

Match-Up

Matching Markets: Modelle, Algorithmen und Optimierung

Masterprojekt im Wintersemester 2020 für den Studiengang Informatik
offen für interessierte Bachelorstudierende, insbesondere Wirtschaftsinformatiker

Organisation: Prof. Nicole Megow

Kurztext: Dieses Projekt befasst sich mit anwendungsbezogenen Fragestellungen, welche sich mithilfe von Matchings (Paarungen) modellieren lassen. Verschiedene reale Probleme (Auktionsmärkte, effizientes Cloud Computing, Schul-/Studienplatzvergabe) werden theoretisch behandelt. Dies beinhaltet unter anderem Modellierung, Algorithmenentwurf, Implementierung, Evaluation und Visualisierung aber auch spieltheoretische und graphentheoretische Konzepte.

Overview: In this project, we consider application-driven problems that can be modeled using so-called matchings. Various real-world problems are examined theoretically. This includes modeling, algorithm design, implementation, evaluation and visualization but also game-theoretic and graph-theoretic concepts.

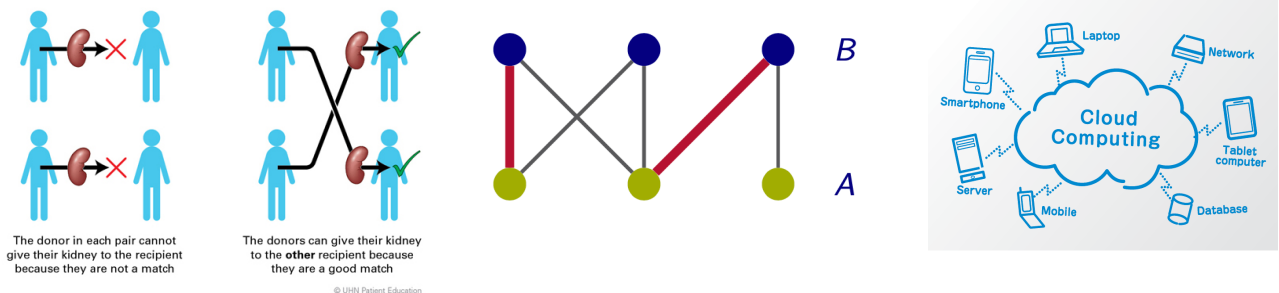
Ein Matching ist eine graphentheoretische Struktur, welche bestimmten Objekten einen eindeutigen Partner zuordnet. Solche Strukturen finden sich bei einer Vielzahl von interessanten Fragestellungen, welche teilweise stark unterschiedliche Ziele verfolgen. Teils soll lediglich möglichst vielen Objekten ein Partner zugewiesen werden, teils gilt es komplizierteren Anforderungen, wie zum Beispiel Fairness, zu genügen. Strukturelle, graphentheoretische Aussagen über Matchings helfen dabei, effiziente Algorithmen für die Lösung solcher Fragestellungen zu entwickeln. Exemplarisch sind im Folgenden einige Typen von Matching Problemen beschrieben.

Kardinalitätsmaximale Matchings: Oft ist es gewünscht ein Matching zu finden, welches möglichst viele Paare enthält; ein kardinalitätsmaximales Matching. Dies ist zum Beispiel der Fall bei Online Ad Auctions großer Internetkonzerne wie Google, Yahoo and MSN. Unternehmen bieten auf bestimmte Schlagworte, welche die Interessen von Konsumenten widerspiegeln. Um den Profit der Internetkonzerne zu maximieren, sollen möglichst viele Gebote von Unternehmen zu verfügbaren Schlagworten zugewiesen werden. Dieses spezifische Problem findet meist im sogenannten **Online Setting** statt, da erst bei z.B. der Suchmaschineneingabe eines Nutzers dessen Vorlieben und der zugehörige Ad-Slot bekannt werden und sofort unwiderruflich zugewiesen werden müssen. Dies führt zu einer erheblich höheren Komplexität und das Finden einer optimalen Lösung ist im Allgemeinen unmöglich.

Gewichtsmaximale/kostenminimale Matchings: Bei dem obigen Beispiel von Ad Auctions, werden von unterschiedlichen Unternehmen in der Regel unterschiedlich hohe Gebote für die Werbeslots abgegeben. Dies kann durch verschiedene Kosten für die (Unternehmen, Ad-Slot)-Paare modelliert werden. Soll nun der Profit maximiert werden, spricht man von einem

Gewichtsmaximalen Matching. Ein weiteres Beispiel einer Anwendung ist die Throughput Maximierung in Input-Queued Switches mit FIFO Queues. Sollen Kosten von Paaren minimiert werden, so ist ein kostenminimales Matching gesucht, zum Beispiel beim Cloud Computing.

Stabile Matchings: Alvon Roth und Lloyd Shapley gewannen 2012 den Nobelpreis für ein Verfahren, welches sogenannte stabile Matchings findet. Es wird unter anderem verwendet, um mehr Lebendorganspenden von Nieren zu ermöglichen, ist aber z.B. auch nützlich für allgemeine Märkte. Stabile Matchings sind Matchings die einer bestimmten Anforderung von Fairness genügen. Sie können zum Beispiel mit dem Gale-Shapley Algorithmus gefunden werden und spielen auch bei Schul- oder Studienplatzvergaben und im Online Dating eine Rolle.



Neben den oben genannten Beispielen, gibt es eine Vielzahl möglicher Forschungsrichtungen, die sich z.B. auch auf verwandte Themen wie Netzwerkflüsse und lineare Programme erstrecken können. Diese finden auch Anwendung in Projekten mit unseren Kooperationspartnern aus der Industrie. Ein Beispiel für eine neuere Forschungsrichtung ist die Entwicklung von online Algorithmen, die durch maschinelles Lernen unterstützt werden. Dies kann auch für Matching Probleme betrachtet werden.

Dieses Projekt: Teilnehmer sollen einen Überblick über aktuelle algorithmische Trends und Fragestellungen im Bereich der Matching Probleme bekommen. Eigene Modelle für ausgewählte Probleme werden aufgestellt und Lösungsmethoden entwickelt (Heuristiken, Greedy Algorithmen, etc.). Diese werden implementiert und anhand von Praxis- oder sinnvoll eigenständig generierte Daten evaluiert, das heißt mit Optimallösungen bzw. Relaxationen verglichen. Ein großer Spielraum besteht auch für die Entwicklung theoretischer Grundlagen in diesem Bereich: Untersuchung der Problemkomplexität, Design von Algorithmen und Analyse des Worst-case Verhaltens (Approximationsalgorithmen), Untersuchung verschiedener Anforderungen wie Fairness, Kostenminimierung, Profitmaximierung.

Zur Vorbereitung auf das Projekt soll eine der folgenden Veranstaltungen besucht werden:

- **Operations Research**
- Blockkurs (in Sommer-Semesterferien): **Hands-On Tutorial on Optimization.**

Darüber hinaus relevant sind die Grundlagen aus

- **Algorithmen aus Graphen.**