ИДЕЕН ПРОЕКТ ЗА ДОКТОРАНТУРА
по докторска програма
Автоматизирани системи за обработка на информация и управление,
Професионално направление:
„Комуникационна и компютърна техника”

Работно заглавие (Тема): Интелигентен мониторинг и прогнозиране на киберфизични системи чрез периферен изкуствен интелект

1. Проблем

Съвременните киберфизични системи (CPS) интегрират физически обекти, сензори, комуникационни мрежи и изчислителни ресурси, като генерират големи обеми от разнородни данни в реално време. Тези данни могат да бъдат използвани за наблюдение на състоянието, откриване на аномалии, диагностика на неизправности и прогнозиране на бъдещото състояние на системата.

Основният проблем е, че традиционните подходи често разчитат на предаването на данните към централизирани облачни или сървърни ресурси за тяхната обработка. Това може да доведе до забавяне, повишено мрежово натоварване, зависимост от комуникационната свързаност и ограничения при приложения, изискващи реакция в реално време. Тези ограничения са особено съществени при разпределени CPS, в които данните се генерират непосредствено до физическия процес.

Допълнителен проблем представлява ограниченото количество и качество на данните за редки или аварийни състояния. При реални машини често има много данни за нормална работа, но малко примери за реални повреди. Това затруднява обучението и надеждното валидиране на AI модели.

Следователно се налага разработването на подходи за интелигентна обработка на сензорни данни непосредствено в периферията на мрежата, при които AI моделите могат да извършват мониторинг, диагностика и прогнозиране с минимална зависимост от централизирани ресурси.

2. Актуалност на темата

Актуалността на проблема произтича от бързото развитие на IoT, Industrial IoT, киберфизичните системи и периферните изчисления, както и от необходимостта от автономна и своевременна обработка на данните.

Концепцията Edge AI съчетава изкуствения интелект с периферните изчисления, като позволява анализът на данните да се извършва близо до мястото на тяхното генериране. Това намалява необходимостта от постоянно предаване на големи обеми данни към облачни системи и може да подобри латентността, надеждността и използването на комуникационната инфраструктура.

Особено актуално е приложението на Edge AI при мониторинг и прогнозиране на състоянието на различни технически системи. Съвременните изследвания разглеждат едновременно интелигентна диагностика, прогнозиране на оставащия полезен живот, edge архитектури и работа при ограничени изчислителни ресурси.

Допълнителна актуалност има и необходимостта от разработване на AI методи, които могат да работят при непълни, шумни, небалансирани и ограничени набори от данни, тъй като реалните инженерни условия често се различават от лабораторните набори от данни.

В този контекст разработването на методи за интелигентен мониторинг и прогнозиране на CPS чрез Edge AI представлява актуална научна и приложна задача, свързана с повишаване на автономността, бързодействието и надеждността на интелигентните технически системи.

3. Цел и задачи

Цел на дисертационното изследване: Разработване и изследване на методи и модели за интелигентен мониторинг, откриване на аномалии, диагностика и прогнозиране на състоянието на киберфизични системи чрез използване на периферен изкуствен интелект и анализ на мултимодални сензорни данни.

Задачи:

1. Анализ на съществуващите методи;
2. Да се разработи концептуален модел на системата и да се предложи архитектура;
3. Да се моделират и да се проведат изследвания на управляваните процеси;
4. Да се изследват методи за обработка и комбиниране на данни от различни сензори;
5. Да се предложат и адаптират модели за Edge AI;
6. Да се разработи експериментална система/прототип за мониторинг на избрана CPS и да се съберат реални сензорни данни при различни режими на работа и/или технически състояния;
7. Да се направи експериментална оценка на предложеното решение.

Евентуални резултати от изследването

- Методология за интелигентен мониторинг на CPS чрез Edge AI, обединяваща сензорно наблюдение, обработка на данни и AI анализ.
- Методи за анализ на сензорни данни за откриване и диагностика на аномалии.
- Модели за интелигентна диагностика и прогнозиране, адаптирани за работа при ограничени изчислителни ресурси.
- Методи за работа с ограничени и небалансирани набори от данни, включително изследване на синтетично генерирани данни и data augmentation.
- Методика за оценка на Edge AI моделите не само по точност, но и по латентност, изчислителна сложност, памет и енергийна ефективност.
- Изследване на зависимостта между качеството на сензорните данни, сложността на AI модела и възможността за реализация върху периферно устройство.

Предвижда се дисертационният труд да завърши с експериментален прототип на система за интелигентен мониторинг.

Научен ръководител: доц. д-р Ирена Вълова

Вид на докторантурата*:* редовна

Потенциален кандидат: да

Изготвил идейния проект: доц. д-р И. Вълова .....

Конспект за кандидат-докторантски изпит

по докторска програма

Автоматизирани системи за обработка на информация и управление

1. Киберфизични системи и IoT – архитектура, компоненти и принципи на работа.
2. Сензорни системи – видове сензори, измервателни характеристики и събиране на данни.
3. Цифрова обработка на сензорни сигнали – филтрация, FFT, STFT и Wavelet анализ.
4. Времеви редове и извличане на характеристики от сензорни данни.
5. Големи данни – характеристики, архитектури и обработка на IoT данни.
6. Основи на машинното обучение – обучение, валидация, класификация, регресия и клъстеризация.
7. Дълбоко обучение за анализ на сензорни данни – CNN, RNN, LSTM, Autoencoder и Transformer.
8. Интелигентен мониторинг, откриване на аномалии и диагностика на неизправности.
9. Прогнозиране на състоянието и Predictive Maintenance – методи и показатели.
10. Машинно обучение при ограничени и небалансирани данни – augmentation, few-shot и transfer learning.
11. Периферен изкуствен интелект – Edge AI, TinyML и оптимизация на AI модели за периферни устройства.
12. Архитектури и методи за интелигентен мониторинг и прогнозиране на CPS чрез Edge AI.

Съставил**:** ……

/ доц. д-р Ирена Вълова /

Ръководител катедра**:** ……

/ проф. д-р Цветозар Георгиев /