Информационно-коммуникационные технологии в педагогическом образовании, 2024. № 2 (89). *infed.ru*

УДК 004.942+51-76

Е. В. Сокольская, Е. В. Калинкова, А. В. Бугаенко, О. В. Стоян

E. V. Sokolskaya, E. V. Kalinkova, A. V. Bugaenko, O. V. Stoyan

Сокольская Елена Владимировна, к. г. н., доцент, ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко», г. Тирасполь, Приднестровская Молдавская Республика.

Калинкова Елена Вячеславовна, ст. преподаватель, ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко», г. Тирасполь, Приднестровская Молдавская Республика.

Бугаенко Анна Васильевна, ст. преподаватель, ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко», г. Тирасполь, Приднестровская Молдавская Республика.

Стоян Ольга Вячеславовна, преподаватель, ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко», г. Тирасполь, Приднестровская Молдавская Республика.

Sokolkaya Elena Vladimirovna, candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, T. G. Shevchenko University, Tiraspol, Pridnestrovian Moldavian Republic.

Kalinkova Elena Viacheslavovna, Senior lecturer, T. G. Shevchenko University, Tiraspol, Pridnestrovian Moldavian Republic.

Bugaenko Anna Vasilevna, Senior lecturer, T. G. Shevchenko University, Tiraspol, Pridnestrovian Moldavian Republic.

Stoyan Olga Viacheslavovna, Lecturer, T. G. Shevchenko University, Tiraspol, Pridnestrovian Moldavian Republic.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРИМЕНЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТАХ УЧАЩИХСЯ

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE APPLICATION OF MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING IN SCHOOLCHILDREN RESEARCH PROJECTS

Аннотация. *Статья посвящена методическим подходам применения математического и компьютерного моделирования в исследовательских проектах учащихся. Приводятся основные этапы выполнения учебных исследований. Описывается роль педагога и его основные умения для обучения исследовательской деятельности. Рассмотрены два исследовательских проекта учащихся на основе метода математического и компьютерного моделирования, реализующие межпредметные связи математики, информатики, биологии и экологии.*

Annotation. *The article is devoted to methodological approaches to using mathematical and computer modeling in schoolchildren research projects. The main stages of educational research are presented. The role of the teacher and his basic skills for teaching research activities are described. Two student research projects based on the method of mathematical and computer modeling, implementing interdisciplinary connections between mathematics, computer science, biology and ecology are considered.*

Ключевые слова: *исследовательский проект, творческие навыки, математическое и компьютерное моделирование, педагог, гипотеза.*

Keywords: *research project, creative skills, mathematical and computer modeling, teacher, hypothesis.*

Учебная проектная деятельность в средней школе представляет собой совместную познавательную, творческую, исследовательскую деятельность учащихся, которая имеет общую цель, согласованные методы, направлена на достижение нужного результата. Важным условием успешной реализации проектной деятельности является планирование этапов проектирования работ и их реализации, обеспечивающих получение конечного результата. Как отмечают многие авторы в работах [2, 5, 6], проектная деятельность всегда начинается с постановки актуальной в творческом или исследовательском плане проблемы, требующей интегрированного знания и методов ее решения. Организация исследования становится важной частью учебного проекта, так как для достижения целей проекта требуется генерация новых знаний и умений.

Высокая результативность в процессе реализации учебного проекта достигается способностью сформулировать гипотезу, умением абстрагироваться и выделять наиболее существенные свойства изучаемого объекта, выполнить сравнение и анализ различных данных, стимулировать творческие навыки и креативные идеи.

Характерной чертой формирования исследовательских способностей учащихся является то, что такая деятельность может осуществляться в рамках определенного учебного предмета или внеурочных занятий. Важно отметить, что современное развитие общества ставит на повестку дня совершенствование методики формирования творческих навыков и исследовательских умений, учитывая их межпредметный характер [9].

Постоянное развитие метода моделирования приводит к появлению новых форм исследовательской деятельности. В результате совершенствования информационных технологий происходит формирование универсальных творческих умений и исследовательских навыков, связанных с возможностью выполнения научного исследования, которые не зависят от выбора изучаемого объекта. Таким образом, учащиеся приобретают универсальные исследовательские навыки в процессе обучения в средней школе. Особенно важным обстоятельством является необходимость более раннего вовлечения учащихся в научные исследования. Кроме того, в новом контексте рассматривается задача реализации межпредметных связей. В настоящее время в проектной деятельности межпредметные связи используются при решении комплексной научной проблемы, изначально не относящейся к какой-либо одной области знания и, соответственно, к конкретному учебному предмету [9].

А. В. Леонтович, проводя анализ особенностей исследовательской деятельности учащихся, подчеркивает, что целью выполнения учебного проекта является приобретение функционального исследовательского навыка как универсального способа познания действительности. При этом эффективность организации учебного исследования напрямую зависит от способов его проектирования. Учебное исследование предполагает реализацию основных этапов, характерных для проектов в научной сфере:

1) постановка проблемы и определение темы;

2) изучение теоретического материала, связанного с выбранной тематикой;

3) выдвижение гипотез;

4) выбор методик исследования и практическое овладение ими;

5) сбор собственного материала, его анализ и обобщение;

6) формулирование выводов и практических рекомендаций [2].

Все современные исследования, как в учебном процессе, так и в «большой» науке выполняются с использованием информационных технологий. Прежде всего, это относится к этапам изучения теоретического материала по заданной научной проблеме, получения, хранения и анализа собственных данных, оформления результатов исследования и практических рекомендаций. Важная роль отводится информационным технологиям в тех ситуациях, когда исследовательская деятельность основана на моделировании изучаемых предметов и явлений в компьютерной среде.

Действительно, совершенствование информационных технологий придало мощный импульс для реализации исследовательских задач с использованием моделирования, так как аналитические способы дополнились возможностями проведения компьютерных вычислений. Реализация учебного исследования начинается с определения темы исследования, его выполнение осуществляется путем применения методов математического и компьютерного моделирования, которое предполагает построение модели изучаемого объекта. На основе анализа проблемы в соответствии с описанными выше этапами проводится описание и изучение объекта исследования, формулируются цель, гипотеза и задачи [3, 7, 8].

Цель учебного исследования, проводимого учащимися с применением методов математического и компьютерного моделирования, может определяться как изучение объекта исследования в аспекте его понимания, управления или прогнозирования. Гипотеза формулируется как предположение об объекте исследования, верификация которого может осуществляться в ходе эксперимента с компьютерной моделью [3, 7].

Задачи реализации учебного проекта на основе методов математического и компьютерного моделирования обязательно будут включать в себя:

1) формирование теоретических представлений об объекте, определение существенных свойств для изучения объекта согласно целям моделирования;

2) составление списка параметров, позволяющих описать модель на языке математики (список величин, от которых зависят поведение или структура моделируемого объекта и параметры, которые необходимо получить в результате моделирования согласно поставленным целям);

3) выбор инструментального средства компьютерного моделирования (языка программирования, табличных процессоров, пакетов компьютерной математики, специальных пакетов для моделирования процессов различного типа) согласно методу решения математической модели (статистическое, численное или имитационное моделирование);

4) построение модели и проведение компьютерного эксперимента для подтверждения или опровержения гипотезы [3, 7].

В ходе выполнения компьютерного моделирования осуществляются проверка адекватности модели реальному объекту, сбор и анализ полученных данных, изучаются основные свойства объекта, находятся его оптимальные параметры, при необходимости модель уточняется и вычислительный эксперимент повторяется. По итогам проведенного компьютерного эксперимента формулируются выводы о правомерности сформулированной гипотезы, условиях и ограничениях применимости полученных результатов [3, 7].

Для того чтобы педагог мог организовать процесс обучения школьников, стимулирующий их открытия подобно процессу исследования, управлять творческим поиском учащихся, он должен иметь собственный опыт исследовательской работы. Д. Пойа в работе [4] указывает на то, что «учитель должен сам почувствовать «напряженность поиска и радость открытия», чтобы он мог вызвать их у своих учеников». Учащийся, испытавший «радость открытия», смело идет на поиск решения новых творческих задач. Важно отметить, что в этом заключается большое воспитательное и развивающее значение исследовательского метода.

Для подготовки учащихся к решению задач исследовательского характера педагог должен обладать рядом специфических умений. Основные из них те, которые присуще успешному исследователю. Кроме этого, необходимы особые педагогические способности. Наиболее важные из них [1]:

1. Уметь находить и ставить перед учащимися проектно-исследовательские задачи в понятной и доступной форме.
2. Уметь заинтересовать учащихся дидактически ценной проблемой.
3. Обладать способностями к выполнению роли наставника и партнёра в исследовательском поиске.
4. Уметь быть терпимым к недочетам и ошибкам учеников, допускаемым в процессе нахождения собственного решения. Помогать только в тех случаях, когда учащийся начинает чувствовать безнадёжность своего поиска.
5. Обеспечить проведение экспериментов и разнообразных мониторинговых исследований.
6. Организовать обмен мнений рабочих групп в ходе открытых обсуждений.
7. Уметь стимулировать предложения по улучшению работы команды и выдвижению новых оригинальных идей.
8. Внимательно следить за изменением интересов учащихся к изучаемой проблеме. Уметь завершить

выполнение исследований и организовать работу по практическому внедрению результатов.

9. Быть гибким и настойчивым для сохранения высокой мотивации учащихся.

Основным фактором развития креативности учащихся является наличие в его окружении «образца творческой деятельности». Педагог, работающий в направлении исследовательского обучения, может научить ребенка даже тому, чего не умеет сам. В условиях проектно-исследовательского обучения педагог не всегда знает ответы на все поступающие вопросы, но он обладает способностями исследовать разные проблемы, находить решения по заданной проблеме, а значит, сможет научить этому учащихся.

Одним из приоритетных направлений в системе исследовательской работы в МОУ «Бендерский теоретический лицей имени Л. С. Берга» является проектная деятельность учащихся старших классов. Учащиеся участвуют в разработке исследовательских работ, принимают участие в городских и республиканских конференциях. На основе метода математического и компьютерного моделирования учащимися старших классов были подготовлены два исследовательских проекта:

1. Моделирование живой природы на языке математических функций.
2. Моделирование фрактальной структуры деревьев для решения экологических задач.

В процессе выполнения исследовательской работы «Моделирование живой природы на языке математических функций» учащиеся познакомились с графиками математических функций в полярной системе координат: логарифмическая спираль, улитка Паскаля, розы и др. (рис. 1-6). Учащиеся выявили, что полярная система координат идеально приспособлена для отображения форм, построенных вокруг единой центральной точки, поскольку такая организация характерна для многих живых организмов. Построение графиков функций в полярной системе координат осуществлялось в компьютерной программе «3D Grapher» при различных значениях коэффициентов в математической формуле.

1. ***Логарифмическая спираль*** (рис. 1, 2)

$$r = a^{\varphi}$$

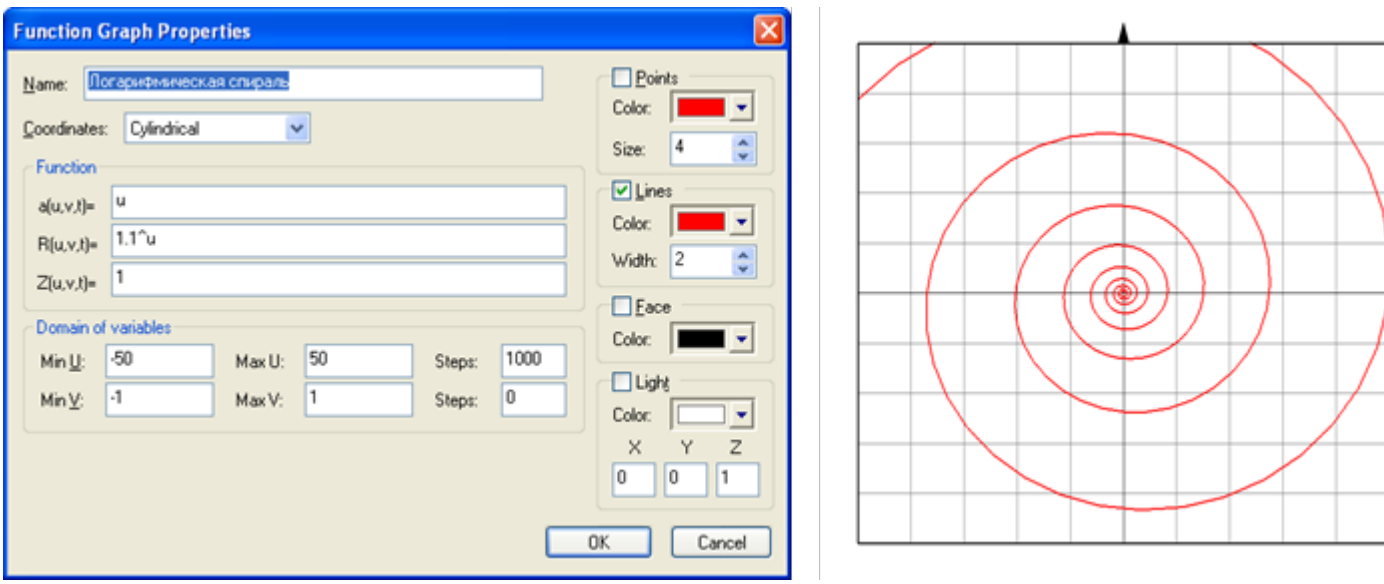

Рисунок 1. Построение логарифмической спирали при a = 1,1 в «3D Grapher»

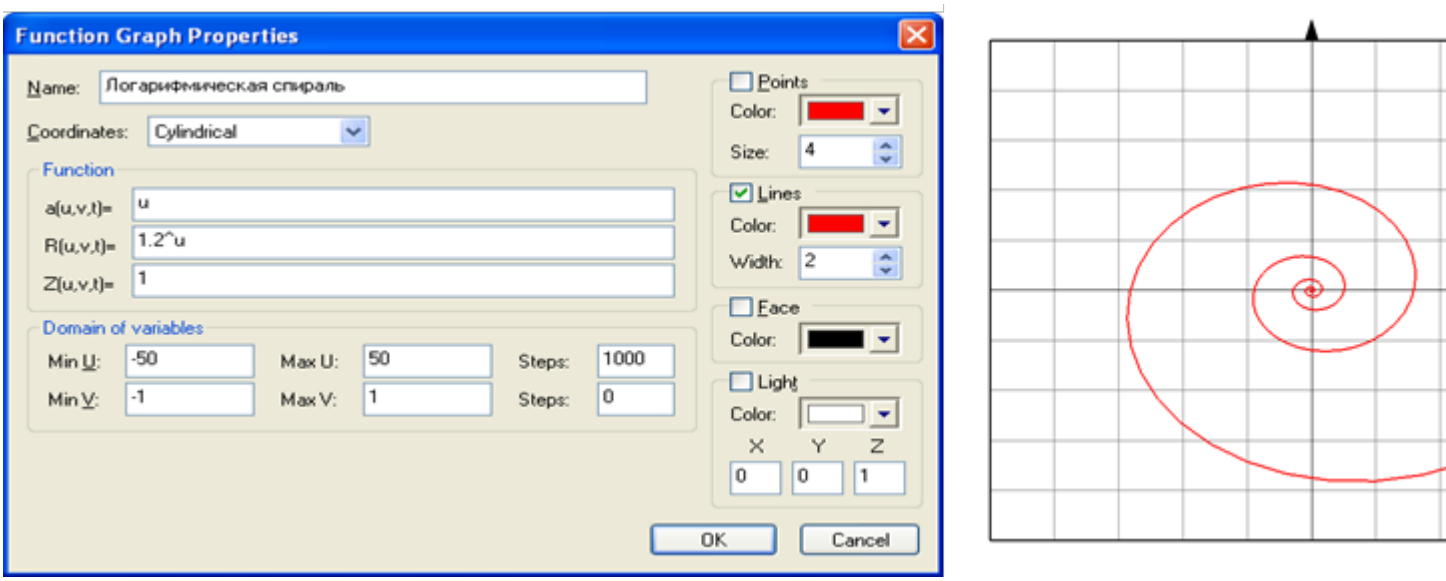

Рисунок 2. Построение логарифмической спирали при a = 1,2 в «3D Grapher»

1. ***Улитка Паскаля*** (рис. 3, 4)

$$r = 2a\cos\varphi + b$$

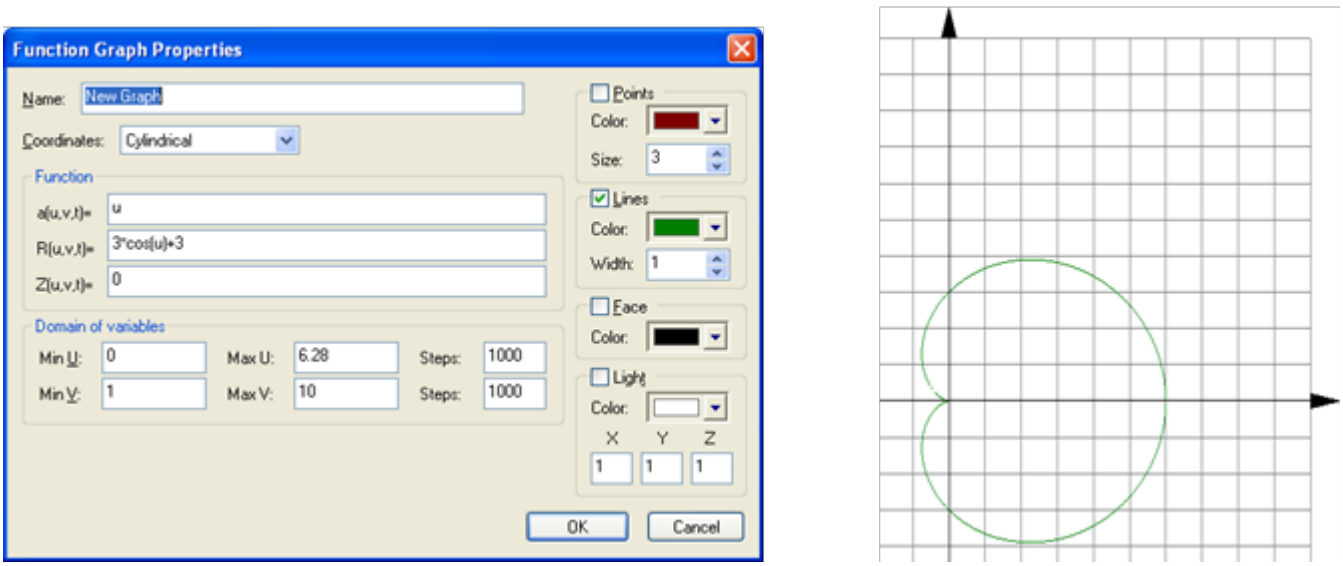

Рисунок 3. Построение улитки Паскаля при a = 3 и b = 3 в «3D Grapher»

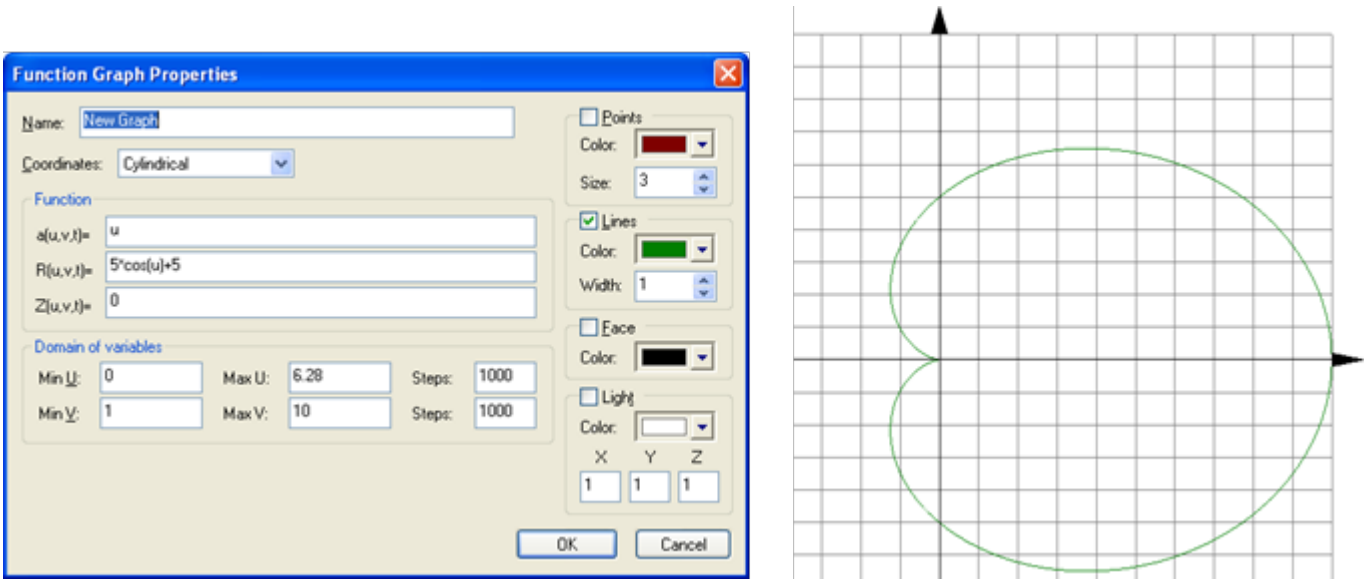

Рисунок 4. Построение улитки Паскаля при $a = 5$ и $b = 5$ в «3D Grapher»

1. ***Розы***

$$r = a\sin(b\varphi)$$

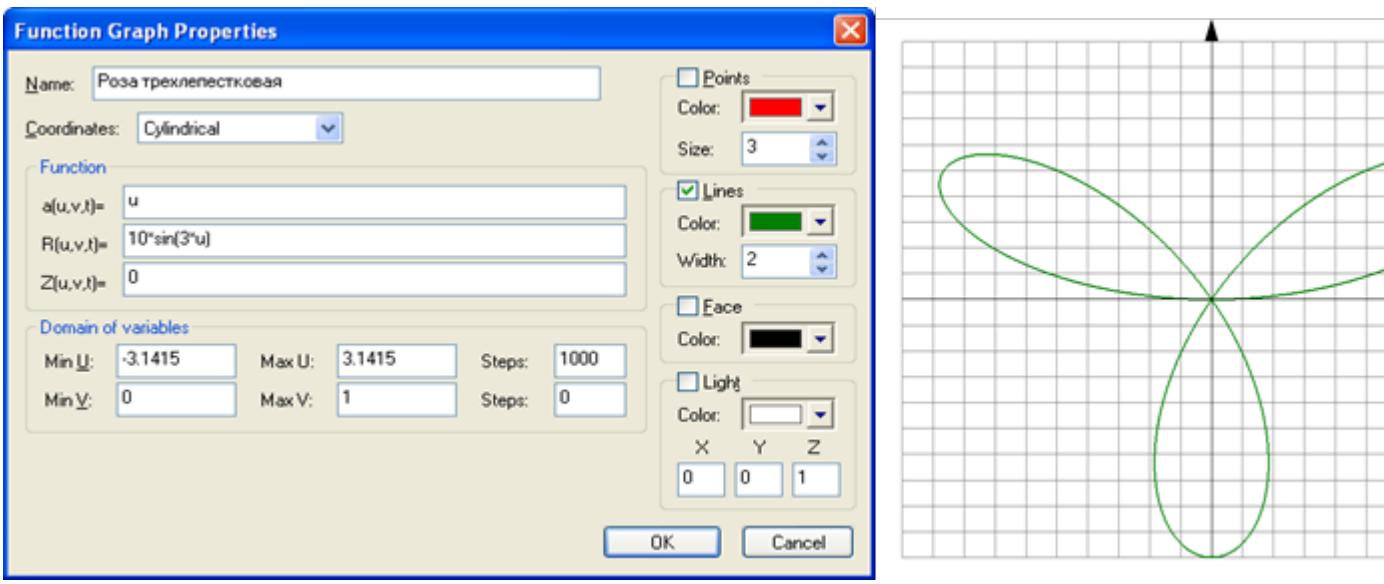

Рисунок 5. Построение розы трехлепестковой (при $b = 3$) в «3D Grapher»

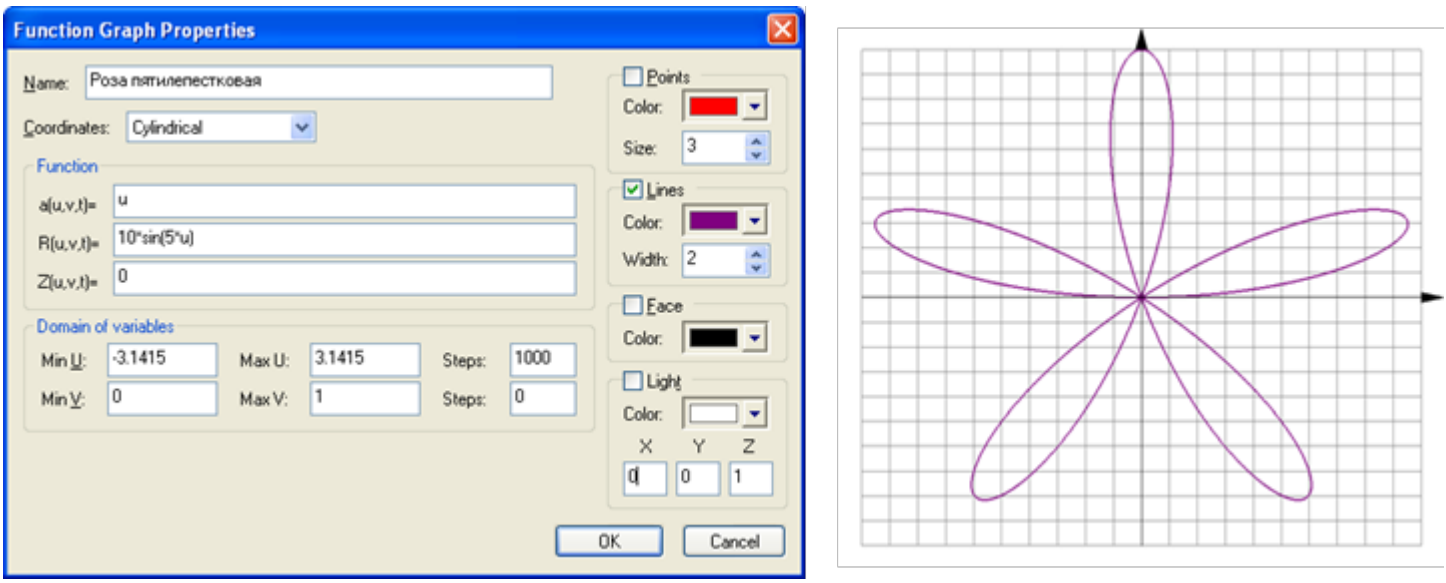

Рисунок 6. Построение розы пятилепестковой (при $b = 5$) в «3D Grapher»

Рассмотрев графические представления функций в полярной системе координат, были предложены биологические интерпретации полученных результатов (рис. 5, 6).

Интерес к удивительно красивому растению – кувшинке (рис. 7) повлек желание у учащихся построить ее математическую модель, используя компьютерные технологии. В основу модели были взяты графики в полярной системе координат, рассмотренные выше. Цветок был разделен на ярусы, причем 3 нижних яруса – октамерные лепестки и 2 верхних яруса – четырехмерные лепестки.

Рисунок 7. Распределение лепестков кувшинки по ярусам

Особенно интересным результатом проведенного исследования является математическая модель цветка кувшинки:

$$\begin{cases} F(\varphi) = 10sin(4\varphi), 0 < \varphi < 2\pi \\ F(\varphi) = 9sin\left(4\varphi + \frac{\pi}{2}\right), 0 < \varphi < 2\pi \\ F(\varphi) = 8sin\left(4\varphi + \frac{\pi}{12}\right), 0 < \varphi < 2\pi \\ F(\varphi) = 6sin\,(2\varphi), 0 < \varphi < 2\pi \\ F(\varphi) = 5sin\left(2\varphi + \frac{\pi}{2}\right), 0 < \varphi < 2\pi \\ F(\varphi) = 2, 0 < \varphi < 2\pi \end{cases}$$

Построив все графики в одной полярной системе координат, учащиеся получили графическое очертание кувшинки на плоскости (рис. 8).

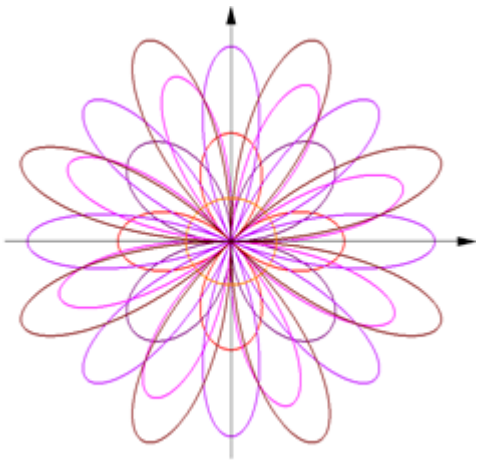

Рисунок 8. Компьютерная модель цветка кувшинки в «3D Grapher»

По итогу выполнения математического и компьютерного моделирования природных объектов в программе «3D Grapher» юные исследователи установили, что уникальные формы живых организмов находят свое отражение и в выдающихся технических достижениях. Учащиеся пришли к выводу, что полученные знания о строении живых организмов можно использовать также в архитектуре и дизайне.

Цель исследовательской работы «Моделирование фрактальной структуры деревьев для решения экологических задач» заключалась в создании компьютерных моделей деревьев (дуба, ореха и ели) (рисунок 9-11) и в применении этих моделей в экологических задачах. Для достижения поставленной цели авторы работы осуществили математическое и компьютерное моделирование различных типов ветвления деревьев. Особый интерес представляет метод, на основе которого проводилось моделирование, – фрактальная математика Мандельброта. Авторы показали важное практическое применение данной теории, разработав компьютерные программы, реализующие различные формы кроны деревьев. Для этого юные исследователи подобрали опытные образцы деревьев и подготовили наглядный материал – изображения ветвления их кроны и соответствующего ему фрактала. Далее определили модельные коэффициенты фракталов: количество регенераций, угол отклонения, степень уменьшения длины ветви между смежными точками разветвления и другие. После чего построили фрактальную модель ветвления дуба, ореха и ели на основе компьютерных технологий с использованием языка программирования C++.

Учащиеся в процессе выполнения исследовательской работы применили компьютерные модели деревьев в прикладных экологических расчетах, затем выполнили мониторинговые исследования оседания пыли вдоль автодорог и сделали интересные выводы о пылезащитных свойствах различных древесных пород в условиях городской среды.

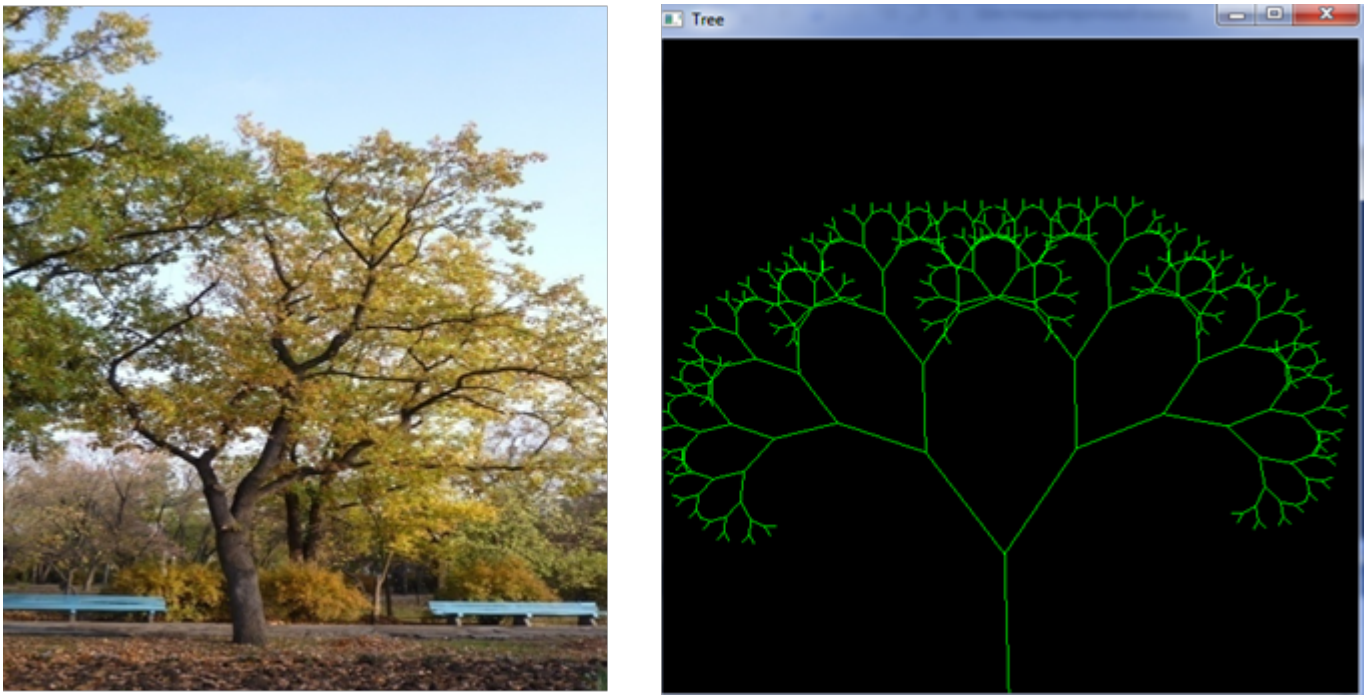

Рисунок 9. Компьютерная модель дуба в сравнении с реальным деревом

Рисунок 10. Компьютерная модель ореха в сравнении с реальным деревом

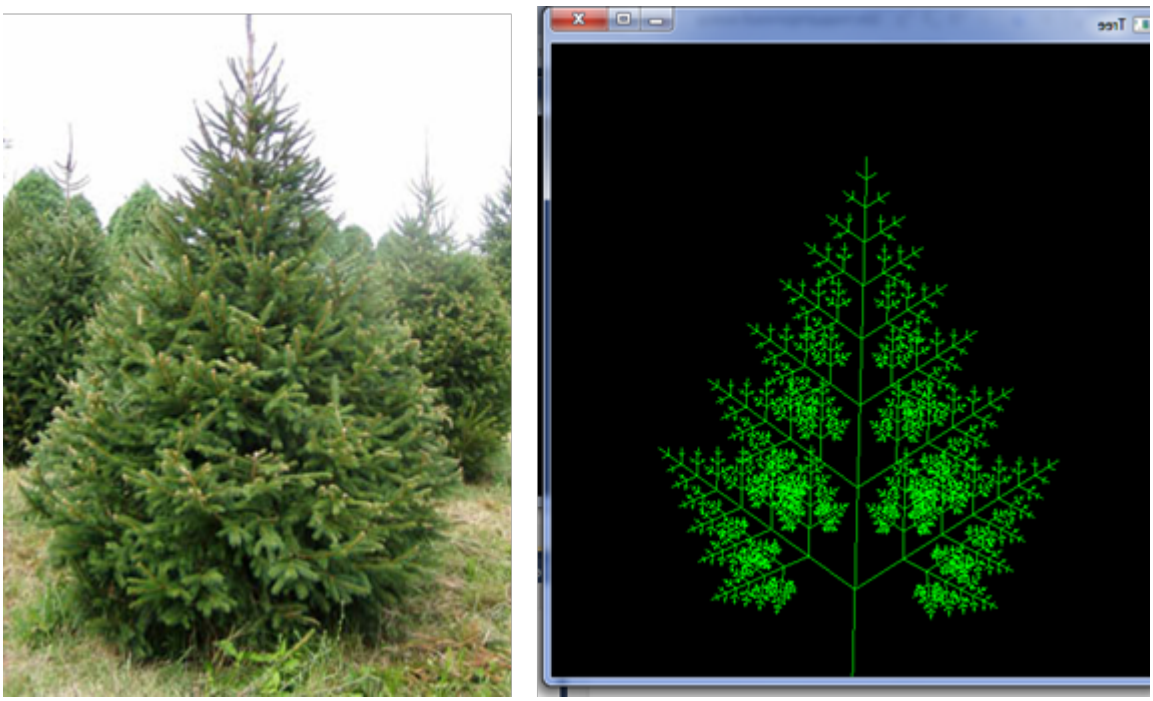

Рисунок 11. Компьютерная модель ели в сравнении с реальным деревом

В процессе выполнения учебных исследовательских проектов, учащиеся включаются в поиск новых ранее неизвестных способов мыслительной деятельности. При решении конкретной практической задачи юные исследователи самостоятельно получают новые знания, осуществляют их переработку, осмысление, всесторонний анализ и применение в новой ситуации. Таким образом, применение математического и компьютерного моделирования на уроках информатики, а также во внеурочных исследовательских занятиях дает возможность организовать индивидуальный образовательный режим, позволяет поддерживать интерес к изучаемому предмету. Для учителя использование моделирования в образовательном процессе предоставляет возможность сочетать разнообразные методы и приемы обучения, стимулируя при этом формирование творческих и исследовательских навыков учащихся.

Список литературы

1. Григорович, Л. А. Педагогическая психология / Л. А. Григорович. – М. : Гардарики, 2005. – 320 с. – Текст : непосредственный.

2. Леонтович, А. В. Об основных понятиях концепции развития исследовательской и проектной деятельности учащихся / А. В. Леонтович – Текст : непосредственный. // Исследовательская работа школьников, 2003. – № 4. – С. 18-24.
3. Маркович, О. С. Компьютерное моделирование в учебном исследовании: разработка новых методов обучения с использованием информационных технологий / О. С. Маркович. – Текст : электронный // Современные проблемы науки и образования, 2015. – № 5. – URL : https://science-education.ru/ru /article/view?id=21724 (дата обращения : 19.11.2023).
4. Метод программированного обучения в преподавании математики. – Текст : электронный. // Образовательная социальная сеть nsportal.ru. – URL : https://nsportal.ru/nachalnaya-shkola/matematika/2016/08/24/statya-na-temu-metod-programmirovannogo-obucheniya-v (дата обращения : 20.11.2023).
5. Полат, Е. С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: Учеб. пособие для студ. пед. вузов и системы повыш. квалиф. пед. кадров / Е. С. Полат, М. Ю. Бухаркина, М. В. Моисеева, А. Е. Петров – Текст : непосредственный. / Под ред. Е. С. Полат. – М. : Издательский центр «Академия», 1999. – 224 с.
6. Приказ Министерства просвещения Приднестровской Молдавской Республики об утверждении положения об исследовательском обществе учащихся. Зарегистрирован Министерством юстиции Приднестровской Молдавской Республики 4 апреля 2018. Регистрационный № 8202. – Текст : непосредственный.
7. Сергеев, А. Н. Компьютерные технологии как средство личностного развития в процессе обучения: новые возможности / А. Н. Сергеев. – Текст : электронный // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. Серия «педагогические науки»: научный журнал, 2005. – № 1 (10). – С. 80-85. – URL : https://science-education.ru/ru/article/view?id=21724 (дата обращения : 19.11.2023).

8. Советов, Б. Я. Моделирование систем : Учеб. для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2001. – 343 с. – Текст : непосредственный.
9. Ходанович, А. Математическое и компьютерное моделирование в учебных исследованиях : монография / А. Ходанович, И. Сорокина, Д. Соколов. – Издательство : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – С. 3-7. – Текст : непосредственный.

© Сокольская Е. В., Калинкова Е. В., Бугаенко А. В., Стоян О. В., 2024