

⊗ 응용논문

첨단제조기술 투자의 경제적 의사결정을 위한  
위험조정할인율의 결정방법

- A Determination Method of the Risk Adjusted Discount  
Rate for Economically Decision Making on Advanced  
Manufacturing Technologies Investment -

오 병 완\*

Oh, Byeong Wan

최 진 영\*\*

Choi, Jin Yeong

Abstract

For many decades, Deterministic DCF approach has been widely used to evaluate investment opportunities. Under new manufacturing conditions involving uncertainty and risk, the DCF approach is not appropriate. In DCF, Risk is incorporated in two ways: certainty equivalent method, risk adjusted discount rate. This paper proposes a determination method of the Risk Adjusted Discount Rate for economically decision making advanced manufacturing technologies. Conventional DCF techniques typically use discount rate which do not consider the difference in risk of differential investment options and periods. Due to their relative efficiency, advanced manufacturing technologies have different degree of risk. The risk differential of investments is included using  $\beta$  coefficient of capital asset pricing model. The comparison between existing and proposed method investigated. The DCF model using proposed risk adjusted discount rate enable more reasonable evaluation of advanced manufacturing technologies.

1. 서론

새로운 제조회사 하에서의 자본투자는 일반적으로 대규모의 자본지출과 기업환경의 불확실성, 기술의 복잡성 등으로 인해 많은 위험이 내포하고 있는 반면에 투자의 무형적 가치가 매우 큰 것으로 특징 지워진다[6]. 화폐의 시간가치개념을 토대로 하는 현금흐름할인법은 기업환경이 비교적 안정적이고 투자규모가 크지 않았던 과거에는 크게 문제시되지 않았다. 그러나 새로운 제조회사에서 기업활동의 불확실성과 그에 따른 위험이 증대됨에 따라 확정적 상황을 가정하는 기존의 현금흐름할인법은 더 이상 투자의 합목적적인 정보를 의사결정자에게 제공할 수 없게 되었다[1]. 이러한 이유로 새로운 제조회사에서 자본투자 의사결정 과정에 대한 전반적인 재검토가 필요하게 되었다[6].

경제적 의사결정을 위해 지난 수십년 동안 사용되어온 보편적인 방법이 현금흐름할인법이다. 현금흐름할인법에서 위험은 확률적 접근방법, 효용이론을 이용하는 방법, 또는 자본자산평가모형을 사용하여 고려될 수 있다[1]. 확률적인 방법은 현금흐름 요소들의 분포와 관계되는 비현실적인 가정이 요구되기 때문에 의미 있는 결과를 제공하지 못할 수 있고, 효용이론을 이

\* 여주대학 공업경영과

\*\* 경기대학교 첨단산업공학부

용하는 방법은 개념적으로 우월할지라도 실제적으로 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 반면에 자본자산평가모델(CAPM: capital asset pricing model)은 위험을 정의하고 위험이 어떻게 측정될 수 있는가를 보이고 위험과 할인율 사이의 관계를 제공해주기 때문에 가장 보편적으로 사용되는 방법이다[15].

CAPM에서 위험은 투자대안에 내재된 위험을 확실성등가법(CEQ: certainty equivalent)을 사용하여 현금흐름 자체에 포함시키거나 할인율을 통해서 조정된 위험조정할인율법(RADR: risk adjusted discount rate)을 사용하여 반영된다. 확실성등가법은 매기간마다 기대되는 현금흐름 자체에 위험을 직접 반영시켜서 위험 있는 미래의 불확실한 현금흐름과 동일한 효용을 제공하는 확실한 수익으로 조정하는 방법이다. 확실성등가법에서 현재가치는 확실성등가를 무위험할인율로 할인하여 구한다. 위험조정할인율법은 자본비용을 할인율로 하여 할인율에 일정한 위험율을 가산함으로써 위험을 조정하고, 불확실한 현금흐름을 위험조정할인율로 할인하여 현재가치를 구하는 방법이다[19].

위험조정할인율 방법은 지금까지 가장 보편적으로 사용되어온 방법으로 다음 세 가지 방법에 의해서 결정되어왔다. 첫 번째로 투자 의사결정자가 어떤 특정한 투자 안에 대하여 그 자신의 위험 및 불확실성에 대한 판단에 의해서 임의로 할인율을 결정하는 방법, 두 번째로 기업에서 모든 투자안을 위험등급으로 분류하여 각 등급에 따라 무위험 수익률에 가산하여 위험율을 부여하는 방법, 세 번째로 기업체가 속해있는 산업의 평균 위험율 혹은 회사의 위험율을 적용하는 방법이다. 첫 번째 방법은 투자 의사결정자가 논리적인 절차를 따르지 않고 임의적으로 할인율을 결정하는 방법이고, 두 번째 방법 역시 각 투자안이 어떤 위험등급에 속하는지를 합리적인 방법에 의존하지 않고 임의적으로 결정한다는데 문제점이 있다. 세 번째 방법에서의 평균 위험율은 그 회사가 속한 산업의 위험율이고, 회사의 위험율은 주식시장에서 종합주식수익률의 변화에 대한 회사 주식수익률의 민감도를 나타내는 CAPM의  $\beta$  계수를 이용하여 조정된 금융자산 투자의 위험율인 투자주체(기업)의 위험율이다. 이러한 일반적인 문제점 이외에 첨단제조기술 투자대안의 평가에 사용할 위험조정할인율을 결정하는데 있어서 문제점은 각 투자대안의 위험차이를 무시한 채 모든 대안에 대해서 같은 할인율을 사용한다는 점[15]과 기간별 동일 위험율을 적용한다는 점이다. 또한 할인율 결정의 복잡성으로 인해 합리적인 방법보다는 분석자의 판단에 의해 임의적으로 할인율을 결정하거나 첨단제조시스템 투자에 대해 지나치게 높은 할인율을 사용하는 경향이 있다[9].

지금까지 관행적으로 사용되어온 방법들은 제조시스템과 같은 실물자산의 투자가치를 평가하기 위한 합리적인 위험조정할인율의 결정방법이라고 보기 어렵다. 임의적인 방법에 의해서 결정되거나 금융자산의 투자시에 사용되는 위험조정할인율을 사용해서 첨단제조시스템의 투자가치를 평가할 경우 기존의 연구에서 알 수 있듯이 경제적 의사결정에 심한 편향(bias)이 발생되게 할 수 있다[2, 7, 14, 18]. Heyes와 Gerwin[3]은 제조회사들이 첨단제조기술에 내재된 높은 불확실성에 대해 보상받기 위해서 25%-40%의 높은 할인율을 요구한다고 비판했다. 이러한 높은 할인율의 사용은 투자의 효과가 장기적으로 나타나는 첨단제조기술에 대해서 편향된 결과를 유도한다고 주장했다. Kaplan은 8%의 할인율이 많은 회사들에 대해서 현실적이라는 것을 제시했다[8, 10]. Hodder[5]는 일본 제조업체들이 타당성 평가에 10%의 할인율을 사용하고 있다고 주장했다. Hendricks[4]는 새로운 환경 하에서 제조시스템 투자 시에 보다 현실적인 할인율을 사용할 것과 위험분석을 활용하는 가운데 현금흐름할인법을 사용할 것을 권고하였다.

본 연구에서는 이와 같은 기존의 위험조정할인율 결정방식의 문제점을 해결하기 위해 CAPM의 체계를 통한 보다 합리적인 위험조정할인율의 결정방법을 제시한다. 제안된 방법을 통해서 대안별, 기간별 위험차이가 고려될 수 있음을 보이고, 누적순현재가치(cumulative net present value)와 할인회수기간(discounted payback period)과 같은 경제성 척도의 측면에서 결과의 차이를 분석한다. 또한, 위험조정할인율의 결정요인을 분석하고, 본 논문에서 제시한 방법에 의해서 결정된 위험조정할인율과 기존 연구문헌에서 임의적으로 사용한 위험조정할인율을 사용했을 때 투자의사결정에 미치는 영향을 비교분석하도록 한다.

2. 체계적 위험과 첨단제조시스템 투자의 위험

CAPM은 자산이 내포하고 있는 위험에 따라 기대수익률이 결정되는 관계를 제시하고자 하는 일반균형이론으로서 W. Sharpe, J. Litner 및 J. Mosin에 의해 거의 동시에 개발되었다[11, 13, 16]. CAPM은 가격결정이론 중 가장 기본적이면서도 증권의 가치평가, 위험분석, 투자성과 평가 및 기업의 자본구조, 자본예산 등 재무이론의 전반적인 분야에 큰 영향을 미쳤다.

CAPM에서 위험은 자산의 체계적 위험 또는 자산의 수익률과 시장포트폴리오 수익률의 공분산이어야 한다는 데에 의견의 일치가 이루어지고 있다. 따라서 투자자들은 시장포트폴리오와의 공분산이 큰 자산을 회피하게 되며 공분산이 낮은 자산을 원하게 된다. 그 결과 시장포트폴리오와의 상관관계가 높은 즉, 체계적 위험이 큰 자산은 가격이 하락하여 결과적으로 더 높은 수익률로서 보상이 되는 것이며, 체계적 위험이 작은 자산은 그 자산의 가치가 상승하여 결과적으로 수익률이 높아진다. 이러한 관계를 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$E(R_i) = R_f + \beta [E(R_m) - R_f] \tag{1}$$

여기서,  $E(R_i)$ 는 자산  $i$ 의 기대수익률,  $R_f$ 는 무위험자산의 수익률,  $R_m$ 는 시장포트폴리오의 수익률,  $\sigma_m^2$ 는 시장포트폴리오의 분산, 체계적 위험  $\beta$ 는  $Cov(R_i, R_m) / \sigma_m^2$ 로써 시장수익률에 대한 개별 자산수익률의 민감도를 나타내고 금융자산의 경우 모든 개별자산에 대해서 동일한 크기로 작용한다. 체계적 위험은 시장포트폴리오의 분산과 시장포트폴리오와 자산수익률의 공분산에 의해 결정된다. 포트폴리오의 수익률은 이자변동을 또는 시장 전체에 미치는 정치, 사회, 경제적 변동과 같은 원천으로부터 발생한다. 따라서 체계적 위험의 크기는 자산  $i$ 의 위험의 정도인  $Cov(R_i, R_m)$ 에 의해서 결정되고, 공분산과 거의 선형의 관계를 가지고 있다. CAPM에서  $R_i$ 는 주식과 같은 금융자산  $i$ 의 수익률이지만, 본 논문에서의  $R_i$ 는  $i$ 번째 제조시스템 투자대안의 수익률이다. 첨단제조시스템의 각 투자대안과 기간별로 수익률이 다르고  $Cov(R_i, R_m)$ 도 다르기 때문에 각 대안과 기간별  $\beta$ 계수와 위험조정할인율이 다르게 된다. 본 논문에서는 CAPM에서 금융자산과 시장포트폴리오의 공분산으로서 위험을 측정하는 것과 같은 논리로 제조시스템과 같은 실물자산의 투자위험을 특정 제조시스템 대안의 수익률과 시장포트폴리오 수익률의 공분산으로 위험을 측정하는 방법을 제시한다.

임의 투자대안에 대한 위험을 고려하기 위해서는 문제 대상에 내재된 위험요소의 확인과 각 위험요소들을 정량화하여 경제성분석 혹은 의사결정에 어떻게 반영할 것인가에 대한 방법이 필요하다. 임의 투자대안에 내재된 위험은 체계적 위험과 비체계적 위험, 경영(영업)위험과 재무위험으로 분류된다[19]. 체계적 위험은 분산 불가능한 위험을 의미하고 비체계적 위험은 분산 가능한 위험을 의미한다. 경영위험은 투자로 인한 영업이익의 불확실성에 기인하는 위험이고 재무위험은 투자에 있어서 타인자본의 사용에 따른 자본구조 때문에 발생하는 위험이다. 투자분석에서 고려되어야 하는 위험은 체계적 위험으로 시장경제와 관련을 맺고 있는 제거할 수 없는 경영위험과 재무위험만이 체계적 위험에 영향을 미친다. 이러한 체계적 위험을 측정하는 보편적인 방법이 자본자산평가모델의  $\beta$ 계수를 이용한 방법이다.

첨단제조시스템 투자대안에 대한  $\beta$ 계수를 측정함에 있어서 중요한 점은 수익률을 측정하는 것이다. 이러한 수익률을 측정하기 위해서는 유무형의 효익을 포함한 원가구조와 수요가 올바르게 예측되어야 한다. 첨단제조시스템의 투자목적은 일반적으로 전략적, 전술적, 재무적 측면에서의 개선을 목적으로 이루어진다고 할 수 있다[2, 6]. 이러한 개선은 유무형의 효익으로 나타나게 되는데, 본 논문에서는 무형의 효익도 결국 영업이익의 형태로 나타나고 정량화할 수 있다고 가정한다. 무형의 효익을 원가측면에서 정량화하기 위한 노력은 Son과 Park[17]에 의해서 이루어졌다. 따라서, 첨단제조시스템 투자로부터 실현될 개선의 불확실성인 경영위험은 이익함수로 나타낼 수 있다. 이러한 이익함수로부터 투자대안의 수익률을 구할 수 있고, 자본자

산평가모델의 체계 속에서 투자대안의 위험을  $\beta$ 계수를 이용하여 측정하는 것이 가능하다. 또한, 이러한 위험에 추가로 첨단제조기술 투자시 타인자본의 사용으로 인한 재무위험 측면을 가산하여 투자대안 전체에 내재된 위험을 고려한 위험조정할인율의 측정이 가능하다. 제조시스템 투자시 대안의 수익률은 수요, 대안의 물리적·재무적 효율성에 따른 원가구조, 투자규모에 따라서 결정된다. 이러한 요소들의 불확실성은 영업이익과 수익률의 불확실성으로 나타나고, 결국 이러한 수익률의 불확실성은 시장포트폴리오 수익률과의 공분산의 형태로 나타난다. 이러한 특정 제조시스템 대안의 공분산과 시장포트폴리오 수익률의 분산과의 관계에서  $\beta$ 계수의 크기가 결정되고, 투자에 대한 위험보상의 정도가 결정된다. 여기서 투자비용 중에서 부채가 없다면 영업이익 측면에서 부채가 없는 경우의  $\beta$  (unlevered  $\beta$ ), 즉  $\beta_U$ 가 된다. 부채가 있다면 재무위험측면의 부채가 있는 경우의  $\beta$  (levered  $\beta$ ), 즉  $\beta_L$ 가 된다.  $\beta_U$ 와  $\beta_L$ 의 관계는 식 (19)와 식 (20)에 있다. 제조시스템 투자에서 위험의 가장 큰 요소는 수요의 불확실성이다. 본 논문에서 수요에 의한 위험  $\beta_D$ 가 정의된다.

그런데 여기서 중요한 점은 제조시스템 투자대안별 물리적·재무적 효율성에 따른 원가구조, 투자규모에 따라서 수익률이 다르고, 공분산의 크기와  $\beta_U$  계수의 크기가 다르다는 점이다. 또한 대안별 부채의 정도에 따라서  $\beta_L$  계수의 크기가 다르다. 결국 이러한 점은 식 (1)에서 대안별  $\beta$  계수의 크기에 따라서 무위험 수익률에 조정되는 위험율의 크기가 다르기 때문에 대안별 다른 위험조정할인율로 나타나게 되고 기간에 대해서도 마찬가지로이다. 따라서 이러한 점들을 고려해서 투자 대안별, 기간별 위험차이에 따른 위험조정할인율이 결정되어야 한다.

첨단제조시스템 투자에서 조정대상이 되는 위험은 제조시스템으로 실현될 개선의 불확실성과 수요변동에 기인한 경영위험과 투자자본의 사용에 기인한 재무위험이다. 이러한 위험 중에서 시장경제와 관련이 있는 위험만이 체계적 위험이다. 기업의 체계적 위험은 생산공정의 불확실성과 제품시장 자체의 불확실성에 기인하는 위험으로 다양화를 통해서 제거할 수 없는 분산 불가능한 위험이다. 새로운 제조시스템의 투자분석시 고려되어야 하는 위험은 체계적 위험이다. 체계적 위험은 시장포트폴리오의 위험보상에 대한 개별자산 위험보상의 변화정도를 말한다.

본 논문에서는 이러한 체계적 위험으로부터 CAPM 모델에 따라 첨단제조기술 투자대안의 위험조정할인율을 결정한다. 첨단제조기술 투자대안의 체계적 위험을 결정하기 위해서는 투자대안으로부터 나올 수 있는 수익률을 예측하고, 이 수익률과 시장수익률과의 관계에서 투자대안의 위험정도인 공분산을 구하여야 된다. 첨단제조기술 투자대안의 위험을  $\beta$ 계수에 반영하기 위해서는 수익률 분석에 위험요소가 고려되어야 한다. 위험요소로서 본 논문에서는 경영위험과 재무위험을 고려하였고, 영업위험만의 위험에 재무위험을 가산하여 체계적 위험을 구하였다. 다음절에서는 본 논문에서 제시하는 체계적 위험과 위험조정할인율의 결정과정에 대한 수리모델이 유도된다.

### 3. 위험조정할인율의 결정을 위한 모델

위험조정할인율 방법은 미래의 불확실한 현금흐름의 현재가치를 계산하기 위한 방법으로 불확실한 현금흐름을  $\tilde{Y}_t$ , 할인율을  $\tilde{R}$ , 현재가치를  $\tilde{P}_t$ 라 할 때, 다음 식에서

$$\tilde{P}_t = \sum_{i=1}^T \frac{\tilde{Y}_i}{(1+\tilde{R})^i}$$

$\tilde{R}$ 를 투자대안의 위험에 따라 조정하는 방법이다. 위험이 많은 투자대안으로부터 예상되는 현금흐름에는 큰 할인율을, 위험이 적은 투자대안으로부터 예상되는 현금흐름에는 작은 할인율을 사용한다. 앞에서 지적했듯이 이러한 방법은 모든 대안과 기간에 대해서 위험차이를 무시한 채 동일 할인율을 사용하기 때문에 경제적 의사결정에 심한 편의를 발생되게 할 수 있다. 본 논문

에서는  $\tilde{R}$ 를 대안과 기간별로 내포된 위험을 합리적으로 조정하여 현실적인 할인율을 사용함으로써 올바른 경제적 의사결정을 하고자 한다.

할인율에 첨단제조기술 투자의 위험을 고려하기 위해서, CAPM의 확실성등가 개념과  $\beta$ 의 정의를 사용한다. CAPM의  $\beta$ 에 의해 측정된  $i$ 번째 자산의 투자위험은 다음과 같이 정의되고, 시장수익률에 대한 자산수익률의 민감도를 측정한다. 여기서,  $\beta_{it}$ 는 기간  $t$ 에 있어서  $i$ 번째 대안의  $\beta$ ,  $\tilde{R}_{it}$ 는 기간  $t$ 에 있어서  $i$ 번째 대안의 불확실한 수익률,  $\tilde{R}_{mt}$ 는 기간  $t$ 에 있어서 불확실한 시장수익률을 나타낸다.  $i(i=1, 2, \dots, T)$ 는 대안,  $t(t=1, 2, \dots, T)$ 는 기간을 나타낸다.

$$\beta_{it} = \frac{\text{Cov}(\tilde{R}_{it}, \tilde{R}_{mt})}{\sigma_{mt}^2} \quad (2)$$

위의 정의로부터,  $\text{Cov}(\tilde{R}_{it}, \tilde{R}_{mt})$ 를 계산하기 위해서는 임의 기간  $t$ 의  $\tilde{R}_{it}$ 와  $\tilde{R}_{mt}$ 가 예측되어야 한다.  $\tilde{R}_{mt}$ 의 예측은 과거 일정기간의 시장수익률 데이터를 사용하는 보통이다.  $\tilde{R}_{it}$ 는 임의  $t$  시점에서의  $i$ 번째 대안의 불확실한 현금흐름  $\tilde{Y}_{it}$ 에 대한  $t$ 시점에서의 현재가치는

$$\tilde{P}_{it} = \frac{\tilde{Y}_{it}}{1 + \tilde{R}_{it}}$$

로부터 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\tilde{R}_{it} = \frac{\tilde{Y}_{it}}{\tilde{P}_{it}} - 1 \quad (3)$$

$p_{it}$ 를 제품의 가격,  $v_{it}$ 를 제품의 단위당 변동비,  $x_{it}$ 를 연간 생산량,  $F_{it}$ 를 연간 고정비라 할 때 연간현금흐름  $Y_{it}$ 는 일반적인 원가-수량-이익 관계를 사용하여 다음과 같이 나타낸다.

$$Y_{it} = (p_{it} - v_{it})x_{it} - F_{it} \quad (4)$$

이 관계에서 첨단제조기술 투자로부터 발생하는 효익을 고려하기 위한 원가-수량-이익 관계는 대안별 개선의 정도에 따라 다른 원가구조와 확률적 수요변동에 따른 재고의 효과를 고려하기 위해 Park 등[15]의 연구로부터 식 (5)와 같이 변형된다. 이 식에서 첨단제조기술 투자로부터 발생하는 내부개선의 정도는 원가구조에서 단위당 변동비와 고정비에 포함된다고 가정하고, 대안별로 수요의 변화에 대한 적응성을 고려하기 위해 생산량과 불확실한 수요에 따른 재고수준을 고려하였다. 생산량이 수요보다 많을 경우에는 가격할인율( $f$ )에 따라 판매된다고 가정한다. 여기서  $\tilde{D}_{it}$ 는 확률적 수요를 나타낸다.

$$\tilde{Y}_{it} = \begin{cases} p_{it}\tilde{D}_{it} + (x_{it} - \tilde{D}_{it})p_{it}f - v_{it}x_{it} - F_{it}, & \text{if } \tilde{D}_{it} \leq x_{it} \\ (p_{it} - v_{it})x_{it} - F_{it}, & \text{if } \tilde{D}_{it} > x_{it} \end{cases} \quad (5) \quad I_{it} \text{를 재}$$

고수준이라 할 때,  $x_{it} = \tilde{D}_{it} + I_{it}$ 이고 위 식을  $\tilde{D}_{it}$ 에 대해서 정리하면 다음 식과 같다.

$$\tilde{Y}_{it} = \begin{cases} (p_{it} - v_{it})\tilde{D}_{it} + (fp_{it} - v_{it})I_{it} - F_{it}, & \text{if } \tilde{D}_{it} \leq x_{it} \\ (p_{it} - v_{it})\tilde{D}_{it} + (p_{it} - v_{it})I_{it} - F_{it}, & \text{if } \tilde{D}_{it} > x_{it} \end{cases} \quad (6)$$

CAPM의 확실성등가에 따라서, 불확실한 현금흐름의 현재가치는 다음과 같이 나타낸다.

$$\tilde{P}_{it} = \frac{E(\tilde{Y}_{it}) - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{Y}_{it}, \tilde{R}_{mt})}{1 + R_{ft}} \quad (7)$$

여기서,  $R_{ft}$ 는 무위험수익율,  $\tilde{R}_{mt}$ 는 시장 수익률,  $E(\tilde{Y}_{it})$ 는 불확실한 현금흐름의 기대치,  $\lambda_t (= [E(\tilde{R}_{mt}) - R_{ft}] / \sigma_{mt}^2)$ 는 위험의 단위당 시장가격,  $\text{Cov}(\tilde{Y}_{it}, \tilde{R}_{mt})$ 는  $\tilde{Y}_{it}$ 와  $\tilde{R}_{mt}$ 의

공분산이다. 또  $E(\tilde{Y}_{it}) - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{Y}_{it}, \tilde{R}_{mt})$ 는 불확실한 현금흐름  $\tilde{Y}_{it}$ 의 확실성등가를 나타낸다. 등식 (5)의 첫 번째 식에서 연간현금흐름의 기대치는

$$E(\tilde{Y}_{it}) = (p_{it} - v_{it})\bar{D}_t + (fp_{it} - v_{it})I_{it} - F_{it} \quad (8)$$

이고,  $\tilde{Y}_{it}$ 와  $\tilde{R}_{it}$ 의 공분산은

$$\begin{aligned} \text{Cov}(\tilde{Y}_{it}, \tilde{R}_{it}) &= \text{Cov}([(p_{it} - v_{it})\tilde{D}_t + (fp_{it} - v_{it})I_{it} - F_{it}], \tilde{R}_{mt}) \\ &= (p_{it} - v_{it})\text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt}) \end{aligned} \quad (9)$$

이므로,

$$\begin{aligned} \tilde{P}_{it} &= \frac{E(\tilde{Y}_{it}) - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{Y}_{it}, \tilde{R}_{mt})}{1 + R_{ft}} \\ &= \frac{(p_{it} - v_{it})(\bar{D}_t - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})) + (fp_{it} - v_{it})I_{it} - F_{it}}{1 + R_{ft}} \end{aligned} \quad (10)$$

식 (3)과의 관계로부터 투자에 대한 불확실한 수익률은 다음과 같이 나타낼 수 있다

$$\tilde{R}_{it} = \frac{\{(p_{it} - v_{it})\tilde{D}_t + (fp_{it} - v_{it})I_{it} - F_{it}\}}{(p_{it} - v_{it})(\bar{D}_t - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})) + (fp_{it} - v_{it})I_{it} - F_{it}} - 1 \quad (11)$$

식 (11)의  $\tilde{R}_{it}$ 를 식 (2)에 대입하면,

$$\beta_{it} = \frac{(1 + R_{ft})(p_{it} - v_{it})\text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})}{\{(p_{it} - v_{it})(\bar{D}_t - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})) + (fp_{it} - v_{it})I_{it} - F_{it}\} \sigma^2_{mt}} \quad (12)$$

분모, 분자를  $(p_{it} - v_{it})(\bar{D}_t - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt}))$ 에 의해 나누면,

$$\beta_{it} = \frac{(1 + R_{ft})\text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})}{\sigma^2_{mt}(\bar{D}_t - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})) \left( 1 - \frac{F_{it} - (fp_{it} - v_{it})I_{it}}{(p_{it} - v_{it})(\bar{D}_t - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt}))} \right)} \quad (13)$$

위 식에서 수요의  $\beta$ 는 다음과 정의되고, 수요의 위험을 측정한다.  $\beta_{Dt}$ 는 시장수익률의 변화에 대한 수요의 민감도를 나타낸다. 이 식으로부터  $\beta_{Dt}$ 가  $\text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})$ 과 거의 선형으로 증가함을 알 수 있다.

$$\beta_{Dt} = \frac{(1 + R_{ft})\text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})}{\sigma^2_{mt}(\bar{D}_t - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt}))} \quad (14)$$

식 (13)에  $\beta_{Dt}$ 를 대체하면,

$$\beta_{it} = \frac{\beta_{Dt}}{1 - \frac{F_{it} - (fp_{it} - v_{it})I_{it}}{(p_{it} - v_{it})(\bar{D}_t - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt}))}} \quad (15)$$

등식 (6)의 두 번째 식에 대해서도 같은 과정을 유도하면

$$\beta_{it} = \frac{\beta_{Dt}}{1 - \frac{F_{it}}{(p_{it} - v_{it})(\bar{D}_t + I_{it} - \lambda_t \text{Cov}(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt}))}} \quad (16)$$

이와 같이 식 (15)와 식 (16)에서 구해진  $\beta_{it}$ 가 대안의 원가구조, 재고수준, 수요의 위험에 따른 부채가 없는 경우의 영업위험만의  $\beta_{Uit}$ 이다. 채무이론으로부터,  $\beta_{Uit}$ 와 부채가 있는 경우의  $\beta_{Lit}$ 의 관계는 다음과 같다[8]. 이 식에서  $S_i$ 와  $B_i$ 는 각각 첨단제조시스템 투자대안에 소요된 자기자본과 타인자본을 나타내고,  $T$ 는 법인세율이다.

$$\beta_{Uit} = \frac{\beta_{Lit}}{1 + \frac{B_i}{S_i}(1 - T)} \quad (17)$$

이 관계로부터, 부채가 있는 경우의  $\beta_{Lit}$ 는

$$\beta_{Lit} = 1 + \frac{B_i}{S_i}(1 - T) \cdot \beta_{Uit} \quad (18)$$

식 (17)과 식(18)에서 구한 체계적 위험을 식(1)에 대입하면 투자대안의 자기자본비용( $k_{eit}$ )(즉 자기자본 할인율)을 식 (19)과 식(20)과 같이 구할 수 있다.

$$k_{eit} = E(R_{it}) = R_{ft} + \beta_{Uit} [E(R_{mt}) - R_{ft}] \quad (19)$$

$$k_{eit} = E(R_{it}) = R_{ft} + \beta_{Lit} [E(R_{mt}) - R_{ft}] \quad (20)$$

이자율을  $k$ 라 할 때, 투자시 타인자본의 사용에 따른 자본비용( $k_{ij}$ )은

$$k_{ij} = k(1 - T) \quad (21)$$

식 (19), (20)과 식 (21)에서 구한  $k_{eit}$ 와  $k_{ij}$ 를 각각 자기자본비율과 타인자본비율에 가중시키면 투자대안의 경제성 분석에 사용할 가중평균자본비용(WACC : weighted average cost of capital)인 위험조정할인율을 얻게 된다.

$$RADR_{it} = WACC_{it} = \left( \frac{S_i}{B_i + S_i} \right) k_{eit} + \left( \frac{B_i}{B_i + S_i} \right) k_{ij} \quad (22)$$

#### 4. 시뮬레이션 및 분석

본 논문에서 제시한 위험조정할인율의 결정방법이 기존 연구와 실무에서 지적되었던 문제점을 해결할 수 있다는 것을 보이기 위해 시뮬레이션을 통해서 분석하였다. 시뮬레이션을 통해서 대안별, 기간별 위험차이가 고려되어야 하고, 할인율을 임의로 결정하거나 평균 위험율을 사용하면 경제적 의사결정이 잘못될 수 있다는 것을 보인다.

대안의 경제적 의사결정시에 임의로 그리고 기간별로 동일하게 할인율을 사용했을 경우와 본 논문에서 유도한 위험조정할인율을 사용했을 때와의 차이를 분석한다. 분석을 목적을 위해 P.A.Moerman[19]의 연구에서 사용한 다음 <표 1>의 데이터를 가지고 분석하였다. 이 데이터에서 본 논문에서 의도한 분석을 위해 없는 데이터는 다음과 같이 각각  $R_{ft}=6\%$ ,  $\bar{R}_{mt}=N(0.145, 0.03)$ ,  $T=40\%$ ,  $k=20\%$ 로 가정하고 분석하였다. 또한, 생산량과 판매량에 따른 재고수준을 고려하지 않았으므로 재고의 효과는 고려하지 않았다. 따라서, 이 분석에서  $\bar{R}_{mt}$ 만 확률변수이므로  $\bar{R}_{mt}$ 의 변화에 따라서 분석을 수행하였다. 이 데이터를 가지고 한 대안의 경제적 의사결정이 본 논문에서 유도한 방법에 따라 분석한 결과와의 차이를 비교분석한다.

<표 1> Moerman연구의 데이터

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
판매량		6,750	7,400	7,400	7,400	7,400	6,250	5,625
가 격		136	140	154	161	172	164	153
변동비		41.88	42.52	46.68	45.04	60.66	59.97	57.86
고정비		331,679	361,410	372,017	406,935	377,062	387,606	382,550
세후현금흐름		384,078	435,805	475,442	484,255	487,060	386,416	320,532
할인율(%)		10	10	10	10	10	10	10
누적순현재가치		-918,580	-558,441	-201,204	129,549	431,794	650,096	814,580
투자액	1,236,000	0	0	0	0	0	0	0

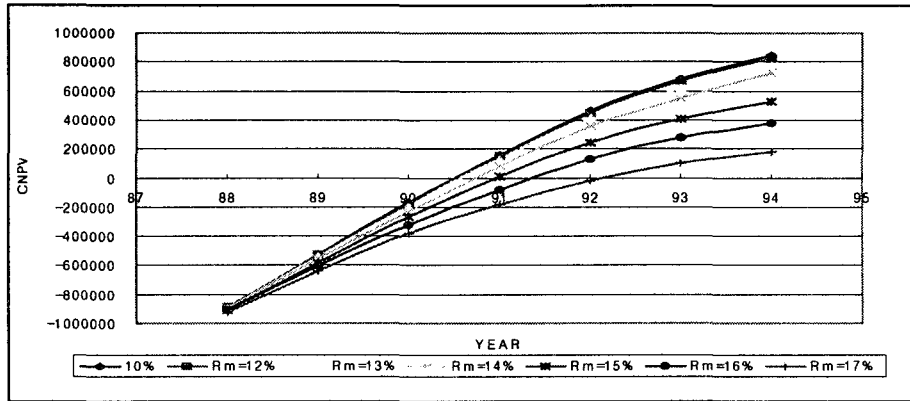
[19]에서 분석자가 임의로 할인율을 10%로 사용했을 때와 본 논문에서 유도한 위험조정할인율을 사용했을 때의 누적순현재가치(CNPV: cumulative net present value)와 할인회수기간(DPB: discounted payback period)의 차이가 <표 2>에 제시되어 있다. 10% 할인율을 임의로 기간별로 동일하게 10%로 사용한 결과 누적순현재가치는 846,322이었고, 할인회수기간은 3.5년이었다. 본 논문에서 유도한 위험조정할인율의 결정방법으로 구한 결과, 기간별 다른 할인율이 얻어졌을 뿐만 아니라 누적순현재가치와 할인회수기간이 <표 2>와 <그림 1>에서와 같이 다르게 나타났다. 이것은 [12]에서 분석한 투자문제에서  $\bar{R}_m=12\%$ ,  $Cor(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})=-0.130$ 일 경우에는 10%의 경우와 비슷하지만, 그 이상의 값에서는 다른 결과가 나올 수 있다는 것을 나타낸다. 이러한 결과는 분명히 적절치 못한 할인율의 사용으로 인해서 대안들에 대해 심하게 왜곡된 의사결정을 유도하게 된다. 예를 들어서, 분석기간에  $\bar{R}_m=17\%$ ,  $Cor(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})=0.754$  라면,  $CNPV=181,194$ ,  $DPB=5.2$ 년인데, 할인율을 10%로 사용하여 분석하면  $CNPV$ 의 경우  $814,580-181,194=633,686$ 로 349.6% 과대 평가하게 되고  $DPB$ 의 경우 1.6년(5.1년-3.5년) 더 짧은 것으로 과소평가하게 된다. 물론, 실제 분석기간의 시장수익률, 수요와 시장수익률의 상관관계가  $\bar{R}_m=17\%$ ,  $Cor(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})=0.754$  이상이라면 더욱 큰 편의가 발생할 것이다. 이와 반대로,  $\bar{R}_m=12\%$ ,  $Cor(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})=-0.130$  이하이면  $CNPV$ 는 과소추정하게 되고 회수기간은 더 짧은 것으로 판단하게 된다. 이러한 분석결과는 분명히 한 대안의 경제적 의사결정에 있어서 잘못된 결정을 하도록 유도할 수 있을 뿐만 아니라, 여러 대안들 중에서 한 대안을 선택하는 문제에 있어서도 잘못된 선택을 하게 할 수 있다.

이 분석에서 위험조정할인율의 결정요인이 수요와 시장수익율의 상관계수인  $Cor(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})$ 이라는 것을 <표 2>의 결과로 부터 알 수 있다.  $Cor(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})$ 이 증가함에 따라  $Cov(\tilde{D}_t, \tilde{R}_{mt})$ 와  $\beta_{Dt}$ 가 증가하고, 체계적 위험  $\beta_{Uit}$ 와  $\beta_{Lit}$ 를 증가시킨다. 이것은  $\beta_{Uit}$ ,  $\beta_{Lit}$  계수의 크기가 더 클수록 더 위험하다는 일반 재무이론에서 금융자산투자 분석의 결과와 본 논문에서 유도한 제조시스템과 같은 실물자산 투자의 분석의 결과와 일치한다는 것을 나타낸다. 또한 더 긴 회수기간이 더 위험하다는 일반적인 경제성 분석과 일치한다.

<표 2> 시뮬레이션 결과

기간	할인율	P.A.Moerman		$\bar{R}_m(12\%)$		$\bar{R}_m(13\%)$		$\bar{R}_m(14\%)$		$\bar{R}_m(15\%)$		$\bar{R}_m(16\%)$		$\bar{R}_m(17\%)$	
		CNPV	RADR	CNPV	RADR	CNPV	RADR	CNPV	RADR	CNPV	RADR	CNPV	RADR	CNPV	
1988	10	-886,838	9.85	-886,361	11.59	-891,813	13.40	-897,307	16.57	-906,517	18.18	-911,006	21.66	-920,302	
1989	10	-526,669	10.60	-527,657	10.88	-539,533	13.18	-557,752	14.70	-580,574	19.33	-601,977	26.60	-637,352	
1990	10	-169,462	10.83	-174,567	10.18	-190,842	11.85	-226,561	13.38	-266,949	21.65	-324,841	20.68	-381,563	
1991	10	161,291	9.89	152,701	11.24	128,482	9.49	81,531	15.60	9,382	14.40	-78,101	29.99	181,140	
1992	10	463,716	10.24	451,289	11.55	416,402	13.47	354,623	18.93	243,076	18.07	132,089	21.67	15,459	
1993	10	681,838	10.40	665,863	12.61	619,248	12.78	546,732	11.97	408,659	15.83	276,056	14.25	99,591	
1994	10	846,322	10.60	826,793	10.44	771,602	11.32	724,126	15.14	527,950	16.93	378,186	16.95	181,194	
$\beta_D^*$	-	-	-0.436	-	-0.19	-	0.05	-	0.949	-	1.389	-	2.043		
$Cor(\tilde{D}_t, \tilde{R}_m)$	-	-	-2.172	-	-1.195	-	0.676	-	5.899	-	5.750	-	19.621		
$Cor(\tilde{D}_t, \tilde{R}_m)$	-	-	-0.130	-	-0.064	-	0.024	-	0.300	-	0.350	-	0.754		
$\beta_L^*$	-	-	0.440	-	0.720	-	1.065	-	2.217	-	2.784	-	3.678		
$\beta_U^*$	-	-	-0.436	-	-0.190	-	0.051	-	0.948	-	1.390	-	2.042		
DPB(년)	-	3.5	-3.5	-	3.6	-	3.9	-	4	-	4.4	-	5.1		





<그림 1 > 누적순현재가치의 변화

### 5. 결론

본 논문에서는 첨단제조시스템 투자의 경제적 의사결정시 투자대안과 기간에 내재된 위험을 고려하여 경제적 의사결정하는 방법을 제시하였다. 투자대안에 대한 경제적 의사결정은 현금흐름할인법을 이용하는 것이 보편화된 방법이다. 현금흐름할인법에서 투자대안에 내재된 위험은 CAPM에 따라서 현금흐름 자체에 포함시키는 방법과 할인율에 포함시키는 방법이 모든 투자의사결정에 공통적인 방법이다. CAPM에 따라서 결정된 할인율은 금융자산의 투자시에 사용되는 할인율로서 이것은 투자주체(기업)의 위험을 반영할 뿐 투자대안과 투자기간별 위험은 고려하지 못하고 있다. 금융자산의 투자시에 사용하는 할인율을 제조시스템과 같은 실물자산의 투자에 그대로 적용하고 또한 기간별 동일 할인율을 사용함으로써 대안별, 기간별 위험차이를 무시하게 되고 잘못된 결정을 유도하고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 대안별, 기간별로 내재된 위험을 할인율을 통해서 조정하는 방법을 제시하였다.

기존의 연구문헌이나 실무에서의 문제점은 대안간의 위험차이를 무시한다는 점과 기간별 동일한 할인율을 사용한다는 점이다. 대안간의 위험차이를 무시하고 분석자가 임의로 결정된 할인율이나 산업평균위험을 보다 실제적으로 더 높은 위험조정할인율을 갖는 대안은 경제성 척도를 기준으로 했을 때 실제보다 더 경제성이 있는 대안으로 판단하게 되고 그 반대의 경우에는 덜 경제성이 있는 대안으로 잘못 판단하게 된다. 이것은 여러 투자대안을 비교할 때 대안간의 순위가 바뀔 수 있음을 의미한다. 또한 기간별 동일 할인율을 적용함으로써 돈의 시간가치 효과를 실제와는 다르게 고려하는 결과를 초래하고 있다. 이렇게 함으로써 경제성 척도에 있어서 다른 결과를 초래할 수 있고, 더 중요한 것은 돈의 시간가치를 다르게 고려함으로써 회수기간을 실제와는 다르게 판단할 수 있다는 점이다.

본 논문에서 유도한 위험조정할인율의 결정방법으로 기존 연구문헌에서 분석한 내용과의 비교를 위해 기존 연구문헌에서의 데이터를 가지고 분석해 보았다. 분석의 결과 제조시스템과 같은 실물자산의 투자시에 대안과 기간별 위험차이는 대안별 투자규모, 원가구조와 시장과 관련해서는 수요의 불확실성과 시장수익률에 따라 다른 것으로 나타났다. 이러한 대안별, 기간별 위험차이에 따라서 위험조정할인율의 값이 다르게 나오고, 누적순현재가치와 할인회수기간의 측면에서 다른 분석결과를 나타낸다는 것을 알 수 있었다. 또한 위험조정할인율의 결정요인에 대한 분석에서 투자규모에 따른 재무위험을 고려하지 않은 상태에서 영업위험 측면에서의 위험은 수요와 시장수익률의 상관관계와 가격, 고정비, 변동비의 함수인 손익분기점의 증가에 따라 위험의 척도인  $\beta_U$ 가 크게 나타난다는 것을 알 수 있었다. 이러한  $\beta_U$  계수에 투자규모에

다른 재무위험을 가산한  $\beta_L$ 은 투자규모에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 본 논문에서 유도한 위험조정할인율이 금융자산의 위험조정할인율의 결정요인과 일치한다는 것을 입증해 준다.

본 논문에서 유도한 위험조정할인율은 영업위험과 재무위험 측면에서의 위험을 할인율에 고려하는 방법을 제시하였다. 재무위험 측면에서의 위험은 투자규모에 따라서 모든 투자에 대해서 공통적으로 고려하는 방법이 같으나, 첨단제조시스템의 투자시에 영업위험 측면에서의 위험은 투자대안과 관련된 제조시스템의 물리적 효율성과 재무적 효율성, 영업이익의 산출과정에서 여러 요소들의 불확실성에 기인한 위험요소에 대한 좀더 구체적인 고려가 있어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Buck, James R, "Measuring Uncertainty and Risk in CIMS Environments", Economic and Financial Justification of Advanced Manufacturing Technologies, Elsevier, pp. 245-261, Amsterdam, 1992.
- [2] Demmel, Johann G. and Askin, Ronald G., "Multipleobjective Evaluation of Advanced Manufacturing System Technology Investments With Risk", IIE Transactions, 28, pp. 249-259, 1996.
- [3] Hayes, Robert H. and David A. Garvin, "Managing As If Tomorrow Mattered", Harvard Business Review, May-June 1982, pp. 71-79.
- [4] Hendricks, J.A., "Applying Cost Accounting to Factory Automation", Management Accounting, December 1988.
- [5] Hodder, James E. "Evaluation of Manufacturing Investments: A Comparison of U.S. and Japanese Practices", Financial Management, Spring 1986, pp. 17-24.
- [6] Howell, R.A. and Sourcy, S.R., "Capital Investment Analysis in the New Manufacturing Environment", Management Accounting, pp. 26-32, November 1987.
- [7] Hundy, B.B. and Hamblin, D.J., "Risk and Assessment of Investment in New Technology", INT. J. PROD. RES., Vol. 26, No. 11, pp. 1799-1810, 1988.
- [8] Kaplan, Robert S., "Measuring Manufacturing Performance: A New Challenge for Managerial Accounting Reserach", The Accounting Review, Vol. LVIII, No. 4, 1983, pp. 686-705.
- [9] Kaplan, Robert S., "Must CIM Be Justified by Faith Alone ?", Harvard Business Review, pp. 87-95, March-April 1986.
- [10] Kaplan, Robert S., "In Defense of Activity-Based Cost Management", Management Accounting, November 1992, pp.58-63.
- [11] Litner, J., "Security Prices, Risk and Maximal Gains from Diversification", Journal of Finance, Vol. 20, No. 4, pp. 587-615, December 1965.
- [12] Moreman, P.A., "Economic Evaluation of Investments New Production Technologies", Engineering Costs and Production Economics 13, pp. 241-262, 1988.
- [13] Mossin, J., "Equilibrium in a Capital Asset Market", Econometrica, Vol. 20, No. 4, pp. 768-783, October, 1966.
- [14] Park, C.S. and Son, Y.K., "An Economic Evaluation Model for Advanced Manufacturing Systems", The Engineering Economist, Vol. 34, No. 1, pp. 1-26, Fall 1988.
- [15] Park, J.C., Park, C.S. and Venkat Narayanan, "A Stochastic Cost-Volume-Profit Approach to Investment Risk in Advanced Manufacturing Systems", Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol 21, No. 3, PP. 299-311, September 1995.

- [16] Sharpe, W.F., "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", Journal of Finance, Vol. 19, No. 3, pp. 425-442, September 1964.
- [17] Son, Y.K. and Park, C.S., "Economic Measure of Productivity, Quality and Flexibility in Advanced Manufacturing Systems", Journal of Manufacturing Systems, Vol. 6, No. 3, pp. 193-207, 1989.
- [18] Nallan C. Suresh, "An Extended Multi-objective replacement model for Flexible Automation investments", INT. J. PROD. RES., Vol. 29, No. 9, pp. 1823-1844, 1990.
- [19] 박 연 식, 현대재무관리 5판, 다산출판사, pp. 303-329, 1996.