Kapitel 2

Visualisierung graphentheoretischer Algorithmen

CATBox (**C**ombinatorial **A**lgorithm **T**ool**Box**) ist ein in sich abgeschlossenes Lernsystem zur Einführung in die algorithmische Kombinatorik, bestehend aus einer Kombination aus Lehrbuch und Visualisierungs-Software. Im Buch werden kombinatorische Probleme anhand praktischer Anwendungen motiviert. Zugrundeliegende mathematische Ideen und Hilfsmittel werden ausführlich dargelegt, und es wird auf die Modellierung und auf Lösungsansätze eingegangen. Die Software visualisiert die Algorithmen und erleichtert so das Verständnis.

Konzeption

Das Ziel von CATBox ist die Veranschaulichung kombinatorischer Ideen anhand ausgewählter kombinatorischer Problemstellungen und Algorithmen. Die Erfahrungen mit dem seit 1987 bestehenden Vorgängersystem und vorhandenen Lehrbüchern haben gezeigt, daß weder ein Programm noch ein Lehrbuch alleine einen optimalen Zugang zu kombinatorischen Algorithmen bieten kann. Die Software ermöglicht es, die Dynamik eines Algorithmus darzustellen. Ein Buch ist ein geeigneteres Medium für die Vermittlung der mathematischen Grundlagen und Analysen von Algorithmen.

Darüber hinaus macht die Kombination aus Lehrbuch und Software visuell unterstütztes Lernen durch Interaktion mit dem Programm möglich. Der Benutzer wird so zum Betrachten, Experimentieren und Mitmachen eingeladen. Zielgruppe sind die Hörer von Hochschulvorlesungen und Kursteilnehmer der Mathematik und Informatik in der gymnasialen Oberstufe. Als Partner für den Vertrieb konnte der Springer–Verlag gewonnen werden.

Aufbau des Buches

In jedem Kapitel wird eine Problemklasse durch ein Beispielproblem vorgestellt. Die Praxisrelevanz der Problemklasse wird durch eine Reihe von Anwendungen motiviert.

Im Anschluß werden Überlegungen vorgestellt, die zur Lösung des Problems geeignet scheinen und deren Erfolg bzw. Mißerfolg anhand der vorgestellten Probleme erläutert und begründet. Erfolgreiche Ideen werden in Algorithmen umgesetzt. Die Funktionsweise und Komplexität der Algorithmen wird im Programm verdeutlicht und dient als Motivation für den Beweis der Operationalität und die Diskussion der Komplexität im Buch.

Das Buch ist in sechs Kapitel gegliedert: Im ersten Kapitel wird das Problem, minimale aufspannende Bäume in Graphen zu finden, und seine erfolgreiche Lösung mit der denkbar einfachsten Idee vorgestellt. Kapitel 2, 3 und 4 widmen sich dem Kürzeste-Wege-Problem, dem Maximaler-Fluß-Problem und dem Kardinalitätsmatching. Im fünften Kapitel wird das Konzept der Dualität durch erneute Betrachtung des Minimal-Aufspannender-Baum-Problems eingeführt und an den anderen schon betrachteten Problemen erläutert. Das letzte Kapitel behandelt primal-duale Algorithmen zur Lösung gewichteter Matching-Probleme.

Beschreibung des Programms

CATBox benutzt eine graphische Benutzungsoberfläche und läuft unter Unix/X-Windows, Microsoft Windows und Macintosh OS. Um die Einarbeitungszeit zu minimieren, entsprechen die Elemente der Benutzungsoberfläche dem jeweiligen Systemstandard. Außerdem ist die Bedienung

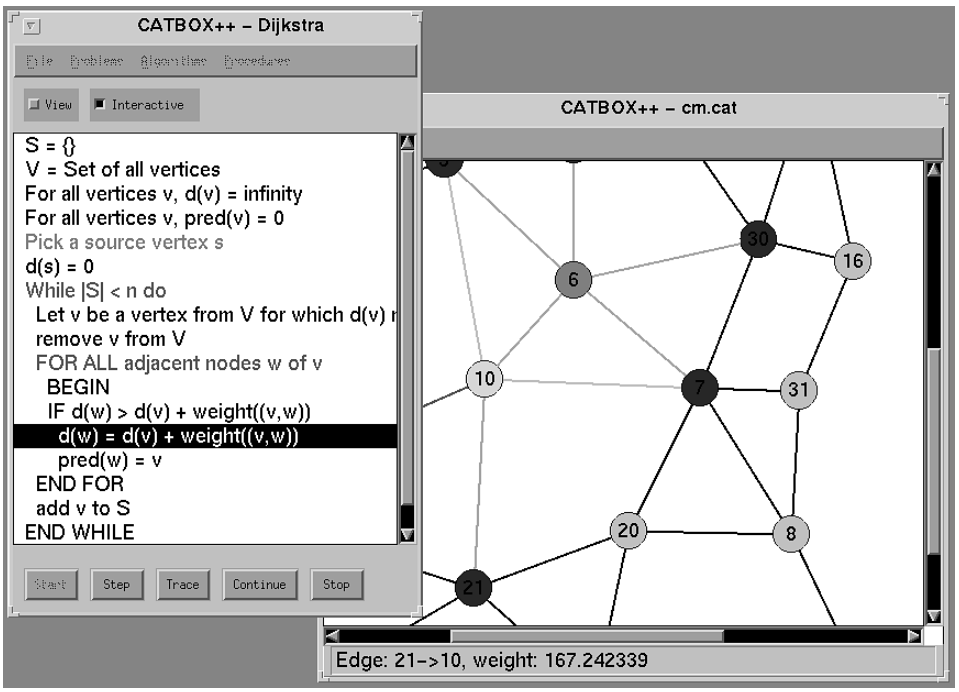

Abbildung 2.1: *Algorithmen- und Visualisierungsfenster in CATBox*

an bekannte Konzepte („Debugger“, Zeichenprogramm) angelehnt.

Die Darstellung der Algorithmen ist zweigeteilt: Die Anweisungen werden im *Algorithmusfenster* in einer Pseudoprogrammiersprache, wie aus anderen Lehrbüchern bekannt, angezeigt. Im *Graphfenster* wird die Probleminstanz, also der Graph, auf dem der Algorithmus abläuft, und die Arbeitsweise des Algorithmus detailliert visualisiert.

Der Ablauf kann vom Benutzer mittels der von „Debuggern“ bekannten Eingriffsmöglichkeiten gesteuert werden. Ein Algorithmus kann vollständig oder zeilenweise ablaufen. Die Ausführung kann an sogenannten, vom Benutzer zu definierenden „Breakpoints“ unterbrochen werden. Die Auswirkungen der Anweisungen in dieser Zeile auf den Graphen werden durch Änderungen von Kanten- und Knoten-Farben, Blinken und weitere optische Signale im Graphfenster verdeutlicht. Hierdurch lassen sich die Zusammenhänge zwischen den Vorschriften des Algorithmus und den Auswirkungen auf die jeweilige Probleminstanz schnell erfassen.

Darüber hinaus bietet CATbox dem Benutzer weitere Möglichkeiten, aktiv in den Ablauf einzugreifen. So kann etwa in einem Algorithmus, der einen maximalen Fluß findet, das Auffinden eines erweiternden Weges entweder vom Programm oder vom Benutzer manuell, durch Auswahl von Kanten im Graphfenster, übernommen werden. Der Algorithmus prüft die Auswahl des Benutzers auf Zulässigkeit und verwendet die Eingabe im weiteren Programmablauf.

Für die im Lehrbuch vorgestellten Algorithmen liegt eine Bibliothek von Beispielgraphen vor. Die Algorithmen zeigen auf den jeweiligen Beispielgraphen sowohl ihr typisches, aber auch ihr „pathologisches“ Verhalten.

Außerdem ist ein einfacher Grapheditor zur interaktiven Erstellung und Veränderung von Graphen in CATBox integriert. Dieser erlaubt es dem Benutzer z. B. zu beobachten, inwieweit sich Änderungen der Beispielgraphen auf das Verhalten der Algorithmen auswirken.

Planung und Stand des Projektes

Das Fenster- und Interaktionskonzept ist programmtechnisch verwirklicht und schon erfolgreich auf die Intel/Windows-Plattform portiert. Zahlreiche Algorithmen zu den Themenbereichen Minimale Aufspannende Bäume, Kürzeste Wege und Maximale Flüsse sind implementiert und visualisiert. Die ersten Kapitel des Buches sind fertiggestellt.