

Integrating Concepts from Constraint Programming and Operations Research Algorithms

Torsten Fahle

Die Integration von Konzepten des Constraint Programmings (CP) und Algorithmen des Operations Research (OR) hat sich in den letzten Jahren stürmisch entwickelt. In dieser Arbeit untersuchen und entwickeln wir integrierte CP und OR-Ansätze. Unsere Ergebnisse belegen, dass kombinierte CP und OR-Verfahren eine höhere Effizienz, Flexibilität und Robustheit gegenüber reinen CP oder OR-Verfahren besitzen können. Wir wenden unsere Techniken exemplarisch in vier Anwendungsgebieten an.

Klassische Lösungsansätze für das *Airline Crew Rostering Problem* basieren auf Column-Generation. Durch Hinzufügen von CP-Techniken im Subproblem können die äußerst komplexen Personalplanungs-Regelungen im Luftverkehr effizient abgebildet und behandelt werden. Darüberhinaus zeigen wir, wie in diesem Ansatz die Konvergenz durch Einsatz zusätzliche CP-Heuristiken weiter beschleunigt werden kann.

Für das *Dienst- und Tourenplanungsproblem in der Ambulanten Krankenpflege* schlagen wir ein generisches mathematische Modell vor. Auf diesem Modell aufbauend entwickeln wir einen kombinierten CP und Tabu-Search-Ansatz. Die Aufgabe des CP liegt darin, schnell gültige Lösungen zu finden, wohingegen Tabu Search zur Optimierung dieser Lösungen benutzt wird. Die resultierenden Anordnungsprobleme werden mittels eines kombinierten CP und LP-Ansatzes gelöst. CP berechnet hier gültige Reihenfolgen, für die das LP dann eine optimale Zeitenlage bestimmt.

Das *Problem der automatischen digitalen Video-Aufzeichnung* lösen wir mit CP basierter Lagrange Relaxation. Lagrange Relaxation zerlegt ein Problem in "einfachere" Strukturen. Sind Filter-Verfahren für diese Strukturen bekannt, so kann die CP basierte Lagrange Relaxation benutzt werden um das Problem so zu formulieren, dass die Filter-Verfahren effizient angewendet werden können. Für das konkrete Video-Aufzeichnungsproblem mit seiner klaren mathematischen Struktur geben wir zusätzlich noch effizientere OR-Verfahren an.

Schließlich betrachten wir noch ein klassisches Optimierungsproblem: Wir entwickeln ein Domain Filtering für das *Problem der Maximalen Clique* und geben ein Modell an, in dem Domain Filtering aus dem CP und Schranken aus dem OR verglichen werden können. Dazu entwickeln wir eine Taxonomie von OR-Schranken für das Problem und zeigen, dass unser Domain Filtering die meisten dieser Schranken schlägt.

Anhand zweier Branch-and-Bound Verfahren aus der Literatur zeigen wir zusätzlich experimentell die Effizienz des Domain Filterings für das Maximum-Clique-Problem. Zusammen mit weiteren Techniken erhalten wir so einen sehr schnellen Branch-and-Bound-Algorithmus.