УДК 681.5:61

Наталія БАБЮК, к.т.н., доцент,
Сергій ТИМЧИК, к.т.н., доцент,
Делал БАККАЛІ, магістрант
Вінницький національний технічний університет, e-mail: babiuk@vntu.edu.ua, tymchyk@vntu.edu.ua, delalbk12@gmail.com

ОПТИЧНІ МЕТОДИ ТА СИСТЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КРОВІ

Анотація. Розроблено оптико-електронну інформаційну систему аналізу показників крові, що дозволяють обробляти біомедичні зображення. Система створена на базі оптичного датчика, що міститься в оптичному мікроскопі, мікроконтролера, ЖКІ для візуалізації процесу та результатів. Розроблено функціональну та структурну схему пристрою. Також було представлено електричну принципову схему блоку керування пристрою, приведені розрахунки надійності та технологічності.

Ключові слова: біомедичні зображення, реологічні властивості крові, оптико-електронна система, діагностика, показник крові, інформативність, шаблон-маска.

Вступ. Оптичні методи засновані на законах випромінювання, поширення і взаємодії світла з речовиною. До них відносять методи прямого візуального спостереження і контролю медично-біологіних об'єктів з використанням лінз, мікроскопів, освітлювачів, фото- і кіноапаратури, а також спеціальних пристроїв - ендоскопів, застосовуваних при бронхоскопії, гастроскопії й ін. Частина методів умовно виділяють у самостійний розділ - так звана фізіологічна оптика; ці методи дозволяють вивчати процеси сприйняття світла оком людини. Для цих цілей застосовують офтальмометри, офтальмоскопи, адаптометри, очні рефрактометри, що дають можливість досліджувати гостроту зору, абсолютну чутливість ока й ін.

Аналіз методів дослідження. До найбільш широко розповсюджених в біології і медицині оптичних методів належить спектроскопія. Розрізняють електронну спектроскопію (ультрафіолетову і видиму), коливальну й обертальну (інфрачервону, комбінаційного розсіювання, а також мікрохвильову і радіоспектроскопію). Областю застосування є визначення атомного і молекулярного складу речовини, її структури, концентрації й ін.

Спектральний аналіз по характеру розв'язуваних задач можна поділити на елементний (визначення складу зразка по елементах), ізотопний (визначення складу зразка по ізотопах), молекулярний (визначення молекулярного складу зразка) і структурний (визначення структурних складових молекулярного з'єднання). Для проведення спектрального аналізу використовують спектроскопи, спектрографи, спектрометри і спектрофотометри. Поряд з останніми при аналізі складу, концентрації і структури речовин використовують колориметри і фотометри.

Різні види спектрального аналізу дозволяють одержати інформацію про структуру біологічно важливих молекул і про їх взаємодію з іншими компонентами.

Концентрація і властивості оптично активних молекул досліджуються спеціальним оптичним методом – поляриметрією, заснованою на вимірі за допомогою поляриметрів кута обертання площини поляризації проходячого через оптично активне середовище поляризованого світла. Метод поляриметрії використовується в медичній практиці для визначення концентрації цукру в сечі, вуглеводів у рослинній сировині, концентрації і стану білків і нуклеїнових кислот, для дослідження активності ферментів, що розщеплюють вуглеводи, і ін.

У медицині використовується також метод рефрактометрії, заснований на вимірі показника заломлення світла в досліджуваному середовищі. Він застосовується для визначення

чистоти дистильованої води, концентрації сахарози, вмісту білка в сироватці крові, аналізу розчинів для ін'єкцій, препаратів лікарських сумішей, для виміру концентрації спирту в настойках. По величині показника заломлення можна визначити вологість різних харчових продуктів, зміст білка в молоці. Методи рефрактометрії використовуються при дослідженні рефракції ока.

Існують оптичні методи, що дозволяють виміряти величину розсіювання світла об'єктом (колоїдними розчинами, суспензіями, різними суспензіями й ін.). Прилади, призначені для дослідження світлорозсіювання, одержали назву нефелометрів і турбідіметрів. За допомогою цих методів визначають молекулярну масу і розміри різних макромолекул (білків, нуклеїнових кислот) і часток у колоїдних розчинах, суспензіях, а також одержують інформацію про характер міжмолекулярних взаємодій [2].

Рекомендації щодо практичної реалізації оптико-електронної системи для дослідження клітин крові. Розроблено електричну принципову схему блока оброблення зображень системи аналізу показників крові та її структурна схему (рис. 1).

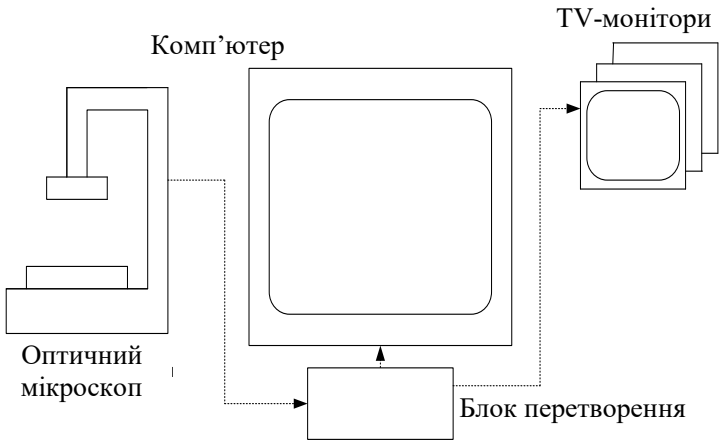


Рис. 1. Структурна схема системи аналізу показників крові

Блок оброблення зображень, є одним із основних функціональних блоків пристрою обробки показників крові. Він містить високопродуктивний 8-розрядний мікроконтролер STV0674, який містить сенсорний інтерфейс, що складається з 5 сенсорів і додаткових сигналів синхронізації (всі зв'язки між сенсорами, контроль, передача кольорів і синхронізація автоматично керовані), джерело живлення, яке складається з трансформатора T1(12...16 В), випрямного містка VD (пропонується RMB2S фірми Vishay, пропускає струм до 0,5 А, витримує зворотну напругу до 200 В), регулятора напруги D1 (марка "LM78L05" Фірма "National Semiconductor"), регулятора напруги D2 (марка "LM78L18" Фірма "National Semiconductor"), регулятора напруги D3 (марка "LM78L33" Фірма "National Semiconductor").

Властивості: апаратна обробка кольору та JPEG стискування зображень, збереження зображень, безпосередній зв'язок через USB, гнучкі зовнішні опції памяті: SDRAM (8 чи 16 біт), FLASH – енергонезалежний запам'ятовуючий пристрій (дані та код), Smartmedia Card для збереження даних, EEPROM для зберігання коду. Синхронний запис відео та аудіо безпосередньо у память, Драйвера для таких операційних систем ПК як Win98, WinME, WIn XP.

STV0674 використовує комбінацію апаратних функцій та мікропрограмм, щоб здійснювати необхідні функції. Наступні функції керуються через мікропрограми, а їх дія виконується апаратно через ніжки мікропроцесора

Сенсорний інтерфейс складається з 5-канального сенсорного виходу даних з додатковими сигналами синхронізації, тактуванням, і інтерфейсом I^2C для конфігурації. Всі сенсорні зв'язки, контроль, обробка кольору, баланс білого, синхронізація керуються автоматично STV0674.

По умовчанню ROM забезпечує основні функції як наприклад, USB управління, управління памятю, установки відеопроцесора, установка систем, і передача спеціалізованого кода в локальний SRAM.

SRAM может быть загружений з чіпа EEPROM через I^2C чи з зовнішнього пристрою памяті. SRAM може бути загружений з ПК через USB.

Мікроконтролер має 32 Кбайт памяті ОЗУ для памяті мікропрограм і 32 Кбайт енергонезалежної памяті для збереження еталонів і додаткових даних.

STV0674 може використовувати SDRAM для зберігання зображень і призначений працювати з PC66 чи кращими пристроями і підтримувати 16 Mbit, 64 Mbit и 128 Mbit і на ×16 SDRAM і на ×8 DRAM довжині слова.

Функціональна схема процесора представлена на рис. 2.

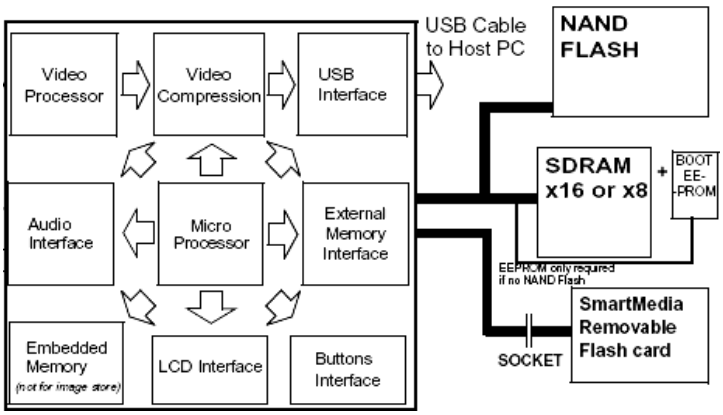


Рис. 2. Функціональна схема мікропроцесора STV0674

Експериментальні дослідження. Проведем обробку та аналіз зображень при аналізі показників крові за допомогою системи Matlab.

Багато галузей медицини і техніки, що мають відношення до отримання, обробки, зберігання і передачі інформації, в значній мірі орієнтуються в даний час на розвиток систем, в яких інформація має характер зображень і відеоданих. Зображення, яке можна розглядати як двовимірний сигнал, є значно більш ємким носієм інформації, ніж звичайний одновимірний (тимчасової) сигнал. Разом з тим, рішення наукових і інженерних задач при роботі з візуальними даними вимагає особливих зусиль, що спираються на знання специфічних методів, оскільки традиційна ідеологія одновимірних сигналів і систем мало придатна в цих випадках. В особливій мірі це виявляється при створенні нових типів інформаційних систем, вирішальних такі проблеми, які дотепер в науці і техніці не розв'язувалися, і які розв'язуються зараз завдяки використовуванню інформації візуального характеру.

Задачу аналізу препаратів крові можна представити як сукупність ряду підзадач.

Основні проблеми, що виникають при аналізі вказаного класу зображень, – це підвищення якості введеного зображення, відділення частинок заданого класу від всієї сукупності мікрочастинок зображення, підрахунок їх геометричних характеристик.

Обробка зображення гістологічних зрізів, що містять клітинні структури, є сукупністю наступних задач: оцінка візуальної якості цифрових зображень; лінійна фільтрація зображень; порогова обробка; медіанна фільтрація.

Попередній аналіз зображень клітинних структур при гістологічних дослідженнях дозволяє зробити висновки про те, що більшість зображень, в процесі їх формування (фотографування сканування і т.д.), підпадає під вплив ряду негативних чинників приводять до змазаності, появі малоконтрастних і зашумлених ділянок і пригнічуюча більшість методів морфологічних досліджень засновано на виділенні об'єктів на зображенні і подальшому їх аналізі[14].

Оцінка візуальної якості цифрових зображень. Перш ніж піддатися аналізу, зображення клітин повинне пройти етап підготовки, який полягає у виконанні операцій поліпшення візуальної якості (підвищення контрасту, усунення розмитості, підкреслення меж, фільтрація) і операцій формування графічного препарату (сегментація, виділення контурів) зображення.

Розглянемо найвідоміші методи оцінки якості зображень.

Якість зображення визначається великою кількістю технічних характеристик системи: співвідношенням сигнал/шум і статистичними характеристиками шуму, градаційними характеристиками, спектральними (колірними) характеристиками, інтервалами дискретизації і т.д.

Одним з параметрів, які визначають якість зображень, є контрастність. Оскільки зображення має складний сюжетний характер, то це породжує необхідність при визначенні його контрастності виходити з контрасту окремих комбінацій елементів зображення. При цьому всі елементи вважаються рівнозначними, і контраст кожної їх пари обчислюється по формулі [15]:

$$C_{ij} = \frac{L_i - L_j}{L_i + L_j}, \qquad (1)$$

де L_i, L_j яскравості елементів сюжетного зображення.

Сюжетність зображення припускає можливість його використування людиною. Тому при оцінці контрасту, як одного з параметрів якості зображення, необхідно враховувати ряд особливостей зорового сприйняття людини.

Розглянемо ще один відомий емпіричний підхід до оцінки візуальної якості зображення [5]. Для формування цієї оцінки розглядаються такі параметри зображення як середньоарифметичне значення $\overline{L}$ яскравостей, повнота використовування градацій яскравостей, різкість зображення і його узагальнений контраст.

Величина $\overline{L}$ відображає рівень адаптації по яскравості зорової системи людини, оптимальним значенням якої є половина максимально можливого діапазону яскравостей LMAX/2. Тому величину відхилення $\overline{L}$ від LMAX/2 можна використовувати як оцінку рівня адаптації зорової системи [4]:

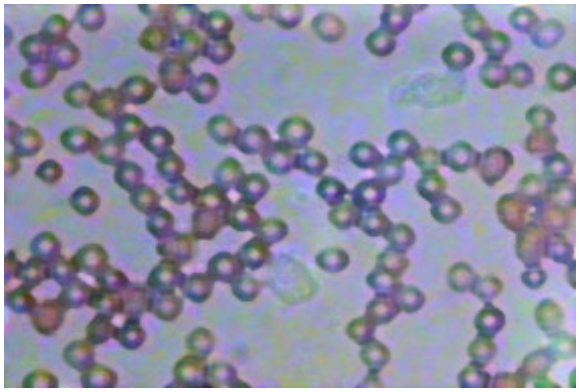
$$LQ = 1 - \frac{\overline{L} - LMAX/2}{LMAX/2}., \tag{2}$$

В цілому вираз для кількісної оцінки візуальної якості півтонових монохромних зображень записують так [7]:

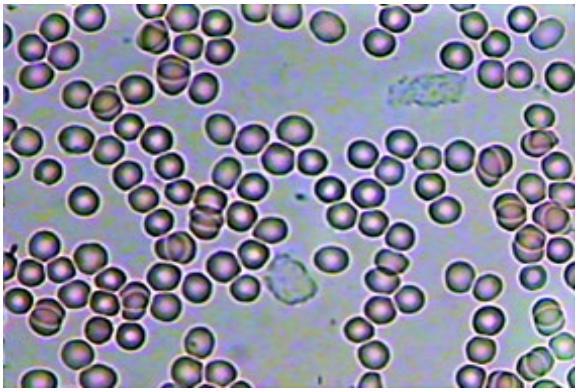
$$Q = k \cdot KC \cdot LQ \cdot KQ \cdot RQ, \tag{3}$$

де LQ – нормуючий коефіцієнт.

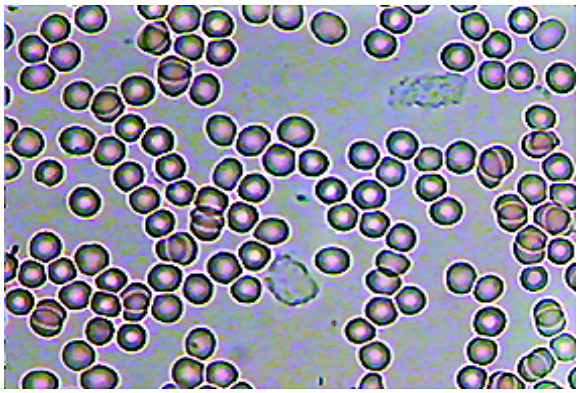
Одне і те ж зображення обробляємо методом посилення локальних контрастів і методом низькочастотної фільтрації. Одержана серія зображень – погіршене, вхідне і поліпшене (рис. 3).



а



б



в

Рис. 3. Ілюстрація вживання методу кількісної оцінки якості зображень:
а – $Q_р$ = 0,0034, Q_5 = 1,7424;
б – $Q_р$ = 0,0042, Q_5 = 1,7775;
в – $Q_р$ = 0,0050, Q_5 = 1,8196

Висновок. Отримало подальшого розвитку архітектура оптико-електронної системи аналізу біомедичних зображень, що дозволило підвищити достовірність структури біомедичного зображення, реалізовано схемотехнічні рішення реалізації оптико-електронної системи аналізу реологічних властивостей крові, що дозволяє вводити, обробляти та видавати по-

точну інформацію. Розроблено методику аналізу реологічних властивостей крові, що використовує метод *Q*-перетворення і забезпечує підвищення ефективності діагностування та інформативність і оброблення зображень, приведено приклади практичної реалізації оптико-електронної системи аналізу реологічних властивостей крові на основі отриманих біомедичних зображень, запропоновано структуру та алгоритм апаратно-програмної реалізації оптико-електронної системи аналізу реологічних властивостей крові.

Література

1. Pavlov S.V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press – 210 Pages.

2. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.

3. Фізичні основи біомедичної оптики : монографія / [С.В. Павлов, В.П. Кожем'яко, П.Ф. Колісник та ін.] – Вінниця : ВНТУ, 2010.–155 с.

4. Лазерні медичні технології : навчальний посібник / [за редакцією З.Ю. Готри, С.В. Павлова] – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 157 с.