



International Science Group

JSG-KONF.COM

|  
INTERNATIONAL SCIENCE CONFERENCE  
ON MULTIDISCIPLINARY RESEARCH

Berlin, Germany  
January 19 – 21

ISBN 978-1-63684-352-0

DOI 10.46299/ISG.2021.I.I

**I INTERNATIONAL SCIENCE  
CONFERENCE ON  
MULTIDISCIPLINARY RESEARCH**

Abstracts of I International Scientific and Practical Conference

Berlin, Germany  
January 19 – 21, 2021

## Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

UDC 01.1

The I International Science Conference on Multidisciplinary Research, January 19 – 21, 2021, Berlin, Germany. 1102 p.

ISBN - 978-1-63684-352-0

DOI - 10.46299/ISG.2021.I.I

### EDITORIAL BOARD

Pluzhnik Elena	Professor of the Department of Criminal Law and Criminology Odessa State University of Internal Affairs Candidate of Law, Associate Professor
Liubchych Anna	Scientific and Research Institute of Providing Legal Framework for the Innovative Development National Academy of Law Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine, Scientific secretary of Institute
Liudmyla Polyvana	Department of Accounting and Auditing Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko, Ukraine
Mushenyk Iryna	Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Mathematical Disciplines , Informatics and Modeling. Podolsk State Agrarian Technical University
Oleksandra Kovalevska	Dnipropetrovsk State University of Internal Affairs Dnipro, Ukraine
Prudka Liudmyla	Odessa State University of Internal Affairs, Associate Professor of Criminology and Psychology Department
Slabkyi Hennadii	Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Health Sciences, Uzhhorod National University.
Marchenko Dmytro	Ph.D. in Machine Friction and Wear (Tribology), Associate Professor of Department of Tractors and Agricultural Machines, Maintenance and Servicing, Lecturer, Deputy dean on academic affairs of Engineering and Energy Faculty of Mykolayiv National Agrarian University (MNAU), Mykolayiv, Ukraine
Harchenko Roman	Candidate of Technical Sciences, specialty 05.22.20 - operation and repair of vehicles.

264.	Люклянчук К.М., Покарініна В.В. УТРИМУЮЧА ЗДАТНІСТЬ РОЗЧИННИКІВ	1036
265.	Мордвинцев Н.В., Демидов З.Г., Колмык О.А. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ПОИСКА ЦИФРОВЫХ ПРЕСТУПНИКОВ	1039
266.	Паневник Д.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СКВАЖИННЫХ СТРУЙНЫХ НАСОСОВ	1041
267.	Перемітько В.В., Лі М.А., Кривенцов Д.С. АДАПТИВНИЙ ПІДХІД ДО ВІДНОВЛЕННЯ НАВАНТАЖЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ШАРОВОГО МЛИНА	1044
268.	Перемітько В.В., Кривенцов Д.С., Лі М.А. ДИФЕРЕНЦІЙОВАНЕ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ВАЛКІВ ШАРОПРОКАТНОГО СТАНУ	1046
269.	Перемітько В.В., Задорожній Г.С. ФУТЕРУВАННЯ КУЗОВА АВТОСАМОСКИДА	1048
270.	Подорожняк А.О., Любченко Н.Ю., Оніщенко Д.П. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ НОМЕРІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	1051
271.	Похваленна О.О. КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ ДЛЯ СЕМАНТИЧНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ OSINT	1056
272.	Слюсар В.И., Ивко С.А. СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ОСНОВЕ ТЕНЗОРНО-МАТРИЧНОЙ ТЕОРИИ	1058
273.	Тимошенко Г.С., Данилко О.Г., Сагановська Л.А. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ПІД ЧАС ФОРМУВАННЯ РЕЙСУ	1064

## **СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ОСНОВЕ ТЕНЗОРНО-МАТРИЧНОЙ ТЕОРИИ**

**Слюсар Вадим Иванович,**

д.т.н., профессор  
Полтавский государственный аграрный университет

**Ивко Сергей Александрович,**

к.т.н.  
Полтавский государственный аграрный университет

Одним из путей преодоления ограничений существующих технологий машинного обучения является поиск новых структур и алгоритмов функционирования нейронных сетей. В этом контексте развитие систем искусственного интеллекта (ИИ) должно сопровождаться совершенствованием специального программного обеспечения. Такой подход особенно важен в связи с необходимостью интеграции вычислительных методов с нейросетями как возможного средства привития системам искусственного интеллекта элементов здравого смысла.

Одним из направлений развития соответствующих вычислительных методов является реализация возможностей тензорно-матричной теории искусственного интеллекта [1 - 3].

Целью доклада является обоснование путей совершенствования специального программного обеспечения нейросетей на основе внедрения алгоритмов реализации тензорно-матричных методов обработки данных.

Первой серьезной попыткой развития специального программного обеспечения тензорно-матричной теории стало направление Слюсарем В.И. в июле 1997 г. руководству компании MathSoft Inc. предложения по реализации семейства новых процедур торцевых произведений матриц [4 - 6] в виде встроенных функций пакета Mathcad. Фрагмент соответствующей электронной переписки с представителем MathSoft Стивеном Финчем (Steven Finch) представлен на рис. 1.

На тот момент Mathcad зарекомендовал себя в качестве популярного средства разработки и отладки специального программного обеспечения, так или иначе связанного с вычислениями на основе матричных операций. Однако небольшой набор матричных функций пакета Mathcad существенно ограничивал его возможности. Для реализации в Mathcad, к примеру, предложенного Слюсарем В.И. торцевого произведения приходилось применять специально разработанную подпрограмму (рис. 2). В частности, для двух матриц

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \text{ и } B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

указанная подпрограмма позволяет получить торцевое произведение вида:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \square \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

где  $\square$  – символ торцевого произведения матриц [4].

Dear Dr. Slyusar,  
 We have received your PDF file of new, unfamiliar matrix operations. Thank you for your proposal. We will study it carefully, as well as the potential engineering market for such operations.  
 Sincerely,  
 Steve Finch

At 02:55 PM 7/9/97 +0400, you wrote:  
 >Hello!  
 >I can be proposed 15 new matrix operations for Mathcad  
 >I send PDF-file with new operations of matrices.  
 >Sincerely,  
 >Dr. Vadim Slyusar  
 >  
 >Kiev, Ukraine, 253068  
 >swadim@777.com.ua  
 >  
 >Attachment Converted: "C:\EuAttach\Matrix.pdf"  
 >\*\*\*\*\*

Steven Finch  
 MathSoft, Inc.  
 101 Main St.  
 Cambridge, MA 02142  
 USA

sfinch@mathsoft.com  
 Favorite Mathematical Constants  
 Unsolved Mathematics Problems  
 MathSoft Math Puzzle Page  
<http://www.mathsoft.com/askolve/sfinch.html>

Рисунок 1. Фрагмент переписки с представителем MathSoft Inc. по поводу реализации 15 новых матричных операций в пакете Mathcad.

```
fase_split_product(A1, B1) :=
    p ← rows(A1)
    g ← cols(A1)
    pB1 ← rows(B1)
    if pB1 = p
        for i ∈ 0 .. p - 1
            c ← 0
            for j ∈ 0 .. g - 1
                for b ∈ 0 .. cols(B1) - 1
                    Ci,c ← A1i,j · B1i,b
                    c ← c + 1
            return C
    error("NOT CORRECT SIZE OF MATRIX") otherwise.
```

Рисунок 2. Вариант выполнения торцевого произведения в Mathcad.

К сожалению, дальнейшее развитие пакета Mathcad было свернуто, и поддержка разработчиками соответствующего программного обеспечения прекратилась. Это вынудило отказаться от планов по внедрению в Mathcad функции торцевого матричного умножения матриц и его модификаций.

Также не получило развития и аналогичное обращение к разработчикам компании MathWorks, продвигавшей на рынке специального программного обеспечения среду математических вычислений Matlab. Позиция MathWorks в лице её представителя Nabeel Azar свелась к предложению выложить на FTP-сервер компании вариант реализации торцевого произведения матриц с помощью уже существующих в Matlab функций (см. рис. 3). Например, это можно было сделать путём выполнения построчного произведения Кронекера, хотя на практике такое промежуточное решение было бы не столь удобным.

**От:** "Nabeel" <nabeel@mathworks.com>  
**Кому:** <swadim@777.com.ua>  
**Отправлено:** 7 июля 1999 г. 15:16  
**Тема:** Re: Case ID: 246511 15 new matrix operation  
Case ID: 246511

Hello,

You wrote:

| Please send my your comments for quality of PDF-file from June 25,  
| 1999

We received your suggestions for new matrix operations. If we're interested in pursuing these operations further, we'll let you know.

In the meantime, if you want to implement these operations in MATLAB, you can make this code available to other MATLAB users by placing it on our FTP site. This way users interested in using your matrix operations can access your code for doing so. There's more information on this at:

<http://www.mathworks.com/support/ftp/>

Good luck in your work!

Sincerely,

Nabeel

Рисунок 3. Ответ представителя компании MathWorks на предложение Слюсаря В.И. по поводу реализации новых матричных операций (1999 г.).

Лишь спустя полтора десятилетия назревшая потребность применения торцевого произведения матриц в задачах, связанных с использованием искусственного интеллекта, привела к ряду самостоятельных инициатив заинтересованных разработчиков по написанию соответствующих функций для языков программирования Java, R, Python и др. Примером тому являются дискуссии, состоявшиеся, например, на форумах системы Stack Overflow и портала GitHub, посвящённых библиотекам языка Python для вычислений с многомерными массивами данных NumPy, Theano, а также развитию научной библиотеки SciPy (см. [7]), относительно интеграции в Python произведения Хатри-Рао и торцевого произведения матриц (row-wise outer product of matrices) [7, 8]. В частности, в библиотеке NumPy торцевое произведение матриц может быть выполнено, согласно [7], на основе использования оператора “einsum” (рис. 4, [7]).

```

A = np.array([[1,1,1],[2,2,2]])
B = np.array([[3,3,3,3],[4,4,4,4]])
print np.einsum('xi,xj->xij', A, B)
[[[3 3 3 3]
  [3 3 3 3]
  [3 3 3 3]]

 [[8 8 8 8]
  [8 8 8 8]
  [8 8 8 8]]]

```

Рисунок 4. Вариант реализации торцевого произведения матриц в NumPy.

Таким образом, проявление интереса третьих лиц к решению проблемы использования торцевого произведения матриц в специальном программном обеспечении явилось свидетельством актуальности и востребованности соответствующего математического аппарата [9, 10]. Указанные направления его внедрения в специальное программное обеспечение нейросетей касаются не только интерпретаторов типа Python, но и языков программирования систем реального времени.

Вместе с тем, решение задачи развития специального программного обеспечения нейросетей не сводится к внедрению одной лишь процедуры торцевого умножения матриц. Дело в том, что данная операция является элементом целого семейства матричных процедур, призванных упростить алгоритмическую реализацию соответствующей обработки данных [4 – 6, 11]. В качестве следующего шага в этом направлении предлагается реализовать встроенную процедуру проникающего торцевого произведения, полезную при описании обработки данных в первом слое нейросетей [1, 2]. Согласно определению [5], предложенное Слюсарем В.И. в 1998 году проникающее торцевое произведение  $r \times g$ -матрицы  $A$  на блочную строку или блочный столбец  $B=[B_r]$  с  $R$  блоками одинаковой размерности  $r \times g$  можно представить в виде:

$$A \blacklozenge B = [A \circ B_r],$$

где  $A \circ B_r$  – поэлементное адамарово произведение.

Например, для матрицы  $B$ , представленной как блок-строка, получим [5]:

$$A \blacklozenge B = [A \circ B_r] = [A \circ B_1 \ \vdots \ A \circ B_2 \ \vdots \ \dots \ \vdots \ A \circ B_r \ \vdots \ \dots].$$

В качестве варианта реализации данной операции в библиотеке машинного обучения TensorFlow можно рассматривать задачу поэлементного умножения матрицы на вектор на основе свойств широковещательной передачи (broadcasting) [12, 13]. Для этого может быть использован встроенный в TensorFlow оператор “tf.multiply”(рис. 5, [13]). Однако, данный подход в отношении матриц не работает и требует предварительной векторизации матрицы меньшей размерности в сочетании с согласованной с ней векторизацией блоков блочной матрицы. Необходимая для этого процедура блочной векторизации описана в [11]. Существенно, что в силу свойства проникающего произведения [5]

$$b \blacklozenge A = A \blacklozenge b = b \square A,$$

вариант вычислений на рис. 5 соответствует также формированию торцевого произведения вектора и матрицы, согласованной с ним по количеству строк.



```

In [55]: M.eval()
Out[55]:
array([[1, 2, 3, 4],
       [2, 3, 4, 5],
       [3, 4, 5, 6]], dtype=int32)

In [56]: V.eval()
Out[56]: array([10, 20, 30], dtype=int32)

In [57]: tf.multiply(M, V[:,tf.newaxis]).eval()
Out[57]:
array([[ 10,  20,  30,  40],
       [ 40,  60,  80, 100],
       [ 90, 120, 150, 180]], dtype=int32)

In [58]: tf.multiply(V[:, tf.newaxis], M).eval()
Out[58]:
array([[ 10,  20,  30,  40],
       [ 40,  60,  80, 100],
       [ 90, 120, 150, 180]], dtype=int32)

```

Рисунок 5. Выполнение проникающего торцевого произведения вектора и матрицы средствами библиотеки TensorFlow.

Кроме того, для реализации построения многоуровневой иерархии нейросетей различной структуры представляет интерес использование в виде встраиваемых функций блочной операции торцевого произведения (символ  $\square$ ) и блочного произведения Хатри-Рао ( $\blacksquare$ ), предложенных в [4 - 6, 11]:

$$A \square B = [A_{nm} \square B_{nm}], \quad A \blacksquare B = [A_{nm} \blacksquare B_{nm}],$$

где  $\square$  – символ торцевого произведения,  $\blacksquare$  – произведение Хатри-Рао.

В заключение следует отметить, что при решении проблем совершенствования специального программного обеспечения ИИ необходимо принять во внимание также аппаратные аспекты его реализации. В этом ряду существенным является требование, чтобы спецпрограммы обработки данных могли быть реализованы в мобильных периферийных устройствах (Edge Computing) в масштабе времени, близком к реальному. Данный тренд обусловлен необходимостью миграции облачных технологий ИИ на оконечные устройства пользователей. Поэтому при выполнении блочных операций торцевого произведения и обобщённых торцевых произведений матриц [6, 11] в интересах обработки данных в многоуровневых иерархиях нейросетевых кластеров следует учитывать многоядерность архитектуры микропроцессорных средств реализации специального программного обеспечения [12]. Сказанное актуально также для специализированных тензорно-матричных вычислителей, развитие технологий которых активизировалось в последние несколько лет. Все это вместе взятое позволит упростить аппаратную реализацию специального программного обеспечения систем ИИ и обеспечит заметный прирост их быстродействия.

#### Список литературы

1. Слюсар В.И. Тензорно-матричная теория искусственного интеллекта. // Researchgate. - August 2020. - DOI: 10.13140/RG.2.2.24685.41448.// Материалы 63-й Всероссийской научной конференции МФТИ. 23 - 24 ноября 2020.
2. Слюсар В.І. Тензорно-матричні основи теорії штучного інтелекту. // XIII

науково-практична конференція “Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”. – Київ: ВІТІ. - 3 – 4 грудня 2020 р. - С. 251 - 252.

3. Слюсар В.И. Применение торцевого произведения матриц в задачах обработки естественного языка. //Збірник наукових праць XIX Міжнародної наукової конференції «Нейромережні технології та їх застосування НМТіЗ-2020». - Краматорськ: Донбаська державна машинобудівна академія. - 2020. - С. 156 - 162. - DOI: 10.13140/RG.2.2.31568.53762.

4. Слюсар В.И. Торцевые произведения матриц в радиолокационных приложениях. // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. – 1998. – Том 41, № 3. – С. 71 – 75.

5. Слюсар В. И. Семейство торцевых произведений матриц и его свойства. // Кибернетика и системный анализ. – 1999.- Том 35; № 3.- С. 379-384.- DOI: 10.1007/BF02733426

6. Слюсар В.И. Обобщенные торцевые произведения матриц в моделях цифровых антенных решеток с неидентичными каналами.//Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. – 2003. – Том 46, № 10. – С. 15 – 26.

7. Support column and row-wise outer products for sparse matrices #10487. - 19 July 2019. - <https://github.com/scipy/scipy/issues/10487>.

8. Theano: row-wise outer product between two matrices. – 2015. - <https://stackoverflow.com/questions/31573856/theano-row-wise-outer-product-between-two-matrices>.

9. Ahle, Thomas. Almost Optimal Tensor Sketch. // Researchgate. - 3 september 2019.

10. Bryan Bischof. Higher order co-occurrence tensors for hypergraphs via face-splitting. Published 15 February, 2020, Mathematics, Computer Science. - <https://arxiv.org/abs/2002.06285> ArXiv.

11. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Том. 2. Синтез средств информационного обеспечения вооружения и военной техники. / А.И. Миночкин, В.И. Рудаков, В.И. Слюсар. – Киев: Гранмна, 2012. – С. 7 – 98; 354 – 521.

12. Efficient element-wise multiplication of a matrix and a vector in TensorFlow. - 2015. - <https://stackoverflow.com/questions/34192229/efficient-element-wise-multiplication-of-a-matrix-and-a-vector-in-tensorflow>.

13. Tensorflow, how to multiply a 2D tensor (matrix) by corresponding elements in a 1D vector. – 2017. - <https://stackoverflow.com/questions/47817135/tensorflow-how-to-multiply-a-2d-tensor-matrix-by-corresponding-elements-in-a>

14. Слюсар В.И. Многоядерная архитектура. Проблемные аспекты. // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2007. - № 1. – С. 92 - 97.