

柔軟生産 시스템 (F.M.S.: Flexible Manufacturing Systems)의 經濟性 評價에 대한 文獻 考察[†]

A Literature Survey on Economic Justification of Flexible Manufacturing Systems

金 成 寅*
金 勝 權*
姜 錫 顯*
朴 泰 亨*

Abstract

A major problem in the adoption of advanced manufacturing systems such as F.M.S. (Flexible Manufacturing Systems) is the prerequisite economic justification process because of high investment needed for the acquisition and installation of F.M.S. While some of the benefits expected are readily quantifiable, others are very difficult or even impossible, using conventional method. Thus the investment in F.M.S. should be considered as a strategic decision rather than a tactical decision which concerns with only financial implications.

In this paper we review papers on major justification techniques developed during the last decade and identify the benefits of F.M.S. and describe the considerations in the justification of F.M.S. Also, we deal with the current and future research directions in justifying F.M.S.

I. 序 論

柔軟生産 시스템 (F.M.S.: Flexible Manufacturing Systems)에 대한 定義는 단일화되어 있지 않으나 대체적으로 여러 대의 공작기계들이 자동화된 자재취급 시스템 (Material Handling System)으로 연결되어 있고, 이 시스템과 공작기계들이 컴퓨터에 의하여 조정되는 생산 시스템으로 정의된다 [Kusiak (1986)]. 다시 말해서 F.M.S.는 자동화된 자재취급 시스템과 컴퓨터제어를 이용하여 서로 다른 공정순서와 작업시간을 갖고 있는 작업물들을 가공할 수 있

는 N.C. (Numerical Control) 기계들의 집단으로 생산품의 변화 및 생산량의 변화에 신속하게 대처할 수 있는 생산 시스템을 말한다. 따라서 제품에 대한 수요가 점차 多品種少量의 추세로 바뀔에 따라 생산성을 향상시키고, 시장에서의 경쟁력을 높이기 위하여 F.M.S.와 같은 새로운 생산 시스템 도입의 필요성이 증대되고 있다. 이러한 F.M.S.는 G.T. (Group Technology)나 M.R.P. (Material Requirement Planning) 등의 기법과 같이 다품종소량 생산을 하는 금속가공 산업에 성공적으로 사용되고 있다 [Goulding (1985), Nordsten (1985), Takeyama (1982)].

* 高麗大學校 工科學科 産業工學科

† 본 研究는 韓國科學財團의 目的基礎研究 支援에 의하여 수행되었음.

그러나 모든 설비의 도입에서와 마찬가지로 재래의 생산 시스템에서 F.M.S.로 바꾸는 데에는 설비투자비, 기술개발비, 교육훈련비 및 운용자의 임금 등 많은 자본이 소요된다. 따라서 도입결정에 대한 어려움은 장비나 생산공정의 공학적인 미흡함에서 기인한다기보다는 오히려 경영자의 태도나 정책에 의한다고 볼 수 있다. 이런 관점에서 F.M.S.의 도입시 가장 먼저 해결해야 할 문제는 이의 妥當性에 관한 것이다 [Curtin(1984), Michael and Millen(1985)].

타당성을 평가하기 위해서는 새로운 생산 시스템을 도입함으로써 얻을 수 있는 利點과 費用을 비교해야 하는데, 이러한 이점은 단순히 定量的인 (quantitative) 비용절감의 측면에만 있는 것이 아니라 定性的 (qualitative) 이고 戰略的인 (strategic) 영향에 더 좌우된다 [Beaton(1983), Annborn(1983, 1984), Hundy(1984)]. 그리고 F.M.S.의 도입이 성공적이기 위해서는 생산기법보다는 이에 대한 사고방식과 올바른 적용이 필요하며 [Dempsey(1983)], 새로운 생산 시스템에 대한 경영자의 신념 또한 중요하게 강조된다 [Staples(1983)].

한편 F.M.S. 도입시 해결해야 할 또다른 문제는 導入時期와 柔軟性 (flexibility)의 水準에 관한 것이다. Kulatilaka(1985)는 최적 투자시기에 관한 문제를 다루고 있으며, Gaimon(1985, 1986a)은 시간에 따른 수동(labor)과 자동(automation)의 최적 비율을 구하기 위한 해법을 개발하였다.

본 연구에서는 수년동안 발표된 文獻들을 통해서 F.M.S.을 포함한 첨단 생산 시스템의 도입에 대한 妥當性 평가방법들을 소개하고, 앞으로의 연구방향을 제시한다. 제 2 절에서는 F.M.S. 도입에 따른 利點을, 제 3 절에서는 평가시 고려해야 할 諸般事項들을 알아본다. 제 4 절에서는 전통적인 평가방법이 갖고 있는 限界性을 살펴 보고, 제 5 절에서는 평가방법을 經濟的 (economic), 分析的 (analytic), 戰略的 (strategic) 방법으로 구분하여 설명한다. 제 6 절에서는 F.M.S. 타당성 평가에 대한 事例研究를 소개한다. 그

리고 제 7 절에서는 結論과 앞으로의 연구 方向을 제시한다.

II. F.M.S. 導入에 따른 利點

F.M.S. 도입에 대한 올바른 투자결정을 하기 위해서는 도입에 따른 利點과 費用要素들이 정확히 파악되어야 한다. F.M.S. 도입으로부터 얻을 수 있는 이점은 크게 戰略的 (strategic) 이점과 戰術的 (tactical) 이점으로 나눌 수 있는데, 일반적으로 전략적 이점은 정량화하기 힘든 無形的 (intangible) 특성을 갖고 있기 때문에 전술적 이점과는 다른 방법으로 평가되어야 한다. 반면에 전술적 이점은 대부분 측정가능하여 정량화할 수 있으며, 기존의 경제성 공학 기법에 의한 분석이 가능하다 [Choobineh(1986)].

F.M.S.의 戰略的 이점은 기업의 경영전략 혹은 목표와 일치하는 경우가 많기 때문에 각 기업에 따라 크게 다를 수 있다. 이 중 몇가지를 나열하면 다음과 같다:

- R. O. E. (Return on Equity)의 향상
- 경쟁력 강화
- 단기의 수명주기를 갖는 제품에 대처하는 능력
- 기술과 경영에 대한 전문지식의 개발
- 불안정한 노동시장에 대한 불안 감소
- 새로운 생산 시스템을 갖고 있다는 대외적인 인식 확대
- 시장수요에 대한 신속한 공급능력

한편 F.M.S.의 戰術的 이점은 F.M.S.의 두 가지 기능적 특징에서 기인한다. 첫째는 F.M.S.가 여러가지 작업물을 가공하기 위하여 기계들이 집단화되어 있다는 것이고, 둘째는 모든 기계와 자재 취급장치들이 컴퓨터에 의하여 조정된다는 것이다. 이러한 두가지 특징에 의한 F.M.S.의 전술적 이점은 다음과 같다:

- 재공품의 감소
- 작업준비시간 단축
- 생산시간 및 이의 변동 감소
- 치공구비의 감소

- 생산통제의 향상
- 품질의 향상 및 일관성
- 스크랩률의 감소
- 사용공간의 감소
- 노무비 감소
- 재작업비 감소
- 기계, 공구 및 자재 취급장치의 상태 감시 용이
- 운용조절의 향상
- 작업물 조절의 향상
- 수요변화에 따른 대응시간 단축
- 기계고장수리에 대한 능력 향상
- 작업조건의 향상
- 설계 및 공정변화에 대한 신속한 대응

Ⅲ. 妥當性 평가시의 고려사항

기존 생산 시스템에 대한 F.M.S. 도입의 妥當性을 평가하기 위해서는 제 2 절에서 언급한 利點에 도입상황에 맞는 다른 요소를 추가하거나 그렇지 않은 요소를 제외시켜서 올바른 평가를 할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 투자비용 뿐만 아니라 도입에 따른 효과들을 정확하게 파악하는 것이 필수적이다. 利點들 중에서 정량화가 가능한 것은 기존 시스템에 대한 비용의 절감액으로 정량화하여 기존 시스템과의 비용 증감을 비교한다. 정량화할 수 없는 효과들은 분석적(analytical) 방법에 의하거나 경영전략적인 측면을 고려하여 정량화한 결과와 상호보완적으로 이용하여 F.M.S. 도입의 타당성이 평가되어야 한다.

Klahorst (1983)는 타당성 평가시 고려해야 할 14가지의 費用要素를 제시하고 있는데 이는

1. 직접노무비 (direct-labor costs)
2. 기계설치비 (machine-setup costs)
3. 공구비 (tooling costs)
4. 자재취급비 (material-handling costs)
5. 부품검사비 (part-inspection costs)
6. 설비유지비 (equipment-maintenance costs)

7. 감독비 (shop-supervision costs)
8. 생산통제비 (production-control costs)
9. 제조설계비 (manufacturing - engineering costs)
10. 공장설비비 (plant-facility costs)
11. 재고비 (inventory costs)
12. 고정구비 (fixturing costs)
13. 표본 및 신부품비 (prototype and new-part costs)
14. 재작업 및 스크랩비 (rework and scrap costs)

이다. Choobineh(1986)는 이러한 14가지 비용 요소 외에

15. 시스템 설계비
16. 에너지비
17. 간접비
18. 설비의 수명 및 잔존가치에 대한 추정
19. 설비의 수명기간동안의 부품의 수요패턴과 같은 비용요소 및 모수(parameter)들을 추가로 고려해야 한다고 지적하고 있다. 또한 Randhawa와 Bedworth(1985)는 전통적인 생산 시스템과 F.M.S.를 비교할 때 확인하여야 할 요인으로서 생산비와 같은 經濟的 요인(economic factor), 공간이용도나 생산유연성과 같은 技術的 요인(technical factor), 고위경영자의 참여와 작업자의 사기 등과 같은 社會的 요인(social factor)을 설명하고 있다.

한편 어떤 생산 시스템이건간에 이의 도입결정은 각 나라의 조세정책에 따라 크게 영향을 받으므로 [Primrose and Leonard(1984), Kulatilaca(1985)], 동일한 생산 시스템이라 할지라도 서로 다른 효과를 갖는다.

Ⅳ. 전통적인 평가방법의 限界

대부분의 생산 시스템들은 주로 설비를 기초로 하고 있으며, 이러한 생산설비는 전통적으로 비용절감이나 용량확장에 근거하여 그 타당성이 정당화되어지고 있기 때문에 [Meyer(1982), McDonald and Hastings(1983), Grud

(1984), Muir (1984)), 이러한 시스템들을 비용 절감이나 용량확장을 척도로 하여 평가하는 것이 전형적이라고 생각할 수 있다. 재래의 생산 시스템에서는 제품을 경제적으로 생산하기 위해서 대량생산이 요구되었으므로, 제품은 수명 기간이 길고 이미 오래 전부터 생산되어온 것이었다. 이런 상황하에서는 정량적이고 한정된 수의 모수만을 고려하여 생산 시스템을 평가하는 것이 가능하였다 [Kaplan(1983)]. 그러나 이와 같은 평가는 어떤 경우에는 합당하나 그렇지 않은 경우도 있다. 왜냐하면 F. M. S. 와 같은 새로운 첨단 생산 시스템을 도입함으로써 기존 시스템에서 얻을 수 없었던 정량적인 효과뿐만 아니라 정성적인 효과 및 전략적인 측면을 고려해야 하므로 전통적인 평가방법에 의하여 새로운 생산 시스템의 타당성을 평가하는 데에는 限界가 있다.

Airey와 Young (1983)은 전통적인 평가방법의 短點은 다음과 같은 가정하에서 타당성의 평가가 이루어지는 데 있다고 설명하고 있다.

- i) 설비에 대한 투자의 영향은 단기간에 국한되어 있다.
- ii) 설비와 기법(technology)의 능력은 이미 잘 알려져 있으며, 설치 후에도 변하지 않는다.
- iii) 투자비용과 혜택(혹은 절감)은 직결한 정확도를 갖고 추정될 수 있다.
- iv) 고려중인 프로젝트의 혜택과 제한사항은 그 프로젝트에 가장 직접적으로 관제를 갖고 있는 경영자 혹은 전문가에 의해서 최적으로 평가될 수 있다.
- v) 여러가지 요구사항들은 그때그때 경우에 따라 평가된다.

점차 생산 시스템이 자동화되고 유연성이 높아져 가는 추세에 따라 초기 비용은 많지만 낮은 변동비와 최소의 노동력, 다품종소량 생산이 가능해지기 때문에, 안정된 공정하에서 이미 정해져 있는 특성의 제품을 대량생산하는 재래의 생산 시스템에 적용해온 기존의 원가회계적인 평가방법은 미래의 생산 시스템을 평가하는 데

에는 적합하지 않다. 새로운 생산 시스템을 도입함으로써 기술혁신(innovation), 주문생산(customization), 품질 등을 강조하는 생산전략을 세울 수 있기 때문에 단순히 비용 최소화에 기초한 生産遂行 尺度(manufacturing performance measure)는 부적절하다. 그러므로 신제품 개발, 생산유연성, 물품인도기간, 품질, 재고비, 생산성 등과 같은 비전통적(non-traditional)이고 준정량적(semiquantitative)인 새로운 척도가 요구된다 [Kaplan(1983)].

F. M. S. 와 같은 새로운 생산 시스템을 도입함으로써 제2 절에 언급한 여러가지 이점을 얻을 수 있는 반면에, 이에 대한 투자비가 막대하므로 危險이 수반되게 마련이다. 이러한 위험은 재정적일 뿐만 아니라 기업조직면에 있어서도 많은 영향을 미친다. F. M. S. 의 이점을 얻기 위해서는 균일한 품질의 재료구입, 새로운 회계 및 임금 체계, 경영구조의 변화 등과 같은 기업구조의 변화가 있어야 한다. 그런데 전통적인 평가방법은 이점뿐만 아니라 위험을 적절하게 고려하지 못한다는 또하나의 제약성을 갖고 있다 [Meredith and Suresh(1986)].

결국, 정적이거나 안정적이지 않은 동적인 요소를 많이 내포하고 있는 F. M. S. 도입에 대한 타당성을 평가하는 데에 전통적인 평가방법이 적용될 경우, 그 제약성으로 인하여 그릇된 결정이나 판단을 내릴 수 있다.

V. 妥當性 평가방법

F. M. S. 도입의 타당성 평가방법을 구분하는데에는 여러가지 이견이 있으나 대체로 경제적(economic), 분석적(analytic), 전략적(strategic) 평가방법으로 나눌 수 있다 [Meredith and Suresh(1986)]. 이러한 세가지 평가방법들은 각각 장단점을 갖고 있으며, F. M. S. 도입의 타당성을 평가하는 데에 어느 한가지 방법만을 이용할 것이 아니라 모든 방법의 결과를 종합하여 평가하는 것이 바람직하다.

1) 經濟的 평가방법

일반적으로 설비투자안을 정량적으로 평가하는 데에 쓰이는 방법들에는 P.P. (Payback Period), R. O. I. (Return on Investment), N. P. V. (Net Present Value), I. R. R. (Internal Rate of Return) 등과 같은 자본예산 분석 (Capital Budget Analysis) 기법들과 [Tombari (1978), Kulatilaka (1985)], M. A. P. I. (Machinery and Allied Products Institute) 방법 등이 있다. P.P.의 경우 초기투자를 회수하는 데 걸리는 기간으로 투자안을 평가한다. P.P.에 대한 R. O. I.의 장점은 서로 다른 계획기간을 갖는 설비투자안을 동일한 기준에 의하여 평가할 수 있다는 점이다. 돈의 시간적 가치(time value of money)를 고려할 수 있는 N. P. V.와 I. R. R.의 경우에는 할인율을 주관적으로 평가함으로써 기업의 기회비용을 평가에 반영할 수 있다 [Tombari(1978)].

노후설비를 N. C. 기계나 Robot과 같은 최신 설비로 대체하는 것과 같이 이점과 비용을 쉽게 정량화하여 투자결정을 위한 資本豫算分析의 경우에는 경제적 평가방법이 적당하다. 그러나 생산 시스템 자체를 바꾸고자 할 때에는 이로 인한 유형의 효과뿐만 아니라 정량화하기 힘든 무형의 효과들이 큰 영향을 미치게 된다. 다시 말해서 경제적 평가방법으로는 정성적이고 전략적인 이점을 파악하여 평가하는 것이 곤란하다. 더군다나 F. M. S.의 도입에 따른 여러가지 효과들을 하나의 값(즉, 화폐액)에 의하여 평가하기에는 시스템이 너무 크고 효과들의 상호관계가 매우 복잡하다.

Kulatilaka (1985)는 F. M. S.의 특별한 특징들을 구체화하여 자본예산 분석방법의 틀을 수정함으로써 일반적인 생각과는 달리 N. P. V.와 같은 재래의 자본예산 분석방법이 F. M. S.도입의 타당성을 평가하는 데 이용될 수 있다고 설명하고 있다. 먼저 F. M. S.도입에 따른 전반적인 영향을 파악하고 현금 흐름에 대한 예측모형을 세운 후, 위험을 고려한 할인율로 이러한 현금흐름내의 불확실성을 고려하여 기존 생산 시

스템에 대한 증분순현재가를 계산하여 의사결정을 한다. 모뎀에 세금감면과 같은 정책적 요소를 포함시킨 것은 F. M. S.의 평가가 생산공학자의 관점에서 뿐만 아니라 재정을 담당하는 부서에서도 병행되어야 함을 의미한다. 또한 F. M. S.프로젝트라고 하는 특별한 상황에서 자본예산분석 후 투자의 최적 시기에 관한 결정방법과 일반적인 결과들을 설명하고 있다.

Abbot과 Ring (1983)은 Terborgh (1967)가 고안한 M. A. P. I. 방법으로 설비의 대체분석을 할 때에 그의 가정이 현실적으로 부적절하다는 것을 지적하고 있다. 즉, M. A. P. I. 방법은 구 설비를 폐기하기 전에 새로운 설비로 대체한다든가, 새로운 기술개발로 인한 비용절감으로 생기는 수요증가와 같은 오늘날의 기업환경을 제대로 고려하지 못한다.

한편 Hutchinson과 Holland (1982)는 동일한 가지수의 제품을 여러가지 운용환경, 특히 수요의 변화가 불확실한 경우에 F. M. S.와 Transfer Line에 의하여 생산되는 제품의 단가를 비교함으로써 유연성으로 인한 경제적 이점을 설명하고 있다. 이러한 결과를 자본예산분석에서 고려하고 있으며, 모의실험을 통해서 분석방법의 타당성을 보여주고 있다.

F. M. S.에 대한 초기 투자비가 매우 크므로 기회비용을 생각해야 한다. Beaton (1985)은 회계절차에 있어서 비교와 선택의 특성을 강조하고 있다. 선택의 범위에는 생산설비뿐만 아니라 다른 형태의 자본활용 방법이 포함되어야 하며 더 나아가서 자동설비에 투자하지 않을 경우도 고려되어야 한다. 이와 같이 자본예산 분석에 主觀的인 고려사항들을 포함시켜 평가를 한 예로는 Askew와 Nesbitt (1985)의 Westland Helicopters사에 대한 사례연구와 Klahorst (1983)의 Kearney & Trecker사에 대한 사례연구 등이 있다.

2) 分析的 평가방법

F. M. S. 도입의 타당성을 평가하기 위해서는 협동작용(synergy), 유연성, 위험, 정성적 효과

등을 고려하는 좀더 분석적인 방법이 필요하다. 즉 F.M.S.의 타당성을 평가하는 데 있어서 정량화가 가능한 이점들만을 고려하고, 나머지 그렇지 않은 것들은 단순히 나열하는 식이 되어서는 안되고 여러가지 대안중에서 한가지를 선택할 수 있는 일관성이 있는 의사결정 절차가 필요하다 [Kaplan(1983)]. 이러한 분석방법은 많은 정보를 갖고 불확실성과 다수의 효과 및 척도를 다루기 때문에 좀더 현실적이며, 여러 요인과 주관적인 판단을 고려할 수 있다. 반면에 많은 자료가 필요하고 분석이 복잡하고 시간이 많이 걸린다 [Meredith and Suresh(1986)].

여러가지 F.M.S. 프로젝트 중에서 하나를 선택한다거나, 어떤 F.M.S.의 효과들에 대한 가중치를 할당하여 F.M.S. 도입의 타당성을 평가하고자 할 때에는 Portfolio분석 중에서 點數算定(scoring) 방법을 사용할 수 있다. 이 방법은 다수의 기준을 고려할 수 있고 사용이 간편하며 경영정책과의 일관성과 유연성을 갖고 있다는 장점이 있다. 반면에 이 방법의 용이성 때문에 분석자로 하여금 많은 수의 요인들을 모델에 포함시키도록 하여 모델을 필요 이상으로 복잡하게 만들 수 있다. 그러나 대부분의 추가 요인들은 적은 가중치를 가지므로 프로젝트의 선택에 있어서는 제한적인 영향을 미칠 뿐이다 [Suresh and Meredith(1985)]. 점수산정 방법을 적용하기 위한 모델로는 비가중 0-1 요인 점수산정 모델(Unweighted 0-1 Factor Scoring Model), 비가중 요인 점수산정 모델(Unweighted Factor Scoring Model), 가중 요인 점수산정 모델(Weighted Factor Scoring Model) 등이 있으나, 가중 요인 점수산정 모델이 가장 널리 쓰이고 있다 [Meredith and Suresh(1986)].

Nelson(1986)은 F.M.S.의 선택을 위한 점수산정 모델을 개발하였는데, 이 모델에서 고려하고 있는 요인으로는 기술, 설비, 생산능력, 비용-예산 비율, 순현가 등이 있다. 각 F.M.S. 대안들에 대한 이들 요인들의 점수를 합하여 최적 F.M.S.를 선택한다.

Saaty(1980)는 A.H.P. (Analytic Hierarchy

Process)라고 하는 가중 요인 점수산정 모델을 개발하였는데 이는 여러가지 요인들에 대하여 프로젝트를 평가할 때 자주 발생하게 되는 주관적인 판단의 불일치를 시정해 준다. 그동안 A.H.P.는 유가(oil price)의 예측에서부터 수로건설 계획, 마케팅 의사결정 및 재무 의사결정에 이르기까지 다양한 분야에 걸쳐서 적용되어 왔다 [Saaty(1980), Saaty and Vargas(1982), Wind and Saaty(1980)]. A.H.P.는 요인들의 가중치를 정하기 위하여 이들을 서로 비교하고, 또한 프로젝트들의 점수를 정하기 위하여 각각의 요인들에 대하여 프로젝트를 서로 비교한다. Multiple Attribute Decision 모델의 일종으로서 A.H.P.는 요인과 요인간의 상충을 상쇄하고, 일련의 행위나 행위자, 평가기준 가운데서 상대적인 중요도를 결정한다. 특히 A.H.P.는 다른 Multiple Attribute Decision 방법보다 상대적으로 이해와 이용이 쉬우며 일관된 판단을 위한 단일의 척도를 제공해 주고 있는 반면에 [Varney, Sullivan and Cochran(1985)], 어떤 조건하에서는 순위가 역으로 될 수 있는 가능성이 있고 [Belton and Gear(1983)], 동일한 수준에서 계층의 요소들간에 상호의존성이 존재할 경우 이들을 이중으로 고려할 가능성이 있다는 단점이 있다 [Saaty(1980)].

Varney, Sullivan과 Cochran(1985)은 전통적인 job-shop에 대한 F.M.S.의 타당성을 평가하기 위하여 A.H.P.를 이용하는 예를 설명하고 있으며, Bard(1986)는 다수의 목적을 갖는 우주정거장 문제에서 Pareto 최적해를 구하여 이를 A.H.P.에 의하여 순위를 매기는 방법을 설명하고 있다.

가중 요인 점수산정 모델에 기초하여 여러가지 수리계획법 모델을 만들 수 있는데, 이 가운데서 0-1 정수계획법과 목적계획법이 대표적이다. Sadri안과 Kocaoglu(1986)는 프로젝트 평가모델을 점수산정단계와 A.H.P. 혹은 0-1 목적계획법을 이용한 선택과 할당단계로 나누어 설명하고 있다.

분석적 평가방법중에는 Portfolio분석 외에도

가치분석(Value Analysis), 위험분석(Risk Analysis), 모의실험(Simulation) 등이 있다. Keen (1981)에 의하여 설명되어진 가치분석은 가치를 정하고 비용을 구하여 이 비용이 적당할가를 결정하는 시험 단계와 이것이 적당할 경우 비용을 결정하고 혜택의 가치를 구하여 그 가치가 채택 할만한가를 판단하는 수립 단계로 나누어진다.

위험분석은 혜택, 비용, 생산량, 생산능력 등과 같은 관심이 있는 변수들을 결정하기 위하여 고려중인 프로젝트들을 모의실험하여 결과를 통계적 혹은 그래프로 나타내 주는 것으로 Herzt (1964) 이래로 여러 사람들이 연구해 오고 있다 [Buck(1982), Fleischer(1985), Turban and Meredith(1985)].

Manchester 대학(University of Manchester Institute of Science and Technology)의 Primrose와 Leonard(1984)는 F. M. S. 를 계획할 때에 컴퓨터 模擬實驗에 대한 필요성이 감소하고 있다고 지적하고 있는 반면에, Falkner와 Garlid(1986)는 미래의 불확실성하에서 대안들의 타당성을 조사하기 위하여 컴퓨터 모의실험이 유용한 도구가 된다고 설명하며 F. M. S. 의 타당성 평가를 위한 모의실험 방법의 개발에 대한 상태를 제시하고 있다. 한편 Haider와 Blank (1983)는 컴퓨터 모의실험이 생산수입과 비용을 추정하는 데 중요한 역할을 하는 생산 시스템의 경제성 분석을 위한 접근방법을 제안하고 있으며, Suresh와 Meredith(1985)는 F. M. S. 모의실험에서 나타나는 기술적 특성들이 F. M. S. 도입으로부터 얻어지는 재공품의 감소에 대한 추정치를 얻기 위한 경제성 분석에 어떻게 직접적으로 이용될 수 있는가를 설명하고 있다.

3) 戰略的 평가방법

전략적 평가방법은 앞에서 설명한 경제적 및 분석적 평가방법과 더불어 자주 이용되지만, 이 방법은 두 방법들에 비하여 분석절차가 덜 정형적이다. 전략적 방법은 기업의 목적과 직접적으로 연관되어 있다는 장점이 있으나, 프로젝트

의 경제적 혹은 기술적 영향을 간과할 수 있다는 단점이 있다.

Pinches(1982)는 종래의 자본예산 분석절차와는 다른 자본지출의 타당성을 평가하기 위한 4 가지 段階를 다음과 같이 설명하고 있다:

- i) 확인 단계(Identification Stage). 기업의 기회와 문제점 등을 고려하여 자본 지출 계획을 확인한다. 이것은 기업의 전략적 목적들과 깊은 관계를 갖고 있다.
- ii) 개발 단계(Development Stage). 전략적인 기회나 문제 등을 감안하여 프로젝트를 개발하고 이에 따른 현금흐름에 대한 정보를 파악한다.
- iii) 선택 단계(Selection Stage). 돈의 시간적 가치, 위험, portfolio 및 재정적 효과 등을 고려하여 실행 가능한 프로젝트 중에서 선택한다.
- iv) 조정 단계(Control Stage). 확정된 프로젝트의 수행도(performance)를 평가한다.

또한, 그는 일반적으로 분석자나 의사결정자들이 세번째 단계인 선택 단계에서 최종 결정을 내리는 것으로 평가를 마무리하고 있다고 지적하고 있다.

급격한 수요의 변동으로 인한 제품수명의 단축, 생산기술의 향상 및 기업간의 경쟁력 확보 등과 같은 환경변화[Eversheim and Herrmann(1982)]에 대처하기 위해서는 높은 유연성(flexibility)과 생산성(productivity) 및 상업적 효율성(commercial efficiency)을 갖춘 생산 시스템의 개발이 요구된다. 이와 같은 기업의 전략에 부응하는 생산 시스템으로서 F. M. S. 을 들 수 있다.

환경변화에 따른 동적인 특성을 F. M. S. 가 갖는 기본적인 속성으로 간주하면서 Burnstein(1986)은 다음의 가정을 함축하는 혼합 정수계획법 모델을 개발하였다:

- i) 신제품에 대한 수요가 낮을 때에는 분할할 수 없는 transfer line의 추가보다는 module별 용량확장이 더 경제적이다.
- ii) 신제품에 대한 수요가 매우 높다면 trans-

fer line과 module별 자동화를 결합한 용량확장이 경제적으로 타당하다.

- iii) 신제품 개발에 대응하여 module별 용량을 증가시킴으로써 넓은 transfer line이 현재 최상의 설비와 대체되는 것을 막는다.
- iv) 가까운 장래에 유연 자동화기술이 기대되므로 성급한 설비도입을 막을 수 있다.

Burnstein(1986)은 이러한 네가지 가정을 고려하여 기술혁신이나 수요의 변화 등과 같은 기업 외적 환경요인하에서 수동설비와 자동설비의 생산비율 및 용량을 결정하는 문제를 다루고 있다.

Gaimon(1985, 1986a, 1986b), Fine과 Freund(1986), Burnstein(1986), Kamien과 Schwartz(1972), Hinomoto(1965) 등은 용량확장이라는 관점에서 F.M.S.가 가져오는 수요의 증대, 경쟁력의 향상 등을 기본 가정으로 하여 기술혁신을 고려할 때의 투자정책에 대한 설명을 하고 있다.

VI. 事例研究

F.M.S. 도입의 타당성 평가를 실제로 기업에 적용한 예로서 Askew와 Nesbitt(1985)의 사례연구를 들 수 있다. 이들은 Westland Helicopters Limited(W. H. L.)에서 세계의 공작 기계로 구성된 F.M.S.의 설계와 타당성 평가를 위한 프로젝트팀의 접근방법을 설명하고 있다.

1982년에 시작한 이 프로젝트의 목적은 Yeovil공장에서 생산을 재검토하고 부품 단가와 인도기간을 줄이기 위한 생산계획을 확립하는데 있었다. 한정된 자금을 갖고 F.M.S. 도입에 따르는 위험을 최소화 함과 동시에 투자수익을 최대화하기 위해서 가공해야 할 3000개의 부품 중에서 작업부하가 크고 가치가 높은 마그네슘 합금 변속기들과 커버의 부품 31개를 초가 F.M.S. 설계에서 선택하였다. 이를 가공하기 위하여

- 2대의 일반적인 machining center
- 1대의 높은 정밀도를 갖는 machining cen-

ter
외에

- 1대의 4-axis horizontal co-ordinate measuring machine
- 1곳의 wash/dry station
- 25개의 1200mm×1000mm pallet
- 1대의 A. G. V. (Automatic Guided Vehicle)
- 700개의 공구를 보유하고 가공 중에도 공구를 옮길 수 있는 공구 이송시스템

등을 고려하였다.

이 사례연구에서는 F.M.S. 도입에 따른 유희 노동력은 다른 작업에 할당되기 때문에 노동력의 절감은 고려하지 않으며, 또한 사용공간과 에너지의 절감은 없다고 본다. 반면에 F.M.S.로부터 얻어지는 절감효과로는

- i) lead time의 단축(60%)
- ii) 재공품 및 재고의 감소(60%)
- iii) 용량증가에 따른 하청작업의 불필요
- iv) 스크랩과 재작업의 감소(75%)
- v) 공차한계를 벗어난 부품의 감소(75%)
- vi) 세금경감

등이 있었다.

한편 W.H.L.에서는 재정적 관점에서 어떤 프로젝트가 채택 가능하려면 회수기간이 2~3년이고 최소내부수익률이 25~39%이어야 하는데 이 F.M.S. 프로젝트의 회수기간은 5.14년이고 수익률은 10.97%로 밝혀졌다. 따라서 F.M.S.의 도입이 타당성이 없다고 판단할 수 있으나 이는 단지 정량적인 효과만을 고려한 결정이므로, 경쟁시장에서의 다양한 소비자의 요구에 대처하고 다른 정성적이고 경영전략적인 요인들을 고려하여 평가하는 것이 바람직하다는 결론을 얻었다.

그리고 다음과 같은 3가지의 토의 결과를 지적하고 있다.

- i) F.M.S.와 관계되는 부대장비들에 투자된 고정비는 기계수가 6대인 시스템에 적합하다. 따라서 이러한 시스템이 요구될 경우 단지 50%의 시스템비용의 증가로 시스템용량을 100%로 확장할 수 있으며, 약

100%의 절감을 얻을 수 있다.

- ii) W.H.L.에서 계획한 F.M.S.는 기존의 제품을 생산하기 위한 것이므로, F.M.S. 도입에 따라 re-tooling, re-planning, re-programming에 대한 비용이 발생한다. 그러나 신제품을 생산할 경우 어떤 N.C. 기계의 대안에 대해서는 각 대안들의 tooling, programming, planning이 모두 동일하므로 위의 세가지 비용이 포함되지 않는다.
- iii) F.M.S.를 새로운 입지에 설치하는 데 전체 투자비의 9%가 들었으나, 이를 기존의 위치에 설치한다면 많은 비용이 절감될 것이다.

VII. 結 論

F.M.S. 프로젝트는 정량화하기 어려운 무형의 전략적 이점과 대부분 정량화가 가능한 기술적 利點들을 많이 갖고 있다. 이러한 F.M.S.에 대한 투자에는 많은 資本이 소요되고 危險이 수반되기 때문에 단순히 F.M.S.의 정량적인 특성만을 갖고 투자의 妥當性을 평가한다면 그릇된 결론을 얻을 수 있다. 전형적인 기술적 투자, 즉 설비대체 등과 같은 경우에는 낮은 위험과 비교적 적은 자본을 필요로 하므로 중간 경영자에 의하여 승인되는 것이 보통이다. 그러나 F.M.S.에 대한 투자는 경영전략적인 측면에서 의사결정이 이루어지므로 기업의 경영목표와 일치해야 하며, 따라서 최고 경영자가 타당성 평가에 관여하게 된다. 이런 관점에서 F.M.S.에 대한 투자와 다른 기술적 투자는 평가방법을 달리하여 평가되어야 한다.

결국 F.M.S. 도입에 따른 이점과 효과 및 새

로운 생산기술에 대한 투자에 있어서 항상 내재되어 있는 위험을 감안할 때 傳統的인 자본예산 분석적 평가방법에 의한 F.M.S. 도입의 타당성 평가에는 限界가 있다. 따라서 F.M.S. 도입의 타당성을 이의 도입에 따른 이점과 효과에 따라 평가방법을 다음과 같이 나눌 수 있으며, 이들의 평가결과를 종합하여 투자를 결정한다:

- i) 經濟的 평가방법 - 주로 정량적 이점만을 고려한 대체분석 및 대안분석
- ii) 分析的 평가방법 - 정량적 이점과 정성적 이점 및 위험을 고려한 평가
- iii) 戰略的 평가방법 - 기업의 경영목표에 직접적으로 영향을 미치는 효과들의 평가

이제까지 대부분의 연구들이 위의 3가지 평가방법 각각에 대하여 개별적으로 F.M.S.와 같은 새로운 생산기술에 관한 타당성 평가방법의 개발에 치중하여 왔으므로, 특히 무형의 효과와 같이 의사결정자의 주관에 따라 평가에 영향을 미치는 요인들을 일관성있게 의사결정에 반영하는 절차를 포함한 종합적이고 체계적인 평가 시스템의 개발이 요구된다. 아울러 기업의 경영전략은 일반적으로 경제환경의 변화에 따라 유동적이므로 이를 반영하는 모의실험에 의한 평가도 병행하는 것이 바람직하다.

결론적으로, 기업의 사활을 결정할 수도 있는 F.M.S.와 같은 새로운 생산 시스템의 도입을 단순히 정량적으로 평가하는 우를 범하지 않도록 하기 위하여 고려중인 생산 시스템들의 특성과 목적을 정확하게 파악하여 이에 맞는 적절한 타당성 평가방법의 개발 및 적용이 무엇보다도 중요하다.

References

1. Abbot, R.A. and E.A. Ring, "The MAPI Method-Its Effects on Productivity: An Alternative Is Needed," *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 2, No. 1, 1983.

2. Airey, J. and C. Young. "Economic Justification—Counting the Strategic Benefits." *Proceedings of the Second International Conference on F.M.S.*, 1983.
3. Annborn, M., "Two Flexible Manufacturing Systems with Automated Material Handling Installed in Sweden." *Proceedings of the Second International Conference on F.M.S.*, 1983.
4. _____. "The Factory of the Future." *Proceedings of the Third International Conference on F.M.S.*, 1984.
5. Askew, M.J. and A. Nesbitt. "The Justification of F.M.S.—A Company Example." *Proceedings of the Third European Conference on Automated Manufacturing*, 1985.
6. Bard, J.F., "A Multi-objective Methodology for Selecting Subsystems Automation Options." *Management Science*, Vol. 32, No. 12, 1986.
7. Beaton, D.D.M., "Planning for F.M.S.," *Proceedings of the Second International Conference on F.M.S.*, 1983.
8. _____. "The Financial Justification of Automation." *Proceedings of the Third European Conference on Automated Manufacturing*, 1985.
9. Belton, V. and T. Gear, "On a Shortcoming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies." *Omega*, Vol. 11, No. 3, 1983.
10. Buck, J.R., "Risk Analysis Method Can Help Firm's Investments Less of a Gamble." *Industrial Engineering*, Nov. 1982.
11. Burnstein, M.C., "Finding Economical Mix of Rigid and Flexible Automation for Manufacturing." *Proceedings of the Second O.R.S.A./ T.I.M.S. Conference on F.M.S.*, 1986.
12. _____ and M. Talbi, "Economic Justification for the Introduction of Flexible Manufacturing Technology: Traditional Procedures Versus A Dynamic-based Approach." *Proceedings of the First O.R.S.A. / T.I.M.S. Conference*, 1984.
13. Choobineh, F., "Justification of Flexible Manufacturing Systems," in *Flexible Manufacturing Systems: Current Issues and Models*, Edited by F. Choobineh and R. Suri, IIE, 1986.
14. Curtin, F.T., "The Executive Dilemma: How to Justify Investment in New Industrial Automation Systems." *C.I.M.C.O.M. Conference Proceedings*, Society for Manufacturing Engineers, 1984.
15. Dempsey, P.A., "New Corporate Perspectives in F.M.S.," *Proceedings of the Second International Conference on F.M.S.*, 1983.
16. Eversheim, W. and P. Herrmann, "Recent Trends in Flexible Automated Manufacturing." *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 1, No. 2, 1982.
17. Falker, C.H. and S. Garlid, "Simulation for the Justification of an F.M.S.," *Industrial Engineering Conference Proceedings*, Fall 1986.
18. Fine, C.H. and R.M. Freund, "Economic Analysis of Product—Flexible Manufacturing Systems Investment Decisions," *Proceedings of the Second O.R.S.A./ T.I.M.S. Conference on F.M.S.*, 1986.
19. Fleischer, G.A., "Equipment Replacement Using Risk-Related Criteria." *International Industrial Engineering Conference Proceedings*, 1985.
20. Gaimon, C., "The Dynamical Optimal Acquisition of Automation." *Annals of Operations Research*, Vol. 3, 1985.
21. _____, "An Impulsive Control Approach to Deriving the Optimal Dynamic Mix of Manual and Automatic Output." *European Journal of Operational Research*, Vol. 24, No. 3, March 1986a.
22. _____, "The Strategic Decision to Acquire Flexible Technology," *Proceedings of the Second O.R.S.A./ T.I.M.S. Conference on F.M.S.*, 1986b.

23. Goulding, M., "British Aerospace: Small Machined Parts: Flexible Manufacturing System: A Case Study," *Proceedings of the Fourth International Conference on F.M.S.*, 1985.
24. Grud, J.M., "Manufacturing Systems Change Be Justified?," *Production and Inventory Management*, Second Quarter, 1984.
25. Haider, S.W. and L.T. Black, "A Role for Computer Simulation in the Economic Analysis of Manufacturing Systems," *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, 1983.
26. Hertz, D.B., "Risk Analysis in Capital Investment," *Harvard Business Review*, Vol. 42, 1964.
27. Hinomoto, H., "Capacity Expansion with Facilities under Technological Improvements," *Management Science*, Vol. 11, 1965.
28. Hundy, B.B., "Problems with the Economic Justification of F.M.S.," *Proceedings of the Third International Conference on F.M.S.*, 1984.
29. Hutchinson, G.K. and J.R. Holland, "The Economic Value of Flexible Automation," *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 1, No. 2, 1982.
30. Kamien, M.I. and N.L. Schwartz, "Some Economic Consequences of Anticipating Technical Advance," *Western Economic Journal*, Vol. 10, No. 2, 1972.
31. Kaplan, R.S., "Measuring Manufacturing Performance: A New Challenge for Managerial Accounting Research," *The Accounting Review*, Vol. LVIII, No. 4, Oct. 1983.
32. Keen, P.G.W., "Value Analysis: Justifying Decision Support Systems," *M.I.S. Quarterly*, Vol. 5, No. 1, March 1981.
33. Klahorst, H.T., "How to Justify Multimachine Systems," *American Mechanist*, Sep. 1983.
34. Kulatilaka, N., "Capital Budgeting and Optimal Timing of Investments in Flexible Manufacturing Systems," *Annals of Operations Research*, Vol. 3, 1985.
35. Kusiak, A., "Application of Operational Research Models and Techniques in Flexible Manufacturing Systems," *European Journal of Operational Research*, Vol. 24, No. 3, 1986.
36. Leimkuhler, F.F., "The Optimal Planning of Computerized Manufacturing Systems," *Report No. 21, N.S.F. Grant No. APR 74-15256*, Purdue University, IN., 1981.
37. McDonald, J. and W.F. Hastings, "Selecting and Justifying C.A.D./C.A.M.," *Assembly Engineering*, April 1983.
38. Meredith, J.R. and N.C. Suresh, "Justification Techniques for Advanced Manufacturing Technologies," *International Journal of Production Research*, Sep.-Oct. 1986.
39. Meyer, R.J., "A Cookbook Approach to Robotics and Automation Justification," *Robotics 6 Conference Proceedings*, 1982.
40. Michael, G.J. and R.A. Millen, "Economic Justification of Modern Computer-based Factory Automation Equipment: A Status Report," *Annals of Operations Research*, Vol. 3, 1985.
41. Muir, W.T., "An Alternative for Evaluating C.I.M. Investments: A Case Study," *C.I.M. C.O.M. Conference Proceedings*, Society of Manufacturing Engineers, 1984.
42. Nelson, C.A., "A Scoring Model for Manufacturing Systems Project Selection," *European Journal of Operational Research*, Vol. 24, No. 3, March 1986.
43. Nordsten, G., "The Evolution of F.M.S. at Volvo Components Corporation in Skövde," *Proceedings of the Fourth International Conference on F.M.S.*, 1985.
44. Pinches, G.E., "Myopia. Capital Budgeting and Decision Making," *Financial Management*, Autumn 1982.
45. Primrose, P.L. and R. Leonard, "Conditions under which Flexible Manufacturing Is Financially Viable," *Proceedings of the Third International Conference on F.M.S.*, 1984.

46. Randhawa, S.U. and D. Bedworth, "Factors Identified for Use in Comparing Conventional and Flexible Manufacturing Systems," *Industrial Engineering*, Vol. 17, No. 6, 1985.
47. Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.
48. and L.G. Vargas, *The Logic of Priorities: Applications in Business, Energy, Health and Transportation*, Kluwer-Nijhoff, Boston, 1982.
49. Sadrian, A.A. and D.F. Kocaoglu, "Interactive Decision Models for Project Evaluation," *International Industrial Engineering Conference Proceedings*, 1986.
50. Staples, C.R., "F.M.S.: Convincing The Board," *Proceedings of the Second International Conference on F.M.S.*, 1983.
51. Suresh, N.C. and J.R. Meredith, "Justifying Multimachine Systems: An Integrated Strategic Approach," *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 4, No. 2, 1985.
52. Takeyama, H., K. Sawada, M. Ito, S. Oboshi and K. Asano, "Development of Programmable Precision Manufacturing Systems (P.P.M.S.) for Small Lot Production," *Proceedings of the First International Conference on F.M.S.*, 1982.
53. Terborgh, G., *Business Investment Management*, Washington, D.C., Machinery and Allied Products Institute, 1967.
54. Tombari, H.A., "To Buy Or Not To Buy?: Weighing Capital Investments," *Production Engineering*, March 1978.
55. Turban, E. and J.R. Meredith, *Fundamentals of Management Science*, Business Publication, Inc., Plano, Texas, U.S.A., 1985.
56. Varney, M.S., W.G. Sullivan and J.K. Cochran, "Justification of Flexible Manufacturing Systems with the Analytical Hierarchy Process," *International Industrial Engineering Conference Proceedings*, 1985.
57. Wind, Y. and T.L. Saaty, "Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process," *Management Science*, Vol. 26, 1980.