

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Лисенко Ольга Валеріївна

УДК 577.3+621.531.7

**ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ОЦІНКИ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ
ЕМБРІОНІВ ТВАРИН**

05.11.17 - біологічні та медичні прилади і системи

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

ХАРКІВ – 2006

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Таврійській державній агротехнічній академії Міністерства аграрної політики України

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент
Мунтян Володимир Олексійович,
Таврійська державна агротехнічна академія,
декан факультету енергетики сільськогосподарського виробництва

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Червінський Леонід Степанович,
Національний аграрний університет,
завідувач кафедри електрифікованих технологій в АПК

кандидат технічних наук, доцент Аврунін Олег Григорович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
доцент кафедри біомедичних електронних приладів та систем

Провідна установа:

Львівський національний університет «Львівська політехніка», кафедра
електронних засобів інформаційно-комп'ютерних технологій, Міністерство
освіти та науки України, м. Львів

Захист відбудеться «16» травня 2006р. о 13.00 годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради К.64.052.05 Харківського національного
університету радіоелектроніки за адресою: 61166. м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського національного
університету радіоелектроніки за адресою:
61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий «13» квітня 2006р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

М. П. Мустецов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Тваринництво відноситься до числа базових напрямків сільського господарства та у значній мірі визначає умови підтримки життєздатності нашого суспільства. Інтенсифікація тваринництва диктує необхідність створення нових та удосконалювання існуючих методів селекції сільськогосподарських тварин.

Комплексна автоматизація технологічних процесів у тваринництві можлива тільки при розробці нових методів і технічних засобів трансплантації ембріонів та штучного запліднення тварин. Існуючі, головним чином суб'єктивні, методи оцінки якості ембріонів мають великі похибки. Підвищення ефективності аналізу життєздатності ембріонів вимагає розширення існуючих параметрів оцінки якості ембріонів, з урахуванням стадії їхнього розвитку та розробки технічних засобів автоматизації процесу оперативного і достовірного визначення значень параметрів ембріонів, а на їхній основі - оцінки їхньої життєздатності. При цьому вартість апаратного забезпечення операції по трансплантації ембріонів повинна бути економічно виправданою, з урахуванням вартості ембріонів. З огляду на важливість проблеми, вирішенню питань створення та впровадження не руйнуючих методів і технічних засобів оцінки якості мікрооб'єктів присвячена велика кількість робіт. Однак застосування більшості з існуючих вимірювально-обчислювальних комплексів ускладнено: по-перше, необхідністю їхньої істотної доробки та адаптації, з урахуванням особливостей об'єкта, що досліджується (ембріона), а по-друге, великою вартістю існуючих систем.

Таким чином, розробка системи аналізу життєздатності ембріонів, доступної при промисловій експлуатації на станціях штучного запліднення, яка забезпечить необхідні вірогідність, точність, малі витрати часу на оцінку зразка біоматеріалу з ембріонами, є актуальним завданням. Цим питанням і присвячена дисертаційна робота.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Результати роботи були отримані та реалізовані при особистій участі автора у зв'язку з виконанням науково-дослідних робіт:

«Розробка методів ультразвукової технології та електротехнічних систем обробки та технічних засобів контролю якості сільськогосподарських продуктів» (розд. 1.12 № ДР 0102U000686);

«Розробка засобів підвищення надійності електропостачання та нових електротехнологій для забезпечення виробничого процесу АПК» (розд. 1.14 № ДР 0102U000688);

«Використання оптико-електронних методів для аналізу якості біологічних матеріалів в агропромисловому комплексі» (протокольна угода № 291200К від 29.12.2000р. між Таврійською державною агротехнічною академією та Харківським державним технічним університетом сільського господарства);

«Визначення якості біоматеріалу в племінному тваринництві» (договір між Таврійською державною агротехнічною академією та

сільськогосподарським фермерським виробництвом (СФВ) «Олександрівське» Харківської області).

Мета дослідження - об'єктивізація та підвищення точності оцінки життєздатності ембріонів сільськогосподарських (с. г.) тварин оптико - електронними методами.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні завдання:

- аналіз та обґрунтування можливостей оптичних методів контролю життєздатності ембріонів;
- формування переліку показників та шкал оцінки життєздатності ембріонів;
- аналіз оптичних властивостей ембріонів с.г. тварин, з метою обґрунтування можливостей оптичних методів для розпізнавання життєздатності ембріонів;
- розробка математичних моделей еталонів зображень ембріонів, основаних на параметрах, що визначають їхню життєздатність;
- розробка способів та на їхній основі пристроїв об'єктивної оцінки життєздатності ембріонів.

Об'єкт дослідження - процес оцінки життєздатності ембріонів сільськогосподарських тварин.

Предмет дослідження – оптичні властивості ембріонів сільськогосподарських тварин.

Методи дослідження: методи дослідження оптичних властивостей мікробіологічних об'єктів; методи ідентифікації параметрів мікробіологічних об'єктів; методи математичного моделювання на основі теорії R – функцій; оптико-електронні методи одержання інформації; методи реєстрації, кодування та перетворення візуальної інформації в електричні сигнали; методи розпізнавання образів.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше розроблені математичні моделі еталонів зображень ембріонів, що дозволяє проводити об'єктивну оцінку їхньої життєздатності.
2. Вперше проведено дослідження оптичних властивостей ембріонів сільськогосподарських тварин, що дозволило оптимізувати параметри системи об'єктивного контролю ембріонів.
3. Розроблено метод розпізнавання зображень ембріонів та порівняння з еталоном, що дозволило забезпечити об'єктивність, точність оцінки й скорочення часу аналізу.

Практичне значення отриманих результатів.

Результати проведеного дослідження дозволили розробити та здійснити апробацію системи контролю життєздатності ембріонів великої рогатої худоби. Використання розробленої системи на станціях штучного запліднення дозволило підвищити ефективність операції оцінки якості ембріонів у процесі їхньої трансплантації. Впровадження системи оцінки життєздатності ембріонів здійснювалося при виконанні науково-дослідних робіт:

«Розробка методів ультразвукової технології й електротехнічних систем обробки й технічних засобів контролю якості сільськогосподарських

продуктів» (№ ДР 0102U000686); «Розробка засобів підвищення надійності електропостачання та нових електротехнологій для забезпечення виробничого процесу АПК» (№ ДР 0102U000688) (акт впровадження, частка здобувача - 45%);

«Визначення якості біоматеріалу в племінному тваринництві» (договір між Таврійською державною агротехнічною академією та СФВ «Олександрівське» Харківської області, акт впровадження, частка здобувача - 25%);

«Використання оптико-електронних методів для аналізу якості біологічних матеріалів в агропромисловому комплексі», (протокольна угода № 291200К від 29.12.2000 р. між Таврійською державною агротехнічною академією та Харківським державним технічним університетом сільського господарства, акт впровадження, частка здобувача - 15%).

Теоретичні та практичні питання побудови оптико-електронної системи оцінки життєздатності ембріонів тварин використовуються у навчальному процесі ТДАТА за курсом «Електротехнології в АПК» при проведенні лекційних та лабораторних занять. (Акт впровадження в навчальному процесі).

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати, що складають сутність роботи і знайшли відображення в пунктах новизни, наукового і практичного значення, отримані автором самостійно. У публікаціях автором особисто отримані наступні наукові результати: у патенті на винахід [8] запропонована реалізація процесу розпізнавання життєздатних ембріонів і принципи побудови відповідних блоків для реалізації цього підходу; у патенті на винахід [9] запропонована апаратурна реалізація методу порівняння ембріона з еталоном на основі аналізу величин нев'язки між отриманими значеннями яскравості в точках ембріона та еталонних значень; у роботах [7, 12] запропонований та запатентований спосіб визначення життєздатності ембріона по динаміці його параметрів; у роботі [3] проведена класифікація оптичних і морфологічних параметрів оцінки якості ембріонів; у роботі [2] запропоновані моделі еталонів ранньої морули із чотирма бластомерами та модель еталона пізньої бластоцисти; у роботі [4] запропоновані вибір та обґрунтування параметрів основних блоків (оптичного та електронного трактів) оптико-електронної системи для оцінки життєздатності ембріонів; у роботі [5] запропонований розрахунок економічної ефективності впровадження оптико-електронної системи в племінне тваринництво, зазначені додаткові складові економічного ефекту; у роботі [1] розглянуті питання окупності витрат на впровадження оптико-електронної системи в технологічний процес трансплантації ембріонів; у роботі [10] запропоноване обґрунтування параметрів оптичного та електронного трактів оптико-електронної системи; у роботі [11] класифіковані й сформульовані основні завдання, що виникають при проектуванні оптико-електронної системи для оцінки життєздатності ембріонів; у роботі [6] розглянуті можливості застосування оптико-електронної системи для оцінки життєздатності ембріонів.

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідалися на:

- міжнародній конференції «Проблеми ефективного функціонування АПК в умовах нових форм власності та господарювання» (травень 2001 р., Харків);

- міжнародній науково - технічній конференції «Землеробська механіка на рубежі сторіччя», присвячена розвитку землеобробної механіки в ХХ столітті в Східній Європі й Північно-східній Азії (травень 2001 р., Мелітополь);

- V й VII міжнародних форумах «Радіоелектроніка та молодь в ХХІ столітті», (квітень, 2001, 2003рр., Харків);

- VII міжнародній конференції «Теорія і техніка передачі, прийому та обробки інформації», (вересень, 2001 р. Харків);

- постійнодіючому семінарі «Технічна кібернетика АПК», при кафедрі кібернетики Харківського державного технічного університету сільського господарства, (2001, 2002, 2003 р., Харків);

- міжнародній науково - технічній конференції, присвяченій 50 - річному ювілею факультету Енергетики Таврійської державної агротехнічної академії (2003р., Мелітополь).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 12 робіт, у тому числі 3 патенти України на винаходи та 5 статей у фахових виданнях, що входять до переліку ВАК.

Структура роботи. Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Загальний обсяг дисертації 162 стор., містить 35 ілюстрацій, 7 таблиць, 4 додатка та перелік літературних джерел з 121 найменування на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, проведений короткий аналіз стану проблеми, визначені завдання дослідження, їхній зв'язок з науковими програмами та НДР, сформульовані мета та науково-технічні завдання, визначений особистий внесок здобувача в опублікованих роботах, наведена інформація про апробації роботи.

У першому розділі показано, що найбільш ефективним шляхом підвищення ефективності тваринництва та відновлення поголів'я з високим племінним рівнем є трансплантація ембріонів. Ефективність трансплантації ембріонів залежить від усіх операцій технологічного циклу і особливо від якості контролю життєздатності ембріонів. Проаналізовано існуючі методи контролю ембріонів. На практиці в основному застосовують методи, засновані на суб'єктивній оцінці оператором стану ембріонів, що має відомі обмеження.

З метою підвищення ефективності контролю життєздатності ембріонів, запропоновано розширити число існуючих параметрів оцінки життєздатності ембріонів з урахуванням часового фактору та стадії розвитку ембріона. В результаті аналізу існуючих засобів контролю біоб'єктів та особливостей ембріона як об'єкту дослідження, було запропоновано контроль робити у два етапи. Попередній контроль стану ембріона та процесів його ділення можна робити шляхом дослідження оптичного випромінювання, що розсіюється

ембріоном. Запропоновано використати комбінацію методів фотометрії та турбідиметрії. Попередній контроль забезпечить одержання інформації про життєздатність і сферичність ембріона.

На другому етапі об'єктивного контролю стану ембріона необхідно визначити стадію його розвитку. Запропоновано використати методи, засновані на оптичній візуалізації ембріона з наступним автоматичним аналізом його зображення. Для практичної реалізації методів об'єктивної оцінки ембріонів, заснованих на оптичній візуалізації, необхідно розв'язати завдання формування еталонів на різних стадіях розвитку ембріона та розробці алгоритмів обробки зображень.

У другому розділі проаналізовані, доповнені та класифіковані параметри і критерії оцінки якості ембріонів. Особливу увагу приділено параметрам, загальним для морули і бластоцисти. Для оцінки ембріона після одержання його зображення розроблені еталони різних стадій розвитку у вигляді двомірного об'єкту.

Найбільш компактне подання інформації про геометричний об'єкт складної просторової форми може бути здійснене на базі теорії R-функцій. Такий підхід дав можливість одержати в єдиному аналітичному вигляді математичну модель досліджуваного об'єкту та його складових фрагментів. Модель являє собою нерівність, що приймає в граничних точках фрагмента значення нуль, а у внутрішніх точках – позитивне значення. Ідея такого підходу полягає в наступному. При дослідженні ембріона A інтерес подає його геометричні характеристики в цілому, і характеристики складових фрагментів $A_1, A_2, \dots, A_k$. Нехай кожний із фрагментів $A_1, A_2, \dots, A_k$ ембріона визначений відповідною нерівністю:

(1)

Тоді, можна задати булеву функцію:

(2)

яка визначається логікою побудови області A . При цьому значенню істинності булевої функції $f(x,y)$ буде відповідати приналежність довільної точки $T(x,y)$ області A , а значенню хибності – не приналежність точки $T(x,y)$ області A . Користуючись співвідношеннями (1) і (2) та враховуючи розкид (дисперсію) значень яскравості зображення, що дорівнює:

де Θ – матриця розміром $n \times m$ вхідної інформації про зображення ембріона; n та m – відповідно число рядків і стовпців дискретного поля зору Ω (растра); можлива побудова нерівності виду:

яке в аналітичному вигляді дозволяє описати область A , що і є її математичною моделлю. Аналогічно можна побудувати нерівності, що описують фрагменти області A (ембріона). Для розпізнавання зиготи (рис.1) необхідно мати математичні моделі її фрагментів.

Внутрішня частина плоского зображення зиготи (область A разом із зовнішньою оболонкою зиготи) визначається нерівністю типу:

де R - радіус зовнішньої оболонки зиготи.

Модель зони пеллюцида зиготи. Область A_n на рис. 1 визначається в результаті перетинання (кон'юнкція) двох областей та описується нерівністю вигляду:

де R_n' - радіус внутрішньої оболонки зони пеллюцида зиготи.

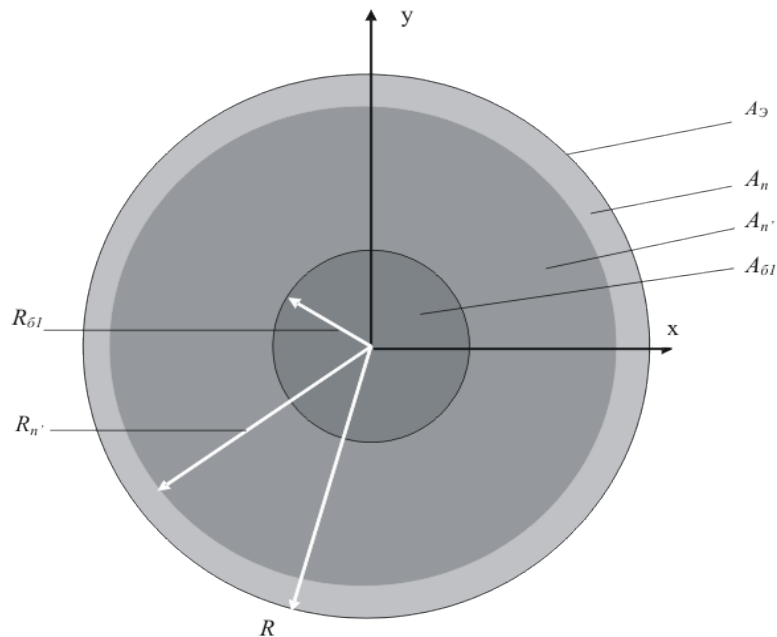


Рис. 1. Зображення та морфологічні параметри зиготи.

Аналогічно побудовані нерівності, що описують фрагменти області A (ембріона). При побудові таких математичних моделей, що враховують морфологічні характеристики ембріона в цілому і його складових елементів, можливе введення нефіксованих параметрів, за допомогою яких є можливість одержати сімейство однотипних моделей, які потім шляхом задання значень відповідних коефіцієнтів, настраюються під зображення досліджуваних фрагментів.

Модель перивітеллінового простору зиготи. Область A_n' (рис. 1) між зоною пеллюцида та бластомером (зародком) визначається в результаті кон'юнкції двох областей й описується нерівністю виду:

де $R_{\delta 1}$ - радіус бластомеру $A_{\delta 1}$.

Модель бластомеру зиготи. Область $A_{\delta 1}$ (рис. 1) описується наступною нерівністю:

де $R_{\delta 1}$ - радіус бластомеру $A_{\delta 1}$ (рис. 1).

Аналогічно отримані моделі еталона ранньої морули (два бластомера), модель еталона ранньої морули (чотири бластомера), модель еталона пізньої

бластоцисти.

Завданням розпізнавання якісних ембріонів є знаходження ступеня близькості отриманого зображення ембріона й еталонного. У теорії розпізнавання образів існує два основних підходи: розпізнавання на основі порівняння з еталоном шляхом приведення до еталона аналізованого зображення та розпізнавання на основі порівняння аналізованого зображення з еталоном за допомогою настроювання параметрів еталона.

Перший підхід забезпечується технічними засобами. Враховуючи, що геометрична форма об'єкту розпізнавання відома, нами обрано другий підхід, заснований на алгоритмічних методах зміни параметрів еталону. Для цього в математичні моделі еталонів спеціально введені нефіксовані параметри, які характеризують морфологічні параметри всієї множини можливих моделей еталонів ембріонів.

Сутність нормалізації еталона ембріона полягає в наступному. Реальне зображення в певний момент часу подається у вигляді функції $f(x, y)$, а

еталонне - у вигляді функції $e(x, y)$.

При нормалізації здійснюється вплив на еталонне зображення деякого перетворення N :

У найбільш загальному вигляді перетворення (оператор) N подається в такий спосіб:

де $f(x, y)$ - функція, що характеризує перекручування яскравості; $g(x, y)$ - адитивні зміни фону; N - оператор геометричних перетворень.

Розглянемо відповідні перетворення. Зміна орієнтації (поворот відносно початку координат) на кут α забезпечується оператором виду:

За аналогією задається оператор повороту щодо довільної точки (x_0, y_0) у вигляді:

При паралельному переносі або зсуві здійснюється наступне перетворення:

При зміні масштабу здійснюється перетворення:

Як правило, у задачах оцінки якості ембріонів Q , тобто здійснюється однакова зміна масштабу по кожній координаті.

Після здійснення процедури нормалізації переходимо до оцінки якості ембріона. Нехай аналізованими є оптичні й морфологічні параметри ембріона:

$p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n$.

Це параметри, по яких виноситься рішення про якість (життєздатність) ембріона. Припустимо, що ці значення отримані за допомогою оптико-електронної системи в результаті аналізу реального зображення й мають наступні значення:

$p_{1i}, p_{2i}, \dots, p_{ni}, \dots, p_{ni}$.

Нехай нормалізація еталона ембріона дозволила одержати наступні значення цих же параметрів:

$$p_{1e}, p_{2e}, \dots, p_{ie}, \dots, p_{ne}.$$

Припустимо також, що задано допустимі відхилення: параметрів, що вимірюються $p_{1и}, p_{2и}, \dots, p_{ии}, \dots, p_{ни}$ від відповідних значень еталонних параметрів $p_{1e}, p_{2e}, \dots, p_{ie}, \dots, p_{ne}$.

Тоді окремі рішення (оцінка якості ембріона по окремих параметрах) визначаються наступною системою предикатів:

(3)

(4)

Тобто, якщо то по i -му параметру ембріон вважається якісним, при цьому ($i=1,2,\dots,n$). У протилежному випадку, тобто коли по i -му параметру ембріон вважається неякісним. Загальна оцінка якості ембріона по всій сукупності параметрів буде мати такий вигляд:

(5)

Тобто в тому випадку, коли - ембріон відмінний. У протилежному випадку – тобто, коли - ембріон непридатний.

Проміжна оцінка (гарний, задовільний та умовно придатний) здійснюється на основі аналізу значень істинності окремих предикатів (3) і (4) та відповідних їм критеріїв якісної оцінки ембріонів.

У випадку рівнозначності параметрів ембріона й при оцінці за рівномірною шкалою відмінний ембріон буде в тому випадку, коли вираз (5) приймає значення «1» тобто всі K параметри аналізованого ембріона відповідають заданим вимогам:

або

Гарний ембріон буде, коли підрахунок числа «1» у виразі (3) для окремих рішень дозволить одержати оцінку:

У випадку задовільного ембріона підрахунок числа «1» для окремих рішень дозволить одержати оцінку:

Умовно придатний ембріон, коли у виразі (3) для окремих рішень одержимо оцінку:

Для непридатного ембріона підрахунок числа «1» у виразі (3) для окремих рішень одержимо оцінку:

Застосування рівномірної шкали оцінки якості ембріона є не єдиним. Залежно від цілей оцінки якості ембріона може застосовуватися нерівномірна шкала. У цьому випадку на основі експертного оцінювання, залежно від значення параметру, необхідно вводити вагові коефіцієнти для кожного аналізованого параметра ембріона.

При нерівнозначності параметрів ембріона для кожного параметра ембріона уведено його ваговий коефіцієнт:

$$W_i (i=1,2,\dots,n).$$

Тоді окремі рішення (оцінка якості ембріона по окремих параметрах) визначаються наступною системою предикатів:

Загальне рішення (загальна оцінка якості ембріона по всій сукупності параметрів з урахуванням значень їхніх вагових коефіцієнтів) буде мати такий вигляд:

Припустимо, що в цьому випадку оцінка якості ембріона здійснюється за п'ятибальною шкалою. Для цього введемо п'ять значень критерію Z_i якості ембріона: $Z_i (i=1,2,\dots,5)$. Тоді відмінний ембріон буде вважатися в тому випадку, коли:

Для гарного ембріона:

Задовільним вважаємо ембріон, для якого:

Для умовно придатного ембріона виконується нерівність:

Непридатним вважаємо ембріон, для якого:

Зауважимо, що ефективність цього методу багато в чому залежить від величин значень критеріїв $Z_i (i = 1,2,\dots,5)$ якості ембріона.

При порівнянні з еталоном з урахуванням максимальної розбіжності параметрів еталона й ембріона оцінка якості ембріона здійснюється по п'ятибальній шкалі. Уведемо п'ять значень критерію Z_i^* якості ембріона:

$$Z_i^* (i=1,2,\dots,5).$$

Визначимо з урахуванням величин розбіжності параметрів еталона й зображення ембріона:

Знайдемо максимальне значення цих величин:

Тоді, відмінний ембріон буде вважатися в тому випадку, коли: . Для гарного ембріона виконується нерівність: . Відповідно: задовільний ембріон -

; умовно придатний - ; непридатний якщо:

Ефективність цього методу багато в чому залежить від величин значень критеріїв Z_i^* ($i=1,2,\dots,5$) якості ембріона.

Отримані математичні моделі фрагментів (зони пелюциду, перивітеллінового простору, бластомерів) ембріонів дозволяють подати в єдиному аналітичному вигляді опис відповідних фрагментів, що дає можливість застосувати єдину методологію побудови різних еталонів біоматеріалу та його фрагментів для наступного розпізнавання і оцінки якості.

У третьому розділі розглянута модель оптичного тракту візуалізації ембріонів, що дозволило обґрунтувати відповідність ембріона його зображенню, отриманого за допомогою мікроскопа. Моделювання оптичного тракту дозволило оцінити якість формування вихідної візуальної (фізичної та геометричної) інформації про ембріон. При цьому вважалося, що використовується малопотужне джерело світла, а в складі біорідини та ембріону відсутні люмінофори і неоднорідності, що дорівнюють або менші довжини світлової хвилі. При побудові моделі розглянутої частини оптичного тракту враховувалися наступні три основних явища: відбиття, поглинання і поляризація випромінювання, що проходить через середовища з різними геометричними поверхнями, які служать межами їх розподілу.

Результати розрахунку проходження випромінювання через ембріон позані у вигляді діаграми (рис. 2), на якій зображений диференціальний розподіл відносних інтенсивностей світла, що пройшло ембріон.

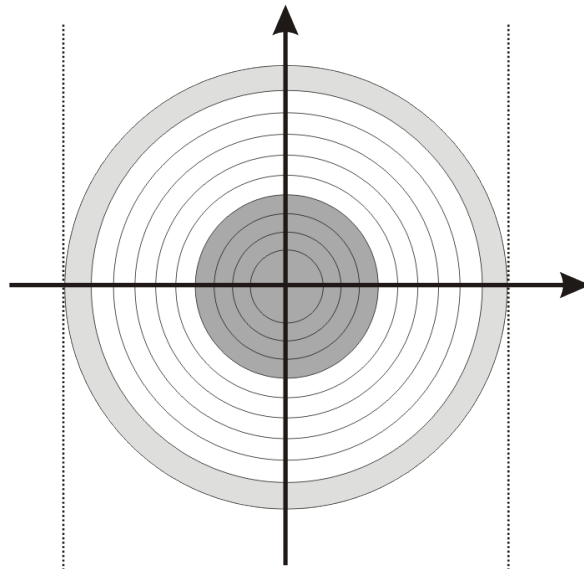


Рис. 2.

Проаналізувавши діаграму, можна зробити висновок, що при взаємодії електромагнітного випромінювання з ембріоном можна одержати чітке й контрастне зображення форми ембріона на екрані.

Розроблено структуру оптико-електронної системи для спостереження візуалізації та дослідження життєздатності ембріонів (рис. 3).

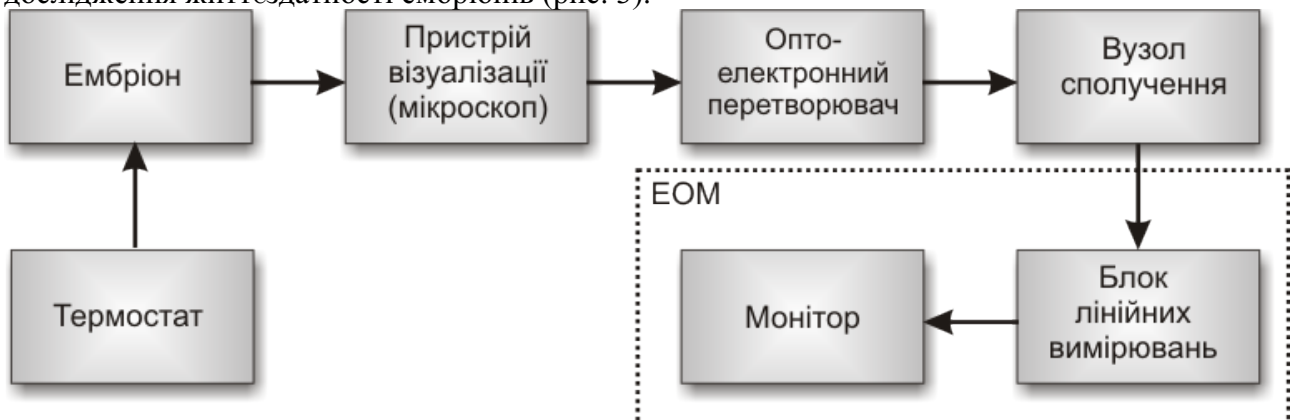


Рис. 3.

Первинним перетворювачем зображення ембріонів обґрунтовано використано ПЗЗ - матриця.

Розглянуто принципи кодування інформації про зразок біоматеріалу. При цьому на виході телевізійної камери формується відеосигнал, що відповідає розподілу яскравості

в полі зору Ω для дискретних точок ПЗЗ - матриці. Таким чином, здійснюється просторова і якісна дискретизація зображення зразка біоматеріалу. У результаті цього зображення подається у вигляді матриці розміром $n \times m$.

З огляду на те, що зображення зразка біоматеріалу може містити, наприклад, окремих фрагментів, то розподіл яскравості в зразку біоматеріалу представляється у вигляді наступного співвідношення:

де I_k - зображення k -го фрагмента $k=1,2,...,s$; I_f - зображення фону при введенні візуальної інформації.

При цьому:

де $\Omega_k \subset \Omega$ - область, що займається k -м фрагментом зразка біоматеріалу;
 $\Omega_f \subset \Omega$ - область фону:

$$\emptyset, i \neq j.$$

Одне з найбільш важливих завдань у процесі оцінки якості зразка є сегментація зображення (виділення частин), що полягає в одержанні із зразка зображень

і фону.

На першому етапі оцінки якості ембріонів необхідно виділити зі зразка біоматеріалу ембріони та сторонні об'єкти. Для цього необхідно спочатку застосувати процедуру грубої сегментації. Ця процедура рівнозначна переходу до бінарного зображення (кодування). Вона

полягає в тому, що всім точкам растра, у якому перебуває зразок біоматеріалу, для яких яскравість $I_{ij} < I_{\min}$, де $I_{\min}$ - мінімальне значення яскравості точок фону, -

ставиться у відповідність «0». А точкам $I_{ij} \geq I_{\min}$, для яких яскравість $I_{ij} \geq I_{\min}$, та належать до зразку біоматеріалу, - ставиться у відповідність «1». Після цього проводиться аналіз геометричної форми складових зразка біоматеріалу й порівняння з еталоном.

У четвертому розділі наведені результати експериментальної перевірки ефективності системи, що пропонується. Наведено різні апаратні рішення системи. Зовнішній вигляд експериментальної лабораторної оптико-електронної системи «ЕМБРІОН» наведено на рис. 4.

Для її реалізації використалися наступні стандартні блоки й вузли: мікроскоп ЛОМО «Биолам»; ЕОМ (процесор AMD Duron 600 МГц, 20Гб, RAM- 128 Мб, відеокарта ATI Rage PRO 128, 32 Мб). Операційна система Windows'98, мова програмування - Visual C++; редактор відеозображення Multimedia Centr (ATI).

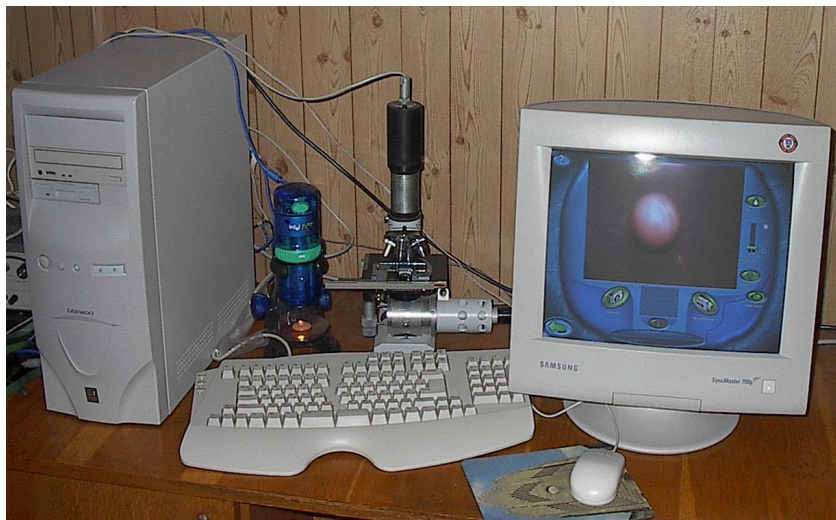


Рис. 4. Зовнішній вигляд системи «ЕМБРІОН»

Система призначена для визначення типу та розрахунку морфологічних характеристик ембріонів тварин в інтерактивному режимі і ухвалення рішення про його життєздатність. При цьому для поліпшення сприйняття результату роботи системи виводяться в текстовому і графічному вигляді. Зауважимо, що системи, які використовуються для морфометрії клітин при рішенні медичних завдань, для нашої мети не підходять. Наше завдання більш складне - визначення життєздатності клітин. Наприклад, якщо виділена область бластомеру морули (рис. 5а), і заданий її еталон (рис. 5б) ідентифікація типу ембріона і відхилення його від еталона здійснюється на основі сумісності та порівняння радіальної розгортки меж реального зображення ембріона і його еталона.

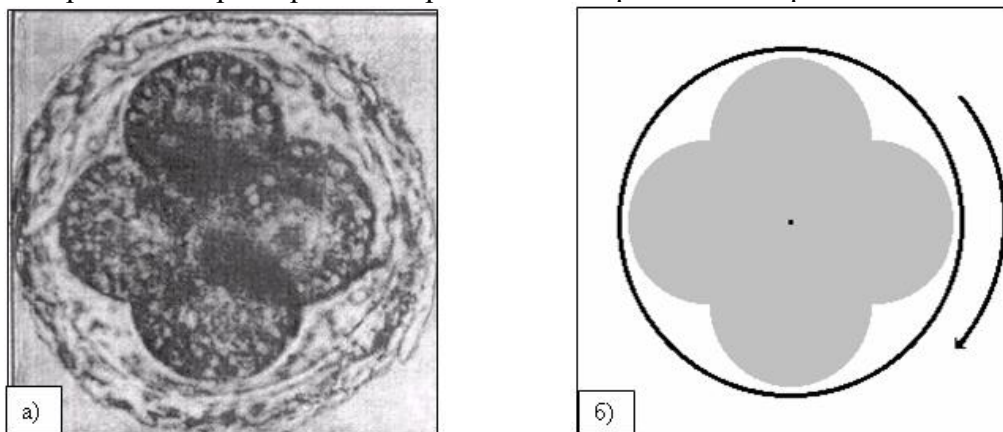


Рис. 5. Реальне зображення ембріона ранньої морули і його еталона.

Для дослідження точності визначення життєздатності ембріонів сільськогосподарських тварин за допомогою розробленої системи експертам було запропоновано визначити життєздатність 20 ембріонів, проаналізованих оптико-електронною системою (рис. 6). Так для 1 класу (відмінні ембріони) відсоток правильно оцінених оператором ембріонів становить 74%. За допомогою оптико-електронної системи - 90%. Похибка оператора в порівнянні з оцінкою оптико-електронної системи становить 16%.

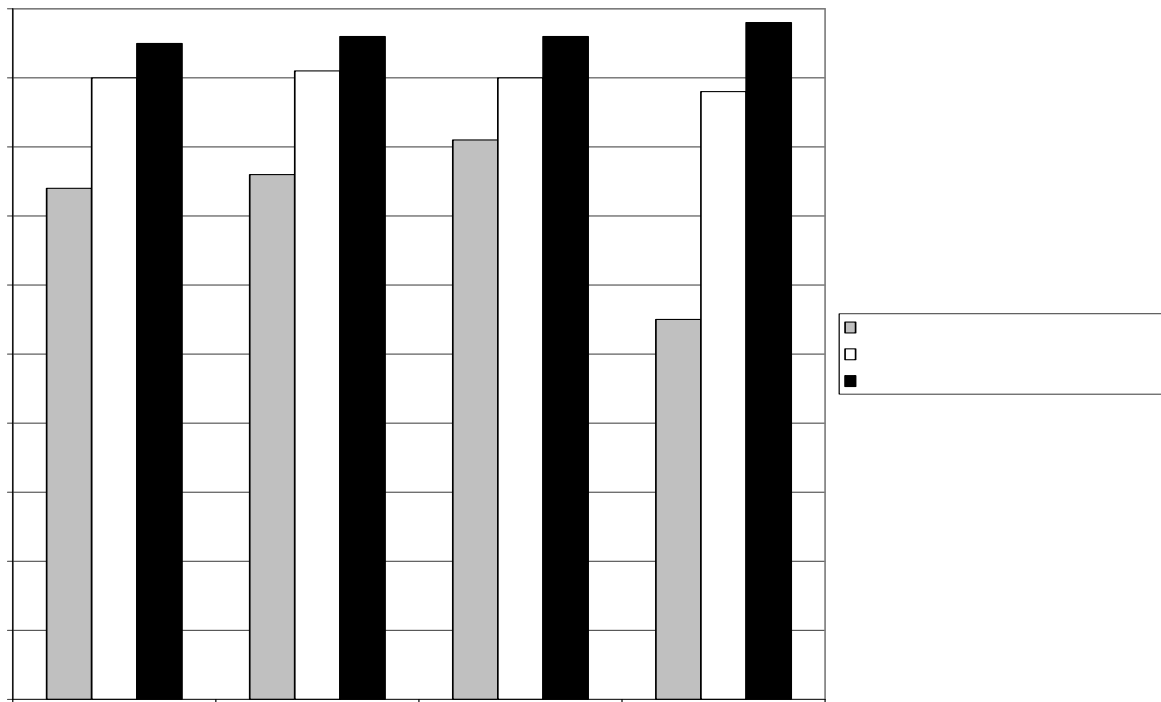


Рис. 6. Результати оцінки якості визначення життєздатності ембріонів за допомогою оптико-електронної системи

I клас – відмінні; II клас – гарні; III клас – задовільні; IV клас – що дегенерують.

ВИСНОВКИ

1. Показана актуальність задачі контролю життєздатності ембріонів, розв'язання якої буде сприяти підвищенню ефективності тваринництва.

2. Встановлено, що основою існуючих методів оцінки життєздатності ембріонів є суб'єктивна їх оцінка оператором.

3. Показано, що об'єктивний контроль стану ембріона забезпечують методи, засновані на оптичній візуалізації з наступним автоматичним аналізом зображення.

4. Проаналізовані, доповнені та класифіковані існуючі параметри і критерії оцінки якості життєздатності ембріонів.

5. Показано, що для оцінки життєздатності ембріонів досить набору геометричних та оптичних показників. Оптичні показники можуть бути використані для попередньої оцінки ембріонів. Набір геометричних показників дозволяє об'єктивно оцінювати життєздатність ембріонів на будь-якій стадії розвитку.

6. Запропоновано принципи побудови математичних моделей еталонів ембріонів на основі теорії R - функцій, що дозволило проводити об'єктивну оцінку ембріонів на різних стадіях розвитку (зигота, рання морула з двома та чотирма бластомерами, пізня бластоциста).

7. Отримані математичні моделі фрагментів ембріонів (зони пеллюцида, перивітеллінового простору, бластомерів), що дозволило подати в єдиному аналітичному вигляді опис відповідних фрагментів та можливість застосувати єдину методологію побудови різних еталонів біоматеріалу для наступного розпізнавання та оцінки якості.

8. Розглянуто модель оптичного тракту візуалізації ембріонів, що дозволило обґрунтувати відповідність ембріона його зображенню, отриманого за допомогою

мікроскопа.

9. Обґрунтовано використання твердотільних фотодавачів (ПЗЗ - матриць) для аналізу зображення ембріонів та метод кодування і яскісно-граничної сегментації зображення, що дало можливість одержання достовірної інформації про ембріон.

10. Запропоновано структуру, призначення та визначені взаємозв'язки між основними підсистемами системи контролю життєздатності ембріонів.

11. Запропоновано модифікацію методу нормалізації (поворот, зсув, масштабування) вихідного еталона для його використання в процесі оцінки життєздатності ембріонів.

12. Розроблено метод, пристрій та обґрунтовані критерії оцінки якості ембріона на основі порівняння його зображення з еталоном.

13. Розроблено метод та пристрій контролю життєздатності ембріонів по динаміці оптичних параметрів.

14. Проведено обґрунтування основних програмно-апаратних параметрів та синтезована структура оптико-електронної системи контролю життєздатності ембріонів на принципі блочно-модульної побудови.

15. Проведена експертна оцінка результатів роботи системи контролю життєздатності ембріонів, що дозволило підтвердити точність визначення життєздатності ембріонів розробленим методом.

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Верескун О. В., Геворков Р. Л. Путятин В. П., Применение оптико-электронной системы в племенном животноводстве./Проблеми ефективного функціонування АПК в умовах нових форм власності та господарювання: Кол. мон. у двух томах. Т. 1./За ред. П.Т. Саблука, В.Я. Амбросова, Г.С. Мазнева. - Київ: Ін-т агр. ек-ки. УААН, 2001.- С. 511-513.

2. Верескун О.В., Мегель Ю.Е., Путятин В.П. Моделирование эталонных эмбрионов. //Проблемы бионики. Всеукр. межвед., науч.-техн. сб.. Вып. 53.-Харьков: ХТУРЭ.- 2000.- С. 79 - 87.

3. Мегель Ю.С., Верескун О.В. Параметры идентификации эмбрионов.//Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. Вісник Харк. держ. техн. ун. сільськ. госп.. Вип. 6. - Харків: ХДТУСГ. - 2001. - С. 34 - 40.

4. Верескун О.В., Мунтян В.А. Застосування оптико-електронної системи для оцінки характеристик біологічних об'єктів // Праці Тавр. держ. агротехн. ак.. Вип.1. Том 19. – Мелітополь: ТДАТА, 2001. – С. 56 – 61.

5. Васильцова Н.В., Верескун О.В., Геворков Р.Л., Мегель Ю.Е. Оценка эффективности применения оптико-электронной системы в племенном животноводстве // Проблемы энергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. Вісник Харк. держ. техн. ун. сільськ. госп. Вип. 6. - Харків: ХДТУСГ. - 2001. - С. 361 - 364.

6. Верескун О.В., Галкіна Г.М. Возможности использования оптико-электронной системы для анализа жизнеспособности эмбрионов сельскохозяйственных животных//Праці Таврійської держ. агротехн. ак.. Вип.8. - Мелітополь: ТДАТА, 2002. - С. 94 - 97.

7. Патент. Україна. Спосіб контролю життєздатності ембріона за динамікою його параметрів / О.В. Верескун, В.О. Мунтян, В.П. Путятін (Україна).- № 61329. Опубл. 17.11. 2003. Бюл. №11

8. Патент. Україна. Спосіб визначення якості ембріонів / О.В. Верескун, Ю.С. Мегель, В.О. Мунтян, В.П. Путятін (Україна).- № 42456. Опубл. 15.10.2001. Бюл. № 9.

9. Патент. Україна. Пристрій для визначення якості ембріонів/О.В. Верескун, Ю.С. Мегель, В.О. Мунтян, В.П. Путятін (Україна). - № 45592. Опубл. 15.04.2002. Бюл. № 4.

10. Верескун О.В., Мегель Ю.Е., Мунтян В.А. Измерительно-вычислительная система для анализа качества микробиологических объектов.//Сб. науч. тр. VII Межд. конф. «Теория и техника передачи, приема и обработки информации». – Харьков.: ХНУРЭ. - 2001. С. 450 -

451.

11. Верескун О.В., Мунтян В.А. Проектирование технических средств для оценки качества эмбрионов // Сб. науч. тр. 5-го Межд. молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». Ч. 2. – Харьков.: ХНУРЭ. - 2001.- С. 282 - 283 .

12. Верескун О.В. Фотометрический контроль жизнеспособности эмбриона животных // Сб. науч. тр. 7-го Межд. молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». - Харьков: ХНУРЭ.-2003.- С.234.

АНОТАЦІЯ

Лисенко О. В. Оптико - електронна система оцінки життєздатності ембріонів тварин – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.11.17 - біологічні та медичні прилади і системи. - Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2006.

Дисертація присвячена питанням розробки системи об'єктивної оцінки життєздатності ембріонів тварин. Обґрунтовано актуальність роботи.

Уточнений та доповнений перелік існуючих параметрів оцінки ембріонів. Обґрунтовано перспективність використання оптичного випромінювання для одержання інформації про життєздатність ембріона. Досліджено оптичні властивості ембріонів на різних стадіях розвитку.

Завдання визначення якості ембріона зведена до завдання розпізнавання його зображення. Розроблені еталони зображень ембріонів на різних стадіях розвитку. Еталонні зображення розроблені на основі R - функцій. Запропоновано алгоритм розпізнавання для випадків: рівнозначності параметрів ембріона і еталона; нерівнозначності параметрів ембріона і еталона; максимальної розбіжності параметрів еталона і ембріона. Запропоновано алгоритм визначення параметрів еталона при динаміці його параметрів.

Ключові слова: ембріон; бластоциста; бластомер; морула; перивітелліновий простір; зона пеллюцида; цитоплазменна оболонка; зигота; R- кон'юнкція; R-диз'юнкція; R – функція; обробка зображень; ПЗЗ – матриця; кодування сигналів.

SUMMARY

Lysenko O. V. Optic electronic system for estimation of viability the embryos of animals - The Manuscript.

The dissertation on reception of a scientific degree of Cand.Tech.Sci. on the speciality 05.11.17 - biological both medical devices and systems. - The Kharkov national university of radio electronics, Kharkov, 2006.

The dissertation is devoted by a question of system engineering of an objective estimation of viability of embryos of animals. The urgency of work is proved.

It is specified and added list of existing parameters of an estimation of embryos. Perspectivity of use optical radiation for reception of the information on viability of an embryo is proved. Optical properties of embryos at different stages of development are investigated.

A problem of definition quality of an embryo has shown to a problem of recognition its image. We have developed standards of embryos images at different stages of development. Reference images are developed on the basis of R - functions. The algorithm of recognition for cases is offered: equivalence of parameters of an embryo and the standard; inadequacy of parameters of an embryo and the standard; the maximal divergence of parameters of the standard and an embryo. The algorithm of parameters definitions of the standard at its dynamics has been offered.

Keywords: embryo; blastocista; blastomer; morule; space of perivitellination; pellucid zone; cytoplasm environment; zygote; R-conjunction; R-disjunction; R - function; processing of images; DCC - matrix; codings of signals.

АННОТАЦИЯ

Лисенко О. В. Оптико - электронная система оценки жизнеспособности эмбрионов животных – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические и медицинские приборы и системы. - Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2006.

Диссертация посвящена вопросам разработки системы объективной оценки жизнеспособности эмбрионов животных. Обоснована актуальность работы, разработаны алгоритмы работы системы, ее основные узлы и синтезирована структура системы контроля эмбрионов.

Уточнен и дополнен перечень существующих показателей оценки эмбрионов. Обоснована перспективность использования оптического излучения для получения информации о параметрах характеризующих жизнеспособность эмбриона. Исследованы оптические свойства эмбрионов на различных стадиях развития и на основе теории оптики показано, что изображение эмбриона, полученное с помощью микроскопа, соответствует объекту. Задача определения качества эмбриона сведена к задаче распознавания его изображения.

Для обработки и анализа изображения эмбриона разработаны эталоны его изображений на различных стадиях развития. Эталонные изображения разработаны на основе R – функций. Предложен алгоритм распознавания для различных, наиболее часто встречающихся случаев: равнозначность параметров эмбриона и эталона; неравнозначность параметров эмбриона и эталона; максимальное расхождение параметров эталона и эмбриона.

Предложен и экспериментально подтвержден алгоритм определения параметров эталона при динамике его параметров.

Разработана структура системы оценки жизнеспособности эмбрионов. Система состоит из двух подсистем, что позволяет производить предварительную сортировку эмбрионов и последующую оценку их жизнеспособности. Различные варианты реализации системы проверены экспериментально, что подтверждает правильность выбора методов и алгоритмов контроля жизнеспособности эмбрионов.

Ключевые слова: эмбрион; бластоциста; бластомер; морула; перивителлиновое пространство; зона пеллюцида; цитоплазменная оболочка; зигота; R- конъюнкция; R- дизъюнкция; R – функция; обработка изображений; ПЗС – матрица; кодирование сигналов.

Підписано до друку 07.04.2006 р.
Зам. № 236

Формат 145x215 (60x90/16)
Обсяг 0,8 ум. авт. арк.
Тираж 100 прим.

Адреса редакції видавця та поліграфпідприємства
Друкарня «Люкс», ПП Лисенко А.А., вул. К. Маркса, 10, м. Мелітополь, 72312