

главное — сэкономить средства по уплате пошлины, необходимые при рассмотрении спора в Спортивном третейском суде.

Еще одним важнейшим этапом развития и стимулирования физкультурно-спортивной отрасли является введение обязательного экзамена по физической культуре за курс общеобразовательной средней школы.

#### Список цитированных источников

1. Об утверждении Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2016—2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 12.04.2016 г., № 303 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. — Режим доступа: <http://pravo.by/main.aspx?guid=12551&p0=C21400137&p1=1&p5=0>. — Дата доступа: 03.03.2020.

2. Современный спорт с позиции права [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.nlb.by/content/events/324318/>. — Дата доступа: 03.03.2020.

3. *Боген, М. М.* Спорт в постсоциалистическом обществе / М. М. Боген // Теория и практика физ. культуры. — 1996. — № 12. — С. 48—49.

4. *Соловьев, А. А.* Авторский перевод закона Китайской Народной Республики «О физической культуре и спорте» / А. А. Соловьев // Спорт: экономика, право, управление. — 2011. — № 3. — С. 28—32.

УДК 004.93

**Е. Г. Шапович**

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,  
Барановичи*

## КЛАССИФИКАЦИЯ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

В статье изучены методы обработки изображений, обнаружения и классификации с использованием как традиционных, так и новых методов. Последние применялись к автоматическому распознаванию диатомовых водорослей, которые полезны для контроля качества воды. Вышесказанное обуславливает важность автоматизации процесса анализа. Традиционный подход обычно состоит

из ручной идентификации и количественной оценки с помощью оптической микроскопии; однако существует потребность в автоматизированных методах распознавания и диагностических инструментах для облегчения надлежащего управления водными ресурсами и процессов принятия решений.

**Введение.** В современном мире искусственные интеллектуальные системы завоевали большую популярность благодаря богатым возможностям и эффективности использования.

Существует множество задач, где необходимо практическое разрешение с использованием интеллектуальных систем уже сейчас: экономика и бизнес, робототехника, геологоразведка, математика, биофизика, авионика, безопасность и охранные системы, медицина и др. [1, с. 34]. Такое обилие областей применения говорит о том, что интеллектуальные системы — это уникальный набор для решения вопросов анализа и обработки большого объема данных, решения задач разного уровня сложности.

В настоящее время в системах искусственного интеллекта активно используются искусственные нейронные сети.

Одним из наиболее перспективных методов определения качества водных ресурсов является наличие в резервах воды некоторых микроскопических организмов, известных как диатомовые водоросли. Эти существа принадлежат к группе одноклеточных водорослей, состоящих из большого числа видов. Конкретные виды, найденные в резерве воды, являются биоиндикаторами его качества; его адекватность является показателем выполнения определенных действий. Это регламентируется в документе EU Water Framework Directive, направленном на защиту водной среды для улучшения и контроля качества рек, озер и морей в Европейском союзе [2].

**Основная часть.** Основной целью работы является выбор информационной модели нейронной сети и реализация алгоритма распознавания диатомовых водорослей. Нейронная сеть должна быть оптимальна по внутренней структуре, способу управления информационными потоками между нейронами. Выбранная информационная модель будет использована для решения практической задачи.

Основные задачи работы:

- 1) изучение существующих видов искусственных интеллектуальных систем, а также методов их функционирования;

2) изучение основных видов информационных моделей искусственных нейронных сетей. Выбор оптимальной информационной модели нейронной сети для решения задачи распознавания диатомовых водорослей;

3) реализация программного приложения для автоматической классификации диатомовых водорослей.

Объектом данного исследования являются подходы, методы распознавания диатомовых водорослей.

Предметом исследования являются информационные модели искусственных нейронных сетей, а также описание алгоритма распознавания диатомовых водорослей для решения практической задачи.

Научная новизна заключается в использовании технологий нейросетей (информационных моделей) для реализации алгоритма распознавания диатомовых водорослей.

Диатомовые водоросли — это тип микроорганизмов, который можно наблюдать только с помощью микроскопов и при особых условиях. Необходимо отличать эти микроскопические организмы от остальных артефактов, присутствующих в каждой капле воды.

Очень сложно и утомительно классифицировать большое количество различных видов, когда многие из них похожи друг на друга. Установлено, что существуют в общей сложности 200 тыс. видов диатомовых водорослей. Это означает, что традиционные методы классификации представляют собой большие инвестиции с точки зрения оптического оборудования и подготовки специалистов.

Учитывая эти обстоятельства, целесообразно разработать интеллектуальную систему для распознавания диатомовых водорослей. Это поможет ускорить процесс определения качества воды.

Сложность реализации заключается в обучении нейронной сети. За счет возрастания сложности решаемых научно-технических задач автоматическая обработка и анализ визуальной информации становятся все более актуальными вопросами. Уже сейчас существуют цифровые и интеллектуальные камеры, а также программное обеспечение, обрабатывающее изображения.

Интеллектуальные системы можно разделить на следующие виды (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Виды искусственных интеллектуальных систем [3]

Искусственные интеллектуальные системы	Тип искусственной интеллектуальной системы
С коммутативными способностями	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Интеллектуальные базы данных;</li> <li>– естественно-языковые интерфейсы;</li> <li>– гипертекстовые системы;</li> <li>– контекстные справочные системы;</li> <li>– когнитивная графика</li> </ul>
Экспертные	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Классифицирующие системы;</li> <li>– доопределяющие системы;</li> <li>– трансформирующие системы;</li> <li>– многоантенные системы</li> </ul>
Самообучающиеся	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Индуктивные системы;</li> <li>– нейронные сети;</li> <li>– информационные хранилища</li> </ul>
Адаптивные	<ul style="list-style-type: none"> <li>– CASE-технологии;</li> <li>– компонентная технология</li> </ul>

В данном исследовании будет использована самообучающаяся интеллектуальная система.

В качестве нейронной сети будет использоваться свёрточная сеть, которая может состоять из множества видов свёрточных операций [4]. Представим схему стандартной свёрточной нейронной сети (рисунок 1).



Рисунок 1 — Схема стандартной свёрточной нейронной сети

Для разработки интеллектуальной системы распознавания диатомовых водорослей использовалась среда разработки Microsoft Visual Studio 2015, платформа .NET Framework 4.6.1 и язык программирования C# для разработки клиентского приложения, платформа .NET Core 3.

Представим архитектуру использованной в исследовании нейронной сети (рисунок 2).

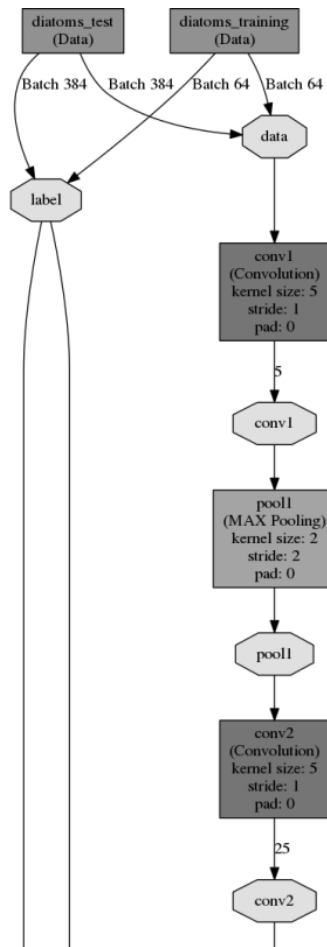


Рисунок 2 — Архитектура нейронной сети

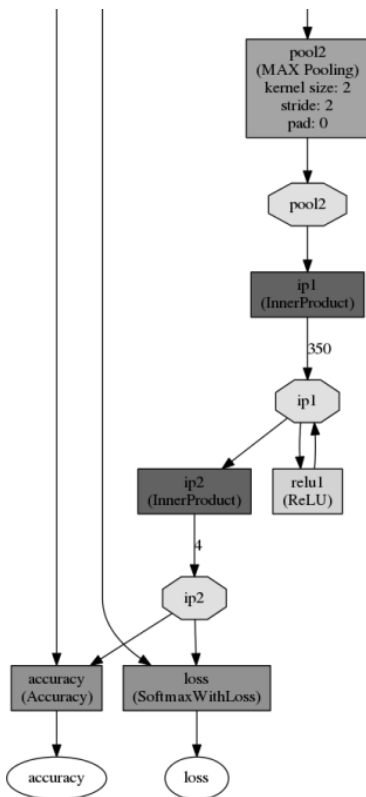


Рисунок 2 — Окончание

Приведем результат работы клиентского приложения диатомовых водорослей (рисунок 3).

Представим результат работы серверного приложения диатомовых водорослей (рисунок 4).

При запросе на распознавание от клиента сервер ведет обработку запроса.

**Заключение.** Основная цель исследования заключалась в выборе информационной модели нейронной сети, а также описанию алгоритма распознавания для решения практической задачи.

Была выбрана информационная модель на основе сверточной нейронной сети. Данная модель оптимальна по внутренней структуре и способу управления информационными потоками

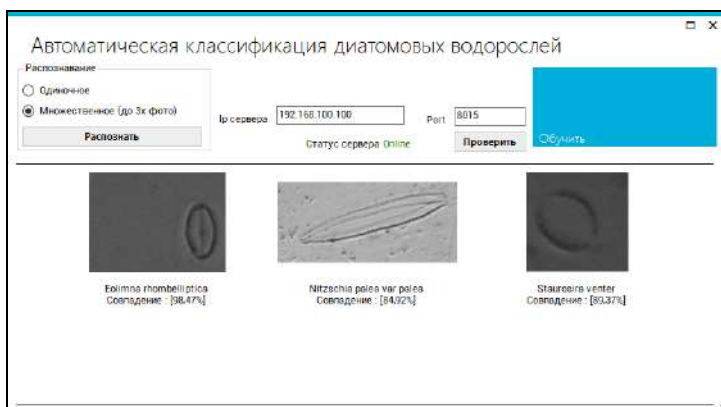


Рисунок 3 — Результат распознавания водорослей клиентским приложением

```

Принят запрос от ip: 192.168.100.32
Тип запроса: Распознавание
Количество фото: 3
assets/user_images/user192.168.100.32/img1.png | Принято байт: 31535
2019-12-23 22:01:28.634012: I tensorflow/core/platform/cpu_feature_guard.cc:
s TensorFlow binary was not compiled to use: AVX2
Eolimna rhombelliptica
Совпадение : [98,47%]
assets/user_images/user192.168.100.32/img2.png | Принято байт: 186344
Nitzschia palea var palea
Совпадение : [84,92%]
assets/user_images/user192.168.100.32/img3.png | Принято байт: 12452
Staurosira venter
Совпадение : [89,37%]

```

Рисунок 4 — Обработка запроса

между нейронами. Кроме того, такая модель способна минимизировать число входных элементов. Модель на основе сверточной нейронной сети является универсальной моделью и подходит для решения задач разного уровня сложности, в том числе и для решения задачи распознавания диатомовых водорослей.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что выбранная информационная модель искусственной нейронной сети соответствует модели реальной системы и учитывает все ее характеристики.

Все поставленные задачи были выполнены в полном объеме, следовательно, главная цель была достигнута. Разработанное приложение позволит классифицировать диатомовые водоросли и тем самым сократить время для определения качества водных ресурсов.

#### Список цитированных источников

1. Семейкин, В. Д. Моделирование искусственных нейронных сетей в среде MATLAB // В. Д. Семейкин, А. В. Скупченко // Вестн. Астр. гос. техн. ун-та. — 2009. № 1. — С. 159–164.
2. The EU Water Framework Directive [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html) . — Дата доступа: 25.02.2020.
3. Остроух, А. В. Интеллектуальные системы : учеб. пособие / А. В. Остроух. — Научно-инновационный центр, 2015.
4. Mobile Real-time Video Segmentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://research.googleblog.com/2018/03/mobile-real-time-video-segmentation.html/> . — Дата доступа: 29.02.2020.