수처리에 대한 경각심을 불러 일으켜 보고자 한다는 점에 본고의 근본 취지가 있으며, 이는 결코 과소평가되어서는 안될 것이라고 확신한다.

II. 분산분석 PC프로그램의 문제점

현재 국내에서 가장 많이 개발 및 보급·활용되고 있는 SQC전산 프로그램은 다원배치의 실험데이터 처리를 위한 분산분석 및 구간추정용 프로그램이다. 이는 국내의 경우 섬유 및 중화학분야로부터 공업화가 먼저 추진되어 이들 기업에서의 수요가 상대적으로 많기 때문이기도 하겠으나, 국내의 품질관리 활동수준이 이제 겨우 검사중점주의의 품질관리수준에서 벗어나 공정관리중점주의의 품질관리수준에 들어섰다는 하나의 증거이기도 하다.

그러나 이들 전산 프로그램에는 지난번³⁾에 거론한 바와 같이 다음과 같은 문제점들을 내포하고 있다.

1) 실험데이터의 유효숫자 자릿수, 더 명확하게는 데이터의 최대치와 최소치의 차이 즉, 범위의 자릿수가 너무 적은 경우에도 이를 간과하고 분산분석을 함

2) 분산분석표에서 소숫점 이하 특정의 고정 자릿수로 모든 계산을 처리하고 있는 경우가 많은 바, 이는 승제(\times 및 \div)계산에서 매우 불합리함

3) PC의 보통 정도 유효숫자 자릿수인 7자리의 숫자를 컴퓨터에 내장시킨 채 프린트 아웃만을 특정의 소숫점 아래 자릿수 또는 유효숫자 자릿수로 처리하는 경우가 있음

4) 변동의 유효숫자 자릿수, 특히 오차변동의 유효숫자 자릿수가 원래의 실험데이터 자릿수보다 너무 많거나 적음

5) 이에 따라 분산 및 분산비의 유효숫자 자릿수에도 일정한 규칙성이 없음

6) 변동보다 분산의 유효숫자 자릿수가, 그리고 분산보다 분산비의 유효숫자 자릿수가 많아지고 있는바, 이는 계산이 진행되어 나가면서 유효숫자의 자릿수가 감소될 수는 있으나 증가되어서는 안된다는 일반원칙을 무시하는 수치처리 방법임

7) F분포표의 값(일반적으로 유효숫자 3자리)과 비교해야 할 분산비의 유효숫자 자릿수가 너무 많거나 적음

8) 일반적으로 F분포표의 값이 분산분석표에 제시되지 않아 전산처리 후에 다시 F분포표를 참조해야 함

9) KS A 3251 “측정치의 처리 방법”을 준수하고 있지 않음

10) KS A 0021 “수치의 댕음법”을 준수하고 있지 않음

이상과 같은 수치의 불합리한 처리는 흔히 PC의 특성 때문에 어떻게 해 볼 도리가 없다고 항변하는 경우가 많으나, 논자가 제시한 “유효숫자자릿수 지정 및 소숫점아래 지정자릿수까지 반올림”해 주는 subroutine과 “소숫점아래 지정자릿수까지 반올림”해 주는 sub-

routine을 이용하면 의외로 쉽게 해결될 수 있다.

Ⅲ. PC프로그램 작성시의 유의사항

위에서 거론한 문제점들 중 가장 중요한 것은 변동, 분산 및 분산비의 유효숫자 자릿수이다. 이들의 유효숫자 자릿수에 대해서는 여러가지 관점에서 논란의 여지가 있겠으나 분산분석의 결과는 분산비와 F분포표의 값을 비교함으로써 그 결론이 맺어진다는 점과 F분포표의 값이 대개의 경우 유효숫자 세자리로 주어지고 있다는 점을 염두에 둔다면 이들의 유효숫자 자릿수도 역시 유효숫자 세자리로 잡는 것이 가장 타당할 것이다.

이는 오차분산의 값이 0.501~1.49인 경우 유효숫자 한자리로 잡는 경우 1로 되어 분산비의 값에 있어 거의 3배에 달하는 차이가 날 수 있다는 점을 생각해 보면 그 심각성이 쉽게 이해될 수 있는 바, 그 무엇보다도 최우선적으로 유의하여 반드시 고려해야 할 사항이라고 판단된다.

따라서 가장 기본이 되는 변동의 값들은 모두 유효숫자 세자리 이상으로 잡아야 할 것이나, 분산비의 계산 및 분산분석 후의 각종 추정치에 오차분산이 이용된다는 점을 감안하여 오차변동의 값이 유효숫자 세자리로 계산되도록 하고, 이를 이용하여 계산되는 수치도 모두 유효숫자 세자리로 통일하였으며, 여타의 문제점들에 대해서는 다음과 같이 처리하였다.

- 실험 데이터의 유효숫자 자릿수(범위로 대

변됨)가 너무 적으면 분산분석의 감도가 나빠지므로 이를 방지하기 위해 데이터의 범위는 유효숫자 두자리 이상이 되도록 권고하였음(후술의 프로그램 중 문번호 1160 및 1170 참조)

- 사용 가능성이 있는 모든 자유도에 대해 F 분포표의 값을 프로그램에 포함시킴으로써 분산분석의 F검정 및 분산분석 후의 각종 추정이 별도의 F분포표나 t분포표를 참조하지 않고서도 프로그램에 의해 처리되도록 하였음
- KS A 3251에 따라 추정치의 자릿수는 원 데이터 보다 한자리만 더 잡았음
- 구간추정의 경우, 신뢰상한과 점추정치의 차이가 점추정치와 신뢰하한의 차이와 같아지도록 하기 위해 추정정밀도를 필요한 자릿수로 반올림한 후에 점추정치에 ±하였음
- KS A 0021에 따라 반올림처리를 하였음

IV. PC프로그램 및 Running Example

위에서 거론한 문제점들을 보완하고, 유의사항들을 염두에 두어 작성한 것이 그림 1의 “반복있는 이원배치(모수모형)”프로그램(지면절약을 위해 부분만을 수록하고 Flow Chart는 생략 하였음)이며, 그림 2는 행의 수 3, 열의 수 2, 반복수가 2인 가상적인 예(역시 지면절약을 위해서 행, 열 및 반복수를 적게 하였음)에 대한 Output이다.

그림 2의 분산분석표에서 교호작용의 유효숫자 자릿수가 한자리인데도 불구하고 불편분

산 및 분산비의 유효숫자 자릿수가 세자리로 증가되어 있어, 유효숫자 처리의 개념상 잘못되어 있다. 이는 프로그램에서 쉽게 수정·보완될 수 있으나 불편분산, 분산비의 유효숫자 자릿수를 모두 세자리로 통일시킨다는 관점에서, 그리고 불편분산의 값이 유효숫자 자릿수 세자리 미만인 교호작용은 오차항에 풀링된다는 관점에서 그대로 두었다. 그러나 보다 큰 이유는 이와같은 경우 어떻게 처리하는 것이 가장 타당할 것인가 하는 점에 대해 관심있는 이들의 토론의 장이 마련되는 계기를 제공하여 보자는 바램에서 의도적으로 수정·보완하지 않고 그대로 두었는 바, 많은 이들의 참여를 기대해 본다.

본고에서는 “반복있는 이원배치-모수모형” 모델의 실험 데이터를 분석하기 위한 프로그램만을 제시하였으나, 이를 조금만 수정·보완하면 여타 모델들에 대한 프로그램의 작성도 극히 쉽게 이루어질 수 있을 것이다. 그리고 유효숫자 및 소숫점 아래 자릿수의 처리에 대해 앞에서 거론한 문제점들을 내포하고 있는 기존의 PC프로그램들에서도 본고에서 활용한 “유효숫자자릿수 지정 및 소숫점아래 지정자릿수까지 반올림”과 “소숫점아래 지정자릿수까지 반올림”해 주는 subroutine을 이용하면 역시 쉽게 그 문제점들이 제거될 수 있을 것으로 생각된다.

```

1000 ' TWLWMOFM (Two-Way Layout with Multiple Observations Fixed Model)
1010 ' =====
1020 '
1030 '
1040 GOTO 1470: '
1050 '
1060 ' *****
1070 ' Data Description
1080 ' *****
1090 CP$ ..... Problem ID ----- 영문 혹은 한글 반각 40자 이내
1100 IK ..... # of Row ( A ) Levels ----- 5수준 이내
1110 IL ..... # of Col ( B ) Levels ----- 5수준 이내
1120 IR ..... # of Repetition ----- 5반복 이내
1130 RMU ..... Measure Unit ----- 0.00000 0001 이상
1140 X(I,J,K) ..... Observation made on the ith Level of Row,
1150 ' (I=1 to IK, J=1 to IL, K=1 to IR) the jth Level of Column, &
1160 ' 전체데이터의 범위 즉, Xmax - Xmin의 the kth Repetition
1170 ' 값은 유효숫자 두 자리 이상이어야 함
1180 ' -----
1190 '
1200 FOR IQAZ=1 TO JV:PRINT:NEXT IQAZ:RETURN
1210 FT1(3,73)=2.75:FOR I=1 TO 1500:NEXT IUJ:LOCATE 20,20:PRINT"다음 정보를 위해 <Space Bar>
1220 SOUND RND*1000+37,2:IN$=INKEY$:IF IN$<>" " THEN 1210 ELSE RETURN
1230 FT1(4,14)=3.11:FT1(4,15)=3.90:NEXT IUJ:SOUND RND*1000+37,1:YN$=INKEY$:IF YN$="Y" OR YN$
1240 =4.58:FT5(4,20)=2.8:PRINT"n" THEN RETURN ELSE GOTO 1220
1250 FT1(4,24)=4.22:FT1(4,25)=4.22:RETURN
1260 FT1(4,30)=2.69:FT1(4,31)=4.22:RETURN
1270 FT1(4,36)=2.63:FT1(4,37)=4.22:RETURN
1280 IF LPS=0:FT5(4,45)=2.57:FT1(4,46)=4.22:Y01$="#####":RETURN
1290 NEXT K:FT5(4,53)=2.55:FT1(4,54)=4.22:Y02$="#####":RETURN
1300 PRINT" A";GOSUB 1190:FT5(4,66)=2.51:FT1(4,67)=4.22:Y02>=10^(IY03-11)THEN 1300 ELSE
1310 PRINT USING"#";K;GOSUB 1190:FT5(4,75)=2.49:FT1(4,76)=4.22:Y02>=10^(IY02-7):SI02=-1:
1320 LPRINT" ";LPRINT USING"###";FT5(4,92)=2.49:FT1(4,93)=4.22:Y02>=10^(7-YI02):SI02=-1:
1330 XT K:NEXT I:LPRINT" ";FT5(4,116)=2.45:FT1(4,117)=4.22:Y02>=10^(7-YI02):SI02=-1:
1340 GOSUB 1210:CLS:GOSUB 1190:GOSUB 1190:FT5(6,36)=2.45:FT1(6,37)=4.22:Y02>=10^(IY03-11)THEN 1300 ELSE
1350 TO IL:PRINT" B";PRINT USING"#";J;GOSUB 1190:FT1(8,15)=4#:FT5(8,30)=2.45:Y02>=10^(IY03-11)THEN 1300 ELSE
1360 PRINT USING LP$;BBXJM(J,K);PRINT" ";FT5(8,60)=2.11:FT1(8,75)=4.22:Y02>=10^(IY03-11)THEN 1300 ELSE
1370 PRINT USING LP$;XJM5L(J,K);XJM5U(J,K);XJM5M(J,K);FT5(9,32)=3.01:FT5(9,48)=2.11:FT1(9,63)=4.22:Y02>=10^(IY03-11)THEN 1300 ELSE
1380 IF IJKL<>INT(IJKL/8)*8 THEN 2820 FT1(12,20)=3.23:FT5(12,40)=2.11:FT1(12,60)=2.11:FT5(12,80)=2.11:
1390 IF IJKL=IK*(IK-1)/2 THEN 2830 ELSE GOSUB 1210:FT5(16,60)=2.5:FT5(16,80)=2.11:FT1(16,50)=2.11:
1400 NEXT K:NEXT J:FT5(16,60)=2.5:FT5(16,80)=2.11:FT1(16,50)=2.11:
1410 GOSUB 2570:IF LPS<>1 THEN 2850 ELSE FOR J=1 TO IL-1:K=1 TO IR:FT5(16,60)=2.5:FT5(16,80)=2.11:FT1(16,50)=2.11:
1420 PRINT" B";GOSUB 1240:LPRINT USING"#";J;GOSUB 1250:LPRINT" ";FT1(6)=3.707:T5(
1430 PRINT USING"#";K;GOSUB 1250:LPRINT" ";LPRINT USING LP$;BBXJM(J,K);FT5(11)=2.2
1440 LPRINT" ";LPRINT USING LP$;XJM5L(J,K);XJM5U(J,K);XJM5M(J,K);XJM5D(J,K);FT5(11)=2.145
1450 XT K:NEXT J:GOSUB 2590:JP=5:GOSUB 1200
1460 FT5(16,60)=2.5:FT5(16,80)=2.11:FT1(16,50)=2.11:
1470 LOCATE 22,31:PRINT"<<< Good Bye !!! >>>":END
1480
1490 CLS:JV=3:GOSUB 1190:LIST 1070-1180
1500 DATA Running Example,3,2,2,0.1
1510 DATA 9.9,10.8
1520 DATA 11.6,11.1
1530 DATA 11.4,10.8
1540 DATA 12.1,12.7
1550 DATA 11.2,11.7
1560 DATA 12.5,13.1

```

그림 1. Computer Program

Running Example

본 산 본 식 표

요 인	변 동	자 유 도	불편본산	본 산 비	F분포의 값
행 간	3.43	2	1.72	8.69*	5.14 10.9
열 간	4.44	1	4.44	22.4**	5.99 13.7
교 호	0.08	2	0.0400	0.202	5.14 10.9
오 차	1.19	6	0.198		[5%] [1%]
합 계	9.14	11			

폴 링 된 본 산 본 식 표

요 인	변 동	자 유 도	불편본산	본 산 비	F분포의 값
행 간	3.43	2	1.72	10.8**	4.46 8.65
열 간	4.44	1	4.44	27.9**	5.32 11.3
오 차	1.27	8	0.159		[5%] [1%]
합 계	9.14	11			

추 정

항 목	점 추 정	95%하한	95%상한	99%하한	99%상한
A ₁	10.85	10.39	11.31	10.18	11.52
A ₂	11.75	11.29	12.21	11.08	12.42
A ₃	12.12	11.66	12.58	11.45	12.79
B ₁	10.97	10.59	11.35	10.42	11.52
B ₂	12.18	11.80	12.56	11.63	12.73
A ₁ B ₁	10.25	9.72	10.78	9.48	11.02
A ₁ B ₂	11.46	10.93	11.99	10.69	12.23
A ₂ B ₁	11.15	10.62	11.68	10.38	11.92
A ₂ B ₂	12.36	11.83	12.89	11.59	13.13
A ₃ B ₁	11.52	10.99	12.05	10.75	12.29
A ₃ B ₂	12.73	12.20	13.26	11.96	13.50
A ₁ - A ₂	-0.90	-1.55	-0.25	-1.85	0.05
A ₁ - A ₃	-1.27	-1.92	-0.62	-2.22	-0.32
A ₂ - A ₃	-0.37	-1.02	0.28	-1.32	0.58
B ₁ - B ₂	-1.21	-1.74	-0.68	-1.98	-0.44

그림 2. Running Example

V. 결 론

국제시장에서의 가격경쟁력을 상실한 우리 기업이 해결해야 할 최우선의 과제는 품질경쟁력의 조속한 확보이며, 또한 이를 위해서는 불량율의 감소라는 소극적인 품질관리활동이 아니라 제품의 성능이나 기능 또는 디자인의 향상이라는 보다 적극적인 활동이 되어야 한다는 점에 대해서는 결코 이론의 여지가 없을 것이다. 그러나 품질관리의 발전단계를 검사중점주의의 품질관리, 공정관리중점주의의 품질관리, 신제품 개발중점주의의 품질관리 단계로 구분할 때 대부분의 국내 기업이 검사중점주의의 품질관리 수준을 탈피하지 못하고 있다. 그리고 그나마 일부 기업에서 전개하고 있는 공정관리활동의 내용도 재발방지를 위한 조처 보다는 응급조처에 더 큰 비중을 두고 있어 그 실효를 제대로 거두지 못하고 있다. 또한 검사중점주의 및 공정관리중점주의의 품질관리활동은 품질관리부서를 주축으로 하여 생산, 생산관리, 생산기술부서 등 직접부서 위주의 품질관리활동을 전개하는 결과를 초래하게 되어 형식상으로는 전사적품질관리를 추진하고 있다고 하나 실제의 내용이 이와는 상당

히 거리가 먼 품질관리활동을 전개하는 바람직하지 못한 결과를 낳고 있다. 이와 같은 현상은 간접부서원의 품질관리기법공포증에도 크게 기인되고 있는 바, 각종 품질관리기법의 전산화는 이를 극복하는 데에 도움이 될 뿐만 아니라 공정관리중점주의의 품질관리의 정착을 앞당기고 신제품개발중점주의의 품질관리 도입을 촉진함으로써 글자그대로의 진정한 의미에서의 전사적품질관리활동을 추진하고, 더 나아가서는 우리의 품질경쟁력향상을 위한 하나의 보조수단으로서도 그 중요성을 간과할 수는 없으며, 본고의 의의 또한 이러한 맥락에서 재음미되어야만 할 것으로 생각된다.

본고에서 제시한 전산프로그램은 결코 완벽한 것이라고는 할 수 없으며 단지 앞에서 거론한 문제점들을 개선할 수 있는 하나의 시안을 제시함으로써 이에 관심있는 이들의 토론의 장을 마련하는 계기가 되었으면 하는데에 그 근본취지가 있음을 다시 한번 더 강조해 둔다. 본 연구는 인하대학교부설 산업과학기술연구소의 지원하에 이루어졌음을 밝히면서 관심있는 이들의 기탄없는 비판을 부탁드립니다.

참 고 문 헌

1. 서문원, "Application of Statistical Methods and Current Practices of Statistical Quality Control among U. S. Industrires—New Theories and Trends for Renewed Objectives", '83국내외 한국과학기술자학술회의 논문집, 하계심포지움편, 한국과학기술단체총연합회, 1983, pp.291-9.
2. 정수일, "품질관리기법의 전산화에 관한 연구(I)", 인하대학교 산업과학기술 연구소 논문집, 제12집, 1984, pp.52-61.
3. 정수일, "실험계획법의 전산화에 관한 연구(I)", 한국품질관리학회지, Vol. 16, No. 1, 1988, pp. 23-31.
4. 박성현, 현대실험계획법, 대영사 1983.
5. 황의철, 최신품질관리, 박영사, 1977.