

## МОДИФІКАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ БАЙЄСІВСЬКИХ ПРОЦЕДУР РОЗПІЗНАВАННЯ ДО ЗАПАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ГЛІОМАХ, МЕТАСТАЗАХ ТА МЕНІНГІОМАХ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ШВИДКОСТІ ОСІДАННЯ ЕРИТРОЦИТІВ

**Вступ.** Гліоми – злоякісні пухлини головного мозку, які в процесі зросту прогресують, переходячи з менш злоякісних форм у більш злоякісні. Як правило, доброякісні пухлини зростають повільно, вони менш руйнівні для здорової тканини мозку, водночас як злоякісні пухлини швидко вражають її. Відповідно до класифікації гліоми розрізняють за ступенями злоякісності. Гліоми I та II ступеня вважаються умовно доброякісними, III та IV ступеня вважаються злоякісними. (Аналіз гліом I ступеня в цій роботі не проводиться через відсутність даних).

Метастази у головний мозок – клітинні утворення з первинного позамозкового пухлинного осередка, які мігрують у головний мозок та формують у ньому багато осередків злоякісного росту. Метастази є більш злоякісними у порівнянні з гліомами.

Менінгіоми – позамозкові пухлини, що ростуть з клітин павутинних мозкових оболонок, оточуючих головний мозок. У більшості випадків радикальне видалення менінгіом забезпечує одужання та знижує ризик повторного утворення пухлини практично до нуля, хоча бувають випадки прогресії менінгіом до злоякісних форм.

При комплексному лікуванні гліом та метастазів (хірургічне втручання, променева та хіміотерапія) середня тривалість життя складає один рік у 68 % пацієнтів, у 24 % – не більше двох років, та у 5 % – не більше трьох років.

Проблема лікування злоякісних гліом та метастазів є однією з актуальних у сучасній нейрохірургії та потребує нових методів діагностики в доопераційному та післяопераційному періодах.

В клінічній практиці, при багатьох захворюваннях, для виявлення запальних процесів, широко використовується метод швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ). Це показник осідання еритроцитів (клітинного складу крові), який фіксується на 60 хвилини

*Описується модифікація застосування байєсівських процедур розпізнавання до показників швидкості осідання еритроцитів при гліомах, метастазах та менінгіомах для випадку розподілення випадкової величини з однією незалежною ознакою. Підвищена ефективність розпізнавання за рахунок аналізу нової структури даних, яка базується на показниках швидкості осідання еритроцитів.*

**Ключові слова:** байєсівська процедура розпізнавання, гліоми, метастази, менінгіоми, швидкість осідання еритроцитів.

при кімнатній температурі. Нормою зазвичай вважається діапазон осідання 2 – 18 мм. Якщо показник ШОЕ вище, то у такому випадку вважається, що у пацієнта є запальний процес в організмі. Слід сказати, що підвищене ШОЕ у пацієнтів з гліомами та метастазами згідно наших даних є лише у 25 % пацієнтів [1]. Тобто, звичайне ШОЕ не є індикатором запальних процесів при цих захворюваннях.

В цій роботі використовуються показники модифікованої швидкості осідання еритроцитів (МШОЕ), які з використанням сучасних процедур розпізнавання дали змогу з високою ймовірністю визначити запальні процеси при гліомах та метастазах. Основні моменти в модифікації щодо існуючої ШОЕ є: фіксація осідання еритроцитів у динаміці через кожні 5 хвилин до 90 хв включно та зняття максимального осідання через добу, додавання у кров певних фармакологічних домішок, таких як верапаміл, NaATФ, моваліс, кетамін та інших, причому ці речовини розводяться у різних концентраціях з водою в 1:10, 1:100 разів і т. д. В результаті такої модифікації та використання оптимальних процедур розпізнавання МШОЕ став більш чутливим для виявлення запальних процесів при таких захворюваннях, як гліоми головного мозку та метастази у головний мозок [1 – 6].

Слід зазначити, що за останні роки отримано нові дані МШОЕ. В роботах [1 – 6] виділені такі фармакологічні препарати, як верапаміл (1:1), моваліс (1:10) та NaATФ (1:1), які на той час дозволяли виявляти запальні процеси з ймовірністю близько 80 %. Тому було вирішено використати для аналізу показників МШОЕ дані з різними концентраціями цих препаратів, а саме: розведення в 1:1, 1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000, 1:100000, 1:1000000 разів. Крім зазначених препаратів, використовувались також кетамін та інші.

**Алгоритм розпізнавання на основі байєсівських процедур.** У роботі [7] показано, що для аналізу показників МШОЕ з однією незалежною ознакою на основі дискретних розподілів МШОЕ було введено термін КП (комплексний параметр). Цей КП характеризується: класами, які розпізнаються (наприклад, клас «Здорових» та клас «Гліоми IV ступеня»), розведений фармпрепарат, наприклад, верапаміл з концентрацією 1:100, хвилина зняття МШОЕ, наприклад 35, інтервал розвитку діапазона можливих значень МШОЕ, наприклад 10мм,  $S$  або  $V$  показники МШОЕ [7] ( $S$  – показник МШОЕ на певну хвилину,  $V$  – показник МШОЕ, який отримується за рахунок різниці між показником МШОЕ  $S$  певної хвилини та показником МШОЕ  $S$  попередньої хвилини), дискретний розподіл показників МШОЕ (рис. 1), ймовірності розпізнавання класів.

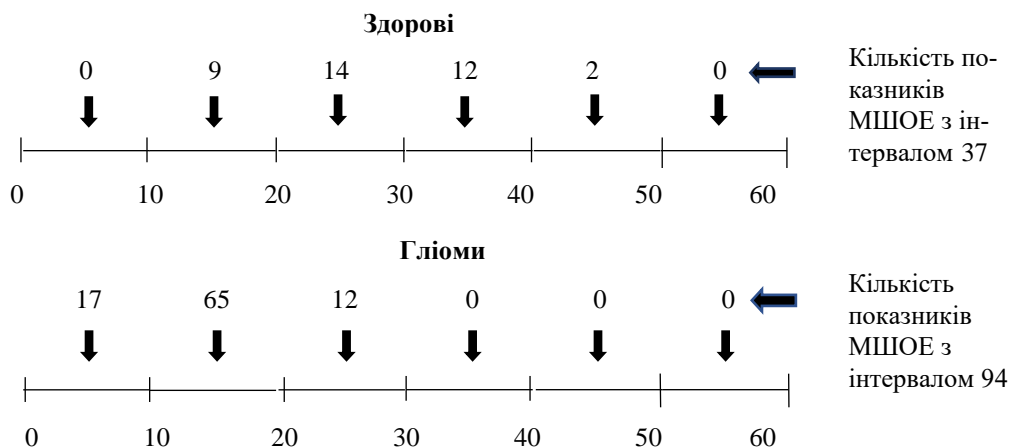


РИС. 1. Комплексний параметр розподілів показників МШОЕ з інтервалом 10 мм

Процедура розпізнавання базується на формулі Байеса:

$$P(f = i | x_1) = \frac{P(x_1 | f = i)P(f = i)}{P(x_1)}, \quad i = \{\text{Здорові, Гліоми IV}\}. \quad (1)$$

Якщо замість ймовірностей у формулі (1) підставляти частотні розподіли на базі існуючої вибірки, то відповідно до [7] маємо:

$$A(x_1 = j) = \left\{ \begin{array}{l} \text{Здорові, } m_{j3} > m_{jIV} \\ \text{Гліоми IV, } m_{j3} < m_{jIV} \\ \text{Невідомий, } m_{j3} = m_{jIV} \end{array} \right\}, \quad (2)$$

де  $A(x_1 = j)$  – стан об’єкта, що досліджується (Здоровий або Гліома IV ступеня),  $j$  – номер інтервалу, в який попадає показник МШОЕ,  $m_{j3}$  – кількість показників МШОЕ, які потрапили у  $j$  інтервал,  $m_{jIV}$  – кількість показників МШОЕ, які потрапили в  $j$ -й інтервал.

Тобто, згідно з (2) для того, щоб оцінити ефективність роботи байєсівської процедури розпізнавання (БПР) достатньо, просто порівняти кількість показників, які потрапляють у певні інтервали (рис. 1). При цьому слід зазначити, що при порівнянні цих кількостей, кількість МШОЕ у інтервалі класу, що розпізнається, слід зменшувати на 1 [7]. Таким чином, виключаємо аналіз із загальної вибірки. Якщо візьмемо перший та другий інтервали МШОЕ для гліом IV ступеня, відмічаємо, що 17 – 1 більше 0, 65 – 1 більше 9. Інші інтервали для гліом IV мають меншу кількість у порівнянні з класом «Здорові». Тобто, маємо 82 чітко розпізнаних аналізів з загальною кількістю 94 – 87,2 % – ефективність розпізнавання. Якщо зробимо такі ж порівняння щодо класу «Здорові», то бачимо, що правильно розпізнаються 14 + 12 + 2 = 28 з загальною кількістю 37 аналізів, тобто маємо ефективність розпізнавання – 75,7 %.

Зазначимо, що окрім  $S$  або  $V$  показників МШОЕ в цій роботі розглядаються дані, які отримуються наступним чином: фіксується МШОЕ  $S$  певної хвилини, наприклад, 50 та МШОЕ  $S$  на 40 хвилині, та береться різниця між цими показниками і на базі цих різниць формуємо процедури розпізнавання (якщо б ми взяли 45 хвилину, то отримали б показник МШОЕ  $V$ ), потім ми беремо різниці показників між 50 та 35 хвилинами, між 50 та 30 і т. д., до різниці між 50 та 5 хвилинами. Такі показники МШОЕ отримуються для діапазона хвилин зняття з 15 хвилин по 90, та добовий показник МШОЕ. Умовно позначимо ці показники МШОЕ  $V_{m,n}$  ( $m$  – показники МШОЕ  $S$  на певній хвилині,  $n$  – показник МШОЕ  $S$  на хвилині, щонайменше менша на 10 хвилин щодо  $m$ ).

**Результати.** Оптимальні результати розпізнавання наведемо у табл. 1 і 2.

ТАБЛИЦЯ 1. Розпізнавання здорових щодо гліом та метастазів

<b>Здорові – Гліоми II</b>			
МШОЕ $S$ або $V$		$V_{m,n}$	
NaATФ 1:1000	<b>73,68 %</b>	NaATФ 1:1000	73,68 %
Верапаміл 1:1	71,66 %	Верапаміл 1:1000	<b>78,26 %</b>
Моваліс 1:10	71,18 %	Моваліс 1:10	72,13 %
$CaCl_2(0,1\%)$	70,27 %	$CaCl_2(0,1\%)$	77,41 %
<b>Здорові – Гліоми III</b>			
МШОЕ $S$ або $V$		$V_{m,n}$	
NaATФ 1:1	75,51%	NaATФ 1:10	78,12 %
Верапаміл 1:1	73%	Верапаміл 1:1	73,03 %
Моваліс 1:10	76,6 %	Моваліс 1:10	76,27 %
$CaCl_2(0,1\%)$	<b>77,41 %</b>	$CaCl_2(0,1\%)$	<b>80 %</b>

Закінчення табл. 1

Здорові – Гліоми IV			
МШОЕ S або V		Vm,n	
NaATФ 1:1000	73,68 %	NaATФ 1:1	75,86 %
Верапаміл 1:1	71,84 %	Верапаміл 1:1000	73,91 %
Моваліс 1:10	<b>77,77 %</b>	Моваліс 1:10	<b>78,7 %</b>
CaCl <sub>2</sub> (0,1 %)	77,41	CaCl <sub>2</sub> (0,1 %)	77,45
Здорові - Метастази			
МШОЕ S або V		Vm,n	
NaATФ 1:1	83,67 %	NaATФ 1:10	<b>88,23%</b>
Верапаміл 1:1000	82,6 %	Верапаміл 1:10	82,6%
Моваліс 1:10	82,92 %	Моваліс 1:100	83,33%
CaCl <sub>2</sub> (0,1 %)	<b>85,41 %</b>	CaCl <sub>2</sub> (0,1 %)	80,64%
Здорові – Менінгіоми I			
МШОЕ S або V		Vm,n	
Вода	79,68	Вода	<b>83,33 %</b>
Верапаміл 1:100	<b>82,35</b>	Верапаміл 1:1000	78,94

Якщо порівняти показники розпізнавання (табл. 1) між КП МШОЕ S або V до КП отриманих за рахунок показників Vm,n, то видно, що КП на основі Vm,n дають збільшення розпізнавання приблизно на 3 %.

При порівнянні розпізнавання за рахунок змінення концентрацій верапамілу, NaATФ та мовалісу видно, що лише у 30 % відсотках випадків ми маємо покращення результатів розпізнавання. Звернемо увагу, що у випадку розпізнавання класу «Здорових» від класу «Гліоми II ступеня» підвищення розпізнавання складає майже 5 % та досягає 78 %. Також відмітимо розпізнавання менінгіом I ступеня щодо здорових з застосуванням води, яке досягло значення у 83,3 %.

Зазначимо, що максимальна ефективність розпізнавання у 88,23 % досягнута для NaATФ 1:10 щодо метастазів.

**Диференційна діагностика.** Для отримання результатів розпізнавання при диференційній діагностиці розпізнавались черепно-мозкові травми середньої тяжкості (ЧМТ) щодо гліом, метастазів та менінгіом. В табл. 2 наведені результати такого розпізнавання.

ТАБЛИЦЯ 2. Розпізнавання ЧМТ щодо гліом, метастазів та менінгіом

ЧМТ – Гліоми II			
МШОЕ S або V		Vm,n	
Кетамін 1:100	72,97 %	Кетамін 1:10000	75
Верапаміл 1:100	75 %	Верапаміл 1:10000	81,25 %
Аміназін	<b>85 %</b>	Аміназін	<b>89,47 %</b>
ЧМТ – Гліоми III			
Кетамін 1:100000	70%	Кетамін 1:100000	<b>75 %</b>
Метрогіл	<b>75%</b>	-	-
ЧМТ – Гліоми IV			
МШОЕ S або V		Vm,n	
Кетамін 1:100000	70%	Верапаміл 1:100	71,42 %
Цисплатин	<b>73,68%</b>	Метрогіл	<b>75 %</b>
ЧМТ – Метастази			
МШОЕ S або V		Vm,n	
Кетамін 1:100000	<b>80 %</b>	Кетамін 1:100000	<b>80 %</b>
Верапаміл 1:100	75 %	Верапаміл 1:100	75 %
-	-	NaATФ 1:1	71,15

Закінчення табл. 2

ЧМТ – Менінгіоми I			
МШОЕ $S$ або $V$		$V_{m,n}$	
Верапаміл 1:100	71,42 %	Верапаміл 1:1000	78,94 %
–	–	Кетамін 1:10	78,26 %

Аналізуючи дані табл. 2 зазначимо, що з підвищенням концентрації води у таких фармпрепаратах, як кетамін та верапаміл, маємо підвищення розпізнавання ефективність (БПР). Цікавим є випадок розпізнавання ЧМТ щодо гліом II ступеня із застосуванням аміназіна. Ефективність розпізнавання в цьому випадку досягає майже 90 %. Це максимальна ефективність розпізнавання в цій статті (89,47 %).

**Висновки.** Основним моментом змінення використання БПР до показників МШОЕ є аналіз показників  $V_{m,n}$ , який отримується як різниця між показниками МШОЕ  $S$  на хвилині  $m$  та МШОЕ  $S$  на хвилині  $n$ . Різниця між самими хвилинами зняття  $m$  та  $n$  не менша 10 хвилин. За рахунок цього отримано багато нових показників МШОЕ, які до цього не аналізувались. В порівнянні з показниками МШОЕ  $S$  та  $V$ , які використовувались в цій роботі та роботах [1 – 7] ефективність розпізнавання класу здорових щодо класів з гліомами, метастазами та менінгіомами підвищилась у середньому на 3 %. У випадку з ЧМТ на 4 %. Максимальна ефективність у комбінаціях здорові щодо хворих досягнута у випадку з метастазами та дорівнює 88,23 % для NaATФ 1:10. При аналізі ЧМТ щодо гліом та інших максимум є у випадку з гліомами II ступеня та досягає 89,47 % для аміназіна.

Якщо проаналізувати вплив зміни концентрацій розбавлення водою таких препаратів як NaATФ, верапаміл, моваліс та кетамін, то в 30 % при розпізнаванні здорових щодо хворих це дає підвищення розпізнавання. У випадку з ЧМТ зміна концентрацій цих рідин теж призводить до підвищення розпізнавання. Тобто, для розробки прогнозу стану пацієнтів слід комбінувати найкращі результати розпізнавання, отриманих у цій роботі.

Слід також зазначити, що аналіз показників МШОЕ є допоміжним інструментом у діагностиці гліом, метастазів та менінгіом, тому що МШОЕ є індикатором саме запальних процесів, тобто це не означає, що підвищене МШОЕ засвідчує наявність зазначених захворювань. Але у випадках, коли такими методами діагностики, як комп'ютерна томографія та магнітнорезонансна томографія, неможливо встановити діагноз пацієнта, показники МШОЕ стають ефективним допоміжним методом діагностики. Також МШОЕ є ефективним індикатором повторного росту пухлин головного мозку в пацієнтів у післяопераційному періоді.

#### Список літератури

1. Гридина Н.Я., Гупал А.М., Сергиенко И.В., Тарасов А.Л. Анализ показателей скорости оседания эритроцитов при глиомах головного мозга. *Проблемы управления и информатики*. 2007. № 6. С. 127–134.
2. Сергиенко И.В., Гридина Н.Я., Гупал А.М., Тарасов А.Л. Применение байесовской процедуры распознавания по показателям скорости оседания эритроцитов при глиомах головного мозга. *Проблемы управления и информатики*. 2009. № 1. С. 35–39.
3. Палагин А.В., Гридина Н.Я., Гупал А.М., Тарасов А.Л. Автоматизированная система анализа показателей скорости оседания эритроцитов при глиомах головного мозга. *Проблемы управления и информатики*. 2009. № 3. С. 136–143.
4. Сергиенко И.В., Гридина Н.Я., Гупал А.М., Тарасов А.Л. Байесовская процедура распознавания глиом головного мозга. *Проблемы управления и информатики*. 2009. № 5. С. 150–155.
5. Гридина Н.Я., Гупал А.М., Тарасов А.Л. Сравнительный анализ методов распознавания воспалительных процессов при глиомах головного мозга. *Проблемы управления и информатики*. 2010. № 3. С. 124–129.
6. Гридина Н.Я., Вагис А.А., Тарасов А.Л. Процедуры распознавания на байесовских сетях для показателей скорости оседания эритроцитов. *Компьютерная математика*. 2013. № 2. С. 97–104.  
<http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/84753>

7. Гридина Н.Я., Гупал А.М., Тарасов А.Л. Байесовские процедуры распознавания воспалительных процессов при глиомах головного мозга. *Кибернетика и системный анализ*. 2017. № 3. С. 41–48.  
<http://www.kibernetika.org/PDFsE/2017/03/4.pdf>

Одержано 20.04.2021

**Тарасов Андрій Леонтійович,**

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ,  
[freearcher@ukr.net](mailto:freearcher@ukr.net)

**Гупал Анатолій Михайлович,**

чл.-кор. НАН України, доктор фіз.-мат. наук, професор, завідуючий відділом  
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ,  
[gupalanatol@gmail.com](mailto:gupalanatol@gmail.com)

**Гридіна Ніна Яківна,**

кандидат медичних наук, ведучий науковий співробітник, завідувач лабораторії  
ДУ «Інститут нейрохірургії ім. академіка А.П. Ромоданова» НАМН України, Київ.  
[gridinanina@ukr.net](mailto:gridinanina@ukr.net)

MSC 60G05

A.L. Tarasov <sup>1\*</sup>, A.M. Gupal <sup>1</sup>, N.Ya. Gridina <sup>2\*</sup>

## **Modification of the Use of Bayesian Recognition Procedures for Inflammatory Processes in Gliomas, Metastasis and Meningiomas by Indicators of Erythrocyte Sedimentation Rate**

<sup>1</sup> V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine, Kyiv

<sup>2</sup> A.P. Romodanov Institute of Neurosurgery of NAS of Ukraine, Kyiv

\* Correspondence: [freearcher@ukr.net](mailto:freearcher@ukr.net), [gridinanina@ukr.net](mailto:gridinanina@ukr.net)

**Introduction.** The article discusses the application of Bayesian recognition procedures with one independent feature in relation to the erythrocyte sedimentation rate data taken from patients with gliomas, metastases, meningiomas, traumatic brain injury and from a group of healthy people.

**Purpose of the article.** Analysis of erythrocyte sedimentation rate indicators using optimal recognition procedures.

**Results.** In earlier articles by the authors, a similar work was described, however, due to the fact that the erythrocyte sedimentation rate was measured in different concentrations of pharmaceuticals and due to the receipt of new data structures, it was possible to increase the efficiency of the recognition procedures by 3-4%. The maximum recognition efficiency of almost 90% was achieved in the differential diagnosis of gliomas in relation to traumatic brain injury and the use of a substance supplemented with chlorpromazine. When recognizing inflammatory processes in patients with metastases in relation to a group of healthy people, the efficiency of the recognition procedure was 88% using NaATF with a dilution of 1:10. We also note a 4% increase in the recognition efficiency of conditionally benign grade II gliomas, i.e. the efficiency of recognition of the development of gliomas in the early stages increased. Also in this work, it was possible to identify inflammatory processes in benign extracerebral tumors - meningiomas. The effectiveness of this recognition in relation to a group of healthy people was 83%.

**Conclusions.** New results of recognition of inflammatory processes in brain gliomas have been obtained, on the basis of which an auxiliary diagnostic tool has been improved in gliomas, metastases and meningiomas. This diagnostic method becomes especially valuable in cases where modern imaging diagnostic methods are not able to determine the presence of a tumor in a patient, as well as in the postoperative period with indulgent tumor growth.

**Keywords:** Bayesian recognition procedure, gliomas, metastases, meningiomas, erythrocyte sedimentation rate, complex parameter.