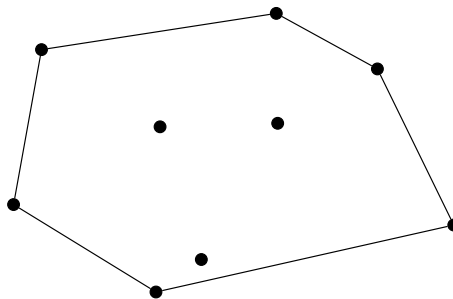


Institut für Theoretische Informatik
Peter Widmayer
Sandro Montanari
Tobias Pröger

15. Mai 2013

Datenstrukturen & Algorithmen Programmieraufgabe 11 FS 13

In dieser Aufgabe soll ein Algorithmus implementiert werden, der die konvexe Hülle einer gegebenen Menge von Punkten berechnet. Seien $p_1, \dots, p_n \in \mathbb{N}^2$ Punkte in der Ebene mit ganzzahligen Koordinaten und in allgemeiner Lage (d.h., keine drei von ihnen liegen auf einer Geraden). Das Ziel ist die Berechnung der *konvexen Hülle*, also der kleinsten konvexen Menge, die alle n Punkte enthält. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel einer konvexen Hülle einer Punktmenge.



Eingabe Die erste Zeile der Eingabe enthält lediglich die Anzahl t der Testinstanzen. Danach folgt genau eine Zeile pro Testinstanz. Sie enthält die Folge $n, x_1, y_1, \dots, x_n, y_n$. Der Wert $n \in \mathbb{N}$, $3 \leq n \leq 1000$, gibt die Anzahl der folgenden Punkte an, und für jedes i , $1 \leq i \leq n$, definiert das Paar $x_i, y_i \in \mathbb{N}_0$, $0 \leq x_i, y_i \leq 1000$, die x - und die y -Koordinate des i -ten Punkts.

Ausgabe Für jede Testinstanz soll lediglich eine Zeile ausgegeben werden. Sie enthält die Liste aller Koordinaten der Eckpunkte der konvexen Hülle im Uhrzeigersinn, beginnend mit den Koordinaten des am weitesten links liegenden Eckpunkts. Falls zwei Punkte in der Liste die gleiche x -Koordinate haben, dann starten wir mit demjenigen, der die kleinere y -Koordinate besitzt.

Beispiel

Eingabe:

```
2
3 1 1 2 4 3 9
5 0 0 0 3 2 3 2 0 1 1
```

Ausgabe:

```
1 1 3 9 2 4
0 0 0 3 2 3 2 0
```

Abgabe: Bis Mittwoch, den 22. Mai 2013.