

Комитет общего и профессионального образования Ленинградской области
Государственное бюджетное учреждение дополнительного
образования «Ленинградский областной центр развития творчества
одарённых детей и юношества «Интеллект»

Программа рассмотрена и принята
на Экспертном совете
ГБУ ДО Центр «Интеллект»
Протокол № 1 от 16.03.2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ГБУ ДО

Центр «Интеллект»

Д. И. Рочев

Приказ № 52/1 от 17.03.2021 г.



Дополнительная общеобразовательная программа

«Алгоритмы и структуры данных» (8-9 класс)

(техническая направленность)

Возраст обучающихся: 13-16 лет

Срок реализации: 1 календарный года
(176 аудиторных часов)

Автор программы:
Гориховский Вячеслав Игоревич

Санкт-Петербург
2021

Направление

Техническое

Название программы

«Алгоритмы и структуры данных»

176 часов

Авторы программы

Гориховский Вячеслав Игоревич,

Целевая аудитория

На обучение по образовательной программе принимаются школьники 13-16 лет, проявившие активный интерес к занятиям информатикой и программированием, продемонстрировавшие высокий результат в предварительном отборочном соревновании, или ставшие победителями или призерами олимпиад по программированию регионального или всероссийского уровня, или прошедшие обучение на образовательных программах Образовательного центра «Сириус» по информатике.

Аннотация к программе

Образовательная программа направлена на выявление, развитие, профессиональную ориентацию одаренных в техническом направлении школьников, на их углубленное обучение информатике и программированию и на подготовку к участию в олимпиадах и конкурсах по информатике и программированию. Формы работы включают элементы лекций, практикумы, семинары, олимпиады по программированию.

Цели и задачи программы

Цель программы – создание фундамента для структурно-алгоритмического развития, формирование механизмов мышления, характерных для деятельности в области информатики и программирования, математическими и алгоритмическими знаниями и умениями, необходимыми для успешного изучения предмета на углубленном уровне.

Задачи программы:

- развитие абстрактного мышления, в частности логического, алгоритмического и математического способов мышления;
- знакомство с аксиоматическим подходом к построению математических и информационных моделей;
- формирование математического и информационного языка и аппарата как одного из средств описания и исследования окружающего мира;
- формирование умения характеризовать реальные процессы с точки зрения математического и компьютерного моделирования, составления необходимых оптимальных алгоритмов с их дальнейшей программной реализацией, на основе которой возможно провести качественный анализ исследуемого динамического процесса;
- воспитание социально-личностных и общекультурных навыков, культуры мышления и общения, способности к восприятию, обобщению и анализу информации, постановке цели и выбору путей ее достижения посредством современных средств обработки информации и передачи данных.
- мотивации к самообразованию за счет активизации самостоятельной познавательной деятельности;

- формирование общих способов интеллектуальной деятельности, характерных для информатики и являющихся основой познавательной культуры, значимой для различных сфер человеческой деятельности;
- привлечение к занятиям информатикой и программированием школьников, проявляющих интерес к техническим наукам, и формирование устойчивого интереса к информатике и программированию;
- развитие коммуникативных навыков, умения работать в команде;
- развитие логического мышления, алгоритмической культуры, пространственного воображения, математического и физического мышления и интуиции;
- развитие общей культуры школьников путем знакомства с историей развития информатики, эволюцией алгоритмических идей;
- подготовка школьников к соревнованиям, олимпиадам, турнирам, конференциям на региональном, национальном и международном уровне.

Планируется, что каждый выпускник программы

- приобретет навыки решения алгоритмических задач повышенной сложности;
- приобретет умение формулировать решение задачи как в виде логически правильного и грамотного устного выступления, так и в виде корректной и эффективной программы;
- приобретет навыки командной работы над задачей;
- освоит новые разделы информатики и программирования;
- повысит свою готовность к выступлениям на различных этапах Всероссийской олимпиады школьников, в других олимпиадах.

Содержательная характеристика программы

Основное содержание программы состоит из трех элементов:

- постановка и развитие техники конструктивных рассуждений;
- обучение идеям и методам решения алгоритмических задач;
- обучение разделам информатики, типичным для олимпиад.

Образовательные технологии

№	Форма организации образовательного процесса	Соотношение численности детей и преподавателей
1	Лекции	Один преподаватель на поток
2	Тренинги решения олимпиадных задач	Малые группы по 3-5 человек. Один преподаватель на группу в 20 человек
3	Рейтинговая олимпиада	Один преподаватель на группу в 20 человек
4	Зачет	Один преподаватель на группу одной параллели и 1-2 ассистента

Задания проектного и исследовательского характера, выполняемые в рамках программы

Решение задач исследовательского характера в рамках командной олимпиады группой обучающихся и последующий доклад решений перед другими группами учащихся с взаимным оппонированием и рецензированием.

Учебно-тематический план занятий

№	Содержание	Методы	Ресурсы	Трудоемкость (кол-во часов)	Способ контроля	Оценка
I сессия (40 часов)						
1.	Начала теории сложности вычислений Асимптотическая оценка сложности алгоритма. Линейные, квадратичные, переборные алгоритмы.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	2 часа	Рейтинговая олимпиада	До 5 баллов
2.	Принципы построения алгоритмов Конструктивные, итерационные, переборные алгоритмы.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	4 часа	Рейтинговая олимпиада	До 5 баллов
3.	Алгоритмы в теории чисел Арифметика остатков. Обратный элемент по простому модулю. Проверка числа на простоту. Алгоритм Евклида.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
4.	Бинарный поиск Последовательный и бинарный поиск. Левый и правый бинарный поиск.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	8 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
5.	Линейные и алгоритмы Поиск элементов с минимальной разностью. Метод двух указателей.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
6.	Динамическое программирование Рекуррентные соотношения. Одномерная динамика: подсчет количества вариантов решения, поиск оптимального решения.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	8 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
7.	Рекурсия	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов

	Понятие рекурсии. Быстрое возведение в степень.		материалов и заданий, компьютерный класс			
II сессия (40 часов)						
1.	Алгоритмы в теории чисел Основные теоретико-числовые функции. Решето Эратосфена. Факторизация числа. Функция Эйлера. Расширенный алгоритм Евклида.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	4 часа	Рейтинговая олимпиада	До 5 баллов
2.	Рекурсия Оценка эффективности рекурсивных алгоритмов. Перевод чисел между системами счисления. Разделяй и властвуй.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	2 часа	Рейтинговая олимпиада	До 5 баллов
3.	Бинарный поиск Бинарный поиск по ответу. Вещественный бинарный поиск.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
4.	Структуры данных Массивы. Вектора. Строки. Пары.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	4 часа	Рейтинговая олимпиада	До 5 баллов
5.	Задача сортировки Квадратичные сортировки. Эффективные сортировки. Компараторы.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	4 часа	Рейтинговая олимпиада	До 5 баллов
6.	Префиксные суммы Запросы на отрезке. Отрезок массива с максимальной суммой.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
7.	Динамическое программирование Псевдодвумерное динамическое программирование.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	8 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов

	Восстановление оптимального ответа. Ленивая динамика.					
8.	Индивидуальная олимпиада		Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
III сессия (40 часов)						
1.	Структуры данных Стек, очередь, дек.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
2.	Структуры данных Множества, словари.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
3.	Алгоритмы на графах Способы представления графов. Обходы графа в глубину и в ширину. Компоненты связности.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	8 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
4.	Жадные алгоритмы Общая идея жадных алгоритмов. Непрерывная и дискретная жадность. Непрерывная задача о рюкзаке.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
5.	Двумерное динамическое программирование Дискретная задача о рюкзаке. Расстояние Левенштейна, алгоритм Вагнера-Фишера.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	8 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
6.	Командная олимпиада		Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
IV сессия (40 часов)						
1.	Динамическое программирование	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов

	Динамика по профилю.		заданий, компьютерный класс			
2.	Структуры данных Бинарная куча. Пирамидальная сортировка. Деревья поиска.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
3.	Алгоритмы на графах Задачи о кратчайших путях в графе. Алгоритмы Дейкстры, Форда-Беллмана, Флойда.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	8 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
4.	Алгоритмы на графах Минимальное остовное дерево Алгоритм Прима. Алгоритм Краскала. Система непересекающихся множеств.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
5.	Основы вычислительной геометрии Способы представления геометрических данных. Проверка геометрических свойств.	Лекция, тренинг решения задач	Распечатки методических материалов и заданий, компьютерный класс	6 часов	Рейтинговая олимпиада	До 10 баллов
6.	Зачет		Аудитория для приема зачета	8 часов		

Требования к условиям организации образовательного процесса

Ресурсы, необходимые для реализации образовательной программы:

- комплекты методических материалов, разработанные преподавателями;
- учебные и учебно-методические пособия, перечень которых приведен в списке литературы.

Потребность в аудиториях:

- 1 компьютерный класс на 20 человек.

Технические требования к оснащению учебной аудитории:

- компьютер для преподавателя с доступом в Интернет;
- компьютеры для обучающихся с доступом в Интернет;
- проектор, экран;
- меловая или маркерная доска;
- доступ к принтеру (возможно вне аудитории).

Потребность в расходных материалах (на одну учебную сессию):

- бумага – 1 пачка (500 листов).

Оценка реализации программы и образовательные результаты программы

Содержательный модуль	Оценка в баллах
I сессия	
Решение задач на практических занятиях (рейтинговая олимпиада)	0-60
II сессия	
Решение задач на практических занятиях (рейтинговая олимпиада)	0-60
Выполнение домашнего задания	0-10
Прохождение межсессионного конкурса	0-10
Прохождение онлайн-курса	0-10
Прохождение онлайн-курса	0-10
III сессия	
Решение задач на практических занятиях (рейтинговая олимпиада)	0-60
Выполнение домашнего задания	0-10
Прохождение межсессионного конкурса	0-10
Прохождение онлайн-курса	0-10
Прохождение онлайн-курса	0-10
IV сессия	
Решение задач на практических занятиях (рейтинговая олимпиада)	0-50
Выполнение домашнего задания	0-10
Прохождение межсессионного конкурса	0-10
Прохождение онлайн-курса	0-10
Прохождение онлайн-курса	0-10
Зачет	0-50
Всего за программу	0-400

По окончании программы выпускник получает

- сертификат 1 степени, если за 4 сессии набрал 321-400 баллов;
- сертификат 2 степени, если за 4 сессии набрал 241-320 баллов;
- сертификат 3 степени, если за 4 сессии набрал 161-240 баллов.

Требования к кадровому обеспечению

Каждый преподаватель должен иметь высшее образование по профилю, иметь опыт не менее 1 года проведения кружков, спецкурсов, олимпиадной подготовки школьников по программированию, желательно иметь степень кандидата или доктора физико-математических или технических наук.

Для проведения лекционных, практических занятий и олимпиад преподаватели должны обладать знаниями и иметь компетенции:

- знать теоретическую и практическую составляющие, обозначенные в разделе «Учебно-тематический план занятий»,
- знать основные методы решения олимпиадных задач,

- уметь оценивать решения олимпиадных задач, предложенные обучающимися, в частности, выделять предложенную идею, находить логические ошибки, оценивать полноту выполнения технических этапов,
- иметь опыт работы с группой обучающихся, имеющих существенно разную базовую подготовку.

Дидактические материалы к программе

В качестве дидактических материалов приведены примеры задач на тему «Динамическое программирование».

Задача 1. Числа Фибоначчи определяются следующими формулами:

$F_0=0, F_1=1, F_n=F_{n-1}+F_{n-2}$ при $n>1$. На вход программе подается целое неотрицательное число $n<45$. Выведите n -е число Фибоначчи.

Решение.

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int n;
    cin >> n;
    long long *dp = new long long [n+1];
    dp[0] = 0;
    dp[1] = 1;
    for (int i=2; i<=n; i++){
        dp[i] = dp[i-1] + dp[i-2];
    }
    cout << dp[n];
    delete[];
    return 0;
}
```

Задача 2. Руслан стоит перед лесенкой из N ступеней. На каждой из ступеней написаны произвольные целые числа. Первым шагом Руслан может перейти на первую ступень или, перепрыгнув через первую, сразу оказаться на второй. Так же он поступает и дальше, пока не достигнет N -ой ступени. Посчитаем сумму всех чисел, написанных на ступенях, через которые прошёл Руслан.

Требуется написать программу, которая определит оптимальный маршрут Руслана, при котором, шагая, он получит наибольшую сумму.

В первой строке содержится натуральное число N — количество ступеней лестницы ($2 \leq N \leq 1000$). Во второй строке через пробел заданы числа, написанные на ступенях лестницы, начиная с первой. Числа, написанные на ступенях, не превосходят по модулю 1000.

Выведите наибольшее значение суммы.

Решение.

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
```

```

{
int n;
cin >> n;
int *a = new int [n];
for (int i=0; i<n; ++i)
    cin >> a[i];
int *dp = new int [n+1];
dp[0] = 0;
dp[1] = a[0];
for (int i=2; i <= n; ++i)
    dp[i] = a[i-1] + max(dp[i-1], dp[i-2]);
cout << dp[n];
delete[] dp;
return 0;
}

```

Задача 3. *Имеется калькулятор, который выполняет три операции:*

- *прибавить к числу X единицу;*
- *умножить число X на 2;*
- *умножить число X на 3.*

Определите, какое наименьшее число операций необходимо для того, чтобы получить из числа 1 заданное число N .

Программа получает на вход одно число, не превосходящее 10^6 .

Требуется вывести одно число: наименьшее количество искоемых операций.

Решение.

```

#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
int n;
cin >> n;
int *dp = new int [n+1];
dp[1] = 0;
for (int i=2; i <= n; ++i){
    dp[i] = dp[i-1] + 1;
    if ((i % 2 == 0) && (dp[i / 2] + 1 < dp[i]))
        dp[i] = dp[i / 2] + 1;
    if ((i % 3 == 0) && (dp[i / 3] + 1 < dp[i]))
        dp[i] = dp[i / 3] + 1;
}
cout << dp[n];
delete[] dp;
return 0;
}

```

Задача 4. *Требуется посчитать количество последовательностей длины n , состоящих из цифр от 0 до $k-1$ таких, что никакие два соседних элемента последовательности не равны нулю одновременно.*

Заданы два натуральных числа N и K ($2 \leq K \leq 10$; $2 \leq N$; $4 \leq N+K \leq 18$).

Необходимо вывести целое число — ответ на задачу.

Решение.

```
#include <iostream>
#include <math.h>
using namespace std;
int main()
{
    int n, k;
    cin >> n >> k;
    long long *dp = new long long [n+1];
    dp[1] = k;
    dp[2] = k*k - 1;
    for (int i=3; i<=n; i++){
        dp[i] = (k-1) * (dp[i-1] + dp[i-2]);
    }
    cout << dp[n];
    delete[] dp;
    return 0;
}
```

Задача 5. Во многих старых играх с двумерной графикой можно столкнуться с подобной ситуацией. Какой-нибудь герой прыгает по платформам (или островкам), которые висят в воздухе. Он должен перебраться от одного края экрана до другого. При этом при прыжке с одной платформы на соседнюю у героя уходит $|y_2 - y_1|$ единиц энергии, где y_1 и y_2 — высоты, на которых расположены эти платформы. Кроме того, у героя есть суперприём, который позволяет перескочить через платформу, но на это затрачивается $3 \cdot |y_3 - y_1|$ единиц энергии. Конечно же, энергию следует расходовать максимально экономно.

Предположим, что вам известны координаты всех платформ в порядке от левого края до правого. Сможете ли вы найти, какое минимальное количество энергии потребуется герою, чтобы добраться с первой платформы до последней.

В первой строке записано количество платформ n ($1 \leq n \leq 30000$). Вторая строка содержит n натуральных чисел, не превосходящих 30000, — высоты, на которых располагаются платформы.

Выведите единственное число — минимальное количество энергии, которую должен потратить игрок на преодоление платформ (конечно же, в предположении, что cheat-коды использовать нельзя).

Решение.

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int n;
    cin >> n;
    int *a = new int [n+1];
    for (int i=1; i<=n; ++i)
        cin >> a[i];
    int *dp = new int [n+1];
    dp[1] = 0;
    dp[2] = abs(a[2] - a[1]);
```

```

for (int i=3; i <= n; ++i)
    dp[i] = min(dp[i-1] + abs(a[i] - a[i-1]), dp[i-2] + abs(3 * abs(a[i] - a[i-2])));
cout << dp[n];
delete[] a;
delete[] dp;
return 0;
}

```

Электронные ресурсы программы

Планируется использование среды дистанционного образования, позволяющей

- размещать методические материалы и организовывать материалы в единую структуру,
- размещать задания с автоматической проверкой решения,
- размещать задания в виде письменных заданий, требующих в качестве ответа загружать файлы с текстом и рисунки,
- организовывать форумы или обсуждение, доступное всем участникам учебной группы,
- контролировать выполнение заданий обучающимися.

Описание системы взаимодействия с партнерами

Партнерами программы являются

- общеобразовательные организации Ленинградской области,
- муниципальные центры дополнительного образования,
- вузы Санкт-Петербурга и Ленинградской области,
- информационно-технологические компании.

Взаимодействие с общеобразовательными организациями Ленинградской области:

- информирование учащихся о наборе на программу и рекомендация наиболее подготовленным учащимся принять участие в конкурсном отборе;
- обсуждение тем работы семинаров, элективных курсов, кружков внеурочной деятельности с учителями математики и, при необходимости, планирование и методическое руководство;
- олимпиадная подготовка обучающихся;
- методическая поддержка учителей.

Взаимодействие с муниципальными центрами дополнительного образования:

- проведение муниципальных олимпиад;
- обсуждение тем работы курсов, при необходимости, планирование и методическое руководство;
- олимпиадная подготовка обучающихся;
- методическая поддержка преподавателей.

Взаимодействие с вузами Санкт-Петербурга и Ленинградской области

- привлечение преподавателей вузов к работе по программе;
- привлечение обучающихся вузов к проведению занятий в рамках реализации программы;
- проведение олимпиад РСОШ.

Взаимодействие с информационно-технологическими компаниями:

- привлечение сотрудников к работе по программе.

Описание моделей постпрограммного сопровождения

- Информационная и профориентационная поддержка обучающихся через социальную сеть ВКонтакте.
- Обучающиеся, успешно освоившие программу, имеют преимущества в подготовке, что должно способствовать более успешному участию в конкурсных испытаниях и олимпиадах.
- Обучающиеся, показавшие выдающиеся результаты, могут впоследствии привлекаться к проведению занятий как в рамках реализации программы, так и другими организациями-партнерами.

Список литературы для обучающихся

1. Окулов С. Программирование в алгоритмах – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2017. – 384 с. Или другое издание этой книги (книга имеет 4 переиздания начиная с 2006 года).
2. Беляев С.Н., Лалетин Н.В. Региональные олимпиады по информатике – 2008/2009 : учебно-методическое пособие; Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2009. – 192 с.
3. Шилдт Г. Теория и практика С++: пер. с англ. – СПб.: ВHV – Санкт-Петербург, 1996.
4. Страуструп Б. Введение в Си++. Электронный вариант книги разработчика Си++ <http://www.citforum.ru/>
5. Федор Меньшиков. Олимпиадные задачи по программированию + CD – СПб.: Питер, 2007 – 315 с.
6. Скиена С.С., Ревилла М.А. Олимпиадные задачи по программированию. Руководство по подготовке к соревнованиям – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2005. – 416 с.
7. Андреева Е., Гуровиц В., Матюхин В. Московские олимпиады по информатике 2002-2009 – М.: МЦНМО, 2009. – 416 с.
8. Романовский И.В. Дискретный анализ. – СПб.: Невский диалект, 2016. – 352 с.
9. Шень А. Программирование: теоремы и задачи (7-е, дополненное) – М.: МЦНМО, 2021. 320 стр. 978-5-4439-1560-9

Перечень иных информационных источников

1. <http://ideone.com> - онлайн-компилятор, поддерживающий более 40 языков программирования.
2. <http://codeforces.com> Проект, объединяющий людей, которые интересуются и участвуют в соревнованиях по программированию.
3. <http://informatics.mccme.ru> Дистанционная подготовка по информатике
4. <http://neerc.ifmo.ru/school/io> Олимпиады по информатике. Санкт-Петербург. Возможность онлайн-участия в командных чемпионатах по правилам ACM
5. <http://www.olympiads.ru> Олимпиадная информатика. События, задачи, тесты, решения, комментарии
6. <http://algotlist.manual.ru> Сборник алгоритмов, в том числе и алгоритмов решения олимпиадных задач
7. <http://acmp.ru/> проект "Школа программиста" в Красноярском крае.