

Методы оценки пригодности местообитания (бонитировки) по логико-математическим экспертным моделям с применением дистанционной информации

Пузаченко Ю.Г., Сандлерский Р.Б., Желтухин А.С., Котлов И.П.

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Центрально-лесной государственный биосферный природный заповедник,
ФГУ Центрохотконтроль

Бонитировка охотничьих угодий – действия, направленные на стациональную (функциональную) и пространственно дифференцированную оценку емкости среды для охотничье-промысловых животных и ее картографического отображения с оценкой на этой основе пригодности местообитаний для устойчивого существования популяций с определенным среднесуточным уровнем численности и нормой изъятия. Видовой бонитет – качественная (квалиметрическая) оценка емкости местообитания. Служба рыбы и дичи США (U.S. Fish and Wildlife Service) с 1982 года использует для управления популяциями индекс пригодности местообитания (Habitat suitability index, HSI), который, фактически, является логико-математической формой бонитировки. Эта технология в последние десять лет стала широко использоваться и в Европе. В основе бонитировки лежит экспертная оценка пригодности местообитания для реализации жизненного цикла конкретного вида, опирающаяся на априорные знания его экологии или отношения к различным свойствам среды. Обычно она строится на знании пищевых связей, комфортности среды для передвижения, размножения, скрытности и т. п. Качественная (квалиметрическая) оценка оперирует со словами хорошо, средне, плохо, очень хорошо, очень плохо. Этим словам можно поставить в соответствие цифровое обозначение (баллы). В соответствии с законом чувствительности Вебера квалиметрические оценки отражают количество оцениваемого явления в логарифмической форме. Было показано что обилие животных человек оценивает по десятичной логарифмической шкале. Максимальная плотность любого вида связана с его весом аллометрической зависимостью: $N = aM^{-b}$, N – особей на 1000 га, M – средний вес в кг: $N_{\text{травоядные}} = 26970M^{-1.04}$, $N_{\text{семяядные}} = 11070M^{-0.5}$, $N_{\text{хищники}} = 161M^{-1.0}$. Обзор литературы показал, что максимальная биомасса травоядных составляет около 20000 кг на 1000 га, семяядных – 2000 кг, хищных – 200 кг. Соответствие между качественной шкалой и показателями плотности (балл обилия – Б) вводится по соотношению $B_{\text{макс}} = \lg N_{\text{макс}}$. Удобно использовать десятизначную шкалу: $B = 9 \text{--} 10$ – очень многочисленный.

Соответственно для каждого вида можно получить константу k и сопоставить качественные оценки ожидаемой численности в соответствии свойствам местообитания с некоторым приближением к величине соответствующей ей плотности. На основе знания экологии описываем зависимость между качеством конкретных условий среды и ожидаемым обилием. Получаем экспертные функции качества ($f(x_i)$), связывающие ожидаемое обилие вида в баллах с состояниями определяющих его свойств среды (x_i). Эти частные функции обобщаются в общую функцию оценки бонитета по кумулятивной форме ($f(x_1)^{a_1} f(x_2)^{a_2} \dots f(x_n)^{a_n}$) – факторы определяющие численность усиливают друг друга и коммутативную форму ($a_1 f(x_1) + a_2 f(x_2) + \dots + a_n f(x_n)$), при которой плохие условия по одному фактору могут быть компенсированы по другому. В первом случае факторы незаменимы и если, хотя бы один фактор определяет

отсутствие вида, то его не будет, вне зависимости от состояния других факторов, во втором случае такой фактор может быть компенсирован другими. Коэффициенты a_i определяют значение (вес) фактора в общей функции, при этом $\sum a_i = 1$. Вес фактора в общей функции определяет эксперт. Обычно вес ведущего фактора >0.5 , второго – 0.25, третьего – 0.125, четвертого – 0.06. Факторы удобно подразделить на блоки: трофические, местообитания (комфортность), размножение, ремизность. Рассматривать в одном блоке больше четырех факторов обычно не имеет смысла. Эти блоки объединяются в единую логико-математическую коммутативную форму с соответствующими весами. На основе функции определяем балл обилия для каждого местообитания, который может быть пересчитан в ожидаемую плотность.

Рассмотренная схема бонитировки может быть реализована на основе мультиспектральной дистанционной информации (Landsat) и рельефа (The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)). В блоке Landsat первая переменная – вид охотничьих угодий, вторая – суммарное отражение (возраст леса, запас фитомассы для лугово-кустарниковой растительности), вегетационный индекс NDVI – биологическая продуктивность, ближний инфракрасный канал (влажность местообитания). В блоке рельеф для трех-четырёх иерархических уровней рассматриваются: освещенность с юга и востока, уклон и форма поверхности. Для каждого вида принимается иерархический уровень соизмеримый с площадью индивидуального участка. Для каждой переменной строится функция качества. Они объединяются в общую формулу на основе которой рассчитывается бонитет и плотность вида для каждого пикселя. Полученные экспертные оценки обилия (средние для района в пределах области) сравниваются методом ранговой корреляции со среднегодовой плотностью. Экспертные оценки могут быть признаны удовлетворительными при корреляции больше 0.7. При меньшей корреляции рассматривается возможная причина несогласия и, если есть доверие к оценкам плотности, модифицируется бонитировочная формула. Далее рассчитывается средне

годовая норма доли изъятия как $p = \frac{e^r - 1}{e^r}$, где r – коэффициент размножения: $r_{\max} = 1.51 \times M^{-0.26}$, M – масса особи в кг (среднее $r_{\text{mean}} = 1.228 \times M^{-0.26}$). Норма отстрела соответственно есть pN , N – плотность на 1000 га. Пропускную способность (число охотников за сезон на единицу площади, или ожидаемая продукция пушнины в стоимостном выражении) можно рассчитать, зная норму добычи на одного человека за одну охоту для каждого вида. Сумма этих видовых оценок даст пропускную способность хозяйства на единицу площади за сезон. За единицу площади удобно принять 10000 га (примерно один егерский обход). На этой основе можно оценить экономический потенциал охотничьего хозяйства в любых заданных границах. Текущая норма отстрела определяется исходя из реальной плотности и реального коэффициента размножения как среднего за четыре-пять последних лет. Эта оценка может быть как выше, так и ниже среднегодовой. В докладе демонстрируются бонитировочные формулы для основных видов для Ярославской области, варианты оценки их согласия со средними плотностями, видовые карты бонитировки, карта общей оценки качества охотничьих угодий (сумма видовых бонитетов), карта пропускной способности. Обсуждаются различные варианты несоответствия бонитировочных оценок известным плотностям.