

УДК 004.9

Л.О. ДУБЧАК, С.О. ВЕРБОВИЙ, О.М. БЕРЕЗЬКИЙ, Н.Я. САВКА

Тернопільський національний економічний університет

Т.В. ДАЦКО

Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського

*В даній статті розроблено нечітку систему обробки цитологічних зображень тканин молочної залози для діагностування патологічних станів. Моделювання роботи запропонованої системи підтвердило її працездатність та можливість застосування в медичній практиці з метою уникнення суб'єктивних суджень лікаря-діагноста.*

*Ключові слова: цитологія, патологічні стани молочної залози, нечітка система, Matlab, телемедицина.*

L.O. DUBCHAK, S.O. VERBOVYY, O.M. BEREZSKY, N.Y. SAVKA

Ternopil National Economical University

T.V. DATSKO

I. Gorbachevsky Ternopil State Medical University

### FUZZY DIAGNOSTIC SYSTEM OF PATHOLOGICAL CONDITIONS OF BREAST BASED ON THE CYTOLOGICAL ANALYSIS OF IMAGES

*Accurate and reliable decision in oncology prognosis can help plan further optimal surgery and therapy. The basis for the diagnosis in the breast pathological conditions is the processing of histological and cytological images. The main role in most modern medical systems of the images analysis is based on the subjective opinion of doctor-diagnostician. Therefore, there is a necessity of development of the diagnostic system, which can work in real-time and able to untie the indicated task of subjectivity. In this article the fuzzy system for treating cytological images of breast for the diagnosis of pathological conditions developed. This system bases on Mamdani mechanism of fuzzy conclusion. The inputs of such system are the image features and the output is diagnosis of the pathology state. In this article the analyzes of the cytological images of the breast tissues had been done and the main features of the pathological states of the cytological and histological images identified, the fuzzy knowledge base for diagnosis developed, the fuzzy system created and implemented in the Matlab environment. The simulation of the proposed system confirmed its ability to work and the possibility of its application in medical practice in order to avoid subjective judgments of the diagnostic doctor. Moreover, the noted fuzzy system can be used for questionable diagnoses as confirmation of expert opinion. Hardware or software realization of the proposed fuzzy system of the diagnostic can be used in oncology telemedicine as additional means of confirmation of diagnosis.*

*Keywords: cytology, pathological conditions of the mammary gland, fuzzy system, Matlab, telemedicine.*

Точне і надійне прийняття рішень в онкологічному прогнозі може допомогти у плануванні подальшої оптимальної хірургії та терапії. Основою для постановки діагнозу при патологічних станах тканин є обробка гістологічних та цитологічних зображень.

Під час роботи з цитологічними зображеннями у лікаря-діагноста може виникнути ряд проблем, наприклад:

- зображення деяких фрагментів може бути розмитим через недостатню точність апаратури;
- лікар може бути невпевненим у наявності певної ознаки на зображенні;
- недостатній досвід лікаря-діагноста для постановки остаточного діагнозу.

Застосування простих інженерних чи програмних рішень для компенсування цих недоліків не можливе через нечіткість вхідних даних для діагностування. Саме тому застосування нечіткої логіки є сучасним доступним методом, що дозволяє будувати системи для опрацювання якісної інформації, що працюють в режимі реального часу і легко переналаштовуються.

Медична обробка зображень, моніторинг та контроль анестезії, обробка сигналів ЕКГ та ЕЕГ – це тільки деякі сучасні області використання апарату нечіткої логіки в медицині.

В онкології нечітка логіка, як правило в поєднанні з нейронними мережами, застосовується в основному для обробки самих зображень або деяких маркерів виникнення патологічних станів. Наприклад, Альберто д'Онофріо в своїй роботі з застосування нечіткої логіки в медицині під час дослідження впливу хіміотерапії вказує, що хоча нечітка система має свої недоліки, проте її результат є біологічно реалістичнішим в порівнянні з іншими підходами [1].

Застосування нейро-нечіткого підходу до побудови системи опрацювання маркерів виникнення онкологічних станів молочної залози та простати надано у роботі [2]. Автори довели його працездатність та високу ймовірність отриманих результатів.

Група науковців Державного університету Луїзіани також досліджували застосування нечіткої логіки з метою виключення суб'єктивності прийняття рішень радіологами під час застосування термінів та лексики діагностики раку молочної залози [4].

Інша сфера застосування нечіткої логіки – це обробка медичних зображень тканин різних органів. Основна перевага такого підходу – це швидке навчання системи та висока вірогідність результатів [3, 5].

Проте сучасні дослідження в основному потребують адміністрування інженера та не спрямовані на уникнення суб'єктивності суджень лікаря-діагноста під час постановки діагнозу.

Метою даної статті є розробка нечіткої системи постановки діагнозу патологічних станів молочної залози на основі цитологічних зображень, що може застосовуватися лікарями для підтвердження правильності їх діагностування.

Для цього необхідно вирішити наступні задачі:

- 1) провести аналіз цитологічних зображень тканин молочної залози та виділити основні ознаки патологічних станів бази даних цитологічних та гістологічних зображень [11];
- 2) розробити нечітку базу знань для постановки діагнозу;
- 3) побудувати нечітку систему і здійснити її реалізацію та дослідження.

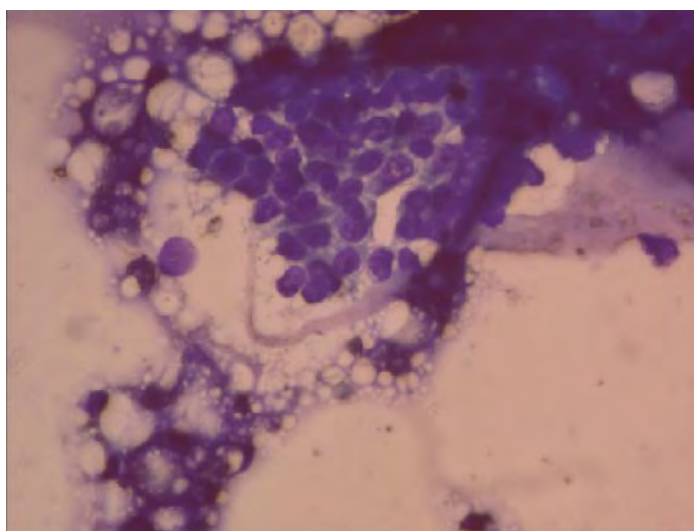
Цитологічне дослідження епітеліальних клітин і структур, які вони утворюють, дозволяє зробити висновок про ступінь проліферації епітелію. Поява в цитограмі ущільненого, апокринового епітелію, сосочкоподібних розростань на фоні характерному для формування в органі порожнини або ознак різкої секреторної функції клітин дозволяє цитологічно диференціювати кістозну мастопатію і внутрішньопротокову папілому від фіброаденоми та аденоми. Систематизація цитологічних зображень при мастопатії та фіброаденомах показує можливість цитологічного методу у встановленні висновку (діагнозу).

В препаратах спостерігаються епітеліальні клітини відносно не великого розміру, по будові схожі з клітинами епітелію, альвеол і залозистих трубок не зміненої молочної залози. Проте, основними ознаками, характерними для дольової непроліферативної мастопатії виявлено наявність сплющеного апокринового епітелію з округлими гіперхромними ядрами, ознаками секреторної активності в клітинах та формуванням сосочкоподібних структур [10].

Ознакою проліферації клітин можуть служити зміни морфологічних властивостей клітин або поява незвичних для незміненого органу багатоклітинних епітеліальних структур. До клітинних критеріїв проліферації слід віднести зменшення розмірів клітин і їх ядер. В таких випадках переважають округлі або злегка овалні (якби набухлі) ядра з чітко визначеним ніжно петлистим інтенсивно пофарбованим хроматином. В окремих ядрах можуть визначатися поодинокі, відносно не великі, інтенсивно пофарбовані ядерця. Цитоплазма, переважної більшості клітин, пофарбована в інтенсивно голубі тони, іноді в бузкові або сині. Клітинні комплекси характеризують проліферацію, мають вигляд округлих утворень, подібних до первинних залозистих структур (ацинусів) без сформованих у них просвітів. Зустрічаються також сосочкоподібні комплекси із щільним розташуванням клітин в багатошарові пласти. Якщо у патологічному вогнищі переважає фіброз, то в цитологічних препаратах виявляється мале число мілких, мономорфних клітин з однорідними круглими гіперхромними ядрами і ледве помітним вузьким обідком інтенсивно пофарбованої цитоплазми.

При кістозній мастопатії з апокринізацією епітелію в пунктаті виявляються клітини у стані секреції, які на загальному фоні препарату виділяються великими розмірами і своєрідною структурою цитоплазми. Вони можуть бути різної форми, проте, переважають високі призматичні і неправильно округлі клітини. Ядра їх округлі з чітким мілко петлистим рисунком хроматину іноді із збільшеними ядерцями. Цитоплазма всіх клітин насичена, і як правило, нерівномірно пофарбована з виявленням двох зон (базальної та апікальної). Апікальна частина клітин не рідко містить пилевидні гранули секрету, а іноді зернистість виявляється і в базальній зоні. Якщо клітин в препараті багато є можливість прослідкувати різні етапи апокринової секреції, аж до відшарування апікальної частини клітини. Фон препаратів складають фрагменти цитоплазми.

Цитограма непроліферативної мастопатії представлена на рисунку 1.

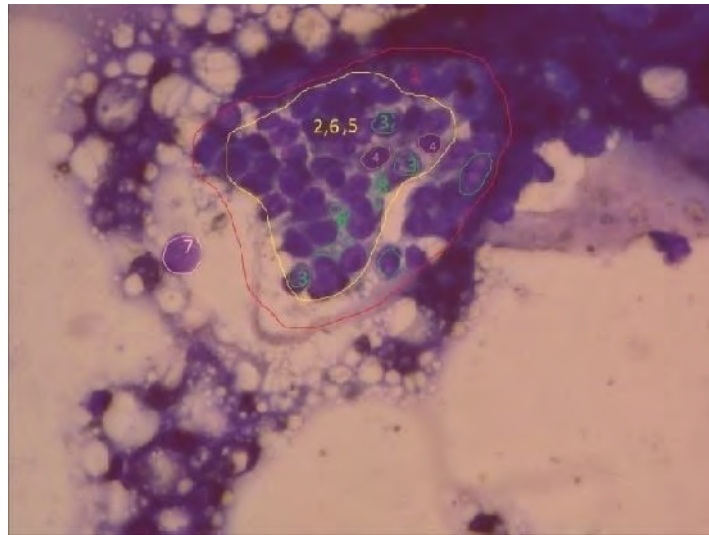


.1.

× 200

Якісні ознаки діагностування непроліферативної мастопатії:

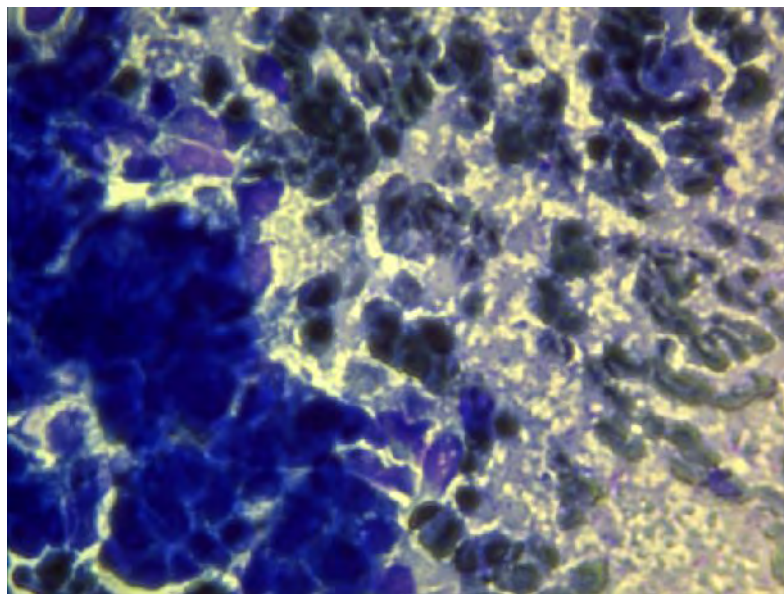
- 1) сплющений апокриновий епітелій;
  - 2) формування сосочкових структур;
  - 3) наявність секреторної активності в клітинах;
  - 4) округлі гіперхромні ядра, розташовані центрально;
  - 5) не велика кількість гіперхромних мономорфних клітин;
  - 6) клітини розташовані пластами;
  - 7) у фоні багато фагоцитів та гістіоцитів;
  - 8) наявність секрету в навколо клітинному просторі.
- Графічне відображення ознак на представлено на рис. 2.



. 2.

Правило діагностування непроліферативної мастопатії:

ЯКЩО сплющений апокриновий епітелій формування сосочкових структур І наявність секреторної активності в клітинах І округлі гіперхромні ядра, розташовані центрально І не велика кількість гіперхромних мономорфних клітин І клітини розташовані пластами І у фоні багато фагоцитів та гістіоцитів І наявність секрету в навколо клітинному просторі ТО непроліферативна мастопатія.



. 3.

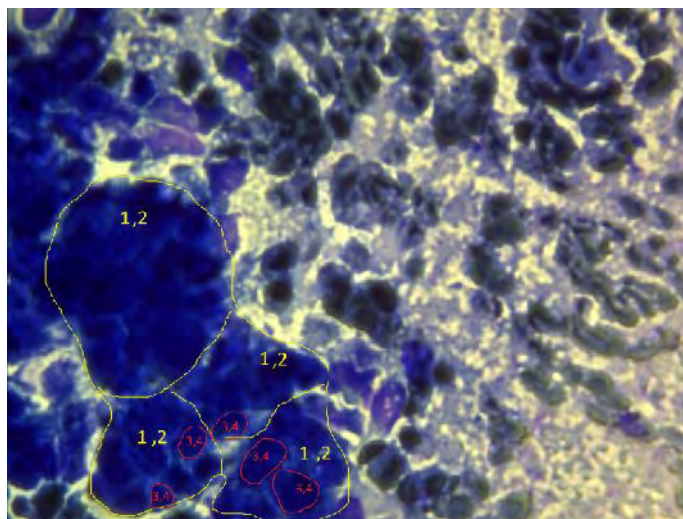
× 200

Для цитологічної діагностики передракової проліферації епітелію на фоні мастопатії або фіброаденоми необхідна присутність в препараті окремих, різко збільшених епітеліальних клітин з ознаками атипії. Розміри великих атипових клітин можуть бути досить значними. Такі клітини відрізняються інтенсивністю пофарбування ядер та цитоплазми. В цей же час контури ядер залишаються рівними, чіткими іноді хвилястими, іноді із вдавленнями. Хроматин ядер рівномірний, глибокий або петлистий, компактний інтенсивно пофарбований. Частою ознакою атиповості описаних клітин є значне збільшення показника ядерно-цитоплазматичного співвідношення. Передракова проліферація епітелію стінки кістозної порожнини

може супроводжуватись появою настільки атипичних клітинних форм, що виникає необхідність диференціювати подібні цитограми з цитограмами раку. Відсутність глибокості хроматину, нерівності контурів ядер і різко збільшених ядерць в сплюснених клітинах свідчить про передраковий процес. Для передракової проліферації епітелію властива поява багатоклітинних структур у вигляді масивних округлих комплексів або папілярних структур з хаотичним розташуванням клітин кубічного або призматичного епітелію, багат шарових пластів сплюсненого епітелію з наявністю двоядерних клітин (рис. 3).

Якісні ознаки діагностування проліферативної мастопатії:

- 1) формування клітинних комплексів (ацинусів);
  - 2) формування сосочко подібних комплексів із щільним розташуванням клітин в багат шарові пласти;
  - 3) великі розміри клітин;
  - 4) великі розміри ядер з інтенсивно вираженим хроматином.
- Графічне відображення ознак на представлено на рис. 4.



. 4.

Правило діагностування непроліферативної мастопатії:

ЯКЩО формування клітинних комплексів (ацинусів) і формування сосочкоподібних комплексів із щільним розташуванням клітин в багат шарові пласти і великі розміри клітин і великі розміри ядер з інтенсивно вираженим хроматином ТО проліферативна мастопатія.

Листовидні пухлини молочної залози (клітинна інтраканалікулярна фіброаденома, проліферуюча фіброаденома) являють собою доброякісні пухлини з активним розмноженням клітинних елементів строми з ознаками міксоматозу та гіалінозу. З клінічної та морфологічної точки зору листовидні пухлини рядом авторів розцінюються як новоутворення, які займають проміжне місце між інтраканалікулярними фіброаденомами та саркомами молочної залози. Розрізняються так звані «класичні» листовидні пухлини без атипії клітин строми та передсаркоматозні, які характеризуються проліферацією фіброцитів та фіброblastів, наявністю ділянок хрящової, кісткової, жирової і судинної тканини, атипією окремих клітин. Епітеліальний компонент пухлини зазвичай представлений помірно проліферуючими епітеліально-тканинними компонентами. При листовидній пухлині без атипії елементів строми цитологічно виявляється велика кількість клітин з переважанням сполучно-клітинних або епітеліальних клітин. Фон препарату зазвичай складають оксифільні дрібнозернисті або тяжисті маси. Більшість клітин строми схожі з фіброblastами та фіброцитами і розташовуються розрізнено, в групах, а іноді тяжами (рис. 5).

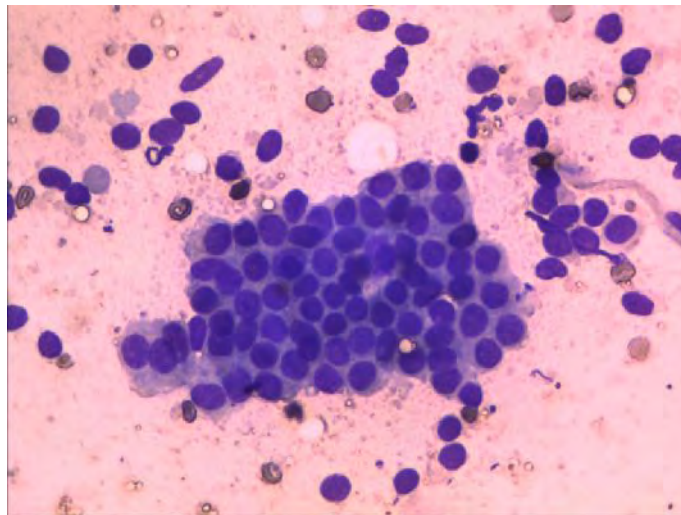
Ознаки діагностування фіброаденоми:

- 1) формування сосочкових структур;
- 2) сплюснений апокриновий епітелій;
- 3) збільшенні в розмірах клітини;
- 4) інтенсивно вираженні ядра;
- 5) вузький обідок інтенсивно пофарбованої цитоплазми;
- 6) округлі гіперхромні ядра;
- 7) фіброblastи.

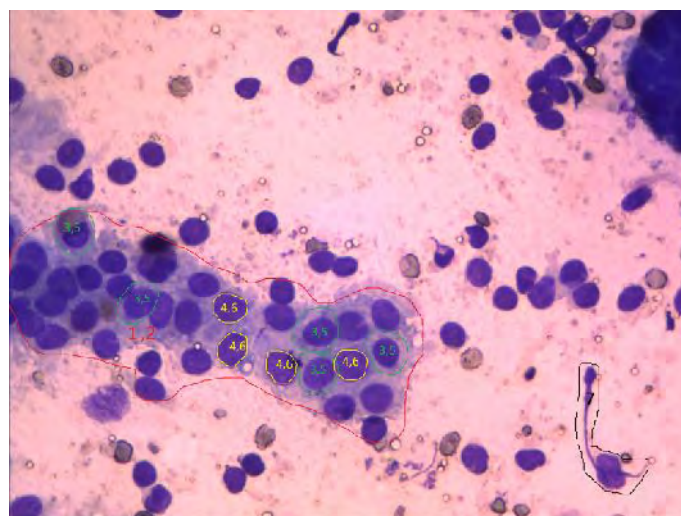
Графічне відображення ознак на представлено на рис. 6.

Правило діагностування фіброаденоми:

ЯКЩО формування сосочкових структур і сплюснений апокриновий епітелій і збільшенні в розмірах клітини і інтенсивно вираженні ядра і вузький обідок інтенсивно пофарбованої цитоплазми і округлі гіперхромні ядра і фіброblastи ТО фіброаденома.



.5. x 200



.6.

Нечітка система обробки цитологічних зображень для постановки діагнозу патологічних станів молочної залози базується на механізмі нечіткого висновку Мамдані [6, 9]. В даному випадку вхідними змінними є ознаки патологічних станів, які присутні на зображенні. Для зручності побудови використовуються їх наступні позначення:

- s1 – сплющений апокриновий епітелій;
- s2 – формування сосочкових структур;
- s3 – наявність секреторної активності в клітинах;
- s4 – округлі гіперхромні ядра, розташовані центрально;
- s5 – невелика кількість гіперхромних мономорфних клітин;
- s6 – клітини розташовані пластами;
- s7 – у фоні багато фагоцитів та гістіоцитів;
- s8 – наявність секрету в навколо клітинному просторі;
- s9 – формування клітинних комплексів;
- s10 – формування сосочкоподібних комплексів із щільним розташуванням клітин в багаточарові пласти;
- s11 – великі розміри клітин;
- s12 – великі розміри ядер з інтенсивно вираженим хроматином;
- s13 – інтенсивно виражені ядра;
- s14 – вузький обідок інтенсивно пофарбованої цитоплазми;
- s15 – округлі гіперхромні ядра;
- s16 – фібробласти.

Кожна з ознак задається тільки двома нечіткими станами «наявна» чи «відсутня» на зображенні.

Для постановки діагнозу непроліферативної, проліферативної мастопатії та фіброаденоми, на цитологічних зображеннях взаємовиключаючих ознак немає. Проте, є деякі ознаки, що можуть бути присутніми одночасно або повинні бути присутніми обов'язково [7].

Зокрема, для підтвердження діагнозу непроліферативної мастопатії на цитологічному зображенні

лікар-діагност повинен помітити обов'язково ознаки c1, c3, c4 та c5. Крім того, переважно присутні одночасно ознаки c2, c5, c6 або c1, c3, чи c1, c3, c8. Виходячи з цього можна зробити висновок, що для підтвердження діагнозу непроліферативної мастопатії необхідно опрацювати базу з 16 правил.

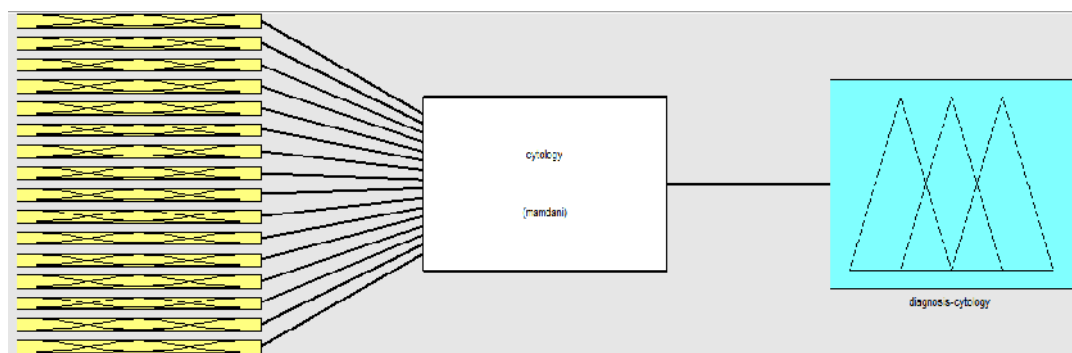
Проліферативна мастопатія та фіброаденома може бути підтверджена лікарем лише у випадку, коли на зображенні присутні одночасно ознаки c9, c10, c11 та c12 (у випадку мастопатії), а також c1, c2, c11, c13, c14, c15, c16 (у випадку фіброаденоми).

Тобто в загальному розроблена нечітка система працює на основі 18 правил типу «якщо, то»:

1. If (c1 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
2. If (c1 is present) and (c2 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
3. If (c1 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c6 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
4. If (c1 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c7 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
5. If (c1 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c8 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
6. If (c1 is present) and (c2 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c6 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
7. If (c1 is present) and (c2 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c7 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
8. If (c1 is present) and (c2 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c8 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
9. If (c1 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c6 is present) and (c7 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
10. If (c1 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c6 is present) and (c8 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
11. If (c1 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c7 is present) and (c8 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
12. If (c1 is present) and (c2 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c6 is present) and (c7 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
13. If (c1 is present) and (c2 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c6 is present) and (c8 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
14. If (c1 is present) and (c2 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c7 is present) and (c8 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
15. If (c1 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c6 is present) and (c7 is present) and (c8 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
16. If (c1 is present) and (c2 is present) and (c3 is present) and (c4 is present) and (c5 is present) and (c6 is present) and (c7 is present) and (c8 is present) then (diagnosis-cytology is unprolif-mastopaty)
17. If (c9 is present) and (c10 is present) and (c11 is present) and (c12 is present) then (diagnosis-cytology is prolif-mastopaty)
18. If (c1 is present) and (c2 is present) and (c11 is present) and (c13 is present) and (c14 is present) and (c15 is present) and (c16 is present) then (diagnosis-cytology is fibroadenoma)

Для побудови нечіткої системи застосовується засіб FuzzyLogicToolbox середовища Matlab.

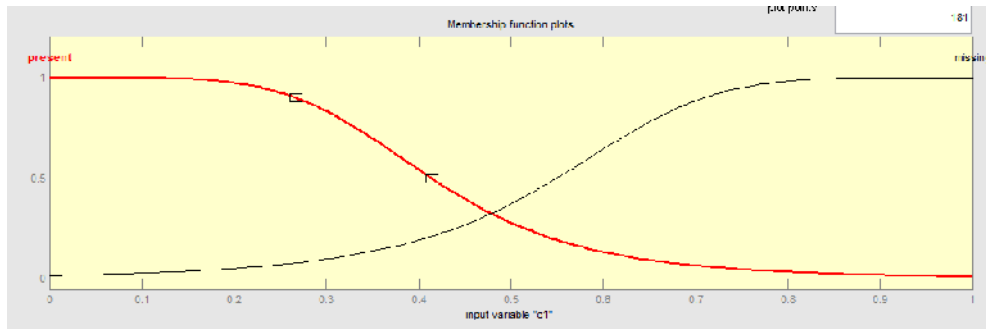
Вхідними змінними даної нечіткої системи є ознаки c1–c16, описані вище. Виходом запропонованої системи (diagnosis-cytology) є діагноз непроліферативної (unprolif-mastopaty), проліферативної мастопатії (prolif-mastopaty) та фіброаденоми (fibroadenoma). Загальний вигляд нечіткої системи для постановки діагнозу за цитологічним зображенням подано на рис. 7.



.7.

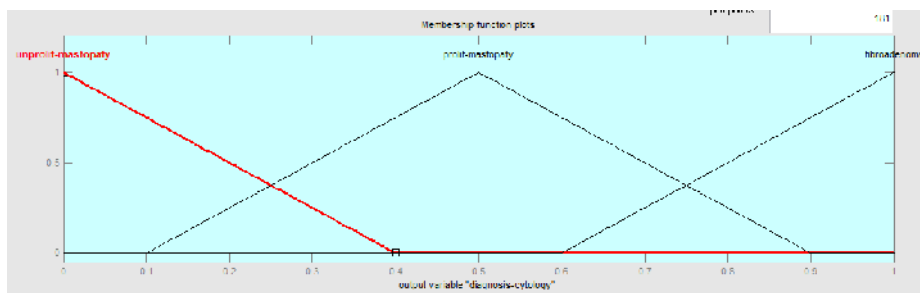
Функції належності вхідних змінних, тобто ознак c1–c16, задаються дзвоноподібною формою, що найкраще відображає дві множини значень кожної з них, а саме «присутня» (present) чи «відсутня» (missing) ознака на зображенні (рис. 8) [8].

Для задання функцій належності використано трикутну форму (рис. 9).



. 8.

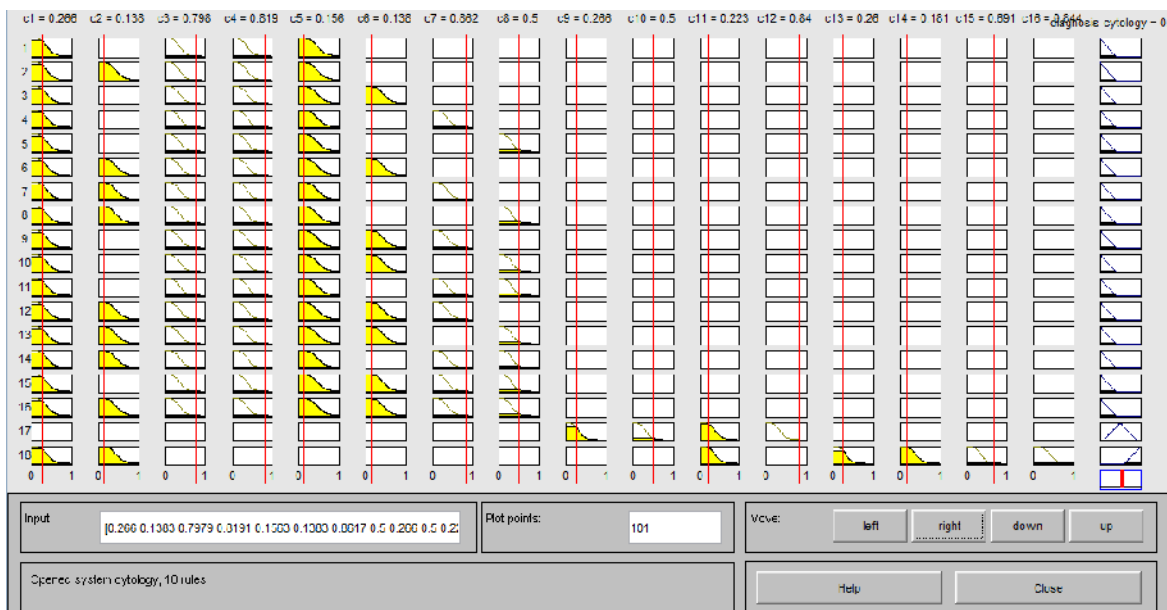
1



. 9.

diagnosis-cytology

Правильність роботи розробленої нечіткої системи впливає з аналізу отриманого нечіткого висновку при роботі заданої бази правил (рис. 10).



. 10.

В даній статті представлено нечітку базу знань для обробки цитологічних зображень. На основі розроблених правил нечіткого висновку побудовано систему діагностування патологічних станів молочної залози.

Запропонована нечітка система реалізована і досліджена в середовищі Matlab і її можна застосовувати для швидкої постановки чи підтвердження діагнозу патологічних станів молочної залози.

Дана нечітка система вирішує основну проблему постановки діагнозу патологічних станів молочної залози, а саме суб'єктивність суджень лікаря-діагнста при аналізі цитологічних зображень. Крім того, така система може використовуватись при сумнівних діагнозах як підтвердження думки експертів.

Програмна чи апаратна реалізація розробленої нечіткої системи діагностування патологічних станів

молочної залози може використовуватись в онкотелемедицині як додатковий засіб підтвердження діагнозу.

Дані наукові дослідження та розробки здійснювалися в рамках держбюджетної теми 0116U002500 «Гібридна інтелектуальна інформаційна технологія діагностування передракових станів молочної залози на основі аналізу зображень».

1. Albertod'Onofrio "Fuzzy oncology": Fuzzy noise induced bifurcations and their application to anti-tumor chemotherapy // *Applied Mathematics Letters*, Volume 21, Issue 7, July 2008, Pages 662–668.
2. Seker H. A fuzzy logic based-method for prognostic decision making in breast and prostate cancers // H. Seker; M.O. Odetayo; D. Petrovic; R.N.G. Naguib // *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* (Volume: 7, Issue: 2, June 2003). P. 114–122.
3. Indira Muhic Fuzzy Analysis of Breast Cancer Disease using Fuzzy c-means and Pattern Recognition // *SOUTHEAST EUROPE JOURNAL OF SOFT COMPUTING*. URL: [www.scjournal.com.ba](http://www.scjournal.com.ba)
4. Kovalerchuk B. Fuzzy logic in computer-aided breast cancer diagnosis: analysis of lobulation // Kovalerchuk B., Triantaphyllou E., Ruiz J.F., Clayton J. – *ArtifIntell Med*. 1997 Sep 11(1): 75–85.
5. Kontoravdis D. Cytological Diagnosis Based on Fuzzy Neural Networks // D. Kontoravdis, A. Likas and P. Krakitsos - *Journal of Intelligent Systems* , Volume 8, Nos. 1-2, P. 55–79/
6. Ross T.J. Fuzzy Logic with Engineering Applications / T.J. Ross. – McGraw-Hill Inc. (USA), 1995. – 600 p.
7. Дубчак Л.О. Нечітка система діагностування патологічних станів молочної залози на основі гістологічних зображень / Л.О.Дубчак, С.О. Вербовий, Н.А. Максимів, Т.В. Дацко // *Інформатика та математичні методи в моделюванні*. – 2017. – Том 7, № 1-2. – С. 47–53.
8. Lesia Dubchak Fuzzy knowledge base for diagnosing breast cancer pathological processes / Lesia Dubchak, Serhiy Verbovy, Kateryna Berezska, Tamara Datsko // *Proceedings of the XII International Scientific and technical conference Computer science & information technologies (CSIT 2017)*, 5–8 September 2017, Lviv, Ukraine, p. 36–39.
9. Berezsky O. Fuzzy System of Diagnosing in Oncology Telemedicine / Berezsky O., Verbovy S., Dubchak L., Datsko T. *Sensors & Transducers*. Jan 2017. P. 32–38.
10. Berezsky O. Computer diagnostic tools based on biomedical image analysis / O. Berezsky, O. Pitsun, S. Verbovy, T. Datsko, A. Bodnar // *XIV-th of the International Conference on The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM'2017*. – P. 388–391.
11. Березький О. М. Розроблення реляційної бази даних інтелектуальної системи автоматизованої мікроскопії / О. М. Березький, О. Й. Піцун, С. О. Вербовий, Т. В. Дацко // *Науковий вісник НЛТУ України*. – 2017. – Вип. 27(5). – С. 125–129.
12. Березький О.М. Системи автоматизованої мікроскопії: стан та перспективи розвитку / О.М. Березький, О.Й. Піцун, С.О. Вербовий // *Вісник Хмельницького Національного Університету*. – 2016. – № 235(2). – С. 61–68.

#### References

1. Albertod'Onofrio "Fuzzy oncology": Fuzzy noise induced bifurcations and their application to anti-tumor chemotherapy // *Applied Mathematics Letters*, Volume 21, Issue 7, July 2008, Pages 662–668
2. H. Seker A fuzzy logic based-method for prognostic decision making in breast and prostate cancers // H. Seker; M.O. Odetayo; D. Petrovic; R.N.G. Naguib - *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*(Volume: 7, Issue: 2, June 2003) P.114 - 122
3. Indira Muhic Fuzzy Analysis of Breast Cancer Disease using Fuzzy c-means and Pattern Recognition // *SOUTHEAST EUROPE JOURNAL OF SOFT COMPUTING* Available online at [www.scjournal.com.ba](http://www.scjournal.com.ba)
4. Kovalerchuk B. Fuzzy logic in computer-aided breast cancer diagnosis: analysis of lobulation // Kovalerchuk B., Triantaphyllou E., Ruiz J.F., Clayton J. - *ArtifIntell Med*. 1997 Sep;11(1):75-85.
5. D. Kontoravdis Cytological Diagnosis Based on Fuzzy Neural Networks // D. Kontoravdis, A. Likas and P. Krakitsos - *Journal of Intelligent Systems* , Volume 8, Nos. 1-2, Pp.55-79
6. Ross T.J. Fuzzy Logic with Engineering Applications / T.J.Ross. – McGraw-Hill Inc.(USA), 1995. – 600 p.
7. Dubchak L.O. Nechitka sistema diahnostuvannya patolohichnykh staniv molochnoyi zalozy na osnovi histolohichnykh zobrazen' / L.O. Dubchak, S.O. Verbovy, N.A. Maksymiv, T.V. Datsko // *Informatyka ta matematychni metody v modelyuvanni*, 2017. - Том 7, №1-2. – С. 47-53.
8. Lesia Dubchak Fuzzy knowledge base for diagnosing breast cancer pathological processes / Lesia Dubchak, Serhiy Verbovy, Kateryna Berezska, Tamara Datsko // *Proceedings of the XII International Scientific and technical conference Computer science & information technologies (CSIT 2017)*, 5-8 September 2017, Lviv, Ukraine - pp. 36-39.
9. Berezsky O. Fuzzy System of Diagnosing in Oncology Telemedicine / Berezsky O., Verbovy S., Dubchak L., Datsko T. – *Sensors & Transducers*. - Jan 2017 -Pp. 32-38.
10. Berezsky O. Computer diagnostic tools based on biomedical image analysis / O. Berezsky, O. Pitsun, S. Verbovy, T. Datsko, A. Bodnar – *Proceedings of the XIV-th International Conference on The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM'2017* – Pp. 388-391.
11. Berезький О. М. Розроблення реляційної бази даних інтелектуальної системи автоматизованої мікроскопії / О. М. Березький, О. Й. Піцун, С. О. Вербовий, Т. В. Дацко // *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Вип. 27(5). С. 125–129.
12. Berезький О. М. Системи автоматизованої мікроскопії: стан та перспективи розвитку / О. М. Березький, О. Й. Піцун, С. О. Вербовий // *Herald of Khmelnytsky National University*. - 2016. – № 235(2). – С.61-68

Рецензія/Peer review : 20.09.2017 р.

Надрукована/Printed :02.11.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Яцків В.В.