

ANP와 DEA 결합모델을 이용한 건설회사의 경영효율성 분석

서광규*, 김명선**, 박연우*

*상명대학교 경영공학과

kwangkyu@smu.ac.kr, okky2000@hanmail.net, ssspopo@naver.com

Management Efficiency Analysis of Construction Firms Using a Combined ANP and DEA Model

Kwang-Kyu Seo*, Myung-Sun Kim**, Yeon-Woo Park*

*Department of Management Engineering, Sangmyung University

요 약

최근 건설경기의 난국 속에서 많은 건설기업들이 경영상의 어려움에 처해 있다. 본 연구에서는 코스피·코스닥 상장 건설기업들을 대상으로 ANP와 DEA 결합 모델을 이용하여 기업의 경영 효율성 분석을 실시한다. DEA 모형에 쓰이는 투입 및 산출 요소의 결정은 ANP 모형의 중요도 분석을 통하여 결정함으로써 기존의 방법보다 효율성 분석 결과의 신뢰도를 제고하였는데, 효율성 분석결과 비효율적 그룹에 대해서는 효율적 그룹으로의 이동을 위한 벤치마킹 대상과 개선을 위한 효율성 수치를 제공한다. 또한 연구의 결과로 나온 기업별 효율성과 주가와의 상관관계를 분석한다. 본 연구에서는 코스피 상장 건설기업 36곳과 코스닥에 상장된 건설기업 21곳인 총57개 기업을 대상으로 기업의 효율성을 평가하였는데, 효율성 분석결과 CCR 효율성이 1인 기업은 4개 기업, BCC 효율성이 1인 기업은 7개 기업, 규모의 효율성이 1인 기업은 4개 기업 이었으며 각각의 효율적 그룹인 기업과 주가와의 상관관계는 CCR, BCC 모형 모두에서 0.7 이상의 강한 양의 상관관계를 나타냈다.

1. 서론

국내 건설업은 1958년 건설업법이 제정된 이후 60년대 경제개발 계획과 70년대의 중동지역 건설 붐을 계기로 급속히 성장해 왔다. 하지만, 최근 금융위기와 미분양 주택의 증가 등으로 기업들은 경영상의 어려움을 겪고 있으며 대한건설협회에 의하면 2010년에만 종합건설사 306개사가 문을 닫은 것으로 나타났다. 근래에 들어 이와 같은 건설 경기의 침체 속에서 살아남기 위해서는 기업의 효율적인 운영과 경쟁력 강화를 위한 정확한 효율성 분석이 필요하다. 이에 본 연구에서는 국내 상장 건설기업을 대상으로 효율성 평가를 실시하고자 한다.

본 연구의 목적은 현재 효율성 평가에 널리 사용되는 DEA의 다양한 모형을 국내 상장 건설기업에 적용하는 것으로 기존의 DEA 모형 적용연구와는 달리, 본 연구에서는 DEA를 도입하는데 있어서 가장 중요한 요소인 투입 및 산출변수의 선정에 대해 ANP 기법을 통해 전문가의 의견을 반영한 투입 및 산출변수를 추출하기로 한다. 투입 및 산출변수의 선정이 중요한 이유는 투입 및 산출요소의 수가 증가하게 되면 효율적으로 평가되는 의사결정단위의 수가 증가함으로써 비효율적인 의사결정단위들의 판별이 어렵고 투입 및 산출변수의 선택에 따라 도출되는 효율성 점수가 크게 달라질 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서 적용하고자 하는 ANP와 DEA 결합 모델은 DEA 모형을 통한 효율성 분석 결과에 신뢰도를 제고할 것으로 기대된다.

2. ANP 모형

2.1 ANP 이론

ANP는 요인들 간 상호 종속관계와 피드백을 포함하는 의사결정모델로 AHP를 확장한 모델이다. AHP는 요인들의 단일 방향 계층관계를 이용하여 의사결정을 모뎀링하지만 ANP는 의사결정 수준들과 요인들 간의 복잡한 상호관계를 이용한 의사결정 모형이다[1].

2.2 ANP 적용절차

첫째, 문제를 목표, 군집, 그리고 요인들로 세분화한 후 상호 의존성과 피드백을 포함하는 네트워크 모형을 구축한다. 둘째, 군집들과 요인들 간의 쌍대 비교행렬(pairwise comparison matrix)들로부터 각 요인들의 상대적 중요도를 결정한다. 셋째, 상호 의존성에 대한 쌍대 비교행렬들로부터 각 요인들의 상대적 중요도를 결정한다. 넷째, 위에서 구한 상대적 중요도들을 하부 행렬로 하는 초행렬을 구축한다. 다섯째, 초행렬이 Column Stochastic이 되도록 조정된 후 각 요인들의 가중치가 수렴하여 안정을 유지할 때까지 무한 멱승(Power)을 수행한다. 여섯째, 각 요인들에 대한 가중치를 도출한 후 결론을 내린다[2].

3. DEA 모형

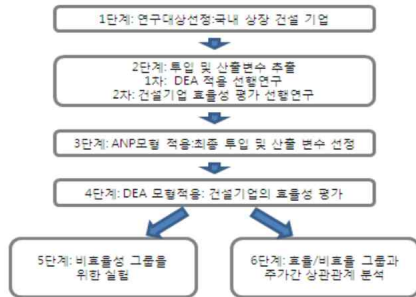
1978년 Charnes, Cooper & Rhodes에 의해 제안되어 복수투입과 복수산출에 관한 비효율성모형으로 의사결정 대안에 대한 효율성 정도를 파악하는데 매우 유용하다. 이 기법은 투입요소와

산출요소를 사용하여 동일하거나 매우 유사한 기능을 수행하는 의사결정단위(DMU) 또는 조직단위의 상대적 효율성을 측정하고 평가하는데 사용 할 수 있는 방법론이다[3]. DEA는 CCR 모형, BCC 모형, 승수모형, 부가적 모형으로 구분되는데, CCR 모형[4]은 보수불변(constant returns to scale)이라는 다수의 산출물을 단일 척도로 전환하는 기법의 선형분수계획모형을 가정으로 한다. 그러나 규모의 효율성과 순수한 기술적 효율성을 구분하지 못하는 단점을 보완하고자 BCC 모형[5]의 보수 가변(variable returns to scale)을 가정한 순수한 기술적 효율성을 추가로 이용한다.

4. 국내 상장 건설기업의 효율성 분석

4.1 연구모형

본 연구는 전술한 바와 같이 ANP와 DEA 결합모형을 이용하여 국내 상장 건설기업의 효율성을 분석하는 것이다. 이를 위한 연구절차 [그림 1]과 같은데 이를 간략하게 설명하면 다음과 같다.



[그림 1] 연구모형 적용 절차

먼저, 연구 대상에 대한 기준을 세우고 산업군을 선정한다. 그리고 DEA 적용 모델의 선행연구와 본 논문과 관련된 건설기업 선행 연구를 통하여 투입 및 산출요소를 추출하는 1차, 2차 단계를 거친다. 이를 통하여 추출된 투입 및 산출요소는 ANP 모형을 이용하여 최종 투입 및 산출 변수를 결정한다. ANP 모형의 적용 방법은 설문에 응답한 전문가의 의견에 따라 일정한 가중치 이상의 점수를 받은 요인들이 투입 및 산출 변수로 선정되며 DEA 효율성 평가에 사용하게 된다.

분석에 필요한 데이터는 '이데일리 MARKET POINT'를 통해 수집하였고, ANP 모형의 분석은 'Expert Choice 11.5'를, DEA 모델의 분석 도구는 'Frontier Analysis 4'를 사용하였다.

4.2 연구대상 선정

본 연구의 대상은 한국거래소(KRX)에서 선정한 주 업종을 '건설'로 하는 KOSPI와 KOSDAQ 상장 건설기업으로 2009년도 말 기준이다. 연구 대상은 KOSPI 상장기업 36개사와 KOSDAQ 상장기업 21개사로 총 57개의 건설기업이다.

4.3 ANP 모형 분석

첫 번째 단계는 요인들 간 쌍대 비교행렬들로부터 각 요인들의 상대적 중요도를 결정한다. 이 단계는 의사결정자들의 선호도를 도출하는 표준화된 AHP 프로세스를 사용함으로써 수행된다. [표 1]은 요인들의 쌍대 비교와 목적에 대한 상대적 중요성을 나타내고 있다. 행렬 안에 있는 각 원소는 통제요인에 대해서 행 원소에 대한 열원소의 상대적 중요성을 나타낸다. 이렇게 나온 가중치들은 다른 요인에 대한 상대적 영향을 고려하지 않았다. 다음 단계는 이런 관계를 평가할 것이다.

두 번째 단계는 상호 의존성에 대한 쌍대 비교 행렬들로부터 각 요인들의 상대적 중요도를 결정하는 것이다. 이 단계에서 각 요인은 쌍대 비교행렬을 위한 통제요인이 된다. 상장건설주를 평가하는 경우 요인들 각각에 대해 하나의 쌍대 비교행렬이 만들어져 총 11개의 쌍대 비교행렬이 구해진다.

[표 1] 목적에 대한 각 요인들의 쌍대비교행렬

목적	총자산	관련비	종업원 수	총부채	고정자산	자본금	인건비	가중치
총자산	1	3	5	7	7	9	9	0.429
관련비	1/3	1	3	5	5	7	9	0.246
종업원 수	1/5	1/3	1	3	5	5	7	0.147
총부채	1/7	1/5	1/3	1	1	3	5	0.064
고정자산	1/7	1/5	1/5	1	1	3	5	0.061
자본금	1/9	1/7	1/5	1/3	1/3	1	3	0.033
인건비	1/9	1/9	1/7	1/5	1/5	1/3	1	0.02

[표 2] 매출액에 대한 각 요인의 상대적 중요성 가중치

	당기순이익	영업이익	법인세 차감 전 순이익	영업외 수익	가중치
당기순이익	1	1/2	1/2	2	0.193
영업이익	2	1	3	3	0.452
법인세 차감 전 순이익	2	1/3	1	1	0.212
영업외수익	1/2	1/3	1	1	0.143

[표 2]는 매출액 요인에 대한 쌍대 비교행렬의 예를 보여주고 있다. 이표로부터 영업이익이 매출액요인에 대해서 가장 영향력이 있음을 알 수 있다.

ANP의 네 번째 단계는 위에서 구한 상대적 중요도들을 하부행렬로 하는 초 행렬을 구축하는 것이다. 네트워크 모델을 고려하고 있는 각 요인과 그 하부요인들은 초 행렬을 구성한다. 이 상장 건설주 효율성평가에서는 하부요인이 포함되지 않은 요인들만으로 이루어진다. 초 행렬을 구성하는 값들은 ANP단계의 첫 번째와 두 번째에서 구한 상대적 중요도 벡터들이다. [표 3]는 네트워크 계층을 위하여 만들어진 초기 초 행렬을 보여주고 있다.

[표 3] 투입요소의 초기 초행렬

목적	목적	총자산	관련비	종업원수	총부채	고정자산	자본금	인건비
총자산	0	0	0	0	0	0	0	0
관련비	0.429	0	0.112	0.266	0.108	0.237	0.109	0.331
종업원수	0.246	0.338	0	0.266	0.232	0.105	0.334	0.242
총부채	0.147	0.229	0.104	0	0.108	0.211	0.178	0.156
고정자산	0.064	0.141	0.238	0.156	0	0.124	0.185	0.119
자본금	0.061	0.141	0.11	0.156	0.078	0	0.109	0.096
인건비	0.033	0.088	0.131	0.091	0.157	0.205	0	0.059
	0.02	0.063	0.251	0.064	0.317	0.119	0.093	0

ANP 프로세스의 마지막 단계로 초 행렬의 가중치들이 수렴하여 안정을 유지할 때까지 무한 역승을 수행한 후 요인들의 최종 상대적 가중치를 결정한다. 이것은 초 행렬의 열들의 합이 1이 되면 이 단계는 완료된다. [표 4]는 수렴한 초 행렬을 보여주고 있다.

[표 4] 투입요소 초 행렬 수렴 값

목적	목적	총자산	판관비	종업원 수	총부채	고정자산	자본금	인건비
0	0	0	0	0	0	0	0	0
총자산	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
판관비	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
종업원 수	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
총부채	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
고정자산	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
자본금	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
인건비	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14

ANP 모형의 분석결과 투입변수는 총자산, 판관비, 총부채, 종업원 수, 인건비, 자본금, 고정자산등의 순으로 가중치가 정해졌으며, 산출변수는 영업이익, 매출액, 당기순이익 순이었다.

본 논문에서는 임의로 가중치 백분율 0.75 이상의 요인들을 기준으로 최종 투입 및 산출 요소로 선정 하였다. 따라서 최종적으로 DEA 효율성 분석 모형에 쓰이는 투입변수는 총자산, 판관비와 판관비, 총부채로 3가지 변수이며 산출변수는 매출액, 영업이익으로 2가지 변수가 선정 되었다.

4.4 자료수집

본 연구를 위한 자료는 '이데일리 MARKETPOINT'를 통해 수집하였다. 2009년 말을 기준으로 코스피·코스닥의 상장된 건설 기업 57개의 자료를 수집하였는데, 수집된 총자산, 판관비, 총부채, 매출액, 영업이익에 대한 기술 통계량은 [표 5]와 같다.

[표 5] 투입 및 산출변수의 기술통계

구분		최대값	최소값	평균	표준편차
투입 요소	총자산	89462.60	333.20	14286.05	22626.78
	판관비	3870.20	12.40	653.17	902.88
	총부채	75456.70	79.20	9711.19	16017.32
산출 요소	영업이익	5679.30	-824.90	508.81	1107.18

DEA 모형을 사용하여 효율성을 측정하기 위한 제약 조건 중 하나는 투입 및 산출요소의 값이 0보다 큰 양수 값이어야 하는 비음조건이 있다. 투입요소나 산출요소에 양수가 아닌 음수인 경우 음수를 양수로 처리하기 위한 여러 가지 방법이 있지만, 본 논문에서는 절대상수 가산법을 쓰기로 한다. 이 방법은 자료포락분석 모형에서 음수 문제를 해결하기 위해 절대 상수를 더하는 것이다. 특정한 투입요소나 산출요소의 값이 음수인 경우, 양수가 되도록 값을 더하는 것으로 효율변경을 변화시키지 않도록 자료 집합에 포함된 의사결정단위들의 동일한 투입요소 값이나 산출요소 값을 이와 동일하게 조정해 주어야 한다[3]. 따라서 당기순이익

중 가장 큰 음수에 +1을 한 절대값을 모든 당기 순이익에 더함으로써 최소값이 값이 1이 되도록 하여 비음조건 제약식을 성립시켰다.

4.5 DEA를 이용한 효율성 분석

DEA 모형을 이용한 효율성은 CCR, BCC, 규모의 수익으로 분석하며 분석 도구는 'Frontier Analysis 4'를 이용하였다.

그 결과 BCC 모형에서 효율적으로 설정된 기업은 총 7개로 코스피 상장 2개 기업과 코스닥 상장 7기업이며, CCR 모형에서는 코스닥 상장 4개 기업이 효율적 기업으로 선정되었다.

BCC와 CCR 문 효율적으로 선정된 규모의 효율성이 1인 기업은 성도 이엔지, 창해 에너지링, 승화 엘엠씨, 삼일기업공사로 전체 4개 기업이 선정 되었다.

[표 6] 국내 상장 건설기업의 효율성

No.	기업명	CCR	BCC	BC
1	경남기업	0.09	0.77	0.12
2	계룡건설	0.06	0.22	0.28
3	고려개발	0.04	0.04	0.97
4	금호산업	0.01	0.01	0.97
5	금피에스시	0.81	1.00	0.81
6	남광토건	0.07	0.26	0.26
7	대림산업	0.04	0.88	0.05
8	대우건설	0.02	0.36	0.07
9	동부건설	0.04	0.26	0.17
10	동신건설	0.62	0.64	0.97
11	동아지빌	0.41	0.71	0.57
12	동양건설	0.10	0.49	0.21
13	동원개발	0.34	0.35	0.97
14	두산건설	0.04	0.27	0.14
15	트네코	0.60	0.61	0.96
16	범방건설	0.22	0.24	0.94
17	복산건설	0.04	0.08	0.44
18	삼부토건	0.06	0.08	0.73
19	삼일기업공사	1.00	1.00	1
20	삼호	0.09	0.35	0.25
21	삼호개발	0.39	0.56	0.70
22	삼환기업	0.06	0.13	0.47
23	삼한캐피탈	0.19	0.22	0.89
24	서한	0.43	0.44	0.97
25	서피건설	0.08	0.21	0.38
26	성도이엔지	1.00	1.00	1
27	섬지건설	0.00	0.08	0.001
28	세보엔지니어링	0.55	0.57	0.97
29	승차엔지니어링	1.00	1.00	1
30	신세계건설	0.13	0.35	0.38
31	신원종합개발	0.12	0.19	0.62
32	신일건설	0.15	0.21	0.73
33	신한	0.36	0.71	0.50
34	쌍용건설	0.05	0.23	0.21
35	홀트건설	0.15	0.27	0.54
36	유신	0.32	0.79	0.41
37	이테크건설	0.14	0.23	0.61
38	이파건설	0.71	0.72	0.99
39	일일건설	0.25	0.27	0.95
40	중앙건설	0.09	0.28	0.33
41	진동기업	0.02	0.04	0.49
42	창해에너지머빌	1.00	1.00	1
43	코모빌건설	0.04	0.18	0.22
44	태원건설	0.06	0.34	0.16
45	택수건설	0.43	0.43	0.99
46	풍림산업	0.06	0.14	0.46
47	한라건설	0.08	0.61	0.13
48	한신건설	0.07	0.21	0.34
49	한양이엔지	0.26	0.35	0.75
50	한일건설	0.09	0.22	0.40
51	한진엔지니어링	0.16	1.00	0.16
52	현대건설	0.05	0.90	0.05
53	현대산업	0.03	0.32	0.09
54	파원산업	0.04	0.12	0.32
55	PAR건설	0.05	1.00	0.05
56	SK건설	0.11	0.58	0.18
57	KT서브마린	0.72	0.81	0.89

금호피에스시스템, 한전KPS, GS건설은 BCC 모형의 효율성이 1이지만 규모의 효율성은 각각 0.81, 0.16, 0.05로 규모의 효과를 고려한 상태에서는 효율적으로 운영되고 있는 것처럼 보이지만 규모의 효과가 일정한 상태에서는 비효율성이 나타나는 것으로 보아 규모로 인해 불리한 상황이라고 해석할 수 있다.

한편 동원개발, 고려 개발, 동신건설은 CCR모형에서 0.34, 0.04, 0.62이고 BCC모형에서 0.35, 0.04, 0.64로 효율성 점수가 낮게 나타났지만 규모 효율성에 있어서 모두 0.9로 1에 가까운 효율성 점수를 나타내며 이는 내부적으로 비효율적인 운영을 하고 있지만 규모면에서는 다소 유리한 상황에 있는 것으로 해석할 수 있다.

5. 주가와외의 상관관계

본 연구에서는 2009년 경영 효율성을 통해 좋게 평가된 대상을 2010년에 투자한다고 가정했을 때, 상장기업의 효율/비효율 그룹과 주가와외의 상관관계를 비교하고자 한다. 본 논문의 연구 대상이 국내 KOSPI와 KOSDAQ에 상장한 건설기업을 대상으로 한만큼 건설기업의 효율성과 주가와외의 상관관계를 분석하고자 하였는데, 2010년 주가의 단순수익률과 본 연구의 결과로 나온 효율성 값과의 상관관계를 분석하였다. 데이터 수집은 '이데일리 MARKET POINT'를 활용하였으며, 분석은 'Matlab 2010A'를 이용하였다.

CCR, BCC, 규모의 효율성에서 각각 효율성이 1인 그룹과 비효율 그룹에서 하위 순위를 뽑아 상관관계 분석을 하였는데, CCR과 규모의 효율성에서는 상위, 하위 각각 4개 기업, BCC모형에서는 상위, 하위 각각 7개 기업을 선택하여 분석하였다.

분석 결과 주가와 CCR, BCC 모형의 효율성에서 0.7 이상의 강한 양의 상관관계가 나타났다. 이는 2010년 한 해 동안 CCR, BCC 모형에서 효율성이 높은 기업들의 주가도 함께 성장했다는 것을 의미한다. 반면 규모의 효율성과 주가와외의 상관관계는 0.3정도로 상관관계가 높지 않다고 할 수 있다.

[표 8] 건설기업의 효율성과 주가간의 상관관계

구분	상관관계
CCR	0.745
BCC	0.78
SE	0.26

6. 결론

본 연구에서는 ANP와 DEA 결합 모형을 이용하여 국내 상장 건설기업을 대상으로 기업의 효율성 평가와 연구의 결과로 나온 효율성과 주가간의 상관관계를 분석하였다. DEA 분석에 쓰이는 투입 및 산출변수를 선정하기 위해 ANP 모형을 이용하여 변수 선정함으로써 신뢰도를 더하였는데, ANP 모형을 적용한 결과 최종

투입요소로는 총자산, 판관비, 총부채가 선정되었으며, 최종 산출 요소로는 영업이익이 선정되었다. DEA 분석은 CCR 모형과 BCC 모형 그리고 규모의 효율을 분석하였다. BCC 모형에서 효율성이 1로 선정된 기업은 총7개 기업이었으며, 그 중 4개 기업은 CCR 모형과 규모의 효율성에서도 효율적 기업으로 선정되었다. 특히, 비효율 그룹으로 나타난 집단에 대해서는 각 투입 및 산출 변수별 투자값과 개선율을 제공함으로써 비효율적인 기업이 효율적인 기업이 되기 위한 목표 값을 제공하였다.

효율성 분석 결과를 바탕으로 기업의 효율성과 주가의 상관관계 분석에서는 BCC, CCR 모형 효율성과 주가간의 상관관계에서 0.7로 강한 양의 상관관계가 나타났다.

본 연구는 최근 효율성 분석에 널리 사용되는 DEA 기법에서 기존의 연구들이 한계점으로 꼽고 있는 투입 및 산출변수의 선정에 대한 객관성 및 신뢰성의 문제를 전문가 집단의 도움을 받은 ANP 기법을 이용해 해결하였는데, 본 연구에서 제시한 결합모델은 기존의 DEA 모형을 적용하여 효율성을 평가한 선행연구들과의 차별점이 될 수 있으며, 본 연구에서 다른 건설기업 뿐만 아니라 다른 다양한 산업 분야에서도 제한한 모델이 도입되어 사용되어 질 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 이용복, 서현수, 윤덕균, "ANP를 이용한 고객 지향적 마케팅 의사결정 모델 설계", 품질경영학회지, 제33권 제2호, pp. 32-39, 2005.
- [2] 김만경, 정현영, 이상용, "ANP기법을 이용한 교통시설 건설사업의 편익항목 선정에 관한 연구", 대한토목학회논문집 D, 제26권 제1호, pp. 41-47, 2006.
- [3] 장명희, "DEA를 이용한 국내 화물자동차 운송업의 상대적 효율성분석", 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제12호, pp. 328-341, 2010.
- [4] R. D. Banker, A. Charnes, and W. W. Cooper, "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," Management Sciences, Vol.30, No. 9, pp.1078-1092, 1984.
- [5] A. Charnes, W. W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," European Journal of Operational Research, Vol.2, No. 6, pp.429-444, 1978.