

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ MASK R-CNN И SLIC SUPERPIXELS В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ АВИАПОДСЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ ИСЧЕЗАЮЩЕГО ВИДА БЕЛЫХ МЕДВЕДЕЙ В СРЕДЕ ИХ ОБИТАНИЯ

Бунтов Александр Игоревич

Руководитель отдела разработки, Сбермаркет,
г. Москва
buntoff@gmail.com

APPLICATION OF THE MASK R-CNN AND SLIC SUPERPIXELS ALGORITHMS IN SOLVING THE PROBLEMS OF AIR COUNTING THE NUMBER OF ENDANGERED SPECIES OF POLAR BEARS IN THEIR HABITAT

A. Buntov

Summary. This article is devoted to the problem of counting the number of endangered species of animals in their natural habitat. The paper explores the features of the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) with special software written using the MASK R-CNN and Slic superpixels algorithms, as well as the use of open libraries and free software projects such as: Thresholding histograms, OpenCV and FFmpeg in solving counting problems population of the endangered species of Arctic bears. In this study, a set of interchangeable payload modules (photo camera, television camera, infrared camera, thermal imager), ground control station are used as part of the UAV complex. In order to study and solve the problem of counting the number of polar bears in their habitat using UAVs, a scheme for converting the sizes of the object of detection in TV channels in the form of an UAV unit with a matrix converter is proposed. An integral algorithmic development of UAV routing in a proposed computer application is presented.

Keywords: software algorithms, programming, unmanned aerial vehicles, endangered animal species.

Аннотация. Данная статья посвящена проблематике подсчета численности исчезающего вида животных в их природной среде обитания. В работе исследуются особенности применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) со специальным программным обеспечением, написанным с помощью алгоритмов MASK R-CNN и Slic superpixels, а так же использование открытых библиотек и бесплатных программных проектов как: Thresholding histograms, OpenCV и FFmpeg в решении проблем подсчета численности исчезающего вида арктических медведей. В исследовании в качестве состава комплекса БПЛА используются комплект сменных модулей полезной нагрузки (фотокамера, телекамера, инфракрасная камера, тепловизор) и наземная станция управления. С целью исследования и решения проблемы подсчета численности белых медведей в их среде обитания с помощью БПЛА предложена схема преобразования размеров объекта обнаружения в каналах телевизора в виде блока БПЛА с матричным преобразователем. Представлена интегральная алгоритмическая разработка маршрутизации БПЛА в предполагаемом компьютерном приложении.

Ключевые слова: программные алгоритмы, программирование, беспилотные летательные аппараты, исчезающий вид животных.

Введение

Символ Арктики — Белый медведь (*Ursus maritimus*), по прогнозам ученых может исчезнуть с планеты Земля к концу этого столетия. По приблизительной статистике, общая популяция арктических хищников достигает около 25 тысяч, из которых 6–7 тысяч обитают на территории российской Арктики.

Прогрессирующий процесс глобального потепления приводит к сокращению толщины и площади распространения слоя арктического льда, что в свою очередь вызывает катастрофическую фрагментарность самого покрова Северного Ледовитого океана. Исчезновение

однородности льда, отступление его кромки в районы с большой глубиной и отсутствие удовлетворительной биологической активности в них, представляет серьезную угрозу для арктического медведя. Такие местности вызывают большие сложности с добычей пропитания.

Исчезающему виду хищника угрожают и антропогенные факторы: добыча полезных ископаемых и разработка самих мест добычи, развивающийся туризм, судоходство и нелегальная охота. Уничтожительной угрозой для популяции арктических медведей, помимо глобального потепления, является их нелегальная добыча браконьерами. В России охота на этого хищника запрещена с 1957 года, но пока разрешена в странах Гренландии, Канады и США

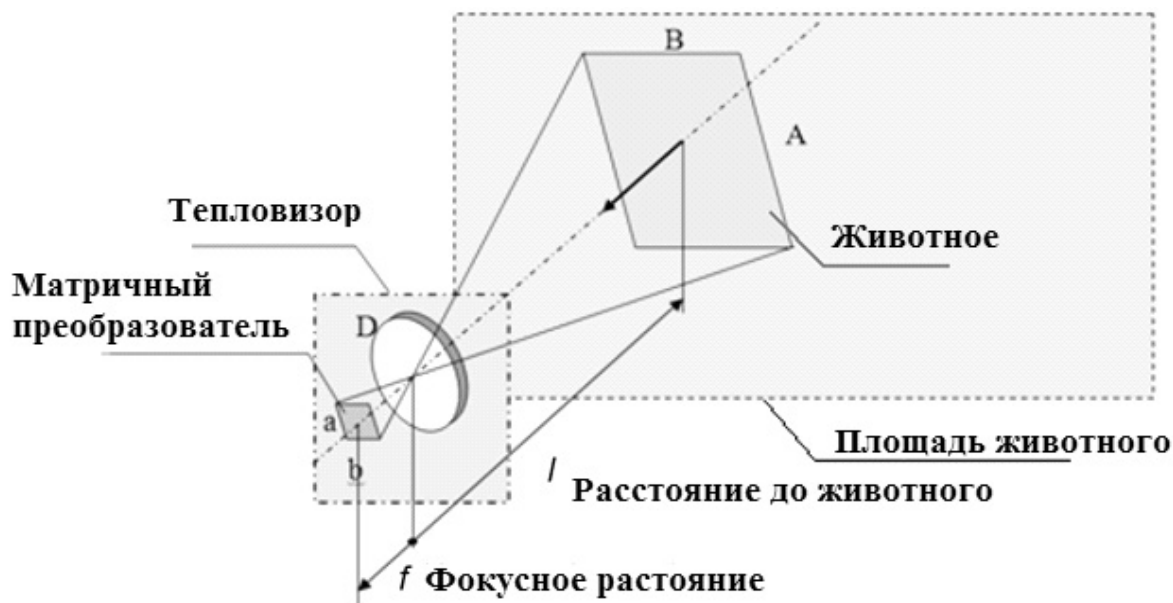


Рис. 1. Схема получения видеоизображения белых медведей в телевизоре с матричным преобразователем, как элемента БПЛА

В 2015 году, в Илулиссате (Гренландия), страны обитания арктического медведя разработали план по мерам обеспечения сохранности и благополучия состояния популяции этого зверя. В утвержденном Циркумпольном плане зафиксированы 61 активности, которые направлены на сохранение вида белого медведя. В основу всех пунктов заложена идея о минимизации негативных воздействий антропогенных факторов на популяцию, а именно:

- ◆ мотивация всех стран ареала обитания хищника к сокращению выбросов парникового газа;
- ◆ разработка строгой, регламентированной системы добычи белых медведей;
- ◆ ответственность и гарантированное сохранение основных местообитаний вида;
- ◆ сокращение случаев браконьерства и нелегальной торговли.

Сохранение и поддержка, находящихся под угрозой видов, возможны при условии постоянных научных работок и своевременных сведений, таких как: численность популяции, особенности жизненного цикла, перемещения и распространение арктических медведей, половозрастная структура популяции, объектах добычи, взаимоотношения хищника с другими видами животных, взаимодействие с человеком, предпочитаемых местообитаниях.

На сегодняшний день, для проведения анализа состояния популяции арктического медведя используют следующие методы:

- ◆ систематический авиаучет особей;
- ◆ периодичное мечение с периодичным отловом хищников;
- ◆ использование методов индекса состояния популяции.

К сожалению, исследования с помощью авиаучета являются эффективными только в районах с высокой численностью арктических медведей. На территориях с низкой плотностью, где хищников трудно заметить, стоимость полетов может оказаться очень высокой, а так же велика вероятность получить множественные статистические ошибки при расчете численности особей.

На сегодняшний день возможное использование БПЛА представляет собой наиболее эффективный метод наблюдения за численностью и перемещением белых медведей, как со стороны финансового аспекта, так и со стороны затраченного времени. Охрана территорий для пресечения браконьерства и незаконная торговля исчезающими животными, так же является монументальной задачей в борьбе за сохранение вида. Чтобы расширить существующие усилия по наземному патрулированию, есть необходимость привлечь беспилотное воздушное наблюдение с использованием видимого и теплового инфракрасного излучения.

Цель статьи

Исследование возможностей БПЛА со специальным программным обеспечением, в решении проблем под-

счета численности белых медведей в их арктической среде обитания.

Обсуждение результатов

Фактически стоит задача разработки программного обеспечения, с его последующей установкой на БПЛА, которое, в режиме реального времени, сможет контролировать численность популяции белых медведей в арктических льдах.

Безусловно, одной из лучших преимуществ БПЛА является возможность использования различных съемных и мобильных элементов, которые являются модульными. Инфракрасные детекторы могут легко обнаружить скопления диких животных или людей в ночное время. Для идентификации браконьеров лучше использовать стробоскопы, а магнитные детекторы легко определяют любой вид огнестрельного оружия.

С целью исследования и решения проблемы подсчета численности белых медведей в их среде обитания с помощью БПЛА, предложена схема преобразования размеров объекта и обнаружения его в каналах телевизора в виде блока БПЛА с матричным преобразователем, которая представлена на рис. 1.

Площадь животного белого медведя в пределах поля зрения тепловизора на плоскости матричного преобразователя определяется по формуле:

$$S_{ab} = \frac{S_{AB} f^2}{l^2}$$

где f — фокусное расстояние объектива,
 l — дальность наблюдения или измерения,
 S_{ab} — площадь проекции белого медведя наблюдения на матрицу.

Количество элементов матричного преобразователя, какие воспринимают и фиксируют тепловое излучение от животного, определяется соотношением:

$$N_{el} = \frac{S_{ab}}{S_{el}}$$

где S_{ab} — размер объекта (цели) на чувствительной плоскости матричного преобразователя,
 S_{el} — размер одного чувствительного элемента матричного преобразователя.

Максимальную дальность обнаружения, распознавания и идентификации животных с учетом количества эле-

ментов их изображения на матричном преобразователе можно рассчитать по формуле:

$$l = f \sqrt{\frac{S_{AB}}{S_{el} N}}$$

Для выявления животных возможно использовать недорогой длинноволновый инфракрасный датчик Lepton фирмы FLIR. Используемая версия датчика Lepton с параметрами:

- ◆ спектральный диапазон 8–14 мкм;
- ◆ лучшая спектральная эффективность 9,5–12,5 мкм;
- ◆ горизонтальное поле зрения FOV = 25 °;
- ◆ формат матрицы 80 x 60;
- ◆ размер пикселя 17 мкм;
- ◆ температурная чувствительность <50 мК.

С развитием цифровых средств наблюдения и фиксации, устанавливаемых в качестве их составляющих, повысилась точность и оперативность наблюдения за численностью животных. Использование радиомаяков при использовании БПЛА, позволяет точно определить географические координаты местоположения животного, также возможно следить за перемещением медведя и величиной его суточного перехода. Направив БПЛА по заданным координатам с целевым блоком фотоаппарата и курсовой видеокамерой, возможно осуществить аэрофотографическую съемку зверя. После приземления с БПЛА скачиваются все полученные снимки. Для обработки полученных цифровых данных используется специальное программное обеспечение, написанное на основе программных алгоритмов MASK R-CNN и Slic superpixels. Вспомогательные библиотеки и открытые программы как: Thresholding histograms, OpenCV и FFmpeg помогут автоматически распознать изображения медведя и отнести его к необходимому классу. По итогам обработки информации, рассчитывается численность исследуемого вида животного на заданной территории. Площадь съемки за одну рабочую сессию может составлять от 4 до 8 тыс. га.

Для построения маршрутизации облета исследуемой площади можно использовать разные варианты. В этой работе рассмотрим змеевидный трек, который строится по следующему программному алгоритму:

Следующий этап подготовки системы подсчета животных — разработка компьютерного приложения для БПЛА. Этап, на котором возникает необходимость создать симбиоз из программных алгоритмов: MASK R-CNN, Slic superpixels и включить наработки библиотек по распознаванию изображения из: Thresholding histograms, OpenCV, FFmpeg.

index.html

Raw

```

1 <html>
2 <head>
3   <meta charset="utf-8">
4   <meta name="viewport" content="width=device-width">
5 </head>
6
7 <body>
8   <canvas width="200px" height="200px" id="canvas" style="border:solid 1px #000;"></canvas>
9   <script src="path.js"></script>
10  <script>
11    var canvas = document.getElementById("canvas");
12    var ctx = canvas.getContext("2d");
13    ctx.globalAlpha=0.1;
14    ctx.strokeStyle="#1149ff";
15    ctx.lineWidth=11;
16
17
18    var j = new Path(0, 200, 0, 200).make_path
19
20    for (var i = 0; i < Object.keys(j).length-1
21      ; i++ ) {
22      ctx.beginPath();
23      ctx.moveTo(j[i][0],j[i][1]);
24      ctx.lineTo(j[i+1][0], j[i+1][1]);
25      ctx.stroke();
26    }
27  </script>
28 </body >
29 </html >

```

```

2 class Path {
3   constructor(x1, x2, y1, y2) {
4     this._x1 = x1;
5     this._x2 = x2;
6     this._y1 = y1;
7     this._y2 = y2;
8     this._trace = {};
9     this._speed = 10;
10    this._reverse = false
11  };
12
13  control(direction) {
14    if (direction == "left") {
15      this._x1 += this._speed * 1;
16      this._y1 += this._speed * 0
17    } else if (direction == "right") {
18      this._x1 += this._speed * -1;
19      this._y1 += this._speed * 0
20    } else if (direction == "down") {
21      this._reverse = !this._reverse;
22      this._x1 += this._speed * 0;
23      this._y1 += this._speed * 1
24    }
25  };
26
27  get make_path() {
28    this._trace[0] = [this._x1, this._y1];
29    let step = 1;
30
31    while (this._y1 < this._y2) {
32      if (this._x1 < this._x2 && this._reverse) {
33        this.control("right");
34        if (this._x1 == 0) this.control("down")
35      } else if (this._x1 < this._x2) {
36        this.control("left")
37      } else if (this._x1 == this._x2) {
38        this.control("down");
39        this.control("right")
40      };
41
42      this._trace[step] = [this._x1, this._y1];
43      step++
44    };
45

```

```

46     this._trace[step] = [0, 0];
47     return this._trace
48   }
49   };

```

path.rb
Raw

```

1  #алгоритм на языке Ruby
2  class Path
3
4    def initialize(x1,x2,y1,y2)
5      @x1 = x1
6      @x2 = x2
7      @y1 = y1
8      @y2 = y2
9      @trace = {}
10     @speed = 10
11     @reverse = false
12   end
13
14   def control(direction)
15     if direction == 'left'
16       @x1 += @speed* 1
17       @y1 += @speed* 0
18     elsif direction == 'right'
19       @x1 += @speed* -1
20       @y1 += @speed* 0
21     elsif direction == 'down'
22       @reverse = !@reverse
23       @x1 += @speed* 0
24       @y1 += @speed* 1
25     end
26   end
27
28   def make_path
29     @trace[0] = [@x1, @y1]
30     step = 1
31     while @y1 < @y2 do
32       if @x1 < @x2 && @reverse
33         control('right')
34         if @x1 == 0
35           control('down')
36         end
37       elsif @x1 < @x2
38         control('left')
39
40       elsif @x1 == @x2
41         control('down')
42         control('right')
43       end
44       @trace[step] = [@x1, @y1]
45       step += 1
46     end
47     @trace[step] = [0,0] # return to homestation
48     @trace.to_json
49   end

```

Рис. 2. Змеевидный трек

Slic superpixels — это технология простой линейной итеративной кластеризации для сегментации изображений на основе K-средних. Этот алгоритм просто выполняет определение K-среднего в пространстве информации о цвете и местоположении изображения и поэтому тесно связан с быстрым сдвигом. Поскольку метод Slic superpixels использует кластеризацию он очень эффективен, единственным условием для получения хороших результатов необходимо, чтобы этот алгоритм работал в цветовом пространстве Lab. При этом объединении Slic

superpixels и Thresholding histograms фактически позволяет достигать сегментацию отношение среднего значения и дисперсии пикселей изображения, которые определяются для получения оптимального порогового значения алгоритмизацией Thresholding histograms.

Алгоритм Mask R-CNN был представлен в 2017 году. Он основан на исследованиях по обнаружению объектов R-CNN, Fast R-CNN и Faster R-CNN. Исходный алгоритм R-CNN представляет собой четырехэтапный процесс:

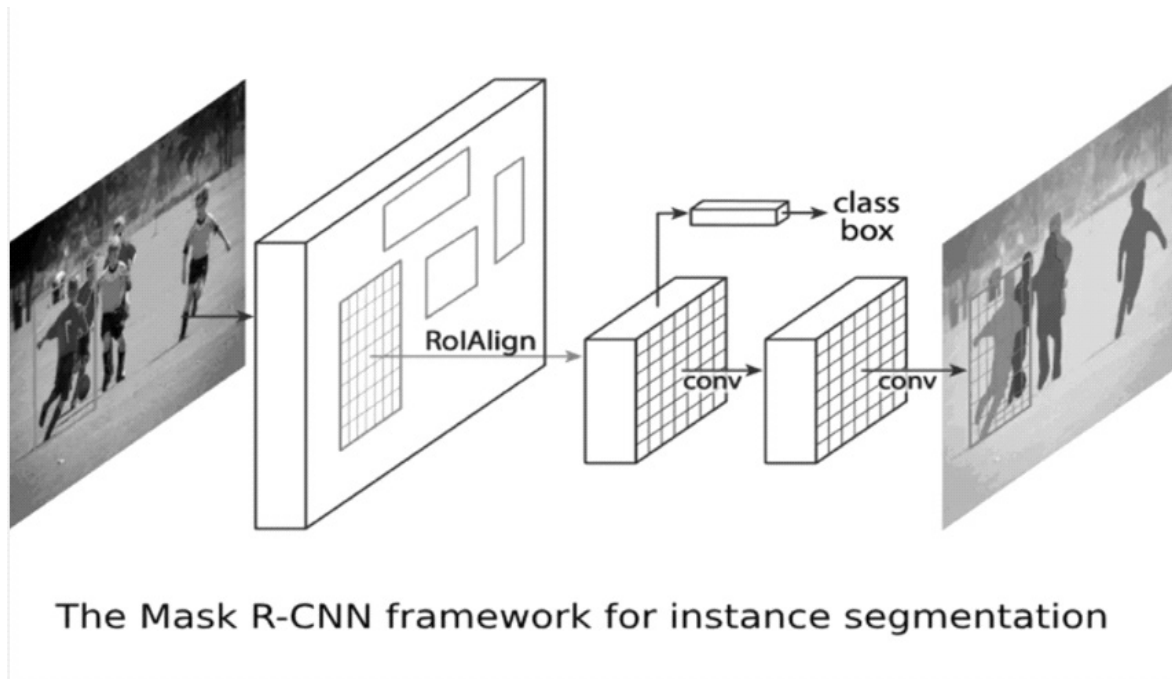


Рис. 3. (схема на белом фоне): Инфраструктура алгоритма Mask R-CNN для сегментации экземпляров

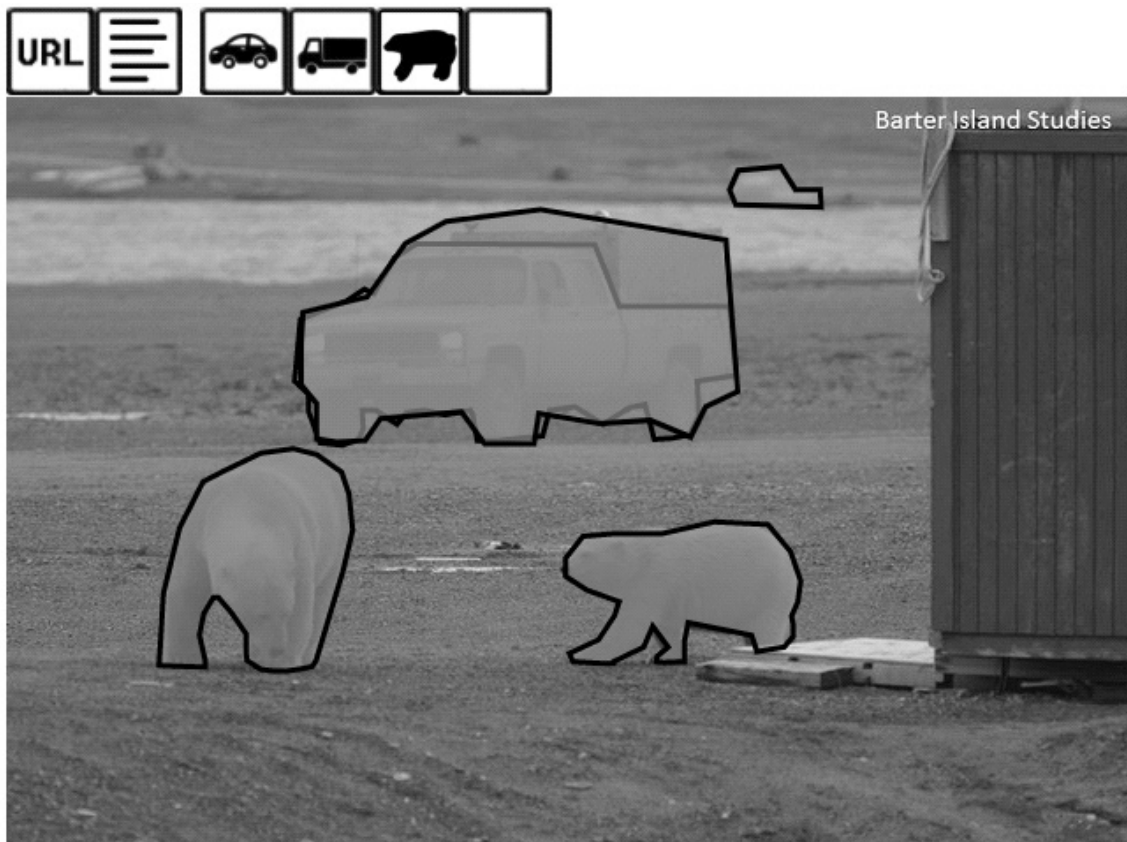


Рис. 4. (цветное изображение с медведями): Обучение алгоритмам Mask R-CNN распознаванию вида белого медведя

введение изображения в сеть, затем происходит извлечение предложений по областям (т.е. области изображения, которые потенциально могут содержать объекты) с помощью такого алгоритма, как выборочный поиск. Затем используется трансферное обучение, в частности извлечение признаков, для вычисления характеристик для каждого предложения (что фактически является ROI) с использованием предварительно обученной CNN, а в завершении происходит классифицирование каждого предложения, используя извлеченные функции с помощью машины опорных векторов (SVM). Благодаря алгоритмизации Mask R-CNN появляется возможность автоматически сегментировать и создавать пиксельные маски для каждого объекта на изображении. При этом, весьма важно отметить, что применять Mask R-CNN возможно, как к изображениям, так и к видеопотокам. Алгоритмы семантической сегментации Mask R-CNN позволяют связать каждый пиксель входного изображения с меткой класса (включая метку класса для фона).

Пример работы алгоритма Mask R-CNN с определением вида белого медведя (рис. 4).

OpenCV — это open source библиотека компьютерного зрения, которая предназначена для анализа, классификации и обработки изображений в единстве с алгоритмизацией Mask R-CNN.

FFmpeg — бесплатный программный проект с открытым исходным кодом, состоящий из набора библиотек и программ для обработки видео, аудио и других мультимедийных файлов, и потоков. В его основе лежит сам инструмент командной строки ffmpeg, предназначенный для обработки видео и аудио файлов. Он широко используется для транскодирования формата, базового редактирования (обрезки и объединения), масштабирования

видео, эффектов постобработки видео и соответствия стандартам (SMPTE, ITU).

Thresholding histograms -при обработке изображений метод пороговой обработки сбалансированной гистограммы (ВНТ) представляет собой очень простой метод, используемый для автоматической пороговой обработки изображения. Этот подход предполагает, что изображение разделено на два основных класса: фон и передний план.

Эти алгоритмы и программные разработки необходимо объединить в один интегральный алгоритм компьютерного приложения для БПЛА для контроля численности популяций белых медведей в арктических льдах. Далее созданное приложение необходимо обучить через библиотеки Common Objects in Context, используя DataSet.

Заключение

В данной работе исследуются особенности применения малого БПЛА в решении проблем подсчета численности белых медведей в среде их обитания. За последние два десятилетия технологические инновации и применение БПЛА значительно возросли. В условиях решения проблемы подсчета численности живых особей в среде их обитания, БПЛА со специальным программным обеспечением, на основе алгоритмов MASK R-CNN и Slic superpixels имеют перспективу в достижении позиционирования отдельного вида животных. Безусловно, помимо сравнительно низкой финансовой затратности, преимуществом БПЛА является возможность использовать различные модульные элементы и способность к интеграции новых приложений по обнаружению и классификации отдельного вида животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методология использования фотоловушек для оценки обилия и сезонных изменений населения млекопитающих на примере Зейского заповедника / С.А. Подольский, В.А. Кастрикин, Л.Ю. Левик [и др.] // Байкальский зоологический журнал. 2019. № 2 (25). С. 6–12.
2. Просеков А.Ю. Внедрение цифровых технологий в методы учета охотничьих животных // Известия НВ АУК. 2020. № 3 (59). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-tsifrovyyh-tehnologiy-v-metody-ucheta-ohotnichih-zhivotnyh> (дата обращения: 18.10.2021).
3. Федосеева Н.А., Загвоздкин М.В. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов // Научный журнал. 2017. № 9 (22). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-oblasti-primeneniya-bespilotnyh-letatelnykh-apparatov> (дата обращения: 18.10.2021).
4. Drones count wildlife more accurately and precisely than humans / J.C. Hodgson, R. Mott, S.M. Baylis [et al.] // Methods in Ecology and Evolution. 2018. P. 1–8.
5. Liu H., Jiang G.S., Li H. A comparative study on four survey methods used in ungulate population size estimation in winter in north China // Shengtai xuebao. 2015. № 9. С. 3076–3086.
6. Moysan, G. Corneloup, T. Sollier, Adapting an ultrasonic image threshold method to eddy current images and defining a validation domain of the thresholding method, NDT&E International, 32 (1999)
7. W. Oh, B. Lindquist, Image thresholding by indicator kriging, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI-21 (1999) 590–602. 9–84

© Бунтов Александр Игоревич (buntoff@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»