

ном этапе развития при заданных им условиях. Система взаимосвязей в таком архиве ассетов имеет древовидную структуру для перехода между параметрами по годам со взаимовлияющими параметрами.

Таким образом, динамический ассет предоставляет возможность визуализации роста дерева в различных условиях, что можно использовать в различных системах прогнозирования развития лесных массивов. Динамическая визуализация развития дерева в данном случае важна для более полного, детального анализа хода роста дерева с учетом среды произрастания и последствий воздействия на него внешних условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Темпы роста ели [Электронный ресурс] – URL: <https://fermer.blog/bok/hvoynye-derevya/el/botanika-eli/14162-kak-rastet-el.html> – Дата доступа: 21.12.21.
2. Матюхин Д. Л. Системы элементарных монометрических побегов у хвойных / Д. Л. Матюхин // Известия ТСХА, выпуск 1, 2012.
3. Prusinkiewicz P., Lindenmayer A. The Algorithmic Beauty of Plants // P. Prusinkiewicz, A. Lindenmayer. USA: Springer-Verlad. – 1990.
4. Asset Bundle.Unity Documentation [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/AssetBundlesIntro.html> – Дата доступа: 21.12.21.

УДК 004.051

В.С. Кантарович, ассист.; Н.И. Гурин, доц., канд. физ.-мат. наук
(БГТУ, г. Минск)

ДИНАМИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДРЕВОСТОЯ В ПРОЦЕССАХ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

В работе рассматривается трёхмерная визуализация развития одновозрастного чистого древостоя сосны – одной из двух хвойных пород, наиболее распространенных в Беларуси: сосны и ели. Выделяют ряд последовательных этапов в развитии древостоя [1]:

1. Прорастание семян и развитие всходов древесных пород.
2. Индивидуальное развитие дерева в раннем возрасте.
3. Смыкание крон деревьев и образование насаждения. При благоприятных условиях смыкание крон может произойти в возрасте 5-10 лет, при неблагоприятных – затянуться до 20-25 лет.
4. Интенсивный рост деревьев в насаждении.
5. Спелость в возрасте 80-160 лет у хвойных деревьев.

6. Отмирание деревьев и исчезновение поколения деревьев.

При визуализации модели развития древостоя исходным этапом является размещение отдельных деревьев на заданной площади. В искусственных посадках размещение саженцев деревьев определяется разработанными методиками на основе принятых стандартов в лесном хозяйстве. Именно такую схему мы принимаем в нашей начальной модели визуализации развития древостоя. В дальнейшем предполагается использовать математические модели для расчета схем размещения деревьев в древостое на заданной площади для естественных древостоев заданного возраста.

На этапе смыкания крон развития древостоя резко увеличивается его влияние на окружающую среду, а сами деревья начинают влиять друг на друга. Таким образом, в насаждении появляется конкуренция между деревьями за свет, влагу и питательные вещества почвы. Конкуренция между деревьями является основной причиной отпада деревьев. Более крупные, быстро растущие деревья образуют господствующую часть полога, а более мелкие, отставшие в росте – подчинённую.

В работе производится трёхмерная визуализация модели динамики развития древостоя после проведения рубок ухода, равномерно-постепенных рубок главного пользования и рубок главного пользования в зависимости от возраста преобладающей породы на выбранном участке для вырубки. При этом после проведения каждой рубки моделируется рост и развитие деревьев в древостое в новых условиях до возраста следующей рубки. Визуализация древостоя производится для следующих этапов: индивидуальное развитие дерева после посадки в возрасте 10 лет; смыкания крон – третий этап развития в возрасте 20 лет; после постепенных рубок через каждые 20 лет до возраста проведения рубки главного пользования в возрасте 80 лет.

Разработка моделей трёхмерной визуализации деревьев в древостое на заданной площади для перечисленных выше этапов развития древостоя производится при помощи программных средств редактора трёхмерной компьютерной графики Blender.

При разработке трёхмерной модели визуализации дерева сосны необходимо обратить внимание на её отличительные признаки, такие как овальная крона, ветви не закрывают ствол и направлены вверх, длинная мягкая хвоя. Кроме того, учитывались такие характеристики как количество ветвей, высота и толщина ствола, расстояние между началом ствола и ветвями, а также основные характеристики хвои – размеры и количество. Спроектированная модель сосны на втором этапе своего развития представлена на рис. 1, возраст её 10 лет и до-

стигает она высоты 4 метра с диаметром ствола 0,2 метра. На рис. 2 изображена смоделированная сосна на четвёртом этапе своего развития после смыкания крон, возраст её 50 лет, высота 17 метров.



Рисунок 1 – Визуализация дерева сосны на втором этапе своего развития



Рисунок 2 – Визуализация дерева сосны на четвёртом этапе своего развития

Сравнение размера двух смоделированных деревьев сосны представлено на рис. 3.



Рисунок 3 – Сравнительные размеры деревьев сосны в возрасте 10 и 50 лет

На рис. 4 и рис. 5 представлена визуализация чистого древостоя сосны на площади с искусственной высадкой саженцев через соответственно 10 и 50 лет после посадки. При этом в возрасте 10 лет конкуренция между деревьями отсутствует, и они развиваются независимо и примерно одинаково, хотя в этом случае необходимо учитывать биологические особенности и различия в почвенных условиях произрастания. Во втором случае – в возрасте 50 лет, визуализация древостоя, составленного из модели развития дерева в этом возрасте, визуализированная на рис. 2, представлена как без учета биологических

особенностей, так и без учета конкуренции деревьев, и без проведения рубок ухода леса в предшествующие годы, что приводит к достаточно абстрактному и неестественному виду древостоя.



**Рисунок 4 – Визуализация
древостоя в возрасте 10 лет**



**Рисунок 5 – Визуализация
древостоя в возрасте 50 лет**

Визуализация древостоя на рис. 5 показывает, что для достижения наилучшей производительности древостоя необходимо обязательное проведение рубок ухода в предыдущие годы еще до достижения возраста древостоя 50 лет, так как иначе будет получено перегущенное насаждение, в котором качество деревьев в древостое будет не оптимальным с точки зрения его производительности.

Для моделирования пространственного размещения деревьев в древостоях используются специальные математические методы, в которых учитываются различные факторы. Деревья в древостое могут размещаться равномерно в одном произвольном направлении, могут группами от 1 до 5 деревьев на небольших площадках, могут размещаться на основе подсчёта особей на площадках, по «индексу скученности», по методу нулевых площадок. На рис. 4 и рис. 5 продемонстрирована горизонтальная структура древостоя с равномерным размещением деревьев на площади 200 м² с расстоянием между деревьями 4 метра. Для того, чтобы рассчитать количество деревьев при их равномерном распределении в искусственном насаждении на площади 1 га, можно воспользоваться формулой:

$$N = 10000/I_{cp}^2$$

где N – количество деревьев на 1 га, а I_{cp} – среднее расстояние между деревьями в метрах.

В дальнейшей работе высадка саженцев будет осуществляться в древостоях естественного происхождения и с учётом законов естественного лесовозобновления. В этом случае основная задача при визуализации размещения деревьев на заданной площади сводится к ге-

нерированию пространственного размещения точек на выбранном участке и сопоставлению им характеристик отдельных деревьев [2]. В качестве метода для пространственной генерации таких точек выбран метод на основе радиальной функции распределения $g(r)$, которая служит статистической характеристикой пространственного размещения точек и фактически является нормализованной мерой числа точек, размещённых на данной площадке, находящихся друг от друга на расстоянии r .

ЛИТЕРАТУРА

1. Лесоведение: учеб. Пособие для студентов высшего образования по специальности «Лесное хозяйство» / К.В. Лабоха. – Минск: БГТУ, 2018 – 264с.

2. Компьютерная система для имитационного моделирования роста древостоев. / Н. И. Гурин, В. П. Григорьев, В. С. Микуцкий // Леса Беларуси: сб. материалов МНТК. – Минск, 2005.

УДК 004.622

Д.В. Копыток, маг. (БГТУ, г. Минск)

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТАКСАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЗАРАЖЕНИЕ ИХ КОРНЕВОЙ ГУБКой

Пусть имеется массив данных, содержащий собранную в различных лесхозах, статистику о произрастании сосновых насаждений и их таксационных характеристиках, а также о площадях поражения, упомянутых ранее насаждений, корневой губкой.

Необходимо оценить связь таксационных характеристик, площадей и степени заражения сосновых насаждений.

В качестве инструмента для анализа массива данных было решено использовать Microsoft Analysis Services.

Microsoft SQL Server Analysis Services, SSAS – это инструмент онлайн-аналитической обработки (OLAP) и интеллектуального анализа данных в Microsoft SQL Server.

SSAS используется организациями в качестве инструмента для анализа и осмысления информации, которая может быть распределена по нескольким базам данных или в разрозненных таблицах или файлах.

OLAP (англ. online analytical processing, интерактивная аналитическая обработка) – технология обработки данных, заключающаяся в подготовке суммарной (агрегированной) информации на основе