

Anmerkungen zu Aufgabenblatt 3

Der zu verwendende Programmrahmen steht als Zip-Archiv `uebung3.zip` im Moodle unter der Adresse <https://moodle.hpi.de/course/view.php?id=297> zum Download zur Verfügung.

Aufgabe 3.1: Exception-Handling (10 Punkte ²⁺⁴⁺²⁺²)

Um die Stabilität eines Programms gegenüber ungültigen Eingaben oder Fehlern während der Programmausführung zu erhöhen, können an kritischen Code-Stellen Exceptions geworfen und in sinnvollerweise behandelt werden. In dieser Aufgabe soll ein gegebenes Programm zur Verifikation von Wetterdaten um entsprechendes Exception-Handling erweitert werden.

Das Modul `exceptions.cpp` liest einen gegebenen Datensatz (`wetter_potsdam.csv`) ein, der taggenaue Temperatur- und Niederschlagswerte für die Jahre 1893–2018 enthält. Der Dateipfad und -name wird als Kommandozeilenargument übergeben. Vergewähren Sie sich zunächst den Datensatz in einem Texteditor. Machen Sie sich zudem mit der Struktur `FormatException` im Programmrahmen vertraut.

- a) Implementieren Sie die Funktion `checkData`, die eine CSV-Datei öffnet, zeilenweise einliest und pro Zeile die Funktion `parseLine` aufruft. Verwerfen Sie beim Einlesen die Header-Zeile. Fangen Sie Exceptions, die beim Öffnen, Lesen oder Schließen von Dateien üblicherweise auftreten, ab. Machen Sie sich hierzu mit der Methode `std::ios::exceptions` vertraut. Im Falle eines Fehlers, soll eine Fehlermeldung mit der Art des Fehlers bzw. der Fehlerzeile auf dem *Standard Error Stream* ausgegeben werden.
- b) Implementieren Sie die Funktion `parseLine`, die eine gegebene Zeile elementweise (getrennt durch einen Delimiter) zerlegt. Nutzen Sie die Funktionen `stringToTime` und `std::stof` in Verbindung mit Exception-Handling, um die Validität der verschiedenen Datenfelder zu überprüfen. Bei fehlerhaften Zeilen soll pro Zeile *genau eine* entsprechend initialisierte `FormatException` geworfen werden.
- c) Erweitern Sie die Funktion `checkData`, indem Sie `FormatExceptions` abfangen. Rufen Sie im entsprechenden catch-Block die Methode `writeOutFormatException` auf. Ermitteln Sie zudem die Anzahl an validen und invaliden Einträgen in der CSV-Datei und geben Sie diese Werte auf dem *Standard Output Stream* aus.
- d) Implementieren Sie die Funktion `writeOutFormatException`, die eine `FormatException` in ein kontinuierlich über mehrere Programmstarts hinweg wachsendes Logfile exportieren soll. Pro Exception sollen dabei die Nummer der betroffenen Zeile der CSV-Datei und die invaliden Daten-Felder („Date“, „Temperature“ oder „Rainfall“) ausgegeben werden. Die erste Datenzeile der Datei nach der Headerzeile entspricht der Zeilennummer 2. Fangen Sie Exceptions ab, die beim Öffnen, Schreiben oder Schließen von Dateien auftreten können.

Aufgabe 3.2: Algorithmen und Funktionsobjekte in C++ (6 Punkte ²⁺²⁺²)

Die Programmierung von Algorithmen wird in C++ durch Lambda-Ausdrücke unterstützt. In dieser Aufgabe sollen die zugehörigen Programmiersprachmittel eingesetzt werden. Zwei Datensätze (`airports.dat` und `routes.dat`), die Informationen über Flughäfen bzw. Informationen über regelmäßige Verbindungen zwischen Flughäfen enthalten, sollen durch entsprechende Algorithmen ausgewertet werden. Das Modul `airports.cpp` liest beide Datensätze ein und speichert alle für die Aufgabe relevanten Informationen über einen Flughafen in einer `AirportInfo`-Struktur. Die `AirportInfo`-Strukturen werden wiederum der entsprechenden Flughafen-ID zugeordnet und in einer `std::map` gespeichert.

- a) Implementieren Sie die Funktion `removeNonDirectFlights`, die aus dem `std::vector AirportInfo::routes` alle Routen entfernt, die mindestens einen Zwischenstopp beinhalten. Nutzen Sie dafür unter anderem die Funktion `std::remove_if`.
- b) Implementieren Sie die Funktion `calculateDistancePerRoute`, die für jede Route aus `AirportInfo::routes` die Distanz zwischen Start- und Zielflughafen in Kilometern berechnet. Nutzen Sie unter anderem die Funktion `std::transform`. Machen Sie sich mit der im Programmrahmen gegebenen Funktion `calculateDistanceBetween` vertraut. Speichern Sie das Ergebnis in `AirportInfo::routeLengths`.
- c) Implementieren Sie die Funktion `calculateAverageRouteDistances`, die pro Flughafen die durchschnittliche Distanz aller ausgehenden Routen berechnet. Nutzen Sie die Funktion `std::accumulate`. Speichern Sie die Ergebnisse in `AirportInfo::averageRouteLength`.

Aufgabe 3.3: Genetische Programmierung (10 Punkte ¹⁺²⁺¹⁺²⁺³⁺¹ + 3 BP)

Das Problem des Handlungsreisenden (Traveling Salesman Problem, TSP) beschreibt das Problem der Suche nach der kürzesten Rundreise zwischen einer Menge von Wegpunkten. Mit steigender Anzahl an Wegpunkten wächst die Anzahl an möglichen Pfaden überexponentiell und die exakte Berechnung wird nicht mehr handhabbar.

Zur Lösung der Aufgabe soll deshalb genetische Programmierung genutzt werden, um das TSP anhand einer Entfernungsmatrix (`distanceTable`) der 20 größten deutschen Städte zu begutachten. Eine Tour beinhaltet dabei den Besuch einer jeden Stadt. Die Gesamtstrecke einer Tour berechnet sich durch die Summe der Streckenabschnitte inklusive der Rückreisestrecke. Das gesuchte Ergebnis ist eine Tour mit möglichst kurzer Gesamtstrecke.

Nutzen Sie den vorgegeben Programmrahmen in `genetic-tsp.cpp`.

- Implementieren Sie die Funktion `cityDistance`, die zu zwei gegebenen Städten die entsprechende Distanz aus der Distanzmatrix zurückgibt. Machen Sie sich mit dem Befehl `assert` vertraut und geben Sie Zusicherungen an, die für die Wertebereiche ($0 \leq \text{city}_i < N$) und Ungleichheit der übergebenen Parameter gelten.
- Implementieren Sie die Funktion `tourLength`, die die Länge einer gegebenen Strecke bestimmt und formulieren Sie erneut Assertions zur Zusicherung des gültigen Zustands der Tour. Nutzen Sie dafür die bereits implementierten Funktionen des Programmrahmens. Aktualisieren Sie zudem die globalen Werte `minDist` und `maxDist`, die statistische Werte zur insgesamt kürzesten und längsten gefundenen Strecke auf der Kommandozeile anzeigen.
- Fügen Sie in `insertCity` die übergebene Stadt an der nächsten freien Position der gegebenen Tour ein. Eine freie Position wird markiert durch den Stadt-Index `-1`. Sichern Sie dabei zu, dass der übergebene Stadt-Index im gültigen Wertebereich liegt.
- Der Programmrahmen erzeugt in `generateTours` bereits eine zufällige Anfangspopulation. Implementieren Sie das Kreuzen der bisherigen besten zwei Touren in `crossover`, indem Sie einen Abschnitt der Länge 5 aus der einen Tour, unter Beibehaltung der ursprünglichen Positionen, übernehmen und die restlichen Städte in der Reihenfolge aus der anderen Tour hinzufügen.
- Erlauben Sie zusätzlich die Möglichkeit, wahrscheinlichkeitsbedingt die Indizes von Städten einer Tour zu vertauschen (Mutation). Implementieren Sie dazu die Funktion `mutate`, die jede Stadt einer Tour mit einer Wahrscheinlichkeit von 2% mit einer zufälligen anderen Stadt tauscht. Wenden Sie die Mutation in `evolution` an, wobei Sie die dort gerade neu erzeugte Tour und die zwei bisher besten Touren von der Mutation ausnehmen.
- Visualisieren Sie, unter zu Hilfe nahme eines externen Tools, die Entwicklung der Touren eines exemplarischen Programmdurchlaufs, die als `output.csv` ausgegeben wird, in einem Diagramm und reichen Sie dieses mit Ihrer Abgabe als PDF ein.
- Bonusaufgabe (3 Bonuspunkte):** Erweitern Sie das Programm um Konfigurationsmöglichkeiten über Kommandozeilenargumente. Geben Sie dazu eine neue Datei `genetic-tsp-extended.cpp` ab, die um entsprechende Funktionalitäten erweitert wurde. Bieten Sie an, darüber
 - Die Mutationswahrscheinlichkeit zu definieren,
 - Die Länge des in `crossover` aus einer Tour übernommenen Abschnitts zu definieren oder innerhalb eines auf der Kommandozeile übergebenen Intervalls zufällig zu bestimmen.
 - Innerhalb einer Generation wahlweise 0 bis 5 paarweise Kreuzungen der besten Touren vorzunehmen (2 Kreuzungen würde dabei beispielsweise bedeuten, dass neben der Kreuzung der besten und zweitbesten Tour auch die drittbeste mit der viertbesten Tour gekreuzt würde).

Stellen Sie aufgrund von experimentellen Messungen für jeden Parameter eine Vermutung auf, welche Konfiguration zu besonders guten Lösungen führt und legen Sie Ihrer Abgabe wie in f) ein zusätzliches PDF bei, in dem Sie einen Programmdurchlauf mit guten Ergebnissen als Diagramm darstellen und die verwendeten Parameter angeben.

Allgemeine Hinweise zur Bearbeitung und Abgabe

- Die Aufgaben können allein oder zu zweit bearbeitet werden. Je Gruppe ist nur eine Abgabe notwendig.
- Bonuspunkte können innerhalb des Übungsblattes (nicht nur innerhalb der spezifischen Aufgabe) verlorene Punkte ausgleichen. Sie sind nicht auf andere Übungsblätter übertragbar und werden nicht über die reguläre Punktzahl hinaus angerechnet.
- Bitte reichen Sie Ihre Lösungen bis spätestens **Dienstag, den 7. Juni um 17:00 Uhr** ein.
- Die Implementierung kann auf einer üblichen Plattform (Windows, Linux, OS X) erfolgen, darf aber keine plattformspezifischen Elemente enthalten, d. h. die Implementierung soll plattformunabhängig entwickelt werden.
- Die Lösungen von theoretischen Aufgaben können als Textdatei oder PDF abgegeben werden. Benennen Sie die Dateien im Format `<Aufgabenblatt>_<Aufgabe>_<Teilaufgabe>`, bspw. „3_3_f.pdf“ oder „3_3_g.pdf“.
- Bestehen weitere Fragen und Probleme, kontaktieren Sie den Übungsleiter oder nutzen Sie das Forum im Moodle.
- Archivieren Sie zur Abgabe Ihren bearbeiteten Programmrahmen und die Lösungen der theoretischen Aufgaben als Zip-Archiv und ergänzen Sie Ihre Namen im Bezeichner des Zip-Archivs im folgenden Format: **uebung3_Grp_MatNr1_MatNr2.zip**, bspw. **uebung3_grp1_123456_654321.zip**. Beachten Sie, dass dabei nur die vollständigen Lösungen sowie eventuelle Zusatzdaten gepackt werden (alle Dateien, die im gegebenen Programmrahmen vorhanden waren); vermeiden Sie bitte nicht notwendige Unterordner. Laden Sie keine Kompilate und temporären Dateien (*.obj, *.pdb, *.ilk, *.ncb, *.exe, etc.) hoch. Testen Sie vor dem Hochladen, ob die Abgabe fehlerfrei kompiliert und ausgeführt werden kann.
- Reichen Sie Ihr Zip-Archiv im Moodle ein:
<https://moodle.hpi.de/course/view.php?id=297>.