МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Вятский государственный университет»

Факультет автоматики и вычислительной техники

Кафедра электронных вычислительных машин

Лабораторная работа № 1 по дисциплине

«Параллельное программирование»

Выполнил студент группы ИВТ-31 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Седов М. Д./

Проверил доцент кафедры ЭВМ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Долженкова М. Л./

Киров 2020

1 Задание

Необходимо реализовать поиск разрешающей последовательности ходов в пятнашках произвольной размерности.

1. Изучить алгоритм
2. Провести доказательную оценку алгоритма по временной сложности и затратами по памяти
3. Реализовать алгоритм с помощью языка С++
4. Построить набор тестовых примеров и провести оценку эффективности реализованного алгоритма

* 1. Изучение предметной области

Алгоритм представляет из себя поиск пути в графе, вершинам которого являются состояние каждого элемента пятнашек. Сам граф является бинарным деревом поиска, в качестве значения которого является оценочная стоимость состояния пятнашек, что позволяет ускорить нахождение разрешающей последовательности. В качестве алгоритма для поиска наилучшей последовательности используется А\*, а в качестве оценочной функции используется эвристика расстояние городских кварталов(manhattan distance). При достижении состояния со значением оценочной функции равной 0 будет найден разрешающая последовательность ходов.

Асссимптотическая сложность для данного алгоритма: O(lgV\*V), где V – число состояний игры для писка в дереве.

* 1. Программная реализация

Листинг программной реализации алгоритма на C++ приведен в приложении А.

* 1. Тестирование

В ходе тестирования матрица со значениями пятнашек была сгенерированна случайным образом. Количество строк и столбцов пятнашек и результаты тестирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты тестирования

|  |  |
| --- | --- |
| Количество строк и столбцов | Среднее время из 10 запусков, с |
| 2х3 | 0,0000734 |
| 3х3 | 0,0011579 |
| 3х4 | 0,0126833 |
| 4х4 | 0,112261 |
| 4х5 | 2,50988 |
| 5х5 | 61,3944 |

* 1. Вывод

В ходе лабораторной работы был реализован алгоритм поиска разрешающей последовательности ходов в пятнашках произвольной размерности. В ходе тестирования было замечено, что время работы алгоритма увеличивается как при увеличении строк матрицы, так и при увеличении столбцов.

Приложение А

(обязательное)

Листинг программной реализации

main.cpp

#include <iostream>

#include <cstdlib>

#include <cmath>

#include <ctime>

#include <vector>

#include "Map.h"

#include "BinTree.h"

#include "State.h"

#include <ctime>

#include <limits>

#define TESTS 10

using namespace std;

bool check (Map\*);

void printMap(Map\*);

Map\* generateMap(int lines, int cols) {

int len = lines \* cols;

Map\* map = new Map(lines, cols);

for (int i = 0; i < len; ++i)

{

map->map[i] = i + 1;

}

map->map[len - 1] = 0;

int i = 0;

int shift\_pos;

while (i<=len\*20) {

int zero = map->find(0);

shift\_pos = rand() % 4;

switch (shift\_pos){

case 0:

if (zero / map->getCols() != 0) {

map = map->shift(shift\_pos);

i++;

}

continue;

case 1:

if (zero % map->getCols() != map->getCols() - 1) {

map = map->shift(shift\_pos);

i++;

}

continue;

case 2:

if (zero / map->getCols() != map->getLines() - 1) {

map = map->shift(shift\_pos);

i++;

}

continue;

case 3:

if (zero % map->getCols() != 0) {

map = map->shift(shift\_pos);

i++;

}

continue;

}

}

return map;

}

void printMap(Map\* map) {

std::cout << std::endl;

for (int i = 0; i < map->lines; ++i) {

for (int j = 0; j < map->cols; ++j) {

std::cout << map->map[i\*map->cols + j] << '\t';

}

std::cout << std::endl;

}

std::cout << std::endl;

}

vector<State\*> a(Map\* map) {

BinTree open = BinTree(new State(map, NULL));

BinTree close = BinTree();

State\* min = open.min();

close.add(min);

open.del(min);

for (; min->getCost() != 0; min = open.min(), close.add(min), open.del(min))

{

int zero = min->getMap()->find(0);

if (zero / map->getCols() != 0) {

State\* s = new State(min->getMap()->shift(0), min);

if ((open.find(s) == NULL) && (close.find(s) == NULL)) {

open.add(s);

}

}

if (zero % map->getCols() != map->getCols() - 1) {

State\* s = new State(min->getMap()->shift(1), min);

if ((open.find(s) == NULL) && (close.find(s) == NULL)) {

open.add(s);

}

}

if (zero / map->getCols() != map->getLines() - 1) {

State\* s = new State(min->getMap()->shift(2), min);

if ((open.find(s) == NULL) && (close.find(s) == NULL)) {

open.add(s);

}

}

if (zero % map->getCols() != 0) {

State\* s = new State(min->getMap()->shift(3), min);

if ((close.find(s) == NULL) && (open.find(s) == NULL)) {

open.add(s);

}

}

}

std::vector<State\*> solution;

State\* s = min;

do

{

solution.push\_back(s);

s = s->getParent();

} while (s != NULL);

return solution;

}

int main(int argc, char const \*argv[]) {

int lines, cols;

Map\* map;

do {

system("cls");

cout << "Enter field sizes: " << endl;

cin >> lines >> cols;

cin.clear();

if (cin.good() == false || cols < 2 || lines < 2) {

system("cls");

std::cout << "The size of the field is wrong" << std::endl;

cin.ignore(numeric\_limits<streamsize>::max(), '\n');

getchar();

}

} while (cols\*lines <= 4);

double t = 0;

std::vector<State\*> ans;

for (int i = 0; i < TESTS; i++) {

srand(i);

map = generateMap(lines, cols);

printMap(map);

std::cout << "\n" << "Case #" << i + 1 << ": ";

clock\_t time = clock();

ans = a(map);

time = clock() - time;

std::cout << "\n" << "Solution:";

for (int k = ans.size()-1; k >= 0; k--) {

printMap(ans[k]->getMap());

}

std::cout << "Time:" << (double)time / CLOCKS\_PER\_SEC << std::endl;

t += (double)time / CLOCKS\_PER\_SEC;

}

std::cout << "\n" << "-------------------- " << std::endl;

std::cout << "Average time = " << t / TESTS << std::endl;

system("pause");

return 0;

}

Map.h

#pragma once

class Map

{

public:

int\* map;

int lines;

int cols;

public:

Map(int lines, int cols) {

this->map = new int[lines\*cols];

this->lines = lines;

this->cols = cols;

}

int getLines() {

return this->lines;

}

int getCols() {

return this->cols;

}

int find(int n) {

for (int i = 0; i < lines \* cols; ++i) {

if (map[i] == n) return i;

}

return -1;

}

Map\* shift(int angle) {

if ((angle < 0) || (angle > 3)) return this;

int len = lines \* cols;

Map\* mapc = new Map(lines, cols);

int ind = 0;

for (int i = 0; i < len; ++i) {

mapc->map[i] = map[i];

if (map[i] == 0) ind = i;

}

switch (angle) {

//up

case 0: {

mapc->map[ind] = mapc->map[ind - cols];

mapc->map[ind - cols] = 0;

break;

}

//right

case 1: {

mapc->map[ind] = mapc->map[ind + 1];

mapc->map[ind + 1] = 0;

break;

}

//down

case 2: {

mapc->map[ind] = mapc->map[ind + cols];

mapc->map[ind + cols] = 0;

break;

}

//left

case 3: {

mapc->map[ind] = mapc->map[ind - 1];

mapc->map[ind - 1] = 0;

break;

}

}

return mapc;

}

};

State.h

#pragma once

#include <cstdlib>

#include <functional>

#include "Map.h"

int costFunc(Map\* map);

unsigned int calcHash(Map\* map);

class State

{

public:

int cost;

State\* parent;

Map\* map;

int hash;

public:

State(Map\* map, State\* parent) {

this->cost = costFunc(map);

this->parent = parent;

this->map = map;

this->hash = calcHash(map);

}

State() {}

const State\* copy() const {

return this;

}

Map\* getMap() const {

return this->map;

}

int getHash() const {

return this->hash;

}

int getCost() const {

return this->cost;

}

State\* getParent() {

return this->parent;

}

};

int costFunc(Map\* map) {

int len = map->lines\*map->cols;

int sum = 0;

for (int i = 0; i < len; ++i)

{

if (map->map[i] == 0) continue;

int dx = abs((i % map->cols) - ((map->map[i] - 1) % map->cols));

int dy = abs((i / map->cols) - ((map->map[i] - 1) / map->cols));

sum += dx + dy;

}

return sum;

}

unsigned int calcHash(Map\* map) {

int len = map->lines \* map->cols;

unsigned int h = 0;

for (int i = 0; i < len; ++i) {

h += std::hash<int>{}(map->map[i] \* (1 << i));

}

return h;

}

BinTree.h

#pragma once

#include <cstdlib>

#include "Map.h"

#include "State.h"

struct Node {

Node\* left;

Node\* right;

State\* elem;

};

class BinTree

{

private:

Node\* node;

public:

int len;

BinTree(State\* s) {

this->node = new Node();

this->node->elem = s;

len = 1;

}

BinTree() {

this->node = new Node();

len = 0;

}

~BinTree() {

}

int getLen() {

return len;

}

void add(State\* s) {

Node\* n = this->node;

len += 1;

if (n->elem == NULL) {

n->elem = s;

return;

}

do

{

if (s->getCost() >= n->elem->getCost()) {

if (n->right == NULL) {

n->right = new Node();

n->right->elem = s;

break;

}

else {

n = n->right;

}

}

else {

if (n->left == NULL) {

n->left = new Node();

n->left->elem = s;

break;

}

else {

n = n->left;

}

}

} while (true);

}

void del(State\* s) {

Node\* n = this->node;

Node\* p = NULL;

while (n->elem != s)

{

p = n;

if (s->getCost() > n->elem->getCost()) {

n = n->right;

}

else {

n = n->left;

}

if (n == NULL) return;

}

len -= 1;

if ((n->left == NULL) && (n->right == NULL)) {

if (p == NULL) {

n->elem = NULL;

return;

}

if (p->left == n) p->left = NULL;

else p->right = NULL;

delete n;

return;

}

if (n->left == NULL) {

if (p == NULL) {

this->node = n->right;

delete n;

return;

}

if (p->left == n) p->left = n->right;

else p->right = n->right;

delete n;

return;

}

if (n->right == NULL) {

if (p == NULL) {

this->node = n->left;

delete n;

return;

}

if (p->left == n) p->left = n->left;

else p->right = n->left;

delete n;

return;

}

if (n->right->left == NULL) {

n->elem = n->right->elem;

n->right = n->right->right;

return;

}

else {

Node\* k = n->right;

while (k->left->left != NULL) {

k = k->left;

}

n->elem = k->left->elem;

k->left = k->left->right;

}

}

bool cmp(State\* a, State\* b) {

Map\* am = a->getMap();

Map\* bm = b->getMap();

int len = am->getCols() \* am->getLines();

for (int i = 0; i < len; i++) {

if (am->map[i] != bm->map[i]) return false;

}

return true;

}

State\* find(State\* s) {

Node\* n = this->node;

if (n->elem == NULL) return NULL;

while ((n->elem->getHash() != s->getHash()) || (!cmp(n->elem, s))) {

if (s->getCost() >= n->elem->getCost()) {

n = n->right;

}

else {

n = n->left;

}

if (n == NULL) return NULL;

}

return n->elem;

}

State\* min() {

Node\* n = this->node;

while (n->left != NULL) n = n->left;

return n->elem;

}

};