



УДК 599:57.08

Новый принцип определителя млекопитающих

КОРОСОВ

Андрей Викторович

Петрозаводский государственный университет,
korosov@psu.karelia.ru

ХЕЙКИНЕН

Алена Сергеевна

Петрозаводский государственный университет,
nikitinaalenka1606@mail.ru

Ключевые слова:

млекопитающие
определитель
бинарное дерево

Аннотация:

Построен определитель фауны млекопитающих Карелии по признакам нижней челюсти (у найденных в природе скелетов эта часть обычно сохраняется целой). Определитель не рассматривает никакие таксоны, кроме низшего, видового. Структура определителя соответствует сбалансированному «бинарному дереву». В нем реализован принцип равновероятного альтернативного выбора. Признаки для характеристики видов подобраны таким образом, чтобы на каждом шаге определения каждая теза и антитеза делили группу возможных видов пополам. При этом общее число шагов равно двоичному логарифму от числа видов, т. е. для определения любого вида местной фауны требуется всего около 6 шагов. Определитель получился очень компактным и удобным для использования в полевых условиях.

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: А. Л. Лобанов

Рецензент: Э. В. Ивантер

Опубликована: 26 февраля 2015 года

Введение

Ответственность за состояние природы (экологическая грамотность) должна начинаться с первичного знания об объектах природы, умения установить видовой состав природных комплексов. Только зная вид растения или животного, встреченного в природе, можно правильно построить свое (природоохранное) поведение на основе представлений о ценности этого представителя флоры и фауны.

Между тем современные определители, основанные на научных традициях и принципах, далеки от потребностей практики. Обычный определитель видов – это сложноструктурированный текст, практически недоступный обывателю. Объем специальной информации, которым нужно обладать, кажется избыточным. Например, чтобы дойти до обыкновенной полевки в определителе С. У. Строганова (1949), требуется ответить на 14 вопросов. Еще один распространенный недостаток – для идентификации видов требуется наличие качественного материала (останков взрослого животного), а также смешение признаков: нужно иметь в распоряжении то полную тушку, то целый череп.

В нашей статье предложен вариант определителя млекопитающих Карелии, обладающий минимальным объемом, упрощенной структурой и ориентированный на доступные фрагменты скелета животных.

Материалы

Для составления определителя видов млекопитающих Карелии мы использовали специальные и популярные определители, работы по систематике (Бобринский и др., 1944; Строганов, 1949; Олигер, 1955; Флинт, 1965; Наумов, 1979; Кузнецов, 1975; Ивантер, 1976; Сиивонен, 1979; Павлинов, Россолимо, 1987; Крускоп, 2002; Малькова и др., 2003; Карташев, 2004; Харитонов, 2014), коллекцию черепов млекопитающих кафедры зоологии и экологии Петрозаводского госуниверситета (8 видов), а также собственные сборы черепов (50 видов).

Традиционные методы исследований

Традиционные определители представляют собой результат кропотливой работы авторов над упорядочиванием известных (в основном морфологических) характеристик разных видов, которые по-разному выражены у разных видов. Зачастую авторы определителей являются и авторами таксономической системы, воплощенной в определителе. Понятно, что целью таких работ не может быть стремление сделать определитель общедоступным. В числе явных и скрытых логических оснований таких исследований можно назвать следующие. Во-первых, определители отображают филогенетические отношения, и определение вида идет по схеме таксономической иерархии: класс – отряд – семейство – род – вид. Во-вторых, используется дихотомический принцип деления групп – при наличии некой характеристики экземпляр относят к одной группе (таксону), при отсутствии – к другой. В-третьих, пользование определителями предполагает глубокое специальное знание морфологии изучаемых организмов. Четвертая особенность – отсутствие в структуре определителя известных из математики алгоритмов оптимального поиска. И последнее – широкое распространение имеют иррациональные «скобочные» варианты оформления текста определителей. В результате, с точки зрения пользователей, компоновку многих традиционных определителей видов нельзя назвать удачной ни по структуре поисковых «деревьев», ни по оформлению, ни по доступности для рядовых пользователей (Лобанов, 2012).

Изучение вариантов оптимизации определителей подсказывает следующие пути (Вахитов и др., 2009; Лобанов, 2010, 2012, 2013). Во-первых, рекомендуется отказаться от дихотомического принципа организации определителей, когда каждый шаг в определении видов состоит в определении принадлежности изучаемой особи к одной из двух групп по одному состоянию признака (мономодальность). Взамен предлагается рассматривать несколько состояний признака (полиомодальность), каждое из которых характерно для отдельной группы таксонов (политомический принцип); при такой организации число шагов определителя существенно сокращается. Во-вторых, предлагается использовать не одновходовые (рассмотрение одного признака), но многовходовые ключи (учет двух или нескольких признаков); это дает возможность исследователю выбирать путь определения вида, что удобно, например, при частичном повреждении объекта. В-третьих, для повышения эффективности определения необходимо использовать компьютер – как для создания наглядных интерактивных определителей, так и для анализа имеющейся информации для разработки оптимальных определителей. Для оценки диагностической ценности отдельных признаков и их состояний предлагается использовать широкий спектр математических методов, включая теорию информации и нейронные сети.

Вместе с тем в цитированных работах одно остается неизменным – определитель по-прежнему оперирует таксонами разного уровня (вид, род, ... класс). Его структура оказывается предзаданной структурой филогенетического дерева. На наш взгляд, отказ от приверженности к филогенетическому древу может существенно упростить структуру рабочего определителя видов животных и растений.

Оригинальные методы исследований

В нашем сообщении рассмотрен вариант определителя, в котором все естественные таксоны, кроме вида, элиминированы, а на отдельных шагах хода идентификации особи рассматриваются искусственные группы видов со сходным состоянием признака.

В основу определителя положены идеи теории информации (Угринович, 2003). Оптимальный поиск (на каждом шаге определения) можно осуществлять путем деления списка возможных видов на две группы, равных по объему, в которых виды отличаются по некоему ключевому признаку, т. е. имеют одно из двух состояний этого признака. Изучив данный признак у определяемой особи и отнеся ее к одной из двух групп, мы автоматически исключаем из рассмотрения другую группу, двукратно сокращая число оставшихся возможных вариантов (видов). Это очень эффективный ход определения, поскольку выбор одного из двух равновероятных состояний ($p_1 = p_2 = 0.5$) дает наибольший объем информации – один бит. Используя формулу информационной меры Шеннона, для случая

равновероятных ответов получаем $H = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i = -(0.5 \cdot -1 + 0.5 \cdot -1) = 1$. Обычные же определители не выполняют этой рекомендации и на одном шаге определения дают меньший объем информации. Например, в определителе отрядов (Сииванен, 1979, с. 40-41) для отделения ластоногих от прочих 12 отрядов отводится одна теза. Общая информативность вопроса («Конечностей 2 пары?») составляет: $p_1 = 1/13 = 0.077$, $p_2 = 12/13 = 0.923$, $H = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i = -(0.077 \cdot -3.7 + 0.923 \cdot -0.11) = 0.39$, т. е. в три раза ниже оптимального объема. Если остальные вопросы столь же малоинформативны, то объем определителя должен быть избыточно завышенным. Если же, напротив, весь определитель оформить как последовательный выбор одного из двух состояний ключевого признака, мы получим структуру бинарного сбалансированного дерева, высота которого «с n ключами обязательно меньше $(3/2) \cdot \log_2 n$ » (Нивергельт и др., 1977, с. 129). Примерную высоту такого иерархического дерева можно рассчитать с помощью двоичного логарифма $\log N$, где N – число элементов (Экоинформатика, 1992, с. 68). Например, в определителе (Малькова и др., 2003) для идентификации полевой мыши (1 из 73 видов) требуется пройти 16 тез, хотя при оптимальной организации достаточно иерархии в 6 уровней ($\log_2 73 = 6.189$). Для определения обыкновенной полевки в книге (Строганов, 1949) предлагается пройти 14 тез, теоретически же требуется всего 5-6 уровней иерархии ($\log_2 55 = 5.781$).

Наш определитель организован в форме бинарного сбалансированного дерева – иерархически организованного множества (видов). На каждом уровне рассматриваемое множество видов разбивается на две группы примерно одинакового объема с использованием одного признака, имеющего два хорошо различимых состояния.

Технология создания определителя

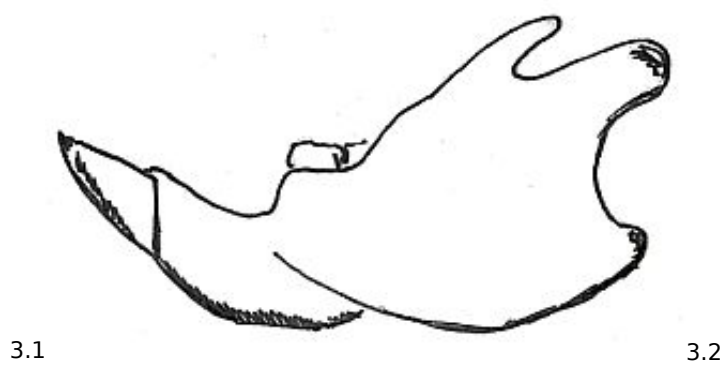
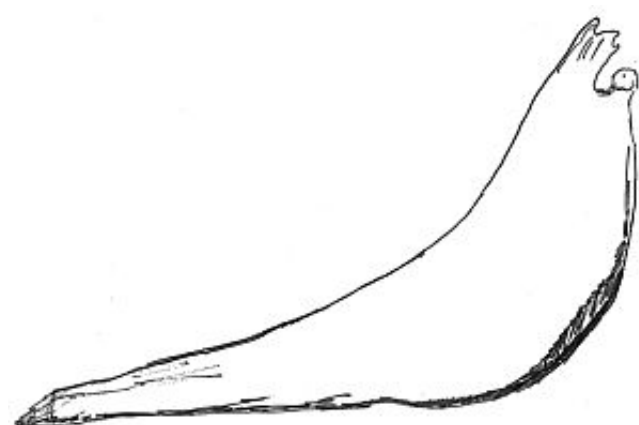
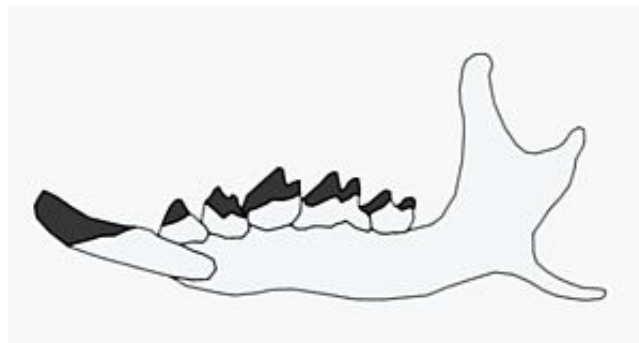
На первом этапе был определен набор признаков, которые предстояло изучить у выбранной группы животных и состояния которых вошли в текст определителя в качестве тез и антитез. Выбор признаков (частей тела, органов) должен быть целесообразным. Наша цель состояла в том, чтобы создать полевой определитель видов по их останкам, доступный для широкого круга пользователей, бывающих на природе. Практика показывает, что из числа останков животных, которые подвержены наименьшему разрушению в результате гниения или механических воздействий, можно назвать нижнюю челюсть черепа с зубами, которая и была выбрана нами в качестве носителя комплекса признаков.

На втором этапе создается сводная таблица характеристики выбранного органа для всех видов группы. В наш определитель вошло 60 видов млекопитающих Карелии (Ивантер, 2014). Небольшой фрагмент этой таблицы (табл. 1) отражает наши приоритеты – учет дискретных устойчивых признаки (число зубов, форма, топография), а размерные и относительные признаки пропорции использованы как дополнительные характеристики нижней челюсти.

Таблица 1. Фрагмент таблицы характеристик нижней челюсти млекопитающих

Вид	Количество зубов						Окраска вершин зубов	Форамен расположен на уровне
	I+C +pM+M	pM	pM +M	I	M	C		
Бурозубка обыкновенная	12	2	8	2	6	есть	бурая	вершины четвертого моляра
Бурозубка средняя	12	2	8	2	6	есть	бурая	вершины четвертого моляра
Бурозубка малая	12	2	8	2	6	есть	бурая	заднего края третьего моляра
Бурозубка крошечная	12	2	8	2	6	есть	бурая	вершины четвертого моляра
Кутора водяная	12	4	10	2	6	нет	бурая	четвертого моляра
Рысь	14	4	6	6	2	есть	белая	первого моляра
Кошка домашняя	14	4	6	6	2	есть	белая	первого моляра

На третьем этапе отыскивали те признаки, два состояния которых делит группу животных (на данном уровне иерархии) примерно пополам. Например, в представленной табл. 1 таким признаком является число предкоренных (pM) и число щечных (pM + M) зубов. В процессе работы было изучено большое число признаков, но в конечном итоге на разных ветвях дерева использовано всего 14 признаков (рис. 1). Для представления 60 видов млекопитающих Карелии требуется примерно $\log_2 60 = 5.9 \approx 6$ уровней. В нашем определителе для идентификации особи нужно ответить на 5-6 вопросов и только в двух случаях – на 7.



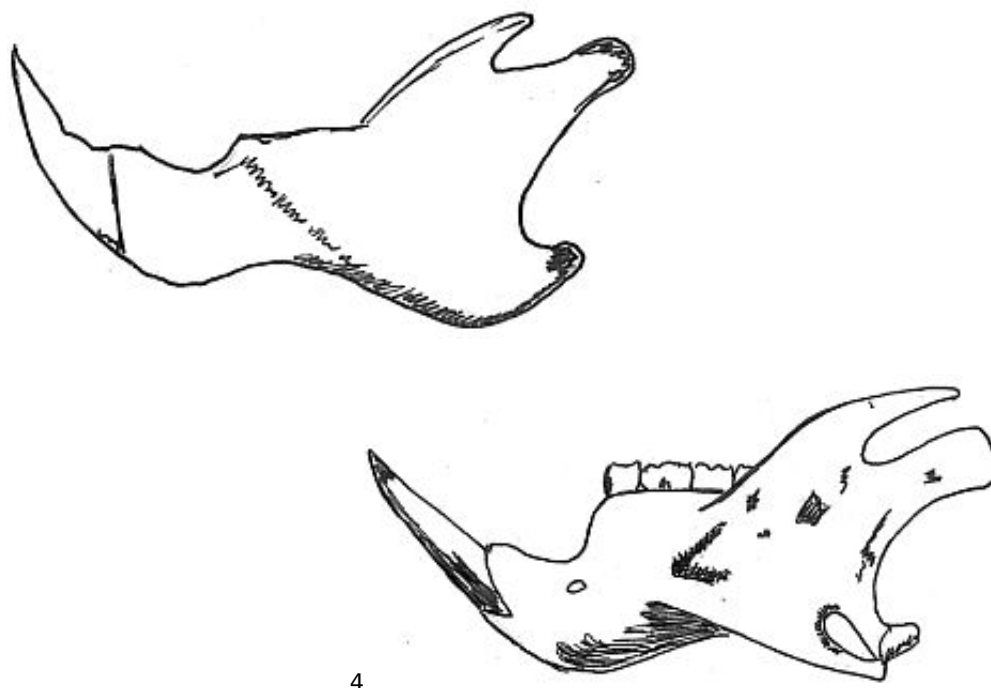


Рис. 1. Некоторые характеристики формы нижнечелюстной кости и зубов:

1.1 – на режущей поверхности резцов выступы есть (бурозубки), 1.2 – выступов нет (кутора обыкновенная и др.); 2.1 – венечный отросток высокий (лось), 2.2 – почти равен суставному (лошадь домашняя); 3.1 – вырезка между угловым и суставным отростком округлая (крыса серая), 3.2 – овальная (крыса черная); 4 – отверстие в угловом отделе нижней челюсти (соня лесная)

Fig.1. Some characteristics of the form of low jaw bones and teeth:

1.1 – on the cutting surface of the incisors there are protrusions (shrews), 1.2 – no protrusions (water shrew, etc.); 2.1 – coronoid process is high (elk), 2.2 – it is almost equal to the articular one (horse); 3.1 – cutting between the angular and articular process is rounded (gray rat) 3.2 – oval (black rat); 4 – a hole in the angular part of mandible (forest dormouse)

Последний этап построения определителя состоит в описании полученной структуры как процесса определения вида – с тезами и антитезами. В качестве эксперимента мы решили вовсе избавиться от нумерации тез и представить переходы между ними с помощью стрелок. Ключевой является схема переходов, представленная на рис. 2. Если признак изучаемого экземпляра соответствует тезе (ответ «да»), выполняется переход к следующей тезе или к названию вида, если не соответствует (ответ «нет»), выбирается антитеза, на которую указывает фигурная стрелка. При этом цвет стрелки выражает уровень иерархического подразделения. (Разбиение текста на блоки А, Б, В, Г выполнено с целью упростить форматирования pdf-файла.)

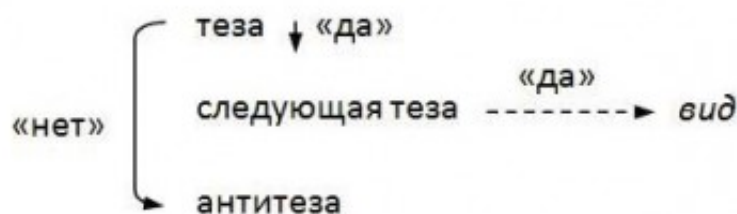
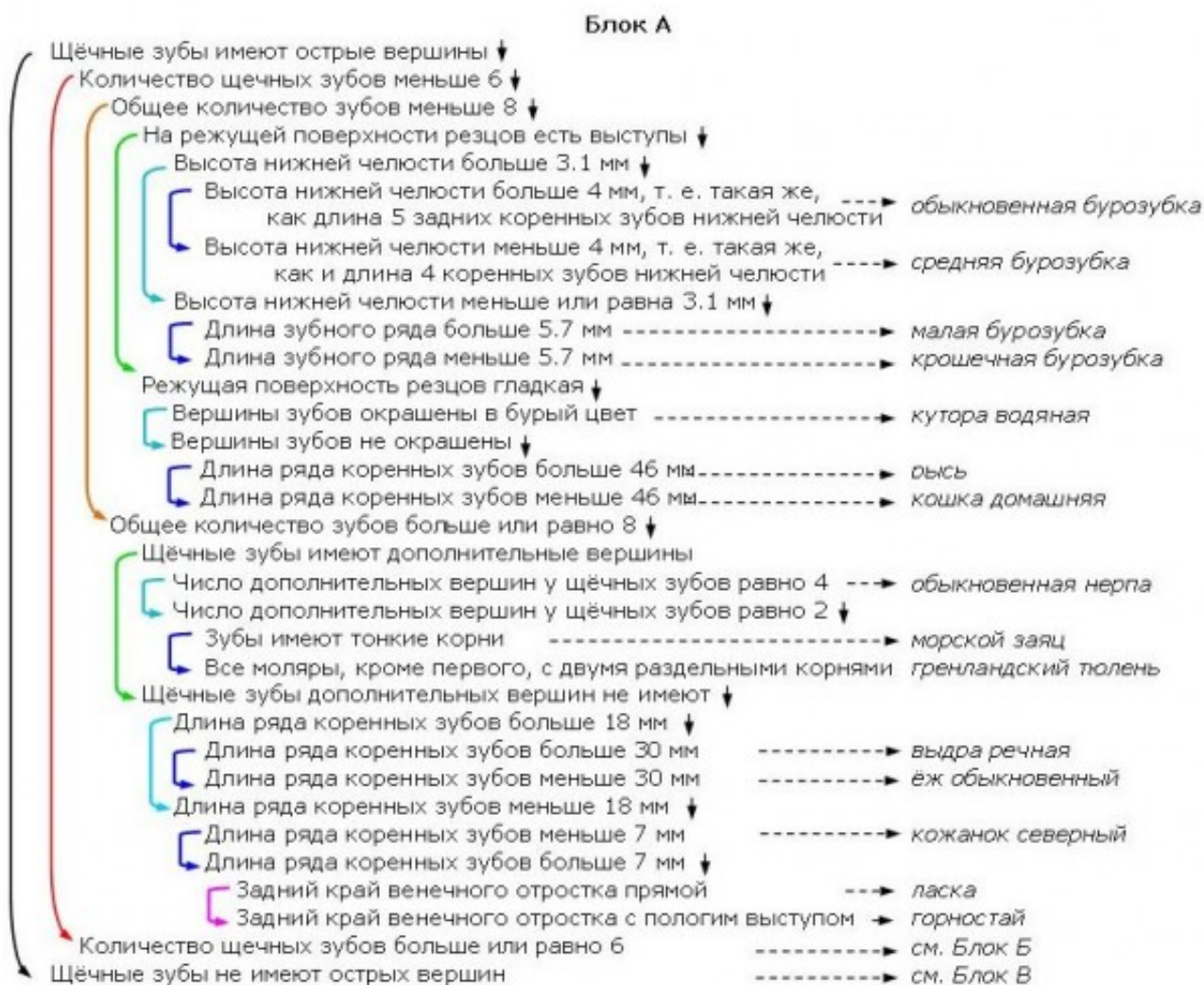


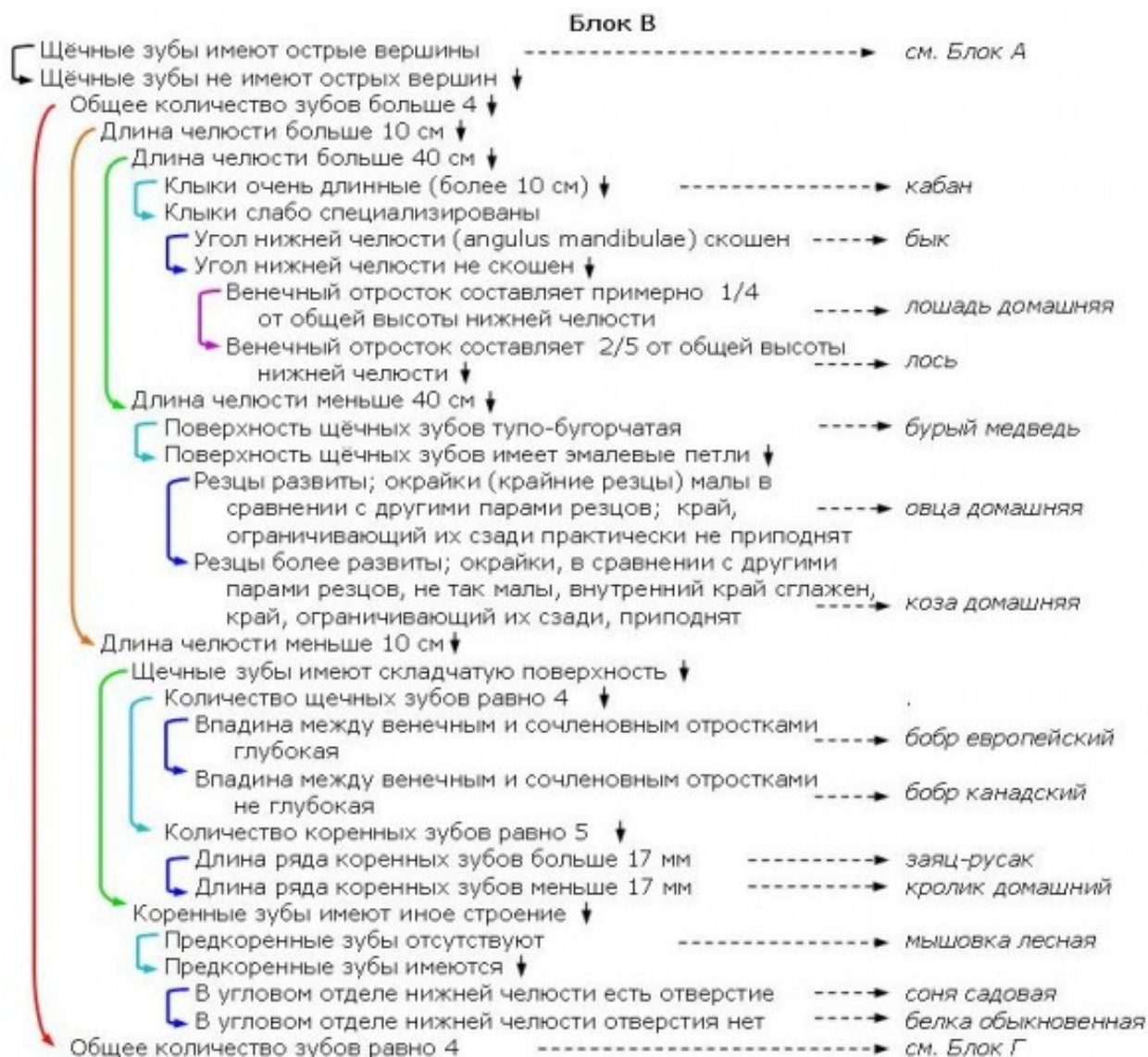
Рис. 2. Схема переходов по стрелкам для утвердительных и отрицательных ответов

Fig.2. the diagram of the transfer on arrows for positive and negative replies.

В процессе идентификации особи следует рассматривать признаки только одной половинки нижней челюсти.









Обсуждение

Мы стремились показать принцип организации небольшого, простого, общедоступного полевого определителя животных. Определители разных групп позвоночных и беспозвоночных представителей региональной фауны, использующие предлагаемый принцип, могут легко уместиться под одной обложкой небольшой книжки.

Нетрудно предвидеть некоторые направления критики нашего предложения.

Полное игнорирование филогенетической системы в структуре определителя всегда можно назвать слабой стороной его дидактических функций. Однако нет необходимости убеждать специалиста-биолога в реальности филогенетических отношений, а отдельное издание такого

определителя можно снабдить таблицей таксономической субординации в качестве справочного материала. Специальные определители тоже никто не отменяет. Другой, положительной, стороной оказывается устойчивость такого определителя к изменению представлений о филогенетических отношениях и таксономических подразделениях – русские названия видов, только которыми и оперирует определитель, всегда остаются неизменными, а изменение принадлежности того или иного вида к другому роду или семейству совершенно не скажется на структуре определителя.

Второй контраргумент, на наш взгляд, серьезнее. Исходя из идеи максимально быстрого способа достижения ответа на таксономический вопрос, каждая теза определителя должна делить видовой список не просто на две равные по числу видов группы, но на две группы, выбор которых должен быть равновероятным (только тогда при ответе мы получаем 1 бит информации). Однако разные виды имеют разную численность и размеры тела, так что в природе легче можно обнаружить останки крупных и обычных животных, чем мелких и редких. Вероятно, региональные дихотомические определители должны учитывать это обстоятельство. В то же время создание универсального (межрегионального) определителя по указанному признаку просто невозможно в силу географической изменчивости встречаемости разных видов.

Наконец, в нашем определителе сохраняется дихотомический принцип – по терминологии А. Л. Лобанова (2012) – бинарный (дихотомический) одновходовый ключ, в нем не реализованы политомические ключи, эффективные для компьютерных вариантов. Поскольку мы рассматриваем полевой «бумажный» вариант определителя, мы отказались от ключей с несколькими вариантами выбора. По сути во время выбора одной из нескольких тез в политомическом ключе и человек, и компьютер осуществляют серию попарных сравнений и дихотомических выборов (в компьютере эти операции закодированы в одном операторе). Однако подобрать такие 3-5 групп видов (для использования в политомическом ключе), чтобы вероятности их выбора были одинаковы (условие максимальной информативности), гораздо сложнее, чем подобрать 2 группы для дихотомического ключа.

Лишний раз хочется отметить, что в нашем определителе используется доступный орган – нижняя челюсть, признаки которого достаточно редко используются в определителях. Изменчивость ее характеристик изучена слабо; по этой причине некоторые границы мерных признаков, дифференцирующие близкие виды, в дальнейшем могут уточняться.

Характеристики видов, используемые в дихотомических ключах, были позаимствованы нами из опубликованных определителей и которые не всегда очевидны для неспециалистов и понятны только зоологам. Оптимизировать предложенный определитель можно, отыскивая более простые и более явные диагностические состояния признаков.

Напрашиваются и другие направления исследований. Фактически отсутствуют внятные определители видов животных по их следам и результатам жизнедеятельности. Почти нет простых определителей птиц и хотя бы самых распространенных беспозвоночных. В какой-то мере это относится и к определителям флоры. Очевидно, что с распространением Интернета и мобильной связи определители могут стать мобильным приложением для планшетов и смартфонов, и работа над их простотой и доступностью должна идти уже сейчас (Лобанов, 2012).

Заключение или выводы

Вниманию читателей представлен вариант биологического определителя видов, в основу которого положено не филогенетическое, но дихотомическое сбалансированное дерево, обеспечивающее наиболее информативный выбор хода определения видов и 2–3-кратное сокращение числа тез по сравнению с традиционными определителями. Для диагностики любого вида фауны млекопитающих Карелии достаточно ответить всего на 6 вопросов.

Предлагаемый определитель рассчитан для использования в поле (при наличии трупов животных), поэтому в качестве диагностических признаков выбраны характеристики нижней челюсти – органа, который подвержен наименьшему разрушению как при гниении, так и при механических повреждениях животного.

Представленный определитель будет полезен как для профессиональных биологов, так и для членов природоохранных организаций, студентов, школьников и просто любителей природы.

Развиваемый принцип структурирования информации по видовой диагностике может быть распространен на определители других групп животных и растений.

Библиография

Бобринский Н. А., Кузнецов Б. А., Кузякин А. П. Определитель млекопитающих СССР [The mammals of the USSR]. М.: Советская наука, 1944. 440 с.

Вахитов А. Т., Граничин О. Н., Кирейчук А. Г., Лобанов А. Л. Параллельный алгоритм обучения для интерактивного политомического определителя биологических видов [A parallel algorithm for interactive learning polytomous determinant of species] // Научный сервис в сети Интернет: масштабируемость, параллельность, эффективность / Труды Всероссийской суперкомпьютерной конференции (21–26 сентября 2009 г. Новороссийск) М.: Изд-во МГУ, 2009. С. 332–334. http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/vakhitov_et_al_2009-1.pdf (дата обращения 10.12.2014)

Ивантер Э. В. Млекопитающие Карелии [Mammals of Karelia]. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2014. 292 с.

Ивантер Т. В. О видовой диагностике и внутривидовой таксономии землероек Карелии // Экология птиц и млекопитающих северо-запада СССР . Петрозаводск, 1976. С. 59–68.

Карташев Н. Н. Практикум по зоологии позвоночных [Workshop on Vertebrate Zoology]. М.: Аспект Пресс, 2004. 384 с.

Крускоп С. В. Млекопитающие Подмосковья [Mammals of Moscow suburbs]. М.: МГСЮН, 2002. 172 с.

Кузнецов Б. А. Определитель позвоночных животных фауны СССР. Ч. 3. Млекопитающие [Determinant of vertebrate fauna of the USSR. Part 3. Mammals]. М.: Просвещение, 1975. 208 с.

Лобанов А. Л. Почему достижения биологической диагностики не отражаются в определителях жуков? [Why the achievements of biological diagnostics are not reflected in the determinants of beetles?] / Доклад 28 августа 2012 г. на 14-м съезде РЭО // Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи. 2012. URL: <http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/res2012l.htm> (дата обращения 10.12.2014)

Лобанов А. Л. Диагностическая ценность качественных и количественных признаков в компьютерных определителях [The diagnostic value of qualitative and quantitative traits in computer determinants] // Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи. 2013. URL: <http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/diagval2.htm> (дата обращения 10.12.2014)

Лобанов А. Л. Определители жуков и биологическая диагностика [Determinants of beetles and laboratory diagnostics] // Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи. 2010. URL: <http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/syst8.htm> (дата обращения 10.12.2014)

Малькова М. Г., Сидоров Г. Н., Богданов И. И., Крючков В. С., Станковский А. П. Млекопитающие: справочник-определитель (серия «Животные Омской области») [Mammals: directory-determinant (series "Animals of the Omsk region")]. Омск: ООО «Издатель-Полиграфист», 2003. 277 с.

Наумов Н. П. Зоология позвоночных. Ч. 2. Пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие [Vertebrate Zoology. Part 2: reptiles, birds and mammals]. М.: Высшая школа, 1979. 272 с.

Нивергельт Ю., Фаррар Дж., Рейнгольд Э. Машинный подход к решению математических задач [Machine approach to solving mathematical problems]. М.: Мир, 1977. 352 с.

Олигер И. М. Краткий определитель позвоночных животных [Short determinant of vertebrates]. М.: Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства просвещения РСФСР, 1955. 139 с.

Павлинов И. Я., Россолимо О. Л. Систематика млекопитающих СССР [Systematics of mammals of the USSR]. М.: Изд-во МГУ, 1987. 285 с.

Сиивонен Л. Млекопитающие Северной Европы [Mammals of Northern Europe]. М.: Лесная промышленность, 1979. 232 с.

Строганов С. У. Определитель млекопитающих Карелии [Mammals of Karelia]. Петрозаводск: Издание Карело-Финского гос. университета, 1949. 201 с.

Угринович Н. Д. Информатика и информационные технологии: Учебник для 10–11 классов [Computer science and information technology]. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. 512 с.

Флинт В. Е. Млекопитающие СССР [Mammals of the USSR]. М.: Мысль, 1965. 438 с.

Харитонов Я. Я. Определение объектов живой природы [Determination of wildlife] // ZooFirma. URL: <http://www.zoofirma.ru/nasekomye/letnie-shkolnye-praktiki-po-presnovodnoj-gidrobiologii/1635-opredelenie-obektov-zhivoj-prirody.html> (дата обращения 10.12.2014)

Экоинформатика: Теория. Практика. Методы и системы [Ecoinformatics Theory. Practice. Methods and systems] / [Ю. А. Арский, Ю. Ф. Захаров, В. А. Калущков и др.]; под ред. В. Е. Соколова; Рос. акад. наук, М-во экологии и природ. ресурсов Рос. Федерации. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 519 с.

Благодарности

Авторы признательны Ф. В. Федорову за консультации по определению некоторых видов млекопитающих, благодарны С. А. Гильбо и многим студентам эколого-биологического факультета Петрозаводского госуниверситета за помощь в поисках, сборе, добыче и обработке костного материала млекопитающих.

New principle of mammals guidebook

KOROSOV
Andrey

Petrozavodsk State University, korosov@psu.karelia.ru

HEIKINEN
Alena

*Petrozavodsk State University,
nikitinaalenka1606@mail.ru*

Keywords:

mammalia
checklist
binary tree

Summary:

The checklist of mammal fauna of Karelia on the basis of the lower jaw (in the skeletons found in the nature, this part remains whole) was built. It does not consider any taxons except the lowest, specific. The structure of the checklist corresponds to balanced "binary tree". It incorporates the principle of equiprobable alternative sampling. The signs to characterize species are selected in such a way that at each step of determining each thesis and antithesis group would divide the group of two possible species into halves. Wherein the total number of steps equals to the binary logarithm of the number of species, i.e. to detect any kind of local flora is necessary only about six steps. The checklist results very compact and convenient in the field.

References

- Bobrinskiy N. A. Kuznecov B. A. Kuzyakin A. P. The mammals of the USSR. M.: Sovetskaya nauka, 1944. 440 p.
- Vahitov A. T. Granichin O. N. Kireychuk A. G. Lobanov A. L. A parallel algorithm for interactive learning polytomous determinant of species, Nauchnyy servis v seti Internet: masshtabiruemost', parallel'nost', effektivnost', Trudy Vserossiyskoy superkomp'yuternoy konferencii (21–26 sentyabrya 2009 g. Novorossiysk) M.: Izd-vo MGU, 2009. P. 332-334. http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/vahitov_et_al_2009-1.pdf (data obrascheniya 10.12.2014)
- Ivanter E. V. Mammals of Karelia. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2014. 292 p.
- Ivanter T. V. O vidovoy diagnostike i vnutrividovoy taksonomii zemleroek Karelii, Ekologiya ptic i mlekoopitayuschih severo-zapada SSSR . Petrozavodsk, 1976. P. 59–68.
- Kartashev N. N. Workshop on Vertebrate Zoology. M.: Aspekt Press, 2004. 384 p.
- Kruskop S. V. Mammals of Moscow suburbs. M.: MGSYuN, 2002. 172 p.
- Kuznecov B. A. SR. Ch. Determinant of vertebrate fauna of the USSR. Part 3. Mammals. M.: Prosveschenie, 1975. 208 p.
- Lobanov A. L. Why the achievements of biological diagnostics are not reflected in the determinants of beetles?, Doklad 28 avgusta 2012 g. na 14-m s'ezde REO , Zhuki (Coleoptera) i koleopterologi. 2012. URL: <http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/res2012l.htm> (data obrascheniya 10.12.2014)
- Lobanov A. L. The diagnostic value of qualitative and quantitative traits in computer determinants, Zhuki (Coleoptera) i koleopterologi. 2013. URL: <http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/diagval2.htm> (data obrascheniya 10.12.2014)
- Lobanov A. L. Determinants of beetles and laboratory diagnostics, Zhuki (Coleoptera) i koleopterologi. 2010. URL: <http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/syst8.htm> (data obrascheniya 10.12.2014)
- Mal'kova M. G. Sidorov G. N. Bogdanov I. I. Kryuchkov V. S. Stankovskiy A. P. Mammals: directory-determinant

(series "Animals of the Omsk region"). Omsk: OOO «Izdatel'-Poligrafist», 2003. 277 p.

Naumov N. P. Vertebrate Zoology. Part 2: reptiles, birds and mammals. M.: Vysshaya shkola, 1979. 272 p.

Nivergel't Yu. Reyngol'd E. Machine approach to solving mathematical problems. M.: Mir, 1977. 352 p.

Oliger I. M. Short determinant of vertebrates. M.: Gosudarstvennoe uchebno-pedagogicheskoe izdatel'stvo Ministerstva prosvescheniya RSFSR, 1955. 139 p.

Pavlinov I. Ya. Rossolimo O. L. Systematics of mammals of the USSR. M.: Izd-vo MGU, 1987. 285 p.

Siivonen L. Mammals of Northern Europe. M.: Lesnaya promyshlennost', 1979. 232 p.

Stroganov S. U. Mammals of Karelia. Petrozavodsk: Izdanie Karelo-Finskogo gos. universiteta, 1949. 201 p.

Ugrinovich N. D. Computer science and information technology. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2003. 512 p.

Flint V. E. Mammals of the USSR. M.: Mysl', 1965. 438 p.

Haritonov Ya. Ya. Determination of wildlife, ZooFirma. URL: <http://www.zoofirma.ru/nasekomye/letnie-shkolnye-praktiki-po-presnovodnoj-gidrobiologii/1635-opredelenie-obektov-zhivoj-prirody.html> (data obrascheniya 10.12.2014)

Ecoinformatics Theory. Practice. Methods and systems, [Yu. A. Arskiy, Yu. F. Zaharov, V. A. Kaluckov i dr.]; pod red. V. E. Sokolova; Rop. akad. nauk, M-vo ekologii i prirod. resursov Rop. Federacii. SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. 519 p.