

하 지 훈[†]

한국원자력연구원

Statistical Analysis of Ethical Conduct Model in Scientists and Engineers

Ji-Hoon Ha[†]

Korea Atomic Energy Research Institute

This study is designed to prove the role and effect of ethics codes in professional societies, especially for scientists and engineers working in R&D project groups. The hypotheses of influence on ethical conduct within the sample groups are tested and analyzed by statistical methods. Results show that the age of researchers and the integrity factor among the ethical conduct factors have significant influence on ethical conduct of research groups. The regression model of the ethical conduct factors also indicates a meaningful reference in an application or development of new ethics code in research organizations.

Keywords : Ethics Code, Ethical Conduct Model, Science and Engineering Ethics

1. 서 론

과학기술계와 정책당국, 교육기관 심지어 산업 및 서비스업계 이르기 까지 윤리적 규범의 실천이 최근 하나의 이슈로 부각되고 있다. 특히 전문가집단에서 규범적 행위가 강조되고 있는데, 이는 조직 고유의 윤리지침 또는 교육적 조례를 통하거나 더욱 포괄적인 규제기관에 의해 채택된 지침을 통해 이루어지고 있다.

우리나라는 줄기세포논문조작 사건을 계기로 과학기술계와 정부부처는 「연구윤리 확보를 위한 지침」을 확정하고 2007년도에 과학기술부 훈령으로 공포하였다. 각국 정부기관 또는 학계에서도 연구윤리에 대한 가이드라인을 제시하고 있다. 독일은 1997년 독일연구재단이 중심이 되어 「훌륭한 학문연구를 위한 권고안」을 마련하여 운영하고 있다. 영국의 경우 1998년에 과학기술청

과 8개 연구회가 공동으로 「Safeguarding good scientific practice」를 제시하였다. 미국 연방정부에서도 2000년도에 「Federal Policy on Research Misconduct」를 제정하였고, 일본학술회의에서는 2006년도에 과학자의 행동규범을 발표하였다[4].

서구 선진국에서는 20세기 중반부터 과학기술의 발전에 수반되는 윤리적인 문제점에 대한 대처방안을 모색하는 연구가 진행되었다. Merton[10]은 과학 공동체 내부에서 지켜야할 규범을 제안하였고, Resnik[11]은 그의 저서 The Ethics of Science에서 <표 1>과 같이 과학윤리의 12원칙을 제시하였다. 본 원칙은 현재까지 연구윤리의 기본실천지침이 되어 모든 내용을 포괄하므로 이 논문에서 증명하게 될 실증 모형의 기본 틀로 삼았다.

최근 조사에서는 Martin, M. W. and R. Schinzinger[9]은 윤리강령이 담당할 역할에 대한 연구를 수행하였고,

MacDonald[8]는 윤리강령을 작성할 때 고려해야 할 사항을 제시하였다.

M. Bullock and S. Panicker[7]의 연구에서는 조직에 적용되는 연구윤리지침은 대상 활동의 범위와 실험대상의 성격, 적용도의 깊이, 적용강령의 목적, 규제성의 정도에 따라 윤리지침이 다양하게 제정되고 있음을 보였다. 그리고, 3가지 중요한 문제를 첫째, 조직원의 윤리강령을 어떻게 교육하고 규제하는 것에 관한 균형, 둘째, 윤리적 행위를 규제하고 위반에 대한 제재의 주체가 누구여야 하는가, 셋째, 학제간의 연구와 국제적 제휴 환경에서의 연구윤리실천과 진실성 보호에 관한- 제기하였다.

국내학계에서도 2000년 이후 연구 환경에서의 표절 등의 부정이 빈번하게 제기되면서 과학윤리에 대한 연구가 본격적으로 진행되었다. 김명진[1]은 한국의 과학윤리의 향후 과제로 과학단체들에서는 소속회원들이 윤리적으로 행동하도록 강제하는 윤리강령을 자체적으로 제정하고, 이에 따른 상벌 수여나 징점 사안의 평가를 위해 윤리위원회를 상설적으로 운영해야 한다고 주장했다. 또한 과학연구 일반에 함의를 가질 수 있는 과학연구의 기만행위, 저자 표시 및 공로의 배분, 실험실 내의 부당한 처우문제 등에 대해서 주목해야 함을 강조했다.

과학연구윤리연구에 과학기술사, 과학기술사회학, 과학기술정책학 등을 포함하는 과학기술학(Science and technology studies, STS)에 관한 접근법을 통해서 과학연구윤리가 당면한 문제를 재검토하는 연구도 진행되었다. 김현승[2]은 거대한 전문가 집단을 형성하고 연구대상을 계속 넓혀나가는 현대 과학기술에서 과학연구윤리는 과학의 규범과 실천의 영역에서 해야 할 목표와 방향을 잃게 된다고 하였다. 과학기술학은 과학의 안정성 논의를 위해 과학의 내적인 영역과 과학의 외적인 영역을 구분해 주었고 이 두 영역 사이의 관계 속에서 과학연구윤리가 나아가야 할 목표와 방향을 제시해준다고 했다. 즉, 내적인 영역에서 과학연구의 진실성을 확보하기 위해 윤리적 기준을 마련해야 하며, 과학 외적인 영역에서 투명성과 합리성을 추구하기 위해 윤리의식을 함양하기 위한 역할을 수행해야 함을 주장했다. 송성수[3]의 연구는 과학기술학의 문헌연구를 바탕으로 과학기술자의 사회적 책임에 관한 기존의 논의를 보완하고 한계를 지적하면서 새로운 논점을 제기하였다.

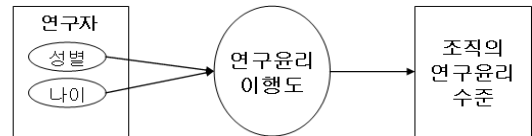
한경희 외[6]는 공학윤리교육의 유형과 유형별 특징을 분류하고 적용 전략을 탐색적으로 검토하였다. 최경희 외[5]는 윤리강령의 역할과 주요내용, 작성법등을 고찰하고 우리나라 과학기술단체의 윤리강령을 시대별로 검토 제시하였다.

이상의 연구문헌조사로 기존의 연구가 연구윤리의 제기된 문제를 이론적이고 탐색적으로 접근하여 재해석과

보완중심의 논지를 전개하거나 사례를 통해서 시사점을 제시하였음을 알 수 있었다. 본 연구에서는 실증적 관점에서 연구 집단에서의 윤리 이행도를 평가하기 위해 개념모형을 정립하여 분석결과를 제시하고자 한다.

2. 연구모형과 가설

본 연구모형은 일반적 연구윤리강령의 기준으로 널리 활용되고 있는 Resnik[11]의 과학윤리 12원칙 <표 1>중에서 동물 또는 사람을 실험대상으로 하는 ‘실험대상에 대한 존중’ 원칙을 제외한 정직성, 조심성, 개방성 등의 11개 원칙을 연구윤리 실천차원으로 선정하여 연구모형을 구성하였다. 조직의 구성원인 연구자의 특성을 내포하는 성별과 나이가 연구윤리 실천에 영향을 줄 것이라는 가정과 연구자의 연구윤리 이행차원의 개별지침요소들이 조직의 연구윤리 수준과 연관관계를 형성할 것이라는 가정으로 개념적 모형을 <그림 1>과 같이 수립하였다.



<그림 1> 연구개념 모형

연구가설은 성별과 나이가 연구윤리 이행 차원에 미치는 영향과 연구윤리 이행 차원이 조직의 연구윤리 수준에 미치는 영향을 분석하는 것으로 다음과 같이 가설을 설정하였다.

- [가설 1] 성별에 따라 연구윤리 이행도에 차이가 있을 것이다.
- [가설 2] 나이에 따라 연구윤리 이행도에 차이가 있을 것이다.
- [가설 3] 연구윤리의 이행은 조직집단의 연구윤리 수준에 영향을 미칠 것이다.

3. 연구방법

3.1 연구대상과 조사방법

본 연구는 과학기술분야에서 연구개발을 수행하는 연구기관 종사자를 조사의 표본으로 설정하여 기초, 응용 및 실용화 단계의 과제를 직접 수행하는 연구자를 대상

으로 조사를 실시하였다. Likert 5점 척도법으로 작성된 설문지를 연구대상 55명에게 의뢰하였고, 그 중 무응답 및 불성실한 응답자를 제외한 32명의 설문결과를 분석 대상으로 하였다. 분석도구로는 SPSS를 사용하여 결과를 도출하였다.

3.2 조사 대상자의 특성

조사대상자는 <표 2>와 같이 27명이 남자, 5명이 여

<표 1> Resnik의 과학윤리 12원칙

과학윤리원칙	주요 내용
정직성 (Honesty)	데이터나 연구결과의 조작, 위조 또는 왜곡 금지
조심성(Carefulness)	연구의 오류 주의
개방성(Openness)	데이터, 결과, 방법, 아이디어, 기법, 도구의 공유
자유(Freedom)	어떤 문제나 가설에 대한 자유로운 연구수행
공로(Credit)	기여도의 따른 공로배분의 공정성
교육(Education)	예비과학자에 대한 교육의 기여
사회적책임(Social Responsibility)	사회적 이익 창출에 공헌
합법성(Legality)	연구업무에 적용되는 법의 준수
기회(Opportunity)	연구자원의 이용과 승진 기회의 부여
상호존중(Mutual Respect)	연구 동료에 대한 존중
효율성(Efficiency)	자원의 효율적 사용
실험대상에 대한 존중 (Respect for Subject)	실험대상의 인권 또는 존엄성의 존중

<표 2> 인구통계학적 특징

	항 목	항목 수	비율(%)
성별	남	27	84.4
	여	5	15.6
나이	35세 미만	9	28.1
	35세 이상 ~ 40세 미만	12	37.5
	40세 이상 ~ 50세 미만	6	18.8
	50세 이상	5	15.6
연구 경력	1년 ~ 5년	9	28.1
	6년 ~ 10년	10	31.3
	11년 ~ 15년	4	12.5
	16년 ~ 20년	4	12.5
	21년 이상	5	15.6

자였고, 34세 이하가 9명, 30대 중후반이 12명, 40대가 6명, 50대 이상이 5명으로 구성되었음을 보였다. 연구경력 은 응답자의 28.1%가 5년 이하였고, 15.6%가 21년 이상으로, 전체적 경력은 비교적 균일하게 분포되었음을 보여주었다.

3.3 척도의 검증

연구윤리 이행도 차원의 11개 지침원칙에 대한 설문 문항의 내적 일관성을 알아보기로 Cronbach's alpha 계수를 측정하였다. <표 3>과 같이 전체항목에 대한 Cronbach's alpha값은 0.6이 나왔고, 개별 요소의 결과치도 대부분 0.5에서 0.7사이 값을 보임에 따라 비교적 내적 일관성이 있는 것으로 판단되었다.

<표 3> 신뢰성 검증 결과

전체항목	항 목	Cronbach's Alpha
Cronbach's Alpha = 0.60	자유	0.552
	사회적책임	0.561
	효율성	0.530
	교육	0.555
	개방성	0.495
	조심성	0.601
	공로	0.601
	정직성	0.543
	상호존중	0.548
	기회	0.618
	합법성	0.684

그리고 요인분석에 적합한 자료인지 검증하기 위해서 각 척도의 상관행렬에 대한 상관계수를 도출하였다. <표 4>와 같이 0.3이상의 상관계수 값이 각 변수들 사이에 분포하는 척도의 타당성을 확인하였다.

<표 5-1>의 요인분석 결과, 1이상의 고유치(eigenvalues)를 갖는 성분이 4개 나타났고 이들은 공통분산 값의 65.4%까지 설명해 줄을 보였다. <표 5-2>의 회전된 성분행렬의 결과 값을 통해서 자유, 효율성, 교육, 개방성, 조심성은 1번 성분에서 공통요인으로 나타났고, 2번 성분은 사회적 책임, 정직성, 상호존중 변수에 공통적 구성개념을 나타냈고, 3번 성분은 공로, 기회, 4번 성분은 합법성으로 공통적으로 구성되는 결과를 보여주었다. 도출된 4가지 요인에 대해서 <표 6>과 같이 1번 성분은 개방과 소통요인, 2번은 진실요인, 3번은 분배공정 요인, 4번은 준법요인으로 구성개념을 설정하였다.

연구윤리 차원에 대한 4가지 성분의 도출된 요인점수로 다음 단계의 가설검정에 활용하였다.

<표 4> 상관계수 결과

Correlation Matrix

	자유	사회적 책임	효율성	교육	개방성	조심성	공로	정직성	상호존중	기회	합법성
Correlation 자유	1.000	.105	.312	.199	.285	.106	.115	.288	.153	.143	-.132
사회적책임	.105	1.000	.363	.174	.156	-.026	.108	.400	.469	-.146	-.146
효율성	.312	.363	1.000	.244	.486	.186	-.150	.508	.354	-.151	-.241
교육	.199	.174	.244	1.000	.389	.147	-.051	.147	.361	-.135	.050
개방성	.285	.156	.486	.389	1.000	.202	.121	.540	.225	-.015	-.111
조심성	.106	-.026	.186	.147	.202	1.000	.064	-.039	-.033	-.057	-.085
공로	.115	.108	-.150	-.051	.121	.064	1.000	.136	.192	.472	-.107
정직성	.288	.400	.508	.147	.540	-.039	.136	1.000	.391	-.293	-.457
상호존중	.153	.469	.354	.361	.225	-.033	.192	.391	1.000	.051	-.364
기회	.143	-.146	-.151	-.135	-.015	-.057	.472	-.293	.051	1.000	.240
합법성	-.132	-.146	-.241	.050	-.111	-.085	-.107	-.457	-.364	.240	1.000

<표 5-1> 요인분석 결과

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.157	28.699	28.699	3.157	28.699	28.699	2.114	19.216	19.216
2	1.607	14.613	43.312	1.607	14.613	43.312	2.051	18.650	37.866
3	1.340	12.181	55.493	1.340	12.181	55.493	1.610	14.637	52.502
4	1.090	9.905	65.399	1.090	9.905	65.399	1.419	12.896	65.399
5	.924	8.403	73.802						
6	.757	6.885	80.687						
7	.745	6.770	87.457						
8	.602	5.473	92.931						
9	.298	2.705	95.636						
10	.286	2.602	98.238						
11	.194	1.762	100.000						

<표 5-2> 회전된 성분행렬 결과

Rotated Component Matrix^a

	Component			
	1	2	3	4
자유	.584	.087	.245	-.083
사회적 책임	.043	.758	-.045	-.112
효율성	.604	.387	-.245	-.190
교육	.497	.435	-.173	.480
개방성	.758	.244	.018	-.033
조심성	.616	-.377	-.027	-.063
공로	.066	.116	.839	-.190
정직성	.405	.504	-.101	-.554
상호존중	.152	.787	.162	-.132
기회	-.010	-.080	.846	.273
합법성	-.122	-.186	.044	.833

<표 6 : 연구윤리 이행의 구성개념>

요인명	구성원칙
개방과 소통요인	자유, 효율성, 교육, 개방성, 조심성
진실요인	사회적책임, 정직성, 상호존중
분배공정요인	공로, 기회
준법요인	합법성

4. 가설검정 결과

4.1 성별에 따른 연구윤리 이행도의 영향

[가설 1]의 성별에 따른 유의성을 검정하기 위한 연구 윤리 차원은 요인분석에서 도출된 개방과 소통요인, 진

Extraction Method : Principal Component Analysis.

Rotation Method : Varimax with Kaiser Normalization.

^a Rotation converged in 7 iterations.

실요인, 분배공정요인, 준법요인을 종속변수로 설정하고 요인점수를 분석데이터로 활용하였다. 먼저, 각 요인의 등분산 가정이 성립되는지 확인하기 위해 Levene's Test를 실시하였고 P-value가 유의수준 0.05보다 큰 값을 보임에 따라 등분산가정의 성립을 확인하였다. 가설 1의 검정결과, <표 7>과 같이 T-test의 p-value 값이 유의수준 0.05보다 훨씬 큰 값을 나타냄에 따라 유의한 결과치를 벗어남을 보였다. 즉, 성별에 따라 연구윤리 이행도에 영향력을 미치지 못하는 것으로 검증결과 판단된다. 일반적인 윤리수준이 남녀 간 차이가 없듯이 연구수행 조직에서 연구윤리강령을 준수하는 것에도 성별에 차이가 없음을 본 결과로 유추할 수 있겠다.

<표 7> 가설 1. 검정결과

요인명	Levene's Test		T-test	
	F-value	p-value	t-value	p-value
개방과 소통	1.209	0.280	1.167	0.252
진실	0.820	0.372	0.603	0.551
분배공정	0.450	0.507	0.320	0.751
준법	2.118	0.156	0.811	0.424

4.2 나이에 따른 연구윤리 이행도의 영향

[가설 2]의 검정을 위하여 일원배치 분산분석을 사용하였다. 먼저, 분산분석의 기본가정인 등분산성을 검정하기 위해 동질성에 대한 검정(Test of Homogeneity of Variances)에서 모든 요인에서 등분산성을 만족했다.

[가설 2]의 검정 결과 <표 8>과 같이 각 요인은 유의수준 0.05에서 나이에 따른 연구윤리 이행 차원에 유의한 차이가 발생하지 않는 결과를 보였다. 그러나, 유의수준 0.1에서 분배공정 요인에서 나이에 따른 유의성이 나타났다. 즉, 연구공로의 인정과 기회의 부여에 있어서 나이에 따라 다른 영향을 미치고 있다고 할 수 있겠다.

분배공정 요인에 나이에 따른 집단별 차이를 분석하고자 사후분석 Tukey검정을 실시하였다. 분배공정 요인은 나이에 따른 평균의 차이를 두 개의 부 집단으로 나누어 졌다. 34세 이하의 연령대와 50세 이상의 연령대에서는 명확하게 분배공정 요인에 대해서 유의한 차이를 보였다. 분석결과를 통해 50세 이상에서는 34세 이하보다 공로의 인정과 기회의 부여에 상대적으로 부정적인 응답을 했을 것으로 판단된다. 50세 이상의 연구자들은 34세 이하의 신진 연구자들보다 공로를 인정받는 정도가 적고, 진보의 기회를 거부당한 적이 더 많다고 해석할 수 있다. 이는, 연구경험과 관련되어 공로와 기회의 박탈 경험이 50세 이상 연구자들이 상대적으로 더 많았을 것으로 해석할 수 있겠다.

<표 8> 가설 2. 검정결과

요인명	Test of Homogeneity of variance		ANOVA	
	Levene Statistic	p-value	F	p-value
개방과 소통	3.066	0.044	1.495	0.238
진실	0.992	0.411	1.274	0.302
분배공정	1.198	0.329	2.885	0.053*
준법	1.442	0.252	1.642	0.202

* : 유의확률 < 0.1.

분배공정 요인

Tukey HSD^{a,b}

나이	N	Subset for alpha = .1	
		1	2
50 and above	5	-.7556851	
35-39	12	-.2209587	-.2209587
40-49	6	.0935835	.0935835
0-34	9		.6520476
Sig.		.321	.298

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

^a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7.129.

^b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type 1 error levels are not guaranteed.

4.3 연구윤리 이행 차원이 조직의 연구윤리 수준에 미치는 영향

[가설 3]의 검증은 Stepwise법으로 다중회귀분석을 한 결과 선형회귀모형이 성립하지 않는 개방과 소통요인, 분배공정요인, 준법요인은 독립변수에서 제거되었고, <표 9>과 같이 진실요인만이 선형회귀모형을 구성하는 인자로 성립됨을 보였다. 조직의 연구윤리 수준에 대한 추정 회귀식은 식 (1)과 같이 도출되었다.

$$Y = 3.934 + 0.312X \tag{1}$$

진실요인(X)과 연구윤리 수준간의 회귀 모형의 설명력은 Adjusted R square을 통해서 14%임을 알 수 있었고, 이 회귀 모형은 유의수준 0.01에서 통계적으로 유의한 결과 값을 보였다. 이는 진실요인이 내포하고 있는 의미인 사회적 책임의식을 가지고 연구결과의 위조를 피하며 상호 존중의 분위기에서 연구를 수행하는 것이 조직의 연구윤리 수준에 유의한 영향력을 미치는 것으로 해석 가능하겠다.

<표 9> : 가설 3. 검정결과

	비표준 회계수	표준화 계수	t-value	p-value	Adjusted R Square	F (p-value)
	B	β				
(상수)	3.934		30.603	0.000**	0.140	5.882 (0.022*)
진실 요인 (X)	0.312	0.411	2.425	0.022*		

* : 유의확률 < 0.05, ** : 유의확률 < 0.01.

5. 결 론

본 논문에서는 전문가집단에 적용되고 있는 윤리강령의 실천적 요소와 이의 이행이 조직집단에 어떠한 윤리적 영향력을 미치는가를 실증적 결과로 제시하고자 하였다. 구체적으로 연구전문조직을 대상으로 연구윤리의 이행이 조직에 미치는 영향을 분석해보았다. 연구윤리강령 이행차원의 요인분석을 통해서 공통의 구성개념을 가지는 4개의 새로운 구성인자를 도출하였다.

[가설 1]의 검정결과, 연구자의 성별은 연구윤리 이행도에 유의한 차이를 나타내지 못했지만, [가설 2]의 결과에서는 4가지 이행차원 중 분배공정요인에서 나이에 따른 유의한 차이가 나타났다. 두 가지 가설을 통해서 연구조직원을 대표하는 성별 변수는 연구윤리이행에 무의미한 결과 치로 해석되지만, 연구자의 나이 변수는 검정결과에서 도출된 것처럼 연구에 대한 기회와 공로의 배분에 있어서 의미 있는 차이를 나타내는 인자라 볼 수 있겠다.

[가설 3]의 검정결과에서는 4가지 연구윤리 이행 구성개념 중에 진실요인이 조직의 전반적인 연구윤리 수준에 유의한 영향을 미치는 결과를 보여주었다. 비록, 진실요인이 조직의 연구윤리수준에 미치는 설명력은 크다고 보이지는 않지만, 조직의 연구윤리 수준을 파악하는데 중요한 변수로 활용 가능할 것으로 판단된다.

연구윤리를 주제로 한 기존연구는 연구윤리지침과 강령에 대한 이론적 재해석과 사례의 탐구적 연구를 중점적으로 시행하였다면, 본 연구는 포괄적 연구윤리지침의 이행에 대한 영향력을 통계적 모형으로 검증하여 실증

하는 것에 초점을 두었다. 윤리강령 및 지침을 자체적으로 수립 또는 기존의 정립된 강령을 수정 도입하고자 하는 기관 또는 단체에서는 본 연구모형의 실증을 통해 나타난 연구자의 특성변수들과 연구윤리 이행도 변수들 간의 관계 및 조직전체의 연구윤리 수준에 미치는 영향도를 참고자료로 활용 할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 특정 전문가집단의 표본을 대상으로 이루어졌기 때문에 내적타당성이 높게 설정되었다. 후속 연구에서는 금번 연구결과에서 도출된 의미 있는 변수들을 활용할 수 있는 연구모형을 설정하고, 보다 외적타당성과 일반화에 초점을 두고 연구를 진행 할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 김명진; 한국의 과학윤리 현황과 앞으로의 과제, 계간 과학사상, 252-271, 2002.
- [2] 김현승; 규범과 실천을 비껴간 과학연구윤리 구하기 -실험의 안전성과 과학연구윤리, 범한철학회논문집, 52 : 281-307, 2009.
- [3] 송성수; 과학기술자의 사회적책임에 관한 논의의 재검토, 공학교육연구, 11(2) : 5-14, 2008.
- [4] 연구윤리 확보를 위한 지침 해설서, 과학기술부 과학기술혁신본부, 11-14, 2007.
- [5] 최경희, 김은철, 송성수; 과학기술단체의 윤리강령과 한국의 사례, 공학교육연구 12(1) : 82-94, 2009.
- [6] 한경희, 허준행, 이충용; 공학 윤리 교육: 현황과 쟁점, 그리고 전략, 공학교육연구, 12(1) : 31-41, 2009.
- [7] M. Bullock and S. Panicker; Ethics for All : Differences Across Scientific Society Codes, *Science and Engineering Ethics*, 159-170, 2003.
- [8] MacDonald, C.; Considerations For Writing A Code of Ethics. 2006.
- [9] Martin, M. W. and R. Schinzinger; Ethics in Engineering, 4th ed., New York, McGraw-Hill, 2004.
- [10] Merton, R. K.; The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations, The university of Chicago Press, 1973.
- [11] Resnik, David B.; The Ethics of Science: An Introduction, London,; Routledge, 1998.