

ВИКОРИСТАННЯ БАЙЄСІВСЬКИХ ПРОЦЕДУР РОЗПІЗНАВАННЯ З НЕЗАЛЕЖНИМИ ОЗНАКАМИ ДО ЗАПАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ГЛІОМАХ, МЕТАСТАЗАХ ТА МЕНІНГІОМАХ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ШВИДКОСТІ ОСІДАННЯ ЕРИТРОЦИТІВ

Вступ. На сьогодні проблема лікування гліом та метастазів у головний мозок – актуальна тому, що являються не виліковними захворюваннями. Гліоми – основний різновид пухлин головного мозку, які в процесі зросту прогресують, переходячи з менш злоякісних форм у більш злоякісні. Відповідно до класифікації гліоми розрізняють по ступеням злоякісності. Гліоми I та II ступенів вважаються умовно доброякісними. Гліоми III та IV ступенів вважаються злоякісними. (Аналіз гліом I ступеню 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.

Лікування злоякісних гліом та метастазів одна з актуальних проблем у сучасній нейрохірургії, яка потребує нових методів діагностики в доопераційному та післяопераційному періодах.

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

Робота описує застосування байєсівських процедур розпізнавання з незалежними ознаками до показників швидкості осідання еритроцитів при гліомах, метастазах та менінгіомах. Як незалежні ознаки постають рідини домішки, що додаються в кров. Побудована більш ефективна модель, що дала змогу значно підвищити розпізнавання запальних процесів щодо моделі, яка застосовувала лише одну ознаку – рідину домішку.

Ключові слова: байєсівська процедура розпізнавання з незалежними ознаками, Гліоми, метастази, менінгіоми, швидкість осідання еритроцитів.

при кімнатній температурі. Нормою зазвичай вважається діапазон осідання 2 – 18 мм. Якщо показник ШОЕ вище, то в 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 продовжується аналіз показників МШОЕ (модифікована швидкість осідання еритроцитів), які з використанням сучасних процедур розпізнавання з незалежними ознаками значно підвищили ефективність своєї роботи щодо результатів отриманих в [2]. Основні моменти в модифікації щодо існуючого ШОЕ є: фіксація осідання еритроцитів у динаміці через кожні 5 хв. 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 до 1:1000000. В результаті такої модифікації та використання оптимальних процедур розпізнавання з незалежними ознаками МШОЕ став більш чутливим для виявлення запальних процесів при таких захворюваннях, як гліоми головного мозку та метастази у головний мозок [2].

Алгоритм розпізнавання на основі байєсівських процедур з однією ознакою. У попередніх роботах авторів [2, 3] 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 «Гліоми III» та клас «Гліоми IV»), розведеним фармпрепаратом, наприклад, верапаміл з концентрацією 1:100000, хвилини зняття МШОЕ, наприклад, 75 та 30 (кількість таких комбінацій щодо попередніх хвилин зняття МШОЕ для 75 хвилини складає 15: 75 та 70 хв., 75 та 65 хв. і так до 0), інтервал розбиття діапазону можливих значень МШОЕ, наприклад, 7.6 мм (показники МШОЕ отримуються, як різниця показника МШОЕ на 75 хвилині щодо показника МШОЕ на 30 хвилині), дискретний розподіл показників МШОЕ (рис. 1), ймовірності розпізнавання класів (Гліоми III – 79,41 %, Гліоми IV – 78,26 %).

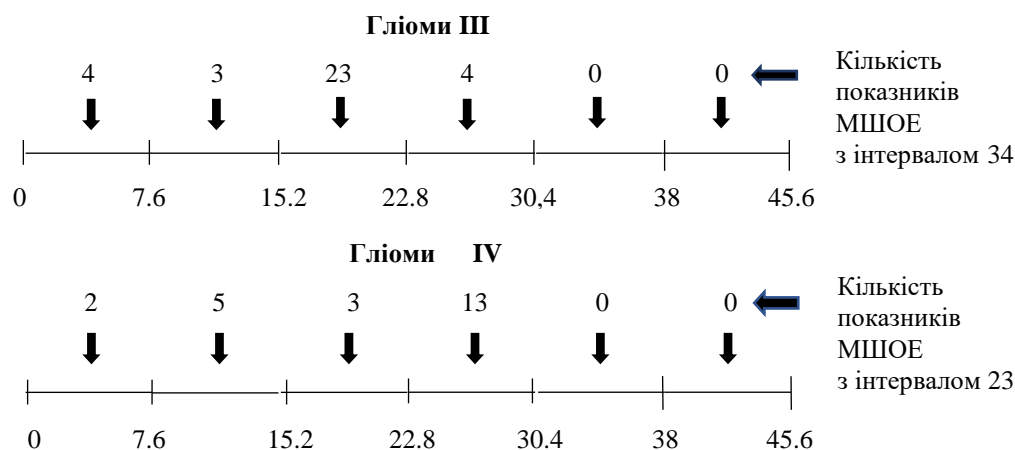


РИС. 1. Комплексний параметр розподілів показників МШОЕ з інтервалом 7.6 мм

Процедура розпізнавання з однією ознакою базується на формулі Байєса:

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

Якщо замість ймовірностей у формулі (1) підставляти частотні розподіли на базі існуючої вибірки, то відповідно до [2, 3] маємо:

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

де $A(x_1 = j)$ – стан об'єкта, що досліджується (Гліома III або Гліома IV ступеня), j – номер інтервалу, в який попадає показник МШОЕ, m_{jIII} – 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 БПР достатньо, просто порівняти кількість показників, які потрапляють в певні інтервали (рис. 1).

Використання байєсівських процедур розпізнавання з незалежними ознаками. В роботі [3] зроблена подібна спроба такого використання коли брали комплексний параметр (КП) від різних рідин домішок (кожна окрема рідина і є незалежною ознакою для байєсівської процедури). Але у попередніх роботах авторів аналізувались такі показники МШОЕ, які позначались показник МШОЕ S (показник МШОЕ на певну хвилину зняття) та показник МШОЕ V (різниця показника МШОЕ певної хвилини щодо показника МШОЕ першої попередньої хвилини). В цій же роботі як і в [2] береться більш широкий спектр показників МШОЕ коли для якоїсь певної хвилини МШОЕ беруться всі можливі комбінації щодо всіх попередніх хвилин зняття МШОЕ. Показники МШОЕ кожної комбінації отримуються як різниця показника МШОЕ певної хвилини та попередньої хвилини. В роботі [2] такі показники МШОЕ були позначені $V_{m,n}$, де m – якась хвилинка зняття МШОЕ, n – будь-яка попередня хвилинка включаючи 0 хвилинка (зазначимо, що для $V_{m,n}$, коли n дорівнює 0 – показник МШОЕ S [3], а коли n перша попередня хвилинка щодо m – показник МШОЕ V [3]). Такий підхід дав більш широкий спектр аналізуємих даних за рахунок чого вдалося значно покращити розпізнавання.

Процедура розпізнавання з незалежними ознаками базується на наступній формулі Байєса:

$$P(f = i | x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{P(x_1, x_2, \dots, x_n | f = i)P(f = i)}{P(x_1, x_2, \dots, x_n)}, \quad i = \{\text{Гліоми III, Гліоми IV}\}. \quad (3)$$

Зазначимо, що при використанні нами цієї формули всі ймовірності в ній замінюються частотами з навчальної вибірки. $P(x_1, x_2, \dots, x_n | f = i)$ – це добуток частот подій x_1, x_2, \dots, x_n для класу i ; $P(f = i)$ – частота появи класу i у всій навчальній вибірці; $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – добуток частот подій x_1, x_2, \dots, x_n для всієї навчальної вибірки; x_1, x_2, \dots, x_n – комбінації КП (рис. 1) від різних рідин домішок; i – діагнози, що розпізнаються.

Пояснимо роботу байєсівської процедури на базі рис. 2. Розпізнаються поміж собою Гліоми III та IV ступенів. Як незалежні ознаки взяті КП для верапамілу (1:100000), води та кетаміну 1:1000. Кількість аналізів для Гліом III дорівнює 34, для Гліом IV – 23. Слід зазначити, що в кожному аналізі який розпізнається присутні одразу всі три рідини домішки. Для верапамілу 1:100000 беремо різницю показників МШОЕ між 75 хв. та 30 хв., для води між 55 хв. та 30 хв., для кетаміну 1:1000 між 35 хв. та 25 хв.. Крок розбиття діапазону значень МШОЕ для верапамілу 1:00000 – 7.6 мм, води – 3.2 мм та для кетаміну 1:1000 – 1.9 мм. Ефективності розпізнавання кожної окремої рідини відповідно до (2) та рис. 2 складають: верапамілу 1:100000 – 78,26 %, вода – 70,58 %, кетаміну 1:1000 – 47,82 %. Завдання є таким, щоб ефективність розпізнавання комбінації КП була більшою щодо верапамілу (78,26 %). Ефективність розпізнавання комбінації КП для рис. 2 склала 86,95 %.

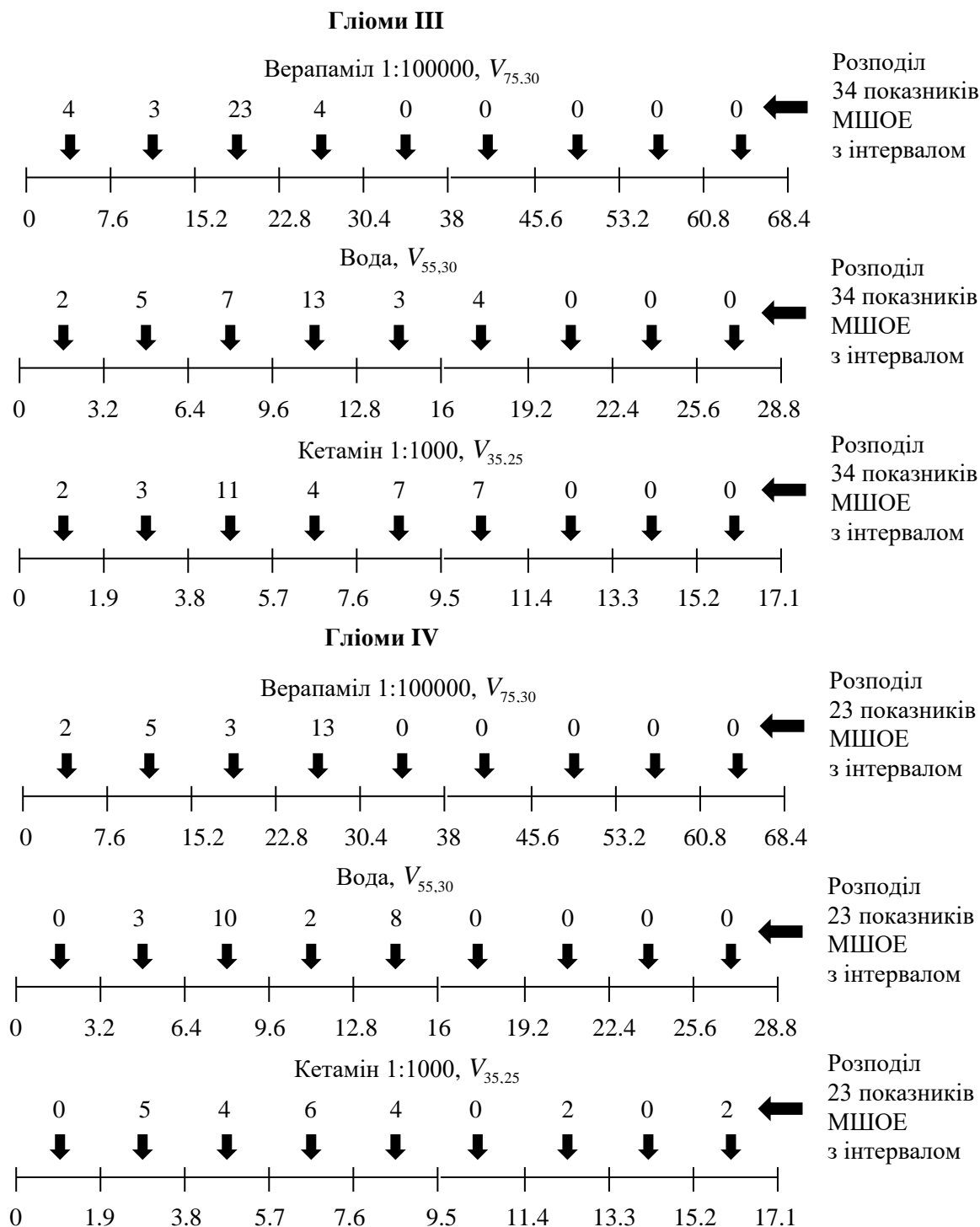


РИС. 2. Дискретний розподіл показників МШОЕ для трьох незалежних ознак байєсівської процедури

Відповідно до формули (3), при потраплянні, наприклад, на вхід навчальної вибірки трьох показників МШОЕ для верапамілу 1:100000 – 10 мм (другий інтервал на рис. 2), води – 14 мм (п'ятий інтервал на рис. 2) та кетаміну 1:1000 – 3 мм (другий інтервал на рис. 2), кожен з класів (Гліюми III та IV) дає свою відповідь. Стан дослідження відповідає максимальному з двох. Для рис. 2 формула (3) набуває наступний вигляд:

$$P(f = i | x_1, x_2, x_3) = \frac{P(x_1, x_2, x_3 | f = i)P(f = i)}{P(x_1, x_2, x_3)}, \quad i = \{\text{Гліюми III, Гліюми IV}\}. \quad (4)$$

Замінюємо в (4) ймовірності відповідними частотами ураховуючи наші показники МШОЕ та ще той факт, що при порівнянні відповідей наших класів знаменник в (4) один й той же і відповідно скорочується.

$$P(x_1, x_2, x_3)P(f = i) = \begin{cases} \frac{m_{2верIII} m_{5водаIII} m_{2кетIII} m_{III}}{m_{III} m_{III} m_{III} m_{III} + m_{IV}}, & \text{Гліюми III} \\ \frac{m_{2верIV} m_{5водаIV} m_{2кетIV} m_{IV}}{m_{IV} m_{IV} m_{IV} m_{III} + m_{IV}}, & \text{Гліюми IV} \end{cases}, \quad (5)$$

де $m_{2верIII}$, $m_{5водаIII}$, $m_{2кетIII}$ – кількості показників МШОЕ, які потрапили у другий інтервал верапамілу, п'ятий інтервал води та другий інтервал кетаміну (рис. 2) класу Гліюми III, $m_{2верIV}$, $m_{5водаIV}$, $m_{2кетIV}$ – кількості показників МШОЕ, які потрапили у другий інтервал верапамілу, п'ятий інтервал води та другий інтервал кетаміну (рис. 2) класу Гліюми IV, m_{III} , m_{IV} – кількість аналізів для класів Гліюм III та IV, відповідно.

Ураховуючи, що відповіді обох класів порівнюються маємо наступний вигляд формули (5):

$$P(x_1, x_2, x_3)P(f = i) = \begin{cases} \frac{m_{2верIII} m_{5водаIII} m_{2кетIII}}{m_{III}^2}, & \text{Гліюми III} \\ \frac{m_{2верIV} m_{5водаIV} m_{2кетIV}}{m_{IV}^2}, & \text{Гліюми IV} \end{cases}. \quad (6)$$

Тобто формула (2) набуває узагальнений вигляд

$$A(x_1 = j_1, \dots, x_n = j_n) = \left\{ \begin{array}{l} \text{Гліюми III, } \frac{1}{m_{III}^{n-1}} \prod_n m_{j_{III}^n} > \frac{1}{m_{IV}^{n-1}} \prod_n m_{j_{IV}^n} \\ \text{Гліюми IV, } \frac{1}{m_{IV}^{n-1}} \prod_n m_{j_{IV}^n} > \frac{1}{m_{III}^{n-1}} \prod_n m_{j_{III}^n} \\ \text{Невідомий, } \frac{1}{m_{IV}^{n-1}} \prod_n m_{j_{IV}^n} = \frac{1}{m_{III}^{n-1}} \prod_n m_{j_{III}^n} \end{array} \right\}. \quad (7)$$

Відповідно до (7) маємо, що відповідь класу Гліюми III складає 0.79, а відповідь класу Гліюми IV складає 8.69, тобто об'єкт дослідження належить до Гліюм IV ступеня.

Особливість роботи програмного комплексу, що був розроблений із використанням описаного алгоритму полягає у тому, що з початку виділяються всі комбінації діагнозів (у нашому випадку Гліоми III та IV ступенів, а можуть бути Гліоми III, IV ступенів, метастази і т. д.). Потім для кожної окремої комбінації діагнозів виділяються можливі комбінації рідин домішок (згідно рис. 2 це верапаміл 1:100000, вода, кетамін 1:1000). Для кожної окремої рідини домішки виділяються КП, які дають найкращі результати розпізнавання. Причому не обов'язково ефективність роботи КП повинна бути високою (ефективність КП кетаміну 1:1000 для рис. 2 складає 47,82 %). Далі виділяються комбінації цих КП по одному від кожної рідини домішки та запускається алгоритм байєсівської процедури, який описано вище. Ефективність комбінації КП повинна бути кращою щодо всіх КП рідин домішок комбінації.

Результати. В табл. 1 наведені порівняння щодо результатів, що отримані в [2]. Комбінації діагнозів: здорові або черепно-мозковий струс (ЧМС) щодо гліом, метастазів у головний мозок та менінгіом I.

ТАБЛИЦЯ 1. Розпізнавання здорових або ЧМС щодо гліом, метастазів та менінгіом

Комбінація діагнозів	Розпізнавання на базі однієї рідини домішки		Розпізнавання на базі комбінації рідин домішок	
	Рідина	Ефективність, %	Рідини в комбінації	Ефективність, %
Здорові, Гліоми II	Верапаміл 1:1000	78,26	Верапаміл 1:1, контроль, моваліс 1:10, КCl 3 %, CaCl ₂ 10 %	84,35
Здорові, Гліоми III	CaCl ₂ 0,1 %	80	NaATF 1:1, верапаміл 1:1, контроль, моваліс 1:10, CaCl ₂ 10 %	91,66
Здорові, Гліоми IV	Моваліс 1:10	78,7	NaATF 1:1, вода, КCl 3 %	90,9
Здорові, метастази	CaCl ₂ 0,1 %	85,41	NaATF 1:100, верапаміл 1:10, контроль, моваліс 1:1000	88,88
Здорові, менінгіоми I	Вода	83,33	Верапаміл 1:10, верапаміл 1:1000, контроль	88,88
ЧМС, Гліоми II	Аміназін	89,47	Верапаміл 1:100, кетамін 1:100000	93,33
ЧМС, Гліоми III	Кетамін 1:100000 або метрогіл	75	Верапаміл 1:10, верапаміл 1:10000, верапаміл 1:100000, вода, кетамін 1:100000	93,75
ЧМС, Гліоми IV	Метрогіл	75	Верапаміл 1:100, верапаміл 1:1000, кетамін 1:100000	93,33
ЧМС, метастази	Кетамін 1:100000	80	Вода, CdCl ₂ 10 %, КCl 3 %, CaCl ₂ 10 %	91,3
ЧМС, менінгіоми I	Верапаміл 1:1000	78,94	Верапаміл 1:10, верапаміл 1:1000, контроль	84,61

При аналізі результатів табл. 1 видно, що у всіх випадках за рахунок показників МШОЕ одразу від деяких рідин домішок (незалежних ознак) вдалося значно підвищити ефективність байєсівської процедури розпізнавання аніж із використанням однієї рідини (однієї ознаки). Максимальна ефективність згідно табл. 1 і у всій роботі програмного комплексу складає 93,75 % при розпізнаванні ЧМС щодо Гліом III. Розпізнавання ЧМС до гліом, метастазів та менінгіом відноситься до диференційної діагностики (медичний термін) коли порівнюються запальні процеси ЧМС щодо запальних процесів онкологічних захворювань головного мозку. Така діагностика дозволяє розрізнити ці запальні процеси поміж собою та висувати гіпотезу про їх різний природний характер. При розпізнаванні запальних процесів онкозахворювань головного мозку до здорового стану людей особливо наголосимо на розпізнаванні щодо Гліом II. Ці гліоми є умовно доброякісними тому, що

повільно прогресують до злоякісних Гліом III та IV ступенів. Виявлення запальних процесів при Гліомах II ступеня, тобто на ранніх стадіях розвитку хвороби, завжди є актуальним завданням. В цій роботі ефективність розпізнавання таких гліом підвищилася на 8 % та склала 84,35 %.

В табл. 2 наведені деякі інші результати розпізнавання щодо результатів табл. 1.

ТАБЛИЦЯ 2. Розпізнавання деяких комбінацій діагнозів

Комбінація діагнозів	Рідини домішки	Ефективність, %
Гліоми II, метастази	Кетамін 1:10000, кетамін 1:100000, контроль	88,88
Гліоми II, Гліоми IV	Верапаміл 1:10000, верапаміл 1:100000, вода, контроль	88,88
Гліоми II, Гліоми III	Кетамін 1:10, моваліс 1:1000	88,23
Гліоми II, менингіоми I	Кетамін 1:10, кетамін 1:100, контроль	89,47
Гліоми III, Гліоми IV	Верапаміл 1:100, кетамін 1:1000, моваліс 1:100	88,23
Гліоми III, метастази	NaATF 1:10, контроль	88,23
Гліоми IV, метастази	NaATF 1:100, NaATF 1:1000, моваліс 1:1000	85
Гліоми II, Гліоми III, здорові	NaATF 1:1, вода, контроль, моваліс 1:10, CaCl ₂ 0.1%	70,58
Гліоми II, метастази, здорові	NaATF 1:10, NaATF 1:100, NaATF 1:1000, верапаміл 1:10, верапаміл 1:1000	68,75
Гліоми II, Гліоми III, Гліоми IV	Верапаміл 1:1000, кетамін 1:100, кетамін 1:1000, кетамін 1:10000	60,86
Гліоми II, Гліоми III, метастази	NaATF 1:10, NaATF 1:100, контроль, моваліс 1:100	64,7
Гліоми II, Гліоми IV, метастази	Верапаміл 1:1000, моваліс 1:1000	60
Гліоми II, Гліоми III, метастази, здорові	NaATF 1:10, NaATF 1:1000, верапаміл 1:10, верапаміл 1:1000	51,61
Гліоми II, Гліоми III, Гліоми IV, метастази	NaATF 1:10, верапаміл 1:100, контроль, моваліс 1:100, моваліс 1:1000	51,61

Аналізуючи результати розпізнавання табл. 2 бачимо, що ефективність розпізнавання комбінацій діагнозів коли в комбінації не більше двох діагнозів достатньо висока та досягає 89,47 %. Цікавим завданням постає розпізнавання комбінацій діагнозів коли кількість діагнозів, що входять у таку комбінацію більше 2 діагнозів. В роботі [2] ефективність розпізнавання таких комбінацій була нижча 50 %. В цій же роботі вдалося розпізнавати одразу три діагнози поміж собою. Максимальна ефективність розпізнавання досягнута в комбінації Гліом II, Гліом III та здорових – 70,58 %. При розпізнаванні одразу чотирьох діагнозів ефективність не перебільшила 51,61 %. Ефективність розпізнавання п'ятих та більше діагнозів нижча за 50 %.

Висновки. Логічним є той факт, що при збільшенні кількості ознак, які описують об'єкт дослідження, вдається побудувати більш ефективну модель на базі якої із застосуванням процедур розпізнавання підвищується ефективність розпізнавання об'єктів досліджень. Використовуючи байєсівські процедури з незалежними ознаками в якості яких в цій роботі постають різні рідини домішки, що додаються в кров, вдалося побудувати такі ефективні моделі. Порівнюючи результати в цій роботі з найкращими результатами, що отримані в [2] у всіх випадках вдалося значно підвищити ефективність розпізнавання (в деяких випадках таке підвищення склало майже 12 % та максимальна ефективність досягла трохи менше 94 %). Також вперше при аналізі показників МШОЕ вдалося розпізнавати три стани об'єктів (діагнозів) поміж собою – 70,58 %.

Таким чином на базі МШОЕ, що є індикатором запальних процесів при багатьох захворюваннях робимо висновок, що ці запальні процеси відіграють важливу роль при онкозахворюваннях головного мозку. Наголосимо, що виявлення таких запальних процесів (при відсутності досліджень КТ, МРТ та ін.) не дає нам змогу вважати, що ми маємо справу з онкозахворюваннями. МШОЕ відносно новий індикатор таких процесів, який за допомогою байєсівських процедур суттєво підвищив свою ефективність. Дані МШОЕ дають змогу говорити, що ми маємо запальні процеси в організмі людини та потрібно робити більш ретельні дослідження по виявленню хвороби. Той факт, що вдалося розпізнавати одразу три стани об'єктів є ще одним кроком у постановці діагнозу. МШОЕ – допоміжний індикатор при гліомах. Але враховуючи, що кінцевий діагноз пацієнту ставиться лише при вивченні хірургічно видаленої пухлини МШОЕ дає змогу до операції говорити з якою патологією ми маємо справу. В деяких випадках, коли до операції КТ, МРТ та інші дослідження дають помилковий діагноз, МШОЕ дає інформацію, яка може відмінити хірургічне втручання.

МШОЕ також дозволяє робити більш ефективну диференційну діагностику (медичний термін), коли розпізнаються запальні процеси між хворобами не онкологічної (в цій статті ЧМС) та онкологічної природи поміж собою.

Особливо суттєвим МШОЕ постає у післяопераційному періоді, як індикатор повторного рецидиву гліом.

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. Тарасов А.Л., Гупал А.М., Гридина Н.Я. Модифікація використання байєсівських процедур розпізнавання до запальних процесів при гліомах, метастазах та менингіомах за показниками швидкості осідання еритроцитів. *Кибернетика та комп'ютерні технології*. 2021. № 2. С. 57–62.
<https://doi.org/10.34229/2707-451X.21.2.5>
3. 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 14.06.2021

Тарасов Андрій Леонтійович,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ.
freearcher@ukr.net

MSC 60G05

Andrii Tarasov

Bayesian Recognition Procedures with Independent Signs of Inflammatory Processes in Gliomas, Metastases and Meningiomas by Indicators of Erythrocyte Sedimentation Rate

V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine, Kyiv
Correspondence: freearcher@ukr.net

Introduction. The article discusses the application of Bayesian recognition procedures with independent signs in relation to the data of the modified erythrocyte sedimentation rate, which were taken from patients with gliomas, metastases, meningiomas, craniocerebral concussion and from a group of healthy people.

Purpose of the article. Improving the efficiency of recognition of inflammatory processes in gliomas, metastases and meningiomas by indicators of erythrocyte sedimentation rate using optimal recognition procedures with independent signs.

Results. In previous articles by the authors, an attempt was made to recognize inflammatory processes by indicators of the modified erythrocyte sedimentation rate caused by brain cancer using Bayesian recognition procedures based on a single substance. In this work, a new model was built using several independent signs (different substances) at once. The results obtained on the basis of the new model significantly increased their efficiency in relation to the models that were used earlier. Such an increase in all comparisons ranged from 3 to 12 %, and up to almost 94 %. If earlier it was possible to recognize only combinations of diagnoses in which there were no more than two diagnoses, then in this work for the first time it was possible to recognize three diagnoses at once. At the same time, the recognition efficiency became slightly more than 70 %. An attempt was also made to recognize more than three diagnoses, but the new model did not give significant results, slightly exceeding 50 % when recognizing four diagnoses at once.

Conclusions. Thanks to the use of Bayesian recognition procedures with independent signs, it was possible to significantly increase the recognition of inflammatory processes caused by brain cancer. The modified erythrocyte sedimentation rate, which is an auxiliary tool in the diagnosis of gliomas, allows one or another pathology to be determined in the preoperative period, since the pathology is finally determined only when studying a surgically removed tumor. In the postoperative period, such a modification is an indicator of repeated recurrence of gliomas. It was also possible to significantly increase the recognition of inflammatory processes caused by non-oncological disease (traumatic brain injury) in relation to oncological processes in gliomas, metastases and meningiomas.

Keywords: Bayesian recognition procedure, independent signs, gliomas, metastases, meningiomas, modified erythrocyte sedimentation rate, complex parameter.