

стикам: Дис. Д-р. техн. наук: 05.11.13 [Место защиты ТПУ] – 2015 – 164 с.

2. Батурля И.В., Кузьмич А.И., Баранов В.В., Петрович В.А., Серенков В.Ю., Завацкий С.А., Фоменко Н.К., Ковальчук Н.С. Диэлектрические характеристики моторных масел для силовых агрегатов, измеряемые емкостными датчиками // Доклады БГУИР. – 2016, № 3 (97). – С. 103-106.

3. Тепловоз 2ТЭ10МК [Электронный ресурс] / Сайт Софрино-Электротранспорт. – 2021. – Режим доступа: <https://seltrans.ru/ru/blog/teplovoz-2te10mk> – Дата доступа: декабрь 2021 г.

4. Дмитренко И.В., Особенности конструкции, эксплуатации и обслуживания дизелей типа Д49: Методическое пособие для студентов специальности 1507 "Локомотивы" для всех форм обучения / И.В. Дмитренко. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2002. – 40 с.

УДК 004.1

Маг. В.С. Кантарович; доц. Н.И. Гурин
(БГТУ, г. Минск)

ГЕНЕРИРОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ТОЧЕЧНЫХ СТРУКТУР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДРЕВОСТОЯ

В работе рассматривается процедура моделирования процесса высадки саженцев на плоскости в древостоях естественного происхождения с учётом законов естественного лесовозобновления. При этом основная задача при визуализации размещения деревьев на заданной площади заключается в генерировании пространственного размещения множества точек на выбранном участке в некоторой области плоскости. Подразумевается, что точечный процесс однородный, т. е. вероятность того, что в некоторую область с площадью S попадёт ровно N точек, зависит от N и S , но не будет зависеть от самой области, её формы и положения на плоскости.

Существуют различные алгоритмы по генерированию пространственного размещения точечных структур на плоскости, которые используют различные статические и функциональные характеристики древостоя. В работе рассматривается и реализуется алгоритм генерирования размещения, который использует в качестве критерия функциональную характеристику в виде радиальной функции распределения $g(r)$, где r – расстояние между точками.

Радиальная функция распределения используется для проверки гипотезы о принадлежности рассматриваемого размещения к одному из типов: регулярное, случайное, контагиозное (групповое) и контагиозное размещение с внутrigрупповой регулярностью.

В алгоритме генерирования размещений по заданной радиальной функции распределения в качестве объекта рассматривают размещение точек в области плоскости, а в качестве характеристики – радиальную функцию распределения. Также алгоритм позволяет получить размещение точек на плоскости, где по заранее заданной радиальной функции распределения $g^0(r)$ генерировалось размещение с радиальной функцией распределения $g(r)$ такое, что $A^* = |g^0 - g| < \varepsilon$, где g^0 – заранее заданное значение радиальной функции для выбранного типа размещения, g — значение радиальной функции для данного размещения, а ε – заранее заданное число, характеризующее точность аппроксимации. То есть задача заключается в том, чтобы минимизировать критерий A^* .

Кроме создания вычислительной процедуры, описанной выше, в которой выполняется условие $A^* = |g^0 - g| < \varepsilon$, требуется, чтобы средняя плотность ρ_{cp} точек на единицу площади также сохранялась.

В работе выбрано контагиозное размещение, где точки расположены более или менее выраженными группами. При таком типе размещения точек на малых расстояниях в шаровые скопления радиуса R_0 функция $g(r)$ имеет наибольшие значения, а если группы расположены случайно, убывает и приближается к горизонтальной прямой.

Алгоритм генерирования размещения можно разбить на несколько этапов:

- 1) Рассчитать $g^0(r)$ для выбранного типа размещения.
- 2) Выбрать размер a квадрата, в котором будет генерироваться размещение, и определить количество точек исходя из требования сохранения ρ_{cp} как $N = \rho_{cp}a^2$, где N – количество точек, которые необходимо разместить на плоскости.

- 3) В выбранном квадрате сгенерировать случайное начальное размещение N точек, то есть значениям координатных точек расположения присваиваем значение случайной величины, равномерно распределённых на интервале $(0, a)$. Пример начального размещения представлен на рис. 1.

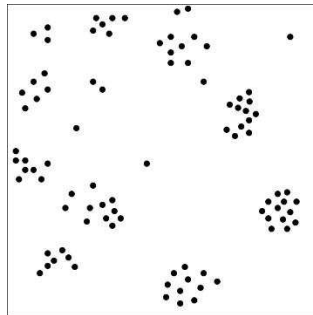


Рисунок 1 – Пример начального размещения

4) Для каждой точки в данном начальном случайном размещении для каждой точки рассматриваем $g(r)$. Для каждой точки строим график функции распределения. И для текущего набора точек необходимо рассчитать g . Алгоритм расчёта радиальной функции распределения для набора точек:

– Пусть рассматривается область площадью S . Пусть выбрана точка 1 и вокруг этой точки строим окружность радиусом r_0 . Тогда точка 2 обнаруживается на некотором расстоянии от r от точки 1.

– В кольце радиусом r_0 и площадью $2\pi r\Delta r$ находится Δn точек. Тогда число точек на единицу площади данного кольца (плотность точек в кольце) определяется формулой:

$$\rho(r) = \frac{\Delta n}{2\pi r\Delta r} \quad (1)$$

– Радиальная функция распределения определяется равенством:

$$g(r) = \frac{\rho(r)}{\rho_{cp.}(r)}, \quad (2)$$

где $\rho_{cp.}(r) = N / S$ – средняя плотность размещения точек, то есть среднее число точек на единичной площади.

Таким образом центр системы концентрических колец последовательно совмещается с каждой точкой размещения и в каждом кольце подсчитывается количество других точек размещения. После перебора N точек получаем последовательность N_i чисел, определяющих количество точек размещения в кольце с номером i . Затем вычисляются суммарные площади всех колец S_i , площадь той части кольца, которая выходит за пределы квадрата, исключается. Исходя из этого радиальная функция распределения находится по формуле:

$$g_i = \left(\frac{N_i}{S_i} \right) \left(\frac{a^2}{N_i} \right). \quad (3)$$

5) Вычисляется $|g^0 - g|$ для начального размещения. Если $|g^0 - g| < \varepsilon$, то значит размещение удовлетворяет условию и выбранному типу размещения, если нет, то происходят «единичные» модификации над каждой точкой.

Следующие этапы алгоритма описывают модификации размещений.

6) Выбирается случайным образом точка и строится квадрат, центр которого совпадает с координатами выбранной точки, а длина стороны определяется как CR_{max} , где C — интенсивность модификации (в расчётах равна 4), R_{max} — выбирается с таким расчётом, чтобы

$g(r)$ все существенные особенности структуры (в расчётах равно 10 м).

7) Случайно выбранная точка перемещается на случайное место внутри построенного квадрата.

8) Совершается M единичных модификаций. Величина M была принята равной 200. Даже если точек меньше, чем M , то тогда необходимо проделать повторную модификацию для точек, чтобы количество модификаций было равно 200.

9) Вычисляется «температура процесса модификаций» T_0 по формуле:

$$T_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^M (g_i - g_{i-1})^2}{M-1}}, \quad (4)$$

где g_i — радиальная функция распределения для i -го размещения; $M = 200$.

10) Устанавливается значение температуры на первом этапе процедуры Метрополиса ($T = T_0 C$), количество единичных модификаций на каждом этапе NPR ($NPR = 3N$) и значение ε (в данных вычислениях равна 0,01), где N — количество точек.

11) Для установленного значения T совершаются NPR раз следующие действия.

а) После проведения единичной модификации текущего размещения вычисляется новое значение A^*_{+1} .

б) Сравнивается A^* для текущего размещения и A^*_{+1} для размещения после сдвига. Если $A^*_{+1} \leq A^*$, то переход к выполнению следующего пункта, но если $A^*_{+1} > A^*$, то вычисляется вероятность обнаружения той или иной точки в пределах заданной области по формуле:

$$P = \exp\left(-\frac{(A^*_{+1} - A^*)}{T}\right). \quad (5)$$

Далее генерируется случайное число R из интервала (0, 1) и если $R \leq P$, то переход к следующему пункту, если $R > P$, то совершается единичная модификация (сдвиг), возвращается текущее размещение и производится пункт а).

с) Данный пункт выполняется только в тех случаях, когда единичная модификация размещения была успешной. Тогда результат модификаций становится текущим размещением и, A^* приравнивается к A^*_{+1} и производится переупорядочивание структуры. Если $A^* < \varepsilon$, то алгоритм завершает работу, если $A^* \geq \varepsilon$, то работа алгоритма возвращается к пункту а).

12) После завершения этапа процедуры Метрополиса, который выполнялся в пункте 11, температура умножается на числовой коэффициент ΔT (обычно принимают равным 0,9), тем самым понижается температура. $T = T \times \Delta T$. Далее переход к пункту 11.

После проведения алгоритма график радиальной функции распределения при контактиозном размещении должен иметь вид гистограммы. График представлен на рис. 2.

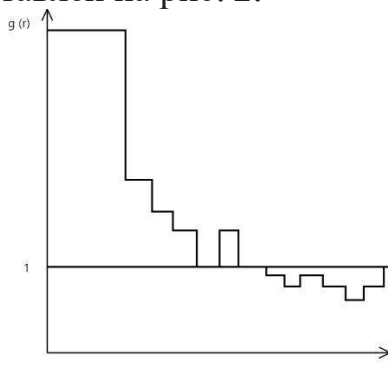


Рисунок 2 – График радиальной функции при контактиозном размещении после проведения алгоритма

Данный алгоритм подходит для моделирование естественных фитоценозов, но для размещения искусственных насаждений лучше использовать другие методы и алгоритмы. Радиальная функция распределения достаточно адекватно описывает структуру размещения и может служить моделью точечного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусаков С. В., Фрадкин А. И. Моделирование на ЭВМ пространственной структуры лексных фитоценозов. – Минск: БГТУ, 1990. – 112с.
2. Гурин Н. И, Григорьев В. П., Микуцкий В. С. Компьютерная система для имитационного моделирования роста древостоев. // Леса Беларуси: сб. материалов МНТК. – Минск, 2005.