



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2022년 2월
석사학위논문

노후 건축물의 그린 리모델링 계획을 위한 온톨로지 기반 의사결정 지원 모델

조선대학교 대학원

건축공학과

지 현 서

노후 건축물의 그린 리모델링
계획을 위한 온톨로지 기반
의사결정 지원 모델

A ontology-based decision support model for
developing green remodeling plan

2022년 2월 25일

조선대학교 대학원

건축공학과

지현서

노후 건축물의 그린 리모델링
계획을 위한 온톨로지 기반
의사결정 지원 모델

지도교수 조 규 만

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2021년 10월

조선대학교 대학원

건축공학과

지 현 서

지현서의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 김태훈 (인)

위원 조선대학교 교수 조규만 (인)

위원 조선대학교 교수 장우식 (인)

2021년 12월

조선대학교 대학원

목 차

제 1장 서론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구 범위 및 방법	7
제 2장 예비적 고찰	10
2.1 그린 리모델링 사업 현황	10
2.2 건설 분야 의사결정 관련 기존 연구 고찰	15
2.3 온톨로지 개념 및 온톨로지 기반 의사결정 연구 고찰 ...	21
2.3.1 시멘틱 웹 기반 온톨로지 개념	21
2.3.2 건설 분야에서 활용된 온톨로지 기반 연구 고찰	34
2.4 소결	37
제 3장 온톨로지 기반 그린 리모델링 의사결정 지원 체계 ·	39
3.1 그린 리모델링 의사결정 지원모델 모듈 설정	39
3.1.1 그린 리모델링 대안 선정을 위한 기준 모듈(Standard Module) 선정	39
3.1.2 그린 리모델링 대안 결과도출을 위한 조건 모듈(Condition Module) 선정	46
3.1.3 그린 리모델링 대안 결과도출을 위한 핵심 모듈(Core Module) 선정	48
3.2 선정 모듈의 에너지 성능개선 영향 여부 분석	55
3.3 그린 리모델링 의사결정 지원 체계	71

제 4장 온톨로지 기반 그린 리모델링 의사결정 지원모델 구축	73
4.1 요구정보 개념화를 통한 클래스 및 객체 정의	75
4.2 개념 표현을 위한 데이터 프로퍼티 정의	78
4.3 개별 인스턴스(Individual)입력	81
제 5장 그린 리모델링 의사결정 모델 검증	86
5.1 사례 적용을 통한 모델 유효성 검증	86
5.1.1 A 면사무소	87
5.1.2 B 경찰서	93
5.1.3 C 대학교	97
5.2 온톨로지 개발 모델의 활용성 검증 및 결과	101
제 6장 결론	105

참고문헌

<표 차례>

표 1 2020년 노후 건축물 현황	1
표 2 리모델링 단계별 예상 비용	11
표 3 의사결정 관련 문헌의 분석기법 종합	19
표 4 OWL 온톨로지의 기본 구성	23
표 5 SPARQL 질의 분류	32
표 6 건설 분야 온톨로지 적용 사례 종합	36
표 7 그린 리모델링 모델 생성을 위한 기준 모듈(Standard Module) 종합	45
표 8 건축물 에너지 효율 등급 인증기준	47
표 9 그린 리모델링 사업 주체별 사업 활성화 영향요인 순위	49
표 10 그린 리모델링 기술 요소 분류	50
표 11 핵심 모듈 선정 (Passive 기술)	52
표 12 핵심 모듈 선정 (Active 기술)	53
표 13 그린 리모델링 모델 생성을 위한 핵심 모듈(Core Module) 종합	54
표 14 노후 건축물 현황 사례 기본 정보	55
표 15 사례별 적용 패시브(Passive) 기술	58
표 16 사례별 적용 액티브(Active) 기술	62
표 17 변수 속성 정의	66
표 18 건축물 속성(연속형)-에너지 절감 성능 상관관계 분석 결과	67
표 19 리모델링(패시브) 기술-에너지 절감 성능 상관관계 분석 결과	67
표 20 리모델링(액티브) 기술-에너지 절감 성능 ANOVA 결과(1)	68

표 21 리모델링(액티브) 기술-에너지 절감 성능 ANOVA 결과(2)	68
표 22 건축물 속성(연속형)-리모델링(패시브) 기술 상관관계 분석 결과	69
표 23 온톨로지 구축을 위한 클래스(Class) 및 관계 정의	76
표 24 Data Property의 Range 구분	79
표 25 건축물 속성의 명목 변수 변환 값	82
표 26 A 면사무소 건물 일반사항	87
표 27 A 면사무소 기준 모듈 및 조건 모듈 명목 변수 변환	88
표 28 SPARQL Query를 통한 A 면사무소 대안 도출 결과 (조건 모듈 : 1+ 등급 이상)	90
표 29 B 경찰서 건물 일반사항	93
표 30 B 경찰서 기준 모듈 및 명목 변수 변환	94
표 31 SPARQL Query를 통한 B 경찰서 대안 도출 결과 (조건모듈: 1등급 이상)	95
표 32 C 대학교 건물 일반사항	97
표 33 C 대학교 기준 모듈 및 명목 변수 변환	97
표 34 SPARQL Query를 통한 C 대학교 대안 도출 결과(조건모듈: 2등급 이상)	99
표 35 D 복지회관 건물 일반사항	102
표 36 D 복지회관 기준 모듈 및 명목 변수 변환	103
표 37 사용자 선호 등급에 따른 D 복지회관 대안 도출 결과	104

<그림 차례>

그림 1 의사결정자의 결정에 따른 건설비용 영향 관계	4
그림 2 연구 수행 순서	9
그림 3 그린 리모델링 연도별 사업 현황 (2020년 8월 기준, 단위 백 만원)	13
그림 4 의사결정 과정	16
그림 5 SPARQL을 사용한 RDF 데이터에 대한 검색 프로세스	28
그림 6 온톨로지 기반 학교 검색 시스템 구조	30
그림 7 명령 프롬프트를 통한 Fuseki Server 실행	31
그림 8 Apache Jena Fuseki 추론기를 통한 질의 결과	33
그림 9 그린 리모델링 사업 순서	40
그림 10 노후 건축물 현황 평가 단계	41
그림 11 그린 리모델링 대상 건축물 현황평가 및 설계 컨설팅 보고서 일부	43
그림 12 건축물대장 예시	44
그림 13 온톨로지를 통한 그린 리모델링 의사결정 지원 체계	72
그림 14 Protégé를 통한 class 생성화면 예시	77
그림 15 Protégé를 활용한 Data Properties 생성화면 예시	80
그림 16 Protégé를 활용한 개별 인스턴스(Individual) 생성화면 예시	83
그림 17 그린 리모델링 의사결정을 위한 온톨로지 구조도	85
그림 18 A 면사무소 SPARQL Query Result	91

ABSTRACT

A Ontology-Based Decision Support Model for Developing Green Remodeling Plan

Ji Hyun Suh

Advisor : Prof. Cho Kyu-man, Ph.D.

Department of Architectural Engineering

Graduate School of Chosun University

Green remodeling projects are being activated to improve the energy performance of old buildings. However, the construction industry is having difficulty sharing knowledge and data management due to differentiated work and wide knowledge gap between stakeholders. Therefore, before performing green remodeling, an objective decision-making method that proposes technology is needed. In this study, an ontology-based model is proposed to support the green remodeling plan. Ontology collects various information existing on the web. Information is expressed and inferred in a human way of thinking to derive results. As a result, accurate data-based information can be searched and differences in interpretation according to individual evaluation can be reduced.

The research progress is as follows. Data is classified by collecting information on old buildings through the building register. The classified data is divided into standard module, core module, and condition module. The module is determined by grasping the effect of the collected data on energy performance improvement. Next, data relationships are organized through Protégé and converted into ontology. The converted information is stored on the web and searched within metadata.

In order to verify the usability of the developed model, a search was conducted for

cases where actual green remodeling was performed. As a result, data that were remodeled to the grade desired by the user were derived. The result data can be selected according to the needs of stakeholders participating in the project and the green remodeling project can be carried out.

Through the model proposed in this study, an information group that can collect the results of green remodeling was formed, so there is no omission of information. Continuous updates are possible because information collection and retrieval are possible through ontology. As a result, more efficient and economical green remodeling technology search will be possible through the developed process, and the most reasonable alternative can be selected by applying it appropriately to the user's environment.

제 1 장 서론

1.1 연구 배경 및 목적

「도시 및 주거 환경 정비법 시행령」 제2조 3항에 따르면 ‘노후·불량 건축물’은 준공된 후 20년 이상 30년 이하의 범위에서 조례로 정하는 기간이 지난 건축물로 규정하고 있다. 또한 국토교통부에서 집계한 노후 건축물의 대상 범위가 15년 이상 경과된 건축물인 것을 볼 때, 법으로 인정하고 있는 노후 건축물이란 15년 이상 경과된 건축물이라 규정할 수 있다.

표 1 2020년 노후 건축물 현황

[국토교통부 홈페이지 2021년 3월 9일 보도자료 : 전국 건축물 현황]

구분	동수		연면적		비고
	(단위:동)	비율(%)	단위 : m ²	비율(%)	
합계	7,275,266	100	3,961,887,870	100	
10년 미만(2012~2020년)	1,254,371	17.2	1,002,464,730	25.3	
10~15년 미만(2007~2011년)	598,277	8.2	502,213,883	12.7	
15~20년 미만(2002~2006년)	622,923	8.6	568,936,293	12.7	
20~25년 미만(1997~2001년)	624,496	8.6	502,487,569	12.7	
25~30년 미만(1992~1996년)	833,438	11.5	622,501,921	15.7	
30~35년 미만(1987~1991년)	535,672	7.4	287,338,902	7.3	
35년 이상 (~1986년)	2,284,186	31.4	392,955,644	9.9	
기타(사용승인일(항목 값) 누락 또는 오기)	521,903	7.2	82,988,928	2.1	

국내에서는 1960년대, 산업화, 도시화가 진행됨에 따라 단기간 엄청난 양의 건물을 축적하였다. 산업화 시기에 지어진 이후 노후화된 건축물 현황을 분석하면 다음 <표 1>과 같다. 노후 건축물 현황에서 10년 미만인 건축물의 비율은 전체의 17.2%, 10년~15년 미만의 건축물은 8.2%, 15년에서 20년 미만은 8.6%, 20년에서 25년 미만은 8.6%, 25년에서 30년 미만은 11.5%, 35년 이상 경과 된 건축물은 가장 높은 비율을 차지하고 있는 31.4%로 조사되었다.

노후화된 건축물의 가장 큰 문제점은, 건물 에너지가 전체 에너지 소비량과 탄소 배출량에 지대한 영향을 미친다는 것이다. 이에 정부는 지속적인 설계기준 강화와 건물 에너지 합리화 사업과 같은 다양한 노력을 기울였다. 하지만, 가정, 산업 부문 건물 에너지 소비량은 매년 전체 에너지 소비의 56% 정도를 차지하면서 효과는 답보상태에 머물러 있다. 건물 용도별 건물 에너지 사용량 TOE를 보면 공동주택 41.7% 단독주택 16.6%로¹⁾ 주거용 건물이 전체 건물 에너지 사용량의 약 60% 정도를 차지하는 것으로 조사되었다. 비 주거용에서의 사용량은 근린생활시설 15.2%, 업무시설 5.9%, 교육연구시설 5.1%로 나타났다²⁾. 또한 국토교통부 2018년 발표 자료에 따르면 전국 노후 건축물 동수는 7,191,912동으로 전년 대비 65,386동(0.9%) 증가했다. 반면 국내 신축 공사 증가율은 2009년부터 약 1% 내외로 신축건축물과 노후 건축물 증가 폭의 차이가 크지 않다³⁾. 신축 공사율과 노후 건축물 증가율이 유사하다면, 건물 에너지 사용량 감소를 위해서는 에너지 소비가 더 높은 노후 건축물에서 변화를 꾀해야 함을 시사한다. 이러한 상황을 분석하였을 때 국내 건물 에너지 소비량의 상당 부분은 노후 건축물에서 소비되고 있기에 노후 건축물의 에너지 소비량 감소에 초점을 맞춰야만 건물 에너지 사용량 감소에 긍정적인 영향을 준다고 분석할 수 있다. 이점을 뒷받침하듯 정부는 노후 건축물에서의 에너지 소비량을 줄이기 위한 그린 리모델링을 추진하였다. 그린 리모델링 사업은 전국 22만 5000호 노후 공공 임대주택과 국공립 어린이집 등에 친환경 재생 에너지 설비와 단열재 등을 보강하는 방법으로 기존 건축물 리모델링을 활성화하여, 국가 전체 에너지 소비량의 20.5%를 차지하고 있는 건물 부문 에너지 소비량⁴⁾을 감축시킬 목표로 진행되고 있다.

1) 전체 건물 에너지 사용량 (Ton of Oil Equivalent, TOE), 그린 투게더, <http://www.grentogether.go.kr>

2) 국토교통부 보도자료, 건물 에너지 사용량 현황, 2020.12.03.

3) 정서영, 유정호. (2016). 그린 리모델링 사업 시행유도를 위한 조세 혜택 부여 방안, 한국 건설 관리학회 논문집, Vol. 17 No. 4, 66-75

4) 에너지 총 조사 보고서; 에너지 경제 연구원, 2014

한편, 리모델링 공사의 경우 발주자, 설계자, 시공자 간 정보교류 시 문제가 생길 경우가 다분하다. 이는 비정형적인 건설 사업 특성상 공사의 생산성 저하 및 비용증가로 이어지게 된다. 건설은 진행 과정(기획, 기본설계, 상세설계, 시공, 유지보수, 해체 등)과 수행기능(영업, 기획, 설계, 견적, 공정관리, 자재관리, 원가 관리, 계약관리, 품질관리 등) 그리고 주체 기관(발주기관, 설계업체, 엔지니어링 업체, 건설업체, 구조업체 등) 간 분화 정도가 타 산업에 비해 높다. 이러한 건설 지식의 비정형성은 지식 공유를 저해시키고 데이터 관리의 애로 사항의 원인이 된다⁵⁾. 건설 진행 과정 중에서도 설계 단계 결정은 전체 건축 비용에 큰 영향을 미친다. <그림 1>에서 볼 수 있듯, 각 분야마다 각자의 결정 사항이 존재한다. 한 분야에서 결정된 사항은 다른 분야의 작업비용에 영향을 준다. 특히 설계변경 비용은 사업이 진행됨에 따라 변화가 크다. 따라서, 비용을 절약하며 리모델링 사업을 추진하기 위해서는 사업 주체자 간의 사소통이 중요하지만, 각자의 지식 격차로 인해 의견 조율이 어렵다⁶⁾.

5) 남성훈 외 1, 그린 리모델링 사업 활성화를 위한 발주방식 제안, 한국건설관리학회 논문집, 2017 Vol. 18 Issue 2

6) Alphonse Dell'Isola, Value Engineering: Practical Applications for Design, Construction, Maintenance and Operations, R.S. Means Company Inc. , 1997, pp.111-113

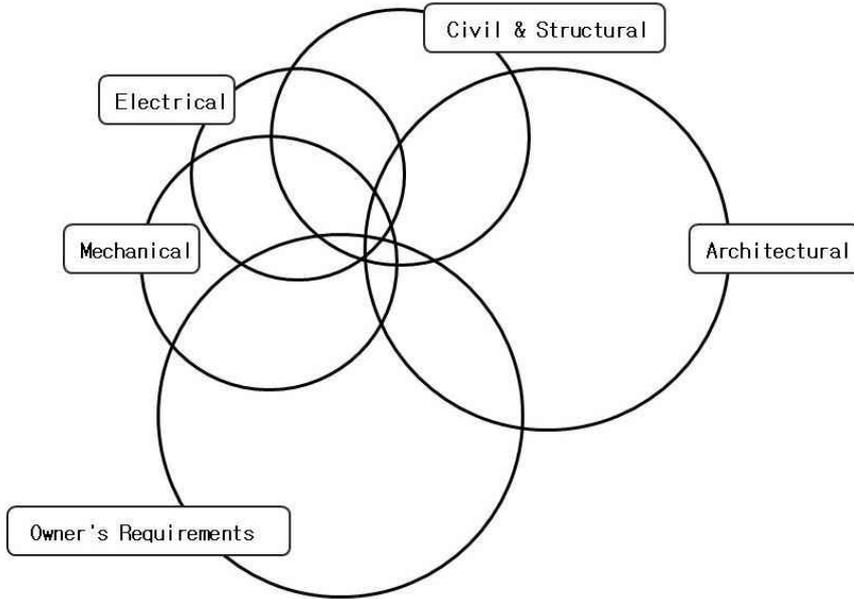


그림 1 의사결정자의 결정에 따른 건설비용 영향 관계
 (Alphonse Dell'Isola, Value Engineering: Practical Applications
 for Design, Construction, Maintenance and Operations, p.113)

이러한 문제를 해결할 방안으로 온톨로지(Ontology)를 통한 시멘틱 웹(Semantic Web)을 활용할 수 있다. 현 상황에는 기존 수행된 리모델링에 대한 단편적인 정보만 제공할 뿐, 연관된 정보를 찾기 위한 통합적인 정보를 담은 저장소가 부재하다. 현재는 모든 사람이 어디서나 웹에 정보를 올리고, 올려진 정보를 확인할 수 있는 온톨로지를 활용하면 웹에 정보를 모을 수 있다. 온톨로지를 통한 지식의 구축은 여러 이해관계자에 의해 생성된 지식의 특징을 살리는 동시에 다양하고 광범위한 웹상의 정보에 동적으로 대처할 수 있다⁷⁾. 각각의 사업 참여자가 기존에 수행된 리모델링 사례에 대한 정보를 웹에 저장, 수집할 수 있는 한 장소가 있고, 그곳에 모인 데이터를 다시 사업 참여자들이 열람할 수 있다면 리모델링을 수행하려는 이용자에게, 보다 양질의 정보서비스를 제공할 수 있다. 이를 위한 방법으로 사물 또는 개념을 포함하는 개체 및 개체 간 관계성을 직관적으로 보여주는 온톨로지를 활용하여 웹에 리모델링 수행 건물

7) 김은경. 2004. 시멘틱 웹을 위한 온톨로지 구축 방법에 관한 비교연구. 석사학위논문, 중앙대학교, 문헌정보학과

에 대한 정보를 입력하는 기준을 만든다. 의미적 추론을 수행하는 온톨로지의 역할은 다음과 같은 3가지로 요약할 수 있다.⁸⁾

- 1) 온톨로지를 이용하여 객체에 의미를 부여하는 것은 지식의 식별과 수집 및 개발에 있어 전문가 뿐만 아니라 일반인에게도 지식 검색과 창조를 가능케한다.
- 2) 온톨로지는 지식통합에 있어 개념의 일반화(의미적 맥락이 맞도록 정보 간 연결을 수행하는 것)와 표현적 형식화(정보를 접근하고 해석 가능한 형태로 만들어 웹에 올리는 것)를 제공하는데 의의가 있다.
- 3) 온톨로지를 통해 개념화한 구조는 표준화된 지식 보급과 접근체계가 갖춰져 빠른 문제해결이 가능하다.

이렇듯 온톨로지는 정보시스템의 주제를 명확한 개념으로 구조화하여, 정보가 분산되어 있어도 원하는 정보로 통합 및 검색이 가능하다. 이용자 요구정보의 식별과 정보 검색의 높은 효율성을 보이는 이러한 특징이 높은 정확도의 정보 검색과 질의 형성을 용이하게 한다. 또한, 키워드 기반 검색이 아닌 의미 기반의 검색이 이루어지기에 결과적으로 질 높은 서비스를 제공할 수 있다.⁹⁾

따라서, 본 연구에서는 온톨로지를 활용한 그린 리모델링 의사결정 모델을 구축한다. 그린 리모델링 데이터를 공유 및 재사용을 통해 정보를 관리하고 통합적으로 검색이 가능한 기능이 부재하기 때문이다. 그린 리모델링 사업은 다양한 분야의 사업 참여자가 정보를 제공하는 주체이면서 동시에 그 정보 내에서 검색을 수행하는 주체가 된다. 이러한 그린 리모델링의 특징은 온톨로지가 가진 특징과 이로운 관계를 가지고, 결과적으로 웹으로 데이터 확장을 하여 다각적인 장점을 누릴 수 있다. 본 연구에서 구축하는 모델은 노후 건축물의 에너지 성능 개선을 위한 리모델링을 수행하기 전, 주요 리모델링 요소인 벽체, 지붕, 창호, 고효율 보일러, 조명, 신재생에너지와 같은 기술을 제안한다. 이 모델은 낮은 에너지 성능을 가진 노후 건축물을 사용자가 원하는 등급으로 향상 시킬 기술과 공법을 추천해주고, 동시에 리모델링을 수행해야 하는 건

8) T. Andreasen, J. F. Nilsson and H. E. Thomsen, Ontology-based querying, In: Flexible Query Answering Systems, 2001, pp. 66-62

9) D. L. McGuinness and J. R. Wright, Conceptual modelling for configuration: A description logic-based approach, Ai Edam 1998 Vol. 12 Issue 4 Pages 333-344

물과 비슷한 상태인 리모델링 수행 사례와의 비교를 제공한다. 이를 통해 그린 리모델링 사업을 수행하려는 의사결정자가 합리적인 대안을 선택할 수 있도록 도움을 주고자 한다. 결과적으로 사용자는 다른 사업 관계자와 유연한 정보교류가 가능하고 더 나아가 설계 단계에서 최적의 의사결정이 가능하여 생산성 증가와 비용 절약이 가능한 실무적인 의의를 얻을 것으로 기대한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 온톨로지를 활용하여 그린 리모델링 의사결정 지원 시스템을 개발한다. 온톨로지를 활용하면 컴퓨터가 웹에 존재하는 다양한 정보(Resource)간 개념의 의미를 이해하여 새로운 사실을 자동으로 추출하거나 제약에 맞지 않는 조건을 삭제하도록 작동한다. 이러한 온톨로지의 속성을 활용하여 웹에 그린 리모델링과 관련된 데이터를 올려, 사용자가 원하는 조건의 그린 리모델링을 수행하도록 돕는다. 본 연구의 절차는 다음 <그림 2>과 같다.

2장에서 그린 리모델링 의사결정을 위한 기본적인 의사결정 프로세스를 확립하기 위해 그린 리모델링 사업 현황을 알아보고 건설 분야 의사결정 관련 기존 연구를 고찰한다. 또한, 시멘틱 웹 기반 온톨로지 기반 의사결정을 수행하기 위해, 온톨로지 개념과 건축 분야에서 기 수행되었던 온톨로지 기반 연구를 고찰하여 본 연구에 활용할 시멘틱 웹 기반 의사결정을 수행할 방법에 대해 탐구한다.

3장에서 온톨로지 기반 그린 리모델링 의사결정 지원모형을 구축하기 위한 프로세스를 설명한다. 먼저 그린 리모델링 대안 선정을 위한 기준 모듈(Standard Module)을 선정한다. 그리고 검색을 수행할 주체자의 선호 에너지 효율 등급 반영한 결과도출을 위해 조건 모듈(Condition Module)을 선정한다. 기준모듈과 조건 모듈을 선정 후 최종 그린 리모델링 대안 결과를 보여줄 핵심 모듈(Core Module)을 선정한다.

4장에서는 앞장을 통해 선정한 모듈을 적용하여 온톨로지 기반의 그린 리모델링 의사결정 지원모형을 구축하는 구체적인 내용을 기술한다. 온톨로지를 활용하여 클래스와 객체, 각 모듈의 개념 표현을 위한 데이터 프로퍼티를 정의한다. 이 과정을 통해 그린 리모델링 의사결정 지원이 가능한 모델이 완성된다.

5장에서 만들어진 그린 리모델링 의사결정 모델의 작동 여부를 확인하며 그 효과를 검증한다. 검증은 2단계로 이루어진다. 첫 번째 단계에서는 모델이 실제 케이스를 입력하였을 때 유효하게 작동하는지 여부를 확인한다. 이를 위해 3개의 사례를 온톨로지 모델에 적용하여 결과값을 확인한다. 두 번째 단계에서 온톨로지 개발 모델의 활용성

을 검증한다. 이 단계에서는 사용자 요구 등급에 맞는 결과값이 도출되는지 그 결과를 확인하며 온톨로지 모델의 유효성을 검증한다.

서론	
제 2장 예비적 고찰	
2.1 그린리모델링 사업현황	2.2 건설 분야 의사결정 관련 기존연구 고찰
2.3 온톨로지 개념 및 온톨로지 기반 의사결정 연구 고찰	
2.3.1 시멘틱 웹 기반 온톨로지 개념	2.3.2 건축분야에서 활용된 온톨로지 기반 연구 고찰
2.4 소결	
제 3장 온톨로지 기반 그린 리모델링 의사결정 지원 체계	
3.1 그린 리모델링 의사결정 지원모델 모듈 설정	
3.1.1 그린 리모델링 대안 선정을 위한 기준 모듈(Standard Module) 선정	
3.1.2 그린 리모델링 대안 결과도출을 위한 조건 모듈(Condition Module) 선정	
3.1.3 그린 리모델링 대안 결과 도출을 위한 핵심 모듈(Core Module) 선정	
3.2 선정 모듈의 에너지 성능개선 영향 여부 분석	
제 4장 온톨로지 기반 그린 리모델링 의사결정 지원 모델 구축	
4.1 요구 정보 개념화를 통한 클래스 및 객체 정의	
4.2 개념 표현을 위한 데이터 프로퍼티 정의	
4.3 개별 인스턴스(Individual)입력	
제 5장 그린리모델링 의사결정 모델 검증	
5.1 사례 적용을 통한 모델 유효성 검증	
5.1.1 A 면사무소	
5.1.2 B 경찰서	
5.1.3 C 대학교	
5.2 온톨로지 개발 모델의 활용성 검증 및 결과	
제 6장 결론	

그림 2 연구 수행 순서

제 2장 예비적 고찰

2.1 그린 리모델링 사업 현황

「건축법」 제2조 제1항 제 10호 및 「주택법」 제2조 제25호에서 리모델링의 개념을 “건물의 노후화 억제 및 기능향상을 목적으로 대수선하거나 건축물 일부를 증축 또는 개축하는 행위”로 규정하고 있다. 리모델링은 신축이나 재건축과 달리 기존 건축물을 허물지 않고 보존하여 건물이 가진 물리적 성능을 유지하는 한편, 시대적 요구 사항을 반영하는 사회적 성능 향상과 더불어 건물의 가치를 창출하는 투자적 활동을 포괄한다¹⁰⁾.

노후화된 건물이 리모델링을 수행이 필요한 이유는 재건축과 비슷한 정도의 경제적 가치 창출이 가능하기 때문이다. 리모델링을 통해 건축물의 성능을 향상시키면 다음 <표 2>과 같이 신축 공사비의 40~60% 정도를 절약할 수 있다.¹¹⁾

10) 이정복, 수익성 분석에 의한 오피스 리모델링 의사결정 방법, 연세대학교 대학원, 2004

11) 한국리모델링 협회, 리모델링 총설, 2014, p276

표 2 리모델링 단계별 예상 비용

구분	리모델링 수준	예상 비용	비고
1단계 리모델링	노후화 대응형 리모델링	신축 비용의 20~30%	철거비의 5~7%
2단계 리모델링	성능 향상형 리모델링	신축 비용의 40~60%	
3단계 리모델링	용도변경 등 전면적 리모델링	신축 비용의 • 일반건물: 60~80% • 공동주택: 80~110%	

리모델링에서 더 나아간 개념인 ‘그린 리모델링’은 기존 건축물의 물리적 기능향상에 “노후화된 건축물의 에너지 성능 및 효율 개선을 통해 온실가스 배출량을 감소시켜 환경친화적인 녹색 건축물 실현하는 것¹²⁾”을 더한 것이라고 정의할 수 있다. 여기서 녹색 건축물이란 에너지 이용효율과 신재생에너지 사용 비율이 높아, 온실가스 배출을 최소화하는 건축물을 가리킨다¹³⁾.

그린 리모델링은 리모델링의 정의에 부합하는 건축물의 물리적 성능의 유지에 더해 현재 사회에서 건축 부문에 요구하는 사항을 만족시키기 위한 투자이다. 현재 한국은 국제 사회로부터 온실 가스 배출량 감소를 위한 노력에 동참할 것을 요청받았다¹⁴⁾. 이에 정부는 국제 사회와 약속한 온실가스 배출 감소목표를 이행하려 「2030 국가 온실가스 감축목표 기본 로드맵 수정(안)」을 통해 2030년까지 배출전망치(Business As Usual:BAU)¹⁵⁾보다 37% 감축하는 것을 목표로하고 있다.

12) 한국 토지 주택공사 그린 리모델링 창조센터, 2021년 09월 10일, <https://www.greenremodeling.or.kr/intro/int4000.asp>

13) 저탄소 녹색성장 기본법 제54조(녹색 건축물의 확대), 시행 2020년 5월 27일

14) 2015년 파리협정이 채택되어 국제 사회의 적극적 노력으로 2016년 11월 4일 협정이 발효되었다. 파리 협정은 기후변화 대응 정책의 장기적 비전 관점에서 각국에 장기 저탄소 발전전략(LEDs, Long-term Low greenhouse gas Emission Development Strategy)을 수립하도록 권고하고 있다. 대한민국도 이 노력에 동참하려 LEDs를 수립하였다. 각 분야의 전문가들과 협업하여 ‘2050 저탄소 사회비전 포럼’을 구성하고 국가 온실가스 감축 목표를 세웠다.

15) BAU(Business-As-Usual:배출전망치) : 현행 정책 이외에 추가적인 온실가스 감축을 취하지 않은

서론에서 살펴본 것처럼 노후 건축물이 국내 에너지 소비량에 영향을 끼치는 비율이 높아 신축건축물보다 노후 건축물에서의 에너지 절감이 더욱 효과적이다. 이에 2020년 5월 정부는 ‘한국판 뉴딜’ 정책에서 단기적으로는 국가의 경제 부흥을 지원하고 중장기적으로 온실가스 감축하는 ‘그린 뉴딜’을 발표하였다. 그린 뉴딜의 10대 대표과제 중 하나로 그린 리모델링이 선정되었고¹⁶⁾, 그린 리모델링을 기반하여 중앙 정부와 각 지자체 별로 다양한 정책을 제시하도록 하였다. 그중 대표적인 몇 개의 사업으로는 그린 리모델링 공공 시범사업, 그린 리모델링 민간 지원 사업, 건물 에너지 효율화 사업 (Building Retrofit Project; 이하 BRP) 융합지원, 저소득층 에너지 효율 개선 사업 등이 있다.

또한, 2020년 6월 3일 수요일에 국토교통부에서 발표한 「2020년 제3 회 추가 경정 예산안」에서 정부는 전국 22만 5000호 노후 공공 건축물과 공공 임대주택에 대하여 그린 리모델링 사업을 추진하는데 2,352억 원을 반영하겠다고 발표하였다¹⁷⁾. 그린 리모델링을 위한 대표적인 정책국토교통부의 그린 리모델링 사업의 주요 내용은 다음과 같다.

경우를 가정한 미래 배출량 전망치 (국토 연구원, 참고정보원, 국토용어해설)

16) 대한민국 정책브리핑, 정책 위키, 한눈에 보는 정책, 기획&특집, 한국판 뉴딜, 2021년 9월 10일,

<https://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148874860>

17) 김기대 최철승 윤형석, 2020년 제 3회 추가경정예산안 중 국토교통부 소관 내용, 2021년 09월 10일, https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtI.jsp?cmspage=2&id=95083971

- 공공 건축물 그린 리모델링: 노후 어린이집, 보건소, 의료기관 1,085동 대상 고단열 벽체, 고성능 창호, 환기시스템 보강 (1,992억 원)
- 공공 임대주택 그린 리모델링: 경과 년 수 15년 이상 노후 영구 매입 임대 주택 1.03만 호 대상 에너지 시설 성능향상 (360억 원)

이와 같이 정부는 그린 리모델링 사업의 활성화를 위한 많은 지원을 하고 있다. 정부의 지원에 더해 그린 리모델링의 실제 적용이 확대되려면, 건축주들의 자발적인 참여가 필수적이다. 정부는 한국토지주택공사 내 그린 리모델링 창조센터를 설립하여 관련 사업에 참여를 독려하고 있다. 결과적으로 그린 리모델링을 집계하기 시작한 2015년 이후 연도별 사업 금액과 사업 건수를 보면 국내 그린 리모델링 실행이 큰 폭으로 증가하였음을 <그림 3>¹⁸⁾을 통해 확인할 수 있다.

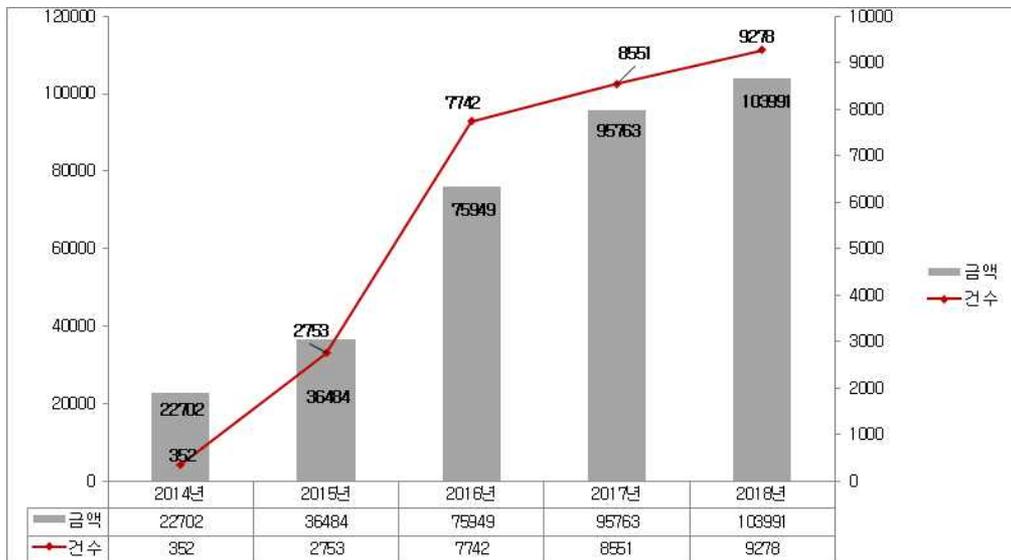


그림 3 그린 리모델링 연도별 사업 현황 (2020년 8월 기준, 단위 백 만원)

18) 그린 리모델링 센터 한국 토지 주택 공사 민간이자 지원 사업 사업실적, 2021년 9월 16일, <https://www.greenremodeling.or.kr/support/sup3000.asp>

그러나 기존 리모델링 사업에서는 에너지 절약 요소 기술에 대한 시공 품질이 낮다. 리모델링 후 에너지 성능 확보가 불확실하고, 최근 정책 및 신공법에 대한 정보가 부족하여 설계오류를 범하는 등의 문제점이 있다. 특히 그린 리모델링 사업은 사업 발굴, 기획, 사업성 분석, 설계시공 사후관리, 사업비 조달 등 복합적인 요소가 고려되어야 한다¹⁹⁾. 사업이 성공적으로 진행되려면 기획설계 단계에서 사업 참여자 간 만족할만한 합의에 이르도록 도울 수 있는 의사결정 지원 모델을 통해 합리적인 대안을 선택할 수 있어야 한다.

19) 남성훈, 김경래. (2017). 그린 리모델링 사업 활성화를 위한 발주방식 제안, 한국 건설관리학회 논문집, Vol. 18 No. 2, 3-11.

2.2 건설 분야 의사결정 관련 기존 연구 고찰

‘의사결정’이란 문제와 관련된 사실을 수집, 분석하고 이 데이터가 가진 가치를 다양한 관점에서 해석하여 대안을 찾는 과정이다. 의사결정과정은 객관적 사실 뿐만 아니라 가치판단도 포함하기에 상황에 따라 의사결정자의 주관적인 생각이 반영될 뿐 아니라 시간의 경과와 상황에 따라 변화하는 동태적인 과정이기도 하다²⁰⁾.

의사결정 과정은 크게 2가지로 분류된다. 첫 번째는 Herbert A. Simon이 제안한 ‘만족 모형’ 모델이고, 두 번째는 Charles E.Lindblom의 ‘점증 모형’ 모델이다. ‘만족 모형’은 최적의 대안이 아닌 어떤 문제의 필요성만 만족시키면 그 대안을 선택하는 이론이다. ‘점증 모형’은 현실을 긍정하는 동시에 현실보다 좀 더 향상된 정도의 수준을 선택하는 이론이다²¹⁾. 현재 상태의 극적인 개선보다는 점증적으로 달라지는 수준에서 의사결정을 한다. 리모델링 의사결정을 위해서는 두 가지 모델 중 원하는 목적에 도달하기 위한 최적의 대안을 선택하는 점증 모델을 선택하는 것이 합리적이다.

앞서 언급한 바와 같이 의사결정이란 여러 가지 선택 가운데, 어떤 목적이나 목표를 가장 효과적으로 달성하게 하는 최적의 행동 또는 방법이다. 따라서 효과적으로 목표를 달성하기 위해서 반드시 선택 가능한 여러 가지 방법이 필요하다²²⁾. 이에 따른 의사결정과정은 다음의 과정을 거친다.

20) 박성환, 건설사의 주택도급사업 시공 참여 의사결정 요인에 관한 연구, 건국대학교 대학원 석사학위 논문, 2011

21) 김동재, 공동주택 리모델링 사업 추진을 위한 의사결정 요인에 관한 연구, 강원대학교 대학원 박사학위 논문, 2010

22) 김현주, 환경친화적 비용편익을 고려한 공동주택 실내리모델링 의사결정 모델, 경북대학교 대학원 박사학위논문, 2009

1) 문제의 정의

첫 단계로 어떤 문제를 해결해야 하는가 파악하고 정의한다. 무엇을 달성하고, 어떤 이익이 있을 것이고, 어떤 가치를 추구하는 문제인지 명확하게 설정해야 한다.

2) 대안의 개발

의사결정에 대한 문제정의가 되었다면, 해결할 수 있는 다양한 방법 중 최적의 대안 (Alternative)을 탐색하여 확정한다.

3) 의사결정 모형 수립

대안이 확정되면 각각의 대안에 대해 고려해야 하는 요소를 정하는 절차이다. 주로 선택에 용이한 계량적인 모형이 선택되는데 각각에 대안에 대해 어떠한 항목을 포함시킬 것인가 선정하는 단계이다.

4) 자료 수집

의사결정 모형이 결정되었다면 모형에 필요한 자료를 수집하여 모형에 대입한다. 자료(Data)는 구체적인 정보(Information)일 수도 있고, 사실(Fact)일 수도 있다.

5) 대안 선택

수집된 자료를 의사결정 모델에 대입하면 의사결정을 위한 모든 작업은 끝나고, 모형에 따라 계량화된 정보 중 하나를 의사결정자가 선택해야 한다.

6) 대안의 실행 및 평가

여러 대안 중 하나를 선택하면 그 대안을 이행(Implementation)한다. 이행한 결과는 평가 및 예측되고 그 적합성 여부도 판단해야 한다.



그림 4 의사결정 과정

건설 분야에서 다루는 의사결정 모델의 특징은 사업에 참여하는 주체들의 필요가 서로 다르다는 것이다. 따라서 건설 사업에 참여하는 주체들의 필요를 충족시키려, 다양한 분석기법을 취한 기존 연구가 존재한다. 본격적인 연구를 시작하기 앞서, 기존에 수행하였던 의사결정 모델들의 구축 방법에 대하여 알아보려 한다. 각 연구의 목적을 달성하기 위해 어떤 분석기법 활용하였는지 검토하여 가장 효과적인 리모델링 의사결정 모델 구축 방안을 도출하려 한다.

이명휘(2017)²³⁾는 공동주택의 그린 리모델링을 위한 최적 의사결정 지원 시스템개발을 위해 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용한 자동보정 기법을 개발하였다. 이를 통해 건물에서 발생하는 온실 배출량을 효과적으로 절감하여 그린 리모델링 참여를 유도하였다. 맹준철(2011)²⁴⁾은 지하 공사와 터널 공사에 사용되는 장비 수량 산정에 있어 과학적인 의사결정을 가능케 하면서 동시에 장비 및 인원 투입 계획에 체계성을 시각화하고 최적의 공사 기간 및 공사비용을 제시할 수 있도록 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 활용하여 관리자의 의사결정 지원체계를 만들었다. 김정우(2018)²⁵⁾은 오피스 빌딩의 노후화와 환경문제를 해결하기 위해, 리노베이션이 완료된 오피스빌딩 90개 사례를 기반으로 다중 회귀 분석(Multiple Regression Analysis, MRA)와 사례 기반 분석(Case Based Reasoning, CBR)을 활용하여 리노베이션 이후 오피스빌딩의 금전적 가치 예측 모델을 개발하였다. 김기영(2018)²⁶⁾은 입찰 또는 계약 체결 시, 계약 당사자 간 소모적인 분쟁을 방지하고 공사 기간 연장으로 인한 추가 간접비 지급을 원활하게 하는 간접비 산정모델 도출을 위해 CBR을 활용하여 공기연장 추가 간접비 산정모델을 제시하였다. 이때 분석 대상을 공사 기간 연장으로 인한 추가 간접비 소송판결문에서 인정한 간접비를 기초로 하여 신뢰성을 확보하였다.

23) 이명휘 외 2명, 공동주택의 그린 리모델링을 위한 최적 의사결정 지원 시스템 개발을 위한 프레임워크, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 2017 Vol. 37 Issue 1 Pages 895-896

24) 맹준철, 시간-비용 상관관계를 고려한 최적화 공정관리 의사결정 모델 개발, 고려대학교 대학원, 2011

25) 김정우, 리모델링 오피스빌딩의 가격 예측 모델, 조선대학교 대학원, 2017

26) 김기영, 사례기반추론(CBR) 기법을 적용한 공기연장 추가 간접비 산정모델, 서울시립대학교 국제도시과학대학원, 2018

김현주(2009)²⁷⁾는 실내공간 리모델링 시, 거주자가 정형화된 평가지표에 따라 친환경 경성 반영 및 도입 정도를 성능요인과 경제성을 고려하여 채택하는 의사결정 지원모델을 제시하였다. 이를 위해 개별 주호(宙戶)의 실내리모델링 의사결정 요인 및 주요 항목을 조사하였고, 시행 타당성 여부를 판별하는 계층화 분석법(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 활용하여 의사결정 요인을 정량화하였다. 김기인(2010)²⁸⁾은 오피스 건물의 리모델링 공사 방법 선정을 위해 전문가를 대상으로 한 설문조사 데이터를 바탕으로 오피스 리모델링 공사 방법 결정요인에 대한 중요도를 도출하여 의사결정 지원 모델을 제안코자 사업 시행 타당성 여부를 판별하는 AHP를 활용하였다. 조홍규(2013)²⁹⁾는 사업 초기 계획 및 설계 단계서 단독주택의 경제성과 환경성을 고려한 타당성 결정요인 평가항목을 선정하기 위해 다기준 의사결정 접근법을 분석의 틀로 활용하였다. 그리고 선정된 항목의 상대적 가중치 및 중요도 평가를 위해 AHP 분석을 실시하여 지속 가능한 건축물 다 기준 의사결정 항목에 대한 상대적 가중치 및 중요도를 산정하였다. 김재성(2016)³⁰⁾은 공동주택의 가격변화패턴을 예측하기 위한 모델을 개발하기 위해 인간 뇌의 신경망 구조를 모방한, 인공신경망 이론(Artificial Neural Network, ANN)을 적용하였다. 상기의 리모델링 사례를 수집하여 사례별 패턴 정보를 <표 3>에 정리하였다.

27) 김현주, 환경친화적 비용편익을 고려한 공동주택 실내리모델링 의사결정 모델, 경북대학교 대학원 2009
 28) 김기인, 오피스 리모델링 공사 방법 선정을 위한 의사결정 모델에 관한 연구, 한양대학교 공학대학원, 2010
 29) 조홍규, 다 기준 의사결정 방법론을 활용한 건축물의 지속가능성 평가모형 개발에 관한 연구, 경기대학교 2013
 30) 김재성, 리모델링 공동주택의 가격변화패턴 예측모델, 조선대학교 대학원 2016

표 3 의사결정 관련 문헌의 분석기법 종합

Author (Year)	Research Title	Analytical Technique
이명휘 외2 (2017)	공동주택의 그린 리모델링을 위한 최적 의사결정 지원 시스템 개발을 위한 프레임워크	✓ Genetic Algorithm
맹준철 (2011)	시간-비용 상관관계를 고려한 최적화 공정관리 의사결정 모델 개발	✓ Genetic Algorithm
김정우 (2017)	리모델링 오피스 빌딩의 가격 예측 모델	✓ Multiple regression analysis(MRA) ✓ Case Based Reasoning (CBR)
김기영 (2018)	사례 기반 추론(CBR)기법을 적용한 공기연장 추가 간접비 산정모델	✓ Case Based Reasoning (CBR)
김현주 (2009)	환경친화적인 비용편익을 고려한 공동주택 실내리모델링 의사결정 모델	✓ Analytic Hierarchy Process (AHP)
김기인 (2010)	오피스 리모델링 공사방법 선정을 위한 의사결정 모델에 관한 연구	✓ Analytic Hierarchy Process (AHP)
조홍규 (2013)	다 기준 의사결정 방법론을 활용한 건축물의 지속가능성 평가모형 개발에 관한 연구	✓ Analytic Hierarchy Process (AHP)
김재성 (2016)	리모델링 공동주택의 가격변화 패턴 예측 모델	✓ Artificial Neural Network (ANN)

<표 3>을 통해 의사결정에 대해 다룬 연구에 대하여 알아보았다. 기존 문헌 연구 결과, 국내에서 의사결정과 관련된 연구가 활발히 진행되었으나 앞서 서술한 연구를 종합하였을 때 도출된 기존 연구의 한계점을 다음과 같다.

(1) 리모델링 기술의 적용사례를 분석할 시 ‘수동’으로 처리한다는 한계가 있다. 이는 의사결정을 필요로 하는 사용자의 이용과 이해에 있어 제한이 있다. (2) 의사결정이 완료되고 난 후 리모델링 혹은 제시한 모델을 시행한 결과도출 이후 ‘확장성’ 즉, 의사결정 모델을 실행한 결과를 하나의 일정한 형식으로 통일시켜 다음 사례를 위한 데이터베이스로 생성하는 과정이 미흡하다. 따라서 이 한계를 극복할 방법이 필요하다.

2.3 온톨로지 개념 및 온톨로지 기반 의사결정 연구 고찰

2.3.1 시멘틱 웹 기반 온톨로지 개념

1990년대 초 WWW (World Wide Web)이 개발된 후 누구나 웹 기술을 활용하여 정보를 만들고, 만들어진 정보에 접근하기 쉽게 발전되었다. 하지만 웹이 범용화 되어 가며 2 가지 문제가 발생했다. 첫 번째 문제는 정보의 입도(particle)였다. 웹의 이용이 확대 되어가면서 데이터는 점점 더 복잡해졌고, 인간 위주로 구성된 정보는 컴퓨터가 이해하기 부적합한 형태였다. 두 번째 문제는 정보의 연결이었다. 정보를 세밀하게 분류한다고 해도 그 정보가 어떤 관계로 연결되어있는지 알면 전체적으로 정보의 정밀도는 자연스레 향상된다.³¹⁾ 이러한 한계를 극복하기 위해서 1998년, 인간이 아닌 컴퓨터가 이해할 수 있는 정보 체계를 지닌 시멘틱 웹(Semantic Web)이 출시 되었다. 시멘틱 웹은 기존의 웹을 확장한 개념으로 기계가 이해할 수 있는 의미(Semantic)를 지닌 정보의 웹을 의미한다. 즉 기존의 WWW(World Wide Web)에서 확장된, 인간이 생각하는 의미를 기계가 이해하는 정보공간이다³²⁾. 이러한 시멘틱 웹은 사물의 의미를 이해하여 정보 검색이 가능하기에 훨씬 복잡한 내용을 정확하게 찾는데 유용하다. 또한 시멘틱 웹의 발전이 계속되면 사람이 사고하여 처리해야 하는 정보를 웹 안에서 자동으로 처리할 수 있게 된다³³⁾.

시멘틱 웹 내에 존재하는 다양한 정보(Resource)를 표현하는 언어로 자원 기술 프레임워크, RDF(Resource Description Framework)가 있다. RDF는 자동차, 인간과 같은 구체적인 것부터 축제, 사업 등 추상물까지 이르는 다양한 개념을 ‘자원(Resource)’으로 설정하고, 이를 URI(Uniform Resource Identifier)를 통해 고유식별자를 갖게 하여 개념을 기술하는 방식이다³⁴⁾. RDF 구조는 RDF triple이라는 주어 목적어 관계어 등 3

31) 정재은 이인근 황도삼 역 “차세대 웹과 지식처리의 핵심기술 시멘틱 웹”, 두양사, 2015 , p20~30

32) T. Berners-Lee, J. Hendler and O. Lassila, “The semantic web” Scientific American 2001 Vol. 284 Issue 5 Pages 34-43

33) D. Fensel, “Ontologies: Dynamic networks of formally represented meaning”, Vrije University: Amsterdam, 2001

34) F. Manola, E. Miller and B. McBride W3C recommendation 2004 Vol. 10 Issue 1-107 Pages 6

가지 요소로 구성되어있다. 이 요소를 통해 객체 또는 개념에 대한 관계성을 정의하고 구체적인 의미를 부여하기 위해 RDF구조의 객체나 개념에 URI를 부여한다. RDF기반 데이터는 여러 형태로 표현된다. RDF/XML(*.RDF), N-Triple(*.N_T), Turtle(*.TTL)³⁵⁾ Notation-3(*.N3³⁶⁾)등이 범용적으로 사용되고 있다. 또한 RDF 구조는 의미적 연계성을 강화시켜 온톨로지와 활용하기 위해 RDF Schema(RDFs)를 제공하고 있고 RDFs에는 클래스, 하위클래스, 코멘트, 데이터 유형 등을 포함한 구체적인 사항이 있어 온톨로지 기반 RDF 데이터 작성을 용이하게 한다.

위와 같이 RDF로 모든 자원과 속성에 대한 새로운 URI를 만들었다면, 이 URI와 기존에 존재하던 다른 정보를 가진 URI를 접목하여 연결하면 더 많은 작업을 수행할 수 있다. 이 작업을 수행하기 위해, 온톨로지(Ontology)를 활용해 데이터의 타입 혹은 링크 타입에 대해서 의미를 부착하면 RDF로 표현된 데이터 간의 연계가 가능해진다³⁷⁾. 온톨로지란 본래 철학 분야에서 나온 용어로 “존재를 체계적으로 이론화 한 것 (존재론)” 혹은, “인간에 의한 세계를 근본적인 이해이며, 이들을 체계적으로 표기한 것”³⁸⁾ 이라고 정의한다. 온톨로지로 데이터를 체계화하였다면 이를 웹상에서 검색과 추론을 가능하게 할 수 있는 언어가 필요하다. 온톨로지를 기술하기 위해 OWL(Ontology Web Language)이 사용되며, 이를 통해 어휘 사이 관계의 정의와 추론이 가능해진다. OWL의 구성은 다음 <표 4>과 같고, 온톨로지가 가진 기본 구성을 통해 모호한 단일 데이터에 확실한 의미를 부여한다. 그 결과 컴퓨터가 인간의 의도를 파악해 검색을 수행하는 시멘틱 웹의 기본적인 바탕을 구축할 수 있다.

35) D. Beckett, T. Berners-Lee, Turtle Terse RDF Triple Language - W3C Team Submission 28 March 2011

36) T. Berners-Lee, D. Connolly, Notation 3(N3): a readable RDF syntax - W3C Team Submission 28 March 2011, W3C Team Submission

37) DuCharme, B. (2013). Learning SPARQL: querying and updating with SPARQL 1.1. " O'Reilly Media, Inc."

38) 최기선 황도삼 역 “온톨로지 공학” 두양사, 2015

표 4 OWL 온톨로지의 기본 구성

OWL(Ontology Web Language) 의 기본 구성	
온톨로지 헤더(Header)	OWL 온톨로지 전체의 정보를 기술
클래스 정의(Class axiom)	클래스 정의를 기술
프로퍼티 정의(Property axiom)	프로퍼티의 정의를 기술
개체 (Individual)	개체(Instance)를 기술

시멘틱 웹을 위한 온톨로지를 구축하기 위한 첫 단계는 온톨로지 구축 목적을 명확하게 하는 것이다. 이에 따라 온톨로지를 구축하려는 분야에 대한 지식을 개념화하여 정의한다³⁹⁾. 온톨로지를 구축하는 절차는 다음과 같다.

1. 온톨로지 정의: 온톨로지의 범위와 목적을 확실하게 정의하고, 어떤 용도 및 목적으로 쓰이는가, 사용자는 누구인가를 정의한다.
2. 개념화: 해당 분야의 정보를 합치고 모델을 개념화하여 변환한다. 이때 개념화 모델은 클래스(Class), 속성(Attributes), 관계 (Relations)를 포함하여 정의한다.
3. 정형화: 전 단계에서 개념화한 모델을 온톨로지로 정형화한다. 이때 정형화한 온톨로지는 OWL등의 표준화 포맷을 채택할 수 있고, OWL-Lite, OWL-DL, OWL-Full과 같은 방식이 있다.
4. 통합: 기 구축된 온톨로지가 있는 동시에 해당 온톨로지가 통합되어야 할 때 이를 재활용하거나 통합을 위한 연계 관계를 정의한다.
5. 실행: 구축된 온톨로지를 코드화하여 컴퓨터 언어로 변환하고 검증한다.
6. 평가: 기술 또는 실무적 관점에서 온톨로지를 검증하고 평가한다.
7. 문서화: 온톨로지를 추후 재사용 할 수 있도록 표준화된 양식으로 문서화한다.
8. 관리: 온톨로지를 관리하기 위해 클래스, 속성, 관계 등을 업데이트하고 관리하여 지속적으로 지식과 정보를 확장 및 추가한다.

39) Gómez-Pérez, A. (2001). Evaluation of ontologies. International Journal of intelligent systems, 16(3), 391-409.

OWL에서는 owl:Class를 사용하여 클래스를 표현한다. 클래스란 사용자가 분류하려는 객체를 유사한 특징을 가진 리소스끼리 그룹핑하여 표현하는 것이다. owl:Class는 rdfs:Class의 서브클래스이다. 또한 OWL에서 클래스 인스턴스를 개체(Individual)라 부른다. 앞서 언급하였던 Protégé에는 OWL을 정의할 수 있는 클래스가 몇 가지 준비되어 있다. 그중 모든 개체의 집합을 나타내는 것을 owl:Thing, 개체를 하나도 갖지 않는 집합을 나타내는 것은 owl:Nothing이다. 클래스는 클래스 간의 관계를 다음과 같은 기술로 표현하여 관계망을 형성한다.

- rdf:subClassOf : 서브 클래스(계승 관계)의 정의
- owl:equivalentClass : 등가 관계의 정의
- owl:disjointWith : 배타 관계의 정의

예를 들어 ‘학교’에 대한 온톨로지를 작성한다면, 먼저 학교가 가진 객체를 그룹핑하여 클래스로 표현한다. 학교가 가진 속성은 학생과 직원, 사립학교, 공립학교, 과목 등이 있다. 또한 학생은 저학년과 고학년, 직원은 교직원과 비(非) 교직원과 같은 하위 집합으로 다시 한번 나뉘게 된다. 나누어진 속성은 다음의 클래스로 표현한다.

▼ owl:Thing

▼ Student

- ▶ Junior_Student
- ▶ Senior_Student

▼ Staff

▼ Non Teaching

- ▶ Supporting
- ▶ House_Keeping
- ▶ Administrative
- ▶ Maintenance

▼ Teacher

▼ School

- ▶ Govt
- ▶ Private

▼Subject

클래스는 또한 서로 간의 관계를 서술자(Description)을 통해 정의할 수 있다. 예를 들어 ‘학생(Student)은 직원(Staff)와 반대 관계이다.(Disjoint With)’ 를 통해 객체 간 역관계를 표현할 수 있다. 혹은 ‘행정관리자(Administrative)는 유지관리자(Maintenance)와 동등한 관계이다.(Equivalent to)’ 와 같이 객체 간 등가관계를 표현할 수 있다.

OWL에서 클래스를 정의하고 난 후에는 프로퍼티(Property)를 정의하여 클래스에서 정의한 객체 간 관계를 기술한다. 프로퍼티에는 두 종류가 있다. 하나는 객체와 객체 간 관계를 기술하는 객체 프로퍼티(Object Property, owl:ObjectProperty), 두 번째는 개체와 데이터값과의 관계를 기술하는 데이터 프로퍼티(Data Property, owl:DatatypeProperty)이다.

객체 프로퍼티는 다른 프로퍼티 간의 관계를 정의한다. 기술 가능한 관계는 다음과 같다.

- rdf:subClassOf : 서브 프로퍼티 관계
- owl:equivalentClass : 등가관계
- owl:inverseOf : 역관계

앞서 예시로 만들었던 학교에 대한 온톨로지를 작성하였다면, 클래스와 클래스 간 관계를 기술하기 위해서는 객체 프로퍼티를 활용해야 한다. ‘학생이 학교에 등록하다.’ 는 ‘admits’ 를, ‘학생은 선생님께서 배운다.’ 는 ‘learns’ 를 사용한다. 이렇게 RDF 스키마로 어휘를 사용하여 리소스에 대해 기술하면 객체에 대한 설명이 명확해진다. 여기서 정의할 객체 프로퍼티의 세부 사항의 표현을 서술하는 방법은 다음과 같다.

▼owl:topObjectProperty

- ▶ admits (Student admits School)
- ▶ employs (Maintenance employs School)
- ▶ learns (Student learns Subject)
- ▶ teaches(Teacher teaches Student)

다음으로 클래스와 객체 프로퍼티가 설명하고자 하는 세부 데이터를 입력하는 데이터 프로퍼티가 있다. 여기에는 앞서 정의한 객체가 가지는 세부적인 데이터 값이 들어간다. 예를 들어 학생이 학교에 등록한 날짜(JoinedON), 직원 번호(staffID), 학생 번호(StudentID)와 같은 사항이 있다. 데이터 프로퍼티는 다음과 같이 표현된다.

▼owl:topDataProperty

- ▶ joinedON
- ▶ staffID
- ▶ studentID

위와 같은 OWL 클래스와 프로퍼티에 대한 객체 정의가 완료되면 이를 활용하여 개체 (Individual)를 정의한다. 우선 OWL로 객체를 정의한다는 것은 클래스로의 소속과 프로퍼티의 정의나 개체의 동일성을 정의하는 것 두 가지로 나뉜다. 인스턴스로 소속과 프로퍼티 값을 정의하는 것은 OWL에서는 클래스나 프로퍼티를 사용하는 객체가 어떤 클래스에 속하는지, 어떤 프로퍼티를 가지는지 기술하여 개체를 정의하는 것을 의미한다. 즉 인간이 인식 가능한 모든 자원(Resource) 용어를 기술하는 것이 RDF이고, RDF로 표현된 정보 간의 의미를 보다 세련되게, 동시에 구체적으로 정의한 것을 바탕으로 추론을 수행하는 것이 온톨로지다⁴⁰⁾.

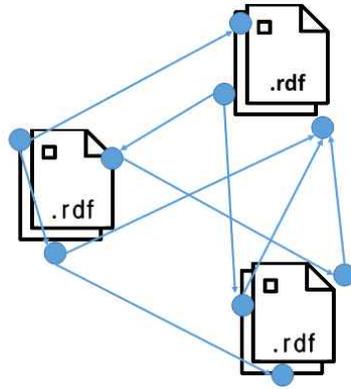
RDF를 통해 데이터를 표현하고, 온톨로지로 의미를 가진 각각의 RDF를 연계시켜 의미를 부여하였다면 사용자는 웹에서 사용자의 의도에 맞는 질의를 하여 특정 사항에 대한 검색을 수행할 수 있다. SPARQL(Simple Protocol and RDF Query Language)은 사

40) 강현민, RDF/OWL의 객체속성을 이용한 관계 온톨로지 시스템 구축과 활용에 관한 연구. 서울, 연세대학교 대학원. (2010).

용자가 원하는 질의를 위해 설계되었다. 이때 SPARQL에 질의하기 위해서는 데이터가 RDF 모델을 준수하는 상태일 때만 가능하다. 이 서비스를 통해 웹에 존재하는 데이터 소스 간 검색을 실행하는 것이 가능해진다. 이 검색 방식은 키워드 대상으로 하는 검색이 아닌 사용자가 설정한 의미 기반의 검색 시스템이기 때문에 콘텐츠, 문헌검색과 같은 특정 분야에서 의미 기반 검색 시 주로 활용된다⁴¹⁾. 다음 <그림 5>는 SPARQL을 활용한 RDF 데이터 검색에 대한 전체적인 프로세스를 설명한다. 먼저 데이터를 세분화하여 데이터를 자세하게 실현하는 수단으로 RDF가 사용된다. 다음으로 온톨로지를 통한 다른 조직 간의 연계가 가능하다. OWL을 통해 데이터 간 관계를 기술하여 다른 조직의 데이터와도 적절히 연계한다. 마지막으로 SPARQL에 의해 RDF로 표현된 데이터에 대한 검색을 실시한다. SPARQL을 통해 웹상에 존재하는 모든 데이터와 연계 검색이 가능하다⁴²⁾.

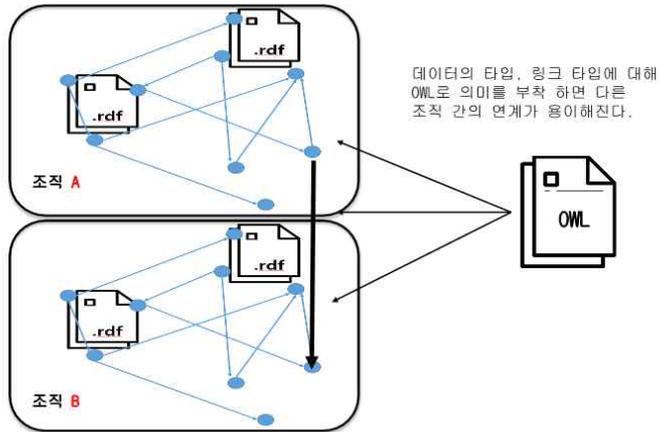
41) 유성재, 대화형 한글 GUI를 이용한 시맨틱 웹 기반 SPARQL 질의 생성에 관한 연구, 연세대학교 대학원 2013

42) 정재은 이인근 황도삼 역 “차세대 웹과 지식처리의 핵심기술 시맨틱 웹”, 두양사, 2015, p35

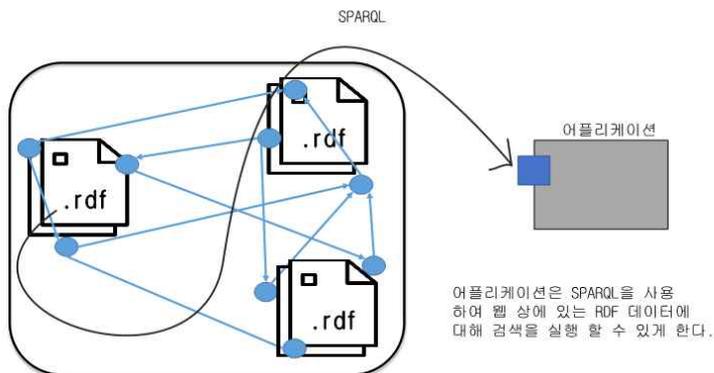


RDF에 의해 세분화된 데이터들이 타임이 있는 링크에 의해 연결된다.

RDF로 표현된 데이터



온톨로지를 사용한 다른 조직 간의 데이터 연계



어플리케이션은 SPARQL을 사용하여 웹 상에 있는 RDF 데이터에 대해 검색을 실행할 수 있게 한다.

그림 5 SPARQL을 사용한 RDF 데이터에 대한 검색 프로세스

온톨로지 구축을 완료하였다면, 이를 기반으로 검색을 실시하여 사용자가 원하는 결과를 도출한다. 이를 위해 ‘Protégé’ 도구를 활용하였다. Protégé는 온톨로지를 사용하여 지식기반 응용 프로그램을 구성할 수 있는 도구를 사용자 커뮤니티에 제공하는 무료 오픈 소스 플랫폼이다. ‘Protégé’ 는 스탠포드 대학에서 작성된 Java 기반의 온톨로지 에디터이다. 즉 웹을 통해 사용자의 저장소에서 검색 질의 수행이 가능한 온톨로지를 구현해주는 것이다. Protégé를 통해 OWL 도큐먼트를 임포트(Import)하고 작성한 온톨로지를 OWL·N3 등 임의 형식의 언어로 출력 가능하다. 또한 RDF 데이터 검색이 가능한데 이때 검색 상의 RDF 데이터에 OWL 온톨로지를 이용한 추론을 수행한다⁴³⁾.

온톨로지를 구축하고 나면 제나(Jena) 프로젝트의 일부인 ‘Apache Jena Fuseki’ 를 통해 OWL 추론을 수행하여 원하는 정보를 검색한다. 원하는 키워드를 입력하고 사용자가 설정한 추론 과정을 거쳐 정보 간 관계를 보여준다. 다음 <그림 6>은 Protégé의 구조를 설명하기 위한 그림이다. Protégé 예시를 설명하기 위해 임의로 학교에 대한 정보를 담은 온톨로지를 구축하여 프로세스를 나타내었다.

43) 정재은 이인근 황도삼 역 “차세대 웹과 지식처리의 핵심기술 시멘틱 웹”, 두양사, 2015, pp. 150

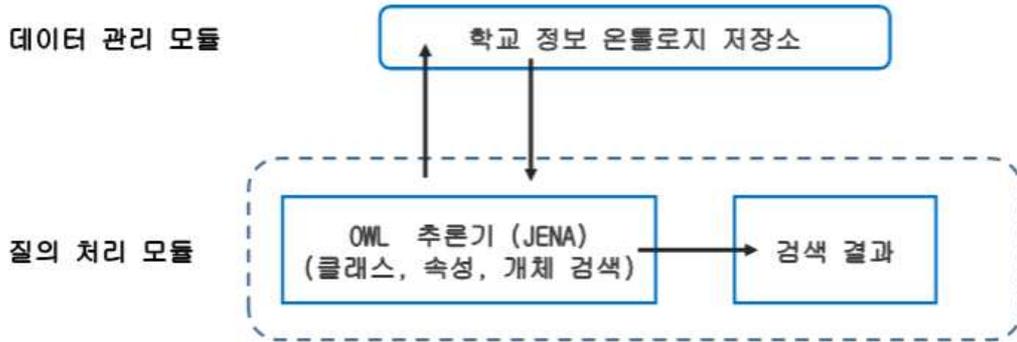


그림 6 온톨로지 기반 학교 검색 시스템 구조

Protégé를 통해 작성한 온톨로지는 학교에 대한 내용을 담은 저장소를 구현한 것이다. 이 저장소에서 검색을 수행하고, 추후에 추가되는 데이터를 저장하기 위해서는 만들어진 온톨로지를 웹에 올려야한다. 이 과정을 통해 저장소 내에 존재하는 데이터에 대한 검색을 수행할 수 있다. 검색을 위한 애플리케이션인 SPARQL을 실행하기 위해 Apache Jena Fuseki를 실행한다. Apache Jena Fuseki는 <그림 7>와 같이 컴퓨터의 명령 프롬프트를 통해 실행시키고, <http://localhost:3030/>을 통해 서버를 시작할 수 있다.

```

명령 프롬프트 - fuseki-server --update --mem /ds
Microsoft Windows [Version 10.0.19043.1165]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\WADMIN>java -version
java version "1.8.0_301"
Java(TM) SE Runtime Environment (build 1.8.0_301-b09)
Java HotSpot(TM) 64-Bit Server VM (build 25.301-b09, mixed mode)

C:\Users\WADMIN>cd C:/apache-jena-fuseki-3.17.0

C:\apache-jena-fuseki-3.17.0>fuseki-server --update --mem /ds
09:28:43 INFO Server      :: Apache Jena Fuseki 3.17.0
09:28:43 INFO Config     :: FUSEKI_HOME=C:\apache-jena-fuseki-3.17.0#
09:28:43 INFO Config     :: FUSEKI_BASE=C:\apache-jena-fuseki-3.17.0#run
09:28:44 INFO Config     :: Shiro file: file:///C:/apache-jena-fuseki-3.17.0#run#shiro.ini
09:28:44 INFO Config     :: Template file: templates/config-mem
09:28:44 INFO Config     :: Load configuration: file:///C:/apache-jena-fuseki-3.17.0/run/configuration/dd.ttl
09:28:45 INFO Server      :: Database: in-memory
09:28:45 INFO Server      :: Path = /ds
09:28:45 INFO Server      :: Path = /dd
09:28:45 INFO Server      :: System
09:28:45 INFO Server      ::   Memory: 1.0 GiB
09:28:45 INFO Server      ::   Java:   1.8.0_301
09:28:45 INFO Server      ::   OS:    Windows 10 10.0 amd64
09:28:45 INFO Server      ::   PID:   12960
09:28:45 INFO Server      :: Started 2021/09/08 09:28:45 KST on port 3030
  
```

그림 7 명령 프롬프트를 통한 Fuseki Server 실행

명령 프롬프트를 통해 서버를 실행하면 ‘Apache Jena Fuseki’를 활용한 추론이 가능한 인터넷 페이지에 접속 가능하다. 이 추론기를 통해 사용자는 Protégé를 통해 본인이 의도하였던 질의가 가능하다. Apache Jena Fuseki의 ‘Query’ 탭에서 사용자가 원하는 내용을 검색할 수 있다. 예를 들어 Rick이라는 학생의 학교 입학 날짜를 알고 싶다면 ‘Query’ 탭에 컴퓨터가 인식 가능한 다음과 같이 입력한다.

```

SELECT ?NAME ?DATE
    WHERE
{
    ?STUDENT TABLE:ADMITS ?NAME.
    ?NAME TABLE:JOINEDON ?DATE.
}
  
```

입력 값을 살펴보면, [SELECT] 구문을 통해 사용자가 찾고자 하는 학생의 이름 [?NAME] 입학날짜[?DATE]를 질의한다. 질의한 데이터의 위치를 찾기 위해 <WHERE> 구문을 사용한다. 학생 이름 데이터의 위치는 [TABLE:ADMITS]에서, 입학 날짜는 {TABLE:JOINEDON}에서 찾을 수 있다. 상기의 내용을 SPARQL에는 4개의 질의 형식 즉 SELECT, CONSTRUCT, ASK, DESCRIBE로 분류된다. 이 4가지 질의 형식의 차이점은 다음 <표 5>와 같다.

표 5 SPARQL 질의 분류

질의 형식	용도	결과
SELECT	매치한 그래프로부터 지정된 노드의 값을 검색한다.	변수와 이에 매치 된 값
CONSTRUCT	매치한 그래프로부터 지정된 그래프를 생성한다.	RDF 그래프
ASK	매치했는지 여부를 묻는다	부울 값
DESCRIBE	매치한 그래프로부터 지정된 노드에 관해 기술한 그래프를 검색한다.	RDF 그래프

예시에서 사용된 [SELECT] 구문은 검색한 그래프로부터 지정한 노드 값을 검색하기 위해 사용되는 형식이다. 이 형식을 활용하여 데이터 간 매칭을 수행한다. Apache Jena Fuseki 에서 SPARQL을 실행한 결과는 <그림 8>과 같다.

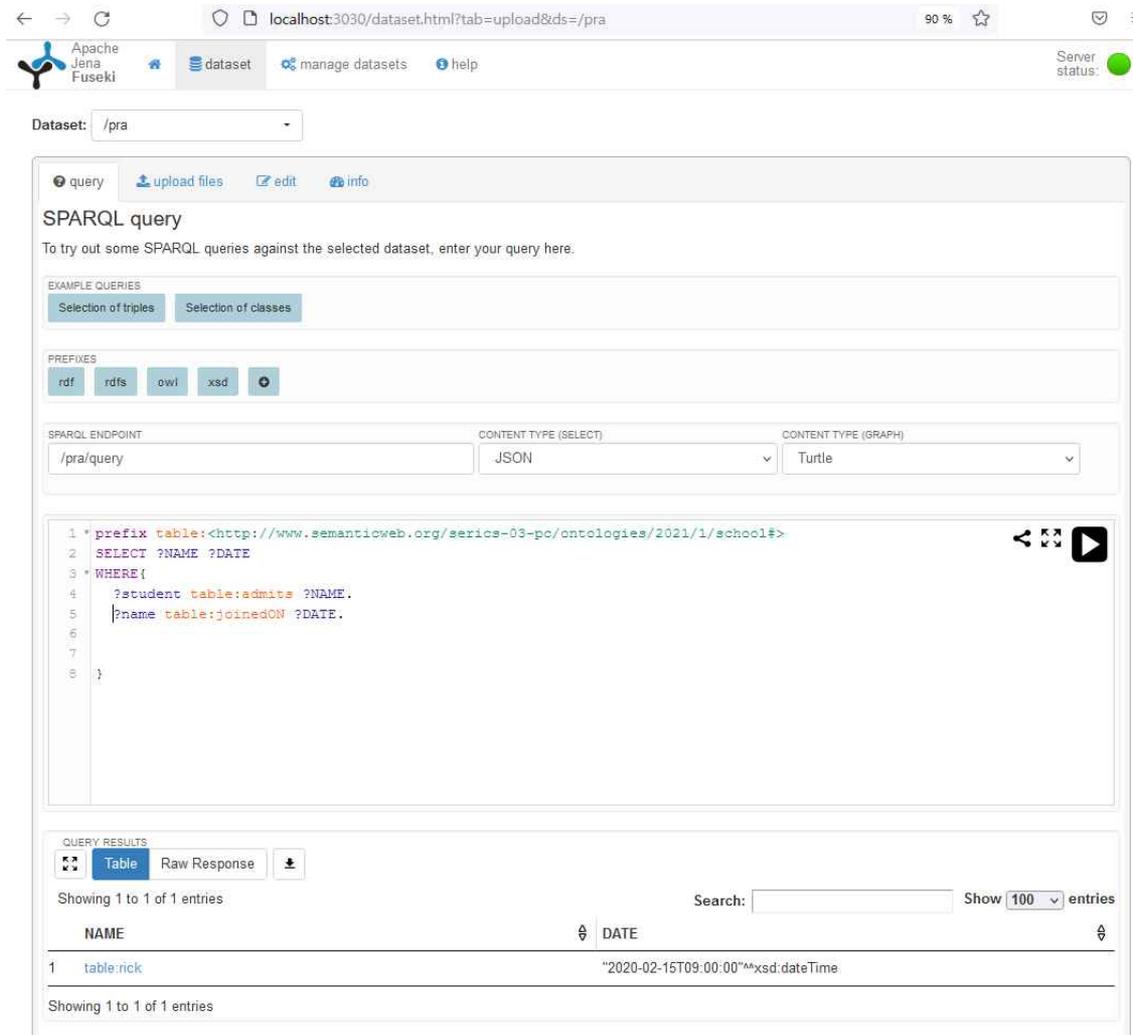


그림 8 Apache Jena Fuseki 추론기를 통한 질의 결과

2.3.2 건설 분야에서 활용된 온톨로지 기반 연구 고찰

건축 분야에서 온톨로지는 다양하게 사용되었다. 김성아 (2005)⁴⁴⁾는 건축물의 정보 표현 및 처리를 위한 온톨로지 구축을 위한 기초 연구를 진행하였다. 이는 온톨로지 개념을 건축물 정보 표현에 접목하여 개념화 한 것으로 객체기반의 건물 공간 구조와 관련 의미들을 IFC 데이터와 연동하여 온톨로지화하였다. 임재복(2008)⁴⁵⁾은 건설의 기획 설계 단계에 해당하는 초기 단계에서 발주자의 의사결정을 지원하기 위한 온톨로지 모델을 제안하였다. 박정대 외1(2010)⁴⁶⁾은 분산된 자료 소스, 다양한 포맷 및 복잡한 정보 표현 등으로 인한 프로세스 불 연속성 문제를 해결하기 위해 정보처리 상호 운용 연동성을 고려한 객체기반 프로덕트 모델의 지능적인 정보 추리에 온톨로지를 활용하였다. IFC 기반으로 상용 CAAD(Computer Aided Architectural Design)패키지에 의해 생성된 자료를 활용하도록 GIS(Geographic Information System)를 포함한 AEC 인접 분야와의 시스템 협업 자료와 상호운용 가능성을 제안하고 이종간 호환을 위해 온톨로지를 제안하였다. 박지은(2016)⁴⁷⁾은 BIM 모델에서 IFC 데이터를 추출하고 이것을 통하여 LCC 산정과정을 온톨로지로 작성하였다. 초기공사비와 수선교체비 산정 온톨로지를 구축하여 수선교체비를 산정하는 업무 과정을 개선하는 프로세스를 제시하여 정확성과 신뢰성 향상을 목표로 하였다. 김가람(2016)⁴⁸⁾은 FM(Facility Management) 분야에서 실질적으로 BIM 정보를 활용할 수 있는 체계를 구축하여 데이터 기반의 업무 프로세스로의 개선을 목표로 하였다. 이를 위해 시멘틱 웹을 활용하여 데이터를 시설관리 작업데이터와 의미적으로 연계할 수 있는 온톨로지를 정의하고, 이를 기반으로 BIM 기반 FM요구정보 통합관리 방안을 구축하여 업무의 정보관리 효율성을 향상시키고 시설물 관련 정보변경에 따른 BIM 정보의 능동적인 업데이트까지 가능하게 하였다. 홍심희(2017)⁴⁹⁾는 국내 친환경 인증 취득 업무에서 자재 정보관리 업무 개선을 위해 시스

44) 김성아, 건축물 정보 표현 및 처리를 위한 온톨로지 적용에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 2005 Vol. 21 Issue 5 pp. 127-134

45) 임재복 외 3명, 기획 초기 단계에서 발주자 의사결정 지원을 위한 온톨로지 적용, 한양대학교 대학원 건축환경공학과, 2008

46) 박정대 외 1, BIM 정보의 상호호환을 위한 온톨로지 기반 데이터 표현에 관한 연구, 대한건축학회 논문집-계획계 2010 Vol. 26 Issue 8 Pages 21-28

47) 박지은, 온톨로지를 활용한 BIM 기반 수선교체비 산정 자동화 프로세스, 광운대학교 대학원, 2017

48) 김가람, 시멘틱 웹을 활용한 BIM 기반 FM 요구정보 통합관리, 광운대학교 대학원, 2016

49) 홍심희, 워크플로링과 온톨로지를 활용한 친환경 인증 건설자재 정보관리 자동화, 광운대학교 대학원, 2018

템 요소인 웹크롤링과 온톨로지를 적용하여 제품정보 수집 및 분류를 자동화하는 프로세스를 제안하였다. 이를 통해 효율적인 친환경 인증업무가 가능하고 더 나아가 건설 자재 정보 관리에 소요되는 업무시간을 단축하고 휴먼에러가 감소할 것으로 기대하였다. 김민석(2017)은 인공지능영역을 활용한 BIM 데이터 구조화를 위해 인공지능영역을 활용하여 건축 정보 온톨로지 체계를 구축하였다. 김세현(2019)⁵⁰⁾은 국내 건설사의 국외 극한지 플랜트 수행 모듈러 공법 의사결정을 지원하기 위해 온톨로지 기반의 의사결정 모델을 제안하였다. 이 연구에서는 실무자 관점의 차이를 온톨로지화하여 전문가 의사결정 점수에 대한 분산치 감소를 기록하여 개선에 성공하였다. 건축 분야에서 온톨로지를 활용한 사례를 다음 <표 6>에 정리하였다.

50) 김세현, 온톨로지 기반 플랜트 모듈화 의사결정 모델, 한양대학교 대학원 2019

표 6 건설 분야 온톨로지 적용 사례 종합

Author (Year)	Research Title	Keyword of Research
김성아(2005)	건축물 정보 표현 및 처리를 위한 온톨로지 적용에 관한 연구	온톨로지 웹온톨로지언어 건물 데이터 모델, 프로테제
임재복(2008)	기획 초기 단계에서 발주자 의사결정 지원을 위한 온톨로지 적용	발주자 의사결정 지원, 온톨로지, 도시재생, 사업관리시스템
박정대 외1 (2010)	BIM 정보의 상호호환을 위한 온톨로지 기반 데이터 표현에 관한 연구	시설물 관리, BIM, 데이터 상호호환, 건설산업 표준 통합모델, 온톨로지
박지은(2016)	온톨로지를 활용한 BIM 기반 수선교체비 산정 자동화 프로세스	생애주기비용, 수선교체비, BIM, 온톨로지, 자동화
김가람(2016)	시멘틱 웹을 활용한 BIM 기반 FM 요구정보 통합관리	시설관리, BIM, 정보기술, 정보통합관리, 시멘틱 웹, 온톨로지, 작업 이력
홍심희(2017)	웹 크롤링과 온톨로지를 활용한 친환경 인증 건설자재 정보관리 자동화	친환경 인증 건설자재, 데이터베이스, 자동화
김세현(2019)	온톨로지 기반 플랜트 모듈화 의사결정 모델	플랜트, 모듈화, 온톨로지, 의사결정

2.4 소결

본 장에서는 그린 리모델링 의사결정 모델의 구축 방법과 관련 연구에 대해 고찰하였다. 의사결정 모델에 대해 다룬 기존 연구의 경우, 문제해결 방식에 사용되는 분석 기법이 수동으로 이루어지고, 도출된 결과의 확장성이 미흡하다는 단점이 있었다. 이 문제의 한계를 극복하기 위해 사용될 수 있는 방법이 온톨로지이다. 온톨로지는 단일화된 방식의 개념 모델링을 구축하기 때문에 개념과 개념 간 커뮤니케이션 및 이해의 공유가 가능하다. 온톨로지는 단일화 프레임워크를 개념 모델링 방식으로 구축하여 개념 간 커뮤니케이션과 이해를 가능케한다⁵¹⁾. 이를 통해 모호한 용어를 배제하고 독자, 문맥에 무관하게 의미 전달을 할 수 있기에 전문가 개개인의 주관적인 판단에 의한 평가 문항의 해석 차를 줄일 수 있다⁵²⁾.

건설 분야 온톨로지 활용사례를 분석하였을 때 2010년 이전 연구들에서는 건축 자재 정보나 건축물 정보 표현과 같이 기본적인 정보를 온톨로지화에 초점이 맞춰져 있었다. 그러다 기술의 발전됨에 따라, 2010년 이후의 연구에서 더 심화된 방법, 즉 건축 물량 산출이나 에너지 분석 효용성 증대, 더 나아가 온톨로지를 통한 공사비 산정과 같은 방향으로 온톨로지를 적용하는 사례가 증가하였다.

이렇듯 건설 분야에서 온톨로지의 활용범위가 넓어지기는 했지만, 한계점도 존재한다. 한계점은 다음과 같다. (1) 선행연구를 종합하여볼 때 온톨로지를 활용한 의사결정 방법을 사용하는 것은 주로 단일 건물에서 단일 영향요인을 기준으로 온톨로지를 구축한 연구가 대다수이다. (2) 그린 리모델링을 위한 의사결정의 관한 연구 역시 의사결정 모델에 온톨로지가 활용된 경우는 전무하다. (3) 제안된 온톨로지 기반 의사결정 모델들은 공통적으로 모델에서 도출된 결과값에 대한 검증은 전문가의 인터뷰를 통해 프로젝트 적합성을 판단한다. 이 적용 방법은 전문가의 경험에 의존한 주관적인 해석이 개입된다는 한계점을 지닌다.

51) 박선경, 문헌정보학 논문을 위한 온톨로지 구축 방법에 관한 연구, 숙명여자대학교 대학원 2008

52) Pandit, A. & Zhu, Y. (2007). An ontology-based approach to support decision-making for the design of ETO (Engineer-To-Order) products. *Automation in Construction*, 16(6), 759-770.

따라서 온톨로지 기반 의사결정 모델 구축의 목적은 다음과 같다. (1) 공공 건축물에 설치된 시스템의 종합적인 입력을 통해, 다양한 공공 건축물에 대한 의사결정이 가능한 모델을 구축한다. (2) 전문가의 경험 의존이 아닌 기수행 데이터 기반으로 판단할 수 있는 모델을 구축한다. (3) 개발된 온톨로지 모델을 통해 다양한 사업 주체의 관점을 반영한 결정이 가능하고, 추상적인 개념을 모델링하는 온톨로지의 특성을 활용하여 어떤 문맥이든 의미 전달이 가능하여 개인에 따른 평가의 해석 차를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 그린 리모델링 계획 시 의사결정을 지원하기 위해 온톨로지 맵을 구축하여 기존 모형의 한계를 극복하고자 한다.

제 3장 온톨로지 기반 그린 리모델링 의사결정 지원 체계

3.1 그린 리모델링 의사결정 지원모델 모듈 설정

3.1.1 그린 리모델링 대안 선정을 위한 기준 모듈(Standard Module) 선정

‘그린 리모델링 의사결정 모델’은 그 명칭에서 알 수 있듯 그린 리모델링 사업을 기반으로 모델이 구축된다. 따라서 그린 리모델링 사업을 통해 얻을 수 있는 정보를 토대로 그 기준을 정하고, 그에 기반하여 모델을 작성해야 한다. 이때, 그린 리모델링 의사결정 모델의 시스템 선정을 위한 고려사항을 ‘모듈(Module)’이라 명명한다. 그린 리모델링 의사결정 모델은 그 결과값으로 리모델링 대안을 제안하게 되는데, 이러한 결과를 도출하기 위해서 기준이 될 모듈이 필요하다. 이때 기준이 되는 모듈을 ‘기준 모듈(Standard Module)’로 명명한다.

기준모듈을 선정하기 위해 사용자의 접근 용이성을 고려하여 기준 모듈을 선정하였다. 의사결정 지원모델의 사용자가 리모델링을 수행하려는 건축물의 세부 정보를 쉽게 열람할 수 있는 방법은 건축물대장 열람이 있다. 따라서 그린 리모델링 사업백서에서 요구하는 요인과 건축물대장을 통해 확인 가능한 요인 간 일치하는 사항을 기준 모듈로 선정하였다. 결과적으로 선정된 기준 요인은 사용자가 웹에서 쉽게 내용을 찾아볼 수 있는 사항이면서 동시에 그린 리모델링 사업에서 요구하는 기본사항을 충족한다.

기준 모듈을 선정할 표준의 접근 용이성을 높일 그린 리모델링 사업백서의 내용을 살펴보았다. 그린 리모델링 사업에서 요구하는 요인과 건축물대장을 통해 확인할 수 있는 요인 간 공통요소를 추출하기 위함이다. 먼저 그린 리모델링 사업의 요소 분석을 진행하였다. 사업 진행 단계는 다음과 같다.

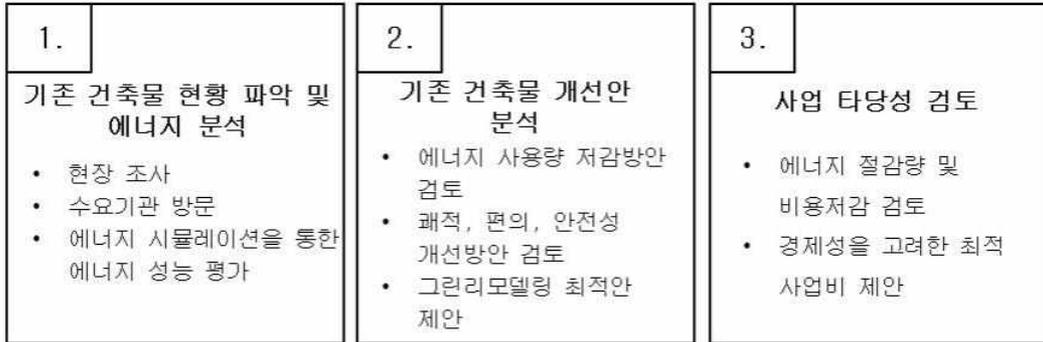


그림 9 그린 리모델링 사업 순서

그린 리모델링은 <그림 9>와 같은 순서로 전개된다. 먼저 기존 건축물 현황평가를 수행하고 그 평가를 기반으로 에너지 분석을 진행한다. 이 단계에서, 현장 조사 수행 및 수요 기관을 방문하고, 방문한 내용을 기반의 에너지 성능평가 시뮬레이션을 통해 에너지 분석을 수행한다. 두 번째로 기존 건축물을 어떻게 개선할 것인지에 대한 개선안 분석에 들어간다. 이 단계에서 에너지 사용량을 어떻게 저감 할 수 있을지 검토한다. 그리고 쾌적, 편의, 안정성을 충족할 수 있는 개선 방안을 검토한다. 이 검토사항을 토대로 그린 리모델링 최적안을 제안한다. 마지막 단계로 사업 타당성을 검토한다. 이 단계에서는 에너지 절감량과 비용 절감 방안에 대해 검토한다. 또 경제성을 고려한 최적의 사업비를 제안한다.

본 연구의 그린 리모델링 대안 선정 모듈의 기반을 추출하기 위해 그린 리모델링의 사업 순서 중 첫 단계에 해당하는 ‘기존 건축물 현황 파악 및 에너지 분석 단계’의 내용을 분석하였다. 이를 위해 노후 건축물 현황평가에 대한 세부 사항 및 진행 과정에 대하여 알아보았다. 그린 리모델링 사업백서에 따른 노후 건축물 현황평가 단계는 다음과 같이 나뉜다.

1.	건축물 현황조사 <ul style="list-style-type: none"> • 도서 수집 및 분석 건축 및 설비도면 개보수 이력 파악 • 기후 및 주변환경 분석 • 현장조사 및 측정을 위한 사전계획 수립
2.	현장 기초조사 <ul style="list-style-type: none"> • 사용자 청문 및 설문조사 사업범위 추진일정 특수성 요구사항 파악 • 건축물 현황 파악 건축물 상세조사, 노후도 및 유지상태, 장비사항 파악
3.	현장 측정 <ul style="list-style-type: none"> • 에너지 외파단열성능(열화상, 창호성 능) • 쾌적성 온도, 습도, 기류PMV, 조도, 소음 등 • 건강성 실내공기질, 미세먼지, 라돈
4.	에너지 컨설팅 <ul style="list-style-type: none"> • 현장 조사 및 측정 결과 분석 • 에너지 성능개선 및 개선방향 제안 • 우선순위에 따른 개선요소별 제안

그림 10 노후 건축물 현황 평가 단계

그린 리모델링 수행을 위한 노후 건축물 현황 평가는 <그림 10>과 같이 4단계로 나뉜다. 그 중 첫 번째 단계에 해당하는 ‘건축물 현황조사’를 통해 기준모듈을 선정하고자 한다. 건축물 현황조사의 내용으로는, 건축 및 설비 도면을 통해 도서를 수집하고 개보수 이력을 파악하여 수집한 도서를 분석한다. 다음으로 기후 및 주변 환경을 분석하고 현장 조사 및 측정을 위해 사전계획을 수립한다. 이때 주요 결과 내용으로는 노후화 현황평가, 설계 컨설팅 대상 진단평가, 컨설팅 내용으로 보고서가 작성된다.

건축물 현황조사는 사전 도면 분석과 지역 기후 분석을 통해 취약 요소를 도출하기 위한 단계다. 그린 리모델링을 수행하는 모든 건축물은 이 단계를 수행하게 된다. 즉, 그린 리모델링을 수행하는 모든 건축물은 건축물 현황조사의 정보를 반드시 갖게 되는 점을 확인할 수 있다. 따라서 기준모듈을 생성하기 위해 표본이 될 노후 건축물의 현황 평가 보고서의 내용을 분석하여 어떤 요소가 있는지 확인하였다.

한국 서울사옥

노후건축물 현황평가 및 설계컨설팅 보고서

1. 건축물 개요

■ 개요

- 서울의 대표적인 공공기관 청사로 2/3층 국가 관련 전산망 운영으로 일반 노후 공공업무시설 대비 높은 에너지 소비 건물
- 2000년 덧창, 2004년 외벽마감 개선이 진행되었으며, 서측을 정면으로 남측/북측의 긴 매스 형태로서 외피단열 및 창호개선 시 일사를 고려한 개선 필요

구분	내용	비고
위치	서울특별시 중구	
준공시기	1979년	39년
용도	업무시설	
연면적	23,272.28 m ²	
건축규모	지하2층 / 지상8층	
주 구조	철근 콘크리트	
특이사항	2/3층 국가 관련 전산망 운영 (에너지 소비량 매우 높음)	
개선 사유	- 단계별 리모델링 (공조 ⇨ 단열 ⇨ 창호) - 향에 따른 일사 고려 및 실내 공기질 개선	

■ 주요 개/보수 사항

- 건축 : 2000년 덧창 설치 / 2004년 외벽 마감 대신
- 설비 : 2011년 LED 80% 교체

■ 한국 서울사옥 전경



36

그림 11 그린 리모델링 대상 건축물 현황평가 및 설계 컨설팅 보고서 일부

<그림 11>은 그린 리모델링을 수행하는 대상 건축물에 대한 현황평가 및 설계 컨설팅 보고서의 내용 중, 개요 부분을 첨부한 자료이다. 개요에 보면 건물을 구분할 때 위치, 준공 시기, 용도, 연면적, 건축 규모, 주 구조, 특이사항 그리고 그 밖의 개선 사유에 대해 기재되어있다. 그 외에도 창 면적비, 입면적, 전경 등 다양한 정보가 기재되어있다.

다음으로 건축물대장에서 확인 가능한 사항을 분석하여 그린 리모델링 보고서의 세부 사항과 일치하는 사항을 추출하였다. 건축물대장은 정부 24 홈페이지의 ‘건축물대장 등·초본 발급(열람)신청’을 통해 대한민국 국민이라면 즉시 민원 처리가 가능한 서비스이다. 리모델링을 원하는 건축물의 소재지를 입력하면 <그림 12>와 같은 건축물대장을 발급받을 수 있다. 건축물대장을 통해 확인 가능한 사항에는 대지, 위치, 대지면적, 연면적, 건축면적, 용적률, 주 구조, 주용도, 층수, 건폐율, 높이 등이 있다.

일반건축물대장(갑) (2쪽 중 제 1 쪽)

고유번호		민원대접번호		영칭	호수/가구수/세대수	0호/0가구/0세대
대지위치 서울특별시 은평구 응암동				지번	도로명주소 서울특별시 은평구 불광천길 (응암동)	
※대지면적	㎡	연면적	352.39 ㎡	※지역	※지구	※구역
건축면적	㎡	용적률 산정용 연면적	㎡	주구조	주용도	층수
※건축물	%	※용적률	%	높이	지붕	부속건축물
※조경면적	㎡	※공공 공간·공간 면적	㎡	※건축선 후퇴면적	※건축선 후퇴거리	㎡

건축물 현황					소유자 현황		
구분	층별	구조	용도	면적(㎡)	성명(명칭)		변동일
					주인(법인)등록번호	주소	
주1	지1층	철근콘크리트구조	어린이회관	15.87	서울특별시은평구청		변동일인
주1	1층	철근콘크리트구조	어린이회관	188.26	※*****	1/1	변동일인
주1	2층	철근콘크리트구조	세마을 유아원	188.26			소유권이전

이 등(초)본은 건축물대장의 원본 내용과 틀림없음을 증명합니다.

발급일자 : 2021년 10월 11일

그림 12 건축물대장 예시

그린 리모델링 사업백서의 설계 컨설팅 보고서와 건축물대장에서 확인 가능한 요소 중 공통적인 사항을 기준모듈로 선정하려 한다. 사용자가 의사결정 지원모델을 사용하기 위한 정보를 취득하기 위함이다. 결과적으로 기준모듈은 총 6가지 사항으로 분류되었다. 분류 사항으로 용도, 건축 연도, 구조, 층수, 연면적, 입면적을 선정하였다. 선정된 기준모듈의 세부 사항은 다음 <표 7>과 같다.

표 7 그린 리모델링 모델 생성을 위한 기준 모듈(Standard Module) 종합

기준 모듈(Standard Module)	세부사항
용도	근린생활시설
	근린공공시설
	공공업무시설
	업무시설
	교육 연구 및 복지시설
	문화 및 집회시설
건축 연도	-
구조	철근 철골콘크리트 구조
	철근콘크리트 구조
	철골구조
층수(지상·하 포함)	-
연면적	-
입면적	-

3.1.2 그린 리모델링 대안 결과도출을 위한 조건 모듈(Condition Module) 선정

그린 리모델링의 결과값은 설계자 혹은 정책입안자가 원하는 수준의 등급으로 리모델링이 수행되어야 한다. 즉 해당 건물 리모델링을 위해 최종적으로 선정된 시스템을 리모델링 건물에 적용했을 때 사용자가 원하는 등급이 도출되어야 하는 것이다. 이를 위해 기존 건축물을 녹색 건축물로 전환하는 기준인 건축물 에너지 효율 등급에 따라 조건 모듈을 설정하였다. 건축물 에너지 효율 등급 인증은 건축물 에너지 소요량 및 이산화탄소 배출량을 포함한 건축물 에너지 성능평가를 통해 에너지 효율을 증가시키기 위해 만들어진 제도이다. 등급 기준은 건축물 연간 단위 면적당 1차 에너지 소요량[kWh/m² · yr]과 이산화탄소 발생량을 통해 평가하고 인증한다. 다음 <표 8>을 보면 인증기준을 10개의 등급으로 분류하여 연간 단위 면적당 1차 소요량을 나타내고 있다. 예를 들어 사용자가 녹색 건축물로 전환기준에 맞춰 리모델링을 수행하고자 한다면, 녹색 건축물 전환기준인 3등급에 해당하는 230kWh/m² · yr(주거용 건축물 기준) 혹은 380kWh/m² · yr(주거용 이외 건축물 기준) 미만의 1차 에너지 소요량 값이 충족되어야 한다.

표 8 건축물 에너지 효율 등급 인증기준

등급	연간 단위 면적당 1차 에너지 소요량 (kWh/m ² ·yr)	
	주거용 건축물	주거용 이외 건축물
1+++	60 미만	80 미만
1++	60이상 ~ 90미만	80이상 ~ 140미만
1+	90이상 ~ 120미만	140이상 ~ 200미만
1	120이상 ~ 150미만	200이상 ~ 260미만
2	150이상 ~ 190미만	260이상 ~ 320미만
3	190이상 ~ 230미만	320이상 ~ 380미만
4	230이상 ~ 270미만	380이상 ~ 450미만
5	270이상 ~ 320미만	450이상 ~ 520미만
6	320이상 ~ 370미만	520이상 ~ 610미만
7	370이상 ~ 420미만	610이상 ~ 700미만

3.1.3 그린 리모델링 대안 결과도출을 위한 핵심 모듈(Core Module) 선정

그린 리모델링을 위한 의사결정 지원모델의 데이터베이스는 현재 정부에서 시행하고 있는 공공 건축물 그린 리모델링 사업을 기준으로 진행하였다. 따라서 그린 리모델링 사업에서 요구하는 기술이 최종 결과 값으로 보여져야 한다. 이를 핵심 모듈(Core Module)로 명명하고, 핵심 모듈을 선정하게 된 과정을 설명한다.

핵심모듈의 요소는 의사결정 모델을 활용할 그린 리모델링 사업 주체들의 수요에 맞게 선정하여야 알맞은 서비스라 할 수 있다. 따라서 그린 리모델링 참여 주체별로 사업을 수행할 때 중요하게 여기는 요소가 무엇인지 알아보았다.

김수련, 안용한(2018)⁵³⁾의 연구에서 그린 리모델링 참여 주체별로 2017년 1월부터 3월까지 진행된 설문조사를 통해 사업 주체별 사업 활성화 전망과 인식에 대해 알아보았다. 총 182개의 설문조사 답변을 받아 분산분석(ANOVA)을 시행한 결과는 다음 <표 9>와 같다.

53) 김수련, 안용한. (2018). 그린 리모델링 참여주체별 사업 활성화 영향요인 분석. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 38(1), pp. 696-699.

표 9 그린 리모델링 사업 주체별 사업 활성화 영향요인 순위

영향요인	설계사			설계사		
	평균	표준편차	순위	평균	표준편차	순위
환경영향	3.14	0.786	4	2.98	0.873	4
사회적 인식 및 정부의 지원	3.57	0.784	2	3.30	0.875	3
경제적 효과	3.35	0.876	3	3.43	0.722	2
재실자의 만족도	3.69	0.686	1	3.70	0.622	1
영향요인	컨설팅사			기타		
	평균	표준편차	순위	평균	표준편차	순위
환경영향	3.10	0.717	4	2.80	0.840	4
사회적 인식 및 정부의 지원	3.95	0.654	1	3.59	0.947	1
경제적 효과	3.48	0.841	3	3.21	0.853	3
재실자의 만족도	3.69	0.666	2	3.56	0.917	2

설계사 측면에서는 재실자의 만족도 요인이 가장 큰 영향으로 나타났고 사회적 인식 및 정부의 지원 경제적 효과, 환경영향요인이 그 뒤를 이었다. 시공사의 경우 설계사와 마찬가지로 재실자의 만족도가 가장 큰 영향요인으로 나타났고, 경제적 효과 사회적 인식 및 정부의 지원 환경영향요인이 그 다음 순위였다. 컨설팅사의 경우 설계사 시공사와 달리 사회적 인식 및 정부의 지원이 가장 큰 영향요인이었고 다음이 재실자의 만족도, 경제적 효과가 뒤따랐다. 이 설문 결과 그린 리모델링 사업에 참여하는 주체별로 가장 중요하게 여겨지는 요인 3가지는 1. 재실자의 만족도, 2. 사회적 인식 및 정부의 지원, 3. 경제적 효과라고 분석할 수 있다. 따라서 이 3가지 영향요인을 고려하여 의사결정 모델의 요소를 설정하는 것이 타당할 것이다.

그린 리모델링 사업에 활용할 의사결정 모델 요소를 설정하기 위해서 사업에서 어떤 것을 필요로 하는지 알아보았다. 그린 리모델링의 사업 목적은 ‘노후 공공 건축물의 에너지 성능 향상을 통해 온실가스 저감 및 생활 환경 개선’⁵⁴⁾이다. 의사결정 지원 모델은 그린 리모델링을 수행하려는 노후 건축물을 대상으로 구축되기 때문에, ‘그린 리모델링 사업 지원항목’에 해당하는 기술 요소를 의사결정 모델에서 보여줄 대안 결과로 선정하였다. 그린 리모델링 기술은 크게 3가지 기술 즉, Passive 기술, Active 기술, 신재생에너지로 나뉘고, 그 세부 사항은 <표 10>과 같다.

표 10 그린 리모델링 기술 요소 분류

공사 항목	기술 분류	기술 요소
필수	Passive	벽체(외단열), 지붕(외단열), 열교 및 결로방지공사, 고성능 창호공사
	Active	폐열회수형 환기장치, 고효율 냉난방장치, 고효율 조명(LED)
	신재생에너지	신재생에너지(태양광)
	에너지 관리	BEMS(또는 전자식 원격 검침기)
선택	석면 제거, 일사 조절 장치, 스마트 에어 샤워, 순간온수기, Cool Roof(쿨루프), 기타	

54) 국토교통부 공고 제 2021-291호, 2021년 공공 건축물 그린 리모델링 사업공고 기준 (2021년 2월 26일)

위와 같이 그린 리모델링 사업을 통해 개선하는 부위에 대한 대안을 분석하는 요인을 ‘Passive 기술’, ‘Active 기술’, 나머지 요소에 대해서는 ‘기타 요소’로 분류된다. 따라서 이 세 가지 사항을 바탕으로 핵심모듈은 표에서 분류한 Passive 기술, Active 기술, 나머지 사항에 대해서는 기타 요소로 분류하였다. 핵심 모듈을 선정한 기준은 공공 건축물 그린 리모델링 지원 사업에서 요구하는 설계 컨설팅 프로세스를 기반으로 선정하였다. 그 프로세스인 개선 부위 및 수준별 대안 분석의 결과 세부 사항은 다음과 같다.

(1) 선정 기술 1 : Passive 기술

그린 리모델링 사업에서 요구하는 Passive 기술 요소로는 벽체(외단열), 지붕(외단열) 창호 등이 포함된다. 기본적으로 건축물의 에너지 저감은 에너지 손실을 최소화하는 것이 제일 중요하다. 이 중, Passive 기술은 건축물의 벽체, 바닥, 지붕 등 각 부분에 단열 성능을 갖춘 재료로 시공하여 건축물 내 외부의 열 성능과 실내 거주자의 쾌적성을 향상시키고, 건축물의 내구성을 유지하는 역할을 한다. 특히 그린 리모델링 공사에서 단열성능 확보를 위해 단열재를 단순히 두껍게 시공해도 시공 자체에 결함이 있다면 단열성능이 저하되기에 사전 시공 계획이 중요하다.

외피 단열성능뿐만 아니라 창호 계획을 통해 단열성능 보완이 가능하다. 건축물의 용도에 따라 창호를 통한 열 획득, 차단으로 냉난방 부하 저감이 가능하고, 건축물의 에너지 소요량이 감소한다⁵⁵⁾. 또한 창호의 단열과 기밀 성능이 저하 되면 창문 주위로 대류가 생겨 결로 발생 가능성이 높아지고, 외부온도에 따른 사용자의 불쾌감이 상승한다.

이러한 사실에 근거하여 의사결정 지원모델에서 보여줄 Passive 기술을 선정하였다. 기술을 선정은 건축물 에너지 절약 설계기준에 따랐으며, 그린 리모델링을 수행할 시 건축물의 에너지 성능에 가장 직접적인 영향을 미칠 것으로 사료 되는 속성들로 예상되는 사항을 핵심 모듈 기술로 선정하였다. Passive 기술 내 핵심 모듈은 다음 <표 11>에 정리하였다.

55)강경화, 공공임대주택 그린 리모델링의 에너지성능기반 대안 선정기법 연구, 조선대학교 대학원 2021

표 11 핵심 모듈 선정 (Passive 기술)

Core Module (Passive)	Description of Core Module (건축물 에너지 절약 설계기준, 2018)
최상층 단열재	외기에 직접 면하는 지붕
최상층 열관류율	외기에 직·간접적으로 면하는 지붕에 대한 열관류율
외벽 단열재	외벽, 내벽, 발코니 측, 복도 측 외벽
외벽 열관류율	외기에 직·간접적으로 면하는 벽에 대한 열관류율
창호	유리 및 프레임의 단열 성능이 향상된 고성능 창호
창호 열관류율	창호 적용한 건물의 열관류율

(2) 선정 기술 2 : Active 기술

Active 기술에는 쾌적한 실내 환경을 유지할 냉난방 및 환기시스템과 같은 기계 설비가 반드시 필요하다. 설비시설의 효율은 결과적으로 건축물 에너지 소비량의 차이를 만들게 된다. 따라서 그린 리모델링을 계획할 때는 기존 건축물의 노후한 설비에 대해 대책을 마련하고, 필요하다면 고효율 설비로 교체하여 에너지 절약을 실현해야 한다. 이때 고효율 설비에는 보일러, 히트 펌프, 흡수식 냉·온수기, 냉방기 등이 있다. 정부에서도 에너지 효율화 정책을 바탕으로 에너지 소비 효율 등급 표시제도, 대기전력 저감 프로그램, 고효율 기자재 인증제도 등을 운영하여 설비 시스템의 효율화를 목표하고 있다.

또한 실내 공기 질 역시 그린 리모델링 사업에서 고려되는 요소 중 하나이다. 기존의 건물에서 이루어졌던 자연환기는 외기가 여과 없이 유입되어 곰팡이 발생 확률이 높아지는 문제가 생긴다. 또한 겨울철에 환기는 차가운 외기의 유입이 동반되기에 실내 열 쾌적성 저하 및 열 손실이 이어져 건축물 에너지 손실의 원인이 된다. 특히 실내 공기질은 사용자 만족도에서 가장 밀접한 영향을 미치는 요소로, 사용자 만족도 종합집계 결과 건축물 사용자의 대다수가 실내 공기질 개선이 최우선적 요구사항이었고, 불만족 선호도에서는 온열 환경이 가장 큰 것으로 나타났다⁵⁶⁾.

56) 공공 건축물 그린 리모델링 지원사업백서, 2018, pp.38

또한 Active 기술의 요소 가운데 하나인 신재생에너지의 종류는 크게 태양열, 태양광, 지열 및 열 병합과 같은 기술이 있다. 공공 건축물 에너지 효율 등급 기준은 2등급으로 신재생 에너지까지 적용해야만 기준을 맞출 수 있다⁵⁷⁾. 따라서 신재생 에너지 종류 중 가장 보편적으로 사용하는 태양광 설치를 통해 에너지 절감의 기대효과가 높고 에너지 효율 등급 기준도 만족시킬 수 있도록 핵심 모듈 중 하나로 선정하였다.

이러한 종합집계 결과를 토대로 Active 기술에서 가장 우선순위로 고려해야하는 의사결정 모델의 핵심모듈을 선정하였다. Passive 기술에서와 마찬가지로 ‘공공 건축물 그린 리모델링 지원 사업 백서’ 개선 부위 대안 분석에 따라 요소를 선정하였고 그 세부사항은 다음 <표 12>에서 확인 할 수 있다.

표 12 핵심 모듈 선정 (Active 기술)

Core Module (Active)	Description of Core Module (건축물 에너지 절약 설계기준, 2018)
냉·난방설비	냉난방 부하 절감 개선을 위한 최적안 작성
환기시스템	실내 공기질은 사용자 만족도에 직접적인 영향을 주기에 선정
태양광 설비	신재생에너지 요소 중 보편적 요소 선정

(3) 선정기술 3: 개략공사비

기타 요소의 하위 요소 중 첫 번째는 개략 공사비이다. 그린 리모델링과 같은 정부 주도의 금융지원 사업의 지원 예산은 한계가 있다⁵⁸⁾. 또한 3.2.1절에서 살펴본 참여 주체별 영향요인에서 사업 주체자들이 중요하게 여기는 요인 3가지에 경제적 효과가 포함된다. 한정적인 예산 범위 내에서 그린 리모델링을 수행해야하는 의사결정자들은 경제적 측면에서 최적의 의사결정 지원이 가능한 방법을 강구 할 수 밖에 없다. 따라서 선정 기술에 개략 공사비를 포함해야 한다.

57) 공공기관 에너지 이용 합리화 추진에 대한 규정, 산업 통상자원부, 에너지 효율과, 2020

58) 이명휘 외2 (2017). 공동주택의 그린 리모델링을 위한 최적 의사결정 지원 시스템 개발을 위한 프레임워크. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 37(1), 895-896.

지금까지 그린 리모델링 의사결정 모델에서 보여줄 핵심 모듈을 선정하기 위한 과정을 설명하였다. 핵심 모듈을 종합하면 다음 <표 13>과 같다. 핵심 모듈이 될 수 있는 더 많은 요소가 존재하나, 본연구에서는 설계에 필요한 가장 기초적인 요소로 구성하여 연구를 진행하고자 한다.

표 13 그린 리모델링 모델 생성을 위한 핵심 모듈(Core Module) 종합

핵심 모듈(Core Module)	세부사항
Passive 기술	최상층 단열재
	최상층 열관류율
	외벽 단열재
	외벽 열관류율
	창호
	창호 열관류율
Active 기술	냉·난방 설비
	환기시스템
	태양광 설비
개략 공사비	

3.2 선정 모듈의 에너지 성능개선 영향 여부 분석

앞선 두 개의 절을 통해 노후 건축물의 그린 리모델링을 수행하기 위한 기준 모듈과 핵심 모듈을 선정하였다. 기준 모듈은 온톨로지 내 데이터베이스에서 가장 유사한 사례를 찾기 위한 속성이고, 핵심 모듈은 에너지 성능개선을 수행할 기술을 사용자가 접근하기 용이한 정보 기반으로 선정하였다.

하지만 아무리 접근 용이한 정보라 할지라도 그 요인이 리모델링 이후 에너지 성능에 영향을 미치지 않는다면 연구에 적절치 않을 것이다. 따라서 요인 간 영향 관계를 분석하여 얻어진 정보가 에너지 성능 개선에도 긍정적인 영향을 미치는가에 대하여 알아봄으로 기준모듈 선정을 확정한다.

먼저 노후 건축물의 에너지 성능개선을 수행한 사례 70개를 수집하였다. 해당 정보는 <표 14>에 정리하였다. 기본 정보에는 기준모듈에 해당하는 속성 (지역, 건축연도, 구조, 층수, 연면적, 입면적)을 기입하였다. 다음으로 <표 15>, <표 16>에 각각 사례별 패시브 기술과 액티브 기술을 정리하였다. 이때 패시브 기술에 해당하는 최상층과 외벽에 대한 성능분류를 열관류율 기준(고사양, 저사양, 중사양, 법적 기준, 패시브 기준)으로 나누었다. 최상층과 외벽 그리고 창호에 대한 수준은 패시브 하우스 건축기준의 법적기준을 적용하여 총 5개의 수준으로 분류하였다. 이를 통해 입력과 도출이 용이한 기준을 설정하여 전문가가 아닌 사용자가 입력값을 보았을 때 직관적인 판단이 가능하게 모델을 구성하였다. 입력된 값의 기준은 건축물 에너지 절약 설계기준 서식1에 표기된 에너지 성능지표와 패시브 하우스를 근거로 구성하였다.

Passive 요소는 법적 기준, 저사양, 중사양, 고사양, 패시브 수준으로 나누었다. 외벽의 법적기준은 열관류율 0.24 이상, 저사양은 $0.24 > x \geq 0.20$, 중사양 $0.2 > x \geq 0.18$, 고사양 $0.08 > x > 0.15$ 패시브 수준은 0.15 이하로 설정하였다. 창호의 법적 기준은 열관류율 1.5, 저사양은 1.35, 중사양 1.2, 고사양 1.05 패시브 수준은 0.85로 설정 하였다. 마지막으로 최상층단열재의 경우 법적기준은 열관류율 0.17 이상, 저사양은 $0.17 > x \geq 0.16$, 중 사양 $0.16 > x \geq 0.15$, 고사양 $0.15 > x > 0.14$ 패시브 수준은 0.13 이하로 설정하였다. 설정한 수준을 적용하여 Passive 기술을 작성하였다.

표 14 노후 건축물 현황 사례 기본 정보

연번	대상 건축물	지역	건축 년도	구조	용도*	지상 층수	지하 층수	연면적 (m ²)	입면적 (m ²)
1	00000청사	대전	1999	SRC	2	21	2	87,741.57	-
2	000장애인 회관	충청	2002	S	1	4	-	1,564.75	-
3	0000 000청사	세종	1988	RC	2	3	-	1,646.82	-
4	00군청	강원	1984	RC	2	3	-	3,533.00	-
5	00구청	대구	2003	RC	2	5	1	3,099.70	-
6	00군청	경상	1995	RC	2	6	1	9,179.64	1,848.56
7	000 홀	경상	1981	RC	3	2	1	3,104.83	4,828.97
8	00보육센터	경상	2001	RC	3	4	-	1,893.43	-
9	00면사무소	대전	1991	RC	2	2	-	762.90	-
10	00면사무소	전라	1988	RC	2	2	-	566.19	879.56
11	000우체국	충청	1977	RC	2	3	1	2,863.53	710.40
12	00재판소	서울	1993	RC	2	5	1	19,270.00	1,101.00
13	0000재단	대전	1990	RC	3	4	1	5,443.00	6,361.00
14	00학습타운	경기	1988	RC	3	3	1	17,784.00	3,240.20
15	000주민센터	경기	1985	RC	2	3	1	730.74	2,328.00
16	000000진흥센터	대전	1995	RC	2	6	1	19,354.57	814.00
17	000 교육관	충청	1996	RC	3	3	1	9,591.00	7,638.00
18	00000 화학생명관	충청	1985	RC	3	4	1	7,366.97	3,412.00
19	00면사무소	전라	1989	RC	2	2	-	495.38	4,020.00
20	0000000 숙소	경상	1988	RC	5	2	-	4,123.96	730.86
21	00역사	전라	1986	S	2	1	-	76.126	854.00
22	00 사회복지관	강원	1994	RC	3	2	1	1,615.01	454.60
23	00 사랑의일터	강원	2003	RC	3	2	-	629.56	934.87
24	00구청	대구	1992	RC	2	8	1	17,898.08	382.36
25	00경찰서	부산	1991	RC	2	4	1	7,357.38	7,199.09
26	00학습관	제주	1998	RC	3	2	1	1,016.36	3,601.09
27	00대학교 000과학1호관	강원	1978	RC	3	4	1	4,221.00	2,148.93
28	00시민회관	경기	1995	RC	4	4	3	41,056.00	2,468.00
29	00우체국	충청	1991	RC	2	2	1	1,569.00	7,970.00
30	00도서관	경기	1996	RC	3	3	1	2,145.00	1,349.00
31	00시립중앙도서관	대구	1995	RC	3	4	1	10,181.40	1,653.40
32	00중학교	서울	1984	RC	3	4	1	8,862.00	5,283.21

33	0000학교	충청	1987	RC	3	4	1	8,732.00	4,974.65
34	00공사	서울	1979	RC	2	8	2	23,272.28	3,843.86
35	00대학교 공학관	서울	1979	RC	3	4	1	6,987.00	8,442.47
36	00구청	부산	1991	RC	2	8	2	14,464.46	3,648.62
37	0구청	부산	1988	RC	2	8	2	7,860.00	7,365.00
38	00군청	경상	1992	RC	2	3	1	5,329.75	3,878.00
39	0000청사	전라	1993	RC	2	5	1	6,894.80	2,905.46
40	00시청 본관	경상	1979	RC	2	5	1	2,360.00	3,298.88
41	000역사	대구	1971	SRC	2	5	1	14,013.00	4,274.60
42	00복지센터	전라	1989	RC	2	2	-	721.56	5,045.00
43	00구청	충청	1995	RC	2	6	1	8,684.02	743.60
44	00000품질관리원	경상	1988	RC	2	5	1	1,696.95	3,645.00
45	0000아파트	경상	1991	RC	5	6	-	21,295.00	1,892.00
46	0000 주민센터	대구	1992	RC	2	2	1	551.48	1,840.00
47	0000 주민센터	부산	1989	RC	2	2	-	400.26	554.00
48	000 복지회관	경기	1995	RC	3	3	1	597.30	573.00
49	000000미래청	서울	1989	RC	2	6	1	14,106.00	573.99
50	00극장	서울	1995	RC	4	2	3	1,844.28	5,851.30
51	0000상생마을	인천	1982	연와조	5	2	1	161.35	584.53
52	00외교원	서울	1991	RC	3	4	1	15,490.24	229.13
53	00시청제3별관	경기	1990	RC	2	3	-	531.66	4,653.64
54	000000검찰청	서울	2010	RC	2	13	1	33,191.43	818.64
55	00000공사 생활관	강원	1996	RC	3	2	-	2,678.00	13,500.18
56	000 청자장	세종	1985	RC	1	3	1	1,241.00	2,096.70
57	00읍사무소	강원	1983	RC	2	3	1	1,019.10	962.95
58	00환경연구	충청	1998	RC	2	3	1	1,868.00	1,105.80
59	000000극장	경기	1987	RC	1	3	1	2,279.20	1,469.14
60	0000연구원	경기	2002	RC	3	5	1	15,420.47	467.70
61	000 종합복지관	강원	1998	RC	3	3	1	3,559.63	6,112.51
62	000 평생학습관	강원	1984	RC	3	3	1	1,948.77	2,914.52
63	000 0 보건소	경상	1988	RC	2	3	1	1,477.76	1,378.22
64	00군청	경상	1997	RC	2	5	1	9,773.46	1,308.40
65	00000 생명과학동	광주	1995	RC	3	4	1	6,241.49	4,626.30
66	000000 에너지움	경상	1999	RC	5	5	-	2,097.60	3,924.90
67	00아파트	전라	1995	RC	5	5	1	1,795.80	1,538.50
68	000주민센터	전라	1995	RC	1	2	1	576.08	2,021.80
69	00사택	전라	1993	RC	5	11	1	13,943.16	539.40
70	0000 주민센터	부산	1993	RC	1	3	1	847.80	4,557.00

* 근린생활시설=1, 업무시설=2, 교육연구/복지시설=3, 문화/집회시설=4, 공동주택=5

표 15 사례별 적용 패시브(Passive) 기술

연번	대상 건축물	단열(최상층)	공법	성능분류	단열(외벽)	공법	분류	창호
1	00000청사	-	-		-	-	-	블라인드 내장형 이중창
2	000장애인회관	압출법보온판 180T	외	법적기준	경질우레탄보드 100T	외	저사양	고기밀성단열창호
3	0000 000청사	압출법보온판 150T	외	저사양	비드법보온판 50T	외	법적기준	고기밀성단열창호
4	00군청	압출법보온판 180T	외	중사양	경질우레탄보드 100T	내	저사양	고기밀성단열창호
5	00구청	경질우레탄보드 100T	내	-	경질우레탄보드 100T	외	-	28mm 더블로이복층유리
6	00군청	- (파악 불가)	내	법적기준	주입식단열 70mm	외	저사양	24mm 커튼월 로이복층창
7	000 홀	경질우레탄보드 50T	내	-	경질우레탄보드	외	법적기준	24mm 로이복층유리
8	00보육센터	경질우레탄보드 50T	내	법적기준	경질우레탄보드	외	법적기준	24mm 로이복층유리
9	00면사무소	경질우레탄보드 50T	내	중사양	경질우레탄보드	외	법적기준	24mm 로이복층유리 이중창
10	00면사무소	경질 우레탄보드 50T	내	법적기준	경질우레탄보드 50T	외	저사양	24mm 로이복층유리 이중창
11	000우체국	압출법보온판 150T	외	법적기준	경질우레탄보드 100T	외	저사양	24mm 로이복층유리 이중창
12	00재판소	우레탄뿔칠 50T	내	중사양	경질우레탄보드 50T	내	패시브	24mm 로이복층유리 이중창
13	0000재단	압출법보온판 100T	외	법적기준	경질우레탄보드 100T	외	저사양	AL 커튼월 로이복층창
14	00학습타운	우레탄뿔칠 50T	내	중사양	경질우레탄보드 50T	내	패시브	24mm 복층유리 이중창
15	000주민센터	우레탄뿔칠 50T	내	법적기준	경질우레탄보드 50T	내	저사양	24mm 로이복층유리 이중창
16	000000진흥센터	우레탄뿔칠 50T	내	법적기준	우레탄뿔칠 30T	내	저사양	노후코킹보수+12mm 덧창
17	000 교육관	우레탄뿔칠 50T	내	법적기준	경질우레탄보드 50T	내	법적기준	24mm 로이복층유리 이중창
18	00000 화학생명관	우레탄뿔칠 50T	내	법적기준	경질우레탄보드 50T	내	저사양	24mm 로이복층유리 이중창
19	00면사무소	압출법보온판 150T	외	법적기준	경질우레탄보드 75T	외	저사양	AL 커튼월 로이복층창
20	0000000 숙소	우레탄뿔칠 50T	내	법적기준	경질우레탄보드 50T	내	중사양	24mm 로이복층유리 이중창

21	00역사	압출법보온판 125T	내	법적기준	압출법보온판 75T	내	저사양	AL 로이복층창
22	00 사회복지관	압출법보온판 50T	내	법적기준	경질우레탄보드 50T	외	법적기준	PL 슬라이딩 로이이중창
23	00 사랑의일터	압출법보온판 50T	내	법적기준	경질우레탄보드 50T	외	법적기준	PL 슬라이딩 로이이중창
24	00구청	압출법보온판 50T	내	법적기준	경질우레탄보드 50T	외	저사양	PL 슬라이딩 로이이중창
25	00경찰서	압출법보온판 50T	내	법적기준	경질우레탄보드 50T	외	저사양	PL 슬라이딩 로이이중창
26	00학습관	압출법보온판 50T	내	법적기준	경질우레탄보드 50T	외	법적기준	PL 슬라이딩 로이이중창
27	00대학교 000과학1호관	경질우레탄보드 130T	내	법적기준	경질우레탄보드 125T	외	법적기준	로이삼중유리
28	00시민회관	압출법보온판 95T	내	법적기준	주입식단열 120mm	외	패시브	AL 커튼월 로이복층창
29	00우체국	경질우레탄보드 130T	내	저사양	경질우레탄보드 75T	외	중사양	로이삼중유리
30	00도서관	경질우레탄보드 85T	내	저사양	경질우레탄보드 80T	외	고사양	로이삼중유리
31	00시립중앙도서관	압출법보온판 150T	외	저사양	경질우레탄보드 100T	외	고사양	로이복층유리, 로이삼중유리
32	00중학교	경질우레탄보드 150T	내	저사양	경질우레탄보드 150T	외	고사양	로이삼중유리
33	0000학교	압출법보온판 150T	외	중사양	경질우레탄보드 75T	내	패시브	로이삼중유리
34	00공사	압출법보온판 200T	외	고사양	주입식단열 50mm	외	고사양	로이삼중유리
35	00대학교 공학관	경질우레탄보드 150T	내	중사양	경질우레탄보드 100T	외	저사양	로이삼중유리, PVC 슬라이딩
36	00구청	압출법보온판 100T	내	중사양	압출법보온판 50T	내	중사양	24mm 로이복층유리 이중창
37	00구청	경질우레탄보드 100T	외	저사양	글라스울 100T	외	고사양	24mm 로이복층유리
38	00군청	우레탄폼칠 80T	내	저사양	페놀폼(PF)보드 100T	내	패시브	24mm 로이복층유리, AL프레임
39	0000청사	페놀폼(PF)보드 80T	내	중사양	압출법보온판 50T	내	중사양	24mm 로이복층유리, AL프레임
40	00시청 본관	압출법보온판 120T	외	법적기준	경질우레탄보드 100T	내	저사양	42mm 로이복층유리, AL프레임
41	000역사	우레탄폼칠 100T	내	법적기준	우레탄폼칠 50T	외	패시브	24mm 로이복층유리, PVC
42	00복지센터	압출법보온판 130T	외	고사양	경질우레탄보드 100T	외	고사양	24mm 로이복층유리, PVC

43	00구청	우레탄뿔칠 90T	내	법적기준	경질우레탄보드 60T	내	패시브	24mm 로이복층유리
44	00000 품질관리원	우레탄뿔칠 80T	내	고사양	경질우레탄보드 75T	외	중사양	24mm 로이복층유리, AL프레임
45	0000아파트	경질우레탄보드 100T	외	중사양	경질우레탄보드 50T, 페놀폼(PF)보드 30T	외	고사양	24mm 로이복층유리 이중창
46	0000 주민센터	압출법보온판 120T	외	법적기준	경질우레탄보드 100T	외	고사양	44mm 로이복층유리 이중창
47	0000 주민센터	페놀폼(PF)보드 130T	내	법적기준	글라스울 100T	외	패시브	42mm 삼중유리
48	000 복지회관	글라스울 220T	외	저사양	글라스울 190T	외	중사양	43mm 로이삼중유리, AL창호
49	000000미래청	경질우레탄보드 220T	외	법적기준	경질우레탄보드 190T	외	패시브	43mm 로이삼중유리, AL창호
50	00극장	글라스울 220T	내	패시브	글라스울 135T	내	패시브	28mm 로이복층유리, AL창호
51	0000상생마을	경질우레탄보드 220T	외	저사양	경질우레탄보드 220T	외	패시브	43mm 로이삼중유리, AL창호
52	00외교원	압출법보온판 220T	내	패시브	압출법보온판 190T	내	패시브	43mm 로이삼중유리, AL창호
53	00시청제3별관	압출법보온판 220T	외	패시브	압출법보온판 190T	외	패시브	28mm 로이복층유리, PVC창호
54	000000검찰청	압출법보온판 150T	내	패시브	페놀폼(PF)보드 80T	내	패시브	28mm 차폐형 로이복층유리
55	00000공사 생활관	경질우레탄보드 100T	내	중사양	경질우레탄보드 50T	외	저사양	로이삼중유리, PVC 슬라이딩 / 로이복층유리, AL 커튼월
56	000 청자장	경질우레탄보드 200T	외	저사양	경질우레탄보드 110T	외	저사양	42mm 로이삼중유리
57	00읍사무소	경질우레탄보드 100T	내	패시브	경질우레탄보드 100T	외	패시브	로이삼중유리, PVC 슬라이딩
58	00환경연구	경질우레탄보드 100T	내	법적기준	경질우레탄보드 50T	외	고사양	로이삼중유리, PVC Tilt&Turn / 로이복층유리, AL 커튼월
59	000000극장	경질우레탄보드 100T	내	저사양	경질우레탄보드 75T	내	저사양	로이삼중유리, PVC Tilt&Turn
60	0000연구원	-	-	중사양	-	-	중사양	로이삼중유리, 스마트글라스
61	000 종합복지관	경질우레탄보드 180T	내	중사양	경질우레탄보드 110T	내	-	42mm 로이삼중유리
62	000 평생학습관	경질우레탄보드 200T	외	패시브	경질우레탄보드 160T	외	패시브	24mm 로이복층유리
63	000 0 보건소	경질우레탄보드 100T / 미네랄울 240T	외	패시브	경질우레탄보드 130T	외	패시브	로이복층유리, PVC슬라이딩(이중창)

64	00군청	경질우레탄보드 70T	외	패시브	경질우레탄보드 106T	외	패시브	로이복층유리, PVC슬라이딩(이중창)
65	00000 생명과학동	경질우레탄보드 70T	외	법적기준	경질우레탄보드 106T	외	고사양	로이복층유리, PVC슬라이딩(이중창)
66	000000 에너지움	경질우레탄보드 90T	외	법적기준	경질우레탄보드 90T	외	고사양	로이복층유리, PVC슬라이딩(이중창)
67	00아파트	경질우레탄보드 90T	내	법적기준	경질우레탄보드 106T	외	고사양	로이복층유리, PVC슬라이딩(이중창)
68	000주민센터	경질우레탄보드 100T	외	법적기준	경질우레탄보드 130T	외	패시브	로이복층유리, PVC슬라이딩(이중창)
69	00사택	경질우레탄보드 90T	내	법적기준	경질우레탄보드 106T	외	패시브	로이복층유리, PVC슬라이딩(이중창)
70	0000 주민센터	경질우레탄보드 100T	내	법적기준	경질우레탄보드 100T	외 내	고사양	로이복층유리, PVC슬라이딩(이중창)

표 16 사례별 적용 액티브(Active) 기술

연번	대상 건축물	냉난방	환기	태양광
1	00000청사	-	-	*외부차양기술
2	000장애인회관	EHP/ GHP	전열교환기 교체	-
3	0000 000청사	-	전열교환기 교체	-
4	00군청	EHP	기계환기 설비 설치	-
5	00구청	-	전열교환기 교체	-
6	00군청	EHP	전열교환기 교체	*외부차양기술
7	000 홀	-	전열교환 환기장치 (CO2 센서 장착)	*외부차양기술
8	00보육센터	EHP	-	-
9	00면사무소	EHP	-	-
10	00면사무소	EHP	변화없음	-
11	000우체국	EHP	-	-
12	00재판소	EHP/ GHP	전열교환기 교체	주차장 50kW
13	0000재단	EHP	전열교환기 교체	-
14	00학습타운	EHP	공조기 교체	-
15	000주민센터	EHP	전열교환기 교체	-
16	000000진흥센터	-	유지	5kW
17	000 교육관	-	유지	주차장 100kW
18	00000 화학생명관	EHP	-	주차장 50kW

19	00면사무소	EHP	전열교환기 교체	지붕 + B1PV 70kW
20	0000000 숙소	-	-	17kW
21	00역사	유지	욕실 환기설비 설치	지붕 30kW
22	00 사회복지관	EHP	전열교환기 교체	-
23	00 사랑의일터	EHP	전열교환기 교체	-
24	00구청	EHP	전열교환기 교체	-
25	00경찰서	EHP	전열교환기 교체	지붕 + B1PV 170kW
26	00학습관	EHP	전열교환기 교체	-
27	00대학교 000과학1호관	EHP	전열교환기 교체	00 17kW
28	00시민회관	EHP	전열교환기 교체	00 57.3kW
29	00우체국	AHU/ GHP	벽부형 환기팬	00 76.16kW
30	00도서관	EHP	전열교환기 교체	00 25.6kW
31	00시립중앙도서관	FCU	전열교환기 교체	00 42.88kW
32	00중학교	GHP	전열교환기 교체	00 80kW
33	0000학교	EHP	전열교환기 교체	00 90kW
34	00공사	FCU	전열교환기 교체	주차장 60kW
35	00대학교 공학관	FCU	고효율 배기팬	180kW
36	00구청	EHP	전열교환기 교체	72kW
37	0구청	EHP	공조설비교체	40kW
38	00군청	EHP	전열교환기 교체	40kW
39	00000청사	EHP	전열교환기 교체	38.88kW

40	00시청 본관	EHP	전열교환기 교체	39.33kW(유지)
41	000역사	EHP	전열교환기 교체	168kW
42	00복지센터	EHP	AHU 용량증설/효율향상	200kW
43	00구청	EHP	전열교환기 교체	28.9kW
44	00000품질관리원	GHP	유지	주차장 120kW
45	0000아파트	-	전열교환기 교체	옥상 37kW
46	0000 주민센터	-	옥실환기팬 교체	옥상 160kW(동당 20kW)
47	0000 주민센터	-	전열교환기 교체	옥상 12kW+ 벽체 BIPV 3.6kW
48	000 복지회관	EHP	-	옥상 4.32kW
49	000000미래청	EHP	무덕트형 전열교환기	9kW
50	00극장	EHP	전열교환기 교체 + 공조설비 교체	100kW
51	0000상생마을	EHP	전열교환기 교체	29kW
52	00외교원	EHP	무덕트형 전열교환기 설치	2kW
53	00시청제3별관	EHP	전열교환기 교체	122kW
54	000000검찰청	EHP	전열교환기 신설(무덕트형)	31.875kW
55	00000공사 생활관	FCU	전열교환기 교체	499kW
56	000 청자장	EHP	무덕트 전열교환기 유효전열효율(난방73%, 냉방60%)	52kWp
57	00읍사무소	EHP	전열교환기 교체	25kW
58	00환경연구	EHP	고효율 전열교환기 / 유효전열교환효율(난방71.2%, 냉방54.8%)	16.2kWp
59	000000극장	EHP	고효율 전열교환기 / 유효전열교환효율(난방73%, 냉방53%)	32.4kWp
60	0000연구원	EHP	고효율 전열교환기 유효전열교환효율(난방 70%/냉방 49%)	-

61	000 종합복지관	-	변함 없음	70kW
62	000 평생학습관	EHP	고효율기자재인증 전열교환 환기장치	30kWp
63	000 0 보건소	EHP	고효율기자재인증 전열교환 환기장치(유효전열교환효율 냉방 50% 난방 70%)	30kWp
64	00군청	-	고효율기자재인증 전열교환 환기장치 (효율:난방 87% 냉방 74%)	지붕 25.5kW
65	00000 생명과학동	-	고효율기자재인증 전열교환 환기장치 (효율:난방 87% 냉방 74%)	지상주차장 56.25kW
66	000000 에너지음	EHP/ GHP	고효율기자재인증 전열교환 환기장치 (효율:난방 76% 냉방 69%)	지붕 82.5kW
67	00아파트	-	고효율기자재인증 전열교환 환기장치 (효율:난방 71% 냉방 59%)	10.5kW
68	000주민센터	-	고효율기자재인증 전열교환 환기장치 (효율:난방 71% 냉방 59%)	지붕 12kW
69	00사택	-	고효율기자재인증 전열교환 환기장치 (효율:난방 76% 냉방 69%)	지붕 4.875kW
70	0000 주민센터	-	고효율기자재인증 전열교환 환기장치 (효율:난방 71% 냉방 59%)	지붕 + BIPV108.75kW

위 사례들을 기반으로 노후 건축물을 리모델링 했을 시, 에너지 효율 향상, 건축물 속성, 리모델링 기술 간 영향 여부를 확인하였다. 이를 위해 건축물의 속성 중 지역, 건축연도, 구조형식, 건물 용도, 지상 층수, 연면적, 건축면적, 입면적을 설정하였고, 각 변수 속성에 따라 <표 17>과 같이 정의하였다. 리모델링 기술은 패시브와 액티브로 구분하였다. 패시브 기술에는 최상층, 외벽, 창호로 구성하고 액티브 기술은 급탕 냉난방, 환기, 조명설비 신재생 에너지로 구성하였다. 에너지 절감 성능의 경우, 1차 에너지 요구량(kWh/m² · yr) 기준 리모델링 전/후의 (예상) 에너지 절감율 및 절감량 값을 기준으로 설정하였다.

표 17 변수 속성 정의

변수		변수별 입력값	
설명	ID		
건축물 속성	지역	C1	1=중부지역, 2=중부2지역, 3=남부지역(제주도포함)
	건축연도	C2	연속형 값
	구조형식	C3	1=RC, 2=FC, 3=S, 4=기타
	건물용도	C4	1=근린생활시설, 2=업무시설, 3=교육연구/복지시설, 4=문화/집회시설, 5=공동주택
	지상층수	C5	연속형 값
	연면적	C6	연속형 값
	건축면적	C7	연속형 값
	창면적비	C8	연속형 값
리모델링 기술 (패시브)	단열(최상층)	P1	1=미적용, 2=법적기준, 3=저시양, 4=중시양, 5=고시양, 6=패시브수준
	단열(외벽)	P2	
	단열(창호)	P3	
리모델링 기술 (액티브)	급탕설비	A1	1=전기순간온수기, 2=보일러, 3=미적용
	냉난방설비	A2	1=히트펌프, 2=냉온수기/FUJ, 3=히트펌프+냉온수기/FUJ, 4=미적용
	환기설비	A3	1=전열교환기, 2=환기팬, 3=미적용
	조명설비	A4	1=LED, 2=LED+조명제어, 3=미적용
	신재생 에너지	A5	1=적용, 2=미적용
에너지 절감성능	절감량	E1	리모델링 전과 후의 (예상) 1차 에너지 요구량 차이
	절감율	E2	(E1÷리모델링 전 1차 에너지 요구량)×100

<표 18>을 통해 정의한 변수를 기준으로 건축물 속성과 에너지 절감 성능 간 관계를 도출하였다. 명목변수(C1, C4)와 에너지 절감 성능 간 관계 분석을 위해 독립 표본 t-검정을 수행하였으나 유의한 관계가 도출되지 않았다. 연속형 변수 (C2, C5~C8)와 에너지 절감 성능 간 상관관계 분석을 수행한 결과 건축연도(C2)가 에너지 절감량 및 절감율과 모두 유의한 음의 상관관계가 도출되었다.

표 18 건축물 속성(연속형)-에너지 절감 성능 상관관계 분석 결과

구분		C2	C5	C6	C7	C8
E1	Pearson 상관	-.424*	-0.070	-0.037	-0.022	0.106
	유의확률 (양측)	0.000	0.567	0.764	0.869	0.392
E2	Pearson 상관	-.355**	-0.161	-0.197	-0.127	-0.004
	유의확률 (양측)	0.003	0.186	0.105	0.343	0.974

** . 상관관계가 0.01 수준에서 유의합니다(양측).

* . 상관관계가 0.05 수준에서 유의합니다(양측).

다음으로 리모델링 기술과 에너지 절감 성능 간 관계를 파악하기 위해 상관관계 분석을 시행하였다. 실행한 표는 다음 <표 19>과 같다. 패시브 요소 기술과 에너지 절감 성능 간 상관관계(Spearman 서열 상관) 분석 결과 외벽 단열은 에너지 절감율과, 최상층 단열은 에너지 절감량과 각각 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 반면 창호 단열의 경우 에너지 절감율 및 절감량 모두와 음의 상관관계를 보였다.

표 19 리모델링(패시브) 기술-에너지 절감 성능 상관관계 분석 결과

구분		P1	P2	P3
E1	Spearman 상관	.243*	0.211	-.333**
	유의확률 (양측)	0.044	0.083	0.005
E2	Spearman 상관	0.226	.285*	-.327**
	유의확률 (양측)	0.062	0.018	0.006

** . 상관관계가 0.01 수준에서 유의합니다(양측).

* . 상관관계가 0.05 수준에서 유의합니다(양측).

다음으로 액티브 요소 기술과 에너지 절감 성능 간 관계 분석을 위해 분산분석(ANOVA)을 수행한 결과 급탕설비와 조명설비 적용에 따른 에너지 절감율에 유의한 차이가 나타났다. 특히 급탕설비의 경우 전기 순간온수기 적용 집단이 타 집단에 비해 에너지 절감율이 유의하게 높았고, 조명설비의 경우 LED 또는 LED+조명제어 적용집단이 미적용 집단에 비해 에너지 절감율이 유의하게 높았다.

표 20 리모델링(액티브) 기술-에너지 절감 성능 ANOVA 결과(1)

독립변수		종속변수(에너지절감율)[E2]			F-value (p)	사후검정
		N	평균	표준화 편차		
A1	전기순간온수기 (a)	12	58.4758	13.74543	5.382* (0.011)	a>b, c**
	보일러 (b)	13	39.4315	17.18961		
	미적용 (c)	44	45.1141	20.90476		
A4	LED (d)	29	53.4390	14.79925	22.575 (0.000)	d, e>f
	LED+조명제어 (e)	10	66.3590	7.54797		
	미적용 (f)	30	32.8673	17.91714		

* 등분산을 만족하지 못하여 Welch 통계량 사용

** 등분산 만족 못함에 따라 사후검정 방법으로 Dunnett 's T3 사용

표 21 리모델링(액티브) 기술-에너지 절감 성능 ANOVA 결과(2)

독립변수		종속변수(에너지절감량)[E1]			F-value (p)	사후검정
		N	평균	표준화 편차		
A4	LED (d)	12	175.2348	91.72606	12.797 (0.000)	e>d, f
	LED+조명제어 (e)	13	384.0000	347.09582		
	미적용 (f)	44	101.9607	86.88408		

건축물 속성과 패시브 기술간 관계 분석을 수행하기 위해 P4~P6와의 교차분석을 수행하였다. 지역(C1)의 경우 최상층 단열(P4) 적용에 있어 통계적으로 유의한 차이(p<0.05)를 나타냈으며, 남부지역에 비해 중부지역에서 보다 높은 사양(저사양 이상)의 적용 비율이 높게 나타났다. 건물용도(C4)의 경우 창호 단열(P6) 적용에 있어 유의한 차이(p<0.01)를 보였으며, 업무시설은 교육 연구/복지시설에 비해 법적기준 이하 사양의 적용 비율이 높게 나타났다. 연속형 변수의 경우 최상층 단열에서는 건축연도와, 외벽 단열에서는 건축연도 및 건축면적과 유의한 음의 상관관계가 도출되었다.

건축물 속성과 액티브 기술간 관계 분석을 위해 판별분석을 시행하였고 판별함수의 계수는 Fisher가 제시한 선형 판별함수에 의한 방법을 적용하였다. 함수 계수는 표준화하지 않고 단계 선택법(F-확률 0.1 이하 선택, 0.15 이상 제외)을 적용하여 분석을 수행하였다. 결과는 다음 <표 22>과 같다.

표 22 건축물 속성(연속형)-리모델링(패시브) 기술 상관관계 분석 결과

구분		C2	C5	C6	C7	C8
P1	상관계수	<u>-0.310**</u>	0.031	0.040	-0.141	-0.046
	유의확률 (양측)	0.009	0.801	0.743	0.292	0.712
P2	상관계수	<u>-0.318**</u>	-0.004	-0.197	<u>-0.333*</u>	-0.131
	유의확률 (양측)	0.008	0.972	0.104	0.011	0.291
P3	상관계수	0.165	0.111	0.092	0.037	0.034
	유의확률 (양측)	0.176	0.363	0.454	0.783	0.786

** . 상관관계가 0.01 수준에서 유의합니다(양측).

* . 상관관계가 0.05 수준에서 유의합니다(양측).

각 액티브 요소기술 별로 판별분석을 수행하여 통계적으로 유의(Wilks' Lamda 값의 유의확률이 유의수준 0.05보다 작은 경우)한 변수를 확인한 결과, (1) 건축연도-급탕설비(76.8% 분류정확도), (2) 연면적-냉 난방설비(72.5% 분류정확도), (3) 건축면적-환기설비(77.6% 분류정확도), (4) 건축연도-조명설비(66.7% 분류정확도), (5) 지상층수, 연면적-신재생 에너지(76.8%, 분류 정확도)간 관계가 나타났다. 즉, 건축연도는 급탕 및 조명설비, 연면적은 냉난방 및 신재생설비, 건축면적은 환기설비 내 세부 집단을 구분할 때 영향을 미치는 중요 변수로 작용한다는 것을 시사한다.

위 결과를 종합한 건축물 속성-리모델링 기술-에너지 절감성능 간 관계는 다음과 같다.

- 1) ‘준공 후 경과년도’ 는 에너지 절감성능에 영향을 미칠 수 있는 주요 건축물 속성.
- 2) 리모델링 기술 중 ‘패시브 기술 적용수준’ 은 적용부위에 관계없이 에너지 절감성능에 영향을 미칠 수 있을 것. 다만, 창호의 단열수준이 높을수록 에너지 절감성능이 감소하는 관계성을 보여 추가적인 분석이 필요할 것으로 판단됨.
- 3) 리모델링 기술 중 ‘액티브 기술’ 은 ‘급탕 및 조명설비의 적용 요소기술’ 의 종류, ‘신재생 에너지의 적용 유무’ 에 따라 에너지 절감율에 영향을 미치는 것으로 나타남.
- 4) 건축물 속성 중 지역, 건축연도, 건물용도, 건축면적은 단열 적용수준에 영향을 미칠 수 있는 요소로 파악됨. 준공 후 경과연도가 오래될수록 최상층 단열에 있어 상대적으로 높은 사양의 기술 적용이 나타나고 외벽 단열에 있어 상대적으로 높은 사양의 기술 적용을 필요로 함. 건축용도가 ‘교육연구/복지시설’ 인 경우 업무시설 용도에 비해 창호 단열에 있어 상대적으로 높은 사양의 적용이 나타남.
- 5) 건축연도, 지상층수, 연면적, 건축면적은 액티브 기술에 의해 영향을 받는 주요 속성으로 파악됨.
- 6) 이를 토대로, 유추한 건축물 속성-리모델링 기술-에너지 절감성능 간 관계는 다음과 같다. 건축물 속성 중 ‘건축연도(준공 후 경과년도)’ 는 구조체 단열수준 및 급탕/조명설비 적용 요소기술에 영향을 미쳐 결과적으로 리모델링 후 에너지 절감 성능에 영향을 미칠 수 있는 가장 주요 요인으로 파악됨. ‘지역’ 은 최상층 단열수준, ‘건축면적’ 은 외벽 단열수준, ‘건축용도’ 는 창호 단열수준에 영향을 미쳐 결과적으로 에너지 절감 성능에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단됨. ‘지상층수’ 와 ‘연면적’ 규모에 따라 신재생 에너지의 적용 유무가 판단될 수 있으며, 이는 리모델링 후 에너지 절감성능에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단됨.

3.3 그린 리모델링 의사결정 지원 체계

온톨로지 기반 그린 리모델링 의사결정 지원모델의 프로세스를 구축하기 위해 의사결정 지원 모듈을 설정하고, 설정한 모듈이 에너지 성능개선에 영향을 주는가 여부를 확인하였다. 본 장에서 구성한 온톨로지 특성을 적용하여 그린 리모델링 사업 전 대안을 선정하는 프로세스의 개략적인 단계는 다음 <그림 13>과 같다.

먼저 그린 리모델링을 수행한 사례 내 속성을 추출하여 사용자가 원하는 등급으로 리모델링을 수행할 수 있는 기본 속성값을 도출한다. 이때 이 속성으로 추출한 건물의 속성과 에너지 효율등급간 영향 관계를 파악하여 이를 통해 추출한 건물 속성이 그린 리모델링 계획에 영향을 미치는지 상관 관계분석을 통해 그 여부를 판정하였다. 판정이 완료된 속성을 기준으로 데이터베이스 내에서 사용자가 선호에 맞는 입력기준을 입력하여 결과값을 도출할 수 있다. 그린 리모델링 사례 내에서 추출한 속성은 기준모듈(Standard Module)과 조건 모듈(Condition Module)로 변환되어 온톨로지 의사결정 지원 모델에 입력된다. 다음으로 온톨로지 내에서 4가지 단계를 통해 사용자가 원하는 조건의 그린 리모델링 건축물을 검색할 수 있다. 검색 결과로 구축한 온톨로지 내에서 결과 도출을 수행하면 핵심모듈(Core Module)이 출력된다. 출력되는 핵심모듈의 내용은 패시브기술, 액티브 기술 그리고 개략 공사비로 구성된다.

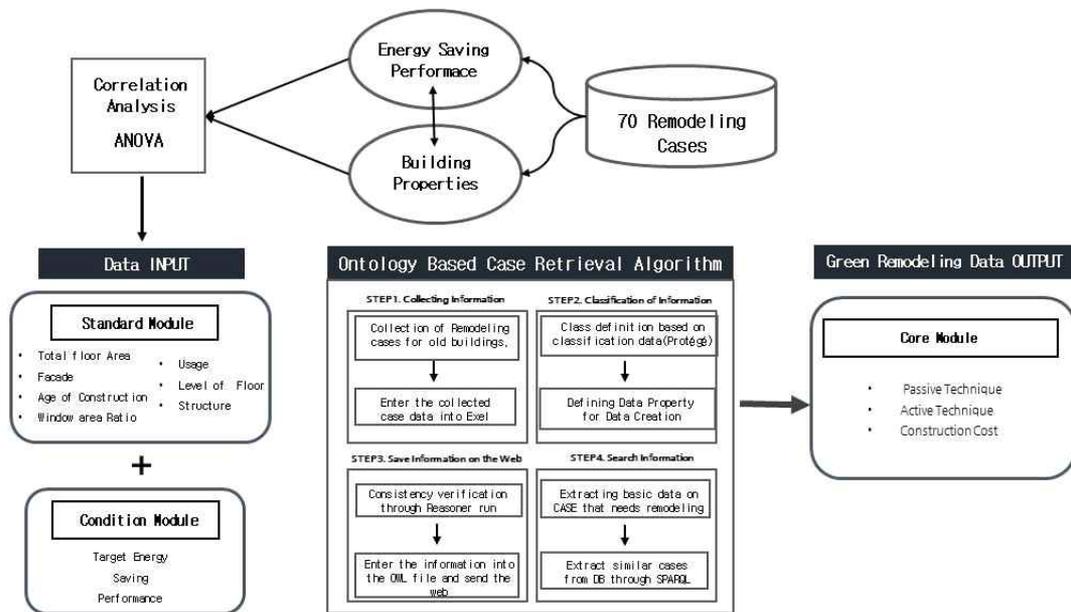


그림 13 온톨로지를 통한 그린 리모델링 의사결정 지원 체계

제 4장 온톨로지 기반 그린 리모델링 의사결정 지원모델 구축

본 장에서는 앞서 고찰했던 웹 기반 온톨로지 검색 시스템을 통한 그린 리모델링 계획 지원모델의 구체적인 개발내용을 설명하고 개발 모델의 작동을 확인한다. 본 프로세스는 그린 리모델링 사업을 추진하려는 이해관계자가 의사결정 시 최적의 결정이 가능하도록 돕는다. 이를 위한 프로세스는 정보 수집 단계, 정보 분류단계, 정보 웹 저장 단계, 정보 검색 단계로 이루어진다. 각 단계별 개요는 다음과 같다.

- 정보 수집 단계

노후 건축물의 리모델링 사례를 수집하고 해당 사례데이터들을 Excel에 입력하여 정리한다. 정리한 후 리모델링 전 데이터와 리모델링 후 데이터로 분류한다. 이 작업을 통해 의사결정 모델의 기준이 되는 데이터를 선택한다.

- 정보 분류 단계

수집한 정보를 토대로 온톨로지를 작성하기 위한 단계이다. 전 단계에서 분류한 데이터를 기반으로 Class를 정의한다. 다음으로 각 데이터의 정보를 담은 Data Property를 정의한다. 이 단계를 통해 그린 리모델링 사례데이터를 담은 온톨로지를 작성한다.

- 정보 웹 저장 단계

이전 단계서 완성한 온톨로지를 Reasoner를 통해 일관성을 검증한다. 이를 통해 동일한 기준으로 정보를 분류할 수 있다는 검증이 완료된다. 검증이 완료된 온톨로지에 수집한 정보를 OWL파일에 입력하고 이 파일을 웹에 전송한다. 이 단계를 통해 효과적으로 웹에서 데이터를 관리할 수 있게된다.

- 정보 검색 단계

온톨로지를 통해 축적한 데이터 내에서 유사 데이터를 추출하기 위해 리모델링이 필요한 질의용 Case의 기본데이터를 추출한다. 그리고 SPARQL을 통해 유사 데이터를 추출한다.

<그림 13> 와 같은 프로세스를 실현하기 위해 온톨로지로 구축할 기준 모듈과 핵심 모듈을 선정하고 그 타당성을 검증하였다. 모듈 선정을 통해 정확하고 객관적으로 분리된 요소의 추출이 가능하며 일관적인 리모델링 결과값 산출을 위한 온톨로지의 기본값이 된다. 선정한 모듈을 활용하여 본 절에서 온톨로지를 활용하여 그린 리모델링의 사결정 지원 모델을 구축한다. 온톨로지 구축을 위해서는 기본적으로 어떤 목적을 위해 온톨로지를 활용할 것인지 명확하게 정의해야 한다. 온톨로지 활용이 점차 증가하면 할수록 기존의 온톨로지를 합치거나 새로운 목적을 위해 온톨로지를 재정의해야 하는데, 이 과정을 미리 고려한다면 객체 및 속성정보의 관계성에 대한 확장성을 미리 고려해야 추후의 다른 온톨로지와의 통합과 재사용이 가능해진다⁵⁹⁾. 이에 본 연구에서는 온톨로지의 사용성의 증대를 위해 시맨틱웹을 적용이 가능한 온톨로지를 구축한다.

59) Benjamins, V. R., Fensel, D., & Gómez-Pérez, A. (1998, October). Knowledge Management through Ontologies. In PAKM (Vol. 98, p. 5).

4.1 요구정보 개념화를 통한 클래스 및 객체 정의

첫 단계로 시맨틱 웹을 기반으로 검색을 수행하기 위해 기존의 수행한 리모델링 데이터를 OWL 파일과 병합하기 위해 W3C의 가장 기본적인 웹 언어인 RDF(Resource Description Framework)로 변환 작업을 선행한다. 모델 구축을 위해 온톨로지 에디터인 Protégé를 활용하여 온톨로지의 개념 및 로직(Logic)을 표현하였다. 여기서 개념은 클래스(Class)로, 개념과 개념 간 관계인 로직(Logic)은 프로퍼티로 정의된다. 두 가지 모두 OWL 문장구조로 코드화한다. 앞서 분류한 데이터로 Class를 정의한다.

온톨로지에서 개념(Concept)은 클래스(Class)로 정의되고, 이때 클래스는 해당 클래스에 대한 개념을 갖는 인스턴스가 포함된다. 클래스는 상위, 하위 개념의 계층구조(Hierarchy)를 가진다. 이를 통해 하위클래스는 상위 클래스의 인스턴스가 가지는 개념을 같이 지니게 된다. 그린 리모델링 의사결정을 위한 개념을 설정하기 위해 과거에 수행되었던 리모델링에 포함되는 건축물 용도별로 클래스를 정의하였다.

클래스를 정의하고 나면 클래스와 클래스 간의 관계를 정의하기 위한 객체 프로퍼티(Object Property)를 정의한다. 이는 각 인스턴스의 개념에 따라 정의된 프로퍼티를 통해 속성정보를 갖게 된다. 주로 용어 간 계층구조를 표현하거나 개념의 의미 전달을 표현하기 위해 사용된다. 클래스를 건축물의 용도에 따라 정의했기 때문에, 건축물 용도를 통한 의미적 추론이 가능한 프로퍼티로써 ‘has’ 관계를 가진다. 정의된 목록은 다음 <표 23>과 같다.

표 23 온톨로지 구축을 위한 클래스(Class) 및 관계 정의

Name	Description	Type
Building	요구되는 개념을 묶기 위한 최상위 클래스	Concept class
근린생활시설	Building의 하위클래스로 노후 건축물의 속성을 표현하기 위한 클래스	Concept Sub-class
근린공공시설	Building의 하위클래스로 노후 건축물의 속성을 표현하기 위한 클래스	Concept Sub-class
공공업무시설	Building의 하위클래스로 노후 건축물의 속성을 표현하기 위한 클래스	Concept Sub-class
업무시설	Building의 하위클래스로 노후 건축물의 속성을 표현하기 위한 클래스	Concept Sub-class
교육 연구 및 복지시설	Building의 하위클래스로 노후 건축물의 속성을 표현하기 위한 클래스	Concept Sub-class
문화 및 집회시설	Building의 하위클래스로 노후 건축물의 속성을 표현하기 위한 클래스	Concept Sub-class
has	클래스와 클래스 간 의미적 추론이 가능한 프로퍼티	Object Property

분류한 개념은 Protégé에서 Class 탭과 Object Property 탭을 통해 정의한다. Protégé를 통해 정의한 Class는 다음 <그림 14>과 같다. 그림에서 보이는 것처럼 Protégé내에서 클래스 간 관계를 정의할 수 있는 ‘Description’ 탭이 존재한다. 이 탭에서 같은 범위의 클래스(Equivalent to), 하위 클래스(Subclass-of), 해당 클래스를 갖는 인스턴스(Instance), 해당 클래스와 반대되는 클래스 정의(Disjoint With)를 수행할 수 있다.

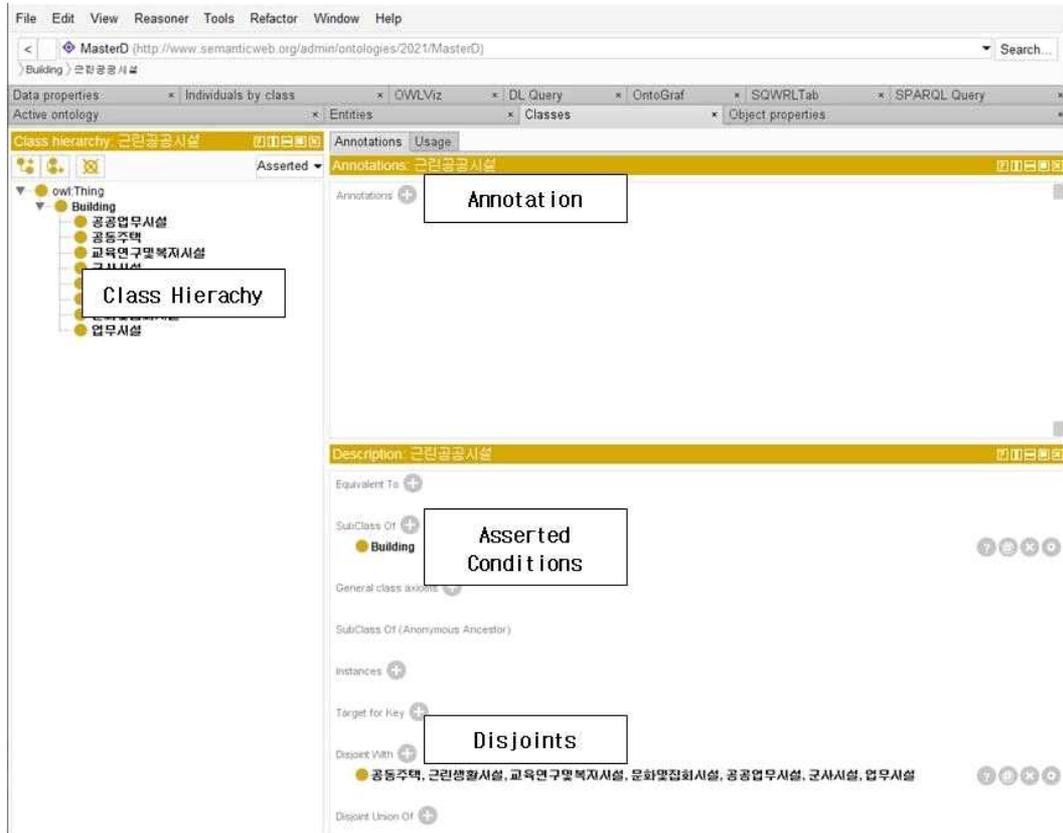


그림 14 Protégé를 통한 class 생성화면 예시

4.2 개념 표현을 위한 데이터 프로퍼티 정의

개념을 표현하는 클래스에 속하기 위한 인스턴스에 대해 속성을 정의해야 한다. 이를 위해 개체와 데이터 값의 관계를 표현하는 데이터 프로퍼티(Data Property)를 정의한다. 이때 속성은 해당 클래스의 인스턴스를 정의할 때 그 인스턴스가 지니게 되는 속성을 의미한다. 이것을 통해 온톨로지 기반으로 추론되는 요구 정보가 인스턴스로 정의되기에 다른 클래스와 관계 추론이 가능해진다.

데이터 프로퍼티를 통해 2가지 사항을 도출한다. 1) 기존 모듈에 들어가는 데이터 베이스에서 의사결정을 필요로 하는 건물과 일치하는 사항을 도출한다. 2) 도출된 기존 데이터에서 핵심 모듈에 해당하는 데이터를 도출하여 의사결정을 돕는다.

데이터 프로퍼티 입력 시 속성값의 영역(Domain)과 범위(Range)를 설정한다. 데이터 프로퍼티에서 Domain 이란 관계의 주개념이고, Range는 관계의 목적 개념이다. 특히 데이터 프로퍼티의 경우 Domain과 각 속성이 가진 데이터 유형을 정의해 주어 데이터를 변환해야 한다. 유형을 정의해 주어야만 데이터 프로퍼티에 들어가는 데이터를 웹에서 사용자가 의도에 맞게 인식 가능하기 때문이다. 이때 사용하게 되는 대표적인 유형은 ‘String’ 과 ‘Int’ 가 있다. String은 프로그래밍언어에서 문자나 문자열을 다루기 위해 사용하는 명령으로 문자열을 코드로 변환하거나 코드를 문자열로 변환을 수행한다. Int는 Integer를 줄인 명령어로, 입력한 수식을 정수형으로 표현하고자 할 때 사용한다. 예를 들어 리모델링 이후의 문자열 값을 보여주기 위해서는 ‘String’ 을 활용하고, 데이터베이스에서 명목 변수를 기반으로 검색을 수행하기 위해서는 ‘Int’ 를 활용한다. 이러한 사항을 충족시키는 데이터 프로퍼티 구성은 다음 <표 24>과 같다.

표 24 Data Property의 Range 구분

Data Property		Range	
Past	건축 연도	INT	
	구조	INT	
	연면적	INT	
	입면적	INT	
	용도	INT	
	층수	INT	
	창 면적비	INT	
Remodeling	Active	냉난방 설비	String
		태양광 설비	String
		환기 시스템	String
	Passive	최상층 단열재	String
		최상층 열관류율	String
		외벽 단열재	String
		외벽 열관류율	String
		창호	String
	창호 열관류율	String	
기타	개략 공사비	String	
	리모델링 후 등급	INT	

데이터 프로퍼티를 정의하고 범위를 분류하면 Protégé의 Data Properties 탭을 통해 정의한다. Protégé를 통해 정의한 Data Properties는 다음 <그림 15>와 같다. 클래스 정의 단계에서와 마찬가지로 Protégé내에서 데이터 간 관계를 정의할 수 있는 ‘Description’ 탭이 존재한다. 이 탭에서 영역(Domain)과 범위(Range)를 설정할 수 있다. 데이터 프로퍼티까지 정의 및 생성이 완료되면, 그린 리모델링 의사결정을 위한 온톨로지의 구축이 완료된다.

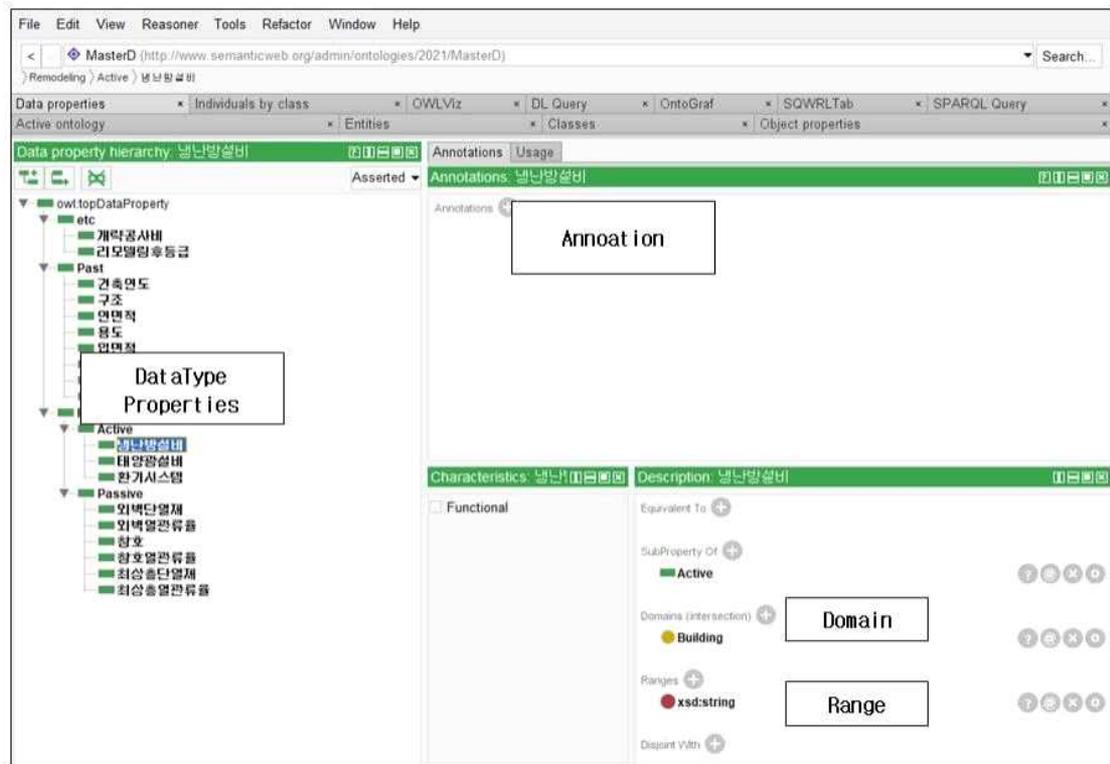


그림 15 Protégé를 활용한 Data Properties 생성화면 예시

4.3 개별 인스턴스(Individual) 입력

본 단계에서는 사용자가 검색을 수행할 수 있는 환경을 조성하기 위한 개별 인스턴스(Individual) 설정을 수행한다. 이는 그린 리모델링을 수행했던 기존의 사례를 온톨로지에 입력 시 본 연구에서 설정한 기준모듈과 조건 모듈, 핵심 모듈 사항을 추출하고, 그 사항을 입력하여 사용자가 검색을 수행할 수 있는 환경을 조성한다.

개별 인스턴스에 기준모듈과 조건모듈, 핵심모듈을 입력하기 앞서, 기준모듈값에 대한 변환이 필요하다. 변환이 필요한 이유는 2가지이다. (1) 사용자가 수행하는 검색을 간단하게 만든다. 기준모듈을 통해 온톨로지에서 검색을 수행할 때 필터(Filter) 기능을 활용한다. 이때 사용자의 검색을 더 간단하게 수행하기 위해 각 속성별 세부 사항을 간단한 값으로 명목 변수화한다. (2) SPARQL에서 검색을 수행하기 위해 사용하는 Filter 명령어 입력시 컴퓨터가 판단하기에 가장 편리하고 정확한 정수형으로 표현해야한다. 온톨로지에서 필터를 통해 읽을 수 있는 값은 INT, 즉 정수값이다. 따라서 속성값을 명목 변수인 정수로 바꾸어 온톨로지 내에서 검색이 가능한 형태로 만들어준다. 다음 <표 25>는 각 속성별 명목 변수를 보여준다. 건축연도와 층수는 전체 사례에 대한 각각 속성의 분포에 따라서 나누었다.

건축 연도의 경우 1970년~1980년에 지어진 건축물의 리모델링은 거의 수행되지 않았다. 하지만, 그 이후의 건물에 해당하는 1981~1995년 사이에 지어진 건축물은 리모델링 케이스가 다수 존재한다. 따라서 그 분포에 따라서 명목 변수값을 산정하였다. 비슷한 맥락으로 층수의 경우 5층 미만의 건물들이 다수를 이루고 있다. 따라서 낮은 층에서 명목 변수 값의 간격을 좁게 설정하고 그보다 높은 층에 해당하는 건물의 층수에 대한 명목 변수 값은 넓게 설정하였다. 연면적과 입면적 역시 케이스 별로 분포 정도에 따라서 비슷한 개수로 나누어 명목 변수값의 범위를 설정하였다.

표 25 건축물 속성의 명목 변수 변환 값

속성 명목 변수	용도	건축연도	구조	층수	연면적	입면적	리모델링 후 등급
1	근린생활시설	0~1970	철근·철골 콘크리트	1~3층	1~750 m ²	1~600 m ²	1+++ 등급
2	근린 공공시설	1971~1980	철근콘크리 트	4~5층	751~1600 m ²	601~900 m ²	1++등급
3	공공업무시설	1981~1990	철골구조	6~8층	1601~2100 m ²	901~1500 m ²	1+등급
4	업무시설	1991~1995	기타	9~23층	2101~4000 m ²	1501~2500 m ²	1등급
5	교육 연구 및 복지시설	1996~2000			4001~8000 m ²	2501~4000 m ²	2등급
6	문화 및 집회시설	2001~2010			8001~14000 m ²	4001~5500 m ²	3등급
7	공동주택				~14000 m ²	~5501 m ²	4등급
8	군사시설						5등급

아래 <그림 16> 은 Protégé에서 그린 리모델링 의사결정 온톨로지의 클래스와 프로퍼티를 입력하는 창의 예시이다. 개별 인스턴스를 입력할 때 각 사례별로 타입을 설정하는데 이 타입은 Class의 분류 기준을 따른다. 다음으로 Data Properties 탭에 미리 설정해 둔 기준모듈과 핵심 모듈을 입력한다. 이 데이터를 통해 추후 나타나는 추론 지식(Inferred Knowledge)에서 각 케이스 별 리모델링 수행 내용에 대한 실질적인 데이터를 확인할 수 있다. 개별 인스턴스의 양은 곧 데이터 베이스의 양이 되기 때문에 최대한 많은 양의 데이터를 입력하여 온톨로지를 구성한다면 더욱 정확한 리모델링 의사결정이 가능한 모델이 된다.

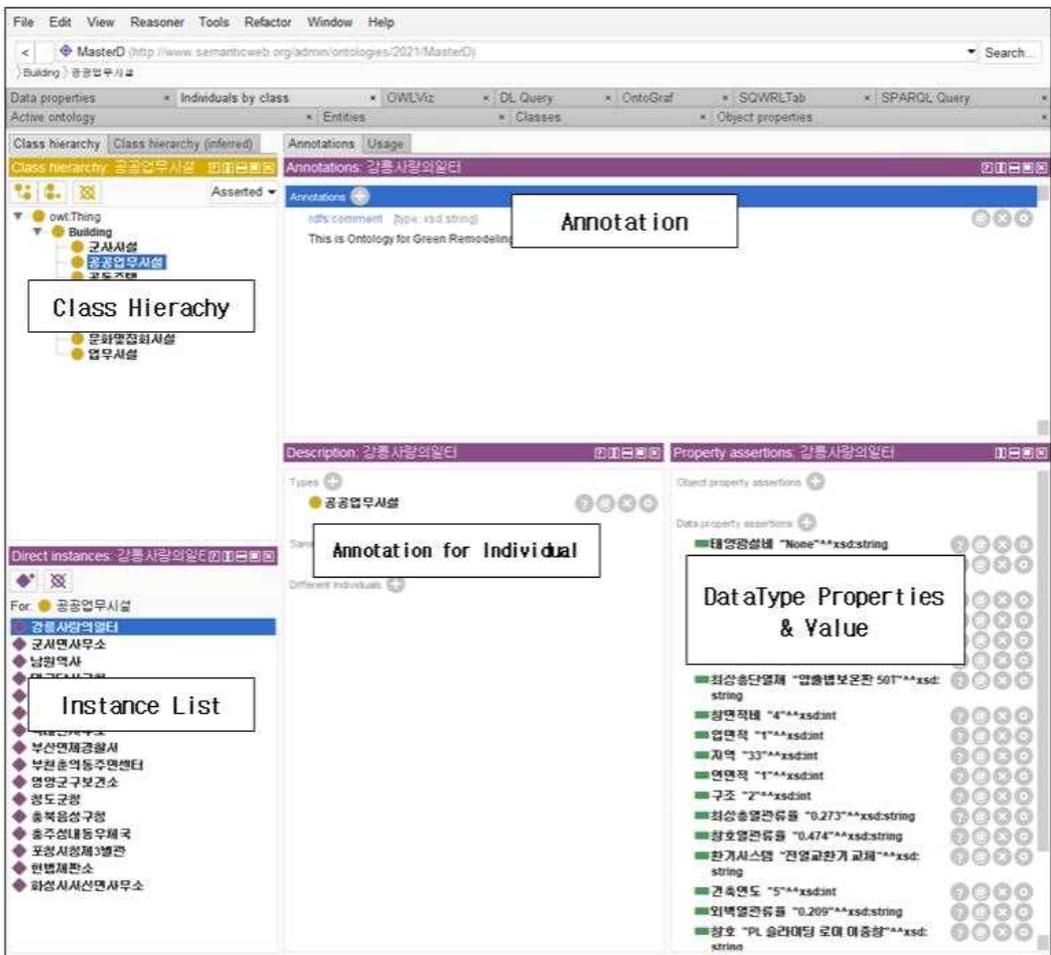


그림 16 Protégé를 활용한 개별 인스턴스(Individual) 생성화면 예시

앞 절에서 도출된 개념 간 클래스, 관계, 조건설정을 기반으로 만들어진 온톨로지는 컴퓨터가 이해하고 처리하기 위한 OWL기반의 코드이다. OWL에서 개념은 클래스로 정의되고 개념간의 관계는 프로퍼티에 의해 정의되고 RDF와 OWL 문장구조로 Protégé에서 코드화된다. 코드화 된 RDF는 <부록 1>에서 확인할 수 있다. 본 연구에서 그린 리모델링 의사결정을 위한 온톨로지의 통합자원식별자(URI:UniformedResourceIdentifier)는 각 클래스에서 정의된 프로퍼티를 상속받게 되고, 이는 <http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD> 로 정의된다.

개별 인스턴스까지 완료한 온톨로지 모델의 작동 방법은 다음 <그림 17>와 같다. 그림에서 볼 수 있듯 사용자는 원하는 건물에 대한 기본 정보 중 건축물의 용도에 따른 Class를 지정한다. 다음으로 그린 리모델링을 수행할 건물의 기본 사항에 해당하는 기준 모듈(지역, 건축 연도, 구조, 층수, 연면적, 입면적, 창 면적비)를 입력하여 데이터 베이스 내에 존재하는 기존 그린 리모델링 사례와 가장 비슷한 사례를 검색한다. 검색 결과 사용자가 질의 값으로 넣었던 건축물과 유사한 사례의 핵심 모듈이 도출된다. 해당 모델은 사용자가 질의한 사례와 가장 유사한 그린 리모델링 건축물을 찾아주므로 그린 리모델링 사업을 기획하는 단계에서 어떤 기술을 사용할 것인가에 대한 의사결정 지원을 제공한다.

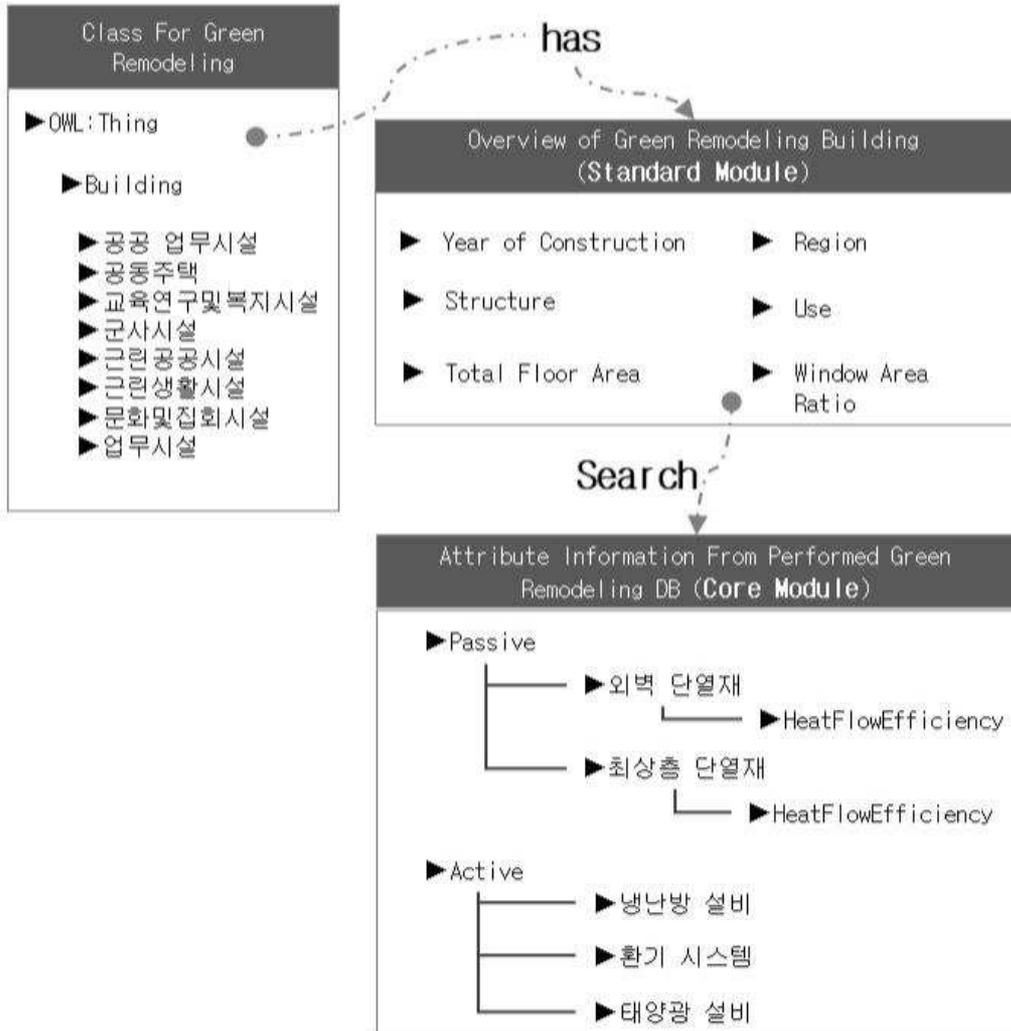


그림 17 그린 리모델링 의사결정을 위한 온톨로지 구조도

제 5장 그린 리모델링 의사결정 모델 검증

그린 리모델링 의사결정 온톨로지를 평가하고 검증하여 그 실용성을 판단하기 위한 검증은 다음과 같이 진행된다. 1) 그린 리모델링을 수행한 이력 데이터 67개를 수집하여, 구축한 모델의 작동을 확인하기 위해 기존 사례에 대한 SPARQL Query를 수행한다. 2) 검색 결과값이 사례 건축물의 리모델링 결과와 일치하는지 확인한다. 3) 개발 모델의 활용성 검증을 위해 사용자가 원하는 옵션별로 검색 제공 가능 여부를 판단한다.

5.1 사례 적용을 통한 모델 유효성 검증

개발 모델이 구축 의도에 맞는 1) 작동 여부와 2) 모델 실용성의 검증을 위해 사례 적용을 실시하였다. 본 연구의 연구 대상 건축물은 그린 리모델링 기 수행 공공 건축물을 선정하였다. 먼저 사례 검증에 활용될 대상의 일반사항을 통해 온톨로지 검색에 활용할 기준 모듈을 선정한다. 다음으로 기준모듈값을 SPARQL에 입력하여 검색 결과를 도출한다. 도출된 값과 대상 건축물이 시행했던 그린 리모델링 사항을 비교하여 모델의 유효성을 검증한다.

5.1.1 A 면사무소

A 면사무소는 살기 좋은 면을 만들자는 취지로 1988년 12월 지상 2층 건물로 준공된 공공시설이다. 하지만 본 건물은 준공 후 30년 이상 경과 하며 단열 성능 저하와 방수 노후화로 인해 누수 및 에너지 손실과 재실자 쾌적성 확보가 미흡하여 그린 리모델링 과업을 수행한 사례이다. 건물의 남측면을 드라이비트로 외단열 처리하였으나 시공 불량으로 인해 효과가 미비하고, 건물 일부 창호 교체를 하였으나 열관류율이 높은 일부 실은 미교체하여 개선이 필요하였다. A 면사무소에 대한 일반사항은 <표 26>에 정리하였다.

표 26 A 면사무소 건물 일반사항

건물명	A 면사무소
소재지	전라남도 00군 00면 39
준공시기	1988년 12월 (33년 경과, 2021년 기준)
용도	근린 공공시설
구조	철근 콘크리트
연면적	566.19 m ²
입면적	710.40 m ²
층수	2층
건물 높이	8 m
창 면적비(평균)	14.405
비고	30년 이상 경과 노후 건축물로 구조 및 단열 성능 저하, 누수 개선 필요

사례 건물은 이미 그린 리모델링이 완료된 건축물이지만 이 건축물을 그린 리모델링 의사결정이 필요한 건축물로 가정하고 본 연구의 온톨로지 모델에 적용하여 결과를 도출한다. 도출된 결과와 A 면사무소에 기 수행되었던 그린 리모델링 결과값을 비교하여 모델의 유효성을 검증한다. A 면사무소의 기본사항을 바탕으로 3장을 통해 설정한 기준 모듈과 조건 모듈을 적용하였다. 그리고 그 세부 사항을 명목 변수로 변환한 사항은 다음 <표 27>와 같다.

표 27 A 면사무소 기준 모듈 및 조건 모듈 명목 변수 변환

기준 모듈	내용	명목 변수
용도	철근 콘크리트 구조	2
건축연도	1988	3
구조	철근 콘크리트 구조	2
층수	2	1
연면적	566.19 m ²	2
입면적	710.40 m ²	1
조건모듈	에너지 절감 1+ 등급 이상	3

위의 명목 변수 값을 온톨로지에 입력하여 그린 리모델링 대안을 도출한다. 사례적 용에 활용된 데이터 베이스의 개수는 총 65개이며 모든 데이터는 리모델링 전 원안을 내포하고 있기에 기준 모듈과 비교가 가능하다. 위 사항을 온톨로지 내 Filter 기능을 활용하여 원하는 사항으로 검색을 수행한다. 검색에 활용하는 명목 변수는 다음과 같다. 용도 근린공공시설 (명목변수 = 2), 건축연도 1981년 ~ 1990년 (명목변수 = 3), 구조 철근 콘크리트 구조(명목변수 = 2), 층수 5층 이하(명목변수 <=2), 연면적 1601 ~ 2100 m² 이하(명목 변수 <=3), 입면적 600 ~ 900 m² 이하 (명목 변수 = 2) 에 해당하는 명목변수를 적용하여 추론을 수행하였다. 또한 조건 모듈에 해당하는 에너지 절감 등급은 1+ 이상(명목변수 <=3)을 설정하였다. SPARQL을 수행할 때 입력하는 사항은 <부록 2>에서 확인 할 수 있다. 모델의 유효성 검증을 위하여 검색 수행 결과의 핵심 모듈과 A면사무소의 기수행된 그린 리모델링 기술을 비교한다. 이를 통해 개발 모델의 유효성을 확인할 수 있다. 대안 추출을 위한 SPARQL 결과와 A 면사무소에 기 수행되었

던 기술 원안을 비교한 것은 다음 <표 27>와 같다. 또한 SPARQL을 수행한 결과는 <그림 19>에서 확인할 수 있다. 그림과 같이 SPARQL Query를 수행한 결과를 내보내기를 통해 .csv형식으로 추출하여 다방면으로 활용이 가능하다.

표 28 SPARQL Query를 통한 A 면사무소 대안 도출 결과 (조건 모듈 : 1+ 등급 이상)

핵심 모듈		기 수행 원안	SPARQL Query 결과			
		A 면사무소	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Passive 기술	최상층 단열재	압출법 보온판 120T(외단열)	압출법 보온판 120T(외단열)	압출법 보온판 130T(외단열)	압출법 보온판 220T	우레탄 폼칠 50T
	최상층 열관류율	0.185 / 법적 기준	0.184 / 법적기준	0.173 / 법적기준	0.109 / 패시브	0.172 / 법적기준
	외벽 단열재	경질 우레탄보드 50T(내단열)	경질우레탄보드 50T(내단열)	경질 우레탄 보드 100T	압출법 보온판 130T	경질우레탄보드 50T(내단열)
	외벽 열관류율	0.208 / 저사양	0.17 / 중사양	0.143 / 패시브	0.103 / 패시브	0.208 / 저사양
	창호	복층 로이유리 24mm	AL 커튼 로이 복층창	복층 로이유리 24mm	복층 로이유리 28mm, 기밀도어	복층 로이유리 24mm
	창호 열관류율	1.811 / 법적기준	1.8 / 법적기준	1.4 / 법적기준	2.9 / 법적기준	1.8 / 법적기준
Active 기술	냉·난방설비	EHP	EHP	EHP	EHP	NONE
	환기시스템	전열 교환기 교체	전열 교환기 교체	전열 교환기 교체	전열 교환기 신설 (무 덕트형)	전열 교환기 교체
	태양광 설비	NONE	17 kw	28.9 KW	NONE	5 kw
개략공사비(억)		2.19	5.04	3.52	25.28	1.83
리모델링 후 등급		1++	1++	1++	1+	1+++

QUERY RESULTS

Table Raw Response

Showing 1 to 4 of 4 entries Search: Show 50 entries

name	최상중단열재	최상중열관유율	외벽단열재	외벽열관류율	창호	창호열관류율Wm2k	냉난방설비	태양광설비	환기시스템	리모델링주등급
table:포장시청제3별관	"압출법보온판 220T"	"0.172 / 법 적기준"	"압출법보온판 190T"	"0.208 / 저 사양"	"복중 로이 유리 24mm"	"1.8 / 법적 기준"	"None"	"5 kw"	"전열 교환 기 교체"	"1+++"
table:양구균형	"압출법보온판 130T(외단 열)"	"0.173 / 법 적기준"	"경질우레 탄보드 100T (내단 시브)"	"0.143 / 패"	"복중 로이 유리 24mm"	"1.4 / 법적 기준"	"EHP"	"28.9 KW"	"전열 교환 기 교체"	"1++"
table:영양군구보건소	"압출법보온판 220T"	"0.109 / 패 시브"	"압출법보온판 130T"	"0.103 / 패 시브"	"복중 로이 유리 28mm, 기 밀도어"	"2.9 / 법적 기준"	"None"	"NONE"	"전열 교환 기 신설 (무 덕트형)"	"1+"
table:시흥시소재복합문화극장	"압출법보온판 120T(외단 열)"	"0.184 / 법 적기준"	"경질우레 탄보드 50T(내단 사양)"	"0.17 / 중 사양"	"AL 커튼 로이 복중 창"	"1.8 / 법적 기준"	"EHP"	"17 kw"	"전열교환 기 교체"	"1+++"

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	"name"	최상중단열재	최상중열관유율	외벽단열재	외벽열관류율	창호	창호열관류율Wm2k	냉난방설비	태양광설비	환기시스템	리모델링주등급
2	00제3별관	"압출법보온판 220T"	"0.172 / 법적기준"	"압출법보온판 190T"	"0.208 / 저 사양"	"복중 로이 유리 24mm"	"1.8 / 법적 기준"	"None"	"5 kw"	"전열 교환 기 교체"	"1+++"
3	00균형	"압출법보온판 130T(외단 열)"	"0.173 / 법적기준"	"경질우레탄보드 100T (내단 열)"	"0.143 / 패 시브"	"복중 로이 유리 24mm"	"1.4 / 법적 기준"	"EHP"	"28.9 KW"	"전열 교환 기 교체"	"1++"
4	00군구보건소	"압출법보온판 220T"	"0.109 / 패 시브"	"압출법보온판 130T"	"0.103 / 패 시브"	"복중 로이 유리 28mm 기밀도어"	"2.9 / 법적 기준"	"None"	"None"	"전열 교환 기 신설 (무 덕트형)"	"1+"
5	00시소재* 복합문화극장	"압출법보온판 120T(외단 열)"	"0.184 / 법적기준"	"경질우레탄보드 50T(내단 열)"	"0.17 / 중 사양"	"AL 커튼 로이 복중 창"	"1.8 / 법적 기준"	"EHP"	"17 kw"	"전열교환 기 교체"	"1+++"

그림 18 A 면사무소 SPARQL Query Result

A 면사무소에 기수행되었던 그린 리모델링 원안과, A 면사무소의 기준 모듈을 적용한 SPARQL Query 결과값을 비교해 보았다. 먼저 Passive 요소에 대한 결과값은 다음과 같다. 최상층 단열재에 대해서는 Case 1, 2, 3에서 ‘압출법 보온판’으로 같은 조건이 검색되었고, Case 4의 경우 비슷한 조건의 건물임에도 우레탄 뽁칠을 사용하였다. 최상층 열관류율은 A 면사무소에서 수행되었듯 ‘법적 기준’에 충족하는 값이 Case 1,2,4에서 도출되었고, Case 3에서는 ‘패시브 기준’에 충족하였던 결과가 도출되었다. 외벽 단열재는 Case 1,2,4에서 원안과 같은 ‘경질 우레탄 보드’를 사용하였고, Case 3에서만 ‘압출법 보온판’을 사용하였다. 외벽 열관류율은 A 면사무소 원안에서는 ‘저사양’에 해당하는 수준이었으나, Case 4를 제외한 Case 1,2,3은 모두 외벽 열관류율 수준이 ‘중사양’ 이상이었다. 창호는 Case 2,3,4에서 원안과 같은 ‘복층 로이유리’를 사용하는 대안이 추출되었다. 창호 열관류율은 모든 케이스에서 원안과 같은 ‘법적 기준’수준이 도출되었다.

A 면사무소의 Active 기술과 기타 요소에 대한 대안 결과값은 다음과 같다. 냉난방 설비는 원안과 같은 ‘EHP’가 Case 1,2,3,4에서 도출되었다. 환기시스템에서도 모두 ‘전열교환기 교체’ 대안이 도출되었다. 태양광 설비의 경우 원안에서는 ‘미 설치’하였으나, 온톨로지를 통한 대안에서는 Case 3을 제외한 Case 1,2,4에서 ‘태양광 설치’를 제안하는 대안이 도출되었다. 개략 공사비는 원안과 대안이 모두 다른 값이 나왔다.

5.1.2 B 경찰서

B 경찰서는 1991년 준공된 공공 업무시설로 경찰서 청사 용도로 활용되고 있다. 지상 4층, 지하 1층의 연 면적 7,357.39 m²의 건축물이다. 청사 업무상 24시간 동안 건물을 이용하고 있고, 의경과 직원들 생활시설이 건물에 포함되어 있기에 열악한 생활환경의 개선이 시급한 건물이다. 특히 하루평균 약 300명이 방문하는 공공기관임에도 열악한 환경 탓에 시스템 창호와 단열 성능 개선이 필수적이다. B 경찰서에 대한 일반사항은 <표 29>에 정리하였다.

표 29 B 경찰서 건물 일반사항

건물명	B 경찰서
소재지	부산광역시 00구 26
준공시기	1991년 (30년 경과, 2021년 기준)
용도	공공 업무시설
구조	철근콘크리트
연면적	7357.39 m ²
입면적	3601.09 m ²
층수	5층
건물 높이	22.4 m
창 면적비(평균)	16.553
비고	30년 이상 경과 노후 건축물로 외장이 낡고 단열 성능 저하가 심각하여 시스템 창호 교체 및 외피 개선 시급

B 경찰서를 그린 리모델링 의사결정이 필요한 건축물로 설정하고 대안 선정을 위해 본 연구에서 구축한 온톨로지 모델을 적용하여 결과를 도출하도록 한다. 앞서 수행한 바와 같이 기본사항을 기준 모듈을 명목 변수로 변환한 사항을 적용하였고 그 세부 사항은 다음 <표 30>와 같다.

표 30 B 경찰서 기준 모듈 및 명목 변수 변환

기준 모듈	내용	명목변수
용도	공공 업무시설	3
건축연도	1991	4
구조	철근콘크리트 구조	2
층수	5층	2
연면적	7357.38 m ²	6
입면적	3601.09 m ²	5
조건모듈	에너지 절감 1 등급 이상	4

온톨로지 Filter 기능을 활용한 검색에 활용하는 명목 변수는 다음과 같다. 용도 공공 업무시설(명목변수 = 2), 건축연도 1991년 ~ 1995년 (명목변수 = 4), 구조 철근콘크리트 구조(명목변수 = 2), 층수 5층 이하(명목변수 <=2), 연면적 4001 ~ 8000 m² 이하(명목 변수 <=6), 입면적 2501 ~ 4000 m² 이하 (명목 변수 = 5)에 해당하는 명목변수를 적용하여 추론을 수행하였다. 또한 조건 모듈에 해당하는 에너지 절감 등급을 1 등급 이상(명목변수 <=4)으로 설정하였다. 모델의 유효성 검증을 위하여 검색 수행 결과의 핵심 모듈과 B 경찰서에 대해 기수행된 그린 리모델링 기술을 비교한다. 이를 통해 개발 모델의 유효성을 확인할 수 있다. 대안 추출을 위한 SPARQL 결과와 B 경찰서에 기 수행되었던 그린 리모델링 기술 원안과 비교한 것은 다음 <표 31>와 같다.

표 31 SPARQL Query를 통한 B 경찰서 대안 도출 결과 (조건모듈: 1등급 이상)

핵심 모듈		기 수행 원안	SPARQL Query 결과		
		B 경찰서	Case 1	Case 2	Case 3
Passive 기술	최상층 단열재	압출법 보온판 50T(외단열)	우레탄 뽕칠 50T	우레탄 뽕칠 90T	압출법 보온판 50T
	최상층 열관류율	0.168 / 법적기준	0.153 / 법적기준	0.118 / 고사양	0.168 / 법적기준
	외벽 단열재	경질우레탄보드 50T(외단열)	경질우레탄보드 50T(외단열)	경질우레탄보드 60T(외단열)	경질우레탄보드 50T(외단열)
	외벽 열관류율	0.317 / 법적기준	0.208 / 저사양	0.191 / 중사양	0.232 / 저사양
	창호	PL 슬라이딩 로이 이중창	복층 로이유리 24mm 이중창	복층 로이유리 24mm	PL 슬라이딩 로이 이중창
	창호 열관류율	0.989 / 고사양	3.1 / 법적기준	3.1 / 법적기준	0.989 / 고사양
Active 기술	냉·난방설비	EHP	EHP	GHP	EHP
	환기시스템	전열교환기 교체	전열교환기 교체	NONE	전열교환기 교체
	태양광 설비	NONE	NONE	120 KW	170 KW
개략공사비(억)		12.83	30.88	37.78	19.98
리모델링 후 등급		1	1++	1+	1

B 경찰서에서 기 수행하였던 그린 리모델링 원안과 본 연구에서 개발한 온톨로지 Query 결과값을 비교한 내용은 다음과 같다. 검색 수행 결과 원안과 유사한 Case 3개가 도출되었다. 먼저 패시브 기술에 대한 원안과 SPARQL Query 결과를 비교하였다. 최상층 단열재의 경우 B 경찰서 그린 리모델링 수행 원안에서는 ‘압출법 보온판 50T’가 사용되었다. B 경찰서의 속성 기준으로 질의를 진행하였을 때 Case 1,2 에서는 ‘우레탄 뽀뽀칠’ 수행을 대안으로 제시하였고 Case 3은 원안과 같은 ‘압출법 보온판 50T’를 제시하였다. 원안의 최상층 열관류율은 ‘법적 기준’을 충족하였었고, Case 1,2 ,3 모두 ‘법적 기준’ 이상의 기준을 충족하는 대안이 제시되었다. 외벽 단열재는 원안에서 ‘경질 우레탄 보드’를 활용하였고, Case 1,2,3 모두 원안과 같은 ‘경질우레탄 보드’를 사용하도록 제시되었다. 외벽 단열재에 대한 열 관류율은 원안은 ‘법적 기준’을 충족하는 정도였고, Case 1,2,3 모두 ‘법적 기준’ 이상의 기준을 충족하는 결과값이 도출되었다. 원안의 창호는 ‘PL 슬라이딩 로이 이중창’이 사용되었다. Case 1,2에서는 ‘복층 로이유리 24mm’, Case 3에서는 원안과 같은 ‘PL 슬라이딩 로이 이중창’이 제시되었다.

B 경찰서의 Active 요소와 기타 요소에 대한 대안 도출 결과는 다음과 같다. 냉 · 난방 설비의 경우 원안에서는 ‘EHP’가 사용되었고, Case1, 3에서 같은 결과인 ‘EHP’였고, Case 2에서는 ‘GHP’가 도출되었다. 환기시스템에서 원안은 ‘전열교환기 교체’를 수행하였다. 온톨로지 결과값에서는 Case1,3 에서는 원안과 같은 ‘전열교환기 교체’가, Case 2에서는 ‘환기시스템 미적용’이었다. 태양광 설비의 경우 원안에서는 ‘미적용’하였고, Case1도 같은 결과였다. 반면 Case2,3은 ‘태양광을 설치’하는 결과값이 도출되었다. 개략공사비는 원안의 공사비와 모두 다른 값이 도출되었다.

5.1.3 C 대학교

C 대학교는 1978년 준공되어 2021년 기준 43년 경과한 건물이다. 건축물 노후로 인해, 현재 벽면의 균열, 누수, 오염뿐만 아니라 냉난방기기의 노후화도 심하게 진행되어 에너지 손실이 큰 건축물이다. 특히 시공한 시간이 오래되어 단열재의 미설치, 창호 노후화 등의 에너지 성능 사용상 한계가 있다. 따라서 C 대학교의 에너지 성능개선을 통해 에너지절약형 건축물로 구현을 실행하였다. C 대학교의 일반사항은 다음 <표 32>와 같다.

표 32 C 대학교 건물 일반사항

건물명	C 대학교
소재지	강원도 00시 0000길
준공시기	1978년 12월 (43년 경과, 2021년 기준)
용도	교육 연구 및 복지시설
구조	철근 콘크리트
연면적	4,221 m ²
입면적	2,468 m ²
층수	5층
건물 높이	-
창 면적비(평균)	31.139
비고	난방 개선을 통한 건물 에너지 효율 개선, 실내 쾌적성 및 공기질 개선

C 대학교를 그린 리모델링을 수행하려는 건축물로 설정하고 대안 선정을 위해 구축한 온톨로지를 통해 결과를 도출하였다. 위의 일반사항을 명목변수로 치환한 값은 다음 <표 33>와 같다.

표 33 C 대학교 기준 모듈 및 명목 변수 변환

기준 모듈	내용	명목변수
용도	교육 연구 및 복지시설	5
건축연도	1978	2
구조	철근콘크리트 구조	2
층수	5층	2
연면적	4,221 m ²	5
입면적	2,468 m ²	4
조건모듈	에너지 절감 2 등급 이상	5

온톨로지 Filter 기능을 활용하여 C 대학교 검색에 활용하는 명목 변수는 다음과 같다. 용도 교육 연구 및 복지시설(명목변수 = 5), 건축연도 1971년 ~ 1980년 (명목변수 = 2), 구조 철근콘크리트 구조(명목변수 = 2), 층수 5층 이하(명목 변수 <= 2), 연면적 4001 ~ 8000 m² 이하(명목 변수 <=5), 입면적 1501 ~ 2500 m² 이하 (명목 변수 = 4) 에 해당하는 명목변수를 적용하여 추론을 수행하였다. 또한 조건 모듈에 해당하는 에너지 절감 등급은 2등급 이상(명목변수 <= 5)으로 설정하였다. 모델의 유효성 검증을 위하여 검색 수행 결과의 핵심 모듈과 C 대학교에 대해 기수행된 그린 리모델링 기술을 비교한다. 이를 통해 개발 모델의 유효성을 확인할 수 있다. 대안 추출을 위한 SPARQL 결과와 C 대학교에 기 수행되었던 그린 리모델링 기술 원안과 비교한 것은 다음 <표 34>과 같다.

표 34 SPARQL Query를 통한 C 대학교 대안 도출 결과(조건모듈: 2등급 이상)

핵심 모듈		기 수행 원안	SPARQL Query 결과			
		C 대학교	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Passive 기술	최상층 단열재	경질우레탄보드 130T(외단열)	압출법 보온판 100T(외단열)	우레탄 폽칠 50T	경질우레탄보드 150T(내단열)	우레탄 폽칠 50T
	최상층 열관류율	0.17 / 법적기준	0.211 / 종사양	0.153 / 법적기준	0.128 / 종사양	0.153 / 법적기준
	외벽 단열재	경질우레탄보드 125T(외단열)	경질우레탄보드 100T(외단열)	경질 우레탄 보드 50T	경질우레탄보드 100T(외단열)	경질우레탄보드 50T(내단열)
	외벽 열관류율	0.149 / 패시브	0.143 / 패시브	0.208 / 저사양	0.177 / 종사양	0.208 / 저사양
	창호	복층 로이유리 24mm	복층 로이유리 24mm	복층 로이유리 24mm	복층 로이유리 28mm, 기밀도어	복층 로이유리 24mm
	창호 열관류율	1.274 / 종사양	0.973 / 고사양	3.1 / 법적기준	1.028 / 법적기준	1.8 / 법적기준
Active 기술	냉·난방 설비	EHP	EHP	EHP	EHP	EHP
	환기시스템	전열교환기 교체	공조기 교체	욕실 환기설비 교체	전열교환기 교체	전열교환기 교체
	태양광 설비	57.3 KW	NONE	70 KW	NONE	5 kw
개략 공사비(억)		9.84	26.74	11.38	19.3	28.03
리모델링 후 등급		1+	2	1++	1+++	1++

C 대학교에서 기 수행한 원안과 본 연구에서 개발한 온톨로지 Query 결과 값을 비교한 내용은 다음과 같다. 검색 수행 결과 원안과 유사한 Case 4개가 도출되었다. 먼저 Passive 기술에 대한 내용은 다음과 같다. 최상층 단열재의 경우 C 대학교에서 기수행되었던 방법은 ‘경질 우레탄 보드 130T’ 였다. Case 1에서는 ‘압출법 보온판’ 이, Case 2,4에서는 ‘우레탄 뽀칠’ 이 Case 3에서는 ‘경질 우레탄 보드’ 가 도출되었다. 최상층 단열재에 따른 열관류율은 원안에서 ‘법적 기준’ 을 충족하는 수준이었고, 대안 결과값 모두 ‘법적 기준’ 이상의 기준을 충족한다 도출되었다. 원안의 외벽 단열재는 ‘경질 우레탄 보드’ 가 사용되었다. 그리고 Case 1, 2, 3, 4 모두 원안과 같은 ‘경질 우레탄 보드’ 를 사용하도록 제안되었다. 외벽 단열재 적용에 따른 열관류율의 경우 원안에서는 ‘패시브 수준’ 을 충족하였다. 대안 도출 결과 Case 1에서 ‘패시브 수준’ 을 충족하였지만, 나머지 Case 2,3,4는 패시브 수준을 충족하지 못하는 결과가 도출되었다. 창호의 경우 원안에서는 복층 로이유리 24mm를 사용하였다. 그리고 온톨로지 대안 도출 결과 원안과 같은 ‘복층 로이유리 24mm’ 를 사용하도록 제안되었다. 이에 따른 창호 열관류율은 원안은 ‘중사양’ 수준을 충족하고, Case 1은 ‘고사양’ , Case 2,3,4는 ‘법적 기준’ 을 충족하는 결과가 도출되었다.

다음 Active 기술과 기타 요소에 대한 원안과 대안 도출 결과를 비교한 내용은 다음과 같다. 냉난방 설비의 경우 원안에서 사용되었던 ‘EHP’ 가 온톨로지 결과값의 대안에서 모두 동일하게 도출되었다. 원안의 환기시스템은 ‘전열교환기 교체’ 이고 대안 도출 결과값 역시 원안과 동일하게 도출되었다. 태양광 설비는 원안에서 ‘설치’ 하였고, Case 2, 4에서 동일하게 태양광 설치를 수행하도록 하였다. 개략공사비는 이전 사례들과 비슷하게 서로 다른 값이 도출되었다.

5.2 온톨로지 개발 모델의 활용성 검증 및 결과

앞 절에서는 사용자가 대안을 얻고자 하는 건축물의 속성을 입력하여 그린 리모델링 대안을 도출하였다. 본 절에서는 검색 수행 시, 사용자가 원하는 등급으로 질의하였을 때, 사용자가 질의한 등급에 해당하는 모델을 보여주는 것이 가능함을 보여주어 개발 모델의 활용성을 검증한다. 이는 그린 리모델링의 핵심 목표에 해당하는 건축물의 에너지 효율 등급을 개선하려는 사용자의 필요를 충족하기 위함이다. 먼저 활용성 검증에 활용한 예시 모델의 일반사항을 통해 건축물의 속성을 파악하고, 이를 기반으로 이전 절에서 수행한 것과 같은 방식의 추론을 수행한다. 이때 이전 절과의 차이점은 사용자가 원하는 등급을 지정하였을 때 온톨로지 모델에서 사례 추론이 가능한지 검증한다.

1) 사례 모델 일반사항

활용성 검증에 활용하게 될 D 복지 회관은 1995년 준공 이후 26년이 경과 (2021년 기준)된 노후 건축물이다. 본 건축물은 실내 공기질 개선 및 노후화된 부분을 보강하여 사용자에게 쾌적한 복지시설을 제공하는 것이 목표로 한다. 온톨로지 모델의 활용성 검증을 위해 해당 복지회관의 리모델링 후 등급을 사용자가 설정한 수준에서 도출되는지 여부를 확인하여 그 활용성을 검증한다. D 복지회관의 일반 사항은 다음 <표 35>과 같다.

표 35 D 복지회관 건물 일반사항

건물명	D 복지회관
소재지	경기도 00시 00구 19
준공시기	1995년 11월 (26년 경과, 2021년 기준)
용도	교육 연구 및 복지시설
구조	철근 콘크리트
연면적	597.3 m ²
입면적	573.99 m ²
층수	4층
건물 높이	11.15 m
창 면적비(평균)	15.627
비고	노후화된 단열재 및 창호 교체, 3층 창 면적비 과다로 인한 일사량 조절 필요, 공기질 개선을 위한 환기시설 설치, 협소한 주 출입구 및 노후화된 화장실 개선

온톨로지 모델에 D 복지회관을 검색하기 위해 일반사항의 내용을 본 모델의 기준 모델에 맞게 변환하였다. 그 사항은 다음 <표 36>과 같다. 먼저 앞 절에서 수행하였던 그린 리모델링 의사결정 쿼리를 진행하여 D 복지회관에 적합한 그린 리모델링 수행사항을 검색한다. 이때 사용자가 원하는 등급이 도출 여부를 확인한다. 이를 위해 온톨로지에 <표 38>의 명목 변수와 함께 ‘리모델링 후 등급’을 ‘1++등급 이상’, ‘1+등급 이상’, ‘1등급 이상’으로 설정한다. 이를 적용하여 쿼리 검색을 수행한 사항 결과는 다음 <표 38>와 같다. 쿼리 결과 1등급 이상일 때, 1+등급 이상일 때, 1++등급 이상일 때 사용자가 설정하는 에너지 효율 등급에 따라 각각 도출되는 결과 케이스가 다름을 확인할 수 있다.

표 36 D 복지회관 기준 모듈 및 명목 변수 변환

기준 모듈	내용	명목변수
용도	교육 연구 및 복지시설	5
건축연도	1995	4
구조	철근콘크리트 구조	2
층수	4층	2
연면적	597.3 m ²	1
입면적	573.99 m ²	1

표 37 사용자 선호 등급에 따른 D 복지회관 대안 도출 결과

Target Energy saving	Result Case								
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
Energy saving Grade 1+▲	00 극장	00 경찰학교	00 대학교	00 연구재단	00 시립중앙 도서관	00 대학교 생명관	00 창업 보육센터	00 공무원 교육관	00 대학교 공학관
Energy saving Grade 1++▲	00 대학교 공학관	00 시립 중앙 도서관	00 창업 보육센터	00 공무원 교육관					
Energy saving Grade 1+++▲	00 대학교 공학관								

제 6장 결론

지속적으로 증가하는 노후 건축물로 인한 에너지 소요량을 줄이기 위해 정부에서는 그린 리모델링 사업을 추진하고 있다. 사업의 확장을 위해 정부는 여러 기업들의 사업 참여를 독려하고 있다. 이때, 사업에 참여하는 이해관계자는 각자가 목표로 하는 이익을 추구하는 의사결정 판단을 수행해야 하지만 기존 방식에서는 전문가의 주관적이고 일관적이지 못한 판단이 이루어져 객관적인 의사결정이 어렵다.

이 문제를 개선하기 위해 본 연구에서는 그린 리모델링 수행 전 사업의 의사결정을 지원하여 효율적인 업무가 가능한 온톨로지 기반 의사결정 모델을 제시하였다. 본 연구의 주요 내용은 다음과 같다. 첫째, 그린 리모델링 사업 현황과 의사결정을 수행한 기존 문헌을 분석하여 의사결정에 필요할 요소를 추출하였다. 또한 시멘틱 웹 기반 온톨로지 개념을 적용한 건축 분야의 기존 연구 고찰을 통해 모델 적용 범위를 설정하였다. 둘째, 온톨로지 기반 의사결정 지원 모델을 구축하기 위한 모듈을 설정하였다. 모델의 검색 기준이 되는 기준 모듈(Standard Module)과 결과 도출 값인 핵심모듈(Core Module)을 선정하여 Protégé를 통해 온톨로지 기반 모델을 구축하였다. 이때 기준 모듈은 누구나 접근 용이한 건축물대장에 있는 속성이면서 에너지 성능과 유의한 관계에 속하는 건축물의 기본 속성(건축물 용도, 건축연도, 구조, 층수, 연면적, 입면적)을 기반으로 구성하였다. 핵심 모듈은 그린 리모델링 사업에서 개선을 요구하는 패시브 기술, 액티브 기술, 기타 요소(개략공사비, 리모델링 후 등급)로 구성하였다. 셋째 구축한 그린 리모델링 의사결정 모델에 수행 사례 67개를 입력하였다. 이 데이터를 기반으로 온톨로지를 통해 웹에서 검색이 가능한 모델이 생성되었다. 넷째, 구축한 모델의 검증을 위해 그린 리모델링을 기수행한 건축물 3개 사례 적용을 통해 모델의 유효성을 검증하였다. 또한 단순한 사례 도출뿐만 아니라 사용자가 원하는 등급으로 리모델링을 수행하는 활용성 확장면에서 검증 및 분석하였다. 적용 결과 의사결정을 지원하기 위한 온톨로지 기반 모델은 3개의 사례에서 모두 정상적으로 작동하여 사용자의 의도에 맞는 결과를 도출하였다. 결과적으로 사용자가 원하는 등급(1+등급, 1++등급, 1+++등급)으로 설정하였을 때 정상적으로 모델이 작동하여 결과값이 도출됨을 확인하였다. 모델 도출 값을 기반으로 그린 리모델링 사업에 참여하는 이해관계자들은 각자 상황에

맞게 필요한 요소를 선택하여 그린 리모델링을 사업을 진행할 수 있다.

본 연구에서 제안하는 모델을 통해 얻을 수 있는 결과와 기대효과는 다음과 같다. 첫째, 그린 리모델링 수행 후 결과를 모을 수 있는 정보 집단군을 형성하였기 때문에, 그린 리모델링 정보의 누락을 방지할 수 있다. 둘째, 기존 건설 분야의 의사결정 모델에서 수동으로 데이터를 모으고 분석하는 것과 달리 온톨로지를 통한 정보 수집과 검색이 가능한 방법을 제시하였다. 이를 통해 그린 리모델링을 수행한 사례의 지속적인 업데이트가 가능하여 정보의 양과 활용성이 확장 가능성을 제시하여 그에 따른 학문적 의의가 있다. 셋째, 사업 참여자들은 다양한 옵션 중 본인의 상황에 맞는 대안을 선택하여 가장 효율적인 그린 리모델링 의사결정이 가능하다. 본 모델은 그린 리모델링 의사결정 과정에서 온톨로지를 적용하여 리모델링 수행자의 숙련도나 경험 의존적인 기존의 업무가 아닌, 기존에 수행되었던 데이터 기반의 의사결정을 지원한다. 온톨로지 수행을 통해 누구나 의사결정 결과값을 취득하고 또한 수행한 리모델링을 업로드할 수 있다. 이 과정을 통해 추후 빅데이터가 생성되고, 데이터의 양이 증가함에 따라 더 정확한 결과값이 도출될 것으로 기대할 수 있다. 이 대안을 사용자의 환경에 알맞게 적용한다면 가장 합리적인 대안을 선정할 수 있을 것이기에 실무적인 의의가 있다.

개발된 온톨로지 모델의 한계와 극복 방안은 다음과 같다. 첫째, 데이터의 지속적인 업데이트가 필요하다. 본 모델은 데이터의 양이 방대해질수록 더 다양하고 정확한 정보를 제공할 수 있다. 따라서 모델이 더 발전하며 모델 활용성을 높이기 위해, 주변 환경 조성 및 사용자 참여가 필수적이다. 둘째, 가격 변동에 대한 다양한 변수를 온톨로지에 입력하지 못하기에 정확한 공사비 책정이 어렵다. 가격 변동은 시간이 지남에 따라 그 가치가 지속적으로 변화하고 사례별로 리모델링을 수행한 요소가 다르다. 이에 다양한 변수를 고려한 공사비 책정 방법에 대한 추가 연구가 진행되어야 한다. 셋째, 본 모델에 입력되는 사례는 리모델링이 진행되었던 당시의 최신기술이다. 따라서 현재 건설 시장에서 활용되는 기술 및 새롭게 출시되는 기술과 제품의 현황을 담은 데이터를 지속적으로 갱신하여 최적의 의사결정이 가능하도록 모델을 업데이트해야 한다. 넷째, 추출한 그린 리모델링 결과값에서 최적의 케이스 도출에 대한 방법에 대한 연구가 미흡하다. 데이터가 더 방대해지면 추후 이 부분에 대한 보완이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

<국내 문헌>

▶ 단행본 및 보고서

- 공공 건축물 그린 리모델링 지원 사업 백서 (2018)
- 공공기관 에너지 이용 합리화 추진에 대한 규정, 산업 통상자원부, 에너지 효율과, 2020
- 국토교통부 공고 제 2021-291호, 2021년 공공 건축물 그린 리모델링 사업공고 기준 (2021년 2월 26일)
- 국토교통부 보도자료, 건물 에너지 사용량 현황, 2020.12.03.
- 남성훈 외 1, 그린 리모델링 사업 활성화를 위한 발주방식 제안, 한국 건설관리학회 논문집, 2017 Vol. 18 Issue 2
- 에너지 총 조사 보고서; 에너지 경제 연구원, 2014
- 저탄소 녹색성장 기본법 제54조(녹색 건축물의 확대), 시행 2020년 5월 27일 ,한국리모델링 협회, 리모델링 총설, 2014, p276

- 정재은 이인근 황도삼 역 “차세대 웹과 지식처리의 핵심기술 시멘틱 웹” , 두양사, 2015, pp.20~30
- 최기선 황도삼 역 “온톨로지 공학” 두양사, 2015

▶ 학위 및 학술 논문

- 강현민, RDF/OWL의 객체속성을 이용한 관계 온톨로지 시스템 구축과 활용에 관한 연구. 서울, 연세대학교 대학원. 2010
- 김가람, 시멘틱 웹을 활용한 BIM기반 FM 요구정보 통합관리, 광운대학교 대학원, 2016
- 김기영, 사례기반추론(CBR) 기법을 적용한 공기연장 추가 간접비 산정 모델, 서울시립대학교 국제도시과학대학원, 2018
- 김기인, 오피스 리모델링 공사 방법 선정을 위한 의사결정 모델에 관한 연구, 한양대학교 공학대학원, 2010
- 김동재, 공동주택 리모델링 사업 추진을 위한 의사결정 요인에 관한 연구, 강원대학교 대학원 박사학위 논문, 2010
- 김성아, 건축물 정보 표현 및 처리를 위한 온톨로지 적용에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 2005 Vol. 21 Issue 5 pp. 127-134
- 김세헌, 온톨로지 기반 플랜트 모듈화 의사결정 모델, 한양대학교 대학원 2019

- 김은경. 2004. 시맨틱 웹을 위한 온톨로지 구축 방법에 관한 비교연구. 석사학위논문, 중앙대학교, 문헌정보학과
- 김재성, 리모델링 공동주택의 가격변화패턴 예측 모델, 조선대학교 대학원 2016
- 김정우, 리모델링 오피스 빌딩의 가격 예측 모델, 조선대학교 대학원, 2017
- 김현주, 환경친화적 비용편익을 고려한 공동주택 실내리모델링 의사결정 모델, 경북대학교 대학원 2009
- 김현주, 환경친화적 비용편익을 고려한 공동주택 실내리모델링 의사결정 모델, 경북대학교 대학원 박사학위논문, 2009
- 남성훈, 김경래. (2017). 그린 리모델링 사업 활성화를 위한 발주방식 제안, 한국 건설관리학회 논문집, Vol. 18 No. 2, 3-11.
- 맹준철, 시간-비용 상관관계를 고려한 최적화 공정관리 의사결정 모델 개발, 고려대학교 대학원, 2011
- 박선경, 문헌정보학 논문을 위한 온톨로지 구축 방법에 관한 연구, 숙명여자대학교 대학원 2008

- 박성환, 건설사의 주택도급사업 시공 참여 의사결정 요인에 관한 연구, 건국대학교 대학원 석사학위 논문, 2011
- 박정대 외 1, BIM 정보의 상호호환을 위한 온톨로지 기반 데이터 표현에 관한 연구, 대한건축학회 논문집-계획계 2010 Vol. 26 Issue 8 Pages 21-28
- 박지은, 온톨로지를 활용한 BIM 기반 수선교체비 산정 자동화 프로세스, 광운대학교 대학원, 2017
- 유성재, 대화형 한글 GUI를 이용한 시맨틱 웹 기반 SPARQL 질의 생성에 관한 연구, 연세대학교 대학원 2013
- 이명휘 외 2명, 공동주택의 그린 리모델링을 위한 최적 의사결정 지원 시스템 개발을 위한 프레임워크, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 2017 Vol. 37 Issue 1 Pages 895-896
- 이정복, 수익성 분석에 의한 오피스 리모델링 의사결정 방법, 연세대학교 대학원, 2004
- 임재복 외 3명, 기획 초기 단계에서 발주자 의사결정 지원을 위한 온톨로지 적용, 한양대학교 대학원 건축환경공학과, 2008
- 정서영, 유정호. (2016). 그린 리모델링 사업 시행유도를 위한 조세 해

택 부여 방안, 한국 건설관리학회 논문집, Vol. 17 No. 4, 66-75

- 조홍규, 다 기준 의사결정 방법론을 활용한 건축물의 지속가능성 평가 모형 개발에 관한 연구, 경기대학교, 2013

- 홍심희, 웹 크롤링과 온톨로지를 활용한 친환경 인증 건설자재 정보관리 자동화, 광운대학교 대학원, 2018

- 홍종현 외 3, 국내 공동주택 리모델링 사업의 적정 대안 선정을 위한 의사결정 지원모델 개발대한건축학회 논문집, 구조계, 2017 Vol. 33 Issue 3, pp. 41-50

<국외 문헌>

- Alphonse Dell'Isola, Value Engineering: Practical Applications for Design, Construction, Maintenance and Operations, R.S. Means Company Inc. , 1997
- D. Beckett, T. Berners-Lee, Turtle Terse RDF Triple Language - W3C Team Submission 28 March 2011
- D. Fensel, “Ontologies: Dynamic networks of formally represented meaning” , Vrije University: Amsterdam, 2001
- D. L. McGuinness and J. R. Wright, Conceptual modelling for configuration: A description logic-based approach, Ai Edam 1998 Vol. 12 Issue 4 Pages 333-344
- DuCharme, B. (2013). Learning SPARQL: querying and updating with SPARQL 1.1. " O'Reilly Media, Inc."
- F. Manola, E. Miller and B. McBride W3C recommendation 2004 Vol. 10 Issue 1-107 Pages 6
- Gómez-Pérez, A. (2001). Evaluation of ontologies. International Journal of intelligent systems, 16(3), 391-409.

- Pandit, A. & Zhu, Y. (2007). An ontology-based approach to support decision-making for the design of ETO (Engineer-To-Order) products. *Automation in Construction*, 16(6), 759-770.
- T. Andreasen, J. F. Nilsson and H. E. Thomsen, Ontology-based querying, In: *Flexible Query Answering Systems*, 2001, pp. 66-62
- T. Berners-Lee, D. Connolly, Notation 3(N3): a readable RDF syntax - W3C Team Submission 28 March 2011, W3C Team Submission
- T. Berners-Lee, J. Hendler and O. Lassila, "The semantic web" *Scientific american* 2001 Vol. 284 Issue 5 Pages 34-43

<인터넷 자료>

- 그린 리모델링 센터 한국 토지 주택 공사 민간이자 지원 사업 사업실적, 2021년 9월 16일,
<https://www.greenremodeling.or.kr/support/sup3000.asp>
- 김기대 최철승 유형석, 2020년 제 3회 추가경정예산안 중 국토교통부 소관 내용, 2021년 09월 10일,
https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=2&id=95083971
- 대한민국 정책브리핑, 정책 위키, 한눈에 보는 정책, 기획&특집, 한국판 뉴딜, 2021년 9월 10일,
<https://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148874860>
- 전체 건물 에너지 사용량 (Ton of Oil Equivalent, TOE), 그린 투게더,
<http://www.grentogether.go.kr>
- 한국 토지 주택공사 그린 리모델링 창조센터, 2021년 09월 10일,
<https://www.greenremodeling.or.kr/intro/int4000.asp>

부록 1. 온톨로지에서 RDF로 변환된 일부 사례

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace" xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
xml:base="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#"
xmlns="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#">
<!-- Generated by the OWL API (version 4.5.9.2019-02-01T07:24:44Z) https://github.com/owlcs/owlapi -->
- <owl:Ontology rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#">
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">This is Ontology For
  Green Remodeling</rdfs:comment>
</owl:Ontology>
  <!-- // Object
  Properties // -->
  <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#has -->
  <owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#has">
    <!-- // Data
    properties // -->
    <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Active -->
  - <owl:DatatypeProperty
  rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Active">
    <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Remodeling"/>
  </owl:DatatypeProperty>
    <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Passive -->
  - <owl:DatatypeProperty
  rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Passive">
    <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Remodeling"/>
  </owl:DatatypeProperty>
    <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Past -->
  - <owl:DatatypeProperty
  rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Past">
    <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#topDataProperty"/>
  </owl:DatatypeProperty>
    <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Remodeling -->
  - <owl:DatatypeProperty
  rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Remodeling">
    <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#topDataProperty"/>
  </owl:DatatypeProperty>
    <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#etc -->
  - <owl:DatatypeProperty
  rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#etc">
    <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#topDataProperty"/>
  </owl:DatatypeProperty>
    <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#개략공사비 -->
  - <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#개략
  공사비">
    <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#etc"/>
    <rdfs:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building">
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  </owl:DatatypeProperty>
    <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#건축연도 -->
  - <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#건축
  연도">
    <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Past"/>
  
```

```

    <rdf:domain
      rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
    <rdf:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
  </owl:DatatypeProperty>
  <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#구조 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#구조">
  <rdf:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Past"/>
  <rdf:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdf:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
  </owl:DatatypeProperty>
  <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#냉난방설비 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#냉난방설비">
  <rdf:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Active"/>
  <rdf:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdf:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  </owl:DatatypeProperty>
  <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#리모델링후등급 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#리모델링후등급">
  <rdf:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#etc"/>
  <rdf:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdf:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
  </owl:DatatypeProperty>
  <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#연면적 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#연면적">
  <rdf:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Past"/>
  <rdf:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdf:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
  </owl:DatatypeProperty>
  <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#외벽단열재 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#외벽단열재">
  <rdf:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Passive"/>
  <rdf:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdf:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  </owl:DatatypeProperty>
  <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#외벽열관류율 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#외벽열관류율">
  <rdf:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Passive"/>
  <rdf:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdf:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
  </owl:DatatypeProperty>
  <!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#용도 -->

```

```

- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#용도">
  <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Past"/>
  <rdfs:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#입면적 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#입면적">
  <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Past"/>
  <rdfs:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#지역 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#지역">
  <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Past"/>
</owl:DatatypeProperty>
<!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#장면적비 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#장면적비">
  <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Past"/>
  <rdfs:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"/>
</owl:DatatypeProperty>
<!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#창호 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#창호">
  <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Passive"/>
  <rdfs:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#창호열관류율 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#창호열관류율">
  <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Passive"/>
  <rdfs:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<!-- http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#최상층단열재 -->
- <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#최상층단열재">
  <rdfs:subPropertyOf
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Passive"/>
  <rdfs:domain
    rdf:resource="http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#Building"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

부록 2. SPARQL 내 검색수행을 위한 입력사항 예시

```

prefix table:<http://www.semanticweb.org/admin/ontologies/2021/MasterD#>
select ?name ?냉난방설비 ?태양광설비 ?환기시스템 ?외벽단열재 ?외벽열관류율
?최상층단열재 ?최상층열관류율 ?창호 ?창호열관류율Wm2k

```

```

where{
  ?Buildings table:has ?name.
  ?name table:용도 ?용도.
  ?name table:건축연도 ?건축연도.
  ?name table:구조 ?구조.
  ?name table:층수 ?층수.
  ?name table:연면적 ?연면적.
  ?name table:지역 ?지역.
  ?name table:창면적비 ?창면적비.
  ?name table:입면적 ?입면적.
  ?name table:창호 ?창호.
  ?name table:창호열관류율 ?창호열관류율Wm2k.
  ?name table:외벽단열재 ?외벽단열재.
  ?name table:외벽열관류율 ?외벽열관류율.
  ?name table:최상층단열재 ?최상층단열재.
  ?name table:최상층열관류율 ?최상층열관류율.
  ?name table:냉난방설비 ?냉난방설비.
  ?name table:태양광설비 ?태양광설비.
  ?name table:환기시스템 ?환기시스템

  filter(?건축연도=3)
  Filter(?구조=2)

```