

УДК 004.932

М. В. Телегина, кандидат технических наук
И. М. Янников, доктор технических наук
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА И СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ БИООБЪЕКТА

С целью автоматизации проведения биомониторинга предлагается автоматизированная система определения степени и формы повреждения биообъектов. Приведен алгоритм работы системы и разработанные авторами правила определения формы повреждений.

Ключевые слова: биомониторинг, изображение, сегментация, экстентная модель, форма и степень повреждения биообъектов, правила.

О степени изменений окружающей среды, в том числе о присутствии загрязняющих веществ, можно судить по наличию, состоянию и поведению биоиндикаторов – организмов, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания. Живые индикаторы имеют ряд существенных преимуществ перед физико-химическими методами анализа, зачастую устраняя применение дорогостоящих и трудоемких физико-химических методов для определения степени загрязнения окружающей природной среды. Имея интегральный характер, биоиндикаторы не могут установить концентрацию какого-либо вещества в многокомпонентной смеси, реагируя на весь комплекс веществ. Но только с их помощью можно получить информацию о биологических последствиях загрязнений. Они суммируют все без исключения биологически важные данные о загрязнителях, указывают скорость происходящих изменений, пути и места скопления в экосистемах различного рода токсикантов, а также позволяют судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы и человека [1, 2].

Оценка и контроль влияния объекта на окружающую среду с использованием биологических объектов-индикаторов невозможны без определения параметров биообъектов.

Для контроля окружающей среды используемые в современных лабораториях методы анализа включают множество вариантов оптических методов анализа, методов разделения на основе газовой, жидкостной и тонкослойной хроматографии, радиометрических и электрохимических методов. Однако при всех своих достоинствах они также имеют свои недостатки и, поскольку при контроле объектов окружающей среды чаще всего проводят серийные анализы, предпочтение отдают тем методикам, которые легко поддаются полной автоматизации, начиная от отбора проб и кончая выдачей результатов анализа. Достаточно часто контроль качества окружающей среды приходится проводить в полевых условиях.

В настоящее время внешний вид биообъекта, а точнее повреждения, зависящие от изменения окружающей среды, оценивается визуально (на глазок) и, следовательно, в большой степени недостоверно. Автоматизация определения вида и степени поврежде-

ний биообъектов по их изображениям поможет ускорить процесс обработки данных биомониторинга, повысить при этом достоверность результатов, и, как следствие, ускорит оценку экологической ситуации и принятие необходимых управленческих решений [3].

Предлагается оценивать параметры биоиндикаторов по их фотоизображениям с применением следующих процедур:

- сегментирования областей поражения, фона и биообъекта;
- оценки параметров полученных областей для определения формы и степени повреждений биообъектов;
- сохранения характеристик биообъекта и зоны поражения в базе данных.

Данные функции реализованы в автоматизированной системе оценки вида и степени повреждений биообъектов. В состав системы входит: интерфейс, модуль предварительной обработки изображения, модуль выделения и расчета характеристик опорных фрагментов, расчетный модуль, база данных и база правил.

В базе данных хранятся: наименование биообъектов, наименования вида повреждений, характеристики повреждений для каждого биообъекта: их форма и цветовые характеристики. Правила определения формы области и вида повреждений для отдельных биообъектов хранятся в базе правил.

В общем виде алгоритм работы системы показан на рис. 1.

После предварительной обработки изображений (фильтрации) производим определение цветовых характеристик этих областей.

Опорные фрагменты представляют собой выделенные пользователем области фона, повреждения и биообъекта. Распределение цветовых характеристик этих областей в цветовом пространстве $R\ G\ B$ представляют собой кластеры, расположение которых зависит от средних значений цветовой компоненты R_i , G_i и B_i (координаты центра кластера), а размеры определены величинами среднеквадратических отклонений (СКО) σR_i , σG_i , σB_i .

Определение средних значений цветовых компонент для каждого анализируемого цвета (фона, цвета объекта и цвета повреждения) и среднеквадратичного отклонения происходит путем выбора области опорного фрагмента цвета соответствующей области.



Рис. 1. Алгоритм работы системы

Для определения принадлежности пикселей изображения цветам кластеров использована кластерная модель, которая описывает экстенд кластера как габаритный прямоугольный гиперпараллелепипед, ребра которого параллельны координатным осям пространства RGB [4, 5].

Изображение биообъекта представляет собой комбинацию трех областей: фона, биообъекта (чаще всего листы) и области повреждения.

Процент повреждения определяется:

$$Q = \frac{S_{\text{повр}}}{S_{\text{об}} + S_{\text{повр}}} \cdot 100.$$

Разработанные для определения формы повреждения биообъекта правила отработаны на различных смоделированных формах повреждений: центрально-осевом, краевом, очаговом, крупноочаговом (рис. 2).

Каждая форма описана набором из семи двоичных кодов, которые соответствуют отдельным характеристикам формы повреждений. Наличие признака обозначается единицей, отсутствие – нулем. Всего было обозначено 7 признаков, которых на практике оказалось достаточно, чтобы корректно определить форму повреждения биообъекта. Полученный массив из семи элементов можно представить в виде строки (табл. 1).

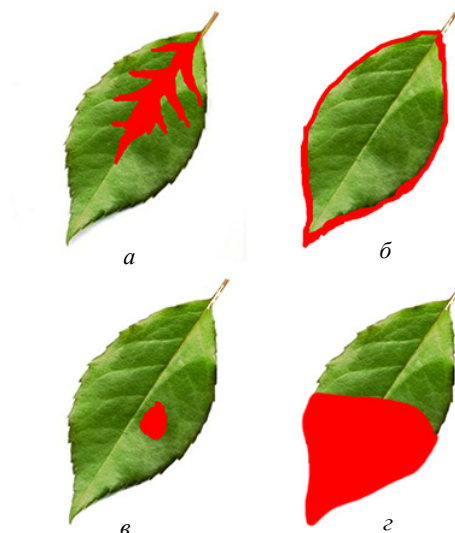


Рис. 2. Формы повреждений: а – центрально-осевое; б – краевое; в – очаговое; г – крупноочаговое

Таблица 1. Соответствие формы и двоичного кода

Форма повреждения	Результат с признаками
Центрально-осевая	1011010
Краевая	0110010
Очаговая	1001101
Крупноочаговая	1101100

Определение двоичного кода

Входные данные:

$A_{\text{геа}}$ – зона анализа повреждения в виде прямоугольника, описанного вокруг минимальных и максимальных координат набора пикселей, принадлежащих повреждению;

$F \subset A_{\text{геа}}$ – пиксели фона, находящиеся в области зоны анализа повреждения;

$B \subset A_{\text{геа}}$ – пиксели биообъекта, находящиеся в области зоны анализа повреждения;

$P \subset A_{\text{геа}}$ – пиксели повреждения, находящиеся в области зоны анализа повреждения;

$GP \subset P$ – крайние (граничные) пиксели набора пикселей повреждения внутри зоны анализа;

$C \in A_{\text{геа}}$ – центральный пиксель зоны анализа повреждения (центроид).

Выходные данные:

$Result_i$ – массив признаков, считанных с зоны анализа повреждения, где $i = 1 \dots 7$.

Правила определения двоичных кодов для признаков представлены в виде продукционных моделей (табл. 2).

Таблица 2. Правила определения двоичного кода для признаков области повреждения

№		ЕСЛИ	ТО
1	Математическое описание	GP граничит с B	$Result_i = 1$ иначе $Result_i = 0$, где $i = 1$
	Словесное описание признака	За граничными точками повреждения находятся пиксели биообъекта	
2	Математическое описание	GP граничит с F	$Result_i = 1$ иначе $Result_i = 0$, где $i = 2$
	Словесное описание признака	За граничными точками повреждения находятся пиксели фона	
3	Математическое описание	$C \in B$	$Result_i = 1$ иначе $Result_i = 0$, где $i = 3$
	Словесное описание признака	Центроид области повреждения принадлежит к пикселям биообъекта	
4	Математическое описание	$C \in P$	$Result_i = 1$ иначе $Result_i = 0$, где $i = 4$
	Словесное описание признака	Центроид области повреждения принадлежит пикселям поражения	
5	Математическое описание	$ P $	$Result_i = 1$ иначе $Result_i = 0$, где $i = 5$
	Словесное описание признака	Количество пикселей поражения преобладает над количеством пикселей области фона и области биообъекта	
6	Математическое описание	$ B $	$Result_i = 1$ иначе $Result_i = 0$, где $i = 6$
	Словесное описание признака	Количество пикселей биообъекта преобладает над количеством пикселей области поражения и фона	
7	Математическое описание	$F \subset Area$	$Result_i = 1$ иначе $Result_i = 0$, где $i = 7$
	Словесное описание признака	Наличие пикселей фона в области зоны повреждения	

Когда часть правила ЕСЛИ удовлетворяет фактам, то действия, указанные в части ТО, выполняются. Когда это происходит, то говорят, что правило срабатывает. Интерпретатор правил сопоставляет части правил ЕСЛИ с фактами и выполняет по правилу, часть ЕСЛИ которого сходится с фактами, т. е. интерпретатор правил работает в цикле «Сопоставить – выполнить», формируя последовательность действий.

Таким образом, при анализе считываем признаки и сравниваем получившийся массив с массивами эталонов. Наиболее ближайший образец и определяет итоговый результат в виде формы повреждения. На рис. 3 приведен пример обработки реального изображения с определением степени и формы повреждения.

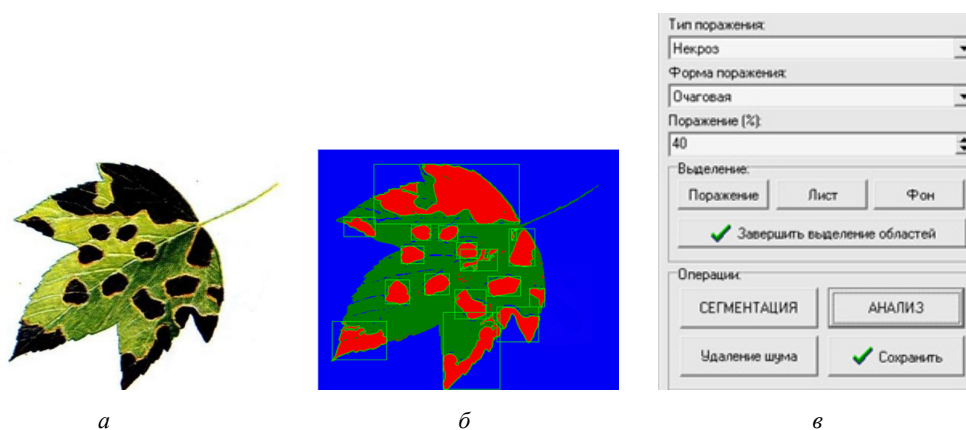


Рис. 3. Реальное фотоизображение с видом повреждения «Очаговое»: а – исходное изображение; б – результат обработки; в – окно с результатом

Если на изображении присутствует несколько повреждений одного или нескольких видов, то предусмотрено разделение областей повреждения на фрагменты и анализ каждого фрагмента. В качестве конечного результата выдается та форма повреждения, которая преобладает.

В ходе тестирования на 20 реальных фотоизображениях достоверность определения формы и степени повреждения была не ниже 98 %, а расчет времени определения характеристик биообъекта показал сокращение времени в автоматическом режиме по

сравнению с ручной обработкой (визуальной оценкой) более чем в 12 раз.

Зная форму и цветовые характеристики областей различных повреждений для отдельных биообъектов, можно классифицировать вид повреждений в соответствии с правилами определения вида и сохранить его в базе данных системы. В дальнейшем автоматически определять вид повреждений для анализируемых изображений биоиндикаторов.

Таким образом, разработана автоматизированная экспертная система определения вида и степени по-

вреждений биообъектов [6], позволяющая в автоматизированном режиме определять площади и характер сложных повреждений, имеющих многоконтурный и многоцветовой состав. Данная характеристика позволяет на основании проведенных исследований судить о наличии и количестве определенных видов загрязняющих веществ в компонентах природной среды, что позволит на определенных этапах исследований свести к минимуму применение сложных и дорогостоящих методов физико-химического анализа.

Библиографические ссылки

1. Янников И. М. Анализ методов организации флористического мониторинга вокруг объектов по хранению и уничтожению химического оружия // Вестник ИжГТУ. – 2007. – № 2. – С. 135–138.

2. Янников И. М., Телегина М. В., Козловская Н. В., Алексеев В. А. Биомониторинг объектов по уничтожению химического оружия с использованием идентификационных экологических полигонов : монография. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. – 160 с.

3. Алексеев В. А., Телегина М. В., Янников И. М. К вопросу об автоматизации процессов распознавания для решения задач биомониторинга // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2007. – № 4 (10). – Т. 1. – С. 28–35.

4. Телегина М. В., Янников И. М. Применение экстенсивной модели кластера для обработки данных биомониторинга // Экология человека: концепция факторов риска, экологической безопасности и управления рисками: сборник статей 5 Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза, 2008. – С. 157–160.

5. Телегина М. В., Янников И. М., Соколова А. А. Автоматизированное определение параметров биообъектов по их изображениям // Компьютерные науки и технологии : сборник трудов 2-й Международной научно-технической конференции. – Белгород: ООО «ГиК», 2011. – С. 657–661.

6. Телегина М. В., Янников И. М., Телегин А. В. Программа определения степени повреждения биообъектов по фотоизображениям // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013612185 от 14.05.13 г.

M. V. Telegina, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU

I. M. Yannikov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU

Automated system for determining the type and extent of biological object damage

In order to automatize the biomonitoring process, it is proposed to use the automated system for determining the extent and form of biological object damage. The algorithm of the system operation and rules for determining the form of damages developed by the authors are presented.

Keywords: biomonitoring, image, segmentation, extent model, form and extent of biological object damage, rules.

Получено: 28.06.16