

# 효과적인 에너지 관리를 위한 BIM 기반 데이터마이닝 모델 연구

강태욱\*, 김지은<sup>1</sup>, 장진웅<sup>2</sup>, 홍창희<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>한국건설기술연구원  
<sup>2</sup>카이언스

## BIM-based Data Mining Model for Effective Energy Management

Tae-Wook Kang<sup>1\*</sup>, Ji-Eun Kim<sup>1</sup>, Jin-Woong Jang<sup>2</sup>, Chang-Hee Hong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Construction Technology

<sup>2</sup>Chience

**요약** 본 연구는 효과적인 건물 에너지 관리를 위한 의사결정을 지원하기 위해, BIM(Building Information Modeling)기반 데이터마이닝 방법을 제안한다. 이를 위해, 우선적으로 BIM 기반 데이터마이닝 기술 동향을 조사분석하였다. 이후 에너지 관리 시 적용되는 유스케이스와 시나리오를 분석하고, 이를 효과적으로 지원할 수 있는 데이터마이닝 모델링 방법과 세부 모델을 제안하였다. 연구결과는 향후 건물 에너지 관리에 필요한 의사결정을 위한 방법으로 활용할 수 있을 것이다.

**Abstract** For the effective energy management, this study proposed BIM(Building Information Modeling)-based Data Mining Model(B-DMM). To conduct this, BIM-based data mining researches were surveyed then the use-cases and scenarios related to the energy management were analyzed. By using this results, B-DMM for supporting the decision making related the energy management was proposed. The output will be used as a decision making tool for managing a building energy.

**Keywords** : Building Information Modeling, Data mining, Decision making, Energy management

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

Building Information Modeling(BIM)은 3차원 기반 건설정보 데이터베이스 모델링 방법으로, 최근 건설 분야에서 크게 확산되고 있다. 이와 관련하여 조달청은 2016년까지 공공건물 발주에 BIM 모델링 적용을 의무화하였다. 해외의 경우, 영국, 미국과 같은 선진국은 설계 단계에서 시설물 운영 관리에 필요한 정보를 사전에 정의함으로써, 건설 전생애주기 차원에서 정보의 상호운용 비용을 낮추기 위한 방안 중 하나로 BIM 발주 제도를 정립해가고 있다. 하지만 아직까지 BIM 방식으로 작성된 데이터의 분석방법 및 활용방안에 대한 연구는 매

우 부족한 상황이다. 특히, 건물의 에너지 관리 관점에서 최근 이슈화된 글로벌 에너지 위기, 대규모 도시 정전사태 등의 문제들로 인해, BIM 기반의 의사결정에 필요한 데이터 수집과 분석의 필요성이 점차 요구되는 실정이다.

BIM은 초기 설계부터 운영 시점까지 발생 되는 다양한 에너지 관련 시뮬레이션을 수행할 수 있으며, 데이터베이스 기반의 의사결정 기술적 측면에서 상세분석을 위한 데이터마이닝 기법 적용이 가능하다. 의사결정의 목적에 따라 BIM 기반의 에너지 예측, 분류, 군집, 연관성에 대한 의사결정 모델을 도출하여 이를 바탕으로 건물 공간 에너지 사용 관리를 위한 의사결정을 수행 할 수 있다.

본 연구는 한국건설기술연구원 2015년 주요사업(BIM/GIS 상호운용 개방형 플랫폼 개발)의 연구비지원에 의해 수행됨.

\*Corresponding Author : Tae-Wook Kang(Korea Institute of Construction Technology)

Tel: +82-10-3008-5143 email: laputa99999@gmail.com

Received June 23, 2015

Revised (1st July 14, 2015, 2nd August 5, 2015)

Accepted August 6, 2015

Published August 31, 2015

본 연구는 효과적인 에너지 관리를 위한 의사결정을 위해, BIM 기반 데이터마이닝을 모델링하는 효과적인 방법을 제시하고, 사례 연구를 통해 제안한 방법의 효과를 검증하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

효과적인 에너지 관리 의사결정 지원을 위한 BIM 기반 데이터마이닝 모델을 제안하기 위해 Fig. 1과 같은 순서로 연구를 진행하였다. 본 논문은 BIM 기반 데이터마이닝 모델 개발에 앞서 에너지 관리용 의사결정 지원 모델을 정의하고자 우선적으로 유스케이스를 정의하고, 데이터 마이닝 모델을 검증하기 위해, 유스케이스를 고려한 데이터를 디자인하였다. 우선적으로 연구범위를 고려하여 대표 유스케이스 선정 후 데이터마이닝 모델 및 관련 데이터를 디자인하였다. 이후 상기 선정된 유스케이스를 바탕으로 분석기술적용 유스케이스 구성방안을 도입하고, 분류-예측-군집-연관 모델로 각각 분류하였다. 또한, 유스케이스별 분석모델 정의를 위해, 분석기술 적용요소 모형화 방법을 제안하고 제안된 방법을 검증하고자 사례 분석을 수행하였다. 데이터 분석에 많이 활용되는 통계패키지 R을 이용하여 데이터 마이닝 예측 모델을 정의하고, 모델 분석 결과를 BIM으로 시각화하여, 최종적으로 그 효과를 기술하였다.

본 연구는 건물의 에너지 관리를 위해, BIM 기반 데이터 마이닝 모델을 적용하였을 때의 효과 여부를 확인하고자 한다. 따라서 사례 연구의 범위는 BIM 기반 데이터 마이닝 모델 중 예측 모델에 대해서만 프로토타입을 개발하고 해당 효과를 검증하였음을 밝힌다.

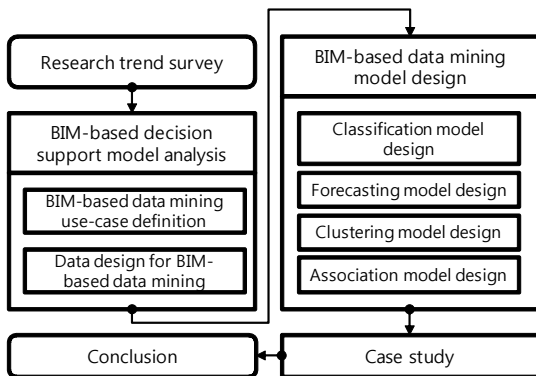


Fig. 1. Research Process

## 2. 연구동향

본 연구는 BIM 기반 데이터마이닝에 대한 국내외 관련 연구동향을 파악하였다. BIM 기반 의사결정에 대한 연구에 관한 연구 가운데 구조 BIM 환경에서 의사결정 기법을 적용한 철근 배근 그룹 선정에 관한 연구연구는 의사결정을 위해, 데이터마이닝 방식의 모델 제안이 아닌 계층화분석 기법을 사용하였다[1]. 발주자 의사결정 지원을 위한 BIM 기반 리모델링 설계 프로세스에 관한 연구에서는 BIM을 기반으로 의사결정을 지원하는 프로세스를 제시하고 있다[2]. 건물 에너지 모델에 대한 다기준 의사결정에 관한 연구는 다기준 의사결정을 위해, 베이지안 및 마르코프 체인을 사용하고 있다[3]. BIM 기반 건축기획단계의 의사결정 지원체계에 관한 연구에서는, 기획단계의 BIM 기반 건설 프로젝트 시뮬레이션 프로토타입을 통해, 의사결정 지원체계의 방향과 기능을 도출하고 있다[4]. 지능형 건물 에너지 관리 시스템 연구에서는 데이터마이닝 기반 에너지 소비예측 기술 동향 및 연구 개발 사례를 조사하여 연구 개발 방향을 제시하고 있다[5]. BIM 기반 건설공사의 경제성 평가 모델을 개발한 연구는 Life Cycle Assessment(LCA)를 이용하여, 경제성 의사결정 지원을 위해, LCA 통합 퍼지평가 모형을 개발하였다[6].

해외에서는 효과적인 에너지 관리 및 운영을 위한 데이터마이닝에 관한 연구가 있었다[7]. 해당 연구에서는 온도와 조도에 따른 에너지 부하에 대한 연관관계를 조사하고, 이를 이용해 의사결정을 지원하는 방법을 제안하고 있다. 유지관리와 관련된 의사결정 지원 시스템에 관한 연구는 건물 유지보수를 위한 의사결정 지원도구를 시스템적인 접근 방법으로 개발하였으며, 현장에 관련 정보 제공을 위해, 모바일 기반 인터페이스를 제안하고 있다[8]. Industry Foundation Classes(IFC) 모델 뷰어에서의 모델 정보 지원에 관한 연구는 뷰어에서 의사결정에 필요한 정보를 효과적으로 표출해 주는 방법을 제안하고 있다[9].

앞서 조사된 국내외 연구를 분석한 결과, 본 연구에서 주요 대상으로 다루는 에너지 관리를 위한 데이터마이닝 방법에 대한 연구와는 방법·대상범위 측면에서 차이가 있으며, 주로 데이터 모델링, 수량견적, 시공성 분석 및 경제성 분석과 같은 부분에 치우쳐져 있었다. 또한, BIM 기반 에너지 관리 유스케이스를 정의하고, 이를 지원하

는 데이터 마이닝 모델 도출 연구는 다소 미비하였다. BIM의 실내공간정보와 연계하여 데이터마이닝 된 결과를 가시화한다면, 에너지 관리자의 직관적인 의사결정에 도움을 줄 수 있다 따라서 본 연구는 효과적 에너지 관리를 위하여 BIM 데이터베이스 기반 의사결정을 위한 유스케이스를 정의하고, 데이터마이닝 모델을 도출하고자 한다.

### 3. BIM 데이터베이스 기반 의사결정 모델 분석

#### 3.1 유스케이스 정의

BIM 데이터베이스 기반 의사결정 모델을 분석하기 위해서는 우선적으로 기술 적용을 하고자 하는 주요 분석 유스케이스를 발굴하고, 상세정의를 통해 분석을 식별해야 한다. 본 연구는 분석 모델을 정의하고 상세화하기 위한 도구로 인과지도(Causal Loop Diagram) 방법을 사용한다. 인과지도는 변수들 간의 관계를 인과관계로만 표현하는 모델링 방법이다.

BIM 분석 모델을 위한 속성값은 센서, 항온항습, 조명, 장치 및 설비, 냉난방기 등에서 발생된 에너지 소비 데이터와 외부환경(온도, 습도, 일조/일사량, 강우량 등), 입주인(상주/비상주인원), 외부 에너지 운용에 대한 환경 변수 등의 에너지 관리체계에 영향을 가할 수 있는 다양한 데이터로 분석 속성을 정의 할 수 있다. Table 1은 BIM 데이터베이스 기반 의사결정 지원을 위한 분석 내용에서 데이터마이닝의 대표적인 분석방법인 분류-예측-군집-연관 모델을 중심으로 분석할 수 있는 유스케이스들을 기술한 것이다.

Table 1에서 정의된 분석 유스케이스 사례는 분류-예측-군집-연관 분석모델에서 도출 할 수 있는 유스케이스들을 통하여 건물의 에너지분석에 활용될 수 있도록 정의하였다.

분석 유스케이스의 활용 및 분석기술 정의를 위하여 Fig. 2와 같이 건물 내외부에서 발생 다양한 속성정보들과 4가지 데이터마이닝 기술을 적용하기 위한 의사결정 지원 분석방안을 구체화하였다.

기술된 분석기술 적용 유스케이스 구성방안은 의사결정을 위한 주요 전략목표를 수립하고 건축물에서 적용될 수 있는 건물 에너지 주요 속성을 도출하고 전략목표를

달성하기 위한 핵심 분석내역을 중심으로 구성하였다.

Table 1. Use-case example based on analysis technique

|                | Use-case   |
|----------------|--|
| Classification | classification by energy properties<br>classification of energy pattern based on events<br>classification of over and under energy consumption   |
| Prediction     | prediction of energy consumption by cause, type and equipment<br>consumption prediction by demand<br>prediction of energy consumption change combined with building life cycle<br>prediction of future trend analysis for COP, CO2 emission<br>prediction of building life change by replacement cycle of equipment<br>prediction of energy consumption change by environmental change around building(air, whether, remodeling, etc.) |
| Clustering     | extraction of energy consumption group by efficiency and inefficiency<br>similar property clustering analysis of consumption pattern by energy property, equipment   |
| Association    | verification of energy interaction like electricity, city water, etc.<br>analysis of association rule between property<br>similarity analysis of property pattern for energy inefficiency<br>association analysis for environment change of external factor about fixed indoor property  |

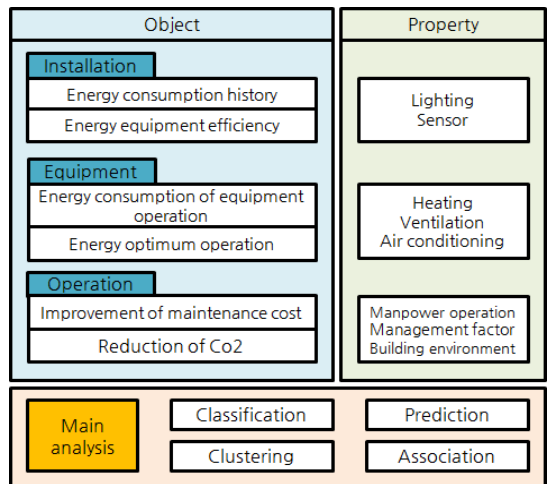


Fig. 2. Use-case architecture for analysis technique application

핵심 분석을 통하여 건물에너지 전략목표의 결과로부터 의미 있는 의사결정 정보를 취득하기 위하여 사용되

는 주요 분석리스트를 분류-예측-군집-연관의 4가지 관점에서 정의하고 제시한다.

BIM 데이터베이스 기반 의사결정 분석 기술을 설명하기 위해서는 상기 관점에서의 데이터 셋이 필요하며 분석 방안의 구체화를 위해 단계별 의사결정 요소를 모형화하고 분석체계를 도출한 다음 분석 데이터를 정의하는 구성으로 진행한다.

Fig. 3은 Fig. 2에서 정의한 유스케이스 개념구성을 기준으로 분석 플랫폼 환경을 구성하고 건물에너지 데이터의 수집과 시스템 간 인터페이스를 통하여 데이터마이닝을 구현 할 수 있는 구조를 설명하고 있다. 이는 실시간 건물 기후 정보, 시설물 관리 정보, 건물에너지 정보를 Weather Server, FM Server, BEMS Server를 통하여 취득하고 이를 빅데이터 플랫폼(Big Data Platform) 운용 환경으로 전달한다. 사용자는 분석기준과 지표, 수준의 정의를 통하여 의사결정에 필요한 데이터마이닝 결과값을 취득 할 수 있다. 분석에 필요한 다양한 전문 분석 모델은 BIM 플랫폼의 패키지 형식으로 제공되어 사용자의 분석방향에 적합한 모델을 구축하도록 한다.

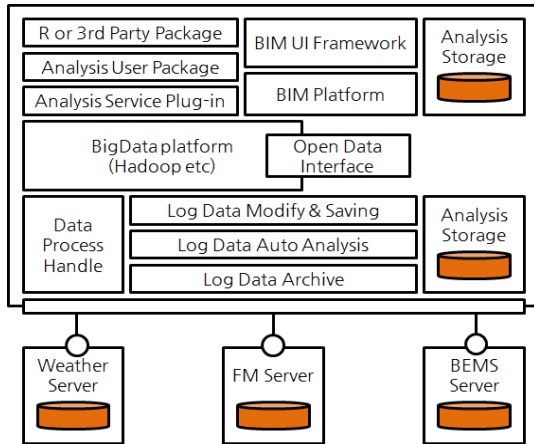


Fig. 3. System architecture for analysis technique application

Fig. 4는 건물에너지 설비별 수명/효율 최적화를 위하여 분석에 필요한 주요 컨텍스트를 도출하였다. 이는 기술적용을 위한 가치, 의사결정행동, 분석 컨텍스트를 모형화한 것이다. 이러한 방식을 이용해, 추구하는 가치를 분석하고 컨텍스트들 간 관계를 통해 데이터마이닝 모델을 명확히 도출할 수 있다.

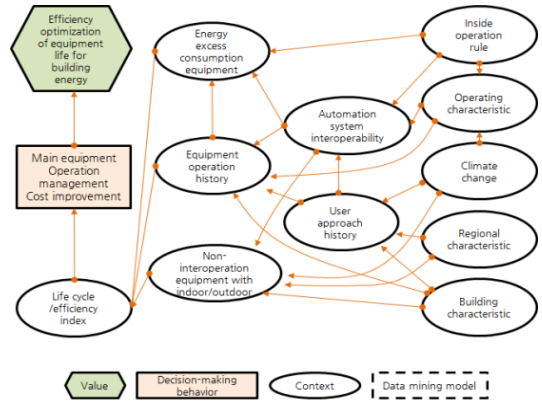


Fig. 4. Application factor modeling case of analysis technique

### 3.2 분석 기술 적용을 위한 데이터 설계

본 기술분석의 실효성 확보를 위하여 대량의 분석데이터 샘플로부터 데이터를 취득하고자 하였다. 본 장에서는 데이터마이닝 기술을 건물에너지 분석에 적용하기 위하여 관련 분야에서 사용된 에너지 데이터를 기준으로 데이터를 설계하고 생성하였다. 에너지 데이터는 Table 2에서 사용한 데이터의 형식에 기반하여 총 5개의 변수로 구성되었다.

Table 2. Composition of virtual data for analysis technique application

| Name   | Meaning                        | Data form                                    |
|--------|--------------------------------|--|
| Place  | Use home appliance             | English name of area like Seoul, Busan, etc. |
| Day    | Use home appliance             | String from Mon to Sun                       |
| Time   | Use specific home appliance    | Integer of hour from 0 to 23                 |
| Device | Use 10 kinds of home appliance | Integer from 1 to 10                         |
| Usage  | Use home appliance             | Real number from 0 to 100                    |

Table 2에서 지정된 변수형식을 반영한 가상 데이터를 만드는 R script 분석에 활용될 가상데이터를 다음과 같이 정의하였다.

```
df <- data.frame(place =
  sample(c("seoul","suwon","jeju","daegu","busan")),
  day = as.factor(sample(c
    ("MON","TUE","WEN","THU","FRI","SAT","SUN"),
    100,replace = T)),
```

```
usage = runif(100) * 100,
time = sample(0:23,100,replace=T),
device = as.factor(sample(1:10,100,replace=T)))
```

상기 내용을 바탕으로 R script를 이용하여 다음과 같은 가상 데이터를 생성하였다. 생성된 데이터는 본 연구에서 설계한 데이터마이닝 모델 검증에 위해, 지역특성과 같은 환경요인 시뮬레이션에 적용된다.

|   | place | day | usage    | time | device |
|---|-------|-----|----------|------|--------|
| 1 | jeju  | TUE | 90.43116 | 1    | 8      |
| 2 | suwon | MON | 86.97311 | 15   | 4      |
| 3 | busan | SUN | 41.86692 | 7    | 8      |
| 4 | daegu | TUE | 59.72205 | 21   | 7      |
| 5 | seoul | THU | 93.88593 | 23   | 3      |
| 6 | jeju  | SUN | 30.92009 | 5    | 8      |

## 4. 데이터마이닝 모델 디자인

### 4.1 분류 분석모델 정의

데이터마이닝의 대표적 분석 가운데 분류 분석은 주어진 여러 개의 입력 변수로 이뤄진 데이터를 이용하여 출력 변수를 예측하기 위한 방법이다. 여기서 출력 변수의 경우 실수가 아닌 이산적인 값으로 구성 되어야 한다. 본 분류 분석기술을 정의하기 위하여 Fig. 5와 같은 분석 모형을 구성하였다.

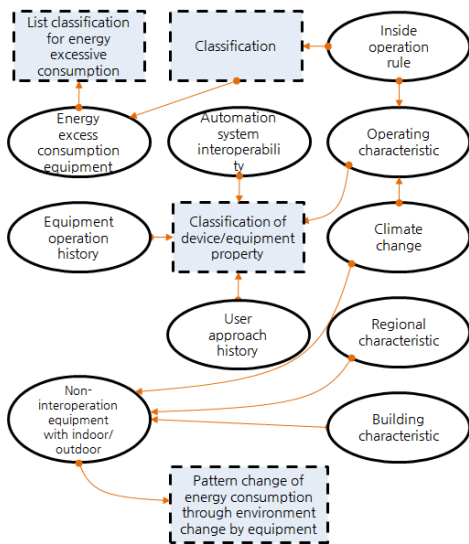


Fig. 5. Analysis system for classification analysis technique

Fig. 5는 Fig. 4에서 정의된 요소 모형화를 통하여 분류 분석 기술이 적용될 수 있는 지점을 도출 한다. 건물 에너지 설비별 수명/효율 최적화의 분석에서 에너지 과소비형 설비 리스트를 획득하고, 규정대비 소비 수준의 분류 기법을 적용할 수 있으며, 사전 분석된 데이터셋의 결합(Mash-up)을 통하여 설비의 운영 방식에 따른 특성 분류값을 획득 할 수 있다.

### 4.2 예측 분석모델 정의

Fig. 6는 Fig. 4에서 정의된 요소 모형화를 통하여 예측 분석기술이 적용되는 분석체계를 도출한 결과이다. 예측 모델은 데이터 예측을 위해 사용되는 것으로, 에너지 관리분야에서 에너지 소비량 예측 및 운전방식에 의한 에너지 소비의 예측 분석을 위해 적용할 수 있다.

에너지 소비 예측은 내부운영규정, 에너지 과대소비 설비 등의 데이터를 이용하여 시간별/일별 에너지 소비 분석이 가능하고, 설비운영 내역에 따라 사용자 간섭 시 에너지 소비 비율 분석이 가능하다. 또한, 기후 변화와 건물 특성 및 비효율에너지 설비/장치 적용에 따라 에너지 소비를 분석할 수 있다.이때 건물 에너지의 경우 다양한 속성 변수가 작용하므로 회귀선의 기술기만으로 예측을 하기에는 무리가 있음을 고려해야 한다.

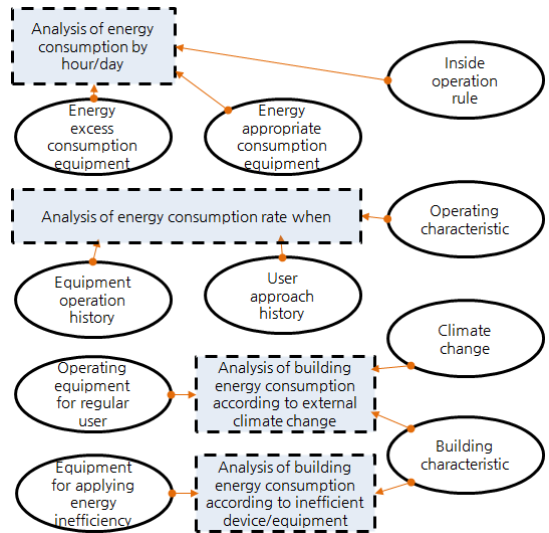


Fig. 6. Analysis system for prediction analysis technique

### 4.3 군집 분석모델 정의

군집 분석모델은 구체적인 특성을 공유하는 군집탐색

의 특성을 이용하여, 건물 공간별 에너지 소비와 관련된 분석을 수행할 경우 해당 기법을 적용 할 수 있다. 특히 건물 에너지의 특성상 건물 전체, 각 개별 호실에서 발생하는 에너지 속성 데이터를 이용하여 건물 에너지의 소비 패턴을 분석하거나, 이상 운전 특성을 보이는 속성을 분석할 때 주로 활용될 수 있다.

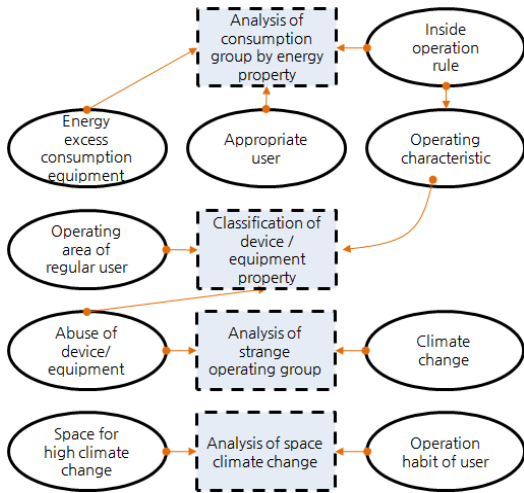


Fig. 7. Analysis system for clustering analysis technique

Fig. 7에서 제시한 사례는 군집 분석방법을 적용하여 건물 에너지의 적정/비적정 사용 그룹을 분석하고 외부 온도변화에 따른 설비의 운전특성, 사용자의 운전 습관 등을 분석하여 건물에너지의 비효율적 운영 패턴분석을 위한 분석체계를 도출하였다.

#### 4.4 연관 분석모델 정의

연관성 분석 모델은 동시에 발생한 사건간의 관계를 정의할 수 있다. 예를 들어 생성 데이터에서 지역, 시간 그리고 냉난방 기기에 대한 규칙을 다음과 같이 정의할 수 있다. 다음 규칙은 야간에 서울에서 에어컨을 사용하는 경우가 많이 존재한다고 해석할 수 있다.

사례 : {야간, 서울}=>{에어컨}

Fig. 8은 건물 독립적인 시설 운전 및 다양한 속성 연계를 통하여 에너지 최적화를 위한 분석과 특정한 에너지 소비의 내부부 연관관계를 분석하기 위한 모델이다. 대부분의 지능형 운전의 경우 에너지 소비 자체 또는 사용자 운전 결과 정보 중심의 효율성 판단을 근거한다.

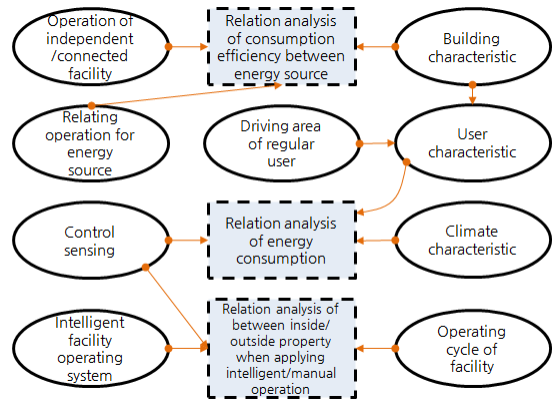


Fig. 8. Analysis system for association analysis technique

이러한 운전 특성은 지능형 운전의 제어 특성을 최대한 활용할 수 없다. 독립된 시설의 운전과 수집 정보를 활용하여 비효율 특성을 나타내는 시설, 사용자 운전특성, 건물 공간별/층별에 따른 최적의 운영 스케줄을 적용하기 위한 연관 분석이 반드시 필요하다. 단, 이러한 모델의 적용과 최적의 규칙을 찾기 위해서는 입력변수의 가능한 모든 조합을 헤아려야 하기 때문에 많은 시간이 소요될 수 있으며, 따라서 이를 효율적으로 처리하는 방법을 고려해야 한다.

#### 4.5 모델 정의 내용 요약

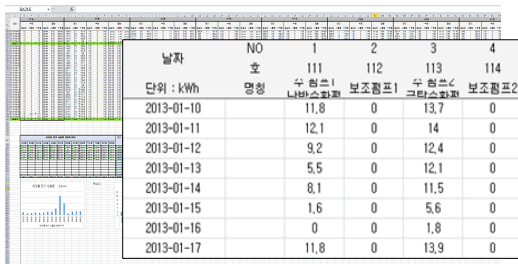
BIM 데이터베이스 기반 의사결정 지원 기술을 적용하기 위하여 데이터마이닝 기법을 4개 분야로 정리하였다. 각각의 분석기법에서 대표적인 분석방법의 특징과, R에서 사용하기 위한 방법에 대해 알아보았으며, 가상 데이터 분석을 통해 대부분의 방법들이 에너지 빅데이터 분석 적용에 가능한 것을 확인하였다. 위에서 소개한 방법들에 대한 특징을 요약하면 다음 표와 같다.

Table 3. Application reckoner by analysis technique

| Type           | Method name       | Learning method | Input variable | output variable |
|----------------|-------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Classification | Decision Tree     | Guidance        | O              | O               |
|                | SVM               | Guidance        | O              | O               |
| Regression     | Linear regression | Guidance        | O              | O               |
| Clustering     | K-means           | Self learning   | O              | X               |
|                | Hierachical       | Self learning   | O              | X               |
| Association    | Apriori           | Guidance        | O              | O               |

### 5. 사례연구

본 장에서는 한국건설기술연구원에서 실제 측정된 건물 에너지 데이터셋(Fig. 10)을 기준으로 4장에서 서술된 분석기술을 적용하였다. 사용된 데이터는 90개의 샘플과 4개의 속성값이며, 공간별로 사용 월(month), 가구별 월평균 전력 사용량(Elec), 가구별 월평균 수도 사용량(water), 가구별 월평균 열량(kcal) 데이터가 저장되어 있다. 본 데이터들은 데이터마이닝 분석 이전에 BIM의 공간객체 모델과 통합하는 과정을 거쳤다.



| 날짜         | NO | 1             | 2     | 3             | 4     |
|------------|----|---------------|-------|---------------|-------|
| 단위 : kWh   | 호  | 111           | 112   | 113           | 114   |
| 명칭         | 명칭 | 수원수1<br>나방수차량 | 보조점프1 | 수원수4<br>크림수차량 | 보조점프2 |
| 2013-01-10 |    | 11.8          | 0     | 13.7          | 0     |
| 2013-01-11 |    | 12.1          | 0     | 14            | 0     |
| 2013-01-12 |    | 9.2           | 0     | 12.4          | 0     |
| 2013-01-13 |    | 5.5           | 0     | 12.1          | 0     |
| 2013-01-14 |    | 8.1           | 0     | 11.5          | 0     |
| 2013-01-15 |    | 1.6           | 0     | 5.6           | 0     |
| 2013-01-16 |    | 0             | 0     | 1.8           | 0     |
| 2013-01-17 |    | 11.8          | 0     | 13.9          | 0     |

Fig. 9. Real data set applying analysis technique

예측 모델을 적용하기 위해, Elec, water, kcal를 사용하였고 R스크립트 수행결과는 다음과 같다.

```
lm(formula = df$elec ~ df$water)
  Min      1Q  Median      3Q      Max
-175.591 -29.815 -19.630   3.388  299.558
Coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
df$water      31.125      10.047   3.098  0.00261 **
lm(formula = df$water ~ df$kcal)
  Min      1Q  Median      3Q      Max
-0.9710 -0.4499 -0.2523   0.4230  4.9017
Coefficients: Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
df$kcal      1.783e-05  6.237e-06   2.859  0.00531 **
```

Linear regression Model 적용 결과를 보면, 전기 사용량이 수도사용량에 대해 연관성이 깊고(p-value 0.002614), 수도 사용량이 열량 사용과 연관성이 깊음을 확인할 수 있었다(p-value 0.005306).

제한한 방식은 BIM 공간객체모델과 연계되어 있으므로, Fig. 10과 같이 BIM 뷰어를 통해, 수많은 공간객체 가운데 elec, water와 같은 특정 변수간 연관성이 가장

높은 공간 위치를 직관적으로 확인할 수 있다. 이렇게 데이터마이닝 결과와 연관된 공간정보의 직관적 확인은 BIM 기반 데이터마이닝 기법을 적용하였기 때문에 가능한 것으로, 앞서 정의한 유스케이스도 같은 방식으로 데이터마이닝 결과와 관련된 건물 공간 및 시설물 객체 확인이 가능하다.

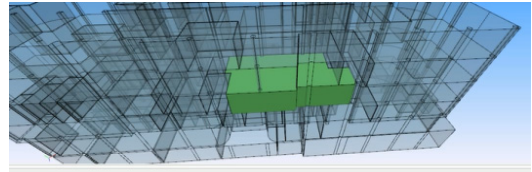


Fig. 10. Spatial object related to the analysis results of BIM-based data mining model

### 6. 결론

본 연구에서는 효과적인 에너지 관리를 위한 BIM 기반 데이터마이닝 모델을 제안하였다. 현행 대부분의 건물에너지 분석이 단순통계법이나 일반적 수준의 회귀 분석 수준에서 머물러 있는 점을 감안할 때, BIM 기반 데이터마이닝 도구활용은 보다 다양한 분석을 통한 의사결정 지원 모델을 구축하고 데이터마이닝 결과 및 데이터와 연계해 3차원 공간상의 객체 위치 등의 정보를 직관적으로 제공할 수 있다. 또한, 건물 에너지 관점에서, 대량의 시계열 데이터 및 로그 데이터들이 축적되는 것을 감안할 경우 데이터마이닝 도구는 에너지 소비에 대한 예측, 연관성 분석을 통한 다양한 건물에너지 시뮬레이션 분석 체계로 활용이 될 수 있을 것으로 판단된다.

향후, 건물에너지 관점에서의 분석 방법, 기술, 적용 모델에 대한 연구와 더불어 건물 기획, 설계 시점에서 적용될 수 있는 BIM 데이터베이스 기반 의사결정 지원 기술 연구가 필요하며, 분석 방법의 실효성을 올리기 위한 기술별 기법연구가 동반되어야 한다. 이러한 연구가 보다 정확한 의사결정 모델로 성장하기 위해서는 건물 시뮬레이션을 뒷받침 할 수 있는 데이터셋의 축적이 반드시 요구되고, 이러한 축적 데이터 활용을 통해 보다 정확하고 다양한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

## References

- [1] H. A. Jin, "A study on reinforcement steel group selection methodology on flat plate applying decision-making with AHP in the structural BIM (S-BIM) environment", *Proc. of Architectural Institute of Korea*, Vol.32, No.2, pp.447-448, 2012.
- [2] S. Lee, S. J. Kim, B. S. Son, "A Basic Study on BIM based Remodeling Design Process for Decision Support of Owner", *Proc. of Korea Institute of Construction Engineering and Management*, pp.225-230, 2011.
- [3] Y. J. Park, Multi-criteria performance assessment under uncertainty using interoperable building simulation model and Bayesian inference, Doctor thesis, SungKyunKwan University, 2013.
- [4] J. S. Lee, Y. S. Lee, J. H. Kim, J. J. Kim, "A Study about Developing the BIM-based Decision Making Support System at Pre-design Stage", *Proc. of Architectural Institute of Korea*, Vol.28, No.1, pp.637-640, 2008.
- [5] H. J. Yoon, I. W. Lee, "Trend on smart building energy management systems", *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol.30, No.8, pp.66-72, 2012.
- [6] H. R. Choi, BIM-based integrated evaluation for implementing VE/LCC/LCA in a construction project, Doctor thesis, GyeongSang National University, 2013.
- [7] A. Ahmed, N. E. Korres, J. Ploennigs, H. Elhadi, K. Menzel, "Mining building performance data for energy-efficient operation", *Journal of Advanced Engineering Informatics*, Vol.25, No.2, pp.341-354, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2010.10.002>
- [8] Q. Hao, Y. Xue, W. Shen, B. Jones, J. Zhu, "A decision support system for integrating corrective maintenance, preventive maintenance and condition-based maintenance", *Proc. of Construction Research Congress*, pp.8-11, 2010. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/41109\(373\)47](http://dx.doi.org/10.1061/41109(373)47)
- [9] C. Fu, G. Aouad, A. Lee, A. Mashall-Ponting, S. Wu, "IFC model viewer to support nD model application", *Journal of Automation in Construction*, Vol.15, No.2, pp.178-185, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2005.04.002>

### 강 태 옥(Tae-Wook Kang)

[준회원]



- 2005년 2월 : 숭실대학교 소프트웨어공학 (공학석사)
- 2009년 3월 : 중앙대학교 건설환경공학 (공학박사)
- 2010년 6월 ~ 2011년 5월 : 중앙대 건설환경공학과 겸임교수
- 2011년 6월 ~ 2012년 6월 : 한길아이티 BIM본부장
- 2012년 7월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

CAD, CAM, BIM, GIS, Computer Graphics, SW공학

### 김 지 은(Ji-Eun Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 경희대학교 건축공학과 (공학사)
- 2012년 8월 : 경희대학교 건축학과 (공학석사)
- 2013년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 연구원

<관심분야>

IOT & BigData, WSN/USN, Database, BIM, GIS, Computer Graphics, SW공학

### 장 진 응(Jin-Woong Jang)

[정회원]



- 2013년 3월 : 서강대학교 정보통신공학과 (공학석사)
- 2012년 12월 ~ 현재 : ㈜카이언스 대표이사
- 2014년 8월 ~ 현재 : 성공회대학교 글로벌IT학과 외래교수

<관심분야>

IOT & BigData, WSN/USN, Database, BIM, GIS, Computer Graphics, SW공학,



홍 창 희(Chang-hee Hong)

[정회원]



- 1998년 2월 : 경북대학교 토목공학과 대학원 (공학석사)
- 2002년 2월 : 경북대학교 토목공학과 대학원 (공학박사)
- 2002년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 연구위원

<관심분야>

BIM, GIS, BIM-GIS 상호운용