

# 9 ПРОМИСЛОВІСТЬ, ІННОВАЦІЇ ТА ІНФРАСТРУКТУРА



Затверджую  
Ректор ХНУРЕ  
В.В. Семенець

« 23 » січня 2020 р.



## ЗВІТ ПРО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ З ЦІЛІ 9

### «ПРОМИСЛОВІСТЬ, ІННОВАЦІЇ ТА ІНФРАСТРУКТУРА»

У 2019 РОЦІ

# 9 INDUSTRY, INNOVATION AND INFRASTRUCTURE



# ЗВІТ

## про наукову та інноваційну діяльність Харківського національного університету радіоелектроніки за 2019 рік

### Напрямок: Інформатика та кібернетика

**1. Теоретичні основи і концепція діагностики та лікування станів, що погрожують життєдіяльності людини. Науковий керівник – Бих Анатолій Іванович, д.ф-м.н., професор, фактичний обсяг фінансування всього – 1434,711 тис. грн., в тому числі за 2019 рік – 478,237 тис. грн.**

Заключний етап дослідження, підсумкові результати.

Загальною *метою роботи* було розробка нових підходів, методів, технологій і пристроїв діагностики та лікування погрожуючих станів людини, що виникли в наслідок кульових поранень, термічних опіків, наслідків ураження продуктами горіння, морфологічного та метаболічного пошкодження серцево-судинної системи та фізичного навантаження з використанням методів математичного моделювання, системного аналізу та інформаційних технологій.

На заключному етапі необхідно було розробити інформаційну технологію прийняття рішень під час діагностики, прогнозування та лікування станів, що погрожують життю людини.

#### ***Отриманий науковий результат його новизна***

Звітний етап є логічним продовженням досліджень, що проводились на попередніх етапах. Відповідно до мети та плану досліджень, на заключному етапі було виконано наступні завдання:

- розроблено медико-технічні вимоги та дослідний зразок комп'ютерного ольфактометра;
- розроблено технологію прийняття рішень під час контролю життєздатності уражених ділянок біотканин;
- розроблено структуру БД та інформаційна технологія прогнозування раптової коронарної смерті та визначення терміну дожиття людини, яка знаходиться у стані, що погрожує життю.

Створено експериментальний зразок пристрою і проведено лабораторні й попередні натурні його випробування, визначені необхідні граничні значення робочих параметрів. Наукова новизна результатів полягає в тому, що за допомогою пристрою експериментально показано, що в ряді випадків вид поляризаційних функцій відмінний від загальноприйнятого експонентного виду. Цей вивід обґрунтовує необхідність розробки методів автоматизованого структурного аналізу поляризаційних функцій з метою виявлення реакції окремих структурних елементів біотканини на імпульси мікроструму й розробки на цій підставі висновків щодо ступеня їхньої життєздатності.

#### ***Науковий рівень***

В проекті вирішувались наукові задачі зі створення концепцій, методів та інформаційної технології оцінки життєздатності людини, яка знаходиться у стані, що погрожує життю за даними параметрів нейрогуморальної регуляції та змін показників центральної гемодинаміки, енергетичних характеристик дихання при дії різних одоривекторів у хворих з ураженнями носової порожнини, набутими внаслідок негативного впливу шкідливих отруйних речовин, термічних опіків або кульового поранення, імпедансометричного та термографічного

визначення наявності пошкодження цілісності структур біотканини внаслідок вогнепального поранення з використанням інноваційних методів інформатики та математичного моделювання.

Для інформатизації процесу визначення станів, що погрожують життєдіяльності людини було створено реляційну базу даних (БД) прогнозування раптової коронарної смерті та визначення терміну дожиття людини, та застосована об'єктно-реляційна CASE-технологія.

Було також запропоновано підхід автоматизованого аналізу характеристик розподілу температури і реактивної складової електроопору біотканини для виявлення меж її життєздатності.

На основі положень аеродинаміки носової порожнини вперше розроблено метод визначення ламінарного пограничного шару повітряного потоку у верхніх дихальних шляхах, який дозволив за рахунок дослідження товщини пристінкової течії повітря відносно нерівномірності оболонки визначати патологічні ділянки носової порожнини при різних режимах дихання та досліджувати течію повітря на макрорівні.

Подальший розвиток теорії впливу повітряного потоку на слизову оболонку носової порожнини дозволить уточнити механізми виникнення та розвитку функціональних ринологічних відхилень.

У результаті функціональних досліджень носового дихання розроблено метод об'єктивної діагностики респіраторно-ольфакторних порушень, який дозволяє за рахунок визначення енергетичних характеристик носового дихання при дії різних одорівекторів визначати на доказовому рівні відповідні пороги ольфакторної чутливості. Встановлено, що для визначення порогу нюхової чутливості доцільно використовувати розроблений метод автоматизованого визначення порогу відчуття одорівектора. Метод заснований на аналізі циклограми дихання, а саме, пошуку моментів часу при якому у випробуваного довільно короткочасно частішає дихання. Даний поріг відповідає реакції випробуваного на запах, що подається при риноольфактометричній оцінці нюхової чутливості людини.

Запропоновані нові методи прогнозування летального кінця інфаркту міокарда лівого та правого шлуночків, які дозволяють, на відміну від відомих аналогів та прототипів, в найкоротший термін за доступними біохімічними і клінічними показниками прогнозувати погрозу розвитку летального кінця. На базі закладених гіпотез, а також з урахуванням Світового досвіду, було розроблено удосконалено метод виміру реактивної складової електричного опору біотканини, як інформаційної ознаки її життєздатності. Також в результаті виконання проекту було формалізовано задачу попередньої діагностики ІМ для вибору оптимальної тактики лікування з урахування локалізації захворювання і індивідуальних особливостей організму людини, що дозволило відповідно до Світових вимог формалізувати основні етапи інформаційної технології прогнозування раптової коронарної смерті для чого було розроблено математичну модель та методику попередньої діагностики летального кінця інфаркту міокарда із використанням методу дискримінантних функцій.

Підтверджено гіпотезу про те, що поляризаційна функція біотканини відрізняється від експонентного виду. Для обробки поляризаційних функцій вимірjuвальна система мала б містити модуль перетворення поляризаційного сигналу в цифрову форму й передачі отриманих даних у комп'ютер для наступного аналізу.

Для побудови такого функціонального модуля була використана платформа "Arduino due". Характеристики платформи дозволили здійснити вимір і передачу блоку (одиначної реалізації сигналу) даних у комп'ютер по лінії зв'язку "USB". Тривалість переданої реалізації становить  $t_p=120 \cdot 10^{-3}$  с., її цифрове подання містить  $n=2 \cdot 10^4$  вимірів. Основна функція пристрою – оперативно обстежувати ділянку поразки й виділити його з області неураженої тканини. Також проведено визначення інтенсивності випаровування одорівектора під час проведення ольфактометричного дослідження. Визначено, що найбільша інтенсивність випаровування для всіх одорівекторів відповідає найменшій площі повітряних отворів одорівекторної насадки ( $S=400$  мм<sup>2</sup>) та найбільшій витраті повітря ( $q=2$  л/с).

### ***Значимість та практичне застосування***

Метод визначення ламінарного пограничного шару повітряного потоку у верхніх дихальних шляхах дозволяє визначати патологічні ділянки носової порожнини при різних режимах дихання.

Метод об'єктивної діагностики респіраторноольфакторних порушень дозволяє за рахунок визначення енергетичних характеристик носового дихання при дії різних одорівекторів визначати на доказовому рівні відповідні пороги ольфакторної чутливості.

Удосконалені математичні моделі визначення терміну дожиття людини, дозволяють з високою точністю визначити термін дожиття для попередження фатальних наслідків.

Запропонований метод визначення ймовірності розвитку ІМ дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень при визначенні ймовірності розвитку ускладнень після перенесеного ІМ.

За допомогою розробленої моделі нечіткого логічного виводу процесу ольфактометричного дослідження нюхову чутливість визначали у 120 хворих з порушенням аеродинаміки носа і у 100 осіб з контрольної групи. Експериментальні результати показали, що для вибірки, яка складається з 220 пацієнтів, розроблена модель нечіткого логічного виводу ступеня порушення нюхової функції підтвердила діагнози для 201 пацієнта, отже, точність класифікації становить 92%. Використання запропонованого методу для прогнозування поновлення загрозливого стану дозволяє визначити вірний прогноз в 94,62% випадків. Точність прогнозу поновлення загрозливого стану у пацієнтів з ІМ з використанням розробленої інформаційної технології прогнозування раптової коронарної смерті та визначення терміну дожиття людини, на 3,22% більше ніж з використанням метода-прототипу.

**2. Розумний Кібер Університет – Cloud-Mobile сервіси управління науково-освітніми процесами. Науковий керівник – Литвинова Євгенія Іванівна, д.т.н., професор, фактичний обсяг фінансування всього – 972,996 тис. грн., в тому числі за 2019 рік – 324,332 тис. грн.**

Завершене фундаментальне дослідження.

*Фундаментальна проблема, на вирішення якої спрямовано проект* – проблема суттєвого підвищення рівня життя працівників вищої школи та усунення корупції шляхом впровадження кіберсервісів цифрового моніторингу та прозорого управління ресурсами, підрозділами та науково-освітніми процесами, що забезпечить приплив зовнішніх інвестицій та підвищення якості наукових досліджень і випускників.

### ***Отриманий науковий результат його новизна***

В результаті виконання дослідження отримано наступні наукові результати:

1) Розроблено нову модель human-free моніторингу та кіберуправління державними структурами, яка дозволяє позбавити авторитарного керівника від функціональності суб'єктивного регулювання ресурсів.

2) Розроблено нові метрики оцінювання науково-освітньої активності науково-педагогічних кадрів та студентів для створення кіберсервісів моніторингу та управління виробничими процесами у межах кіберфізичної системи розумного університету.

3) Запропоновано методологію управління державними структурами (університети, підприємства) на основі оригінальних метрик компетенцій, що дозволяють здійснювати моніторинг та управління ресурсами та кадрами.

4) Розроблено комп'ютеризовану структуру кіберфізичної системи, яка характеризується цифровим метричним моніторингом і хмарним online управлінням, що дає можливість підвищити якість науково-освітнього процесу та зменшити накладні витрати університету.

5) Розроблено емоційно-логічні примітиви і схеми кібер-соціального комп'ютеризованого, які

характеризуються створенням функціонального базису для синтезу цифрових структур прийняття рішень людиною, керівником, що дає можливість моделювати наслідки від управлінських дій.

б) Розроблено комп'ютерні структури масштабованих кіберфізичних сервісів, які характеризуються інтерактивною online взаємодією між підсистемами цифрового моніторингу і хмарного управління соціальними групами, що дає можливість зменшити непродуктивні витрати часу університету.

Одержані результати є надійними для їх застосування та використання у державних університетах та організаціях.

### ***Науковий рівень***

Отримані результати є достовірними, науково обґрунтованими та доведеними, що підтверджується всебічним аналізом наукових робіт за темою дослідження, достатньою кількістю проведених експериментів, тестуванням і моделюванням реальних фрагментів освітніх процесів.

Аналіз досліджень в області створення кіберфізичних сервісів свідчить про практичну відсутність на внутрішньому (зовнішньому) ринку науки і освіти системного розуміння ролі хмарних кіберсервісів, що використовують метричні відношення, у регулюванні правил не тільки цифрового моніторингу але й активного human-free кіберуправління науково-освітніми процесами. Така біла пляма в наукових дослідженнях пов'язана з труднощами дизрапторного розуміння процесу кіберуправління соціальними групами без участі людини. Тим не менш, з'являються публікації, що все більше розглядають фізичні та віртуальні процеси, як компоненти єдиної кібер-екосистеми (cloud services + fog networks). Вже сьогодні існує виражена ринкова тенденція переходу від програмних додатків до сервісів. З окремих додатків, сервісів і сенсорів формується кіберфізичний простір (екосистема), яка містить три виражених компоненти: хмарні сервіси, туманні (fog) мережі, сенсорні і актуаторні фізичні пристрої (mobile, pads, rods, lap tops), які взаємодіють між собою в реальному часі. Основна ідея створення кіберпростору полягає у відмові від пасивної концепції IT-моніторингу з поступовим переходом до активної фази управління фізичними та соціальними процесами і явищами на основі IoT-культури.

### ***Значимість та практичне застосування***

Цінність результатів полягає в розробці хмарних сервісів кіберуправління науковими дослідженнями та освітніми процесами. Ринкова привабливість хмарних сервісів кіберуправління науковими дослідженнями та освітніми процесами в масштабах планети складає не менше 5 млрд доларів і визначається тенденцією глобального проникнення в державні науково-освітні структури кіберсервісів, спрямованих на ініціювання конструктивної активності науково-педагогічних кадрів, здатної підвищити продуктивність праці вчених, як мінімум, у два рази.

Кіберсистема human-free управління виробничими процесами та ресурсами, масштабована своїми регуляторними впливами до рівня всіх державних структур та організацій, дозволить тотально знищити корумповані відношення, що забезпечить економічний ефект за рахунок підвищення продуктивності праці працівників державного сектора. Моральна сторона ефекту від впровадження кіберсистеми пов'язана з реанімацією довіри населення до державних організацій і структур, які назавжди втратять вплив на розподіл ресурсів і посад, через делегування зазначених повноважень неупередженому кіберсервісу.

Практичне значення одержаних результатів досліджень полягає у розробці та тестуванні хмарних сервісів кіберфізичного комп'ютерного для метричного оцінювання, студентів, співробітників структурного підрозділу з метою їх подальшого адекватного морального і матеріального стимулювання.

## Напрямок: Електроніка, радіотехніка та телекомунікації

**3. Концепція розвитку резонансної компресії імпульсів та інструментарій для отримання потужних надкоротких мікрохвильових імпульсів в X, Ku та міліметровому діапазонах. Науковий керівник – Чурюмов Геннадій Іванович, д.ф-м.н., професор, фактичний обсяг фінансування всього – 1079,772 тис. грн., в тому числі за 2019 рік – 359,924 тис. грн.**

Завершене фундаментальне дослідження.

### ***Отриманий науковий результат його новизна***

До нових наукових результатів, отриманих в ході виконання даної НДР, слід віднести створення нової концепції формування надкоротких НВЧ імпульсів за допомогою поєднання існуючих можливостей традиційних вузькосмугових НВЧ генераторів (магнетронів з двома виводами енергії) з можливостями резонансних компресорів для отримання НВЧ імпульсів в 3-х (X) та 2-х (Ku) діапазонах довжин хвиль. Розроблена концепція адаптована на міліметровий діапазон з урахуванням застосування 3-мм магнетрона з двома виводами енергії.

Розроблено нову методику проектування магнетронів з двома виводами енергії поширеної на магнетрони міліметрового діапазону.

Проведено дослідження щодо можливості застосування в потужних магнетронах з двома виводами енергії холодного металевого катоду та модулятора зі спеціальною формою імпульсу анодної напруги. Це дозволить значно спростити апаратну реалізацію магнетрону та здешевить його вироблення.

На основі створених вимірювально-випробувальних лабораторних установок (генераторних НВЧ модулів) проведені експериментальні дослідження в 2-х та 3-х см діапазонах. Для проведення вимірювань пікової та середньої потужності НВЧ імпульсів та їх тривалості розроблені методики вимірювання.

Також в процесі досліджень був застосований новий підхід до проектування приладів НВЧ (методика проектування) на основі нейро-мережних технологій. Даний підхід отримав практичне застосування при розробці нової конструкції магнетрону з двома виводами. Це суттєво новий підхід в електроніці НВЧ, який не має аналогів у світі.

Встановлено (як теоретично, так і експериментально) зв'язок між частотою електромагнітного випромінювання, тривалістю НВЧ імпульсів та піковою потужністю. Таким чином, у результаті виконання НДР встановлено зв'язок між основними параметрами НВЧ імпульсів наносекундної тривалості, умовами їх формування та вплив і взаємодію з електронними об'єктами радіоелектронних пристроїв.

По отриманим результатам зроблені висновки про практичне застосування лабораторних НВЧ установок (генераторних НВЧ модулів) в радарних нового покоління (надширокосмугові РЛС) або в установках, призначених для функціонального враження електронної елементної бази.

### ***Науковий рівень***

Наукові результати, які отримані в ході виконання проекту, мають світову цінність в частині боротьби світової спільноти з електромагнітним тероризмом. При цьому важлива роль вітчизняної науки полягає в тому, що участь українських вчених дає можливість придбати необхідний досвід в проривних світових технологіях.

### ***Значимість та практичне застосування***

Серед можливих практичних галузей застосування отриманих нових результатів є створення нових видів зброї на нових фізичних принципах. Отримані результати на рівні концепції розвивають фундаментальні основи розвитку нового напрямку в радарних технологіях та системах функціонального ураження радіоелектронних засобів. Подальший

розвиток та впровадження отриманих результатів може бути використано в конкретних прикладних розробках, в тому числі для протидії електромагнітному тероризму та захисту від дестабілізуючого впливу електромагнітної енергії.

Проведені економічні розрахунки вказують на значну економію коштів, яка матиме місце в запропонованому варіанті апаратної реалізації для отримання надкоротких та потужних НВЧ імпульсів, ніж це має місце у варіанті застосування релятивістських приладів НВЧ. Крім того, такий підхід значно спрощує використання та обслуговування установок.

**4. Інформаційна технологія обробки сигналів в оглядових РЛС при виявленні малопомітних повітряних об'єктів. Науковий керівник – (Зима) Жирнов Володимир Віталійович, д.т.н., професор, фактичний обсяг фінансування всього – 12040,0 тис. грн., в тому числі за 2019 рік – 620,0 тис. грн.**

Завершене прикладне дослідження.

Міждисциплінарний проект присвячений рішенням важливої для забезпечення ефективного контролю повітряного простору України проблеми виявлення малопомітних повітряних об'єктів при наявності завад типу «ангел-луна» в оглядових РЛС.

***Отриманий науковий результат його новизна***

Запропоновано нову технологію ефективної обробки радіолокаційних сигналів для виявлення малопомітних повітряних об'єктів на основі методів штучного інтелекту з використанням семантичного аналізу радіолокаційної інформації та математичного апарату алгебри предикатів.

У ході виконання дослідження отримано ряд наукових результатів.

1. Розроблено метод формалізації процесів сприйняття та перетворення сигналів і сигнальних образів з урахуванням можливостей уніфікації процедур міжперіодної та багатооглядової обробки радіолокаційних сигналів на основі семантичного аналізу.

Запропонована модель яка дозволяє на основі інформації про поведінку сигналу в кожному аналізованому елементі обробки й предикатів подій (ознак) відрізнити об'єкт від завади не за перевищенням порогу, а в результаті аналізу ознак, що є більш ефективним при виділенні слабких луна-сигналів малопомітних об'єктів.

2. Удосконалена математична модель виявлення та розпізнавання об'єктів за радіолокаційним спектральним образом з урахуванням інтелектуальної семантичної складової.

Розроблена модель класифікації повітряних об'єктів за спектральним образом. Для ідентифікації типів спектра вводяться предикати-ознаки, за їх поєднанням будь-який спектр однозначно співвідноситься з одним із типів згідно з розробленим рівнянням предикатних операцій. Таким чином, запропоновано використовувати не тільки енергетичну ознаку перевищення порогу, а і логічну інформацію щодо розпізнавання обстановки шляхом аналізу спектральних картин завад навколо елемента обробки. Розроблено інтелектуальну адаптивну систему виявлення малорозмірних повітряних об'єктів, основу на поєднанні сигнального та логічного спектрального аналізу з адаптацією параметрів виявлення до статистики та типу спектра завад.

3. Створена математична модель формування й аналізу зорових картин сигналів, що змінюються в часі й просторі. Алгоритм математичної моделі створено на основі операцій як між-, так і багатооглядової обробки сигналів з урахуванням можливостей розробленого методу формалізації процесів сприйняття та перетворення сигналів. Розроблені: функціональна схема формування й аналізу зорових картин сигналів, що змінюються в часі й просторі.

4. Розроблена інформаційна технологія обробки сигналів і сигнальних образів в інтелектуальних радіолокаційних комплексах на основі просторово-семантичної моделі сигналів.

Запропонована технологія дозволяє на основі інформації про поведінку сигналу в кожному аналізованому елементі обробки й предикатів подій (ознак) відрізняти об'єкт від завади не за перевищенням порога, а в результаті аналізу кваліфікаційних ознак, що є найбільш ефективним при виділенні слабких луна-сигналів малопомітних об'єктів.

5. Розроблена інформаційна технологія обробки сигнальних образів в інтелектуальних радіолокаційних комплексах на основі спектрально-семантичної моделі сигналів.

Розроблена модель інформаційної технології класифікації повітряних об'єктів за спектральним образом. Для ідентифікації типів спектра вводяться предикати-ознаки, за їх поєднанням будь-який спектр однозначно співвідноситься з одним із типів згідно з розробленим рівнянням предикатних операцій. Тобто, використовується не тільки енергетична ознака перевищення порогу, а і логічна інформація розпізнавання обстановки шляхом аналізу спектральних картин завод навколо елемента обробки. Розроблено інтелектуальну адаптивну систему виявлення малорозмірних повітряних об'єктів, основу на поєднанні сигнального та логічного спектрального аналізу з адаптацією параметрів виявлення до статистики та типу спектра завод.

6. Створено програми, які реалізують інформаційні технології обробки сигналів на основі спектрально-семантичної і просторово-семантичної моделей.

Відмінність і перевага отриманих результатів над вітчизняними та зарубіжними аналогами полягають у тому, що запропонована технологія виявлення малопомітних повітряних об'єктів радіолокаційними засобами базується на високому рівні формалізації процесів обробки радіолокаційних сигналів і сигнальних образів на основі семантичного аналізу. При цьому використовується як енергетична так і семантична складова сигнальної інформації шляхом формування просторово-часових зображень з використанням алгебри кінцевих предикатів. Показано, як цей підхід може використовуватися для виявлення і розпізнавання малорухомих та малопомітних літальних апаратів, які можуть знаходитися як в режимі руху, так і в режимі спокою.

На даний момент на вітчизняному ринку відсутні потенційні аналоги даної технології, що підтверджує її новизну.

### ***Науковий рівень***

Запропонована технологія ґрунтується, з одного боку, на засадах відомої теорії та практики селекції рухомих цілей, яка була раніше апробована авторами при дослідженні багатооглядової обробки сигналів при наявності завод типу «ангел-луна», з іншого боку – на методах штучного інтелекту, в основі якого лежить семантичний аналіз радіолокаційної інформації. Такий підхід дозволяє реалізувати технологію виявлення малопомітних об'єктів в реальному часі через можливість стиснення радіолокаційної інформації зі збереженням її повноти та швидкодії семантичного аналізу. За попередніми модельними розрахунками вірогідність виявлення малопомітних об'єктів збільшується з 0,2 до 0,8, що рівноцінно збільшенню зони видимості РЛС в 2 рази.

Одним із подальших напрямків розробки математичних моделей представлення знань і обробки неоднорідної радіотехнічної інформації є моделі адаптації в інтелектуальних системах. Для вирішення поставлених задач, необхідне дослідження методів перетворення в алгебрі предикатних операцій та розробка бази логічних навігаційних правил адаптації контенту та адаптивного приховування посилань.

### ***Значимість та практичне застосування***

При проведенні аналізу методів виявлення малопомітних повітряних об'єктів на тлі цілеподібних завод типу «ангел-луна» відомостей щодо існуючих ефективно працюючих в реальному часі розробок не виявлено. Це пов'язано зі значним об'ємом інформації, що потребує обробки, що унеможливує їх реалізацію в реальному часі. Практична значимість запропонованих у дослідженні положень та інформаційних технологій полягає у тому, що



запропонований підхід дозволяє значно стиснути обсяги радіолокаційної інформації й за рахунок цього суттєво підвищити швидкодію.

## **Напрямок: Інформатика та кібернетика**

**1 Глибинні гібридні системи обчислювального інтелекту для аналізу потоків даних та їх швидке навчання, науковий керівник – Бодянський Євгеній Володимирович, д.т.н., проф., фактичний обсяг фінансування за 2019 рік – 1200,032 тис. грн.**

Завершено перший етап фундаментального дослідження.

### ***Отриманий науковий результат його новизна***

Об'єкт дослідження: гібридні глибинні багат шарові системи обчислювального інтелекту для опрацювання потоків даних.

Предмет дослідження: інтелектуальний аналіз потоків даних (Data Stream Mining) на основі глибинного навчання.

На першому етапі розробки, згідно з планом досліджень, отримано наступні результати:

– розроблено глибинну багат шарову з прямим поширенням інформації гібридну систему обчислювального інтелекту, що використовує в якості вузлів кожного шару нео-фаззі-нейрони;

– розроблено оптимізований за швидкістю метод навчання, що має додаткові фільтруючі властивості, що налаштовує ваги нелінійних синапсів на основі використання δ-правила та зворотного поширення похибок;

– розроблено адаптивний метод сегментації багатовимірних послідовностей даних, який дозволяє порівнювати дані довільної довжини.

За результатами досліджень опубліковано: 46 наукових праць, з них монографій і розділів у колективних монографіях – 7 (6 за кордоном), публікацій у виданнях, що входять до наукометричних баз Scopus та/або Web of Science – 21 (статті та доповіді на міжнародних конференціях).

Захищено 1 докторську та 3 кандидатських дисертації.

Запропоновані у цьому дослідженні підходи, архітектури і методи навчання знаходяться у руслі новітнього наукового напрямку “Computational Intelligence in Big Data”, що був сформований та аносований IEEE наприкінці 2014 р. на First IEEE Symp. on Computational Intelligence in Big Data – December 2014, Florida та “Deep Learning”, та пізніше у 2015 році був репрезентований вченими Y. LeCun, Y. Bengio, J. Hinton та J. Schmidhuber.

### ***Науковий рівень***

Особливістю цього дослідження є те, що предметом дослідження став новий клас систем обчислювального інтелекту - глибинних нейро-нео-фаззі-гібридних систем, які характеризуються підвищеними швидкістю навчання та апроксимуючими властивостями у порівнянні з відомим класом глибинних нейронних мереж (Deep Neural Networks).

Розроблена в рамках цього дослідження новітня багат шарова (з довільною кількістю прихованих шарів) з прямим поширенням інформації гібридна система обчислювального інтелекту замість традиційних елементарних перцептронів Розенблатта в якості вузлів використовує нео-фаззі-нейрони, кожен з яких за суттю є нейро-фаззі системою Такагі-Сугено-Канга нульового порядку, тобто має універсальні апроксимуючі властивості. При цьому кількість функцій належності в кожному нелінійному синапсі може змінюватися в процесі навчання, враховуючи при цьому змінний інтервал варіювання вхідних сигналів.

Відповідно, отримані у ході дослідження наукові результати є на рівні сучасної світової науки у сфері дослідження методів та систем обчислювального інтелекту.

Про високий рівень наукових результатів свідчить також те, що за результатами досліджень опубліковано: 46 наукових праць, з них монографій і розділів у колективних

монографіях – 7 (6 за кордоном), публікацій у виданнях, що входять до наукометричних баз Scopus та/або Web of Science – 21 (статті та доповіді на міжнародних конференціях).

Захищено 1 докторську (достроково) та 3 кандидатських дисертації (2 з них достроково).

### ***Значимість та практичне застосування***

Запропонований підхід до побудови багат шарової (з довільною кількістю прихованих шарів) з прямим поширенням інформації гібридної системи обчислювального інтелекту, дозволяє суттєво скоротити кількість шарів без втрати потрібної точності.

Розроблений метод навчання системи на основі зворотного поширення похибок дозволяє скоротити час її навчання, що надало їй переваги перед традиційними глибинними нейронними мережами, які потерпають від ефектів зникаючого та вибухаючого градієнтів та потребують значного часу для навчання.

Розроблений метод сегментації відео дозволяє порівнювати дані різної довжини, що значно зменшує вимоги до попередньої обробки вхідних відеоданих та дозволяє скоротити час необхідний для контекстного пошуку. Це має дуже важливе практичне значення, зважаючи на великі обсяги вхідної інформації, що потребує аналізу.

## **Напрямок: Електроніка, радіотехніка та телекомунікації**

**2. Концепція «донор-акцепторної взаємодії» у розробці оптичного сенсора для визначення вибухонебезпечних нітроароматичних сполук, науковий керівник – Музика Катерина Миколаївна, д.т.н., професор, фактичний обсяг фінансування за 2019 рік – 349,50 тис. грн.**

Фундаментальне дослідження, проміжний етап.

### ***Отриманий науковий результат його новизна***

У ході виконання другого етапу дослідження набув подальшого розвитку технологічний процес виробництва електродного елементу для твердофазного електрохемілюмінесцентного визначення слідових концентрацій речовин, які мають поширену  $\pi$ -систему (на прикладі 5,6,11,12-тетрафенілтетрацена). Цей процес полягає у використанні методу Ленгмюра-Блоджет для створення нанорозмірних плівок з молекулами аналіту і характеризується відсутністю необхідності використання наноматеріалів та біологічних матеріалів у сенсорному шарі для забезпечення чутливості, що дало можливість ЕХЛ визначення нерозчинних у воді поліаценів слідових концентрацій.

Набув подальшого розвитку спосіб застосування методу Ленгмюра-Блоджет щодо іммобілізації неамфіфільних сполук (на прикладі ПАВ 5,6,11,12- тетрафенілтетрацену) у нанорозмірні плівки, що полягає у використанні амфіфільних сполук у якості матриці для неамфіфільних молекул поліаценів і характеризується можливістю створення сенсорних елементів з нанорозмірними супрамолекулярними функціональними структурами.

Вперше розроблено модель технологічного процесу створення сенсорного елементу з неамфіфільними сполуками, що мають  $\pi$ -системи (на прикладі 5,6,11,12-тетрафенілтетрацену), яка містить додаткові вагомні фактори впливу на технологію виготовлення чутливих елементів сенсора, зокрема, тип амфіфільної матриці, поверхневий тиск на концентрацію ПАВ у ЛБ-плівці, час витримки підкладок у бідистилаті, кількість моношарів, тип попередньої обробки електрода.

### ***Науковий рівень***

Апробація результатів на міжнародних високорейтингових конференціях підтвердила інтерес до даної тематики наукової спільноти. Основні результати опубліковані у статтях та матеріалах конференцій, що індексуються в Scopus та Web of Science.

### ***Значимість та практичне застосування***

Значимість та практичне застосування результатів, отриманих у 2-му етапі дослідження

полягають у наступному:

- визначено вагомі фактори впливу на технологію виготовлення чутливих елементів сенсора. Це дозволяє виготовити сенсор, що матиме високу чутливість детектування сполук, які мають  $\pi$ -системи (зокрема, вибухонебезпечних нітропохідних бензинів) і може бути альтернативою дорогим пристроям, зокрема рідинним хроматографам;
- розроблений метод іммобілізації неамфіфільних речовин у амфіфільну матрицю може бути адаптованим і для іммобілізації вибухонебезпечних речовин, що мають поширені  $\pi$ -системи (зокрема, нітропохідні бензинів), які теж є неамфіфільними сполуками;
- перенесення речовини-аналіта у амфіфільну матрицю на поверхню електрода дає можливість визначити у водних розчинах водонерозчинні речовини з низкою межею виявлення.

**3. Розроблення системи комплексної обробки оптичних, інфрачервоних, акустичних і радіолокаційних сигналів для виявлення безпілотних літальних апаратів, визначення їх координат та параметрів руху, науковий керівник – Карташов Володимир Михайлович, д.т.н., проф., фактичний обсяг фінансування за 2019 рік – 1192,0 тис. грн.**

Етап 1 – Розроблення методів і моделей для створення системи комплексної обробки оптичних, інфрачервоних, акустичних і радіолокаційних сигналів, випромінюваних або відбитих БПЛА, в умовах дії пасивних і активних шумових завад для інтегрованої станції виявлення безпілотних летальних апаратів, визначення їх координат і параметрів руху.

#### ***Отриманий науковий результат його новизна***

На першому етапі виконання НДР:

- розроблені методи приймання і обробки оптичних сигналів видимого діапазону та сигналів у інфрачервоному діапазоні частот;
- розроблені нові методи та технічні рішення для створення системи комплексної обробки сигналів і зображень в оптичному та інфрачервоному діапазонах з метою виявлення БПЛА в умовах недостатньої видимості та зливання літаючого об'єкту з фоном, формування зображення і виявлення БПЛА за результатами їх аналізу;
- створені математичні моделі акустичних сигналів БПЛА, що враховують структурні, частотні і просторові особливості акустичного випромінювання літальних апаратів, а також особливості її поширення в атмосфері;
- створені математичні моделі корисних сигналів та комбінованих завад для РЛС виявлення БПЛА з програмованим та круговим оглядом.
- розроблені методи пеленгації БПЛА за результатами обробки оптичних і інфрачервоних сигналів, визначення дальності до об'єкта, визначення траєкторії переміщення рухомого об'єкту і вектора швидкості його руху за результатами траєкторних вимірювань, надані описи алгоритмів, моделей, математичного і програмного забезпечення, результати експериментальних досліджень.

Також отримані результати порівняльного аналізу потенційних можливостей сумісної просторово-часової обробки сигналів та граничних можливостей послідовних незалежних та взаємопов'язаних систем просторової та часової обробки сигналів на фоні комбінованих завад в РЛС виявлення БПЛА та запропоновані шляхи побудови систем сумісної просторово-часової обробки сигналів на фоні комбінованих завад.

Новизна отриманих наукових результатів підтверджується відсутністю конкретних публікацій у вітчизняній та закордонній літературі з питань теорії і практики сумісної просторово-часової обробки сигналів на фоні комбінованих завад у РЛС з метою виявлення БПЛА.

#### ***Науковий рівень***

Через відсутність публікації по розробленню систем комплексної обробки оптичних,

інфрачервоних, акустичних та радіолокаційних сигналів БПЛА на фоні завад неможливо порівняти отримані результати із існуючими аналогами у світовій науці. Про високий науковий рівень отриманих результатів свідчать 13 опублікованих статей, 1 заявка на патент, захищена 1 кандидатська дисертація та 6 магістерських робіт.

#### ***Значимість та практичне застосування***

Отримані результати першого етапу є частиною математичної й алгоритмічної основи а також базових технічних рішень для створення системи комплексної сумісної первинної обробки оптичних, інфрачервоних, акустичних і радіолокаційних сигналів для виявлення безпілотних літальних апаратів в умовах недостатньої видимості та зливання літаючого об'єкту з фоном та на тлі маскувальних й імітувальних завад.

Дослідний зразок такої системи може бути застосовано для вдосконалення систем контролю повітряного простору і впроваджено на провідних підприємствах України з вироблення радіолокаційної техніки ДК «Укроборонпром»: ДП «НДІ РС «Квант-Радіолокація» (м. Київ), КП «НВК «Іскра» (м. Запоріжжя), ДП «НДІ «Квант» (м. Київ).

**4. Автоматизована оптична інформаційно-вимірювальна система для полігонних випробувань керованих та некерованих ракет, артилерійських і реактивних снарядів, науковий керівник - Шостко Ігор Світославович, д-р техн. наук, проф., фактичний обсяг фінансування за 2019 рік – 791,088 тис.грн.**

Перший етап прикладного дослідження.

#### ***Отриманий науковий результат його новизна***

У ході виконання першого етапу дослідження визначена узагальнена структурна схема інформаційно-вимірювальної системи (ІВС), обґрунтовані загальні вимоги до ІВС, а також вимоги, що пред'являються до малогабаритної оптико-електронної станції траєкторних вимірювань (ОЕСТВ), яка призначена для стеження за високошвидкісними боєприпасами. Розроблено узагальнений алгоритм функціонування ІВС, принципи взаємодії ОЕСТВ при вирішенні цільових завдань ІВС.

Головну увагу при розробці ІВС приділено розробці методів підвищення метрологічних характеристик результатів траєкторних вимірювань. Показано, що для зменшення систематичних похибок оцінок параметрів траєкторій ( $X, Y, Z, V_x, V_y, V_z$ ) необхідне:

– високоточне позиціонування кожної ОЕСТВ з СКП  $\leq 0,02$  м.;

абсолютна лінійна похибка горизонтування платформи ОЕСТВ у двох площинах  $\delta x$  у  $\pm 10''$ ;

– похибки прив'язки кожної ОЕСТВ до єдиної шкали часу:  $t_s \leq 10-5$ ;

– СКП визначення оцінок параметрів траєкторій керованих та некерованих ракет, артилерійських і реактивних снарядів в глобальній системі координат (ГСК) за координатами  $X, Y, Z$   $\sigma \leq 0,3$  м; за складовими вектору швидкості  $\sigma V_x, \sigma V_y, \sigma V_z \leq 1,5$  см/с, СКП похибок супроводу: за координатами точок супроводу  $\sigma \leq 0,3$  м.

Для досягнення цієї мети в роботі проведено системний аналіз сучасних методів виявлення та супроводу ракетно-артилерійських боєприпасів на полігонних випробуваннях, розроблено нові математичні моделі виявлення, захоплення та супроводу ракетно-артилерійських боєприпасів на полігонних випробуваннях, розроблено:

– нові методи високоточного оцінювання параметрів траєкторій керованих та некерованих ракет, артилерійських і реактивних снарядів в глобальній, сферичній та декартовій. системах координат;

– нові методи виявлення, захоплення та високоточного супроводу ракетно-артилерійських боєприпасів, з урахуванням особливостей траєкторії їх руху;

– комплекс математичних моделей обертального руху слідкуючої поворотної

платформи, що забезпечують процес стеження за різними типами ракетно-артилерійських боєприпасів;

- алгоритм управління ОЕСТВ, що забезпечує процес стеження за різними типами ракетно-артилерійських боєприпасів;

- обґрунтовано оптимальне (з точки зору якості одержуваних зображень) розташування ОЕСТВ щодо ракетно-артилерійської системи;

- виконана програмна реалізація нових алгоритмів захоплення та високоточного супроводу об'єктів випробувань (керованих та некерованих авіаційних засобів ураження, зенітних керованих ракет, артилерійських і реактивних снарядів).

### ***Науковий рівень***

Для вирішення задач зовнішнього траєкторного вимірювання проведено порівняльний аналіз характеристик сучасних автоматизованих оптико-електронних та телевізійних вимірювальних комплексів провідних світових розробників (Туреччина, Австралія, Велика Британія, Франція, Норвегія; Чехія).

Системний аналіз параметрів систем вищезазначених країн дозволив зробити наступні висновки:

1. Багато систем траєкторних вимірювань не мають апаратної частини для траєкторних вимірювань руху об'єктів в реальному часі;

2. Всі існуючі аналоги оптико-електронних систем мають у своєму складі тепловізори, камери денного бачення та далекоміри, їх дистанції вимірювання часто не переважають більше 10 км, при цьому точність вимірювання знаходиться в діапазоні 5 м;

3. Опорно-поворотні системи не мають у своєму складі гіростабілізації;

4. Точність опорно-поворотних систем не перевищує 10 кутових секунд;

5. Багатьом існуючим аналогам оптико-електронних систем притаманна відсутність географічної прив'язки.

Аналіз технічних характеристик автоматизованої оптичної ІВС на базі ОЕСТВ показує, що вона перевершує всі публічно відомі зарубіжні аналоги, що свідчить про високий науковий рівень отриманих результатів. Науковий рівень також підтверджується 5 публікаціями у журналах, що входять до наукометричних баз WoS та Scopus, 6 доповідей на конференціях (Scopus) та 3 публікації у фахових виданнях України. Одна монографія та одна кандидатська дисертація за тематикою НДР.

### ***Значимість та практичне застосування***

Отримані наукові результати мають високу значимість як з точки зору подальшої практичної реалізації системи траєкторних вимірювань для полігонних випробувань, так і з точки зору розвитку теоретичних основ, методів і алгоритмів високоточного супроводу і траєкторних вимірювань повітряних об'єктів які переміщуються з високою швидкістю.

**5. Розроблення методів і засобів обробки ансамблю сигналів і розпізнавання радіовипромінюючих джерел та об'єктів в умовах апріорної невизначеності, науковий керівник – Безрук Валерій Михайлович, д.т.н., проф., фактичний обсяг фінансування за 2019 рік – 997,60 тис. грн.**

Перший етап прикладного дослідження. Створення науково-методичного апарату обробки ансамблю різнотипних сигналів і комплексного розпізнавання радіовипромінюючих об'єктів в умовах апріорної невизначеності.

### ***Отриманий науковий результат його новизна***

За результатами інформаційно-аналітичного огляду оновлені та доповнені дані про радіоелектронні засоби (РЕЗ) та режими їх роботи для 24 типів радіовипромінюючих об'єктів (РВО).

Обґрунтовано подолання підвищеної структурно-параметричної апріорної невизначеності відносно:

- сигналів РЕЗ невідомого виду і параметрів на основі двохкоординатної частотно-часової дискретизації та адаптивного байєсівського підходу виявлення-оцінювання елементів сигналу і фільтрації його функції модуляції;

- виду та кількості параметрів вектору сигнальних ознак на основі розробленої методики оцінки їх інформативності;

- розміру і змісту класів РВО в методах виявлення і розпізнавання випадкових сигналів при наявності класу невідомих сигналів.

Обґрунтовано вибір адекватної, для існуючої структурно-параметричної апріорної невизначеності, універсальної двохкоординатної моделі опису детермінованих та випадкових сигналів та імовірнісних моделей (авторегресійних та сумішей гаусових розподілів) для випадкових сигналів.

Запропоновані методи і отримані вирішальні правила селекції і розпізнавання заданих випадкових сигналів на фонів класу невідомих сигналів для випадків опису сигналів різними імовірнісними моделями у вигляді авторегресійних процесів і суміші розподілів.

Розроблено метод і адаптивний багатофункціональний алгоритм обробки ансамблю різнотипних сигналів в умовах апріорної невизначеності їх виду і параметрів, На відміну від відомих він реалізує моноімпульсне сумісне виявлення-вимірювання-розпізнавання сигналів при поступовому подоланні апріорної невизначеності:

- за неінформативними параметрами на основі адаптивного байєсівського підходу;

- за частотно-часовим положенням сигналу за рахунок виявлення-оцінювання його елементів;

- за видом сигналу шляхом фільтрації функцій модуляції;

- за інформативними параметрами методом адаптивної обробки елементів сигналу.

Створено детальні інформаційно-логічні моделі знань для окремих типів РВО і алгоритми логічного висновку, які при розпізнаванні стану РВО, на відміну від відомих, враховують апріорну невизначеність суб'єктивного і об'єктивного характеру, закладену в моделі неповноту та нечіткість вхідної інформації.

В цілому, у ході виконання 1 етапу проекту на основі методів статистичної радіотехніки і штучного інтелекту розроблено науково-методичний апарат для обробки ансамблю різнотипних сигналів і комплексного розпізнавання радіовипромінюючих об'єктів в умовах апріорної невизначеності.

### ***Науковий рівень***

При виконанні етапу, високий рівень дослідження забезпечується використанням запропонованого у попередньому проекті (д/б НДР 320) системно-методологічного підходу, який об'єднує інформаційно-аналітичний підхід щодо збирання, аналізу та узагальнення інформації про об'єкти радіомоніторингу, їх радіовипромінювання та сигнали, статистичний підхід і частотно-часовий підхід до синтезу алгоритмів обробки ансамблю сигналів невідомого виду і параметрів, підходи теорії розпізнавання образів до розробки і моделювання алгоритмів розпізнавання, формально-логічний підхід до розробки інформаційно-логічних моделей знань про РВО та експертної системи розпізнавання їх станів (ЄСРС) і системний підхід до побудови моделі імітаційно-математичного моделювання систем багаторівневого комплексного розпізнавання РЕЗ і РВО.

Відмінними рисами і перевагами отриманих результатів досліджень над вітчизняними і зарубіжними аналогами є те, що вони будуть отримані на основі імітаційно-математичного

моделювання процесів обробки ансамблю різнотипних сигналів і багаторівневого комплексного розпізнавання РВП-РЕЗ-РВО з урахуванням різного виду і різного ступеню апріорної невизначеності, яке дозволить реалізувати багатократне повторювання процесу розпізнавання сигналів, сигнатур РВП, РЕЗ і РВО (автономно або комплексно в різних сполученнях) для кожного із класів (типів) з фіксацією прийнятих рішень. Отримана в результаті випробовувань множина імовірних даних вирішення задач дасть можливість за допомогою статистичної та /або інтелектуальної моделей оцінити їх ефективність і оптимізувати процес розпізнавання в умовах апріорної невизначеності, близької до реально існуючої. Експертна складова та інструментальне середовище (програмна оболонка) створення інтелектуальної системи прийняття рішень (СППР) з визначення станів РВО і виду загроз заснована на логічному численні предикатів першого порядку, який має більш ефективний механізм логічного виведення і пошуку рішень, ніж метод резолюцій.

За результатами першого етапу опубліковано 2 статті у журналах, які входять до наукометричних баз Scopus і WoS, 8 статей у фахових виданнях України і 14 публікацій у матеріалах конференцій, захищено одну кандидатську дисертацію, що також свідчить про високий науковий рівень досліджень.

#### ***Значимість та практичне застосування***

Висока значимість отриманих наукових результати першого етапу полягає у тому, що запропоновані методи, моделі, алгоритми і їх програмна реалізація, складають методологічно та системно узгоджений математичний апарат і програмний інструментарій для вирішення кінцевих задач дослідження.

**6. Шифр «Вега-VM», науковий керівник – Жаліло Олександр Олександрович, к.т.н., с.н.с., фактичний обсяг фінансування за 2019 рік – 939,92 тис. грн.**

Розробка згідно з технічним завданням.

**7. Шифр "Промінь", науковий керівник – Семенець Валерій Васильович, д.т.н., проф., фактичний обсяг фінансування за 2019 рік – 897,750 тис. грн.**

Розробка згідно з технічним завданням.

**Напрямок: Нові технології розвитку: транспортної системи, у тому числі розумний, зелений та інтегрований транспорт; ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування; озброєння та військової техніки; дослідження з найбільш важливих проблем ядерної фізики, радіофізики та астрономії.**

**8. Розроблення технології регенерації (реставрації) потужних електровакуумних приладів НВЧ, а також вузлів і елементів їх конструкцій для вторинного використання, науковий керівник – к.ф.-м.н., н.с. Екезлі А.І., фактичний обсяг фінансування за 2019 рік – 740,279 тис. грн.**

Етап 3. Розроблення документації технологічного процесу регенерації (реставрації) потужних ЕВП НВЧ по типу та видам

#### ***Отриманий науковий результат його новизна***

У ході виконання етапу 3 відповідно до плану, виготовлені макети окремих вузлів, деталей та елементів потужного магнетрону. Деякі з елементів магнетрону запропоновано

використовувати повторно (наприклад, радіатори охолодження, анодний блок, вивід енергії). Виконана модернізація катодного вузла та проведена оцінка емісійних властивостей катоду.

Проведені експериментальні та теоретичні (моделювання) дослідження параметрів катоду (емісійні властивості, вольт-амперні характеристики тощо).

Запропоновано, у майбутньому, замінити скло, яке використовується в елементах (підводах) живлення, на металокераміку, що призведе до покращення характеристик приладу.

Новизна полягає у модернізації катодного вузла та виготовленні катоду за технологією пресованих металооксидних катодів, в яких керно виготовляється з нікелю або вольфраму, губка виготовляється з того ж самого матеріалу і заповнюється окислом рідкоземельного металу, що призвело до збільшення строку служби приладу в цілому і покращенню вихідних параметрів магнетрону.

### ***Науковий рівень***

Науковий рівень підтверджується 4-ма публікаціями доповідей у науково-технічних конференціях (3 – міжнародних), та публікаціями 5 статей у наукових журналах.

### ***Значимість та практичне застосування***

Значимість отриманих результатів, полягає у тому що в результаті впровадження запропонованої технології та передачі відповідної конструкторсько-технологічної документації, українські підприємства, зокрема, підприємства оборонного комплексу України, зможуть самостійно відновлювати працездатність потужних електровакуумних приладів НВЧ, вузлів і елементів їх конструкцій для вторинного використання. Адже існує ряд військових електротехнічних засобів, які використовують потужні магнетрони як основний генеруючий елемент, без якого така техніка не працює.

Практично-методичним напрацюванням в ході проведення роботи є розроблення конструкторсько-технологічної документації на деякі магнетрони (МІ-29, МІ-285), а, також, методики відновлення потужних надвисокочастотних магнетронів.

### ***Наукові підрозділи, їх напрями діяльності, робота з замовниками***

В університеті у 2019 р. продовжували функціонувати 8 науково-дослідних та науково-навчальних центрів та 38 науково-дослідних лабораторій. Основними серед напрямів діяльності наукових підрозділів є електроніка, радіотехніка та телекомунікації, інформатика та кібернетика.

При кафедрі фізичних основ електронної техніки працює науково-дослідна лабораторія «Фотоніка». Науковий напрям - електроніка, радіотехніка та телекомунікації.

У 2019 р. фахівцями НДІ виконувався науково-технічний договір "Розроблення конструкторської документації лазерної системи ресстрації оптики"(науковий керівник проф. Мачехін Ю.П.). Винайдені науковцями пристрої були представлені на виставці "Зброя та безпека – 2019". Під науковим керівництвом проф. Семенця В.В. продовжується виконання держбюджетної науково-дослідної розробки «Промінь». За результатами робіт опубліковано 12 наукових робіт, із яких більша частина у виданнях та конференціях, що входять до наукометричної бази даних Scopus. Науковці приймали участь у міжнародних конференціях «Functional Basis of Nanoelectronics» та «CAOL». Захищено докторську дисертацію. На базі лабораторії постійно діють студентські наукові гуртки за напрямками: «Оптоінформатика», керівник — Курський Ю.С.; «Лазерна інженерія» керівник — Гнатенко О.С. До участі у всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт студентами наукових гуртків подано 3 наукових роботи.

Науково-навчальний центр нових телекомунікаційних технологій ім. В.В.Поповського існує при кафедрі інфокомукаційної інженерії і складається з 6-ти лабораторій. Напрямок діяльності центру – електроніка, радіотехніка та телекомунікації. Проведення науково-дослідних робіт ведеться в галузі нових телекомунікаційних технологій.



Спільно з кафедрою прикладної математики проф. Шостко І.С. проводить наукові дослідження «Розробка підсистеми управління, синхронізації, видачі і корекції цілевказівок оптичної інформаційно-вимірювальної системи для полігонних випробувань» та «Розроблення технології виявлення та високоточного супроводу повітряних об'єктів».

Наукова робота «Методи та технології забезпечення відмовостійкості телекомунікаційних систем при управлінні трафіком» (науковий керівник проф. Лемешко О.В.) бере участь у конкурсі, що проводить Міністерство освіти і науки України.

Подані заявки до участі в програмі Жан Моне в рамках Програми ЄС Еразмус+; до участі в проекті з міжнародної академічної мобільності Еразмус+ щодо обміну між викладачами та студентами між Харківським національним університетом радіоелектроніки та Технологічним університетом Блекінге (м. Карлскруна, Королівство Швеція); заявка Erasmus+ (Греція): “Research-Innovative Skills for Master and Phd students of Telecommunication specialty” (RISTES); заявка до участі в проекті HIRP 2019 Proposal.

Працівники брали участь у буткампі інструкторів академій Cisco, присвячений 20-річчю програми Мережної академії Cisco в Україні.

Науково-технічна розробка «Універсальна багатоінтерфейсна радіостанція тропосферного та радіорелейного зв'язку тактичної ланки управління» представлена до участі у конкурсі науково-технічних розробок за державним замовленням та XVI Міжнародній спеціалізованій виставці «Зброя та безпека – 2019» у м. Києві. Науковці лабораторії спеціальних досліджень центру брали участь у проектах COST (отримання грантів для короткострокових наукових місій Short Term Scientific Missions (STSM), участь в тренінгах, конференціях, семінарах тощо), на отримання грантів для стажування, наукового співробітництва та реалізації проектів, викладацької роботи та навчання, участі у конференціях та семінарах (IEEE, ACM) та від Міжнародного Вишеградського Фонду.

При кафедрі біомедичної інженерії функціонує ПНДЛ медично-екологічних мікропроцесорних систем, напрям наукової діяльності якої - електроніка, радіотехніка та телекомунікації. Силами цієї лабораторії виконувались науково-технічна робота „Теоретичні основи і концепція діагностики та лікування станів, що погрожують життєдіяльності людини” (науковий керівник проф. Бих А.І.) та в рамках договору між Україною та Китаєм НДР „3D-Model – Впровадження швидкого прототипування для моделювання верхніх дихальних шляхів в нормі та при типових патологіях ” (науковий керівник проф. Аврунін О.Г.). Роботи виконувались на сучасному обладнанні лабораторії з урахуванням технологій швидкого прототипування на основі 3D-друку верхніх дихальних шляхів. Науковою основою останньої є застосування теорії межового шару для виявлення негативного впливу повітряного потоку на стінки носової порожнини при різних режимах дихання. Розробка і дослідження натурних моделей верхніх дихальних шляхів дозволить доповнити і розширити базу знань щодо аеродинамічних характеристик носової порожнини.

Також при цій кафедрі існує науково-дослідна та навчальна лабораторія «Аналітичної оптохемотроніки» ім. М.М.Рожицького. Напрямок наукової діяльності - електроніка, радіотехніка та телекомунікації, охорона навколишнього природного середовища. Науковці виконують НДР " Концепція „донор-акцепторної взаємодії” у розробці оптичного сенсора для визначення вибухонебезпечних нітроароматичних сполук" (науковий керівник проф. Музика К.М.) та в рамках договору між Україною і Китаєм НДР „Нові технології електрохемілюмінесцентного виявлення біологічно важливих флуоресцентних амінів без використання міток” ( науковий керівник с.н.с. Жолудов Ю.Т.).

Колектив лабораторії має багаторічний досвід вивчення та застосування явища електрогенерованої хемілюмінесценції, розробки нових електрохемілюмінесцентних сенсорних систем для задач аналізу в біомедичній та екологічній галузях, розробки електронного обладнання та експериментальних установок для проведення таких досліджень, застосування наноматеріалів для електроаналізу. При лабораторії діє студентський науковий гурток «Фундаментальні та прикладні аспекти електрохемілюмінесцентного аналізу». Силами

лабораторії подана заявка на патент, опубліковано 5 статей у журналах, що входять до наукометричних баз даних Scopus / Web of Science , 3 статті у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України, 4 публікації в матеріалах конференцій, що входять до наукометричних баз Scopus / Web of Science.

### **Інформація про науково-дослідні роботи, що виконуються на кафедрах у межах робочого часу викладачів**

В межах кафедральної тематики викладачами проводились різноманітні наукові дослідження та розробки відповідно до індивідуальних планів та напрямів їх наукової діяльності. Зокрема на кафедрі ІІ (Програмна інженерія) були розроблені:

- комп'ютерна програма "Веб-система для спостереження та оцінки стану навколишнього середовища" Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 88992 від 28.05.2019. Н.В. Голян, О.П. Безсмертний.

- комп'ютерна система розпізнавання і відстеження заздалегідь позначених образів у відео / Г.Ю. Терещенко, І.В. Груздо, І.В. Кириченко // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 84443. – Рішення від 15.01.2019. Авторське право і суміжні права. Офіційний бюлетень №52-2019 с. 173;

- комп'ютерна система розпізнавання пішоходів / Г.Ю. Терещенко, І.В. Кириченко, І.В. Груздо // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 90722. – Рішення від 15.07.2019. Авторське право і суміжні права. Офіційний бюлетень №54-2019 с. 202;

- комп'ютерна «Веб-система обміну розумними пристроями» «SmartShare» С.М. Жестовський, І.В. Груздо // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 89442. – Рішення від 6.06.2019. Авторське право і суміжні права. Офіційний бюлетень №53-2019 с. 876.;

- програма розпізнавання і виявлення клітин крові / Г.Ю. Терещенко, І.В. Кириченко, І.В. Груздо // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 90722. – Рішення від 15.07.2019. Авторське право і суміжні права. Офіційний бюлетень №54-2019 с. 203.;

- комп'ютерна програма "Програмної системи для моніторингу та менеджменту міських заходів" Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 91327 від 06.08.2019. Н.В. Голян, О.Є. Сіренко.

- андроїд-додаток для визначення сил, засобів і часу на аерозольне маскування військ», впроваджено у Військовому інституті танкових військ НТУ «ХПІ».

На кафедрі БІТ (Безпеки інформаційних технологій) було розроблено програму та методику експертизи КСЗІ ІТС iPlatform АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «УКРСИББАНК, надано до затвердження протокол експертизи, експертний висновок на КСЗІ ІТС iPlatform АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «УКРСИББАНК у Державну службу спеціального зв'язку та захисту України.

На кафедрі КІТАМ (Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки) у межах робочого часу викладачів виконувались розроблено конструкції та виготовлено діючі прототипи трьох моделей 3D принтеру з різними технічними рішеннями.

Кафедрою МСТ (Медіасистем та технологій) у межах робочого часу викладачів виконано дослідження та розробка системи відеоконтролю якості пластикових виробів спільно з дослідним заводом ХНУРЕ.

Науковцями кафедри МЕЕПІ (Мікроелектронних електронних приладів та пристроїв) продовжуються дослідження, пов'язані з вивченням фізичних основ функціонування, розробкою та проблемами вимірювання параметрів мікро- та наноелектронних приладів, пристроїв і структур. Результати досліджень наведені в публікаціях.

В рамках міжкафедрального дослідження в якому приймають участь ПНДЛ АСУ, кафедра біомедичної інженерії, кафедра штучного інтелекту, кафедра медіа систем і

технологій, кафедра інформатики, кафедра системотехніки, науково-педагогічними працівниками в межах другої половини дня продовжено дослідження запропонованого нового підходу до оцінки кількості інформації про медичні ознаки, заснованого на оптимізованій комбінації вибору ознак та методів вилучення ознак. Досліджена гібридна система вибору/вилучення ознак на основі взаємодії Neural Network-Physician, яка здатна виконувати вибір/вилучення ознак з будь-якою кількістю факторів в online режимі, використовуючи взаємодію Neural Network-Physician. Експериментально підтверджена ефективність запропонованих підходів у галузі Medical Data Mining що дозволяє лікарям отримати найбільш інформативні ознаки, не втрачаючи лінгвістичної інтерпретації (доц. Перова І.Г.). Досліджується архітектура багатопарової ядерної нейро-фаззі кластерувальної системи і алгоритм її самонавчання, що призначені для відновлення кластерів, що перетинаються, в ситуаціях, коли потоки спостережень подаються в online режимі. Розроблена система, заснована на самоорганізованій мапі Кохонена, дозволяє відновлювати лінійно нероздільні класи даних, обробляє інформацію в online режимі, не страждає від «прокляття розмірності» і легко реалізується (ст. викл. Дейнеко А.О.). Досліджується проблема формування навчальних вибірок даних для систем автоматичного розпізнавання людських емоцій на основі багатовимірною розширеного неофаззі нейрона (доц. Кулішова Н.Є.). Розглянуто аспекти вибору вимірності і композиції вектора атрибутів, їх вплив на швидкість навчання системи. Основна мета дослідження полягає в розробці підходу до опису виразу обличчя людини з використанням фіксованого набору геометричних ознак, який можна отримати шляхом обробки кадрів відео послідовностей (доц. Кобилін О.А.). Розроблено біонічну модель сегментації клітин на відеозображенні, що підвищує якість медичної діагностики складних медико-біологічних об'єктів. (ас. Жирнова П.Є.).

У межах робочого часу викладачів кафедра МІРЕС приймала участь розробленні та дослідженні нових математичних моделей і методів обробки акустичних сигналів БПЛА для їх виявлення, розпізнавання та пеленгації на фоні завад. На основі системно виявлених структури і властивостей акустичних сигналів БПЛА запропонована сукупність алгоритмів з їх виявлення, розпізнавання та пеленгації на фоні завад.

Викладачами кафедри АПВТ в межах робочого часу проводяться дослідження за тематикою „Квантовий комп'ютинг для інтелектуального аналізу кіберфізичного соціального простору”. Запропоновано і досліджуються комп'ютингові структури кіберфізичних сервісів, з інтерактивною online взаємодією між підсистемами цифрового моніторингу і хмарного управління соціальними групами.

В межах робочого часу в рамках проблемної групи «Інтелектуальний аналіз даних» під керівництвом проф. Смелякова К.С. на кафедрі ЕОМ продовжуються дослідження у напрямках аналізу великих даних й обробки зображень, інтелектуального аналізу даних (Data Science, Data Mining).

Кафедра економічної кібернетики (проф. Костін Ю.Д.) розробляє методичні матеріали по удосконаленню організації робіт на підприємствах енергетики України, які вже впроваджені на деяких підприємства.

### Лазерний технологічний комплекс серії DLM (розробка Дослідного заводу)



Виготовлення лазерного технологічного комплексу на дослідному заводі ХНУРЕ за замовленням фірми "Pelliconi" (США)

15

**Комерціалізація наукових розробок - вихід на світовий ринок**  
Лазерні установки серії DLM, розроблені Дослідним заводом ХНУРЕ і доведені до рівня готової продукції, знайшли свій попит на світовому ринку

**Призначення:** Маркування на поверхні пластикових виробів текстової та графічної інформації (малюнки, текст, штрихкод, QR-код, промокод)



Декорування пластикових виробів, маркування з метою захисту від підробок

Наразі укладено і виконується два нових контракти на виготовлення і постачання лазерних установок DLM для компанії "Pelliconi Florida" (США)

Орієнтовна вартість робіт дослідного заводу - 5,7млн. грн.

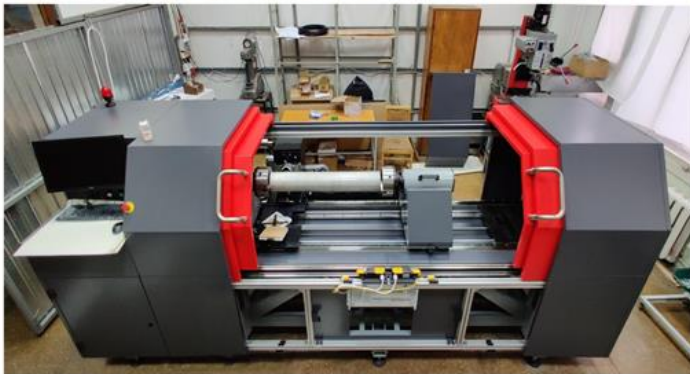
*Впровадження установки DLM-DC PRO-N на підприємстві "Alucaps" Мексика*

Поставлено обладнання до країн Прибалтики, Мексики, Казахстану, Чехії, Швейцарії, Білорусі.

14

### Лазерний технологічний комплекс для гравірування з високою роздільною здатністю ротаційних кліше

Комплекс виготовлений Дослідним заводом та науковцями ХНУРЕ на замовлення фірми ТОВ "Ю-ПЛАСТ БЕЛ" (республіка Білорусь)



13

## Інноваційні розробки, які впроваджено у 2019 році

№	Назва та автор(и) розробки	Важливі показники, які характеризують рівень отриманого наукового результату; переваги над аналогами; економічний, соціальний ефект	Місце впровадження (назва організації, підпорядкованість, юридична адреса)	Дата акту впровадження	Практичні результати, які отримано ЗВО / від впровадження
1	2	3	4	5	6
1.	Назва розробки: «Науково-методичний апарат оптимізації та математичного моделювання мереж зв'язку». Опублікована монографія “Optimization and mathematical modeling of communication networks” Калюжний М.М., Задонський О.І., Колісник В. І., Ковшар В.О.	Розроблений науково-методичний апарат впроваджено у навчальний процес та у науково-дослідний процес аспірантів та магістрів Харбінського інженерного університету.	Харбінський інженерний університет, м. Харбін, Китайська народна республіка	Акт впровадження №18 – 3 від 2019р	Налагоджено подальшу співпрацю
2.	«Розроблення технології виявлення та високоточного супроводу повітряних об'єктів» (ДЗ/60-2018) Семенець В.В.	Запропонована технологія забезпечує високу спроможність виявлення та точність визначення параметрів траєкторій високодинамічних літальних апаратів. Застосування цієї технології у системах протиповітряної оборони суттєво підвищить надійність та ефективність контролю повітряного простору, зміцнить обороноздатність та національну безпеку України.	МОНУ	Акт №3 здачі-приймання НТР від грудня 2019р.	Обсяг отриманих коштів 1200,0 тис. грн.
3.	Розробка прототипу системи вимірювання імпульсних	Створений прототип системи вимірювання використовується як необхідний компонент при виконанні	НДК „Прискорювач” ННЦ ХФТІ	Акт №2 від 31.10.19 та Акт №3 від 09.12.19	Обсяг отриманих коштів 70,0 тис. грн.

	сигналів лінійного резонансного прискорювача електро-нів. (Дог. №19-08-19) Невлюдов І.Ш.	проекту Замовника « Розробка лінійних прискорювачів електронів для вирішення завдань ядерної енергетики і радіаційних технологій»			Налагодже но подальшу співпрацю
4.	Розроблення конструкторської документації лазерної системи реєстрації оптики. (ДЗ/38-2018) Мачехін Ю.П.	Створення та впровадження системи у військових підрозділах та підрозділах охорони важливих об'єктів, сприятиме своєчасному виявленню міс-цезнаходження несанкціонованих технічних засобів, які мають оптичні елементи спостереження чи прицілювання.	МОНУ	Акт №3 від грудня 2019р.	Обсяг отриманих коштів 625,0 тис. грн.
5.	Розроблення конструкторської документації на дослідну установку з виробництва біопалива при утилізації біогенних відходів (ДЗ/40-2018 від 05.10.2018) Дохов О.І.	Запропонована технологія реалізує вдосконалений спосіб отримання альтернативного біопалива за рахунок нових конструкторських рішень, а саме – застосування додаткового пристрою збудження магнітоакустичного резонансу та оптимізації режимів функціонування установки.	МОНУ	Акт №3 від грудня 2019р.	Обсяг отриманих коштів 1000,0 тис.грн.
6.	Нові технології електрохемілюмінесцентного виявлення біологічно важливих флуоресцентних амінів без використання міток (М/109/2019 від 25.07.2019) Жолудов Ю.Т.	Результати проведених досліджень викладені у заключному науковому звіті «Нові технології електрохемілюмінесцентного виявлення біологічно важливих флуоресцентних амінів без використання міток»	МОНУ (Джерело фінансування: КЕКВ 2281 за бюджетною програмою «Виконання міжнародних наукових та науково-технічних програм і проектів»)	Акт №2 від 25.07.2019	Обсяг отриманих коштів 140,0 тис. грн. Налагодже но подальшу співпрацю.
7.	3D-Model – впровадження швидкого прототипування для моделювання верхніх дихальних	Розроблено метод сегментації верхніх дихальних шляхів за томографічними даними, підготовлена 3D модель для швидкого прототипування,	МОНУ	Акт №1 від 2019р.	Обсяг отриманих коштів 109,0 тис. грн. Налагодже

	<p>шляхів в нормі та при типових патологіях (М/189-2019 Від 28.10.2019) Аврунін О.Г.</p>	<p>виконано процедуру уточнення впливу аеродинамічних характеристик верхніх дихальних шляхів на показники дихання та розроблено структурну схему випробувального стенду для їх вимірювання.</p>			<p>но подальшу співпрацю.</p>
--	--	---	--	--	-------------------------------

**Впровадження швидкого прототипування для моделювання верхніх дихальних шляхів в нормі та при типових патологіях**

Науково-дослідний проект М108/2019 в рамках Україно-німецького співробітництва.  
Науковий керівник професор Аврунін О.Г.

Розробка: аеродинамічний стенд для тестування натурних моделей верхніх дихальних шляхів, що отримані за даними комп'ютерної томографії, в нормі та при типових патологіях.

**Технологія обробки ансамблю сигналів і розпізнавання радіовипромінюючих джерел та об'єктів в умовах апріорної невизначеності № ДР 0119U 001406 Науковий керівник к.т.н. Калюжний М.М.**

Технологія передбачає:  
Розпізнавання повітряних об'єктів та ідентифікацію їх типів на основі унікальних методів обробки ансамблю сигналів від радіоелектронних засобів з подоланням апріорної невизначеності.  
На основі інтелектуального аналізу, із застосуванням методів штучного інтелекту, поведінки поодиноких або угруповань радіовипромінюючих об'єктів, визначення очікуваних сценаріїв їх подальших дій та рівнів загроз.

Ілюстрація процесу моделювання сценарію поведінки повітряних об'єктів

### Заклучна частина

Для налагодження більш ефективного впровадження наукової та інноваційної діяльності пропонується:

1. Передбачити фінансові ресурси на оплату заробітної плати персоналу, який забезпечує технічне обслуговування Центру колективного користування науковим обладнанням (ЦККНО), виходячи з того, що всі ЦККНО створені відповідними наказами МОН України, а також з того, що МОНУ фінансує придбання обладнання для ЦККНО і контролює правильність його використання.

2. Надати цільову фінансову підтримку щодо створення інноваційних підрозділів у штаті університету з метою інтенсифікації процесів комерціалізації наукових досягнень та науково-технічних розробок.

3. Для спрощення пошуку інвесторів і замовників науково-технічної продукції створити постійні інформаційно-консультаційні майданчики, або робочі групи, куди регулярно запрошувати потенційних замовників та потенційних виконавців для обговорення існуючих потреб і можливостей їх вирішення силами науковців ХНУРЕ.

4. Збільшити об'єми фінансування об'єкту, що є національним надбанням, тобто за своєю суттю є унікальним з точки зору технічних можливостей. Надавати не тільки фінансову мінімальну підтримку його існування, але й на технічний розвиток та можливість залучення до майбутніх проектів, у тому числі європейських.

Науковий керівник відділу  
бенчмаркінгу та веб-менеджменту



Л.Е. Чала

Виконавець



Г.Г. Белянінова