

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.3.461>

JCCT 2024-5-53

한국 지방자치단체의 주민참여예산제도 운영에 관한 연구 - Support Vector Machine 기법을 이용한 유형 구분

A Study on Korean Local Governments' Operation of Participatory Budgeting System : Classification by Support Vector Machine Technique

한준현*, 유재민**, 배재연***, 임충혁****

Junhyun Han*, Jaemin Ryou, Jayon Bae***, Chungyeok Im******

요약 한국의 주민참여예산제도는 자치단체별로 자율적으로 운영되도록 하고 있어서, 본 연구는 이들을 몇 개의 유사한 유형들로 구분하여서 각각의 특징들을 살펴보고자 한다. 본 연구는 다양한 머신 러닝 기법들을 활용하여 2022년도 기초 시(市)를 중심으로 운영유형을 분류하였다. 그 결과, 여러 머신 러닝 기법(Neural Network, Rule Induction(CN2), KNN, Decision Tree, Random Forest, Gradient Boosting, SVM, Naïve Bayes) 중에서 SVM 기법이 성능이 가장 좋은 것으로 확인되었다. SVM 기법이 밝혀낸 운영유형은 모두 3개인데, 하나는 위원회 활동은 적게 하지만, 참여예산은 많이 확보하는 클러스터(C1)이고, 다른 하나는 주민참여예산제에 매우 소극적인 도시들의 클러스터(C3)이다. 마지막 클러스터(C2)는 참여예산에 전반적으로 적극적인데, 대다수 지역이 여기에 해당한다. 결론적으로 한국의 대다수 자치단체는 주민참여예산제를 긍정적으로 운영하고 있으며, 오직 소수의 자치단체만 소극적이다. 후속 연구로 지난 10여 년간의 시계열 자료를 분석한다면, 우리는 주민참여예산에 관한 지방자치단체 유형 분류의 신뢰도를 더욱 높일 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 주민참여예산제, 클러스터링, 머신 러닝, SVM

Abstract Korean local governments operates the participatory budgeting system autonomously. This study is to classify these entities into clusters. Among the diverse machine learning methodologies(Neural Network, Rule Induction(CN2), KNN, Decision Tree, Random Forest, Gradient Boosting, SVM, Naïve Bayes), the Support Vector Machine technique emerged as the most efficacious in the analysis of 2022 Korean municipalities data. The first cluster C1 is characterized by minimal committee activity but a substantial allocation of participatory budgeting; another cluster C3 comprises cities that exhibit a passive stance. The majority of cities falls into the final cluster C2 which is noted for its proactive engagement in. Overall, most Korean local government operates the participatory busgeting system in good shape. Only a small number of cities is less active in this system. We anticipate that analyzing time-series data from the past decade in follow-up studies will further enhance the reliability of classifying local government types regarding participatory budgeting.

Key words : Participatory Budgeting System, Clustering, Machine Learning, Support Vector Machine

*정회원, 재정성과연구원 AI-RPA분석센터 총괄실장 (제1저자)Received: March 7, 2024 / Revised: April 11, 2024

**정회원, 연세대학교 글로벌행정학과 강사 (참여저자) Accepted: May 10, 2024

***정회원, 재정성과연구원 AI-RPA분석센터 IT개발실장 (참*Corresponding Author: jh2-duran@hanmail.net
여저자) General Manager of AI-RPA Analysis Center, Fiscal

****정회원, 인하대학교 회계학과 강사 (참여저자) Performance Management Institute

접수일: 2024년 3월 7일, 수정완료일: 2024년 4월 11일

게재확정일: 2024년 5월 10일

I. 서론

1989년 브라질의 포르투 알레그레(Porto Alegre)에서 최초로 실시된 주민참여예산제도(participatory budgeting system, PBS)는 지방정부의 예산 과정에 주민을 참여시킴으로써 지방재정 운영의 투명성과 공정성을 높이고, 예산 사용에 관한 책임성을 확보하며, 나아가 국민 중심의 민주주의를 실현하기 위한 취지에서 마련된 제도라 할 수 있다[1]. UN에서 “세계 40대 훌륭한 시민 제도”로 선정될 만큼 성공적인 사례로 인정받은 PBS는 세계적으로 확산하였다. 우리나라에서도 2000년대 초반부터 광주광역시 북구를 시작으로 울산광역시 동구, 대전광역시 대덕구 등으로 확대되기 시작하였고, 2011년 지방재정법 개정을 통해 모든 지방자치단체에서 시행하도록 법적으로 제도화하였다(지방재정법 제39조(지방예산 편성 등 예산 과정의 주민 참여)). 그러나 구체적인 운영 및 주민 참여의 방법 등은 각 지방자치단체 조례를 통해 자율적으로 정하도록 하고 있다.

주민 참여의 기제로 제도화된 PBS는 조례로 자율적으로 운영되고 있지만, 지역별로 적극적으로 시행되는 곳도 있고, 주민의 참여가 미흡하거나 지식 부족 등으로 인해 형식적으로만 운영되는 곳도 다수 확인되고 있다.

본 연구는 다양한 AI 머신 러닝 기법들을 활용하여 2022년도 PBS 운영 상황을 분석하여 지방자치단체, 특히 기초자치단체 중 시(市)를 중심으로 유형을 구분하고자 한다. 구체적인 머신 러닝 적용 기법으로는 Random Forest, Neural Network, KNN, SVM 등을 사용하여, 그중에서 운영유형을 가장 잘 분석하는 기법을 찾는다. 이 기법을 적용한 분석 결과로 확인되는 클러스터들의 특성을 비교함으로써 PBS를 더욱 발전시키고, 주민 참여의 확대라는 본연의 목적을 위한 전략을 마련하는 데에 기여하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서 PBS에 관한 선행연구에 대해 살펴본다. III장에서는 지방자치단체 클러스터링에 관한 머신 러닝 알고리즘을 분석한다. IV장에서는 분석 결과를 확인하며, V장에서는 결론을 기술한다.

II. 주민참여예산제에 관한 문헌 고찰

1. 주민참여예산제의 개요

PBS는 전통적인 관료 중심의 예산운영에서 벗어나 예산편성을 중심으로 집행과 결산, 성과평가 등에 이르기까지 지방의회 예산 심의·의결 과정을 제외한 예산 과정 전체에 주민이 참여하는 것을 강조한다[2]. 표 1은 2022년 PBS에 관한 자치단체 유형별 PBS 참여방법을 간략하게 정리한 것으로, 특히, 예산안 제출시 주민의견서 첨부와 PBS 사업공모 방식에서 주민 참여가 높은 것으로 나타났다.

표 1. 단체유형별 주민참여예산의 참여방법별 단체 비중
Table 1. The ratio of the number of participating local governments to the total number of local governments by categories (unit : %)

단체 유형	광역단체		기초단체						
	특광역시	도	시 (L)	시 (M)	시 (S)	군 (L)	군 (S)	구 (L)	구 (S)
사업 공청회	62.5	11.1	7.1	17.2	9.1	9.1	7.0	19.4	39.4
사업 간담회	62.5	11.1	35.7	17.2	12.1	18.2	22.5	38.9	48.5
서면 설문	50.0	33.3	42.9	65.5	69.7	72.7	59.2	44.4	63.6
온라인 설문	75.0	77.8	57.1	69.0	69.7	63.6	69.0	52.8	57.6
모바일 설문	62.5	44.4	28.6	13.8	18.2	18.2	5.6	19.4	24.2
PBS 공모	87.5	88.9	92.9	93.1	90.9	81.8	70.4	91.7	69.7
PBS 투표	87.5	44.4	57.1	27.6	36.4	45.5	15.5	80.6	57.6
주민의견서 첨부 (예산안)	100	88.9	100	89.7	81.8	81.8	85.9	83.3	66.7
위원회 활동결과 홈페이지 공개	87.5	88.9	85.7	75.9	78.8	54.5	39.4	86.1	60.6

2. 주민참여예산제에 관한 선행연구

PBS에 관한 연구들은 제도의 도입과 정착, 그리고 변화 과정에 따라 다양한 주제를 다루어 왔다[3]. 2000년대 초반에 한국에 이 제도를 도입하고자 하던 시기에

는 PBS에 관한 해외 사례 소개, 제도 도입의 필요성 및 근거에 관한 논의가 주를 이루었다. 특히 PBS가 주민 참여를 통해 실질적인 주민자치와 재정민주주의를 실현하는 제도이며, 대의민주주의의 한계를 극복할 수 있는 대안이라고 평가하며 해외 사례를 소개하는 연구가 대표적이다[4].

2006년부터 주무 부처인 행정안전부가 표준조례안을 제시하면서 각 지방자치단체에 자율적인 조례 제정을 권고하였다. 이 시기에는 PBS에 관한 이론적인 연구와 일부 지방자치단체에서 도입되어 운영되는 사례 연구를 통해 개선 방안을 도출하는 연구들이 진행되었다.

2011년 지방재정법 개정으로 지방자치단체에 PBS 도입이 의무화되고 전국화되면서 도입 및 확산에 관한 연구, 제도 활성화에 관한 연구, PBS로 인한 영향 및 성과에 관한 연구 등 다양한 측면에서 본격적으로 수행되었다. 다시 말해, PBS의 일반성을 기초로 각 지방자치단체의 특수성이 반영되는 제도 설계가 연구되었고, 제도 활성화를 위한 개선 방안 연구 및 사례 연구가 진행되었다고 요약할 수 있다[5].

2015년 PBS 운영에 대한 평가가 법제화되고, 2018년 PBS를 통해 주민이 참여할 수 있는 범위가 예산 전 과정으로 확대되고, 참여 방법이 늘어나면서 최근에는 지방자치단체의 사례 분석을 통한 실효성 확대 방안을 모색하는 연구 등이 진행되고 있다[6]. PBS의 문제점으로 공모사업 주도의 한계, 낮은 주민 참여와 다수의 무관심, 사업예산 담당자의 참여 부족 및 무관심, 주민 간 소통 부족, 참여예산 주민역량 부족, 제도 운영의 다양성 결여, 운영 여건 미흡 등을 지적하였다.

또한, PBS의 지방자치단체 조직 및 제정에 미치는 효과에 관한 논의도 수행되고 있다[7]. 특히, 주민 참여의 범위를 예산편성 이후 과정까지 확대하여야 하며, 일반 주민 위주의 실질적 주민 참여를 유도하여야 하고, 우수 운영모델 및 우수사례 발굴하여 보급하며, 주민 대상 홍보를 강화하여야 한다고 한다.

그러나 이런 선행 노력에도 불구하고 데이터에 기반한 실증연구는 풍부하지 않았다. 특히 새로운 분석기법을 적용한 분석은 그리 많지 않았다. 그래서 본 연구는 AI 기반 분석기법을 활용하여 선행연구에서 논의가 부족했던 PBS에 관한 지방자치단체 클러스터링을 수행하였다.

III. 연구 설계

1. 데이터

행정안전부에서 제공한 「주민참여예산제도 운영 매뉴얼」의 기초자료인 2022년도 PBS 관련한 자료를 수집하였으며, 기초지방자치단체 중 75개 시(市)를 중심으로 다양한 분석기법을 활용하여 유형화 분류작업을 수행하였다.

표 2에서 보인 바와 같이 확보된 데이터에서 일차적인 전처리를 통해 주요 특성을 추출하였다. 주요 변수로는 자치단체 여건에서 지방자치단체의 총세출예산(Log), 총세출 대비 주민참여예산 지출한도의 비율, 주민참여예산위원회의 활동에서 여성위원의 비율, 위원 1인당 지출 금액, 위원회 회의 소집 횟수, 주민의 참여 활동에서 공모사업 응모(제안) 건수, 세출예산 대비 응모(제안) 금액 비율, 의회(지방의회)의 심사의결에서 제안 승인 건수, 세출예산 대비 승인 금액 비율을 선정하였다. 전국 75개 시 자치단체 중에서 결측치가 발생한 20개를 제외한 55개 자치단체를 대상으로 하여 분석을 진행하였다.

표 2. 정의 및 기술통계

Table 2. Definition and descriptive statistics

구분	대리 변수의 정의	변수명	평균 (표준 오차)	최대/최소
자치단체 여건	총세출의 Log	logTotB	6.07 (0.03)	6.54/5.47
	총세출 대비 PBS 지출한도 %	PctCeiling	0.36 (0.05)	2.19/0.02
주민참여 예산위원회 활동	여성위원의 비율 %	Frate	38.47 (1.66)	75/12.5
	위원1인당 위원회 지출	ExpMemb	0.69 (0.08)	3.3/0.1
	회의소집횟수	nMeeting	10.47 (2.37)	84/1
주민의 참여 활동	공모사업에 응모한 건수	nProposal	133.8 (21.31)	623/1
	총세출 대비 응모금액의 비율 %	PctProp	1.57 (0.38)	13.45/0
의회의 심사의결	승인된 PBS의 건수	nApproved	67.25 (16.14)	605/1
	총세출 대비 승인된 PBS 금액. %	PctAppr	0.22 (0.03)	0.92/0

2. 분석의 Framework

인공지능 또는 머신 러닝은 많은 학습용 데이터를 컴퓨터에 제공하여 데이터 간의 관계를 학습시킨 후, 시험 데이터의 해석에 사용하는 새로운 기술로 적용 범위가 지속적으로 확대되고 있다[8]. 전통적인 통계학은 정규분포 등을 설정하는 모수적(parametric) 방법론인데 반하여, 인공지능을 활용한 분석기법은 비모수적(non-parametric) 방법론이 특징이다. 이들의 공통적인 알고리즘은 시행착오(trial and error) 방식으로 해결책을 찾는 것이다.

본 연구에서는 널리 알려진 분류(classification) 기법인 Neural Network, Rule Induction(CN2), KNN, Decision Tree, Random Forest, Gradient Boosting, SVM, Naïve Bayes 등 8개의 분석기법을 모두 채택하여 위의 데이터를 각각 Brightics AI로 분석하였다. Brightics AI는 머신 러닝에 특화된 툴(tool)이며, MS의 Azure ML Studio에 상응하는 한국산이다. 분석 결과, 이들 기법 중에서 가장 큰 분류정확도 값(classification accuracy)을 도출하는 기법은 무엇인지, 동시에 가장 작은 손실함수 값(LogLoss)을 생산해 내는 분석기법이 무엇인지 찾아내었다.

IV. 분석 결과

분석에 사용된 다양한 기법 중에서 SVM 알고리즘이 가장 우수한 성능을 보여주었다. 총 8개의 분석기법이 생산한 결과물을 비교한 결과, SVM 기법이 CA(분류정확도) 0.964, F1-score (종합평점) 0.962, MCC(Matthews Correlation Coefficient) 0.890 등 모든 평가지표에서 가장 높은 수치를 보인다. 그리고 LogLoss(손실함수) 역시 0.176으로 가장 낮았다.

확률정확도에서 두 번째로 유효한 분석기법은 앙상블 기법 중 하나인 Random Forest Analysis로서 CA가 0.909이다. 이에 비해 SVM에 이어 손실함수 값이 두 번째로 작은 기법은 Neural Network로서 LogLoss 값이 0.479이다.

SVM(Support Vector Machine) 기법은 기계 학습 분야에서 널리 사용되는 분류 및 회귀 분석 알고리즘이다. 일반 선형회귀분석이 하나의 직선으로 BLUE(Best Least Unbiased Estimation)를 찾는 것에 비하여, SVM은 초평면(hyperplane)을 이용하여 클러스터를 구분 짓

는다. Support Vector란 초평면에 가장 가까이 위치한 데이터 포인트이다. 이런 복잡한 과정을 통해 SVM은 선(線)이 아니라 선을 중심으로 하는 폭(幅, Kernel)으로 데이터들을 서로 다른 클러스터로 분류한다. 즉, 학습 데이터가 주어졌을 때, 각 데이터 포인트를 고차원 특징 공간으로 매핑한 후 결정 경계를 찾아 결정 경계를 기반으로 새로운 데이터 포인트들을 분류하는 방법이다[9]. 머신 러닝 기법 중에서는 XGBoost 기법과 함께 분류정확성이 가장 높은 기법의 하나로 평가받고 있다.

기법별 정확도(Accuracy), 분류정확도(Classification Accuracy), 종합평점(F1-Score) 정밀도(Precision), 재현율(Recall), 매튜상관계수(Matthews Correlation Coefficient), 손실함수(LogLoss)의 분석 결과는 표 3과 같다.

표 3. 분석 결과
Table 3. Results of analyses

Model	ACU	CA	F1	Prec	Re call	MCC	Log Loss
Neural Network	0.899	0.891	0.855	0.831	0.891	0.643	0.479
CN2 Rule Induction	0.613	0.782	0.765	0.765	0.782	0.249	0.633
KNN	0.500	0.764	0.683	0.634	0.764	-0.070	4.604
Tree	0.680	0.836	0.833	0.832	0.836	0.498	5.064
Random Forest	0.916	0.909	0.892	0.918	0.909	0.709	0.858
Gradient Boosting	0.758	0.909	0.903	0.906	0.909	0.710	1.326
SVM	0.995	0.964	0.962	0.965	0.964	0.890	0.176
Naive Bayes	0.901	0.527	0.592	0.883	0.527	0.410	1.027

이처럼 분류정확도가 높은 SVM 분석기법을 통한 클러스터는 3개로 식별될 수 있다. 각 클러스터 C1, C2, C3에 속하는 지방자치단체는 다음의 표 4와 같다.

표 4. SVM에 의한 클러스터 식별
 Table 4. Identification of clusters

클러스터	자치단체 수	도시명
C1	4	수원, 동두천, 안산, 과천
C2	44	다른 모든 도시
C3	7	의왕, 광주, 논산, 남원, 순천, 구미, 사천

또한, 주요 특성에 따른 각 클러스터의 경향성 및 편향을 용이하게 파악할 수 있는 레이더 차트는 다음의 그림 1과 같다.

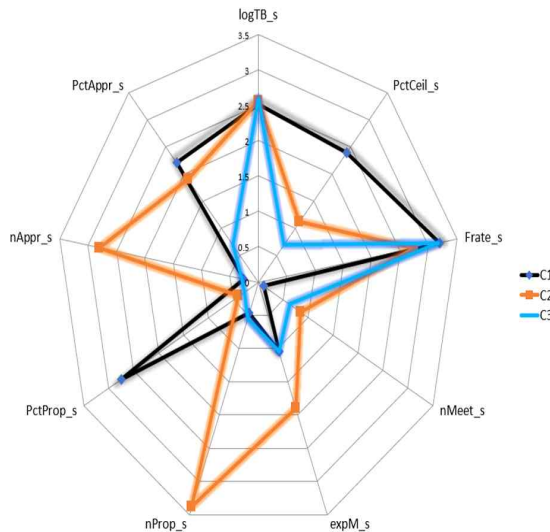


그림 1. 특성별 시 클러스터에 대한 레이더 차트
 Figure 1. Radar chart for city clusters by features

먼저 클러스터 C1에 속하는 지방자치단체의 가장 눈에 띄는 특징은 참여예산의 상한선이 높고, 주민이 제안하는 사업의 금액이 많으며, 실제로 지방의회에서 승인받은 예산이 많다는 점이다. 그에 비해 위원회의 회의 개최는 많지 않은 편이다. 그리고, 이 클러스터는 활동 대비 성과가 높는데, 수원, 동두천, 안산, 과천 등 모두 수도권에 속한 자치단체라는 점이 특징이다. 여기에 해당하는 시는 4개 밖에 없어서, 다소 예외적인 그룹이라고 할 수 있다.

반면, 클러스터 C3에 속하는 지방자치단체는 PBS에 관한 여러 특성에서 적극적이지 않은 것으로 관측되었다. 타 클러스터에 비해 이처럼 소극적인 도시들은 모두 7곳으로 파악되는데, 그들의 분포는 수도권, 영남권

및 호남권에 분포되어 있어서, 지역적 특성은 발견되지 않는다.

가장 많은 도시가 속한 것으로 확인되는 클러스터 C2의 경우, 총 55개의 표본 중에서 44개가 이 그룹에 속한다. 이 그룹에서는 위원회의 활동이 많으며, 공모사업에 주민들이 응모한 사업 건수도 많다. 다만, 제안한 사업들의 평균적인 예산 규모는 작다. 즉, 가장 큰 클러스터에 속하는 수많은 도시에서는 소액 사업들을 많이 제안하고 있다. 이에 따라 지방의회에서 승인되는 사업 건수는 가장 많다. 다만, 지방의회에서 승인되는 금액은 클러스터 C1과 클러스터 C3의 중간 정도이다. PBS의 도입 취지상 승인된 금액도 중요하지만, 소액이라도 주민들의 제안(응모) 건수가 많은 것도 참여를 활성화한 결과로 볼 수 있다. 즉, 한국의 시(市) 지역 자치단체에서는 PBS가 대체로 잘 운영되고 있다고 할 수 있다.

V. 결론

본 연구는 최근에 등장한 인공지능에 기반한 방법론을 활용하여 기존 연구에서 논의가 부족했던 지방자치단체, 특히 시를 중심으로 PBS를 어떻게 운영하고 있는지 클러스터링하는 연구를 수행하였다. 다양한 기계학습기법을 적용하여 분석한 결과, SVM의 성능이 가장 좋은 것으로 확인되었다. SVM은 앙상블 기법의 하나로서 다른 연구에서도 그 성과가 많이 입증되고 있는데, 본 연구에서도 그것이 한 번 더 뒷받침되었다. SVM 기법을 이용하여 밝혀진 클러스터는 모두 3개인 데, 하나는 위원회 활동은 적게 하지만, 참여예산은 많이 확보하는 클러스터(C1)이고, 다른 하나는 PBS에 매우 소극적인 도시들의 클러스터(C3)이다. 마지막 클러스터(C2)는 PBS에 전반적으로 적극적이는데, 대다수 지역이 여기에 해당한다. 그렇다면 이 세 가지 클러스터에서 가장 바람직한 것은 무엇인가? 최적의 PBS 운영 방식이라는 것은 이론적으로는 사회적 최적을 달성하거나, 그것과 유사한 상태를 말한다. 그러나 그것은 Arrow의 불가능론(Impossibility rule)이 증명하였듯이, 세 가지 클러스터 중에서 어느 것이 더 사회적 최적 상태라고 할 수는 없다. 왜냐하면, PBS는 원래 주민이 원하는 대로 운영하는 것이기 때문에, 소극적인 참여도 그것이 주민이 바라는 바라면 존중받아야 할 것이다. 또한 머신 러닝을 이용한 분석 결과라는 것은 그것이

인공지능을 이용했다고 해서, 바로 사회적 최적을 결정해 주는 것은 결코 아니다. 본 연구는 PBS에 관한 횡단적 연구, 즉, 2022년도의 데이터를 분석한 결과이다. 이 제도를 도입한 지 10여 년이 지났으므로, 지난 10여 년간의 시계열 자료를 분석한다면, 우리는 PBS에 관한 지방자치단체 유형 분류의 신뢰도를 더욱 높일 수 있을 것으로 기대한다.

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.1.19>

- [9] E. M. Lee & J. H. Lee. "Privacy-Preserving Credit Scoring via Support Vector Machine Training with Homomorphic Encryption," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering (JKIICE)*, Vol. 27, No. 9, pp. 1140-1145, September 2023. DOI : 10.6109/jkiice.2023.27.9.1140

References

- [1] Ministry of the Interior and Safety. "Operation Manual of Citizen Participation Budgeting System," 2023.
- [2] C. H. Jung, I. J. Kang, D. J. Bae & S. Y. Lee, "Improvement of Management Plan for Citizen Participation Budget System," Final Report. Ministry of the Interior and Safety. 2022.
- [3] Y. S. Kim & S. M. Jeon. "A Study on the System Improvement for the Activation of Citizen Participatory Budgeting: Focused on the Case of Metropolitan Cities," *The Korea Local Administration Review*, Vol. 37, No. 2. pp. 67-110, 2023. DOI : 10.22783/krila.2023.37.2.067
- [4] C. J. Kwack, "Designing Participatory Budgeting Model and Its Operational System for Local Government," *Korean Journal of Local Finance*, Vol. 10, No. 1, pp. 247-276, 2005.
- [5] M. G. Park, "A Study on the Citizen Participatory Budget Decision-making Process in Seoul : Focusing on Analysis of Influential Factors and Performance by Autonomous Districts," doctoral dissertation, Graduate School, University of Seoul, 2022.
- [6] J. J. Chung, "A Study on Improvement Plan of the Citizen Participatory Budgeting in each Province : Focused on Gyeonggi Province Case," *The Korea Local Administration*, Vol. 34, No. 2, pp. 101-134, 2020. DOI : 10.22783/krila.2020.34.2.101
- [7] G. Y. Lee & C. L. Cho, "Participatory Budget System and Local Government Corruption," *Journal of Local Government Studies*, Vol. 33, No. 3, 2021. DOI : 10.21026/jlgs.2021.33.3.97
- [8] D. U. Shin, H. J. Yeom & S. S. Park, "Low-cost Prosthetic Hand Model using Machine Learning and 3D Printing," *The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)*, Vol. 10, No. 1, pp. 19-23, January 2023,