대한산업공학회/한국경영과학회 2000 춘계공동학술대회 논문집. 2000 년 4 월 21-22 일. 경남대학교
Session PA9.3

인간공학적 작업장 개선안의 경제적 가치평가 방법에 관한 연구

A study for economic evaluation method of ergonomic improvement in the work place

신재호, 박민용

한양대학교 산업공학과

Abstract

효율적 의사결정을 위해서는 인간공학을 적용하여 작업장이 개선되었거나 개선안이 나타나면 그에 대한 경제적 평가가 체계적으로 이루어져야 한다. 하지만 인간공학 적용에 따른 개선 효과가 평가될 수 있는 항목이 없는 net present value 방법으로는 측정이 불가능하다. 반면에 인간공학 분야에서는 경영학 분야에서 고려하는 요소를 고려하지 않는 부분이 존재한다. 경영학 분야와 인간공학 분야에서 서로 일치하지 않는 부분을 보완하고 NPV 공식에 인간공학 개선 효과의 영향을 고려해주는 항목을 추가한다면 보다 정확한 인간공학 적용의 재정적 평가가 가능할 것이다. 그리고 computerized method 를 사용하여 과거 계산하기 힘들었던 분야의 가치평가의 정확도를 높일 수 있을 것이다. 본 연구는 system 의 가치를 평가하는데 난해했던 부분을 보완해 줌으로써 평가의 정확도를 높이는데 기여할 수 있을 것이다.

1. 서론

인간공학을 적용하여 작업장이 변화하면 그 효과를 평가할 때 일반적으로 수행도의 향상 정도를 사용하여 왔다. 수행도의 향상정도로 개선의 효과를 평가하는 것이 인간공학적 개선을 가장 객관적으로 평가할 수 있으나 인간공학 전문가가 아닌 의사결정자는 그 결과를 이해하기 어려울 것이다. 또한 인간공학적 개선안 외에 여러 가지 투자안이 존재할 경우 우열을 가려서 최적의 투자안을 도출하는 데 수행도의 향상정도는 다른 투자안과의 비교가 불가능하다.

의사결정자, 특히 경영권자에게 최적의 투자안을 선택하는데 도움을 주기 위해서는 모든 투자안을 동일한 기준에서 평가한 경제적 가치(monetary value)로 결과가 나타나야 한다[8]. 하지만 지금까지 인간공학분야에서 경제적 가치평가는 많은 연구가 이루어지지 않았으며, 그 동안 연구에 의해서 도출된 평가 방법은 아직 수정의 여지가 많이 남아있다[3].

본 연구는 과거 연구된 방법을 기초로 더 많은 요인을 고려할 수 있고, 정확도를 좀더 높일 수 있는 방법을 찾아서 의사 결정자에게 도움을 주기 위해 시작되었다.

2. 연구목적

본 연구의 목적은 크게 다음의 3 가지로 나타낼 수 있다.

1. 기존 가치평가 방법의 문제점 발견 및 보완
2. 이익, 비용, 변화 요인을 종합하여 경제적 가치를 알아내는 process 개발
3. 인간공학적 개선의 효과를 일반적인 가치평가 방법으로 도출된 값과 비교 가능하게 하여 의사결정에 도움을 주기 위한 것

3. 기존연구고찰

인간공학 적용의 경제적 가치 평가는 경영학에서 사용하는 방법을 그대로 적용해서는 안될 것이다. Gagnon 은 경영학 분야에서 사용되는 투자안의 평가방법으로는 간접적인 노동, 부수적으로 나타나는 초과 비용, 생산물의 품질향상, lead time 의 감소, flexibility 의 증가, 고객 만족도 증가 등은 평가되지 않는다고 지적하였다[5]. D. Beevis 는 Singleton 의 연구결과를 바탕으로 간접적인 개선 효과는 직접적인 현금흐름에는 영향을 주지 않지만 작업자나 경영자 양쪽 측면에 긍정적인 효과를 미친다는 결론을 도출해냈다[2]. G. C. Simpson 은 적은 비용으로 많은 이익을 낸 사례를 모아 회계적 이익율법의 초기단계를 사용하여 인간공학 적용의 유용성을 주장하였다[3]. Oxenberg 는 회수기간법을 사용하여 인간공학 적용을 재정적으로 평가하는 방법을 연구하였는데 cost-benefit 분석을 사용하여 4 가지로 분류된 요인들을 고려하여 비교적 자세한 수익을 계산하였다[1].

4.기존의 가치 평가 방법

경제적 가치를 평가하는 방법은 다음의 5 가지가 가장 많이 사용되고 있다[5].

1. 회수기간법
2. 회계적 이익률법

3. 순현가법
4. 내부수익율법
5. 수익성지수

이 중 시간적 가치변화를 고려할 수 있고 위험 요인에 따라 할인(discount)이나 할증(premium)이 가능한 순현가법, 내부수익율법, 수익성 지수가 우수한 방법으로 인정받고 있다[5].

5. 기존 방법의 문제점

기존의 경제적 가치평가 방법을 경영학 분야와 인간공학 분야로 나누어 문제점을 분석해 보았다.

5.1 경영학 분야

경영학 분야는 인간공학에 대한 인식의 부족으로 개선에 대한 평가를 못하는 부분이 많아서 인간공학적인 개선을 과소평가하게 된다. 누락된 주요 비용 요인을 살펴보면 결근율의 변화, turnover 에 따른 비용, 경험 많은 고용인의 손실, 새로운 고용 및 작업환경 변화 비용, 고용인의 만족도 변화, 재정적 위험 감소로 인한 경영자의 효용증가 등은 고려하지 못하였다[1]. 또한 인간공학적인 개선은 현금흐름에는 변화가 없는 이익도 있을 수 있는데 그에 대한 평가 방법이 없다[3].

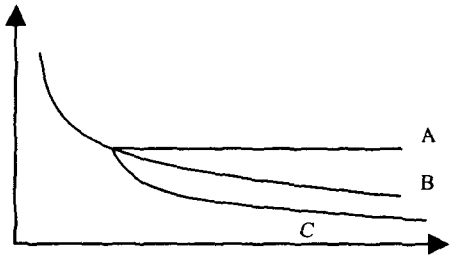
5.2 인간공학 분야

인간공학 분야에의 경제적 가치평가는 경영학과에서 누락된 요인을 찾아내는데 초점이 맞추어져 있었다. 하지만 평가의 정확도를 높이는 데는 미흡한 점이 존재한다. 인간공학분야에서 고려하지 못한 비용요인 중 비용이나 의사결정에 큰 영향을 줄 수 있는 것으로 다음의 5 가지를 들 수 있다.

5.2.1 불확실성에 의한 효용변화

미래의 이익이나 비용이 불확실한 경우 위험회피형 투자자를 가정한다면 기대이익에서 할인을 해주어야 하는데 고려하지 못하고 있다.

5.2.2 Learning curve



[그림 1]Learning curve 와 개선효과

생산이 시작되면 생산수가 늘어남에 따라 생산물당 비용이 감소하게 된다. 이러한 learning curve 는 B 와 같이 나타나게 된다. 인간공학을 작업장에 적용하여(훈련, 익히기 쉬운 설계, 에러를 방지하는 설계) 생산물당 비용이 감소하면 curve 가 C 로 변한다. 이러한 변화의 효과를 비용으로 계산하려면 B 와 C 의 차를 누적하여 계산하여야 한다. 그러나 기존의 연구들에서는 이러한 learning curve 와 비용을 연결시키지 않아 A 와 C 의 차이를 비용절감효과로 보아서 인간공학 적용의 효과를 과대평가 하였다.

5.2.3 시간에 따른 가치변화

아주 중요하고 당연히 고려되어야 하는 요인이지만 Maurice 의 연구에서 고려되지 않고 있고, Beevis 와 Simpson 의 연구에서도 언급이 없다.

5.2.4 기술의 계속적인 발달에 따른 비용변화

어떠한 분야의 기술은 계속적으로 발전하므로 비용은 시간이 지날수록 감소하게 된다. 기존의 평가방법으로는 기술진보로 인한 비용의 절감이 인간공학적 개선의 결과로 잘못 인식하여 그 가치를 과대평가하고 있다.

5.2.5 satisfaction 에 의한 급여변화

작업장이 위험하여 작업자가 부상을 당하는 일이 자주 일어나거나 오래 근무한 사람에게서 공통적으로 나타나는 증상(누적외상병 등)이 있다면, 그런 것이 없는 작업장에서 일하는 작업자보다 더 높은 보수를 요구할 것이다. 이러한 부분이 기존 연구에서는 고려되지 못하여 인간공학 개선의 효과를 과소 평가하는 경향이 있었다.

6. 연구과정

본 연구는 기본적으로 기존의 인간공학 분야에서 개선효과의 경제적 가치를 평가하는 program[1]을 바탕으로 보완 발전시키는 방법을 사용하였다. 그 과정은 다음과 같다.

1. 인간공학 분야의 연구에서 나타난 주요 비용요소 수집
2. 경영학 분야의 가치평가 방법과 비교하여 중요한 요인인데도 불구하고 인간공학 분야에서의 가치평가에서 고려되지 않은 요인 추출
3. 주요 비용 요인들을 모두 포괄하는 가치평가 수식 개발
4. 각 요인 변수를 PRICE model 을 통하여 도출
5. 기존의 방법과 비교 분석

7. 인간공학 분야의 평가대상 비용요인

Oxenburgh, Simpson, Gagnon 의 연구를 종합하여 인간공학 분야에서 주요 비용 요소로 추출된 것들을 모아 보았다[1][3][5]. 그 내용은 표 1 과 같다.

[표 1] 비용요소 및 세부비용요소

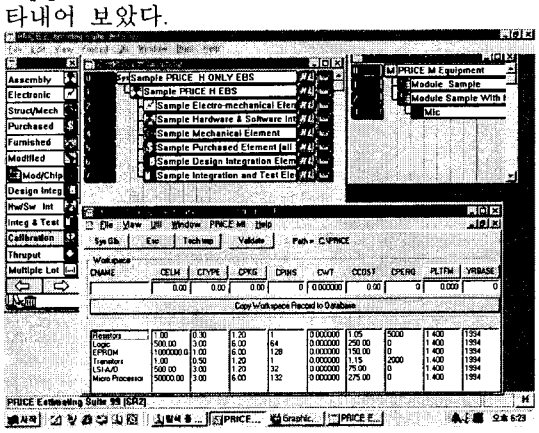
비용요소	세부요소
현금요소	초기투자비용
생산관련 급여	고용인의 유급 노동시간 고용인 수 결근에 따른 손실
급여 및 관련 비용	세금, 보험료 관리비용(급여)
작업장 관리 및 turnover 관련 비용	관리비용(급여 외) 새로운 고용 및 작업변경 비용 turnover 에 따른 비용 경험 많은 고용인의 손실
생산비용	생산량 변화에 따른 비용 품질 변화에 따른 비용 overtime 간접비

표 1 에 포함되어 있는 내용은 모두 현금흐름과 관련된 것이므로 기존의 가치평가 방법으로

평가 가능하다.

8. PRICE model

PRICE model 은 Computerized 된 원가 계산 tool 로써 flexibility 가 크다. 내부에 저장되어 있는 database, generator, mandatory input 을 모두 사용할 수 있는 것이 장점이다. 각 연도의 cost 를 현가로 계산하는 과정을 PRICE model 을 사용함으로써 불분명한 부분의 cost 를 내부의 generator 와 know-how 에서 도출된 table 을 이용하여 도출할 수 있다. 또한 learning curve 를 고려한 cost 의 변화, 그리고 불확실성에 의한 risk 를 고려한 cost 를 결과로 얻을 수 있다[7]. PRICE model 을 사용하는 모습을 그림 2 에 나타내어 보았다.



[그림 2]PRICE model

본 연구에서 PRICE model 을 통하여 구할 값들은 다음과 같다.

1. 모든 예상현금 흐름은 PRICE model 을 통하여 구한다.
2. learning curve 를 내부의 PRICE model database 에서 구하여 변화를 예측한다.
3. 불확성실을 고려하여 각 변수들의 분포를 고려하여 simulation 을 통해 도출된 정보로 최종 NPV 값의 분포를 도출한다.
4. 시간에 따른 가치변화를 시장 이자율로 할인하여 현가화 할 때 내부 database 에 있는 과거 시장 이자율, 미래 예측 이자율 정보를 이용한다.
5. 기술의 계속적인 발달에 따른 원가 절감요소를 내부의 database 자료와 calibration 을 통하여 도출한다.

9. 결론

9.1 가치평가 방법 선택

앞에서 언급된 5 가지 가치평가 방법은 모두 장단점이 있지만 순현가법, 내부수익율법, 수익성지수 세 가지가 우수한 방법으로 인정되고 있다[4]. 하지만 내부수익율법과 수익성 지수는 회수된 현금의 재투자 시 같은 수익율의 투자안으로 재투자 한다는 가정에 문제가 있다. 그 이유는 인간공학적 개선안은 일반적으로 대단히 높은 수익율을 가지는데 이러한 높은 수익율의 투자안은 재투자 시에는 존재하지 않을 가능성이 높다. 그러므로 인간공학적 개선안을 평가하는 데 순현가법을 가치평가 방법으로 선택하는 것이 가장 바람직하다.

9.2 인간공학적 개선안의 가치평가를 위한 순현가법의 변형

기존의 순현가법 공식은 다음과 같다.

$$\sum_{k=0}^{n} \frac{E_k - C_k}{(1 + r_k + u)^k}$$

E_k = k 년도의 수익
C_k = k 년도의 비용
R = 시장이자율
U = 불확실성으로 인한 discount

인간공학을 적용하면 직접적으로 이익이 늘어나거나 비용이 감소하는 효과와 간접적인 개선 효과가 있다. 간접적인 개선 효과는 직접적인 현금 흐름에는 영향을 주지 않지만 작업자나 경영자 양쪽 측면에 긍정적인 효과를 미친다[2]. 이러한 영향을 작업장의 사고와 작업자의 발병 등의 예측 불가능한 재정손실 위험 감소분과 환경 불만으로 인한 작업자의 급여상의 프리미엄감소를 고려하면 다음과 같다.

$$\sum_{k=0}^{n} \frac{(EE_k - C_e) - CE_k}{(1 + r_k + u_e)^k}$$

EE_k = 인간공학 적용으로 인하여 변화된 수익
CE_k = 인간공학 적용으로 변화된 비용
u_e = 인간공학 적용으로 인하여 변화된 불확실성의 discount 항목
C_e = 환경적 불만으로 인한 급여분의 프리미엄 중 인간공학 적용에 따라 줄어든 감소분

EE_k 와 CE_k 는 앞에서 언급한 PRICE model 을 사용하여 구한다. u_e 는 CAPM 모델에서 사용하는 분산의 함수로 구한 값을 사용할 수 있는데 경영자의 위험성향에 따라 그 값이 달라질 것이다[6]. C_e 는 작업자 마다 크기가 상이할 것이다. 정확한 값을 예측할 수는 없지만 중요한 비용요소 이므로 대략적인 값을 넣어야 할 것이다.

9.3 가치평가 process 결과

가치평가 process 를 통하여 도출되는 결과물은 앞에서 언급한 모든 요소를 고려한 값이고 현재가치로 나타난다. 그리고 PRICE model report 양식에 의해서 하나의 값과 분포 두 가지 모두 얻을 수 있다. 결과물의 특성을 경영학분야, 인간공학 분야, 그리고 새로운 process 로 나누어 비교하여 보면 다음의 표 2 와 같다.

10. 추후 연구방향

앞에서 언급한 가치평가 process 의 검증이 필요할 것이다. 검증을 위해서 기존의 연구에서 나타난 결과와 본 연구의 process 를 통하여 나타난 결과를 비교하여 분석하는 과정을 거쳐야 한다. 또한 flexibility 의 증가, 고객 만족도의 증가 등은 중요한 비용요인이지만 본 연구에는 이를 고려하는 부분이 연구되어 있지 않다. 또한 각 요소의 값을 도출하는 것도 대부분이 외국의 data 를 사용하는 것도 결과의 정확도를 하락 시키는 원인이 될 수 있다. 이러한 부분을 앞으로 연구를 진행하면서 보완해 나갈 것이다.

[표 2] 기존의 방식과 새로운 process 의 차이점

경영학 분야와의 차이	인간공학 분야와의 차이
● 결근율의 변화에 따른 비용 변화 고려 ● turnover 에 따른 비용 고려 ● 경험 많은 고용인의 손실 고려 ● 새로운 고용 및 작업환경 변화 비용 고려 ● 고용인의 만족도 변화 재정적 위험 감소로 인한 경영자의 효용증가 고려 ● 현금흐름에는 변화가 없는 이익 고려	● 불확실성에 의한 효용변화 고려 ● Learning curve 고려 ● 시간에 따른 가치 변화 고려 ● 기술의 계속적인 발달에 따른 비용변화 고려 ● satisfaction 에 의한 급여변화 고려 ● 확률 분포 값으로 결과물이 나타남

11.참고문헌

[1] Maurice S. Oxenburgh (1997), Cost-Benefit Analysis of Ergonomics Programs, AIHA, 58, 150-156
[2] D.Beevis (1970), Ergonomics-cost and benefit, Applied Ergonomics, 1(2) 67-84
[3] G. C. Simpson (1990), Cost and benefits in occupational ergonomics, Ergonomics, 33(3), 261-268
[4] Zvi Bodie, Alex Kane, Alan J. Marcus(1999), Investment, McGraw-Hill, Forth edition
[5] Roger J. Gagnon (1991), Assessing strategies for obtaining advanced engineering technologies with highly uncertain benefit, IEEE transactions on engineering management, 38(3), 210-223
[6] Eugene F.Fama, James D. Macbeth (1971), Risk, Return and Equilibrium, J.F.E., 79 (January/Februry), 30-55
[7] PRICE H(1998), Lockheed Martin Corporation
[8] 김철중(1993). 자기자본비용의 재인식과 경제적 부가가치. 경영연구, 17, pp. 33-46.