

DOI: 10.32517/2221-1993-2024-23-2-81-86

Т. И. Кочергина

Гимназия № 26, г. Омск, Россия

МНОГОПОТОЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ: РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ*

Аннотация

В статье рассмотрены задания раздела «Моделирование» курса информатики среднего общего образования. Предложенные задания иллюстрируют основные понятия и идеи многопоточных процессов.

Первое задание представлено в виде кейса. Работая над заданием, обучающимся необходимо продумать план действий для решения поставленной задачи, представить план в виде таблицы и диаграммы. В результате работы необходимо подвести обучающихся к выводу о необходимости разделения всего процесса на части и о параллельном выполнении каждой части с целью эффективного распределения времени.

Второе задание предназначено для подготовки обучающихся к единому государственному экзамену по информатике 2024 года (задание 22 «Построение математических моделей для решения практических задач. Архитектура современных компьютеров. Многопроцессорные системы»).

При разработке и построении вычислительной компьютерной модели, последующей визуализации числовых данных, проведении компьютерного эксперимента с целью анализа данных продолжается процесс формирования функциональной грамотности обучающихся.

Ключевые слова: информатика, зависимые процессы, параллельные процессы, многопоточные процессы, анализ данных, моделирование в электронных таблицах.

1. Введение

В начале 60-х годов XX века были сделаны первые шаги в направлении параллельного программирования и многопроцессорных вычислений. Но массово многопоточные процессы рассматривались достаточно поверхностно, как правило, теоретически в контексте понятия суперкомпьютера. Академик РАН Валентин Васильевич Воеводин в своей книге [2] говорил о том, что специалистов в области вычислительной математики недостаточно учить, как решать задачи математически правильно, необходимо учить, как решать задачи эффективно на современной вычислительной

технике. Эффективность решения напрямую связана с параллельным распределением частей решения задачи. Основные понятия параллельного программирования должны закладываться в школе. Но долгие годы эта тема затрагивалась в школьном курсе поверхностно, обычно в разделе «Моделирование» контекстно при описании сетевых моделей и построении сетевого графика.

Авторы учебников предлагают различные методы введения темы в школьный курс. Л. Л. Босова предложила интересные задачи для пропедевтики темы в начальной и основной школе [1]. Е. А. Еремин опубликовал ряд задач, которые наглядно демонстрируют эффективность многопоточного решения [3–6].

* Материалы к статье можно скачать на сайте ИНФО: http://infojournal.ru/journals/school/school_02-2024/

Контактная информация

Кочергина Татьяна Ивановна, учитель информатики, гимназия № 26, г. Омск, Россия; *адрес:* 644106, Россия, г. Омск, Лесной пр-д, д. 5; *e-mail:* rok51@ya.ru

T. I. Kochergina

Gymnasium 26, Omsk, Russia

MULTITHREADED PROCESSES: SOLVING PROBLEMS BY MODELING

Abstract

The article discusses the tasks of the "Modeling" section of the informatics course of secondary general education. The proposed tasks illustrate the basic concepts and ideas of multithreaded processes.

The first task is presented in the form of a case. When working on a task, students need to develop an action plan to solve the task, present the plan in the form of a table and diagram. As a result of the work, it is necessary to bring students to the conclusion about the need to divide the entire process into parts and to carry out each part in parallel in order to effectively allocate time.

The second task is intended to prepare students for the Unified State Exam in informatics in 2024 (task 22 "Construction of mathematical models for solving practical problems. Architecture of modern computers. Multiprocessor systems").

When developing and constructing a computational computer model, subsequent visualization of numerical data, and conducting a computer experiment for the purpose of data analysis, the process of developing students' functional literacy continues.

Keywords: informatics, dependent processes, parallel processes, multithreaded processes, data analysis, spreadsheet modeling.

В нашей практике мы активно используем игры М. А. Плаксина [7] на занятиях внеурочной деятельности, а также его полезные идеи введения темы в школьный курс информатики [8–10].

В 2022/2023 учебном году в ЕГЭ по информатике появилось новое задание, которое показывает некоторые идеи параллельного программирования, — «Построение математических моделей для решения практических задач. Архитектура современных компьютеров. Многопроцессорные системы» (задание 22). Следовательно, учитель информатики обязан не просто знакомить обучающихся с принципами параллельного программирования, но и научить решать задачи, связанные с анализом многопоточных процессов.

2. Задания, иллюстрирующие базовые понятия темы «Многопоточные процессы»

Мы рассматриваем тему «Моделирование многопоточных процессов» в курсе информатики XI класса в разделе «Моделирование». Для введения базовых понятий взята очень простая задача, чтобы проиллюстрировать идею, не отвлекаясь на содержательную часть. В качестве иллюстрации использованы табличная модель и диаграмма Ганта. На *базовом* уровне используется только задание «Школьный музей» с целью иллюстрации основных принципов, так как выделить более одного часа на рассмотрение темы не представляется возможным. На *углубленном* уровне тема «Многопоточные процессы» занимает 4 часа, поэтому есть возможность рассмотреть варианты задания 22 на уроках. Необходимо отметить, что данное задание направлено не только и не столько на достижение предметных результатов, сколько на достижение метапредметных (самостоятельно задавать параметры и критерии, выбирать путь достижения цели, сопоставлять результат с целью) и личностных (готовность к сотрудничеству, к конструктивному участию в принятии решений) результатов. Также оно вносит существенный вклад в процесс формирования функциональной грамотности обучающихся.

Для выполнения заданий необходимо уметь выполнять анализ данных в электронных таблицах, представлять полученные результаты с помощью диаграмм.

Задание 1. Сайт «Школьный музей»: анализ и планирование.

Инициативная группа старшеклассников решила создать сайт для школьного музея. Ребята провели предварительный мониторинг и решили, что для создания сайта требуется разработать его структуру. Для этого необходимо продумать, какую именно информацию необходимо размещать на сайте, как ее структурировать, и подготовить базовый контент: текст, фотографии, видео, аудио. А также выбрать инструмент для создания сайта. Для этого необходимо изучить возможности и особенности различных конструкторов сайтов и варианты хостинга.

Помогите ребятам спланировать работу над проектом: разделите работу над проектом на несколько подзадач, определите исполнителей на каждую подзадачу, определите срок на каждую подзадачу, определите по-

рядок выполнения каждой подзадачи. Подумайте, каким образом можно сократить сроки выполнения задачи. Представьте план в виде таблицы (табл. 1).

Таблица 1

План работы над сайтом

№ подзадачи	Краткое описание подзадачи	Срок (дней)	№ подзадач, которые должны быть предварительно выполнены

Пояснение для учителя. Цель данного задания — организовать учебную ситуацию, в ходе которой обучающиеся приходят к выводу, что после совместного обсуждения структуры сайта ребятам лучше разделиться и параллельно работать над разными задачами. В процессе работы групп учитель консультирует ребят и направляет, помогает заполнить таблицу нужным образом.

В результате планирования мы выходим на понятия: параллельные процессы, последовательные процессы, зависимые процессы, независимые процессы.

Пример выполнения задания одной из групп представлен в таблице 2, подзадачи и сроки обучающиеся определяют самостоятельно.

Таблица 2

План работы над сайтом — пример выполнения задания

№ подзадачи	Краткое описание подзадачи	Срок (дней)	№ подзадач, которые должны быть предварительно выполнены
1	Разработка структуры сайта	2	0
2	Изучение онлайн-возможностей	1	0
3	Сравнение и выбор	1	2
4	Изучение выбранного конструктора	3	3
5	Создание сайта	2	1, 2, 3, 4
6	Подготовка текстового контента	5	0
7	Подготовка медиаконтента	8	0
8	Наполнение сайта	3	5, 6, 7
9	Тестирование и правка	2	8

Задание 2. Сайт «Школьный музей»: визуализация плана.

Построить диаграмму Ганта на основании созданного вами плана в задании 1 и ответить на вопросы.

Пояснение для учителя. Целью данного этапа является построение диаграммы Ганта — это линейчатая диаграмма с временной шкалой, которая позволяет наглядно представить все этапы проекта, в нашем случае параллельных процессов с условием минимального времени, затраченного на весь процесс, и провести анализ полученных данных.

Рекомендации.

1. Подготовить исходные данные. Шаблон для представления результата показан в таблице (табл. 3).

Таблица 3

Данные для построения диаграммы

Название процесса	Время ожидания (дней)	Время выполнения (дней)

2. Построить линейчатую (ленточную) диаграмму на основе полученной выше таблицы. Настройки: данные по вертикальной оси расположить в обратном порядке, ряд «Время ожидания» сделать прозрачным 100 %, легенду удалить.

Вопросы для анализа данных.

1. Сколько процессов необходимо выполнить для выполнения всего проекта?
2. Сколько независимых и сколько зависимых процессов?
3. Каково минимальное время на выполнение всего проекта полностью?
4. На какие процессы можно увеличить время без увеличения времени выполнения всего проекта?

Данные для построения диаграммы — пример выполнения задания

Название процесса	Время ожидания (дней)	Время выполнения (дней)
Разработка структуры сайта	0	2
Изучение онлайн-возможностей	0	1
Сравнение и выбор	1	1
Изучение выбранного конструктора	2	3
Создание сайта	5	2
Подготовка текстового контента	0	5
Подготовка медиаконтента	0	8
Наполнение сайта	8	3
Тестирование и правка	11	2

5. Сколько процессов могут быть полностью выполнены за 50 % от общего времени, отведенного на проект?
6. Какое максимальное количество процессов могут выполняться параллельно?
7. Как можно сократить время выполнения проекта без потери качества? Обоснуйте свой ответ.

Пример выполнения задания представлен в таблице 4 и на рисунке 1 (возможны другие варианты результата).

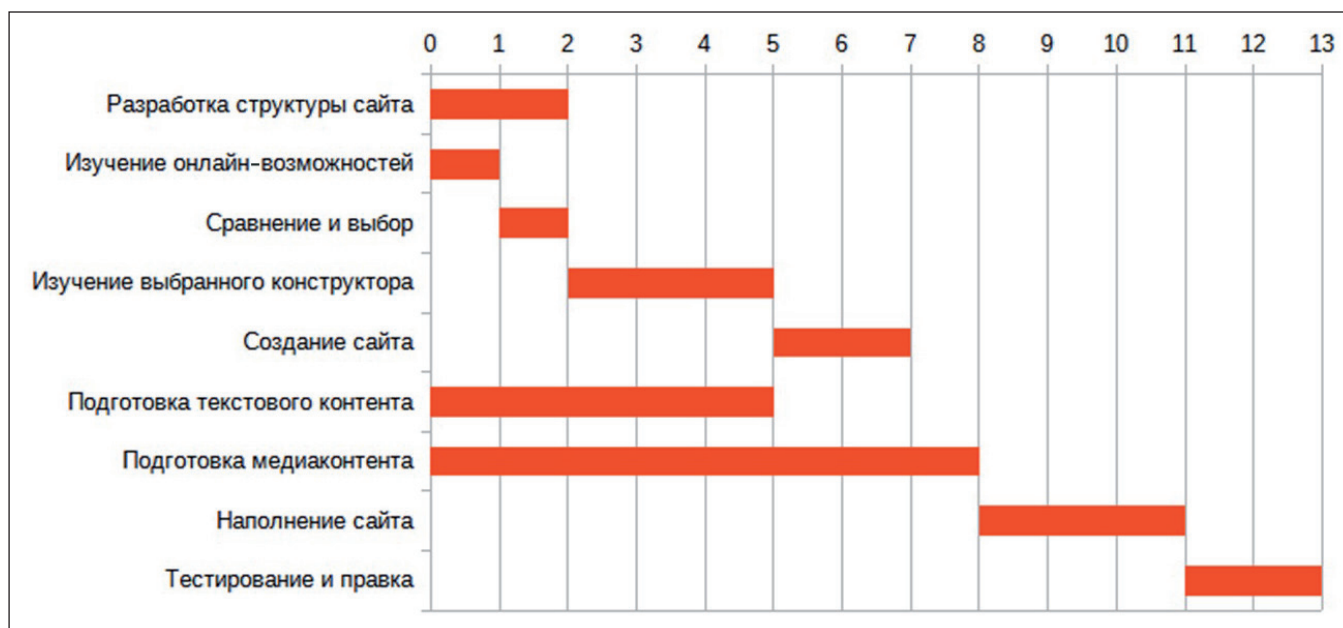


Рис. 1. Диаграмма Ганта

При выполнении предыдущего задания возникает проблема при ответе на вопрос 6: «Какое максимальное количество процессов могут выполняться параллельно?», так как данная модель не очень удобна для подсчета количества процессов, выполняемых одновременно, и для изменения времени начала процесса. Вывод: необходима другая модель.

3. Решение задач по типу задания 22 ЕГЭ

Переходим к заданию, аналогичному заданию 22 единого государственного экзамена по информатике:

- Уровень сложности: повышенный.
- Использование специализированного программного обеспечения: да.
- Время выполнения задания: 7 минут.
- Максимальный балл за выполнение задания: 1.
- Средний процент выполнения: 51,9 %.
- Ответом к заданию 22 по информатике может быть цифра (число) или слово.

Замечание. Задание достаточно просто решается средствами языка программирования, но во избежание формального решения, а также с учетом достаточно большого количества вариантов вопросов рекомендуем использовать табличную модель, которая благодаря наглядности способствует глубокому пониманию темы.

Задание 3. Моделирование многопоточных процессов.

В таблице (табл. 5) дана информация о совокупности N вычислительных процессов, которые могут выполняться параллельно или последовательно. Все независимые друг от друга процессы могут выполняться параллельно. Время указано в миллисекундах.

Определите максимальную продолжительность отрезка времени, в течение которого возможно одновременное выполнение четырех процессов.

Идея решения. При построении табличной модели после времени выполнения процесса необходимо добавить столбец времени выполнения процесса с ожида-

Таблица 5

Данные о процессах

ID процесса	Время выполнения процесса	ID процессов, от которых зависит текущий процесс
1	4	3; 4; 5
2	3	3; 4; 5
3	3	7; 8
4	3	7; 8
5	5	7; 8
6	6	0
7	5	10; 11; 12
8	4	10; 11; 12
9	6	0
10	4	0
11	5	0
12	2	0

нием. Для этого надо ввести номера, от которых зависит процесс, в отдельные ячейки, а затем с помощью функции ВПР (или ИНДЕКС и ПОИСКПОЗ) рассчитать общее время каждого такого процесса, на основе полученных данных вычислить время ожидания и общее время с учетом ожидания для каждого процесса.

Пояснение для учителя. При хорошем уровне владения учащимися возможностями электронных таблиц достаточно обсудить структуру таблицы и формулы, которые могут быть использованы для построения табличной модели, порядок выполнения как алгоритм необходимо выдавать только для обучающихся слабого уровня подготовки. Для самоконтроля можно использовать рисунки 2–4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ID процесса	Время выполнения процесса	Время процесса с ожиданием	ID процессов от которых зависит текущий процесс			Время выполнения процессов от которых зависит текущий процесс			Время ожидания
2	1	4	4	3	4	5				0
3	2	3	3	3	4	5				0
4	3	3	3	7	8					0
5	4	3	3	7	8					0
6	5	5	5	7	8					0
7	6	6	6	0						0
8	7	5	5	10	11	12				0
9	8	4	4	10	11	12				0
10	9	6	6	0						0
11	10	4	4	0						0
12	11	5	5	0						0
13	12	2	2	0						0
14	0		0							

Рис. 2. Структура табличной модели

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ID процесса	Время выполнения процесса	Время процесса с ожиданием	ID процессов от которых зависит текущий процесс			Время выполнения процессов от которых зависит текущий процесс			Время ожидания	Время начала процесса
2	1	4	19	3	4	5	13	13	15	15	16
3	2	3	18	3	4	5	13	13	15	15	16
4	3	3	13	7	8		10	9		10	11
5	4	3	13	7	8		10	9		10	11
6	5	5	15	7	8		10			10	11
7	6	6	6	0			0			0	1
8	7	5	10	10	11	12	4	5	2	5	6
9	8	4	9	10	11	12	4	5	2	5	6
10	9	6	6	0			0			0	1
11	10	4	4	0			0			0	1
12	11	5	5	0			0			0	1
13	12	2	2	0			0			0	1
14	0		0								

Рис. 3. Результат вычислений

Порядок выполнения задания.

1. **Подготовка исходных данных:** необходимо рассчитать время ожидания и итоговое время каждого процесса с учетом ожидания. Пример структуры модели показан на рисунке 2.

- Добавить столбцы по образцу, добавить нулевой процесс (в строке 14).
- Время ожидания: =МАКС(G2:I2) — построить на пустых ячейках.
- Время на процесс с ожиданием: =B2+J2 — изначально равно времени выполнения процесса.
- Время начала процесса: =J2+1 — следующая миллисекунда после завершения самого длительного процесса, от которого зависит текущий процесс.
- Время ожидания каждого процесса, от которого зависит текущий процесс: G2 =ВПР(D2;\$A\$1:\$D\$14;3;0) — необходимо для автоматизации вычислений.

Результат вычислений показан на рисунке 3.

2. Построение модели.

- В первой строке записать шкалу времени от 1 до максимального времени выполнения процесса, в примере — до 19.
- L1: =ЕСЛИ(И(L\$1>=\$K2;L\$1<=\$C2);\$A2;" ")
- Добавить условное форматирование для ячеек, значения которых больше нуля.
- Подсчитать количество процессов, выполняемых в каждый период времени, — L14: =СЧЁТ(L2:L13)

Полученная модель показана на рисунке 4.

3. Компьютерный эксперимент.

Для работы с моделью можно изменять время начала процесса или преобразовать диапазон L2:AD13 в числа и перемещать процесс по строке мышкой. Рекомендуется раскрасить одним цветом процессы одного уровня зависимости.

На рисунке 5 показан ответ на вопрос задания, полученный в результате компьютерного эксперимента: 4 процесса одновременно могут продолжаться максимум 5 мс без перерыва.

Вопрос из демоверсии экзамена не является единственно возможным, поэтому работу с моделью необходимо продолжить. Ниже приведены примеры различных вопросов, ответы на которые можно получить на основе полученной модели. Кроме того, рекомендуется дать задание обучающимся придумать собственный вопрос на основе исходных данных.

Дополнительные вопросы.

1. Найдите количество процессов, которые могли выполняться одновременно с процессом номер 10 (не обязательно все одновременно). (*Ответ: 4.*)
2. Определите максимальную продолжительность отрезка времени, в течение которого возможно выполнение хотя бы одного процесса. (*Ответ: 50.*)
3. Определите максимальную продолжительность отрезка времени, в течение которого возможно

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1	ID процесса	Время выполнения процесса	Время процесса с ожиданием	ID процессов от которых зависит текущий процесс			Время выполнения процессов от которых зависит текущий процесс			Время ожидания	Время начала процесса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	1	4	19	3	4	5	13	13	15	15	16																			
3	2	3	18	3	4	5	13	13	15	15	16																1	1	1	1
4	3	3	13	7	8		10	9		10	11											3	3	3			2	2	2	
5	4	3	13	7	8		10	9		10	11											4	4	4						
6	5	5	15	7	8		10			10	11											5	5	5	5	5				
7	6	6	6	0			0			1		6	6	6	6	6	6													
8	7	5	10	10	11	12	4	5	2	5	6						7	7	7	7	7									
9	8	4	9	10	11	12	4	5	2	5	6						8	8	8	8										
10	9	6	6	0			0			1		9	9	9	9	9	9													
11	10	4	4	0			0			1		10	10	10	10															
12	11	5	5	0			0			1		11	11	11	11	11														
13	12	2	2	0			0			1		12	12																	
14	0		0									5	5	4	4	3	4	2	2	2	1	3	3	3	1	1	2	2	2	1
15																														
16	6 и 9 процесс можно произвольно перемещать во времени, так как другие процессы от них не зависят																													

Рис. 4. Построенная модель

	A	B	C	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1	ID процесса	Время выполнения процесса	Время процесса с ожиданием	Время начала процесса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2	1	4	19	16																9	9	9	9	9	9
3	2	3	18	16	10	10	10	10																	
4	3	3	13	11	11	11	11	11	11	7	7	7	7	7			3	3	3						
5	4	3	13	11				12	12		8	8	8	8			4	4	4						
6	5	5	15	11											5	5	5	5	5	1	1	1	1		
7	6	6	6	1																2	2	2			
8	7	5	10	6																6	6	6	6	6	6
9	8	4	9	6																					
10	9	6	6	1																					
11	10	4	4	1																					
12	11	5	5	1																					
13	12	2	2	1																					
14	0		0		2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	1	1	3	4	4	4	4	4	3	1	1
15																									
16	6 и 9 процесс можно произвольно перемещать во времени, так как другие процессы от них не зависят																								

Рис. 5. Ответ на поставленный вопрос

одновременное выполнение хотя бы трех процессов. (Ответ: 13.)

4. Определите минимальное время выполнения всей совокупности процессов, если возможно параллельное выполнение максимум двух процессов. (Ответ: 21.)
5. Известно, что при запуске описанной совокупности процессов произошла задержка, т. е. все процессы начали выполняться не раньше, чем через X мс, при этом вся совокупность процессов завершилась через 30 мс после запуска. Определите максимально допустимое время задержки X . (Ответ: 11.)
6. Определите максимальное время старта процесса 8, если на всю совокупность процесса можно затратить не более 20 мс. (Ответ: 8.)
7. Определите, сколько процессов закончатся не позднее, чем через 10 мс после старта. (Ответ: 7.)
8. Определите, сколько процессов могут стартовать не ранее 13 мс при условии минимального времени выполнения всей совокупности процессов. (Ответ: 6.)
9. Определите количество процессов, которые будут активны на 5-й мс при условии, что каждый процесс стартует в минимально возможное время. (Ответ: 3.)
10. Определите, сколько процессов могут быть в состоянии ожидания на 13-й мс после старта первого процесса. (Ответ: 4.)

При обсуждении достижения целей и рефлексии рекомендуется подвести обучающихся к следующим выводам:

1. Выбор модели решения задачи может быть (и должен быть) различным для разных вопросов.
2. Возможности автоматизации ограничены, следовательно, формальное построение модели не всегда приводит к требуемым результатам.
3. Чем меньше зависимых процессов, тем эффективнее процесс, так как передача данных от одного процесса другому существенно снижает скорость выполнения всего потока.

4. Для планирования и построения эффективных многопоточных процессов необходим высокий уровень аналитической и математической компетенций разработчика.

Список источников

1. Босова Л. Л. Параллельные алгоритмы в начальной и основной школе // Информатика в школе. 2015. № 2. С. 24–27. EDN: TMMIPD.
2. Воеводин В. В. Вычислительная математика и структура алгоритмов. М.: Изд-во МГУ, 2006. 112 с.
3. Еремин Е. А. Как наглядно продемонстрировать школьникам преимущества многопроцессорных систем // Информатика в школе. 2015. № 9. С. 32–36. EDN: VAYNYR.
4. Еремин Е. А. О подборе наглядных задач для вводного курса параллельных вычислений // Суперкомпьютерные дни в России. Труды международной конференции (Москва, 26–27 сентября 2016 года). М.: Изд-во МГУ, 2016. EDN: WXJJSN.
5. Еремин Е. А. Об изучении основ параллельной обработки данных в школьном курсе информатики // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. Материалы Шестнадцатой открытой Всероссийской конференции. М.: МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2018. С. 372–373. EDN: XUJFUD.
6. Еремин Е. А. Программная поддержка для изучения основ параллельных вычислений // Информатика в школе. 2017. № 2. С. 3–9. EDN: WFNFFY.
7. Плаксин М. А. Комплект деловых игр для начального знакомства с параллельными вычислениями // Информатика в школе. 2016. № 5. С. 6–16. EDN: WBPGLT.
8. Плаксин М. А. Подготовка методики преподавания темы «Параллельные вычисления» в средней школе // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2016). Труды международной научной конференции (Архангельск, 28 марта — 1 апреля 2016 года). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. С. 663–677. EDN: VSRROH.
9. Плаксин М. А. Пропедевтика параллельных вычислений в школьной информатике. Тема «Алгоритмы. Совместная деятельность» // Информатика в школе. 2016. № 8. С. 5–9. EDN: XBOLMD.
10. Плаксин М. А. «Суперкомпьютеры» vs «параллельное программирование». «Параллельное программирование» vs «совместная деятельность». Как изучать тему «параллельные вычисления» в средней школе? // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2015. Т. 1. № 11. 2015. С. 302–309. EDN: VBPYJJ.