Молодёжный вестник НФ БГТУ. 2022. Том 02. № 04 (08)
https://rio-nb-bstu.science

ИНФОРМАТИКА

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_4_59
УДК 004.94, 621.86, 630.3
ГРНТИ 28.17.23, 68.47.43
ВАК 05.13.18

Компьютерное моделирование объёмов генерации отходов при лесозаготовке

Химич А. В.

Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
241036, Россия, г. Брянск, ул. Бежицкая, д. 14

e-mail: annahimich14@mail.ru

В работе предложен алгоритм имитационного моделирования объемов генерации отходов при лесозаготовке с использованием традиционных и канатных лесозаготовительных машин. Оценка объемов генерации отходов необходима для более точного планирования мероприятий по лесозаготовке и лесовосстановлению. Кроме того, отходы лесозаготовки при гниении выделяют парниковые газы, поэтому оценка их выделения важна с точки зрения планирования мероприятий по противодействию изменению климата. В ходе исследования были рассмотрены алгоритмы имитационного моделирования объемов генерации отходов классической лесозаготовительной машины (харвестера) и инновационной канатной лесозаготовительной машины. На первом этапе моделирования генерируется трасса, вдоль которой перемещается лесозаготовительная машина. На втором этапе имитационного моделирования определяются места и объёмы генерации отходов вдоль смоделированной трассы. Для выполнения моделирования предложены алгоритмы имитационного моделирования, основанные на методе статистических испытаний. Выполнено тестовое моделирование, проанализированы результаты. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых-докторов наук №МД-1543.2022.4.

Ключевые слова: лесозаготовка, объём отходов, имитационное моделирование, харвестер, канатная лесозаготовительная машина.

Теория и методы исследования

До 20…40 % объёма исходной древесины превращаются в отходы при лесозаготовке. Поэтому оценка объёмов генерации отходов необходима для более точного планирования мероприятий по лесозаготовке и лесовосстановлению. Кроме того, отходы лесозаготовки при гниении выделяют парниковые газы, поэтому оценка их выделения важна с точки зрения планирования мероприятий по противодействию изменению климата.

Одним из способов оценки объёмов генерации отходов является имитационное моделирование на основе собранных эмпирических данных. В данной работе предложен алгоритм имитационного моделирования объёма отходов при лесозаготовке с использованием одиночной лесозаготовительной машины. В ходе исследования использовались методики, рассмотренные в работах [1–4].

Молодёжный вестник НФ БГТУ. 2022. Том 02. № 04 (08)
https://rio-nb-bstu.science

На первом этапе моделирования генерируется трасса, вдоль которой перемещается лесозаготовительная машина. Алгоритм имитационного моделирования на этом этапе следующий (рис. 1).

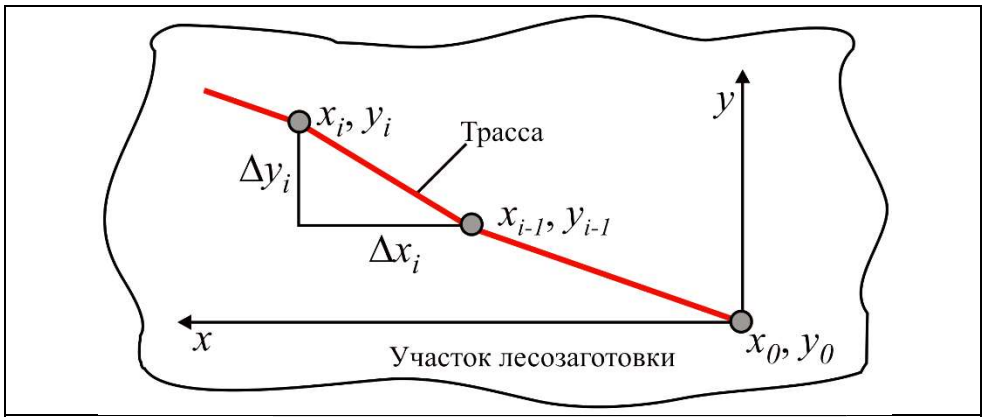


Рис. 1. Схема генерации трассы перемещения машины

1. Машина помещается в начальную точку с координатами x_0, y_0. Эта точка назначается произвольно и её координаты являются исходными параметрами моделирования.
2. На основании блока распределения моделируется расстояние перемещения до очередного дерева Δx_i и Δy_i. Выполняется проверка условия, что следующая точка лежит в пределах участка лесозаготовки. Если нет, то моделирование Δx_i и Δy_i выполняется повторно. Машина перемещается вдоль трассы в точку $x_{i+1} = x_i + \Delta x_i$, $y_{i+1} = y_i + \Delta y_i$.

На втором этапе имитационного моделирования определяются места и объёмы генерации отходов вдоль смоделированной трассы. Алгоритм имитационного моделирования на этом этапе следующий.

1. Машина располагается в начальной точке трассы $x = 0$. Считается, что здесь происходит валка первого дерева, что приводит к генерации первой порции отходов объёмом V_1 (может измеряться как в кубических метрах, так и в килограммах).
2. Моделируется объем генерации отходов $V_i = \sum V_{ij}$, где V_{ij} – объем генерации отходов от j-й технологической операции (валка, раскряжевка и т. д.). В данном случае для моделирования требуются блоки распределения V_{ij}. Допускается генерация значения V_i с использованием единого блока распределения, не учитывающего разновидности технологических операций.
3. Этап 2 повторяется до тех пор, пока машина не окажется в точке конца смоделированной трассы $x = L$.

В результате моделирования формируется массив данных, связывающих точки в пространстве и объёмы отходов, сгенерированных в них при валке леса. В последующем данные значения могут быть использованы для анализа накопления отходов.

Многократное повторение алгоритма моделирование позволяет получить большой объём данных, статистическая обработка которых позволяет получить информацию об объёмах генерации отходов при лесозаготовке.

При лесозаготовке на крутых склонах перспективным является использование канатных лесозаготовительных машин, рабочий орган которых перемещается по канатной системе, натянутой между несколькими базовыми станциями [5, 6]. В данном случае трасса перемещения рабочего органа является прямой линией, поэтому имитационное

Молодёжный вестник НФ БГТУ. 2022. Том 02. № 04 (08)
https://rio-nb-bstu.science

моделирование объёмов генерации отходов выполняется в один этап по следующему алгоритму.

1. Машина помещается в начальную точку с координатой $x_0 = 0$.

2. Моделируется объем генерации отходов в начальной точке по формуле V_1.

3. На основании блока распределения моделируется расстояние перемещения до очередного дерева Δx_i. Машина перемещается вдоль трассы в точку $x_{i+1} = x_i + \Delta x_i$. Блок распределения может быть единым для всей трассы, так и разбит по участкам (и в данном случае для каждого участка трассы существуют различные вероятности перехода на другой участок трассы) (рис. 2).

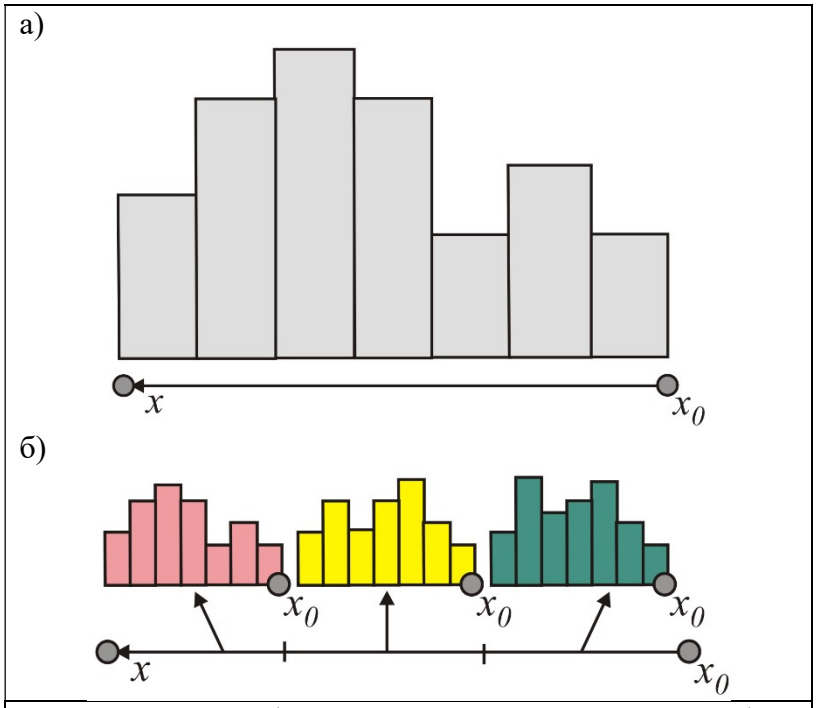


Рис. 2. Варианты блока распределения: а – единый блок для всей трассы; б – блоки для отдельных участков

4. Моделируется объём генерации отходов в начальной точке по формуле V_i.

5. Этапs 3-4 повторяются до тех пор, пока машина не окажется в точке конца смоделированной трассы $x = L$.

Генерация значений исследуемых параметров на основе блока распределения выполняется следующим образом. Выбор значения параметра фактора, соответствующего i-й ступени блока распределения, происходит на основе следующей зависимости:

$$Q = \begin{cases} Q_1 \text{ при } x_R \le P_{s-1,1}; \\ \dots \\ Q_i \text{ при } \sum_{k=1}^{i-1} \mathrm{P}_{s-1,k} \le x_R \le \sum_{k=1}^{i} \mathrm{P}_{s-1,k}; \\ \dots \\ Q_N \text{ при } \sum_{k=1}^{N-1} \mathrm{P}_{s-1,k} \le x_R \le 1, \end{cases}$$

где Q – результат текущего вычислительного опыта; $s = 1...N_{ЦС}$; x_R – случайное число, распределенное равномерно в интервале $[0; 1]$ (генерируется с помощью встроенного генератора случайных чисел) [1, 2].

Если в ходе моделирования в течение s вычислительных опытов получено, что машина отработала $\widehat{N}_i$ циклов с значением параметра, лежащим в i-й группе, то вероятность перехода в $s+1$-м вычислительном опыте к грузу j-й группы равна

$$P_{ij} = \frac{N_{ЦС} \cdot Q_{Бj} - \widehat{N}_j}{N_{ЦС} - s},$$

где $Q_{Бj}$ – относительная масса груза, перемещаемого в течение c_i циклов [1, 2].

Полученные результаты и их обсуждение

Результаты тестового моделирования для лесозаготовки с использованием харвестера приведены в листинге.

Листинг

Результаты тестового имитационного моделирования

X, м	y, м	V_i, кг
0,0	0,0	102
2,1	1,3	331
3,5	1,1	42
7,2	2,4	125
6,4	3,6	228
8,5	4,2	85
…	…	…

Таким образом, разработанный алгоритм имитационного моделирования возможно применить при оценке объёмов генерации отходов при лесозаготовке

Конфликт интересов

Автор статьи заявляет, что у неё конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами на момент подачи статьи в редакцию журнала, и ей ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

Список литературы

1. Лагерев И. А. Имитационное моделирование факторов нагруженности металлоконструкции мостового крана // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2009. – № 4. – С. 65–70.
2. Лагерев И. А. Моделирование факторов нагруженности крана-манипулятора машины для сварки трубопроводов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2012. – № 1. – С. 62–70.
3. Лагерев И. А. Моделирование факторов нагруженности металлоконструкции мостового крана на основе сетевой имитационной модели // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2010. – № 2. – С. 74–81.

4. Лагерев И. А. Имитационное моделирование жизненного цикла малых инновационных предприятий при вузах // Экономика. Социология. Право. – 2016. – № 1 – С. 19–24.
5. Григорьев И., Куницкая О., Рудов С., Каляшов В., Тамби А. Лесозаготовительные машины для работы на склонах // Бюллетень ассоциации «Лестех». – 2020. – № 1. – С. 4–9.
6. Лагерев А. В., Лагерев И. А. Предварительная компоновка основного технологического оборудования самоходной машины мобильной канатной дороги со штанговым механизмом установки и фиксации концевой // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2021. – № 4. – С. 336–347.

Computer modeling of waste generation volumesduring logging

Khinich A. V.

Bryansk I.G. Petrovsky State University
241036, Russia, Bryansk, Bezhitskaya st., 14

The paper proposes an algorithm for simulating the volume of waste generation during logging using traditional and rope logging machines. Estimation of waste generation volumes is necessary for more accurate planning of logging and reforestation activities. In addition, logging waste releases greenhouse gases during rotting, so the assessment of their release is important from the point of view of planning measures to counter climate change. In the course of the study, algorithms for simulating the volume of waste generation of a classical logging machine (harvester) and an innovative rope logging machine were considered. At the first stage of the simulation, a route is generated along which the logging machine moves. At the second stage of simulation, the places and volumes of waste generation along the simulated route are determined. Simulation modeling algorithms based on the method of statistical tests are proposed to perform the simulation. A test simulation was performed, the results were analyzed. The study was supported by Presidential Grant for Governmental Support to Young Russian Scientists No. MD-1543.2022.4.

Key words: logging, waste volume, simulation modeling, harvester, rope logging machine.