



불확실한 상황하에서의 불안전 요인 탐색 및 제거를 위한 시스템 개발 : SIMULATION 기법 도입

A Study on Detecting and eliminating unsafety Factor Under Uncertaints Simulation

강경식* · 나승훈* · 김병석* · 조용욱*
K. S. Kang · S. H. La · B. S. Kim · Y. W. Cho

ABSTRACT

The object of research is detecting and eliminating the unsafety factor in shortest time through a decision making simulation under uncertainty using simulation method. The decision making simulation using C language is used to analyze data from several factors which affects the crane breakdown under unsafe situation. Through this reserch, the following conclusions are obtained. first, the safety manager or the person can estimate the time required to handle the unsafe factors. Secondly, The decision making can be accomplished by minimizing the time required under uncertainty by analyzing them.

1. 서 론

본 연구의 목적은 불확실한 상황하에서 불안전한 요소의 탐색 및 제거를 위한 의사결정을 할 경우에 의사결정 시뮬레이션을 수행하여 합리적인 불안전 요소 탐색 및 제거를 최단시간에 하는데 있다.

불확실한 상황하에서 crane 고장으로부터 얻을 수 있는 데이터에 영향을 미치거나 예상되는 요소들을 분석하여 computer 언어인 C를 이용하여 의

사 결정 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과로써 안전관리자는 불안전 요소에 대한 조치의 소요 시간을 알 수 있으며, 그것들을 분석하여 불확실성하에서 조치의 소요시간을 최소화 시키고 체계적인 불안전 요인 제거 의사결정을 할 수 있게 된다.

2. 연구의 방법 및 범위

산업용 기계의 불안전 요인은 그 원인이 다양하여 종류가 많아서 대부분 불안전 요인 제거는 기술

* 명지대학교 산업공학과

자의 경험적 지식에 의해 진단되고 있다. 이러한 진단 지식은 경험적이어서 정리가 어렵고 따라서 기술적인 전달을 이전 및 전수가 거의 불가능하였다. 그러나 본 연구에서는 이러한 기술적인 경험이 없어도 불안전 요인진단을 쉽게 할 수 있는 불안전 요인 탐색 및 제거 방법을 설명하였다. 크레인에 대한 불안전 요인탐색방법은 불확실한 상황에서 통계적 의사 결정 기법으로 고찰하였으며 각 불안전 요인 징후에 대해 정확한 진단으로 기술된 검사 절차를 설정, 직접적인 관계가 있는 요소들로 선정 및 분석하여 여기서 얻어진 자료로 불안전 요인 탐색 및 제거 시뮬레이션을 수행하였다. 그러므로 불안전 요인 및 제거를 진단하는 담당자가 시뮬레이션에서 얻어진 최종 결과치를 분석하여 합리적인 불안전 요인 제거를 하게 된다. 따라서 본 연구에서는 컴퓨터를 이용하여 시뮬레이션을 쉽게 할 수 있게 하기 위하여 전문적인 시뮬레이션 언어가 아닌 C 언어로 작성하였으며 어떠한 기계류에도 각종 고장 징후 및 이에따른 데이터의 수집으로 시뮬레이션하여 효율적인 불안전 요인 탐색 및 제거를 할 수 있도록 적용해 보고자 한다.

3. 의사결정을 위한 시스템 설계

3.1 불안전 요인 탐색 프로그램 목적

크레인의 고장은 그 원인이 다양하며, 종류가 많아, 대부분 고장은 기술자의 경험적 지식에 의해 진단된다고 하였다. 이러한 이유로 인하여 안전 담당 부서에 신입사원이 입사하더라도 자료에 관한 정규 교육이 없고 단지 일정기간 동안 실무를 통하여 불안전 요인 진단에 관한 경험을 쌓도록 함으로써 스스로 배우게 하는 것이 대부분의 실정이다. 따라서 각 담당자가 알고 있는 진단 지식은 서로 달라서 불안전 요인 진단방법 및 요인제거 절차의 표준화가 시급한 실정이다. 이러한 문제를 해결하고자 전문적인 불안전 요인 탐색 및 제거 프로그램을 이용하여 과다한 업무를 경감시켜줄 뿐만 아니라 한정된 요원들의 시간적인 절약과 더불어 비용도 줄일 수 있는 효과가 있다.

특히 전문가가 없는 사업장의 경우 본 불안전 요인 탐색 및 탐색 프로그램을 이용하여 손쉽게 해결할 수 있다는 것이다.

3.2 불안전 요인 탐색을 위한 시스템의 개요

크레인이 고장이 났을 경우에 고장 또는 잘못된 원인이 수리되기전에 원인을 찾아내서 고쳐야 크레인이 정상적인 가동을 할 수 있다. 징후(symptom)은 잘못된 곳의 가능성을 알려주는 불안전 요인의 시점에서 나타나기 때문에 이같은 징후는 다양한 원인으로 나타난다. 통계적 의사 결정 이론 기법에서는 최소한의 노력(비용/시간)으로 불안전 요인 위치를 찾아내는데 사용하고 있으며 이 연구에서는 각 징후에 대해 정확한 탐색으로 기술된 검사절차를 설정하여 프로그램에서 실행하였다.

그러나, 각 사업장의 전문가마다 객관적인 고장 원탐색 방법이 달라 고장빈도의 통계적 수치에 문제점이 있다면 본 프로그램의 사용자는 자료의 수치만 변경시키면 될 것이다.

3.3 불안전 요인 탐색 및 제거 프로그램의 입력 데이터

본 불안전 요인 탐색 및 제거 프로그램은 자료의 입력으로 조치(action), 고장(fault), 징후(symptom), 확률 그리고 결말(pay-out) 등에 대한 일련의 자료들을 요구 한다. 각각에 대한 입력 자료는 사용자가 그동안의 실무적인 경험과 자료에 의하여 작성하였으며, 각각에 대하여 행렬형식(matrix)으로 나타난다. 여기에 주어진 모든 표는 컴퓨터의 화면에서 나타나며 각각에 대한 입력자료는 컴퓨터의 화면을 보면서 사용자가 직접 입력할 수 있게 되어 있다.

3.4 실제 적용

Table 1 Action

조치 1 : 전자식 스트로크 길이 조정 → 전압 강하 원인 조사 처리 → 브레이크 드럼 및 라이닝 청소
조치 2 : 전압강하 원인 조사 처리 → 브레이크 드럼 및 라이닝 청소 → 전자식 스트로크 길이 조정
조치 3 : 브레이크 드럼 및 조사 처리 → 전자식 스트로크 길이 조정 → 전압강하 원인 조사처리

Table 2 Unsafety factor

고장 1 : 전자식 스트로크의 길이가 알맞지 않다.
고장 2 : 급격한 전압 하강.
고장 3 : 브레이크 드럼 손상.

Table 3 Symptom

징후 1: 브레이크를 개방하는 동작이 느리다.
징후 2: 제동 정지 시간이 길다.
징후 3: 브레이크 드럼 표면 온도가 이상하게 높다.

만약에 어떤 조치(Table 1)가 결정되고 1, 2, 3 (Table 2) 모두가 고장이라면 전체에 대한 고장 조치방법은 각 고장에 대한 조치에 대한 검사 시간이 얼마나 걸리느냐가 문제이다.

이러한 고장 1, 2, 3이 발생했을 때 조치하기 위해서 다음과 같은 시간을 전문가와 대화를 통해 평균적인 시간이 산출된다. 예를 들어 전자식 스트로크 길이 조정 시간이 0.15시간이고, 전압 강하 원인 조사 처리시간이 0.20시간, 브레이크 드럼 및 라이닝 청소시간 0.5시간으로 설정하였다. 가령 급격한 전압강하 (고장 2)로 인한 고장이 있고 조치는 조치 1에 의하여 탐색했다면 고장난 곳을 찾아내는데 걸리는 검사 시간은 0.14시간(전자식 스트로크 길이조정)+0.2 시간(전압강하요인 조사처리) 즉 0.35시간이 될 것이다. 또한 고장 2를 조치 2로 탐색했다면 총 검사시간은 0.2 시간으로 조치 1을 선택하여 검사하는 시간보다 0.15 시간 단축할 수 있다.

Table 4 Repairing time

조치 고장	고장 1	고장 2	고장 3
조치 1	0.15	0.35	0.85
조치 2	0.85	0.2	0.7
조치 3	0.65	0.85	0.5

그러므로 Table 4는 조치와 고장의 모든 조항을 시간으로 산출하여 결말행렬로 나타냈다. 지난 1년 동안 S 회사에서 총 87횟수의 고장이 발생했다면 고장 전체와 징후 전체에 대한 관찰된 횟수를 표 5로 나타냈다.

Table 5 The number of symptom when finding unsafety factor

(단위: 횟수)

고장 징후	징후 1	징후 2	징후 3
고장 1	17	20	3
고장 2	7	30	3
고장 3	8	10	2

또한 징후 1, 2, 3이 발생될 확률은 고장 1, 2, 3

으로 주어졌으며 Table 5에 의한 발생된 데이터로부터 계산된 확률이 Table 6에 주어졌다.

Table Probability for finding symptom

고장징후	징후 1	징후 2	징후 3
고장 1	고장1: 징후1 0.425	고장1: 징후2 0.5	고장1: 징후3 0.075
고장 2	고장2: 징후1 0.175	고장2: 징후2 0.75	고장2: 징후3 0.075
고장 3	고장3: 징후1 0.2	고장3: 징후2 0.25	고장3: 징후3 0.05

이와같이 컴퓨터의 입력은 빈도(덧수)분포와 확률 분포로 계산하였으며, 고장의 발생 확률은 정확한 의사결정을 할 수 있도록 Table 7에 평균 확률을 입력시킬 수 있는데 기초통계조사이다.

Table 7 Probability for unsafety factor

고 장	발 생 확 률
고장 1	40% (고장 1에 대한 확률)
고장 2	40% (고장 2에 대한 확률)
고장 3	20% (고장 3에 대한 확률)

Table 8에 대한 결정순서는 각 징후 1, 2, 3의 고장날 행위 조치 1, 2, 3으로 분배되어 결정된다. 즉 결정순서는 조치의 전체수와 징후의 전체수로 결정되기 때문에 본 연구에서는 조치의 수 3개와 징후의 3개이므로 총결정 횟수는 27이 될 수 있다.

예를 들어 고장 1이 발생했을 때 Table 8에 의해 10번째 결정순서로 조치를 취했다 가정하면 징후 1과 징후 2는 조치 1로 하고, 징후 3은 조치 2로 할 것이다. 일대 징후 1, 2, 3 세 종류는 고장 1의 각각에 대한 확률 분포로 고장 1대 징후 1은 0.425, 고장 1대 징후 2는 0.5 고장 1대 징후 3은 0.075가 나타난다.

그러므로 Table 6에 의하여 조치 1은 0.475(0.425+0.05)의 확률을 갖게되고 그리고 조치 2를 취했을 경우에는 0.075의 확률을 갖게 된다.

결론적으로 징후 1이 발생했을 때는 0.15시간이 소요되고 징후 2가 발생하면 0.85시간이 소요된다. 만약 고장 1이 있는데 조치 2를 했다면 다음과 같이 계산이 된다.

10번째의 결정은 조치 1, 조치, 조치 2를 하라는 Table 8에 의거

$$T(d10, F1) = 0.15 \times 0.425 + 0.15 \times 0.5 + 0.85 \times 0.075 = 0.20 \text{시간}$$

$$T(d10, F2) = 0.35 \times 0.175 + 0.35 \times 0.75 + 0.2 \times 0.075 = 0.34 \text{시간}$$

$$T(d10, F3) = 0.85 \times 0.2 + 0.85 \times 0.25 + 0.7 \times 0.05 = 0.42 \text{시간}$$

소요된다.

Table 8 Action of decision order with symptom

결정 징후	징후 1	징후 2	징후 3
1	1	1	1
2	2	1	1
3	3	1	1
4	1	2	1
5	2	2	1
6	3	2	1
7	1	3	1
8	2	3	1
9	3	3	1
10	1	1	2
11	2	1	2
12	3	1	2
13	1	2	2
14	2	2	2
15	3	2	2
16	1	3	2
17	2	3	2
18	3	3	2
19	1	1	3
20	2	1	3
21	3	1	3
22	1	2	3
23	2	2	3
24	3	2	3
25	1	3	3
26	2	3	3
27	3	3	3

즉 이와같이 계산된 평균시간은 모두 27개로 Table 9와 같이 결정되며, 가장 좋은 결정순서는 각 고장에 대한 확률을 계산하며 고장을 찾는 데 기대되는 시간을 최소로 하는 것이다.

Table 10 결정을 위해 기대된 시간은 다음과 같이 평균계산에 의하여 Table 10이 결정된다.

$$\text{평균시간} = \text{조치 1(시간)} \times \text{고장 1(확률)} + \text{조치 2(시간)} \times \text{고장 2(확률)} + \text{조치 3(시간)} \times \text{고장 3(확률)}$$

Table 9 Average Time

결정 징후	징후 1	징후 2	징후 3
1	0.15	0.35	0.43
2	0.45	0.21	0.40
3	0.36	0.44	0.36
4	0.5	0.24	0.39
5	0.80	0.21	0.36
6	0.71	0.33	0.32
7	0.4	0.73	0.34
8	0.70	0.70	0.30
9	0.61	0.81	0.27
10	0.20	0.34	0.42
11	0.5	0.31	0.39
12	0.42	0.43	0.35
13	0.55	0.23	0.38
14	0.85	0.2	0.35
15	0.77	0.31	0.31
16	0.45	0.71	0.33
17	0.75	0.69	0.3
18	0.5	0.8	0.26
19	0.19	0.39	0.41
20	0.49	0.36	0.21
21	0.38	0.48	0.17
22	0.54	0.28	0.23
23	0.84	0.25	0.2
24	0.5	0.36	0.6
25	0.44	0.76	0.22
26	0.74	0.74	0.19
27	0.65	0.85	0.15

Table 10 Average expect time for decision order

결정	시간	결정	시간
1	0.2860	15	0.4940
2	0.3360	16	0.5300
3	0.3920	17	0.6360
4	0.3740	18	0.5270
5	0.4760	19	0.3140
6	0.4800	20	0.3820
7	0.5200	21	0.3780
8	0.6200	22	0.3740
9	0.6260	23	0.4760
10	0.3000	24	0.4640
11	0.4020	25	0.5240
12	0.4100	26	0.6300
13	0.3880	27	0.6300
14	0.4900		

예를 들어 결정 1로 조치를 취했다면
 평균시간 = 0.15 × 0.4 + 0.35 × 0.4 + 0.43 × 0.2

$$=0.286$$

예를 들어 결정 2로 조치를 취했다면
 평균시간 = $0.45 \times 0.4 + 0.21 \times 0.4 + 0.36 \times 0.2$
 $=0.336$

이 된다. 표 10은 각 검사 절차를 위해 기대된 시간이다.

결론적으로 각 결정순서에 대한 기대시간이 최소인 값은 결정순서가 19번째 1.4459시간이므로 19번째가 결정된다.

그래서 조치는 징후가 1일때 조치 1, 징후가 2일때 조치 1, 징후가 3일때 조치 3을 취하라는 최종 결론이 이 Table 11에 기술됐다.

Table 11 Action order Time

최 중 값
최소시간 : 1.4459
만약에 징후가 1이면 조치는 1
만약에 징후가 2이면 조치는 1
만약에 징후가 3이면 조치는 3

4. 결 론

위와같은 전산 시스템을 이용함으로써 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 1) 안전도가 향상 될 뿐만 아니라 시간절약 측면에서 생산성이 향상된다.

- 2) 효율적인 안전교육을 실시할 수 있고 기계의 고장원 감소에도 크게 기여한다.

참 고 문 헌

- 1) Joe Stephenson, System Safety 2000 : A practical guide for planning, managing, and conducting system safety programs, Vannstrand Reinhold, 1991.
- 2) M. R Herbert, G. H. Williams, An initial evaluation of detection and diagnosis of power plant faults using a deep knowledge representation of physical behaviour, Expert system Vol. 4, No. 2, May 1987.
- 3) 장언효, 실험 연구의 이론과 실제, 신학사, 1985.
- 4) W. karwowski, et al, Fuzzy Modeling of Risk Factors for Industrial Accident Prevention : Some empirical results, Application of fuzzy set methodologies in industrial engineering, 1989.
- 5) 김두현, 무효전력/전압제어를 위한 전문가 시스템, 박사학위논문, 서울대학교, 1991.
- 6) C. A. Protopapas An expert system for substation fault diagnosis and Alarm processing, IEEE Transaction on power delivery, Vol. 6, No. 2, pp. 648~655, 1991.