



IVth International  
scientific-practical conference  
dedicated to the 50th anniversary of the Department  
of Information Systems and Technologies  
(October 21-22, 2021)

**INTEGRATION OF INFORMATION SYSTEMS  
AND INTELLIGENT TECHNOLOGIES IN  
THE CONDITIONS OF INFORMATION  
SOCIETY TRANSFORMATION**



**Poltava, Ukraine**

**POLTAVA STATE AGRARIAN UNIVERSITY**



**INTEGRATION OF INFORMATION SYSTEMS  
AND INTELLIGENT TECHNOLOGIES IN  
THE CONDITIONS OF INFORMATION  
SOCIETY TRANSFORMATION**

**Abstracts of the  
IVth International scientific-practical conference  
dedicated to the 50th anniversary of the Department  
of Information Systems and Technologies  
(October 21-22, 2021)**

---

**ІНТЕГРАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
І ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ  
ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА**

**Тези доповідей  
IV Міжнародної науково-практичної конференції,  
що присвячена 50-ій річниці кафедри  
інформаційних систем та технологій  
(21-22 жовтня 2021)**

**ОЛДІПІУС**

2021

UDC 004/681

Integration of information systems and intelligent technologies in the conditions of information society transformation. Abstracts of the IVth International scientific-practical conference dedicated to the 50th anniversary of the Department of Information Systems and Technologies. Poltava, Ukraine. 2021. 144 p.

ISBN 978-966-289-562-9

DOI: <https://doi.org/10.32782/978-966-289-562-9>

Інтеграція інформаційних систем і інтелектуальних технологій в умовах трансформації інформаційного суспільства: тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, що присвячена 50-ій річниці кафедри інформаційних систем та технологій. Полтава: ПДАУ, 2021. 144 с.

Збірник містить тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, у яких висвітлено актуальні питання: автоматизації управління підприємством та бізнес-процесами; комп'ютерного моделювання та автоматизації технологічних процесів; безпеки інформаційних систем і технологій; агрокультури 4.0 та Індустрія 4.0; Інтернет речей; доповненої реальності, інтелектуальних систем, технологій великих даних і штучного інтелекту.

Видання призначене для науковців, викладачів, аспірантів, студентів та практикуючих спеціалістів різних напрямів.

Матеріали (тези доповідей) друкуються в авторській редакції.  
Відповідальність за якість та зміст публікацій несе автор.

ISBN 978-966-289-562-9

© ПДАУ, 2021

Одарченко Р.С., Дика Т.В. ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РІВНЯ БЕЗПЕКИ СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖ 5G	86
Дячков Д.В. КОНЦЕПТУАЛЬНА СУТНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА .....	90

**СЕКЦІЯ 4. АГРОКУЛЬТУРА 4.0 ТА ІНДУСТРІЯ 4.0.  
ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ**

Пилипенко В.О., Слюсарь І.І., Слюсар В.І., Маруженко В.М. ВАРІАНТ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ В СИСТЕМІ «SMART HOME» .....	93
Слюсарь І.І., Слюсар В.І., Пілюгін В.А., Павленко А.А., Блажко В.С. ВАРІАНТ РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛУ WEBNMI .....	97
Федорченко М.Б., Слюсарь І.І., Уткін Ю.В. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ АВТОМАТИЧНОГО ПІДРАХУНКУ ПАСАЖИРІВ В ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДЕОПОТОКУ .....	99
Бородатий Д.Г., Кольвах Д.В., Муравльов В.В. ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРАРНИЙ ГАЛУЗІ .....	104

**СЕКЦІЯ 5. ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВЕЛИКИХ ДАНИХ.  
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ**

Бігун Н.С. КЛАСИФІКАЦІЯ НАДВОДНИХ ЦІЛЕЙ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ .....	107
Шишацький А.В., Налапко О.Л., Одарушенко О.Б. ОСНОВНІ БІОІНСПІРОВАНІ АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ РІЗНОТИПНИХ ДАНИХ .....	109
Слюсар В.И. ТЕНЗОРНО-МАТРИЧНАЯ ВЕРСИЯ LENET5 .....	114
Слюсар В.І., Проценко М.М. МОДЕЛЬ ДЕТЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОПОТОЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ .....	119
Сенаторов В.М., Колотухін Є.А. ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ В ТЕХПРОЦЕСІ РЕМОНТУ БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ .....	122
Журавський Ю.В., Сова О.Я., Дегтярьова Л.М. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ .....	127

12. Elbeltagi E., Hegazy T., Grierson D. A modified shuffled frog-leaping optimization algorithm: applications to project management. *Structure and Infrastructure Engineering*. 2007. No. 1. Pp. 53-60.

13. Гладков В.А., Курейчик В.В. Биоинспирированные методы в оптимизации. М.: Физматлит, 2006. 384 с.

## ТЕНЗОРНО-МАТРИЧНАЯ ВЕРСИЯ LENET5

Слюсар В.И.

Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооружённых Сил Украины  
Киев, Украина

Тензорно-матричная теория нейросетей, развитая, например, в [1], позволяет упростить математическую формализацию процессов их функционирования и в ряде случаев обеспечивает повышение быстродействия глубоких сверточных нейронных сетей (DCNN). Вместе с тем реализация соответствующих возможностей требует определенных навыков, которые проще всего получить на примере несложных по структуре нейросетей. В этом смысле заслуживает внимания одна из первых сверточных сетей LeNet5 [2], достаточно неплохо зарекомендовавшая себя при решении задач распознавания рукописных текстов, в том числе известного обучающего набора изображений MNIST. Типовая структура LeNet5, впервые предложенная в [2], приведена на рис. 1.

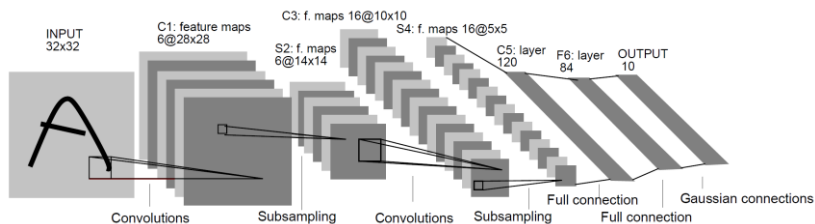


Рис. 1. Оригинальная архитектура LeNet5 [2].

Исходное изображение, подаваемое на вход сети, имеет размерность  $32 \times 32 \times 1$ . Для уменьшения времени обработки изображений в LeNet5 аналитическое описание операций, выполняемых в конкретном слое, целесообразно выполнить на основе семейства проникающих торцевых произведений матриц [1]. Оно показало высокую эффективность в приложениях тензорно-матричной теории. Согласно [1], результатом

проникаючого торцевого произведения  $p \times g$ -матрицы  $A$  и  $n$ -мерного тензора  $B$ , развёрнутого в блочную матрицу, содержащую  $p \times g$ -блоки ( $B=[B_n]$ ,  $n>1$ ), является матрица вида:

$$A \circledast B = [A \circ B_n], \quad (1)$$

где  $A \circ B_n$  – представляет собой произведение Адамара.

Если тензор  $B$  записан как блок-строка, получим [1]:

$$A \circledast B = [A \circ B_r] = [A \circ B_1 \ A \circ B_2 \ \dots \ A \circ B_r \ \dots]. \quad (2)$$

Применительно к первому слою LeNet5 матрицу  $A$  следует трактовать как набор весовых коэффициентов (ядро) скользящего фильтра, используемого для формирования свёртки по исходной матрице пикселей входного изображения. При этом матрица изображения на входе нейронной сети должна быть преобразована в блочную матрицу пикселей  $B$  с размерностью блоков, равной размерности фильтра свёртки. Пиксели в соседних блоках преобразованной матрицы повторяются с точностью до смещения, равного величине шага при сдвиге окна фильтрации.

Помимо матричной операции, указанной в (1), в рассматриваемом контексте заслуживает внимания её обобщение в виде прямого (кронекеровского) проникающего произведения [1]. Для тензоров  $A$  и  $B$ , развёрнутых в блочные матрицы с блоками одинаковой размерности, такой вариант матричного умножения позволяет получить поэлементное произведение каждого блока матрицы  $A$  на все блоки матрицы  $B$ :

$$A \circledast B = [A_{ij} \circledast B] = [A_{ij} \circ B_{mr}]. \quad (3)$$

Таким образом, функционирование *первого свёрточного слоя* в LeNet5 можно охарактеризовать следующим математическим выражением, описывающим процедуру обработки пикселей:

$$\mathbf{B}_2 = \text{sigmoid}(\mathbf{1}^T [\times] (A_1 \circledast B_1) [\times] \mathbf{1}), \quad (4)$$

где  $A_1$  – блок-матрица коэффициентов нейронов первого слоя, содержащая 6 блоков размерностью  $5 \times 5$  элементов каждый;  $B_1$  – блок-матрица, сформированная из исходной матрицы изображения путём нарезки в нём  $28 \times 28$  блоков формата  $5 \times 5$  с шагом в 1 пиксель;  $A_1 \circledast B_1$  – блок-матрица, состоящая из  $(28 \times 28) \times 6$  блоков размерностью  $5 \times 5$  каждый;  $\mathbf{1}^T$  – блок-строка, содержащая  $28 \times 6$  блоков по 5 единичных

елементов в кожному из них;  $\mathbf{1}$  – блок-вектор одиниць из  $28 \times 6$  блокув, содержачий по 5 одиниць в блоку;  $[x]$  – символ блочного обычного произведенія матриц [1];  $T$  – символ операції транспонирования.

В результаті описаних операцій кождий блок из  $5 \times 5$  елементов в аргументе функції  $\text{sigmoid}()$  в (4) превращается в скаляр.

В данном случаі предполагается, что один и тот же набор весовых коэффициентов свёрточного фильтра  $5 \times 5$  используется для всей исходной матрицы изображения по всему набору смещений. Если же для кождого смещения должен использоваться свой набор фильтров, то приходим к обобщённому проникающему произведению, обладающему иерархической структурой [1].

Следует отметить, что применение в выражении (4) операций умножения на блок-строку и блок-вектор одиниць является лишь данью традиции использования обычных матричных операций. Формальное выполнение таких умножений существенно увеличивает количество вычислений, поэтому чтобы избежать усложнения обработки, предлагается использовать свёрточное проникающее (символ  $\boxtimes_{\Sigma}$  [3]) или свёрточное прямое проникающее ( $[\boxtimes_{\Sigma}]$ ) произведенія, в которых операция поблочного Адамарова умножения дополняется суммированием всех результирующих елементов внутри отдельно взятого блока. С учётом такой модификации выражение (4) можно переписать в виде:

$$\mathbf{B}_2 = \text{sigmoid}(\mathbf{A}_1 [\boxtimes_{\Sigma}] \mathbf{B}_1). \quad (5)$$

В этом случаі общее количество операций сложения и умножения при использовании проникающего произведенія будет таким же, как и в случаі применения традиционной матричной алгебры. Выигрыш же будет состоять в том, что в случаі проникающего произведенія не требуется предварительная операция векторизации массива данных.

С выхода первого свёрточного слоя на *первый maxpooling слой* подается тензор  $28 \times 28 \times 6$  пикселей. Математически данный слой может быть описан формулой:

$$\mathbf{B}_3 = \text{max pool}(\mathbf{B}_2), \quad (6)$$

где  $\mathbf{B}_2$  – блочная матрица пикселей, сформированная из блочной матрицы предыдущего слоя  $\mathbf{B}_2$  путём скользящей выборки из нее  $14 \times 14 \times 6$  блокув размером  $2 \times 2$  пикселя с дискретным шагом, равным 2 пикселям; *max pool* – операция выбора локальных максимумов внутри кождого

блока  $2 \times 2$  из числа элементов, больше нуля;  $\mathbf{B}_3$  – выходная матрица пикселей.

На выходе имеем матрицу размером  $14 \times 14 \times 6$  пикселей. Таким образом, в отличие от формирования скользящей свертки, операция *max pool* в данном случае осуществляется без перекрытия массива элементов, поскольку размер шага равен длине окна пула (размерность пула составляет  $2 \times 2$  квадрата, а размер шага пула равен 2). Пул без перекрытия позволяет снизить вероятность переобучения сети.

Далее, на *второй свёрточной слой*, поступает блочная матрица  $\mathbf{B}_3$  размером  $10 \times 10 \times 6$  пикселей, сформированная из тензора предыдущего слоя  $\mathbf{B}_3$  размером  $14 \times 14 \times 6$  пикселей путём выборки в нём блоков формата  $5 \times 5$  с шагом в 1 пиксель. Соответственно далее выполняется скользящая свёртка фильтром  $5 \times 5$ . Математическое выражение для второго свёрточного слоя будет иметь вид:

$$\mathbf{B}_4 = \text{sigmoid}(\mathbf{1}^T [\times] (\mathbf{A}_2 [\otimes] \mathbf{B}_3) [\times] \mathbf{1}), \quad (7)$$

где  $\mathbf{A}_2$  – блок-матрица коэффициентов нейронов второго свёрточного слоя, содержащая  $6 \times 16$  блоков размерностью  $5 \times 5$ ;  $\mathbf{A}_2 [\otimes] \mathbf{B}_3$  – блок-матрица, состоящая из  $(10 \times 10) \times 6 \times 16$  блоков размерностью  $5 \times 5$  каждый;  $\mathbf{1}^T$  и  $\mathbf{1}$  – блок-строка и блок-вектор единиц, содержащие  $10 \times 16$  блоков из  $6 \times 5$  единиц;  $\mathbf{B}_4$  – выходная матрица второго свёрточного слоя.

На выходе второго свёрточного слоя формируется блочная матрица размерностью  $10 \times 10 \times 16$  пикселей. В данном случае структура формирования отклика слоя построена таким образом, чтобы каждый из 16 нейронов формировал одну матрицу из  $10 \times 10$  пикселей по всем 6 блокам матриц предыдущего слоя.

Указанная матрица размером  $10 \times 10 \times 16$  пикселей подаётся на *второй maxpooling слой*, который может быть описан формулой:

$$\mathbf{B}_5 = \text{max pool}(\mathbf{B}_4). \quad (8)$$

где  $\mathbf{B}_4$  – подготовленная для операции *max pool* блочная матрица пикселей  $\mathbf{B}_4$ , в которой аналогично сформированы  $5 \times 5 \times 16$  блоков размером  $2 \times 2$  пикселя с дискретным шагом, равным 2 пикселям;  $\mathbf{B}_5$  – выходная блок-матрица *maxpooling* слоя.

На выходе данного слоя имеем матрицу размером  $5 \times 5 \times 16$  пикселей,

Следующий слой в оригинальной работе [1] представляет собой свёрточный слой со 120 ядрами свёртки размером  $5 \times 5$ . Вместе с тем, во многих практических реализациях он рассматривается как полносвязный слой, на вход которого подаётся развёрнутая в 400-элементный вектор  $\mathbf{B}_5$



блок-матриця  $\mathbf{B}_5$  предыдущего слоя. Указанный 400-элементный вектор обрабатывается по формуле:

$$\mathbf{B}_6 = \text{sigmoid}(\mathbf{A}_3 \mathbf{B}_5), \quad (9)$$

где  $\mathbf{A}_3$  – матрица из  $120 \times 400$  коэффициентов нейронов первого полносвязного слоя;  $\mathbf{B}_6$  – выходной вектор первого полносвязного слоя размерностью 120 пикселей.

Второй полносвязный слой функционирует аналогично предыдущему, оперируя вектором данных размером 120 пикселей согласно формуле:

$$\mathbf{B}_7 = \text{sigmoid}(\mathbf{A}_4 \mathbf{B}_6), \quad (10)$$

где  $\mathbf{A}_4$  – матрица размерностью  $120 \times 84$  с коэффициентами нейронов второго полносвязного слоя;  $\mathbf{B}_7$  – выходной вектор второго полносвязного слоя из 84 элементов.

Выходной полносвязный слой отличается использованием функции активации *Softmax*. Отклик рассматриваемого полносвязного слоя на входной вектор размером 84 элемента имеет вид:

$$\mathbf{B}_8 = \text{Softmax}(\mathbf{A}_5 \mathbf{B}_7), \quad (11)$$

где  $\mathbf{A}_5$  – матрица коэффициентов нейронов выходного полносвязного слоя, имеющая размерность  $84 \times 10$ ;  $\mathbf{B}_8$  – выходной вектор признаков нейросети.

В итоге, на выходе сети получен вектор из 10 значений вероятности принадлежности объекта к определённом классу.

Рассмотренный подход к описанию функционирования LeNet5 может быть обобщён на другие версии этой структуры [4-6], а также более сложные нейросети.

### Список литературы

1. Slyusar V. Neural Networks Models based on the tensor-matrix theory. *Problems of the development of promising micro- and nanoelectronic systems (MNS-2021)*. 2021. С. 23-28. DOI: <https://10.31114/2078-7707-2021-2-23-28>.
2. LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y. and Haffner, P., Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 1998. 86(11). Pp. 2278-2324.
3. Vadym I. Slyusar. Key aspects of the tensor-matrix theory of analysis and processing of multichannel measuring signals in the classical and neural network approaches. *The 10th International Symposium on Precision Mechanical Measurement (ISPM '2021)*, 15-17 October, 2021, Qingdao, China. DOI:

<https://10.13140/RG.2.2.31722.64966/1>.

4. Guangfen Wei, Gang Li, Jie Zhao, and Aixiang He. Development of a LeNet-5 Gas Identification CNN Structure for Electronic Noses, *Sensors (MDPI)*. 2019. No. 19(1). P. 217. DOI: <https://10.3390/s19010217>.

5. Kayed M., Anter A. & Mohamed H. Classification of Garments from Fashion MNIST Dataset Using CNN LeNet-5 Architecture. *2020 International Conference on Innovative Trends in Communication and Computer Engineering (ITCE)*. Egypt. 8-9 Feb. 2020. P. 238-243. DOI: <https://10.1109/itce48509.2020.9047776>.

6. C.-C. Jay Kuo, Min Zhang, Siyang Li, Jiali Duan, and Yueru Chen. Interpretable Convolutional Neural Networks via Feedforward Design. *Journal of Visual Communication and Image Representation*. March 2019. 36 p. DOI: <https://10.1016/j.jvcir.2019.03.010>.

## **МОДЕЛЬ ДЕТЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОПОТОЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ**

Слюсар В.І., Проценко М.М.

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової  
техніки Збройних Сил України  
Київ, Україна

Аналіз відеопотоку в системах моніторингу – перспективний напрямок розвитку моделей, методів штучного інтелекту і машинного навчання [1-4]. Технології машинного навчання успішно застосовуються в багатьох галузях. За допомогою комп'ютерного зору проводять розвідку об'єктів моніторингу (ОМ) шляхом аналізу аерофотознімків і відеопотоків. На основі методів штучного інтелекту створюють безпілотні авіаційні комплекси (БПАК), системи безпілотного транспорту та управління роботами. Розвиток систем штучного інтелекту має супроводжуватися вдосконаленням моделей їх реалізації. Одним з таких варіантів може бути використання згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Networks, CNN). Однак тільки в останнє десятиліття CNN знайшли широке застосування в розпізнаванні об'єктів в потоковому відео [2, 3]. Невирішеним залишається завдання процесу автоматизації обробки відеоданих, особливо в БПАК. Пропонується використовувати CNN для детектування ОМ у відеопотоці, який отриманий з відеокамери, встановленої на безпілотний літальний апарат.

В роботі [5] описується відеосистема виявлення порушень правил дорожнього руху. Запропонована модель включає в себе кілька етапів: виявлення трьох класів ОМ на відеопослідовності (пішохідний перехід, автомобіль і людина на пішохідному переході); відстеження траєкторій руху транспортного засобу і людини на пішохідному переході; визначення, чи було порушення правил дорожнього руху за певний

Збірник розміщений на постійній сторінці Кафедри інформаційних систем та технологій Полтавського державного аграрного університету:



НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ІНТЕГРАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ  
ТРАНСФОРМАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА**

Тези доповідей

**IV Міжнародної науково-практичної конференції, що присвячена  
50-ій річниці кафедри інформаційних систем та технологій  
(21-22 жовтня 2021 року)**

Адреса оргкомітету: 36003, м. Полтава, вул. Сковороди, 1/3, Україна,  
Кафедра інформаційних систем та технологій Полтавського державного  
аграрного університету, тел.: +380(53) 260 82 31



Підписано до друку 18.10.2021 р.  
Формат 60x84/16. Папір офсетний.  
Цифровий друк. Гарнітура Times.  
Ум. друк. арк. 8.37.  
Наклад 300. Замовлення № 1021-406.

Видавництво та друк: ОЛДІ-ПЛЮС  
вул. Паровозна, 46а, м. Херсон, 73034  
Свідоцтво ДК № 6532 від 13.12.2018 р.

Тел.: +38 (0552) 399-580, +38 (098) 559-45-45,  
+38 (095) 559-45-45, +38 (093) 559-45-45  
Для листування: а/с 20, м. Херсон, Україна, 73021  
E-mail: office@oldiplus.ua

