

AI 기반 음악 생성 시스템의 감성 어휘 수용성에 관한 탐색적 연구

An Exploratory Study on the Acceptability of Emotional Vocabulary in AI-Based Music Generation Systems

남궁기찬¹

Kiechan Namkung¹

요약

최근 생성형 인공지능을 활용한 음악 제작 시스템이 빠르게 확산되고 있으며, 이를 통해 사용자들이 손쉽게 음악을 창작할 수 있는 환경이 조성되고 있다. 이러한 시스템에서는 음악의 분위기나 정서를 지정하는 주요 수단으로 감성 어휘가 사용되고 있으며, 이는 사용자와 시스템 간의 정서적 인터페이스 역할을 수행한다. 그러나 현재 상용화된 AI 음악 생성 시스템들의 인터페이스는 제한된 수의 정형화된 감성 라벨을 중심으로 구성되어 있어, 실제 사용자가 인식하고 표현하고자 하는 정서와의 불일치 문제가 제기되고 있다. 본 연구는 이러한 문제의식에 기반하여, 생성형 AI 기반 음악 생성 시스템의 감성 어휘가 실제 사용자 언어를 얼마나 수용하고 있는지를 탐색적으로 분석하고자 하였다. 이를 위해 사용자 15명을 대상으로 음악 청취 후 감성 어휘 도출, 카드 소팅 기법을 통한 라벨링 등의 실험을 진행하였다. 실험 결과, 사용자 감성 어휘와 상용 시스템 간의 일치도는 매우 낮은 수준에 머물렀으며, 사용자의 표현은 보다 세분화되고 주관적인 감정 상태를 반영하고 있었다. 연구의 결과는 생성형 AI 음악 시스템의 감성 인터페이스가 사용자 중심으로 재설계될 필요성을 시사한다. 본 연구는 실증 기반의 사용자 감성 어휘 분석을 통해 감성 기반 AI 시스템의 인터페이스 설계에 기초자료를 제공하며, 사용자-시스템 간 정서적 소통 강화의 중요성을 확인한다.

핵심어 : 생성형 인공지능, 음악 생성 시스템, 감성 어휘, 사용자 경험

Abstract

Recently, music production systems that utilize generative artificial intelligence have been proliferating rapidly, making it easier for users to create music. In these systems, emotional vocabularies are used as the primary means of specifying the mood or emotion of the music, acting as an emotional interface between the user and the system. However, the interfaces of currently commercialized AI music generation systems are organized around a limited number of structured emotion labels, which raises the issue of mismatch with the emotions that real users recognize and want to express. Based on this problem, this study

¹ Department AI Design, Kookmin University, Seoul, Korea [Professor]
e-mail: soundux@kookmin.ac.kr

* 이 저서는 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 저술출판지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2021S1A6A4048126)

Received(May 3, 2025), Review Result(1st: May 19, 2025), Accepted(June 9, 2025), Published(June 30, 2025)



© 2025 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

exploratively analyzed the extent to which the emotional vocabulary of generative AI-based music generation systems accommodates real user language. To this end, we conducted experiments on 15 users to derive emotional vocabularies after listening to music and label them using card sorting techniques. The results showed that the match between user emotional vocabulary and commercial systems was very low, and that users' expressions reflected more granular and subjective emotional states. The results of the study suggest that the emotional interface of generative AI music systems needs to be redesigned to be more user-centered. This study provides a basis for interface design of emotion-based AI systems through empirically-based analysis of user emotional vocabulary and confirms the importance of strengthening user-system emotional communication.

Keyword : Generative AI, Music generation system, Emotional vocabulary, User experience

1. 서론

최근 생성형 인공지능(Generative Artificial Intelligence)은 음악, 이미지, 텍스트 등 다양한 콘텐츠 생성 분야에서 창작 도구로 주목받고 있다. 특히 음악 분야에서는 사용자의 입력에 기반해 음악을 자동 생성하는 시스템들이 등장하며, 개인 창작자뿐 아니라 상업적 콘텐츠 제작 환경에서도 활용이 확대되고 있다 [1]. 이러한 AI 기반 음악 생성 시스템은 정서적 분위기, 속도, 장르 등 다양한 요소를 사용자가 조절할 수 있는 기능을 제공하지만, 여전히 사용자와 시스템 간 인터페이스 상의 간극이 존재한다 [2].

그중에서도 인터페이스에서 사용되는 감성 어휘(emotional vocabulary)는 사용자가 음악의 분위기나 감정을 텍스트로 표현할 수 있는 핵심 수단이며, 생성된 음악 결과물의 정서적 품질에 직접적인 영향을 미친다. 그러나 현재 대부분의 음악 생성 시스템은 사전에 정의된 제한된 감성 라벨 기반의 선택형 입력을 중심으로 설계되어 있으며, 이는 사용자가 실제로 느끼고 표현하고자 하는 감성적 뉘앙스를 충분히 담아내지 못한다는 한계가 있다 [3].

음악과 감성 간의 관계는 인지심리학과 음악심리학 분야에서 오랜 기간 연구되어 왔으며, 정서적 표현은 음악 감상에 있어 핵심적인 요소 중 하나로 간주된다 [4]. 따라서 AI 음악 생성 시스템이 창작 도구로 자리잡기 위해서는 기술적 정확성과 함께 정서적 수용성을 높이는 사용자 인터페이스 설계가 병행되어야 한다. 특히 인터페이스에서 사용되는 감성 어휘의 범위, 표현 방식, 사용자 언어와의 일치성은 시스템의 직관성과 몰입도에도 많은 영향을 미친다 [5].

그러나 현재까지의 선행 연구는 대부분 AI 음악 생성 시스템의 기술적 성능 개선이나 음악-감정 매핑 알고리즘 개발에 집중되어 있으며, 사용자 관점에서의 감성 어휘 수용성에 대한 실증적 분석은 부족한 실정이다. 최근의 연구는 사용자와 시스템 간의 감정 해석 차이가 음악 생성 결과의 기대 불일치로 이어지고 있으며, 이는 전체 사용자 경험을 저해하는 중요한 요인임을 지적하고 있다 [2][6].

이에 본 연구는 생성형 AI 기반 음악 생성 시스템의 인터페이스에서 사용되는 감성 어휘의 사용자 수용성을 탐색적으로 분석하고 검증하는 데 목적이 있다. 본 연구는 음악 제작 경험이 있는

사용자들을 대상으로 실제 음악을 청취한 뒤 자유롭게 감성 어휘를 기술하게 하고, 이 데이터를 카드 소팅 기법으로 정제하여 현재 상용화된 AI 기반 음악 생성 시스템의 감성 라벨들과 비교 분석한다. 이를 통해 사용자 중심 감성 어휘 체계의 필요성과 실질적인 설계 방향을 제안하고자 한다.

본 연구는 기존 시스템들이 제공하는 감성 어휘가 실제 사용자 표현과 얼마나 일치하는지를 경험적 데이터에 기반해 검토함으로써, 향후 AI 기반 음악 생성 시스템의 인터페이스 설계에서 사용자 정서 표현의 다양성과 수용성을 반영하는 기초자료로 기여할 것이다.

2. 문헌연구

2.1 생성형 AI 음악 생성 시스템의 감성 어휘 구성 현황

최근 다양한 AI 기반 음악 생성 시스템들이 감성 표현 요소를 사용자 인터페이스에 사용하고 있다. 대표적인 시스템으로는 Soundraw, Mubert, Evoke Music, AIVA, Ectett Musi 등이 있으며, 이러한 시스템들은 미리 정의된 감성 어휘 라벨을 제공하여, 사용자가 생성하고자 하는 음악의 정서적 방향성을 설정할 수 있도록 지원한다 [1]. 이들 시스템은 대부분 규칙 기반(rule-based) 접근을 통해 ‘Happy’, ‘Sad’, ‘Epic’, ‘Chill’, ‘Hopeful’ 등 제한된 범주의 감성 어휘를 설정하고 있으며, 이를 기반으로 곡의 리듬, 악기 배치, 코드 등을 알고리즘적으로 생성하는 방식으로 알려져 있다 [1][7].

그러나 이들 시스템에서 사용되는 감성 어휘는 음악심리학적 맥락에서 정교하게 도출되었다기 보다는, 비교적 직관적이고 상업적 목적에 기반한 키워드 중심으로 구성된 경우가 많다 [2][8]. 이는 사용자가 실제로 표현하고자 하는 음악적 정서와 시스템이 해석하는 정서 사이의 괴리를 야기할 수 있으며, 결과적으로 사용자 만족도를 저하시킬 가능성이 있다. [표 1]은 현재 주요 AI 기반 음악 생성 시스템에서 사용되고 있는 감성 어휘들이다.

[표 1] AI 음악 생성 시스템에서 사용되고 있는 감성 어휘

[Table 1] Emotional Vocabulary Used in Music Production AI System Interface

AI Systems	Emotional Vocabulary
Soundraw	Epic, Happy, Hopeful, Angry, Sentimental, and 20others
Mubert	Fun, Beautiful, Inspirational, Peaceful, and 50others
Evoke music	Aggressive, Busy, Danger, Frantic, Cold, and 55 others
Aiva	Calm, Excited, Fearful, Tension, Sad
Ecret music	Chill, Dark, Uplifting, Happy, Serious, and 6others
Beatoven	Sad, Calm, Motivational, Happy, Scary, and 11 others
MusicStar	Happy, Sad, Blessed, Loved, Adventurous, and 4 others

2.2 감정 표현 모델과 음악 생성에서의 적용

음악 생성에 감정을 적용하는 방식은 주로 범주형 감정 모델(categorical emotion model)과 차원형 감정 모델(dimensional emotion model)로 나뉜다. 범주형 모델은 ‘기쁨’, ‘슬픔’, ‘분노’, ‘두려움’ 등 명시적 정서를 중심으로 음악을 생성하는 방식이며, 차원형 모델은 정서의 강도(arousal)와 명료도를 축으로 구성된 연속적 모델을 통해 감정 상태를 정의한다 [8]. 기존 연구들은 이러한 감정 모델을 AI 음악 생성 알고리즘에 통합하여, 특정 정서가 유발되도록 음향 요소를 학습시키는 방식을 채택해왔다 [9][10].

예를 들어, Zheng 등은 음악 심리학 시반의 감정 요소를 학습 데이터로 삼아 정서적 음악을 생성하는 시스템인 Emotion Box를 제안하였으며, 이는 리듬, 템포, 멜로디 등의 구성 요소와 감정 간의 관계를 모델링하는 시도였다 [6]. 그러나 이와 같은 기술적 성과에도 불구하고, 실제 사용자가 시스템을 통해 감정을 어떻게 지시하고 해석하는지에 대한 사용자 관점 연구는 여전히 부족하다.

2.3 사용자 중심 감성 표현 및 인터페이스 설계의 필요성

감성 어휘의 사용자 수용성은 단순히 단어 선택의 문제를 넘어서, 사용자가 시스템과 정서적 소통을 할 수 있는 인터페이스를 구축하는 데 핵심적인 요소이다. 최근 선행 연구는 생성형 AI 시스템의 인터페이스 디자인이 창의성 유도에 미치는 영향을 분석하면서, 사용자의 프롬프트(prompt)를 해석하고 반영하는 인터페이스 구조가 정서적 맥락 이해에 큰 영향을 미친다고 주장했다 [5]. 이는 텍스트 기반 인터페이스의 구성과 감성 어휘의 표현 범위가 곧 시스템의 사용성과 창작 몰입도를 좌우한다는 점을 시사한다.

더불어, 기존 연구들은 사용자와 시스템 간의 감성 해석 불일치가 사용자 경험을 저해하는 주요 원인 중 하나임을 지적하기도 있다 [2][6]. 따라서 사용자들이 실제로 사용하는 감성 언어와 시스템이 제공하는 감성 라벨 간의 대응 관계를 실증적으로 분석하고, 그 차이를 보완할 수 있는 감성 어휘 설계 전략이 요구된다.

3. 연구방법

3.1 연구 설계 개요

본 연구는 생성형 AI 기반 음악 제작 시스템의 사용자 인터페이스에서 제공되는 감성 어휘와 실제 사용자들이 음악 감상 중 사용하는 감성 표현 간의 차이를 실증적으로 분석하고자 하였다. 이를 위해 음악 제작 경험이 있는 사용자 집단을 대상으로 정성적 실험을 설계하였으며, 음악 청

취 후 감성 어휘를 자유롭게 기술하도록 유도하고, 이를 카드소팅(card sorting) 기법을 통해 분류한 뒤, 현재 상용화된 AI 음악 생성 시스템에서 사용 중인 감성 어휘와 비교하는 실험을 진행하였다.

본 연구는 기존 시스템의 감성 어휘 구성 방식이 사용자 감성 표현의 다양성과 주관성을 충분히 반영하지 못한다는 문제의식에 기반하여, 이를 탐색적으로 규명하기 위해 3단계의 실험 절차를 구성하였다: (1) 음악 감상 기반 감성 어휘 수집, (2) 카드 소팅을 통한 어휘 분류 및 그룹화, (3) 상용 시스템 감성 어휘와의 비교 분석

3.2 참여자 구성

실험 참여자는 생성형 AI 기반 음악 제작 시스템을 직접 사용한 경험이 있는 15명의 콘텐츠 디자이너로 구성되었다. 이들은 주로 음악, 영상, 게임 등 콘텐츠 제작 현장에서 활동하는 전문가 집단이며, 음악의 분위기와 감정 전달에 대한 이해도가 높은 사용자층으로 선정되었다. 본 연구에서는 감성 표현의 언어적 특성을 분석하는 것이 주요 목적이므로, 일반 대중보다는 상용화된 AI 시스템에서 주요 사용자 층으로 명시한 음악 창작 경험을 보유한 집단을 대상으로 설정하였다.

3.3 실험 절차

3.3.1 음악 감상 및 감성 어휘 도출

첫 번째 단계에서는 실험 참여자들이 직접 선정한 총 34개의 음악 샘플을 무작위(randomized) 순서로 참여자에게 들려주었다. 음악 샘플은 장르, 템포, 분위기 등이 다양하게 구성되었으며, 특정 시스템에서 생성된 결과물이 아닌 기 발표된 대중음악을 활용하였다. 참여자들은 각 음악을 들은 뒤, 자유롭게 음악에서 느껴진 감정을 단어의 형태로 기술하도록 요청 받았다. 감정 표현의 자유도를 확보하기 위해 제한된 선택지 없이 자발적 언어 기술 방식(free word association)을 활용하였다. 이 단계의 목적은 사용자로부터 자연스럽게 자발적인 감성 어휘를 유도하여, 시스템 제공 라벨과 비교 가능한 사용자 중심 감성 언어 데이터를 확보하는 것이다.

3.3.2 카드 소팅을 통한 감성 어휘 분류

두 번째 단계에서는 앞서 수집된 감성 어휘들을 구조화하기 위한 카드 소팅 기법을 적용하였다. 참여자들은 두 개의 그룹으로 나누어 오픈 카드 소팅(open card sorting)을 수행하였다.

각 그룹은 개별 토의 과정을 통해 어휘 간의 뉘앙스 차이를 논의하였으며, 유사하거나 상호 관련된 감성 어휘들을 동일한 범주로 통합하고 그에 해당하는 상위 감정 라벨을 자율적으로 명명하였다. 이 과정은 감정 분류에 있어 사용자의 직관과 언어 감각을 반영함으로써, 사용자 중심 감성 범주 체계를 구성하기 위한 단계이다.

3.3.3 상용 시스템 감성 어휘와의 비교 분석

마지막 단계에서는 참여자들이 분류한 감성 라벨 및 어휘 체계를 현재 상용화된 생성형 AI 음악 제작 시스템에서 사용되고 있는 감성 어휘와 비교하였다. 이를 위해 상용화된 주요 시스템의 감성 라벨을 수집하고, 사용자 기반 어휘와의 비교 가능성을 확보할 수 있도록 정제하였다.

비교 분석은 단어의 직접 일치뿐 아니라 유사 의미군의 교차 참조를 포함하며, 정량적 비교를 위한 준비 과정을 포함한다. 본 절차는 사용자 표현과 시스템 제공 어휘 간의 구조적 차이와 해석 가능성의 간극을 확인할 수 있는 기반을 마련하기 위함이다.

4. 결과

4.1 사용자 감성 어휘의 도출 및 범주화 결과

음악 청취 실험을 통해 총 192개의 감성 어휘가 수집되었다. 이는 동일한 음악에 대해 서로 다른 감정 표현이 도출될 수 있음을 보여주며, 감성 어휘 사용이 고도로 주관적이고 다양한 양상을 보인다는 것을 시사한다. 수집된 어휘는 두 개의 사용자 그룹(Group A, Group B)을 통해 오픈 카드 소팅 방식으로 분류되었으며, 각 그룹은 어휘 간 의미적 유사성을 기준으로 감성 라벨을 구성하였다.

그 결과, Group A는 14개의 감성 라벨, Group B는 11개의 감성 라벨을 도출하였다. 두 그룹에서 공통적으로 나타난 감성 라벨은 ‘Powerful’, ‘Exciting’, ‘Dull’, ‘Dreamlike’의 4개였으며, 이는 일부 감성 범주가 사용자 간에 보편적으로 인식되고 있음을 의미한다. 그러나 그 외 라벨은 그룹 간 차이를 보였으며, 동일한 어휘가 서로 다른 그룹에서 상이한 방식으로 분류되기도 하였다. 이는 감성 어휘 해석의 주관성과 문맥 의존성을 보여주는 결과로 해석된다. [표 2]는 각 그룹에서 도출한 감성 라벨의 목록을 정리한 것이다.

[표 2] 카드 소팅을 통해 도출된 사용자 감성 라벨 목록
 [Table 2] List of user emotional labels derived from card sorting

	Group A	Group B
Emotional Labels	Powerful, Exciting, Dull, Dreamlike, Tranquil, Refreshing, Youthlike, Sweet, Rough, Attractive, Peppy, Overwhelming, Delicate, Sacred	Powerful, Exciting, Dull, Dreamlike, Warm, Dark, Fluttering, Emotional, Exhilarating, Distinctive, Tortuous

이와 같이 도출된 감성 라벨은 감정의 세기, 분위기, 정서적 동요 등 다양한 차원을 포괄하며,

기존 시스템이 제공하는 정형화된 라벨과는 표현 방식 및 범주 구성이 상이함을 확인할 수 있다.

4.2 기존 AI 음악 생성 시스템 감성 어휘와의 비교

실험에서 도출된 사용자 감성 라벨 및 감성 어휘와 현재 상용화된 7개 AI 음악 생성 시스템의 감성 어휘 간 일치 여부를 비교하였다. 비교는 각 시스템이 제공하는 대표 감성 어휘 집합과, 사용자 실험에서 수집된 192개 감성 어휘 전체, 그리고 카드 소팅을 통해 도출된 대표 감성 라벨 간에 수행되었다.

그 결과, 전체 사용자 감성 어휘 192개 중 상용 시스템의 감성 라벨과 직접적으로 일치하거나 의미적으로 유사한 항목의 수는 매우 제한적이었다. 특히, Group A 의 라벨 중 시스템 어휘와 일치한 항목을 1개, Group B는 2개에 불과하였다. 전체적으로 가장 높은 일치도를 보인 시스템은 Evoke Music 이었으며, 그 외 시스템은 대부분 사용자 표현과의 매칭이 0 ~ 1 건 수준이었다 [표 3].

[표 3] 사용자 감성 표현과 AI 시스템 감성 어휘 간 일치도 비교

[Table 3] Compare match between user emotional expressions and AI system emotional vocabulary

	Emotion Vocabulary Count	Representative Vocabulary Match Count(GroupA)	Representative Vocabulary Match Count (GroupB)	Total Matches with AI System Vocabulary (192 terms)
Soundraw	25	0	1	1
Mubert	44	0	0	10
Evoke Music	57	1	2	20
Aiva	5	0	0	1
Ecret Music	11	0	1	6
Beatoven	16	0	0	6
Music Star	9	0	0	1

이와 같은 결과는 현재 상용화된 AI 음악 제작 시스템의 감성 어휘 체계가 실제 사용자 언어와 상당한 괴리를 가지고 있음을 보여준다. 특히, 사용자가 자발적으로 사용하는 감성 표현이 시스템에 의해 정확히 반영되지 않는 경우, 결과물에 대한 예측 가능성과 창작 만족도가 낮아질 수 있다는 실증적 근거로 해석할 수 있다.

5. 결론 및 한계

본 연구는 생성형 AI 기반 음악 생성 시스템의 사용자 인터페이스에서 제공되는 감성 어휘가 실제 사용자들이 사용하는 감성 표현과 얼마나 일치하는지를 탐색적으로 분석하였다. 실험을 통해

사용자는 동일한 음악에 대해 매우 다양한 감성 어휘를 자발적으로 사용하였으며, 카드 소팅을 통해 분류된 감성 라벨은 현재 상용 시스템이 제공하는 감성 어휘와는 상당한 괴리를 보였다. 이는 현재의 시스템 감성 라벨이 사용자 언어와 정서적 감각을 충분히 반영하지 못하고 있음을 의미하며, 사용자 경험의 질적 저하로 이어질 수 있음을 시사한다.

이러한 결과는 사용자 중심의 감성 어휘 체계가 향후 AI 음악 시스템 설계에 있어 핵심 요소가 되어야 함을 강조한다. 감성 어휘는 단순한 선택지가 아니라, 사용자의 창작 의도와 감정 상태를 시스템에 전달할 수 있는 정서적 인터페이스로 기능한다. 따라서 사용자가 실제로 사용하는 언어 기반의 감성 표현을 반영한 동적이고 유연한 감성 어휘 설계가 필요하며, 향후 인터페이스의 개선 방향은 정형화된 라벨 중심에서 사용자 정의 중심으로의 전환이 요구된다.

다만 본 연구는 제한된 참여자 수와 실험 환경이라는 한계를 지닌다. 실험에 참여한 사용자들이 모두 콘텐츠 제작 경험이 있는 비교적 전문 집단이며, 일반 대중을 포함한 보다 다양한 사용자층을 대상으로 한 후속 연구가 필요하다. 또한 감성 어휘의 수용성과 결과물 만족도 간의 관계를 정량적으로 분석하는 후속 실험을 통해, 감성 인터페이스의 사용자 경험을 보다 구체적으로 검증할 수 있을 것이다.

References

- [1] Y. Zhu, J. Baca, B. Rekabdar, R. Rawassizadeh, "A survey of AI music generation tools and models", arXiv preprint arXiv:2308.12982v1, August 2023, pp. 1-39, doi: 10.48550/arXiv.2308.12982.
- [2] M. Civit, J. Civit-Masot, F. Cuadrado, M. J. Escalona, "A systematic review of artificial intelligence-based music generation: Scope, applications, and future trends", *Expert Systems with Applications*, vol. 209, September 2022, pp. 1-16, doi: 10.1016/j.eswa.2022.118190.
- [3] A. Dash, K. R. Agres, "AI-Based Affective Music Generation Systems: A Review of Methods, and Challenges", *Proceedings of the 22nd International Conference on Multimodal Interaction*, December 7-11, 2022, Bangalore, India, pp. 663-670, doi: 10.1145/3569219.3569341.
- [4] P. N. Juslin, J. A. Sloboda, *Music and Emotion: Theory and Research*, Oxford University Press, 2001.
- [5] M. Torricelli, M. Martino, A. Baronchelli, L. M. Aiello, "The role of interface design on prompt-mediated creativity in generative AI", *Proceedings of the ACM Web Science Conference (WebSci '24)*, May 21-24, 2024, Stuttgart Germany, pp. 235-240, doi: 10.1145/3614419.3644000.
- [6] K. Zheng, R. Meng, C. Zheng, X. Li, J. Sang, J. Cai, J. Wang, X. Wang, "EmotionBox: A music-element-driven emotional music generation system based on music psychology", *Frontiers in Psychology*, vol. 13, August 2022, pp. 1-12, doi: 10.3389/fpsyg.2022.841926.
- [7] Soundraw, "Soundraw", soundraw.io, <https://soundraw.io>, (accessed May 30, 2024).
- [8] Evoke Music, "Evoke Music", evokemusic.ai, <https://evokemusic.ai>, (accessed May 30, 2024).

- [9] L. N. Ferreira, J. Whitehead, "Learning to generate music with sentiment", 20th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2019), November 4-8, 2019, Delft, Netherlands, pp. 384-390, doi: 10.48550/arXiv.2103.06125.
- [10] K. Zhao, S. Li, J. Cai, H. Wang, J. Wang, "An emotional symbolic music generation system based on LSTM networks", 2019 IEEE International Conference on Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), March 15-17, 2019, Chengdu, China, pp. 2039-2043, doi: 10.1109/ITNEC.2019.8729352.