

Моделі літаків у навчальній множині

№ з/п	Модель літака	№ з/п	Модель літака	№ з/п	Модель літака
1	Ан-2	7	Ан-24	13	Ан-74
2	Ан-3	8	Ан-26	14	Ан-124
3	Ан-8	9	Ан-30	15	Ан-140
4	Ан-10	10	Ан-38	16	Ан-148
5	Ан-12	11	Ан-70	17	Ан-225
6	Ан-22	12	Ан-72		

Нейронну мережу моделювали на універсальному комп'ютері на основі AMD Athlon 2,9 ГГц з 2 Гб ОЗП. Мережа досягла таких якісних результатів: розпізнавання навчальної множини – 100 %; розпізнавання контрольної множини – 90 %; час розпізнавання – 51 мс.

Висновки

Розроблена система здатна виявляти і ідентифікувати силуети літаків за 3 телевізійні кадри (60 мс) у довільних ракурсах. Може бути доволі просто адаптована до різних типів літальних апаратів.

1. Haykin S. *Neural networks: a comprehensive foundation, second edition*, Prentice Hall, 1999.
2. Олексів М., Пуїда В. Підсистема ідентифікації силуетів літаків АНТК ім. О. К. Антонова і номерів їх бортів // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”. – 2007. – № 604.

УДК 681.3

О. Березький, К. Березька, Ю. Батько, Г. Мельник
Тернопільський національний економічний університет

СИНТЕЗ АЛЬТЕРНАТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИ СТРУКТУРНОМУ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ МІКРОСКОПІЇ

© Березький О., Березька К., Батько Ю., Мельник Г., 2009

Проаналізовані структури апаратної і програмної частин систем автоматизованої мікроскопії. Запропоновано використовувати І-АБО дерево для генерації множини альтернативних рішень для задач структурного синтезу на етапі системного проектування систем морфометричного аналізу гістологічних та цитологічних зображень клітин.

In the article the structures of hardware and software parts the systems of the automated microscopy are analysed. It is suggested to use AND-OR tree for the generation of plural alternative decisions for the tasks of structural synthesis on the stage of the system design of the systems of morphometric analysis of histological and cytological images of cells.

Вступ

На сучасному етапі внаслідок поєднання прогресивних інформаційних технологій, сучасних методів і алгоритмів обробки, аналізу і синтезу зображень і медицини виникла нова галузь науки – телемедицина. Телемедицина передбачає діагностування на відстані на основі аналізу і обробки

зображень клітин органів людини. У цій галузі можна виділити декілька напрямів: автоматизація медико-біологічних досліджень, тобто створення комп'ютерних систем, що забезпечують введення, обробку й аналіз зображень; розроблення і використання алгоритмів попередньої обробки медичних зображень, які покращують якість отриманих зображень; аналіз зображень (виділення ознак, створення класифікаторів тощо) і мережевих технологій передачі даних. Цим питанням присвячені наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених. У статті [1] описані принципи автоматизації вимірювань основних цитоморфометричних клітин крові і представлені результати автоматизованого підрахунку їх характеристик. У іншій роботі [2] представлені результати експериментальних досліджень, що проводилися на базі комп'ютерної системи "Морфолог", яка призначена для розв'язання задач в області мікроскопічної діагностики. Застосування цифрової обробки і стиснення медичних зображень описані в [3,4]. Багато робіт присвячено аналізу медико-біологічних зображень для постановки діагнозу. При цьому використовують різні сучасні інформаційні технології і методи: нейронні мережі [5], добування знань із даних [6], просторово-частотний аналіз [7], фрактальний підхід [8].

Сьогодні аналіз медико-біологічних препаратів (цитологічних і гістологічних мазків) у діагностичних лабораторіях проводиться візуально. Цей процес є рутинним і трудомістким. Тому з'явилися системи автоматизованої мікроскопії (САМ) – програмно-апаратні комплекси для цифрової обробки мікроскопічних зображень. САМ є апаратно-програмними системами, до складу яких входять моторизований керований мікроскоп, відеокамера, комп'ютер, функціональні програми-методики. Загалом медичні комплекси автоматизованої мікроскопії покликані забезпечувати [9] високу продуктивність праці лікаря, підвищену точність аналізів, доступність трудомістких і рідких аналізів, контролю якості, телемедицини, збирання і архівування зображень препаратів, навчання, сервісу і сертифікації. САМ передбачають такі рівні автоматизації мікроскопічних аналізів [10]:

- 1) візуальний аналіз, документування і телемедицина;
- 2) аналіз зображень для визначення характеристик препарату;
- 3) автоматизація переміщення та спостереження препарату.

Морфометрія клітин є тільки однією з автоматизованих методик у САМ [11]. Основними етапами цитологічного і гістологічного аналізу є вибір об'єкта дослідження, підготовка його для вивчення в мікроскопі, застосування методів мікроскопування, якісний і кількісний аналіз зображень. Тип, структура і функції системи диктуються кінцевим завданням, класом об'єктів дослідження і фінансовими можливостями користувача.

Отже, актуальним завданням є проектування апаратних і програмних структур САМ на основі існуючих на ринку апаратних засобів і розроблення власного програмного забезпечення для реалізації конкретних практичних задач.

Структури і функції апаратної і програмної складових САМ

САМ загалом поділяють на дослідницькі та спеціалізовані [12,13]. Дослідницькі САМ використовують медики-науковці, що розробляють нові методи діагностування, тоді як спеціалізовані САМ забезпечують виконання певного одного стандартизованого клінічного дослідження. У складі САМ можуть бути моторизовані: пристрій фокусування, предметний стіл, револьвер зміни об'єктивів і вузол зміни фільтрів, електронний блок управління освітленням, моторизований транспортер доставки предметних скелець на предметний стіл, електронний блок ідентифікації скла за штрих-кодом та ін.

До складу дослідницьких САМ входить багатофункціональний мікроскоп (лабораторного або дослідницького класу), який забезпечує проведення досліджень за різними методиками. Методика дослідження в таких системах не задана наперед, а формується користувачем, а до камер пред'являються підвищені вимоги до чутливості і роздільної здатності. Основними вимогами до дослідницьких САМ є універсальність мікроскопа і камери, швидке налаштування на аналіз іншого типу препарату.

Спеціалізовані САМ є кінцевим промисловим продуктом, що містить камеру певного заданого типу, мікроскоп, орієнтований на одну вибрану методику мікроскопії, та заданий тип досліджуваного препарату. Основними вимогами до спеціалізованих САМ є надійне виконання дослідження, надання вичерпної звітності та виконання дослідження за обмежений час.

Типова структура апаратної частини САМ складається з системи введення зображень (СВЗ), побудованої на базі мікроскопа, відеокамери або фотокамери, комп'ютера з програмним забезпеченням і принтера [12,14]. СВЗ є складним компонентом, структура якого залежить від класу системи і містить світловий мікроскоп, камеру, фотоадаптер, пристрій зміни поточного об'єктива, пристрій фокусування, пристрій переміщення предметного стола, пристрій подачі зразків та пристрій освітлення (рис. 1).

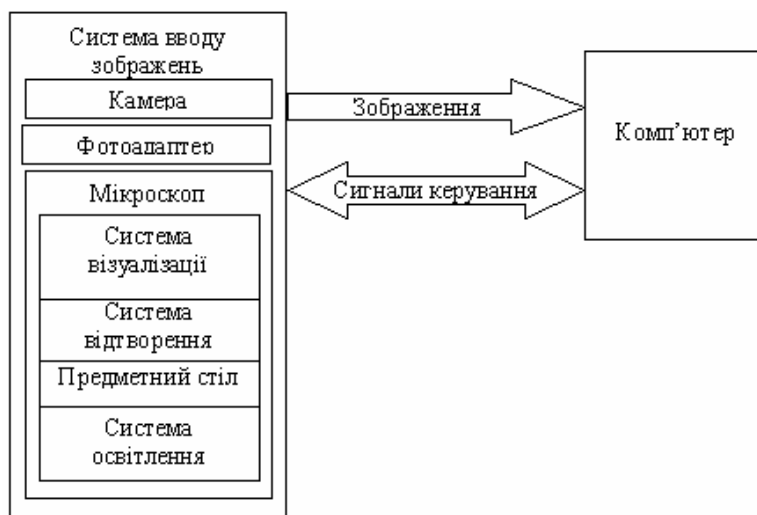


Рис. 1. Структура апаратної складової САМ

Для задач мікробіології на українському ринку пропонують САМ або окремі їх компоненти такі фірми, як Carl Zeiss (Німеччина), Leica, Olympus, Nikon, Микромед (Росія), Motic (Китай), Kopus (Італія).

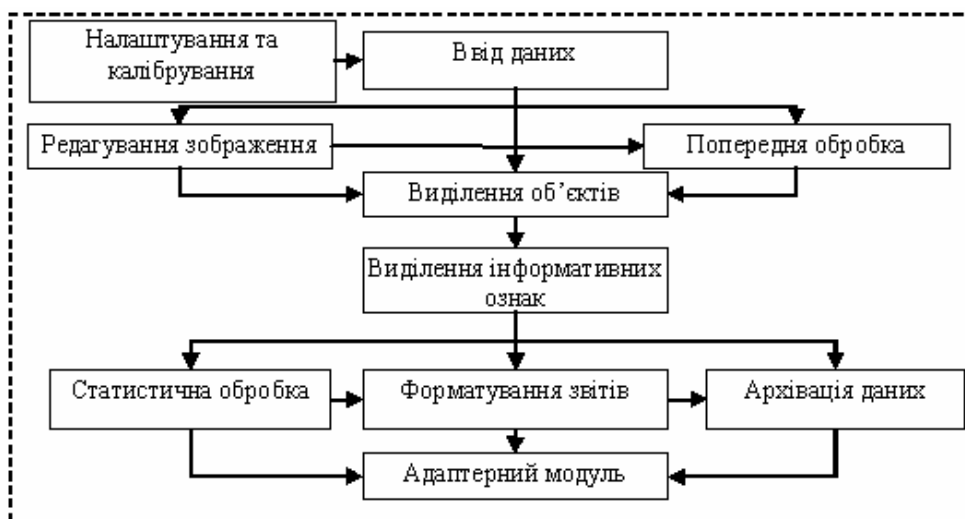


Рис. 2. Структура програмної складової САМ

Програмні системи морфометричного аналізу (програмні складові САМ) можна поділити на три групи: навчальні, спеціалізовані та універсальні. До структури навчальних систем входить набір функцій, які дають змогу проводити дослідження в ручному режимі і здійснювати нескладні

розрахунки (система ScreenMeter). Структура спеціалізованої системи містить набір алгоритмів та функцій, які адаптовані під певні типи об'єктів (налаштування таких систем відбувається на стадії проектування). Перевагами таких систем є наявність автоматичних режимів роботи, а недоліком – невисока якість результатів обробки препаратів іншої природи (системи ВидеоТест-Морфология, AnalySIS Five). Універсальні системи призначені для обробки та аналізу препаратів довільної природи, в структуру яких входять алгоритми та функції, що забезпечують проведення комплексу операцій з редагування, попередньої обробки і аналізу вхідних зображень. До переваг таких систем належать багатфункціональність, незалежність від типу препарату чи класу досліджень, часткова автоматизація процесу аналізу, а до недоліків – необхідність проведення калібрування систем перед початком роботи (системи BioVision, QCapture PRO 6.0, Motic Images Advanced 3.2).

Побудова дерева І-АБО для апаратної складової САМ

Задачі синтезу структур систем належать до найважче формалізованих [15]. Вхідна інформація при структурному синтезі містить опис вимог до властивостей проектного об'єкта, умови його функціонування і обмеження на елементний склад, а вихідна – відомості про склад системи і способи з'єднання елементів. Формально задачу підтримки прийняття рішень при структурному синтезі можна представити так:

$$DSS = \langle A, K, M, RS \rangle,$$

де $A = \langle A_1, A_2, \dots, A_n \rangle$ – множина альтернатив, $K = \langle K_1, K_2, \dots, K_n \rangle$ – множина критеріїв, $M : A \rightarrow K$ – модель, яка дає змогу для кожної альтернативи знайти вектор критеріїв, RS – правила розв'язання, які забезпечують вибір оптимальної альтернативи. Для кожної альтернативи існує впорядкована множина атрибутів $X = \langle X_1, X_2, \dots, X_p \rangle$. У випадку, коли математична модель $X \rightarrow K$ є невідомою, використовують підхід на основі експертних систем. У більшості випадків задачі структурного синтезу розв'язують за допомогою евристичних методів. Множину альтернатив A можна подати так: $A = \langle P, E \rangle$, де P – набір правил, E – набір елементів системи. Для опису P і E використовують морфологічні таблиці та І-АБО дерева.

Морфологічні таблиці задають альтернативи у вигляді $M = \langle X, R \rangle$, де X – множина характеристик (функцій), які притаманні об'єктам, R – множина способів реалізації функцій. До недоліків морфологічної таблиці належать неврахування заборонних комбінацій елементів у структурах і взаємна незалежність множини реалізацій R_i . Вказані недоліки відсутні в І-АБО дереві, яке є сукупністю морфологічних таблиць. У І-АБО дереві I вершина відповідає частковій морфологічній таблиці M_j , кожна АБО вершина, яка інцидентна M_j таблиці, відповідає множині варіантів реалізації i -ї функції.

Синтез на основі І-АБО дерев передбачає наявність правил вибору в кожній вершині АБО. Ці правила мають евристичний характер і зв'язані з вимогами технічного завдання. При їх складанні необхідно використати продукційні правила типу:

ЯКЩО умова1, умова2, ..., умова n **ТО** дія1, дія2, ..., дія m .

На основі наведеної класифікації САМ та аналізу її структури побудуємо дерево І-АБО для вибору структури системи залежно від заданих її функцій і характеристик (рис. 3) (ребра, що виходять з вершин I , позначено дугами). Для проектування системи необхідно визначити область її застосування, кратність збільшення для конкретного медичного дослідження, розміри мікрооб'єктів дослідження та рівень автоматизації. СВЗ може будуватись на основі цифрового або фотоадаптованого мікроскопів і камери. Вибір конкретних компонентів системи ґрунтується на їх характеристиках, із застосуванням евристичних правил. Рівень автоматизації САМ залежить від її призначення і бажаної швидкості аналізу препаратів. Для автоматизації мікроскопи можуть доукомплектовуватись пристроями моторизації фокусування, переміщення предметного стола, зміни поточного об'єктива і зміни фільтра.

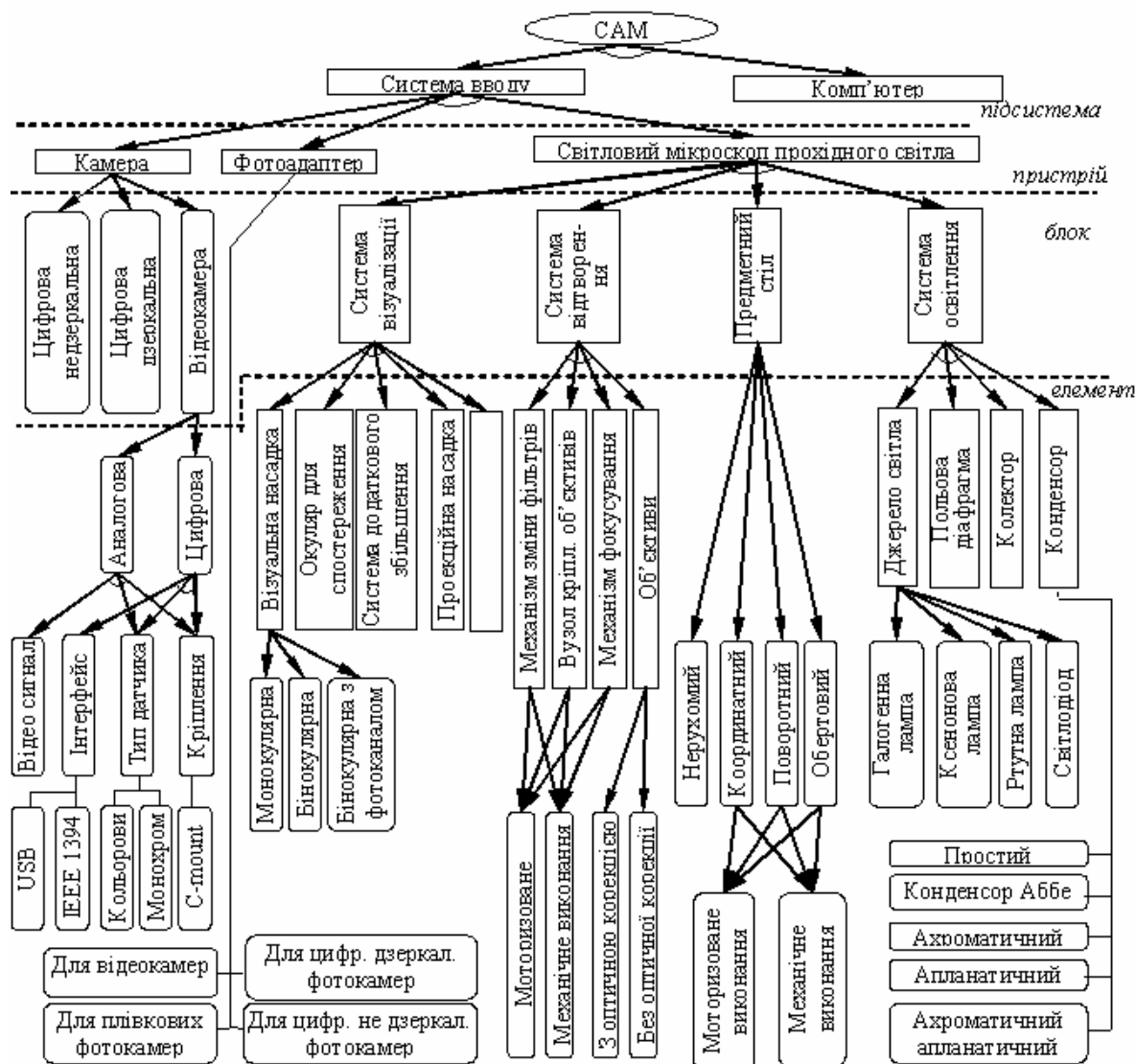


Рис. 3. Дерево І-АБО для апаратної складової САМ

САМ складається із системи введення зображення та комп'ютера. Основними характеристиками комп'ютера, які забезпечують мінімальний рівень швидкодії системи, є наявність процесора з частотою 1 ГГц, оперативної пам'яті обсягом не меншим за 1 ГБ та інтерфейсних плат USB або IEEE для отримання зображення або відеопотоку з камери.

Типова СВЗ складається із камери, фотоадаптера і світлового мікроскопа прохідного світла. Пристрої СВЗ підбираються за сумісністю оптичних властивостей і з'єднуються спеціальним фотоадаптером, який може встановлюватися у фотоканал тринокулярної візуальної насадки, в окуляр бінокулярної або у спеціальний адаптер на кронштейні мікроскопа.

Для отримання зображення від мікроскопа використовуються такі камери: цифрова дзеркальна або недзеркальна фотокамера, відеокамера. Для фотокамер основними характеристиками для вибору є динамічний діапазон сенсора, співвідношення сигнал/шум, роздільна здатність, сумісність кріплення із мікроскопом. Для виконання дослідження гістологічних препаратів рекомендується кольорова камера з роздільною здатністю не меншою за 1 Мегапіксель (1280x1024 точок), CCD сенсор і відношенням сигнал/шум не меншим за 65 дБ [13].

Фотоадаптер забезпечує передачу зображення без спотворень із певним коефіцієнтом збільшення на світлочутливу матрицю камери. Для кожного виду камер існує свій тип фотоадаптера. Тому можна виділити такі види фотоадаптерів: для відеокамер, для плівкових,

цифрових дзеркальних та цифрових недзеркальних фотокамер. Для захоплення відеопотоку використовуються аналогові відеокамери. У складі САМ найпоширенішими сьогодні є цифрові відеокамери фірм Axiovision, Motis (Китай), Tucsen (Китай), Lumenera Corp. (Канада), SPOT Imaging Solutions (США) та ін. Крім цього використовуються монохромні та кольорові відеокамери з CCD або CMOS матрицями.

Світловий мікроскоп прохідного світла складається зі штатива, до якого кріпляться всі основні вузли: система освітлення, предметний стіл, системи відтворення та візуалізації зображення. Основними характеристиками мікроскопа є кратність збільшення, роздільна здатність, лінійне поле на предметі і ступінь виправлення аберацій [12]. У САМ для цитології і гістології застосовують біологічні прямі мікроскопи робочого, лабораторного, дослідницького та універсального класів. Біологічні мікроскопи використовують такі методики: світлового поля, фазового контрасту, поляризацію та люмінісценцію. Як правило, для виконання гістологічних досліджень світловий мікроскоп повинен мати об'єктиви кратності $\times 10$, $\times 40$; окуляри з полями зору 20 мм або 18 мм, модуль освітлення (галогенна лампа або світлодіод).

Освітлювальна система світлового мікроскопа призначена для створення рівномірного освітлювального потоку і складається з джерела світла та оптико-механічної системи, що, своєю чергою, містить польову діафрагму, колектор та конденсор. Як джерело світла можна використовувати галогенну, ксенонову, ртутну лампи або блок світлодіодів. Конденсор може виконуватись в декількох варіантах: простий, конденсор Аббе, апланатичний, ахроматичний і ахроматично-апланатичний.

Предметний стіл може бути нерухомим, координатним, поворотним та обертовим. Для автоматизації досліджень використовуються моторизовані предметні столи, в яких переміщення препарату виконується кроковими двигунами і керується за допомогою панелі керування мікроскопа або від комп'ютера.

Система відтворення забезпечує перший ступінь збільшення і містить вузол кріплення об'єктивів, об'єктив, механізм зміни оптичних фільтрів та механізм фокусування. Для автоматичної зміни об'єктивів, фільтрів та автоматичного фокусування ці елементи можуть виконуватись моторизованими.

Система візуалізації містить такі елементи: візуальну насадку (монокулярна, бінокулярна або бінокулярна з фотоканалом), окуляр для спостереження, систему додаткового збільшення, проекційну насадку, адаптерний модуль для системи аналізу і документування зображення.

Виділимо параметри, за якими вибирають альтернативні варіанти комплектування САМ:

- 1) медична галузь: цитологія, гістологія, гематологія, аналіз хромосом, телемедицина;
- 2) типи дослідження: морфометрія, цитофотометрія, денситометрія;
- 3) методи дослідження: світлова мікроскопія: фазовий контраст, диференційно-інтерференційний контраст, темне поле;
- 4) величина збільшення: 80 – 1000;
- 5) розмір мікрооб'єкта: мкм;
- 6) цифровий масштаб: мкм/піксель;
- 7) рівень автоматизації.

На основі дерева **I-АБО** для вибору окремих компонент системи наведемо фрагмент продукційних правил, які формують альтернативні варіанти комплектації системи.

Якщо медична область гістологія
то САМ – СВЗ і комп'ютер.

Якщо медична область гістологія і методика дослідження світлова мікроскопія
то СВЗ – камера, фотоадаптер і світловий мікроскоп прохідного світла.

Продукційні правила дають змогу згенерувати множину варіантів структурної комплектації системи, яка задовольняє технічне завдання. На множині можливих рішень проводиться параметрична оптимізація.

Побудова дерева І-АБО для програмної складової САМ

На основі аналізу систем морфометричного аналізу побудуємо дерево І-АБО для синтезу альтернативних варіантів створення програмної складової САМ. Основними критеріями, які впливають на вибір системи, є: якість вхідних даних, тип мікрооб'єктів, види числових характеристик мікрооб'єктів та їхні статистичні характеристики (рис. 4).

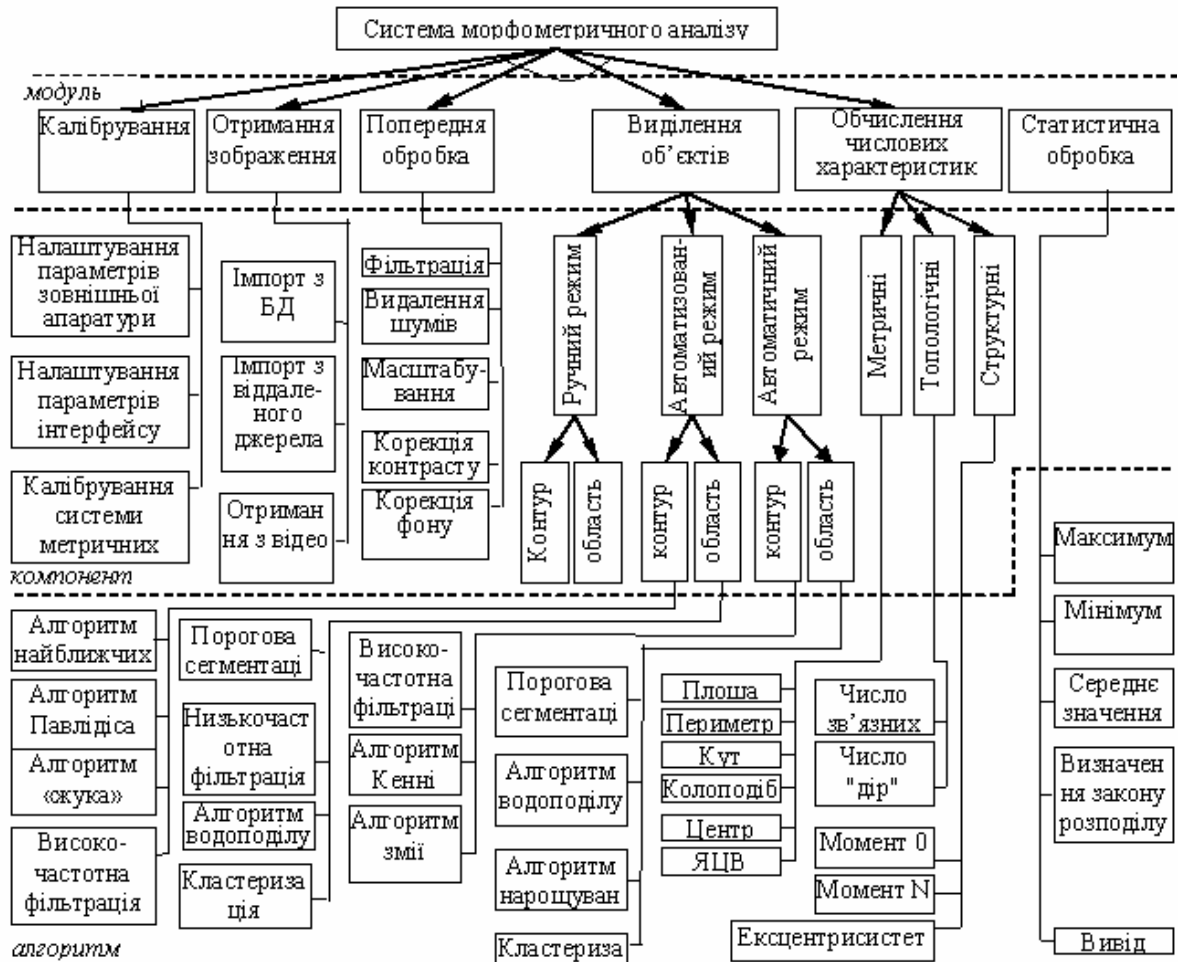


Рис. 4. Дерево І-АБО для програмної складової САМ

До основних характеристик вхідних даних належать: рівень шумів, базис кольорів, джерело інформації (внутрішнє, зовнішнє). Тип даних характеризується типом досліджуваної тканини та окремих клітин. До переліку статистичних даних належить інформація про окремі клітини (площа і периметр ядра і цитоплазми, кут нахилу, колоподібність і центр мікрооб'єкта). Інформація про групи клітин одержується завдяки обчисленню статистичних числових характеристик (середні значення, середні квадратичні відхилення, закони розподілу тощо).

Модуль налаштування параметрів зовнішніх апаратних засобів забезпечує встановлення параметрів взаємодії програмної складової системи із зовнішніми апаратними пристроями (принтерами, сканерами, відеореєструючою апаратурою, носіями інформації тощо).

Модуль налаштування параметрів інтерфейсу програми відповідає за встановлення параметрів роботи самого програмного середовища (під'єднання/від'єднання робочих модулів, встановлення параметрів роботи алгоритмів при обробці даних, встановлення розміру, кольору, формату шрифтів, вибір робочої мови тощо).

Модуль калібрування системи метричних відношень забезпечує калібрування метричних відношень у системі вибраних одиниць (міліметри, мікрометри, нанометри тощо).

Модуль отримання зображення дає змогу одержати зображення з віддаленого джерела, імпорту з власної бази даних (БД), імпорту з зовнішньої БД і отримання файла з відеореєструючої апаратури.

Модуль попередньої обробки здійснює фільтрацію вхідних зображень, тобто видалення дефектів зображення, що утворились внаслідок передавання зображення (шуми відеореєструючої апаратури, шуми каналів передачі даних тощо).

Модуль виділення об'єктів здійснює ідентифікацію однорідних областей та їхніх границь з подальшою змістовою обробкою. Ці процедури можуть відбуватися в ручному, автоматизованому і автоматичному режимах.

Модуль обчислення числових характеристик мікрооб'єктів забезпечує розрахунок метричних, топологічних і структурних характеристик.

Модуль статистичної обробки здійснює розрахунок статистичних числових характеристик мікрооб'єктів.

Модуль звіту забезпечує вибір форматування вихідного звіту (тип, розмір, колір шрифту, поля, розміщення листка тощо). Дані зберігаються у електронному вигляді, виводяться на тверді носії або передаються у зовнішнє програмне забезпечення.

Побудуємо **I-АБО** дерево альтернативних рішень, використовуючи такі параметри:

- 1) медична область: цитологія, гістологія, гематологія, аналіз хромосом, телемедицина;
- 2) тип джерела даних: локальні, глобальні;
- 3) якість вхідних зображень: зашумлені, незашумлені;
- 4) рівень автоматизації;
- 5) підходи до виділення об'єктів;
- 6) необхідні характеристичні ознаки;
- 7) тип досліджуваних об'єктів: окремі об'єкти, групи об'єктів;
- 8) спосіб видачі результатів: власними засобами, за допомогою зовнішнього програмного забезпечення.

Приведемо фрагмент продукційних правил вибору структур програмної системи для морфометричного аналізу.

Якщо медична область гістологія і клас системи спеціалізований
то
режим роботи автоматизований.

Якщо медична область гістологія
то
система автоматизованого виділення характеристик об'єктів – модуль вводу інформації і модуль попередньої обробки і модуль виділення об'єктів і модуль визначення інформативних характеристик.

Висновки

Проведено аналітичний огляд і класифікацію САМ– апаратної і програмної складових. Розроблено I-АБО дерева для генерації множини альтернатив структури САМ та продукційні правила, які дають змогу зменшити потужність множини альтернативних рішень згідно з заданим технічним завданням. Цей підхід використано для проектування комп'ютерної системи морфометричного аналізу гістологічних та цитологічних зображень клітин.

1. Дарченко А.О., Романов И.П., Крениций А.П. Автоматизация и компьютеризация цитологических исследований в гематологии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2003. – №2. – С. 55–61. 2. Попова Г.М., Степанов В.Н. Анализ и обработка изображений медико-биологических объектов // Автоматика и телемеханика. – 2004. – №1. – С. 131–142. 3. Решетов И.В., Кудрин К.Г., Спиридонов И.Н. Комплекс пространственно-цветовых координат кожных новообразований // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2004. – №10. – С. 55–61.

4. Никитин О.Р., Архипов Е.А., Пасечник А.С. Экспериментальное исследование методов сжатия медицинских изображений // Автоматика и телемеханика. – 2004. – №3. – С. 21–27. 5. Laszlo Lasztovicza, Bela Pataki, Nora Szekely and str. Neural network based microcalcification detection in a mammographic CAD system. IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing systems: Technology and Applications – Lviv, Ukraine, 2003. – P. 123–128. 6. Petra Perner. Image mining: issues, framework, a generic tool and its application to medical-image diagnosis // Engineering Apl. of Artificial Intell. – 2002. – №15 – P. 205–216. 7. Спиридонов А.В., Кондратова Н.С., Коренкова И.А. Автоматизированная классификация лейкоцитов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2003. – № 12. – С. 7–12. 8. Березский О.Н. Алгоритмы анализа и синтеза биомедицинских изображений Проблемы информатики и управления – 2007. – №2. – С.134–144. 9. За матеріалами сайту – Режим доступу до статті <http://medprom.ru> . 10. Зачем нужна и сколько стоит автоматизированная микроскопия? [Электронный ресурс] / В.С.Медовый – Режим доступу до статті <http://medprom.ru/medprom/110453>. 11. Автандилов Г.Г. Основы количественной паталогической анатомии. – М.: Медицина , 2002. – 240 с. 12. Пантелеев В., Егорова О., Клыкова Е. Компьютерная микроскопия. – М.: Техносфера, 2005. – 300 с. 13. Егорова О.В. С микроскопом на "ты". Шаг в XXI век. Световые микроскопы для биологии и медицины. – М.: Издательство "Репроцентр М", 2006 – 416 с. 14. Березький О.М., Батько Ю.М., Мельник Г.М. Інформаційно-аналітична система дослідження та діагностування пухлинних клітин на основі аналізу їх зображень // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – №3, Т.1. – С.120–130. 15. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.

УДК 681.3

Н. Ткаченко

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра програмного забезпечення

КРИТЕРІЇ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ЕКОНОМІЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ

© Ткаченко Н., 2009

Проаналізовано функціонування промислового комплексу як підсистеми у системі ринкових відносин, визначені основні критерії виживання підсистеми у конкурентному середовищі, визначена структура критеріїв.

The functioning of an industrial complex as subsystems in the system of market relations has been analyzed. The basic criteria of subsystem's survival in a competition environment and their structure have been ascertained.

Вступ

Чітка європейська перспектива є одним з ключових політичних передумов для ствердження України як потужної європейської держави. Стабільне економічне зростання, що забезпечує таку перспективу, можливе за умов ефективного функціонування промислового комплексу країни. Промислова галузь є традиційно основним системотвірним елементом державного устрою. Україна традиційно володіє значним промисловим потенціалом. Промислове виробництво країни забезпечує більш ніж третину загального обсягу ВВП, майже 50% товарів та послуг, а також 80%