

ДОДАТОК А
ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра ЕОМ

Модель машинного навчання в піринговій мережі медичних установ

Кваліфікаційна робота
Другий (магістерський) рівень

Автор:

Свірщевський К.О.,
студ. гр. СПзм-22-1

Керівник:

Запорожець О.В.,
доц. каф. ЕОМ

Мета і задачі роботи

Мета:

- розробка моделі машинного навчання в піринговій мережі медичних установ.

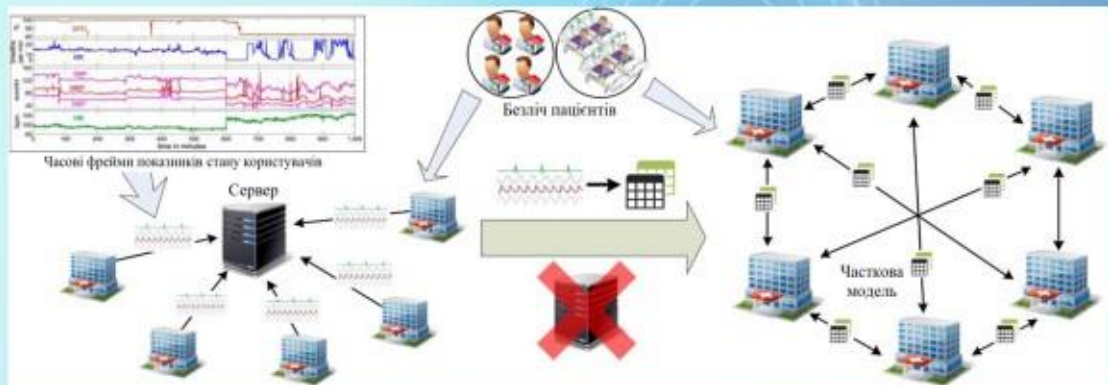
Задачі:

- дослідити сучасний стан проблеми створення «розумних» медичних інформаційних систем;
- розробити швидку систему P2P-навчання, яка здатна прогнозувати клінічні події за допомогою життєво важливих ПФД;
- оптимізувати метод навчання задля кращої ефективності;
- оптимізувати потік обробки в пропонованій системі з точки зору збору даних.

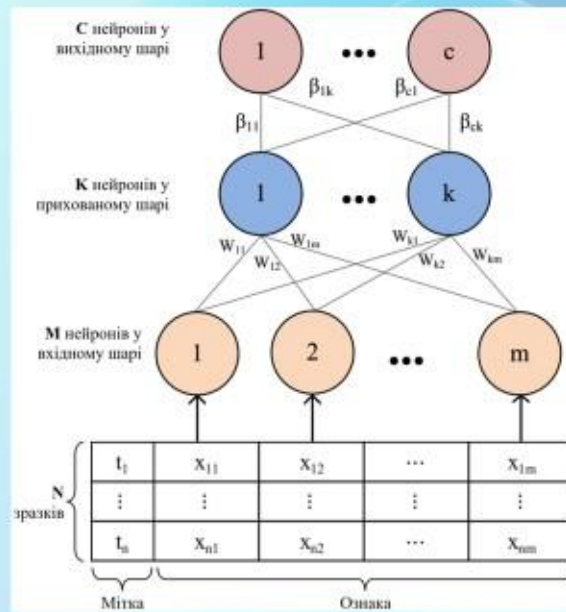
Типова архітектура системи медичного моніторингу



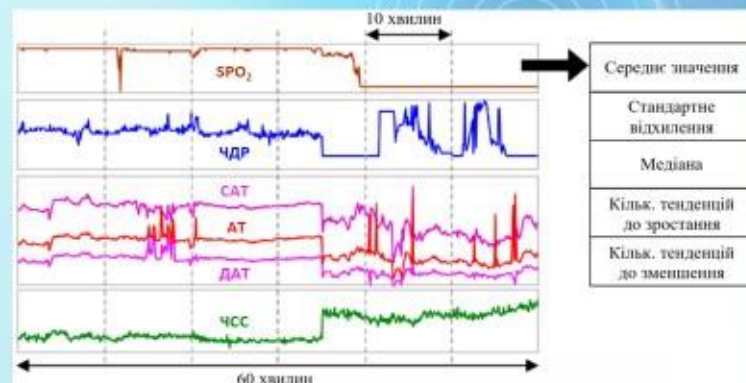
Порівняння моделі централізованого навчання та моделі P2P- навчання



Архітектура ELM



Приклад вибірки за 60 хвилин



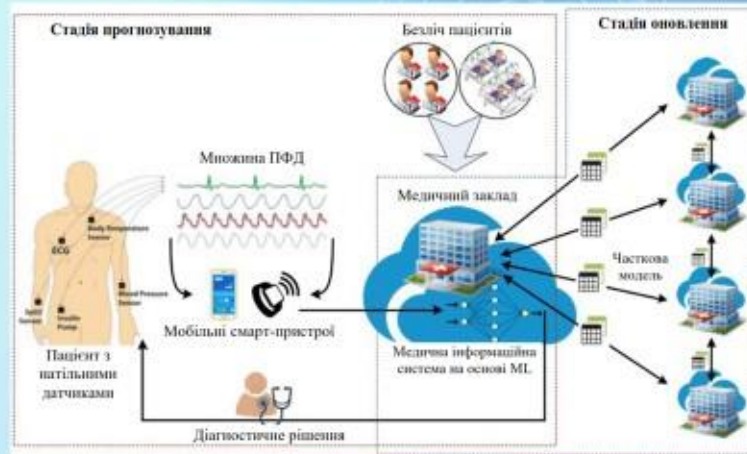
Цільові події для оцінки

Подія	Мітка	ПФД			
		ЧСС	АТ	ЧДР	SPO ₂
Всі значення в межах норми	NNNN				
Одночасна тахікардія, гіпотензія, тахіпное та гіпоксія більше 30 хв.	THTH	V >100	H (CAT<90 і ДАТ<60) або АТ<70	V >17	H <93%
Одночасна брадикардія, гіпотензія, тахіпное та гіпоксія більше 30 хв.	BHTH	H <60	H (CAT<90 і ДАТ<60) або АТ<70	V >17	H <93%
Одночасна тахікардія, гіпертензія, тахіпное та гіпоксія більше 30 хв.	TTTX	V >100	V (CAT >120 і ДАТ>80) або АТ>105	V >17	H <93%
Одночасна тахікардія, гіпотензія, брадикардія та гіпоксія більше 30 хв.	TNBH	V >100	H (CAT<90 і ДАТ<60) або АТ<70	H <12	H <93%

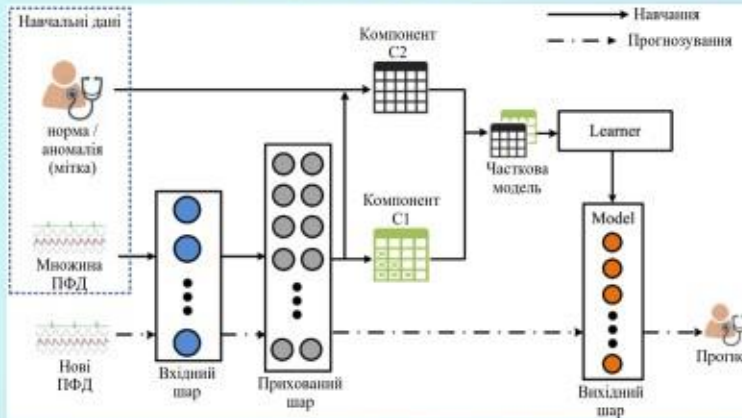
Огляд алгоритмів ML для застосування в медичних інформаційних системах

Робота	Класифікатор	Набір даних	Показники	Клінічні події	Точність
[20]	HMM	MIMIC-II	ЧСС, ЧДР, SPO ₂ , CAT	5	97,7%
[17]	SVM	набір даних з Оксфордської онкологічної лікарні	ЧСС, ЧДР, SPO ₂ , CAT	2 (норма або ні)	96%
[19]	нейромережа	MIMIC-II	АТ	2 (гострий епізод гіпотензії або ні)	94%
[7]	ELM	MIT-BIH аритмія	ЕКГ	6	98,72%
[39]	kNN	клівлендський набір даних про серцеві захворювання	13 ознак	7	97,4%
[35]	CNN	набір даних із центрального Китаю за 2013-2015 рр.	79 ознак	2 (інфаркт мозку або ні)	94,8%
[40]	дерево рішень	набір даних про діабет індійців піма	8 ознак	2 (діабет 2 типу або ні)	80%
[40]	мережа Байеса	набір даних про діабет індійців піма	8 ознак	2 (діабет 2 типу або ні)	74%

Модель пропонованої системи



Створення часткової моделі



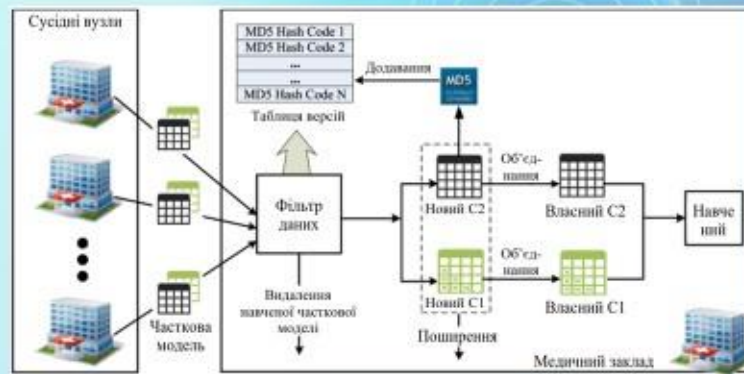
$H^T H$			$C1$					
0.0120	0.0775	0.0759	0.0120	0.0775	0.0759	2.5628	1.7315	2.9603
0.0775	2.5628	1.7315						
0.0759	1.7315	2.9603						

$H^T T (C2)$				
0.1000	-0.1617	-0.1593	-0.1617	-0.1025
1.1935	-3.8996	-3.8972	-3.8996	-1.1959
-0.7608	-4.6445	-3.1613	-4.6445	-0.7223

MDS Hash

7E2E5A7292A36FE0AA02057B974F99DF

Процес оновлення часткової моделі у вузлі



11

Програмні процедури

```

1: Input:  $X$  and  $T$ 
2: Output:  $C_1$  and  $C_2$ 
3: Initialize:  $w, b, H, M, C_1, C_2$ 
4:
5: procedure GENERATE( $X, T$ )
6:    $H \leftarrow X * w + b$ 
7:    $M \leftarrow H^T * H$ 
8:    $C_2 \leftarrow H^T * T$ 
9:    $C_1 \leftarrow$  Elements of  $M$  where  $i \leq j$ 
10:  return  $C_1, C_2$ 
11: end procedure

```

Формування часткової моделі

```

1: Input:  $C_1$  and  $C_2$ 
2: Output:  $\beta$  of ELM
3: Initialize:  $M_1, M_2, VersionTable$ 
4:
5: procedure DATA_FILTER( $newVersion$ )
6:   if  $VersionTable$  has  $newVersion$  then
7:     return true
8:   else
9:     return false
10:  end if
11: end procedure
12:
13: procedure UPDATE( $C_1, C_2$ )
14:   $newVersion \leftarrow$  Calculate MD5 value of  $C_2$ 
15:  if DATA_FILTER( $newVersion$ ) then
16:    return
17:  end if
18:   $M_1 += C_1$ 
19:   $M_2 += C_2$ 
20:  Transform  $M_1$  into matrix  $M$ 
21:  Add  $newVersion$  into  $VersionTable$ 
22:  return  $M^{-1} * M_2$ 
23: end procedure

```

Оновлення часткової моделі

12

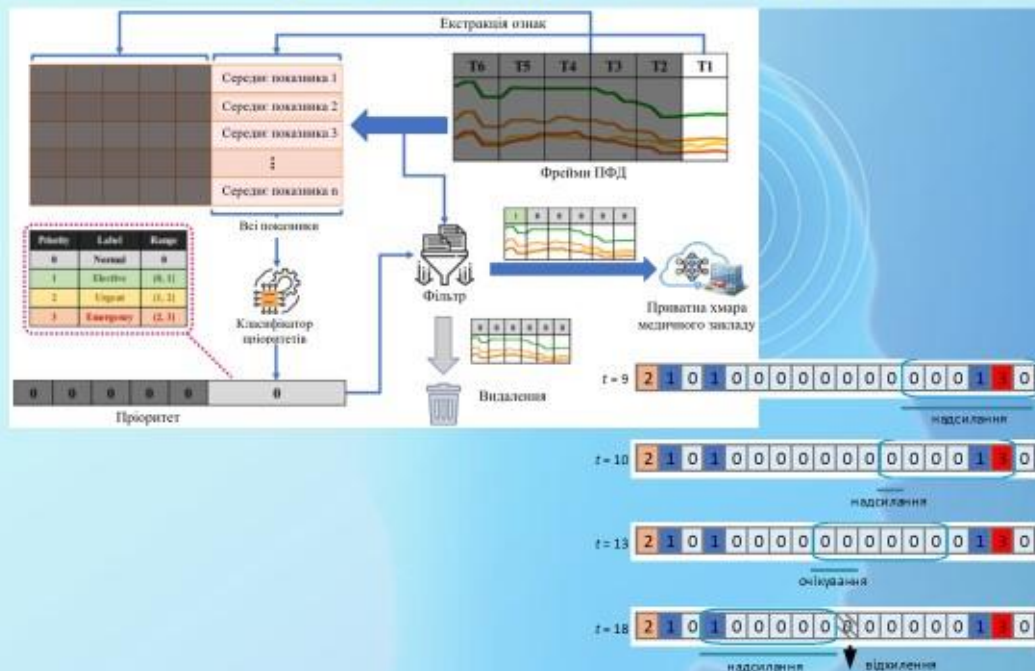
Визначення пріоритету за оцінкою ПФД

ПФД	Оцінка						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
ЧДР	≤ 8		9-11	12-20		21-24	≥ 25
SPO ₂	≤ 91	91-92	94-95	≥ 96			
ЧСС	≤ 40		41-50	51-90	91-110	111-130	≥ 131
SAT	≤ 90	91-100	101-110	110-120	121-170	171-219	≥ 220

Пріоритет	Мітка	Час очікування	Діапазон	Загальний рахунок
1	норма	-	0	0
2	увага	≤ 1 год.	(0,1]	1-3
3	невідкладна	≤ 0,5 год.	(1,2]	4-6
4	екстрена	0	{2, 3}	≥ 7 або оцінка +3/-3

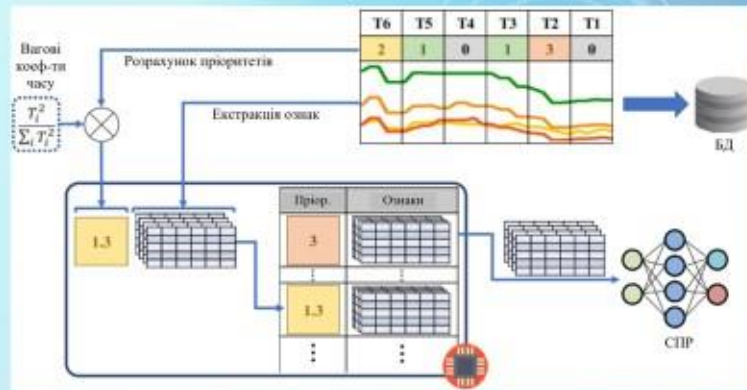
13

Процесор фреймів ПФД



14

Процесор пріоритетів



$$\omega_i = \frac{T_i^2}{\sum_{i=1}^{i=K} T_i^2} \text{ та } T_i = i * W$$

$$p' = P \cdot W = \sum_{i=1}^{i=K} p_i * w_i$$

15

Результати експериментів

Порівняння точності різних алгоритмів навчання

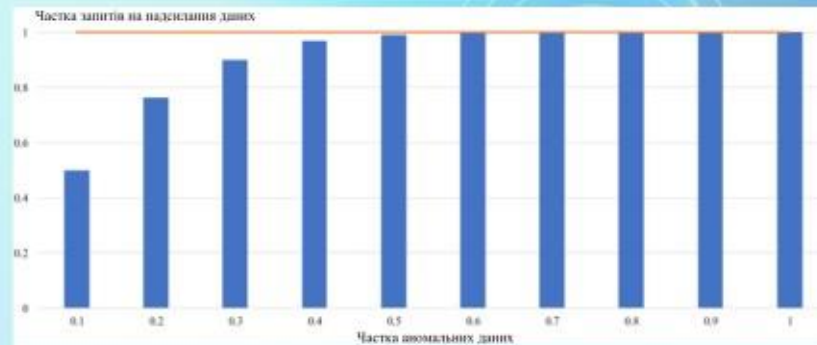
	Багатошаровий песетрон	SMO	ELM
Точність, %	71,89	66,83	80,6
Час навчання, с	2,82	13,53	1,09

Матриця плутанини після виконання класифікації

	норма	увага	невідкладна	екстрена
норма	445	136	10	1
увага	4	248	18	8
невідкладна	1	66	380	63
екстрена	0	0	42	378

16

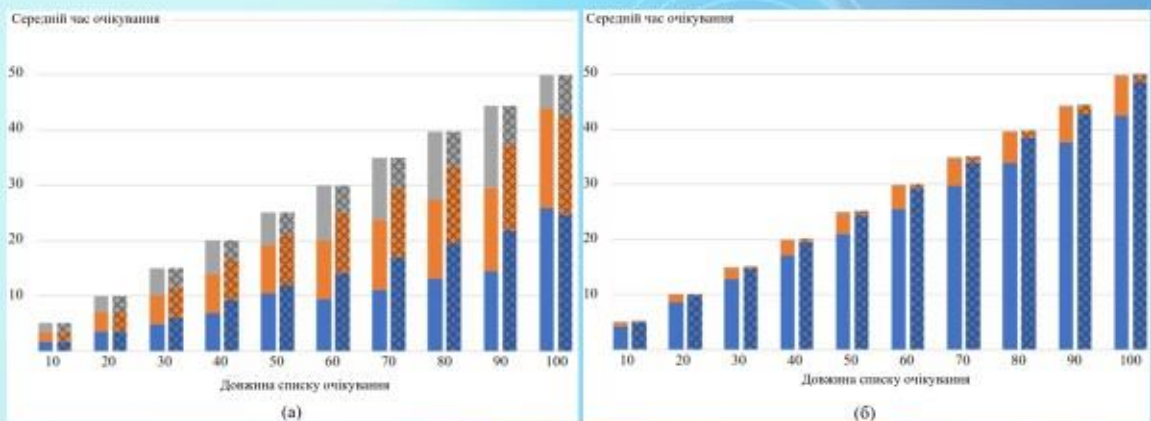
Результати експериментів



Частина запитів на надсилання даних з різною часткою аномалій

17

Результати експериментів



■ увага ■ невідкладний ■ екстрений □ без пріоритетів ▨ з пріоритетами

Час очікування записів із пріоритетом і без нього: (а) рівномірний розподіл пріоритетів; (б) нормальний розподіл пріоритетів

18

Публікації за темою дослідження

1. **Росінський Д.М., Свірщевський К.О. Оптимізація збору оперативних даних в піринговій мережі медичної установи // «Системи управління навігації та зв'язку», – Випуск 2 (72), – Полтава, Національний університет “Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка”, – 2023. – С. 142-145.**
2. **Свірщевський К.О., Росінський Д.М. Застосування технології навчання "P2P" в інтелектуалізації медичної інформаційної системи // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : тези доп. 13-ї міжнар. наук.-техн. конф., Баку - Харків - Жиліна : [у 2 т.]. Т.2: секція 2 / Нац. ун-т оборони Азербайджанської Республіки [та ін.]. – Харків : Impress, – 2023. – С. 55.**
3. **Свірщевський К.О. Інтелектуальна система формування діагнозу стану здоров'я користувача // Проблеми інформатизації. Тези доповідей десятої міжнародної науково-технічної конференції, Черкаси: ЧДТУ, – 2022. – С. 86**

19

Висновки

Досліджено новітні системи та алгоритми, натхненні різними техніками, пов'язаними з комп'ютерними мережами, машинним навчанням, великими даними та розподіленими обчисленнями. Запропоновані рішення натхненні системою NEWS, CDSS, ELM.

Багатьма медичними установами використовуються інформаційні системи на основі ML. Для того, щоб підвищити точність діагностики, класифікатори потрібно часто навчати. Пропонована система P2P-навчання сприяє підвищенню ефективності навчання та точності діагностики з великою кількістю даних пацієнтів.

Надійна, ефективна для навчання та обміну система дозволяє кожному медичному закладу ділитися своїми знаннями з іншими. За винятком процесу навчання та обміну інформацією, потоки обробки даних і прогнозування мають значний вплив на систему. Замість безперервного надсилання часових рядів даних пацієнтів, дані організовуються та передаються в певному часовому вікні (фрейм) на основі терміновості пацієнтів.

Кожному фрейму надається пріоритет, який оцінюється запропонованим алгоритмом та представляє терміновість пацієнта. Дані з вищим пріоритетом обробляються перед тими, що мають нижчий пріоритет. Це оптимізує очікування даних перед прогнозуванням. Лише цінні для аналізу фрейми, відповідно до їх пріоритету, надсилаються до медичного закладу, що сприяє зменшенню обсягу переданих даних.

20