

제직실의 효율관리용 컴퓨터 모델

1. 서 론

일정한 인원할당하에서 제직실의 효율을 결정하기 위한 마이크로컴퓨터용 베이직 프로그램이 Mack, Murphy 및 Webb모델을 사용하여 개발되어 왔다. Mack, Murphy 및 Webb모델(MMW)은 고정된 경로를 따라 순회하면서, 일정 시간 내에 정대 된 직기를 보수하는 보전원에 의해 유지 보수되는 직기의 효율을 결정하게 된다. 원래의 MMW모델은 제직실내에서 일어날 수 있는 광범위한 상황에 대해 각각의 직기효율을 알아낼 수 있는 계산표로 이루어져 있다. 그러나 이런 계산표들은 제직실에서 일어날 수 있는 실제상황 중 일부분만을 반영시켜 만들어졌기 때문에 보간법을 사용하여 실제의 효율을 구하는데 상당히 많은 시간을 필요로 하였다. 본 고에서 소개하는 컴퓨터 프로그램을 사용하면 이러한 보간법을 사용한 계산과정을 생략할 수 있으며, 여기에서 사용된 여러가지 변수를 신속하고도 용이하게 변경시키면서 모의 실험을 함으로써 제직실을 효율적으로 관리하게 해준다.

이 모델은 시간당 사절수나 이로 인한 정대횟수, 여러 형태의 사절이나 정대에 대한 각각의 보수시간(분), 도보 및 점검시간(호) 시간당 휴식시간의 비율(%) 및 보전원 한 사람이 담당하는 직기의 대수와 같은 주요변수에 대하여 사용자가 입력하는 데이터와 상호작용을 하게 된다. 이런 데이터를 사용하여 MMW모델은 직기의 효율, 순회활동 1회에 소요되는 시간(분) 및 한번의 순회에서 직기의 보수에 소요되는 시간을 계산한다. 또한 사용자는 변수를 변경시키거나, 어떤 입력 변수라도 민감도 분석을 수행할 수 있다.

이 모델은 직기의 이론적 효율을 측정함으로써 제직실 관리자로 하여금 직기의 실제 성능을 판단할 수 있는 정확하고 객관적인 판단기준을 제공받

을 수 있도록 특수하게 설계되었다.

제직실의 인원할당 및 이에 따른 직기의 효율은 관리자의 관리하에 둘 수 있는 유일한 생산변수이므로 제직실의 관리에 있어서 특히 관심을 끄는 사항이다. 한 사람의 운전원이나 보전원이 여러 대의 직기를 관리할 때 운전원이 직기를 점검하거나 보수하는 동안 다른 직기가 정대되면, 이때에는 방해요인이 발생하게 된다. 직기에 의한 이런 방해요인은 직기효율의 감소를 일으키게 될 것이다.

일정한 인원 할당 하에서 직기의 효율을 통계학적으로 측정할 수 있는 여러가지 모델이 개발되어 왔다. Ashcroft, Benson과 Cox, Benson과 Miller와 Townsend등이 정확한 모델을 개발하려고 시도하였으나 만족스러운 모델을 개발하지 못하였다. Ashcroft는 보수시간이 여러가지로 변할 때와 일정할 때에 대한 직기의 효율을 각각 발표하였다. 이 모델은 도보시간 및 점검시간이 직기의 효율에 미치는 영향을 무시하고 있다. 점검시간이란 보수작업 이외에 수행되는 모든 종류의 작업을 뜻한다. Benson Miller와 Townsend는 직기에 의한 방해요인이 직기의 효율에 미치는 영향을 다루었다. 이 모델은 직기가 정대되는 순서에 따라 보전원이 먼저 정대되는 직기를 우선적으로 보수한다는 가정하에 이루어졌기 때문에 체계적인 순회활동은 불가능하다. 이런 모델들은 보전원 한 사람이 담당하는 직기대수가 매우 적을 경우에만 적당하다.

Mack, Murphy 및 Webb는 보전원 한 사람이 담당하는 직기대수가 많을 경우에 사용할 수 있는 정확한 모델을 개발하였다. 이 모델은 요즈음 일반적으로 많이 사용되고 있는 다른 모델들은 통계학적인 방법에 기초를 두는 것이 아니라, 생산공학 분야의 연구 및 시간분석 결과로부터 유도된 것이다.

Mack, Murphy 및 Webb모델의 기본적 가정은 다음과 같다.

- 1) 보전원은 정대된 어떤 직기라도 곧 발견할 수 있도록 짜여진 고정된 경

로를 따라 순회한다.

- 2) 직기의 정대는 불규칙적으로 랜덤하게 발생한다.
- 3) 정대된 직기를 보수하는 데 소요되는 시간은 일정하다.
- 4) 한번의 순회에 소요되는 도보시간, 검사시간, 점검시간 및 휴식시간은 일정하다.

위와 같은 가정들이 만족되는 한, 이 모델은 문제에 대한 정확한 해결책을 제공한다. 그러나 실제로 보전원이 체계적인 경로를 따라 일관성 있게 순회하지 않을 것이다. 보전원이 보조업무를 수행하는 업무방식 뿐만 아니라, 정대되어 있는 직기를 보수하는데 소요되는 보수시간 자체도 변화하게 될 것이다. 따라서 계산된 직기의 효율은 단지 근사치일 뿐이다.

Mack, Murphy 및 Webb는 본고에서 차후에 설명이 되어질 특정 변수로부터 보간법을 사용하여 직기의 효율을 구할 수 있는 최초의 계산표들을 발표하였다.

2. Mack, Murphy 및 Webb모델의 설명

가. 가 정

다음과 같은 과정이 MMW모델을 개발하는데 사용되었다.

- 1) 어떤 직기라도 정대간격은 가동시간 내에서 지수형태로 분포되어 있다. 각각의 직기에 대해서는 가동 중에 있는 상태이거나 정대형태와 같은 두 가지 상태만이 존재한다.
- 2) 보전원은 일정한 시간, K 를 소비하는데 이 시간은 도보에 소요되는 시간으로서 직기까지 걸어가서 그 직기를 보수하기 전에 미리 점검하거나 다음 직기로 걸어가는데 소요되는 시간을 의미한다.

3) 정대되어 있는 직기를 보수하여 다시 가동시키는데 소요되는 시간, C는 일정하다.

나. 정 의

직기의 효율이란 보수 등에 의한 시간낭비가 전혀 없는 상태에서 생산 가능한 최대생산량에 대한 실제 평균 생산량의 비율로 정의된다. 1회 순회활동이란 보전원이 최초의 직기로부터 출발할 때를 시점으로 하여 그 직기를 다시 출발할 때 까지로 정의된다. 연속적인 순회가 이루어짐으로써 특이하고 재현성이 좋은 결과를 제공해 주는 Markov과정이 이루어지는 것으로 밝혀졌다.

다. 모델의 적용

이 모델을 적용하기 위하여 측정되어야 할 값들은 다음과 같다

- 1) X – 평균 정대횟수/직기/분
- 2) C – 평균 보수시간(분)/직기/시간
- 3) K – 도보 및 점검시간(분)
- 4) N – 한 사람의 보전원이 담당하는 직기의 대수
- 5) 한 시간당 휴식 및 보조업무에 허용된 시간의 비율(%)

X는 직기 한대의 한 시간당 정대횟수의 합을 60으로 나눔으로써 구한다. 보통 발생하는 정대의 형태는 다음과 같다.

- 경사절에 의한 정대/직기/시간
- 위사절에 의한 정대/직기/시간
- 슬랙 경사에 의한 정대/직기/시간
- 다른 요인에 의한 정대/직기/시간

C는 각각의 정대횟수를 해당되는 보수시간으로 곱한 다음, 이들을 모두 합하여 직기 한 대의 한 시간당 전체 정대횟수로 나눔으로써 구해진다. K는 제직실내에서의 시간분석이나 업무분석을 통해 추정할 수 있으며 통상 0.041~0.133분 정도이다.

휴식과 보조업무에 허용되는 시간을 감안하기 위해 C와 K를 허용된 비율만큼 C' 와 K' 로 보정한다. 생산량과 관련된 급여의 계산 편의를 위해 일정한 작업교대조에 대해서는 통상 그 인원할당이 고정되기 때문에 보전원 한 사람이 담당하는 직기의 대수는 일정한 것으로 가정한다.

직기의 효율(E)은 MMW모델에 의해 다음과 같이 계산된다.

$$E = F / [(X \times NK' \times G) + (X \times N \times C' \times F)]$$

여기에서,

$$F = (b-1) \left\{ 1 + \left(\frac{n-1}{1} \right) (ab-1) + \left(\frac{n-1}{2} \right) (a^2b-1)(ab-1) + \dots \right\}$$

$$G = 1 + (b-1) \left\{ \left(\frac{n}{1} \right) + \left(\frac{n}{2} \right) (ab-1) + \left(\frac{n}{3} \right) (a^2b-1)(-1) + \dots \right\}$$

$$a = \exp(XC') \quad b = \exp(XNK')$$

허산된 조합들은 “한번에 정대되는 직기의 대수인 N의 조합의 숫자, R”이다. 퍼스널 컴퓨터의 기억용량의 한계로 인해 R은 N이 50이상일 경우에 최고 N의 30%까지, 그리고 N이 20~50사이일 경우에는 N의 50%로 제한하였다. 이 비율보다 더 큰 정대율은 직기 자체의 기계적 결함이나 제직 준비공정에서 어떤 문제점이 있다는 징후가 될 것이다. 위와 같은 R의 제한이 직기효율 결과에 커다란 영향을 미치지 않는다.

1회 순회에 소요되는 시간(분)은 다음에 식으로 구해지며,

$$T = N \times K' (1 - X \times N \times C' \times E)$$

“1회 순회활동에서 정대 된 직기의 보수에 소요되는 실제시간(U)”은 다음 식으로 구해진다.

$$U = (T - N \times K') / T$$

직기의 효율 결과치는 백분율로 주어지지만, 차후의 계산과정에서는 분수의 형태로 사용된다. 이 모델에 의해 계산된 직기의 효율은 직기의 기계적 결함을 감안하지 않은 것이므로, 실제의 효율은 이 보다 3% 정도 약간 떨어질 수도 있다.

3. 고 찰

본 컴퓨터 모델은 사용자 가이드에 열거되어 있는 주요 변수에 대해 사용자가 입력하는 변수 값과 서로 상호작용한다. 이러한 변수 값은 나중에 컴퓨터 프로그램이 데이터를 읽게 되는 데이터화일 내에 기억된다. 이런 기능은 사용자로 하여금 신속한 검색을 할 수 있도록 정보를 저장하여 준다. 입력변수의 개수는 적으며 각각의 변수 값은 실제 데이터를 사용하거나 시간분석을 통해 결정할 수 있다 또한 사용자는 변수 값을 변경할 수 있으므로 몇 가지 변수 값이 변경되었을 때 그에 따른 직기효율을 구하는 시간을 단축시켜 준다.

민감도분석 기능은 제직실 관리자에게 의사결정이 중요한 보조수단이 될 수 있다. 민감도분석은 하나 또는 그 이상의 변수의 중요성에 있어서 어느 정도의 불확실성이 있을 때 수행된다. 이 민감도 분석은 한 또는 그 이상의 독립변수 값의 변화에 따른 종속변수인 직기효율의 반응도를 측정하는 것이다. 일반적인 관점에서 볼 때 최고 수준의 직기효율이 가장 경제적인 상태로 믿어지지만 반드시 그렇지만은 않다. 원료비와 제직준비공정에 소요되는 비용과 마찬가지로 자본 및 인건비는 다른 것이다. 민감도분석 기능은 제직실

관리자로 하여금 최저원가의 직기가동수준을 결정하기 위해 공장 자체의 원가모델과 관련지어서 여러가지 효율수준을 조사해 볼 수 있게 해준다.

4. 제직실 효율관리 모델의 사용자 가이드

계산항목 : 직기의 효율

1회 순회활동에 소요되는 시간(분)

1회 순회활동에서 직기의 보수에 소요되는 실제 시간

가. 변수의 정의

1) 데이터파일에 입력되는 입력변수

* JS(1) : 직기속도

* JS(2) : 바디 폭

* JS(3) : 경사올수/in(또는 cm)

* JS(4) : 위사올수/in(또는 cm)

* JS(5) : 경사절에 의한 정대횟수/직기/시간

JS(6) : 위사절에 의한 정대횟수/직기/시간

JS(7) : 슬랙경사에 의한 정대횟수/직기/시간

JS(8) : 다른 요인에 의한 정대횟수/직기/시간

JS(9) : 보수시간/경사절에 의한 정대

JS(10) : 보수시간/위사절에 의한 정대

JS(11) : 보수시간/슬랙경사에 의한 정대

JS(12) : 보수시간/ 다른요인에 의한 정대

JS(13) : 도보 및 점검시간(초)

JS(14) : 시간당 휴식시간의 비율(%)

J\$(15) : 보전원 한사람이 담당하는 직기의 대수

* J\$(16) : 제직실에 설치되어 있는 직기의 전체 대수

*표시가 있는 변수들은 민감도 분석을 하는 경우에만 변경되는 것들이다. “변수값의 변경” 항목에서 이들 변수의 값을 변경하더라도, 원래의 계산결과치를 변경시키지는 않는다. “제직실에 설치되어 있는 직기의 전체대수”는 제직실의 조건을 좀더 완전하게 서술하기 위한 변수이므로 변경시킬 수 있는 변수는 아니다.

2) 출력변수

H\$(1) : 평균 정대회수/직기/시간

H\$(2) : 평균 정대회수/직기/분[X]

H\$(3) : 전체 보수시간/직기/분

H\$(4) : 보수시간의 가중평균치(분)/직기/시간[C]

H\$(5) : 휴식시간이 감안된 보수시간의 가중평균치(분)/직기/시간[C']

H\$(6) : 도보 및 점심시간(분) [K]

H\$(7) : 휴식시간이 감안된 도보 및 점검시간(분)[K']

H\$(8) : 평균 정대회수 × 휴식시간이 감안된 보수시간의 가중평균치[XC']

H\$(9) : 평균 정대회수 × 보전원 한 사람이 담당하는 직기의 대수 × 휴식시간이 감안된 도보 및 점검시간(분) [XNK']

H\$(10) : 직기의 효율

H\$(11) : 1회 순회활동에서 소요되는 시간(분)

H\$(12) : 1회 순회활동에서 보수작업에 소요되는 실제시간

[]로 표시되는 변수들은 Mack, Murphy 및 Webb 모델에서 변수각에 해당된다. 이런 모든 변수들은 계산되는 것들이며, 따라서 민감도분석용으로는 사용될 수 없다. 직기의 효율은 백분율로 주어진다.

나. 데이터입력 및 출력에 대한 고찰

본 직기의 효율측정용 모델은 Mack, Murphy 및 Webb에 의해 개발된 통계학적 모델을 사용한다. 이 모델의 기본적인 가정은 다음과 같다.

- 1) 보전원은 일정한 수의 직기를 관리한다.
- 2) 보전원은 한쪽 방향으로만 순회하며, 각각의 순회활동은 하나의 폐환을 형성한다.
- 3) 도보시간은 직기A의 중심부로부터 직기B의 중심부까지 걸어가서 그 직기를 보수하기 전에 우선 점검하고 서비스하거나 또는 직기C로 이동하는데 소요되는 시간을 뜻한다.
- 4) 정대되어 있는 직기를 보수하는 시간은 일정하다
- 5) 시간당 휴식시간이 차지하는 비율은 일정한 것으로 가정한다. 평균 보수시간과 도보시간은 이런 요인을 감안하여 상향조정되었다.

직기효율모델은 직기의 효율 $H(10)$ 을 계산하기 위해 $J(5)$ 로부터 $J(15)$ 까지의 입력변수를 사용하였다. 그 다음 1회 순회에 소요되는 시간, $H(11)$ 및 1회 순회에서 보수작업에 소요되는 실제의 시간, $H(12)$ 를 계산한다. 여기에서 출력되는 출력변수의 값들이 다음의 “인원할당/직기효율”표에 있다.

다. 변수값의 변경

사용자는 입력변수, $J(I)$ 의 값을 변경시킬 수 있다. 프로그램은 “변수값을 변경시키겠습니까? (Y/N)”라고 질문을 하게 된다. 사용자가 “Y”로 응답하면, 프로그램은 “변수번호”, $J(I)$ 와 “새로운 변수 값”, $J(I)$ 를 사용자에게 묻게 된다. 그 다음 사용자는 다음과 같은 작업을 할 수 있다.

- 1) 변경된 값을 원래의 데이터파일에 저장시킨다.
- 2) 새로운 데이터파일을 생성한다. 또는

3) 변경된 값을 저장시키지 않는다.

그 후, 프로그램은 계산과정으로 진행한다.

라. 민감도 분석의 수행

화면을 통하여 계산결과를 출력시킨 후 프로그램은 사용자에게 “민감도 분석을 하시겠습니까? (Y/N)”하고 질문을 하게 된다. 이 질문에 대하여 사용자가 “Y”로 응답하면, 프로그램은 민감도 분석을 수행하게 된다.

프로그램은 사용자에게 “분석하고자 하는 변수 번호 J\$(I)를 입력하십시오”라고 질문을 한다 입력변수 중 어느 것이라도 그에 대한 민감도 분석을 수행할 수 있다. 이 값의 백분율 간격은 프로그램이 “백분율 간격을 입력하십시오”라고 사용자에게 질문 할 때 입력되어진다. 백분율 간격을 너무 적거나 또는 너무 많이 잡음으로 해서 최종 결과치가 쓸모없게 되지 않도록 사용자는 백분율 간격을 결정할 때 주의를 기울여야 한다. 만약 사용자가 백분율 간격을 “3”으로 입력했다면, 모델은 다음과 같이 변수값을 계산하게 될 것이다.

새로운 값

88% 원래의 값

91% 원래의 값

94% 원래의 값

103% 원래의 값

97% 원래의 값

106% 원래의 값

109% 원래의 값

112% 원래의 값

<표 1> 인원할당/직기의 효율

직기: 에어제트직기		
작물: 평작		
변수	변수값	번호
평균 정대회수/직기/시간.....	1.1	1
평균 정대회수/직기/분.....	0.02	2
전체 보수시간/작기/분.....	0.74	3
보수시간의 가중평균치(분)/ 직기/시간.....	0.67	4
휴식시간의 감안된 보수시간의 가중평균치(분)/직기/시간.....	0.84	5
도보 및 점검시간(분).....	0.05	6
휴식시간이 감안된 도보 및 점검 시간(분).....	0.06	7
평균 정대회수 * 휴식시간이 감안된 보수 시간의 가중평균치(분)/ 직기/시간.....	0.02	8
평균 정대회수 * 보전된 한 사람이 담당하는 직기의 대수 * 휴식시 간이 감안된 도보 및 점검시간 (분).....	0.05	9
직기의 효율.....	93.08	10
1회 순회작동에서 소요되는 시간 (분).....	5.86	11
1회 순회작동에서 보수에 소요되는 실제시간.....	3.36	12

註: 본 직기의 효율은 직기 자체의 기계적 결함을
감안하지 않았으므로, 실제의 효율은 이 보다
약간 떨어질 수도 있다.
또한, 데이터 화질에 기억되어 있는 입력변
수들의 변수로도 인쇄될 수 있다.

<표 2> 데이터 파일 변수표

직기: 에어제트직기		
작물: 평작		
변수	변수값	번호
직기속도.....	180	1
직기폭.....	40	2
경사율수/cm.....	60	3
위사율수/cm.....	60	4
경사선에 의한 정대회수/직기/시간.....	0.65	5
위사선에 의한 정대회수/직기/시간.....	0.3	6
순회경사에 의한 정대회수/직기/시간.....	0.1	7
다른요인에 의한 정대회수/직기/시간.....	0.05	8
보수시간(분)/경사선에 의한 정대.....	0.85	9
보수시간(분)/위사선에 의한 정대.....	0.33	10
보수시간(분)/순회경사에 의한 정대.....	0.5	11
보수시간(분)/다른요인에 의해 정대.....	0.75	12
도보 및 점검시간(분).....	3	13
시간당 휴식시간의 비율(%).....	20	14
보전된 한사람이 담당하는 직기의 대수.....	40	15
제직실에 설치되어 있는 직기의 전체 대수.....	400	16

<표 3> 민감도 분석

분석할 변수의 수: 15	
적분율 간격: 3	
계산결과	
SS = -12	새로운 값 = 35.2
SS = -9	새로운 값 = 36.4
SS = -6	새로운 값 = 37.6
SS = -3	새로운 값 = 38.8
SS = 0	새로운 값 = 40
SS = 3	새로운 값 = 41.2
SS = 6	새로운 값 = 42.4
SS = 9	새로운 값 = 43.6
SS = 12	새로운 값 = 44.8

직기의 효율측정용 컴퓨터 모델은 각각의 새로운 값에 대하여 직기의 효율, 1회 순회활동에 소요되는 실제시간 및 순회활동에서 보수에 소요되는 실제시간을 각각 계산한다. 이때, 기억되어 있는 원래의 값은 변경되지 않는다.

직기효율과 JS(1)으로부터 JS(4)까지의 입력변수와의 관계는 1.5승의 지수형태로 반비례하는 것으로 생각된다. 1회 순회활동에 소요되는 시간과 보수활동에 소요되는 시간 역시 다른 입력변수와 마찬가지로 직기의 효율을 계산하는데 사용되는 변수들이다. 이러한 변수들이 서로 상호작용을 하기 때문에 직기의 효율만을 변경시키는데 따른 1회 순회활동에 소요되는 시간과 보수활동에 소요되는 시간의 변화를 정확하게 예측할 수는 없다.

민감도 분석이 끝나면 사용자는 “또 다른 민감도 분석을 하시겠습니까? (Y/N)”라는 질문을 받게 된다. “N”으로 응답하면, 모델은 “종료(1), 또는 리턴(2)”이라고 사용자에게 다시 질문을 하게 된다. “1”을 입력하면 프로그램은 작업을 종료하게 될 것이다. “2”를 입력하면 “변수값의 변경”부분으로 되돌아가게 되며, 이때 사용자는 다른 작업을 수행할 수 있게 된다.

<표 4> 민감도 분석 결과

직기 : 에어젯 직기

직물 : 평직

변수 : 보전원 한 사람이 담당하는 직기의 대수

새로운 값	직기 효율	1회 순회활동에 소요되는 실제 시간	1회 순회활동에서 보수에 소요되는 실제 시간
35.2	94.06	4.49	2.29
36.4	93.76	4.79	2.52
37.6	93.47	5.12	2.77
38.8	93.14	5.47	3.04
40	93.08	5.86	3.36
41.2	92.11	6.19	3.62
42.4	91.31	6.56	3.91
43.6	91.29	7.04	4.31
44.8	90.72	7.48	4.68

또 다른 민감도 분석을 하시겠습니까? (Y/N) N

종료(1) 또는 리턴(2)? 1