for ACM-ICPC

SiriYang

2019.5.7

Java Standard Code Library

前言

本项目为Java语言版本的标准算法代码库，记录了较为常用的一些算法模板，代码全部为平时编程学习所积累，主要为ACM-ICPC比赛而准备也可用于平时的项目开发需要。代码虽都经过作者亲自编译调试，但也不保证存在错误。

为代码阅读的美观，设定了一些字体高亮等格式，导致从文档中复制的代码无法直接使用，如需要源码可从下方GitHub链接下载使用。

模板终究只是赛场上的辅助工具，帮助选手快速正确的编写出代码。唯有在亲自编写运行过模板，熟悉每一个参数和代码后才能熟练运用，并根据不同的题目要求修改模板。所以在未完全掌握模板代码之前切勿盲目依赖模板！

GitHub项目地址：<https://github.com/SiriYXR/JSCL>

参考资料：

左程云算法课程基础班教程

挑战程序设计竞赛（第二版）[秋叶拓哉 岩田阳一 北川宜稔 人民邮电出版社]

ACM-IPCP基本算法 [滕国文 李昊 清华大学出版社]

ACM国际大学生程序设计竞赛算法与实现 [余勇 清华大学出版社]

目录

[1 工具 4](#_Toc8427730)

[1.1 对数器 4](#_Toc8427731)

[2 数论 6](#_Toc8427732)

[2.1 阶乘 6](#_Toc8427733)

[2.2 有关素数的基础算法 6](#_Toc8427734)

[2.2.1 素数判定 6](#_Toc8427735)

[2.2.2 素数的个数（埃氏筛法） 7](#_Toc8427736)

[2.2.3 分解质因数 7](#_Toc8427737)

[2.3 辗转相除法 8](#_Toc8427738)

[2.4 快速幂 9](#_Toc8427739)

[2.5 矩阵快速幂 9](#_Toc8427740)

[3 线性表&矩阵 10](#_Toc8427741)

[3.1 全排列 10](#_Toc8427742)

[3.2 快速排序 11](#_Toc8427743)

[3.3 二分查找 11](#_Toc8427744)

[3.4 双向链表 12](#_Toc8427745)

[4 树 15](#_Toc8427746)

[4.1 前缀树 15](#_Toc8427747)

[5 图 17](#_Toc8427748)

[5.1 图基本数据结构 17](#_Toc8427749)

[5.1.1 边 17](#_Toc8427750)

[5.1.2 结点 17](#_Toc8427751)

[5.1.3 图 18](#_Toc8427752)

[5.1.4 构造器 18](#_Toc8427753)

[5.1.5 并查集（Node版） 19](#_Toc8427754)

[5.2 深度优先遍历 20](#_Toc8427755)

[5.3 广度优先遍历 21](#_Toc8427756)

[5.4 拓扑排序 22](#_Toc8427757)

[5.5 最小生成树 22](#_Toc8427758)

[5.5.1 Kruskal最小生成树 22](#_Toc8427759)

[5.5.2 Prim最小生成树 23](#_Toc8427760)

[5.6 Dijkstra 24](#_Toc8427761)

[5.7 Bellman-Ford 26](#_Toc8427762)

[5.8 Floyd\_Warshall 27](#_Toc8427763)

[6 其他数据结构 28](#_Toc8427764)

[6.1 并查集 28](#_Toc8427765)

[7 经典例题 29](#_Toc8427766)

[7.1 常规 29](#_Toc8427767)

[7.1.1 荷兰国旗问题 29](#_Toc8427768)

[7.2 递归 30](#_Toc8427769)

[7.2.1 汉诺塔 30](#_Toc8427770)

[7.2.2 使用递归将栈倒置 30](#_Toc8427771)

[7.3 贪心 31](#_Toc8427772)

[7.4 动态规划 31](#_Toc8427773)

[7.4.1 背包问题 31](#_Toc8427774)

[7.4.2 最长公共子序列 35](#_Toc8427775)

# 1 工具

## 1.1 对数器

1. **import** java.util.Arrays;
3. **public** **class** InspectionMachine {
5. **public** **static** **void** main(String[] args) {
7. **int** testTime = 500000;
8. **int** size = 10;
9. **int** value = 100;
10. **boolean** succeed = **true**;
12. **for**(**int** i=0;i<testTime;i++){
13. **int**[] arr1=generateRandomArray(size,value);
14. **int**[] arr2=copyArray(arr1);
15. **int**[] arr3=copyArray(arr1);
17. Arrays.sort(arr2);
18. rightMathod(arr3);
19. **if** (!isEqual(arr2,arr3)){
20. succeed=**false**;
21. printArray(arr1);
22. **break**;
23. }
24. }
25. System.out.println(succeed ? "Nice!":"Fucking fucked!");
26. }
28. //绝对正确的方法
29. **public** **static** **void** rightMathod(**int**[] arr) {
30. Arrays.sort(arr);
31. }
33. //随机数组生成器，用于生成数据
34. **public** **static** **int**[] generateRandomArray(**int** size, **int** value) {
35. //Math.random() -> double [0,1)
36. //(int)((size+1)\*Math.random()) -> [0,size] 整数
37. //size = 6, size + 1 = 7;
38. //Math.random() -> [0,1) \* 7 -> [0,7) double
39. //double -> int [0,6] -> int
41. //生成长度随机的数组
42. **int**[] arr = **new** **int**[(**int**) ((size + 1) \* Math.random())];
43. **for** (**int** i = 0; i < arr.length; i++) {
44. arr[i] = (**int**) ((value + 1) \* Math.random()) - (**int**) (value \* Math.random());
45. }
46. **return** arr;
47. }
49. //拷贝数组
50. **public** **static** **int**[] copyArray(**int**[] arr) {
51. **if** (arr == **null**) {
52. **return** **null**;
53. }
54. **int**[] res = **new** **int**[arr.length];
55. **for** (**int** i = 0; i < arr.length; i++) {
56. res[i] = arr[i];
57. }
58. **return** res;
59. }
61. //判断数组是否相等
62. **public** **static** **boolean** isEqual(**int**[] arr1, **int**[] arr2) {
63. **if** ((arr1 == **null** && arr2 != **null**) || (arr1 != **null** && arr2 == **null**))
64. **return** **false**;
65. **if**(arr1 == **null** && arr2 == **null**)
66. **return** **true**;
67. **if** (arr1.length!=arr2.length)
68. **return** **false**;
69. **for** (**int** i=0;i<arr1.length;i++){
70. **if** (arr1[i]!=arr2[i]){
71. **return** **false**;
72. }
73. }
74. **return** **true**;
75. }
77. //打印数组
78. **public** **static** **void** printArray(**int**[] arr){
79. **if**(arr==**null**)
80. **return**;
81. **for**(**int** i:arr){
82. System.out.print(i+" ");
83. }
84. System.out.println();
85. }
86. }

# 2 数论

## 2.1 阶乘

1. **public** **class** Factorial {
3. **public** **static** **long** factorial(**long** n){
4. **if**(n==0)
5. **return** 1;//0的阶乘为1
6. **else**
7. **return** factorial(n-1)\*n;
8. }
9. }

## 2.2 有关素数的基础算法

### 2.2.1 素数判定

1. **public** **class** IsPrime {
3. **public** **static** **boolean** isPrime(**int** n) {
4. **if** (n < 2)
5. **return** **false**;
6. **if** (n == 2)
7. **return** **true**;
8. **if** (n % 2 == 0)
9. **return** **false**;
10. **for** (**int** i = 3; i \* i <= n; i += 2)
11. **if** (n % i == 0)
12. **return** **false**;
13. **return** **true**;
14. }
15. }

### 2.2.2 素数的个数（埃氏筛法）

1. **public** **class** Sieve {
3. **public** **static** **int**[] prime = **new** **int**[10000000];
4. **public** **static** **boolean**[] is\_prime = **new** **boolean**[1000000 + 1];
6. **public** **static** **int** sieve(**int** n) {
7. **int** p = 0;
8. **for** (**int** i = 0; i <= n; i++) is\_prime[i] = **true**;
9. is\_prime[0] = is\_prime[1] = **false**;
10. **for** (**int** i = 2; i <= n; i++) {
11. **if** (is\_prime[i]) {
12. prime[p++] = i;
13. **for** (**int** j = 2 \* i; j <= n; j += i) is\_prime[j] = **false**;
14. }
15. }
16. **return** p;
17. }
18. }

### 2.2.3 分解质因数

1. **public** **class** DecompositionFactor {
3. //求n的因数的个数
4. **public** **static** **int** factorNum(**int** n) {
5. **if** (n <= 0)
6. **return** -1;
7. **int** tot = 1;
8. **for** (**int** i = 2; i \* i <= n; i++) {
9. **if** (n % i == 0) {
10. **int** x = 0;
11. **while** (n % i == 0) {
12. n /= i;
13. x++;
14. }
15. tot \*= (x + 1);
16. }
17. }
18. **if** (n > 1) tot \*= 2;
19. **return** tot;
20. }
22. //求n所有因数的和
23. **public** **static** **int** factorSum(**int** n) {
24. **if** (n <= 0)
25. **return** -1;
26. **int** tot = 1;
27. **for** (**int** i = 2; i \* i <= n; i++) {
28. **if** (n % i == 0) {
29. **int** mul = 1;
30. **while** (n % i == 0) {
31. n /= i;
32. mul \*= i;
33. }
34. tot \*= (mul \* i - 1) / (i - 1);
35. }
36. }
37. **if** (n > 1) tot \*= (n + 1);
38. **return** tot;
39. }
40. }

## 2.3 辗转相除法

1. **public** **class** GCD {
3. **public** **static** **int** gcd(**int** a, **int** b) {
4. **if** (b == 0)
5. **return** a;
6. **return** gcd(b, a % b);
7. }
8. }

## 2.4 快速幂

1. **public** **class** ModPow {
3. **public** **static** **long** mod\_pow(**long** x, **long** n, **long** mod) {
4. **if** (n == 0)
5. **return** 1;
6. **long** res = mod\_pow(x \* x, n / 2, mod);
7. **if** ((n & 1) == 1)
8. res = res \* x % mod;
9. **return** res;
10. }
11. }

## 2.5 矩阵快速幂

1. **public** **class** MatrixModPow {
3. **public** **static** **long**[][] matrixModPow(**int** k, **int** n, **long**[][] A) {
4. **long**[][] res = **new** **long**[n][n];
5. **for** (**int** i = 0; i < res.length; i++) {
6. **for** (**int** j = 0; j < res[i].length; j++) {
7. **if** (i == j) {
8. res[i][j] = 1;
9. } **else** {
10. res[i][j] = 0;
11. }
12. }
13. }
14. **while** (k != 0) {
15. **if** ((k & 1) == 1) res = matMult(res, A);
16. k >>= 1;//k/=2;
17. A = matMult(A, A);
18. }
19. **return** res;
20. }
22. **public** **static** **long**[][] matMult(**long**[][] A, **long**[][] B) {
23. **long** res[][] = **new** **long**[A.length][B.length];
24. **for** (**int** i = 0; i < res.length; i++) {
25. **for** (**int** j = 0; j < res[i].length; j++) {
26. **for** (**int** k = 0; k < A[0].length; k++) {
27. res[i][j] += A[i][k] \* B[k][j];
28. }
29. }
30. }
31. **return** res;
32. }
33. }

# 3 线性表&矩阵

## 3.1 全排列

1. **public** **class** Permutate {
2. **public** **static** **int** total = 0;
4. **public** **static** **void** swap(String[] str, **int** i, **int** j) {
5. String temp = **new** String();
6. temp = str[i];
7. str[i] = str[j];
8. str[j] = temp;
9. }
11. **public** **static** **void** arrange(String[] str, **int** st, **int** len) {
12. **if** (st == len - 1) {
13. **for** (**int** i = 0; i < len; i++) {
14. System.out.print(str[i] + "  ");
15. }
16. System.out.println();
17. total++;
18. } **else** {
19. **for** (**int** i = st; i < len; i++) {
20. swap(str, st, i);
21. arrange(str, st + 1, len);
22. swap(str, st, i);
23. }
24. }
25. }
26. }

## 3.2 快速排序

1. **public** **class** QuickSort {
3. **public** **static** **void** quickSort(**int**[] num, **int** left, **int** right) {
4. **if** (left < right) {
5. **int** l = left;
6. **int** r = right;
7. **int** temp = num[left];
8. **while** (l != r) {
9. **while** (num[r] >= temp && l < r) r--;
10. **while** (num[l] <= temp && l < r) l++;
11. **if** (l < r) {
12. **int** t;
13. t = num[l];
14. num[l] = num[r];
15. num[r] = t;
16. }
17. }
18. num[left] = num[l];
19. num[l] = temp;
20. quickSort(num, left, l - 1);
21. quickSort(num, l + 1, right);
22. }
23. }
24. }

## 3.3 二分查找

1. //有序数组的二分查找
2. **public** **class** BinarySearch {
4. //查找v出现的第一个位置
5. **public** **static** **int** lowerBound(**int**[] nums, **int** l, **int** r, **int** v) {
6. **while** (l < r) {
7. **int** m = l + (r - l) / 2;
8. **if** (nums[m] >= v)
9. r = m;// 因为是寻找下界，不考虑右边还有没有元素
10. **else** **if** (nums[m] < v)
11. l = m + 1;
12. **if**(l==r&&nums[l]!=v)//查找的数不存在，返回该数插入仍使数组有序的位置
13. **return** -(m+1);
14. }
15. **return** l;
16. }
18. //查找v出现的最后一个位置
19. **public** **static** **int** upperBound(**int**[] nums, **int** l, **int** r, **int** v) {
20. **while** (l < r) {
21. **int** m = l + (r - l) / 2;
22. **if** (nums[m] <= v)
23. l = m + 1;
24. **else** **if** (nums[m] > v)
25. r = m;
26. **if**(l==r&&nums[m]!=v)
27. **return** -(m+1);
28. }
29. **return** l;
30. }
31. }

## 3.4 双向链表

1. **public** **class** DoublyLinkedList {
3. **public** **static** **class** Node {
4. **public** **int** value;
5. **public** Node next;
6. **public** Node last;
8. **public** Node(**int** value) {
9. **this**.value = value;
10. next = **null**;
11. last = **null**;
12. }
13. }
15. **public** **static** **void** addHead(Node node1, Node node2) {
16. Node head = getHead(node1);
17. node2.next = head;
18. head.last = node2;
19. }
21. **public** **static** **void** addTail(Node node1, Node node2) {
22. Node tail = node1;
23. **while** (tail.next != **null**) tail = tail.next;
24. node2.last = tail;
25. tail.next = node2;
26. }
28. **public** **static** **void** addBefor(Node node1, Node node2) {
29. **if** (node1.last == **null**) {
30. node2.next = node1;
31. node1.last = node2;
32. } **else** {
33. node1.last.next = node2;
34. node2.last = node1.last;
35. node2.next = node1;
36. node1.last = node2;
37. }
38. }
40. **public** **static** **void** addAfter(Node node1, Node node2) {
41. **if** (node1.next == **null**) {
42. node2.last = node1;
43. node1.next = node2;
44. } **else** {
45. node1.next.last = node2;
46. node2.next = node1.next;
47. node2.last = node1;
48. node1.next = node2;
49. }
50. }
52. **public** **static** Node deleteNode(Node node) {
53. Node head = getHead(node);
54. **if** (node.last == **null**) {
55. head = node.next;
56. node.next.last = **null**;
57. node.next = **null**;
58. } **else** **if** (node.next == **null**) {
59. node.last.next = **null**;
60. node.last = **null**;
61. } **else** {
62. node.last.next = node.next;
63. node.next.last = node.last;
64. node.next = **null**;
65. node.last = **null**;
66. }
67. **return** head;
68. }
70. **public** **static** Node deleteHead(Node node) {
71. **return** deleteNode(getHead(node));
72. }
74. **public** **static** Node deleteTail(Node node) {
75. **return** deleteNode(getTail(node));
76. }
78. **public** **static** Node getHead(Node node) {
79. Node head = node;
80. **while** (head.last != **null**) head = head.last;
81. **return** head;
82. }
84. **public** **static** Node getTail(Node node) {
85. Node tail = node;
86. **while** (tail.next != **null**) tail = tail.next;
87. **return** tail;
88. }
90. **public** **static** **int** length(Node node) {
91. Node head = getHead(node);
92. **int** length = 0;
93. **while** (head != **null**) {
94. length++;
95. head = head.next;
96. }
97. **return** length;
98. }
99. }

# 4 树

## 4.1 前缀树

1. **import** java.util.HashMap;
3. **public** **class** TrieTree {
5. **public** **static** **class** TrieNode {
6. **public** **int** pass;
7. **public** **int** end;
9. **public** HashMap<Integer, TrieNode> nexts;
11. **public** TrieNode() {
12. pass = 0;
13. end = 0;
14. nexts = **new** HashMap<Integer, TrieNode>();
15. }
16. }
18. **public** **static** **class** Trie {
19. **private** TrieNode root;
21. **public** Trie() {
22. root = **new** TrieNode();
23. }
25. **public** **void** insert(String word) {
26. **if** (word == **null**)
27. **return**;
28. **char**[] chs = word.toCharArray();
29. TrieNode node = root;
30. **int** index = 0;
31. **for** (**int** i = 0; i < chs.length; i++) {
32. index = chs[i] - 'a';
33. **if** (!node.nexts.containsKey(index)) {
34. node.nexts.put(index, **new** TrieNode());//添加结点
35. }
36. node = node.nexts.get(index);
37. node.pass++;
38. }
39. node.end++;
40. }
42. **public** **void** delete(String word) {
43. **if** (search(word) != 0) {
44. **char**[] chs = word.toCharArray();
45. TrieNode node = root;
46. **int** index = 0;
47. **for** (**int** i = 0; i < chs.length; i++) {
48. index = chs[i] - 'a';
49. **if** (--node.nexts.get(index).pass == 0) {
50. node.nexts.remove(index);//删除结点
51. **return**;
52. }
53. node = node.nexts.get(index);
54. }
55. node.end--;
56. }
57. }
59. **public** **int** search(String word) {
60. **if** (word == **null**)
61. **return** 0;
62. **char**[] chs = word.toCharArray();
63. TrieNode node = root;
64. **int** index = 0;
65. **for** (**int** i = 0; i < chs.length; i++) {
66. index = chs[i] - 'a';
67. **if** (!node.nexts.containsKey(index)) {
68. **return** 0;
69. }
70. node = node.nexts.get(index);
71. }
72. **return** node.end;
73. }
75. **public** **int** preixNumber(String pre){
76. **if** (pre==**null**){
77. **return** 0;
78. }
79. **char**[] chs = pre.toCharArray();
80. TrieNode node = root;
81. **int** index = 0;
82. **for** (**int** i = 0; i < chs.length; i++) {
83. index=chs[i]-'a';
84. **if**(!node.nexts.containsKey(index)){
85. **return** 0;
86. }
87. node=node.nexts.get(index);
88. }
89. **return**  node.pass;
90. }
91. }
92. }

# 5 图

## 5.1 图基本数据结构

### 5.1.1 边

1. **public** **class** Edge {
2. **public** **int** weight;
3. **public** Node from;
4. **public** Node to;
6. **public** Edge(**int** weight, Node from, Node to) {
7. **this**.weight = weight;
8. **this**.from = from;
9. **this**.to = to;
10. }
11. }

### 5.1.2 结点

1. **import** java.util.ArrayList;
3. **public** **class** Node {
4. **public** **int** value;
5. **public** **int** in;
6. **public** **int** out;
7. **public** ArrayList<Node> nexts;
8. **public** ArrayList<Edge> edges;
10. **public** Node(**int** value) {
11. **this**.value = value;
12. in = 0;
13. out = 0;
14. nexts = **new** ArrayList<>();
15. edges = **new** ArrayList<>();
16. }
18. }

### 5.1.3 图

1. **import** java.util.HashMap;
2. **import** java.util.HashSet;
4. **public** **class** Graph {
6. **public** HashMap<Integer, Node> nodes;
7. **public** HashSet<Edge> edges;
9. **public** Graph() {
10. nodes = **new** HashMap<>();
11. edges = **new** HashSet<>();
12. }
13. }

### 5.1.4 构造器

1. **public** **class** GraphGenerator {
3. **public** **static** Graph createGraph(Integer[][] matrix) {
4. Graph graph = **new** Graph();
5. **for** (**int** i = 0; i < matrix.length; i++) {
6. Integer weight = matrix[i][0];
7. Integer from = matrix[i][1];
8. Integer to = matrix[i][2];
9. **if** (!graph.nodes.containsKey(from)) {
10. graph.nodes.put(from, **new** Node(from));
11. }
12. **if** (!graph.nodes.containsKey(to)) {
13. graph.nodes.put(to, **new** Node(to));
14. }
15. Node fromNode = graph.nodes.get(from);
16. Node toNode = graph.nodes.get(to);
17. Edge newEdge = **new** Edge(weight, fromNode, toNode);
18. fromNode.nexts.add(toNode);
19. fromNode.out++;
20. toNode.in++;
21. fromNode.edges.add(newEdge);
22. graph.edges.add(newEdge);
23. }
24. **return** graph;
25. }
26. }

### 5.1.5 并查集（Node版）

1. **import** java.util.Collection;
2. **import** java.util.HashMap;
4. **public** **class** UnionFind {
5. **private** HashMap<Node, Node> fatherMap;
6. **private** HashMap<Node, Integer> rankMap;
8. **public** UnionFind() {
9. fatherMap = **new** HashMap<Node, Node>();
10. rankMap = **new** HashMap<Node, Integer>();
11. }
13. **private** Node findFather(Node n) {
14. Node father = fatherMap.get(n);
15. **if** (father != n) {
16. father = findFather(father);
17. }
18. fatherMap.put(n, father);
19. **return** father;
20. }
22. **public** **void** makeSets(Collection<Node> nodes){
23. fatherMap.clear();
24. rankMap.clear();
25. **for** (Node node:nodes){
26. fatherMap.put(node,node);
27. rankMap.put(node,1);
28. }
29. }
31. **public** **boolean** isSameSet(Node a,Node b){
32. **return** findFather(a)==findFather(b);
33. }
35. **public** **void** union(Node a,Node b){
36. **if** (a == **null** || b == **null**)
37. **return**;
38. Node aFather = findFather(a);
39. Node bFather = findFather(b);
40. **if** (aFather != bFather) {
41. **int** aFrank = rankMap.get(aFather);
42. **int** bFrank = rankMap.get(bFather);
43. **if** (aFrank <= bFrank) {
44. fatherMap.put(aFather, bFather);
45. rankMap.put(bFather, aFrank + bFrank);
46. } **else** {
47. fatherMap.put(bFather, aFather);
48. rankMap.put(aFather, aFrank + bFrank);
49. }
50. }
51. }
52. }

## 5.2 深度优先遍历

1. **import** java.util.HashSet;
2. **import** java.util.Stack;
4. **public** **class** DFS {
6. **public** **static** **void** dfs(Node node) {
7. **if** (node == **null**)
8. **return**;
9. Stack<Node> stack = **new** Stack<>();
10. HashSet<Node> set = **new** HashSet<>();
11. stack.add(node);
12. set.add(node);
13. System.out.println(node.value);//根据题目调整该行代码
14. **while** (!stack.isEmpty()) {
15. Node cur = stack.pop();
16. **for** (Node next : cur.nexts) {
17. **if** (!set.contains(next)) {
18. stack.push(cur);
19. stack.push(next);
20. set.add(next);
21. System.out.println(next.value);//根据题目调整该行代码
22. **break**;
23. }
24. }
25. }
26. }
27. }

## 5.3 广度优先遍历

1. **import** java.util.HashSet;
2. **import** java.util.LinkedList;
3. **import** java.util.Queue;
5. **public** **class** BFS {
7. **public** **static** **void** bfs(Node node) {
8. **if** (node == **null**)
9. **return**;
10. Queue<Node> queue = **new** LinkedList<>();
11. HashSet<Node> set = **new** HashSet<>();
12. queue.add(node);
13. set.add(node);
14. **while** (!queue.isEmpty()) {
15. Node cur = queue.poll();
16. System.out.println(cur.value);//根据题目调整该行代码
17. **for** (Node next : cur.nexts) {
18. **if** (!set.contains(next)) {
19. set.add(next);
20. queue.add(next);
21. }
22. }
23. }
24. }
25. }

## 5.4 拓扑排序

1. **import** java.util.\*;
3. **public** **class** TopologySort {
5. //directed graph and no loop
6. **public** **static** List<Node> sortedTopology(Graph graph) {
7. HashMap<Node, Integer> inMap = **new** HashMap<>();
8. Queue<Node> zeroInQueue = **new** LinkedList<>();
9. **for** (Node node : graph.nodes.values()) {
10. inMap.put(node, node.in);
11. **if** (node.in == 0)
12. zeroInQueue.add(node);
13. }
14. List<Node> result = **new** ArrayList<>();
15. **while** (!zeroInQueue.isEmpty()) {
16. Node cur = zeroInQueue.poll();
17. result.add(cur);
18. **for** (Node next : cur.nexts) {
19. inMap.put(next, inMap.get(next) - 1);
20. **if** (inMap.get(next) == 0)
21. zeroInQueue.add(next);
22. }
23. }
24. **return** result;
25. }
26. }

## 5.5 最小生成树

### 5.5.1 Kruskal最小生成树

1. **import** java.util.\*;
3. **public** **class** KruskalMST {
5. **public**  **static** **class** EdgeComparator **implements** Comparator<Edge>{
6. @Override
7. **public** **int** compare(Edge o1, Edge o2) {
8. **return** o1.weight-o2.weight;
9. }
10. }
12. **public** **static** Set<Edge> kruskalMST(Graph graph){
13. UnionFind unionFind =**new** UnionFind();
14. unionFind.makeSets(graph.nodes.values());
15. PriorityQueue<Edge> priorityQueue=**new** PriorityQueue<>(**new** EdgeComparator());
16. **for** (Edge edge:graph.edges){
17. priorityQueue.add(edge);
18. }
19. Set<Edge> result=**new** HashSet<>();
20. **while** (!priorityQueue.isEmpty()){
21. Edge edge=priorityQueue.poll();
22. **if**(!unionFind.isSameSet(edge.from,edge.to)){
23. result.add(edge);
24. unionFind.union(edge.from,edge.to);
25. }
26. }
27. **return** result;
28. }
29. }

### 5.5.2 Prim最小生成树

1. **import** java.util.Comparator;
2. **import** java.util.HashSet;
3. **import** java.util.PriorityQueue;
4. **import** java.util.Set;
6. **public** **class** PrimMST {
8. **public** **static** **class** EdgeComparator **implements** Comparator<Edge> {
9. @Override
10. **public** **int** compare(Edge o1, Edge o2) {
11. **return** o1.weight - o2.weight;
12. }
13. }
15. **public** **static** Set<Edge> primMST(Graph graph) {
16. PriorityQueue<Edge> priorityQueue = **new** PriorityQueue<>(**new** EdgeComparator());
17. HashSet<Node> set = **new** HashSet<>();
18. Set<Edge> result = **new** HashSet<>();
19. **for** (Node node : graph.nodes.values()) {
20. **if** (!set.contains(node)) {
21. set.add(node);
22. **for** (Edge edge : node.edges)
23. priorityQueue.add(edge);
24. **while** (!priorityQueue.isEmpty()) {
25. Edge edge = priorityQueue.poll();
26. Node toNode = edge.to;
27. **if** (!set.contains(toNode)) {
28. set.add(toNode);
29. result.add(edge);
30. **for** (Edge nextEdge : toNode.edges)
31. priorityQueue.add(nextEdge);
32. }
33. }
34. }
35. }
36. **return** result;
37. }
38. }

## 5.6 Dijkstra

1. **import** java.util.Comparator;
2. **import** java.util.PriorityQueue;
3. **import** java.util.Vector;
5. **class** edge{
6. **int** to;
7. **int** cost;
8. }
10. **class** pair{
11. **int** first;
12. **int** second;
13. pair(**int** n1,**int** n2){
14. first=n1;
15. second=n2;
16. }
17. }
19. **public** **class** Main {
21. **public** **static** **int** MAX\_V=1000,INF=99999;
22. **public** **static** **int** V=1000;
23. **public** **static** **int**[] d=**new** **int**[MAX\_V];
24. **public** **static** Vector<edge>[] G=**new** Vector[MAX\_V];
26. **public** **static** **void** dijkstra(**int** s){
27. **for** (**int** i = 0; i < V; i++) {
28. d[i]=INF;
29. G[i]=**new** Vector<edge>();
30. }
31. PriorityQueue<pair> que=**new** PriorityQueue<pair>(11,**new** Comparator<pair>(){
32. **public** **int** compare(pair p1,pair p2){
33. **return** p1.first-p2.first;
34. }
35. });
36. d[s]=0;
37. que.offer(**new** pair(0,s));
39. **while**(!que.isEmpty()){
40. pair p=que.poll();
41. **int** v=p.second;
42. **if**(d[v]<p.first)
43. **continue**;
44. **for**(**int** i=0;i<G[v].size();i++){
45. edge e=G[v].get(i);
46. **if**(d[e.to]>d[v]+e.cost){
47. d[e.to]=d[v]+e.cost;
48. que.offer(**new** pair(d[e.to],e.to));
49. }
50. }
51. }
52. }
53. }

## 5.7 Bellman-Ford

1. //从顶点from指向顶点to的权值为cost的边
2. **class** edge{
3. **int** from,to,cost;
4. }
6. **public** **class** Main {
8. **public** **static** **int** MAX\_V=1000,MAX\_E,INF=99999;
9. **public** **static** **int** V=1000,E=10000;//V顶点数,E边数
10. **public** **static** **int**[] d=**new** **int**[MAX\_V];//最短距离
11. **public** **static** edge[] es=**new** edge[MAX\_E];//边
13. //求解从顶点s出发到所有点的最短距离
14. **public** **static** **void** shortest\_path(**int** s){
15. **for** (**int** i = 0; i < V; i++) {
16. d[i]=INF;
17. }
18. **for** (**int** i = 0; i < E; i++) {
19. es[i]=**new** edge();
20. }
21. d[s]=0;
23. **while**(**true**){
24. **boolean** update=**false**;
25. **for** (**int** i = 0; i < E; i++) {
26. edge e=es[i];
27. **if** (d[e.from]!=INF&&d[e.to]>d[e.from]+e.cost) {
28. d[e.to]=d[e.from]+e.cost;
29. update=**true**;
30. }
31. }
32. **if** (!update) {
33. **break**;
34. }
35. }
36. }
38. //如果返回true则存在负圈
39. **public** **static** **boolean** find\_negative\_loop(){
40. **for** (**int** i = 0; i < d.length; i++) {
41. d[i]=0;
42. }
44. **for** (**int** i = 0; i < V; i++) {
45. **for** (**int** j = 0; j < E; j++) {
46. edge e=es[j];
47. **if** (d[e.to]>d[e.from]+e.cost) {
48. d[e.to]=d[e.from]+e.cost;
50. //如果第n次仍然更新了，则存在负圈
51. **if**(i==V-1)
52. **return** **true**;
53. }
54. }
55. }
56. **return** **false**;
57. }
58. }

## 5.8 Floyd\_Warshall

1. **public** **class** Main {
3. **public** **static** **int** MAX\_V=1000,INF=99999;
4. **public** **static** **int** V=1000;//顶点数
5. //d[u][v]表示边e=(u,v)的权值(不存在时设为INF,不过d[i][i]=0)
6. **public** **static** **int**[][] d=**new** **int**[MAX\_V][MAX\_V];
8. **public** **static** **void** warshall\_floyd(){
9. **for** (**int** k = 0; k < V; k++) {
10. **for** (**int** i = 0; i < V; i++) {
11. **for** (**int** j = 0; j < V; j++) {
12. d[i][j]=Math.min(d[i][j], d[i][k]+d[k][j]);
13. }
14. }
15. }
16. }
17. }

# 6 其他数据结构

## 6.1 并查集

1. **import** java.util.HashMap;
2. **import** java.util.LinkedList;
3. **import** java.util.List;
5. **public** **class** UnionSet {
7. **public** **static** **class** Data {
9. }
11. **public** **static** **class** UnionFindSet {
12. //(key,value)表示，key的父节点，是value，（Data\_A，Data\_B）代表，Data\_A的父节点是Data\_B
13. **public** HashMap<Data, Data> fatherMap;
14. **public** HashMap<Data, Integer> sizeMap;
16. **public** UnionFindSet(List<Data> nodes) {
17. fatherMap = **new** HashMap<Data, Data>();
18. sizeMap = **new** HashMap<Data, Integer>();
19. makeSets(nodes);
20. }
22. **private** **void** makeSets(List<Data> nodes) {
23. fatherMap.clear();
24. sizeMap.clear();
25. **for** (Data node : nodes) {
26. fatherMap.put(node, node);
27. sizeMap.put(node, 1);
28. }
29. }
31. **private** Data findHead(Data node) {
32. Data father = fatherMap.get(node);
33. **if** (father != node)
34. father = findHead(father);
35. fatherMap.put(node, father);
36. **return** father;
37. }
39. **public** **boolean** isSameSet(Data a, Data b) {
40. **return** findHead(a) == findHead(b);
41. }
43. **public** **void** union(Data a, Data b) {
44. **if** (a == **null** || b == **null**)
45. **return**;
46. Data aHead = findHead(a);
47. Data bHead = findHead(b);
48. **if** (aHead != bHead) {
49. **int** aSetSize = sizeMap.get(aHead);
50. **int** bSetSize = sizeMap.get(bHead);
51. **if** (aSetSize <= bSetSize) {
52. fatherMap.put(aHead, bHead);
53. sizeMap.put(bHead, aSetSize + bSetSize);
54. } **else** {
55. fatherMap.put(bHead, aHead);
56. sizeMap.put(aHead, aSetSize + bSetSize);
57. }
58. }
59. }
60. }
61. }

# 7 经典例题

## 7.1 常规

### 7.1.1 荷兰国旗问题

1. **public** **class** NetherlandsFlag {
3. **public** **static** **int**[] partition(**int**[] arr, **int** L, **int** R, **int** num) {
4. **int** less = L - 1;
5. **int** more = R + 1;
6. **while** (L < more) {
7. **if** (arr[L] < num)
8. swap(arr, ++less, L++);
9. **else** **if** (arr[L] > num)
10. swap(arr, --more, L);
11. **else**
12. L++;
13. }
14. **return** **new** **int**[]{less + 1, more - 1};
15. }
17. **public** **static** **void** swap(**int**[] arr, **int** i, **int** j) {
18. **int** tmp = arr[i];
19. arr[i] = arr[j];
20. arr[j] = tmp;
21. }
22. }

## 7.2 递归

### 7.2.1 汉诺塔

1. **public** **class** Hannota {
3. **public** **static** **void** hannota(**int** n,String form,String to,String help){
4. **if** (n==1){
5. System.out.println("Move 1 from "+form+" to "+to);
6. **return**;
7. }**else** {
8. hannota(n-1,form,help,to);
9. System.out.println("Move "+n+" from "+form+" to "+to);
10. hannota(n-1,help,to,form);
11. }
12. }
13. }

### 7.2.2 使用递归将栈倒置

1. **import** java.util.Stack;
3. **public** **class** ReverseStackUsingRecursive {
5. **public** **static** **void** reverse(Stack<Integer> stack){
6. **if** (stack.isEmpty())
7. **return**;
8. **int** i=getAndRemoveLastElement(stack);
9. reverse(stack);
10. stack.push(i);
11. }
13. **public** **static** **int** getAndRemoveLastElement(Stack<Integer> stack){
14. **int** result=stack.pop();
15. **if** (stack.isEmpty()){
16. **return** result;
17. }**else** {
18. **int** last=getAndRemoveLastElement(stack);
19. stack.push(result);
20. **return** last;
21. }
22. }
23. }

## 7.3 贪心

## 7.4 动态规划

### 7.4.1 背包问题

#### 7.4.1.1 01背包

1. **import** java.util.Arrays;
3. **public** **class** ZeroOneBackpackProblem {
5. **public** **static** **void** main(String[] agrs) {
7. n = 4;
8. W = 5;
9. w[0] = 2;v[0] = 3;
10. w[1] = 1;v[1] = 2;
11. w[2] = 3;v[2] = 4;
12. w[3] = 2;v[3] = 2;
14. init(-1);//记忆搜索初始化为-1
15. System.out.println(zeroOne(0, W));
17. init(0);//dp初始化为0
18. zeroOne2();
19. System.out.println(dp[0][W]);
21. Arrays.fill(dp2,0);
22. zeroOne3();
23. System.out.println(dp2[W]);
24. }
26. **public** **static** **int** MAX\_N = 100;//物品个数
27. **public** **static** **int** MAX\_W = 1000;//背包重量
28. **public** **static** **int** n;//物品个数
29. **public** **static** **int** W;//背包容量
30. **public** **static** **int**[] w = **new** **int**[MAX\_N];//物品重量
31. **public** **static** **int**[] v = **new** **int**[MAX\_N];//物品价值
33. //还未初始化，用之前一定要记得使用初始化
34. **public** **static** **int**[][] dp = **new** **int**[MAX\_N + 1][MAX\_W + 1];
36. //初始化dp矩阵
37. //Arrays.fill函数本质也是循环，并不能加速初始化且只能初始化一维数组
38. **public** **static** **void** init(**int** v) {
39. **for** (**int** i = 0; i <= MAX\_N; i++)
40. **for** (**int** j = 0; j <= MAX\_W; j++)
41. dp[i][j] = v;
42. }
44. //递归记忆搜索方法O(nW)
45. **public** **static** **int** zeroOne(**int** i, **int** j) {
46. **if** (dp[i][j] >= 0) {
47. //已经经过计算的话直接使用之前的结果
48. **return** dp[i][j];
49. }
50. **int** res;
51. **if** (i == n) {
52. //已经没有剩余物品了
53. res = 0;
54. } **else** **if** (j < w[i]) {
55. //无法挑选这个物品
56. res = zeroOne(i + 1, j);
57. } **else** {
58. //挑选和不挑选两种情况都尝试一下
59. res = Math.max(zeroOne(i + 1, j), zeroOne(i + 1, j - w[i]) + v[i]);
60. }
61. **return** res;
62. }
64. //dp方法O(nW)
65. **public** **static** **void** zeroOne2() {
66. **for** (**int** i = n - 1; i >= 0; i--) {
67. **for** (**int** j = 0; j <= W; j++) {
68. **if** (j < w[i]) {
69. dp[i][j] = dp[i + 1][j];
70. } **else** {
71. dp[i][j] = Math.max(dp[i + 1][j], dp[i + 1][j - w[i]] + v[i]);
72. }
73. }
74. }
75. }
77. //dp方法2，只用一维数组
78. **public** **static** **int**[] dp2 = **new** **int**[MAX\_N + 1];
80. **public** **static** **void** zeroOne3() {
81. **for** (**int** i = 0; i < n; i++) {
82. **for** (**int** j = W; j >= w[i]; j--) {
83. dp2[j] = Math.max(dp2[j], dp2[j - w[i]] + v[i]);
84. }
85. }
86. }
87. }

输入数据：

1. n = 4
2. (w, v) = {(2, 3), (1, 2), (3, 4), (2, 2)}
3. W=5

输出结果：

1. 7(选择第0、1、3号物品)

#### 7.4.1.2 完全背包问题

1. **import** java.util.Arrays;
3. **public** **class** FullBackpackProblem {
5. **public** **static** **void** main(String[] agrs) {
7. n = 3;
8. W = 7;
9. w[0] = 3;v[0] = 4;
10. w[1] = 4;v[1] = 5;
11. w[2] = 2;v[2] = 3;
13. init(0);
14. full();
15. System.out.println(dp[n][W]);
17. Arrays.fill(dp2,0);
18. full2();
19. System.out.println(dp2[W]);
20. }
22. **public** **static** **int** MAX\_N = 100;//物品个数
23. **public** **static** **int** MAX\_W = 1000;//背包重量
24. **public** **static** **int** n;//物品个数
25. **public** **static** **int** W;//背包容量
26. **public** **static** **int**[] w = **new** **int**[MAX\_N];//物品重量
27. **public** **static** **int**[] v = **new** **int**[MAX\_N];//物品价值
29. //还未初始化，用之前一定要记得使用初始化
30. **public** **static** **int**[][] dp = **new** **int**[MAX\_N + 1][MAX\_W + 1];
32. //初始化dp矩阵
33. **public** **static** **void** init(**int** v) {
34. **for** (**int** i = 0; i <= MAX\_N; i++)
35. **for** (**int** j = 0; j <= MAX\_W; j++)
36. dp[i][j] = v;
37. }
39. **public** **static** **void** full() {
40. **for** (**int** i = 0; i < n; i++)
41. **for** (**int** j = 0; j <= W; j++) {
42. **if** (j < w[i]) {
43. dp[i + 1][j] = dp[i][j];
44. } **else** {
45. dp[i + 1][j] = Math.max(dp[i][j], dp[i + 1][j - w[i]] + v[i]);
46. }
47. }
48. }
50. //只用一维数组
51. **public** **static** **int**[] dp2 = **new** **int**[MAX\_N + 1];
52. **public** **static** **void** full2() {
53. **for** (**int** i = 0; i < n; i++)
54. **for** (**int** j = w[i]; j <= W; j++) {
55. dp2[j] = Math.max(dp2[j], dp2[j - w[i]] + v[i]);
56. }
57. }
58. }

输入数据：

1. n = 3
2. (w, v) = {(3, 4), (4, 5), (2, 3)}
3. W = 7

输出结果：

1. 10（0号物品选1个，2号物品选2个）

### 7.4.2 最长公共子序列

1. **public** **class** LongestCommonCubsequence {
3. **public** **static** **void** main(String[] args) {
5. s="leiliu";
6. t="lqweileoui";
8. longestCommonCubsequence();
9. System.out.println(dp[s.length()][t.length()]);
10. }
12. **public** **static** String s;
13. **public** **static** String t;
15. **public** **static** **int** MAX\_N = 100;
16. **public** **static** **int** MAX\_M = 100;
17. **public** **static** **int**[][] dp = **new** **int**[MAX\_N + 1][MAX\_M + 1];
19. **public** **static** **void** longestCommonCubsequence() {
20. **for** (**int** i = 0; i < s.length(); i++)
21. **for** (**int** j = 0; j < t.length(); j++) {
22. **if** (s.charAt(i) == t.charAt(j)) {
23. dp[i + 1][j + 1] = dp[i][j]+1;
24. } **else** {
25. dp[i + 1][j + 1] = Math.max(dp[i][j + 1], dp[i + 1][j]);
26. }
27. }
28. }
29. }

输入数据：

1. s="leiliu"
2. t="lqweileoui"

输出结果：

1. 5