

Techniques and Methods

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Using GIS-Software for Estimation of Number and Forecasting the Distribution of Breeding Raptors: Approbation of Methods for Examples of Analysis of Distribution of the Imperial Eagle and Golden Eagle in the Volga-Ural Region, Russia

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ГИС В ОЦЕНКЕ ЧИСЛЕННОСТИ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ГНЕЗДЯЩИХСЯ ХИЩНЫХ ПТИЦ: АПРОБАЦИЯ МЕТОДИК НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОГИЛЬНИКА И БЕРКУТА В ВОЛГО-УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ, РОССИЯ

Karyakin I.V. (Center of Field Studies, N. Novgorod, Russia)

Карякин И.В. (Центр полевых исследований, Н. Новгород, Россия)

Контакт:

Игорь Карякин
Центр полевых
исследований
603000, Россия,
Нижний Новгород,
ул. Короленко, 17а–17
тел.: +7 831 433 38 47
ikar_research@mail.ru

Contact:

Igor Karyakin
Center of Field Studies
Korolenko str., 17a–17
Nizhniy Novgorod,
Russia, 603000,
tel.: +7 831 433 38 47
ikar_research@mail.ru

Абстракт

В статье описана методика построения схемы размещения потенциальных гнездовых участков хищных птиц с использованием инструментария геоинформационных систем. В качестве ГИС-программы использована ArcView GIS 3x ESRI. Методика апробирована на примере двух видов орлов – могильнике (*Aquila heliaca*) и беркуте (*Aquila chrysaetos*) в лесостепной и южно-таёжной зонах Волго-Уральского региона. Для могильника на основании обнаруженных 15 гнёзд на 2-х площадках построена схема размещения из 222-х потенциальных гнездовых участков. Проверка показала, что в целом схема является рабочей. Гнездование могильника установлено на 102-х участках, что составляет 85,71% от числа проверенных. При этом при проверке 119 потенциальных участков было выявлено 120 реальных гнездовых участков. За пределами потенциальных участков обнаружено 8 гнёзд могильников, причём ровно половина из них находится в непосредственной близости от границ потенциальных участков. Размещение реальных гнездовых участков могильников отклонилось от схемы на 14,29%, но при этом численность могильника на гнездовании на обследованных территориях превысила расчётную всего на 0,84%. Для беркута на основании параметров размещения гнёзда в Верхнекамской гнездовой группировке от одного известного гнезда была построена схема, содержащая 26 потенциальных гнездовых участков на площади 3,1 тыс. км². Проверка позволила на всех 26 потенциальных гнездовых участках с той или иной степенью достоверности зарегистрировать присутствие беркутов: для 11 участков установлено гнездование орлов, для 7 – оно весьма вероятно, для 3-х участков гнездование беркута возможно и статус 5 участков не ясен, так как они не обследованы, но о присутствии беркута на них свидетельствуют опросные данные. Из схемы выбился только один гнездовой участок беркутов. Проверка схем размещения потенциальных гнездовых участков орлов показала, что методика работает и её можно рекомендовать для выявления особенностей размещения в пространстве территориальных пар пернатых хищников и оценки их численности на гнездовании.

Ключевые слова: хищные птицы, пернатые хищники, беркут, *Aquila chrysaetos*, могильник, *Aquila heliaca*, ГИС, пространственный анализ, ArcView.

Abstract

This article describes the procedure of constructing the distribution model of potential breeding territories of raptors by means of geo-information systems. ArcView GIS 3x ESRI was used as the GIS software. The procedure was tested by the example of two eagle species – Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) and Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) in forest-steppe and south taiga zones of the Volga-Ural Region. Based on 15 nests revealed on 2 sites, the distribution model comprising 222 potential breeding territories plotted for Imperial Eagle. The verification has proved this model in general to be valid. The nesting of Imperial Eagle was ascertained at 102 territories, which is 85.71% of the number of territories inspected. During the inspection of 119 potential territories, 120 real breeding territories were found. Outside the potential territories, 8 nests of the Imperial Eagle were found, half of them being located in direct proximity of boundaries of the potential sites. The distribution of the real breeding territories of the Imperial Eagle has deviated from the model by 14.29%; however, the population of the breeding Golden Eagle on the inspected territories surpassed the calculated value by only 0.84%. For Golden Eagle, based on the parameters of nest distribution in the Upper Kama breeding group relative to one nest, the model that comprised 26 potential breeding territories on the area of 3,100 km² was plotted. Now all 26 potential breeding territories are known as inhabited by Golden Eagles with a particular measure of confidence: the breeding is confirmed for 11 territories, the breeding is quite probable for 7 territories, for 3 territories, nesting of the Golden Eagle is possible; the status of 5 sites is unclear since they have not been inspected, however, the questionnaire data attest to the presence of the Golden Eagle on them. The only breeding territory of Golden Eagle stood apart from the model. The verification of the distribution models of potential breeding territories of eagles has shown that the procedure works and it can be recommended for revealing the features of spatial distribution of territory pairs of birds of prey and estimating their breeding population.

Keywords: birds of prey, raptors, Golden Eagle, *Aquila chrysaetos*, Imperial Eagle, *Aquila heliaca*, GIS, spatial analysis, ArcView.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ, ВСТУПИТЕЛЬНАЯ

Предисловие, или Где начинается «точная наука» в учётах животных?

Для решения многих научно-практических задач в области зоологии (зоогеографические и биогеоценологические исследования, экологическая экспертиза хозяйственных проектов, биомониторинг и прогноз, ведение кадастра животного мира и т.п.) необходимы сведения о численности и распределении изучаемых объектов на интересующей территории. Как бы ни хотелось исследователю узнать численность того или иного вида на определённой территории, без количественного учёта этих объектов данные по их численности просто невозможно получить. А значит, надо ходить (или ездить, плавать, летать), смотреть, слушать, считать и записывать, причём желательно следя определённым правилам при построении маршрутов и ведении записей.

Любой учёт сводится к определению параметров размещения учитываемого вида в пространстве. Упростив это понятие до минимума, можно констатировать обязательное определение двух основных характеристик распределения:

1. Приуроченность вида к определённому геоботаническому или ландшафтному выделу.

2. Плотность распределения вида в данном выделе.

В эпоху до географических информационных систем (ГИС) все количественные учёты животных сводились к определению их плотности, то есть количества объектов (особей, пар, следов, гнёзд, логов и т.п.) на единицу площади (например, особей/1 км²). Далее плотность экстраполировалась на определённую площадь для получения количественной оценки численности объектов того или иного вида (иначе говоря, запаса).

Казалось бы, всё достаточно просто, однако в данном алгоритме имеется масса подводных камней, которые являются целой скалой преткновения в оценке получаемого результата и вызывают массу научных и ненаучных дискуссий. Существует, как минимум, **пять основных причин**, вследствие которых итоговый результат всех учётов – оценка численности – будет разным.

Причина 1. В настоящее время имеется ряд методов учёта животных. Однако многие из них имеют тот общий недостаток, что претендуют на некоторую универсаль-

Introduction or What can GIS do to make the population estimations more exact?

GIS allows switching from extrapolation of density onto the area to the modeling of distribution of the counted objects on the basis of the parameters of their position relative to other animate and inanimate objects that were determined empirically.

GIS provides possibilities for:

- adjusting the point distribution using filtration of the erroneous values and visual detecting the regularities in the normal distribution;

- determining the actual extrapolation zone based on the results of analyzing points that are normally distributed not in the overall area, but relative to certain objects or each other in visible clusters;

- extrapolating different density indices onto the same biotypes located in different areas.

To illustrate, let us give a simple example in fig. 1. Figure 1-A: regularities of distribution of the points are not clear until they are transferred from the paper into GIS. We construct convex polygons and have another look at the pattern of distribution of the points. Figure 1-B: distribution of the points is scattered-grouped; the groups are randomly arranged. However, even a simple visual comparison of the position of the points with any landscape parameters may reveal certain regularities. Then, we connect the hydrogrid layer and observe the obvious result. Figure 1-C: the points are concentrated in the riverbeds that are remote from the river head by a certain distance. Figure 1-D: analysis of the distances between all neighbors attests to the normal distribution of points along the riverbeds.

The main adjusting and specifying points of modeling is the conversion of the points into polygonal objects, though conditional, but still the individual sites that can be used not only to restrict the count area, but also to plot the model of site distribution (both real and potential) for any given territory and to visualize all its drawbacks that cannot be revealed when using other methods of data processing.

Next, let us consider the application of the algorithm of population calculation via “distance analysis” in solving particular academic and research problems that are related to large raptors. ArcView GIS 3x (ArcView..., 1999b) was used as the GIS software, since it is the most available of all major licensed

ность и зачастую применяются для одновременного изучения всех видов. При этом допускается ошибочное положение, что все виды или экологические группы видов могут быть учтены с одинаковой степенью точности. В действительности, при использовании одного «универсального» метода, ошибка в отношении некоторых видов получается чрезмерно большой. Поэтому необходима специализация методов учёта в зависимости от биологических особенностей данной группы, характера стаций и сезона.

Таким образом, для каждого вида требуется адаптированная методика учёта.

Причина 2. Ключевой основой всех методик является визуальное или акустическое выявление и определение видовой принадлежности животных, либо их следов жизнедеятельности, гнёзд или логов, зарегистрированных во время учёта. Поэтому сведения учётчиков с разными физиологическими данными (зрение, слух, скорость реакции), прошедших по одному и тому же маршруту и посчитавших вид по одной и той же методике, будут существенно различаться. Собственно, на этом заканчивается наука и начинается искусство. Один исследователь никогда не в состоянии в точности повторить результат, полученный другим исследователем, особенно по истечении некоторого времени, так как, помимо физиологических качеств исследователя, на качество учёта влияет и масса совершенно реальных материальных причин, меняющихся с течением времени (например, погодные условия).

Таким образом, результаты учёта всегда субъективны и с этим приходится просто мириться, пока кто-нибудь не изобретет роботов-учётчиков с идеальной способностью фиксировать всё живое в определённой полосе учёта.

Причина 3. Результатом любого учёта является расчёт плотности, который может осуществляться разными способами, в основе которого всегда лежит главная проблема – определить площадь учёта (или ширину учётной по-

GIS products. In addition to the basic shell, we will require units Spatial Analyst and Image Analysis (ArcView..., 1999a, 1999c), extensions Image Warp (McVay, 1999), ShapeWarp (McVay, 1998), Edit Tools (Tchoukanski, 2004), X-Tools (DeLaune, 2000), Repeating Shapes (Jenness, 2005), Nearest Features (Jenness, 2004), and TRLegend (Dubinin, 2009). We use PHOTOMOD GeoCalculator software for coordinate recalculation, Adobe Photoshop CS2 – for image processing, and Statistica 5.0 – for statistical processing of the material.

**The First Example, or
Wherever an Imperial Eagle's nest is,
we will see it in the GIS**

Introduction

The example of approbation of the technique was carried out in the High Trans-Volga Region and the Cis-Ural region in the border zone of five constituent entities of the Russian Federation – the Samara, the Ulyanovsk, and the Orenburg districts and Tatarstan and Bashkortostan Republics.

Why was it the Imperial Eagle that was selected? The first reason is that it is an endangered species that is listed in the Red list of IUCN, and the Red Data Book of Russia (BirdLife International, 2008; IUCN, 2010; Galushin, 2001b) and the Red Data Books of all constituent entities of the Russian Federation, in which the breeding range of this eagle is located (Prisyazhnyuk et al., 2004). Another reason is that a large breeding group of the Imperial Eagle with the mixed pattern of nesting is conserved on the specified area on coniferous and deciduous trees along the uplands and deciduous trees in the lowered relief elements; this group is appreciably successfully assimilating in the forest-steppe landscapes that were strongly

Учёт могильника (*Aquila heliaca*) на боровой опушке.
Фото Э. Николенко.

Account of the Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) on edge of pine-forest. Photo by E. Nikolenko.



лосы). Единого мнения, как определить этот параметр, не существует. Казалось бы, вариант фиксированной учётной площади решает проблему, в отличие от вариантов определения ширины учётной полосы на основании средней арифметической или средней гармонической, в одну или обе стороны от оси учёта и т.д. Но он также имеет недостаток – индивидуальные участки животных не имеют какую-либо фиксированную форму и площадь и зависят как от физических качеств животного, так и от ландшафтных характеристик местности, в разных условиях разные особи выдерживают разную дистанцию до приближающегося наблюдателя и т.п. Поэтому фиксированная учётная площадь может сокращать реальную площадь, занимаемую индивидуальными участками, либо увеличивать её.

Таким образом, для каждого случая (учёта) требуется адаптация выбора расчёта учётной площади.

Причина 4. Итогом учётных работ является определение численности, то есть, экстраполяция плотности на определённую площадь. Сразу же возникает два вопроса:

- Какие данные можно экстраполировать, а какие нельзя?
- На какую территорию экстраполировать эти данные?

Единого мнения, как выбирать данные и площадь для экстраполяции, не существует. Большинство исследователей придерживается мнения, что для полноценной экстраполяции учётная площадь в пределах биотопа (ландшафта) должна быть пропорциональна площади биотопа (ландшафта), на которую осуществляется экстраполяция, а данные должны иметь нормальное распределение. Однако на практике это никогда не соблюдается, так как в большинстве случаев учёты осуществляются не там, где надо учитывать, а там, где это легче. В итоге, при учёте на больших площадях разных видов, математическое распределение данных для большинства не массовых видов далеко от нормального и стремится к контагиозному.

Учёт хищных птиц на точке. Фото А. Левина.

Point account of raptors. Photo by A. Levin.

disturbed by human (Borodin, 2008; Karyakin, 1998, 1999; Karyakin, Pazhenkov, 1999; Karyakin et al., 2008). The non-uniformity of distribution of the Imperial Eagle in the assimilated landscape results in obvious impediments when estimating its population; therefore, the solution to the problem will perfectly illustrate the potential of GIS tools.

Statement of the problem

Construction of the distribution model for breeding territories of the Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) on the key area of the forest-steppe zone of the High Trans-Volga Region and the Cis-Ural region in order to estimate its population and determine the potential breeding territories with the purpose of the inspection thereof.

Surveys

During the season 1998, 2 plots were inspected in order to find the Imperial Eagle (fig. 2). The first plot (with the area of 1101.1 km²) was set up in forest-steppe of the High Trans-Volga Region (the extreme northeast of the Samara district bordering with Tatarstan Republic and the Orenburg district) and is a hilly forest-steppe with the fragments of pine-broadleaved forests preserved along high terraces of small rivers and separated stands of parvifoliate forests along the watersheds. The second plot (with the area of 191.7 km²) was set up in forest-steppe of the left bank of the Volga (northwest of the Samara district bordering with the Ulyanovsk district) and is a weakly hilled forest steppe with the fragments of pine-broadleaved forests preserved along the sloping terraces of small rivers with watersheds totally occupied with agricultural lands.

15 nests were found during the inspection of these plots during the vehicle traverse



Таким образом, для каждого вида в каждом отдельном случае требуется адаптация выбора метода экстраполяции.

Причина 5. Для того, чтобы начать экстраполяцию, необходимо иметь для этого картографическую основу: геоботаническую или ландшафтную карту. В настоящее время нет выработанных критериев определения типичных местообитаний даже по группам видов. Геоботаническая карта достаточно условна, и, например, в сосняке-беломошнике на речной террасе и в сосняке-беломошнике на водоразделе вид будет иметь совершенно разную плотность. Ландшафтных карт не существует даже на большую часть ООПТ, не говоря уже о территории областей, и тем более всей страны.

Таким образом, для каждого вида в каждом отдельном случае требуется адаптация определения зоны для экстраполяции учётных данных.

Учитывая всё вышесказанное, оценка численности животного на какой-либо территории – это **четырёхкратная адаптация субъективных данных**, осуществлённая исследователем исходя из каких-то его определённых знаний объекта исследований и местности, которые могут быть тоже субъективными.

Возникает два вопроса:

- Где же начинается «точная наука» в учётах животных?

- Для чего же нужна стандартизация методов учёта и учёт разных видов одной методикой, хотя доподлинно известно, что для большинства видов результат будет иметь более чем 50% ошибку?

Ответы очень просты.

Репрезентативность и достоверная повторяемость результата на основе выявленной закономерности возможна лишь в том случае, когда на это влияет минимум субъективных причин, либо эти субъективные причины всегда одинаковы и влияют одинаковым образом во времени и пространстве. Следовательно, «точная наука» начинается там, где начинается расчёт численности или, иначе говоря, преобразование учётных данных в оценку численности для какой-то более крупной территории. А стандартизация методов учёта необходима для того, чтобы один и тот же исследователь по одной и той же территории мог сравнивать свои (и не более) результаты для отслеживания динамики численности изучаемых им объектов. Во всех остальных случаях «запас» – это некая аб-

focused on searching for the typical nests of the Imperial Eagle, (fig. 3). The nests were found in completely different types of habitats – the regions of needle-leaved and broad-leaved forest with the occurrence or predominance of pine in the first story bordering with fields and floodplains, flood plain forest bordering with pasture grounds and fields, and birch groves among the fields and steppe pasture grounds. 9 of 15 nests were revealed in the near marginal parts of needle-leaved and broad-leaved forest regions and were constructed on pine trees (*Pinus sylvestris*), 3 – in aspen-birch forest stands and were constructed on birch trees (*Betula pendula*); 2 – in the floodplain of the river; and 1 – in the forest belt among deposits and was constructed on poplar trees (*Populus* sp.). 9 nests were found on plot №1; 3 of those were constructed on birch trees, 3 – on poplar trees; on plot №2, 6 nests were found, all of them on pine trees.

The key territory with its contour plotted appreciably subjectively through the territory that was planned to be surveyed in the 1998–2008 occupies 31,244.9 km² (fig. 2).

The simple calculation of density according to the method of plot counts provides the average value of 1.16 pairs/100 km² of the total area (0.82–3.13 pairs/100 km² of the total area). Extrapolation of these data onto the area of the key territory allows assuming that 113–612 pairs are breeding in this territory, 363 pairs on average in the key territory. The estimation is characterized by a large error and is obviously inconsistent. The visual analysis of the map assumes overestimation, since the extrapolation was carried out onto the territory with large habitat areas that are not optimal for the Imperial Eagle, on one of them the density of the Imperial Eagle explicitly being the maximum for the species (plot №2, density of 3.13 pairs/100 km² of the total area). Abstracting from the plot contours and calculating the density on the count transects (Karyakin, 2004), their length on plots 1 and 2 being 66.0 and 244.15 km, respectively, at the average distance of the occurrence of nests of the Imperial Eagle of 1.18 km (the width of the count transect of 2.36 km), the density will be 2.05 pairs/100 km² of near marginal forest zone (1.54–4.13 pairs/100 km² of near marginal forest zone). However, these parameters can be extrapolated only onto the near marginal zone, it being appreciably complicated to calculate its area without using GIS-software.

So what can be done to update the es-

стракция, необходимая для того, чтобы понять, насколько далека численность вида на данной территории от оптимального (или даже возможного) максимума или близка к критическому минимуму. Между этими крайностями оценка может лежать как в пределах $\pm 3SD$, так и в большем диапазоне. Иначе говоря, оценка численности в 100–600 пар, построенная на основании учёта 10 пар, может считаться допустимой. Вот такая вот зооматематика!

Введение, или Что же может сделать ГИС для уточнения оценок численности?

ГИС позволяет уйти от экстраполяции плотности на площадь к моделированию размещения объектов учёта на основании параметров их положения по отношению к другим объектам живой и неживой природы, установленных эмпирически.

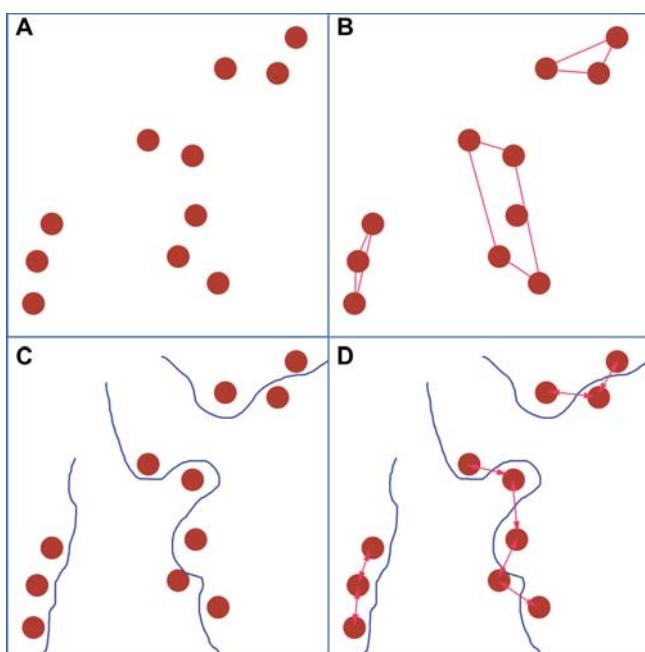
В ГИС можно:

- настраивать распределение точек, используя фильтрацию ошибочных значений и визуально выявлять закономерности нормального распределения;
- определять фактическую зону экстраполяции, исходя из результатов анализа точек, имеющих нормальное распределение не в общем пространстве, а по отношению к каким-нибудь объектам или друг по отношению к другу в очевидных кластерах;
- экстраполировать разные показатели плотности на одни и те же биотопы, расположенные на разных территориях.

Для иллюстрации приведём простейший пример (рис. 1). Рисунок 1-А: за-

Рис. 1. Пример анализа размещения гнездовых участков в ГИС.

Fig. 1. Example of analysis of breeding territory distribution within GIS-software.



timation of the population, having these count data? There are several variants. The first variant comprises calculation of the area of near marginal forest zones and extrapolate the density parameters obtained during the transect counts; the second variant is to translate the density in nesting habitats on the plots into the nesting habitats of the key territory; and finally, the third variant is to construct the model of distribution of the potential breeding territories on the basis of the specific characteristics of nest location. In all three cases, we will have to use GIS-software; however, with almost equal efforts, the construction of the distribution model will provide much more precise estimation of the population and simultaneously solve another problem – detection of potential breeding territories of the Imperial Eagle for their validation.

Below is the minute consideration of the data processing using the third variant.

Data processing

In our case with the Imperial Eagle, data processing is an appreciably complicated task using GIS-software, which should comprise several steps. The first step – preparation of topographical maps. We will use it to determine the regularities of spatial distribution of nests of the Imperial Eagle and create of habitat maps of the Imperial Eagle in the region – it is the second step. The third step is not connected with GIS; however, it is equally important. It is necessary to determine the difference in the distribution of the Imperial Eagles breeding on pine trees in pine forest, on birch and poplar trees in the forest-field landscape, and floodplains; as well as the probability for their separation over different breeding groups with the specific pattern of nesting. Discriminant analysis will help us here. The fourth step – preparation of the topographical maps of the Imperial Eagle differentiated with respect to different breeding groups. The fifth – the final step – generating the model of potential breeding territories of Imperial Eagles for the key territories.

Step-by-step algorithm of data processing in ArcView 3.x.

Stage 1. Preparing the topographical maps for the analysis within GIS-software.

1. Create a raster map for the key territories based on topographical maps (scale 1:200 000). Topographical maps are scanned, converted in raster data TIFF for-

кономерности распределения точек не совсем ясны, пока они лежат на бумаге, а не в ГИС. Построим конвексные полигоны и взглянем на картину распределения точек ещё раз. Рисунок 1–В: распределение точек рассеяно-групповое и группы располагаются в случайном порядке. Однако, даже простейшее визуальное сопоставление расположения точек с любыми ландшафтными характеристиками может выявить определённые закономерности. Подключаем слой гидросети и наблюдаем очевидный результат. Рисунок 1–С: точки тяготеют к руслам рек, удалённым от истока на определённое расстояние. Рисунок 1–Д: анализ дистанций между всеми соседями свидетельствует о нормальном распределении точек вдоль русел рек.

Основной корректирующий и уточняющий момент моделирования – преобразование точек в полигональные объекты, пусть и условные, но всё же индивидуальные участки, по которым можно не только ограничить учётную площадь, но и построить схему распределения участков (как реальных, так и потенциальных) для любой заданной территории, визуализировав все её изъяны, которые не видны в иных случаях обработки данных.

Если, в случае с «бумажной» обработкой учётных данных, «плотность» – это некий показатель, необходимый для расчёта численности, то, в случае с обработкой данных в ГИС, – это некий результат «визуализации численности».

При обработке учётных данных в ГИС решающее значение имеет не количество объектов на единице учётной площади, а дистанции между всеми или ближайшими соседями, объектами живой и неживой природы и антропогенной инфраструктуры.

Вернёмся ещё раз к методикам.

Для получения информации о плотности животных, для определения их относительной и/или абсолютной численности применяют следующие основные группы методик количественного учёта (Бибби и др., 2000; Карякин, 2004; Наумов, 1963; Равкин, 1967; Равкин, Челинцев, 1990; Челинцев, 1985; 1989; Blondel et al., 1977; Hayne, 1949; Palmgren, 1930; Recher, 1981; Sutherland et al., 2004):

- методики площадочных учётов,
- методики маршрутных учётов,
- методики точечных учётов.

Методики площадочного учёта довольно трудоёмки, и при работе с редкими ви-

мат и зарегистрированы в ArcView в проекции UTM-83, зона 38 (система координат WGS-84).

1.1. Merge and index maps in the graphic editor Adobe Photoshop CS2, as a result the raster in TIFF format indexing in color should be created for each sheet.

1.2. Coordinates of angular points of topographical maps are recalculated from CK-42 in WGS-84 the program PHOTOMOD GeoCalculator.

1.3. Calculated coordinates are exported to *.txt format.

1.4. The *.txt file with coordinates for reference points is imported in ArcView, thus using option Add Event Theme it is transformed to a shapefile.

1.5. Using Image Warp extension topographical maps are registered in projection UTM-83, zone 38.

1.6. Using Transparent Legend extension maps are visually merged in the united layer.

2. On the basis of satellite image Landsat ETM + 2000 (by default we consider it to be already registered in the coordinate system that is used) with the assistance of proprietary materials, we prepare thematic maps: the vegetation map, which we isolate the layers of forest, open habitats, hydrographic network, settlements, and farms from.

2.1. Using Image Analysis Extension, we classify the satellite image into 16 classes (option Categorize) and generalize them (option Smooth).

2.2. The classified image is converted into the vector format (shapefile), the polygons with the lengths of the borders with the larger ones being smaller than 0.05 km² are eliminated using Edit Tools extension (option Eliminate).

2.3. On the basis of the system of reference points, we construct the legend of correspondence of the classes to vegetation types. Different vegetation types that were placed into one class with regard to their spectral characteristics (e.g., bushy meadow and young larch tree forest) or, vice versa, the same types that spectrally differ at the present time point (undisturbed steppe and steppe subjected to fire of the same year as that of the survey) are classified manually on the basis of the analysis of geometrical structure of the objects and their confinement to landscape elements (command [field].substitute ("Class x", "Class xx") of the calculator of column values).

2.4. Classes 2–5 are isolated into an individual thematic layer as forest habitats (deciduous, mixed, and coniferous forests). The

дами требуют огромных усилий, поэтому применяются редко. Методики маршрутных и точечных учётов в этом плане более перспективны, поэтому используются исследователями наиболее часто. Методики точечного учёта различаются способом расчёта учётной полосы и временем проведения учёта (Бибби и др., 2000; Калякин, 2004; Челинцев, 1989; Blondel *et al.*, 1977; Recher, 1981). Методики маршрутного учёта различаются способом расчёта учётной полосы. Некоторые ориентированы на учёт животных на фиксированной полосе (Наумов, 1963; Приедниекс и др., 1986; Jarvinen, Vaisanen, 1977), но большинство ориентированы на определение дистанций от учётчика до встреченного объекта, причём разные методики требуют разного подхода к определению этих дистанций и расчёта ширины учётной полосы. Расчёт учётной полосы на маршрутах базируется на определении ширины учётной полосы по перпендикулярным дистанциям от учётчика до объекта (Челинцев, 1985; Dixon, 1977; Sutherland *et al.*, 2004), по радиальным дистанциям с раздельногрупповым пересчётом (Равкин, 1967), по радиальным дистанциям с расчётом удвоенной среднеарифметической (Науле, 1949; Равкин, Доброхотов, 1963; Калякин, 2004), по радиальной дистанции и углу обнаружения (Бибби и др., 2000; Челинцев, 1988; Buckland *et al.*, 1993). Последний вариант методики интегрирован в программный комплекс Distance, широко использующийся за рубежом (Бибби и др., 2000) и имеющий мощный встроенный статистический аппарат на основе информационного критерия Акаике (Akaike Information Criterion, AIC) (Buckland *et al.*, 1993), чем не могут похвастаться российские методики.

Во всех случаях разный подход к вычислению учётной площади ведёт к получению абсолютно разных показателей плотности животных на единицу площади, несмотря на использование одних и тех же данных. Когда же приходится вести речь об учёте гнёзд птиц, особенно крупных хищников, то при использовании любой методики расчёта учётной полосы возникнут искажения, связанные с приравниванием гнёзд к встречам. Здесь встаёт также вопрос о неоднозначности того, как рассчитывать радиальную дистанцию от учётчика до гнезда, так как, во многих случаях, с линии маршрута приходится передвигаться в сторону гнездового биотопа, увидев птиц, либо уже предполагая там наличие гнез-

map is simplified by the filtration of objects with area less than 0.1 km², linear objects with width less than 0.1 km and by smoothing the polygon orders (option of elimination of excess vertices).

2.5. The classes corresponding to steppe habitats are isolated into an individual thematic layer from the layer of open habitats. The objects corresponding to the deposits, which are detected on the basis of their geometry (regular-shaped contours, alien natural units) are eliminated manually.

Stage 2. Creation of habitat map.

2. The key parameters of the distribution of the known nests are determined according to the survey descriptions and in ArcView 3x using thematic maps:

- 3.1. nesting tree species
- 3.2. forest type
- 3.3. forest age
- 3.4. elevation change (in km/km)
- 3.5. direction of slope*
- 3.6. orientation of the nesting tree relative to the forest margin and/or the slope
- 3.7. distance to an open space (margin)
- 3.8. distance to a forest*
- 3.9. distance to a river
- 3.10. distance to a field
- 3.11. distance to a pasture ground
- 3.12. distance to a standing water body
- 3.13. distance to a settlement
- 3.14. distance to a farm

* – parameters determined in those cases when there their determination is feasible, for example, there is an explicitly pronounced relief or a nest is located in the open space.

4. The parameters for each nest are listed in the attributive table in the vector layer.

5. Descriptive statistics $M \pm SD$ is obtained for each parameter.

6. Functioning parameters are selected; the criterion of this is the normal distribution and deviation from mean no higher than 30%.

7. In ArcView 3x, using the standard function for buffer construction on the basis of thematic maps, the buffer zones are constructed for each parameter step-by-step by using the mean value.

8. The buffer zones are merged into the single layer.

9. Using X-Tools extension, the vegetation map is cropped at the contour of the buffer zone layer – thus, we obtain the map of nesting habitats of the Imperial Eagle.

Табл. 1. Разница в алгоритмах расчёта численности стандартными методами и методами ГИС (курсивом выделены действия, в которые существенно вмешивается субъективный фактор).

Table 1. Difference between algorithms of number calculation with use of standard methods and GIS- software (italic font marks the operations that depend on the subjective factor very much).

Алгоритм расчёта численности «стандартный» The «standard» algorithm of number calculation	Алгоритм расчёта численности «по анализу дистанций» The algorithm of number calculation «on analysis of distances»
Построение учётной площади исходя из каких-то фиксированных параметров, определённых по карте, либо непосредственно в ходе учёта <i>Generating a study plot on the basis of some fixed parameters estimated with use of a map, or calculated during the account</i>	Определение дистанции между всеми и/или ближайшими соседями Calculating the distances between all and/or nearest neighbours
Расчёт плотности / Calculation of density	Определение дистанций между точками встреч объектов учёта и заданными объектами других векторных тем и построение зоны для экстраполяции на основании полученных данных ГИС-анализа Calculating the distances between records of target objects of other vector themes and generating the zone for extrapolation on the basis of data obtained with use of GIS-analysis
Выбор зоны для экстраполяции <i>Selecting the zone for extrapolation</i>	Оценка математического распределения данных Estimation of mathematical distribution of data
Оценка математического распределения данных Estimation of mathematical distribution of data	Построение схемы потенциальных участков исходя из параметров математического распределения данных Generating the model of potential areas on the basis of parameters of mathematical distribution of data
Экстраполяция на выбранную зону исходя из параметров математического распределения данных Extrapolation on the selected zone on the basis of parameters of mathematical distribution of data	Построение схемы потенциальных участков исходя из параметров математического распределения данных Generating the model of potential areas on the basis of parameters of mathematical distribution of data

да. Часто движение осуществляется вдоль линии гнездопригодного биотопа, где с вероятностью до 90% располагаются гнёзда учитываемого вида, причём даже гнёзда крупных видов, в этом случае, могут выявляться с дистанций всего лишь в несколько метров.

Всё вышесказанное становится неважным, когда данные экспортятся в ГИС. Здесь вид методики учёта уже не имеет такого определяющего значения, как при обработке «на бумаге» или в программе Distance, так как упрощается до прорисовки трека и расстановки точек. По конфигурации трека и границам индивидуальных участков разных видов определяется учётная площадь.

Таким образом, при учёте на маршруте или точке учётная полоса может не иметь фиксированной ширины по средней дальности или окружности обнаружения, а изменяется по мере продвижения учётчика и регистрации объектов, на которых направлен учёт. Аналогом плотности являются дистанции между всеми или ближайшими соседями, на основании которых и строится расчёт (табл. 1) и проверяются ошибки учёта. При этом сохраняется возможность пересчитать данные по любой стандартной методике, использующей такие параметры как фиксированная полоса учёта, перпендикулярная и радиальная

Stage 3. Searching for the parameters, on the basis of which the map of breeding clusters is constructed

10. Parameters of the nest distribution are exported to Statistica 5.0 software, and Discriminant analysis of the data is carried out:

10.1. The following parameters are selected:

- 10.1.1. nesting tree species
- 10.1.2. forest type
- 10.1.3. forest age
- 10.1.4. forest area
- 10.1.5 elevation change (in m/km)
- 10.1.6. distance to an open space (margin)
- 10.1.7. distance to a pasture ground
- 10.1.8. distance to a settlement
- 10.1.9 distance to a farm

10.2. The variables are grouped with regard to the nesting tree species using the Forward stepwise method.

10.3. After looking at the result on the scattering plot of canonical scores, the variant of variable grouping that provides the most adequate division of the scores into groups is chosen.

10.4. The ordination parameter with the maximum loading for creation of the map of breeding groups is chosen.

Stage 4. Creation of the map of nesting clusters

- 11. Using the thematic maps on the ba-



Могильник
(*Aquila heliaca*).
Фото Э. Николенко.

Imperial Eagle
(*Aquila heliaca*).
Photo by E. Nikolenko.

дистанция до объекта и направление (угол) на встреченный объект в момент его первой регистрации, если во время учёта фиксировать в полевом дневнике дистанции до каждого встреченного объекта и азимут с точки нахождения учётника на объект в момент его обнаружения.

Далее мы рассмотрим применение алгоритма расчёта

численности «по анализу дистанций» в решении конкретных научно-практических задач, связанных с крупными пернатыми хищниками. В качестве ГИС-программы используем ArcView GIS 3x (ArcView..., 1999б), как наиболее доступную из полноценных лицензируемых ГИС продуктов (с открытыми настольными ГИС, имеющими многие функции, доступные в ArcView, можно познакомиться в публикации М.Ю. Дубинина и Д.А. Рыкова, 2010). Помимо основной оболочки нам потребуются модули Spatial Analyst и Image Analysis (ArcView..., 1999а, 1999с), расширения Image Warp (McVay, 1999), ShapeWarp (McVay, 1998), Edit Tools (Tchoukanski, 2004), X-Tools (DeLaune, 2000), Repeating Shapes (Jenness, 2005), Nearest Features (Jenness, 2004) и TRLegend (Дубинин, 2009). Для пересчёта координат используем программу PHOTOMOD GeoCalculator, для обработки изображений – Adobe Photoshop CS2, для стат-обработки материала – Statistica 5.0.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ, ГИСОВАЯ

Пример первый, или

Где бы могильник ни гнездился, в ГИС участок засветился!

Введение

Пример отработки методики реализован на территории Высокого Заволжья и Предуралья в пограничной области 5 субъектов РФ – Самарской, Ульяновской и Оренбургской областей и республик Татарстан и Башкортостан.

Почему выбор пал именно на могильника? Потому что это угрожаемый вид, внесённый в Красный список МСОП, Красную книгу России (BirdLife International, 2008; IUCN, 2010; Галушин, 2001б) и Красные книги всех субъектов РФ, в которых лежит гнездовой ареал этого орла (Присяжнюк и др., 2004). Потому что на обозначенной территории сохраняется крупная

система охотничьих угодий, что делает возможным проведение учёта в полевых условиях.

12. On the basis of Thiessen polygons, the working vector layer of breeding groups is formed by isolating the overlapping zones between the clusters, if those are obvious, into individual polygons.

13. Using X-Tools extension, the identification of the habitat map on the basis of the working vector layer of breeding groups is carried out; the corresponding attributes are listed into the attributive table.

14. On the basis of the type of the predominant habitats, the polygons of the habitat map that remained beyond the layer of breeding groups are attributed to a particular type.

15. The final habitat map divided into the breeding groups with the recorded attributive information is converted into the final vector layer.

Stage 5. Creation of the map of potential breeding territories

16. Using the Nearest Features extension in ArcView 3x, the distances between the nearest neighbors are determined, and the distance map is created.

17. Using the Edit Tools extension from the distance map, geometrical duplicates of distance lines between two nearest neighbors are eliminated.

18. The average distance and the standard deviation are determined for each breeding group.

19. The layer of circles or hexagons imitating the distribution model of the potential breeding territories of the Imperial Eagle is constructed using Repeating Shapes extension for each contour of breeding group on the basis of the average nearest neighbor distance determined for this contour.

20. On the basis of the reference point that are the known nests of Imperial Eagles, the preliminary vector layer of the potential breeding territories of the Imperial Eagle is corrected using ShapeWarp extension by pulling the territory centers to the known points.

21. On the basis of the corrected preliminary layer of potential breeding territories of the Imperial Eagle, the centroid layer is obtained using X-Tools extension.

22. The final layer of potential breeding territories of the Imperial Eagle is constructed on the basis of the centroid layer using the standard function of buffer construction,

гнездовая группировка могильника, имеющая смешанный стереотип гнездования на хвойных и лиственных деревьях по возвышенностям и на лиственных деревьях в пониженных элементах рельефа, достаточно успешно осваивающая сильно нарушенные человеком лесостепные ландшафты (Бородин, 2008; Карякин, 1998, 1999; Карякин, Паженков, 1999; Карякин и др., 2008). Неравномерность размещения могильника в освоенном ландшафте приводит к очевидным затруднениям при оценке его численности, поэтому решение этой задачи отлично проиллюстрирует возможности инструментария ГИС.

Формулировка задачи

Построение модели распределения гнездовых участков могильника (*Aquila heliaca*) на ключевой территории лесостепной зоны Высокого Заволжья и Предуралья для оценки его численности и определения потенциальных мест гнездования с целью их обследования.

Полевые исследования

В сезон 1998 г. проведено обследование двух площадок на предмет выявления могильника (рис. 2). Первая площадка (площадь 1101,1 км²) заложена в лесосте-

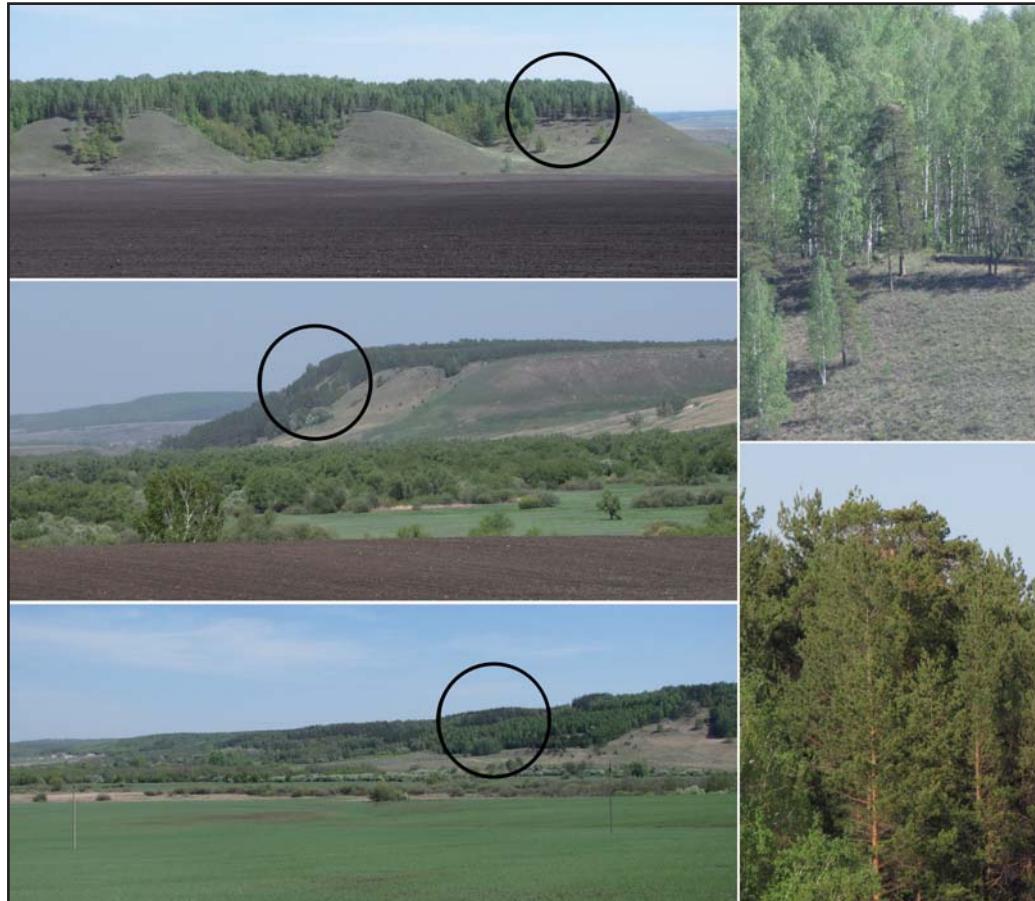
паха, имеющая требуемое расстояние от центра гнездования до границы селения – 0,1–5 км, на хвойных и лиственных деревьях по возвышенностям и на лиственных деревьях в пониженных элементах рельефа, достаточно успешно осваивающая сильно нарушенные человеком лесостепные ландшафты (Бородин, 2008; Карякин, 1998, 1999; Карякин, Паженков, 1999; Карякин и др., 2008). Неравномерность размещения могильника в освоенном ландшафте приводит к очевидным затруднениям при оценке его численности, поэтому решение этой задачи отлично проиллюстрирует возможности инструментария ГИС.

Estimation of the result

Let us start discussing the results starting with the third stage. So, we obtained the working parameters of the distribution of nests of the Imperial Eagle on plots (table 2). The first fact to stand out is that the area of the forest in which a nest is located strongly varies (from 0.1 to 311 km²); however, the pairs breeding on pine trees build nests in appreciably large forest territories. The minimum dispersion is characteristic of such parameters as the nest-farm distance – 0.1–5 km, on average 1.81 ± 1.52 km, nest-settlement distance – 0.1–5 km, on average, 1.62 ± 1.53 km, and elevation change – 0–0.6 km/km, on average, 0.02 ± 0.02 km/km. The Discriminant analysis of the parameters of nest location on the plots with respect to the parameters included in the model, such as the nest-settlement distance and elevation change, has demonstrated explicit distinctions between the patterns of the Imperial Eagle nesting on pine, birch, and poplar trees (table 3, fig. 4). The classification functions are shown in table 4. What does it suggest? It tells that we can boldly divide the habitat of the Imperial Eagle in

Типичные гнёзда
могильника на соснах
на Бугульминско-
Белебеевской возвы-
шенности.
Фото И. Карякина.

Typical nests of
the Imperial Eagle
on the pines in
the Bugulminsko-
Belebeevskaya upland.
Photos by I. Karyakin.



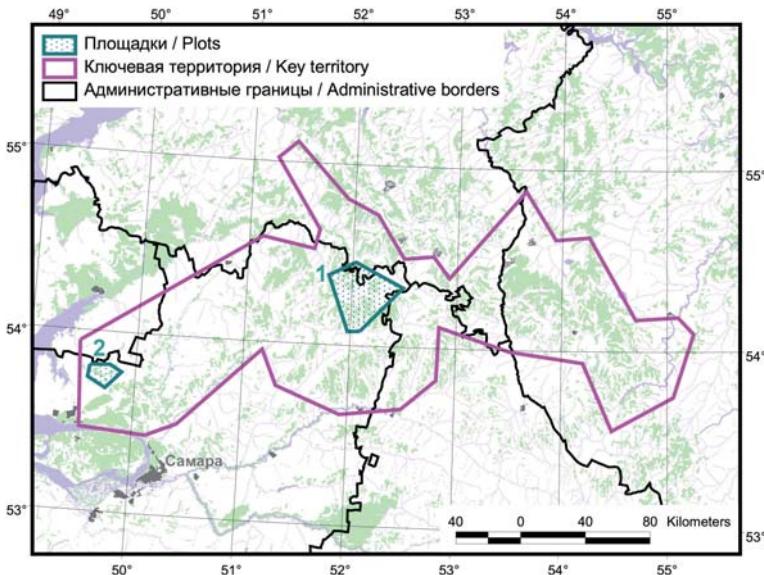


Рис. 2. Ключевая территория и площадки (нумерация площадок соответствует нумерации в тексте).

Fig. 2. Key territory and study plots (numbers of plots are similar with the same in the text).

пи Высокого Заволжья (крайний северо-восток Самарской области на границе республики Татарстан и Оренбургской области) и представляет собой всхолмленную лесостепь с фрагментами сохранившихся сосново-широколиственных лесов на высоких террасах малых рек и колками мелколиственных лесов. Вторая площадка (площадь 191,7 км²) заложена в лесостепи левобережья Волги (северо-запад Самарской области на границе с Ульяновской областью) и представляет собой слабо всхолмленную лесостепь с фрагментами сохранившихся сосново-широколиственных лесов на пологих террасах малых рек с водоразделами, полностью занятymi пашнями.

В ходе обследования этих площадок на автомобильных маршрутах, ориентированных на поиск типичных гнёзд мо-

ур нашей территории в три типа, что соответствует паттернам гнездования Императорского орла на ели, сосне и берёзе. Самый простой подход – это использовать для деления экологических объектов параметры, включённые в модель Дискриминантного анализа. Однако, деление будет более точным, если будут использованы ряд других ландшафтных характеристик, которые видны в ГИС, но не отражены в модели, так как они не имеют явной связи с параметрами распределения гнёзд (такими как соотношение леса к территории гнездования в её общей площади, соотношение пашни/степи к территории гнездования, и т.д.).

Следующий этап – определение расстояний между гнёздами различных пар. Этот этап важен из-за того, что это среднее расстояние между гнёздами, которое будет использоваться в качестве параметра на основе которого будет построено множество окружностей, имитирующее систему гнездовых территорий. Здесь возникает вопрос – использовать ли расстояния между всеми соседями, или между ближайшими? Если нет явной зависимости линейного расположения гнездовых территорий по некоторым объектам, которые можно увидеть на изображении (крайний участок тянутся в виде прямой линии, река, и т.д.), то лучше всего рассмотреть расстояния между ближайшими соседями. В нашем случае, для гнёзд, расположенных на ели, среднее расстояние (n=8) – 2.39–11.73, в среднем, 5.93±3.22 км; для гнёзд, расположенных на берёзе – (n=2) 14.54–15.23, в среднем, 14.89 км; и для гнёзд, расположенных на осине – (n=2) 17.23–24.12, в среднем, 20.68±4.87 км. Модель потенциальных гнездовых территорий внутри контура ключевой территории кон-

Типичные гнёзда
могильника на берёзах
(слева) и на тополях
(справа).
Фото И. Калякина.

Typical nests of the Imperial Eagle on the birches (at the left) and on the poplars (at the right).
Photos by I. Karyakin.



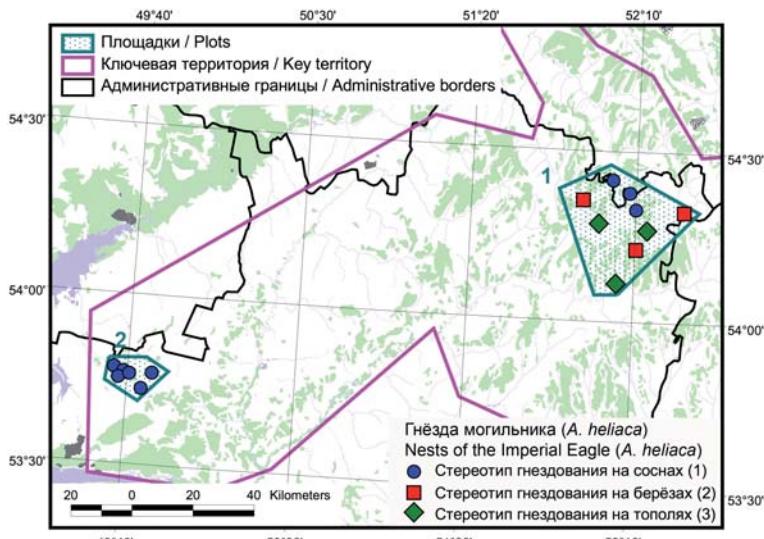


Рис. 3. Гнёзда могильника (*Aquila heliaca*) на площадках (нумерация площадок соответствует нумерации в тексте).

Fig. 3. Nests of the Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) on study plots (numbers of plots are similar with the same in the text). Labels:
1 – pine-type of nesting habit,
2 – birch-type of nesting habit,
3 – poplar-type of nesting habit.

гильника, обнаружено 15 гнёзд (рис. 3). Гнёзда найдены в совершенно разных типах местообитаний – участки хвойно-широколиственного леса с присутствием или доминированием сосны в первом ярусе, граничащие с полями и речными поймами, пойменный лес, граничащий с пастбищами и полями и берёзовые перелески среди полей и степных пастбищ. Из 15 гнёзд 9 выявлены в хвойно-широколиственных участках леса, в их приопушечной части, и устроены на соснах (*Pinus sylvestris*), 3 – в осиново-берёзовых колках и устроены на берёзах (*Betula pendula*), 2 – в пойме реки и 1 – в лесополосе, среди залежей, устроенные на тополях (*Populus* sp.). На площадке №1 обнаружено 9 гнёзд, из которых 3 устроены на соснах, 3 – на берёзах, 3 – на тополях; на площадке №2 – 6 гнёзд, все на соснах.

Ключевая территория, контур которой проведён достаточно субъективно через территорию, планировавшуюся к обследованию в 1998–2008 гг., занимает площадь 31244,9 км² (рис. 2).

Простой расчёт плотности по методике площадочных учётов даёт показатель в среднем 1,16 пар/100 км² общей площади (0,82–3,13 пар/100 км² общей площади). Экстраполяция этих данных на площадь ключевой территории позволяет предположить гнездование 168–784 пар, в среднем 363 пар, могильников на ключевой территории. Оценка имеет очень большую ошибку и очевидно, что она не корректна. Визуальный анализ карты предполагает завышение оценки, так как экстраполяция осуществлена на территорию, имеющую большие площади местообитаний, не являющихся оптимальными для могильника, в то время как обе площадки заложены в оптимальных местообитаниях, а на одной

структуре на основе этих параметров given in fig. 5. It consists of 222 objects (130 objects corresponding to the potential territories on which the breeding of the Imperial Eagle is supposed according to the pattern of breeding on pine trees, 67 – on birch trees, and 25 – on poplar trees).

Let us concentrate on the breeding pattern. By this term we understand the arrangement of a nest by the Imperial Eagle in the landscape so that with respect of the complex of parameters, it matched a certain typical variant that is characteristic of a number of eagle pairs in this region. The isolated patterns of breeding on pine, birch, and poplar trees have characteristics as follows. The nest corresponding to the pattern of breeding on a pine tree is located on an elevated terrace territory (a watershed ridge or a bold mountain), mainly in the upper part of the slope or on its peak, usually in a large forest massif, always facing a pasture ground and a farm and/or a settlement. The nest is predominantly constructed on a pine tree, on its top; however, there may be different variants of nest construction on oaks, rarely on birch trees, usually in the same habitats, where the pine forest is replaced by secondary broad-leaved or small-leaved forest. The nest corresponding to the pattern of breeding on a birch tree is located in the wavy, usually watershed landscape, in the lower part of a slope or in its base, in a separated forest stand or a group of trees, among pasture grounds; however, commonly beyond sight from the farm or the settlement. The nest is predominantly constructed on a birch tree, more rarely, on an oak or aspen trees, in the mid-crown. The nest corresponding to the pattern of nesting on a poplar tree is located in a flattened, typically floodplain landscape, with the minimum elevation change, on the territory with the minimum forest coverage, within the sight from a pasture ground, but beyond the sight from a farm or a settlement. The nest is predominantly constructed on a poplar tree, more rarely, on an elm or a birch tree, in the upper crown.

Now let us minutely consider the resultant model. Three clusters of potential territories corresponding to the type of breeding of the Imperial Eagle on pine trees are isolated in this model, since precisely in these territories the pine broad-leaved forests occur. The entire central part of the key territory is occupied by the potential territories corresponding to the type of breeding on the

Типичные гнёзда
могильника на соснах
в Приволжских борах:
на опушке террас-
ного бора (вверху) и
среди нагорного леса
в удалении от опушки
(внизу).
Фото И. Калякина.

Typical nests of the
Imperial Eagle on the
pines in the Privolzhskie
pine-forests: upper – on
edge of pine-forest,
bottom – in the upland
forest.

Photos by I. Karyakin.



из площадок, к тому же, плотность могильника была явно максимальной для вида (площадка №2, плотность 3,13 пар/100 км² общей площади). Если отвлечься от контуров площадки и посчитать плотность на маршрутах (см. Калякин, 2004), протяжённость которых на площадках 1 и 2 составила 66,0 и 244,15 км, соответственно, то, при средней дистанции обнаружения гнёзд могильника 1,18 км (ширина учётной полосы 2,36 км), плотность составит 2,05 пар/100 км² приопушечной зоны лесов (1,56–3,85 пар/100 км² приопушечной зоны лесов). Но эти показатели можно экстраполировать только на приопушечную зону, площадь которой без ГИС довольно сложно посчитать.

Что же можно сделать для корректировки оценки численности, имея настоящие учётные данные? Есть несколько вариантов. Первый вариант – посчитать площадь приопушечной зоны лесов и экстраполировать показатели плотности, полученные на маршрутных учётах, второй вариант – пересчитать плотность в гнездопригодных биотопах на площадках на гнездопригодные биотопы ключевой территории и, наконец, третий вариант – построить схему

birch tree, even in those territories where the nests in open landscapes on poplar trees are known on the plots. It is connected with the fact that the open territories with the nests on poplar trees within the plot were isolated, and there was no possibility of constructing a layer from several neighboring territories with the diameter of 20.68 km.

The main question is how reliable is the model of 222 potential breeding territories of the Imperial Eagle constructed on the basis of 15 nests (6.76% of the known nests of the estimated number of the species in the key territory)? Right now we will analyze the reliability.

There is not to say that the entire territory has been studied to the present moment; however, it has been annually, up to 2010 inclusive, visited by different ornithologists and bird-fanciers, the database on breeding territories of the Imperial Eagle being annually appended. By now, 119 potential breeding territories were inspected, which makes up 53.6% of the total number of those estimated in the model (table 5, fig. 6).

Inspection of the territories has shown that in general the model is working. Breed-

распределения потенциальных гнездовых участков исходя из специфических характеристик размещения гнёзд. И в том, и в другом, и в третьем случае придётся использовать ГИС, однако, при фактически одинаковых трудозатратах, построение схемы распределения намного точнее позволит подойти к оценке численности, одновременно решив ещё одну задачу – выявление потенциальных гнездовых участков могильника для их проверки.

Ниже мы рассмотрим подробно камеральную работу по третьему варианту.

Камеральная обработка данных

Камеральная работа в нашем случае с могильником – это довольно серьёзная работа в ГИС, которая должна проходить в несколько этапов. Первый этап – подготовка картографической основы. С ней мы будем работать, определяя закономерности распределения гнёзд могильника в пространстве, на её основе строить карту местообитаний могильника в регионе – это второй этап. Третий этап, отвлечённый от ГИС, но не менее важный – необходимо понять, насколько сильно отличается распределение могильников, гнездящихся на соснах в бору, на берёзах и тополях в лесо-половом ландшафте и поймах, и какова вероятность их разнесения по разным гнездовым группировкам со специфическими стереотипами гнездования. Здесь нам поможет дискриминантный анализ. Четвёртый этап – подготовка карты местообитаний могильника, дифференцированной по разным гнездовым группировкам. Пятый этап – заключительный этап работы – построение схемы потенциальных гнездовых участков могильников для ключевых территорий.

Пошаговый алгоритм обработки данных в ArcView 3.x.

Этап. 1. Подготовка картографической основы для ГИС-анализа.

1. На территорию ключевых территорий создаём растровую подложку из топографических карт М 1:200 000. Топографические карты сканируем, переводим в растровый формат TIFF и регистрируем в ArcView в проекции UTM-83, зона 38 (датум WGS-84).

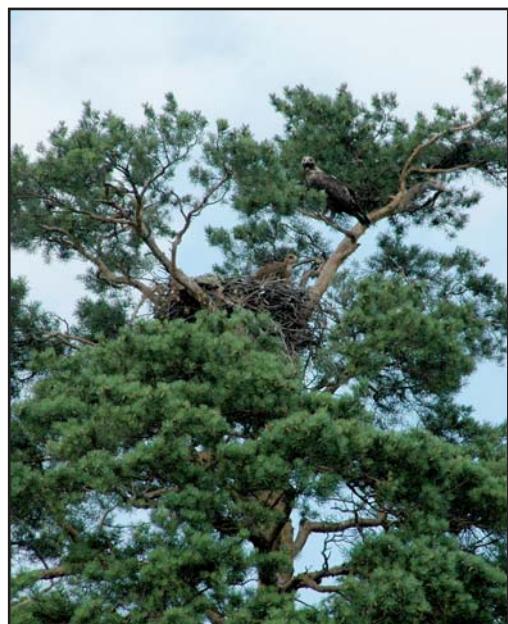
1.1. В графическом редакторе Adobe Photoshop CS2 склеиваем и индексируем карты, в итоге для каждого листа получаем цветоделённый растр в формате TIFF.

1.2. В программе PHOTOMOD GeoCalculator пересчитываем координаты угло-

ing of the Imperial Eagle was found in 102 territories, which is 85.71% of the number of inspected territories. During the inspection of 119 potential territories, 120 actual breeding territories were revealed (fig. 7). 8 nests of the Imperial Eagle were found beyond the potential territories, exactly half of those being located in immediate proximity from the borders of the potential territories (3 – in the 500 m wide buffer zone, 1 – 1.5 km away from the edge of a potential territory), while the other 4 were found in non-typical nesting habitats (either far away from the margin inside a terrace pinewood or in larch forests inside the clusters with the pattern of breeding on pine trees). 2–3 actual breeding territories were located in 8 potential breeding territories, only in 2 cases incorrect assignment of these territories into the habitat group with a different type of breeding of the Imperial Eagle being the reason for that, while in the remaining case it is a case of surpassing the optimal density due to good feeding and/or nesting conditions.

Thus, the location of actual breeding territories of the Imperial Eagle diverged from the model by 14.29%; however, the number of breeding Imperial Eagles at the inspected territories was higher than the calculated number by only 0.84%.

Validation of the model of potential breeding territories of the Imperial Eagle has demonstrated that although there are certain drawbacks, the modeling with group



Гнездо могильника. Фото И. Карякина.
The nest of the Imperial Eagle. Photo by I. Karyakin.

вых точек топографических карт из СК-42 в WGS-84.

1.3. Пересчитанные значения экспортим в текстовый формат.

1.4. Текстовый файл с координатами опорных точек импортируем в ArcView, где преобразовываем в шейп-файл с помощью опции Add Event Theme.

1.5. С помощью модуля Image Warp осуществляем привязку топографических карт в проекцию UTM-83, зона 38.

1.6. Далее карты визуально сливаем в единое покрытие с помощью расширения Transparent Legend.

2. На основе космоснимка Landsat ETM+ 2000 г. (по умолчанию считаем, что он уже корректно привязан к используемой нами системе координат), с привлечением ведомственных материалов, готовим тематические карты: карту растительности, из которой выделяем слои леса, открытых биотопов, гидросети, населённых пунктов, ферм.

2.1. С помощью модуля Image Analysis космоснимок классифицируем на 16 классов (опция Categorize...) и генерализуем (опция Smooth).

2.2. Классифицированное изображение конвертируем в векторный формат (шнейп-файл), осуществляя элиминацию полигонов менее 0,05 км² по протяжённости границ с большими по площади полигонами с помощью Edit Tools (опция Eliminate).

2.3. На основе системы реперных точек составляем легенду соответствия классов типам растительности. Попавшие в один класс по своим спектральным характеристикам разные типы растительности (например, закустаренный луг и молодой лиственничный лес) либо, наоборот, одинаковые типы, имеющие спектральную разницу в данный момент времени (ненарушенная степь и степь, пройденная пожаром текущего года съёмки) разделяем вручную на основе анализа геометрической структуры объектов и их приуроченности к элементам ландшафта (команда [field].substitute («Class x», «Class xx») калькулятора значений столбца).

2.4. В качестве лесных местообитаний (лиственные, смешанные и хвойные леса) в отдельный тематический слой выделяем классы 2–5. Карту облегчаем за счёт фильтрации объектов площадью меньше 0,1 км², линейных объектов шириной менее 0,1 км и путём сглаживания границ полигонов (опция удаления избыточных вершин).

2.5. Из слоя открытых местообитаний

separation on the basis of the breeding patterns allows determining the spatial location of breeding territories of the Imperial Eagle with more than 80% accuracy (5–10% of the known breeding territories from their estimated number). The estimation of the number of 222 breeding territories for the key territory with the area of 31,244.9 km² may be considered reliable, with the determined error less than 1%. The comparison with the estimates obtained by other methods (see table 6) demonstrate the great advantage of the method described above.

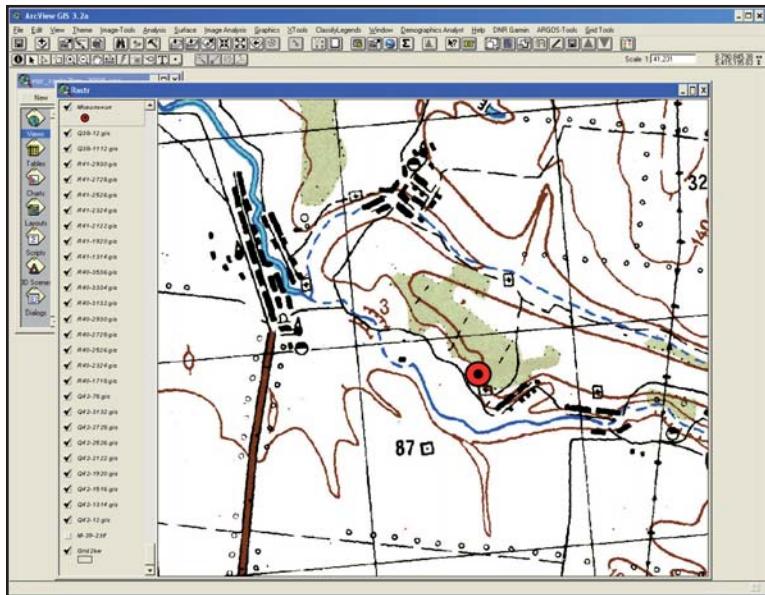
For the typical landscape that includes the most characteristic nesting and hunting habitats of the Imperial Eagle, the minimum threshold at which the use of the model of construction of the potential territories is reasonable will be 3 neighboring breeding territories, if the model is constructed around them for the area less than 10,000 km²; or 6 breeding territories in two groups (each consisting of 3 territories that are remote from each other by the distance no more than 200 km), if the model is constructed between the groups for the area less than 10,000 km². It should be taken into consideration that the less the number of the model breeding territories, the higher the final inaccuracy of the “model” construction and calculation of the number.

The Second Example or In GIS-software I'll input my figures to find in woods the Golden Eagles!

Introduction

The example of approbation of the technique is realized in the territory of Nizhegorodskoe Zavolzhye (Nizhniy Novgorod Trans-Volga region) bordering with the Republic of Mari El.

In this case the Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) has been chosen as a raptor having the largest breeding territory and inhabiting the least populated areas. Under conditions of forest and wetland landscapes of Nizhegorodskoe Zavolzhye there are many difficulties to make a success in the species research. The Golden Eagle is listed in the Red Data Book of Russian Federation (Galushin, 2001a) and in the Red book of the Nizhniy Novgorod district (Bakka, 2003) and is a priority species in the regional program of actions on recovering the number by developing the system artificial nests (Bakka et al., 1999; 2001; 2003; 2010; Bakka, Novikova, 2005, 2006; Novikova, 2003).



Отображение гнездового участка могильника на топографической карте в окне ArcView.

View of the Imperial Eagle's breeding territory on the topographic map within ArcView.

в отдельный тематический слой выделяем классы, соответствующие степным местообитаниям. Вручную вычищаем объекты, соответствующие залежкам, которые вычисляем по их геометрии (правильным контурам, чуждым природным выделам).

Этап 2. Создание карты местообитаний.

3. Для известных гнёзд по полевым описаниям, а также в ArcView 3x по тематическим картам, определяем основные параметры их распределения:

- 3.1. вид гнездового дерева
- 3.2. тип леса
- 3.3. возраст леса
- 3.4. перепад высот в км/км
- 3.5. экспозиция склона*
- 3.6. ориентация гнездового дерева относительно опушки леса и/или склона
- 3.7. дистанция до открытого пространства (опушки)
- 3.8. дистанция до леса*
- 3.9. дистанция до реки
- 3.10. дистанция до поля
- 3.11. дистанция до пастбища
- 3.12. дистанция до стоячего водоёма
- 3.13. дистанция до населённого пункта
- 3.14. дистанция до фермы

* – параметры, определяемые в тех случаях, когда их определение возможно, например, имеется ярко выраженный рельеф или гнездо расположено среди открытого пространства.

4. Записываем параметры для каждого гнезда в атрибутивную таблицу векторного слоя.

5. Получаем по каждому параметру описательную статистику $M \pm SD$.

By the end of 1990', 3–5 pairs of the Golden Eagle had been estimated to breed in the Nizhniy Novgorod district (Bakka, Bakka, 1997), 1–2 pairs had been believed to inhabit the Kamsko-Bakaldinskie wetlands. The program on installation of artificial nests for rare species of birds of prey, including for Golden Eagle started in 1998–2000. Golden Eagles began to use one of artificial nest as a perch in 1999, and built the nest and tried to breed in 2000 (Bakka et al., 2001). Occurrence of a breeding territory of eagles in the Kamsko-Bakaldinskie wetland has allowed to plan actions on recovering the number of the species on the basis of GIS-software.

Statement of the problem

The model of the Golden Eagle's breeding territory distribution has created for the territory of Biosphere Nature Reserve "Nizhegorodskoe Zavolzhye" and targeted for the most productive realization of actions on attracting the species to artificial nests.

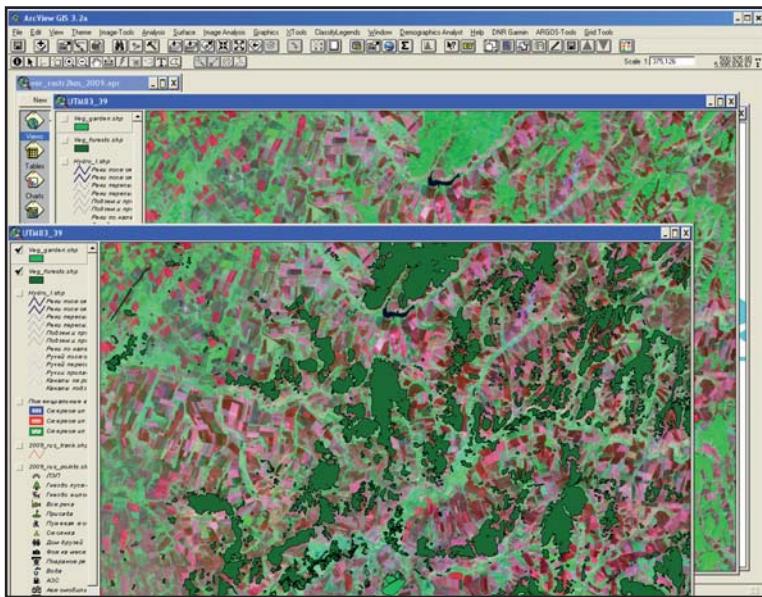
Surveys

During realization of these actions in the territory of the Kamsko-Bakaldinskie wetlands a pair of Golden Eagles occupied an artificial nest. The breeding territory (fig. 9) was formed at the forest-wetland landscape typical for the species under conditions of taiga of Eastern Europe. According to different researchers birds were observed and in other areas of this wetlands and it allowed to assume other pairs breeding in the region. As a result we supposed a breeding group inhabiting the territory of wetland with the unique scheme of breeding territory distribution. And it was all the data of surveys. We known one active nest of eagles and there were rumours that some Golden Eagles lived in neighbouring bogs.

Data Processing

In this case not it is not so obvious as in the first example, and we will build up the model of potential breeding territories of Golden Eagles by guesswork. The problem becomes more difficult because we should not only build the model of potential breeding territory distribution, but also pick out their centers which should be characterized by the largest share of probability of the eagle's nest location.

We do not know parameters of distribution of the Golden Eagle in this territory, but we see that following the topographical map and satellite image, this territory is



Отображение векторного слоя лесов, созданного по космоснимку Landsat ETM+ 2000, в окне ArcView.

View of a vector layer of forests created on the basis of a satellite image Landsat ETM+ 2000, within ArcView.

6. Выбираем работающие параметры, критерием чему являются нормальное распределение и отклонение от среднего не более 30%.

7. В ArcView 3x с помощью стандартной функции построения буферов по тематическим картам пошагово строим буферные зоны, по каждому параметру используя среднее значение.

8. Сливаем буферные зоны в единый слой.

9. С помощью модуля X-Tools обрезаем карту растительности по контуру слоя буферных зон – получаем карту гнездопригодных для могильника местообитаний.

Этап 3. Поиск параметров, по которым строим карту гнездовых группировок.

10. Параметры распределения гнёзд экспортируем в Statistica 5.0 и осуществляем дискриминантный анализ данных:

10.1. Выбираем следующие параметры:

10.1.1. вид гнездового дерева

10.1.2. тип леса

10.1.3. возраст леса

10.1.4. площадь леса

10.1.5. перепад высот в км/км

10.1.6. дистанция до открытого пространства (опушки)

10.1.7. дистанция до пастбища

10.1.8. дистанция до населённого пункта

10.1.9. дистанция до фермы

10.2. Группируем переменные по виду гнездового дерева, выбрав метод Forward stepwise.

10.3. На диаграмме рассеяния канонических значений смотрим результат и выбираем тот вариант группировки пере-

similar to others with forest-wetland landscapes, which may be far from it at the distance of hundreds kilometers. Parameters of spatial distribution of the Golden Eagle are rather typical for Eastern European population of the species. Thus for building the model of potential breeding territory distribution within the Kamsko-Bakaldinskie wetlands we use parameters of distribution of eagles in the Upper Kama breeding group investigated during previous field seasons.

The list of parameters of Golden Eagle's breeding territory distribution as follows:

1. Distance between centres of neighbour territories – 9.9 ± 1.2 km.

2. Radius of the breeding territory buffer – 6.4 ± 1.1 km.

3. Diameter of a breeding territory – 5.68 ± 0.98 km.

4. Overlapping of a breeding territory with a buffer zone of the neighbour territory – $5 \pm 0.7\%$.

5. High pine forest within the breeding territory – 100% priority.

6. The open peatbog within the breeding territory – 100% priority.

7. Lake within the breeding territory – 50% tolerance.

8. Pine wastelands within the breeding territory – 50% tolerance.

9. A buffer zone around settlements which the species cannot inhabit – 5.3 ± 1.1 km.

Data processing as well as in the previous example with the Imperial Eagle is divided into several steps. The first step – preparation of topographical maps. The second – creation of habitat maps (fig. 10). The third – the final step – generating the model of potential breeding territories of Golden Eagles for the Kamsko-Bakaldinskie wetlands (fig. 11). The first article on this theme was published in 2006 (Karyakin et al., 2006), however the step-by-step algorithm of data processing within GIS-software has been described neither in that paper nor in the articles on results of activities on the artificial nest installing (Bakka, et al., 2010).

Step-by-step algorithm of data processing in ArcView 3.x.

Stage. 1. Preparing the topographical maps for the GIS-analysis.

1. Create a raster map for the territory of Kamsko-Bakaldinskie wetlands based on topographical maps (scale 1:200 000). Topographical maps are scanned, converted in raster data TIFF format and registered in ArcView in projection UTM-83, zone 38 (datum WGS-84).

менных, который наиболее адекватно разделяет значения на группы.

10.4. Определяем группирующий атрибут для создания карты гнездовых группировок.

Этап 4. Создание карты гнездовых группировок.

11. В ArcView 3x по тематическим картам, на основании выбранного группирующего атрибута из атрибутивной таблицы, строим полигоны Тиссена, используя модуль Edit Tools.

12. На основании полигонов Тиссена формируем рабочий векторный слой гнездовых группировок, выделяя в отдельные полигоны зоны перекрытия между группировками, если таковые очевидны.

13. С помощью модуля X-Tools осуществляем идентификацию карты местообитаний по рабочему векторному слою гнездовых группировок с занесением соответствующих атрибутов в атрибутивную таблицу.

14. По типу доминирующих биотопов относим полигоны карты местообитаний, оставшиеся за пределами слоя гнездовых группировок, к тому или иному типу.

15. Выводим итоговую карту местообитаний, разделённую на гнездовые группировки с записанной атрибутивной информацией, в итоговый векторный слой.

Этап 5. Создание карты потенциальных гнездовых участков.

16. В ArcView 3x с помощью модуля Nearest Features определяем дистанции между ближайшими соседями и создаём карту дистанций.

17. С помощью модуля Edit Tools из карты дистанций удаляем геометрические дубликаты линий дистанций между двумя ближайшими соседями.

18. Для каждой гнездовой группировки определяем среднюю дистанцию и стандартное отклонение.

19. С помощью модуля Repeating Shapes для каждого контура гнездовых группировок на карте местообитаний по среднему расстоянию между ближайшими соседями, определённому для этого контура, строим покрытие из кругов или гексагонов, имитирующее схему распределения потенциальных гнездовых участков могильников.

20. Опираясь на реперные точки, являющиеся известными гнёздами могильников, корректируем черновой векторный слой потенциальных гнездовых участков могильников с помощью модуля ShapeWarp,

1.1. Merge and index maps in the graphic editor Adobe Photoshop CS2, as a result the raster in TIFF format indexing in color should be created for each sheet.

1.2. Coordinates of angular points of topographical maps are recalculated from CK-42 in WGS-84 the program PHOTOMOD GeoCalculator.

1.3. Calculated coordinates are exported to *.txt format.

1.4. The *.txt file with coordinates for reference points is imported in ArcView, thus using option Add Event Theme it is transformed to a shapefile.

1.5. Using Image Warp extension topographical maps are registered in projection UTM-83, zone 38.

1.6. Using Transparent Legend extension maps are visually merged in the united layer.

Stage 2. Creation of habitat map.

2. Vector theme of settlements is created on the basis of topographical maps.

2.1. Using Spatial Analyst extension topographical maps are converted to GRID format.

2.2. Black colored areas indicating settlements and roads are converted as a separate theme from the GRID-theme.

2.3. Using Edit Tools extension (option Eliminate) small polygons are deleted. The remained polygons not being settlements are deleted manually from the theme.

2.4. On the basis of satellite images Landsat ETM+ 2000–2001 and Aster 2001–2006 settlements which have been extinct now are noted. The main criteria for it are the essential reduction of the area of the open ground inside of contour of settlement and overgrowing the roads to the settlement. Polygons of these settlements are deleted manually from the vector theme.

3. Create polygon for the analysis of the Golden Eagle distribution.

3.1. Based on the theme of settlements extracted from a topographical map buffer zones with width of 5.3 km are created for the territory characterized by absence of breeding Golden Eagles with high probability.

3.2. The territory out of buffers of settlements is converted to a shapefile that is a zone of the Golden Eagle possible breeding.

4. Create the map of Golden Eagle habitats.

4.1. On the basis of satellite images Landsat ETM+ and using Image Analyst extension (Seed tool), polygons of wetlands, pine

подтягивая центры участков к известным точкам.

21. По откорректированному черновому слою потенциальных гнездовых участков могильников с помощью модуля X-Tools получаем слой центроидов.

22. По слою центроидов с помощью стандартной функции построения буферов строим итоговый слой потенциальных гнездовых участков могильников, задав нужную дистанцию для построения кругов.

Оценка результата

Начнём разбираться с тем, что получилось, начиная с 3-го этапа. Итак, мы получили работающие параметры размещения гнёзд могильника на площадках (табл. 2). Первое, что бросается в глаза – площадь леса, в котором размещается гнездо, сильно варьирует (от 0,1 до 311 км²), но при этом пары, гнездящиеся на соснах, устраивают гнёзда в достаточно больших по площади участках леса. Минимальный разброс имеют такие параметры, как дистанция от гнезда до фермы – 0,1–5 км, в среднем 1,81±1,52 км, до населённого пункта – 0,1–5 км, в среднем 1,62±1,53 км и перепад высот – 0–0,6 км/км, в среднем 0,02±0,02 км/км.

Дискриминантный анализ параметров размещения гнёзд на площадках по включённым в модель параметрам, таким как дистанция до населённого пункта и перепад высот, показал чёткие различия между стереотипами гнездования могильника на соснах, берёзах и тополях (табл. 3, рис. 4). Функции классификации отображены в таблице 4. О чём это говорит? О том, что мы смело можем делить местообитания могильника на нашей ключевой территории на три типа, соответствующие стереотипам гнездования могильника на соснах, тополях и берёзах. Самый простой подход – использовать для деления местообитаний параметры, включённые в модель дискриминантного анализа. Однако деление будет точнее, если использовать и ряд других видимых в ГИС ландшафтных характеристик, которые не были отражены в модели, так как не имеют чёткого отношения к параметрам размещения гнёзд (например, доля леса на гнездовом участке от его общей площади, соотношение поля/пастбища на гнездовом участке и т.д.).

Следующий шаг – определение дистанций между гнёздами разных пар. Этот шаг важен тем, что именно среднее расстояние между гнёздами будет тем показателем, по которому будет строиться

wastelands, lakes and high pine forests are chosen. These polygons are converted to a shapefile (fig. 10).

4.2. Border zones between peatbogs and high pine forests, pine wastelands and high pine forests and lakes and high pine forests are converted in a shapefile separately.

Stage 3. Generating the model of potential breeding territories.

5. On the basis of map of habitats of the Golden Eagle the system of potential breeding territories are created.

5.1. Using extension Repeating Shapes (Jenness 2005.) and the measured means of the nearest neighbor distances generate round polygons which model the distribution of potential breeding territories.

5.2. Using known nest locations correct the model using ShapeWarp (McVay 1998) extension by moving the centers of the rounds to the known breeding territory of the Golden Eagle and centers of high pine forests bordering with peatbogs.

5.3. Using XTools extension (Delaune 2003) a new centroid layer is created on the basis of transformed theme of round polygons.

5.4. The final system of round polygons imitating the distribution potential breeding territories is constructed around centroids by means of standard option of buffer creating.

Estimation of the result

So, applying the parameters of distribution of Golden Eagle's breeding territory in the Upper Kama breeding group we have constructed the model of potential breeding territory distribution for the Kamsko-Bakaldinskie wetlands (fig. 11). The breeding territory №1 has become a reference point of the model creating. This territory was formed around artificial nests (on the site eagles used 3 artificial nests locating on a line in 3 km by turns during several years).

Constructing the model of potential breeding territories of Golden Eagles has allowed to determine 19 territories for the area of 2,300 km². As a result of target check of potential territories and monitoring of existing system of artificial nests (the nests installed before 2000, and the nests built after 2000, during target check of them in the centers of potential territories) 12 breeding territories of Golden Eagles have been discovered with a different degree of data verification. We recognized the territories as "confirmed" which eagles (8 territories) had bred in, as "probable" –

Табл. 2. Параметры размещения гнёзда могильника (*Aquila heliaca*), выявленных на площадках.**Table 2.** Parameters of the Imperial Eagle's (*Aquila heliaca*) nest distribution discovered in the study plots.

Гнездовое дерево Nesting tree	Площадь леса (км ²) Area of forest (km ²)	Дистанция до опушки (км) Distance to the nearest open space (km)	Перепад высот (км/км) Maximum height difference measured in DEM for 1 km line across steepest gradient (km/km)	Дистанция до пастбища (км) Distance to the nearest pasture (km)	Дистанция до населённого пункта (км) Distance to the nearest settlement (km)	Дистанция до фермы (км) Distance to a livestock farm (km)
			Maximum height difference measured in DEM for 1 km line across steepest gradient (km/km)			
Сосна / Pine	27.0	0	0.06	0	0.1	0.5
Сосна / Pine	311.0	0.5	0.02	0.5	0.3	5.0
Сосна / Pine	45.0	0.1	0.005	0.1	0.5	0.5
Сосна / Pine	45.0	0.1	0.005	0.1	0.9	0.1
Сосна / Pine	45.0	0.1	0.005	0.1	1.1	2.0
Сосна / Pine	48.0	0	0.005	0	0.5	0.5
Сосна / Pine	67.0	0	0.005	0	0.5	4.0
Сосна / Pine	95.0	0	0.005	0	1.1	4.0
Сосна / Pine	87.0	0	0.005	0	0.8	0.1
Берёза / Birch	0.3	0	0.04	0	2.0	1.5
Берёза / Birch	3.6	0	0.04	0	4.0	2.0
Берёза / Birch	6.6	0	0.04	0	2.0	2.5
Тополь / Poplar	0.1	0	0	0	5.0	1.0
Тополь / Poplar	3.0	0	0.005	0	1.5	1.5
Тополь / Poplar	6.0	0	0.005	0	4.0	2.0
Среднее Average (M±SD)	52.64±78.12	0.05±0.13	0.02±0.02	0.05±0.13	1.62±1.53	1.81±1.52

покрытие из кругов, имитирующее систему гнездовых участков. Дискриминантный анализ показал разницу в размещении гнёзд на сосновых, берёзовых и тополях, следовательно, считаем дистанции по гнездам, устроенным на разных видах деревьев, отдельно. Здесь встаёт вопрос,

which a pair of birds had been recorded or single adults had been observed repeatedly and their permanent perches (2 territories) had been found in, to "possible" – which only perches or subadults (2 territories) had been recorded in. It should be noticed, that during that period on a background of

Табл. 3. Итоговая таблица дискриминантного анализа данных (жирным помечены параметры, включённые в модель, курсивом – не включённые в модель).**Table 3.** The final table on the discriminant analysis of data (bold font marks the parameters included in the model, italic– not included in the model).

Параметры расположения гнёзд Parameters of nest location	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (2.11)	p-level	1-Toler. (R-Sqr.)
Дистанция до населённого пункта (км) Distance to the nearest settlement (km)	0.54	0.29	13.40	0.001	0.93 0.07
Перепад высот (км/км) Maximum height difference measured in DEM for 1 km line across steepest gradient (km/km)	0.31	0.51	5.36	0.024	0.93 0.07
Площадь леса (км ²) / Area of forest (km ²)	0.15	0.93	0.37	0.70	0.99 0.01
Дистанция до опушки (км) Distance to the nearest open space (km)	0.15	0.98	0.11	0.89	0.99 0.01
Дистанция до пастбища (км) Distance to the nearest pasture (km)	0.15	0.98	0.11	0.89	0.99 0.01
Дистанция до фермы (км) Distance to a livestock farm (km)	0.15	0.98	0.09	0.91	0.99 0.01

Табл. 4. Функции классификации параметров размещения гнёзда могильника на площадках по данным дискриминантного анализа.**Table 4.** Classification functions of parameters of the Imperial Eagle's nest location on the plots according with the Discriminantal analysis data.

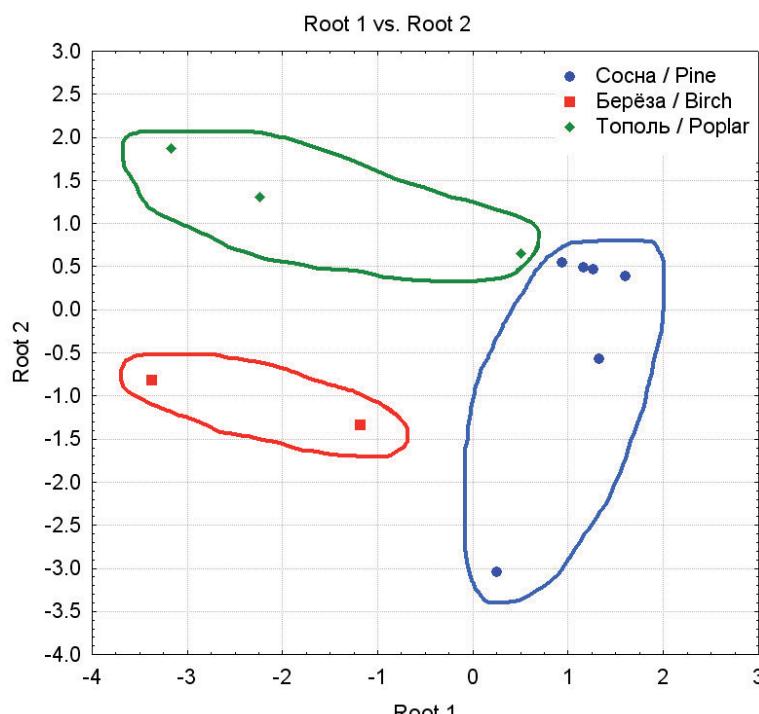
Параметры распределения гнёзд Parameters of nest location	Гнездовое дерево / Nesting tree		
	Сосна / Pine <i>p=0.6</i>	Берёза / Birch <i>p=0.2</i>	Тополь / Poplar <i>p=0.2</i>
Дистанция до населённого пункта (км) Distance to the nearest settlement (km)	1.06872	4.1673	4.49553
Перепад высот (км/км) / Maximum height difference measured in DEM for 1 km line across steepest gradient (km/km)	73.05524	241.5568	85.06265
Constant	-1.32193	-11.9969	-9.61838

считать ли дистанцию между всеми соседями или ближайшими? Если нет очевидной зависимости линейного размещения гнездовых участков вдоль каких-либо объектов, видимых на снимке (опушка сплошного протяжённого массива, река и т.п.), лучше считать дистанции между ближайшими соседями. В нашем случае дистанция для гнёзда, расположенных на соснах, составляет ($n=8$) 2,39–11,73, в среднем $5,93 \pm 3,22$ км, для гнёзда, расположенных на берёзах, – ($n=2$) 14,54–15,23, в среднем 14,89 км, для гнёзда, расположенных на тополях, – ($n=2$) 17,23–24,12, в среднем $20,68 \pm 4,87$ км. Построенная по этим параметрам схема потенциальных гнездовых участков внутри контура ключевой территории представлена на рисунке 5. Она состоит из 222-х объектов (130 объектов, соответствующих потенциальному участку, на которых предполагается гнездование могильника в соответствии со стереоти-

peak of number of hares and activities on the artificial nest installing there was an intensive formation of breeding territories of Golden Eagles, and the new pairs consisted of young birds. Formation of pairs was confirmed in 3 territories which have initially occupied by individuals in the age of 3–5 years and they began to breed only 1–3 years later (Bakka et al., 2010). And all real breeding territories were formed in the centers of potential sites. All registrations of birds had made before 2006 were also in the centers of potential sites.

Considering the occurrence of new data on the Kamsko-Bakaldinskaya breeding group of Golden Eagles the new model of potential breeding territory distribution developed on all the territory of wetlands including the right side of the Kerzhenets river has been constructed (fig. 12). The new model has also included the parameters of distribution of Golden Eagle's breeding territories in relation to each other and in relation to elements of a landscape within the considered area. As a result several types of bogs have been included in the model, the radius of buffers around settlements has been reduced up to 3.05 km, the posts of the Forestry Service existing on a place of former settlements have been removed from the theme of settlements, also the nature territories characterized by constant people presence (pastures, peat mines etc.) have been added to the theme of settlements with the buffer radius of 1.4 km.

As a result of updating the model of potential breeding territories distribution for the Golden Eagle on all territory of the Kamsko-Bakaldinskies wetlands 26 breeding territories have been established in the area of $3,100 \text{ km}^2$. And only territory has been added to the number established within the previous variant of the model developed for the area of $2,300 \text{ km}^2$ (fig. 12). In addition to 12 territories of Golden Eagles already

Рис. 4. Диаграмма распределения канонических значений параметров размещения гнёзда могильника на площадках.**Fig. 4.** Scatterplot of canonical scores of parameters of the Imperial Eagle's nest distribution on plots.

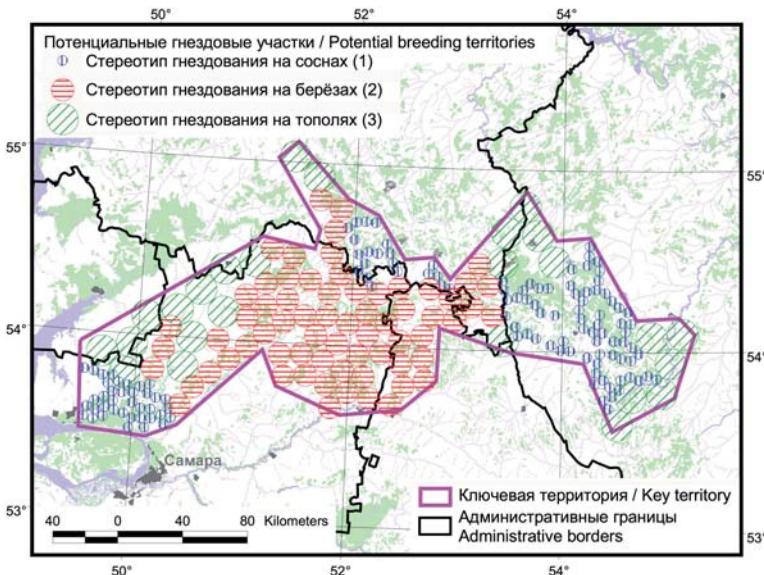


Рис. 5. Схема размещения потенциальных гнездовых участков могильника на ключевой территории.

Fig. 5. Distribution of potential breeding territories of the Imperial Eagle in the key territory (numbers of plots are similar with the same in the text). Labels: 1 – pine-type of nesting habit, 2 – birch-type of nesting habit, 3 – poplar-type of nesting habit.

пом гнездования на сосновых, 67 – на берёзах и 25 – на тополях).

Следует остановиться на стереотипе гнездования. Под ним мы понимаем размещение могильником гнезда в ландшафте таким образом, чтобы оно соответствовало по комплексу параметров некому типичному варианту, характерному для множества пар орлов в данном регионе. Выделенные нами стереотипы гнездования на соснове, берёзе и тополе имеют следующие характеристики. Гнездо, соответствующее стереотипу гнездования на соснове, располагается на возвышенном участке террасы (водораздельного увала или сопки), преимущественно в верхней части склона или на его вершине, обычно в крупном массиве леса, всегда с видом на пастбище и ферму и/или населённый пункт. Гнездо устраивается преимущественно на сосновом, на её вершине, но могут быть варианты устройства гнёзд на дубах, реже берёзах, обычно в тех биотопах, где сосновый лес замещён вторичным широколиственным или мелколиственным. Гнездо, соответствующее стереотипу гнездования на берёзе, располагается в холмисто-увалистом, обычно водораздельном, ландшафте, в нижней части или в подножии склона, в колке или группе деревьев, среди пастбищ, но часто вне пределов видимости с фермы или населённого пункта. Гнездо устраивается преимущественно на берёзе, реже дубе или осине, в середине кроны. Гнездо, соответствующее стереотипу гнездования на тополе, располагается в выпложенном, часто пойменном, ландшафте, с минимальным перепадом высот, на территории с минимальным лесным покрытием, в пределах видимости с пастбища, но обычно вне пре-

known another 4 territories had been discovered by 2008, and in one case (in 2007) the territory was formed in a buffer zone between three confirmed breeding territories (due to increasing the density of the breeding group).

The figure 13 has shown the final result of monitoring the breeding group of Golden Eaglen inhabiting the Kamsko-Bakaldinskie wetlands. Now all 26 potential breeding territories are known as inhabited by Golgen Eagles with a particular measure of confidence: the breeding is confirmed for 11 territories, the breeding is quite probable for 7 territories (adult birds and permanent perches were recorded, a juvenile was observed near another site), and the breeding is possible for 3 territories (perches, remains of preys and pellets were found), status of 5 territories is unclear, since they have not surveyed, but the data of questionnaire show the presence of Golden Eagle there (see Bakka et al., 2010). Only territory of Golden Eagles stood apart from the model. There is the confirmed breeding in the artificial nest. This territory has appeared in peak of a hare number (fig. 12, 16) and has caused increasing the density of breeding group for the period of peak of the main prey species number.

Comparing the model of potential breeding territories being constructed with use of parameters of distribution of the Upper Kama breeding group and based on one known living nest and the modern model



Самка могильника на гнезде. Фото А. Паженкова.

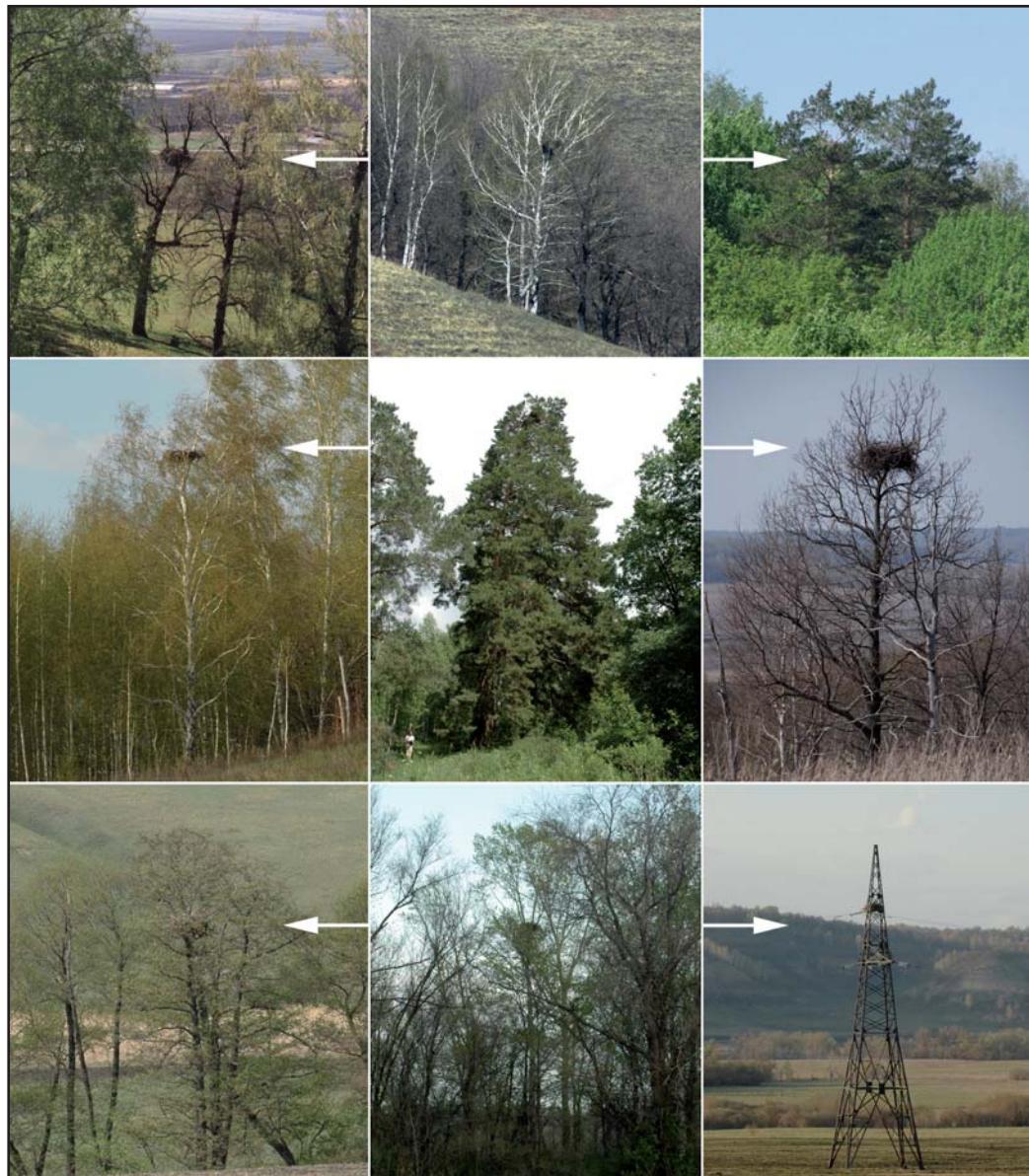
Female of the Imperial Eagle on the nest.
 Photo by A. Pazhenkov.

Стереотипы гнездования могильника: на берёзе – дерево растёт в нижней части склона, гнездо устроено в развилке ствола в середине или верхней трети кроны (вверху), на сосне – дерево растёт в верхней части склона или на вершине возвышенности, гнездо устроено на вершине дерева (в середине); на тополе – дерево растёт в понижении рельефа, среди открытого ландшафта, в удалении от крупных лесных массивов, гнездо устроено в развилке ствола в середине или верхней трети кроны. Варианты расположения гнёзд могильника: вверху – на дубе, берёзе и сосне в соответствии со стереотипом гнездования на берёзе; в центре – на берёзе, сосне и дубе в соответствии со стереотипом гнездования на сосне; внизу – на ольхе, тополе и опоре ЛЭП в соответствии со стереотипом гнездования на тополе.

Фото И. Калякина.

Patterns of the Imperial Eagle nesting: birch-type – tree was in the bottom part of slope, nest was placed on the fork of trunk in the mid-crone or in its upper part (upper), pine-type – tree was in the upper part of slope or on the top of upland, nests was placed on the top of tree (center); poplar-type – tree was in lowlands surrounded open landscapes far from large forests, nests was placed in the fork of trunk in the mid-crone or in its upper part. Different nests locations for the Imperial Eagle: upper – on oak, birch and pine according with the birch-type nesting; center – on birch, pine and oak according with the pine-type nesting; bottom – on alder, poplar and electric pole according with the poplar-type nesting.

Photos by I. Karyakin.



делов видимости с фермы или населённого пункта. Гнездо устраивается преимущественно на тополе, реже вязе или берёзе, в верхней части кроны.

Теперь подробно рассмотрим получившуюся схему. На схеме выделяются три кластера потенциальных участков, соответствующих стереотипу гнездования могильника на соснах, так как именно на этих территориях присутствуют сосново-широколиственные леса. Всю центральную часть ключевой территории занимают потенциальные участки, соответствующие стереотипу гнездования на берёзе, причём даже там, где на площадке известны гнёзда в открытом ландшафте на тополях. Связано это с тем, что открытые участки с гнёздаами на тополях в пределах площадки были изолированы, и простирались покрытие из нескольких соседних участков диаметром 20,68 км здесь не представилось возможным.

being created on parameters of distribution of several real nests of Golden Eagles of the Kamsko-Bakaldinskaya breeding group (fig. 14) we can speak only about several distortions in a peripheral part of the final model. Distortions are connected generally with buffer removing and changing its radius. Distortions of the model seem to be minimal at input of new parameters because it is based mainly on polygons of a vector map of bogs and opportunities of movements of potential breeding territories are strongly limited by borders of these polygons. Such little distortions allow to solve with the great efficiency two essential tasks – to narrow a zone of searching the nests of Golden Eagles and a zone of the artificial nest installing. The last task is the extremely actual because essentially reduces not only labour, but also costs of artificial nest installing, and also increases efficiency of actions since al-

Табл. 5. Результаты проверки схемы размещения потенциальных гнездовых участков могильника.**Table 5.** Results of checking the model of the Imperial Eagle's potential breeding territory distribution.

	Стереотип гнездования Nesting habit			
	Сосновый Pine type	Берёзовый Birch type	Тополёвый Poplar type	Всего Total
Всего потенциальных участков / Total number of potential areas	130	67	25	222
Обследовано потенциальных участков Number of surveyed potential areas	77	32	10	119
Обнаружено гнездовых участков могильников Number of discovered breeding territories of the Imperial Eagle	78	31	11	120
Потенциальные участки, на которых обнаружены гнездовые участки могильников / Number of potential areas which the Imperial Eagle's breeding territory were found in.	69	25	8	102
Обнаружено гнездовых участков могильников в пределах потенциальных участков / Number of the Imperial Eagle's breeding territories within the potential areas	74	28	10	112
Количество потенциальных участков, в которых попало по 1 реальному гнездовому участку могильников / Number of potential areas including 1 real breeding territory of the Imperial Eagle	65	22	7	94
Количество потенциальных участков, в которых попало по 2 реальных гнездовых участка могильников / Number of potential areas including 2 real breeding territories of the Imperial Eagle	3	3		6
Количество потенциальных участков, в которых попало по 3 реальных гнездовых участка могильников / Number of potential areas including 3 real breeding territories of the Imperial Eagle	1		1	2
Обнаружено гнездовых участков могильников за пределами потенциальных участков / Number of the Imperial Eagle's breeding territories discovered out of the potential areas	4	3	1	8

Главный вопрос – насколько достоверна схема из 222-х потенциальных гнездовых участков могильника, построенная нами по 15 гнездам (6,76% известных гнёзд от проектируемой численности вида на ключевой территории)? Именно анализом её достоверности мы сейчас и займёмся.

Нельзя сказать, что вся эта территория в настоящее время полностью изучена, однако она ежегодно, до 2010 г. включительно, посещается разными орнитологами и любителями птиц и база данных гнездовых участков могильников ежегодно пополняется. К настоящему времени удалось посетить 119 потенциальных гнездовых участков, что составляет 53,6% от общего числа спроектированных в схеме (табл. 5, рис. 6).

Посещение участков показало, что в целом схема является рабочей. Гнездование могильника установлено на 102-х участках, что составляет 85,71% от числа проверенных. При этом, при проверке 119 потенциальных участков было выявлено 120 реальных гнездовых участков (рис. 7). За пределами потенциальных участков обнаружено 8 гнёзд могильников, причём

allows to install nests exactly in the centers of potential breeding territories with a high share of probability of their occupancy.

Conclusions

Two examples described above and realized in quite real territories with quite certain species have illustrated the method of building “the model of distribution of potential breeding territories” and its successfulness. The efficiency of this method is connected with the fact that predicting the raptor's breeding territory distribution we base on two important biological features. The first – distribution of raptors is defined by the nesting and hunting habitats. The second – raptors in their distribution try to occupy all area comfortable for a life with the distances between nearest neighbors allowing them to hunt productively and avoid conflicts with each other. If there is only nesting habitat without any hunting habitat, the raptor will not inhabit such territory. If there is only hunting habitat, and the nesting habitat is absent, we can project several variants of raptor presence, but in any cases this phenomenon can have a casual charac-

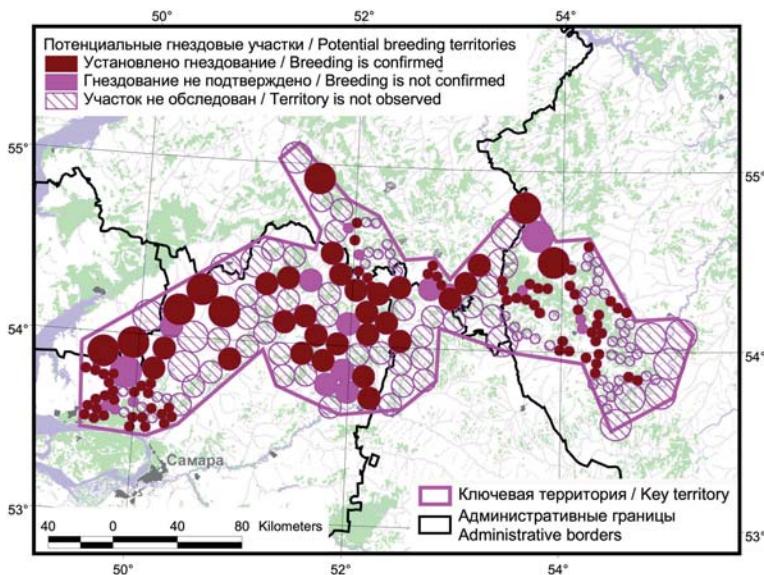


Рис. 6. Результаты проверки схемы размещения потенциальных гнездовых участков могильника.

Fig. 6. Results of checking the model of the Imperial Eagle's potential breeding territory distribution.

ровно половина из них находится в непосредственно близости от границ потенциальных участков (3 – в буферной зоне шириной 500 м, 1 – на удалении 1,5 км от края потенциального участка), а другие 4 найдены в нетипичных гнездовых биотопах (либо на большом расстоянии от опушки внутри террасного бора, либо в лиственных лесах внутри группировок со стереотипом гнездования на соснах). На 8-ми потенциальных гнездовых участках разместилось по 2–3 реальных гнездовых

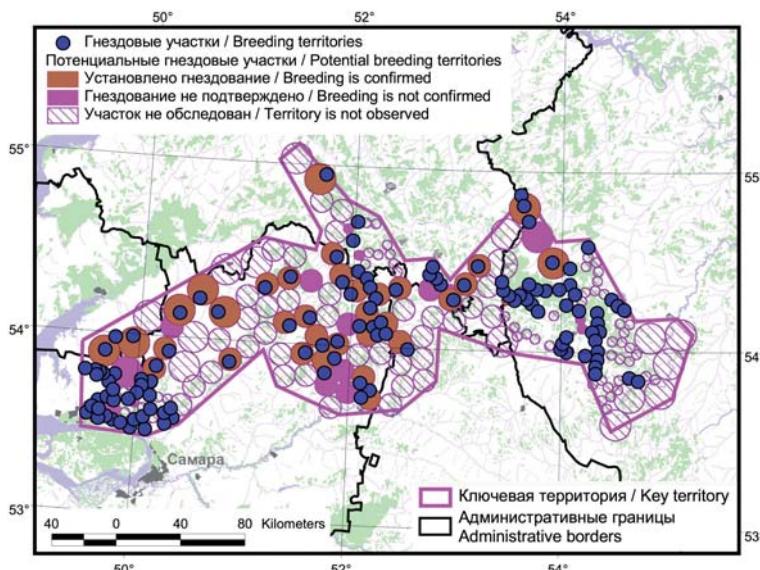


Рис. 7. Размещение реальных гнездовых участков могильников относительно потенциальных гнездовых участков.

Fig. 7. Distribution of real breeding territories of the Imperial Eagle regarding with potential breeding territories.

тер. Equal distribution in the same landscape can be distorted owing to influence of the several negative factors causing bird deaths that is basically discovered during field surveys and impact on methods of forecasting of territory distribution.

Thus in the most cases raptors are distributed under the relation to each other and to elements of a landscape as usual geometrical objects under the relation to each other and to other geometrical objects. Accordingly to predict the breeding territory distribution and/or to define a number of raptors for any territory it is necessary to input breeding territories and the key elements of a landscape equal to the nesting and hunting habitats of raptors into GIS-software as simple geometrical objects. Then another important factor in the model creating is the nearest neighbor distance. The landscape does not ideal to provide the ideal equal distribution of raptor breeding territories in it. Depending on quality of environment, predators will separate from each other, avoiding poor habitats for hunting and nesting, or on the contrary will be located closer to each other competing for the most productive habitats, however these "displacement" will be determined by a certain limiting range which depends on the environment capacity and ability of raptors to search each other and to form pairs successfully. Hence, the distance between territories cannot be less or more than the certain values. If we can present the border between the nesting and hunting habitats as a line the model constructing will meet the reality as much as possible. Distributing the breeding territories along this line and basing on a certain value of nearest neighbor distance we can predict the distribution and number of territories with the minimal error because the displacement of territories are limited both the line and the next sites.

Acknowledgments

We would like to thank all ornithologists and birdwatchers who surveyed the potential territories that had been projected in the GIS-model, and gave information on the discovered breeding territories of eagles to us: Sergey Adamov, Sergey Bakka, Timofey Barabashin, Rinur Bekmansurov, Dmitry Korzhev, Alexey Levashkin, Andrey Medvedev, Elvira Nikolenko, Michael Neljubin, Lyudmila Novikova, Alexey Pazhenkov, Dmitry Postnikov, Vladimir Semennoj, Andrey Semenov.

Табл. 6. Результаты проверки схемы размещения потенциальных гнездовых участков могильника.**Table 6.** Results of checking the model of the Imperial Eagle's potential breeding territory distribution.

Метод / Method	Оценка численности (пары) Estimated number (pairs)
Пересчёт плотности на площадках на общую площадь ключевой территории Computing the density calculated on the study plots for a total area of the key territory	363 (168–784)
Пересчёт плотности, полученной по методу маршрутного учёта, на площадь приопушечной зоны на ключевой территории* Computing the density calculated at the transect counts for the area of open space along the margin of the woods within the key territory*	238 (181–295)
Пересчёт плотности на гнездопригодной площаади на площадке на гнездопригодную площаадь на ключевой территории Computing the density calculated at the area of breeding habitats in a study plot for the total area of breeding habitats in the key territory	240 (162–318)
Раздельногрупповой пересчёт плотности на гнездопригодной площаади на площаадке на гнездопригодную площаадь на ключевой территории** Computing the density calculated at the area of breeding habitats in a study plot for different habitats for the total area of breeding habitats in the key territory**	198 (141–255)
Оценка численности путём построения схемы потенциальных гнездовых участков Estimated number calculated by means of generating the model of potential breeding territories	222

* Площадь приопушечной зоны лесов определялась путём построения буфера вдоль внешнего края полигонов тематической карты лесов (ширина буфера в данном примере соответствует ширине учётной полосы).

* The area of open space along the margin of the woods was calculated by means of creating the buffer along the out borders of polygons at the thematic map of woods (width of the buffer in the example corresponds to width of a transect).

** В данном примере учётная площаадь в соответствии со стереотипами гнездования могильника поделена на три части и показатели плотности, полученные в каждой её части, экстраполировались на территории, также выделенные по стереотипу гнездования могильника (см. методику выделения гнездовых группировок в описании схемы построения гнездовых участков).

** In this case according with nesting habits of the Imperial Eagle the study plot was divided into three parts and densities calculated for every part, were extrapolated on the territories that had been also determined following the nesting habits of the Imperial Eagle (see the methods of generating the map of breeding groups in the description of generating the model of breeding territories).

участка, причём, лишь в 2-х случаях причиной является неправильное отнесение данных территорий в группу местообитаний с иным стереотипом гнездования могильника, а в остальных случаях речь идёт о превышении оптимальной плотности в связи с хорошими кормовыми и/или гнездовыми условиями.

Таким образом, размещение реальных гнездовых участков могильников отклонилось от схемы на 14,29%, но при этом численность могильника на гнездовании на обследованных территориях превысила расчётную всего на 0,84%.

Проверка схемы потенциальных гнездовых участков могильников показала, что при некоторых имеющихся изъянах раздельногрупповое моделирование по стереотипам гнездования позволяет с более чем 80% точностью определять местоположение гнездовых участков могильника в пространстве, основываясь на небольшом количестве анализируемых гнёзд (5–10% известных гнездовых

участков от их проектируемого количества). Оценку численности в 222 гнездовых участка для ключевой территории площаадью 31244,9 км² можно считать достоверной, при установленной ошибке менее 1%. Сравнение с оценками, полученными иными методами (см. табл. 6), показывает большое преимущество вышеописанного метода.

Для типичного ландшафта, включающего в себя наиболее характерные гнездовые и охотничьи биотопы могильника, минимальным порогом, при котором целесообразно использовать схему построения потенциальных участков, будет 3 соседних гнездовых участка, если схема строится вокруг них для площаади не более 10 тыс. км², либо 6 гнездовых участков в двух группах, по 3 участка в каждой, удалённых друг от друга на расстояние не более 200 км, если схема строится между группами для площаади не более 10 тыс. км². Следует учитывать, что чем меньше количество модельных гнездовых участков, тем больше конечная по-

Табл. 7. Гнездовые деревья могильника на ключевой территории.**Table 7.** The Imperial Eagle's nesting trees within the key territory.

Стереотип гнездования Nesting habit	Гнездовое дерево / Nesting tree						
	Сосна Pine	Дуб Oak	Берёза Birch	Вяз Elm	Ольха Alder	Тополь Poplar	Всего Total
Сосновый Pine-type	62	11	5				78
Берёзовый Birch-type		3	27	1			31
Тополёвый Poplar-type				1	3	7	11
Всего / Total	62	14	32	2	3	7	120

грешность построения «схемы» и расчёта численности.

Обсуждение некоторых побочных результатов работы

В заключении хотелось бы вернуться к дискриминатному анализу, но уже повторив его с тем имеющимся материалом, который наработан к 2010 г., т.е., проана-

лизировать данные по всем 120 гнёздам, известным на ключевой территории и сделать ряд выводов о гнездовых группировках могильника в рассматриваемом регионе.

На ключевой территории доминирует стереотип гнездования могильника на соснах – 65,0% от общего количества известных гнёзд, при этом, собственно на соснах располагается 51,67% гнёзд, остальные, соответствующие данному стереотипу, – на дубах и берёзах (табл. 7). Вторую позицию занимает стереотип гнездования на берёзах – 25,83% от общего количества известных гнёзд, при этом, собственно на берёзах располагается 26,67% гнёзд. На дубах устраивает гнёзда 11,67% пар могильников на ключевой территории и в основном дуб является неким заменителем сосны, так как по ландшафтной приуроченности гнездовых деревьев и характеру устройства гнёзд в кроне основная масса построек на дубах соответствует «сосновому» стереотипу. «Тополёвый» стереотип

Табл. 8. Итоговая таблица дискриминантного анализа параметров размещения гнёзд могильника на ключевой территории (жирным по-мечены параметры, включённые в модель, курсивом – не включённые в модель).**Table 8.** Final table of discriminant analysis parameters of the Imperial Eagle's nest distribution in the key territory (bold font marks parameters included in the model ,italic – not included in the model).

Параметры распределения гнёзд Parameters of nest distribution	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (2.11)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
Дистанция до населённого пункта (км) Distance to the nearest settlement (km)	0.36	0.62	35.03	0.0000	1.00	0.0005
Перепад высот (км/км) Maximum height difference measured in DEM for 1 km line across steepest gradient (km/km)	0.40	0.56	44.68	0.0000	0.86	0.14
Площадь леса (км²) / Area of forest (km²)	0.31	0.73	21.56	0.0000	0.86	0.14
Дистанция до опушки (км) <i>Distance to the nearest open space (km)</i>	0.22	1.00	0.10	0.90	0.76	0.24
Дистанция до пастбища (км) <i>Distance to the nearest pasture (km)</i>	0.22	1.00	0.10	0.90	0.76	0.24
Дистанция до фермы (км) / Distance to a livestock farm (km)	0.22	0.99	0.83	0.44	0.98	0.02

Табл. 9. Функции классификации параметров размещения гнёзд могильника на ключевой территории по данным дискриминантного анализа.**Table 9.** Classification functions of parameters of the Imperial Eagle's nest distribution in the key territory according with data of Discriminant analysis.

Параметры распределения гнёзд Parameters of nest distribution	Гнездовое дерево / Nesting tree		
	Сосна / Pine <i>p=0.65</i>	Берёза / Birch <i>p=0.26</i>	Тополь / Poplar <i>p=0.09</i>
Дистанция до населённого пункта (км) <i>Distance to nearest settlement (km)</i>	0.68545	2.0895	2.29034
Перепад высот (км/км) / Maximum height difference measured in DEM for 1 km line across steepest gradient (km/km)	50.56768	189.0970	10.78322
Площадь леса (км ²) / Area of forest (km ²)	0.00575	-0.0053	0.00011
Constant	-2.32230	-10.3418	-7.88053

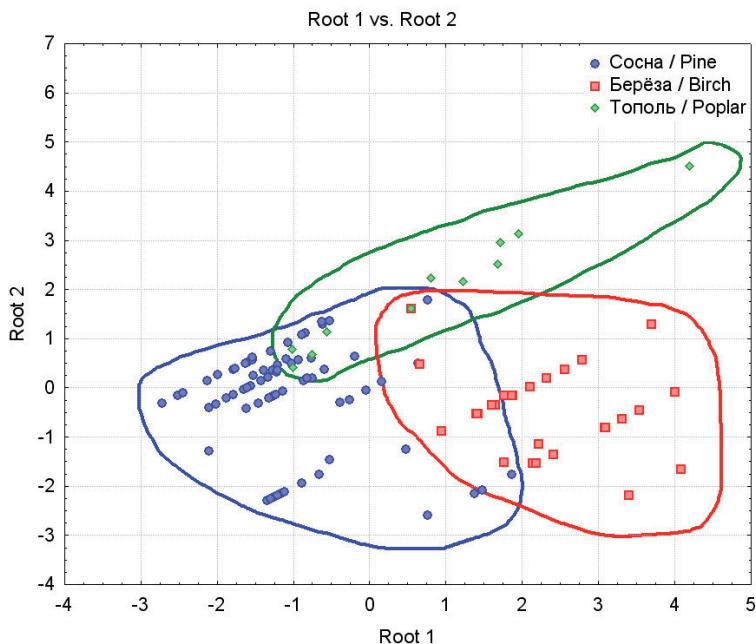


Рис. 8. Диаграмма рассеяния канонических значений параметров размещения гнёзда могильника на ключевой территории.

Fig. 8. Scatterplot of canonical scores of parameters of the Imperial Eagle's nest distribution in the key territory.

на ключевой территории является редким – 9,17%, при том, что собственно на тополях располагается 5,83% гнёзд. В поймах малых рек неким заменителем тополя является ольха, на которой обнаружено 2,5% построек могильников.

Результат дискриминантного анализа по 120 гнёздам с включением в модель таких параметров, как дистанция до населённого пункта, перепад высот и площадь леса (табл. 8, 9, рис. 8), в сравнении с тем, что получен по 15 гнёздам (табл. 3, 4, рис. 4), указывает на большую близость параметров размещения некоторых гнёзд могильника в разных гнездовых группировках. Тем не менее, разделение на группировки очевидно и хорошо прослеживается на диаграмме рассеяния канонических значений (рис. 8). В зоне близких значений лежат данные по гнёздам, которые реально на местности находятся в пограничной зоне между гнездовыми группировками. Анализ карты показывает, что по мере снижения лесистости территории и замены хвойных пород на лиственные происходит переход могильника с сосны на берёзу и далее – на тополь в совершенно безлесных и ровных местообитаниях, причём плотность гнездования также снижается (она максимальна в сосновых гнездовых группировках, средняя – в берёзовых и минимальная – в тополёвых). В региональном масштабе хорошо заметно,

что «берёзовые» гнездовые группировки формируются вокруг «сосновых», а тополевые лежат на самой периферии, по сути – на границе оптимальных и субоптимальных местообитаний могильника. В этой связи хочется отметить, что стереотип гнездования на тополях в пониженных элементах рельефа вряд ли имеет какое-то отношение к птицам чуждых популяций, например прикаспийской, как это предполагали В.П. Белик и В.М. Галушин (1999). Скорее всего, это стереотип стоковых местообитаний единой Волго-Уральской популяции, населяющей лесостепь от Волги до Урала, ядрами которой являются «сосновые» гнездовые группировки. За более чем 10-летний период именно на участках со стереотипом гнездования орлов на тополях пары достаточно синхронно пропадали и появлялись, причиной чему служила, видимо, кормовая ситуация в регионе в целом (Карякин, 2007).

Пример второй, или Чифры в ГИС я занесу, чтоб найти беркута в лесу!

Введение

Пример отработки методики реализован на территории Нижегородского Заволжья в пределах Нижегородской области на границе с Республикой Марий Эл.

В данном случае выбор пал на беркута (*Aquila chrysaetos*), как на хищника, имеющего самые крупные гнездовые участки и населяющего наименее освоенные территории, что в условиях лесо-болотных ландшафтов Нижегородского Заволжья создаёт огромные трудности для продуктивного его выявления. Беркут включён в Красную книгу России (Галушин, 2001а) и Красную книгу



Беркут (*Aquila chrysaetos*).
Фото И. Карякина.

Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*).
Photo by I. Karyakin.

гу Нижегородской области (Бакка, 2003) и является приоритетным видом в областной программе мероприятий по восстановлению численности путём создания системы искусственных гнездовых (Бакка и др., 1999; 2001; 2003; 2010; Бакка, Новикова, 2005, 2006; Новикова, 2003).

К концу 90-х гг. в Нижегородской области предполагалось гнездование 3–5 пар беркутов (Бакка, Бакка, 1997), из них 1–2 пары – на Камско-Бакалдинских болотах. В 1998–2000 гг. в области стала реализовываться программа по установке гнездовых платформ для редких видов хищных птиц, в том числе и для беркута. Уже в 1999 г. одну из платформ беркуты стали использовать как присаду, а в

2000 г. построили гнездо и попытались гнездиться (Бакка и др., 2001). Появление этого гнездового участка беркута в группе Камско-Бакалдинских болот позволило подойти к планированию мероприятий по восстановлению численности этого вида на основе ГИС-технологий.

Формулировка задачи

Построение модели распределения гнездовых участков беркута на территории биосферного резервата «Нижегородское Заволжье» для наиболее продуктивной реализации мероприятий, направленных на привлечение этого вида на искусственные гнездовья.

Полевые исследования

Упомянутый выше гнездовой участок на платформе (рис. 9) сформировался в лесоболотном ландшафте, типичном для данного вида в условиях восточноевропейской тайги. По данным разных исследователей были известны встречи птиц и в других районах группы болот, что предполагало наличие и других пар, а следовательно, имеющуюся на территории гнездовую группировку со своей уникальной схемой размещения гнездовых участков. На этом, пожалуй, все материалы полевых исследований и заканчиваются. В активе есть жилое гнездо беркута и слухи о том, что несколько беркутов обитает в окрестных болотах.

Камеральная обработка данных

В данном случае не всё так очевидно, как в случае с могильником, и предстоит практически «ткнуть пальцем в небо», построив схему потенциальных гнездовых участков беркутов. Осложняется задача ещё и тем, что необходимо не только построить схему потенциальных гнездовых участков, но и выделить их центры, где с максимальной долей вероятности возможно нахождение гнезда беркута.

Мы не знаем параметров распределения беркута на данной территории, но видим по топографической карте и космическому снимку, что она аналогична другим территориям с лесоболотными ландшафтами, пусть и удалённым на сотни километров. Параметры пространственного распределения беркута достаточно типичны для восточноевропейской популяции вида, в связи с чем для создания схемы размещения гнездовых участков беркута на Камско-Бакалдинских болотах используем параметры размещения птиц Верхнекам-

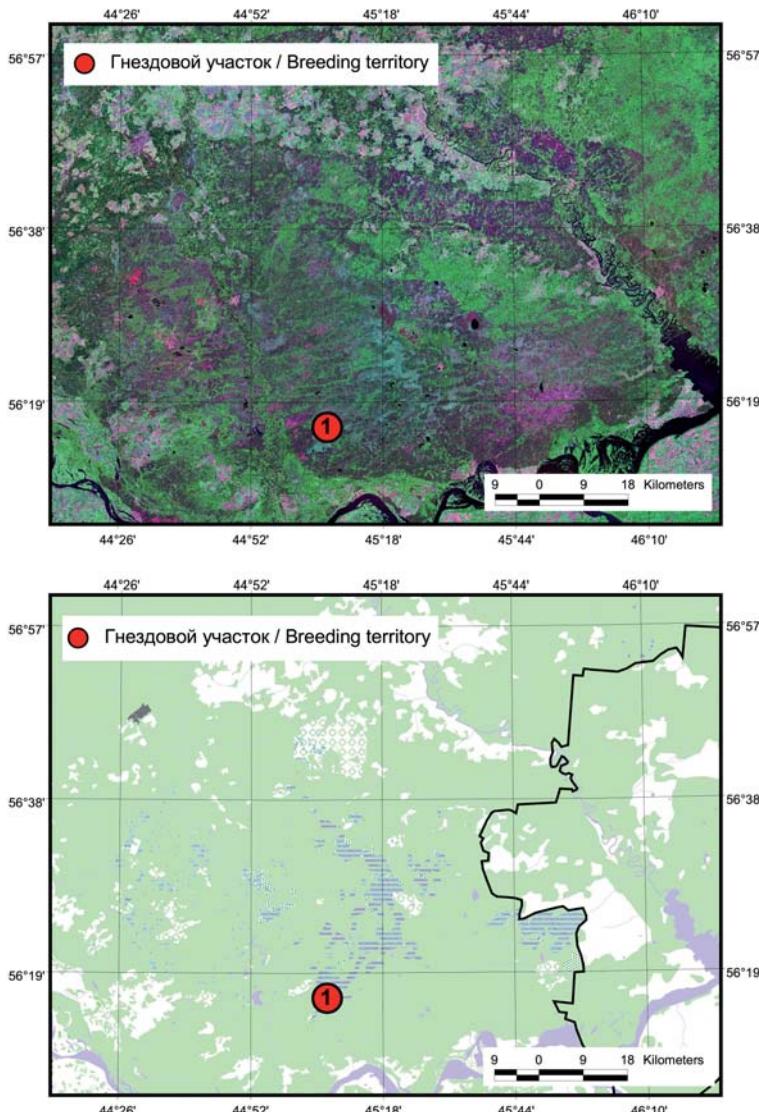


Рис. 9. Гнездовой участок беркута (*Aquila chrysaetos*) №1 в группе Камско-Бакалдинских болот (вверху – на мозаике космоснимков Landsat ETM+ 2000 г., внизу – на топографической карте).

Fig. 9. Breeding territory of the Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) №1 in the Kamsko-Bakaldinskie wetlands (upper – on satellite images Landsat ETM+ 2000, bottom – on a topographic map).

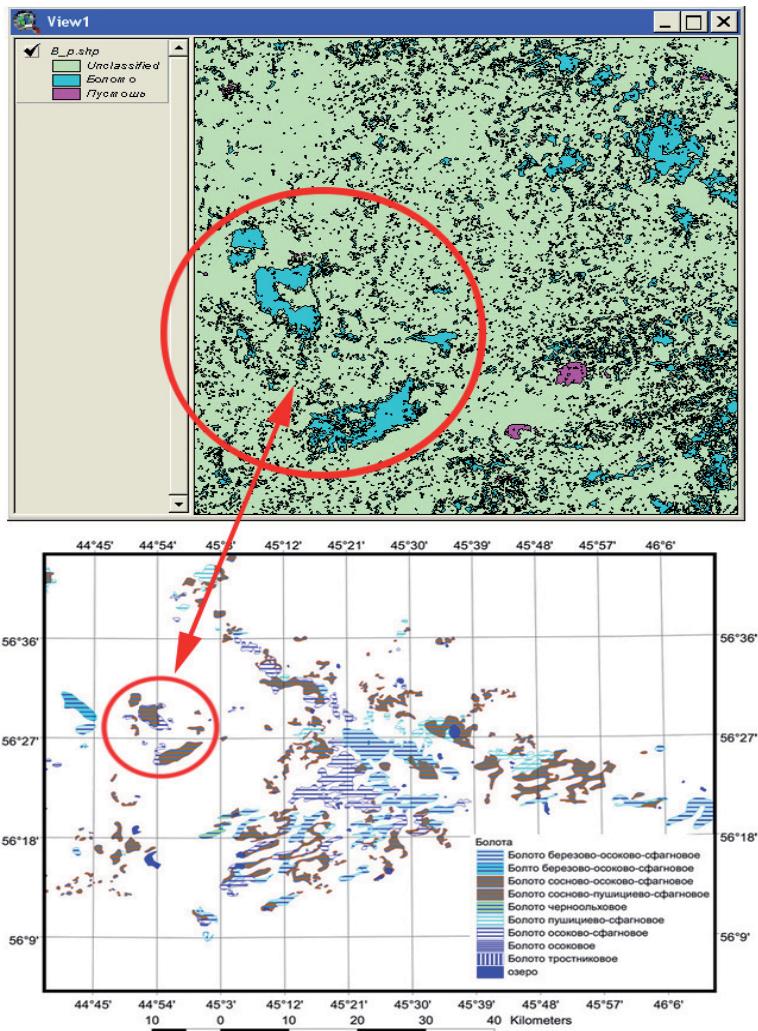


Рис. 10. Фрагмент темы болот и пустошей в ArcView (вверху) и генерализованная карта болот, ранжированная по типам болот (внизу).

Fig. 10. Fragment of the thematic map of wetlands and wastelands in ArcView (upper) and generated map of wetlands ranged on type of wetlands (bottom).

ской гнездовой группировки, выясненные в предыдущие полевые сезоны.

Параметры распределения гнездовых участков беркута:

1. Расстояние между центрами гнездовых участков – $9,9 \pm 1,2$ км.
2. Радиус буфера гнездовой территории – $6,4 \pm 1,1$ км.
3. Диаметр гнездового участка – $5,68 \pm 0,98$ км.
4. Перекрывание гнездового участка с буферной зоной соседней гнездовой территории – $5 \pm 0,7\%$.
5. Участок высокоствольного соснового леса в пределах гнездового участка – 100% приоритет.
6. Открытое верховое болото в пределах гнездового участка – 100% приоритет.
7. Озеро в пределах гнездового участка – 50% допуск.
8. Сосновые пустоши в пределах гнездо-

вого участка – 50% допуск.

9. Буферная зона вокруг населённого пункта, в которой вид не может гнездиться – $5,3 \pm 1,1$ км.

Работа, как и в предыдущем примере с могильником, идёт в несколько этапов. Первый этап – подготовка картографической основы. Второй этап – создание карты местообитаний беркута в регионе (рис. 10). Третий этап – заключительный этап работы – построение схемы потенциальных гнездовых участков беркутов для Камско-Бакалдинских болот (рис. 11). Первая публикация по данной теме прошла в 2006 г. (Карякин и др., 2006), однако ни тогда, ни в опубликованных результатах биотехнических мероприятий (Бакка и др., 2010), пошаговый алгоритм обработки данных в ГИС не был описан.

Пошаговый алгоритм обработки данных в ArcView 3.x

Этап. 1. Подготовка картографической основы для ГИС-анализа.

1. На территорию Камско-Бакалдинских болот создаём растровую подложку из топографических карт М 1:200 000. Топографические карты сканируем, переводим в растровый формат TIFF и регистрируем в ArcView в проекции UTM-83, зона 38 (датум WGS-84).

1.1. В графическом редакторе Adobe Photoshop CS2 склеиваем и индексируем карты, в итоге для каждого листа получаем цветоделённый растр в формате TIFF.

1.2. В программе PHOTOMOD GeoCalculator пересчитываем координаты угловых точек топографических карт из СК-42 в WGS-84.

1.3. Пересчитанные значения экспортим в текстовый формат.

1.4. Текстовый файл с координатами опорных точек импортируем в ArcView, где преобразовываем в шейп-файл с помощью опции Add Event Theme.

1.5. С помощью модуля Image Warp осуществляем привязку топографических карт в проекцию UTM-83, зона 38.

1.6. Далее карты визуально сливаем в единое покрытие с помощью расширения Transparent Legend.

Этап 2. Создание карты местообитаний.

2. На основе топографических карт создаем векторную тему населённых пунктов.

2.1. Топографические карты переводим в формат GRID с помощью модуля Spatial Analyst.

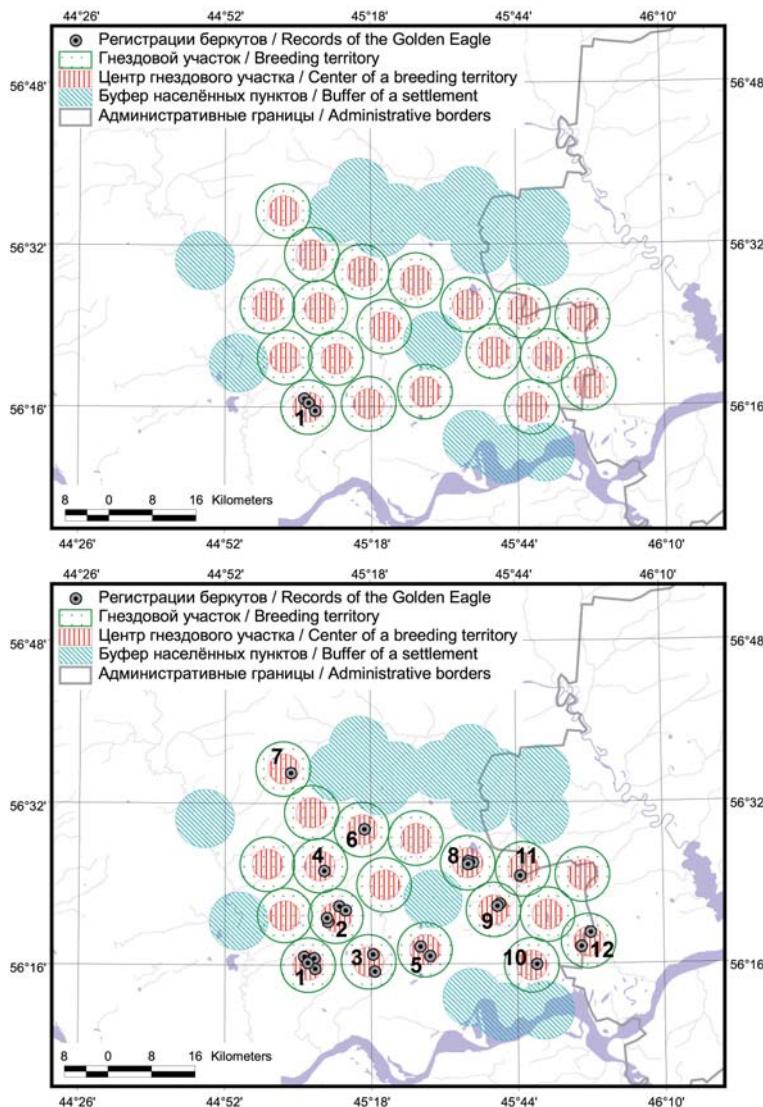


Рис. 11. Схема размещения потенциальных гнездовых участков беркута в основном массиве Камско-Бакалдинских болот (вверху) и занятость потенциальных участков беркутами, установленная к 2006 г. (внизу) (Карякин и др., 2006).

Fig. 11. GIS-model of distribution of potential breeding territories of the Golden Eagle within the Kamsko-Bakalinskies wetlands (upper) and occupancy of potential territories by eagles that had been recorded by 2006 (bottom) (Karyakin et al., 2006).

2.2. Из грид-тем извлекаем области чёрной заливки, соответствующие населённым пунктам и дорожной сети.

2.3. Осуществляем элиминацию мелких полигонов с помощью Edit Tools (опция Eliminate) путём их удаления. Оставшиеся полигоны, не являющиеся населёнными пунктами, вычищаем из темы вручную.

2.4. По космоснимкам Landsat ETM+ 2000–2001 г. и Aster 2001–2006 гг. выявляем населённые пункты, которые перестали существовать в настоящее время, критерием чему служит существенное сокращение площади открытого грунта внутри контура населённого пункта и зарастание дорог, ведущих к населённому пункту. Полигоны этих населённых пунктов удаляем из векторной темы вручную.

3. Ограничиваем область для анализа распределения беркута.

3.1. По теме населённых пунктов, извлеченной из топографической карты, строим буферные зоны шириной 5,3 км для терри-

тории, на которой беркут с высокой долей вероятности отсутствует на гнездовании.

3.2. Территории, ограниченные буферами населённых пунктов, преобразуем в шейп-файл, определяющий зону возможного гнездования беркута.

4. Создаем карту местообитаний беркута.

4.1. По мозаике космоснимков Landsat ETM+ с помощью Image Analyst инструментом отбора выделяем полигоны болот, сосновых пустошей, озёр и высокоствольного соснового леса. Данные полигоны преобразуем в шейп-файл (рис. 10).

4.2. Пограничные экотоны болото/высокоствольный лес, сосновая пустошь/высокоствольный лес и озеро/высокоствольный лес извлекаем в отдельный шейп-файл.

Этап 3. Создание карты потенциальных гнездовых участков.

5. По карте местообитаний беркута строим систему предполагаемых гнездовых участков.

5.1. Для темы экотонов, методом ближайшего соседа по заданному расстоянию с использованием расширения Repeating Shapes, строим сеть круглых полигонов, имитирующую структуру распределения гнездовых участков беркута.

5.2. С помощью расширения ShapeWarp осуществляем трансформацию системы круглых векторных полигонов для совмещения их центров с участками высокоствольного леса вдоль болот и единственным известным гнездом беркута.

5.3. По трансформированной теме круглых полигонов создаём сеть центроидов с помощью XTools.

5.4. Вокруг центроидов с помощью стандартной функции построения буферов строим итоговую систему круглых полигонов, имитирующую распределение предполагаемых гнездовых участков беркута.

Оценка результата

Итак, применив параметры размещения гнездовых участков беркута верхнекамской гнездовой группировки, мы построили схему размещения потенциальных гнездовых участков беркута сначала для основного массива Камско-Бакалдинских болот (рис. 11). Точной отсчёта схемы стал гнездовой участок №1, сформировавшийся на платформах (на участке беркуты несколько лет использовали попарно 3 гнездовые платформы, лежащие на линии в 3 км).

Построение схемы потенциальных гнезд-

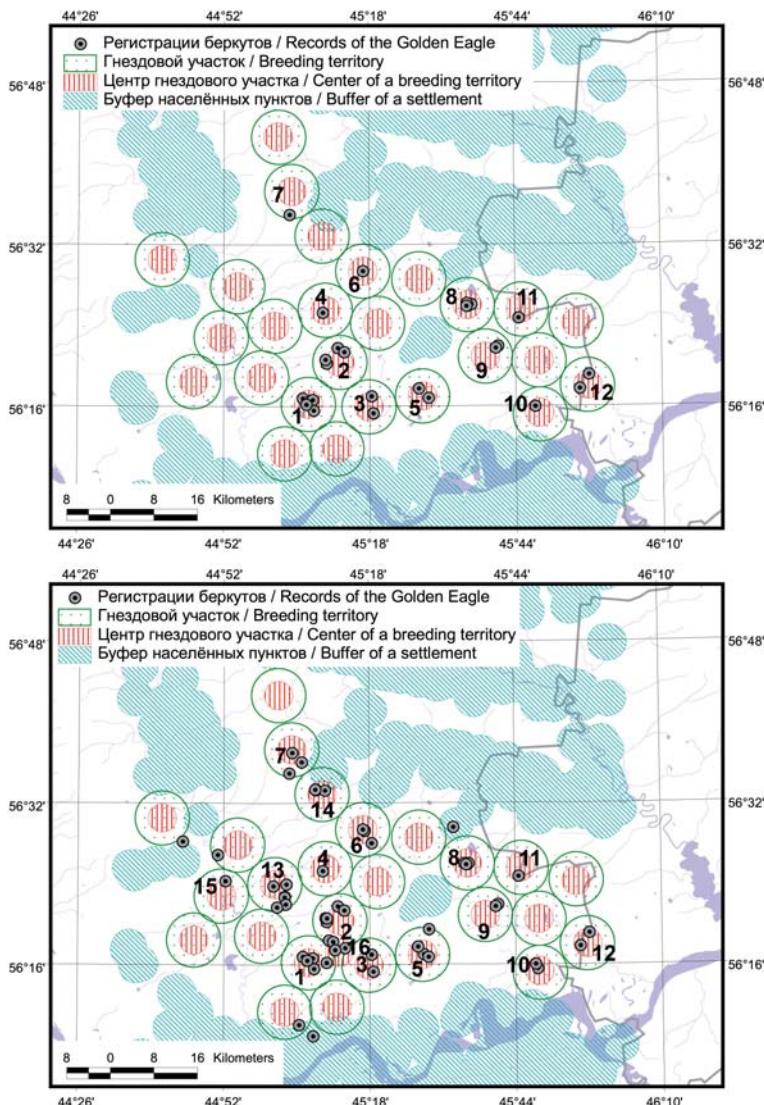


Рис. 12. Схема размещения потенциальных гнездовых участков беркута в массиве Камско-Бакалдинских болот, построенная по реальным гнездовым участкам 2000–2006 гг. (вверху) и занятость потенциальных участков беркутами, установленная к 2008 г. (внизу).

Fig. 12. GIS-model of distribution of potential breeding territories of the Golden Eagle within the Kamsko-Bakalinsk wetlands in 2000–2006 (upper) and occupancy of potential territories by eagles that had been recorded by 2008 (bottom).

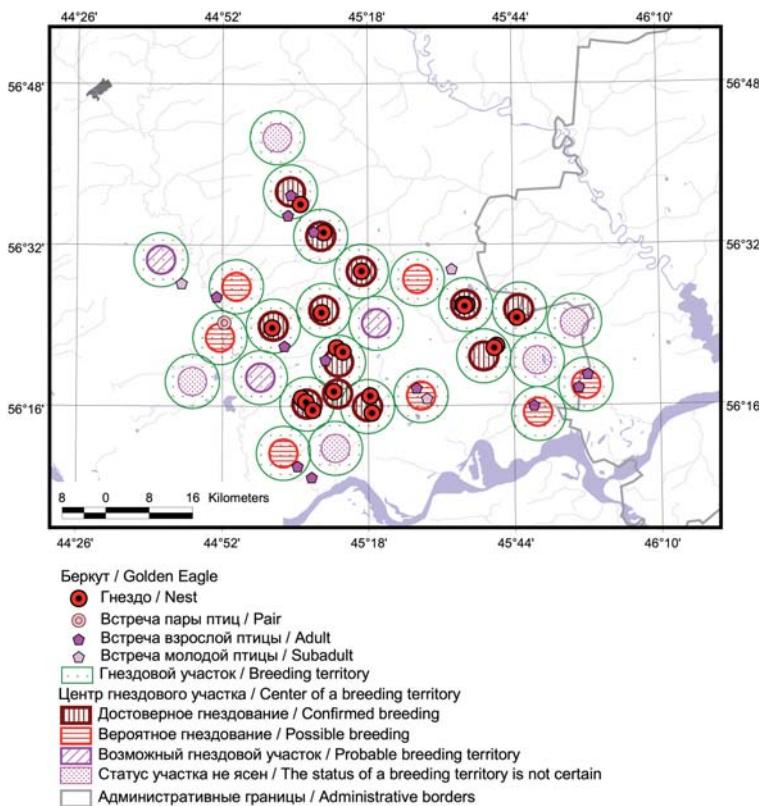
довых участков беркута позволило выделить 19 территорий на площади 2,3 тыс. км². В результате целенаправленной проверки потенциальных участков и мониторинга существующей системы гнездовых платформ (платформ, установленных до 2000 г., и платформ, сооруженных после 2000 г., в ходе их целевой установки в центрах потенциальных участков) удалось выявить 12 гнездовых участков беркутов разной степени достоверности. К достоверным мы отнесли участки, на которых установлено гнездование орлов (8 участков), к вероятным – на которых встречены пары птиц или неоднократно наблюдались взрослые особи и обнаружены их постоянные присады (2 участка), к возможным – на которых обнаружены разовые присады птиц или встречены неполовозрелые беркуты (2 участка). Следует заметить, что в этот период, на фоне пика численности зайца и мероприятий по созданию искусственного гнездового

фонда, шло интенсивное формирование гнездовых участков беркутов из молодых птиц. Формирование пар доподлинно установлено на 3-х участках, которые изначально заняли особи в возрасте 3–5 лет и стали размножаться лишь спустя 1–3 года (Бакка и др., 2010). Причём, все реальные гнездовые участки формировались именно в центрах потенциальных участков. Все наблюдения птиц до 2006 г. зарегистрированы также в центрах потенциальных участков.

Учитывая появление свода новых данных по Камско-Бакалдинской гнездовой группировке беркутов, была построена новая схема размещения потенциальных гнездовых участков, развёрнутая на всю территорию комплекса болот, включая правобережье р. Керженец (рис. 12). В новой схеме учтены параметры распределения беркута на рассматриваемой территории как по отношению друг к другу, так и по отношению к элементам ландшафта. В результате в модель включены некоторые типы болот, радиус буфера населённых пунктов уменьшен до 3,05 км, из системы населённых пунктов удалены кордоны лесничеств, существующие на месте бывших селений, к системе населённых пунктов добавлены природные территории, на которых постоянно присутствуют люди (торфопредприятия, выпасы и т.п.), буфер для которых определен в 1,4 км.

В результате корректировки схемы размещения потенциальных гнездовых участков беркута на всю территорию Камско-Бакалдинских болот удалось выделить 26 территорий на площади 3,1 тыс. км², причём, для территории, отработанной ранее, площадью 2,3 тыс. км², добавился только один участок (рис. 12). К 2008 г. на рассматриваемой территории удалось выявить, в дополнение к 12 уже известным гнездовым участкам беркутов, ещё 4, причём, в одном случае (в 2007 г.) участок сформировался в буферной зоне между тремя достоверными гнездовыми участками (за счёт уплотнения гнездовой группировки).

Итоговый результат мониторинга Камско-Бакалдинской гнездовой группировки беркутов показан на рисунке 13. В настоящее время на всех 26 потенциальных гнездовых участках, с той или иной степенью достоверности, зарегистрировано присутствие беркутов: для 11 участков установлено гнездование орлов, для 7 оно весьма вероятно (на 6 участках наблюдались взрослые птицы и обнаружены постоянные присады, поблизости от одного



участка встречена молодая птица), для 3-х участков гнездование беркута возможно (находки присад, поедей и погадок) и статус 5 участков не ясен, так как они не обследованы, но о присутствии беркута на них свидетельствуют опросные данные (см. Бакка и др., 2010). Из схемы выбирается единственный гнездовой участок беркутов, причём с достоверно установленным гнездованием на платформе, который появился в пик численности зайца (рис. 12, №16). Этот участок вызвал уплотнение гнездовой группировки на период пика численности основных видов-жертв беркута.

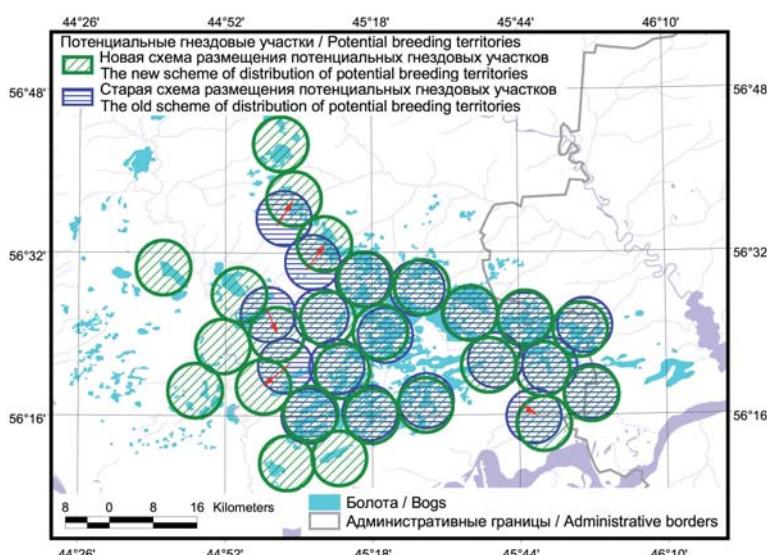


Рис. 13. Схема размещения потенциальных гнездовых участков беркута в массиве Камско-Бакалдинских болот и их занятость орлами за период с 2000 по 2010 гг.

Fig. 13. GIS-model of distribution of potential breeding territories of the Golden Eagle within the Kamsko-Bakaldinskie wetlands (upper) and occupancy of potential territories by eagles in 2000–2010 (bottom).

Сравнение схемы потенциальных гнездовых участков, построенной по верхне-камским параметрам от одного гнезда, и современной схемы, построенной по параметрам размещения нескольких реальных гнёзд беркута Камско-Бакалдинской группировки (рис. 14), позволяет говорить всего лишь о нескольких искажениях в периферийной части последней. Искажения связаны, по большому счёту, с удалением и изменением буферов. Искажения схемы оказались минимальными при вводе новых параметров по той причине, что она вся базируется, преимущественно, на полигонах векторной карты болот и возможности движения участков в ту или иную сторону сильно ограничены. Такая ничтожность искажений позволяет с максимальной точностью подойти к решению двух поставленных задач – существенному сужению зоны поиска гнёзд беркута и зоны установки искусственных гнездовий. Последнее крайне актуально ещё и потому, что существенно экономит не только трудовые, но и финансовые затраты на возведение платформ, а также увеличивает продуктивность мероприятий, так как позволяет ставить платформы точечно, в центрах предполагаемых участков, при высокой доле вероятности их заселения.

Обсуждение некоторых побочных результатов работы

В заключении хотелось бы сказать пару слов об оценке численности беркута на Камско-Бакалдинских болотах. Хотя задача оценки численности в данном случае не была сформулирована, она логично вытекает из необходимости найти максимальное количество беркутов на данной территории и просчитать возможности заселения беркутом тех территорий, где

Рис. 14. Разница в схемах размещения потенциальных гнездовых участков беркута, построенных по разным параметрам.

Fig. 14. Differences between models of distribution of potential breeding territories of the Golden Eagle created on different parameters.



Птенец беркута в гнезде на платформе. Фото С. Бакки.

Nestling of the Golden Eagle in the artificial nest. Photo by S. Bakka.

он не был обнаружен, но были проведены мероприятия по его привлечению на искусственные гнёзда. В данном случае схема предполагает возможность нормального гнездования на Камско-Бакалдинских болотах 26 пар беркутов. При этом, это число ниже ёмкости Камско-Бакалдинских болот, но выше реальной численности вида на гнездовании.

То, что ёмкость Камско-Бакалдинских болот очевидно больше, и при вспышках численности основных видов кормов беркут может гнездиться здесь с большей плотностью, подтверждено наблюдениями. Пересчёт модели с учётом минимальных дистанций между ближайшими соседями позволяет говорить о возможности гнездования здесь 38 пар, что на треть больше оптимальной численности. Можно предположить, что минимальная численность – это показатель размещения, при котором выпадают ближайшие в группах соседи, охотничьи территории которых ограничены одним крупным болотом. В таком случае минимальная численность соответствует 12 парам. Таким образом, пределы численности беркута для Камско-Бакалдинских болот определены в 12–38 пар, при оптимальной численности 26 пар. Возможно, что в настоящее время численность территориальных пар беркутов на Камско-Бакалдинских болотах ниже оптимальной, но очевидно выше минимальной и составляет около 19 пар (± 2 пары). Для площади в 3,1 тыс. км^2 это соответствует плотности 0,55–0,68, в среднем 0,61 пар/100 км^2 общей площади, что крайне неплохой по точности показатель.

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ, ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ

На двух вышеописанных примерах, реализованных на вполне конкретных территориях с вполне конкретными видами, было достаточно чётко проиллюстрировано, как работает метод построения «схемы размещения потенциальных гнездовых участков» и насколько успешно он работает. Возникает вопрос: с чем это связано? А связано это с тем, что, прогнозируя размещение гнездовых участков хищников, мы опираемся на две важные биологические особенности. Первая – размещение хищников в пространстве определяет совокупность гнездопригодного и охотничьего биотопов. Вторая – они стараются заполнить оптимальное для жизни пространство полностью и равномерно, дистанцируясь друг от друга на расстояние, позволяющее им продуктивно охотиться и не вступать в острые конфликтные отношения друг с другом. Если есть гнездопригодный биотоп, но нет охотничьего – хищника на территории не будет. Если есть охотничий, но нет гнездопригодного, уже могут быть варианты, при которых хищник будет, но это явление может носить случайный характер. Равномерность распределения в однотипном ландшафте может искажаться по причине влияния нескольких негативных факторов, вызывающих смертность птиц, что, в принципе, выявляется в ходе полевых исследований и накладывает свой отпечаток на методы прогнозирования размещения участков.

Итак, в большинстве случаев, хищники в пространстве размещаются по отношению друг к другу и к элементам ландшафта как обычные геометрические объекты по отношению друг к другу и к другим геометрическим объектам. Соответственно, чтобы спрогнозировать размещение гнездовых участков и/или определить численность хищников на какой-либо территории, в ГИС необходимо представить гнездовые участки и ключевые элементы ландшафта, соответствующие гнездопригодному и охотничьему биотопам хищников, в виде простых геометрических объектов. Далее определяющую роль в моделировании будет играть дистанция между соседями. Ландшафт не бывает идеальным, чтобы обеспечить идеальное равномерное расположение участков хищников в нём. В зависимости от качества среды, хищники будут дистанцироваться друг от друга, избегая плохие для охоты и гнездования участки, либо наоборот – сближаться,

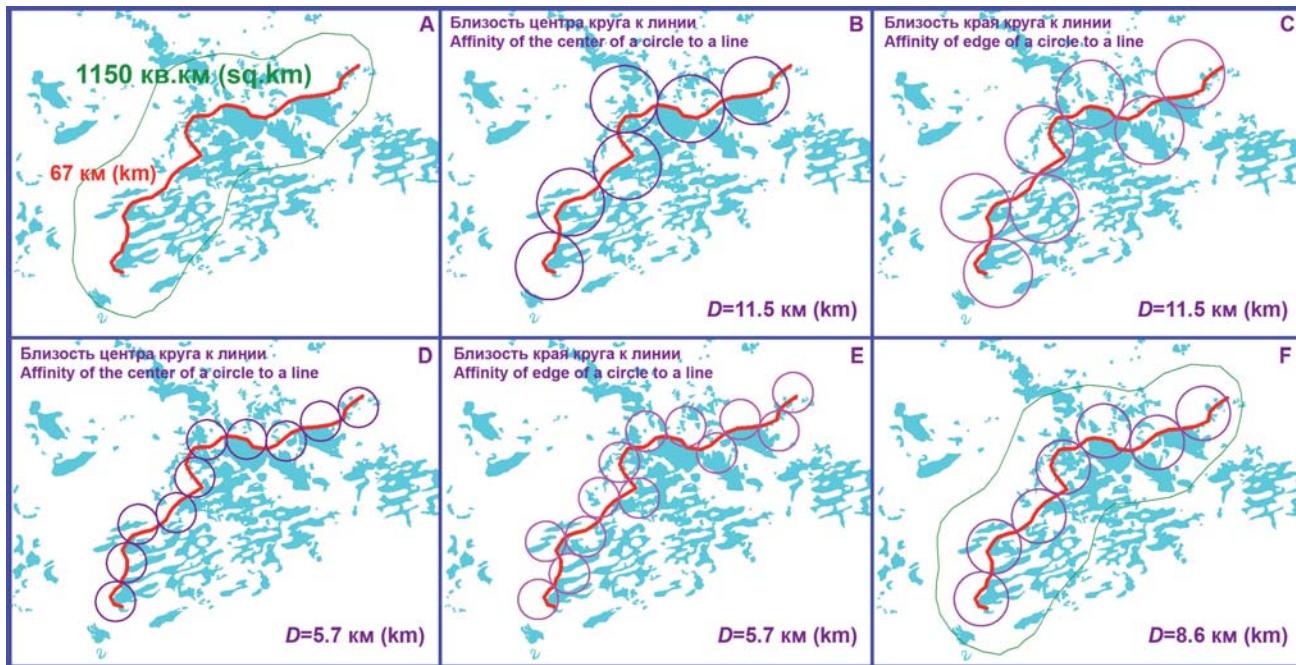


Рис. 15. Пример построения схемы потенциальных гнездовых участков беркута вдоль условной линии экотона между гнездовым (лес) и охотничим (болото) биотопами.

Fig. 15. Example of creating the model of distribution of potential breeding territories of the Golden Eagle along conditional borderline between breeding (forest) and hunting (wetlands) habitats.

вступая в конкурентные отношения за наиболее продуктивный биотоп, однако эти «смещения» будут определяться неким лимитирующим диапазоном, который ограничивается, с одной стороны, ёмкостью среды, с другой – возможностью хищников искать друг друга и успешно формировать пары. Следовательно, дистанция между участками не может быть меньше или больше определённых значений. Если мы можем представить экотон между гнездопригодным и охотничим биотопом в виде линии, то построение схемы будет максимально приближённым к реальности. Распределяя вдоль этой линии гнездовые участки, опираясь на некую величину дистанции между соседями, можно прогнозировать размещение и количество участков с минимальной ошибкой, так как смещение участков будет ограничено как линией, так и соседними участками.

На рисунке 15 отображён пример построения схемы размещения гнездовых участков беркута вдоль линии, достаточно грубо определяющей экотон лес/болото. Схема построена по максимальной дистанции между соседями (рис. 15 – B, C), минимальной (рис. 15 – D, E) и средней (рис. 15 – F) путём подтягивания центроидов участков к линии (рис. 15 – B, D) и наоборот, их дистанцирования от линии (рис. 15 – C, E). Опираясь на эту схему, можно утверждать, что в зоне рассматриваемого экотона теоретически может гнездиться от 6 до 13 пар беркутов, при оптимальном уровне численности в 7 пар.

Ошибка самого метода построения схемы, в случае с максимальными и минимальными дистанциями, составляет 14% и 23%, соответственно. Ошибка построения схемы по средней дистанции составляет 14% по отношению к предполагаемому минимуму и 46% относительно возможного максимума. Таким образом, при построении схемы потенциальных участков мы избегаем даже 2-кратной ошибки средних показателей, не говоря уже о 3–5-кратной ошибке, возможной при стандартных методах экстраполяции учётных данных.

Исходя из вышеизложенного материала, можно предположить, что метод построения схем потенциальных участков работает только на орлах. Однако, имеющиеся у нас материалы говорят о возможности широкого применения данной методики. Она апробирована и на других видах хищных птиц, имеющих достаточно выраженную территориальность (например, бородач *Gypaetus barbatus*, орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla*, тетеревятник *Accipiter gentilis*, длиннохвостая неясыть *Strix uralensis* и др.) (Бакка, Киселёва, 2008; Калякин и др., 2009; С.В. Бакка, И.В. Калякин, А.П. Левашкин, А.М. Новикова, А.С. Паженков, неопубликованные данные). Тогда возникает закономерный вопрос, можно ли работать таким методом по видам, которые не имеют ярко выраженной территориальности и склонны образовывать гнездовые концентрации (скопа *Pandion haliaetus*, луни *Circus sp.*), либо даже колонии (сипы

Gyps sp., кобчики *Falco vespertinus*)? – Естественно, можно, если мы можем увидеть по карте и/или снимку гнездовой и охотничий биотопы вида и получить параметры размещения в пространстве колоний и отдельных пар. Но, естественно, следует апробировать метод на практике и адаптировать его конкретно к исследуемому виду.

Очень важной составляющей в апробации метода построения схемы размещения потенциальных участков является проверка этих участков на предмет гнездования вида. Вот здесь мы сталкиваемся с массой подводных камней, о которых шла речь во вступительной части данной работы. Очевиден тот факт, что специалист, который не занимается целевым образом искомым видом, во многих случаях не способен локализовать его гнездовой участок на местности и найти гнездо. Продуктивность специалиста, который занимается целевым образом искомым видом, будет, по определению, выше, однако и здесь возможны варианты. В частности, привычка ориентироваться поиск на типичные гнёзда и гнездовые участки может привести к пропуску нетипичных. С такими проблемами сталкивается дававшее большинство исследователей. Поэтому необходимо учитывать субъективный фактор, который неуклонно будет влиять на оценку результата.

Благодарности

В заключении хочется поблагодарить всех орнитологов и любителей птиц, которые обследовали потенциальные участки, спроектированные в ГИС, и делились своей информацией по выявленным гнездовым участкам орлов, – это Сергей Адамов, Сергей Бакка, Тимофей Барабашин, Ринур Бекмансурров, Дмитрий Коржев, Алексей Левашкин, Андрей Медведев, Эльвира Николенко, Михаил Нелюбин, Людмила Новикова, Алексей Паженков, Дмитрий Постников, Владимир Семенной, Андрей Семенов.

Специфические термины, использованные в статье

Атрибут (Attribute) – син. реквизит – свойство, качественный или количественный признак, характеризующий пространственный объект (но не связанный с его местоуказанием) и ассоциированный с его уникальным номером или идентификатором. Наборы значений атрибута (Attribute value) обычно представляются

в форме таблиц средствами реляционных СУБД; классу атрибута (Attribute class) при этом соответствует имя колонки, или столбца (Column), или поля таблицы (Field). Атрибутивные данные (Attribute data) упорядочиваются, хранятся и манипулируются в системах управления базами данных, как правило, реляционного типа. В более широком смысле под атрибутом понимается любое, пространственное и непространственное, свойство объекта; в этом случае говорят о пространственных атрибутах (Spatial attribute) и непространственных атрибутах (Aspatial attribute). Процесс присвоения пространственным объектам атрибутов или связывания объектов с атрибутами носит название атрибутирования (Attribute tagging, attribute matching).

База данных, БД (Data base, database, DB) – совокупность данных, организованных по определённым правилам, устанавливающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными. Хранение данных в БД обеспечивает централизованное управление, соблюдение стандартов, безопасность и целостность данных, сокращает избыточность и устраняет противоречивость данных. БД не зависит от прикладных программ. Создание БД и обращение к ней (по запросам) осуществляются с помощью системы управления базами данных (СУБД). Программное обеспечение локальных вычислительных сетей (ЛВС) первоначально поддерживало режим работы, при котором рабочие станции сети посыпали запросы к БД, расположенной на обслуживающем их компьютере – файл-сервере (File server), получали от него необходимые файлы, выполняли совокупность операций поиска, выборки и корректировки – транзакций (Transaction) и отсыпали файлы обратно. При другом режиме рабочие станции ЛВС выступают в роли клиентов, а сервер БД полностью обслуживает запросы (как правило, записанные на языке SQL) и отсылает клиентам результаты, реализуя технологию клиент-сервер (Client/Server).

Буферы (Buffers) – полигональные объекты определённой ширины, созданные вокруг любых векторных объектов входного слоя.

Векторная модель данных (Vector data model) – цифровое представление точечных, линейных и полигональных пространственных объектов в виде на-

бора координатных пар, с описанием только геометрии объектов, что соответствует нетопологическому векторному представлению линейных и полигональных объектов, или геометрии и топологических отношений (топологии), что соответствует векторно-топологическому представлению. В машинной реализации векторной модели данных соответствует векторный формат пространственных данных (Vector data format).

Географическая информационная система (Geographical Information System, GIS) – син. геоинформационная система, ГИС – информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных (пространственных данных). ГИС содержит данные о пространственных объектах в форме их цифровых представлений (векторных, растровых и др.), включает соответствующий задачам набор функциональных возможностей, в которых реализуются операции геоинформационных технологий или ГИС-технологий (GIS technology), поддерживается программным, аппаратным, информационным, нормативно-правовым, кадровым и организационным обеспечением.

Геоинформационный анализ (GIS based analysis) – анализ размещения, структуры, взаимосвязей объектов и явлений с использованием методов пространственного анализа и геомоделирования.

Конвексный полигон (Convex hull) – наименьший полигон, описывающий все или выбранные векторные элементы входного слоя.

Полигоны Тиссена (Thiessen polygons) – син. диаграммы Вороного (Voronoi diagrams) – представляют собой геометрические конструкции, образуемые относительно множества точек таким образом, что границы полигонов являются отрезками перпендикуляров, восстанавливаемых к линиям, соединяющим две ближайшие точки.

Растровая модель данных (Raster data model) – цифровое представление пространственных объектов в виде совокупности ячеек растра (пикселов) с присвоенными им значениями и классом объекта в отличие от формально идентичного регулярно-ячеистого представления как совокупности ячеек регулярной сети (элементов разбиения земной поверхности). Растровая модель данных предполагает позиционирование объектов указанием их положения в соответствующей растру прямоугольной матрице единообразно для всех типов пространственных объектов (точек, линий, полигонов и поверхностей); в машинной реализации растровой модели соответствует растровый формат пространственных данных (Raster data format). В цифровой картографии растровой модели соответствует матричная форма представления цифровой картографической информации (ГОСТ 28441-90. Картография цифровая. Термины и определения).

Центроид (Centroid) — центр масс фигуры.

Литература

Бакка А.И., Бакка С.В., Пестов М.В. Биотехнические мероприятия для увеличения численности редких хищных птиц в Нижегородской области. – Наземные и водные экосистемы: сборник научных трудов. Вып. 15. Нижний Новгород, 1999. С. 46–48.

Бакка А.И., Бакка С.В., Пестов М.В. Организация и проведение биотехнических работ по охране редких видов животных. Методическое пособие. Под ред. А.А. Каюмова. Нижний Новгород, 2001. 39 с.

Бакка С.В. Беркут *Aquila chrysaetos* L. – Красная книга Нижегородской области. Т. 1. Животные. Нижний Новгород, 2003. С. 90–91.

Бакка С.В., Бакка А.И. Состояние и охрана некоторых редких видов птиц в Нижегородской области. – Фауна, экология и охрана редких птиц Среднего Поволжья: Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции «Редкие птицы Среднего Поволжья». Саранск, 1997. С. 13–16.

Бакка С.В., Киселёва Н.Ю. Орлан-белохвост в Нижегородской области, Россия. – Пернатые хищники и их охрана. 2008. №13. С. 21–27.

Бакка С.В., Киселёва Н.Ю., Новикова Л.М. Влияние биотехнических мероприятий на численность редких видов дневных хищных птиц в Нижегородской области. – Материалы IV конференции по хищным птицам Северной Евразии (Пенза, 1–3 февраля 2003 г.). Пенза, 2003. С. 24–26.

Бакка С.В., Карякин И.В., Киселёва Н.Ю., Денисов Д.А., Карпееев В.Е., Левашкин А.П., Некрасов М.С. Итоги мониторинга состояния и охраны гнездовых группировок редких видов дневных хищных птиц в Нижегородской области в 1988–2009 годах, Россия. – Пернатые хищники и их охрана. 2010. №18. С. 46–67.

Бакка С.В., Новикова Л.М. Влияние биотехнических мероприятий на восстановление оптимального уровня численности редких видов дневных хищных птиц в Нижегородской области. – Пернатые хищники и их охрана. 2005. №1. С. 34–35.

Бакка С.В., Новикова Л.М. Результаты мониторинга искусственных гнёзд для редких видов дневных хищных птиц в Нижегородской области в 2005 г. – Бутурлинский сборник. Материалы II международных Бутурлинских чтений (г. Ульяновск, 21–24 сентября 2005 г.). Ульяновск, 2006. С. 142–146.

Белик В.П., Галушин В.М. Популяционная структура орла-могильника в Северной Евразии. – Королевский орел: распространение, состояние популяций и перспективы охраны орла-могильника (*Aquila heliaca*) в России. Сборник научных трудов. Серия: Редкие виды птиц. В.1. Под ред. В.П. Белика. М., 1999. С. 129–139.

Бибби К., Джонс М., Марслен С. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учёты птиц. Перевод с английского. М., 2000. 186 с.

Боголюбов А.С. Методы учёта численности птиц: маршрутные учёты. Методическое пособие. М., 1996. 17 с.

Бородин О.В. Могильник. – Красная книга Ульяновской области / Под науч. ред. Е.А. Артемьевой, О.В. Бородина, М.А. Королькова, Н.С. Ракова; Ульяновск, 2008. С. 404–407.

Галушин В.М. Беркут *Aquila chrysaetos* – Красная книга Российской Федерации. Т. 2. Животные. М., 2001а. С. 440–442.

Галушин В.М. Могильник *Aquila heliaca* – Красная книга Российской Федерации. Т. 2. Животные. М., 2001б. С. 399–401.

Дубинин М.Ю. Применение TRLegend для работы с рас-

тровыми топокартами. – GIS-lab. <<http://gis-lab.info/qa/trlegend.html>> закачано 1 октября 2010 г.

Дубинин М.Ю., Рыков Д.А. Открытые настольные ГИС: обзор текущей ситуации. Геопрофиль, март-апрель 2010. С. 34–44. <<http://gis-lab.info/qa/os-gis-geoprofile.html>> закачано 1 октября 2010 г.

Карякин И.В. Пернатые хищники Уральского региона. Соколообразные (*Falconiformes*), Совообразные (*Strigiformes*). Пермь, 1998. 483 с.

Карякин И.В. Орёл-могильник в Уральском регионе. – Королевский орёл: распространение, состояние популяций и перспективы охраны орла-могильника (*Aquila heliaca*) в России. Сборник научных трудов. Серия: Редкие виды птиц. В.1. / Под ред. В.П. Белика. М., 1999. С. 41–53.

Карякин И.В. Пернатые хищники (методические рекомендации по изучению соколообразных и совообразных). Нижний Новгород, 2004. 351 с.

Карякин И.В. Популяционная структура ареала восточноевропейского могильника в Волго-Уральском регионе и её динамика в последнее столетие. – Экологический вестник Чувашской Республики. Вып. 57. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Изучение птиц на территории Волжско-Камского края», 24–26 марта 2007 г. Чебоксары, 2007. С. 163–171.

Карякин И.В., Бакка С.В., Новикова А.М. Применение ГИС для повышения эффективности мероприятий по восстановлению численности беркута на территории биосферного резервата «Нижегородское Заволжье», Россия. – Пернатые хищники и их охрана. 2006 №6. С. 16–20.

Карякин И.В., Коновалов Л.И., Грабовский М.А., Николенко Э.Г. Падальщики Алтая–Саянского региона. – Пернатые хищники и их охрана. 2009. №15. С. 37–65.

Карякин И.В., Николенко Э.Г., Левин А.С., Коваленко А.В. Могильник в России и Казахстане: популяционный статус и тренды. – Пернатые хищники и их охрана. 2008. №14. С. 18–27.

Карякин И.В., Паженков А.С. Орёл-могильник в Самарской области. – Королевский орёл: распространение, состояние популяций и перспективы охраны орла-могильника (*Aquila heliaca*) в России. Сборник научных трудов. Серия: Редкие виды птиц. В.1. / Под ред. В.П. Белика. М., 1999. С. 73–77.

Наумов Р.Л. Организация и методы учёта птиц и вредных грызунов. М., 1963. 137 с.

Новикова Л.М. Влияние биотехнических мероприятий на повышение численности крупных хищных птиц на ключевых орнитологических территориях в Нижегородской области. – Ключевые орнитологические территории России. 2003. №2 (18). С. 48–50.

Приедниекс Я., Страздас М., Петерхофф Э., Страздас А., Петриньш А. Перспективы применения метода финских линейных трансектов (ФЛТ) в учетах гнездящихся птиц для мониторинга их численности. Орнитология. 1986. №21. С. 118–125.

Присяжнюк В.Е., Назырова Р.И., Морозов В.В., Шилин Н.И., Юожанский А.Т., Кожурина Е.И. 2003* Россия* Красный список особо охраняемых редких и находящихся под угрозой исчезновения животных и растений (вып. 2). Ч. 1. Позвоночные животные. М., 2004. 304 с.

Равкин Е.С., Челинцев Н.Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учёту птиц. М., 1990. 33 с.

Равкин Ю.С. К методике учёта птиц в лесных ландшафтах. – Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75.

Равкин Ю.С., Доброхотов Б.П. К методике учёта птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время. – Организа-

ция и методы учёта птиц и вредных грызунов. Москва, 1963. С. 130–136.

Челинцев Н.Г. Методы расчёта плотности населения животных по данным маршрутных учётов. – Пространственно-временная динамика животного населения. Новосибирск, 1985. С. 5–14.

Челинцев Н.Г. Расчёт плотности населения птиц по радиальным расстояниям и углам обнаружения на маршруте. – Экология и поведение птиц. Москва, 1988. С. 198–207.

Челинцев Н.Г. Метод расчёта плотности населения птиц при учетах на круговых площадках. – Всесоюзное совещание по проблеме кадастра и учёта животного мира: Тез. докл. Ч. 1. Уфа, 1989. С. 404–405.

ArcView Image Analyst. Руководство пользователя. Data+. Москва, 1999а. 214 с.

ArcView GIS 3.3. Руководство пользователя. Data+. Москва, 1999б. 380 с.

ArcView Spatial Analyst. Руководство пользователя. Data+. Москва, 1999с. 146 с.

BirdLife International, 2008. *Aquila heliaca*. – IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 08 October 2010.

Blondel J., Ferry C., Frochot B. Censusing breeding birds by the I.P.A. method. – Pol. Ecol. Stud. 1977. Vol. 3. №4. P. 15–17.

Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L. Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations. London, 1993. 446 p. <<http://www.colostate.edu/Dept/coopunit/download.html>> accessed 1 May 2010.

DeLaune M. Guide To the ODF XTools ArcView Extension. 2000. <http://www.uwsp.edu/cnr/onlinedocs/XTools_guide.PDF> accessed 1 May 2010.

Dixon T.J. The distance at which sitting birds can be seen at sea. – Ibis. 1977. 119. P. 372–375.

Jarvinen O., Vaisanen R.A. Line transect method: a standard for field-work. – Pol. Ecol. Stud. 1977. Vol. 3. №4. P. 7–17.

Jenness, J. Nearest features (nearfeat.avx) extension for ArcView 3.x, v. 3.8a. – Jenness Enterprises. 2004. Available at: <http://www.jennessent.com/arcview/nearest_features.htm> accessed 1 October 2010.

Jenness, J. Repeating shapes (repeat_shapes.avx) extension for ArcView 3.x. – Jenness Enterprises. 2005. Available at: <http://www.jennessent.com/arcview/repeat_shapes.htm> accessed 1 October 2010.

Hayne D.W. An examination of the strip census methods for estimating animal population. – J. Wildlife Management. 1949 13 (2). P. 145–157.

McVay K. ShapeWarp extension. – ESRI. 1998. <<http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=10088>> accessed 1 October 2010.

McVay K. ImageWarp 2.0 Updated March 16, 1999. – ESRI. 1999. <<http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=10118>> accessed 1 October 2010.

Palmgren P. Quantitative Untersuchungen über die Vogelfauna in den Wäldern Südfinnlands mit besonderer Berücksichtigung Elands. – Acta zool. Fennica. 1930. №7. P. 1–218.

Recher H.F. Report of working group on the need for standardized census methods. – Stud. in Avian Biol. 1981. №6. P. 580–581.

Sutherland W.J., Newton I., Green R.E. Bird Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques. Oxford, 2004. 389 p.

Tchoukanski I. EditTools extension for ArcView 3.x. – ET Spatial Techniques. 2004. <http://www.ian-ko.com/et/ETUserGuide/edittools_user_guide.htm> accessed 1 October 2010.