

УДК 004.4

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2024-2-19>

Валерія ЧЕРКАСОВА

інженер кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Харківський національний університет ім. О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова 17, м. Харків, Україна, 61002

ORCID: 0009-0004-4624-2846

Борис БОЧАРОВ

кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Харківський національний університет ім. О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова 17, м. Харків, Україна, 61002

ORCID: 0000-0002-5324-6851

Бібліографічний опис статті: Черкасова, В., Бочаров, Б. (2024). Імплементация системи рекомендацій на основі NLP у вакансійному аналізі. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 2, 147–152, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-2-19>

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ СИСТЕМИ РЕКОМЕНДАЦІЙ НА ОСНОВІ NLP У ВАКАНСІЙНОМУ АНАЛІЗІ

Впровадження системи рекомендацій на основі NLP у вакансійному аналізі є суттєвим прогресом. Дана технологія надає персоналізовані рекомендації, враховуючи динаміку ринку, що полегшує процес пошуку роботи, робить його ефективним для кожного користувача

Метою роботи є розробка та підготовка до практичного впровадження системи рекомендацій на основі методів обробки природної мови (NLP) для аналізу вакансій та надання релевантних пропозицій роботи користувачам. Головною задачею є підвищення ефективності пошуку роботи та покращення відповідності між навичками та вимогами кандидатів і роботодавців.

Методологія полягає у комплексному підході до створення системи рекомендацій вакансій, який поєднує методи NLP з традиційними алгоритмами колаборативної та контентної фільтрації. На етапі підготовки проводиться збір та очищення даних про вакансії та резюме кандидатів. Далі застосовуються методи NLP, такі як токенізація, видобування ознак, розпізнавання іменованих сутностей та побудова тематичних моделей для виявлення ключових навичок, вимог та контекстної інформації. Ці дані використовуються для створення векторних представлень вакансій та резюме, які слугують основою для алгоритмів фільтрації. Запропонована гібридна система рекомендацій об'єднує результати контентно-орієнтованої та колаборативної фільтрації для надання персоналізованих рекомендацій.

Наукова новизна. Запропоновано комплексний підхід до вакансійного аналізу, який поєднує методи обробки природної мови, машинного навчання та рекомендаційних систем. На відміну від традиційних пошукових систем, ця система надає персоналізовані рекомендації кандидатам на основі змістовного аналізу їх профілів та вакансій. Досягається підвищення ефективності підбору персоналу за рахунок автоматизації процесу співставлення кандидатів і вакансій.

Висновки. Результати проведених експериментальних досліджень продемонстрували перспективність запропонованого підходу до створення системи рекомендацій вакансій на основі інтеграції методів обробки природної мови (NLP) та традиційних алгоритмів фільтрації. отримані результати демонструють її значний потенціал для масштабування системи для забезпечення її ефективної роботи в умовах реального використання.

Ключові слова: система рекомендацій, вакансійний аналіз, оптимізація пошуку, обробка природної мови.

Valeria CHERKASOVA

Engineer, Department of Computer Science and Information Technology, A.M. Beketov Kharkiv National University, 17, Marshal Bazhanov Str. Kharkiv, Ukraine, 61002, valeriya.cherkasova@kname.edu.ua

ORCID: 0009-0004-4624-2846

Boris BOCHAROV

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Science and Information Technology, A.M. Beketov Kharkiv National University, 17 Marshal Bazhanova Str., Kharkiv, Ukraine, 61002, boris.bocharov@kname.edu.ua

ORCID: 0000-0002-5324-6851

To cite this article: Cherkasova, V., Bocharov, B. (2024). Implementatsiia systemy rekomendatsii na osnovi NLP u vakansiinomu analizi [Implementation of an NLP-based recommender system in vacancy analysis]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 2, 147–152, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-2-19>

IMPLEMENTATION OF NLP-BASED RECOMMENDATION SYSTEM IN VACANCY ANALYSIS

The introduction of an NLP-based recommendation system in job analysis is a significant progress. This technology provides personalized recommendations based on market dynamics, which makes the job search process easier and more efficient for each user

The purpose of the work is to develop and prepare for the practical implementation of a recommendation system based on natural language processing (NLP) methods for analyzing job openings and providing relevant job offers to users. The main objective is to increase the efficiency of job search and improve the match between the skills and requirements of candidates and employers.

The methodology is an integrated approach to creating a job recommendation system that combines NLP methods with traditional collaborative and content filtering algorithms. At the preparation stage, data on vacancies and candidates' resumes are collected and cleaned. Next, NLP techniques such as tokenization, feature extraction, named entity recognition, and topic modeling are applied to identify key skills, requirements, and contextual information. This data is used to create vector representations of jobs and resumes that serve as the basis for filtering algorithms. The proposed hybrid recommender system combines the results of content-based and collaborative filtering to provide personalized recommendations

The scientific novelty. An integrated approach to job analysis that combines natural language processing, machine learning, and recommender systems is proposed. Unlike traditional search engines, this system provides personalised recommendations to candidates based on a meaningful analysis of their profiles and vacancies. The system improves the efficiency of recruitment by automating the process of matching candidates and vacancies.

Conclusions. The results of the experimental studies have demonstrated the prospects of the proposed approach to creating a job recommendation system based on the integration of natural language processing (NLP) methods and traditional filtering algorithms. The results obtained demonstrate its significant potential for scaling the system to ensure its effective operation in real-world use.

Key words: recommender system, vacancy analysis, search optimisation, natural language processing.

Актуальність проблеми. У сучасному динамічному бізнес-середовищі, де конкуренція за вакантне трудове місце постійно зростає, ефективний пошук та підбір кваліфікованих кадрів та відповідних вакансій для кандидатів став критичним завданням. Традиційні методи пошуку та відбору часто виявляються трудомісткими, суб'єктивними та неефективними, особливо коли йдеться про аналіз великої кількості текстових даних. Запровадження системи рекомендацій на основі обробки природної мови (NLP) у вакансійному аналізі може значно полегшити пошук роботи та підвищити ефективність відповідності між вакансіями та профілями користувачів. Саме тому потреба у використанні таких інноваційних рішень є нагальною, даний підхід допоможе автоматизувати та оптимізувати цей процес, забезпечуючи точність, об'єктивність та ефективність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом останніх років дослідники активно вивчали можливості застосування технологій обробки природної мови (NLP) та машинного навчання для вдосконалення процесу підбору персоналу.

У дослідженні (D. Mhamdi, 2020) запропоновано новаторський підхід до систем

рекомендацій вакансій, заснований на рекурентних нейронних мережах (RNN). На відміну від традиційних методів векторизації текстів, таких як bag-of-words чи TF-IDF, які не враховують контекст та порядок слів, RNN здатні виявляти семантичні зв'язки в неструктурованих текстах більш точно.

Для валідації свого підходу дослідники провели експерименти на наборі даних, що містив тисячі вакансій та резюме. Вони порівнювали ефективність своєї RNN-моделі з базовими методами, такими як косинусна подібність на основі TF-IDF. Результати продемонстрували, що RNN-підхід забезпечує значно вищу точність у виявленні семантичної релевантності між вакансіями та резюме кандидатів.

У роботі (Sisay Chala, 2017) досліджувалася проблема неструктурованих текстів резюме та вакансій, що часто ускладнює їх автоматичний аналіз та співставлення. Традиційні методи, такі як ключові слова чи правила, часто не враховують контекст та семантику, що призводить до низької точності. Для вирішення цієї проблеми дослідники запропонували новий підхід на основі передової моделі трансформерів BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers). BERT здатна створювати

контекстуалізовані векторні репрезентації для слів у реченнях, враховуючи їх оточення та залежності.

Ця структурована інформація дозволила системі більш ефективно співставляти профілі кандидатів з вимогами вакансій на основі їх семантичної відповідності. Для оцінки свого підходу дослідники провели експерименти на великих наборах резюме та вакансій, порівнюючи його з базовими методами на основі TF-IDF та інших класичних підходів. Результати показали, що підхід на основі BERT забезпечив значно вищу точність у рекомендаціях релевантних вакансій для кандидатів.

Крім того, дослідники (Uday Jain. та ін, 2023; Fei Chen, 2019) вивчали можливості застосування методів моделювання тем, таких як Латентний семантичний аналіз (LSA) та Латентне розміщення Дірихле (LDA), для автоматичної класифікації вакансій за галузями, функціями та вимогами.

Результати показали, що підхід на основі LDA дозволив ефективно класифікувати вакансії за галузями, такими як ІТ, фінанси, маркетинг тощо, а також визначати типові функціональні ролі, наприклад, розробник програмного забезпечення, фінансовий аналітик, менеджер з продажів і т.д. Це забезпечило більш структуроване та інформативне представлення вакансійних даних.

Застосувавши LSA до текстів описів вакансій, дослідники змогли автоматично ідентифікувати набори пов'язаних навичок, інструментів, методологій тощо, які були найбільш релевантними для конкретних посад або галузей.

Отримані результати можуть бути корисними для більш точного співставлення профілів кандидатів з вимогами вакансій, а також для визначення прогалин у навичках та побудови персоналізованих рекомендацій щодо професійного розвитку.

Ці дослідження демонструють різноманітні підходи та методи NLP, що можуть бути застосовані для вдосконалення систем рекомендацій у вакансійному аналізі. Вони підкреслюють важливість використання передових технологій машинного навчання, таких як вбудовування слів, нейронні мережі та трансформери, для підвищення точності та ефективності цих систем.

Дослідження продемонстрували перспективність використання систем рекомендацій на основі NLP для автоматичного співставлення профілів кандидатів з вимогами вакансій. Ці системи здатні аналізувати великі обсяги текстових даних, виявляти ключові навички та

компетенції, а також надавати персоналізовані рекомендації щодо найбільш релевантних вакансій для кожного кандидата.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є розробка та імплементація системи рекомендацій на основі NLP для вакансійного аналізу, яка б забезпечувала ефективний пошук та підбір відповідних кандидатів на певні вакансії. Ключовими завданнями є створення моделей для автоматичної класифікації вакансій, співставлення профілів кандидатів з вимогами вакансій, а також надання персоналізованих рекомендацій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Першим важливим кроком є збір та підготовка даних, які будуть основою для розробки системи рекомендацій. Для цього необхідно зібрати великий обсяг даних про вакансії з різноманітних джерел, таких як популярні платформи для пошуку роботи, сайти компаній, соціальні мережі тощо.

Зібрані дані, як правило, містять шум, помилки та дублікати, тому потрібно застосувати методи очищення та фільтрації, щоб усунути ці недоліки. Це можна зробити за допомогою технік дедублікації, видалення некоректних записів та застосування інших алгоритмів очищення даних.

Наступним кроком є виокремлення ключової інформації з вакансій, зокрема назви посади, опису вакансії (обов'язки, вимоги до кандидата, необхідні навички, досвід роботи), заробітна плата, назва компанії, дата публікації тощо.

Після збору та підготовки даних, необхідно провести передобробку текстової частини вакансій. Цей етап передбачає застосування різноманітних технік обробки природної мови (рис 2).

Спершу потрібно виконати токенизацію тексту (рис. 2), тобто розбити його на окремі слова, фрази або символи та нормалізація тексту, що включає процес лематизації (приведення слів до базової форми)

Далі слід видалити зайву інформацію, таку як пунктуація, знаки, спеціальні символи тощо. Це часто застосовується операція в обробці тексту, яка полягає у вилученні символів, які використовуються для розділення слів чи інших структур у тексті. Розділові знаки можуть включати пробіли, коми, крапки, косі лінії, дужки, апострофи та інші.

Крім того, важливо застосувати методи очищення тексту від шуму, наприклад, видалення стоп-слів. Такий підхід дозволить отримати якісно підготовлені дані для подальших етапів обробки. На рис. 3 показано вивід перших 30 слів першого документа після видалення

	Source Name	Vacancy Code	Category Name	Company Name	Vacancy Name	Vacancy Date	Vacancy Salary	Vacancy Description
0	robota.ua	9665368	NaN	Piraeus Bank ICB	Solution Architect / Архітектор рішень (IT)	9/18/2023	NaN	<p style="font-style: normal; font-weight: 40
1	robota.ua	9669352	NaN	AirAdvisor Internation inc	PHP Middle Full Stack розробник	9/19/2023	73 000 — 96 000 ₪	<p>У зв'язку із розширенням функціоналу нашого...
2	robota.ua	9657090	NaN	SI BIS	1C програміст	9/19/2023	35 000 — 40 000 ₪	<p><span style="font-style: normal; font-weight...
3	robota.ua	9065612	NaN	Volta Tech	PHP Backend Developer (V12)	9/18/2023	NaN	<p> — information
4	robota.ua	9675092	NaN	Softsvit	PHP developer	9/18/2023	NaN	<p style="font-weight: 400; font-style: norma

Рис. 1. Приклад підготовлених даних

```
['практичний', 'досвід', 'архітектор', 'рішення', 'розробка', 'банківський', 'цифровий', 'мобільний', 'канал', 'глибокий', 'розуміння', 'банківський', 'технологія', 'платіжний', 'система', 'картковий', 'операція', 'знання',
```

Рис. 2. Токенізація та лематизація тексту вакансії

```
['softsvit', 'займається', 'розробкою', 'просуванням', 'продукту', 'команду', 'php', 'developer'.
[nltk_data] Downloading package stopwords to /root/nltk_data...
[nltk_data] Package stopwords is already up-to-date!
```

Рис. 3. Результат видалення стоп-слів

	php	web	архітектора	банківських	глибоке	даних	додатків	\
0	0.000000	0.403016	0.403016	0.000000	0.000000	0.000000	0.403016	
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.333333	0.333333	0.000000	0.000000	
2	0.299385	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.299385	0.000000	
	досвід	знання	карткових	...	роботи	розробці	розуміння	\
0	0.306504	0.000000	0.000000	...	0.000000	0.403016	0.000000	
1	0.000000	0.000000	0.333333	...	0.000000	0.000000	0.333333	
2	0.227690	0.299385	0.000000	...	0.299385	0.000000	0.000000	
	рішень	систем	та	технологій	типовими	тощо	із	
0	0.403016	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
1	0.000000	0.333333	0.000000	0.333333	0.000000	0.333333	0.000000	
2	0.000000	0.000000	0.299385	0.000000	0.299385	0.000000	0.299385	

Рис. 4. Приклад роботи методу TF-IDF

стоп-слів. Це допомагає переконатися, що обробка пройшла успішно та видалення стоп-слів було застосовано.

Після попередньої обробки тексту наступним кроком є векторизація документів за методом TF-IDF (рис. 4) (частота терміна – зворотна частота документа) за допомогою функції TfidfVectorizer з бібліотеки scikit-learn Python.

Процес векторизації за допомогою TF-IDF:

- Використовується клас TfidfVectorizer з бібліотеки scikit-learn для перетворення текстів у числові вектори.
- TF-IDF враховує частоту зустрічання кожного слова (term frequency) у документі та обернену частоту документа (inverse document frequency).
- Кожен документ (текст вакансії, досвід, умови та освіта) представляється у вигляді

вектора, де кожна компонента відповідає значенню TF-IDF для певного слова у відповідному документі.

Для визначення навичок і ключових компетенцій використовується алгоритм Rapid Automatic Keyword Extraction (RAKE). Цей алгоритм класифікує значення слів і фраз на основі частоти зустрічальності та кількості повторень для створення структурованого списку ключових компетенцій для кожного оголошення про роботу.

Це один з основних етапів обробки природної мови. Визначення ключових слів дає змогу дати стислий огляд змісту великих текстів, знайти схожі документи та створити семантичні зв'язки.

Отримані ключові слова (Keywords) виглядають як списки фраз (рис. 5) для кожного

	Keywords
0	[що є дочірнім банком найбільшої фінансової гр...
1	[ми працюємо в legat tech ніші та частково в t...
2	[впровадження конфігурації на платформах bas т...
3	[п в \$\$\$ з виплатою два рази на місяцьсистема ...
4	[x +; понад 2 роки досвіду роботи з php фрейме...
5	[ми пропонуємо роботу у компанії з цілісним пі...
6	[шлях кандидата спілкування з стотестове завда...
7	[підкорювати глобальні ринки та працювати задл...
8	[с ++, с #, f #; вітається досвід роботи з інш...
9	[які служать в зсу – зберігаємо робоче місце т...
10	[європейській медичній лабораторії « сінево ук...
11	[на даний час в компанії відкрита вакансія вик...
12	[фіксована ставка за заняття та прогресивне зр...
13	[то ми маємо шанс на ідеальний match :) хто ми...
14	[підкорювати глобальні ринки та працювати задл...
15	[ми є лідером серед дистриб'юторів побутової...
16	[etc); good practical knowledge, psr standard...
17	[платформенного проекту на мові dart з викорис...

Рис. 5. Виявлені ключові слова

оголошення. Кожний елемент списку представляє собою фразу або слово, яке вважається ключовим для відповідного оголошення.

Для кожного рядка є список ключових слів, які можна використовувати для аналізу та розуміння суті кожного оголошення. Варто зауважити, що результат може варіюватися в залежності від властивостей тексту та відповідних алгоритму RAKE на конкретний контент.

На основі попередньо оброблених та векторизованих даних необхідно розробити алгоритми рекомендацій, які дозволять знаходити найбільш релевантні вакансії для кожного користувача. Ключовим завданням цього етапу є розробка ефективної системи рекомендацій, яка враховуватиме особливості та вподобання користувачів.

Для створення системи рекомендацій було розглянуто кілька підходів. Одним з них є використання колаборативної фільтрації, яка ґрунтується на аналізі переваг та вподобань інших користувачів, схожих за профілем до поточного користувача. Іншим підходом є застосування контентно-орієнтованої фільтрації, яка аналізує безпосередньо зміст вакансій та їх відповідність до профілю користувача.

Для підвищення точності рекомендацій необхідно поєднати обидва підходи – колаборативну та контентно-орієнтовану фільтрацію.

Що дозволить врахувати як явні вподобання користувача, так і неявні зв'язки між вакансіями, виявлені на основі аналізу переваг схожих користувачів.

Крім наведених вище методів, при розробці системи також важливо враховувати додаткові фактори, такі як:

- Рейтинг компанії. Вакансії від компаній з вищим рейтингом отримуватимуть пріоритет у рекомендаціях.

- Локація роботи. Рекомендації враховуватимуть географічну близькість вакансій до місця проживання користувача.

- Очікувана заробітна плата. Вакансії з очікуваною заробітною платою, що відповідає бюджету та очікуванням користувача, матимуть вищий пріоритет.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Імплементация системи рекомендацій на основі NLP у вакансійному аналізі є перспективним рішенням, яке може принести значні переваги для роботодавців та кандидатів. Ця система забезпечує автоматизацію та оптимізацію процесу підбору персоналу, підвищуючи його ефективність, об'єктивність та точність. Персоналізовані рекомендації дозволяють кандидатам швидко знаходити релевантні вакансії, що відповідають їхнім навичкам та досвіду, а роботодавці можуть зосередитися на найбільш підходящих кандидатах.

Проте, для подальшого вдосконалення системи необхідно провести додаткові дослідження та експерименти. Зокрема, слід вивчити можливості інтеграції додаткових джерел даних, таких як профілі в соціальних мережах та онлайн-портфоліо, для більш повного аналізу профілів кандидатів.

Крім того, варто розглянути застосування більш складних моделей машинного навчання, таких як трансформери або нейронні мережі з увагою, для підвищення точності класифікації вакансій та співставлення профілів. Також перспективним напрямком є розробка інтерактивних інтерфейсів для отримання зворотного зв'язку від користувачів та постійного вдосконалення системи на основі цих даних.

ЛІТЕРАТУРА:

1. D. Mhamdi, S. Ounacer, M. Msalek and all. Job Recommendation Based on Recurrent Neural Network Approach. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923006804>
2. Sisay Chala, Scott Harrison, Madjid Fathi and all. Knowledge extraction from online vacancies for effective job matching, IEEE.org : веб-сайт URL: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/7938141/proceeding>
3. Uday Jain, Daksh Jain, Aditya Raj Varshney. A Deep Learning Approach to Job Recommendation Analysis with NLP. URL: <https://ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT23NOV818.pdf>
4. Fei Chen, Xinghua Zhu, Xiaohong Zhu, Jinghan Feng, Vacancy Information Classification using Latent Dirichlet Allocation, 2019, Procedia Computer Science, Volume 162 (381–390)

5. Gerard Deepak, Shivam Sawarn and Sheeba Priyadarshini, An Approach Towards Job Recommendation Hybridizing Deep Learning and Semantic Intelligence. URL: https://ceur-ws.org/Vol-3335/DLQ_Paper2.pdf
6. Raj Popat, Building a Job Recommendation System using Neural Networks, Medium: веб-сайт. URL: <https://medium.com/@d22it187/building-a-job-recommendation-system-using-neural-networks-70aa9eafc7ba> (дата звернення 01.05.2024)
7. Bo Long, Jieping Ye and all, Deep Natural Language Processing for Search and Recommendation? 2020, 43rd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval July (2461–2463). URL: <https://doi.org/10.1145/3397271.3401465>
8. Пономаренко Марія, Ольга Прядко., РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДЛЯ ВИДОБУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ З ТЕКСТУ., 2023, Організаційний комітет (104).
9. Безродний, В. В., Турута О.П, Дослідження методів виявлення синтетичних текстів, 2023 URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/3b515367-3f31-46ee-8758-cfba234c7ae1/content>
10. Qinbao Li, Xiwen Liu, Rosa H.V. Leiras, Raj Bukkapatnam, Job Description Analysis via Topic Modeling Proceedings, 2021, IISE Annual Conference (205)

REFERENCES:

1. D. Mhamdi, S. Ounacer, M. Msalek and all. Job Recommendation Based on Recurrent Neural Network Approach Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923006804>
2. Sisay Chala, Scott Harrison, Madjid Fathi and all. Knowledge extraction from online vacancies for effective job matching, Retrieved from: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/7938141/proceeding>
3. Uday Jain, Daksh Jain, Aditya Raj Varshney. A Deep Learning Approach to Job Recommendation Analysis with NLP Retrieved from: <https://ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT23NOV818.pdf>
4. Fei, Chen, Xinghua, Zhu, Xiaohong, Zhu, Jinghan, Feng. (2019). Vacancy Information Classification using Latent Dirichlet Allocation, Procedia Computer Science, Volume 162 (381–390)
5. Gerard Deepak, Shivam Sawarn and Sheeba Priyadarshini, An Approach Towards Job Recommendation Hybridizing Deep Learning and Semantic Intelligence Retrieved from: https://ceur-ws.org/Vol-3335/DLQ_Paper2.pdf
6. Raj Popat. Building a Job Recommendation System using Neural Networks, Retrieved from: <https://medium.com/@d22it187/building-a-job-recommendation-system-using-neural-networks-70aa9eafc7ba>
7. Bo Long, Jieping Ye and all, (2020). Deep Natural Language Processing for Search and Recommendation? 43rd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval July (2461–2463). Retrieved from: <https://doi.org/10.1145/3397271.3401465>
8. Ponomarenko, Mariia, Priadko, Olha. (2023). Rozrobka Systemy Dlia Vydobuvannia Informatsii z Tekstu, Orhanizatsiinyi komitet (104).
9. Bezrodnyi, V. V., Turuta, O. P. (2023). Doslidzhennia metodiv vyavlennia syntetychnykh tekstiv, Retrieved from: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/3b515367-3f31-46ee-8758-cfba234c7ae1/content>
10. Qinbao, Li, Xiwen, Liu, Rosa, H. V., Leiras, Raj Bukkapatnam. (2021). Job Description Analysis via Topic Modeling Proceedings, IISE Annual Conference (205)