

## Аддитивная аллометрия и проблема гармонизации моделей фитомассы деревьев

Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург  
Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

При оценке биологической продуктивности лесов применяются аллометрические модели фитомассы деревьев, однако имеются некоторые неопределенности, снижающие их корректность. Одна из них состоит в том, что уравнения обычно рассчитываются отдельно для каждой фракции без учета того, что имеется логическое несоответствие между оцененной по уравнениям суммарной фитомассой фракций и фитомассой, оцененной по общему уравнению для всего дерева. Существуют два метода гармонизации в терминах аддитивности, основанные на альтернативных алгоритмах: соответственно «от частного – к общему» и «от общего – к частному». Согласно первому из них аддитивные уравнения рассчитываются путем довольно сложных операций с использованием инструментария матричной алгебры [1], и для реализации последних версий алгоритма требуется мощное программное обеспечение (R-statistical package). Второй из упомянутых методов гармонизации реализуется расчетом аллометрических уравнений фитомассы по принципу дисагрегирования (расчленения) в следующем порядке (рисунок): вначале – для общей фитомассы, затем для надземной (промежуточная фракция 1-го порядка) и корней (для шага 1), далее для промежуточных фракций 2-го порядка – кроны и ствола в коре (для шага 2) и, наконец, для исходных фракций – хвои и ветвей (для шага 3а) и древесины и коры ствола (для шага 3б) [2]. Метод позволяет обходиться стандартной программой регрессионного анализа. В качестве основы разрабатываемой модели использована база данных о структуре фитомассы деревьев лесообразующих древесных видов Евразии [3], из которой взяты материалы в количестве 900 модельных деревьев пяти викарирующих видов рода *Picea* L. Они распределены по семи экорегионам и обозначены соответственно семью фиктивными переменными от X0 до X6. Рассчитаны уравнения согласно их принятой структуре

$$\ln P_i = a_i + b_i (\ln D) + c_i (\ln H) + d_i (\ln D)(\ln H) + \sum_{eij} X_j, \quad (1)$$

где  $i$  – индекс фракций фитомассы: общей ( $t$ ), надземной ( $a$ ), корней ( $r$ ), кроны ( $c$ ), ствола в коре ( $s$ ), хвои ( $f$ ), ветвей ( $b$ ), древесины ствола ( $w$ ) и коры ствола ( $bk$ );  $j$  – индекс (код) фиктивной переменной, от 0 до 6;  $\sum_{eij} X_j$  – блок фиктивных переменных для  $i$ -й фракции фитомассы  $j$ -го экорегиона.

Далее расчеты выполняются по специальному алгоритму по трехшаговой схеме пропорционального взвешивания [2].

Рис. Блок-схема расчленяемой трехшаговой аддитивной модели фитомассы дерева. Обозначения:  $P_t, P_r, P_a, P_c, P_s, P_f, P_b, P_w$  и  $P_{bk}$  – соответственно фитомасса

дерева: общая, подземная (корней), надземная, кроны (хвои и ветвей), ствола (древесины и коры), хвои, ветвей, древесины ствола и коры ствола, кг.

В итоге впервые разработана трансевразийская аддитивная модель фитомассы деревьев пяти видов елей. В модели устранена внутренняя противоречивость «фракционных» и общего уравнения, и кроме того, она учитывает региональные различия равновеликих деревьев как по величине общей, надземной и подземной фитомассы, так и по ее фракционной структуре.

...

1. Parresol B.R. Additivity of nonlinear biomass equations // Canadian Journal of Forest Research. 2001. Vol. 31. P. 865-878.
2. Dong L., Zhang L., Li F. A three-step proportional weighting system of nonlinear biomass equations // Forest Science. 2015. Vol. 61. No. 1. P. 35-45.
3. Усольцев В.А. Фитомасса модельных деревьев лесообразующих пород Евразии: база данных, климатически обусловленная география, таксационные нормативы. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. Унт, 2016. 336 с.