SECTION 8.
SYSTEM ANALYSIS, MODELING AND OPTIMIZATION

Золотуха Роман Андрійович
аспірант 4 року навчання факультету інформаційних технологій
Національний Університет Біоресурсів і Природокористування України, Україна

Науковий керівник: Глазунова Олена Григорівна
доктор пед. наук, професор, декан факультету інформаційних технологій
Національний Університет Біоресурсів і Природокористування України, Україна

ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ РИНКУ ПРАЦІ В ІТ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ МЕТОДОМ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Вступ. Сучасний світ інформаційних технологій переживає неймовірні зміни та стрімкий розвиток, що безперечно відображається на індустрії інформаційних технологій (ІТ). Старі технології замінюються більш сучасними, а нові, перспективні ринки потребують все більше кваліфікованої, вмотивованої робочої сили. Згідно відкритих джерел експорт ІТ послуг України зріс (рис. 1) з 400 мільйонів доларів США у 2010 році до 7,35 мільярдів доларів США у 2022 [1, 2].

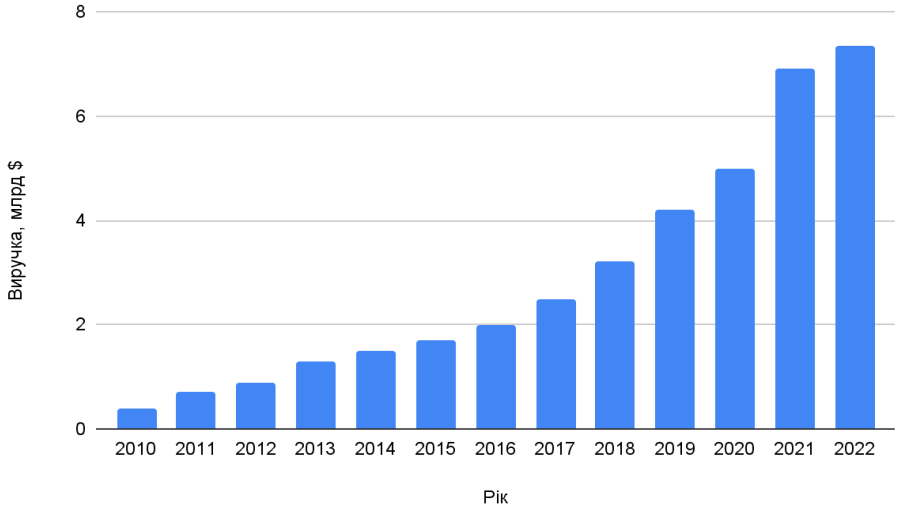

Рис 1. **Динаміка ІТ експорту України**

2022 рік став для українського ІТ рекордним по кількості наданих послуг, проте і став найважчим роком для всієї України. Повномасштабне вторгнення росії в Україну вплинуло на всі сфери людського життя, змінило умови, в яких довелось існувати і до яких довелось пристосовуватись українському ринку праці, зокрема ІТ ринку. Зима початку 2022 року принесла окупацію частини територій, постійні обстріли мирних міст, мобілізацію частини ІТ спеціалістів до лав Збройних Сил України, або вимушений переїзд у більш безпечні території України, або країн-партнерів, які приймають біженців з України. Блекаути, проблеми з електроенергією та доступом до інтернету, опаленням та водою - також не

могли не вплинути на IT спеціалістів в Україні. Попри всі труднощі українська IT спільнота змогла не тільки продовжити працювати, а й тримати тренд росту галузі.

Проте, хоч у 2022 році на IT прийшлася майже половина всього експорту послуг, вже у першому кварталі 2023 року експорт IT-послуг з України знизився на 16%, у порівнянні з таким же періодом 2022 року, і склав $1,68 млрд. Частка IT в експорті послуг за перший квартал року становить 43% [2]. За таких умов, прогнозування розвитку ринку праці IT України стає надзвичайно актуальною задачею, адже галузь, яка генерує майже половину експортного потенціалу послуг країни - може суттєво впливати на її економічний добробут.

Виклад основного матеріалу. IT ринок праці - це сфера економіки, в якій відбувається обмін працею та послугами, пов'язаними з інформаційними технологіями (IT). Цей ринок охоплює всі види роботи та вакансії, які стосуються розробки, впровадження, підтримки та управління інформаційними системами, програмними продуктами та технологіями. [3]

На IT ринку праці можна знайти різні категорії фахівців, такі як програмісти, системні адміністратори, аналітики даних, інженери з безпеки, тестувальники програмного забезпечення, архітектори мереж та багато інших. Цей ринок також включає в себе роботу в галузі інтернет-технологій, хмарних послуг, штучного інтелекту, веб-розробки та інших суміжних областях. IT ринок праці характеризується високим попитом на кваліфікованих фахівців, швидкими змінами технологій та конкуренцією між компаніями за найкращими спеціалістами. [6] Він відіграє важливу роль у розвитку індустрії та інновацій, а також в економіці України, якщо розглядати IT як одну з ключових галузей.

Для того, щоб прогнозувати ситуацію на ринку праці ми використаємо дані динаміки IT ринку праці за 2022-2023 роки (рис. 2) [4]

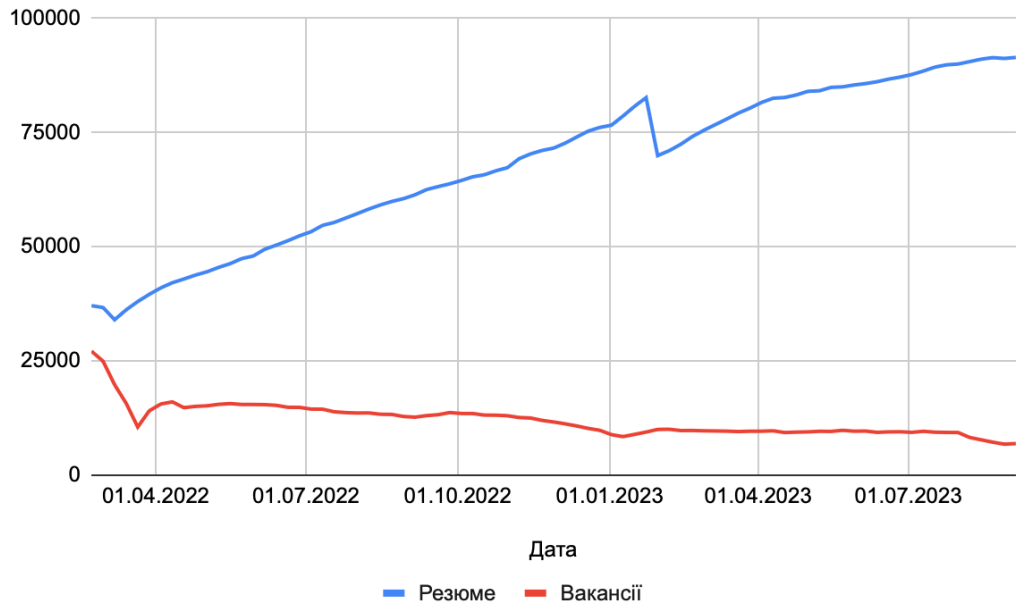

Рис 2. **Вакансії та резюме IT фахівців**

З даних можна зробити наступні висновки:

● Зменшення кількості вакансій: починаючи з лютого 2022 року спостерігається зниження кількості вакансій на ринку праці в IT галузі України. Якщо на 21 лютого 2022 року було відкрито 27,004 вакансії то на кінець серпня 2023 року активних вакансій було 6,647. Повномасштабне вторгнення та погіршення економічної ситуації в Україні призвело до зменшення попиту на IT фахівців в 4,5 рази.

● Збільшення кількості резюме: станом на 21 лютого 2022 року 36977 кандидатів були в активному пошуку роботи, проте, вже на кінець серпня 2023 - 91114 українців були в статусі пошуку роботи. Кількість людей, що шукають нову роботу в IT за цей період зросла майже в 3 рази. Крім прямого впливу війни на цю цифру також вплинула і неспроможність частини українських компаній утримувати штати працівників, які вони утримували до повномасштабного вторгнення.

● Конкурентна ситуація: зменшення кількості вакансій та збільшення кількості кандидатів підвищує конкурентну ситуацію на ринку праці в IT галузі, що може вплинути на умови праці та заробітну плату для фахівців. Станом на 21 лютого 2022 року на одну вакансію було 1-2 кандидати, але на сьогодні ця цифра становить близько 14 кандидатів на 1 вакансію.

Для прогнозування ринку праці для IT галузі України ми використаємо модель часового ряду ARIMA. Авторегресійна інтегрована змінна середніх (ARIMA) - це статистична модель для аналізу та прогнозування часових рядів даних. Ця модель широко використовується для розв'язання завдань прогнозування, таких як прогноз цін на акції, попиту на товари, кількості вакансій на ринку праці, та інших ситуацій, де важливо передбачити майбутні значення на основі минулих спостережень. [5]

Основні кроки роботи з ARIMA: [7]

● Підготовка даних: завантаження та обробка часового ряду.

● Аналіз даних: визначення стаціонарності, вибір параметрів (p, d, q).

● Побудова моделі ARIMA: створення ARIMA моделі з визначеними параметрами.

● Навчання моделі: адаптація моделі до навчальних даних.

● Прогнозування: використання моделі для прогнозу значень часового ряду на майбутні періоди.

● Оцінка моделі: оцінка точності та якості прогнозів.

Також нам знадобиться мова програмування Python, а також пакети pandas, numpy, statsmodels та matplotlib для візуалізації результатів.

Проведемо тест на стаціонарність для метрик вакансій (рис. 3) та резюме кандидатів (рис. 4):

```
ADF Statistic: -4.155880662275217
p-value: 0.0007818400884631435
Critical Values:
1%: -3.5159766913976376
5%: -2.898885703483903
10%: -2.5866935058484217
```

Рис 3. **Результати тесту на стаціонарність для метрики вакансій**

```
ADF Statistic: -1.2427253858578151
p-value: 0.6549517449991877
Critical Values:
1%: -3.5148692050781247
5%: -2.8984085156250003
10%: -2.58643890625
```

Рис 4. **Результати тесту на стаціонарність для метрики резюме**

Для вакансій результати тесту на стаціонарність (ADF-тест) свідчать про те, що можна відхилити нульову гіпотезу про нестаціонарність ряду. P-value менше ніж 0.05, і ADF Statistic менше критичних значень на рівнях значущості 1%, 5% і 10%. Це означає, що ряд є стаціонарним. Проте, результати ADF-тесту для резюме не підтверджують стаціонарність ряду. P-value дорівнює близько 0.655, що набагато більше за зазвичай використовуваний поріг 0.05. Крім того, значення ADF Statistic більше, ніж критичні

значення на рівнях значущості 1%, 5% і 10%. Це свідчить про те, що ряд резюме є нестаціонарним.

Для подальшого дослідження прогнозованих значень кількості вакансій та резюме в IT галузі України визначаємо параметри p, d і q за допомогою графіків автокореляції та часткової автокореляції. Для метрики вакансій графік функції автокореляції (рис. 5) та часткової функції автокореляції (рис. 6) виглядатиме наступним чином:

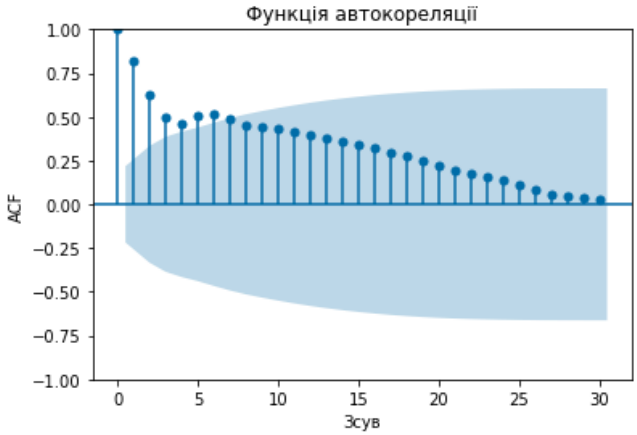

Рис 5. **Функція автокореляції для метрики вакансій**

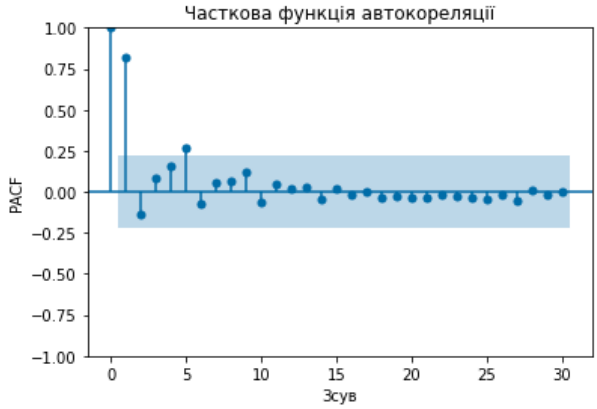

Рис 6. **Часткова функція автокореляції для метрики вакансій**

Для метрики кількості резюме графік функції автокореляції (рис. 7) та часткової функції автокореляції (рис. 8) виглядатиме наступним чином:

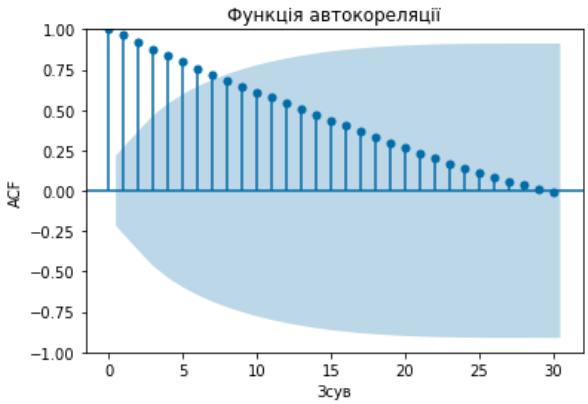

Рис 7. **Функція автокореляції для метрики резюме**

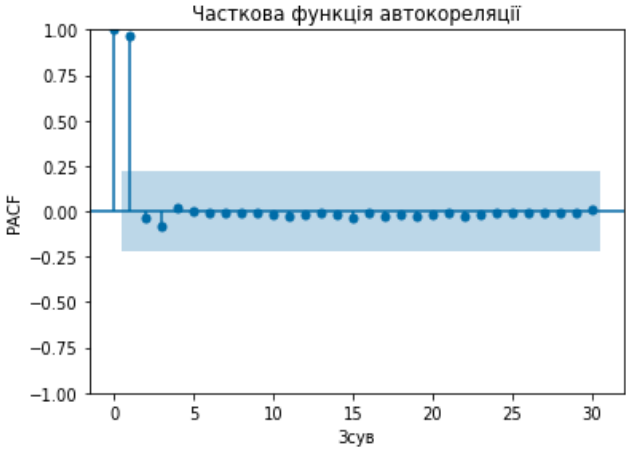

Рис 8. **Часткова функція автокореляції для метрики резюме**

Врахувавши отримані значення ми отримаємо наступні результати прогнозування (рис. 9):

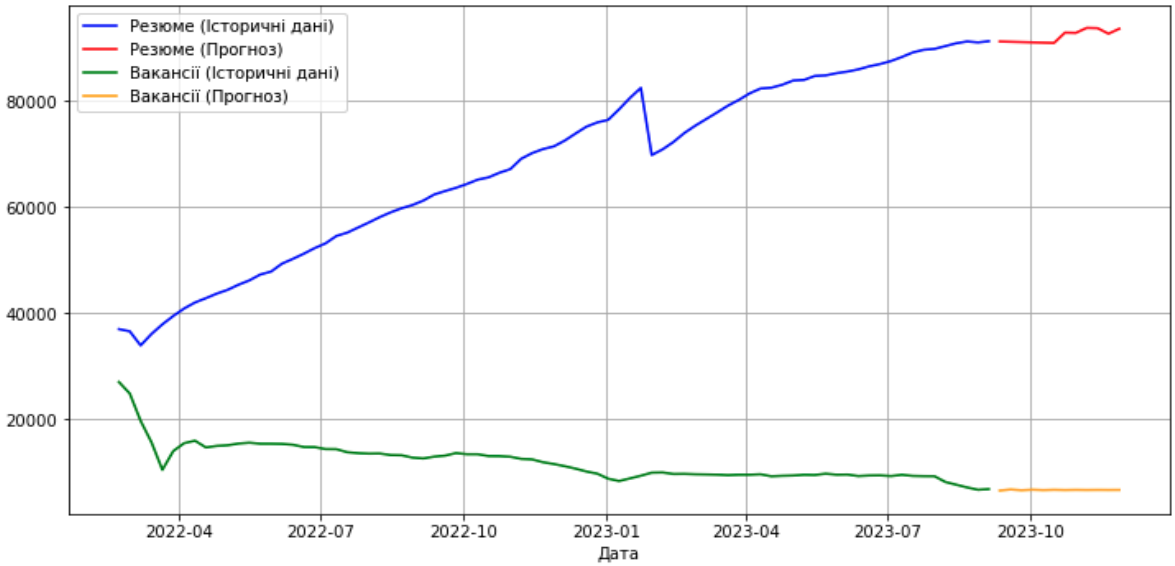

Рис. 9.

Результатом прогнозування є вихід на плато за кількістю вакансій, проте також прогнозується подальший ріст кількості нових кандидатів. Така динаміка буде негативно впливати на вдалий пошук роботи для кандидатів, проте дасть змогу роботодавцям шукати більш якісні кадри серед наявних вільних трудових ресурсів.

Висновки. У даному дослідженні було розглянуто проблеми сучасного українського IT ринку. Проведено дослідження історичних даних ринку праці в IT галузі та запропоновано метод прогнозування на основі моделі аналізу та прогнозування часових рядів даних ARIMA. Після застосування даної моделі на практиці було доведено її ефективність для прогнозування короткострокових прогнозів. Дана робота є підґрунтям для подальших досліджень за цією важливою темою. Зокрема доцільно порівняти результати ARIMA моделі з альтернативними варіантами прогнозування, а також з плином часу з історичними даними за прогнозований період.

Даний прогноз засвідчує, що ринок роботодавця продовжить панувати в IT галузі, що однозначно впливатиме на швидкість пошуку нової роботи кандидатами, а також значно завантажуватиме роботою рекрутерів та HR.

Список використаних джерел:

1. Невдалий вересень та скорочення в IT: динаміка експорту послуг під час війни. opendatabot.ua. URL: https://opendatabot.ua/analytics/itexport-sept (дата звернення: 30.09.2023).
2. IT стало єдиною сферою експорту, яка виросла за 11 місяців 2022 року. opendatabot.ua. URL: https://opendatabot.ua/analytics/itexport-11-22 (дата звернення: 30.09.2023).
3. Turban E., Pollard C. Information Technology for Management: Advancing Sustainable, Profitable Business Growth. Wiley, 2013. 480 p.
4. Огляд економічного фронту: IT-криза, попит на вчителів, пенсіонерів та ветеранів. opendatabot.ua. URL: https://opendatabot.ua/analytics/business-in-war-august-2023 (дата звернення: 01.10.2023).
5. Shumway R. H., Stoffer D. S. Time Series Analysis and Its Applications. Cham : Springer International Publishing, 2017. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-52452-8 (date of access: 03.10.2023).
6. Karyy O., Halkiv L., Tsapulych A. DEVELOPMENT OF THE IT-SPHERE OF UKRAINE: FACTORS AND DIRECTIONS OF ACTIVATION. Journal of Lviv Polytechnic National University. Series of Economics and Management Issues. 2021. Vol. 5, no. 1. P. 42–55. URL: https://doi.org/10.23939/semi2021.01.042 (date of access: 20.09.2023).
7. Лук'яненко І.Г., Жук В.М. Аналіз часових рядів. Частина перша: Побудова ARIMA, ARCH/GARCH моделей з використанням пакету E.Views 6.0, НАУКМА, 2013. 188 с.