

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ С ФОТОЛОВУШЕК В ЗООЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

С. С. Огурцов, В. П. Волков, А. С. Желтухин

*Центрально-Лесной государственный природный биосферный заповедник, Россия
e-mail: etundra@mail.ru*

Поступила в редакцию: 21.09.2016

Приведен обзор основных проблем в сборе, хранении, обработке и анализе данных, полученных с помощью фотоловушек. На основании рассмотренных отечественных работ, связанных с этой темой, сделан вывод о необходимости подробного освещения методических подходов и инструментов для обработки данных в российских исследованиях и проектах. Представлены наиболее распространенные среди зарубежных исследователей программы для работы с фотоловушками в проектах по изучению и сохранению биоразнообразия. Приведены обзоры таких тематических программных средств как Photospread, Aardwolf, Camera Trap Manager, MapView, CameraBase и DeskTEAM. Разобраны многие их достоинства и недостатки, а также методы работы с ними. Рассмотрены принципы хранения метаданных изображений, способы их извлечения и обработки. На примере исследований, проводимых в Центральном-Лесном заповеднике, представлен сравнительный анализ различных программ и подходов в использовании фотоловушек как метода зоологических исследований, и даны общие рекомендации относительно работ с ними для других ООПТ. Выявлены ключевые характеристики программ для работы с фотоловушками, на которые стоит обращать внимание при выборе конкретного решения. В первую очередь, таковыми являются возможность импорта всех метаданных изображения, максимально быстрое и удобное тегирование, экспорт в наибольшее число форматов. Высказаны пожелания для совершенствования и обсуждения методических подходов по данной теме среди отечественных исследователей. Несмотря на большое разнообразие доступных технических средств, отдельно отмечена необходимость разработки отечественного программного обеспечения для работы с данными фотоловушек. На все указанные программы приведены гиперссылки для свободного скачивания, а также гиперссылки на руководства пользователя.

Ключевые слова: бесконтактные методы, мониторинг, обработка данных, программное обеспечение, фотоловушки, Центрально-Лесной заповедник.

Введение

Со времен изобретения фотоловушек Джорджем Ширасом (George Shiras) в далеком 1890-ом году и широкого применения их охотниками на протяжении ста последующих лет ученые и натуралисты по всему миру получили мощный бесконтактный инструмент по сбору данных о дикой природе (Sanderson, Trolle, 2005; Harris et al., 2010). С тех пор фотоловушки активно используются в экологических исследованиях, инвентаризациях природы, мониторинговых наблюдениях и оценках состояния биоразнообразия (Karanth, Nichols, 1998; MacKenzie et al., 2005; Trolle et al., 2007; Stein et al., 2008). Фотоловушки могут показаться дорогим методом в первое время, но он практически не зависит от условий окружающей среды, не требует интенсивных полевых работ и долгого обучения исследователей (Silveira, 2003). Это полезный и действенный инструмент с широкими возможностями, но

необходимо быть предельно осторожными, когда речь идет об управлении его данными.

Современная тенденция такова, что исследований с использованием фотоловушек становится все больше, увеличивается и среднее количество устройств, занятых в подобных исследованиях, соответственно в разы возрастают и объемы получаемых данных (Kays, Slauson, 2008; Kays et al., 2009). Таким образом, возникает закономерный парадокс: с одной стороны, каждый исследователь стремится увеличить количество изображений, поступающих с фотоловушек, чтобы улучшить проводимые анализы, с другой – сталкивается с огромным количеством файлов, которые порой не в силах обработать. Грант Харрис с коллегами (Harris et al., 2010) выделили четыре основные проблемы, которые порождает такая ситуация. Во-первых, поскольку каталогизация изображений проходит достаточно медленно, идентификация изображений отстает от получения новых, и многие из них остаются не иденти-

фицированными. Во-вторых, ручная обработка данных пользователем – достаточно утомительный процесс, что вызывает неизбежные ошибки в данных. В-третьих, несовместимое/непоследовательное хранение данных и отсутствие единообразия в принятых названиях усложняют и запутывают поиск, классификацию и интерпретацию данных. В-четвертых, затраты на выдерживание темпа приобретения и управления данными, поступающими с существующих фотоловушек, замедляются установкой дополнительных новых камер (и, соответственно, получением новых фотографий).

Эти четыре проблемы во многом происходят по двум основным причинам: неспособностью обращаться с большими массивами изображений и недостатком системной организации (Kelly, 2008). С помощью нескольких доступных программ (инструментов) пользователи могут как хранить необработанные изображения, так и применять специальные средства для тегирования (мечения) и каталогизации. К сожалению, всего несколько программных средств, доступных сегодня, могут предложить анализ данных, большая же часть имеет достаточно ограниченные возможности в этой области либо не имеет их совсем. Даже состоявшиеся глобальные мониторинговые сети, такие как TEAM Network (описание далее), до определенного времени являлись сторонниками ручного ввода в электронные таблицы данных, полученных как с фото, так и видео-ловушек (Kays et al., 2009; Harris et al., 2010), пока не разработали собственные средства (такие как DeskTEAM и др.). В результате всего этого потенциал использования фотоловушек раскрывается далеко не полностью.

Каждый проект по сохранению биоразнообразия продумывает решение подобных проблем, но в наши дни уже сложилось общее мнение, что массовое использование фотоловушек в исследованиях не до конца удовлетворяется мощным программным обеспечением, призванным решать вопросы управления и анализа огромных массивов данных (Harris et al., 2010; Fegraus et al., 2011; Zaragozı et al., 2015).

Сеть фотоловушек способна предоставлять многие тысячи изображений за достаточно непродолжительные периоды времени: от десятков тысяч до сотен тысяч фотографий за год (Barrueto et al., 2013). К примеру, две дюжины таких устройств в заказнике Севиллета (Sevilleta National Wildlife Refuge) в Нью-Мехико

(США) производят более 110000 пригодных изображений всего за 6 месяцев (Harris et al., 2010). Проект TEAM Network за 2010 год получил более 250000 снимков (Fegraus et al., 2011), а за последующие 4 года – более 1500000 фотографий (Zaragozı et al., 2015). Хотя процедуры извлечения и хранения данных достаточно тривиальны, процедура ввода требует относительно много времени и подвержена ошибкам, особенно если выполняется вручную (Maysdanchik, 2007). Ручной ввод данных, полученных с фотоловушек, в электронные таблицы является давно устаревшим, трудоемким и малоэффективным как раз из-за таких потенциальных ошибок (Harris et al., 2010; Sundaresan et al., 2011).

Выбор определенного алгоритма работы и конкретного программного средства сегодня затруднителен. Часть подходов, рассмотренных нами, включает потенциальную склонность к ошибкам в обработке данных (например, Harris et al., 2010), в то время как более универсальные решения (например, Sundaresan et al., 2011) сложны в расширении, модификации или масштабировании под работу с большими нетрадиционными проектами. Другие способы имеют ограничения, так как разработаны под конкретные программные средства. Так, Camera Base (Tobler, 2015) ограничена объемом десятков тысяч изображений, потому что использует платформу Microsoft Access (Microsoft Corporation) как системную базу хранения данных. Такое многофункциональное средство, как пакет samtrapR, написано для среды программы статистической обработки данных R (The R Foundation for Statistical Computing) и на сегодняшний день не может быть рекомендовано для широкого круга исследователей, не знакомых с работой данной программы, поэтому пока не рассматривается нами.

В настоящее время разнообразие программ, работающих с фотоловушками, постоянно растет и уже является достаточно внушительным. Охватить все из них не представляется возможным. В результате мы остановились лишь на наиболее доступных, простых и в то же время функциональных программах для обработки, хранения и первичного анализа данных. Всех их объединяет свободное распространение, дружелюбный и понятный интерфейс, удобство в использовании и работе, относительное богатство возможностей для дальнейшего анализа данных. На первоначальном этапе исследований таких требований, по нашему мнению, вполне достаточно для получения качественных результатов. При этом также

возможен более глубокий анализ данных с использованием иных подходов, что совершенно не будет противоречить рассматриваемым решениям. Принимая во внимание, что со временем технологии фотоловушек станут доступнее, проекты в будущем будут способны организовывать сбор миллионов фотографий за короткий период времени, и зоологам надо быть готовым справляться с этим надвигающимся потоком. Подобное утверждение особенно актуально в нашей стране, поскольку здесь интерес к использованию таких устройств стремительно набирает силу.

Активные исследования с применением фотоловушек на территории России стали проводиться относительно недавно (Сидорчук и др., 2007; Сидорчук, Рожнов, 2009; Желтухин и др., 2011; Сутырина и др., 2011; Рожнов и др., 2012; Погодин, Марков, 2013; Желтухин, Желтухин, 2014; Волкова, Волков, 2015; Покровская и др., 2016; и др.). Самые первые подобные исследования выполнялись в рамках проектов по изучению амурского тигра (*Panthera tigris altaica* Temm., 1844) и дальневосточного леопарда (*Panthera pardus orientalis* Schlegel, 1857) (Костыря и др., 2003; Рыбин и др., 2005). В рамках последующих проектов по этим же видам данный метод получил наибольшее развитие (Эрнандес-Бланко и др., 2010; Рожнов и др., 2012; Сутырина и др., 2013; Виткалова и др., 2015; Matiukhina et al., 2016; Vitkalova, Shevtsova, 2016; и др.). Среди прочих направлений наиболее популярны следующие: мониторинговые исследования (Желтухин и др., 2011; Соловьев, 2011; Эпова, Бабина, 2015; Желтухин и др., 2016; Симакин, 2016; Шакула и др., 2016), инвентаризация фаун (Карнаухов и др., 2011; Есипов и др., 2015), изучение особенностей экологии копытных (Маслов, 2011; Маслов, Рожнов, 2011; Найденко и др., 2011; Рожнов и др., 2012; Пчелкин, Пчелкина, 2015) и крупных хищников (Колчин, Ткаченко, 2011; Виткалова и др., 2015; Бриллиантова и др., 2016; Огурцов, Желтухин, 2017; и др.), изучение особенностей поведения животных (Сидорчук, Рожнов, 2010; Огурцов, 2012; Гармс, 2015). Несмотря на, казалось бы, подробное освещение данного рода исследований в отечественной литературе, нам практически не встретилось упоминаний об использовании специальных методических подходов и программных средств, широко применяемых зарубежными исследователями. Как уже было сказано выше, любые исследования подобного рода ставят перед исполнителями неизбежные проблемы, решение которых разрабатывается

до сих пор всем мировым сообществом полевых зоологов. Принимая во внимание, что отдельные российские научные коллективы добились значительных успехов в этой области, стоит признать, что в целом фотоловушки, как метод исследований животных, еще слабо у нас освоен.

Проведя предварительный анализ имеющейся отечественной литературы по данному вопросу, мы пришли к выводу, что на сегодняшний день среди российских специалистов нет единого мнения о методах хранения, обработки и анализа данных с фотоловушек. Как правило, у многих исследователей возникают известные проблемы, связанные с подчас огромными массивами изображений, которые они не в силах обработать и сделать по ним адекватные выводы. Насколько нам известно, вопросы обработки и анализа таких данных среди российских зоологов подробно никем не рассматривались или упоминались лишь в общих чертах, часто без ссылок на конкретные работы и методические подходы других авторов. При этом чаще всего упоминалась ручная набивка данных в табличные листы Microsoft Excel (Есипов и др., 2015; Сухоруков, 2015; Эпова, 2015) или работа в редакторах графических изображений (к примеру, ACDSee; личные сообщения). Исключения составляют проекты по крупным кошачьим на Дальнем Востоке, где для индивидуального распознавания и оценки численности применялись программы Extract-Compare, SPACECAP и др. (Эрнандес-Бланко и др., 2010; Виткалова и др., 2015; Matiukhina et al., 2016; Vitkalova, Shevtsova, 2016). Такие проекты, как правило, видоспецифичны и дорогостоящи, а их методические подходы не могут быть одинаково хорошо применены на всей остальной территории страны. Исходя из этого, мы пришли к выводу, что давно назрела необходимость дать сводку современных подходов в универсальном применении фотоловушек в зоологии и хоть немного заполнить информационный пробел, касающийся этой проблемы в нашей стране.

Целью настоящей работы являлся обзор доступных программных средств, которые могут быть использованы большинством отечественных особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Искренне надеемся, что эта работа будет полезна в проведении исследований с помощью фотоловушек при изучении и сохранении биоразнообразия и особенно пригодится в заповедниках и национальных парках, где принцип минимального вмешательства в дикую природу является наивысшим приоритетом.

Материал и методы

Принципы работы всех рассматриваемых в настоящем обзоре программ изучены и опробованы в рамках исследований с применением фотоловушек, проводимых на территории Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (Россия, Тверская область, Нелидовский и Андреапольский районы), которые были начаты в 2010 году. Первоначально использовалось всего три устройства модели Reconyx RapidFire RC60 (Reconyx Inc.). На сегодняшний день успешно функционирует 20 фотоловушек более совершенной модели Reconyx HyperFire HC600 (Reconyx Inc.), приобретенные по грантам РФФИ (проекты №№ 06-04-48536-а, 09-04-00460-а, 13-04-00221-а, руководитель Желтухин А.С.), и 10 фотоловушек Bushnell TrophyCam Agressor (Bushnell Outdoor Products), закупленные за счет средств заповедника. Стоит отдельно отметить, что на протяжении большинства лет в заповеднике применялись только фотоловушки Reconyx, что в некоторой степени определило способ хранения и обработки данных. Фотоловушки Bushnell стали применяться с 2016 г.

Всего за период 2010–2016 гг. отработано 18332 фотоловушко/суток, получено 21157 изображений с дикими животными. Среди всех видов было выбрано 17 (14 видов млекопитающих и 3 вида птиц), распознавание которых не представляет особого труда. В рамках трех различных исследовательских тем по ним осуществляются как стационарные наблюдения (Желтухин и др., 2011; Желтухин А.С., Желтухин С.А., 2014; Желтухин и др., 2016), так и специальные работы по экологии и биологии отдельных представителей (Огурцов, 2012; Огурцов, Желтухин, 2017). Во время стационарных исследований с помощью фотоловушек, проводимых нами, осуществлялось постоянное тестирование и поиск различных программных средств, облегчающих работу и улучшающих ее качество.

Заключения и рекомендации, приводимые в статье, основаны на опыте коллег и наших собственных наработках по рассматриваемой теме. Рассмотрев основные способы работы с данными фотоловушек, активно применяемые зарубежными исследователями, и опробовав многие из них в своих проектах, мы приводим обзор наиболее популярных и действенных подходов, а также собственные замечания и рекомендации по ним. В качестве наиболее удачных и, в то же время, доступных и универсальных нами выбраны

следующие программы: Photospread, Aardwolf, Camera Trap Manager, MapView, Camera Base и DeskTEAM. Все они являются свободными и бесплатными, поэтому мы также приводим гиперссылки, по которым их можно скачать из сети Интернет. Поскольку объем статьи ограничен, обзоры программ даны в сжатом виде, но каждая из них сопровождается ссылкой на справочную литературу (статью или руководство), по которой любой исследователь сможет ознакомиться с ней более подробно и научиться основам использования. Также в начале большинства обзоров приводятся оригинальные публикации самих разработчиков, на которые мы опирались при написании статьи. Программы, разработанные для видов с индивидуальным паттерном окраски или искусственными метками (Wild-ID, Discovery, MARK, ExtractCompare и др.), не рассматривались нами, поскольку имеют иной принцип работы и применяются уже в специализированных видоспецифичных исследованиях, доступных далеко не для каждого научного коллектива или ООПТ.

Перед тем как перейти к обзору программ, необходимо вкратце рассмотреть основные принципы хранения данных фотоловушками и основы работы с ними. Аннотация данных в исследованиях такого рода, как правило, подразумевает идентификацию объекта и его особенностей на изображении или в группе изображений. Несмотря на имеющиеся средства автоматизации процесса классификации, подобные исследования требуют наличия экспертного заключения пользователя по определению объекта, подсчету количества особей, установлению их особенностей, поведения и т.п. Есть два пути хранения такой атрибутивной информации: в самом изображении или во внешней базе данных (далее БД). Хранение информации во внешней базе данных эффективно, когда необходимо осуществить ее быстрое извлечение, поскольку в данном случае обращение идет лишь к индексу самой БД, но не к файлу, что во много раз ускоряет поиск и извлечение. Это является предпочтительным способом хранения, когда речь идет о программном обеспечении (далее ПО), разработанном для работы именно с данными фотоловушек (например, Fegraus et al., 2011). Тем не менее, данный метод имеет некоторую уязвимость из-за возможных ошибок несовместимости. Они происходят, если связанные друг с другом данные находятся в разных папках, поскольку метаинформация пользователя оказывается не связанной напрямую с файлами изображений.

Один из путей минимизировать возможные ошибки – это хранить такие данные вместе, что подразумевает содержание атрибутивной информации в самом файле (в виде его метаданных). Существуют три типа метаданных. Современные цифровые фотографии могут быть укомплектованы собственной атрибутивной метаинформацией: время и дата съемки, географические координаты, модель камеры, параметры съемки и т.п. (первый тип). Популярные форматы хранения графических изображений, такие как JPEG (Joint Photographic Expert Group), также поддерживают хранение дополнительных пользовательских метаданных через открытые стандартные форматы, такие как EXIF (Exchangeable Image Format), XMP (Extensible Metadata Platform) или IPTC (International Press Telecommunications Council). Фотоловушки, как правило, работают с первыми двумя форматами (EXIF и XMP).

Производители фотоловушек могут добавлять свою собственную информацию в метаданные (к примеру, модель камеры) в дополнение к стандартным сведениям (например, время создания фотографии), что повышает общее разнообразие метаданных (второй тип). Идентификация особей и прочие особенности, которые создаются пользователем, представляют собой третий тип метаданных, который может храниться как во внешней БД, так и в качестве дополнительных данных в структуре самого файла. Это означает, что все виды неизменных аннотаций (например, вид животного на фотографии) могут быть сохранены в самом файле изображения. Тем не менее, извлечение атрибутивной информации таким образом будет требовать обработку и анализ всех файлов в коллекции, и это обычно куда медленнее, чем извлечение информации из внешней базы данных. Хранение атрибутивной информации в самих файлах в открытых стандартизированных форматах означает, что возможности их использования ограничиваются разнообразием программ, которые могут их распознавать, а таких великое множество. Единицей метаинформации третьего типа является тег (от англ. «tag» – бирка, ярлык), а процесс присвоения тегов называется «тегирование» (tagging). Под тегом можно рассматривать любую атрибутивную информацию, которую задает пользователь (вид животного, пол, возраст, поведение и т.п.).

Программное обеспечение, работающее с фотоловушками, должно справляться с двумя

основными задачами: организацией файлов и управлением метаданными, ассоциированными с индивидуальными файлами, которые могут храниться во внешней базе данных. Файлы, к примеру, обычно хранятся в бинарных полях в большинстве популярных систем БД. Более понятным и привычным будет хранение их в файловой системе операционной системы (далее – ОС), при котором в самой БД содержатся только метаданные. В дальнейшем, такие метаданные из внешней БД могут быть представлены в качестве кэша метаданных индивидуальных файлов, что гарантирует единый надежный источник такой атрибутивной информации.

Самый простой способ организации файлов фотоловушек – это хранение их в трехуровневой иерархической директории (Krishnarra, Turner, 2014). **Верхним уровнем является папка с названием проекта**, где каждая внутренняя папка представляет собой конкретную локацию фотоловушки (ее пространственное местоположение), а каждая папка третьего уровня создается при загрузке фотографий с прибора. Папки последнего уровня, как правило, содержат в названии дату и время выгрузки данных или другую информацию, которая делает путь к директории уникальным. Помимо этого, такой способ организации файлов позволяет легко копировать данные с карты памяти фотоловушки непосредственно в нужную директорию на компьютере.

Результаты и обсуждение

На протяжении всего периода активного применения фотоловушек исследователи, так или иначе, пытались найти возможные способы работы с их данными. Наиболее простым и очевидным решением достаточно долгое время оставался ручной ввод данных в электронные таблицы (к примеру, Excel), но на сегодняшний день этот способ считается давно устаревшим, трудоемким и малоэффективным, из-за потенциальных ошибок при вводе (Harris et al., 2010; Sundaresan et al., 2011).

Многие авторы уже разрабатывали свои собственные системы извлечения, обработки и хранения данных. Так, Харрис с коллегами (Harris et al., 2010) **предложили свою трехступенчатую систему**, в основе которой лежало переименовывание, ручное расположение по каталогам и субкаталогам и дальнейший анализ. Несмотря на преимущества в расчете мно-

гих показателей (по умолчанию, их программа считает 18 характеристик работы фотоловушек), сам способ ручного перетаскивания файлов изображений по каталогам неудобен и не менее утомителен, чем ручная набивка данных в таблицу. Кроме того, их подход не позволяет добавлять другую информацию об изображении, кроме видовой принадлежности (к примеру, пол, возраст, поведение, дополнительные сведения и т.п.), что также делает невозможным специфический поиск по запросам (скажем, поиск всех самцов рыси (*Lynx lynx* L., 1758) в ночное время суток). Подобная критика их подхода уже имела место быть (Sundaresan et al., 2011).

Другие авторы (Sundaresan et al., 2011) предложили два альтернативных подхода для преследования тех же целей, что ставили перед собой предыдущие исследователи (Harris et al., 2010). **Первый из них сосредоточен вокруг программы PhotoSpread, интерфейс которой похож на таковой у электронной таблицы. Второй разработан самими авторами и предлагает инструменты просмотра и манипуляции с изображениями, доступные в других обычных фото-менеджерах (к примеру, Picasa).**

PhotoSpread

PhotoSpread разработана группой программистов и биологов Стэнфордского Университета, включая Экологическое Общество Америки (Ecological Society of America, ESA) специально для тегирования большого количества изображений с фотоловушек. Основы работы с программой, ее архитектура и принципы подробно описаны в статьях (Kandel et al., 2008; Sundaresan et al., 2011) и руководстве пользователя (**PhotoSpread Quick User's Manual**). **Скачать саму программу, статью, руководство и ознакомительное видео можно по ссылке: <http://infolab.stanford.edu/~paepcke/shared-documents/PhotoSpread/>.**

Данное ПО построено по принципу традиционных и хорошо знакомых всем табличных листов (вроде Microsoft Excel) и позволяет тегировать и анализировать большие объемы изображений. У него есть возможность присваивать несколько тегов сразу многим изображениям нажатием всего пары кнопок, создавать удобные формы запросов, которые позволяют просматривать нужные изображения и в дальнейшем дополнительно тегировать их.

Интерфейс PhotoSpread состоит из двух основных частей: рабочего пространства (workspace) и рабочего листа (worksheet). На рабо-

чем пространстве отображаются изображения, которые можно располагать по усмотрению пользователя, а на рабочем листе, состоящем из ячеек, вводятся формулы тегов и импортируются изображения.

Наверное, самый большой интерес представляет именно аннотирование изображений, которое отлично от того, что представлено в других программах. Чтобы присвоить фотографиям какой-либо тег, необходимо прописать формулу одного или целого набора тегов в ячейке рабочего листа, а затем перетащить с помощью мышки фотографии из рабочего пространства в эту ячейку, и они будут автоматически протегированы. К примеру, надо обработать 20 кадров взрослого медведя (*Ursus arctos* L., 1758) **самца, совершающего мечение квартального столба или дерева.** Для этого выбираем любую пустую ячейку на листе таблицы и прописываем в ней формулу: Вид=Медведь, Возраст=Ad, Пол=Самец, Количество=1, Поведение=Мечение. Выделяем все нужные 20 фотографий и перетаскиваем их в эту ячейку. В дальнейшем им можно присваивать добавочные теги. Например, для 5 кадров еще указать дополнительную форму поведения «ОИР» (ориентировочно-исследовательская реакция), а для трех кадров – «обнюхивание» (рис. 1). Есть возможность использования «горячих клавиш». Вся полученная таким образом метаинформация может быть экспортирована в другие программы (Excel, Statistica, R и т.п.).

Подобная возможность создавать матрицу функций, где каждая ячейка будет настроена на подписывание сразу нескольких тегов, может быть очень удобной. Это имеет смысл, когда исследователь сталкивается с несколькими типами регистраций животных, которые часто повторяются. В нашем случае, многие виды в основном регистрировались поодиночке, и чаще всего это были взрослые животные, пол которых определить по фотографиям порой было затруднительно, а тип поведения обозначался просто как «проход мимо фотоловушки». В этом случае логично сделать ячейку «Одна особь; Ad; пол не определен; проход», куда перетаскивать фотографии и потом приписывать им тег «Вид», а не подписывать каждую из них по отдельности. Эта довольно интересная особенность не встречалась нам в других ПО и при умелом обращении может сильно сократить время тегирования. Фильтры позволяют проводить отбор изображений для дальнейшей обработки.

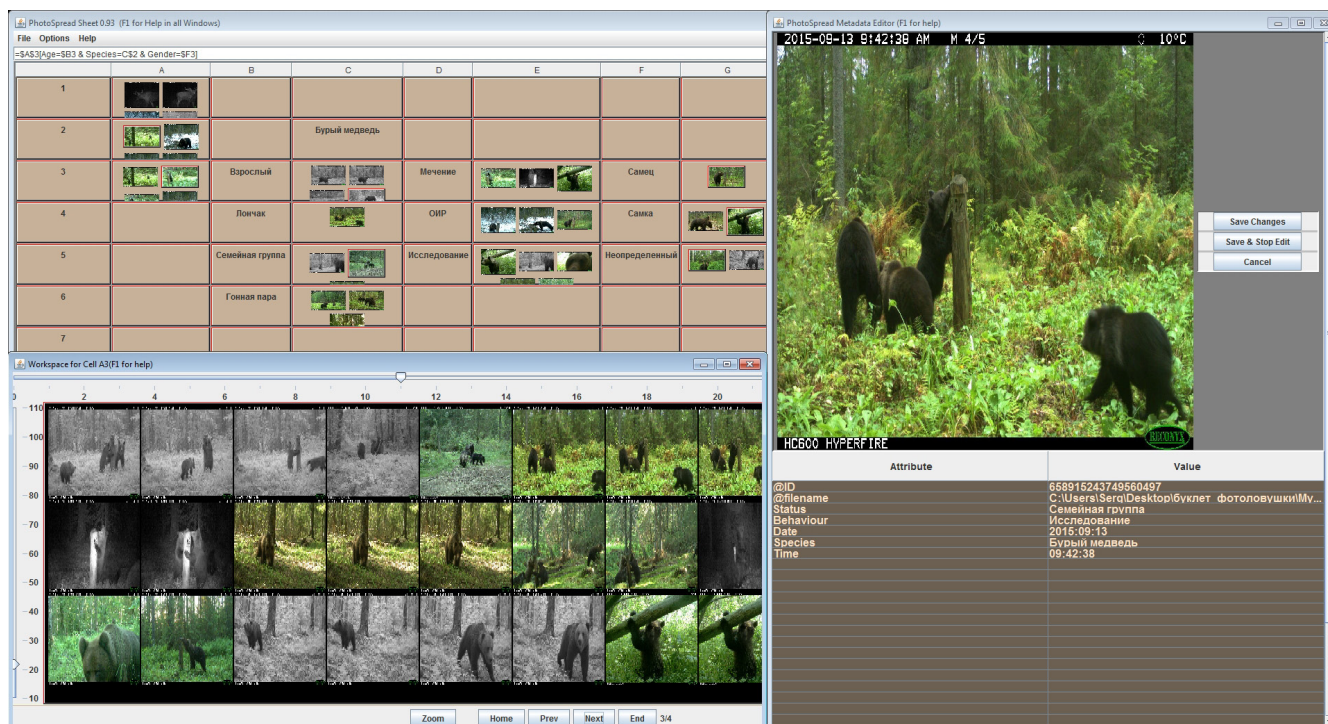


Рис. 1. Интерфейс программы PhotoSpread. Слева сверху – рабочий лист; слева внизу – рабочее пространство; справа – метаданные изображения.

Fig. 1. PhotoSpread interface. Left top – worksheet; left bottom – workspace; right – image metadata.

Первоначально необходимо распределить все фотографии по папкам по трехуровневой структуре (как и в прочих подходах), а затем извлечь их метаданные с помощью дополнительных утилит и программ для работы с форматом EXIF (ExifPro или ExifTool). Обе они являются свободными и могут быть скачаны по следующим ссылкам: <http://www.exifpro.com/>; www.sno.phy.queensu.ca/~phil/exiftool. После этого шага PhotoSpread сможет управлять метаданными 1-го и 2-го типов.

Также программа поддерживает работу сразу многих пользователей. К примеру, один пользователь может протегировать часть изображений из выборки, а другой после него может сразу понять, какие кадры остались не обработанными, и протегировать только их без пропусков или дублирования. Как только изображения становятся прописанными, они тут же убираются с рабочего пространства таблицы, чтобы не загромождать ее и не создавать путаницы, что в принципе достаточно удобно.

В PhotoSpread данные об изображениях не хранятся в EXIF, но все метаданные могут быть легко экспортированы в стандартный формат CSV (Comma-Separated Value), который затем может быть открыт в том же Excel.

Возможности импорта также весьма неплохие. Так PhotoSpread может принимать уже

протегированные в других программах изображения тремя способами: с помощью загрузки файла CSV, загрузкой папки с исходными фотографиями или загрузкой индивидуально файла изображения. Таким образом, PhotoSpread является дружелюбным ПО и может быть встроен в совершенно разные рабочие процессы, где кадры уже были обработаны в иных программах. Это достигается во многом благодаря умению читать формат CSV, при условии содержания в нем колонки с именами файлов и указанием полного пути к ним. При этом все исходные метаданные также импортируются и связываются с фотографиями.

По большому счету, PhotoSpread – это фотоменеджер с некоторой направленностью на работу с данными фотоловушек. Он имеет довольно ограниченные функции, чтобы считаться специализированным ПО в данной теме, но ряд необычных и действительно удобных решений делают его оригинальным и весьма полезным в некоторых случаях. PhotoSpread можно порекомендовать на первых этапах работы проектов с фотоловушками для просмотра и тегирования изображений без дальнейшего их анализа.

Aardwolf

Программа Aardwolf (Krishnappa, Turner, 2014) сочетает в себе многие инструменты

и варианты работы с данными, имеет интуитивно-понятный интерфейс и способна работать с проектами, содержащими миллионы фотографий. Она написана на языке C++, предназначена для работы на персональных компьютерах и может быть установлена на несколько популярных ОС. Программа имеет открытый программный код (Free and Open Source Software, FOSS), использует различные открытые стандарты и полагается на другие свободные библиотеки. Структура построена таким образом, чтобы загружать в свой интерфейс фотографии, а экспортировать уже специфические данные, пригодные для статистического анализа (рис. 2).

Управление данными в программе осуществляется путем трех стадий: организации файлов изображений, аннотации данных и их экспорта. Использование одного программного средства для управления данными позволяет минимизировать ошибки при заполнении, а также осуществлять ввод множеству пользователей по единой схеме.

Aardwolf поддерживает логическое деление данных, даже если сам раздел физически расположен в любом месте файловой системы ОС. Основанный на ней интерфейс Aardwolf'a позволяет ему вести гибкую политику распределения логической организации файлов из их физического местоположения и предоставляет надежную структуру, которая хорошо понятна и документирована. Это означает, что разделы могут храниться на отдельном жестком диске или в файловой системе локальной сети, что позволяет работать с огромными массивами данных целому коллективу исследователей.

Каждое изображение в БД программы Aardwolf имеет автоматически прикрепляемую атрибутивную информацию о фотоловушке, с которой оно было получено (например, локация), и о проекте (цели и задачи, описание методики и проведения работ и т.п.). Затем, каждое изображение может быть аннотировано собственной информацией пользователя уже в ручном режиме. Эти метаданные могут быть организованы в форме свободного ввода текста (например, поведение, характерные особенности особей, количество особей в стаде и т.п.) или чекбоксов (возможностью отмечать галочкой; например, выбор конкретного вида, пола, возраста особи). Теги объединяются в группы тегов, которые становятся полностью видны только во время работы с ними. Остальные группы тегов скрыты и видны только как закладки. При нажатии на них они раскрываются и показывают все свои внутренние теги. Подобная свободная форма конструкции создает большие возможности для проведения любых родов исследований путем подбора оптимальной структуры для каждого конкретного проекта (рис. 3).

Если при создании проекта поставить галочку в опции «Store Metadata in XMP», то Aardwolf автоматически будет приписывать каждому изображению все ваши поставленные теги и комментарии. Вся эта информация будет храниться в файле XMP с припиской «actns» в имени файла сразу после «Aardwolf Camera Trap *NameSpace*». При этом программа добавляет новую информацию, а те метаданные, которые были до загрузки в (1-ый и 2-ой типы), остаются без изменений.

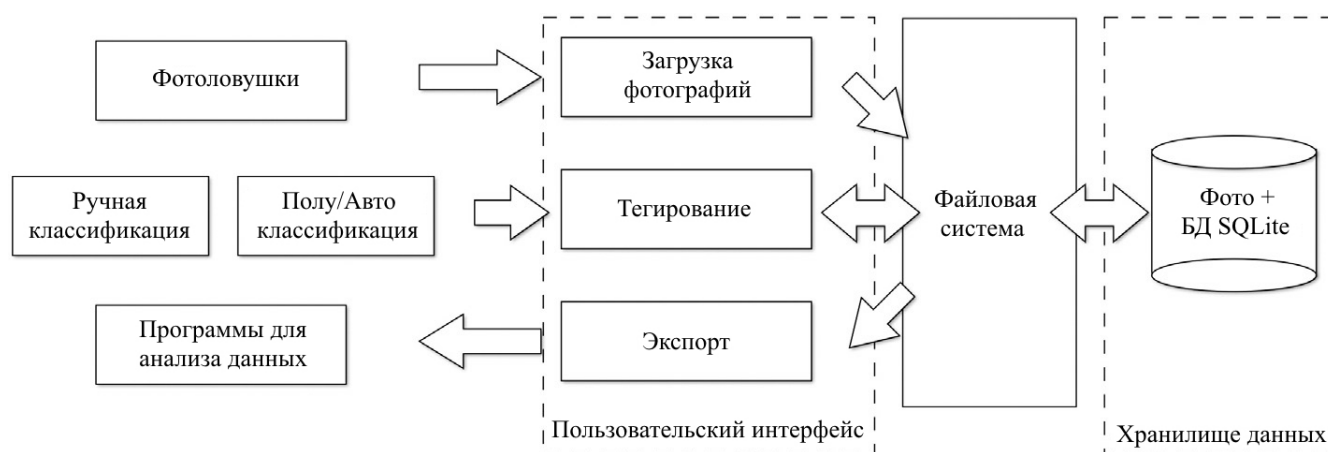


Рис. 2. Схема потока данных в программе Aardwolf (Перевод по Krishnappa, Turner, 2014).
 Fig. 2. Data flow in Aardwolf program (Translation according to Krishnappa & Turner, 2014).

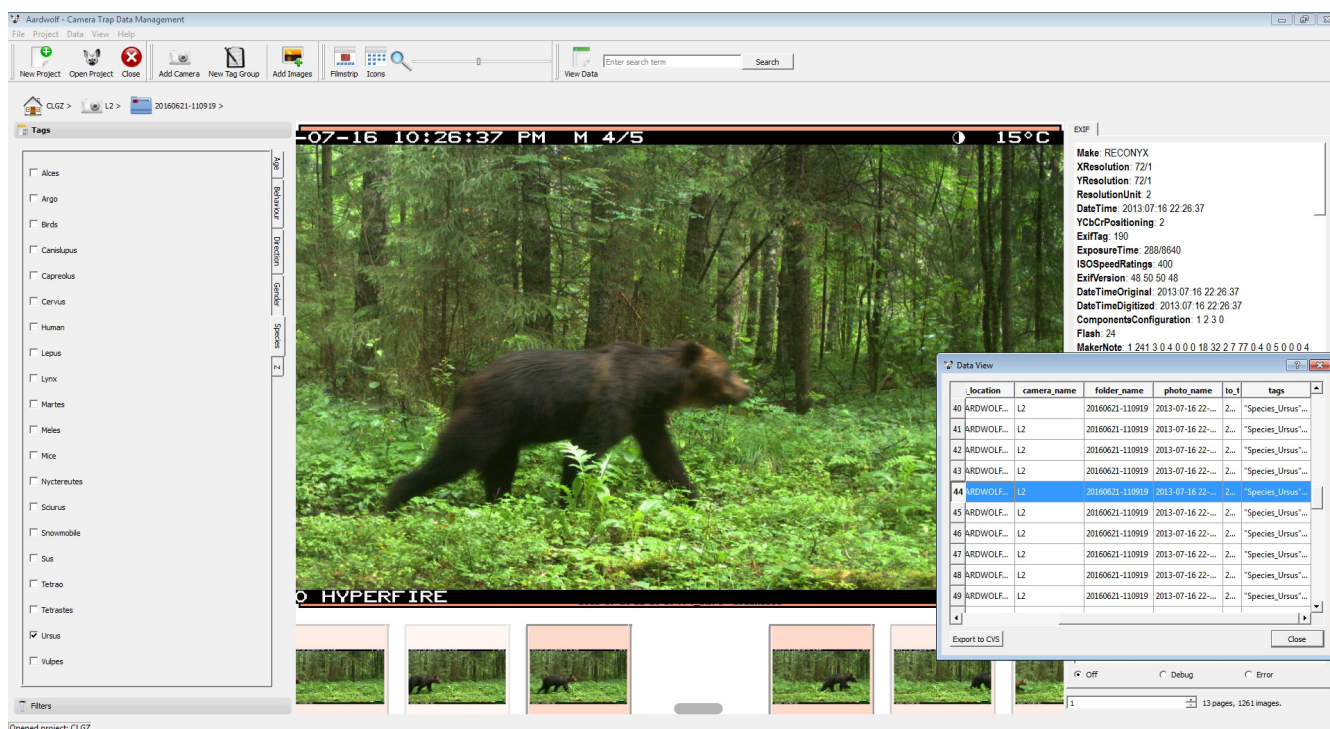


Рис. 3. Интерфейс программы Aardwolf. Слева – группы тегов; справа – метаданные и итоговая таблица данных.

Fig. 3. Aardwolf interface. Left – tag groups; right – image metadata and final data table.

Тегирование изображений – это чаще всего долгий и утомительный процесс, поскольку автоматических классификаторов изображений для экологических исследований на сегодняшний день крайне мало. Aardwolf помогает ускорить этот медленный процесс, предоставляя опцию добавления вспомогательных модулей «группировщиков» (groupers). Такие модули объединяют изображения вместе в единые кластеры так, чтобы все кадры в группе могли быть выделены одним нажатием кнопки и потом протегированы, т.е. всем им будет присвоена одна и та же атрибутивная информация, если такое необходимо. Группировщики могут быть основаны исключительно на эвристических статистиках, рассчитанных по внутренним метаданным фотоловушки (как правило, данные 1-го типа, а именно, временной штамп фотографии), или они могут прочитать файлы изображений и применить техники классификации для группировки схожих снимков в единый кластер. По умолчанию группировщики Aardwolf используют простые эвристические статистики для группировки фотографий по временному промежутку, заданному пользователем хронологически по предшествующим и последующим соседним кадрам. Помимо этого, Aardwolf позволяет создавать и добавлять свои собственные группировщики.

Объединение снимков в серии по времени их создания является несомненным преимуществом этого ПО. Такие серии в окне просмотра отображаются в определенном цветовом фоне вокруг изображения. Подобное объединение позволяет упрощать процесс тегирования сразу нескольких снимков. К примеру, при тегировании изображений пасущегося стада кабанов (*Sus scrofa* L., 1758; в нашем случае за 1 регистрацию может быть больше 150 кадров) достаточно подсчитать количество особей, определить нужные характеристики и выделить все кадры по цвету, не прибегая к поиску последнего кадра по дате и времени. Если у вас в наличии 150 кадров с кабанями, теги достаточно указать для первого, а все остальные 149 получат точно такие же автоматически. Для этого необходимо поставить галочку в пункте «Auto» в меню «Grouping» во вкладке «View».

Фильтры позволяют просматривать только те изображения, которые удовлетворяют конкретным заданным условиям (например, видовая принадлежность). Эта полезная функция поможет облегчить процесс многошагового тегирования. К примеру, определить видовую принадлежность какого-нибудь животного может быть более легкой задачей, нежели установить то, что именно происходит в кадре (различение форм поведения). Это означает, что

первая итерация (определение вида) может быть сделана быстрее или менее подготовленным пользователем, чем вторая, которая может потребовать больше времени, опыта и знаний. Так, один пользователь (лаборант, студент, волонтер) проводит видовое определение всех кадров и считает количество особей на них. Второй пользователь (например, специалист-териолог), путем использования утилиты поиска, создает выборки по каждому виду млекопитающих и определяет по ним дополнительно пол, возраст и особенности поведения.

Aardwolf спроектирован таким образом, чтобы использовать связанные БД на основе SQL (Structured Query Language) интерфейса, и применяет простую, популярную и доступную систему управления БД (СУБД) SQLite, чтобы хранить метаданные всех трех типов. SQLite использует единый файл для хранения всех данных. Это значит, что вся информация о проекте может быть собрана вместе в одной папке, что, в свою очередь, позволяет с легкостью хранить и переносить эти данные на другой носитель. Кроме того, если необходимо, Aardwolf может быть настроен на использование более мощных связанных БД, таких как MySQL и PostgreSQL.

Использование связанных БД для хранения метаинформации означает, что Aardwolf может выполнять запросы к ним, применяя всю мощь SQL. Несмотря на то, что для активизации всего потенциала SQL необходим определенный набор знаний в программировании, Aardwolf предоставляет простой интерфейс для создания отчетов и извлечения данных. Отчеты дают пользователю понимание состояния проекта, что может быть использовано во временных оценках или иных изменениях в проекте.

Данные могут быть экспортированы в формате CSV, который потом может быть открыт в любом пакете статистических программ или менеджере таблиц. Колонки экспортного файла можно подразделить на три группы:

– Группа идентификации. Содержит в себе уникальный номер строки в базе SQL (`photo_id`) и названия системных локаций (`fs_location`), фотоловушки (`camera_name`), папки (`folder_name`) и номер/название фотографии (`photo_name`), которые могут быть использованы для построения пути к файлу изображения.

– Группа метаданных изображения. Содержит исходные метаданные из EXIF, имеющиеся у файла изначально (1-ый тип; например,

время съемки). Строго говоря, Aardwolf извлекает и хранит только данные о дате и времени создания снимка, потому что, по мнению разработчиков, вся информация EXIF является слишком исчерпывающей. К тому же производители фотолюбителей могут зашивать туда свои дополнительные данные, которые, как правило, не стандартизированы под единый образец. Пользователи, которые хотят извлечь дополнительные сведения из EXIF, должны модифицировать исходный код Aardwolf'a или использовать вспомогательные программы, чтобы снабжать вывод CSV добавочной информацией.

– Группа метаданных Aardwolf. Содержит по одной колонке для каждой группы тегов и комбинаций тегов. В ее имени используется нижнее подчеркивание, чтобы отделить группу тегов от имени тега. К примеру, колонка «Поведение_питание» содержит в себе группу тегов «Поведение» и конкретный тег «Питание».

Программа Aardwolf была разработана для управления и содержания крупных проектов по фотолюбителям и успешно используется для работы более чем с миллионом фотографий. SQLite поддерживает миллиарды строк (Owens, Allen, 2006), и размер БД может быть несколько терабайт. Тем не менее, ограничения на объем фотографий могут быть вызваны внутренней памятью компьютера. Так для компьютера с оперативной памятью в 4 Гб объем фотографий ограничен 10 миллионами. Фильтрация, поиск и извлечение данных – вот три основные затратные по времени процедуры, потому что они должны обработать каждую строку БД SQLite, к которой осуществляется запрос.

Последние сборки Aardwolf могут быть скачены как установочные пакеты для систем Microsoft Windows и Mac OS по ссылке: <http://sourceforge.net/p/aardwolf/>. Полный исходный код для проекта может быть загружен по ссылке: <http://github.com/yathin/aardwolf>. Все улучшения и исправления багов обобщаются в онлайн исходный код на время релиза каждой новой версии. Все необходимые дополнения запакованы в пределах бинарных страниц. Это означает, что пользователи могут просто установить у себя Aardwolf как любую другую программу и не беспокоиться о пропущенных дополнениях.

В целом Aardwolf представляет собой достаточно удобную и полнофункциональную программу с простым и понятным интерфейсом. Она способна обрабатывать и хранить

большие объемы фотографий и будет полезна особенно в тех проектах, где число исполнителей невелико. Программа является свободной, мультиплатформенной, быстрой и эластичной. Ее развитие в ближайшем будущем способно как упростить использование, так и увеличить ее потенциал в несколько раз. Кроме того, данная программа позволяет иметь веб-интерфейс и работать онлайн.

Несмотря на все достоинства и преимущества при работе с Aardwolf, мы обнаружили ряд недостатков, которые сочли существенными в наших исследованиях. Хотим заранее отметить, что составляющая ГИС (геоинформационной системы) и возможности глубокого анализа данных, по нашему мнению, не являются столь критичными требованиями, поэтому их отсутствие не рассматривается нами как существенный недостаток. Вместо этого, существует ряд куда более простых, но поэтому и столь важных особенностей, необходимость которых более критична.

– Ввод данных (тегов) возможен только на латинице и без пробелов. Не удастся вводить сложные названия видов животных.

– Нельзя менять структуру тегов после их создания. К примеру, когда в проекте проводятся наблюдения за 17 видами дикой фауны и 8 антропогенными объектами (люди, вездеходная техника, собаки, автомобили и т.п.), удобнее их расположить в определенном порядке, чтобы постоянно не искать тег нужного вида. Aardwolf не предусматривает конструктор полей тегов и организацию удобства их размещения. Также он не соблюдает последовательности по времени их создания, а располагает в алфавитном порядке, что в принципе достаточно неудобно. Горячих клавиш тегирования также не предусмотрено.

– При смене некоторых настроек приходится закрывать проект и открывать его снова, чтобы настройки вступили в силу.

– Программа не считывает такие метаданные 1-го типа, как фаза луны и температура, которые необходимы для специальных анализов. Разработчики отдельно отметили этот недостаток и допустили возможности внесения изменений в исходный код программы или использования дополнительных утилит.

– При большом количестве кадров в случае записывания метаданных в формат XMP тегирование замедляется, и скорость этого процесса сильно зависит от производительности мощности компьютера.

В целом программа Aardwolf является достаточно пригодной для работы с фотоловушками и может быть порекомендована исследователям, не имеющим дело с приборами Reconyx.

Camera Trap Manager (CTM)

Следующим ПО, призванным решить обозначенные в начале статьи проблемы, является свободная и открытая (FOSS) программа Camera Trap Manager (Zaragozı et al., 2015). Она была разработана на языке C# и платформе dotNET, с помощью которых создается большинство хорошо известных FOSS проектов, таких как NetTopologySuite или AForge.NET. Все они основаны на открытых стандартах и аналогичных проектах на многих других платформах (Java, C++, R и др.). В отличие от разработки прочих подобных средств в среде международного научного сообщества, она добавила две важные задачи: 1) ПО должно обеспечивать полную совместимость с ГИС, чтобы уметь обращаться с картографией, пространственными данными и проводить их анализ; 2) ПО должно быть пригодным для решения разнообразных задач и широкого круга использования.

Данное приложение было протестировано в реальном проекте: с 2009 года оно применялось в исследованиях по перемещению млекопитающих в национальном парке Сьерра-де-Мариола в Испании (Sierra de Mariola). Производительность СТМ оказалась очень высока: по данным авторов она позволяла обрабатывать больше тысячи изображений за час.

Ни одна из прочих рассматриваемых нами программ не имеет полноценной интеграции с ГИС и специальных возможностей для создания и компоновки отчетов.

Главной задачей СТМ среди прочего является автоматическое извлечение данных с сохранением времени. Приложение способно извлекать метаданные в формате EXIF, выполняя оптическое опознавание объекта (Optical Character Recognition, OCR) и рассчитывая несколько уравнений, основанных на доступной метаданной информации. Как уже было сказано, метаданные EXIF используются для регистрации параметров, связанных с условиями съемки (включая GPS координаты): освещенности, температуры и других данных сенсоров, записывающих свою информацию при каждом моменте съемки. Может случиться так, что на кадрах, полученных с некоторых старых или новых фо-

толовушек, часть сведений пропечатывается на самом изображении. Эти данные необязательно сохраняются в метаданных, но в отдельных случаях производители могут их туда включить. СТМ позволяет считывать такую информацию, используя Tesseract 3.0 (<https://github.com/tesseract-ocr>), мощную OCR библиотеку, способную анализировать цифровую и текстовую информацию, проставленную на снимке фотоловушки. С помощью OCR такая информация как давление, температура и наименование камеры может быть напрямую извлечена из многих изображений, где она не доступна в качестве метаданных. Наконец, новая информация может быть получена при дальнейшей обработке как метаданные. Например, зная только дату, когда была сделана фотография, можно высчитать фазу луны, что часто бывает необходимо в различных проектах (см. код на https://github.com/benizar/cameratrapmanager/blob/master/CameratrapManager_lib/Analysis/MoonPhaseCalculations). Более того, нам нужны только координаты GPS и дата/время съемки, чтобы определить, когда было сделано изображение: в дневное или ночное время суток. Такая возможность во многом упрощает исследование суточной активности видов (см. код https://github.com/benizar/cameratrapmanager/blob/master/CameratrapManager_lib/Analysis/SunriseSunsetCalculations).

При работе с СТМ оператор должен выполнить вручную всего два действия: 1) ввести данные о видовой принадлежности объекта; 2) посчитать количество особей каждого вида. Для этих задач используется набор инструментов в интерфейсе СТМ. В других проектах также часто необходимо вводить иную информацию: идентифицировать животное по названию, полу, возрасту и другим характеристикам. В СТМ пользовательский интерфейс упрощает этот процесс с помощью окружения Windows Forms, опции которого зависят от файла конфигурации проекта.

Установлено, что надежная интеграция с ГИС обеспечивается стандартами OGC (Open Geospatial Consortium), и это является ключевым моментом данного ПО. Таким образом, появляется возможность пространственных запросов (находить локации, расположенные близко к определенной инфраструктуре, проводить оценки плотности грида и т.п.). Интеграция геопространственных данных достигается использованием NetTopologySuite (<https://github.com/NetTopologySuite/NetTopologySuite>), кото-

рая позволяет разрабатывать мощные двухмерные пространственные алгоритмы, реализовывать стандартные модули геометрии, осуществлять возможности чтения/записи стандартных векторных форматов ГИС и различных инструментов геообработки (пересечение, разница, объединение, симметричная разница, буферизация, периметр, площадь и др.).

Каждый новый проект в СТМ основан на древовидной структуре БД. Текущие версии СТМ используют все тот же язык SQLite в качестве локального бинарного хранилища проекта, но любая прикрепленная БД может также быть использована. Проектная база данных структурирована по «станциям» (ячейкам грида), которые хранят «образцы» (изображения). Менеджер СТМ wizard организует БД по следующему пространственному критерию. Пользователь может задать любой шейп-файл (shp), определяющий какие-либо границы изучаемой территории (полигональный шейп). Когда территория установлена, справочный процесс помогает создать пространственный грид, который может быть использован для организации расположения фотоловушек, а также рассчитывает статистики самого грида и выдает отчеты. Хотя локации фотоловушек могут быть введены вручную, можно предположить более подходящий путь: загрузка файла GPX (GPS eXchange Format) или геотегируемые изображения, координаты которых напрямую загрузятся в БД. В нашем случае фотоловушки Bushnell позволяли вводить координаты локаций, которые потом прикреплялись к изображениям в виде метаданных второго типа.

Когда все изображения загружены, они связываются с соответствующей локацией (станцией камеры). На протяжении процесса загрузки СТМ проверяет, есть ли какие-либо геотегируемые изображения, и после этого все файлы сохраняются в проектной БД. Затем извлекается вся доступная метаинформация, и проводятся необходимые вычисления. Обычно, требуется порядка 30 секунд, чтобы загрузить сет из 100 фотографий среднего размера (от 1.5 до 2 мегабайт) на обычном ноутбуке с Windows 8. В зависимости от требований проекта процесс OCR может быть оптимизирован, а время загрузки – сокращено в 5 раз путем отмены процедур вычисления.

Когда процесс загрузки фотографий завершен, пользователь может просмотреть лист

всех загруженных кадров и определить вид и количество особей простым нажатием кнопки мышки. Пользователи смогут повысить продуктивность работы с помощью нескольких дополнительных инструментов (например, самодополняющийся и настраиваемый таксономический лист), а также использовать систему визуального тегирования.

Что касается возможностей представления данных, то СТМ может создавать различные типы отчетов в разных форматах (к примеру, ГИС, Excel, PDF), а также использует возможности Lambda Expressions для написания нужных статистик. На данный момент, эти статистики включают в себя совокупности подсчетов по площадям территории или видам, которые могут быть экспортированы как в БД ГИС, так и в виде таблиц и графиков в отчетах PDF.

Поскольку СТМ является свободной и бесплатной, она никак не ограничена в использовании. Ее исходный код доступен для копирования на платформе GitHub (<https://github.com/benizar/cameratrapmanager>). Есть возможность не только модифицировать и улучшать оригинальное ПО, но и создавать свои варианты, которые могут быть добавлены для построения специфических разработок.

Среди наиболее полезных автоматизаций, повышающих общую продуктивность программы, можно отметить способность без труда представлять пространственно агрегированные запросы и выводить результаты во множестве привычных форматов. На первом этапе СТМ выдает табличные листы, которые очень похожи на стандартные таблицы в Excel. В текущем релизе ГИС файлы содержат в себе два ESRI шейп-файла: файл точек представленных статистик со всех фотоловушек и файл полигона статистик грида. По словам авторов, эти возможности будут расширены в будущем, чтобы также поддерживать такие открытые ГИС форматы, как GML или GeoJSON. Наконец, есть опция, позволяющая создавать отчеты PDF с некоторыми метаданными проекта, таблицами данных и временными статистиками для лучшего понимания поведения животных, скомпонованных по видам или по ячейкам грида.

При работе с СТМ мы выделили как очевидные достоинства данного ПО, так и некоторые недостатки и упущения:

– Данный проект является FOSS, который протестирован авторами с тремя разными мо-

делями фотоловушек. Изначально он был ориентирован под конкретные нужды и имел ограниченные ресурсы, поэтому не мог учесть всех требований прочих проектов. Однако его программный код доступен для других разработчиков, которые могут устранить возникающие помехи и подстроить программу под свои исследовательские нужды.

– Интеграция с ГИС. Рассматриваемая программа, собственно говоря, не является как таковой ГИС, но поток ее данных основан на пространственной информации, а собираемые сведения могут быть легко исследованы на разных уровнях пространственной организации.

– Автоматическое извлечение метаданных изображений. СТМ способен извлекать много метаданных из EXIF, а также использует их для аналитических целей. Тем не менее, осталось еще несколько неразрешенных проблем, таких как анализ специфических метаданных разработчика фотоловушки или альтернативное использование некоторых других стандартов метаданных, например, XMP.

– Мультиплатформенная инсталляция. Авторы рассматривают свое ПО как настольную мультиплатформенную разработку и полагают, что его сегодняшние возможности могут быть очень скоро улучшены. В частности, вполне реально разработать мобильную версию СТМ для разных девайсов, также как и существенно улучшить его функционал для разных сред. Поскольку программный код СТМ написан на C#, наиболее вероятным будет его разработка в первую очередь для платформы Android.

– Совместная разработка. Один из самых серьезных вопросов, требующих решения, является разработка ПО для большого сообщества пользователей, призывая к совместному участию как можно больше исследователей. По мнению самих разработчиков, прогресс данной задачи заключается в достижении переноса СТМ на мобильные устройства и платформы.

В целом СТМ выглядит наиболее привлекательным средством работы с данными фотоловушек среди тех, которые мы разобрали, и может быть порекомендовано для большинства исследователей.

MapView Professional

Программное обеспечение MapView Professional разработано фирмой Reconyx специально для управления и хранения изо-

бражений с фотоловушек. Подробное руководство пользователя (MapView User Guide, 2010) можно скачать по ссылке: <http://images.reconyx.com/file/MapViewUserGuide.pdf>. ПО является свободным и поставляется на диске с каждой фотоловушкой данной фирмы, но его также можно бесплатно скачать с официального сайта (<http://www.reconyx.com/software/mapview>).

На сегодняшний день MapView является основной программой загрузки, хранения и обработки данных с фотоловушек в Центрально-Лесном заповеднике. Первоначально, в 2013 году, нами стала применяться во многом аналогичная BuckView Advanced, но ее функциональные возможности гораздо скромнее, и очень скоро мы от нее отказались, в первую очередь из-за отсутствия возможности экспорта данных в любой из табличных форматов, что, по сути, делает полноценный анализ невозможным.

Главной особенностью MapView является то, что эта программа разработана для работы с фотоловушками фирмы Reconyx. В этом же заключается и ее главный недостаток. Программа работает со всеми (или подавляющим большинством) моделями фотоловушек Reconyx, метаинформация которых записана в читаемом формате. Мы тестировали ее на моделях RapidFire RC60 и HyperFire HC600. При загрузке изображений, полученных с других фотоловушек (тестировались ScoutGuard, Bushnell и Boskop), данная программа их загружает, но не читает их метаданные. Во многом это делает данное ПО ограниченным для исследований с иными моделями фотоловушек. Тем не менее, если вы работаете исключительно с Reconyx, то MapView является прекрасным средством работы с данными.

Принцип ее работы похож на Aardwolf и DeskTEAM, поэтому подробно не рассматривается нами. Отметим лишь основные достоинства и недостатки, выявленные в процессе пользования.

Основные достоинства MapView:

– Поскольку это специализированное ПО для работы с фотоловушками, оно имеет удобный и функциональный интерфейс, где имеются достаточные возможности для просмотра фотографий.

– Имеется интеграция с ГИС. Однако данная интеграция не может считаться полноформатной, потому что использует лишь платфор-

му Google Maps и доступна в режиме Online. Экспорт в ГИС-форматы (к примеру, шейп-файлы) здесь не предусмотрен. В режиме Offline есть возможность загрузки своей карты, но только лишь в качестве картинки, без пространственной информации на ней.

– При загрузке всех фотографий программа автоматически переименовывает их и помещает в свой каталог, где они хранятся вместе с БД атрибутивной информации. Таким образом, нет необходимости переименовывать файлы с помощью сторонних утилит. Это актуально, потому что фотоловушки Reconyx помещают все отснятые фотографии в папку на карте памяти и обнуляют счетчик их нумерации при каждом отключении/извлечении карты из устройства. Таким образом, за одну рабочую сессию с одной камеры может получиться много разных изображений с одинаковыми именами.

– Достаточно удобная и гибкая система тегирования, которую настраивает сам пользователь под свои нужды. Каждая создаваемая категория тегов может быть одной из шести типов. Все метаданные 2-го типа полностью извлекаются самой программой. Все данные экспортируются в формате CSV.

– Разработанная система запросов позволяет проводить сортировку и выборку изображений по различным критериям двух уровней (базовый и продвинутый). Продвинутый уровень позволяет подробно прописывать свою систему запросов в виде простых выражений. Помимо этого, доступен поиск по ключевым словам (тегам или комментариям).

– Небольшие, но удобные возможности, как, например, определение свободного места на карте памяти, возможность показа слайд-шоу с установленным шагом и скоростью при просмотре изображений, создание видеофайлов в формате AVI (Audio Video Interleave) из серии фотографий. Особо хотим отметить функцию «MultiViewer» (Side by side), которая позволяет одновременно просматривать от двух до четырех изображений рядом друг с другом, что очень удобно при сравнении разных кадров между собой.

– Поскольку MapView является лицензионным средством, на нее распространяется гарантийное обслуживание, как и на саму фотоловушку, согласно программе гарантийного обслуживания фирмы Reconyx. Любые неисправности и вопросы могут быть решены службой технической поддержки.

Основные недостатки MapView:

– Как и у многих других, отсутствуют возможности графической редакции изображений (изменение яркости, контрастности, обрезка и т.п.).

– Программа при загрузке не объединяет кадры в серии (как это делает Aardwolf или Camera Base), что увеличивает время тегирования большого числа изображений с одной регистрации (того же стада кабанов).

– Возможности работы с ГИС доступны только в online режиме. В режиме offline программа не позволяет перемещать локацию на карте и даже менять их маркеры. Не поддерживается экспорт в шейп-файлы и прочие форматы ГИС.

– Ограничены возможности редактирования порядка и расположения тегов, что делает процесс неудобным при большом количестве аннотаций.

– Ограниченная поддержка изображений с фотоловушек других фирм.

Метаинформация в MapView хранится в отдельной БД в формате XMP, поэтому возможна потеря связи между индексами самой базы данных и файлами изображений, о чем мы уже говорили в начале статьи. Так, при переносе по отдельности всех фотографий и БД на другой компьютер и запуске их в MapView программа часто не видела связи между файлами и БД или

видела ее лишь частично (к примеру, отображала количество кадров с тегом «медведь», но не показывала их или показывала с неполной информацией). В таких случаях необходимо тщательно проверять пути размещения файлов и их соответствие с директорией, указанной в самой программе. Все папки желательно называть на латинице, а в путях к ним заменять пробелы на нижние подчеркивания. Это минимизирует вероятность возникновения ошибок, но не гарантирует их полное исчезновение.

Резюмируя, можно сказать, что те исследователи, которые работают с фотоловушками Reconyx, могут смело выбирать MapView, поскольку она позволяет проводить работу с данными на достаточно высоком уровне, извлекая максимум сведений из метаданных. Упрощается работа по переименованию, считыванию и извлечению информации из метафайлов, отчасти по пространственной организации (рис. 4). При наличии подключения к сети Интернет появляется возможность интеграции с ГИС, поэтому мы советуем использовать MapView именно в online-режиме. Кроме того, существует утилита Graph Pack, позволяющая строить графики зависимости активности животных от времен суток, года, температуры и фазы луны, а также выдавать по ним отчеты.

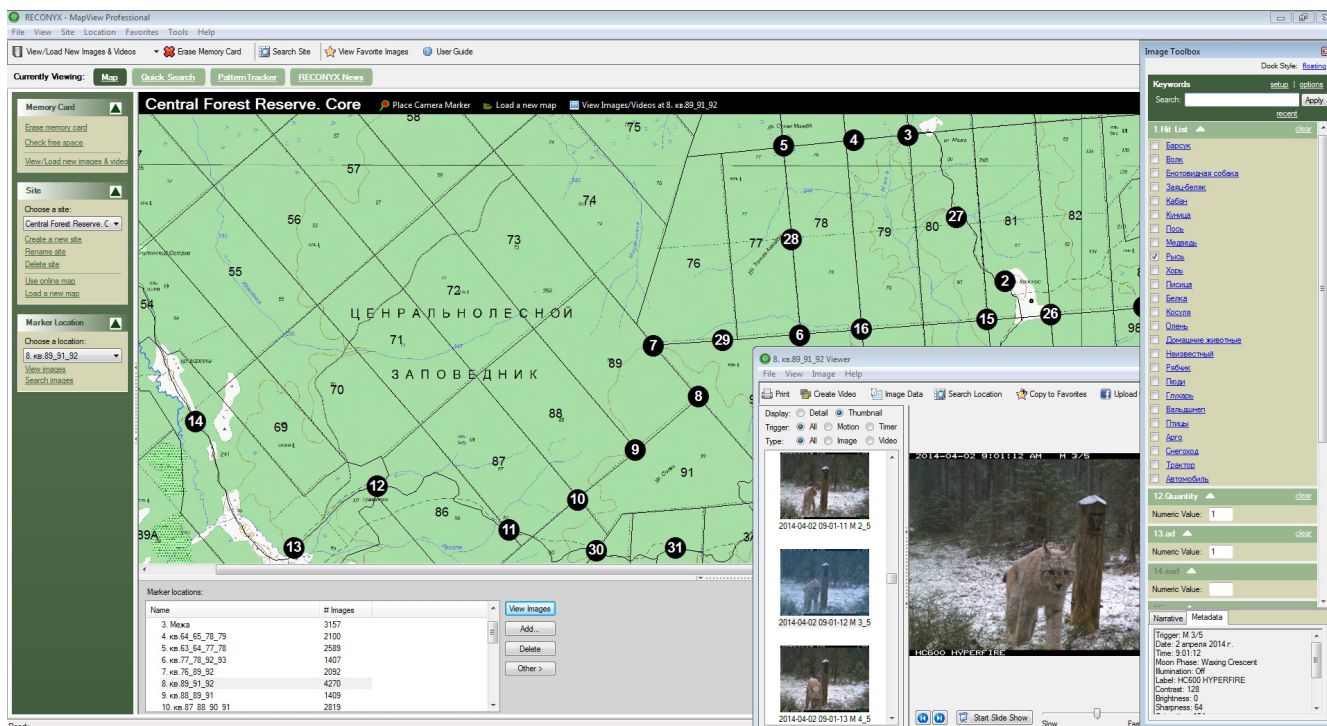


Рис. 4. Интерфейс программы MapView Professional. По центру – карта локаций; справа – окно просмотра и тегирования изображений, группы тегов и метаданные.

Fig. 4. MapView Professional interface. Centre – map of locations; right – window of preview and tagging of images, tag groups and metadata.

Для задач наших исследований подобных возможностей вполне хватало. Мы использовали MapView только на этапах сортировки, обработки и тегирования изображений, получая на выходе табличный файл CSV. Статистический анализ проводился в дальнейшем на основе этого файла путем экспорта его в пакеты специализированных программ Statistica (StatSoft Inc.) и SPSS (IBM Corp.). Пространственный анализ данных осуществлялся в среде ArcGIS (Esri Inc.), путем создания слоя пространственного размещения локаций и при необходимости геотегирования файлов изображений.

Программа BuckView Advanced по своему интерфейсу и структуре работы идентична MapView, но, как уже было сказано, имеет низкие функциональные возможности по сравнению с последней. Изначально она создавалась для сферы охотничьего хозяйства, поэтому мало подходит для исследовательских целей и задач, которые актуальны на ООПТ. По этой причине мы не рассматриваем ее подробно и не рекомендуем для использования в научно-исследовательской работе.

Camera Base

Теперь рассмотрим основные принципы работы Camera Base на примере версии 1.7 (Tobler, 2015). Скачать программу и руководство можно по ссылке <http://www.atrium-biodiversity.org/tools/camerabase/>. По большому счету, Camera Base – это программа, призванная помочь биологам управлять полноценными данными множества исследований с фотоловушками. Она предоставляет инструменты для разнообразных типов анализа данных. Camera Base основана на среде Microsoft Access и поэтому требует инсталляции MS Access для правильной работы. Весь код был написан на языке Visual Basic for Application (VBA) и доступен через базы данных. Вы можете смело вносить свои модификации в БД, обеспечивающие именно ваши требования.

Интерфейс Camera Base представляет собой типичную форму таблиц и запросов среды Access, которая может быть видоизменена и настроена по запросам пользователя. Оператору предлагается заполнить максимально подробные сведения о месте проведения исследований, цели и задачах проекта. Здесь может быть введена информация об ООПТ, датах начала и конца исследования, общем ко-

личестве фотоловушко/суток, географическом расположении и временной зоне. Данная информация является очень важной, поскольку потом позволяет производить дополнительные вычисления (строить графики активности видов, проводить автоматический расчет показателей индексов обилия и т.п.). Далее оператор вводит максимально подробные данные о локациях, где расположены фотоловушки (название, координаты, высота над ур. м., биотоп, модель камеры, комментарии). Здесь стоит отметить, что Camera Base, как и некоторые другие программы, ориентирована, в первую очередь, на работу с видами, имеющими индивидуальный паттерн окраски. Как правило, в исследованиях по таким видам применяются две фотоловушки на одной локации, чтобы запечатлеть обе стороны тела животного. Акцент на подобных работах прослеживается на всех этапах работы Camera Base. Так, для каждой локации есть возможность указать 2 фотоловушки, а при просмотре снимков – указывать, какая сторона тела животного (левая или правая) отмечена на фотографии. В дальнейшем эта информация используется при анализе с повторным отловом (Capture-Recapture) и в модуле идентификации.

После того, как вся подготовительная информация введена, можно осуществлять загрузку фотографий. Несомненным достоинством, часто не реализованным у других программ, может считаться инструмент «Batch Import», позволяющий загружать сразу много фотографий. Суть данной процедуры в том, что, установив определенный временной интервал, можно автоматически распределить все снимки по сериям. При тегировании таких снимков в дальнейшем достаточно прописать теги для первого, все остальные снимки, определенные с ним в серию, автоматически унаследуют все его теги (примерно так же, как у Aardwolf). Временной интервал зависит от настроек самой фотоловушки (показатель «trigger»). К примеру, если камера настроена на съемку 5 кадров на каждое движение, а интервал между кадрами составляет от 1 до 3 с, то в настройках необходимо задать время 4 с. Тогда все кадры, временной интервал между которыми будет меньше 4 с, будут определяться как одна серия.

Полезной возможностью является модуль «Camera Days», позволяющий прописывать время, когда фотоловушка была ак-

тивна. В наших исследованиях иногда случалось так, что устройства не работали по разным причинам в определенный период времени. Чтобы вычислить активное время работы устройства, нам приходилось рассчитывать его в Excel. **Camera Base** позволяет вводить такую информацию в единой форме, которая потом используется программой для расчетов основных показателей, а также экспортируется в модули анализов распространения (в формате программы RMark) и плотности особей.

Раздел отчетов позволяет выводить отчеты следующих типов: общая информация об исследовании, статистики видов (регистрации, количество кадров, количество локаций, частота встречаемости на 1000 фотоловушко/суток), индивидуально распознанные особи для каждого вида, статистики и графики активности (они рассчитываются на основе времени восхода и захода солнца, а также дат, используя координаты, которые вводятся в самом начале).

Раздел запросов выводит всю информацию в виде табличных листов, что позволяет переносить все данные как в Excel, так и в программы статистической обработки. Есть возможность осуществлять несколько базовых запросов: информация обо всех видах в про-

екте (виды, число регистраций, частота встречаемости, локации), использование биотопов (число регистраций для каждого вида в каждом биотопе), половая структура, суточная активность (активность по часам и активность в темное/светлое время суток), пространственная информация для экспорта в ГИС и построения карт распределения (рис. 5).

Camera Base представляет обширные возможности экспорта данных в правильных форматах для анализа в различных других программах, таких как **Mark**, **Presence** и **EstimateS**. Также она имеет полноценный модуль для идентификации индивидуальностей и проведения анализа с повторным отловом. Идентификация осуществляется путем попарного сравнения фотографий между собой и присвоения каждой своего уникального номера (принцип работы тот же, что и у **Wild-ID**). Затем можно подготовить выходной файл для работы в программе **CAPTURE** или напрямую запустить анализ непосредственно в **CAPTURE**. Помимо этого, для видов, у которых были распознаны индивидуальные особи, можно рассчитать показатель **MMDM** (Mean Maximum Distance Moved), на основе которого проводятся анализы расчета численности и плотности особей.

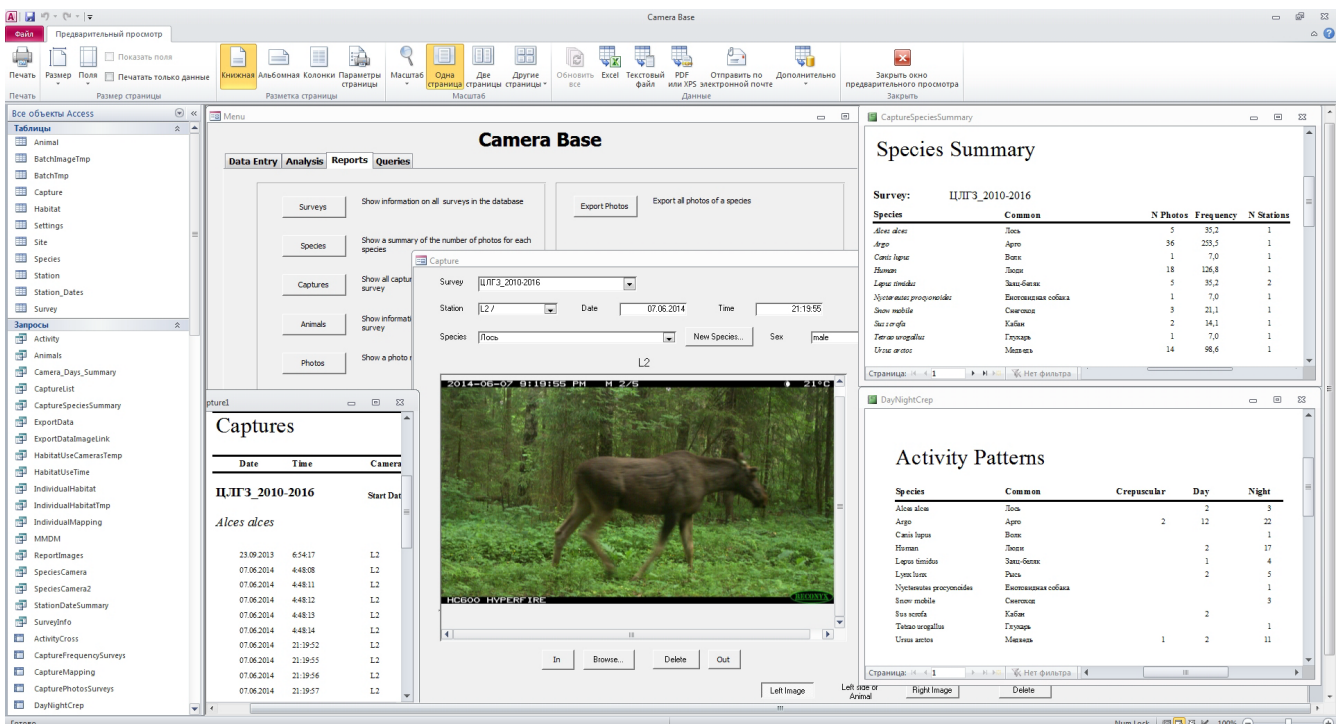


Рис. 5. Интерфейс программы Camera Base. Слева – список доступных форм; по центру – окно импорта изображения; справа – варианты отчетов.

Fig. 5. Camera Base interface. Left – list of available forms; centre – window of image import; right – reports variants.

Несмотря на большие возможности Camera Base, которые дает ей Microsoft Access, он же является и ее слабым местом. Интерфейс Access не создан для работы с фотографиями как просмотрщик и фотоменеджер, поэтому неудобства при обработке изображений неизбежны. Этого лишены многие другие ПО, разработанные специально под фотоловушки, которые были описаны нами выше. Кроме того, пользователю очень желательно знать хотя бы основы работы с СУБД и языка VBA, чтобы суметь подстроить Camera Base под свои нужды. Даже в этом случае программа не лишена багов и ошибок, которые возникают во время работы и которые не всегда удается устранить. Особенно часто они случаются при загрузке большого количества файлов в БД, что еще раз говорит о непригодности Access для работы с большим количеством изображений. В руководстве разработчик сам оговаривает этот момент. К примеру, чтобы программа построила нормальный отчет по конкретному виду, количество фотографий должно быть не больше 50, что в наших исследованиях практически никогда не бывало. Access требует больших объемов оперативной памяти для работы со многими изображениями, поэтому быстрота и исполнительность процесса также зависят от характеристик конкретного компьютера.

Программа успешно извлекает метаданные даты и времени из файлов Reconux при внесении соответствующих поправок в системный реестр. В наших исследованиях это облегчало работу, поскольку снимало необходимость применять дополнительные утилиты для извлечения данных (ExifTools и т.п.).

Camera Base – это хорошо известная программа, которая имеет мощный функционал для обработки и анализа данных. Несмотря на то, что Camera Base является программой с открытым кодом, она до сих пор принуждает пользователя работать в собственных БД, которые не имеют своей пространственной организации (формат mdb), с ограничениями в возможностях хранения и управления информацией.

Не так давно ряд исследователей (Barrueto et al., 2013) предположили, что лучшей альтернативой для проектов с ограниченным бюджетом будут являться собственные разработанные формы на базе Microsoft Access (похожие на Camera Base). Через такие формы исследователи биоразнообразия уже обработали более 300000 снимков из национальных парков Канады. Тем не менее, этот вариант ограничен тем,

что использует простые связанные БД. Изображения в этом случае не хранят данные о географической привязке, что ставит под угрозу выполнение некоторых важных действий (создание шейп-файлов, картография, статистики по расположению и т.п.).

В целом Camera Base представляет собой достаточно удобную и многофункциональную платформу для работы с данными фотоловушек. Среди рассматриваемых программ, функциональные возможности Camera Base определены нами как наивысшие. Мы видим два основных недостатка в данном подходе: отсутствие прямой интеграции с ГИС-средой (учитывая богатые возможности анализа) и полная зависимость от среды Microsoft Access. Тем не менее, только эта программа позволяет проводить действительно полноценный и многосторонний анализ данных, а также комплексное создание отчетов. В первую очередь, она может быть рекомендована опытным пользователям Access и VBA, которые способны настроить ее под свои нужды.

Desk TEAM

Последней программой, которая здесь будет рассмотрена нами, является DeskTEAM (Fegraus et al., 2011). Данное ПО создано в рамках глобального проекта экологического мониторинга и оценки состояния тропических экосистем TEAM network (Tropical Ecology Assessment and Monitoring Network). Этот проект имеет связи во многих структурах по всему миру, поэтому у него были возможности сконструировать собственное ПО под свои нужды. Программа DeskTEAM разработана в рамках создания киберструктуры проекта, которой занимался Суперкомпьютерный Центр в Сан-Диего (США). Все работы с фотоловушками осуществляются в рамках достаточно строго установленной схемы организации, сбора и анализа данных – протокола наземных позвоночных (Terrestrial Vertebrate Protocol). Методическая часть этого протокола подробно описана и рекомендуется нами для тщательного ознакомления (TEAM Network, 2011; Fegraus et al., 2011). DeskTEAM является лишь одним из этапов сложной структурной схемы работы с данными в проекте и призвана, в первую очередь, обеспечить сбор и обработку изображений со всех локаций. После загрузки фотографий и их тегирования они передаются в главное хранилище TEAM либо через Интернет, либо через физические носители (CD, DVD, USB). При разработке данного ПО оно было тщательно протестировано.

стировано множеством пользователей как среди участников проекта, так и за его пределами, поэтому может считаться достаточно продуманным и комплексным. Несмотря на то, что этот проект заслуживает внимания за его технические достижения, сами авторы утверждают, что DeskTEAM не предназначена для широкого использования в других исследованиях.

Создатели уверяют, что установка этого ПО предельно проста и не требует особых вмешательств (Fegaus et al., 2011). В то же время на официальном сайте организации сказано, что программа работает только на базе JDK (Java Development Kit) не ниже 6 версии и к тому же требует дополнительных манипуляций с системными файлами ОС. Кроме того, чтобы скачать саму программу и необходимый для нее файл конфигурации, нужно зарегистрироваться в системе TEAM (<http://www.teamnetwork.org/>). Несмотря на то, что нам не встретилось каких-либо ограничений на использование программы, очевидно, что она создавалась исключительно для проекта TEAM Network и предназначена для сбора данных в их центральный офис.

Функциональные возможности DeskTEAM ограничены узкой специализацией данного ПО. Оно позволяет только определять видовую принадлежность животного, количество особей и указывать имя пользователя. Создатели посчитали, что этого будет вполне достаточно для работы «местных» исполнителей, что с одной стороны снижает вероятность ошибок и расширяет потенциальный круг пользователей внутри самого проекта, но с другой – делает саму программу крайне неудобной для работы вне TEAM. Кроме того, отмечается, что текущая версия поддерживает только те фотоловушки, что входят в проект TEAM Network. Вместе с тем, сам процесс загрузки, просмотра и тегирования достаточно удобен, а сама DeskTEAM имеет понятный и дружелюбный интерфейс. Предусмотрены возможности «группировщиков» изображений, уже рассмотренных нами у других программ, имеются широкие возможности описания проекта и локаций (название, цели и задачи, участники, биотопы, географические координаты локаций, время начала и окончания рабочих сессий и т.п.), доступно создание отчетов о неисправностях и сбоях в работе фотоловушек. Все обработанные фотографии автоматически помещаются во внутреннюю БД, которая при экспорте формирует зашифрованный ZIP файл (пакет или «package»). Он состоит из трех основных частей: набора фо-

тографий, связанных с ними метаданных в формате XML (включая все теги) и итогового файла-манифеста, где содержится общая информация о статусе экспортируемого пакета. Шифровка файла определяется самими авторами так, что данный «пакет» не может быть открыт в других приложениях и изменен вручную, что, по мнению создателей, обеспечивает честность и добросовестность при сборе и обработке данных.

В DeskTEAM не предусмотрены какие-либо возможности для анализа, создания разнообразных настраиваемых отчетов, дополнительных форм ввода тега и т.п. Весь инструментарий строго регламентирован файлом конфигурации, который скачивается с сайта, а возможности ограничиваются только минимальным описанием животных на изображениях. Подразумевается, что дальнейший анализ таких фотографий осуществляется специалистами в главном офисе TEAM, куда поступают «пакеты» со всех рабочих точек проекта, и выполняется он в совершенно иных программах.

К счастью, разработчики планируют создать новое ПО на основе DeskTEAM, которое могло бы использоваться, в том числе, и сторонними проектами. Такое ПО предполагают сделать универсальным, с собственным аналитическим модулем и возможностью экспорта данных в различные распространенные форматы. В качестве первого шага, позволяющего вносить изменения другим разработчикам, в сети был опубликован исходный код (<http://code.google.com/p/deskteam/>). Задумка авторов действительно актуальна и хороша, но ее реализация нам пока еще нигде не встретилась.

Таким образом, несмотря на всю заманчивость, методическую проработанность и подробность проекта, само ПО не может считаться полноценным и самостоятельным при работе вне TEAM, и поэтому не может быть рекомендовано нами для российских ООПТ.

Выводы

Учитывая все вышеописанные решения, мы можем резюмировать, что полноценное ПО для работы с фотоловушками должно иметь следующее:

– Интуитивно-понятный инструментарий тегирования и запросов, реализованный на настольном программном приложении.

– Способность извлекать метаданные в стандартном формате EXIF, а также данные производителя фотоловушек.

– Доступность и открытость (FOSS) для обеспечения совместных разработок и доступных цен исследований с фотоловушками.

– Возможность совместной работы в облачной среде (с соединением Интернет или возможностью синхронизации).

Представляем следующие размышления о настоящих и будущих разработках, которые предлагались не так давно зарубежными коллегами (Zaragozı et al., 2015). По их мнению, новые проекты должны учитывать следующее:

– Правильную интеграцию с ГИС. Многие проекты по фотоловушкам нуждаются в системах управления пространственной информацией изображений, построения полноценных моделей распределения видов по территории, создания отчетов в программах сохранения и управления биоразнообразием (Rovero, 2013).

– Рационально базироваться на крупных проверенных проектах и платформах. Подчеркиваем, что многие хорошо известные коллективы привлекают сообщество разработчиков для совместной работы, особенно над совершенствованием самого проекта.

– Рационально переводить такой тип ПО в окружение мобильных приложений. Разработка подобных приложений для смартфонов или планшетов, с одной стороны, будет иметь ряд практических преимуществ, но с другой – может вызвать трудности, связанные с высокими требованиями к техническим характеристикам устройства для его полноценной работы (Teacher et al., 2013).

Выдвижение таких условий кажется сегодня несколько преувеличенным для российских реалий. По большому счету, программа для работы с данными фотоловушек должна преследовать

лишь три основные задачи: максимальное извлечение всей имеющейся метаинформации из изображений, наиболее быстрое и удобное тегирование изображений, экспорт всех имеющихся данных в максимально возможное число форматов. Аналитические возможности и интеграция с ГИС не являются жизненно необходимыми и заменяются другими специализированными программами этих областей. Кроме того, наивно полагать, что, преследуя цели глубокого и всестороннего статистического или геопространственного анализа данных, исследователь будет удовлетворен возможностями ПО, предназначенного для работы с изображениями с фотоловушек. Необходимо понимать, что такая специализированная программа должна обеспечивать лишь удобство хранения, просмотра и обработки данных, а все остальное может быть рассмотрено как дополнительные, но не обязательные возможности. В то же время, для начинающих проектов с ограниченным бюджетом наличие возможностей поверхностного анализа данных и создания отчетов может быть действительно необходимым и значимым.

Большинство рассмотренных нами программ является в той или иной степени подходящим для исследователей, работающих на ООПТ. Некоторые принципы их работы схожи, другие, напротив, в корне отличны. Сравнительная характеристика по основным параметрам, условно выделенным нами, показывает их общие возможности (табл.). Целью обзора не был поиск наилучшего решения, ведь каждый коллектив подбирает именно то, что удобно ему. Мы же постарались максимально подробно осветить те решения, которые на сегодняшний день используются в данной области, а также дать практические рекомендации по работе с ними, исходя из личного опыта.

Таблица. Сравнение характеристик работы и возможностей рассмотренных программ
Table. Comparison of work characteristics and abilities of observed software

Программа	Поддержка	Уровень интерфейса	Возможности анализа данных	Интеграция с ГИС	Формат экспорта	Удобство тегирования
PhotoSpread	все модели камер	низкий	низкие	нет	csv	среднее
Aardwolf	все модели камер	средний	низкие	низкая, только геопривязка локаций	csv	среднее
Camera Trap Manager	все модели камер	высокий	высокие	высокая, полная интеграция	csv, shp, и др.	высокое
MapView Professional	преимущество Resonux	высокий	низкие	низкая, только Google maps	csv	высокое
Camera Base	все модели камер	низкий, на БД MS Access	высокие	средняя, только экспорт в shp	csv, shp, и др.	среднее
DeskTEAM	только TEAM	высокий	низкие	нет	нет	высокое, с ограничениями

Стоит добавить, что в своем обзоре мы не смогли осветить все разнообразие программ по данной теме. Остались не рассмотренными многие другие альтернативные решения, так же достойные ознакомления (Snoopy, CamtrapR, SpeedyMouse, ExifPro, Picasa и др.). Вот ссылки, по которым можно скачать некоторые: Snoopy – <http://www.tulsasoft.com/snoopy/>; CamtrapR – <https://cran.r-project.org/web/packages/camtrapR/index.html>. Надеемся, что российское научное и природоохранное сообщества активно подключатся к обсуждению методических вопросов, связанных с фотоловушками, и в скором времени используемый инструментарий программных средств существенно расширится.

В заключении мы хотим сказать, что по нашему мнению ни одна вышеописанная программа не является полностью подходящей под специфику работы отечественных проектов с фотоловушками. При всем сочетании достоинств всегда находится ряд недостатков, которые, так или иначе, оказывают негативный эффект на работу проекта или не позволяют полностью реализовать его возможности. Исходя из этого, хочется выразить вполне обоснованную надежду, что в скором времени появится отечественное ПО, максимально удовлетворяющее потребности именно наших пользователей.

Благодарности

Авторы выражают благодарность рецензентам за конструктивные замечания, позволившие существенно улучшить настоящую публикацию. Отдельная благодарность выражается Котлову И.П. («ERM Eurasia») за помощь с переводом текста на английский язык.

Литература

Бриллиантова А.М., Литвинова Е.М., Эрнандес Бланко Х.А. 2016. Взаимоотношения волка и его жертв: что можно подглядеть при помощи фотоловушек // Териофауна России и сопредельных территорий. Международное совещание. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 59.

Виткалова А.В., Сторожук В.Б., Матюхина Д.С., Салманова Е.И. 2015. Мониторинг популяции дальневосточного леопарда при помощи автоматических фотокамер // Современные технологии в деятельности ООПТ: ГИС, ДЗЗ. Сб. науч. статей. Минск: А.Н. Варахсин. С. 44–45.

Волкова Е.В., Волков А.Е. 2015. Опыт использования фотоловушек при изучении крупных наземных млекопитающих национального парка «Онежское Поморье» // Увидеть и сохранить. Экологическое просвещение и познавательный туризм на ООПТ. Сб. статей. Москва. ЭкоЦентр «Заповедники». С. 49–53.

Гармс О.Я. 2015. Некоторые замечания о поведении копытных на солонцах в Тигирекском заповеднике // Труды Тигирекского заповедника. Вып. 7. Барнаул. С. 74–76.

Есипов А.В., Головцов Д.Е., Быкова Е.А. 2015. Материалы к фауне млекопитающих и птиц западной части Чаткальского хребта по данным фотоловушек // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. Т. 1. № 1(1). С. 141–150.

Желтухин А.С., Пузаченко Ю.Г., Волков В.П., Котлов И.П., Желтухин С.А. 2011. Использование фотоловушек **Reconux для мониторинга популяций крупных млекопитающих** в Центрально-Лесном заповеднике // Дистанционные методы исследования в зоологии. Мат. научной конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 34.

Желтухин А.С., Желтухин С.А. 2014. О суточной активности крупных млекопитающих по данным регистрации фотоловушек «Reconux» // Современные тенденции развития особо охраняемых природных территорий. Мат. научно-практ. конференции, посвященной 20-летию заповедника «Полистовский». Великие Луки. С. 59–64.

Желтухин А.С., Огурцов С.С., Пузаченко Ю.Г., Волков В.П. 2016. Возможности использования фотоловушек в стационарных исследованиях на территории заповедников // Стационарные экологические исследования: опыт, цели, методология, проблемы организации: Мат. Всерос. совещ. ЦЛГПБЗ. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 49–53.

Карнаухов А.С., Поярков А.Д., Александров Д.Ю., Ванисова Е.А., Эрнандес-Бланко Х.А., Чистополова М.Д., Рожнов В.В. 2011. Использование фотоловушек при изучении видового состава млекопитающих юго-западной Тувы // Дистанционные методы исследования в зоологии. Мат. научной конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 31.

Колчин С.А., Ткаченко К.Н. 2011. Применение фотоловушек в изучении крупных хищных млекопитающих юга Дальнего Востока // Дистанционные методы исследования в зоологии. Мат. научной конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 33.

Костыря А.В., Белозёр А.А., Микелл Д., Арамилев В.В., Котляр А.К. 2003. Применение фотоловушек для учета амурского тигра // Териофауна России и сопредельных территорий (VII съезд Териологического общества): Мат. междунар. сов. Москва. С. 176–177.

Маслов М.В. 2011. Динамика численности изюбря (*Cervus elaphus* (L.)) и пятнистого оленя (*Cervus nippon* (Temm.)) на территории Уссурийского заповедника // Труды Мордовского государственного природного заповедника. Вып. 9. С. 91–98.

Маслов М.В., Рожнов В.В. 2011. Оценка морфологических и размерных показателей при идентификации особей пятнистого оленя (*Cervus nippon*) с помощью фотоловушек // Дистанционные методы исследования в зоологии. Мат. научной конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 49.

Найденко С.В., Маслов М.В., Эрнандес-Бланко Х.А., Лукаревский В.С., Сорокин П.А., Литвинов М.Н., Котляр А.К., Рожнов В.В. 2011. Использование фотоловушек для оценки численности копытных // Дис-

- танционные методы исследования в зоологии. Мат. научной конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 61.
- Огурцов С.С. 2012. Использование фотоловушек как инструмента для наблюдения за поведением бурого медведя (*Ursus arctos* L.) // **V Всероссийская конференция по поведению животных**. Сб. тезисов. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 135.
- Огурцов С.С., Желтухин А.С. 2017. Применение фотоловушек в изучении популяционной группировки бурого медведя (*Ursus arctos* L.) в **Центрально-Лесном заповеднике** // Зоологический журнал. Т. 96 (3) (В печати).
- Погодин Н.Л., Марков Н.И. 2013. Анализ структуры населения лося по данным учета фотоловушками // Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство. Мат. 5-й междунар. научно-практ. конференции. Москва. С. 315–317.
- Покровская Л.В., Жаков В.В., Покровский И.Г. 2016. Использование маркировочных деревьев и фотоловушек для оценки относительной численности бурого медведя // Териофауна России и сопредельных территорий. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 334.
- Полковникова О.Н., Полковников И.Л. 2015. Применение цифровых фотоловушек для мониторинга амурских тигров на территории заповедника «Бастак» // Территориальные исследования: цели, результаты и перспективы. Тезисы VIII Всерос. школы-семинара молодых ученых, аспирантов и студентов. Биробиджан: Изд-во ИКАРП ДВО РАН. С. 79–81.
- Пчелкин А.В., Пчелкина Т.А. 2015. Методические аспекты использования камер слежения для исследования сезонной миграции сибирской косули (*Capreolus pygargus* Pall.) в **Норском заповеднике** // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 26 (1). С. 145–159.
- Рожнов В.В., Найденко С.В., Эрнандес-Бланко Х.А., Лукаревский В.С., Сорокин П.А., Маслов М.В., Литвинов М.Н., Котляр А.К. 2012. Сезонные изменения кормовой базы Амурского тигра: опыт применения матрицы фотоловушек // Зоологический журнал. Т. 91 (6). С. 643–647.
- Рыбин А.Н., Скорделов А.С., Костыря А.В., Микелл Д.Г., Арамилев В.В. 2005. Отчет о проведении учета дальневосточного леопарда с применением фотоловушек на юго-западе Приморского края, зима 2005. Владивосток. 23 с.
- Сидорчук Н.В., Волченко А.Е., Рожнов В.В. 2007. Опыт использования фотоловушек при изучении поведенческой экологии барсука *Meles meles* // Териофауна России и сопредельных территорий (VIII съезд Териологического общества). Мат. междунар. совещания. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 455.
- Сидорчук Н.В., Рожнов В.В. 2009. Использование поселений европейским барсуком *Meles meles* в Дарвинском заповеднике // Поведение и поведенческая экология млекопитающих. Мат. научно-практ. конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 30.
- Сидорчук Н.В., Рожнов В.В. 2010. Применение фотоловушек при изучении суточной активности европейского барсука *Meles meles* на поселениях // Актуальные проблемы экологии и эволюции в исследованиях молодых ученых: Мат. конференции молодых сотр. и аспирантов Ин-та проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова. Москва. С. 313–317.
- Симакин Л.В. 2016. Дистанционный мониторинг крупных млекопитающих в Печоро-Ильчском заповеднике // Териофауна России и сопредельных территорий. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 392.
- Соловьев В.А. 2011. Использование фотоловушек для мониторинга охотничьих ресурсов // Дистанционные методы исследования в зоологии. Мат. научной конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 90.
- Сутырина С.В., Райли М.Д., Гудрич Д.М., Серёдкин И.В., Микелл Д.Г. 2013. Оценка популяции амурского тигра с помощью фотоловушек. Владивосток: Дальнаука. 156 с.
- Сутырина С.В., Райли М.Д., Гудрич Д.М., Серёдкин И.В., Микелл Д.Г. 2011. Мониторинг группировки тигра южной части Сихотэ-Алинского заповедника с помощью фотоловушек // Дистанционные методы исследования в зоологии. Мат. научной конференции. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 92.
- Сухоруков Е.Г. 2015. Опыт обработки данных фотоловушек в Тигирекском заповеднике // Труды Тигирекского заповедника. Вып. 7. Барнаул. С. 77–79.
- Шакула Г.В., Шакула В.Ф., Баскакова С.В. 2016. Опыт использования фотоловушек для стационарных исследований животных // Стационарные экологические исследования: опыт, цели, методология, проблемы организации: Мат. Всерос. совещ. ЦЛГПБЗ. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 199–203.
- Эпова Л.А., Бабина С.Г. 2015. Опыт использования фотоловушек для мониторинга популяций крупных млекопитающих в заповеднике «Кузнецкий Ала-тау» // Труды Тигирекского заповедника. Вып. 7. Барнаул. С. 270–275.
- Эрнандес-Бланко Х.А., Лукаревский В.С., Найденко С.В., Сорокин П.А., Литвинов М.Н., Чистополова М.Д., Котляр А.К., Рожнов В.В. 2010. Опыт применения цифровых фотоловушек для идентификации амурских тигров, оценки их активности и использования основных маршрутов перемещений животными // Амурский тигр в Северо-Восточной Азии: проблемы сохранения в XXI веке. Мат. научно-практ. конференции Владивосток: Дальнаука. С. 100–102.
- Barrueto M., Cleverger A.P., Dorsey B., Ford A.T. 2013. A better solution for photo-classification, automatic storage and data input of camera data from wildlife crossing structures // International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2013). Arizona, Scottsdale: No. Icoet. P. 1–11.
- Bolger D.T., Morrison T.A., Vance B., Lee D., Farid H. 2012. A computer-assisted system for photographic mark-recapture analysis // Methods in Ecology and Evolution. Vol. 3. P. 813–822.
- Fegraus E.H., Lin K., Ahumada J.A., Baru C., Chandra S., Youn C. 2011. Data acquisition and management software for camera trap data: a case study from the TEAM Network // Ecological Informatics. Vol. 6. P. 345–353.
- Harris G., Thompson R., Childs J.L., Sanderson J.G. 2010. Automatic storage and analysis of camera trap data // Bulletin of the Ecological Society of America. Vol. 91. P. 352–360.

- Jennelle C.S., Samuel M.D., Nolden C.A., Berkley E.A. 2009. Deer carcass decomposition and potential scavenger exposure to chronic wasting disease // *The Journal of Wildlife Management*. Vol. 73. P. 655–662.
- Kandel S., Abelson E.S., Garcia-Molina H., Paepcke A., Theobald M.M. 2008. PhotoSpread: a spreadsheet for managing photos // *Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York. P. 1749–1758.
- Karanth K.U., Nichols J.D. 1998. Estimation of Tiger Densities in India Using Photographic Captures and Recaptures // *Ecology*. Vol. 79 (8). P. 2852–2862.
- Kelly V.J. 2008. Design, evaluate, refine: camera trap studies for elusive species // *Animal Conservation*. Vol. 11 (3). P. 182–184.
- Krishnappa Y.S., Turner W.C. 2014. Software for minimalistic data management in large camera trap studies // *Ecological Informatics*. Vol. 24. P. 11–16.
- Lu D., Weng Q. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance // *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 28. P. 823–870.
- Matiukhina D.S., Vitkalova A.V., Rybin A.N., Aramilev V.V., Shevtsova E.I., Miquelle D.G. 2016. Camera-trap monitoring of Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) in Southwest Primorsky Krai, 2013–2016: preliminary results // *Nature Conservation Research. Заповедная наука*. Vol. 1 (3). P. 36–43.
- O’Connell A.F., Nichols J.D., Ullas Karanth K. 2011. *Camera traps in animal Ecology: Methods and Analyses*, 1st Edition. New York: Springer. 271 p.
- Owens M., Allen G. 2006. *The Definitive Guide to SQLite*, Vol. 1. Berkeley: Apress. 368 p.
- Prasad S., Pittet A., Sukumar R. 2010. Who really ate the fruit? A novel approach to camera trapping for quantifying frugivory by ruminants // *Ecological Research*. Vol. 25. P. 225–231.
- Rovero F., Zimmermann F., Berzi D., Meek P. 2013. «Which camera trap type and how many do I need?» A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications // *Hystrix*. Vol. 24. P. 148–156.
- Silveira L. 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation // *Biological Conservation*. Vol. 114 (3). P. 351–355.
- Skinner John D., Chimimba Christian T. 2005. *The mammals of the southern African sub-region*. Cambridge University Press. Science. 814 p.
- Steiniger S., Hay G.J. 2009. Free and open source geographic information tools for landscape ecology // *Ecological Informatics*. Vol. 4 (4). P. 183–195.
- Sundaresan S.R., Riginos C., Abelson E.S. 2011. Management and analysis of camera trap data: alternative approaches (response to Harris et al., 2010) // *Bulletin of the Ecological Society of America*. Vol. 92. P. 188–195.
- Teacher A.G.F., Griffiths D.J., Hodgson D.J., Inger R. 2013. Smartphones in ecology and evolution: A guide for the app-rehensive // *Ecology and Evolution*. Vol. 3 (16). P. 5268–5278.
- TEAM Network. 2011. *Terrestrial Vertebrate (Camera Trap) Monitoring Protocol Implementation Manual*. Virginia: Tropical Ecology Assessment and Monitoring Network. Centre for Applied Biodiversity Science. 69 p.
- Tobler M. 2015. *Camera Base*. Version 1.7. User Guide. 38 p.
- Turner W.C., Kausrud K.L., Krishnappa Y.S., Cromsigt J.P.G.M., Ganz H.H., Mapaure I., Cloete C.C., Havarua Z., Kusters M., Getz W.M., Stenseth N.C. 2014. Fatal attraction: vegetation responses to nutrient inputs attract herbivores to infectious anthrax carcass sites // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. Vol. 281 (1795). P. 20141785–20141785.
- VerCauteren K.C., Burke P.W., Phillips G.E., Fischer J.W., Seward N.W., Wunder B.A., Lavelle M.J. 2007. Elk use of wallows and potential chronic wasting disease transmission // *Journal of Wildlife Diseases*. Vol. 43. P. 784–788.
- Vitkalova A.V., Shevtsova E.I. 2016. A complex approach to study the Amur leopard using camera traps in protected areas in the southwest of Primorsky Krai (Russian Far East) // *Nature Conservation Research. Заповедная наука*. Vol. 1 (3). P. 53–58.
- Zaragozi B., Belda A., Linares J., Martínez-Pérez J., Navarro J., Esparza J. 2012. A free and open source programming library for landscape metrics calculations // *Environmental Modelling & Software*. Vol. 31. P. 131–140.
- Zaragozi B., Belda A., Giménez P., Navarro J.T., Bonet A. 2015. Advances in camera-trap data management tools: Towards collaborative development and integration with GIS // *Ecological Informatics*. Vol. 30. P. 6–11.

References

- Barrueto M., Clevenger A.P., Dorsey B., Ford A.T. 2013. A better solution for photo-classification, automatic storage and data input of camera data from wildlife crossing structures. In: *International conference on ecology and transportation (ICOET 2013)*. Arizona, Scottsdale: No. Icoet. P. 1–11.
- Bolger D.T., Morrison T.A., Vance B., Lee D., Farid H. 2012. A computer-assisted system for photographic mark-recapture analysis. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 813–822.
- Brilliantova A.M., Litvinova E.M., Hernandez Blanco J.A. 2016. Relations between the wolf and its victims: it is possible to peep using camera traps. In: *Theriofauna of Russia and adjacent territories. International meeting*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 59. [In Russian]
- Epova L.A., Babina S.G. 2015. Experience in the use of camera traps for the monitoring of large mammal populations in the «Kuznetsky Alatau» Reserve. In: *Mountain ecosystems of Southern Siberia: the study, protection and rational use of natural resources. Proceedings of Tigireksky Reserve*. Vol. 7. Barnaul. P. 270–275. [In Russian]
- Esipov A.V., Golovtsov D.E., Bykova E.A. 2015. Materials to the fauna of mammals and birds, the western part of the Chatkal range according to camera traps. *Bulletin of Tyumen State University. Ecology and nature* 1 (1): 141–150. [In Russian]
- Fegraus E.H., Lin K., Ahumada J.A., Baru C., Chandra S., Youn C. 2011. Data acquisition and management software for camera trap data: a case study from the TEAM Network. *Ecological Informatics* 6: 345–353.
- Garms O.Ya. 2015. Some remarks about the behavior of prey on solonetz in Tigireksky reserve. In: *Mountain ecosystems of Southern Siberia: the study, protection and rational use of natural resources. Proceedings Tigireksky reserve*. Vol. 7. Barnaul. P. 74–76. [In Russian]
- Harris G., Thompson R., Childs J.L., Sanderson J.G. 2010. Automatic storage and analysis of camera trap data. *Bulletin of the Ecological Society of America* 91: 352–360.

- Hernandez-Blanco J.A., Lukarevsky V.S., Naydenko S.V., Sorokin P.A., Litvinov M.N., Chistopolova M.D., Kotlyar A.K., Roznov V.V. 2010. Experience with digital camera traps to identify tigers, evaluation of their activities and the use of the main routes of movement of animals. In: *Amur tiger in Northeast Asia: problems of conservation in the XXI century: Materials of scientific-practical conference*. Vladivostok: Dal'nauka. P. 100–102. [In Russian]
- Jennelle C.S., Samuel M.D., Nolden C.A., Berkley E.A. 2009. Deer carcass decomposition and potential scavenger exposure to chronic wasting disease. *The Journal of Wildlife Management* 73: 655–662.
- Kandel S., Abelson E.S., Garcia-Molina H., Paepcke A., Theobald M.M. 2008. PhotoSpread: a spreadsheet for managing photos. In: *SIGCHI conference on human factors in computing systems*. New York. P. 1749–1758.
- Karanth K.U., Nichols J.D. 1998. Estimation of Tiger Densities in India Using Photographic Captures and Recaptures. *Ecology* 79 (8): 2852–2862.
- Karnaukhov A.S., Poyarkov A.D., Aleksandrov D.Y., Vanisova E.A., Hernandez Blanco J.A., Chistopolova M.D., Roznov V.V. 2011. Using camera traps in the study of the species composition of mammals southwestern Tuva. In: *Remote methods of research in zoology. Proceedings of the conference*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 31. [In Russian]
- Kelly V.J. 2008. Design, evaluate, refine: camera trap studies for elusive species. *Animal Conservation* 11 (3): 182–184.
- Kolchin S.A., Tkachenko K.N. 2011. The use of camera traps in the study of large carnivores in the southern Far East. In: *Remote methods of research in zoology. Proceedings of the conference*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 33. [In Russian]
- Kostyrya A.V., Belozherov A.A., Mikell D., Aramilev V.V., Kotlyar A.K. 2003. The use of camera traps for surveys of Amur tiger. In: *Theriofauna Russia and adjacent territories (VII Congress of Theriological Society): Materials of Intern. owls*. Moscow. P. 176–177. [In Russian]
- Krishnapa Y.S., Turner W.C. 2014. Software for minimalistic data management in large camera trap studies. *Ecological Informatics* 24: 11–16.
- Lu D., Weng Q. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing* 28: 823–870.
- Maslov M.V. 2011. Changes in the number of red deer (*Cervus elaphus* (L.)) and Sika deer (*Cervus nippon* (Temm.)) on the territory of the Ussuri reserve. *Proceedings of the Mordovia State Nature Reserve* 9: 91–98. [In Russian]
- Maslov M.V., Roznov V.V. 2011. Evaluation of morphological and size indicators for identification of species of sika deer (*Cervus nippon*) by using camera traps. In: *Remote methods of research in zoology. Proceedings of the conference*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 49. [In Russian]
- Matiukhina D.S., Vitkalova A.V., Rybin A.N., Aramilev V.V., Shevtsova E.I., Miquelle D.G. 2016. Camera-trap monitoring of Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) in Southwest Primorsky Krai, 2013–2016: preliminary results. *Nature Conservation Research* 1 (3): 36–43.
- Naydenko S.V., Maslov M.V., Hernandez Blanco J.A., Lukarevsky V.S., Sorokin P.A., Litvinov M.N., Kotlyar A.K., Roznov V.V. 2011. Using camera traps to estimate the number of ungulates. In: *Remote methods of research in zoology. Proceedings of the conference*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 61. [In Russian]
- O'Connell A.F., Nichols J.D., Ullas Karanth K. 2011. *Camera traps in animal Ecology: Methods and Analyses, 1st Edition*. New York: Springer. 271 p.
- Ogurtsov S.S., Zheltukhin A.S. 2017. The use of camera traps to study the population groups of the brown bear (*Ursus arctos* L.) in the Central Forest Reserve. *Zoological Journal* 96 (3) (in press). [In Russian]
- Ogurtsov S.S. 2012. Using camera traps as a tool to monitor the behavior of the brown bear (*Ursus arctos* L.). In: *5th All-Russian conference on animal behavior. Abstracts*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 135. [In Russian]
- Owens M., Allen G. 2006. *The Definitive Guide to SQLite, vol. 1*. Berkley: Apress. 368 p.
- Pchelkin A.V., Pchelkina T.A. 2015. Methodical aspects of use of cameras to study seasonal migration of Siberian roe (*Capreolus pygargus* Pall.) in Norsky Reserve. *Problems of environmental monitoring and ecosystem modeling* 26 (1): 145–159. [In Russian]
- Pogodin N.L., Markov N.I. 2013. Analysis of the data structure of the elk population register camera traps. In: *Save the diversity of animals and hunting. Proceedings of the 5th International scientific and practical conference*. Moscow. P. 315–317. [In Russian]
- Pokrovskaya L.V., Zhakov V.V., Pokrovsky I.G. 2016. Using the marking of trees and camera traps to estimate the relative abundance of the brown bear. In: *Theriofauna of Russia and adjacent territories. International meeting*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 334. [In Russian]
- Polkovnikova O.N., Polkovnikov I.L. 2015. The use of digital camera traps to monitor the tigers in the «Bastak» Reserve. In: *Territorial studies: objectives, results and prospects. Abstracts of VIII All-Russian school-seminar of young scientists and students*. Birobidzhan: Publisher of IKARP FEB RAS. P. 79–81. [In Russian]
- Prasad S., Pittet A., Sukumar R. 2010. Who really ate the fruit? A novel approach to camera trapping for quantifying frugivory by ruminants. *Ecological Research* 25: 225–231.
- Rovero F., Zimmermann F., Berzi D., Meek P. 2013. «Which camera trap type and how many do I need?» A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix* 24: 148–156.
- Roznov V.V., Naydenko S.V., Hernandez Blanco J.A., Lukarevsky V.S., Sorokin P.A., Maslov M.V., Litvinov M.N., Kotlyar A.K. 2012. Seasonal changes in food resources of the Amur tiger: the experience of the application of camera trapping matrix. *Zoological Journal* 91 (6): 643–647. [In Russian]
- Rybin A.N., Skorodelov A.S., Kostyrya A.V., Mikell D.G., Aramilev V.V. 2005. *Report on account of leopard using camera traps in southwest Primorsky Krai, Vladivostok winter 2005*. 23 p. [In Russian]
- Shakula G.V., Shakula V.F., Baskakova S.V. 2016. Experience in the use of camera traps for stationary studies of animals. In: *Stationary environmental studies: experience, objectives, methodology, organization problems: Proceedings of the conference. Central Forest Reserve*.

- Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 199–203. [In Russian]
- Silveira L. 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation* 114 (3): 351–355.
- Simakin L.V. 2016. Remote monitoring of large mammals in the Pechora-Ilych Nature Reserve. In: *Theriofauna of Russia and adjacent territories. International meeting*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 392. [In Russian]
- Skinner John D., Chimimba Christian T. 2005. *The mammals of the southern African sub-region*. Cambridge University Press. Science. 814 p.
- Solovyov V.A. 2011. Using camera traps to monitor hunting resources. In: *Remote methods of research in zoology. Proceedings of the conference*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 90. [In Russian]
- Steiniger S., Hay G.J. 2009. Free and open source geographic information tools for landscape ecology. *Ecological Informatics* 4 (4): 183–195.
- Sukhorukov E.G. 2015. Experience camera trapping data in Tigiretsky Reserve. In: *Mountain ecosystems of Southern Siberia: the study, protection and rational use of natural resources. Proceedings Tigiretsky reserve. Vol. 7*. Barnaul. P. 77–79. [In Russian]
- Sundaresan S.R., Riginos C., Abelson E.S. 2011. Management and analysis of camera trap data: alternative approaches (response to Harris et al., 2010). *Bulletin of the Ecological Society of America* 92: 188–195.
- Sutyryna S.V., Riley M.D., Goodrich D.M., Seredkin I.V., Mikell D.G. 2013. *Evaluation of the Amur tiger population using camera traps*. Vladivostok: Dal'nauka. 156 p. [In Russian]
- Sutyryna S.V., Riley M.D., Goodrich D.M., Seredkin I.V., Mikell D.G. 2011. Monitoring groups tiger southern Sikhote-Alin Reserve using camera traps. In: *Remote methods of research in zoology. Proceedings of the conference*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 92. [In Russian]
- Sydorchuk N.V., Roznov V.V. 2009. Using settlements European badger *Meles meles* in the Darwin Reserve. In: *Behavior and behavioral ecology of mammals. Proceedings of the conference*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 30. [In Russian]
- Sydorchuk N.V., Roznov V.V. 2010. The use of camera traps in the study of the daily activity of the European badger *Meles meles* in the settlements. In: *Actual problems of ecology and evolution in the research of young scientists: Proceedings of the conference of young and graduate of the Institute of Ecology and Evolution A.N. Severtsov*. Moscow. P. 313–317. [In Russian]
- Sydorchuk N.V., Volchenko A.E., Roznov V.V. 2007. Experience in the use of camera traps in the study of behavioral ecology badger *Meles meles*. In: *Theriofauna of Russia and adjacent territories (VIII Congress Theoretical society). Proceedings of the International conference*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 455. [In Russian]
- Teacher A.G.F., Griffiths D.J., Hodgson D.J., Inger R. 2013. Smartphones in ecology and evolution: A guide for the app-rehensive. *Ecology and Evolution* 3 (16): 5268–5278.
- TEAM Network. 2011. *Terrestrial Vertebrate (Camera Trap) Monitoring Protocol Implementation Manual*. Virginia: Tropical Ecology Assessment and Monitoring Network, Centre for Applied Biodiversity Science. 69 p.
- Tobler M. 2015. *Camera Base. Version 1.7. User Guide*. 38 p.
- Turner W.C., Kausrud K.L., Krishnappa Y.S., Cromsigt J.P.G.M., Ganz H.H., Mapaure I., Cloete C.C., Havarua Z., Kusters M., Getz W.M., Stenseth N.C. 2014. Fatal attraction: vegetation responses to nutrient inputs attract herbivores to infectious anthrax carcass sites. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281 (1795): 20141785–20141785.
- VerCauteren K.C., Burke P.W., Phillips G.E., Fischer J.W., Seward N.W., Wunder B.A., Lavelle M.J. 2007. Elk use of wallows and potential chronic wasting disease transmission. *Journal of Wildlife Diseases* 43: 784–788.
- Vitkalova A.V., Storozhuk V.B., Matyukhina D.S., Salmano-va E.I. 2015. Monitoring of the population of Far Eastern leopards using automatic cameras. In: *Modern technologies in protected areas of activity: GIS, remote sensing: Sat. scientific articles*. Minsk: A.N. Varaksin. P. 44–45. [In Russian]
- Vitkalova A.V., Shevtsova E.I. 2016. A complex approach to study the Amur leopard using camera traps in protected areas in the southwest of Primorsky Krai (Russian Far East). *Nature Conservation Research* 1 (3): 53–58.
- Volkov E.V., Volkov A.E. 2015. Experience in the use of camera traps in the study of large terrestrial mammals of the National Park «Onega Pomorie». In: *See and save. Environmental education and educational tourism in protected areas. Digest of articles*. Moscow: EcoCentre «Zapovedniki». P. 49–53. [In Russian]
- Zaragozi B., Belda A., Giménez P., Navarro J.T., Bonet A. 2015. Advances in camera-trap data management tools: Towards collaborative development and integration with GIS. *Ecological Informatics* 30: 6–11.
- Zaragozi B., Belda A., Linares J., Martínez-Pérez J., Navarro J., Esparza J. 2012. A free and open source programming library for landscape metrics calculations. *Environmental Modelling & Software* 31: 131–140.
- Zheltukhin A.S., Ogurtsov S.S., Puzachenko Y.G., Volkov V.P. 2016. Possibilities of use camera traps in stationary trials in the territory of reserves. In: *Stationary environmental studies: experience, objectives, methodology, organization problems: Proceedings of the conference. Central Forest reserve*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 49–53. [In Russian]
- Zheltukhin A.S., Puzachenko Y.G., Volkov V.P., Kotlov I.P., Zheltukhin S.A. 2011. Using Reconyx camera traps for monitoring of large mammal populations in the Central Forest Reserve. In: *Remote methods of research in zoology. Proceedings of the conference*. Moscow: Association of scientific editions KMK. P. 34. [In Russian]
- Zheltukhin A.S., Zheltukhin S.A. 2014. On the daily activity of large mammals according to the registration of camera traps «Reconyx». In: *Modern trends in the development of protected areas. Mat. scient. conference dedicated to the 20th anniversary of the reserve «Polistovskiy»*. Velikie Luki. P. 59–64. [In Russian]

REVIEW OF SOME ACTUAL METHODS OF STORAGE, PROCESSING AND ANALYSIS OF DATA FROM CAMERA TRAPS IN ZOOLOGICAL RESEARCH

Sergey S. Ogurtsov, Vladislav P. Volkov, Anatoliy S. Zheltukhin

Central Forest State Nature Biosphere Reserve, Russia

e-mail: etundra@mail.ru

An overview of the main problems in collection, storage, processing and analysis of data obtained by camera traps is conducted. Basing on reviewed national papers related to this theme, the conclusion is drawn that there is need for a detailed description of methodological approaches and tools for data processing in national studies. The most common software among foreign researchers for camera trap data processing in biodiversity studies and conservation projects is presented. An overview of thematic software such as Photospread, Aardwolf, CameraTrapManager, MapView, CameraBase and DeskTEAM is provided. Advantages and disadvantages, as well as working methods are detailed in the study. The principles of image metadata storage, methods of extraction and processing are considered. Comparative analysis of the different software and approaches to use camera traps as a method of zoological research are provided. General recommendations regarding their use in protected areas are provided, illustrated by studies conducted in the Central Forest Reserve. The key characteristics of software for camera traps that should be considered when choosing a specific solution are identified. Primary characteristics are the ability to import all image metadata, quick and easy tagging, export to the majority of formats. Wishes to improve and discuss methodological approaches among national researchers are expressed. Despite a large variety of available technical means, the need to develop national software for working with camera trap data is separately noted. All listed software items are provided with download hyperlinks, and user's manual hyperlinks.

Key words: camera traps, Central Forest Reserve, data processing, monitoring, non-invasive methods, software.