

УДК 621.397

ОЦІНКА ВІРОГІДНОСТІ ПРИ ТЕЛЕВІЗІЙНОМУ КОНТРОЛІ СТАНУ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

© Сергеев О. О., 2000

НТУУ "Київський політехнічний інститут"

Розглянуті питання вірогідності телевізійного контролю біологічних об'єктів. Виконано аналіз впливу різноманітних чинників на вірогідність візуальної діагностики телевізійних зображень. Отримано вираз для визначення вірогідності контролю.

В даний час актуальною залишається проблема візуального контролю стану об'єктів, зокрема біологічних. Це обумовлено, насамперед, складністю об'єкта і великою різноманітністю його характеристик, що не дозволяє формалізувати задачі контролю та автоматизувати процес їх розв'язання. При цьому використовується високий потенціал науки з метою вирішення неформалізованих задач, до яких відноситься і розпізнавання зображень.

До вказаних задач відноситься і контроль м'ясопродуктів на відсутність збудників небезпечних захворювань. Останнім часом в Україні загострилась проблема контролю якості м'ясопродуктів на відсутність у них збудників трихінельозу, що пов'язано із значним зростанням кількості пунктів реалізації м'ясопродуктів [1]. Висока небезпека захворювань, що викликаються цими збудниками, потребує повного контролю всіх реалізованих продуктів.

Сьогодні стандартним засобом діагностики є контроль оператором об'єкту під мікроскопом. Недоліки цього засобу - висока трудомісткість процесу і швидка стомлюваність оператора. Перераховані вище чинники призводять до збільшення кількості промахів і зниження вірогідності контролю. Альтернативою є контроль із застосуванням телевізійного мікроскопа. При цьому ділянка в полі зору мікроскопа проектується на мішень світлоелектричного перетворювача і відтворюється на телевізійному моніторі [2]. Діагностика в цьому випадку відбувається по телевізійному зображенню проби, що знижує навантаження на оператора. Крім цього, спільне застосування телевізійної та обчислювальної техніки дозволяє використовувати додаткові діагностичні ознаки, що дає можливість підвищити якість контролю.

Для визначення якості процесу контролю біологічних об'єктів необхідно заздалегідь аналітично оцінити вірогідність візуальної

діагностики. Оскільки при діагностиці трихінельозу головною метою є виявлення гелмінта в пробі, то основною оцінкою якості діагностики є вірогідність його виявлення [3]. Хоча ветеринарна методика взяття проб і гарантує наявність у пробі гелмінта при наявності його в продукті, залишається проблемою виявлення його в пробі. Для прогнозування імовірності правильного виявлення існує багато методів. Найчастіше для цього використовуються критерій мінімуму середнього ризику та відношення правдоподібності [4]. Проте такий підхід правомірний тільки тоді, коли відомий розподіл яскравості у вільному від перешкод зображенні, апріорні можливості наявності і відсутності об'єкту в полі зору і статистичні характеристики перешкоди. При діагностиці трихінельозу ці параметри зображення не можуть бути апріорно відомі. У той же час, оскільки можливість виявлення об'єкта в першу чергу пов'язана з можливістю виявлення контуру об'єкта на зображенні, ряд авторів пропонує оцінювати можливість виявлення об'єкта за значеннями таких параметрів: яскравість об'єкта і фона, контраст зображення, кутові розміри, час виявлення.

Найбільш повно враховує головні властивості зорового апарату людини наведена в [5] модель. Як основну характеристику зору при виявленні об'єктів вона використовує граничний контраст, обумовлений законом Вебера:

$$\Delta B = K \cdot B_{\phi}, \quad (1)$$

де $\Delta B = |B_O - B_{\phi}|$, B - яскравість зображення об'єкта, B_{ϕ} - яскравість зображення фона, K - граничний контраст. Залежність K від основних чинників впливу можна описати наступним чином:

$$K = K_0 \cdot \prod_{i=1}^n f_i, \quad (2)$$

де K_0 - розмір граничного контрасту для нормалізованих умов спостереження (імовірність виявлення 0.5, рівність яскравостей фону та об'єкта,

відсутність шуму на зображенні, великі кутові розміри, тривалий час виявлення); f_i - функції, що враховують відхилення реальних умов від нормалізованих. У рамках закону Вебера для нормалізованих умов спостереження $K_0 = 0,02$.

Основними чинниками, що впливають на значення K , є розміри об'єкта γ , співвідношення яскравості зображення фону та об'єкта $v = \log_{10}(B_O / B_\Phi)$, час виявлення t , відношення сигнал/шум зображення S , імовірність виявлення P . З урахуванням цього (2) прийме вигляд:

$$K = K_0 \cdot f(\gamma) \cdot f(v) \cdot f(t) \cdot f(S) \cdot f(P), \quad (3)$$

де $f(\gamma) = 1 + \frac{24}{\gamma^{1,2}}$ (γ - кутовий розмір об'єкта в хви-

линах), $f(v) = 0.5 \cdot (e^v + e^{-2v})$, $f(t) = 1 / \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$,

(t - час спостереження, τ - постійна інерції),

$$f(S) = \sqrt{1 + \left(\frac{10}{S}\right)^2}, \quad f(P) = 1 + \chi_p / 2 \quad (\chi_p -$$

процентне відхилення нормальної випадкової величини, $F(\chi_p) = P$, F - інтегральна функція нормального розподілу).

Підсумкове рівняння, що визначає вірогідність виявлення об'єкта на зображенні прийме вигляд:

$$P = \Phi_i \left(\frac{2K}{K_0} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}}{\left(1 + \frac{24}{\gamma^{1,2}}\right) \cdot (e^v + e^{-2v}) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{10}{S}\right)^2}} \right), \quad (4)$$

де Φ_i - інтеграл імовірності.

Якщо врахувати той факт, що $v = \log_{10}(B_O / B_\Phi) = \log_{10}((1 - K) / (1 + K))$, то можна зробити висновок, що при однаковому часі спостереження основний вплив на імовірність виявлення мають контраст зображення K та

відношення сигнал/шум S . Тому основним засобом підвищення вірогідності діагностики є посилення контрасту зображення. Проте у багатьох випадках при обробці зображення погіршується відношення сигнал/шум. Тому для оцінки якості обробки вводиться коефіцієнт $\mu = K \cdot S$. Якщо для обробленого зображення він є більшим, ніж для вхідного, то така обробка сприяє підвищенню імовірності виявлення об'єкта, а значить і вірогідності діагностики.

Досягти цього можливо за рахунок спільного використання як апаратних, так і програмних методів підвищення контрасту. Оскільки традиційні для оптичної мікроскопії методи підвищення контрасту у випадку діагностики трихінельозу не дали значного результату, основним апаратним методом підвищення контрасту була обрана спектральнона обробка зображення [6]. Отримане цифрове зображення піддавалося програмній нормалізації, яка включала корекцію нерівномірності чутливості телевізійної камери, корекцію нерівномірності освітленості проби, застосування фільтра Гауса 3x3. Після цього зображення проходило обробку оператором Собеля. Він додатково підвищує контраст по контуру зображення але на відміну від інших операторів дає згладжену функцію градієнтів, що дозволяє уникнути посилення шумових ефектів [7].

Параметри зображень, що відтворюють чотири можливих ситуації при діагностиці трихінельозу наведені в табл. 1. Розрахована для цих ситуацій вірогідність контролю від часу спостереження для вхідних зображень наведена на рис. 1, а для зображень після обробки на рис. 2.

Дані розрахунки були підтверджені експериментами, проведеними в лабораторії приладів безконтактного контролю НТУ У "Київський політехнічний інститут", у ході яких було отримано значення вірогідності контролю $P=0,93$.

Таблиця 1 - Параметри зображень

| № | Об'єкт | V | | σ | | K | | μ | |
|---|--------------------------|--------|--------|------|------|-------|------|------|------|
| | | * | * | * | * | * | * | | |
| 1 | Порожнє поле | -0,05 | -0,11 | 0,05 | 0,06 | 0,055 | 0,25 | 0,92 | 2,78 |
| 2 | Гельмінт на чистому фоні | -0,125 | -0,185 | 0,05 | 0,09 | 0,15 | 0,42 | 3 | 4,68 |
| 3 | Проба | -0,145 | -0,195 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,31 | 1,09 | 2,58 |
| 4 | Гельмінт на фоні проби | -0,215 | -0,235 | 0,12 | 0,18 | 0,14 | 0,37 | 1,17 | 2,05 |

Примітка: * - дані після обробки.

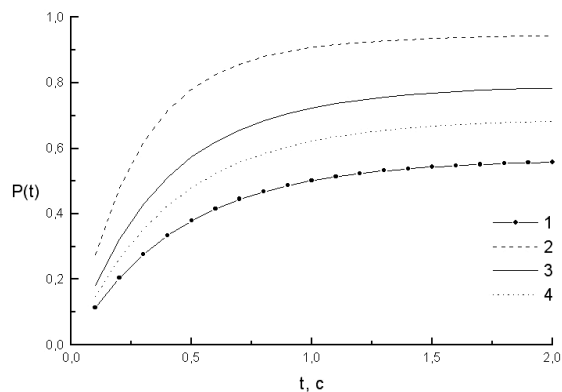


Рис. 1. Вхідне зображення.

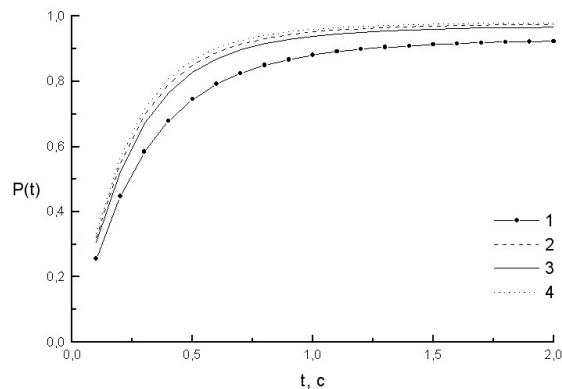


Рис. 2. Зображення після обробки.

1. Артеменко Ю. Г., Артеменко Л. П., Горжесєв В. М., Титаренко В. Ф., Синицин В. А. Проблеми трихінельозу в Україні // Вісник аграрної науки. - 1999. - № 6. - С. 38-41.
2. Патент 12393А Україна, МКІ G01N 33/12. Аналізатор якості м'яса / Порєв В. А., Оксамитний М. К., Комаров Г. П., Перелигіна Л. С., Сергєєв А. А., Тютюн А. І. (Україна); НТУУ "КПІ"-№94117440; заявл. 01.11.94; опубл. 02.12.96.
3. Физика визуализации изображений в медицине. Под ред. С. Уэбба: В 2-х томах. Пер. с англ. - М.: Мир, 1991. - Т. 2. - 408 с.
4. Красильников Н. Н. Теория передачи и восприятия изображения. - М.: Радио и связь, 1986. - 247 с.
5. Ефимов А. С. Контрастная чувствительность зрения при наблюдении ТВ изображения // Техника кино и телевидения. - 1977. - № 2. - С. 45-48.
6. Порєв В. А., Сергєєв А. А. Телевизионная система диагностики состояния биологических объектов с разделным анализом цветовых компонент изображения // Тезисы докладов 2-й Международной конференции "Теория и техника передачи, приема и обработки информации". - Харьков-Туапсе. - 1996. - С. 219.
7. Микрокомпьютеры в физиологии. Под ред. П. Фрейзера: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990. - 383 с.