

# 장부가치와 주당 이익을 이용한 선형회귀모형과 신경망모형의 주가예측

최성섭\* · 구형건\*\* · 김영권\*\*\*

## 〈요 약〉

본 연구는 주가를 예측하는데 있어서 선형 회귀모형을 이용하는 방법과 비선형 인공신경망 모형을 이용하는 방법을 비교 분석하여, 어떤 모형이 더 우수한 예측성고를 내는지를 검증한다. 자본시장에서 투자자들은 접근하는 정보가 다르고 각기 상이한 예측 변수들을 토대로 나름대로의 예측치를 만들어 낸다. 이렇게 볼 때 개별 투자자들이 이용하는 다양한 정보집합을 결합하여 단일의 뛰어난 정보집합을 만들어내는 것은 매우 어려운 과제이다. 따라서 본 연구에서는 이용 가능한 소수의 예측 변수들을 어떤 방식으로 결합하는 것이 예측오차의 분산을 최소화할 수 있는지에 대한 현실적인 접근방법을 모색하고자 한다.

거시경제변수나 시장자료를 입력변수로 사용한 기존 연구와는 달리 본 연구에서는 재무제표 정보를 입력변수로 사용하였다. 즉, 대차대조표의 최종요약치인 주당 지분의 장부가치와 손익계산서의 최종요약치인 주당 순이익을 입력변수로 사용했으며 1991년부터 1995년까지의 추정(학습)결과를 토대로 모형을 선택하여 1996년의 재무제표 정보로 1997년의 주가를 예측하는 것이 본 연구의 과제이다.

연구결과, 대체로 선형회귀모형에 비해 비선형 신경망 모형이 예측오차의 분산을 감소시키는 것으로 나타났다.

\* 포항공과대학교 수학과 교수

\*\* 아주대학교 교수

\*\*\* 포항공과대학교 전산금융연구실 연구원

\*\*\*\* 본 연구는 1997-1999년도 한국학술진흥재단 대학부설연구소과제 연구비에 의하여 지원되었음.

본 연구에 사용된 계산장비는 포항공과대학교 전산수학연구센터에서 지원하였음.

본 연구에 도움을 준 강희규, 임지정, 정승환 군에게 감사드립니다.

이 논문의 심사과정에서 많은 조언을 해준 심사위원들께 감사드립니다.

## I. 서 론

주가를 결정하는 요소가 무엇이며, 이들 요소들이 주가의 움직임과 어떤 구조적 관련성을 갖고 있는지, 그리고 어떤 모형이 주가를 더 잘 표현할 수 있는지 등은 주식시장이 형성된 이래로 학계 및 실무계의 공통된 관심사가 되어왔다. 그 동안 재무이론에서 사용되어 온 주가예측모형은 주로 선형모형에 토대를 두고 있다. 즉 주가는 이를 결정하는 몇 가지 요소들과 구조적으로 선형결합 관계에 있으며, 시간의 변화에 관계없이 이들 변수의 모수(parameter) 값은 안정적일 것이라는 가정을 전제로 하고 있다.

그러나 시장은 매우 역동적으로 끊임없이 변하고 있으며, 주시가격과 이를 결정하는 요소들간의 구조적 관계도 시간이 지남에 따라 불규칙하게 변하는 것이 일반적이다. 예를 들어, 어느 해에는 투자자들이 주당 지분의 장부가치(book value per share)에 비해 주당 이익(earning per share)을 더 중요한 요소로 고려하는가 하면, 그 다음 해는 주당 이익보다는 오히려 주당 장부가치를 더 중요한 요소로 고려할 수 있다. 이와 같이 주가와 이를 결정하는 요소들간의 구조적 관계가 안정적이지 못한 경우에는 회귀모형과 같은 선형모형으로 주가를 설명하는 것은 한계가 있다.

최근 들어 시간의 경과에 따른 모수의 구조적 불안정성 문제와 비선형성의 예외적인 문제를 해결할 수 있는 하나의 방법으로 신경망 모형에 대한 관심이 증가하고 있다. 이 모형은 원칙적으로 비선형적 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 거대한 양의 자료를 처리할 수 있으며, 규칙성에서 벗어난 특이한 사실들도 학습할 수 있게 함으로써 보다 일반적이고 보편적인 예측모형으로 받아들여지고 있다.

본 연구에서는 주가를 예측하는데 있어서 선형 모형인 다중회귀모형을 이용하는 방법과 비선형 모형인 인공 신경망 모형을 이용하는 방법을 비교 분석해 봄으로써, 어느 모형이 더 예측력이 높은지를 검증해 보고자 한다. 그 동안 국내에서 이루어진 인공 신경망 모형을 이용한 주가예측 연구들은 주로 거시경제 변수들을 입력변수로 사용하여 종합 주가지수 또는 산업별 주가지수를 예측한 연구들과 과거의 일별, 주별, 월별 주가지수를 토대로 미래의 주가움직임을 예측한 연구들이 대부분이었다. 본 연구는 시장자료를 입력변수로 이용하는 기존 연구와는 달리 기본 분석(fundamental analysis)에서 요구되는 재무제표 자료에 기초하여 주가를 예측하고 있다. 기본 분석은 자본시장에서 거래되는 주가에 관계없이 기업이 공시하는 재무제표나 기타정보를 이용하여 직접 기업 가치를 추정해 내는 방법이다. 본 연구에서 고려하고 있는 주가의 설명변수는 대차대조표와 손익계산서의 최종 요약 정보인 주당 지분의 장부가치와 주당 순이익이다.

자본시장에는 투자자들마다 접근하는 정보가 다르므로 각기 상이한 예측 변수들을 토대로 상이한 예측치를 만들어낸다. 이렇게 볼 때 개별 투자자들의 다양한 정보집합을 결합하여 단일의 뛰어난 정보집합을 만들어내는 것은 어렵다고 볼 수 있다. 따라서 현실적인 대안은 이용 가능한 예측 변수들을 어떤 방식으로 결합하는 것이 예측오차의 분산을 최소화시킬 수 있는지에 대한 노력일 것이다. 본 연구는 이러한 관점에서 이루어졌다. Hill 등(1994)은 신경망 모형을 이용한 그 동안의 예측 연구들을 종합적으로 분석해 본 결과, 자료가 재무적 속성을 가지고 있는 경우, 계절적 요인을 가지고 있는 경우, 그리고 비선형적 관계를 가지고 있는 경우에는 신경망 모형이 선형 모형에 비해 더 나은 예측성능을 보이는 것으로 보고하였다. 본 연구에서 사용되는 자료는 모두 재무적 속성을 가지고 있다. 또한 경제 상황의 변화에 따른 변수들간의 구조적 관계가 안정적이지 못하며 비선형적 관계의 가능성이 존재한다. 따라서 본 연구와 같은 재무제표 변수를 이용한 주가예측연구는 비선형의 신경망 모형이 선형 회귀모형에 비해 더 우수한 결과를 가져올 가능성이 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ장과 Ⅲ장에서는 기본분석에 의한 주가예측연구와 주가와 설명 변수간의 비선형 관계 가능성을 논한다. 제Ⅳ장에서는 인공 신경망 모형에 대해 살펴보고 제Ⅴ장에서는 연구설계 및 검증결과를, 마지막 제Ⅵ장에서는 본 연구의 결론을 맺고 있다.

## Ⅱ. 기본 분석에 의한 주가예측

이 장에서는 기존의 연구들을 살펴봄으로 주가와 장부가치, 그리고 이익의 관계에 대하여 설명한다. 주가와 이 두 변수 사이의 관계는 제Ⅴ장에서 다루는 실증검증의 이론적 토대를 마련한다. 특히, Ohlson(1995)의 모형은 주가를 장부가치와 기대초과이익 현재가치의 합으로 나타냄으로 주가와 장부가치, 이익의 관계를 이해하는데 도움이 됨으로 이 장에서 상세히 설명하고자 한다.

실무에서 미래의 주가움직임을 예측하는 방법에는 기술적 분석(technical analysis)과 기본 분석(fundamental analysis)이 있다. 기술적 분석은 주가가 가격이 일정한 패턴을 가지고 움직이며, 이러한 패턴이 미래에도 반복될 것이라는 가정을 전제로 하고 있다. 실무에서 이 분석기법은 주로 초기단계에서 주가움직임에 대한 추세변화를 식별하여 매 매시점을 포착하는데 많이 활용하고 있다.<sup>1)</sup>

이에 반해 기본 분석은 주식시장에서 거래되는 주가의 움직임에 관계없이 기업의 참

된 내재가치를 추론해 내는 기법이다. 이를 위한 중요한 작업중의 하나가 기업의 재무제표를 분석하는 것인데, 기업의 재무제표 정보는 실무에서 기업 가치를 평가할 때 매우 중요한 평가 기준이 된다. 이 가운데 특히, 대차대조표의 최종 요약치인 지분의 장부가치와 손익계산서의 최종 요약치인 이익은 신규공개기업이 주가를 산정할 때나 M&A시장에서 인수기업이 목표기업의 가치를 평가할 때, 그리고 투자자들이 투자 의사 결정을 할 때 중요하게 고려하는 정보이다. 실증연구에서도 이러한 재무정보는 주가와 매우 밀접한 관계가 있음이 밝혀지고 있다.

Ball과 Brown(1968)의 연구 이후, 주가는 이익과 밀접한 관계를 가지고 움직인다는 많은 실증 연구가 있었다. 이러한 연구들은 대개 Miller와 Modigliani (1961)의 배당할인모형에 기초를 둔 연구로서, 현재이익은 기대미래이익과 배당금의 충분한 대응치가 된다는 가정을 전제로 하고 있다. 한편 주가는 자산과 부채에 대한 대차대조표 측정치와 상당한 관련이 있다는 실증적 증거들도 많다.<sup>2)</sup> 이렇게 이익에 기초를 둔 가치평가모형과 지분의 장부가치에 기초한 가치평가모형은 그 동안 대안적인 평가모형으로 발전해 왔다. 만약 시장이 완전하고 완성적이라고 가정하면 이익이나 지분의 장부가치가 기업가치의 완전한 대응치가 될 수 있을 것이다.<sup>3)</sup> 그러나 시장이 불완전한 보다 현실적인 상황에서 이 두 변수는 가치평가에 있어서 상호 보완적인 역할을 하게 된다.

최근 이익과 지분의 장부가치에 기초한 주가예측모형이 Ohlson(1990, 1995)의 연구에서 소개된 바 있다. 이 모형은 재무제표 변수를 주가와 직접 연결시켜 이론적 주가를 추정한 것인데, 기본적 접근에 의한 기업가치 평가 시에 우리가 필요로 하는 작업이 무엇인지를 제시해 주고 있다. Ohlson(1995)의 가치평가모형은 다음과 같은 가정 하에서 유도되었다.

첫째, 주가( $P_t$ )는 식 (1)과 같이 미래배당지급액( $d_{t+\tau}$ )의 현재가치에 의해 결정된다.

$$P_t = \sum_{\tau=1}^{\infty} (1+r)^{-\tau} E_t[d_{t+\tau}] \quad (1)$$

여기서  $r$ 은 자기자본비용 또는 할인율을 의미하여,  $E_t[.]$ 는  $t$  시점에서 이용 가능한 정보를 기초로 한 기대값 연산자이다.

둘째, 장부가치와 이익, 그리고 배당 사이에는 다음과 같은 명백한 잉여관계(clean

1) 구형건, 오갑수(1990), p.30

2) 이에 대한 연구로는 Landsman(1986), Barth(1991), Shevlin(1991)등을 참조할 수 있다.

3) 이에 대한 연구로는 Beaver and Demski(1979), Barth and Landsman(1995)등을 참조할 수 있다.

surplus relation)가 성립한다는 것이다.

$$bv_t = bv_{t-1} + x_t - d_t \tag{2}$$

$$\frac{\partial bv_t}{\partial d_t} = -1, \quad \frac{\partial bx_t}{\partial d_t} = 0$$

여기서  $bv_t$ 는  $t$  시점의 지분의 장부가치를 나타내며,  $x_t$ 는  $t$  기간 동안의 이익을 의미한다. 그러므로, 식 (2)는  $t$  시점의 장부가치는  $t-1$  시점의 장부가치에서  $t$ 에서의 이익을 더하고 배당금을 뺀 값이라는 것을 의미한다. 그리고, 명백한 잉여관계란 배당은 순자산의 장부가치를 감소시키는 것이지 당기이익을 감소시키는 것이 아니라는 의미이다. 즉,  $t$  시점에서 지급되는 배당금은  $t$  시점의 지분의 장부가치를 감소시켜 미래기간의 이익을 감소시키는 결과로 나타난다는 것이다. 이때 감소되는 금액은 기업마다 상이한 할인율에 의해 결정될 것이다.

셋째, 초과이익은 다음과 같이 정의된다.

$$x_t^a \equiv x_t - r \cdot bv_{t-1} \tag{3}$$

즉, 초과이익은 당기이익에서 장부가치에 대하여 필수적으로 요구되는 이익을 차감한 잔여이익(residual income)을 의미한다. 그리고 초과이익( $x_t^a$ )은 다음과 같은 선형적인 확률적 시계열 형태를 보인다.

$$x_{t+1}^a = \omega x_t^a + \nu_t + \varepsilon_{1,t+1} \tag{4}$$

$$\nu_{t+1} = \gamma \nu_t + \varepsilon_{2,t+1}$$

여기서  $\omega$ 와  $\gamma$ 는 0보다 크고 1보다 작은 값을 갖는 알려진 모수이며,  $\nu_t$ 는 가치 적합한 정보이지만 초과이익에는 포함되어 있지 않은 부분을 의미한다. 그리고  $\varepsilon_{1,t+1}$ 와  $\varepsilon_{2,t+1}$ 은 평균이 0인 오차항이다. 위의 시계열 형태를 보면  $\gamma > 0$ 에 대하여 평균[ $\nu_t$ ]는  $x_t^a$ 와 독립적이다. 이 독립성은  $\nu_t$ 가 기업가치와 관련이 있으나 재무정보에는 반영되어 있지 않은 정보임을 의미한다.

이상의 식 (1), 식 (2), 식 (3), 식 (4)를 이용하면 주가가격은 식 (5)와 같이 지분의 장부가치와 미래 기대초과이익의 현재가치 합으로 나타낼 수 있다.

$$P_t = b v_t + \sum_{\tau=1}^{\infty} (1+r)^{-\tau} E_t[x_{t+\tau}^a] \quad (5)$$

식 (5)를 보면 우리가 주식가격을 예측하기 위해 무엇을 해야 하는지를 알 수 있다. 즉 주식가격은 지분의 장부가치와 미래초과이익의 현재가치를 합한 금액으로 표현되며, 기본 분석에서 중요한 작업은 회계 및 비회계 정보가 초과이익과 어떤 상관관계를 갖는가를 규명하고 이 관계를 이용하여 미래초과이익을 추정하는 것이다. 결론적으로 Ohlson(1995)의 가치평가모형에서 핵심은 시점(stock의 개념)가치로서 지분의 장부가치와 지분의 장부가치에 대한 증분 측정치로서 이익(flow의 개념)이 기본적인 가치평가척도가 된다는 것이다.

그런데 재무제표 정보와 기업가치를 직접 연결하여 가격결정모형을 개발하는 것이 과연 타당한가에 대해서는 많은 논란이 있다. 과거 수십년 동안 재무제표 분석을 위한 구조화된 지침이나 통일된 틀이 없이 연구가 진행되어 왔으며, 가격결정모형에 사용되는 변수와 방법도 연구자들마다 상이하다는 것이 한계로 지적되고 있다.<sup>4)</sup> 그러나 DeAngelo(1990)를 중심으로 한 재무회계론자들은 재무론에서 사용되는 현금흐름 할인법에 의한 기업가치 평가는 기본적으로 이익정보에 크게 의존하고 있다고 주장하면서 기본 분석에 의한 주가예측의 타당성을 주장하고 있다.

### Ⅲ. 주가와 설명변수들과의 비선형성

제 2 장에서는 장부가치, 이익이라는 두 변수와 주가와와의 관계를 설명하였다. 이 장에서는 이들 관계가 비선형적이라는 사실을 이론적으로 밝힌다. 이는 선형회귀 모형보다 인공 신경망 모형이 더욱 예측력이 클 수 있다는 제5장의 결론에 대한 이론적인 근거를 제공한다.

지분의 장부가치는 일정시점에서 기업자원의 순가치에 대한 정보이며, 주로 역사적 시장가치에 의해 평가된다. 반면에, 이익정보는 기업이 보유자원을 활용한 결과를 반영하고 있는 증분가치 측정치이다. 따라서 이익은 기업의 현재 사업활동이 성공적일 때 가치평가의 중요한 척도가 되며, 반면에 장부가치는 현재 보유자원의 이용성효과가 좋지 않아서 자원을 보다 우수한 다른 용도로 전용할 가능성이 높을 때 중요한 가치평가의 척도가 된다.

4) 기본분석에 관한 그 동안의 연구흐름은 Bauman(1996)의 연구를 참조할 수 있다.

그런데 기업을 자원의 집합과 이 자원을 이익으로 만들어 가는 사업기술의 결합체로 간주해 보면, 기업은 보유자원을 현재의 방식(기술)대로 계속 이용하거나 또는 그 자원을 다른 용도로 전용할 수 있는 권리를 동시에 가지고 있다. 이러한 권리는 기업이 가지고 있는 일종의 옵션이다. 전자의 가치는 계속가치(recursion value)로서 기업이 현재의 기술을 보유자원에 계속적으로 적용해 나갈 때 얻을 수 있는 미래 이익흐름의 현재가치로 측정될 수 있을 것이다. 반면에 후자의 가치는 전용가치(adaptation value)로서 기업이 보유자원을 다른 실체에 매각하거나 다른 사업으로 전용하는 경우 등 현재의 사업기술과 분리시킬 때 발생하게 된다. 따라서 주가는 계속가치와 전용가치에 의해 결정된다고 할 수 있다. 그런데, 기업은 항상 보유자원을 전용할 수 있는 옵션을 가지고 있으며, 이 옵션의 행사가능성은 장부가치에 대한 이익의 상대적 비율에 달려있다고 볼 수 있다.

Burgstahler와 Dichev(1997)는 이러한 주장을 수학적으로 증명하고 1976년부터 1994년까지의 미국기업의 횡단면적 자료를 이용하여 실증적 증거를 제시한 바 있다. 이들은 지분의 장부가치(전용가치)가 일정수준을 유지할 때 주가는 기대이익에 대한 볼록함수(convex function)이며, 동시에 기대이익(계속가치)이 일정수준을 유지할 때 주가는 장부가치에 대한 볼록함수가 된다고 주장한다.

지분의 시장가치가 미래시점의 계속가치나 전용가치를 반영하고 있는 것이라면 이는 식 (6)과 같이 표현될 수 있을 것이다.

$$MV(E, AV) = E[\max(cE, AV)] = \int \int \max(cE, AV) f(E, AV) dAV dE \quad (6)$$

여기서  $MV$ 는 지분의 시장가치,  $E$ 는 현재의 기술을 이용하여 얻을 수 있는 미래이익의 기대치,  $AV$ 는 전용가치,  $c$ 는 할인율(자본비용),  $f(E, AV)$ 는 확률변수인  $E$ 와  $AV$ 의 결합확률분포함수이다. 식 (6)에서 전용가치가 상수라고 가정하면 지분의 시장가치는 식 (7)과 같이 표현할 수 있다.<sup>5)</sup>

$$MV(E|AV) = \int_{-\infty}^{AV/c} AV f(E|AV) dE + \int_{AV/c}^{\infty} cE f(E|AV) dE \quad (7)$$

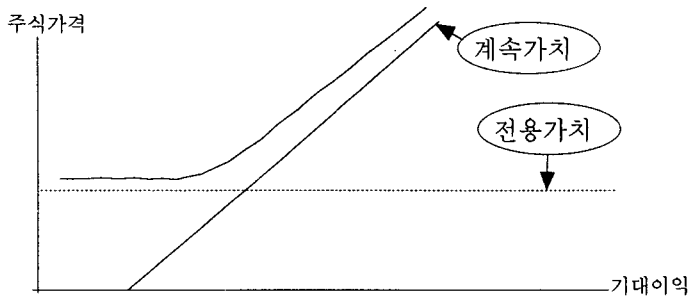
여기서  $f(E|AV)$ 는  $AV$ 가 일정할 때의 한계확률분포함수(marginal probability den-

5) 행사시점이 미래기간이므로 기대미래전용가치와 미래계속가치는 현재가치로 할인해야하나, 여기서 할인율이 일정하다고 가정하면 할인요소는 증명에 아무런 영향을 주지 못할 것이다.

sity function)이다. 적분의 경계선인  $AV/c$ 는 계속가치(자본화된 이익)가 전용가치와 동일하여 투자자의 입장에서 두 가치가 무차별한 점을 나타낸다.  $E > AV/c$ 이면 투자자들은 현재기술을 보유자원에 계속적으로 적용해 주기를 바라며,  $E < AV/c$ 인 경우는 계속가치를 대안적 용도로 전용해 줄 것을 요구하는 것이다. 따라서 식(7)을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$MV(E|AV) = AV + \int_{AV/c}^{\infty} (cE - AV) f(E|AV) dE \quad (8)$$

식 (8)에서 적분항은 계속가치에 대한 콜옵션(call option)의 가치이며, 이 가치는 조건부 기대이익의 평균값에 따라 증가하는 함수이다. 그러므로 기업가치는 전용가치가 일정한 경우, 전용가치와 계속가치에 대한 콜옵션의 가치를 합한 것으로 이해할 수 있다.



[그림 1] 전용가치가 일정할 경우 기대이익의 함수로서 기업가치

[그림 1]은 전용가치가 일정한 경우, 지분의 시장가치와 기대이익과의 관계를 나타낸 것이다. 전용가치와 계속가치가 만나는 무차별점은  $E=AV/c$ 이다. 기대이익이 낮은 경우 지분의 시장가치는 대부분 전용가치에 의해 결정되며, 기대이익이 매우 높은 경우 시장가치는 대부분 계속가치에 의해 결정된다. 기대이익이 중간 수준의 경우, 지분의 시장가치는 전용가치와 계속가치의 적절한 결합에 의해 결정된다. 그러므로 주식가격은 전용가치와 계속가치의 상대적 규모에 따른 비선형의 볼록 함수 형태로 표현될 수 있다.

그러나 Burgstahler와 Dichev(1997)은 기대이익수준이 높을수록 시장가치는 증가하는 것으로 해석하고 있으나, Miller(1994)는 기대이익수준이 극단적으로 높을 경우 시장가치는 오히려 감소한다고 주장하였다. 즉, 주어진 자원하에 매우 높은 수익성을 보이



는 경우 경쟁자가 출현할 가능성이 높으며, 따라서 이러한 점을 인식한 투자자들이 주가에 이를 반영하게 되면 [그림 1]에서 오른쪽 극단으로 갈수록 기울기가 감소할 수 있다는 것이다. 또한 Freeman과 Tse(1992)도 주가와 이익간의 비선형 문제를 제기한 바 있다. 즉, 비기대이익이 클수록 비반복적 이익 부분이 많을 것이고, 이러한 경우 비기대 주가수익률과 비기대 이익간의 관계는 S자모양으로 나타날 수 있다고 주장하였다.

## IV. 인공 신경망 모형

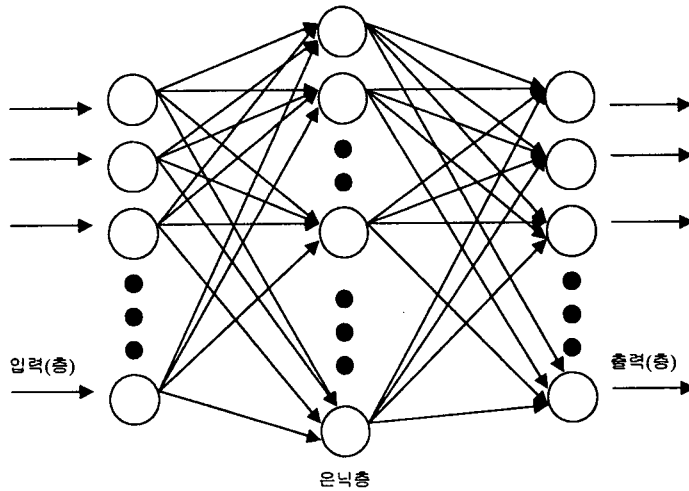
제2장과 3장에서는 주가와 장부가치 그리고 이익의 관계 특히 비선형성에 대하여 논하였다. 이 장에서는 이들의 비선형적 관계를 실증적으로 분석하는데 도움이 되는 인공 신경망 모형에 대하여 설명한다.

### 1. 인공 신경망 모형

두뇌 활동의 메커니즘을 수학적으로 재현한 인공지능의 한 분야이다. 여기서 인공지능이란 인간의 지각이나 경험에 의하여 가지게 되는 선형적 체험과 인공 신경망(artificial neural network)은 인간의 두뇌를 모방하여 같은 지적능력을 학습을 통하여 컴퓨터에 지식베이스로 구축하고, 구축된 지식베이스를 이용하여 주어진 자료를 추론하고 그 결과를 예측하고 설명하는 기능을 말한다.

신경망 모형을 구성하는 가장 기본적인 단위는 뉴런(neuron)이며 기본적인 정보처리의 단위이다. 이는 입력값들을 가중 합산하여 그 결과를 전이함수(transfer function)로 전환하여 결과를 전달하는 기능을 수행한다. 신경망에서 일반적으로 사용되는 전이함수는 가중합산된 값을 그대로 사용하는 선형함수, 특정한 임계값을 기준으로 -1이나 +1, 또는 0이나 1의 값을 취하는 임계함수(threshold function), 0이하에서는 0의 값을 갖고 1 이상에서는 1의 값을 가지며 그 사이의 값에서는 선형인 함수, 그리고 S자 형태의 변환을 가하는 함수(sigmoid 또는 hyper-tangent function) 등이 있다.

신경망은 뉴런의 연결방식과 학습방법에 따라 여러 종류로 구분된다. 그 중에서 가장 많이 사용되는 신경망 모형은 다층 퍼셉트론(multilayer perceptron)으로서, [그림 2]는 3층 구조를 가진 다층 퍼셉트론을 도식화하고 있다. 각 층은 입력값을 갖는 입력층, 정보처리 과정이 일어나는 은닉층, 출력값을 나타내는 출력층으로 구분된다. 신경망은 충분한 수의 은닉층이 있으면 어떠한 함수라도 표현할 수 있는 보편적인 함수식이라고 할 수 있다.



[그림 2] 3층 구조를 가진 다층 퍼셉트론

신경망이 주어진 자료의 특성을 학습하는데 사용되는 학습 알고리즘(learning algorithms)에는 여러 가지가 있으나 그 중에서 오차를 최소화시켜 나가는 오류 역전파(back propagation) 방법이 흔히 사용된다. 이 알고리즘은 최소자승 알고리즘의 비선형적 확장으로 볼 수 있다. 즉, 입력층의 각 노드에 입력패턴을 주면 이 신호는 각 노드에서 변환되어 은닉층에 전달되고 계산과정을 거쳐 출력층에서 신호를 출력하게 된다. 이때 출력값과 목표값을 비교하여 둘 사이의 차이, 즉 오차를 줄여나가는 방향으로 가중치를 반복적으로 조정해 나가는 방법이 역전파법이다.

한편, 신경망 모형과 같은 비선형 모형은 학습패턴 이외에 대해서는 좋은 예측성과를 내지 못하는 과잉학습(overfitting) 문제가 제기된다. 이러한 문제는 연구결과의 일반화 가능성을 약화시키는 요인이 되는데 이러한 한계를 극복하고 신경망 모형의 일반화 성능을 향상시키기 위한 방법으로 흔히 사용되는 것이 결합 신경망(combined neural network)이다. 신경망의 오류(error)는 편차(bias)와 분산(variance)으로 나누어 진다고 볼 때, 결합신경망은 오류의 편차를 줄여줌으로써 일반화 성능을 향상시키는 방법이다.

인공신경망은 공식적이고 정형화된 입력자료를 요구하지 않기 때문에 투자예측 등 재무예측에 이상적으로 적용될 수 있다. 즉 재무자료로서 적합한 자료뿐만 아니라 부적합한 자료를 식별하여 걸러내고, 적합한 정보만을 이용할 수 있다는 강점이 있다. 또한 잘 학습된 인공 신경망은 입력자료에 이러한 부분이 포함되어 있다고 하더라도 정확한 결과를 산출할 수 있다는 장점이 있다. 반면에 인공신경망은 하나의 블랙박스처

림 기능 한다는 한계점을 가지고 있다. 즉 은닉층에서 자료처리가 이루어지는데, 이용자의 입장에서는 입력자료를 어떻게 처리해서 어떻게 결론에 이르는지를 추적할 수 있는 방법이 없다는 한계가 있다. 또한 학습과정에서 실질적으로 많은 시간과 노력이 요구된다는 문제점이 있다.

## 2. 신경망 모형과 통계적 모형의 비교

인공신경망 모형은 통계학적 모형과는 달리 그 자체의 귀납적 특성<sup>6)</sup>으로 인해 모형을 도출하기 위한 이론수립과정을 생략할 수 있으며, 통계학적 모형에서 요구되는 엄격한 가정에 제한을 받지 않는다는 특성이 있다. 기존의 많은 통계학적 방법론들은 엄격한 가정을 요구하기 때문에 그 사용범위에 제한이 있으며, 전제한 가정에 위배되는 경우에는 모형의 결과에 대한 신뢰성이나 사용기법의 적정성 등이 문제가 된다. 반면 인간의 뇌의 신경조직을 모방하여 수학적으로 모형화한 신경망은 고도의 병렬분산처리(parallel distribution processing)를 하는 모형으로서, 통계학적 가정을 만족하지 못하는 자료의 분석에 적합한 비선형(nonlinear), 비모수(nonparametric) 모형이다. [그림 3]은 신경망이 수행할 수 있는 기능들을 기존의 통계적 방법론과 함께 정리한 것이다.

신경망 모형	신경망 기능	대안적 분석 도구들
다층 퍼셉트론	연상기억	1.부호추출에 의한 인공지능 기법
호필드 망	패턴 분류	-RBS, ID3
코넨 함수	패턴 군집화	-유전 알고리즘(genetic algorithm)
신인식망	함수추정 및 예측	-개념 군집화
퍼지 인식망		2.통계적 기법
ART I,II		-회귀분석, 다변량 관별분석
기타		-군집 분석, 인과 모형

[그림 3] 신경망 기능 및 대안적인 분석 도구

## 3. 신경망 모형을 이용한 주가예측연구

최근 들어 주가예측에 있어서 신경망 모형이 선형 회귀모형에 비해 더 우수한 결과를 보이는데 대해 몇몇 실증연구들이 이루어졌다. White(1990)는 IBM 주식에 대해

6) 신경망모형은 많은 예제를 통해 학습이 이루어진다.

일일 주가수익률의 예측이 가능한가를 검증하기 위해 은닉층이 하나인 다층 퍼셉트론을 사용하였다. 입력변수는 예측시점 5일전까지의 주가수익률을 사용했는데 연구결과는 실망적이었다. 그 이유는 분석대상이 되었던 IBM 주식은 그 동안 랜덤워크(random walk)이론을 입증하는 대표적 자료로 많이 이용된 것이며 또한 입력변수들이 적절치 못했다는 한계가 있었다.<sup>7)</sup> Kimoto와 Asakawa(1990)는 신경망을 이용하여 TOPIX(Tokyo stock exchange price indexes)를 예측하는 시스템을 개발하였다. 예측을 위한 자료는 도쿄 증권거래소의 경제지수와 기술적인 지수를 토대로 사전적인 자료정리를 통해 노이즈(noise)를 최소화한 자료였다. 한 개의 은닉층을 가진 3층 모형을 이용하여 실험한 결과, TOPIX 예측시스템의 결과가 구매후 보유전략(buy and hold)에 비해 19% 더 높은 수익률을 보이는 것으로 나타났다. Bergerson와 Wunsch(1991)은 신경망으로 1980년부터 1991년까지 25개월동안에 걸쳐 1만 달러를 운용한 결과 660%의 수익률을 보였다는 연구결과를 발표한 바 있다.

Yoon과 Swales(1991)는 질적정보가 투자자들의 주가예측능력을 향상시킬 수 있는지를 신경망 모형과 다변량 판별분석(multiple discriminant analysis)을 사용하여 비교분석하였다. 입력변수로는 확실성, 기업통제하의 외적인 경제요소, 성장, 전략계획, 신제품, 예측손실, 예측이익, 장기최적화, 단기최적화를 이용하였으며 이러한 자료는 기말재무제표 또는 사업계획서에서 수집하였다. 신경망 모형은 두 개의 은닉층과 두개의 출력노드를 가진 출력층으로 구성된 4층 모형이었다. 이 신경망 모형을 가지고 주가예측이 잘된 기업과 잘못된 기업으로 구분할 수 있는 능력을 실험하였다. 연구결과, 다변량 판별분석은 학습기간에서는 평균 74%의 판별력을 나타냈고, 검증기간에서는 65%의 판별력을 나타냈다. 신경망 모형은 학습기간에서는 평균 91%의 판별력을 보였고 검증기간에는 77.5%의 판별력을 가진 것으로 분석되었다. 따라서 질적 정보에 의한 주가 예측에 있어서는 비선형적 기법인 신경망 모형이 다변량 판별분석의 예측력을 개선시킬 수 있을 것이라는 결론을 내렸다.

국내 연구로서 김관문과 조광재(1994)는 우리 나라의 1개월 후의 종합주가지수(KOSPI)의 방향을 예측하기 위하여 한 개의 은닉층을 가진 3층 신경망 모형을 이용하였다. 그리고 신경망의 예측력을 다변량 판별 분석과 비교하였다. 10개의 거시경제관련 변수와 8개의 증시관련 변수를 입력변수로 사용한 결과, 신경망 모형의 예측력이 다변량판별 분석보다 더 우수한 것으로 나타났다. 박종엽과 한인구(1995)는 Kimoto와

7) 신경망의 능력이 아무리 뛰어나더라도 정보력을 가지고 있지 않은 자료로부터 유용한 정보를 창출해 낼 수 없는 것이다.

Asakawa(1990)의 연구를 기초로 하여 KOSPI 예측 시스템을 개발한 바 있다. 입력변수로는 종합주가지수, 거래량, 예탁금, 사채수익률, 환율, 다우존스 지수 등이었다. 한 개의 은닉층을 가진 3층 신경망 모형을 이용한 결과, 신경망 모형이 선형모형에 비해 더 우수한 것으로 나타났다. 한편 전용관과 윤영섭(1998)의 연구에서는 경기행동지수, 생산자 물가지수, 신용잔고, 예탁금 등의 자료를 입력변수로 하여 주가예측의 정확성을 분석한 결과, 신경망 모형이 선형모형에 비해 더 우수한 예측력을 가지는 것으로 나타났다.

그러나 이상의 연구들은 입력변수로 과거의 주가자료나 거시경제지표 등을 사용하고 있으며 본 연구와 같이 주가에 직접적으로 영향을 미치는 재무제표 변수를 이용한 연구들은 거의 없는 실정이다.

## V. 연구설계 및 검증결과

이 연구에서는 재무제표 자료인 주당순이익과 주당 지분의 장부가치를 이용하여 개별주식의 가격을 예측해 보고자 한다. 특히, 예측 변수들의 선형결합에 의한 다중회귀 모형에 비해서 비선형(nonlinear), 비모수(nonparametric) 기법인 인공 신경망 모형의 예측력이 우수한지를 비교분석하고 있다.

### 1. 변수의 정의 및 처리

이 연구에서 산출변수는 주식가격이며, 이를 예측하기 위한 입력변수는 Ohlson(1991)의 연구에서 기본적인 변수로 사용된 주당 이익과 주당 지분의 장부가치이다. 입력변수인  $t$ 기의 주당 순이익은  $t$ 기의 당기순이익에서  $t$ 기 평균주식발행수(보통주)로 나누어 측정하였다. 평균 발행주식수는 기초의 발행주식수와 기말의 발행주식수를 평균하여 구하였다. 그리고  $t$ 기의 주당 지분의 장부가치는  $t$ 기말 자산총계에서 부채총계를 차감한 기업의 순자산액을  $t$ 기 평균 발행주식수(보통주)로 나누어 측정하였다.

산출 변수인  $t$ 기의 주식가격은  $t$ 기말 이후 3월말 종가로 측정하였다. 산출변수의 측정시점을 이렇게 결정한 이유는 기업의 재무제표 정보는 결산일 이후 3월말까지 재무제표가 공시되고 최소한 이 시점에 이르러 재무제표 정보가 주가에 충분히 반영될 것으로 간주되기 때문이다. 이러한 모든 자료는 한국상장회사 협의회의 데이터베이스에서 추출하였다. 신경망의 경우 원활한 학습을 위해 모든 입력 값을 표준정규분포로 정규화하였다.

## 2. 표본선정 및 검증기간

본 연구의 분석에 포함된 자료는 학습(추정)기간과 검증(예측)기간 동안 주가자료와 재무자료를 구할 수 있는 관리종목을 제외한 상장 제조업 중에서 결산일이 12월 말인 기업들이다. 학습(추정)기간은 우리 나라 자본시장이 개방된 이후인 1991년부터 1995년까지였으며, 이 기간동안 계속적으로 상장된 기업의 기업-년 자료 500개 기업 2,344개가 모수의 추정 또는 학습을 위한 자료로 이용되었다. 학습(추정) 및 검증(예측)기간을 이렇게 정한 이유는 주식시장 개방이전 기간에 비해 개방 이후 기간에서 재무제표 정보에 의한 주가차별화가 상대적으로 심화되었다는 송인만과 박철우(1998)의 연구결과에 근거하여 보다 나은 예측모형을 추정하게 위해서이다. 그들은 주식시장 개방이후 특히 지분의 장부가치가 주가차별화에 큰 영향을 미쳤다고 주장하였다.

이렇게 학습(추정)된 결과를 토대로 409개 자료의 1997년도 3월말의 주시가격을 예측하여 실제주가와 예측주가의 차이로 예측정확성을 측정하였다.

## 3. 변수의 기초통계

추정(학습)기간(1991-1995)에 있어서 각 변수의 기초통계량과 변수간의 상관계수는 <표 5-1>과 <표 5-2>와 같다.

<표 5-1>에서 보는 바와 같이 추정기간 동안 주당 순이익의 평균은 약 1,127원, 주당 장부가치의 평균은 약 18,186원, 주가의 평균은 21,643원으로 나타났다. 한편 <표 5-2>에서 보는 바와 같이 추정기간 동안 주가와 주당 순이익간의 상관계수는 0.588, 주당 지분의 장부가치와는 0.613의 상관계수를 보이고 있으며, 주당 순이익과 주당 장부가치간에는 0.766의 높은 관련성을 가지고 있다. 상관관계 분석에 의하면 주가와 주당 지분의 장부가치간의 관련성이 주가와 주당 순이익간의 관련성보다 높게 나타나고 있다.

<표 5-1> 변수의 기초통계

변 수	평 균	중위수	표준편차	최소값	최대값
주당순이익	1126.71	748.57	3867.46	-47014.97	75709.57
주당장부가치	18186.38	13485.49	21734.58	-56164.64	490771.22
주식가격	21643.32	15700.00	30082.64	1580.00	724000.00

<표 5-2> 변수간의 상관계수

	주식가격	주당순이익	주당장부가치
주식가격	1.00	0.588	0.613
주당순이익	0.588	1.00	0.766
주당장부가치	0.613	0.766	1.00

#### 4. 추정 모형

제2장의 이론적 설명에 근거하여 선형회귀 모형을 학습기간 자료에 적용하여 다음과 같은 회귀식을 얻었다.

$$\hat{P}_t = 3848 + 1.925 \times EPS_t + 0.8593 \times bv_t \quad (9)$$

여기서  $\hat{P}_t$ 는  $t$ 기의 예측주가이며,  $EPS_t$ 는  $t$ 기의 주당순이익,  $bv_t$ 는  $t$ 기의 주당 지분의 장부가치이다. 이 회귀식에 검증기간의 주당 순이익과 주당 지분의 장부가치를 대입하여 검증기간의 주가를 예측하였다.

<표 5-3> 회귀모형 추정계수

	계수	표준편차	t	p 값	95% 신뢰구간
$EPS_t$	1.925	0.121	15.86	0.000	(1.687, 2.163)
$bv_t$	0.8593	0.0216	39.79	0.000	(0.817, 0.902)
constant	3848	504	7.64	0.000	(2860, 4835)

전체 p 값 = 0.0000;  $R^2=0.627$

한편 신경망은 4개의 모형을 사용하였다. 첫번째 모형은 2-5-2-1의 다층 퍼셉트론이다. 즉, 두개의 노드를 가진 입력층과 각각 5개, 2개의 노드를 가진 두개의 은닉층, 그리고 하나의 노드를 가진 출력층을 갖는 신경망이다. 인접층간의 연결은 모든 노드가 연결된 형태를 사용하였으며, 은닉층의 전이함수는 시그노이드 함수를 사용하였고, 출력층의 전이함수로는 선형함수를 사용하여 Levenberg-Marquardt 학습법으로 800회 학습하였다.

이와 유사한 형태로 입력층과 은닉층의 개수를 변화시키며 2 - 6번째의 모형을 구성하였다. 일곱 번째와 여덟 번째의 모형은 2-5-2-1, 2-7-7-1, 2-8-2-1의 세가지 다층

퍼셉트론 신경망(MLP)으로 구성된 결합신경망(신경망 앙상블)을 사용하였다. 즉, 결합 신경망에 의한 일반화 성능을 관찰하기 위해 위에서 언급한 여섯가지 모형 중에서 MAPE값이 가장 작은 세가지 신경망을 구성 신경망으로 하는 결합 신경망을 구성한 것이다. 각각의 구성 신경망은 동일한 학습 데이터로 학습하고 동일한 학습 알고리즘을 사용하지만 신경망의 구조가 다르다. 또한 학습 알고리즘은 동일하지만 신경망 학습 방식의 특성 때문에 학습 결과는 조금씩 달라진다. 결합 방식은 동일한 입력값에 대한 세 모형의 출력값들에 대하여 일곱 번째 모형은 중위값을, 여덟 번째 모형은 단순 평균을 취하였다.

## 5. 검증 결과

1991부터 1995년까지 주당 순이익과 주당 지분의 장부가치 자료를 이용하여 선형 회귀모형과 4개의 신경망 모형으로 추정(학습)한 결과를 가지고 1996년도의 입력자료로 1997년의 주가를 예측하여 예측 주가와 실제 주가간의 차이를 다음과 같은 식으로 표시되는 RMSE(root mean squared error)와 MAPE(mean absolute percentage error)로 측정하였다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_n^N (x_n - x_n^*)^2}, \quad MAPE = \frac{1}{N} \sum_n^N \left| \frac{x_n - x_n^*}{x_n^*} \right|$$

여기서  $x_n$ 은 예측된 주식가격이며  $x_n^*$ 는 실제 주식가격이다. <표 5-4>는 그 결과를 요약하고 있다.

<표 5-4> 예측의 정확성 비교

구분	RMSE	MAPE
회귀모형	19,138	0.952
신경망모형 1 (2-5-2-1)	16,136	0.816
신경망모형 2 (2-7-4-1)	16,660	0.850
신경망모형 3 (2-7-7-1)	16,609	0.770
신경망모형 4 (2-8-2-1)	16,585	0.795
신경망모형 5 (2-10-5-1)	16,664	0.815
신경망모형 6 (2-15-4-1)	17,088	0.832
결합모형 (NN Ensemble) 중위수	17,664	0.808
결합모형 (NN Ensemble) 단순평균	19,973	0.842



예측 정확성을 상대오차 측도인 MAPE로 측정했을 경우, 모든 신경망모형이 선형 회귀모형보다 우수한 예측 성능을 보이는 것으로 분석되었다. 회귀모형의 MAPE가 0.952임에 반해, 가장 우수한 성능을 보이는 결합 신경망모형의 MAPE는 0.770으로 나타나 신경망 모형이 다소 우수한 예측 성과를 보이는 것으로 나타났다. 즉, 선형회귀모형이 실제 주가와 95%정도의 오차를 갖는 예측치를 보이는 반면, 신경망모형은 77%정도의 오차를 갖는 예측치를 보이고 있다. 이러한 결과로부터 주가와 설명변수간의 관계가 비선형적 구조로 연결되는 신경망모형이 주가를 조금 더 잘 설명하는 것으로 이해할 수 있다.

한편 예측 정확성을 절대오차 측도의 일종인 RMSE로 측정할 경우, 신경망모형이 선형 회귀모형보다 우수한 성과를 보이고 있다. 일반적으로 신경망은 학습 과정이 안정적이지 못하며, 과잉학습이 일어날 가능성이 존재한다. 이러한 한계를 극복할 수 있는 방법의 하나로 널리 쓰이는 것이 결합 신경망이다. 결합 신경망은 단일 신경망이 갖는 모형상의 위험을 분산, 감소시킬 수 있으며 높은 일반화 성능을 얻을 수 있는 것으로 인식되고 있다. 그러나 본 연구에서는 결합 신경망 모형은 단일 신경망 모형에 비해 뛰어난 성능을 보이지 못했다.

## VI . 결 론

자본시장에서는 투자자들마다 접근하는 정보가 다르므로 각기 상이한 예측 변수들을 토대로 상이한 예측치를 만들어낸다. 이렇게 볼 때 개별 투자자들의 다양한 정보집합을 결합하여 단일의 뛰어난 정보집합을 만들어내는 것은 쉬운 일이 아니다. 그러나 이용가능한 예측 변수들을 어떤 방식으로 결합하는 것이 예측오차의 분산을 최소화할 수 있는지는 해결할 수 있는 과제이다. 본 연구는 이러한 맥락에서 주가를 예측하는 방법으로 선형 회귀모형을 이용하는 경우와 비선형 신경망모형을 이용하는 경우를 비교하여, 어떤 모형이 보다 우수한 예측성과를 보이는지를 실증분석 하였다.

주로 거시경제변수나 시장관련변수를 입력변수로 사용한 기존의 연구와는 달리 본 연구는 기본분석에 근거하여 대차대조표의 최종 요약치인 주당 지분의 장부가치와 주당 순이익을 주가에 대한 설명변수로 고려하였다.

Burgstahler와 Dichev(1997)는 기업의 보유자원을 잘 활용하여 높은 이익을 창출하는 경우 기대이익이 주가를 결정하는 주된 요소가 되며, 그렇지 않은 경우에는 기업이 현재의 보유자원을 보다 우수한 다른 용도로 전용할 수 있는 권리가 있고, 이러한 경우

는 지분의 장부가치가 주가를 결정하는 중요한 요소가 된다고 했다. 따라서 주가는 이들 변수들과 블록함수로 표현되는 비선형적 관계임을 증명하였다. 이러한 관점에서 보면 비선형 신경망 모형이 선형 회귀모형에 비해 더 우수한 예측결과를 보일 수 있을 것이다.

1991년부터 1995년까지 상장 제조업체들의 재무제표 및 주가자료를 이용하여 추정(학습)된 결과를 토대로 1997년도의 주가를 예측하여, 예측 주가와 실제 주가의 차이를 비교하여 두 모형의 성능을 비교해 본 결과 다음과 같다.

첫째, 신경망 모형이 선형 회귀모형에 비해 대체로 우수한 성과를 보이는 것으로 나타났다. 특히 예측오차를 MAPE로 측정했을 때는 사용된 모든 신경망 모형이 회귀모형에 비해 더 우수한 성과를 보였다.

둘째, 일반적으로 결합신경만이 단일신경망이 갖는 모형상의 위험을 분산, 감소 시키는 것으로 알려져 있으나 이 자료에서는 단일신경망에 비해 특별히 뛰어난 성능을 보여주지는 않았다.

본 연구의 결과는 재무제표 변수를 이용한 주가예측연구에서 선형 회귀모형에 비해 비선형 신경망 모형이 더 나은 예측모형이 될 수 있음을 시사한다. 그러나 본 연구는 재무제표를 통해 직접 기업의 내재가치를 추론하고자 하는 Ohlson(1995)의 연구 모형을 응용하고 있으나, Ohlson 모형에 포함된 주가의 결정요소를 충분히 고려하지 못한 한계가 있다.

## 참 고 문 헌

- 구형건, 오갑수, 현대 투자이론과 실무, 박영사(1998).
- 김관문, 조광재, “인공신경망기법을 이용한 주가지수의 방향예측”, 대우경제 연구소, 조사월보(1994.11), pp.28-36.
- 박종협, 한인규, “인공신경망을 이용한 한국종합주가지수 예측”, 한국전문가 시스템학회 95 추계학술대회(1995), pp.359-371.
- 송인만, 박철우, “주식시장 개방과 주가행태 : 회계정보의 역할”, 경영학연구 제27권 제1호(1998), pp.63-91.
- 전용관, 윤영섭, “인공신경망모형을 이용한 주가의 예측가능성에 관한 연구”, 재무관리연구15(1998.12), pp.369-399.
- Ball, R. and P. Brown, “An empirical evaluation of accounting numbers,” *Journal of Accounting Research* 6(1968), pp.159-178.
- Barth, M., “Relative measurement errors among alternative pension asset and liability measures,” *The Accounting Review*(1991, July), pp.433-463.
- \_\_\_\_\_, and W. Landsman, “Fundamental issues related to using fair value accounting for financial reporting,” *Accounting Horizons*(1995, December), pp.97- 107.
- Bauman, M., “A review of fundamental analysis research in accounting,” *Journal of Accounting Literature*(1996), pp.1-33.
- Beaver, W., and J. Demski, “The nature of income measurement,” *The Accounting Review* (1979, January), pp.38-46.
- Bergerson, K. and D.C. Wunsch II, “A commodity trading model based on a neural network-expert systems hybrid,” Proceedings of the IEE International Conference on Neural Networks, Seattle, Washington, 1991, pp.1280-1293
- Burgstahler, D., and I. Dichev, “Earnings, adaptation and equity value,” *The Accounting Review* 72(1997), pp.187-215.
- DeAngelo, L., “Equity valuation and corporate control,” *The Accounting Review* 65(1990), pp.93-112.
- Freeman, R., and S. Tse, “A non-linear model of security price responses to unexpected earnings,” *Journal of Accounting Research* 30(1992), pp.185-209.
- Geman, G, E.Bienenstock, and Ro. Doursat. “Neural networks and the bias/variance

- dilemma," *International Journal of Forecasting* 5(1992), pp.552-583.
- Hill, T., L. Marquez, M. O'Conner, and W. Remus, "Artificial neural network models for forecasting and decision making," *International Journal of Forecasting* 10(1994), pp.5-15.
- Kimoto, T. and K. Asakawa, "Stock market prediction system with modular neural networks," Proceedings of the IJCNN, San Diego, California, 1990, pp.1-6.
- Landsman, W., "An empirical investigation of pension fund property rights," *The Accounting Review*(1986,October) pp.44-68.
- Miller, M., and F. Modigliani, "Dividend policy, growth and the valuation shares," *Journal of Business*(1961, October), pp.411-433.
- Miller, M., "Is American corporate governance fatally flawed?," *Journal of Applied Corporate Finance* 6(1994), pp.44-68.
- Ohlson, J., "A synthesis of security valuation and the role of dividends, cash flows and earnings," *Contemporary Accounting Research*(1990, Spring), pp.648-676.
- \_\_\_\_\_, "Earnings, book values, and dividends in equity valuation," *Contemporary Accounting Research*(1995, Spring), pp.661-687.
- Shevlin, T., "The valuation of R&D firms with R&D limited partnerships," *The Accounting Review*(1991, January), pp.1-12.
- Yoon, Y. and G. Swales, "Predicting stock price performance : a neural network approach," Proceedings of the IEEE 24th Annual International Conference of Systems Sciences(1991, January), pp.158-182.
- White, H., "Some asymptotic results for learning single hidden layer feed- forward networks can learn arbitrary mappings," *Neural network* 3(1990), pp.535-549.