Leilões Aplicados ao Compartilhamento de Viagens Dinâmico

Aluno: Leonardo Yvens Schwarzstein RA: 146898

MC918A/MO829A - 1o semestre de 2017

Resumo

No contexto da mobilidade urbana, o *compartilhamento de viagens* ocorre quando uma viagem em um veículo pessoal é compartilhada por pessoas com trajetos similares, no intuito de dividir custos. Isto motiva o problema do compartilhamento de viagens dinâmico, que, em curto prazo, designa passageiros a motoristas e determina os preços a serem cobrados. Leilões são estudados como um mecanismo para solucionar este problema.

1 Introdução

O compartilhamento de viagens ocorre quando um motorista cede espaço em seu carro para transportar passageiros, com a motivação de diminuir custos. Este fenômeno ganha relevância com o surgimento de serviços que facilitam o arranjo de viagens, como os serviços BlaBlaCar, Uber, Lyft e Cabify ou mesmo a prática de se combinar caronas em redes socias.

Serviços de compartilhamento de viagens podem ser caracterizados como dinâmicos quando atendem aos sequintes requisitos[1]: *Dinâmico*, a designação deve ser feita rapidamente pois novas requisições chegam continuamente; *Independente*, os motoristas e passageiros participam do sistema voluntariamente como entidades indepentendes, o prestador do serviço apenas facilita o contato entre motorista e passageiro; *Viagens não-recorrentes*, viagens únicas ao invés de viagens recorrentes agendadas; *Automático*, o sistema deve requerer o mínimo de esforço dos participantes.

Tendo em vista estes requisitos, o serviço Uber pode ser classificado como dinâmico, enquanto o BlaBlaCar seria não-dinâmico pois requer maior antecedência e comunicação prévia entre motorista e passageiros.

A precificação no compartilhamento de viagens consiste em determinar quanto cada passageiro deve pagar ao motorista (e ao sistema) pela viagem. Isto é particularmente difícil quando há um excesso de passageiros em relação a motoristas, o que justifica um aumento de preços. Nesta situação o Uber, por exemplo, aumenta o custo das viagens na região. Uma maneira de solucionar este problema é utlizar um mecanismo de leilão, pois leilões são projetados para precificar situações onde existem muitos compradores para poucos itens. Neste resumo é revisado o artigo *A Mechanism for Dynamic Ride Sharing based on Parallel Auction*s de Kleiner et al. [2] que propõe um mecanismo baseado no leilão de segundo preço para o compartilhamento dinâmico de viagens.

2 Definições e modelo teórico

O artigo estuda o caso com um motorista e múltiplos passageiros, onde o motorista pode servir um único passageiro. O motorista possui uma posição atual e um destino final, podendo servir um passageiro ao buscá-lo em sua origem e deixá-lo no seu destino. Tanto o motorista como os passageiros podem estabelecer um horário máximo de chegada ao destino.

A teoria de jogos estuda a interação entre agentes onde cada um deseja maximizar sua utlidade, que é a diferença entre o seu ganho e o seu custo. No compartilhamento de viagens os agentes são os passageiros e o motorista. O ganho do passageiro i é um valor v_i intrísico ao passageiro e desconhecido para o sistema, este valor quantifica o benefício que o passageiro obtém ao ser transportado. O passageiro w que for servido deverá pagar um preço p_w ao motorista, obtendo a utilidade $u_w = v_w - p_w$. Um passageiro não servido i terá utilidade $u_i = 0$. A utilidade do motorista é $u_d = p_w - c_d(w)$ onde p_w é o preço pago pelo passageiro servido e $c_d(w)$ é o custo do motorista para servir w cuja definição será dada a seguir.

O custo do motorista para servir o passageiro i é denotado $c_d(i)$. Este valor possui dois componentes: o monetário e o social. O componente monetário representa custos como combustível e pedágios. É considerado custo do desvio para servir i, ou seja, o custo da rota total servindo o passageiro menos o custo da rota direta entre a posição atual e destino do motorista. O componente social é calculado com base nas preferências do motorista e na distância entre o motorista e o passageiro nas redes sociais, quando mais distantes maior o custo. O custo final $c_d(i)$ será a soma do componente monetário e o social. Assume-se que o custo será não-negativo, $c_d(i) \geq 0$.

3 Um leilão de segundo preço

O artigo propõe um leilão de segundo preço (ou leilão de Vickrey) para o compartilhamento dinâmico de caronas. O passageiro i revela um lance b_i que pode ou não coinicidir com o seu valor v_i. São considerados apenas passageiros tais que $b_i \geq c_d(i)$ pois caso o lance não cubra o custo o motorista prefere não servir o passageiro. Para definir o leilão devemos deteriminar a escolha do ganhador e o preço cobrado.

O ganhador w é tal que $w = \arg\max b_i - c_d(i)$, ou seja, o ganhador é aquele cujo excesso do lance sobre o custo é máximo, intuitivamente é aquele que pode gerar o maior ganho para o motorista. O preço de um passageiro $i \neq w$, um passageiro não servido, é $p_i = 0$. O preço do passageiro servido, ou ganhador, é $p_w = c_d(w) + \max\{b_i - c_d(i) : i \neq w\}$. Ou seja, o passageiro servido deve pagar o seu custo mais o segundo maior excesso do lance sobre o custo, uma regra similar ao leilão de segundo preço clássico.

Este leilão possui diversas propriedades desejáveis estudadas na literatura. Ele é *orçamento balanceado* pois o preço pago é sempre maior que o custo do motorista e portanto a utilidade do motorista é não-negativa. Também é *individualmente racional* pois o preço é sempre menor que o lance portanto a utilidade de um passageiro é não-negativa quando $b_i = v_i$, é *à prova de estratégia* pois a melhor estratégia é revelar seu valor fazendo $b_i = v_i$. Dado que os passageiros fazem $b_i = v_i$ é simples observar que ele maximiza o bem-estar social (soma dos valores) pois o ganhador é aquele com $v_i - c_d(i)$ máximo, considerando o custo como o valor do motorista é exatamente o bem-estar social que está sendo maximizado. A seguir são apresentadas as provas destas propriedades.

Teorema 1 (Preço menor que lance: $p_i \leq b_i$)**.** *Caso $i \neq w$, $p_i = 0$. Caso $i = w$ partindo de $\max\{b_i - c_d(i) : i \neq w\} \leq \max b_i - c_d(i)$ temos pela definição de w que*
$\max\{b_i - c_d(i) : i \neq w\} \leq b_w - c_d(w) \implies c_d(w) + \max\{b_i - c_d(i) : i \neq w\} \leq c_d(w) + b_w - c_d(w)$.
Substituindo a definição de p_w chegamos a $p_w \leq b_w$.

Teorema 2 (Individualmente racional: Existe b_i tal que $u_i \geq 0$)**.** *Do Teorema 1 $p_i \leq b_i$, da definição de utilidade $u_i = v_i - p_i$ portanto $u_i \geq 0$ quando $b_i = v_i$.*

Teorema 3 (À prova de estratégia)**.** *Primeiro observamos que p_w não depende de b_w, portanto a utilidade do jogador muda apenas se ele passa de ganhador para não-ganhador ou vice versa. Se $i \neq w$ então $u_i = 0$, como $u_i \geq 0$ se $b_i = v_i$ não há melhora em deixar de ser ganhador. Considere* *que* $b_i > v_i$ *e* i *passa a ser ganhador. Logo* $v_i - c_d(i) \leq b_j - c_d(j)$ *para o antigo ganhador* j *assim temos:* $p_i = c_d(i) + b_j - c_d(j) \geq c_d(i) + v_i - c_d(i) = v_i$*. Concluimos que* $p_i \geq v_i$ *logo* $u_i \leq 0$*.*

Teorema 4 (Balanceia o orçamento: $u_d \geq 0$)**.** *Das definição temos* $p_w = c_d(w) + \max\{b_i - c_d(i) : i \neq w\}$*. Como consideramos apenas passageiros tais que* $b_i - c_d(i)$ *é não-negativo, temos* $p_w \geq c_d(w) \implies p_w - c_d(w) \geq 0$*. Assim pela definiçõa de* u_d *concluimos que* $u_d \geq 0$*.*

4 Conclusão

O leilão apresentado possui propriedades interessantes e o cálculo do ganhador e do preço é computacionalmente eficiente, porém sua limitação a um único motorista e único passageiro dificulta a apilcação em casos reais. Seria interessante extendê-lo a múltiplos passageiros e motoristas.

Referências

[1] Agatz, N., Erera, A., Savelsbergh, M., and Wang, X. Optimization for dynamic ride-sharing: A review. *European Journal of Operational Research 223*, 2 (Dec. 2012), 295–303.

[2] Kleiner, A., Nebel, B., and Ziparo, V. A. A Mechanism for Dynamic Ride Sharing Based on Parallel Auctions.