

УДК 591.6:658.7

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.8>

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАКУПІВЕЛЬНИХ ДАНИХ

Москаленко В. В. – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень
Технічного університету «Метінвест Політехніка»

ORCID ID: 0000-0002-9994-5404

Scopus-Author ID: 36021571200

Researcher ID: R-9960-2018

Кріпак С. А. – магістр кафедри цифрових технологій
та проектно-аналітичних рішень

Технічного університету «Метінвест Політехніка»

ORCID ID: 0009-0004-4452-5834

Стаття присвячена дослідженню методів машинного навчання, які можуть бути використані для аналізу та прогнозування закупівельних даних. Закупівельні процеси є важливою та невід'ємною частиною функціонування різних бізнес-структур та організацій. Налагодження та реалізація таких процесів забезпечує необхідними ресурсами, матеріалами та послугами діяльність компанії та сприяє досягненню її головних бізнес-цілей. В умовах швидкоплинної мінливого ринкового середовища та світової економіки для більшості компаній актуальними задачами є аналіз закупівельних даних великих обсягів та прогнозування параметрів закупівельних процесів для своєчасного реагування на виникаючі ринкові умови та для прийняття ефективних управлінських рішень. За останні роки зі зростанням обсягів закупівельних даних машинне навчання стало перспективним інструментом для обробки, аналізу та інтерпретації інформації, а також для розв'язання інших задач, які пов'язані з управлінням закупівельними процесами компанії. Розробка та впровадження у контур управління логістичними процесами програмних систем, які реалізують різні методи машинного навчання для аналізу та прогнозування закупівельних даних, значно прискорити та спростити процеси прийняття рішень щодо придобання послуг та матеріалів, а також забезпечить високу якість цих рішень. Практична цінність дослідження полягає у наданні рекомендації щодо використання методів машинного навчання для розв'язання складних задач, які виникають при управлінні закупівельними процесами. Наведено результати аналізу переваг та недоліків таких методів машинного навчання, як кластерний аналіз, класифікація, регресійний аналіз, генетичні алгоритми та глибоке навчання. Правильний вибір методу машинного навчання для розв'язання задач аналізу та прогнозування даних щодо закупівельних процесів допоможе досягти високої точності та ефективності аналітичних результатів у системі інтелектуального управління логістичними операціями.

Ключові слова: аналіз, прогнозування, машинне навчання, кластерний аналіз, класифікація, регресійний аналіз, генетичний алгоритм, глибоке навчання.

Moskalenko V. V., Kripak S. A. Research of machine learning methods for the analysis and forecasting of procurement data

The article is dedicated to the examination of machine learning methods that can be applied for the analysis and forecasting of procurement data. Procurement processes are an essential and integral part of the operation of various business structures and organizations. The establishment and implementation of such processes provide necessary resources, materials, and services to support a company's operations and contribute to achieving its primary business goals. In the rapidly changing market environment and global economy, most companies face the crucial tasks of analyzing vast volumes of procurement data and predicting the parameters of procurement processes. This is essential for timely responses to evolving market conditions and making effective management decisions. In recent years, with the growth of procurement data volumes, machine learning has become a promising tool for processing, analyzing, interpreting information, and addressing other challenges related to procurement process management.

The development and implementation of software systems within logistics management that utilize various machine learning methods for the analysis and forecasting of procurement data can significantly expedite and streamline decision-making processes concerning the acquisition of services and materials. Moreover, it can ensure the high quality of these decisions. The practical value of the research lies in providing recommendations for the utilization of machine learning methods to tackle complex challenges that arise in the management of procurement processes. The article presents an analysis of the advantages and disadvantages of machine learning methods, such as cluster analysis, classification, regression analysis, genetic algorithms, and deep learning. Selecting the appropriate machine learning method for addressing data analysis and forecasting tasks related to procurement processes can lead to high accuracy and effectiveness in analytical results within the intelligent logistics management system.

Key words: *analysis, forecasting, machine learning, cluster analysis, classification, regression analysis, genetic algorithm, deep learning.*

Постановка задачі. У сучасній ринковій економіці для досягнення поставлених цілей бізнесу на перше місце постає задача швидкого отримання та аналізу релевантної інформації, на основі якої своєчасно приймаються управлінські рішення. Закупівельні процеси не є виключенням і супроводжуються значною кількістю даних, таких як: номенклатура матеріалів та послуг, що закуповуються; дата, коли ці матеріали чи послуги мають бути закуплені чи надані; вартість та необхідна кількість матеріалів/послуг; перелік постачальників, що здійснюють постачання матеріалів/послуг; строки поставки; мінімальні партії; одиниці виміру; необхідні ресурси для організації закупівель тощо. Також важливо відмітити, що закупівельні дані накопичуються роками і з часом можуть досягати велетенських обсягів, що значно ускладнює їх обробку. Зазвичай процес отримання необхідних даних для аналізу та прийняття управлінських рішень із існуючої сукупності закупівельних даних здійснюється аналітиком з таких джерел, як: звіти з систем обліку організації (бухгалтерського, управлінського тощо); зведені таблиці даних у табличних процесорах (Excel, LibreOffice Calc, Google Таблиці) та ін. Для роботи з такими даними аналітик витрачає багато часу та зусиль. Результати часто залежать від досвіду аналітика роботи з такими системами, його завантаженості та ін. Все це значно впливає на якість отриманих даних. Також основні зусилля витрачаються на підготовку даних, оскільки часто вони неповні або помилкові внаслідок обмежень системи обліку та людського фактору. Тому є проблема у розробці та перевірки моделей аналізу даних.

Отже, дуже важливим та актуальною задачею для організації ефективної закупівельної діяльності є отримання якісної інформації із закупівельних даних, своєчасна її обробка і аналіз для прийняття управлінських рішень щодо вибору постачальника, прогнозування обсягів закупок, необхідних ресурсів для забезпечення постачання та строків.

Для ефективної обробки даних та їх аналізу здебільшого використовують методи машинного навчання (Machine Learning – ML) [1]. Машинне навчання – це підгалузь штучного інтелекту, яка дозволяє:

- набувати знання щодо предметної області (у нашому випадку – процес закупівлі) шляхом використання алгоритмів виявлення закономірностей у закупівельних даних;
- розв’язувати задачі управління закупівельними процесами на основі створених моделей навчання на «історичних» даних тощо.

Отже, постає задача вибору методів машинного навчання для аналізу закупівельних даних з метою пошуку ключових закономірностей та для здійснення точних прогнозів щодо закупівельних операцій задля побудови адекватних планів закупівельної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день питанням використання моделей та алгоритмів машинного навчання у сфері постачання та закупівель присвячені роботи відомих зарубіжних та вітчизняних вчених, таких як В. Терещенко, А. Бугайов [1], А. Жиркова, О. Ігнатенко [2], Р. Резниченко, Л. Тимашова [3], К. Кононова [4], А. Мальцев [5], А. Чжан, З. Ліптон, М. Лі, А. Смола [6] та ін.

Наприклад, у дослідженні [1] розглядаються сучасні методи машинного навчання у контексті обробки великих даних, розглянуті основні проблеми машинного навчання та наведені їх переваги в конкретному середовищі великих даних. Автори роботи [3] дослідили використання таких методів: генетичного алгоритму для вирішення проблем з закупівельними операціями; методів електронного управління ланцюгів поставок; використання мови запитів DQL для оптимізації рішень щодо закупівлі товарів. У роботі [7] автор розглядає приклади використання штучного інтелекту в області закупівлі та аналізує переваги різних методів. У статті [8] її автори досліджують загальний вплив штучного інтелекту на функцію закупівлі, наводять приклади використання методів штучного інтелекту в закупівельних операціях та для підтримки переговорних процесів.

Отже, на основі проведеного аналізу вище наведених досліджень та інших наукових робіт можна зробити висновок, що використанню методів штучного інтелекту для розв'язання бізнес-задач у сфері закупівельної логістики приділяється багато уваги. Проте, питанню використання методів машинного навчання та інших математичних методів для розв'язання задач з управління закупівельною діяльністю великих компаній з географічно розподіленою структурою, науковцями не приділено уваги. Отже, є актуальними дослідження щодо розв'язання задач аналізу великих обсягів закупівельних даних з використанням методів машинного навчання, а також використання результатів такого аналізу для прогнозування показників процесу закупівлі.

Метою дослідження є вдосконалення процесів управління закупками та постачанням на основі застосування обґрунтованих методів машинного навчання для аналізу закупівельних даних та прогнозування показників закупівельних операцій.

Методи, предмет та об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є процес підготовки та обробки даних для прийняття ефективних управлінських рішень у сфері закупівлі.

Предметом дослідження є методи та моделі машинного навчання для підготовки та обробки даних для прийняття ефективних управлінських рішень в сфері закупівлі.

Виклад основного матеріалу. Для аналізу та прогнозування закупівельних даних можуть використовуватися різні методи машинного навчання, зокрема:

- кластерний аналіз (Clustering). Метод допомагає групувати схожі об'єкти разом без визначення попередньої категорій. Використання кластерного аналізу у закупівельній діяльності дозволяє ідентифікувати сегменти постачальників, групи закупок з подібними характеристиками тощо;

- класифікація (Classification). Метод віднесення об'єкту до певної категорії. Наприклад, така класифікація закупівельних даних: «проста закупівля», «звичайна закупівля» та «складна закупівля». Зазвичай категорії для класифікації утворюються у відповідності до діючої системи та закупівельної політики організації. Категорії також можуть бути визначені за результатами кластерного аналізу;

– регресійний аналіз (Regression). Метод застосовується для прогнозування числових значень на основі існуючих та згенерованих на їх основі, змінних. Наприклад, можна використовувати регресійний аналіз для прогнозування вартості, обсягів, трудомісткості закупки тощо;

– генетичний алгоритм (Genetic Algorithm). Евристичний алгоритм пошуку, що використовується для розв'язання задач оптимізації на основі моделювання випадкового підбору, комбінування і варіації параметрів з використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію [3]. Використання генетичного алгоритму може розв'язати комбінаторні задачі та задачі оптимізації закупок, припускаючи, що закупівельна система певним чином є результатом еволюційного процесу.

Кожен метод машинного навчання має свої переваги та недоліки, які слід враховувати при його виборі для конкретної задачі аналізу або прогнозування закупівельних даних (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика методів машинного навчання

Метод	Переваги	Недоліки
Кластерний аналіз (Clustering)	- дозволяє виявити приховані залежності, аномалії та структури в наборах даних; - сегментація та групування даних за спільними ознаками.	- вибір кількості кластерів може бути складним завданням, залежить від вибору алгоритму та початкових параметрів; - чутливість до шуму та викидів у даних.
Класифікація (Classification)	- ефективність у розв'язанні задач з поділом на визначені класи; - простота в реалізації та інтерпретації результатів.	- низька ефективність, коли декілька класів частково перекриваються; - при роботі з великими наборами даних може виникнути перенавчання.
Регресійний аналіз (Regression)	- простота та легка інтерпретація результатів; - використання для прогнозування числових значень.	- передбачення може бути обмеженим лінійними залежностями; - недостатня гнучкість для складних даних.
Генетичні алгоритми (Genetic Algorithms)	- можливість знаходження оптимальних рішень у складних задачах оптимізації.	- часова та обчислювальна складність; - можливість потрапляння в локальні мінімуми.
Глибоке навчання (Deep Learning)	- здатність розв'язувати складні задачі аналізу даних; - висока точність прогнозів; - можливість відбирати ознаки з різнотипних даних і ігнорувати непоказові приклади у даних [1].	- потреба у великій кількості даних та обчислювальних ресурсів; - можливість перенавчання.

Отже, можна виділити наступні напрями застосування методів машинного навчання при аналізі закупівельних даних:

1. Кластерний аналіз – для сегментації постачальників за схожими характеристиками та сегментації закупівельних даних. Кластерний аналіз відноситься до навчання без вчителя, він може допомогти ідентифікувати групи постачальників за схожими характеристиками для ефективного управління закупівельними

відносинами. Приклади критеріїв сегментації – характеристик різних об'єктів закупівельного процесу:

- для сегментації постачальників на групи: форма власності, статутний фонд, належність до споріднених компаній та партнерів, види діяльності, адреса, контакти тощо;

- для сегментації матеріалів для закупівлі: ціна, вага, розміри, тип, група матеріалів тощо;

- для сегментації видів закупівельних операцій: загальна сума закупівлі, рейтинг постачальника, належність постачальника до споріднених компаній та партнерів, вид товару тощо.

Головною метою кластерного аналізу є групування схожих об'єктів закупівельних даних до класів або кластерів таким чином, щоб об'єкти всередині одного кластера були більш схожими між собою, ніж з об'єктами з інших кластерів. Застосування кластерного аналізу в контексті закупівельних процесів дозволить здійснити сегментацію постачальників та інших даних про закупівлі. Це забезпечить краще розуміння закупівельних процесів та визначити шляхи їх покращення. Визначення категорій постачальників, що мають спільні риси, дозволить компанії підвищити ефективність співпраці з ними на основі розроблених стратегій взаємодії з визначеними категоріями.

2. Класифікаційні методи – для розпізнавання категорій товарів, послуг або постачальників на основі закупівельних даних. Ці методи відносяться до навчання з вчителем. Класифікаційні методи допомагають віднести об'єкти до певних встановлених категорій або класів на основі їх характеристик та ознак. В контексті закупівельних даних, класифікація може бути застосована для розпізнавання категорій постачальників, товарів, послуг та інших закупівельних параметрів. Класифікаційні алгоритми дозволять розподілити постачальників на різні групи відповідно до напрямку їх діяльності на базі їх реєстраційних даних та даних, накопичених на основі досвіду співпраці з ними у минулому. Алгоритми можуть обробляти дані щодо статусу підприємства, розміру його статутного фонду, кількості співробітників, напрямків діяльності, обсягів постачання товарів, строків надання послуг та інших атрибутів постачальників. Це допоможе виділити ключових постачальників для різних типів закупок та підвищити ефективність взаємодії з ними. Застосування методів класифікації до товарів дозволить автоматично присвоїти їм відповідні категорії, що спростить процес організації та пошуку потрібних товарів. Наприклад, товари можуть бути класифіковані за типом, брендом, якісними характеристиками тощо. Крім того, класифікаційні методи можуть бути використані для оцінювання ризикованості постачальників на основі певних характеристик, історії співпраці та інших даних. Це допоможе підприємствам визначити потенційно ризикових постачальників та приймати рішення щодо співпраці з ними з урахуванням можливих наслідків. Класифікація закупівельних операцій може допомогти впорядкувати їх за певними встановленими в компанії категоріями, такими як обсяги, типи товарів чи послуг, терміни поставки, тощо. Це сприятиме підвищенню ефективності управління закупками через виокремлення на початкових етапах простих закупівель від складних, специфічних від стандартних, термінових від звичайних тощо. Результати класифікації можуть бути використані при побудові чи модернізації закупівельних стратегій.

3. Регресійні моделі – для прогнозування обсягів та цін закупівельних товарів на основі історичних даних, прогнозування попиту на товари/послуги для оптимізації закупок. Враховуючи різні чинники, такі як ініційовані проекти, сезонність,

маркетингові заходи та економічні тенденції, регресійні моделі допоможуть зробити прогноз попиту на майбутні періоди, що підвищить ефективність планування закупок та запасів. Регресійні моделі можуть бути використані для прогнозування обсягів закупок на певний період часу на основі накопичених даних про закупівельні операції, попит, тенденції ринку та інші фактори попередніх періодів. Звичайно період прогнозування відповідає встановленому періоду планування діяльності підприємства (місяць, квартал, рік). Проте, потрібно враховувати цикли змін стану ринку та закупівельні цикли для окремих категорій товарів, які можуть значно перевищувати встановлені періоди прогнозування. Наступний напрям застосування регресійних моделей – це прогнозування змін цін на товари та послуги з урахуванням впливу різних факторів, таких як вартість сировинних матеріалів, індекс інфляції, коливання курсу валют, попит, конкуренція та економічні умови. На основі цих прогнозів компанія зможе прийняти обґрунтовані рішення щодо закупівельних бюджетів та встановлення оптимальних цін на власну продукцію.

Регресійні моделі дозволять виявити, які фактори мають найбільший вплив на закупівельні обсяги та ціни, також зрозуміти, які параметри закупок слід оптимізувати для організації більш ефективних та прибуткових закупівельних процесів. Крім того, ці моделі можуть бути застосовані для визначення оптимальних рівнів запасів різних товарів на основі вимог споживачів та часових змін у попиті. Це дозволить уникнути надмірних запасів, які затримують обіговий капітал компанії, та забезпечити достатній рівень товарів для задоволення потреб споживачів. Для більш точного планування фінансових ресурсів та ефективного управління бюджетом організації за допомогою регресійних моделей може бути побудований прогноз прибутку та витрат на основі запланованих закупівельних обсягів та цін. Для побудови регресійних моделей часто використовують нейронні мережі. Наприклад, у дослідженні [4] запропоновано для підвищення точності прогнозу використовувати архітектуру нейронних мереж, що розширюються, тобто у цій мережі кількість нейронів на першому шарі більше, ніж на вхідному. Отже, застосування регресійних моделей для прогнозування закупівельних обсягів та цін дозволить компанії розробити обґрунтовані рішення, покращити стратегії управління запасами та знизити витрати на закупівлі.

4. Методи глибокого навчання – виявлення аномалій та ризиків у закупівельних процесах. Застосування методів глибокого навчання дозволить виявляти аномальні угоди, які були виконані, та ризики у закупівельних процесах. Методи глибокого машинного навчання можуть допомогти виявити незвичайні або підозрілі закупівельні дані, які можуть свідчити про можливі випадки шахрайства або корупції. Наприклад, моделі глибокого машинного навчання можуть ідентифікувати шахрайські дані, невідповідність підписів та печаток реєстраційним даним у документах, нестандартні транзакції в даних щодо виплат. Все це дозволить компанії запобігти потенційним втратам.

Щоб підприємства могли швидко реагувати на можливі проблеми і помилки співробітників та уникнути негативних наслідків, можна використовувати алгоритми машинного навчання для моніторингу закупівельних процесів та автоматичного виявлення невідповідності до стандартів або правил. Також важливим аспектом є оцінка ризиків у ланцюжках постачань. Використовуючи методи глибокого навчання, можна оцінити ризики на усіх етапах ланцюжка постачань: від прийому заявки до використання закуплених матеріалів у виробництві, та виявити потенційні загрози для стабільності ланцюжка. За результатами оцінювання

розроблюються стратегії для зменшення ризиків та забезпечення надійності поставчань. Методи машинного навчання можуть автоматично аналізувати контракти та порівнювати їх із фактично виконаними діями процесу закупівлі для своєчасного виявлення відхилень від зафіксованих умов у контракті. Це дозволить виявляти невідповідності, такі як перевищення бюджету або несвоєчасне виконання, та своєчасно і адекватно реагувати на недотримання умов контрактів (наприклад автоматичне формування та направлення постачальнику листа-претензії). Наступний приклад використання методів глибокого навчання це оптимізація закупівельних операцій. Наприклад, при розробці оптимізаційних моделей можуть враховуватися різні фактори, такі як ціни постачальників, терміни поставки, обсяги попиту, які в моделі формуються як обмеження, а у якості критерія можуть бути обрані такі: максимізація прибутку від закупівельних операцій або мінімізація витрат на закупки, мінімізація обсягів запасів, мінімізація строків зберігання матеріалів тощо. Машинне навчання допоможе проаналізувати та ідентифікувати тенденції у споживанні товарів та послуг, зміні стану економіки, зміні законодавства, зміні соціальних та екологічних факторів тощо, а також на основі даних про попередні замовлення та поведінку клієнтів – сформувати персоналізовані рекомендації щодо закупівлі. Наприклад, система може рекомендувати товари, які мають високий ймовірний попит серед конкретного клієнтського сегменту, що сприяє збільшенню обсягів продажів та задоволенню клієнтів. У задачах глибокого навчання доцільно використовувати багатопарові нейронні мережі складної архітектури, наприклад з не повнозв'язаними шарами, зі зворотними зв'язками тощо [4]. Використання таких нейронних мереж дозволяє виконувати операції на багатьох етапах обробки нелінійної інформації з ієрархічною архітектурою, які використовуються для вивчення функцій і класифікації шаблонів [5].

Висновки. На основі проведеного дослідження щодо використання методів машинного навчання для аналізу та прогнозування закупівельних даних, можна зробити висновок, що вибір методів повинен здійснюватися на основі обґрунтованого аналізу специфіки даних, сформованої задачі та наявних ресурсів компанії. Наприклад, для задачі сегментації за умови не визначених закономірностей характеристик закупівельних операцій та їх зв'язків доречно використовувати алгоритми кластерного аналізу. Для задач класифікації, коли необхідно розділити дані на визначені категорії, можуть використовуватись алгоритми навчання з вчителем, такі як метод опорних векторів (SVM), дерева прийняття рішень та ін. Для прогнозування параметрів закупівельних процесів використовуються регресійні моделі. Для виявлення аномалій та ризиків при здійсненні закупівельних операцій, які мають велику кількість параметрів, та за умови слабо структурованих і великих за обсягом даних доречно застосування методи глибокого навчання.

Отже, правильний вибір методу допоможе досягти високої точності та ефективності аналітичних результатів у системі інтелектуального управління закупівельними операціями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Терещенко В.М., Бугайов А.Д. Алгоритми машинного навчання у контексті великих даних. *Штучний інтелект*, 3, 2018. С. 80–86. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/162446>
2. Жиркова А.П., Ігнатенко О.П. Аналіз методів машинного навчання в задачі класифікації документів. *Проблеми програмування*, 4, 2020. С. 81–87. URL: <https://doi.org/10.15407/pp2020.04.081>

3. Резниченко Р.В., Тимашова Л.А. Оптимізація прийняття рішень для закупівель і поставок на віртуальному підприємстві. *Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем. Збірник наукових праць*, 18, 2013. С. 200–211. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/83564>

4. Кононова К.Ю. Машинне навчання: методи та моделі: підручник для бакалаврів, магістрів та докторів філософії спеціальності 051 «Економіка». ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. 301 с.

5. Мальцев А.Ю. Огляд принципів глибокого навчання як динамічної теорії штучного інтелекту. *Інформатика, обчислювальна техніка та автоматизація*, 6, 2021. С. 97–102. URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/16>

6. Aston Zhang, Zack C. Lipton, Mu Li, Alex J. Smola. Dive into Deep Learning. *Interactive deep learning book*. URL: <https://d2l.ai/index.html#jupyter>.

7. Arielle Kushner. Artificial Intelligence in Procurement. URL: <https://www.approve.com/blog/artificial-intelligence-in-procurement/>

8. Ines Schulze-Horn, Sabrina Hueren, Paul Scheffler & Holger Schiele. Artificial Intelligence in Purchasing: Facilitating Mechanism Design-based Negotiations. *Applied artificial intelligence*, 8(34), 2020. P. 618–642. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08839514.2020.1749337>

REFERENCES:

1. Tereshchenko V.M., Bugayov A.D. (2018) Machine learning algorithms in big data context. *Artificial Intelligence*, 3, P. 80–86. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/162446>

2. Zhyrkova A.P., Ignatenko O.P. (2020) Analysis of Machine Learning Methods in Document Classification Tasks. *Programming Problems*, 4, P. 81–87. URL: <https://doi.org/10.15407/pp2020.04.081>

3. Reznichenko R.V., Tymashova L.A. (2013) Decision-making optimization for procurement and supply at a virtual enterprise. *Economic and Mathematical Modeling of Socio-Economic Systems. Collection of Scientific Papers*. 18, P. 200–211. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/83564>

4. KonoNova K.Yu. (2020) Machine Learning: Methods and Models: A textbook for bachelor's, master's, and Ph.D. students in the field of Economics, specialty 051 «Economics». V.N. Karazin Kharkiv National University. 301 p.

5. Mal'tsev A.Yu. (2021) Overview of Deep Learning Principles as a Dynamic Theory of Artificial Intelligence. *Informatics, Computer Engineering, and Automation*. 6. P. 97–102. URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/16>

6. Aston Zhang, Zack C. Lipton, Mu Li, Alex J. Smola. Dive into Deep Learning. *Interactive deep learning book*. URL: <https://d2l.ai/index.html#jupyter>.

7. Arielle Kushner. Artificial Intelligence in Procurement. URL: <https://www.approve.com/blog/artificial-intelligence-in-procurement/>

8. Ines Schulze-Horn, Sabrina Hueren, Paul Scheffler & Holger Schiele (2020) Artificial Intelligence in Purchasing: Facilitating Mechanism Design-based Negotiations. *Applied artificial intelligence*, 8(34), P. 618–642. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08839514.2020.1749337>