

Comparisons of the Modified Skip-Lot Sampling Inspection Plans

Chang Soo Yang¹⁾ · Gyo-Young Cho²⁾

Abstract

The general formulas of the operating characteristic(OC) function, average sample number(ASN) and average outgoing quality(AOQ) for the modified n-level skip-lot sampling plan(MMSkSP2) were derived using Markov chain properties by Cho(2008). In this paper, the OC curve, ASN and AOQ of a reference plan, modified two-level, three-level and five-level skip-lot sampling plans are compared.

Keywords : AOQ; ASN; Markov Chain; Multi-level Skip Lot Sampling Plan; OC Function.

1. 서 론

스킵-로트 샘플링 검사계획(SkSP)은 제품의 품질이 우수한 대량생산체제 내에서 검사시간과 비용을 줄일 수 있다는 측면에서 연속생산형 샘플링검사계획(CSP)보다 더 효율적이다.

Dodge(1955)는 CSP을 확장하여 스킵-로트 샘플링 검사계획(Skip-lot sampling inspection plan ; SkSP-1)을 설계하였고, Perry(1973a, 1973b)는 Dodge의 검사계획 SkSP-1을 스킵 모수 $1/f$ 과 연속적으로 합격해야 될 로트의 수 i 를 자유롭게 선택할 수 있는 1단계 스킵-로트 샘플링 검사계획(SkSP-2)으로 발전시켰고, 이를 다시 평균 검사개수(ASN)을 줄일 수 있도록 세 종류의 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획들(Plan2L1~3)로 확장하였다.

공정 불량률이 갑자기 높아져 스킵 되는 로트의 합격에서 오는 위험이 큰 경우에 적용하기 위하여 Parker & Kessler(1981)는 수정된 스킵-로트 샘플링 검사 계획(modified skip-lot sampling plan ; MSkSP)을 제안하였다. 이 검사는 평균검사개수는 증가하나 출검품질을 보증할 수 있어서 불량률이 갑자기 높아질 경우 SkSP-2보다 효

1) 대구광역시 북구 산격동 1370번지 경북대학교 통계학과 대학원

2) 교신저자 : 대구광역시 북구 산격동 1370번지 경북대학교 통계학과 교수
E-mail : gyocho@knu.ac.kr

울적이다. Choi(2001)는 Perry(1973b)가 제안한 세 종류의 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획에 Parker & Kessler(1981)의 MSkSP를 적용, 수정된 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획들(modified two level skip-lot sampling plans ; MSkSP1~3)을 설계하여 검사비용 절감과 스킵 되는 로트에 대한 위험부담을 모두 줄이게 되었다.

Cho(2008)는 Choi(2001)의 수정된 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획 중 MTSkSP2에서 단계 n 과 스킵핑 모수 f_k, j_k (f_k : k 번째 스킵-로트 검사 단계에서 검사되어야 하는 로트의 구분의 크기, j_k : k 번째 스킵-로트 검사 단계에서 연속적으로 합격해야 될 로트의 수, 단 $k=1, 2, \dots, n$)를 자유롭게 선택할 수 있는 일반화된 수정된 다단계 스킵-로트 샘플링 검사계획(MMSkSP2)을 설계하고 그 특성을 조사하였다.

본 연구는 Reference plan, 수정된 2단계, 수정된 3단계, 수정된 5단계 샘플링계획에서 OC 곡선, ASN 과 AOQ를 계산하고 비교분석한다.

2. 검사특성함수

MMSkSP2의 검사과정과 기호는 Cho(2008)의 논문을 따른다. 마코프 연쇄 방법에서 추이확률행렬들이 모두 유한(finite)하고, 재귀적(recurrent)이며, 불가분적(irreducible)이고 비주기적(aperiodic)인 마코프 연쇄의 성질을 만족할 때 Cho(2008)는 MMSkSP2의 검사특성함수를 다음과 같이 유도 하였다.

$$\begin{aligned} Pa(f_1, \dots, f_n; j_1, \dots, j_n) &= 1 - \Pr(\text{로트 불합격}) \\ &= 1 - (\pi_{NR} + \pi_{S_1R} + \pi_{S_2R} + \dots + \pi_{S_nR}) \end{aligned}$$

여기서, $\pi_{NR}, \pi_{S_1R}, \dots, \pi_{S_nR}$ 는 Cho(2008)에 주어져 있다.

3. 검사특성곡선의 비교

$n = 2, 3, 4, \dots$ 에 대해서, 모든 n 단계의 검사특성함수는 위의 일반화된 공식에 의해 유도된다. 만약 $j_{n-1} = i, j_n = j, i = j_1 = j_2 = \dots = j_{n-2} = 0, f_1 = f_2 = \dots = f_{n-2} = 1,$

$f_{n-1} = f_1, f_n = f_2$ 일때, Cho(2008)는 다음을 보였다.

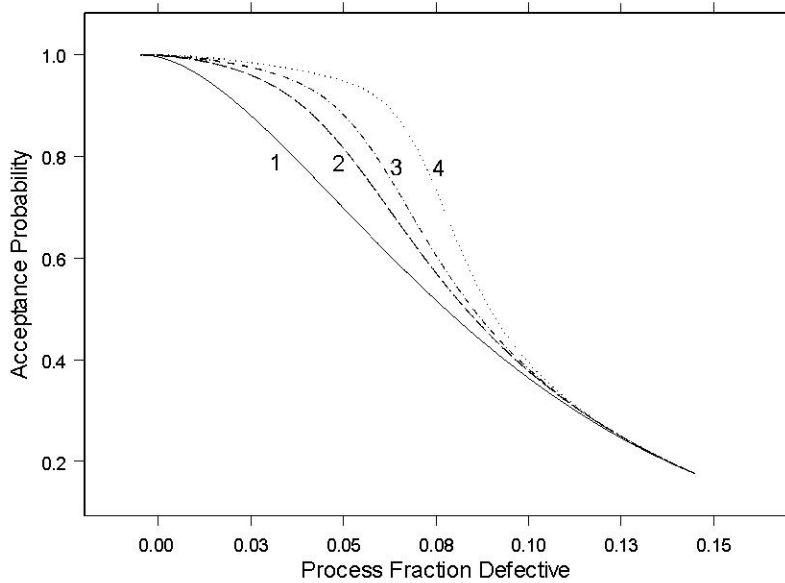
$$Pa = \frac{Pu_1u_2 + [u_2(1-u_1) + (u_1-u_2)(1-Qu_1)^j]P^i}{u_1u_2 + [u_2(1-u_1) + (u_1-u_2)(1-Qu_1)^j]P^i}$$

여기서 $u_k = f_k + d - f_k d$ ($k=1, 2, \dots, n$), P 는 Reference 샘플링 검사에서 로트가 합격될 확률, $Q = 1 - P$, d 는 스킵-로트 검사 단계에서 스킵 되는 로트로부터 추출된

시료가 불량일 확률이다.

[그림1]은 $n' = 20, c = 1$ 인 Reference 샘플링 검사계획에 따른 검사계획과 $f_1 = 1/2, f_2 = 1/4, i = j = 4$ 인 Choi(2001)의 수정된 2단계 스킵-로트 샘플링 검사 계획(MTSkSP2) , $n = 3, f_1 = 1/2, f_2 = 1/4, f_3 = 1/6, j_1 = j_2 = j_3 = 4$ 인 수정된 3 단계 스킵-로트 샘플링 검사계획, $n = 5, f_1 = 1/2, f_2 = 1/4, f_3 = 1/6, f_4 = 1/8, f_5 = 1/10,$

$j_1 = j_2 = j_3 = j_4 = j_5 = 4$ 인 수정된 5단계 스킵-로트 샘플링 검사계획의 검사특성 곡선이다.



- 1 : Reference Plan ($n' = 20, c = 1$)
- 2 : MTSkSP2 ($1/2, 1/4, 4, 4$)
- 3 : MMSkSP2 ($1/2, 1/4, 1/6, 4, 4, 4$)
- 4 : MMSkSP2 ($1/2, 1/4, 1/6, 1/8, 1/10, 4, 4, 4, 4, 4$)

[그림1. MTSkSP2과 MMSkSP2의 OC 곡선 비교]

[그림1]로 부터 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

- (1) 로트의 불량률이 0.007 이하일 때에는 스킵-로트 샘플링 검사 계획들 모두 로트가 합격될 확률이 99% 이상으로 거의 같다.
- (2) 로트의 불량률과 무관하게 검사계획의 MMSkSP2이 MTSkSP2보다 로트가 합격될 확률이 높다.

(3) 샘플링 검사단계가 높아질수록 합격될 확률이 높다.

4. 평균검사개수의 비교

ASN는 로트당 조사된 시료들의 평균개수를 의미하는 것으로, ASN가 검사계획을 비교하는 중요한 척도 중의 하나가 될 수 있다. MMSkSP2 검사계획에서 정규검사나 스윙-로트 검사 중 검사된 로트들의 ASN는 Reference 샘플링 검사계획의 평균검사개수 ASN(R)과 같으며, 각 스윙된 로트 중 추출된 1개의 시료가 합격한 로트들의 ASN는 1이 되고, 그 시료가 불합격된 로트들의 ASN는 ASN(R)+1이 된다. 여기서 로트가 합격되거나 불합격될 것이 확실하더라도 그 나머지 시료들은 조사되는 것으로 간주한다. Cho(2008)는 MMSkSP2의 ASN를 다음과 같이 유도 하였다.

$$ASN(MMSkSP2) = [1 - \sum_{k=1}^n a_k] \cdot ASN(R) + \sum_{k=1}^n [a_k \cdot f_k \cdot ASN(R) + a_k \cdot (1-f_k) \cdot (1-d)] / [a_k \cdot (1-f_k) \cdot d \cdot [ASN(R) + 1]]$$

여기서, $a_k = \pi_{S_k A_1} + \dots + \pi_{S_k A_i} + \pi_{S_k R}$

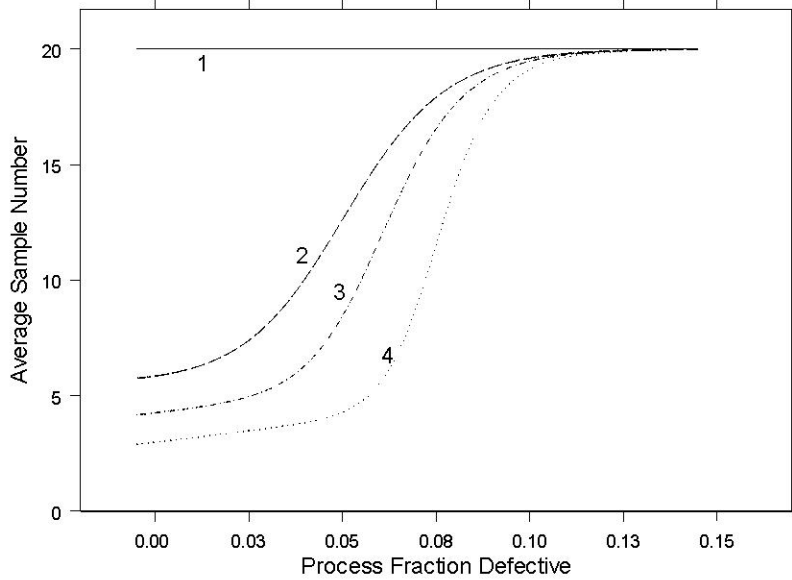
$$= \frac{\{1 - (1 - Qu_k)^{j_k}\} (1 - Qu_{k-1})^{j_{k-1}} \dots (1 - Qu_1)^{j_1} P^i u_2 u_3 \dots u_n}{u_1 u_2 u_3 \dots u_n + P^i [B^*]}$$

$$a_n = \frac{(1 - Qu_{n-1})^{j_{n-1}} (1 - Qu_{n-2})^{j_{n-2}} \dots (1 - Qu_1)^{j_1} P^i u_1 u_2 \dots u_{n-1}}{u_1 u_2 u_3 \dots u_n + P^i [B^*]}$$

$$B^* = u_2 \dots u_n (1 - u_1) + u_3 u_4 \dots u_n (u_1 - u_2) (1 - Qu_1)^{j_1} + u_1 u_4 u_5 \dots u_n (u_2 - u_3) (1 - Qu_1)^{j_1} (1 - Qu_2)^{j_2} + u_1 u_2 u_5 \dots u_n (u_3 - u_4) (1 - Qu_1)^{j_1} (1 - Qu_2)^{j_2} (1 - Qu_3)^{j_3} + \dots + u_1 u_2 u_3 \dots u_{n-2} (u_{n-1} - u_n) (1 - Qu_1)^{j_1} (1 - Qu_2)^{j_2} \dots (1 - Qu_{n-1})^{j_{n-1}} \quad \text{이다.}$$

[그림2]로부터 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

- (1) 로트의 불량률이 15%에 가까워지면 모든 검사계획들의 ASN가 거의 같아진다.
- (2) 로트의 불량률이 15%이하에서는 로트의 불량률에 무관하게 MMSkSP2의 ASN가 MTSkSP2보다 더 적어진다.
- (3) 샘플링 검사단계가 높아질수록 ASN는 더 적어진다.



- 1 : Reference Plan ($n' = 20, c = 1$)
- 2 : MTSkSP2 ($1/2, 1/4, 4, 4$)
- 3 : MMSkSP2 ($1/2, 1/4, 1/6, 4, 4, 4$)
- 4 : MMSkSP2 ($1/2, 1/4, 1/6, 1/8, 1/10, 4, 4, 4, 4, 4$)

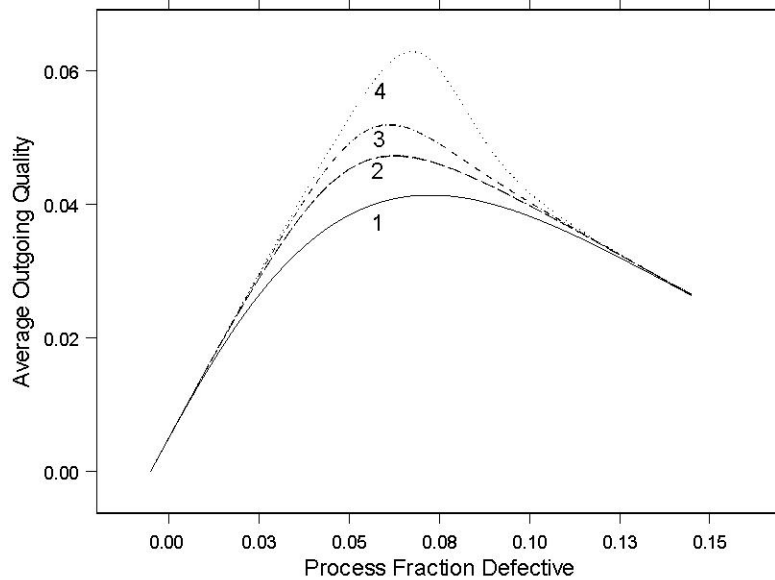
[그림2. MTSkSP2과 MMSkSP2의 ASN 곡선 비교]

5. 평균출검품질의 비교

AOQ은 샘플링 검사후의 로트전체의 평균불량률이다. MMSkSP2의 AOQ는 Lee등 (1996)에 의해

$$AOQ(MMSkSP2) = AFI(MMSkSP2) \cdot AOQ(R) + [1 - AFI(MMSkSP2)] \cdot p$$

가 되는데, 여기에서 평균검사비율(average fraction inspected : AFI)은 검사에 흘러 들어오는 로트 중 실제로 조사되는 로트의 비율이다.



- 1 : Reference Plan ($n' = 20, c = 1$)
 2 : MTSkSP2 ($1/2, 1/4, 4, 4$)
 3 : MMSkSP2 ($1/2, 1/4, 1/6, 4, 4, 4$)
 4 : MMSkSP2 ($1/2, 1/4, 1/6, 1/8, 1/10, 4, 4, 4, 4, 4$)

[그림3. MTSkSP2과 MMSkSP2의 AOQ 곡선 비교]

[그림3]으로부터 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

- (1) ASN의 순서와는 반대로 AOQ는 로트의 불량률에 무관하게 검사계획 MMSkSP2이 MTSkSP2보다 더 높다.
- (2) 로트의 불량률이 7% 근방일 때, AOQ는 최대값을 가진다.
- (3) 로트의 불량률이 7%까지는 AOQ는 급격히 증가하나 7% 이상에서는 완만하게 감소한다.
- (4) 샘플링 검사단계가 높을수록 AOQ도 더 높아진다.

6. 결론 및 요약

본 연구에서 OC곡선, ASN, AOQ등의 척도에서 수정된 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획과 보다 강화된 3단계, 5단계 스킵-로트 샘플링 검사계획을 비교해 본 결과 더

높은 단계의 샘플링검사계획에서 검사특성곡선의 합격확률이 높아지고, ASN가 줄어들며, AOQ가 높아짐을 알 수 있다.

또한, 공정의 불량률이 갑자기 높아져 스킵되는 로트의 합격에서 오는 위험을 줄일 수 있다는 측면에서 출검품질을 보증할 수 있다는 장점이 있다.

따라서, 공정이 안정되어 있고, 불량률이 낮은 경우 보다 더 높은 단계의 샘플링 검사계획이 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획에 비해 검사비용을 줄일 수 있다는 측면에서 더 유용하다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Cho, G. Y.(2008). Modified n-level Skip-lot sampling Inspection Plans, 한국데이터정보과학회지, Vol. 19, No. 3, pp. 811~818
2. Choi, B. C, Chun, Y. M.(2001). 수정된 2단계 스킵-로트 샘플링검사계획, 품질경영학회지, Vol. 29, No. 1, pp. 113~127.
3. Dodge, H. F.(1995). Skip-Lot Sampling Plan, *Industrial Quality Control*, Vol.11, No. 5, pp. 3~5.
4. Lee, I. S, Cho, G. Y. and Kim, H. R.(1996). Multi-Level Skip-Lot Sampling Plan-Average Fraction Inspected Properties, 한국통계학회논문집, Vol. 3, No. 2, pp. 151~159.
5. Parker, R. D. and Kessler, L.(1981). A Modified Skip-Lot Sampling Plan, *Journal of Quality Technology*, Vol. 13, No.1, pp. 31~35.
6. Parzen, E.(1962). *Stochastic Processes*, San Francisco : Holden-Day
7. Perry, R. L.(1973a). Skip-lot Sampling Plans, *Journal of Quality Technology*, Vol. 5, No. 3, pp. 123~130.
8. Perry, R. L.(1973b). Two-Level Skip-lot Sampling Plan - operating characteristic properties, *Journal of Quality Technology*, Vol. 5, No. 4, pp.160~166.

[접수일(2008년 9월 8일), 수정일(2008년 10월 20일), 게재확정일(2008년 10월 24일)]