

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Выпускная квалификационная работа бакалавра

Метод автоматического управления памятью с гарантированным временем выполнения на основе подсчёта ссылок

Студент: Сапожков Андрей Максимович ИУ7-83Б

Научный руководитель: Строганов Юрий Владимирович

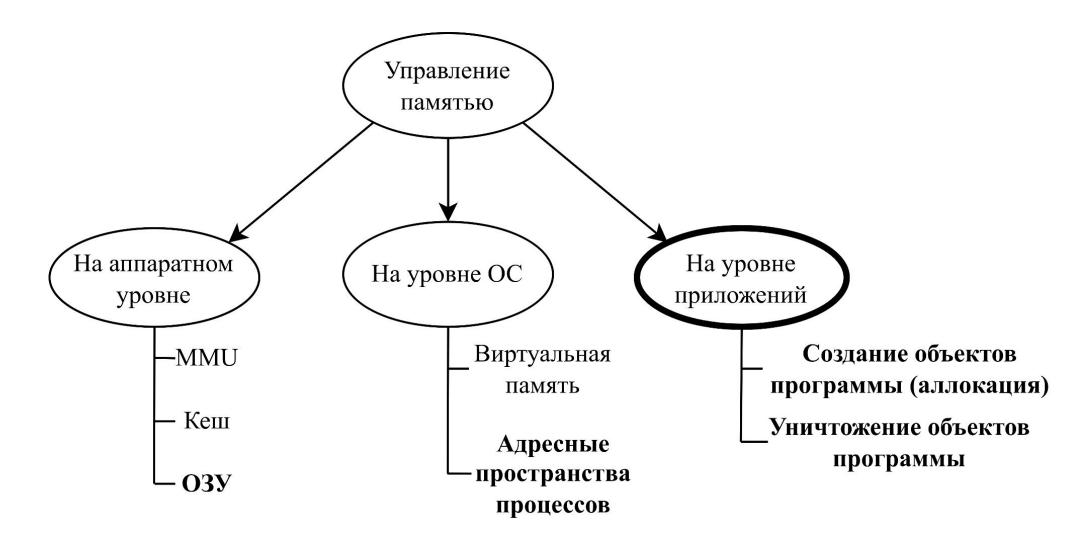
Цель и задачи

Цель — разработка метода автоматического управления памятью с гарантированным временем выполнения на основе подсчёта ссылок.

Задачи:

- 1. Проанализировать существующие методы распределения памяти в языках программирования с автоматической сборкой мусора.
- 2. Спроектировать метод автоматического управления памятью.
- 3. Реализовать спроектированный метод в виде подключаемой библиотеки.
- 4. Сформировать рекомендации по применению реализованного метода.

Управление памятью



Управление памятью на уровне приложений

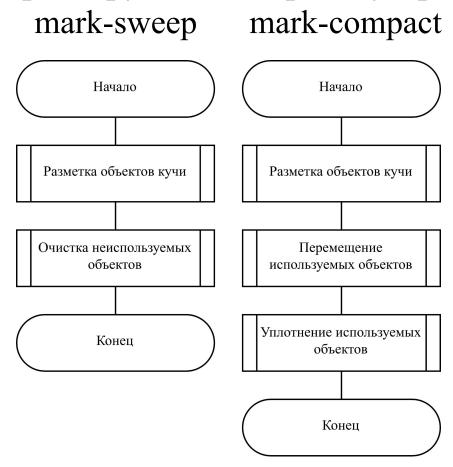
- Ручное, определяемое человеческим фактором.
- Автоматическое, определяемое алгоритмами распределения памяти.

Ручное управление памятью (С++)

Автоматическое управление памятью (Golang)

Автоматическая переработка динамически выделяемой памяти

Трассирующая сборка мусора



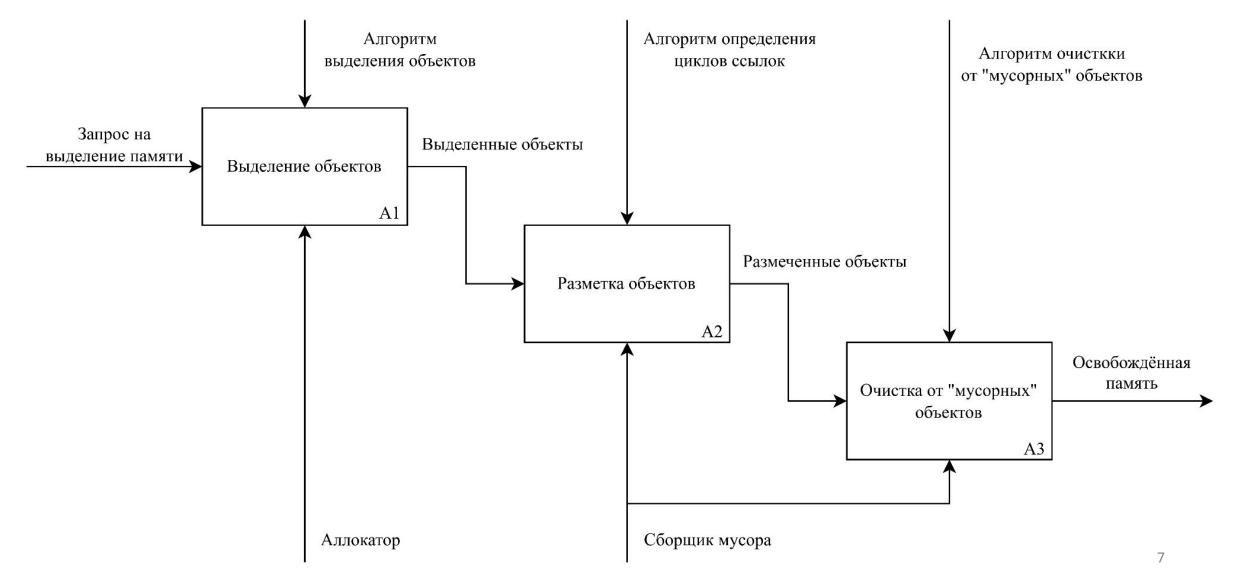
Подсчёт ссылок

- + более равномерное распределение накладных расходов;
- + устойчивость к высоким нагрузкам;
- + масштабируемость по размеру кучи;
- + не требует среды выполнения языка;
- накладные расходы на чтение/запись;
- атомарность операций;
- не выявляются циклы ссылок.

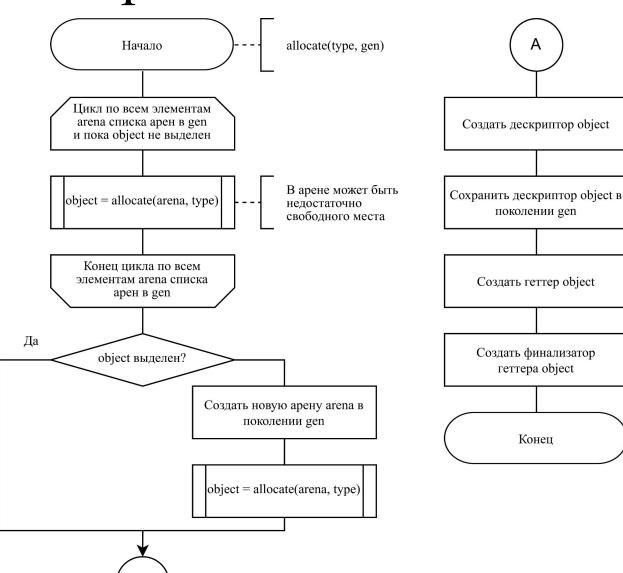
Классификация существующих решений

Язык программирования	Python	Java			JavaScript	C#	Golang	
Сборщик мусора	По умолчанию	Serial	Parallel	Garbage-First	ZGC	По умолчанию	По умолчанию	По умолчанию
Разделение объектов на поколения	+	+	+	+	+	-	+	-
Отсутствие хранения вспомогательных данных в объектах	-	+	+	+	+	+	+	+
Использование конкурентной сборки мусора	+	+	+	+	+	-	+	+
Использование параллельной сборки мусора	-	-	+	+	+	-	+	+
Отсутствие остановки потоков мутатора на весь цикл сборки мусора	+	-	-	+	+	-	_	+
Количество остановок потоков мутатора за один цикл сборки мусора	1	1	1	2	1	1	1	2
Возможность встраивания модификаций менеджера памяти	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+

Метод автоматического управления памятью на основе подсчёта ссылок



Алгоритм выделения объектов

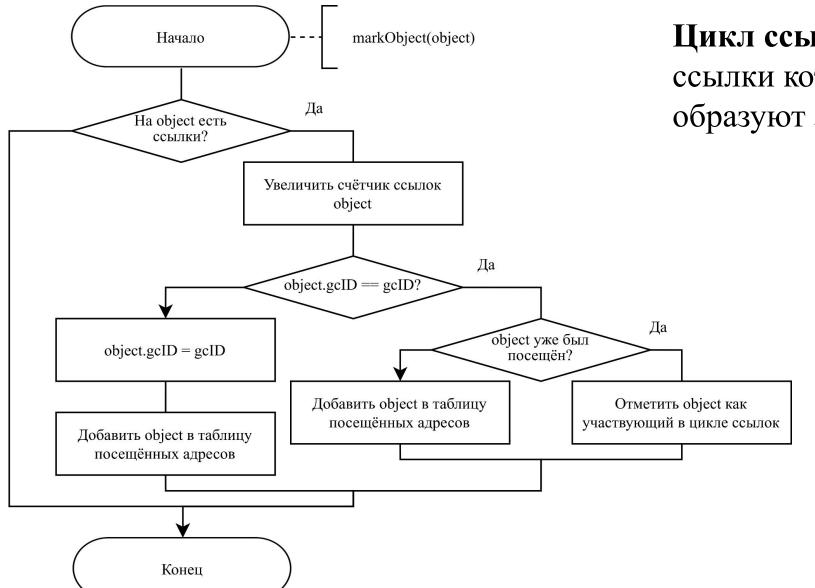


Арена – область кучи фиксированного размера.

Геттер – функция, позволяющая получить доступ к объекту.

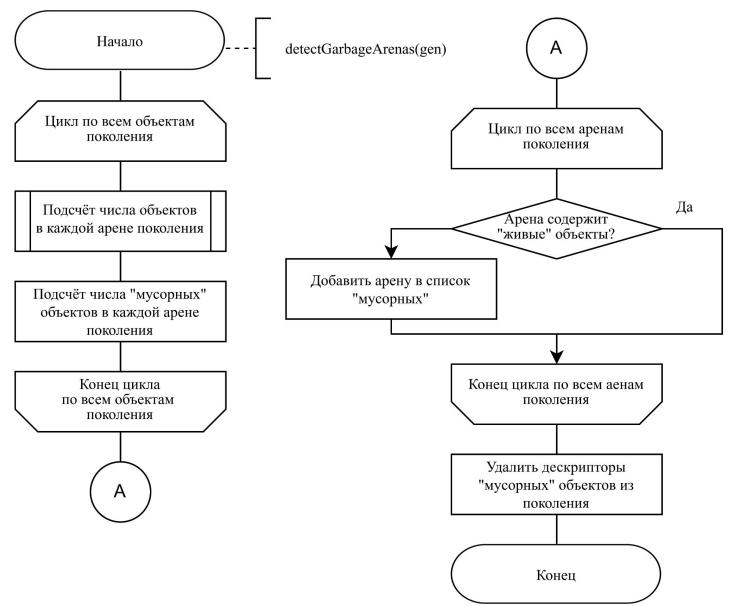
Финализатор — функция, которая запускается, когда сборщик мусора определяет, что рассматриваемый объект недоступен в программе.

Алгоритм определения циклов ссылок



Цикл ссылок – группа объектов, ссылки которых друг на друга образуют замкнутый цикл.

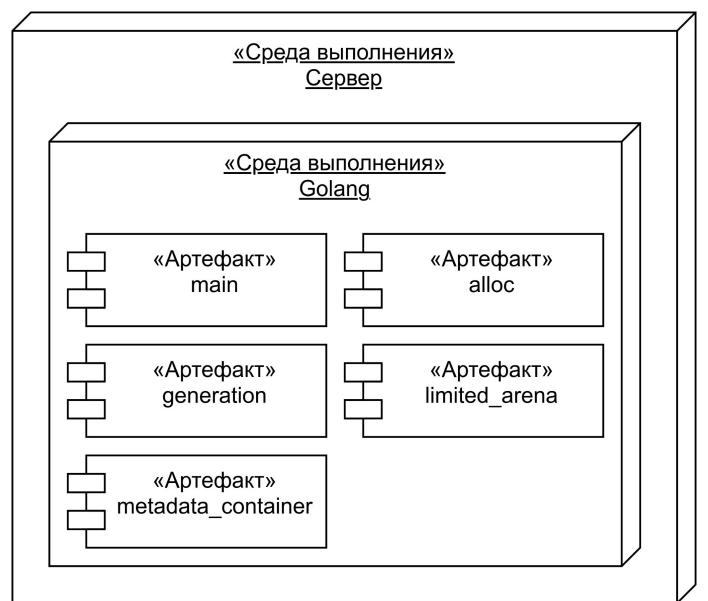
Алгоритм очистки от «мусорных» объектов



«Живой» объект – объект, который достижим из основной программы.

«Мусорный» объект — объект, который не достижим из основной программы.

Диаграмма развёртывания ПО



Дескриптор объекта

Поле	Размер в байтах
Мьютекс	24
Адрес объекта	8
Метаданные о типе	16
Указатель на арену памяти	8
Идентификатор последней разметки	8
Флаг участия в цикле ссылок	1
Счётчик ссылок	8
Флаг финализации	4
Итого (с учётом выравнивания)	88

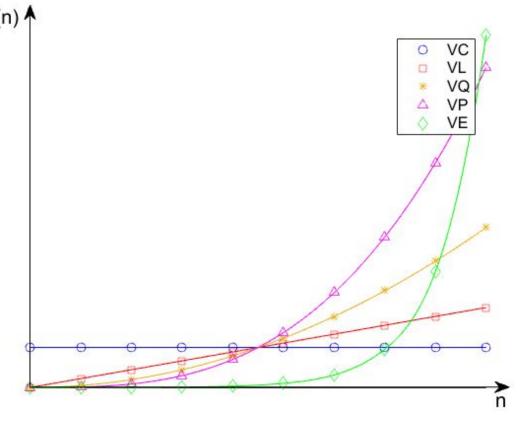
Классы алгоритмов по требованиям к дополнительной памяти

- V0: $V_t(D) = 0$ (не рассматривается); $V_t^{(n)}$
- **VC**: $V_t^{\wedge}(n) = const \neq 0$;
- VL: $V_t^{\wedge}(n) = \Theta(n)$;
- \mathbf{VQ} : $V_t^{\wedge}(n) = \Theta(n^2)$;
- **VP**: $V_t^{\wedge}(n) = \Theta(n^k)$, k > 2;
- **VE**: $V_t^{\wedge}(n) = \Theta(e^{\lambda n}), \lambda > 0;$

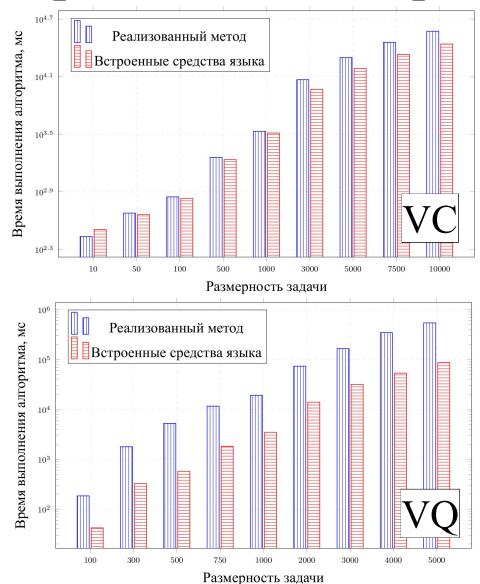
где D_n – вход алгоритма длины n,

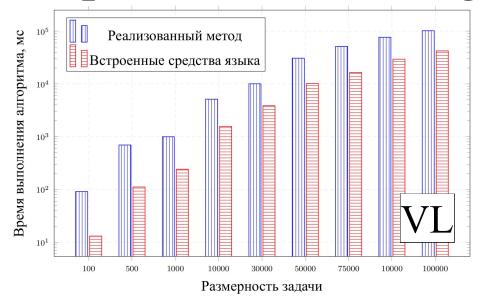
 $V_t(D)$ – дополнительная память алгоритма,

 $V_t^\wedge(n) = \max \ V_t(D) -$ дополнительная память алгоритма в худшем случае для всех входов длины n.



Проигрыш по времени выполнения алгоритмов в сравнении со встроенными средствами Golang





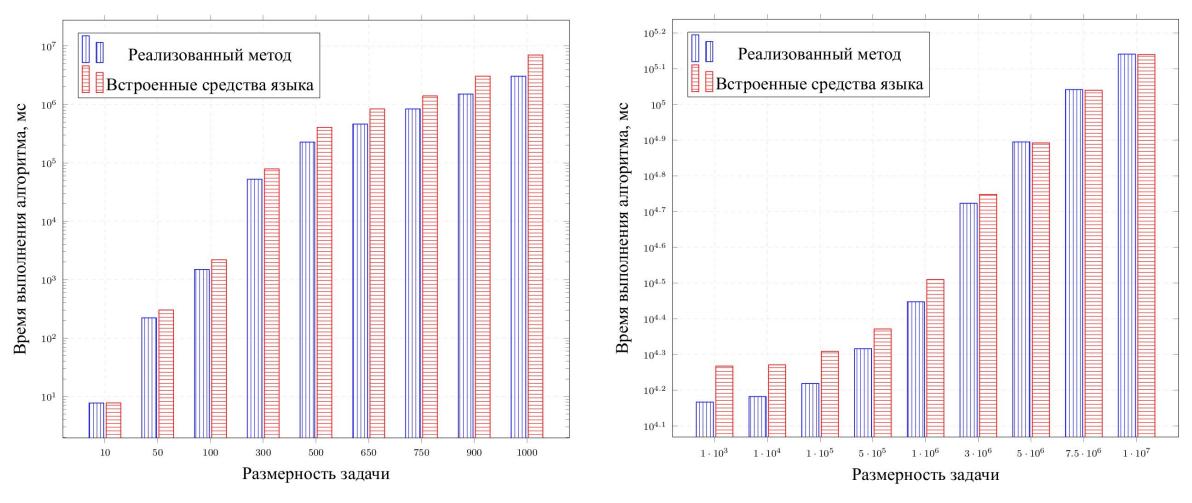
VC: фиксированная доп. память;

VL: доп. память линейно

зависит от длины входа;

VQ: доп. память квадратично зависит от длины входа.

Выигрыш по времени выполнения алгоритмов в сравнении со встроенными средствами Golang



VP: доп. память полиномиально надквадратично зависит от длины входа.

VE: доп. память экспоненциально зависит от длины входа. 15

Заключение

Цель работы достигнута: был разработан и реализован метод автоматического управления памятью. Все поставленные задачи были выполнены.

- 1. Проанализированы существующие методы распределения памяти в языках программирования с автоматической сборкой мусора.
- 2. Спроектирован метод автоматического управления памятью.
- 3. Спроектированный метод реализован в виде подключаемой библиотеки.
- 4. Сформированы рекомендации по применению реализованного метода: алгоритмы классов **VP** и **VE**.

Дальнейшее развитие

- Исследование стабильности менеджера памяти.
- Исследование фрагментации кучи при использовании метода.
- Внедрение метода во встроенный сборщик мусора языка Golang.

Результаты работы поданы для участия в международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях ММТТ-37».