

**УДК 631.145: 004.42**

**ПРИМЕНЕНИЕ L-СИСТЕМ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ  
ДЕЛЕНИЯ КЛЕТОК И РОСТА РАСТЕНИЙ С ЗАДАНЫМИ  
ПАРАМЕТРАМИ**

**Аникьева Эмилия Николаевна**

старший преподаватель

[korol\\_0909@mail.ru](mailto:korol_0909@mail.ru)

**Кручинин Илья Дмитриевич**

студент

[ilyacruchinin16@gmail.com](mailto:ilyacruchinin16@gmail.com)

Мичуринский государственный аграрный университет

Мичуринск, Россия

**Аннотация.** Статья посвящена способу использования L-систем для решения задач генетики с возможным предсказанием морфологических признаков растений.

**Ключевые слова:** фракталы, итерации, морфология, растения, древесные формы

Очень часто при генной модификации того или иного растения появляется вопрос - какая высота будет у этой особи, форма плодов или листьев? Ждать когда растение вырастет может занять слишком много времени и в данном случае можно использовать так называемые L-системы или системы Линдермайера. Это австрийский биолог, который смог разработать довольно простой способ для генерации деления клеток. Эта система представляет постепенное (после каждой итерации) усложнение структуры объекта.

2. Методика. Астрид Линдермайер разработал три главных правила метода итерационного деления клеток, а именно:

1. Алфавит – состоящий из некоторого набора символов (обозначаемых латинскими буквами) и имеющих одно конкретное действие. Например:

F – рисование тонкой линии длиной 5 пикселей.

[ - Поворот на 45 градусов влево.

2. Аксиома – начальное положение системы в момент начала отрисовки нужного объекта.

3. Произвольные правила замены – законы, по которым в произвольном порядке или же с нужной вероятностью, элементы итерации  $n$ , заменяются на элементы итерации  $n+1$ .

Система Линдермайера, разработанная в 1968, позволяла составлять лишь двумерные объекты, с развитием информационных технологий и вычислительных средств в настоящее время, после внесения некоторых дополнений и используя современные ЭВМ, на основе процедуры Линдермайера, можно уже создавать трёхмерные объекты. Сейчас эту технологию используют в основном для компьютерных игр, но её можно применить и на создание модели растений с заданными параметрами в лаборатории. В частности, можно создать условия скрещивания двух особей, выделяя доминантные гены (в виде числа вероятности) так, что программа с достаточно высокой точностью может предсказать, как будет выглядеть данное растение, например – размер плода, длина стебля и так далее [1-3].

### 3.Результаты.

#### Задача 1

Приступая к генерации растения, нужно выставить начальное положение, а именно точка с координатой (640;0), от неё и пойдёт начало стебля. Следующий шаг это составление алфавита, допустим (для упрощения работы ЭВМ) он будет состоят из двух символов А и В, которым присваивается значение «тонкая линия» и «широкая линия» соответственно. Далее устанавливаем аксиому, где первым элемент В [1, 4]. Следующий шаг это создание правил данной системы, а именно  $V > V[A]$  и так далее.

Генерация:

Аксиома - В

Алфавит - А В

Правила -  $V > [A]V$  (40%)

$V > VA$ (20%)

$V > AA$ (5%)

$V > [B]$ (10%)

$A > [A]$ (5%)

$A > B$ (15%)

$[A] > V$

При запуске программы может получиться такой результат:

1. В

1.1 [A] В

1.1.1 В В

1.1.1.1 [A] А

1.1.1.1.1 В [A]

1.1.1.1.1.1 [A] В В

И так далее, применяя процедуру итерации.

Если подключить графическую библиотеку, то данная система может принять приблизительно такой вид:



*Рисунок 1* – Графическое представление фрактала в виде дерева

Но в то же время при изменении параметров вероятности срабатывания того или иного правила могут использоваться такие результаты [5-9]:



*Рисунок 2* – Различные виды построения структур при изменении вероятности

## Задача 2

Так же помимо травянистых растений с помощью L-системы можно создавать и древесные формы. Например:

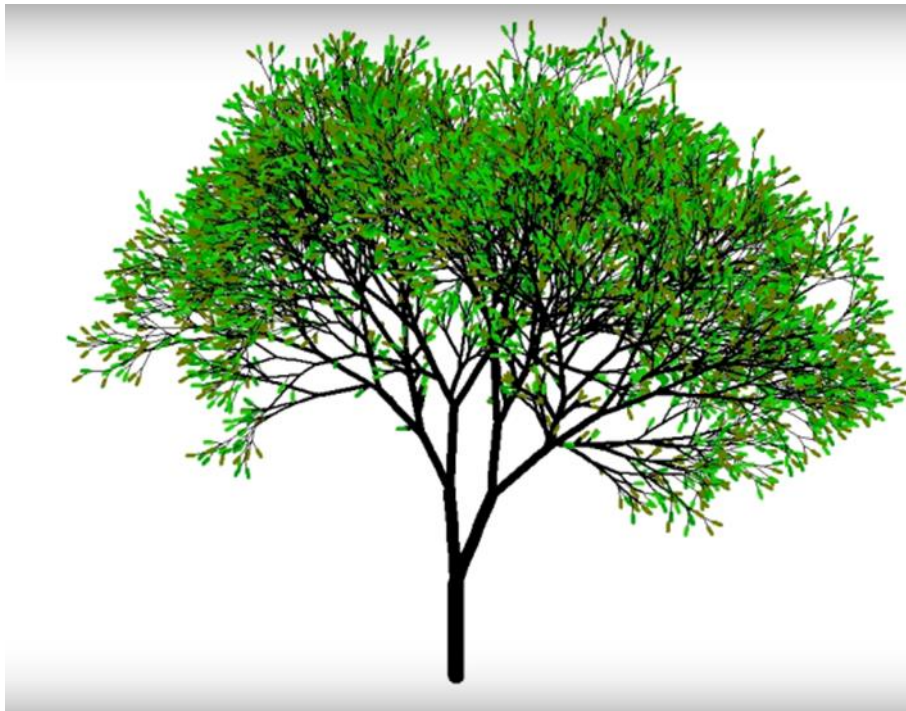


Рисунок 3 – Фрактальные древесные формы по алгоритму Линдермайера

Это дерево построено на так называемом Бинарном дереве или дереве Пифагора.

Алгоритмическая структура выглядит следующим образом:

Аксиома – 22220

Число итераций – 12

Правило – (1; 21; 0; 1)

Алфавит – 0, 1, 2;

Приложение:

Код для построения данного дерева:

```
import turtle
from random import randint
turtle.hideturtle()
turtle.tracer(0)
turtle.penup()
turtle.setposition(0,-300)
turtle.left(90)
turtle.pendown()
```

```

thick = 16
turtle.pensize(thick)
axiom = "22220"
axmTemp = ""
itr = 12
angl = 16
dl = 10
stc = []
translate={"1":"21",
           "0":"1[-20]+20"}
for k in range(itr):
    for ch in axiom:
        if ch in translate:
            axmTemp+=translate[ch]
        else:
            axmTemp+=ch
    axiom = axmTemp
    axmTemp = ""
for ch in axiom:
    if ch == "+":
        turtle.right(angl - randint(-13,13))
    elif ch == "-":
        turtle.left(angl - randint(-13,13))
    elif ch == "2":
        if randint(0,10)>4:
            turtle.forward(dl)
    elif ch == "1":
        if randint(0,10)>4:
            turtle.forward(dl)
    elif ch == "0":

```

```
stc.append(turtle.pensize())
turtle.pensize(4)
r = randint(0,10)
if r<3:
    turtle.pencolor('#009900')
elif r>6:
    turtle.pencolor('#667900')
else:
    turtle.pencolor('#20BB00')
turtle.forward(dl-2)
turtle.pensize(stc.pop())
turtle.pencolor('#000000')
elif ch == "[":
    thick = thick*0.75
    turtle.pensize(thick)
    stc.append(thick)
    stc.append(turtle.xcor())
    stc.append(turtle.ycor())
    stc.append(turtle.heading())
elif ch == "]":
    turtle.penup()
    turtle.setheading(stc.pop())
    turtle.sety(stc.pop())
    turtle.setx(stc.pop())
    thick = stc.pop()
    turtle.pensize(thick)
    turtle.pendown()
turtle.update()
turtle.mainloop()
```

### Список литературы:

1. Дмитриев В.Л., Мухаметова А.К. Популярно о фракталах: исторический экскурс // NovaInfo.Ru. 2015.
2. Дмитриев В.Л., Мухаметова А.К. Популярно о фракталах: новая дробная размерность // NovaInfo.Ru. 2015.
3. Сравнение нормального распределения и эмпирической функции распределения при статистической обработке результатов измерений / Н.В. Картечина, Л.В. Бобрович, Н.В. Пчелинцева, О.С. Картечина // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 3. – С. 20.
4. Дмитриев В.Л., Мухаметова А.К. Популярно о фракталах: многообразии фракталов и их классификация // NovaInfo.Ru. 2015.
5. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. – М.: Постмар-кет. 2000. – 352 с.
6. Proceedings of the 5th International Workshop on Functional-Structural Plant Models. Abstracts of Papers and Posters. / Przemyslaw Prusinkiewicz, Jim Hanan, and Brendan Lane. – Napier, New Zealand. 2007. – 333 p.
7. Статистическая оценка динамики роста и плодоношения яблони / Н.В. Картечина, А.И. Бутенко, Л.В. Брижанский, Н.В. Пчелинцева, Л.В. Бобрович // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2. – С. 31-36.
8. Параметры надземной части однолеток сортов яблони на слаборослых клоновых подвоях / Н.В. Андреева, Л.В. Бобрович, Н.В. Картечина, Л.И. Никонорова // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 147.
9. Practical application of variance analysis of four-factor experience data as a technology of scientific research / Kartechina, N.V., Bobrovich, L.V., Nikonorova, L.I., Pchelinceva, N.V., Abaluev, R.N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 919(5),052030 IOP Publishing, 2020, doi:10.1088/1757-899X/919/5/052030



**UDC 631.145: 004.42**

**APPLICATION OF L-SYSTEMS FOR GENERATION  
DIVISION OF CELLS AND GROWTH OF PLANTS WITH SPECIFIED  
PARAMETERS**

**Anikieva Emilia Nikolaevna**

Senior Lecturer

[korol\\_0909@mail.ru](mailto:korol_0909@mail.ru)

**Kruchinin Ilya Dmitrievich**

student

[ilyacruchinin16@gmail.com](mailto:ilyacruchinin16@gmail.com)

Michurinsky State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The article is devoted to the method of using L-systems for solving problems of genetics, with the possible prediction of morphological traits in plants.

**Key words:** fractals, iterations, morphology, plants, tree forms