

гусей и уток *G. dispar* (Schrank, 1790), эпизоотология заболевания в промышленном птицеводстве и поиск эффективных антгельминтиков : автореф. дис. канд. вет. наук / А.Д. Мигачева. – М., 1982. – С. 24. 5. Никулин, Т.Г. Гельминты домашних водоплавающих птиц и разработка оздоровительных мероприятий против гельминтозов Белорусской ССР : дисс. д-ра вет. наук : 03.107 / Т.Г. Никулин. – Москва, 1970. – 756 с. 6. Сторожева, А.М. К возрастной и сезонной динамике основных гельминтозов домашних водоплавающих птиц и их профилактика / А.М. Сторожева // Птицеводство. – 1957. – №8. – С. 37–39. 7. Селиванова-Ярцева, А.С. К эпизоотологии дрепанидомениоза гусей в Омской области / А.С. Селиванова-Ярцева // Сборник научных работ Сиб.НИИВИ. – 1959. – С. 193–197. 8. Шевцов, А.А. Зональные особенности распространения гельминтозов до машных гусей в Украинской ССР / А.А. Шевцов // Проблемы паразитологии: сб. ст. аспирантов. – Киев, 1966. – 201 с.

УДК 576.8:004.932.72'1

АНАЛИЗАТОР ИЗОБРАЖЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ МИКРООБЪЕКТОВ

*В.М. Мироненко, **Е.А. Корчевская

*УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»

**УО «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»,
г. Витебск, Беларусь

Разработана система для автоматизации процессов идентификации биологических микрообъектов. Компьютерная программа «Анализ и идентификация биологических объектов» написана на языке С++ в среде разработки С++Builder, позволяет анализировать морфометрические особенности объектов и идентифицировать их пошагово или в автоматическом режиме.

The system of identification indices for the recognition of biological objects has been developed in the article. The software that allows to identify parasitologic objects using digital image has been designed.

Введение. Современные системы поддержки принятия решений, ориентированные на самые различные предметные области, содержат в качестве необходимой составляющей подсистемы, связанные с решением задач распознавания образов. Результаты работы таких подсистем затем используются при дальнейшей логико-интеллектуальной обработке информации.

Последние десятилетия наглядно продемонстрировали, что информационные технологии являются неотъемлемым компонентом всех передовых технологий независимо от их специфики. В настоящее время именно информационная составляющая позволяет осуществлять «прорывы» на этапах разработок и проектирования и в значительной мере повышать эффективность производственных систем. Выполнение сложных аналитических операций электронно-вычислительными машинами стало возможным сравнительно недавно благодаря значительному повышению их производительности. Высокий уровень развития электронно-вычислительных машин и снижение их стоимости в последние годы делают возможным и необходимым их широкомасштабное применение во всех сферах человеческой деятельности.

Широкое разнообразие методов анализа изображений объективно обусловлено большим количеством предметных областей, в которых эти методы применяются. Изображения в разных предметных областях могут варьироваться как по своему содержанию, для описания которого может оказаться эффективным то или иное представление изображений, так и по степени изменчивости изображений (типичными причинами изменчивости изображений являются смена ракурса съемки, освещения, типа камеры, а также собственная изменчивость объектов). В узких предметных областях наиболее практичными могут оказаться признаковые методы. Глобальные признаки позволяют осуществлять быструю категоризацию изображений или распознавание изолированных объектов.

Для паразитологических объектов достаточно информативным является контур объекта. Контурный анализ — совокупность методов выделения, описания и преобразования контуров изображения. Он является важным этапом обработки изображений и распознавания зрительных образов. Контур целиком определяет форму изображения и содержит всю необходимую информацию для распознавания изображений по их форме. Такой подход позволяет не рассматривать внутренние точки изображения и тем самым сократить объем обрабатываемой информации. Как следствие, это может обеспечить работу системы распознавания в реальном времени. Так же данный подход позволит сократить объем запоминающих устройств системы распознавания.

Аргументы в пользу привлечения контуров:

1. контур является концентратором информации в изображении;
2. контур полностью характеризует форму объектов на изображении;
3. контуры объекта, в отличие от его остальных точек, устойчивы на изображениях, полученных в разное время, разных ракурсах и при смене датчика;
4. контурные точки составляют незначительную часть всех точек изображения, поэтому работа с ними позволяет резко сократить объем вычислений.

Материал и методы исследований.

Постановка задачи классификации. Использовали следующую модель задачи классификации. Ω — множество объектов распознавания (пространство образов). ω : $\omega \in \Omega$ — объект распознавания (образ). $g(\omega): \Omega \rightarrow M$, $M = \{1, 2, \dots, m\}$ — индикаторная функция, разбивающая пространство образов Ω на m непересекающихся классов $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_m$. Индикаторная функция неизвестна наблюдателю. X — пространство наблюдений, воспринимаемых наблюдателем (пространство признаков). $x(\omega): \Omega \rightarrow X$ — функция, ставящая в соответствие каждому объекту ω точку $x(\omega)$ в пространстве признаков. Вектор $x(\omega)$ — это образ объекта, воспринимаемый наблюдателем. В пространстве признаков определены непересекающиеся множества точек $K_i | i \in X, i = 1, 2, \dots, m$, соответствующих образам одного класса. $\tilde{g}(x): X \rightarrow M$ — решающее правило — оценка для $g(\omega)$ на

основании $x(\omega)$, т.е. $\tilde{g}(x) = \tilde{g}(x(\omega))$. Пусть $x_j = x(\omega_j)$, $j = 1, 2, \dots, N$ – доступная наблюдателю информация о функциях $g(\omega)$ и $x(\omega)$, но сами эти функции наблюдателю неизвестны. Тогда (g_j, x_j) , $j = 1, 2, \dots, N$ – есть множество прецедентов.

Задача заключается в построении такого решающего правила $\tilde{g}(x)$, чтобы распознавание проводилось с минимальным числом ошибок. Обычный случай – считать пространство признаков евклидовым, т.е. $X = R^l$. Качество решающего правила измеряют частотой появления правильных решений. Обычно его оценивают, наделяя множество объектов Ω некоторой вероятностной мерой. Тогда задача записывается в виде $\min P\{\tilde{g}(x(\omega)) \neq g(\omega)\}$.

Предобработка цифровых изображений. Процесс бинаризации изображения основан на сравнении яркости каждого пикселя $B(x, y)$ с пороговым значением яркости $B_T(x, y)$; если значение яркости пикселя выше значения яркости порога, то на бинарном изображении соответствующий пиксель будет «белым», или «черным» в противном случае. Необходимость устранения большого числа ошибок процесса бинаризации повлекла за собой появление большого числа методов бинаризации, которые делятся на две группы по принципу построения пороговой поверхности: методы глобальной и локальной бинаризации. Пороговой поверхностью является матрица размерностью $M \times N$, соответствующей размерности исходного изображения, каждая ячейка матрицы задает порог яркости бинаризации для соответствующего пикселя на исходном изображении. В методах глобальной бинаризации пороговая поверхность является плоскостью с постоянным значением пороговой яркости, а в методах локальной бинаризации значение пороговой яркости меняется от точки к точке изображения, и рассчитывается на основе некоторых локальных признаков в окрестности пикселя. На рисунке 1 приведены изображения, полученные после бинаризации паразитологических объектов различными методами.

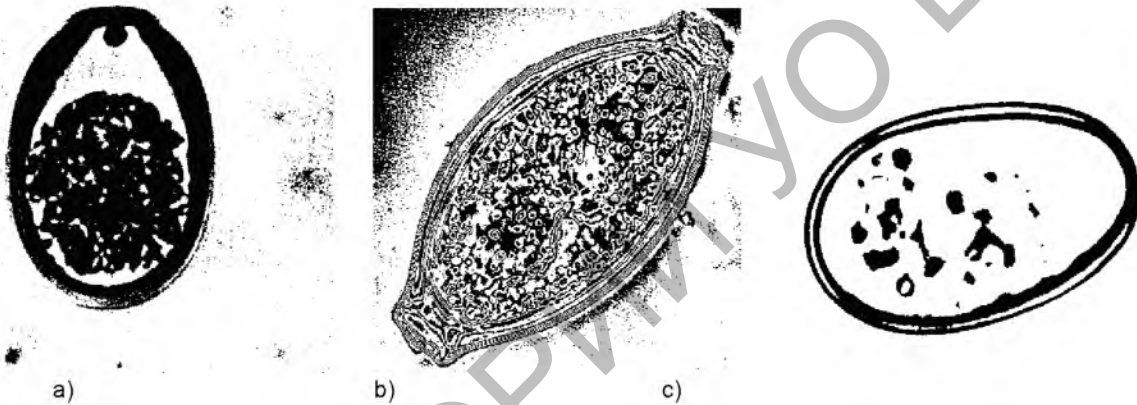


Рисунок 1 - Бинаризация а) методом Отса; б) методом адаптивной бинаризации; в) методом бинаризации с параметром

Цифровой шум — дефект изображения, вносимый фотосенсорами и электроникой устройств, которые их используют (цифровой фотоаппарат, видеокамеры). Цифровой шум проявляется в виде случайным образом расположенных элементов растра (точек), имеющих размеры близкие к размеру пикселя. Цифровой шум отличается от изображения более светлым или темным оттенком серого и цвета (яркостный шум) и по цвету (хроматический шум). В разработанной автоматизированной системе распознавания реализованы фильтр для устранения шума типа «соль и перец» и медианный фильтр.

После процессов бинаризации цифрового изображения и фильтрации применяли методы выделения контуров.

Разработка признакового пространства. В процессе разработки признакового пространства определяли, какие измерения на входном объекте могут играть роль признаков. Признаки могут иметь различную природу и значимость для задачи классификации, поэтому отбор признаков и их упорядочивание основывали на важности этих признаков для характеристики образов или на влиянии данных признаков на качество распознавания.

Нами разработано пространство признаков, которое включает в себя множество инвариантных показателей. Среди них следующие идентификационные показатели: «отношение ширины объекта к длине», «произведение отношений длины объекта к ширине и наибольшего к наименьшему радиусу кривизны полюсов объектов», «компактность», «отношение действительных и мнимых частей коэффициентов ряда Фурье», «некруглость формы», «энергия изгиба», «отношение главных моментов» и другие.

Для реализации указанных параметров получали аналитическую функцию $f(x)$, описывающую границу объекта. Для этого необходимо решить задачу интерполирования. Задача интерполирования состоит в том, чтобы по значениям функции $f(x)$ в нескольких точках отрезка восстановить ее значения в остальных точках этого отрезка. Задача интерполирования возникает, например, в том случае, когда известны результаты измерения $y_k = f(x_k)$ некоторой физической величины $f(x)$ в точках x_k , и требуется определить ее значения в других точках.

Для вычисления производных, входящих в формулу радиуса кривизны контура объекта, были использованы конечноразностные соотношения второго порядка точности. Расчет идентификационного показателя «Компактность» включает в себя вычисление интеграла. Значение интеграла находится с помощью квадратурных формул, которые основываются на замене интеграла конечной суммой. В процессе реализации признака «отношение действительных и мнимых частей коэффициентов ряда Фурье» использовалось Фурье-описание границы в поле комплексных чисел.

В результате разработки идентификационного показателя “некруглость формы”, возникла система линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей. Полученную систему целесообразно решать методом прогонки.

Разработанные коэффициенты являются инвариантными относительно сдвига, поворота, масштабирования, сдвига начальной точки.

Разработанный программный продукт состоит из двух частей: обучения и распознавания. Обучение осуществляется путем анализа отдельных объектов с указанием их принадлежности тому или другому образу (классу).

В результате обучения распознающая система приобрела способность реагировать одинаковыми реакциями на все объекты одного образа и различными — на все объекты различных образов.

Для получения численных значений указанных параметров была использована тренировочная коллекция, то есть объекты, для которых заранее известно к какому виду они относятся. Для каждого вида выполнены расчеты указанных безразмерных параметров и занесены в список шаблонов, при сравнении с которым осуществляется принятие решения о принадлежности объекта к конкретному виду.

Результаты исследований. В результате исследований разработан программный продукт, позволяющий найти контур паразитологического объекта, рассчитать безразмерные значения объекта по каждому параметру в отдельности, рассчитать реальные размеры объекта, используя сведения о свойствах микроскопа и фотоаппарата, и осуществить итоговую идентификацию.

Главное окно разработанного приложения делится на 4 области:

1. Выбор этапа распознавания и загрузка изображения;
2. Область отображения изображения;
3. Панель инструментов;
4. Панель статуса выполнения.

С помощью панели инструментов осуществляется выбор:

1. Этапа распознавания (бинаризация, фильтры, выделение контура, распознавание);
2. Метода распознавания (метод сравнения с образцом, метод потенциальных функций, метод нейронных сетей).

Основное окно разработанного программного обеспечения представлено на рисунке 2.



Рисунок 2. Главное окно приложения

На последнем этапе по ранее вычисленным характеристикам производится классификация объекта, то есть отнесение рассматриваемого объекта к определенному классу. На этапе разработки приложения для каждого класса были получены численные значения параметров классификации. Для этого была использована тренировочная коллекция, то есть объекты, для которых заранее известно к какому виду они относятся. Для каждого вида выполнены расчеты указанных безразмерных параметров и занесены в список шаблонов, при сравнении с которым осуществляется принятие решения о принадлежности объекта к конкретному виду.

Идентификация производится путем просмотра каждой характеристики, и сравнение ее с шаблоном. Шаблон представляет собой интервал вида:

[среднее выборочное - ошибка средней; среднее выборочное + ошибка средней]

Для определения интервалов по каждому виду объектов создано дополнительное приложение, которое подсчитывает среднее выборочное значение по каждому критерию для каждого вида и ошибку средней, также для каждого вида по каждому критерию.

На вход дополнительного приложения поступают текстовые файлы (рисунок 3), сформированные для каждого вида объектов по каждому критерию на основании тренировочной коллекции.

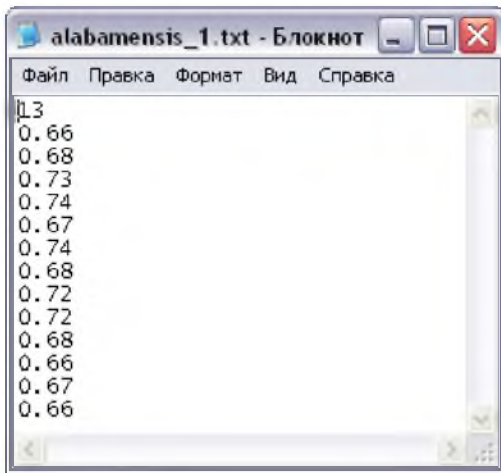


Рисунок 3 – Данные по виду для определенного критерия

Для нахождения ошибки средней необходимо вычислить среднее выборочное значение X и выборочную дисперсию:

$$X_{\text{среднее_выборочное}} = \frac{\sum X_i}{N} \quad (3)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X_i - X_{\text{среднее_выборочное}})^2}{N - 1} \quad (4)$$

Сама же ошибка средней вычисляется следующим образом:

$$\text{Ошибка_средней} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}} \quad (5)$$

Результатом работы вспомогательного приложения являются текстовые файлы для каждого из критериев, в которых для каждого вида объектов выведены средние выборочные и ошибки средней.

В приложении реализована возможность идентификации по показателям, то есть отдельно по каждой из характеристик, (например «Идентификация» → «По показателям» → «Ширина/длина»), и итоговая идентификация («Идентификация» → «Итоговая»).

Если пользователь выбирает идентификацию по показателям (пункт меню «Идентификация» → «По показателям»), то при выборе определенной характеристики, на экране в текстовое поле выводится класс (или же несколько классов, если по данной характеристике нельзя однозначно соотнести объект с каким-либо определенным классом), к которому может относиться анализируемый объект. Показатели между собой никак не связаны, поэтому пользователь может просмотреть результаты идентификации не по всем критериям, а лишь по некоторым (рисунок 4).

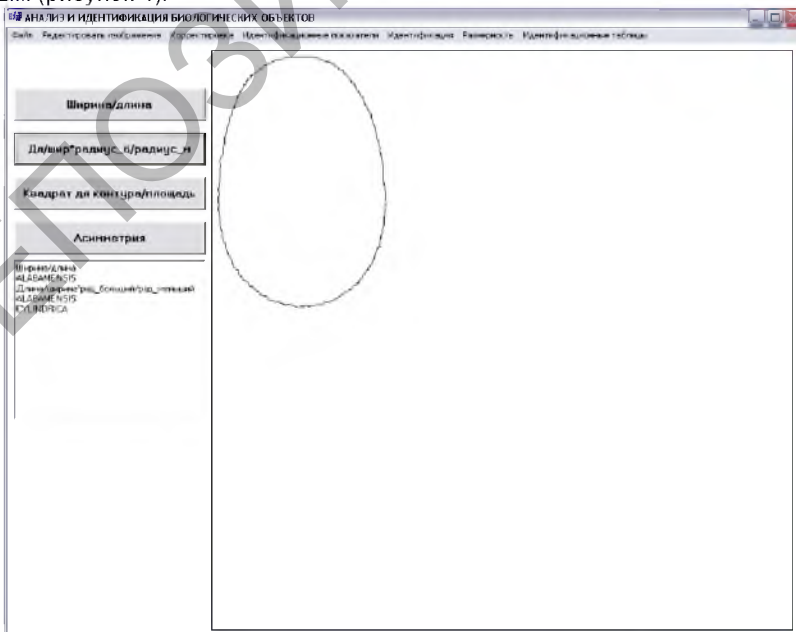


Рисунок 4 – Идентификация по показателям

В случае итоговой идентификации, как и в случае идентификации по показателям в отдельности, высчитываются характеристики рассматриваемого объекта по каждому из показателей. Получаются такие же списки классов (один и более класс), к которым данный объект может относиться. Но пользователю выводятся не все списки классов, а какой-то итоговый класс, полученный как пересечение списков классов по всем показателям (рисунок 5).

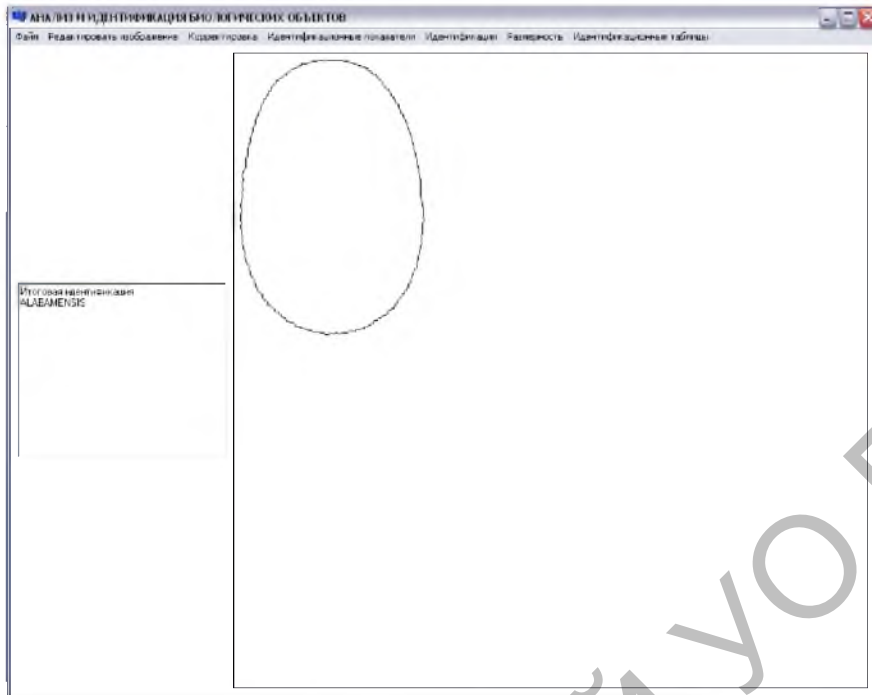


Рисунок 5 – Итоговая идентификация

Программно предусмотрен также подсчет истинных размеров объектов. Программно это реализовано двумя способами.

Первый способ – это сравнение с образцом. Для того, чтобы воспользоваться этим способом, пользователю необходимо заранее сделать снимок любого объекта (эталоны) тем же фотоаппаратом, которым снят исследуемый паразитологический объект. Далее необходимо установить реальные размеры эталона и размеры эталона на изображении. Эти размеры и подаются на вход приложения. При этом определяется коэффициент: отношение реального размера к размеру объекта на изображении. Приложение использует этот коэффициент для определения реального размера исследуемого объекта. (Реальные размеры исследуемого паразитологического объекта будут равны размерам этого объекта на изображении, умноженным на вычисленный коэффициент).

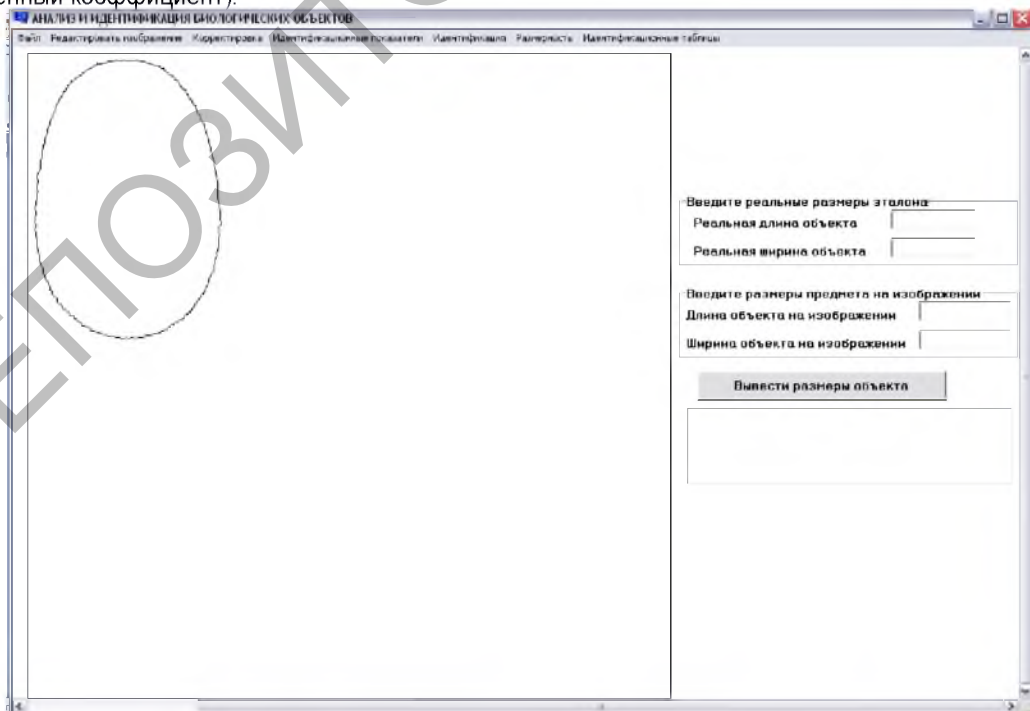


Рисунок 6 – Вычисление реальных размеров методом «Сравнение с эталоном»

Второй способ – это определение реальных размеров объекта вычислением по формулам.

$$\frac{L}{L'} = \frac{a}{b} \quad (6)$$

где L - размер предмета, L' - размер изображения, a - расстояние от предмета до линзы, b - расстояния от изображения до линзы.

$$\frac{a}{b} = \frac{a}{f-1} \quad (7)$$

это из формулы тонкой линзы, f - фокусное расстояние линзы.

То есть

$$L = \frac{a}{f-1} L' \quad (8)$$

Так как на вход программного приложения поступают изображения ооцист полученные из микроскопа, нужно учитывать коэффициенты увеличения микроскопа, то есть коэффициент увеличения окуляра, коэффициент увеличения объектива и коэффициент увеличения zoom. Также для того, чтобы изображение можно было загружать в приложение, оно не должно превышать допустимых размеров, то есть 700 × 700 пикселей. Поэтому при вычислении настоящих размеров объекта необходимо учитывать еще и коэффициент уменьшения (если он есть) изображения.

Ввод коэффициентов осуществляется в текстовые поля. Вычисление размеров осуществляется по нажатию на кнопку «Вывести размеры объекта». Итоговые размеры выводятся в текстовое поле. Вид формы приложения при нахождении реальных размеров исследуемого объекта представлен на рисунке 7.

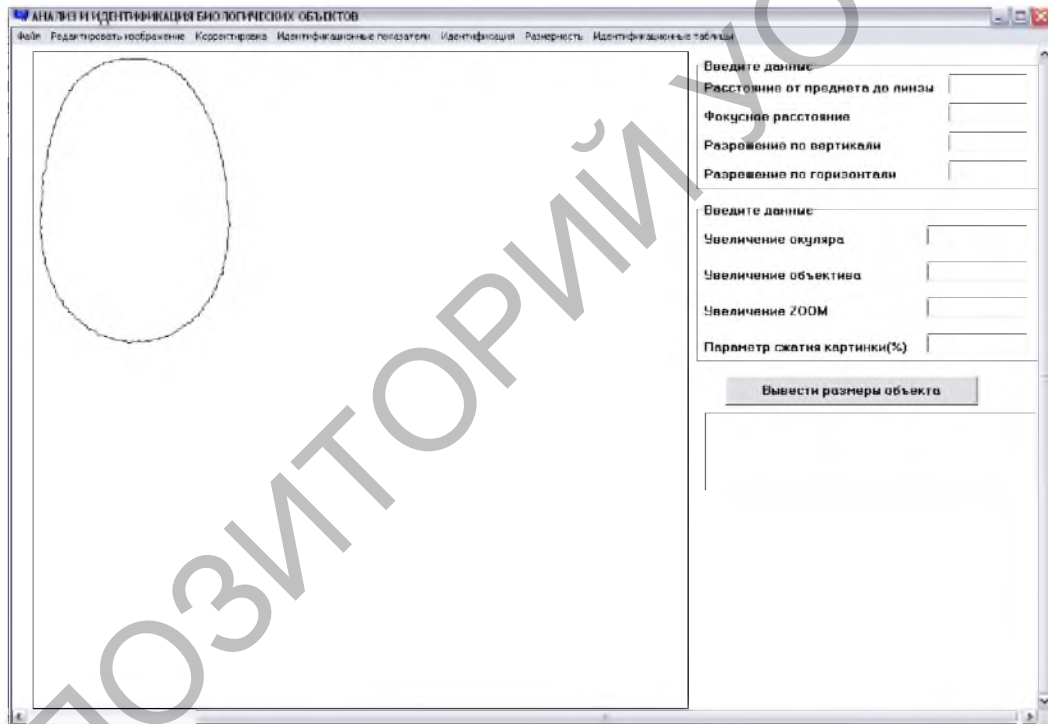


Рисунок 7 – Вычисление реальных размеров объекта

Таким образом, в результате проведенной работы было разработано приложение, которое позволяет проводить классификацию и идентификацию паразитологических объектов с использованием различных методов.

Проведенный анализ качества классификации тестовой коллекции показывает, что вероятность правильной классификации составляет 68-80% в зависимости от использования различных метрик в пространстве признаков (метрика Евклида, манхаттановская метрика, метрика Канберра).

Заключение. Разработана система для автоматизации процессов идентификации биологических микрообъектов. Компьютерная программа "Анализ и идентификация биологических объектов" написана на языке C++ в среде разработки C++Builder, позволяет анализировать морфометрические особенности объектов и идентифицировать их пошагово или в автоматическом режиме.

Литература. 1.Georgi, J.R. Identification of strongylid eggs by multivariate analysis of morphometrics. Programme and abstracts, 1987, - p. 51. 2.Абламейко, С.В. Обработка изображений: технология, методы, применение / С.В. Абламейко, Д.М. Лагуновский. – Мн.: Амалфея, 2000. – 304 с. 3. Бахвалов, Н.С. Численные методы, Наука, т.1, 1975. 4.Вапник, В.Н. Теория распознавания образов / В.Н. Вапник, А.Я. Черво-ненкис. – М.: Наука, 1974.– 415 с. 5.Выгодский, М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. – М.: Физ.-мат. лит., 1963. – 872 с. 6.Крылов, В.И. Вычислительные методы / Крылов В.И.,

Бобков В.В., Монастырный П.И. // Наука, Т.1, 1976, Т.2, 1977. 7. Крылов, М.В. *Определитель паразитических простейших (человека, домашних животных и сельскохозяйственных растений)*. - С.-П.: Наука, 1996. - С. 545. 8. Мироненко, В.М. *Использование компьютерных программ при изучении возбудителей паразитарных болезней // Молодежь и наука в 21 веке: сборник статей молодых ученых. Выпуск 3. - Витебск: ВГТУ, 2008. - 182 с.* 9. Мироненко, В.М. *Программно-аппаратный комплекс диагностики паразитозов / В.М. Мироненко, А.И. Ятусевич, Е.А. Корчевская / Материалы III научно-практической конференции Международной ассоциации парази-тоценологов (14-17 октября 2008 г.)*. - Витебск: ВГАВМ, 2008. - С. 113-115. 10. Самарский, А.А. *Введение в численные методы: Учебное пособие / А.А. Самарский*. - М.: Наука, 1987. - 286 с. 11. Хемминг, Р. *Численные методы. Для научных работников и инженеров*, Наука, 1972.

УДК 619:616.99(476)

ЭНДОПАРАЗИТОЗЫ ЖИВОТНЫХ МИНСКОГО ЗООПАРКА

Мироненко В.М., Ятусевич А.И., Воробьева И.Ю.

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

Румянцев Е.П., Степанюга М.А.

ГКПУ «Минский зоопарк»,
г. Минск, Республика Беларусь

Изучена фауна эндопаразитов млекопитающих и птиц в Минском зоопарке за период 2010-2011 гг. Исследованиями были установлены возбудители следующих таксонов: класса Trematoda, подотряда Strongylata, родов Trichocephalus, Capillaria, Toxocara, Nematodirus, Scryabinema, Fasciola, Balantidium, Sarcocystis, Elmeria, Isospora. Полученные результаты свидетельствуют о широкой распространенности эндопаразитов среди зоопарковых животных.

The fauna of endoparasites of mammals and birds in a zoo of Minsk for the period of 2010-2011 has been studied. Research has been established agents following taxa class Trematoda, suborder Strongylata, genus Trichocephalus, Capillaria, Toxocara, Nematodirus, Scryabinema, Fasciola, Sarcocystis, Balantidium, Elmeria, Isospora. The received results testify to wide prevalence endoparasites among zoo animals.

Введение. Биологическое разнообразие как результат адаптивного преобразования живых систем в процессе эволюции, их комплементарности и возникновения биологической целесообразности, означает разнообразие организмов, их природных сочетаний и представлено таксономическим богатством и разнообразием биотических сообществ, различающихся по географическим, экологическим, структурным и функциональным уровням.

Быстрое сокращение природного разнообразия уже к концу прошлого века заставило задуматься над их последствиями для самого человека. Интерес к проблеме биоразнообразия особенно возрос в 60-е годы, когда IUCN и Комиссия по редким и исчезающим видам начали работу по подготовке Красной книги. В последние годы проблема сохранения биоразнообразия становится все более актуальной. Однако до сих пор цели этой проблемы находятся в двойном противоречии, т.к. естественнонаучное обоснование базируется или на социально-экономической выгоде (ресурсный подход) или на эмоционально-религиозном аспекте (неантропоцентрический подход) (Г.Г. Воробьев, 2010).

Одним из путей в стратегии поддержания биоразнообразия является сохранение животных «вне типичной среды обитания (ex situ)», в частности, содержание и разведение их в зоопарке (Г.И. Блохин, 2006).

Зоологические парки и сады представляют собой богатейшие базы для научных исследований, являясь одновременно и музеями животного мира, источником познания его многообразия. Содержание больших коллекций зооэкспонатов в условиях парков позволяет изучить многие вопросы биологии животных, экологии и этиологии для более полного сохранения коллекций, их воспроизводства и развития (Н.И. Епифановский, 1974).

Одним из ведущих зоопарков на территории Республики Беларусь является Минский зоопарк, основанный в 1984 году. В настоящее время коллекция зоопарка насчитывает более 360 видов, среди которых имеются редкие и исчезающие.

Являясь с 1997 г. действительным членом Евроазиатской региональной ассоциации зоопарков и аквариумов (ЕАРАЗА), Минский зоопарк проводит активную работу совместно с правительственными структурами, научно-исследовательскими учреждениями и общественными организациями. Данная работа связана с проведением исследований и экспериментов, обменом информацией и опытом научной работы, рассмотрением и углублением связей с международными организациями на этой основе, публикацией работ, а также дальнейшим внедрением в практику полученных результатов. Работой по изучению гельминтофауны диких животных, в том числе в условиях зоопарков, занимались ученые разных стран Б.Эгри, В.Т.Шималов, Х.Х. Гадаев, Епуениhi, M. S. Gomez и др.

Изучение вопросов, касающихся гельминтофаунистической картины животных зоопарка, является немаловажным, поскольку все зоопарки, располагающие коллекциями диких животных, независимо от их видового состава и количества, относятся к категории учреждений повышенной опасности, что определяется, среди прочего, возможным распространением среди сотрудников зоопарка, посетителей и населения инвазионных болезней.

Вышеизложенное определило **цель исследований** – изучить видовой состав эндопаразитов животных Минского зоопарка.

Материалы и методы. Работа проводилась на базе Минского зоопарка. Животные обследовались в 2010-2011 гг. Общее число млекопитающих и птиц, подвернутых исследованию, составляет 296. Исследовались индивидуальные и сборные пробы от разных видов животных: однокопытных, парнокопытных, приматов, хищных, грызунов, домашней и дикой птицы и пр.