



Package for Calculating Gibbon Population Density from Auditory Surveys

**Phạm mềm tính mật độ vượn từ số liệu điều tra qua tiếng
hót**

Vũ Tiến Thịnh and Benjamin Miles Rawson

May 2011

Citation: Vũ Tiến Thịnh and Rawson, B. M. 2011. Package for calculating gibbon population density from auditory surveys. Phần mềm tính mật độ Vượn từ số liệu điều tra qua tiếng hót. Conservation International / Fauna & Flora International, Hanoi, Vietnam

Authors: Dr Vũ Tiến Thịnh, Vietnam Forestry University
Dr Benjamin Miles Rawson, Conservation International

Date: May 2011

Funded by: Arcus Foundation and Sprague-Nowak SE Asia Biodiversity Initiative

Cover photo: Female northern buff-cheeked crested gibbon (*Nomascus annamensis*)/Photo credit: Ben Rawson/Conservation International

All views expressed within are the author's/authors' alone unless attributed otherwise and do not necessarily reflect the opinion of Conservation International, Fauna & Flora International, and their donor partners. While the authors and editors strive for rigor and accuracy in presenting this report, the aforementioned organizations make no representations as to completeness; suitability or validity of any information contained, and will not be liable for any errors or omissions.

Reproduction of any part of this report for educational, conservation and other non-profit purposes is authorized without prior permission from the copyright holder, provided that the source is fully acknowledged. Reproduction for commercial purposes is prohibited without prior written permission from the copyright holder.

COPYRIGHT

© 2011 Conservation International and Fauna & Flora International

Contents

Introduction	3
Manual for Using Excel population density calculator	5
I. Fundamental rules for using the sheets	5
II. Some underlying theories	5
III. Using the spreadsheets.....	6
Equations Used	15
Giới thiệu	20
I. Các nguyên tắc cơ bản khi sử dụng bảng tính	22
II. Một vài vấn đề về lý thuyết ước lượng kích thước quần thể trong điều tra Vượn	22
III. Sử dụng bảng tính	24
Công thức sử dụng trong bảng tính	33
References/Tài liệu tham khảo	39

Introduction

Of the 16 species of gibbons recognized under the IUCN Red List of Threatened Species, all are considered threatened with extinction with four considered Critically Endangered, eleven Endangered and only one listed as Vulnerable. The fact that gibbons are one of the most threatened Families of primate means that there is a great need and desire to determine and monitor their status in order that conservation interventions can be conducted in the most effective fashion. This need for population surveys has been mirrored in an increase in funding in recent years for gibbon conservation work, most significantly through USFWS Great Ape Conservation Fund, and Arcus Foundation resulting in an increase in survey work on gibbon populations throughout their range.

Having accurate population estimates for species and populations is important for determining threat level and for prioritising populations for conservation interventions, however, methods used for surveying gibbons have a large number of pitfalls and assumptions that often lead to erroneous results if not accounted for (Rawson 2010). This leads to the situation that population estimates under different projects for different species, using different methods and designs, being conducted by different surveyors, in different regions, at different times of the year, and with different gibbon densities are generally not comparable. Additionally, data analysis skill varies among gibbon surveyors and results presented often do not show underlying assumptions. Therefore, there is an urgent need for a computer program that can help surveyors to estimate gibbon density and population size easily.

The aim of this manual and associated software is to provide an automated system for estimating gibbon population density and population size using auditory sampling approaches (or point counts) which can be uniformly applied across sites, allowing for greater comparability and subsequent prioritisation. These guidelines are an attempt to provide a relatively easy to use, yet thorough statistical approach to calculating group density and population size from a survey.

These guidelines and associated software are sufficiently flexible to accept data collected in a number of different ways. Surveyors can have flexible lengths of time at listening posts depending on sampling effort available and can estimate calling probability in a day either through data collected during the survey or through long-term data collection on focal groups.

It is still relatively easy to misuse such guidelines and the results they generate. These guidelines assume a randomized survey protocol has been used to generate data input into the software. Listening posts should be randomly placed across the site of interest, not selected based on ease of access, water availability etc. While this caveat applies to any statistical approach which samples a population and then extrapolates to the whole population, it is a message which has been largely lost on gibbon surveyors, even in the published literature. It is beyond the scope of this document to discuss this topic at length but the authors would encourage users of this package to follow a survey design such as presented in Rawson et al (2009) or O'Brien et al (2004) where randomized listening posts are distributed across the site of interest. Surveyors should also be aware of the failings of the

auditory survey approach before embarking on surveys; Rawson (2010) provides an overview of the problems associated with these techniques.

Likewise, sufficient sample size is required for data to have meaning. Surveys that use only a few unrepresentative listening posts to document a population of interest are not appropriate for use with this package. Many situations in Vietnam, especially the further north one travels, will require this kind of approach with interview surveys followed up by field surveys in small areas to try and detect/count a remnant gibbon population (e.g. Luu Tuong Bach & Rawson 2009; Le Trong Dat & Le Minh Phong 2010). Data collected from such surveys cannot appropriately be used with this package excepting to determine population density only within the census area, i.e. it should not be extrapolated beyond the area directly under survey, however the value of such analysis is generally small.

This package has been used in several surveys in Vietnam already, and has helped provide some of the first unbiased estimates of gibbon density and population size for the country. The package has been used in Pu Mat National Park, revealing the site's importance for northern white-cheeked crested gibbons *Nomascus leucogenys* (Luu Tuong Bach & Rawson 2011). It has also been used in Kon Ka Kinh National Park to provide the first population estimates for the newly described northern buff-cheeked crested gibbon *Nomascus annamensis* in Vietnam (Ha Thang Long et al. 2011). It has also been used to assess the population of yellow-cheeked crested gibbon *Nomascus gabriellae* in Ta Dung Nature Reserve (Hoang Minh Duc et al. 2010) and is being used in Bu Gia Map National Park currently (Hoang Minh Duc et al. In prep). While in many locations in Vietnam where populations are highly fragmented and suppressed this package will not be useful, it could be applied in many others which are thought to be potentially key areas of distribution for remaining populations. Areas may include Phong Nha-Ke Bang National Park and the Bi Dup Nui Ba-Chu Yang Sin-Phuoc Binh complex, which have both been identified as key knowledge gaps for *Nomascus siki* and *N. gabriellae* respectively (Rawson et al. In prep).

We provide the manual in both English and Vietnamese in order to broaden the document's impact and usefulness in Vietnam.

Manual for Using Excel population density calculator

This gibbon population size calculation sheet and mathematical formulations are developed by Dr. Vu Tien Thinh at Department of Wildlife, Forestry University of Vietnam and Dr. Benjamin Miles Rawson at Conservation International, Greater Mekong Region. These sheets provide gibbon surveyors with automatic unbiased estimates of gibbon population density and size plus variance, and 95% confidence intervals. Additionally, these sheets provide surveyors with flexibility in designing their field surveys by allowing for varying numbers of survey days by post and by allowing three different approaches for determining calling probability. To use the sheets, please follow the following instructions carefully. For more questions, please contact Dr. Vu Tien Thinh: email: vuienthinh@hotmail.com, phone: 0912 114 373 or Dr. Ben Rawson: email: b.rawson@conservation.org, phone: 0915 095 342.

I. Fundamental rules for using the sheets

1. Enter data in the **pink** cells, don't manipulate other cells.
2. **Do not delete** any values/format/formula that are not in **pink** cells.
3. All area data is entered in km²

II. Some underlying theories

Gibbons groups do not call every day. Often an area cannot be surveyed for many days to ensure all gibbon groups in the area are detected due to limited time, budget, and manpower. Groups that do not call during a survey period will remain undetected. Therefore, to estimate gibbon population size correctly, surveyors have to divide the number of detected groups by a correction factor (P), which takes into account this fact. The correction factor applied depends on the number of days listening posts are surveyed. The longer a post is surveyed, the more gibbon groups are likely to be detected and the higher the correction factor which needs to be applied. Additionally, P varies by species, site and season. In order to calculate the P, calling probability in one day (p1) needs to be estimated. In this manual, we provide three methods by which the calling probability in one day can be estimated:

1. The first method is using long-term observations of calling behavior of known groups. In this method, some known gibbons groups would be followed for a period of time to determine calling behaviour. In this case, use the sheet named "Gibbon_Pop_Calcs_LongtermObservation.xls".

2. The second method uses only data collected from surveys, and uses data from all posts that have been surveyed for at least 3 days. In this case, discard all data collected after the first 3 days and use the sheet named "Gibbon_Pop_Calcs_3days.xls".
3. The third method uses only data collected from surveys, and uses data from all posts that have been surveyed for at least 2 days. In this case, discard all data collected after the first 2 days and use the sheet named "Gibbon_Pop_Calcs_2days.xls".

Note: Many surveys can potentially use either the second or the third method to estimate p_1 . However, to improve the precision of the estimate, surveyors should choose the method in which the number of gibbon groups detected is bigger. For example, in a survey of 20 posts, 12 posts were surveyed for 3 days and 8 posts were surveyed for 2 days. At the posts surveyed for 3 days a total of 10 gibbon groups were detected, and of that **5 groups were detected in the first 2 days**. At the posts surveyed for only 2 days, a total of 4 gibbon groups were detected. In this case, we should choose the second method (estimating p_1 based on 3 survey days) because we have sample size of 10 gibbon groups. If we choose the third method, the sample size is 9 (5 groups detected in the first 2 days at the posts that were surveyed for 3 days and 4 at the posts that were surveyed for 2 days).

If however the posts which were surveyed for 3 days detected **8 groups in the first 2 days**, the third method should be used because of the sample size of $12 > 10$. Remember that if you use the third method, you can still use data collected at posts that were surveyed for 3 days in the estimation of p_1 as long as you discard data collected after the first 2 days. Note however that you must use the first two days of survey effort, you cannot choose which two days of the three day survey to include. The art of choosing between method 2 and 3 is to maximize the sample size.

III. Using the spreadsheets

Method one: Estimation of calling probability using long term observations of known gibbon groups. Please use the spreadsheet named "Gibbon_Pop_Calcs_LongtermObservation.xls".

Step 1. Fill in the data in the worksheet "**Calling probability**" to estimate p_1

- For each gibbon group, if the group was detected on day i , put "1" in the cell corresponding to the gibbon group and day. Leave other cells blank.
- Put the number of days a group was surveyed in the column "# of days surveyed". The number of days can vary by group.

Group #	Day																				# of days surveying	Sum
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	1	1			1			1		1											10	5
2	1		1		1	1		1	1												10	6
3	1	1				1				1											8	4
4		1					1														10	2
5			1		1			1	1												9	4
6																						0
7																						0
8																						0
9																						0

In the above example, 5 gibbon groups were followed. Gibbon group 1 was detected on day 1, 2, 5, 8, and 10. Group 3 was followed for 8 days, group 5 was followed for 9 days, and the others were followed for 10 days.

This will estimate p_1 for your data set, which will be displayed in cell C4 with its variance in C5.

Method two: Estimation of calling probability using data from 3 days surveying at posts. Please use the spreadsheet named "Gibbon_Pop_Calcs_3days.xls".

Step 1. Fill out the data in the worksheet "Calling probability" to estimate p_1

- Only use data collected from posts that were surveyed for at least three days.
- If a group from this data set was surveyed for more than three days, discard data collected after the third day.
- Each individual gibbon group should only be included in the data set once. If you have overlapping posts, groups heard from more than one post should only be included once. If the posts were survey simultaneously, you should choose the post closest to the group to add data from. If one post was surveyed after another, you should choose the post that was surveyed earlier to add data from.

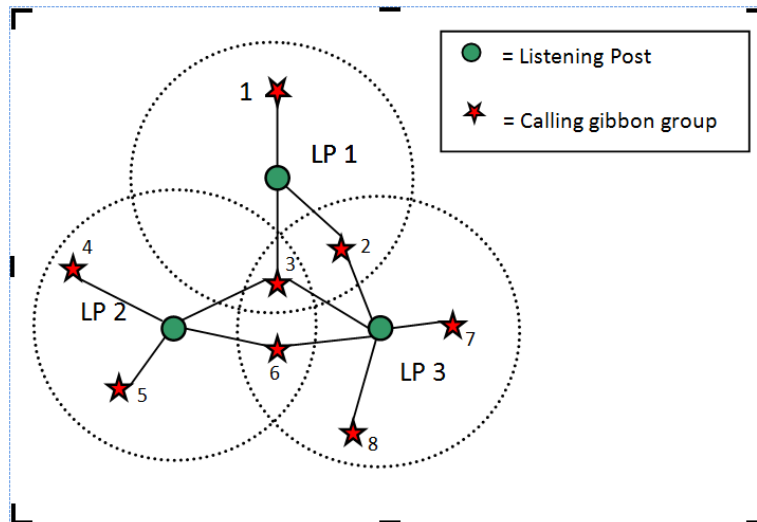


Figure 1 - Example survey data from three overlapping listening posts. Dotted lines represent the area that gibbons can be heard from each listening post. Solid lines represent observations of gibbons from a post.

- In the column “Group #”, give each group an ID using an integer number (1, 2, 3....) as illustrated in Figure 1. Note that in this example, total observations from the three posts are 12; however, the **number of groups detected is 8. Therefore you should only enter 8 groups in your data sheet.**
- For each gibbon group, place a “1” in each cell on the day on which the group was heard. Leave other cells blank. In the example below, 15 gibbon groups were detected. Gibbon group 1 was detected on days 1 and 2. Group 3 was only detected on day 2 while group 15 was detected on all three days.

		Sum	9	9	8	15
		Group #	Day1	Day2	Day3	
Calling probability (p1)	0.5097	1	1	1		1
Var (p1)	0.0167	2	1		1	1
		3		1		1
		4		1	1	1
		5		1		1
		6	1		1	1
		7	1			1
		8		1	1	1
		9	1	1		1
		10			1	1
		11	1	1		1
		12			1	1
		13	1	1		1
		14	1		1	1
		15	1	1	1	1

This will estimate $p(1)$ and its variance for your data set, which will be displayed in cell B4 and B5 respectively.

Method 3: Estimation of calling probability using data from 2 days surveying at posts. Please use the spreadsheet named “Gibbon_Pop_Calcs_2days.xls”.

Step 1. Fill in the data in the worksheet “Calling probability” to estimate **p1**

- Only use data collected from posts that were surveyed for at least two days.
- If a group from this data set was surveyed for more than two days, discard data collected after the second day.
- Each individual gibbon group should only be included in the data set once. If you have overlapping posts, groups heard from more than one post should only be included once. If the posts were surveyed simultaneously, you should choose the post closest to the group to add data from. If one post was surveyed after another, you should choose the post that was surveyed earlier to add data from.
- In the column “Group #”, give each group an ID using an integer number (1, 2, 3....) as illustrated in Figure 1. Note that in this example, total observations from the three posts is 12; however, the number of groups detected is 8. Therefore there are only 8 groups in your data sheet.
- For each gibbon group, place a “1” in each cell on the day on which the group was heard. Leave other cells blank. In the example below, 15 gibbon groups were detected. Gibbon group 1 was detected on days 1 and 2 while group 2 was only detected on day 1.

		Sum	11	9	15
		Group #	Day1	Day2	
Calling probability (p1)	0.5000	1	1	1	1
Var (p1)	0.0167	2	1		1
		3	1	1	1
		4		1	1
		5	1		1
		6	1		1
		7	1	1	1
		8		1	1
		9	1		1
		10	1		1
		11	1	1	1
		12		1	1
		13	1	1	1
		14	1		1
		15		1	1

This will estimate p_1 and its variance for your data set, which will be displayed in cell B4 and B5 respectively.

Steps 2 through 6 apply for all methods and are the same in all of three sheets provided.

Step 2. Go to “5 days at post”, “4 days at post”, “3 days at post”, “2 days at post” or “1 day at post” worksheet depending on the standard length of your survey. These sheets are used for entering data collected from posts that were surveyed for either 5 days, 4 days, 3 days, 2 days or 1 day. Use the appropriate sheet in each instance. **In this manual we provide detailed instructions and examples for the “3 days at post” worksheet only.**

- In column “**Post #**”, enter post number or post ID using an **integer** number (i.e. you cannot use letters or symbols, only numbers). Each post must have an ID. Do not put more post IDs than the number of posts surveyed.
- In column “**Groups heard on Day1**”, enter the *number of distinct groups* (not the number of vocalizations) detected at each post on the first day survey at that post. In some cases the listening area of posts overlaps so that a group can be detected from more than one post. In this case, count that group for each post it was heard from (This is different from step 1 in which each group is just counted one time even though it is detected from multiple posts). See the example in at the end of this step for clarification if needed.
- Repeat this step for the other columns, e.g. “groups heard on day 2” and “groups heard on day 3”.
- In column “**Cumulative # of groups (ci)**”, for each post enter the *number of distinct groups* (not the number of vocalizations) that were detected in all days at that post. This should be determined by mapping this data and discarding multiple records of the same group. This value is always smaller than or equal to the sum of values which come from each day (e.g. columns D, E and F if you have a 3 day survey period).

Post #	Groups Heard on Day1	Groups Heard on Day2	Groups Heard on Day3	Cumulative # of groups (ci)	Averagged # of groups heard in 1 day	Estimated Groups (xi)	Post area (ai) (km2)	Density per km2 (di)
	53	45	51	89	49.67	107.14	155.54	0.69
1	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
2	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
3	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
4	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
5	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
6	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
7	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
8	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
9	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
10	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
11	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
12	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
13	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
14	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
15	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
9	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
10	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
11	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
12	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
13	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
14	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
15	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85

In the above example, at post 3, 4 groups were detected on the first day, 3 were detected on the second day, and 2 were detected on the third day. However, some groups were detected multiple times over the survey period; therefore, the cumulative number of distinct groups detected at post 3 was only 5 groups.

In some cases the listening area of posts overlaps so that a group can be detected from more than one post. In this case, count that group for each post it was heard from. Figure 1 shows an example of this case, with three overlapping listening posts. In this example, the cumulative number of groups heard over the survey period from post 1, 2, and 3 is 3, 4, and 5 groups, respectively. So you would enter 3, 4 and 5 groups for post 1, post 2, and post 3 in the “3 days at post” sheet. In this example, total observation from the three posts is 12 and **number of groups detected during the survey is 8**.

Step 3. Determining the size of the surveyed area for each post. Note that the sum of the surveyed area from all posts might be bigger than the actual size of the surveyed area due to overlapping among posts.

- In the same sheet as in step 2, enter the area surveyed from each post in the column “**Post area**”. Data entered into these cells should be in km². The area around a post surveyed is determined using the following formula:

$$a = \pi.R^2$$

with: $\pi = 3.14$ and

R: is the maximum hearing distance.

As rule of thumb, gibbon surveyors usually use a hearing distance of 1.5km and therefore; $a = 7.07 \text{ km}^2$. However, this distance will depend on topography and the taxon being surveyed, and specific maximum hearing distance can be estimated using field data from each survey (e.g. Luu Quang Vinh et al. 2010). Use Table 1 to determine the area covered at each listening post using maximum hearing distance.

Table 1 - Surveyed area around a post calculated using maximum hearing distance (R).

R (km)	Area (km²)
1.0	3.14
1.1	3.80
1.2	4.52
1.3	5.31
1.4	6.16
1.5	7.07
1.6	8.04
1.7	9.08
1.8	10.18
1.9	11.34
2.0	12.57
2.1	13.85
2.2	15.21
2.3	16.62
2.4	18.10
2.5	19.63
2.6	21.24
2.7	22.90
2.8	24.63
2.9	26.42
3.0	28.27

- In some instances, listening posts will not cover a standard survey area. This might happen if (a) some areas covered by the listening radius of a listening post are outside of gibbon habitat (e.g. agricultural areas), meaning they should not be included in the density estimate; (b) some areas within the determined listening radius cannot be heard from due to steep terrain or other issues. If you are reducing the size of some listening posts because of these factors, enter the altered estimate of the post size for corresponding posts. This updated post size is always smaller than that calculated using $a = \pi \cdot R^2$.

Step 4. Complete data entry for posts that were surveyed for 5 days, 4 days, 2 days, or only 1 day as appropriate.

- If there are posts that were surveyed for 5 days, 4 days, 2 days, or only 1 day, enter data in the worksheet **“5 days at post”**, **“4 days at post”**, **“2 days at post”** or **“1 days at post”**, respectively. However, the more uniform the survey effort spent at posts the better. Note that **each post should only be included on one of these worksheets** – i.e. posts that were surveyed for three days should only be included on the ‘3 days at post’ worksheet, do not include data from posts on any other sheet.

Step 5. Go to “Summary output” worksheet

- Enter the number of distinct groups detected in the field in cell C2. See the example in Fig 1 to determine this number. In the example, the **number of distinct groups detected is 8**.
- Enter the total survey area covered by your listening posts in km² in cell C21. If none of your posts overlap, this will be the same value as found in cell C15. This will need to be calculated using a GIS or paper map. Draw circles with the listening post as the center and radius equal to maximum hearing distance. Then exclude gibbon non-suitable habitat. The area is determined as the area inside circles. If your posts do overlap, you will need to determine the total area surveyed. Note that the overlapping area is counted just one time.
- Enter total suitable habitat (km²) into cell C27. This is the area of habitat that is suitable for gibbons, or that you think still supports a gibbon population. This number should be determined before your surveys, not based on the results of your surveys. This area can be larger than the surveyed area (C21) because it contains unsurveyed area that you would like to extrapolate your results to. Use 1km² = 100ha if you need to convert from hectare to km² or back.
- Enter gibbon group size into cell C33. As rule of thumb, 3.5 is used however other mean group size estimates can be used based on field data.

Step 6. Reading the results in the “Summary output” worksheet

This worksheet provides the estimations for group number, group density and population estimates based on your data. In general you should report the following values when writing a report on your survey:

- Estimated group density (D) which is given in cell C14, with corresponding 95% confidence interval which can be found in cells C18 and C19.
- Estimated total number of groups (TT) in the surveyed area with corresponding 95% confidence intervals. These are found in cell C20, and in cells C24 and C25, respectively.
- Estimated total number of groups (NG) in the entire site which can be reliably extrapolated to, which can be found in cell C26 with corresponding 95% confidence interval from cells C30 and C31.
- Optionally you can also include the estimated total number of individuals (NI) in the reserve as displayed in cell C32 with corresponding 95% confidence interval in cells C36 and C37. Estimated number of individuals should not be reported without estimated number of groups.

Additionally, you should also report the raw number of gibbons groups detected and calling probability (p1) in one day and correction factors (P) found on other sheets.

Equations Used

1. Estimating calling probability in one day:

Method one: Using long-term observation of calling behavior of known groups

$$p1 = \frac{\sum_1^n h_i}{\sum_1^n d_i}$$

$$\text{Var}(p1) = \frac{p1(1 - p1)}{\sum_1^n d_i}$$

p1: Calling probability

n: Number of gibbon groups followed

h_i: Number of days gibbon group i were heard/detected

d_i: Number of days gibbon group i were followed

Var(p1): Variance of p1

Method 2: Using data from 3 days survey. We developed the equation to calculate p1 based on the method presented in Xuelong Jiang et al. (2006).

$$p1 = \frac{1}{2} \left\{ 3 - \sqrt{\frac{4 \cdot N}{n} - 3} \right\}$$

$$\text{Var}(p1) = \frac{p1(1 - p1)}{N}$$

p1: Calling probability

n: Averaged number of gibbon groups detected in one day

N: Cumulative number of gibbon groups detected in three day period or number of distinct groups detected in three days

Var(p1): Variance of p1

Method 3: Using data from 2 days survey

$$p1 = \frac{2}{n} - \frac{N}{n}$$

$$\text{Var}(p1) = \frac{p1(1 - p1)}{N}$$

p1: Calling probability

n: Averaged number of gibbon groups detected in one day

N: Cumulative number of gibbon groups detected in two days period or number of distinct groups detected in two days

Var(p1): Variance of p1

2. Estimating correction factor for each strata

$$P = 1 - (1 - p1)^k$$

$$\text{Var}(P) = \{[1 - (1 - p1)^k]\}^2 \cdot \text{Var}(p1)$$

$$\text{Var}(P) = k^2(1 - p1)^{2(k-1)} \cdot \text{Var}(p1)$$

Var(P) is developed using Delta method

p1: Calling probability

P: Correction factor

k: Number of survey days

Var(p1): Variance of p1

Var(P): Variance of P

3. Estimating raw mean number of groups/post for each strata (Correction factor has not been applied)

$$m = \frac{\sum_1^j n_i}{y}$$

Var(m) is calculated automatically using built-in variance formula in Excel.

m: Raw mean number of groups/post

n_j: Cumulative number of gibbon groups detected in survey period from post j.

y: Number of listening posts

4. Estimating mean number of groups/post for each strata (Applying correction factor)

$$M = \frac{m}{P}$$

$$\text{Var}(M) = \frac{\text{Var}(m)}{P^2} + \frac{m^2}{P^4} \text{Var}(P)$$

Var(M) is developed using Delta method

m: Raw mean number of groups/post

P: Correction factor

M: mean # of groups/post

Var(M): Variance of mean number of gibbon groups/post

Var(m): Variance of raw mean number of gibbon groups/post

5. Estimating total number of groups in posts for each strata (This number might be bigger than the number of distinct groups because of overlapping areas between posts)

$$T = M.y$$

$$\text{Var}(T) = M.y^2$$

y: Number of listening posts
M: Mean number of groups/post
T: Total number of groups from posts
Var(T): Variance of total number of groups from post

After T is estimated for each stratum, estimates from all strata are combined in worksheet “Summary output” to give the estimates for the whole survey

6. Estimated groups density for the whole survey (all strata combined)

$$D = \frac{\sum_1^5 T_i}{\sum_1^5 A_i}$$

$$\text{Var}(D) = \frac{\sum_1^5 [\text{Var}(T_i)]}{(\sum_1^5 A_i)^2}$$

D: Group density (groups/km²)
i: Number of survey days, i range from 1 to 5
Ti: Total number of groups in posts for strata i (see last equation in section 5)
Ai: Total area covered by listening posts in strata i (km²)
Var(Ti): Variance of total number of groups in post for strata i
Var(D): Variance of group density

7. Estimating total number of groups in surveyed area

$$T_T = D \cdot A_s$$

$$\text{Var}(T_T) = A_s^2 \cdot \text{Var}(D)$$

T_T: Total number of groups in the surveyed area
A_s: Surveyed area, excluding overlapping regions between posts

D: Group density

Var(T_T): Variance of total number of groups in the surveyed area

8. Estimating total number of groups in the reserve

$$N_G = D \cdot A_H$$

$$\text{Var}(N_G) = A_H^2 \cdot \text{Var}(D)$$

N_G : Total number of groups in the reserve

A_H : Size of gibbon habitat in the reserve

D: Group density

Var(N_G): Variance of total number of groups in the reserve

9. Estimating total number of individuals in the reserve

$$N_I = s \cdot N_G$$

$$\text{Var}(N_I) = s^2 \cdot \text{Var}(N_G)$$

N_G : Total number of groups in the reserve

N_I : Total number of individual in the reserve

s: Group size

Var(N_I): Variance of total number of individual in the reserve

10. Other statistical formula:

$$SE(\text{An estimate}) = \sqrt{\text{Var}(\text{An Estimate})}$$

$$95\%CI: \text{Mean} \pm 1.96SE$$

Giới thiệu

Tất cả 16 loài Vượn được liệt kê trong sách đỏ của IUCN đều đang bị đe dọa tuyệt chủng, trong đó có 4 loài được xếp ở nhóm cực kỳ nguy cấp (CR), 11 loài thuộc nhóm nguy cấp (EN) và chỉ có một loài thuộc nhóm dễ bị tổn thương (VU). Họ Vượn là một trong những họ Linh trưởng hiện đang bị đe dọa nghiêm trọng nhất. Do vậy nhu cầu điều tra và giám sát các quần thể nhằm đưa ra các biện pháp bảo tồn hiệu quả là rất cấp thiết. Nhu cầu về điều tra các quần thể Vượn được thể hiện qua việc tăng cường tài trợ cho các hoạt động bảo tồn Vượn trong những năm gần đây. Nguồn tài trợ chính là quỹ Bảo tồn các loài Vượn của Cục Quản lý Cá và Động vật hoang dã, Hoa Kỳ và quỹ Arcus. Các nguồn tài trợ này đã giúp gia tăng số lượng các cuộc điều tra Vượn trong vùng phân bố của chúng.

Việc ước lượng chính xác quần thể của các loài Vượn là rất quan trọng trong việc xác định mức độ đe dọa và lựa chọn các quần thể ưu tiên cho bảo tồn. Tuy nhiên các phương pháp sử dụng trong điều tra Vượn còn chưa được hoàn thiện và thống nhất. Do vậy kết quả ước lượng thường khác thực tế và không thể so sánh giữa các chương trình điều tra cho các loài khác nhau, sử dụng các phương pháp và cách thiết kế điều tra khác nhau, sử dụng người điều tra có kỹ năng khác nhau, được tiến hành trong những mùa khác nhau của năm và ở các khu vực khác nhau về mật khí hậu và mật độ Vượn. Đây là những yếu tố ảnh hưởng đến xác suất bắt của Vượn trong một ngày và từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác của mật độ Vượn ước lượng được. Ngoài ra, kỹ năng phân tích số liệu của người điều tra trong các chương trình khác nhau cũng không đồng nhất. Do vậy cần có một phần mềm có thể giúp người điều tra ước lượng được mật độ Vượn và kích thước quần thể Vượn một cách tự động

Mục tiêu của tài liệu hướng dẫn này và phần mềm/bảng tính đi kèm là cung cấp một chương trình tính toán tự động nhằm ước lượng mật độ và kích thước quần thể Vượn từ số liệu điều tra qua tiếng hét. Phần mềm này sẽ giúp số liệu thu thập từ các cuộc điều tra có thể dễ dàng so sánh được với nhau. Tài liệu này hướng dẫn cách sử dụng bảng tính một cách dễ dàng và trình bày các công thức toán thống kê được sử dụng trong việc ước lượng mật độ và kích thước quần thể Vượn.

Phần mềm này tạo ra sự linh động trong thiết kế một cuộc điều tra Vượn vì nó chấp nhận số liệu thu thập được từ nhiều cách khác nhau. Người điều tra có thể sử dụng số ngày điều tra khác nhau tại các điểm nghe khác nhau nếu điều kiện điều tra không cho phép có cùng số ngày điều tra. Xác suất bắt của Vượn trong một ngày có thể được tính toán dựa vào số liệu thu thập được từ cuộc điều tra hoặc từ số liệu thu thập qua theo dõi một số đàn Vượn trong thời gian dài.

Người sử dụng có thể bị nhầm lẫn khi sử dụng phần mềm. Phần mềm này được xây dựng dựa trên giả thiết số liệu đầu vào được thu thập từ các cuộc điều tra mà trong đó các điểm nghe được xác định một cách ngẫu nhiên chứ không dựa vào các yếu tố chủ quan như gần nguồn nước hoặc dễ tiếp cận, v.v.v. Tuy nhiên người điều tra Vượn thường bỏ qua điều này, thậm chí trong cả các tài liệu công bố trên các tạp chí. Mặc dù tài liệu này không hướng đến việc

giới thiệu chi tiết về việc thiết kế một cuộc điều tra nhưng chúng tôi khuyến khích người điều tra sử dụng phương pháp thiết kế các điểm nghe một cách ngẫu nhiên (Rawson et al (2009) hoặc O'Brien et al (2004). Ngoài ra, người điều tra có thể tham khảo tài liệu trình bày bởi Rawson (2010) để thấy được các vấn đề có thể xảy ra khi áp dụng phương pháp điều tra qua tiếng hót nhằm chuẩn bị tốt hơn cho cuộc điều tra.

Tương tự như vậy, dung lượng mẫu phải đủ lớn để các giả thiết thống kê được thỏa mãn. Các cuộc điều tra chỉ sử dụng vài điểm nghe không đại diện để ước lượng kích thước quần thể cho một khu vực rộng lớn không thích hợp với phần mềm này. Trong rất nhiều trường hợp ở Việt Nam, đặc biệt là càng về phía Bắc có thể phải sử dụng mô hình mà trong đó việc phỏng vấn được tiến hành trước khi điều tra để xác định các điểm có Vượn. Sau đó công tác điều tra thực địa mới được tiến hành để xác định sự có mặt hoặc đếm quần thể Vượn còn sót lại trong khu vực (e.g. Luu Tuong Bach & Rawson 2009; Le Trong Dat & Le Minh Phong 2010). Phần mềm này không phù hợp với số liệu thu thập từ những cuộc điều tra như vậy trừ khi chỉ áp dụng cho khu vực nhỏ được điều tra toàn bộ. Kết quả ước lượng cho khu vực nhỏ này không nên được sử dụng để tính toán kích thước quần thể cho toàn bộ khu vực quan tâm (ví dụ một khu bảo tồn thiên nhiên) vì chúng ta chọn mẫu không đại diện.

Mặc dù phần mềm này có thể không hữu dụng đối với số liệu thu thập từ một số khu vực ở Việt Nam nhưng nó cũng có thể được sử dụng tại nhiều khu vực khác. Phần mềm này đã được sử dụng trong một số cuộc điều tra ở Việt Nam và đã cung cấp một số ước lượng chính xác về mật độ và quần thể Vượn. Phần mềm đã được sử dụng ở Vườn quốc gia Pù Mát và kết quả cho thấy đây là một khu vực quan trọng đối với loài Vượn má trắng *Nomascus leucogenys* (Luu Tuong Bach & Rawson 2011). Phần mềm cũng được sử dụng để ước lượng kích thước quần thể cho loài Vượn má hung phía Bắc (loài mới được mô tả) *Nomascus annamensis* tại Vườn quốc gia Kon Ka Kinh (Ha Thang Long et al. 2011). Ngoài ra phần mềm còn được sử dụng để ước lượng kích thước quần thể của loài Vượn má hung *Nomascus gabriellae* tại khu bảo tồn thiên nhiên Tạ Đùng (Hoang Minh Duc et al. 2010) và đang được sử dụng tại Vườn quốc gia Bù Gia Mập (Hoang Minh Duc et al. In prep). Ngoài ra phần mềm này cũng có thể áp dụng được ở những khu vực có thể còn bảo tồn được quần thể Vượn khá lớn và được xem là những khu vực phân bố quan trọng, ví dụ: Vườn quốc gia Phong Nha – Kẻ Bàng và tổ hợp Chu Yang Sinh – Bi Đúp Núi Bà – Phước Bình. Đây là những khu vực mà thông tin về phân bố và tình trạng của Vượn còn khá sơ sài (Rawson et al. In prep).

Chúng tôi cung cấp bản hướng dẫn bằng cả tiếng Anh và tiếng Việt nhằm nâng cao tính hữu ích và khả năng ứng dụng của phần mềm ở Việt Nam.

Hướng dẫn sử dụng phần mềm tính mật độ và kích thước quần thể cho các loài Vượn

Các bảng tính và công thức toán sử dụng trong bảng tính được xây dựng bởi Ts. Vũ Tiến Thịnh (Bộ môn Động vật hoang dã, Đại học Lâm nghiệp) và Ts. Benjamin Miles Rawson (Conservation International). Các bảng tính này sẽ tự động thực hiện việc ước lượng mật độ và kích thước quần thể kèm theo phương sai và ước lượng khoảng với độ tin cậy 95%. Ngoài ra, các bảng tính này còn giúp cho người điều tra Vượn có thể linh hoạt trong việc thiết kế các chương trình điều tra thực địa. Bảng tính có thể xử lý số liệu từ các cuộc điều tra mà trong đó số ngày điều tra tại các điểm nghe biến động. Xác suất hót của Vượn trong một ngày (xác suất phát hiện đàn Vượn trong một ngày qua tiếng hót) được tính toán theo 3 phương pháp khác nhau. Để sử dụng các bảng tính này, người sử dụng nên đọc kỹ và làm theo các hướng dẫn dưới đây. Nếu các bạn có thắc mắc hoặc phản hồi, hãy liên hệ với Ts. Vũ Tiến Thịnh: email: yutienthinh@hotmail.com, ĐT: 0912 114 373 hoặc Ts. Ben Rawson: email: b.rawson@conservation.org, ĐT: 0915 095 342.

I. Các nguyên tắc cơ bản khi sử dụng bảng tính

1. Nhập số liệu vào các ô có **màu hồng**, không được phép thay đổi các ô khác.
2. **Không được xóa bất cứ** giá trị/định dạng/công thức nào trong các ô không có **màu hồng**.
3. Số liệu về diện tích phải được nhập theo đơn vị km^2 .

II. Một vài vấn đề về lý thuyết ước lượng kích thước quần thể trong điều tra Vượn

Không phải ngày nào một đàn Vượn cũng hót. Chúng ta không thể điều tra một điểm nghe trong nhiều ngày để phát hiện ra tất cả các đàn Vượn sống ở gần đó. Các đàn Vượn không hót trong đợt điều tra sẽ không được phát hiện. Do vậy, để ước lượng được kích thước quần thể Vượn một cách chính xác, người điều tra phải chia số đàn Vượn phát được với hệ số hiệu chỉnh (P). Hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc vào số ngày điều tra tại điểm nghe. Nếu số ngày điều tra tại điểm nghe càng dài thì số lượng đàn Vượn phát hiện được càng nhiều và do đó hệ số hiệu chỉnh càng tăng và gần với 1. Ngoài ra, hệ số hiệu chỉnh thay đổi theo loài, địa điểm và thời tiết. Để tính được P, xác suất hót trong một ngày (p_1) phải được ước lượng trước. Trong các bảng tính này, xác suất hót của Vượn trong một ngày được tính toán theo 3 phương pháp khác nhau, đó là:

1. Phương pháp đầu tiên sử dụng số liệu theo dõi các đàn Vượn trong một thời gian dài. Các đàn Vượn được chọn để theo dõi là những đàn đã được ghi nhận là có mặt ở khu vực nghiên cứu. Từ số liệu theo dõi này người điều tra có thể ước lượng được xác suất hót của Vượn. Để phân tích số liệu theo phương pháp này, hãy sử dụng bảng tính có tên “Gibbon_Pop_Calcs_LongtermObservation.xls”.
2. Phương pháp thứ 2 sử dụng số liệu từ tất cả các điểm nghe được điều tra từ 3 ngày trở lên. Trong phương pháp này, các số liệu thu thập được sau ngày thứ 3 sẽ không được sử dụng. Để phân tích số liệu theo phương pháp này, hãy sử dụng bảng tính có tên “Gibbon_Pop_Calcs_3days.xls”.
3. Phương pháp thứ 2 sử dụng số liệu từ tất cả các điểm nghe được điều tra từ 2 ngày trở lên. Trong phương pháp này, các số liệu thu thập được sau ngày thứ 2 sẽ không được sử dụng. Để phân tích số liệu theo phương pháp này, hãy sử dụng bảng tính có tên “Gibbon_Pop_Calcs_2days.xls”.

Chú ý: Phương pháp thứ 2 hoặc thứ 3 có thể được sử dụng để ước lượng p1 từ số liệu thu thập được trong phần lớn các cuộc điều tra Vượn. Tuy nhiên, để nâng cao độ chính xác của ước lượng, người xử lý số liệu nên chọn phương pháp mà trong đó số lượng đàn Vượn được phát hiện là lớn nhất. Ví dụ, trong một cuộc điều tra 20 điểm nghe được sử dụng: 12 điểm nghe được điều tra trong vòng 3 ngày và 8 điểm nghe được điều tra trong vòng 2 ngày. Tại các điểm nghe được điều tra trong 3 ngày có 10 đàn Vượn được phát hiện, **trong đó có 5 đàn được phát hiện trong 2 ngày đầu**. Tại các điểm nghe được điều tra trong vòng 2 ngày, có tất cả 4 đàn Vượn được phát hiện. Trong trường hợp này, chúng ta nên sử dụng phương pháp 2 (sử dụng số liệu thu thập được ở các điểm nghe được điều tra 3 ngày) bởi vì dung lượng mẫu là 10. Nếu chúng ta chọn phương pháp thứ 3, dung lượng mẫu sẽ là 9 (5 đàn phát hiện được trong 2 ngày đầu tại các điểm nghe được điều tra trong vòng 3 ngày và 4 đàn được phát hiện tại các điểm nghe được điều tra 2 trong vòng ngày).

Tuy nhiên, nếu tại các điểm nghe được điều tra 3 ngày **có 8 đàn Vượn được phát hiện trong vòng 2 ngày đầu**, phương pháp thứ 3 nên được sử dụng bởi vì dung lượng mẫu trong trường hợp này là $12 > 10$. Chú ý rằng nếu sử dụng phương pháp thứ 3 thì chúng ta vẫn có thể sử dụng số liệu tại các điểm nghe được điều tra trong vòng 3 ngày, hoặc dài hơn để ước lượng p1 miễn là chúng ta loại bỏ các số liệu thu thập được sau 2 ngày đầu tiên. Ngoài ra, cần lưu ý rằng người xử lý số liệu không được phép chọn 2 ngày bất kỳ nào đó trong 3

ngày điều tra. Chúng ta phải sử dụng số liệu từ 2 ngày đầu tiên để đảm bảo tính khách quan và ngẫu nhiên. Tiêu chí để lựa chọn giữa phương pháp 2 và 3 là nâng cao dung lượng mẫu.

III. Sử dụng bảng tính

Phương pháp 1: Ước lượng xác suất hót trong một ngày dựa vào số liệu theo dõi các đàn Vượn trong một thời gian dài. Trong trường hợp này sử dụng bảng tính có tên “Gibbon_Pop_Calcs_LongtermObservation.xls”.

Bước 1. Nhập số liệu vào worksheet “Calling probability” để ước lượng p_1

- Với mỗi đàn Vượn, nếu được phát hiện ở ngày thứ i , điền “1” vào ô tương ứng với số hiệu của đàn Vượn và ngày phát hiện. Để trống các ô khác.
- Nhập số lượng ngày mà đàn Vượn được theo dõi vào cột “# of days surveyed”. Các đàn Vượn khác nhau có thể có số ngày theo dõi khác nhau.

Group #	Day																				# of days surveyed	Sum
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	1	1			1			1		1											10	5
2	1		1		1	1		1	1												10	6
3	1	1				1				1											8	4
4		1					1														10	2
5			1		1			1	1												9	4
6																						0
7																						0
8																						0
9																						0

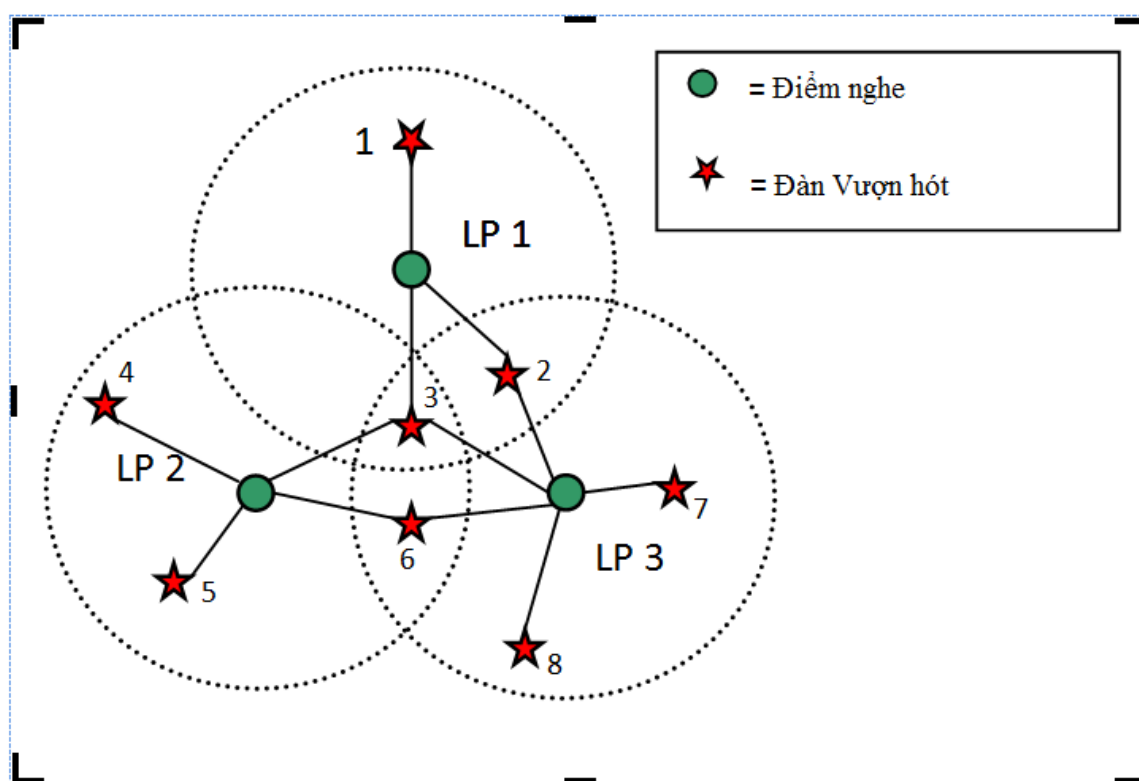
Trong ví dụ trên, 5 đàn Vượn được theo dõi. Đàn thứ nhất được phát hiện hót vào ngày 1, 2, 5, 8, và 10. Đàn số 3 được theo dõi trong vòng 8 ngày, đàn thứ 5 được theo dõi trong vòng 9 ngày, các đàn còn lại được theo dõi trong vòng 10 ngày.

Sau khi hoàn thành các bước trên, p_1 sẽ được ước lượng và thể hiện trong ô C4 và phương sai trong ô C5.

Phương pháp 2. Ước lượng xác suất phát hiện sử dụng số liệu thu thập từ các điểm nghe được điều tra 3 lần. Trong trường hợp này sử dụng bảng tính có tên “Gibbon_Pop_Calcs_3days.xls”.

Bước 1. Nhập số liệu vào worksheet “Calling probability” để ước lượng p1

- Chỉ được sử dụng số liệu thu thập được từ các điểm nghe được điều tra trong vòng ít nhất 3 ngày.
- Nếu số liệu có một đàn Vượn được điều tra nhiều hơn 3 ngày, hãy loại bỏ số liệu thu thập được sau ngày thứ 3.
- Trong phần ước lượng p1, mỗi đàn Vượn chỉ được sử dụng trong xử lý số liệu một lần. Trong một số trường hợp người điều tra ngồi ở 2 hay nhiều điểm có thể cùng nghe thấy tiếng hót của Vượn ở một khu vực nào đó (các điểm nghe chồng lấn lên nhau). Nếu trường hợp này xảy ra thì ta coi đó là một đàn và sử dụng số liệu từ đàn đó một lần.



Hình 1 – Ví dụ minh họa một cuộc điều tra với 3 điểm nghe trong đó có hiện tượng chồng lấn giữa các điểm nghe. Đường chấm (...) thể hiện diện tích mà ở đó tiếng hót của Vượn có thể được ghi nhận ra từ các điểm nghe (LP). Các đường liền thể hiện khoảng cách từ điểm nghe đến đàn Vượn.

- Đánh số thứ tự các đàn Vượn phát hiện được bằng số nguyên (1, 2, 3....) vào cột “Group #”, cách đánh số các đàn Vượn được hướng dẫn trong hình 1. Lưu ý rằng trong ví dụ ở hình 1, tổng số lần phát hiện được Vượn ở 3 điểm nghe là 12 (nếu một ngày đàn Vượn nào đó hót nhiều hơn 1 lần trong ngày thì cũng chỉ coi là một lần phát hiện). Tuy **nhưng tổng số đàn được phát hiện chỉ là 8** vì có một số đàn được phát hiện đồng thời từ 2 hoặc 3 điểm nghe. **Do vậy trong cột “Group #” chúng ta chỉ có 8 đàn.**

- Với mỗi đàn Vượn, nếu đàn Vượn đó được phát hiện ở ngày thứ i, điền “1” vào ô tương ứng với số hiệu của đàn Vượn và ngày phát hiện, các ô khác để trống. Trong ví dụ dưới đây, 15 đàn Vượn được phát hiện. Đàn thứ nhất được phát hiện trong ngày thứ 1 và thứ 2. Đàn thứ 3 chỉ được phát hiện trong ngày thứ 2, trong khi đó đàn thứ 15 được phát hiện trong cả 3 ngày.

		Sum	9	9	8	15
		Group #	Day1	Day2	Day3	
Calling probability (p1)	0.5097	1	1	1		1
Var (p1)	0.0167	2	1		1	1
		3		1		1
		4		1	1	1
		5		1		1
		6	1		1	1
		7	1			1
		8		1	1	1
		9	1	1		1
		10			1	1
		11	1	1		1
		12			1	1
		13	1	1		1
		14	1		1	1
		15	1	1	1	1

Sau khi hoàn thành các bước trên, p1 sẽ được ước lượng và thể hiện trong ô C4 và phương sai trong ô C5.

Phương pháp 3. Ước lượng xác suất phát hiện sử dụng số liệu thu thập từ các điểm nghe được điều tra 2 lần. Trong trường hợp này sử dụng bảng tính có tên “Gibbon_Pop_Calcs_2days.xls”.

Bước 1. Nhập số liệu vào worksheet “Calling probability” để ước lượng p1

- Chỉ được sử dụng số liệu thu thập được từ các điểm nghe được điều tra trong vòng ít nhất 2 ngày.

- Nếu số liệu có một đàn Vượn được điều tra nhiều hơn 2 ngày, hãy loại bỏ số liệu thu thập được sau ngày thứ 2.

- Trong phần ước lượng p1, mỗi đàn Vượn chỉ được sử dụng trong xử lý số liệu một lần. Trong một số trường hợp người điều tra ngồi ở 2 hay nhiều điểm có thể cùng nghe thấy tiếng hót của Vượn ở một khu vực nào đó (các điểm nghe chồng lấn lên nhau). Nếu trường hợp này xảy ra thì ta coi đó là một đàn và sử dụng số liệu từ đàn đó một lần.

- Đánh số thứ tự các đàn Vượn phát hiện được bằng số nguyên (1, 2, 3....) vào cột “Group #”, cách đánh số các đàn Vượn được hướng dẫn trong hình 1. Lưu ý rằng trong ví dụ ở hình 1, tổng số lần phát hiện được Vượn ở 3 điểm nghe là 12 (nếu một ngày đàn Vượn nào đó hót nhiều hơn 1 lần trong ngày thì cũng chỉ coi là một lần phát hiện). Tuy **nhiên tổng số đàn được phát hiện chỉ là 8** vì có một số đàn được phát hiện đồng thời từ 2 hoặc 3 điểm nghe. **Do vậy trong cột “Group #” chúng ta chỉ có 8 đàn.**

- Với mỗi đàn Vượn, nếu đàn Vượn đó được phát hiện ở ngày thứ i, điền “1” vào ô tương ứng với số hiệu của đàn Vượn và ngày phát hiện, các ô khác để trống. Trong ví dụ dưới đây, 15 đàn Vượn được phát hiện. Đàn thứ nhất được phát hiện trong ngày thứ 1 và thứ 2. Đàn thứ 3 chỉ được phát hiện trong ngày thứ 2, trong khi đó đàn thứ 15 được phát hiện trong cả 3 ngày.

Sau khi hoàn thành các bước trên, p1 sẽ được ước lượng và thể hiện trong ô C4 và phương sai trong ô C5.

Bước 2 tới bước 6 áp dụng chung cho cả 3 phương pháp và cấu trúc của các worksheet trong 3 sheet là giống nhau.

Bước 2. Lần lượt mở các worksheet “**5 days at post**”, “**4 days at post**”, “**3 days at post**”, “**2 days at post**” và “**1 day at post**”, tùy thuộc vào độ dài của cuộc điều tra.

Các worksheet này được sử dụng để nhập số liệu thu được từ các điểm được điều tra trong vòng 5 ngày, 4 ngày, 3 ngày, 2 ngày hoặc 1 ngày. Sử dụng các worksheet tương ứng với cuộc điều tra của bạn. Trong bản hướng dẫn này chúng tôi chỉ cung cấp hướng dẫn chi tiết và ví dụ cho trường hợp nhập số liệu thu thập được từ các điểm nghe được điều tra 3 ngày vào worksheet “**3 days at post**”.

- Ở cột “**Post #**”, đánh số thứ tự các điểm nghe bằng số nguyên (1, 2, 3....). Mỗi một điểm nghe phải có một ID. Không được đánh số ID nhiều hơn số lượng điểm nghe được điều tra.

- Ở cột “**Groups heard on Day1**”, điền số lượng đàn phát hiện được cho từng điểm nghe trong ngày đầu tiên (không phải là số lần phát hiện được Vượn qua tiếng hót mà là số đàn mà bạn có thể phân biệt được). Trong một số trường hợp, hiện tượng các điểm nghe chồng lấn lên nhau xảy ra và một số đàn Vượn có thể được phát hiện từ nhiều hơn 1 điểm nghe. Với những trường hợp này, tính các đàn Vượn này cho tất cả các điểm nghe mà ở đó người điều tra phát hiện được tiếng hót của đàn Vượn đó (phần này khác ở bước 1, ở bước 1 một đàn chỉ được tính một lần mặc dù chúng có thể được phát hiện từ nhiều điểm nghe). Xem thêm ví dụ ở phần cuối của “**Bước 2**” để hiểu rõ hơn về trường hợp này nếu cần thiết.

- Lặp lại việc nhập số liệu cho các cột khác, bao gồm cột “**groups heard on day 2**” và “**groups heard on day 3**”.

- Ở cột “**Cumulative # of groups (ci)**”, tương ứng với mỗi điểm nghe nhập số lượng đàn phát hiện được tại điểm nghe đó (không phải là số lần phát hiện được Vượn qua tiếng hót mà là số đàn mà bạn có thể phân biệt được) trong tất cả các ngày điều tra tại điểm nghe đó. Số lượng đàn phát hiện được tại mỗi điểm nghe được xác định bằng cách thể hiện vị trí các đàn Vượn lên bản đồ và loại bỏ các số liệu thu thập được từ cùng một đàn. Số lượng đàn phát hiện được tại mỗi điểm nghe trong tất cả các ngày điều tra có thể nhỏ hơn hoặc bằng với tổng số đàn Vượn phát hiện được trong từng ngày (vd: từ cột D, E và F trong worksheet “3 days at post”) bởi vì ngày hôm sau có thể phát hiện lại các đàn đã được ghi nhận ở những ngày trước đó.

Post #	Groups Heard on Day1	Groups Heard on Day2	Groups Heard on Day3	Cumulative # of groups (ci)	Averagged # of groups heard in 1 day	Estimated Groups (xi)	Post area (ai) (km2)	Density per km2 (di)
	53	45	51	89	49.67	107.14	155.54	0.69
1	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
2	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
3	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
4	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
5	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
6	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
7	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
8	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
9	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
10	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
11	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
12	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
13	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
14	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
15	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
9	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
10	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
11	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
12	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85
13	2	2	2	3	2.00	3.61	7.07	0.51
14	1	1	3	4	1.67	4.82	7.07	0.68
15	4	3	2	5	3.00	6.02	7.07	0.85

Trong ví dụ trên, tại điểm nghe 3 người điều tra phát hiện được 4 đàn Vượn ở ngày thứ nhất, 3 đàn ở ngày thứ 2, và 2 đàn ở ngày thứ 3. Tuy nhiên, một số đàn Vượn được phát hiện nhiều lần trong các ngày khác nhau, do vậy số lượng đàn phát hiện được trong cả 3 ngày điều tra chỉ là 5 đàn.

Trong một số trường hợp, hiện tượng các điểm nghe chồng lấn lên nhau xảy ra và một số đàn Vượn có thể được phát hiện từ nhiều hơn 1 điểm nghe. Trong trường hợp này, tính các đàn Vượn này cho tất cả các điểm nghe mà ở đó người điều tra phát hiện được tiếng hót của đàn Vượn đó. Hình 1 mô phỏng một ví dụ về trường hợp các điểm nghe chồng lấn lên nhau.

Trong ví dụ này tổng số lượng đàn phát hiện trong cả 3 ngày điều tra tại điểm 1, 2 và 3 tương ứng là 3, 4 và 5 đàn. Do vậy bạn phải nhập 3, 4 và 5 tương ứng cho điểm nghe 1, 2 và 3 trong worksheet “3 days at post”. Lưu ý rằng tổng số lần phát hiện ra Vượn từ 3 điểm nghe là 12, tuy nhiên **số lượng đàn thực tế mà bạn ghi nhận chỉ là 8**.

Bước 3. Xác định diện tích khu vực điều tra tại mỗi điểm nghe. Tổng diện tích điều tra của tất cả các điểm nghe có thể lớn hơn diện tích thực tế do hiện tượng các điểm quan sát chồng lấn.

- Tiếp tục sử dụng worksheet đã dùng trong bước thứ 2. Nhập diện tích điều tra tại mỗi điểm nghe vào cột “**Post area**”. Đơn vị diện tích là km^2 . Diện tích được điều tra tại mỗi điểm nghe (a) được xác định theo công thức sau:

$$a = \pi.R^2$$

trong đó: $\pi = 3.14$

R: khoảng cách nghe lớn nhất.

Thông thường, trong điều tra Vượn khoảng cách nghe lớn nhất thường được sử dụng là 1.5km, do vậy $a = 7.07 \text{ km}^2$. Tuy nhiên, khoảng cách nghe lớn nhất phụ thuộc vào địa hình và loài Vượn được điều tra. Do đó, khoảng cách nghe lớn nhất nên được ước lượng cụ thể cho từng cuộc điều tra từ các số liệu thu thập ngoài thực địa (ví dụ Vinh et al. 2011). Hãy sử dụng Bảng 1 để xác định diện tích điều tra cho từng điểm nghe theo khoảng cách nghe lớn nhất.

Bảng 1. Xác định diện tích điều tra cho từng điểm nghe theo khoảng các nghe lớn nhất

R (km)	Area (km²)
1.0	3.14
1.1	3.80
1.2	4.52
1.3	5.31
1.4	6.16
1.5	7.07
1.6	8.04
1.7	9.08
1.8	10.18
1.9	11.34
2.0	12.57
2.1	13.85
2.2	15.21
2.3	16.62
2.4	18.10
2.5	19.63
2.6	21.24
2.7	22.90
2.8	24.63
2.9	26.42
3.0	28.27

Trong một số trường hợp diện tích điều tra thực tế có thể nhỏ hơn kết quả tính ở bảng 1. Trường hợp này xảy ra khi (a) một phần diện tích xung quanh điểm nghe không phải là sinh cảnh ưa thích của Vượn (vd: đất nông nghiệp, làng bản), do đó diện tích này phải được loại bỏ khi xác định mật độ Vượn; (b) tiếng hót của Vượn ở một số khu vực xung quanh điểm nghe có thể không được rõ do địa hình dốc, núi cao. Nếu các trường hợp này xảy ra, chúng ta phải giảm bớt diện tích điều tra xung quanh điểm nghe trước khi nhập số liệu vào bảng tính. Diện tích này sẽ nhỏ hơn diện tích tính theo công thức $a = \pi.R^2$.

Bước 4. Hoàn tất việc nhập số liệu cho các các điểm nghe được điều tra trong vòng 5 ngày, 3 ngày, 2 ngày và 1 ngày tùy thuộc vào từng cuộc điều tra.

- Nếu trong cuộc điều tra, ngoài các điểm nghe được điều tra 3 ngày còn có các điểm nghe được điều tra trong vòng 5 ngày, 4 ngày, 2 ngày và 1 ngày, nhập số liệu vào các worksheet tương ứng có tên “**5 days at post**”, “**4 days at post**”, “**2 days at post**” và “**1 days at post**”. Tuy nhiên, số lượng ngày điều tra ở các điểm nghe khác nhau càng giống nhau càng tốt. **Lưu ý rằng số liệu từ mỗi điểm nghe chỉ được nhập vào một trong những worksheet bên trên**

– ví dụ số liệu từ các điểm nghe được điều tra trong vòng 3 ngày chỉ được nhập vào worksheet có tên ‘3 days at post’ worksheet.

Bước 5. Chọn “Summary output” worksheet

- Nhập số đàn Vượn phát hiện được ngoài hiện trường vào ô C2 (Lưu ý: số đàn Vượn mà người điều tra phát hiện được chứ không phải số lần nghe thấy ra tiếng hét). Các bạn có thể xem ví dụ minh họa trong hình 1 để xác định con số này. Trong ví dụ ở hình 1, **số đàn Vượn phát hiện được là 8.**

- Nhập tổng diện tích điều tra trong toàn cuộc điều tra vào ô C21 với đơn vị là km^2 . Nếu không có hiện tượng chồng lấn giữa các điểm nghe xảy ra thì giá trị này sẽ bằng với giá trị được tính toán tự động trong ô 15. Nếu có hiện tượng chồng lấn giữa các điểm nghe thì giá trị này sẽ nhỏ hơn giá trị trong ô 15. Diện tích này có thể được tính bằng cách sử dụng công cụ GIS hoặc bản đồ giấy. Vẽ các vòng tròn có tâm là điểm nghe và bán kính bằng với khoảng cách nghe xa nhất lên bản đồ sau đó loại bỏ các khu vực không phải là sinh cảnh của Vượn. Tổng diện tích điều tra là phần sinh cảnh phù hợp với Vượn trong các ô vòng tròn. Trong trường hợp có hiện tượng chồng lấn, người xử lý số liệu phải xác định tổng diện tích điều tra trong đó diện tích chồng lấn không được tính nhiều hơn một lần.

- Nhập tổng diện tích sinh cảnh thích hợp cho Vượn trong khu vực quan tâm (vd: Vườn quốc gia, khu bảo tồn thiên nhiên, lâm trường.v.v.) vào ô C27. Đây là diện tích sinh cảnh thích hợp cho Vượn hoặc những nơi bạn nghĩ vẫn còn Vượn. Diện tích này có thể lớn hơn diện tích được điều tra (ô C21) bởi vì nó bao gồm cả những vùng không được điều tra trong khu vực quan tâm.

- Nhập kích thước đàn vào ô C33. Thông thường kích thước đàn thường được sử dụng là 3,5 cá thể. Tuy nhiên ước lượng kích thước đàn khác có thể được sử dụng nếu số liệu về kích thước đàn có thể thu thập được trong cuộc điều tra.

Bước 6. Đọc kết quả trong worksheet “Summary output”

Worksheet này cung cấp các ước lượng về mật độ đàn, số lượng đàn trong khu vực được điều tra và trong toàn bộ khu vực quan tâm. Thông thường các ước lượng sau đây có thể được sử dụng trong báo cáo:

- Mật độ đàn (D) ở ô C14 và ước lượng khoảng (95%) trong ô C18 và C19.

- Số lượng đàn (T_T) trong khu vực được điều tra trong ô C20 và ước lượng khoảng (95%) trong ô C24 và C25.

- Số lượng đàn (N_G) trong cả khu vực quan tâm trong ô C26 và ước lượng khoảng (95%) trong ô C30 và C31.

- Tổng số cá thể Vược (N_I) trong khu vực quân tâm (ô C32) có thể được đề cập trong báo cáo. Các ước lượng khoảng (95%) được thể hiện trong ô C36 and C37.

Ngoài ra, số lượng đàn phát hiện được trong đợt điều tra, xác suất hót trong một ngày (p_1) và hệ số hiệu chỉnh cũng có thể được đề cập trong báo cáo.

Công thức sử dụng trong bảng tính

1. Ước lượng xác suất hót trong một ngày:

Phương pháp 1: Ước lượng xác suất hót trong một ngày dựa vào số liệu theo dõi các đàn Vượn trong một thời gian dài.

$$p1 = \frac{\sum_1^n h_i}{\sum_1^n d_i}$$

$$\text{Var}(p1) = \frac{p1(1 - p1)}{\sum_1^n d_i}$$

p1: Xác suất hót

n: Số đàn Vượn được theo dõi

h_i: Số ngày mà đàn Vượn thứ i được phát hiện có hót

d_i: Số ngày mà đàn Vượn thứ i được theo dõi

Var(p1): Phương sai của p1

Phương pháp 2: Ước lượng xác suất phát hiện sử dụng số liệu thu thập từ các điểm nghe được điều tra 3 lần. Công thức này được xây dựng dựa trên ý tưởng trình bày trong Jiang et al. (2006)

$$p1 = \frac{1}{2} \left\{ 3 - \sqrt{\frac{4 \cdot N}{n} - 3} \right\}$$

$$\text{Var}(p1) = \frac{p1(1 - p1)}{N}$$

p1: Xác suất hót

n: Số lượng đàn trung bình phát hiện được trong một ngày tại tất cả các điểm nghe

N: Số lượng đàn phát hiện trong cả 3 ngày tại tất cả các điểm nghe

Var(p1): Phương sai của p1

Phương pháp 3: Ước lượng xác suất phát hiện sử dụng số liệu thu thập từ các điểm nghe được điều tra 2 lần.

$$p1 = \frac{2}{N}$$

$$\text{Var}(p1) = \frac{p1(1 - p1)}{N}$$

p1: Xác suất hót

n: Số lượng đàn trung bình phát hiện được trong một ngày tại tất cả các điểm nghe

N: Số lượng đàn phát hiện trong cả 2 ngày tại tất cả các điểm nghe

Var(p1): Phương sai của p1

2. Ước lượng hệ số hiệu chỉnh cho từng lớp số liệu (từng worksheet)

$$P = 1 - (1 - p1)^k$$

$$\text{Var}(P) = \{[1 - (1 - p1)^k]\}^2 \cdot \text{Var}(p1)$$

$$\text{Var}(P) = k^2(1 - p1)^{2(k-1)} \cdot \text{Var}(p1)$$

Công thức tính phương sai của P - Var(P) được phát triển bằng phương pháp Delta

p1: Xác suất hót trong một ngày

P: Hệ số hiệu chỉnh

k: Số ngày điều tra

Var(p1): Phương sai của p1

Var(P): Phương sai của P

3. Ước lượng số đàn trung bình được phát hiện tại một điểm nghe (Chưa áp dụng hệ số hiệu chỉnh)

$$m = \frac{\sum_1^j n_i}{y}$$

Phương sai của m-Var(m) được tính bằng công thức có sẵn trong Excel.

m: Số đàn trung bình được phát hiện tại một điểm nghe khi chưa áp dụng hệ số hiệu chỉnh

n_j: Số đàn phát hiện tại điểm nghe j trong cả đợt điều tra.

y: Số lượng điểm nghe

4. Ước lượng số đàn trung bình được phát hiện tại một điểm sau khi đã áp dụng hệ số hiệu chỉnh

$$M = \frac{m}{P}$$

$$\text{Var}(M) = \frac{\text{Var}(m)}{P^2} + \frac{m^2}{P^4} \text{Var}(P)$$

Công thức tính phương sai của M - Var(M) được phát triển bằng phương pháp Delta

m: Số đàn trung bình được phát hiện tại một điểm nghe khi chưa áp dụng hệ số hiệu chỉnh

P: Hệ số hiệu chỉnh

M: Số đàn trung bình được phát hiện tại một điểm nghe khi đã áp dụng hệ số hiệu chỉnh

Var(m): Phương sai của m

Var(M): Phương sai của M

5. Ước lượng tổng số đàn cho từng lớp số liệu (từng worksheet) (Giá trị này có thể lớn hơn số đàn thực tế bởi vì một số điểm nghe có thể chồng lấn lên nhau do vậy một số đàn được ghi nhận từ nhiều hơn một điểm nghe).

$$T = M.y$$

$$\text{Var}(T) = M.y^2$$

y: Số lượng điểm nghe trong worksheet

M: Số đàn trung bình được phát hiện tại một điểm nghe khi đã áp dụng hệ số hiệu chỉnh

T: Tổng số đàn được ước lượng từ worksheet

Var(T): Phương sai của T

Sau khi T được ước lượng cho từng lớp số liệu (từng worksheet), các ước lượng từ các worksheet được cộng dồn để tính toán các tham số cho toàn cuộc điều tra trong worksheet **“Summary output”**.

6. Ước lượng mật độ đàn cho toàn bộ cuộc điều tra

$$D = \frac{\sum_1^5 T_i}{\sum_1^5 A_i}$$

$$\text{Var}(D) = \frac{\sum_1^5 [\text{Var}(T_i)]}{(\sum_1^5 A_i)^2}$$

D: Mật độ đàn (đàn/km²)

i: Số ngày điều tra, i chạy từ 1 đến 5

T_i: Tổng số đàn từ lớp số liệu i (Xem công thức cuối trong phần 5)

A_i: Tổng diện tích điều tra ở lớp số liệu i (km²)

Var(D): Phương sai của D

Var(T_i): Phương sai của T_i

7. Ước lượng tổng số đàn trong diện tích điều tra

$$T_T = D \cdot A_S$$

$$\text{Var}(T_T) = A_S^2 \cdot \text{Var}(D)$$

T_T: Tổng số đàn trong diện tích điều tra

A_S: Diện tích điều tra trong đó vùng chồng lấn chỉ được tính 1 lần

D: Mật độ đàn

Var(T_T): Phương sai của T_T

8. Ước lượng tổng số đàn trong khu vực quan tâm: Vườn Quốc gia, Khu bảo tồn thiên nhiên, v.v.v

$$N_G = D \cdot A_H$$

$$\text{Var}(N_G) = A_H^2 \cdot \text{Var}(D)$$

N_G: Tổng số đàn trong khu vực quan tâm

A_H: Diện tích sinh cảnh của Vườn trong khu vực quan tâm

D: Mật độ đàn

Var(N_G): Phương sai của N_G

9. Ước lượng tổng số cá thể trong khu vực quan tâm

$$N_I = s \cdot N_G$$

$$\text{Var}(N_I) = s^2 \cdot \text{Var}(N_G)$$

N_G : Tổng số đàn trong khu vực quan tâm

N_I : Tổng số cá thể trong khu vực quan tâm

s : Kích thước đàn

$\text{Var}(N_I)$: Phương sai của N_I

10. Một số công thức thống kê khác:

$$\text{SE}(X) = \sqrt{\text{Var}(X)}$$

$$95\%CI: TB \pm 1.96SE$$

Var: Phương sai

SE: Sai tiêu chuẩn

TB: Giá trị trung bình

X: Một tham số bất kỳ

References/Tài liệu tham khảo

- Ha Thang Long, Nguyen Ai Tam, Ho Tien Minh, Nguyen Thi Tinh, and Bui Van Tuan. 2011. Survey of the northern buff-cheeked crested gibbon (*Nomascus annamensis*) in Kon Ka Kinh National Park, Gia Lai Province, Vietnam. Fauna & Flora International & Conservation International, Hanoi, Vietnam.
- Hoang Minh Duc, Nguyen Van Toai, Vuong Duc Hoa, Phan Van Bien, and Pham Van Thi. In prep. Status and conservation of yellow-cheeked crested gibbon (*Nomascus gabriellae*) in Bu Gia Map National Park, Binh Phuoc Province, Vietnam.
- Hoang Minh Duc, Tran Van Bang, and Vu Long. 2010. Population status of the yellow-cheeked crested gibbon (*Nomascus gabriellae*) in Ta Dung Nature Reserve, Dak Nong Province, Vietnam. Fauna & Flora International and Conservation International, Hanoi, Vietnam.
- Le Trong Dat, and Le Minh Phong. 2010. 2010 census of western black crested gibbon *Nomascus concolor* in Mu Cang Chai Species/Habitat Conservation Area (Yen Bai Province) and adjacent forests in Muong La District (Son La Province). Fauna & Flora International Vietnam Programme, Hanoi, Vietnam.
- Luu Quang Vinh, Vu Tien Thinh, Dong Thanh Hai, Do Quang Huy, Nguyen Dac Manh, and Bui Hung Trinh. 2010. Survey of northern buff-cheeked crested gibbon (*Nomascus annamensis*) in Kon Cha Rang Nature Reserve. Fauna & Flora International and Conservation International, Hanoi, Vietnam.
- Luu Tuong Bach, and B. Rawson. 2009. An assessment of northern white-cheeked crested gibbon (*Nomascus leucogenys*) population status in Pu Huong Nature Reserve, Nghe An Province, Vietnam. Conservation International, Hanoi, Vietnam.
- Luu Tuong Bach, and B. Rawson. 2011. Population assessment of the northern white-cheeked crested gibbon (*Nomascus leucogenys*) in Pu Mat National Park, Nghe An Province. Conservation International and Fauna & Flora International, Hanoi, Vietnam.
- O'Brien, T. G., M. F. Kinnaird, A. Nurcahyo, M. Iqbal, and M. Rusmanto. 2004. Abundance and distribution of sympatric gibbons in a threatened Sumatran rain forest. International Journal of Primatology **25**:267-284.
- Rawson, B. 2010. The use and abuse of gibbon survey techniques: shortcomings of auditory survey techniques. Pages 253-258 in T. Nadler, B. Rawson, and Van Ngoc Thinh, editors. Conservation of Primates in Indochina. Frankfurt Zoological Society and Conservation International-IndoBurma Program, Hanoi, Vietnam.
- Rawson, B. M., T. J. Clements, and Nut Meng Hor. 2009. Status and conservation of yellow-cheeked crested gibbons in Seima Biodiversity Conservation Area, Mondulkiri Province, Cambodia. Pages 387-408 in S. Lappan, and D. M. Whitaker, editors. The Gibbons: New Perspectives on Small Ape Socioecology and Population Biology. Springer, New York.
- Rawson, B. M., P. Insua-Cao, Nguyen Manh Ha, Van Ngoc Thinh, Hoang Minh Duc, S. Mahood, C. Roos, T. Geissmann, and C. P. Groves. In prep. Vietnam gibbon status review 2011. Fauna & Flora International and Conservation International, Hanoi, Vietnam.
- Xuelong Jiang, Zhonghua Luo, Shiyuan Zhao, Rongzhong Li, and Changming Liu. 2006. Status and Distribution Pattern of Black Crested Gibbon (*Nomascus concolor jingdongensis*) in Wuliang Mountains, Yunnan, China: Implications for Conservation. Primates **47**:264-271.