УДК 004.8:004.94:378.091

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ПОВІТРЯНИХ ТРИВОГ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ У ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Олена САЛО, Роман ГОЛОВАТИЙ
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Анотація. Розглянуто задачу прогнозування тривалості повітряних тривог для оперативної адаптації освітнього процесу закладу вищої освіти в умовах воєнного стану. Запропоновано поєднання методів аналізу виживаності з моделями машинного навчання для оцінювання ймовірності завершення тривоги та систему правил підтримки рішень щодо формату проведення занять.
Ключові слова: повітряна тривога, прогнозування, аналіз виживаності, машинне навчання, підтримка прийняття рішень, освітній процес, воєнний стан.

Abstract. The problem of predicting the duration of air raid alerts for operational adaptation of the educational process of a higher education institution under martial law is considered. A combination of survival analysis methods and machine learning models for estimating the probability of alert termination and a decision support rule system for choosing the format of classes are proposed.
Keywords: air raid alert, forecasting, survival analysis, machine learning, decision support, educational process, martial law.

В умовах воєнного стану повітряні тривоги регулярно переривають навчальні заняття: здобувачі та викладачі переходять до укриття, а подальший формат заняття визначається вже після завершення тривоги. Оскільки тривалість тривог коливається від кількох хвилин до кількох годин, рішення про продовження заняття в укритті, перехід на дистанційний формат чи перенесення контрольних заходів ухвалюються в умовах невизначеності, що призводить до втрати навчального часу. Навіть часткове зменшення цієї невизначеності за рахунок прогнозування тривалості тривоги дає змогу планувати освітній процес раціональніше.

Для подібних задач доцільно використовувати підходи до раннього виявлення надзвичайних ситуацій на основі потокових даних, зокрема гібридні нейромережеві моделі, що аналізують часові ряди в реальному часі [1], а також загальну схему побудови систем штучного інтелекту від збирання даних до обчислювальної моделі [2]. Досвід застосування інформаційних технологій для підтримки змішаного навчання показує, що оперативне переведення занять у дистанційний формат можливе за наявності відповідних цифрових інструментів [3].

Метою роботи є розроблення підходу до прогнозування тривалості повітряних тривог та формування на його основі рекомендацій щодо формату проведення занять у закладі вищої освіти.

Особливістю задачі є те, що прогноз потрібен не до початку тривоги, а під час неї, і з кожною хвилиною стає відомо, що тривога триває вже певний час. Тому доцільно розглядати її як задачу аналізу виживаності, у якій оцінюється умовна ймовірність завершення тривоги протягом наступних t хвилин за умови, що вона вже триває τ хвилин. Базову оцінку дає непараметрична оцінка Каплана – Мейєра [4], побудована за архівом тривог для області, а вплив додаткових чинників ураховує модель пропорційних ризиків Кокса [5] або модель градієнтного бустингу [6] з такими ознаками: година доби й день тижня; кількість областей, у яких одночасно оголошено тривогу (ознака масованої атаки); стан тривог у сусідніх областях; тривалість попередніх тривог за останню добу; тривалість поточної тривоги. Архів тривог формується з відкритих джерел, а поточні дані надходять у потоковому режимі, що дає змогу оновлювати прогноз щохвилини.

Результатом роботи моделі є ймовірність того, що тривога завершиться до визначеного моменту (наприклад, до кінця поточної пари). На основі цієї ймовірності система формує рекомендацію, наведену в табл. 1. Порогові значення є параметрами системи й уточнюються за результатами її експлуатації.

Таблиця 1

Правила підтримки рішень щодо формату занять

Прогноз (ймовірність P завершення тривоги до кінця пари)	**Рекомендоване рішення**	**Кому надсилається**
$P \geq 0{,}7$	Продовження заняття після тривоги з коригуванням плану; контрольні заходи не переносяться	Викладач, здобувачі групи
$0{,}3 \leq P < 0{,}7$	Продовження заняття в укритті (за наявності умов) або асинхронні завдання в системі дистанційного навчання	Викладач, здобувачі групи
$P < 0{,}3$	Перехід на дистанційний формат до кінця дня, перенесення контрольних заходів	Деканат, викладачі, здобувачі
Ознаки масованої атаки (тривога в більшості областей)	Прогноз тривалої тривоги; попереднє рішення про дистанційний формат наступних пар	Адміністрація закладу освіти

Архітектура системи включає модуль збирання даних про тривоги, модуль прогнозування, модуль правил і модуль сповіщень, інтегрований з розкладом занять і системою дистанційного навчання. Рекомендація формується автоматично, але остаточне рішення залишається за викладачем або адміністрацією, а система лише зменшує невизначеність. Такий підхід відповідає концепції систем підтримки прийняття рішень, де модель забезпечує експерта обґрунтованою інформацією [7]. Для оцінювання якості прогнозу доцільно використовувати не лише точність, а й калібрування ймовірностей: якщо система повідомляє ймовірність 0,7, тривоги мають завершуватися вчасно приблизно в 70 % таких випадків.

Висновки. Розгляд прогнозування тривалості повітряної тривоги як задачі аналізу виживаності дає змогу оновлювати прогноз протягом тривоги з урахуванням часу, що вже минув. Поєднання оцінки Каплана – Мейєра з моделями машинного навчання та правилами підтримки рішень забезпечує обґрунтований вибір формату занять і зменшує втрати навчального часу. Подальша робота передбачає навчання моделей на архіві тривог Львівської області та інтеграцію системи з розкладом занять університету.

Література

1. Шопський О. М., Головатий Р. Р. Застосування моделей машинного навчання для раннього виявлення надзвичайних ситуацій на основі потокових великих даних. *Системні технології*. 2025. № 4(159). С. 85–98. DOI: 10.34185/1562-9945-4-159-2025-09.

2. Ковальчук І., Головатий Р. Data Science та системи штучного інтелекту: архітектура та обчислювальні моделі. *Інформаційна безпека та інформаційні технології* : зб. тез доп. VII Всеукр. наук.-практ. конф. (Львів, 27 листоп. 2025 р.). Львів : ЛДУ БЖД, 2025. С. 105–107.

3. Смотр О., Рашкевич М., Головатий Р., Мечус Х. Використання інструментарію інформаційних технологій для підвищення мотивації студента до навчання у форматі змішаної освіти. *Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи* : зб. наук. праць. Вип. 6. Львів : ЛДУ БЖД, 2021. С. 214–217.

4. Kaplan E. L., Meier P. Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. *Journal of the American Statistical Association*. 1958. Vol. 53, № 282. P. 457–481. DOI: 10.1080/01621459.1958.10501452.

5. Cox D. R. Regression Models and Life-Tables. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*. 1972. Vol. 34, № 2. P. 187–202. DOI: 10.1111/j.2517-6161.1972.tb00899.x.

6. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. 2016. P. 785–794. DOI: 10.1145/2939672.2939785.

7. Kordunova Y., Prydatko O., Smotr O., Golovatyi R. Expert Decision Support System Modeling in Lifecycle Management of Specialized Software. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. Vol. 149. Cham : Springer, 2023. P. 367–383. DOI: 10.1007/978-3-031-16203-9_22.