

III МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**"ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА  
КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ"**

*INFOSEC & COMPTech*

м. Кропивницький, 19-20 квітня 2018 року



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

III МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**"ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА  
КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ"**

*INFOSEC & COMPTech*

19-20 квітня 2018 року

м. Кропивницький

УДК 004

Інформаційна безпека та комп'ютерні технології: Збірник тез доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції, 19-20 квітня 2018 року, м. Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 336 с.

Збірник містить тези доповідей за матеріалами III Міжнародної науково-практичної конференції “Інформаційна безпека та комп'ютерні технології”, що відбулась 19-20 квітня 2018 року на базі кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення Центральноукраїнського національного технічного університету.

### ***ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ***

**Голова – Левченко О.М.**, д.е.н., професор, проректор з наукової роботи Центральноукраїнського національного технічного університету.

#### ***Заступники голови:***

**Смірнов О.А.**, д.т.н., професор, завідувач кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення Центральноукраїнського національного технічного університету;

**Мелешко Є.В.**, к.т.н., доцент, доцент кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення Центральноукраїнського національного технічного університету.

#### ***Члени оргкомітету:***

Карпінський М.П., д.т.н., професор (м. Бельсько-Бяла, Польща).

Сейлова Н.А., к.т.н., доцент (м. Алмати, Казахстан).

Охрименко С.А., д.е.н., професор (м. Кишинів, Республіка Молдова).

Корченко О.Г., д.т.н., професор (Національний авіаційний університет, м. Київ).

Бурячок В.Л., д.т.н., професор, с.н.с. (Київський Університет імені Бориса Грінченка, м. Київ).

Лахно В.А., д.т.н., професор (Європейський університет, м. Київ).

Кузнецов О.О., д.т.н., професор (Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків).

Семенов С.Г., д.т.н., доцент, с.н.с. (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків).

Павленко М.А., д.т.н., доцент (Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків).

Рудницький В.М., д.т.н., професор (Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси).

Стасєв Ю.В., д.т.н., професор (Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків)

Кавун С.В., д.е.н., к.т.н., професор (ХННІ ДВНЗ «Університет банківської

справи», м. Харків).

Сидоренко В.В., д.т.н., професор (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Гнатюк С.О., д.т.н., доцент (Національний авіаційний університет, м. Київ).

Ковтун В.Ю., к.т.н., доцент (Компанія "Сайфер", м. Київ).

Одарченко Р.С., к.т.н., доцент (Національний авіаційний університет, м. Київ).

Дрейс Ю.О. к.т.н., доцент (Національний авіаційний університет, м. Київ).

Минайленко Р.М., к.т.н., доцент (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Петренюк В.І., к.ф.-м.н., доцент (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Якименко М.С., к.ф.-м.н., доцент (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Дресєв О.М., к.т.н., доцент (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Лисенко І.А., к.т.н., ст. викладач (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Буравченко К.О., к.т.н., викладач (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Бісюк В.А., викладач (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Резніченко В.А., викладач (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Савеленко О.К., викладач (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Константинова Л.В., викладач (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Коноплицька-Слободенюк О.К., викладач (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Дресєва Г.М., викладач (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Хох В.Д., аспірант (ЦНТУ, м. Кропивницький).

Шингалов Д.В., аспірант (ЦНТУ, м. Кропивницький).

#### ***Редакційна колегія:***

**Смірнов О.А.**, д.т.н., професор (відповідальний редактор);

**Мелешко Є.В.**, к.т.н., доцент (відповідальний секретар);

**Якименко М.С.**, к.ф.-м.н., доцент.

#### ***Адреса редакційної колегії:***

25030, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8,

Центральноукраїнський національний технічний університет,

тел.: (0522)390-449.

*Відповідальна за випуск:* Мелешко Є.В.

Матеріали збірника публікуються в авторській редакції. Відповідальність за зміст несуть автори.

© Колектив авторів, 2018

© Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення ЦНТУ, 2018

# ЗМІСТ

## *Секція 1.*

### *Інформаційна безпека держави, суспільства та особистості*

<b>Bilodid I.V., Evseev S.P.</b> Investigation of the properties of hybrid crypt-code constructions .....	11
<b>Borisov T.T.</b> Technical methods for enhancing hotel information systems security .....	13
<b>Chumachenko K. I., Chumachenko D. I.</b> Applying agent-based technologies to malicious software simulation.....	18
<b>Gnatyuk S., Zhmurko T., Kinzeryavyu V., Yubuzova K.</b> Security intruder model in quantum cryptography systems .....	19
<b>Pashinskikh V.V.</b> Meltdown and Spectre vulnerabilities.....	22
<b>Rusyn V., Pribylova L., Dimitriu D., Guzan M.</b> Security information system based on chaotic system .....	24
<b>Ахметов Б.С., Лажно В.А., Картбаев Т.С., Досжанова А.А.</b> Секторальные интеллектуализированные экспертные системы поддержки решений по кибербезопасности .....	26
<b>Берладін В.К.</b> Безпека інформації у хмарних сховищах .....	32
<b>Биличенко Д.Г., Витюк К.Ю.</b> Применение блокчейн технологии в механизмах аутентификации.....	35
<b>Богданова В.А.</b> Особенности процесса преподавания дисциплины «Защита компьютерной информации» студентам экономического профиля подготовки.....	36
<b>Бучик С.С., Нетребко Р.В.</b> Формалізація методу групового аналізу експертних оцінок при визначенні рівня захищеності інформаційно-телекомунікаційної системи від несанкціонованого доступу.....	40
<b>Висоцький С.В., Висоцька І.П.</b> Забезпечення захисту даних при передачі інформації через протокол MQTT .....	42
<b>Вітюк К.Ю., Біліченко Д.Г.</b> Аналіз властивостей механізму автентифікації у блокчейн орієнтованій системі.....	44
<b>Войтович В.С., Мандрона М.М.</b> Технологія Honeypot для захисту комп'ютерної мережі .....	45
<b>Воронкін І.І.</b> Проблеми захисту інформації в IoT.....	47

<b>Гвоздінський Д.В.</b> Проблеми виникнення каналів витоку інформації за рахунок побічного оптичного випромінювання .....	49
<b>Говдун А.В.</b> Аналіз порушників та загроз мереж безпроводного типу	51
<b>Головатій В.І.</b> Забезпечення безпеки інформації у хмарних сховищах.....	53
<b>Грек О.М.</b> Оцінка ризиків інформаційної безпеки за допомогою апарату штучних нейронних мереж.....	55
<b>Гуцу С.Ф.</b> Інформаційна безпека: проблема законодавчого визначення .....	57
<b>Діденко А.І.</b> Автентифікація користувача за його унікальними голосовими характеристиками .....	61
<b>Дудатьєв А.В., Войтович О.П., Головенько В.О., Рудик О.А.</b> Генератор мемів для тестування соціальної складової соціотехнічної системи .....	63
<b>Комышан А.С., Евсеев С.П.</b> Усовершенствованный классификатор на основе синергетической модели угроз.....	66
<b>Завада А.А., Міхєєв Ю.І., Рогов П.Д.</b> Підхід до виявлення прихованого деструктивного психологічного впливу.....	68
<b>Кешку А.</b> Исследование методов авторизации пользователей в информационных системах .....	72
<b>Коломієць Д.О.</b> Моделювання математичного більярду Сіная для отримання випадкових двійкових послідовностей чисел .....	76
<b>Красиленко В.Г., Нікітович Д.В.</b> Дослідження покращеного багатокрокового 2D RSA шифру та його гістограмно-ентропійних характеристик .....	78
<b>Кузнецов О.О., Кіян А.С., Деменко Є.Є.</b> Дослідження, систематизація та первинний аналіз кодових схем електронного цифрового підпису.....	83
<b>Куций М.О.</b> Особливості DDOS атак в бездротових мережах .....	87
<b>Лисенко І.А., Собінов О.Г.</b> Дослідження використання більярду Сіная для генерації псевдовипадкових послідовностей .....	91
<b>Люля В.С.</b> Сугестивні маніпулятивні технології в Інтернеті .....	93
<b>Майоров Є.О.</b> Програмне забезпечення для виявлення атак на web-сервіси.....	96

<b>Маликов В.В., Лившиц И.И.</b> Формирование требований к оценке доверия критичных объектов на базе стандартов ISO .....	98
<b>Маликов В.В., Лившиц И.И.</b> Оценка влияния современных риск-ориентированных стандартов на обеспечение информационной безопасности критичных промышленных объектов .....	102
<b>Місько В.М.</b> Прискорення методу квадратичного решета на основі використання розширеної факторної бази та формування достатньої кількості В-гладких чисел .....	106
<b>Обач В.А.</b> Дослідження принципів роботи технологій VPN .....	109
<b>Павлунік Д.А.</b> Проблеми пов'язані з використання генераторів випадкових послідовностей в системах захисту інформації .....	112
<b>Панаско О.М.</b> Комплексний аспект інформаційної безпеки .....	114
<b>Поплавская Л.А.</b> Некоторые аспекты обеспечения информационной безопасности .....	116
<b>Сабитов Р.С.</b> Актуальные вопросы повышения доли отечественного телевизионного контента в контексте обеспечения информационной безопасности Республики Казахстан .....	120
<b>Собінов О.Г.</b> Огляд статистичних тестів ГВЧ та ГПВЧ стандарту NIST 800-22 Revision 1a .....	128
<b>Стасев Ю.В., Стасев С.Ю., Серов С.С.</b> Алгоритм захисту радіолінії управління безпілотним літальним апаратом .....	133
<b>Трифонов А.А.</b> Підвищення безпеки засобів електронного самоврядування на прикладі електронних петицій .....	134
<b>Улічев О.С., Мелешко Є.В.</b> Програмна модель соціальної мережі та стратегій поширення інформаційно-психологічних впливів .....	136
<b>Федотова-Півень І.М., Тарасенко Я.В.</b> Особливості використання математичних методів в лінгвістичній стеганографії та стегоаналізі ..	140
<b>Хлапонін Д.Ю.</b> Юридичні аспекти забезпечення безпеки в кіберпросторі .....	142
<b>Хох В.Д., Сидоренко В.В.</b> Формалізація моделі визначення та керування ризиками для інтеграції в автоматизовану систему аудиту інформаційної безпеки .....	144
<b>Хутченко І.В.</b> Система контролю та управління доступом з використанням двохфакторної автентифікації на основі платформи Arduino .....	146

<b>Шаумян О.Г.</b> Дослідження особистості сучасного менеджера у сфері інформаційної безпеки .....	150
<b>Шевченко О.О.</b> Автоматизовані системи управління ризиками інформаційної безпеки .....	154
<b>Шеханін К.Ю., Колгатін А.О., Кузнецов О.О.</b> Забезпечення цілісності даних шляхом використання стеганографічних методів.....	158
<b>Щепилов Е.А.</b> Криптографія в обlačних вичислениях .....	162
<b>Ярошенко О.С.</b> Використання SSL-сертифіката для захисту даних при передачі за допомогою протоколу HTTPS .....	164

## *Секція 2.*

### *Програмування та інформаційно-комунікаційні технології*

<b>Vasyuk T.M.</b> The efficiency of the promotion of commercial websites.....	166
<b>Odarchenko R., Gnatyuk V., Sydorenko V., Kotelianets V.</b> Quality of service assessment rules development for mobile operators.....	168
<b>Абашина А.А.</b> Життєвий цикл розробки комп'ютерних ігор.....	170
<b>Алешко Н.С., Анкуда Д.И., Савенко А.Г.</b> Проблемы использования устройств дополненной реальности пилотами военной авиации.....	174
<b>Антипович С.В.</b> Сравнительный анализ алгоритмов поиска ассоциативных правил .....	178
<b>Арутюнян В.Е.</b> Система масового оповіщення з використанням мобільних девайсів .....	182
<b>Бісюк В.А.</b> Технології оптимізації коду в сучасних компіляторах .....	183
<b>Быстрова М.В.</b> Классификация вакансий с целью последующей оптимизации публикации объявлений.....	185
<b>Вдовиченко И.Н.</b> Технологии Big Data и их применение для анализа пользователей сети .....	189
<b>Гайдук К.С., Шевченко О. Г.</b> Аналітичний огляд парадигм подійно-орієнтованого та автоматного програмування .....	192
<b>Дрсєв О.М., Минайленко Р.М., Собінов О.Г.</b> Обработка потока данных сенсора влажности сыпучих материалов .....	196
<b>Слькін В.І.</b> Створення мультимедійної гри засобами мови програмування Objective-C .....	199



<b>Єршов В.В.</b> Автоматизована система безпеки потоків дронів в умовах їх масового використання в міських умовах .....	201
<b>Иванов В.Г.</b> Обобщенные преобразования Хаара .....	205
<b>Имнаишвили Л.Ш., Бединейшвили М.М., Годердзишвили Г.И., Иашвили Н.Г.</b> Создание нового лабораторного учебного стенда изучения SCADA систем .....	209
<b>Івченко Р.А.</b> Технологія предиктивного аналізу на основі IoT та BIGDATA.....	221
<b>Коваленко О.В., Коваленко А.С., Смірнов О.А., Смірнов С.А.</b> Розробка методу передтестової компіляції й розподілу доступу .....	214
<b>Коноплицька-Слободенюк О.К.</b> Дослідження різновиду пошукової оптимізації сайту Social media optimization .....	216
<b>Константинова Л.В., Мелешко Є.В.</b> Дослідження методів візуалізації графів.....	218
<b>Коренко О.О., Іщенко М.О.</b> Автоматизована система енергоопалення житлових приміщень.....	221
<b>Куницька С.Ю.</b> Автоматизована інформаційна система обчислення моделей різної складності .....	223
<b>Лисиця Д.О.</b> Підготовка даних виділення алгоритму з бінарного коду для аналізу безпеки програмного забезпечення .....	226
<b>Манжара В.В.</b> Створення вбудованої системи на базі мікрокомп'ютера Raspberry PI .....	228
<b>Мацуй А.М.</b> Алгоритми визначення середньозваженого розміру руди в процесах подрібнення-класифікації .....	230
<b>Мелешко Є.В.</b> Дослідження методів побудови рекомендаційних систем заснованих на фільтрації контенту .....	234
<b>Минайленко Р.М., Дресєв О.М., Собінов О.Г.</b> Сучасні пристрої вимірювання вологості зерна. Проблеми та пошук рішень.....	238
<b>Отакулов М.К., Каримов Ж.М.</b> Всеобщий менеджмент качества на основе CALS-информационных технологий как фактор улучшения качества высшего образования .....	243
<b>Охотний С.М., Мелешко Є.В.</b> Визначення центральностей у соціальному графі засобами графової бази даних Neo4j.....	247
<b>Поддубный Б.А.</b> Метод маршрутизации трафика в гетерогенной информационной системе.....	247

<b>Пономаренко А.С.</b> Дослідження програмних додатків для створення 2d- та 3d-анімації .....	251
<b>Проніна О.І.</b> Інформаційна система організації індивідуальних міських поїздок .....	254
<b>Ругало Д.А.</b> Розробка програмного додатку ігрового спрямування під управлінням операційної системи iOS .....	258
<b>Савеленко Д.І.</b> Ідентифікація компонентів персонального комп'ютера засобами мови програмування C#.....	260
<b>Савенко А.Г., Заяц И.Л., Лазаренко Р.А.</b> Реклама, как угроза информационно-психологической безопасности личности .....	262
<b>Соболев А.М.</b> Алгоритм ранжування вузлів у квазієрархічних мережах соціального характеру .....	266
<b>Старкіна О.Д.</b> Перехід від Canvas до Open GL ES у графічних додатках для Android.....	269
<b>Сьомочкина С.В.</b> Можливість застосування еталонних моделей ІТ для побудови та аналізу інформаційних моделей технічних та соціальних структур .....	271
<b>Фаталиев Т.Х., Мехтиев Ш.А.</b> О некоторых вопросах применения технологии Интернета вещей в нефтегазовой промышленности.....	273
<b>Шаліновська Н.В., Минайленко Р.М.</b> Апаратно-програмний комплекс для контролю параметрів з пунктів обліку теплової енергії. ....	277
<b>Шингалов Д.В.</b> Властивості потокової бібліотеки Tweetinvi для аналізу твітів .....	278

### *Секція 3.*

#### *Інтелектуальні системи та штучний інтелект*

<b>Krasilenko V.G., Lazarev A.A., Nikitovich D.V.</b> Simulation of neuron-equivalentors as hardware accelerators of self-learning equivalent-convolutional neural structures (slecns).....	280
<b>Marchenko I., Petrov S., Pidkuiko A.</b> Usage of keypoint descriptors based algorithms for real-time objects localization .....	286
<b>Барсук А.С.</b> Экспертная система диагностики сердечно-сосудистых заболеваний .....	288
<b>Білан С.М., Дротов В.В.</b> Керування безпілотним літальним апаратом на основі біометричних характеристик оператора.....	291

<b>Знакомський І.В.</b> Класифікатор біомедичних зображень на основі нейронної мережі .....	293
<b>Землянський А.В., Сало Н.А.</b> Модель самообучаючої системи підтримки прийняття рішень .....	295
<b>Золотухіна О.А.</b> Особливості інфологічного моделювання недосконалих даних в інформаційній системі контролю витрат ресурсів .....	298
<b>Ковалишин О.С.</b> Прикладні аспекти використання систем нечіткого логічного висновку в задачах багатокритеріальної оптимізації .....	300
<b>Колодяжний І.О.</b> Дослідження алгоритмів та методів машинного навчання .....	302
<b>Коломісць Д.О.</b> Дослідження базових архітектур нейронних мереж ..	306
<b>Константинова А.А.</b> Дослідження сучасних методів штучного інтелекту.....	310
<b>Мацуї А.В., Єніна І. І.</b> Дефазифікація результуючої функції приналежності виводу з бази правил при нечіткому управлінні .....	314
<b>Нестеряк Е.В.</b> Дослідження методів машинного навчання .....	318
<b>Пирус А.Е., Прийма А.К.</b> Адаптивна вероятностная кластеризация в задачах анализа текстов .....	321
<b>Рубцов В.С., Погорілий М.С.</b> Обґрунтування розробки інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень для вибору комбінації джерел.....	323
<b>Землянський А.В., Сало Н.А.</b> Реализация системы поддержки принятия решений инструктора в моделирующем комплексе управления воздушным движением .....	327
<b>Ткачук В.М.</b> Квантовий генетичний алгоритм вищих порядків для 0-1 задачі пакування рюкзака.....	329
<b>Шнепов О.С.</b> Рекомендація існуючих методів вирішення задач у програмному продукті .....	333

### **Simulation of neuron-equivalentors as hardware accelerators of self-learning equivalent-convolutional neural structures (slecons)**

Krasilenko V.G., Ph. D., S. Sc., As. Prof., Lazarev A.A., Ph. D., As. Prof.,  
Nikitovich D.V.

*Vinnitsia National Technical University, s. Vinnitsia*

**Introduction, analysis of recent research, publications.** For many applications used in the creation of biometric systems, machine vision systems are necessary to solve the problem of object recognition in images. The basis of most known methods and algorithms consists in comparing of two different images of the same object or its fragment. Discriminant measure of the mutual alignment reference fragment with the current image, the coordinate offset is often a mutual two-dimensional correlation function. In paper [1, 2, 3] it was shown, that to improve accuracy and probability indicators with strong correlation obstacle-damaged image, it is desirable to use recognition methods based on mutual equivalently 2D spatial functions, nonlinear transformations and adaptive-correlation weighting. For the recognition and clustering of images, various models of neural networks are also used. Models of equivalence (EM) of auto-associative memory (AAM) and hetero-associative memory (HAM) were proposed [2-6]. These EM studies have shown, that these models allow the recognition of vectors with  $1024 \div 4096$  components and a significant percentage (up to 25-30%) of damage, at a network power that is 3 to 4 times higher than the number of neurons [3, 5, 6]. For of analysis and recognition the problem of clustering of objects should be solved. This previous clustering allows organizing proper automated grouping data, to cluster analysis, to evaluate on the basis of many signs each cluster, put a class label and improved subsequent learning procedures and classification. At the same time, knowing the significant advantages of EM when creating on their basis improved neural networks (NNs), multiport AAM and HAM, there was a suggestion about the possibility of modifying EM and MHAM for parallel cluster image analysis [6, 7, 8]. At the same time, an urgent task is to study a more general, spatially invariant (SI) equivalence models (SI EMs) that is more invariant to spatial displacements and the possibilities of its application for image clustering [7-9]. And the latter are basic operations in the most promising paradigms of convolutional neural networks (CNN) with deep learning [8, 9]. In our previous paper [8] questions of new possible ways of self-learning in such advanced models, explaining some important fundamental concepts of diverse associative recognition and understand the principles of the functioning of biological NN structures, perform modeling of processing processes, training and extraction of regularities in such models, and propose

their implementation were considered. These questions were considered for bitmaps of multi-level images. In paper [9] we showed that the self-learning concept works with directly multi-level images without processing the bitmaps. In SI EM, we compute the spatially dependent normalized equivalence functions (SD\_NEF) whose elements will correspond to the value of the normalized equivalence of the fragment of the input image  $X$  and one of the selected fragments from the training matrix. For implementation SLECNS [9], we need certain new or modified known devices capable of calculating normalized spatial equivalence functions (NSEqFs) with the necessary speed and performance. Such specialized devices by authors of papers were previously called "image equivalentor". There are known connections of equivalent functions with correlation functions that make it possible to calculate NSEqFs. Thus, the image equivalentor is itself a doubled correlator or a doubled convolver. In paper [8, 9] we showed models for the recognition and clustering of images that combine the process of recognition with the learning process. For all known convolutional neural networks, as for our equivalence models, it is necessary to calculate the convolution of the current fragment of the image in each layer with a large number of templates which are used, selected or formed during the learning process. But, as studies show, large images require a large number of filters to process images, and the size of the filters can also be large. Therefore, the problem of increasing the computing performance of hardware implementations of such CNNs is acute. It should be noted that the accuracy of calculations, especially for large filter sizes and a large dynamic range (8 bits) of halftone images, is required to make the correct decisions when determining neuron-winners. The last decade was marked by the activation of works aimed at the creation of specialized neural accelerators, which compute the function of comparing two 2D arrays and using the operations of multiplication and addition-accumulation. But as our experiments show, our models also allow the construction of SLECNS.

**Formulation of the problem and goal of the work.** Therefore, in this paper, using our approaches to designing one-dimensional neuron-equivalents, we consider the structure of the neuron-equivalent, generalized for processing 2D arrays.

**Presentation of the main material, research results.** The Fig. 1 shows the block diagram of the main unit of SLECNS. The matrix  $X$  forms a certain number of convolutions in the form of matrices  $e$  using a set of defined filters-templates  $W$  which, in our case, are multilevel values, in contrast to the binary ones we used earlier. Thus, we compare each filter with a current fragment in the matrix  $X$ . As a measure of the similarity of the fragment of the matrix  $X$  and the filter the equivalent measures of proximity or other measures such as a histogram can be used. Thus, we compare for each filter similar fragments in the matrix. Figure 2 shows the new structure of our proposed system, allowing parallel processing, with a high rate, equal to the speed of selection from the processed image of its shifted current fragment, to compute a set of stream

components (elements) immediately one-cycle all the equivalents convolutions of the current fragment with the corresponding filters. It consists of a micro-display dynamically displaying current fragments, an optical node in the form of a micro-lens array (MLA) with optical lenses (not shown!) and a 2D array of neuron-equivalentors (**NEqs**) with optical inputs. Each **NEq** is implemented in a modular hierarchical manner and can consist of similar smaller sub-pixel, also 2D type, base nodes. The **NEq** has a matrix (ruler) of photo-detectors, on which a half-tone image of the fragment is projected through the microlens array (MLA), and the number of electrical analog inputs equal to the number (number) of photo-detectors, to which by means of any known method: from the sample and hold device (SHD), from the analog memory, with subsequent conversion using a set of DACs, etc. the filter components are fed. These components are represented in the form of microcurrents. Each **NEq** has its own filter mask from a set of filters selected or formed by training. Thus, at the inputs of each **NEq** we have two arrays (vectors) of analog currents representing the compared current fragment and the corresponding filter-standard, and the output of the **NEq** is an analog current signal, nonlinearly transformed in accordance with the activation function and representing some measure of their similarity, proximity). In our case, this measure is a normalized equivalence (eq) and nonequivalence (neq), we can calculate them by averaging the component maxima and minima currents. Therefore, the base node, see Fig. 3, contains N two input counters of maximum and minimum currents and one normalizer on current mirrors, which forms two output signals corresponding to normalized eq and neq from two N-component vectors.

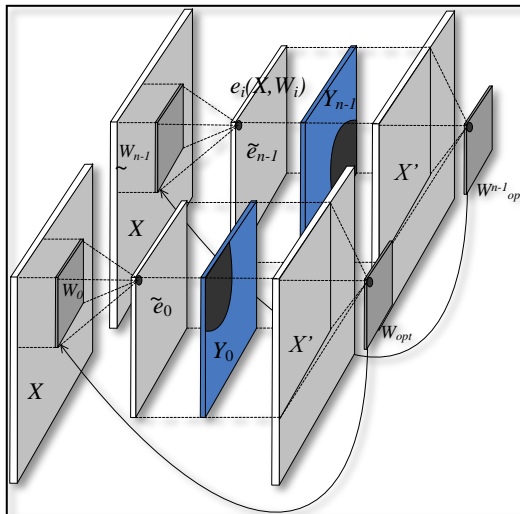


Figure 1. The structure of the basic unit of the SLECNS, which explains the principle of its functioning; Figure explains the principles of learning neural network model based on the multi-port memory to find centroid cluster elements

The basic unit for calculating the normalized Eq (NEq) by averaging the component peak and minima of currents on the basis of current mirrors and the schemes of the limited difference is shown in Fig. 3. Sources of analog currents are shown as current generators for modeling in OrCAD. The dimension of the vector inputs is 9, which corresponds to the filter size 3x3. The results of modeling this basic unit with a nonlinear transformation are shown in Fig. 4. At the instants of 11 - 12 $\mu$ s and 13 - 14  $\mu$ s, the output signals of equivalence and nonequivalence testify to the coincidence of the input vectors. The results of modeling the base unit for the filter size 3x3 (with 9 inputs) showed, that processing time is from 1 $\mu$ s to 0.1 $\mu$ s for currents I<sub>max</sub>=5 $\mu$ A, consumption power is from 200 $\mu$ W to 50 $\mu$ W.

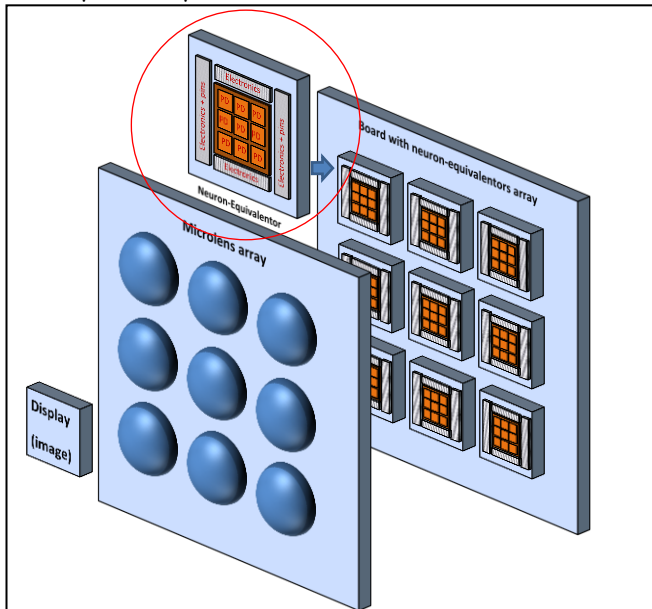


Figure 2. The system structure that uses an array of neuron-equivalentors

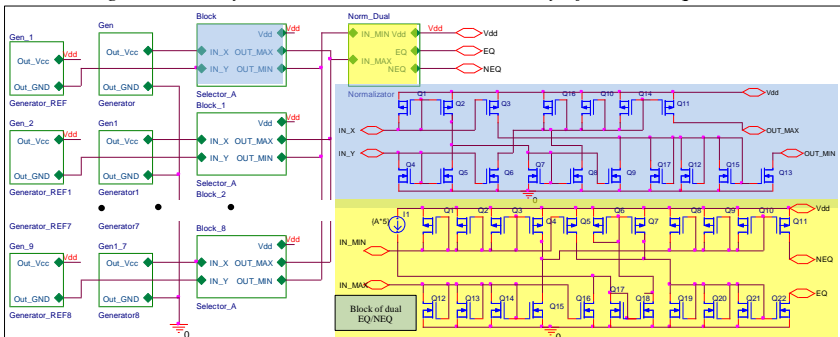


Figure 3. The basic unit for calculating the normalized Eq (NEq) by averaging the component peak and minima of currents on the basis of current mirrors and the schemes of the limited difference

In addition to simulate the base node on 9 inputs, we additionally synthesized a neuron-equivalent circuit having 8 such nodes, each of which compares 8 input vectors, resulting in a neural element circuit having 2 vector inputs of 64 dimensions. For a non-linear transformation, we used a node of a circuit, which realizes a piecewise linear approximation of the power-law activation function (auto-equivalence). The simulation results of 64 input NE with nonlinear output conversion showed that such a NE comparing the two 64 component vectors from the current signals provides good time characteristics and has a total power consumption of approximately 2mW, a low supply voltage, contains less than 1000 CMOS transistors with which summation circuits are implemented, limited subtraction and multiplication of analog currents on current mirrors. The simple build-up of nodes and the additional introduction of the coordinators of the levels of normalizers allow us to increase the number of entrances and increase the dimension of the filters. On the basis of combining nine 9-input NEs, NEs were designed and modeled for two 81-component inputs, i.e. for convolution by a  $9 \times 9$  filter. It has 2 bus analog inputs.

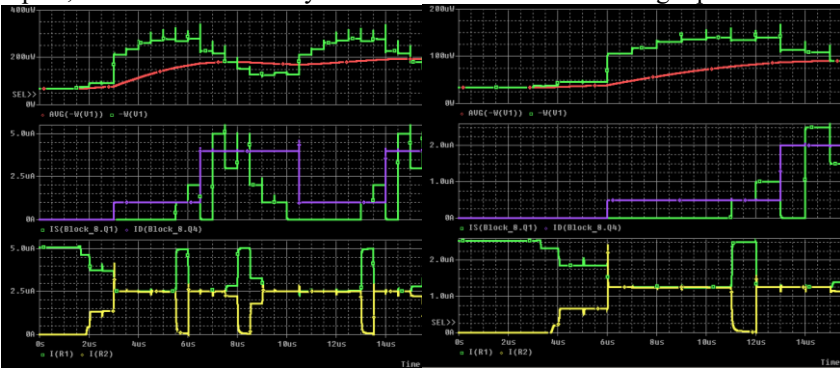


Figure 4. The results of modeling the base unit for the filter size 3x3 (with 9 inputs): on the left for current  $I_{max}=5\mu A$ ,  $T=0.5\mu s$ ,  $V=1.8V$ ,  $P=200\mu W$ . On the right for current  $I_{max}=2.5\mu A$ ,  $T=1\mu s$ ,  $P=100\mu W$ . Red line shows power consumption, input (green) and reference (lilac) signals are showed on the middle graphs, on the bottom graph normalized eq (green) and neq (yellow) are showed.

To verify the functioning of the developed NEs within the network, we created a mini-network of eight 9-input NEs, the simulation results of which will be discussed in the report.

**Conclusions.** NEs have a processing-conversion time of 0.1-1 $\mu s$ , low supply voltages of 1.8-3.3V, minor relative computational errors (1-5%), small consumptions of no more than 1-2mW, can operate in low-power modes less than 100 $\mu W$  and high-speed (10-20MHz) modes. The efficiency of NEs relative to the energy intensity is estimated at a value of not less than  $10^{12}$



an. op. / section W and can be increased by an order of magnitude. The obtained results confirm the correctness of the chosen concept and the possibility of creating NE and MIMO structures on their basis. They can become the basis for the implementation of CNN and self-learning biologically inspired devices with the number of such NEs equal to 1000, to realize the parallel calculation of equivalent convolutions with filter sizes up to  $32 * 32$ .

## REFERENCES

1. Krasilenko, V. G., Saletsky, F. M., Yatskovsky, V. I., Konate, K., "Continuous logic equivalence models of Hamming neural network architectures with adaptive-correlated weighting," Proceedings of SPIE Vol. 3402, pp. 398-408 (1998).
2. Krasilenko, V. G., Magas, A. T., "Multiport optical associative memory based on matrix-matrix equivalentors," Proc. of SPIE Vol. 3055, pp. 137 – 146.
3. Красиленко В. Г. Експериментальні дослідження просторово-інваріантних еквівалентнісних моделей асоціативної та гетероасоціативної пам'яті 2D образів / В. Г. Красиленко, Д. В. Нікітович // Системи обробки інформації. - 2014. - Вип. 4. - С. 113-120. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi\\_2014\\_4\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2014_4_25).
4. Krasilenko, V. G, "Research and design of equivalence model of heteroassociative memory," The Scientific session of MIFI-2010 Vol.2, pp.83-90.
5. Krasilenko, V. G., Lazarev, A., Grabovlyak, S., "Design and simulation of a multiport neural network heteroassociative memory for optical pattern recognitions," Proc. of SPIE Vol. 8398, 83980N-1 (2012).
6. Krasilenko V. G. , Alexander A. Lazarev, Sveta K. Grabovlyak, Diana V. Nikitovich, "Using a multi-port architecture of neural-net associative memory based on the equivalency paradigm for parallel cluster image analysis and self-learning," Proceedings of SPIE Vol. 8662, 86620S (2013).
7. Krasilenko V.G., Nikitovich D.V., "Simulation of self-learning clustering methods for selecting and grouping similar patches, using two-dimensional nonlinear space-invariant models and functions of normalized "equivalence," Electronics and information technologies: collected scientific papers, Lviv: Ivan Franko National University of Lviv, Issue 6, pp. 98-110 (2015). [http://elit.lnu.edu.ua/pdf/6\\_11.pdf](http://elit.lnu.edu.ua/pdf/6_11.pdf).
8. Krasilenko V.G., Lazarev A.A., Nikitovich D.V., "Modeling and possible implementation of self-learning equivalence-convolutional neural structures for auto-encoding-decoding and clusterization of images", Proc. SPIE Vol. 10453, 104532N (2017) ; <https://doi.org/10.1117/12.2276313>
9. Krasilenko V.G., Lazarev A.A., Nikitovich D.V., "Modeling of biologically motivated self-learning equivalent-convolutional recurrent-multilayer neural structures (BLM\_SL\_EC\_RMNS) for image fragments clustering and recognition", Proc. SPIE 10609, MIPPR 2017: Pattern Recognition and Computer Vision, 106091D (8 March 2018); doi: 10.1117/12.2285797; <https://doi.org/10.1117/12.2285797>

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

III МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

“ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА  
КОМП’ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ”

*INFOSEC & COMPTech*

19-20 квітня 2018 року

Тези доповідей надруковано в авторській редакції.  
Відповідальність за зміст несуть автори.

Відповідальна за випуск: Мелешко Є.В.

---

Підписано до друку 16.04.2018  
Тираж 50 прим.

©Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення ЦНТУ,  
м.Кропивницький, пр.Університетський, 8.  
Тел. (0522) 39-04-49

---