

ОБЗОР КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В БИОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ TRIM ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ТРЕНДОВ

А.В. Мацюра, М.В. Мацюра

Мелитопольский государственный педагогический университет

Проведение мониторинга объектов живой природы подразумевает обработку данных, собранных с большого количества местообитаний в течение определенного периода времени. Одна из главных задач мониторинга – оценить ежегодные изменения численности изучаемых видов (O'Connor, 1990; Crawford, 1991). Эти изменения обычно представлены как индексы, используя первый год в качестве исходной точки отсчета.

На практике экологу приходится работать с неполными данными по численности, так как не всегда удается провести комплексные исследования каждый год в течение периода наблюдений. Это затрудняет вычисление полноценных индексов динамики численности, поскольку последние, будучи рассчитаны по неполному временному ряду, неадекватно отражают различия в изменении численности по годам и не учитывают характер изменения пропущенных значений.

Понятие тренда имеет разнообразную трактовку в экологической литературе. Как правило, под словом “тренд” подразумевается определенная тенденция к изменению численности в течение определенного промежутка времени (James, Mc Culloch, 1994; Underhill, Prys-Jones, 1994).

Большинство регулярных составляющих временных рядов принадлежит к двум классам: они являются либо трендом, либо сезонной составляющей. Тренд представляет собой общую систематическую линейную или нелинейную компоненту, которая может изменяться во времени. Сезонная составляющая – это периодически повторяющаяся компонента. Оба эти вида регулярных компонент часто присутствуют в ряде одновременно.

Не существует “автоматического” способа обнаружения тренда во временном ряду (Morrison, 1990; Thomas, 1996). Однако, если тренд является монотонным (устойчиво возрастает или устойчиво убывает), то анализировать такой ряд обычно нетрудно. Если временные ряды содержат значительную ошибку, то первым шагом выделения тренда является сглаживание. В современной экологической литературе под значением тренда, как правило, принимают значение тангенса угла наклона регрессионной прямой (Sauer, Droege, 1990).

Материал и методика

Прикладная компьютерная программа Trim использует алгоритм вычисления тренда, в основе которого лежит положение об аддитивном и мультипликативном тренд-цикле. Программа предлагает несколько моде-

лей изменения численности – логлинейная регрессия, сериальная корреляция и линейная регрессия без учета сезонного компонента.

В общем случае временной ряд можно представить себе состоящим из четырех различных компонент: сезонной компоненты (обозначается S_t , где t обозначает момент времени), тренда (T_t), циклической компоненты (C_t) и случайной, нерегулярной компоненты или флуктуации (I_t). Разница между циклической и сезонной компонентой состоит в том, что последняя имеет регулярную (сезонную) периодичность, тогда как циклические факторы обычно имеют более длительный эффект, который к тому же меняется от цикла к циклу.

Аддитивная модель:

$$X_t = TC_t + S_t + I_t \quad (1)$$

Мультипликативная модель:

$$X_t = T_t * C_t * S_t * I_t \quad (2)$$

Здесь X_t обозначает значение временного ряда в момент времени t .

Использование моделей, которые позволяют сделать предположения о характере изменения численности, предоставляет экологу более точные индексы оценки динамики численности. Основной принцип подобных моделей – использование данных наблюдений для предсказания пропущенных данных. В таком случае индексы могут быть рассчитаны на основании имеющейся базы данных, дополненной предсказанными значениями (Ter Braak et al., 1995). Программа Trim использует разнообразные логлинейные модели для достижения этой цели.

Цель этих моделей не только оценить индексы годовых изменений количества объектов мониторинга, но и определить тенденции: возрастает или уменьшается численность определенного вида с течением времени.

Важным моментом является временная гибкость подобных трендов – они не являются статическими для всего временного периода, как предлагают другие статистические пакеты, которые используются для определения трендов (SPSS, Statistica, SimStat, SPLUS, Origin). При помощи программы Trim можно определить тенденции в изменении численности и выразить их при помощи индексов для нескольких временных отрезков в исследуемом объеме данных, причем существует автоматический и пользовательский режимы выбора границ подобных отрезков.

Серьезная проблема мониторинговых программ – недоучеты и переучеты в определенных местообитаниях и участках исследования. Trim позволяет использовать взвешивание данных, которое позволяет учесть возможный эффект недооценки и переоценки численности.

В применении логлинейных моделей для оценки данных изменения численности существует определенная статистическая сложность, которые необходимо принять во внимание. Обычный подход к оценочным и тестовым процедурам данных учетов основан на предположении об их независимом распределении Пуассона или полиномиальном распределении. В определенных случаях, это условие для учетов численности не выполняется, потому что вариация превосходит ожидаемую для распределения Пуассона (групповое распределение). Это справедливо, когда объекты мониторинга характеризуются колониальным типом распределения в пространстве. К тому же, данные учетов часто не являются независимо распределенными, иногда данные текущего года зависят от численности в предыдущем году (серийная корреляция). Поэтому Trim использует статистические процедуры для оценки и учета этих явлений при вычислении индексов.

Результаты и обсуждение

Программа предлагает выбор между тремя моделями:

- 1) модель без сезонного компонента;
- 2) линейная модель;
- 3) модель с сезонным компонентом.

Модель с сезонным компонентом (значения учетов по годам воздействуют на модель в случае, если временные параметры – это годы) оценивает параметры для каждого отдельного года. Выбирать линейную модель тренда надо, если существует необходимость в проверке существования определенной тенденции на протяжении целого ряда лет, выбирая один год или несколько лет как точки перехода. Линейная модель тренда должна быть использована, когда данные слишком разрежены, что не позволяет применить модель с сезонным компонентом. Использование линейной модели также позволяет оценить тенденции до и после определенных точек перехода. В программе существует две опции:

- 1) проверка значений тренда до и после предварительно отобранных точек перехода;
- 2) использование машинного способа определения точек перехода методом пошаговой процедуры.

Если все годы выбраны как точки перехода, линейная модель тенденции эквивалентна модели с сезонным компонентом (хотя это приводит к вычислению параметров тренда, а не параметров сезонности). Линейная модель также вычисляет индексы для каждого года, но не обязательно на основании ежегодных параметров, как в случае модели сезонного компонента. Вместо ежегодных параметров, линейная модель использует тенденцию целого ряда лет, чтобы получить более точные индексы.

Линейная модель может быть построена без точек перехода. Она замещает пропущенные данные на основании тенденции изменения численности изучаемого периода. Необходимо проявить осторожность при использовании модели без точек перехода, поскольку результирующие индексы могут быть нереальными.

Программа генерирует модельные и расчетные индексы. Моделированные индексы вычисляются из суммирования модельных предсказаний для всех местообитаний, т.е. основанные на итоговой временной модели.

Расчетные значения для местообитания – это наблюдаемые значения, плюс, в случае пропущенных данных, модельные предсказания. Расчетные индексы вычисляются по суммированию общего временного параметра.

В пользу использования модельных индексов выступает более высокая устойчивость, особенно если модель имеет высокую степень адекватности.

В пользу расчетных индексов выступает их более близкое значение по сравнению с учетами и более реалистическое соответствие изменениям во времени, особенно для линейных моделей. Мы рекомендуем использовать оценочные индексы.

Программа вычисляет аддитивные и мультипликативные параметры тренда. Эти параметры – различные описания одних оценок: аддитивный параметр – натуральный логарифм мультипликативного параметра. Мультипликативные параметры более легки для понимания и экологической интерпретации. Мультипликативный тренд отражает изменения годового процента численности. Если тренд равен 1, нет никакой тенденции. Если тренд равен 1.08, то существует годовое увеличение численности, равное 8%. Если тренд составляет 0,93, то речь идет о годовом уменьшении, равном 7%.

Полный тренд – описательный параметр тенденции за весь изучаемый период. Это – наклон линии регрессии, выраженный через логарифм индексов или сумм времени. Программа вычисляет четыре различных тренда:

- 1) наклон линии регрессии, основанной на модельных индексах, с перехватом (отрезком, пересекаемым на координатной оси);
- 2) наклон линии регрессии, основанной на оценочных индексах с перехватом;
- 3) наклон линии регрессии, основанной на модельных индексах без перехвата;
- 4) наклон линии регрессии, основанной на оценочных индексах без перехвата.

Регрессия без перехвата означает, что линия регрессии проложена через базовый указатель времени (Geisser, Sauer, 1990). На ее адекватность влияет выбор базового указателя времени, поэтому мы рекомендуем использовать полный тренд с перехватом, особенно тренд, основанный на оценочных индексах. Полный тренд может быть интерпретирован по отношению к увеличению достоверности, устойчивости численности популяции и т.п.

Соответствие модели проверяется с помощью двух тестов: “хи-квадрат” и отношение правдоподобия или тест на отклонение. Обычно результаты этих тестов приблизительно равны. Если р-значение одного из этих тестов ниже 0.05, то модель отвергается. В случае если модель отвергнута, необходимо найти лучшую модель, которая адекватно описывает отличия в изменении численности между местообитаниями.

Программа предполагает, что данные распределены согласно распределению Пуассона. Групповое распределение указывает степень отклонения от распределения Пуассона и влияет на стандартные ошибки индексов и другие параметры, а не на индексы непосредственно. Высокое значение его может определяться степенью достоверности модели, которая подразумевает, что лучшие модели имеют меньшее значение группового распределения. Также это значение может быть свойством изучаемых видов, как например перемещение в скоплениях или в стаях.

Серийная корреляция описывает зависимость учетов последовательных временных указателей (лет) и может быть положительной или отрицательной. Серийная корреляция имеет небольшое влияние на индексы, кроме случаев, когда очень мало данных. Не всегда данные расположены в соответствии с нормальным распределением (пропущенные данные, недо- и переучеты численности). В таком случае целесообразно применить сглаживание данных. Для прогнозирования предпочтительнее экспоненциальное сглаживание, позволяющее учитывать сезонную составляющую и тренд (Little, Rubin, 1987). Сглаживание всегда включает некоторый способ локального усреднения данных, при котором несистематические компоненты взаимно погашают друг друга. Самый общий метод сглаживания – скользящее среднее. Основное преимущество медиан-

ного сглаживания, в сравнении со сглаживанием скользящим средним, состоит в том, что результаты становятся более устойчивыми к выбросам (связанных с ошибками измерений), сглаживание медианой обычно приводит к более надежным кривым, по сравнению со скользящим средним. Основной недостаток медианного сглаживания в том, что при отсутствии явных выбросов, он приводит к увеличению пиковости кривых.

Литература

- Crawford T.J. (1991): The calculation of index numbers from wildlife monitoring data. - *Monitoring for conservation and ecology*. London: Chapman and Hall. 5-18.
- Geisser P.H., Sauer J.R. (1990): Topics in route-regression analysis. - *Survey designs and statistical methods for the estimation of avian populations trends*. Washington: U.S. Fish and Wildlife service. 85-97.
- James F.C., McCulloch C.E. (1994): Methodological issues in the estimation of trends in bird populations with an example: the pine warbler. - *Distribution, monitoring and ecological aspects of birds*. Voorburg: Heerlen and Sovon. 51-58.
- Little R.J.A., Rubin D.B. (1987): *Statistical analysis with missing data*. N.Y.: Wiley and Sons. 74-82.
- Morrison D.F. (1990): *Multivariate Statistical Methods*. Third edition. McGraw-Hill, New York. 62-65.
- O'Connor R.J. (1990): Current thinking of United Kingdom bird monitoring. - *Survey designs and statistical methods for the estimation of avian populations trends*. Washington: U.S. Fish and Wildlife service. 24-30.
- Sauer J.R., Droege S. (1990): Survey designs and statistical methods for the estimation of avian population trends. - *Survey designs and statistical methods for the estimation of avian populations trends*. Washington: U.S. Fish and Wildlife service. 72-77.
- Ter Braak C.J.F., Van Strien A.J., Meijer R., Verstrael T.J. (1995): Analysis of monitoring data with many missing values: which method. - *Proc. of the 12th International Conference of IBCC and EOAC*. Voorburg (The Netherlands). 663-673.
- Thomas L. (1996): Monitoring long-term population change: why are there so many analysis methods? - *Ecology*. 77: 49-58.
- Underhill L.G., Prys-Jones R.P. (1994): Index numbers for waterbird populations: review and methodology. - *J. Appl. Ecol.* 31: 463-480.

“ЕКОХВИЛИНКИ” – ПРОГРАМА ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ ДЛЯ МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ

Є.Д. Яблонівська-Грищенко, Т.Б. Лугіна

Канівський природний заповідник,

Загальноосвітня школа I–III ступенів № 4 м. Канева

Еколого-освітня робота – одне з основних завдань заповідників, яке тісно пов'язане з двома іншими – охороною природи та науковими дослідженнями. Та, на жаль, нерідко природоохоронні заходи, що проводяться заповідниками, бувають неефективними через недостатню обізнаність населення, що проживає навколо заповідників, або негативне ставлення до тих чи інших тварин і рослин, чи й заповідника в цілому. Інформування людей безпосередньо буває ускладненим через їх зайнятість або небажання спілкуватися зі співробітниками заповідника через упереджене до них відношення. В той же час заняття з дітьми, особливо у школі, під час додаткових ігрових уроків, дозволяє надати інформацію як дітям, так і – через них – їх батькам. За-

няття, що проводяться в ігровій формі, викликають у дітей зацікавлення і дозволяють позбутися негативних стереотипів щодо тварин, рослин, а також заповідних територій. Крім того, виховання позитивного ставлення до природи з дитинства набагато простіше, ніж переконання дорослої людини, у якій “стереотип ворога” у вигляді тварин, рослин, природи в цілому вже сформований всім життєвим досвідом (вірніше, нав'язаним книгами, кіно, засобами масової інформації) (Грищенко, Яблонівська-Грищенко, 1997). Останній момент стає дедалі актуальнішим. Засоби масової інформації у погоні за сенсацією ладні відшукувати окремі проблемні моменти взаємовідносин людини і природи, а нерідко і фальсифікувати дані щодо природи, значно пе-