Filas de prioridade

Conceitos e implementação

Prof. Marcelo de Souza

45RPE – Resolução de Problemas com Estruturas de Dados
Universidade do Estado de Santa Catarina

Material de apoio

Leitura principal:

- Capítulo 9 de Goodrich et al. (2014)[1] – Filas de prioridade.

Leitura complementar:

- Capítulo 6 de Szwarcfiter e Markenzon (2009)[2] – Listas de prioridades.
- Capítulo 4 de Lafore e Machado (2004)[3] – Pilhas e filas.

[1] Michael T Goodrich et al. (2014). *Data structures and algorithms in Java*. 6ª ed. John Wiley & Sons.

[2] Jayme Luiz Szwarcfiter e Lilian Markenzon (2009). *Estruturas de Dados e seus Algoritmos*. Vol. 2. Livros Técnicos e Científicos.

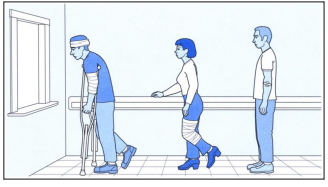
[3] Robert Lafore e Eveline Vieira Machado (2004). *Estruturas de dados & Algoritmos em Java*. Ciência Moderna.

Filas de prioridade

Ideia geral

Fila de prioridade: cada elemento tem uma prioridade, que determina a ordem de remoção.

- O elemento prioritário é o próximo a ser removido.
- **Atendimento médico:** a gravidade do paciente define sua prioridade de atendimento.



Filas de prioridade

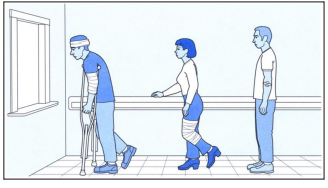
Ideia geral

Fila de prioridade: cada elemento tem uma prioridade, que determina a ordem de remoção.

- O elemento prioritário é o próximo a ser removido.
- **Atendimento médico:** a gravidade do paciente define sua prioridade de atendimento.

Operações:

- `insert`: insere um elemento na fila com sua prioridade.
- `min`: retorna o elemento prioritário da fila.
- `removeMin`: remove (e retorna) o elemento prioritário da fila.



Filas de prioridade

Ideia geral

Fila de prioridade: cada elemento tem uma prioridade, que determina a ordem de remoção.

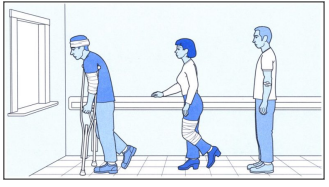
- O elemento prioritário é o próximo a ser removido.
- **Atendimento médico:** a gravidade do paciente define sua prioridade de atendimento.

Operações:

- `insert`: insere um elemento na fila com sua prioridade.
- `min`: retorna o elemento prioritário da fila.
- `removeMin`: remove (e retorna) o elemento prioritário da fila.

Aplicações:

- Busca em grafos (e.g. algoritmo de Dijkstra).
- Otimização combinatória (e.g. bin packing).
- Inteligência artificial (e.g. algoritmo A*).



Filas de prioridade

Ideia geral

Funcionamento

- A prioridade é definida do **menor** valor para o maior (i.e. o menor tem prioridade).
- Para armazenar tipos naturalmente comparáveis, basta usar a estrutura.
  - e.g. Integer, Long, Float, Double, String, ...

Filas de prioridade

Ideia geral

Funcionamento

- A prioridade é definida do **menor** valor para o maior (i.e. o menor tem prioridade).
- Para armazenar tipos naturalmente comparáveis, basta usar a estrutura.
  - e.g. Integer, Long, Float, Double, String, ...
- Para armazenar objetos de outros tipos, eles precisam ser comparáveis.
  1. A classe deve estender a interface `Comparable`.
  2. A classe deve implementar o método `compareTo`.

Filas de prioridade

Ideia geral

Funcionamento

- A prioridade é definida do **menor** valor para o maior (i.e. o menor tem prioridade).
- Para armazenar tipos naturalmente comparáveis, basta usar a estrutura.
  - e.g. Integer, Long, Float, Double, String, ...
- Para armazenar objetos de outros tipos, eles precisam ser comparáveis.
  1. A classe deve estender a interface `Comparable`.
  2. A classe deve implementar o método `compareTo`.
- Exemplo: **fila de um banco**.
  - Prioridade definida por vários atributos (idoso, gestante, cliente especial, tempo de chegada, ...).

Filas de prioridade

Exemplo de funcionamento

Seja uma fila de prioridade implementada usando uma lista sequencial, inicialmente vazia.

- Armazenaremos veículos, cuja prioridade é definida pelo ano de fabricação.

Método	**Retorno**	**Conteúdo (não ordenado)**
`insert((Fusca, 67))`	–	{ (Fusca, 67) }
`insert((Uno, 95))`	–	{ (Fusca, 67), (Uno, 95) }
`insert((Kombi, 60))`	–	{ (Fusca, 67), (Uno, 95), (Kombi, 60) }
`min()`	`(Kombi, 60)`	{ (Fusca, 67), (Uno, 95), (Kombi, 60) }
`removeMin()`	`(Kombi, 60)`	{ (Fusca, 67), (Uno, 95) }
`insert((Corcel, 74))`	–	{ (Fusca, 67), (Uno, 95), (Corcel, 74) }
`removeMin()`	`(Fusca, 67)`	{ (Uno, 95), (Corcel, 74) }
`removeMin()`	`(Corcel, 74)`	{ (Uno, 95) }
`removeMin()`	`(Uno, 95)`	{ }
`removeMin()`	`null`	{ }
`isEmpty()`	`true`	{ }

Filas de prioridade

Exemplo de funcionamento

Seja uma fila de prioridade implementada usando uma lista sequencial, inicialmente vazia.

- Armazenaremos veículos, cuja prioridade é definida pelo ano de fabricação.

Método	**Retorno**	**Conteúdo (ordenado)**
`insert((Fusca, 67))`	–	{ (Fusca, 67) }
`insert((Uno, 95))`	–	{ (Uno, 95), (Fusca, 67) }
`insert((Kombi, 60))`	–	{ (Uno, 95), (Fusca, 67), (Kombi, 60) }
`min()`	`(Kombi, 60)`	{ (Uno, 95), (Fusca, 67), (Kombi, 60) }
`removeMin()`	`(Kombi, 60)`	{ (Uno, 95), (Fusca, 67) }
`insert((Corcel, 74))`	–	{ (Uno, 95), (Corcel, 74), (Fusca, 67) }
`removeMin()`	`(Fusca, 67)`	{ (Uno, 95), (Corcel, 74) }
`removeMin()`	`(Corcel, 74)`	{ (Uno, 95) }
`removeMin()`	`(Uno, 95)`	{ }
`removeMin()`	`null`	{ }
`isEmpty()`	`true`	{ }

Filas de prioridade

Análise de complexidade

Podemos implementar uma fila de prioridade usando **arranjos** ou **encadeamento**. E ainda podemos manter a estrutura **não ordenada** ou **ordenada**.

Filas de prioridade

Análise de complexidade

Podemos implementar uma fila de prioridade usando **arranjos** ou **encadeamento**. E ainda podemos manter a estrutura **não ordenada** ou **ordenada**.

Operação	**Não ordenado**		**Ordenado**	
	Arranjo	**Lista encadeada**	**Arranjo**	**Lista encadeada**
`insert`	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$
`min`	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(1)$
`removeMin`	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(1)$

— não estamos considerando o tempo gasto com *resize* no arranjo.

Filas de prioridade

Análise de complexidade

Podemos implementar uma fila de prioridade usando **arranjos** ou **encadeamento**. E ainda podemos manter a estrutura **não ordenada** ou **ordenada**.

Operação	Não ordenado		Ordenado		Heap
	Arranjo	**Lista encadeada**	**Arranjo**	**Lista encadeada**	
`insert`	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(\log n)$
`min`	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(1)$
`removeMin`	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(\log n)$

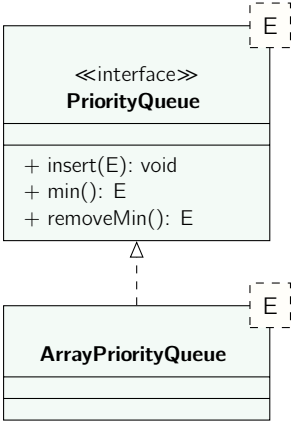
— não estamos considerando o tempo gasto com *resize* no arranjo.

Uma **heap** é um tipo de **árvore binária** usado para implementar filas de prioridade.

- É a forma como uma fila de prioridade é implementada pelo Java.
- Estudaremos esse tipo de estrutura mais adiante!

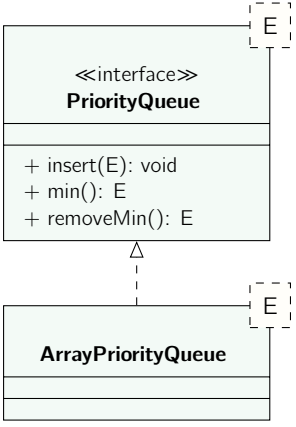
Filas de prioridades

Implementação



Filas de prioridades

Implementação



Implementação e uso:

```
data-structures
└─ priority_queue
   ├─ {PriorityQueue, ArrayPriorityQueue}.java
   └─ TestPriorityQueue[Patient].java
```

Veja também:

- `java.util.PriorityQueue`[1]
  - Implementação baseada em uma *heap* binária.
- Apêndice I

[1] Veja em https://docs.oracle.com/en/java/javase/24/docs/api/java.base/java/util/PriorityQueue.html.

Apêndices

Apêndice I

Implementação de filas de prioridade (interface)

Interface `PriorityQueue`:

```
1 public interface PriorityQueue<E> {
2   int size();
3   boolean isEmpty();
4   void insert(E e);
5   E min();
6   E removeMin();
7 }
```

Apêndice I

Implementação de filas de prioridade (interface)

Interface `PriorityQueue`:

```
1 public interface PriorityQueue<E> {
2   int size();
3   boolean isEmpty();
4   void insert(E e);
5   E min();
6   E removeMin();
7 }
```

- A fila de prioridade é uma coleção de elementos do tipo genérico `E`.
- As operações `min` e `removeMin` retornam o elemento sendo consultado e removido, respectivamente.

Apêndice I

Implementação de filas de prioridade (arranjo ordenado)

```
1  public class ArrayPriorityQueue<E extends Comparable<? super E>> implements PriorityQueue<E> {
2
3    private List<E> list = new ArrayList<>();
4    public int size() { return list.size(); }
5    public boolean isEmpty() { return size() == 0; }
6
7    //...
8  }
```

Apêndice I

Implementação de filas de prioridade (arranjo ordenado)

```
1  public class ArrayPriorityQueue<E extends Comparable<? super E>> implements PriorityQueue<E> {
2
3    private List<E> list = new ArrayList<>();
4    public int size() { return list.size(); }
5    public boolean isEmpty() { return size() == 0; }
6
7    //...
8  }
```

- Na definição do tipo genérico `E`, a classe exige que o tipo seja comparável, para definir a prioridade de cada elemento armazenado (linha 1).
- A classe usa um `ArrayList` como estrutura fundamental (linha 3).

Apêndice I

Implementação de filas de prioridade (arranjo ordenado)

Método `insert`:

```
1  public void insert(E e) {
2    if(isEmpty()) list.add(0, e);
3    else {
4      int j = 0;
5      while(j < size() && e.compareTo(list.get(j)) < 0)
6        j++;
7      list.add(j, e);
8    }
9  }
```

Apêndice I

Implementação de filas de prioridade (arranjo ordenado)

Método `insert`:

```
1 public void insert(E e) {
2   if(isEmpty()) list.add(0, e);
3   else {
4     int j = 0;
5     while(j < size() && e.compareTo(list.get(j)) < 0)
6       j++;
7     list.add(j, e);
8   }
9 }
```

- Caso a fila esteja vazia, o elemento é inserido na primeira posição (linha 2).
- Caso contrário, as linhas 4 a 7 buscam a posição e o inserem mantendo a ordenação.

Apêndice I

Implementação de filas de prioridade (arranjo ordenado)

Método `min`:

```
1 public E min() {
2   if (isEmpty()) return null;
3   return list.get(size() - 1);
4 }
```

Método `removeMin`:

```
1 public E removeMin() {
2   if (isEmpty()) return null;
3   return list.remove(size() - 1);
4 }
```

45RPE – Resolução de Problemas com Estruturas de Dados
Prof. Marcelo de Souza