

Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos (curso JAIA 2001)

Ana L. C. Bazzan

Instituto de Informática, UFRGS
{bazzan@inf.ufrgs.br}



Roteiro

- ◆ Bibliografia do curso
- ◆ Sistemas Multiagente
- ◆ Teoria dos Jogos
- ◆ Aplicações de Teoria dos Jogos em Coordenação de Agentes

JAIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ Bibliografia do curso
- ◆ Sistemas Multiagente
- ◆ Teoria dos Jogos
- ◆ Aplicações de Teoria dos Jogos em Coordenação de Agentes

JAIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Motivação

- ◆ Emoções são facilmente reconhecidas
- ◆ Emoções são capazes de resolver o conflito entre o ganho de curto prazo e a prudência
- ◆ É consenso que altruísmo é bom e egoísmo é ruim...
- ◆ ... então porque mais pessoas não são altruístas?
- ◆ SMA's carecem de uma "visão emocional"
- ◆ Abordagem antropológica para a adaptação de agentes migrantes (interoperabilidade)
- ◆ Modelagem de personalidade em agentes

JAIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ Aplicações de Teoria dos Jogos em coordenação de agentes
 - Sentimentos morais no dilema do prisioneiro repetido
 - Versão evolutiva
 - Dilema do prisioneiro + emoções
 - Coordenação de semáforos
 - Problema do Bar *El Farol* e Jogo das Minorias
 - Versão evolutiva

JAIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ Sentimentos morais no dilema do prisioneiro repetido
 - Cooperação na natureza
 - Teoria dos Sentimentos Morais
 - IPD com MS
 - Parâmetros da simulação
 - Resultados
 - Coordenação em SMA
 - Versão evolutiva

JAIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Cooperação na Natureza

- ◆ Seleção natural não favorece cooperação (Dawkins, 1976)...
- ◆ ... embora ela ocorra:
 - relação de parentesco (Hamilton, 1964)
 - reciprocidade (Trives, 1971)
 - Tit-for-Tat (Axelrod, 1984) em jogos do Dilema dos Prisioneiros

JAAIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Teoria dos Sentimentos Morais

- ◆ Indivíduos que reciprocam se isolam dos “egoístas racionais”
- ◆ A virtude permite que indivíduos unam forças para benefício mútuo
- ◆ Os seres humanos são capazes de altruísmo verdadeiro quando são “vítimas” das próprias emoções, que são fundamentais na nossa espécie por ser fortemente social
- ◆ Existem interesses de grupo

JAAIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Dilema do Prisioneiro

- ◆ Metáfora para o conflito entre dois indivíduos
- ◆ Metáfora para interação social (ajuda mútua X exploração egoísta)
- ◆ Trair é sempre uma boa tática a seguir
- ◆ PD repetido (IPD)
 - trair: nem sempre a melhor solução
 - o que acontece com o IPD se jogado com agentes que tem compromissos social, pertencem a mesmo grupo social, demonstram emoções?

JAAIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Matriz de Ganho do PD (Geral)

P1/P2	C	D	• $T=5, R=3, P=1, S=0$
C	R/R	S/T	
D	T/S	P/P	

JAAIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Descrição das Simulações

- ◆ População de agentes é dividida em grupos
 - Grupos denotam ligações afetivas
- ◆ Oponentes são escolhidos aleatoriamente entre grupos
- ◆ Grupos são formados de agentes altruístas e egoístas
- ◆ Agentes somam pontos (conta bancária)
- ◆ O saldo da conta é usado para calcular o estado financeiro dos agentes: W (rico), M ou P (pobre) de acordo com limiares T_w and T_p
- ◆ Agentes altruístas jogam de acordo com sua riqueza e são generosos com parceiros do mesmo grupo

JAAIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Descrição das Simulações

- ◆ Poor-Excluded (PE)
 - All agents are scheduled to play
 - If an agent runs low in points it becomes “bankrupt” (he and opponent do not play)
 - Bankrupt agents are awarded P points so they can play the next round
- ◆ Some-Play (SP)
 - Only a percentage of the agents are chosen
 - $p = 60\%$ or $p = 80\%$
 - Represent difference in financial activity
 - Agents are not awarded points but are allowed to “overdraw”
 - Pay $P/2$ points to “live”

JAAIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Estratégias Usadas

- ◆ Egoístas jogam ALLD
- ◆ Altruístas jogam MS com integrantes mesmo grupo (parceiro) e TFT com agentes de outros grupos
- ◆ Moral Sentiment (MS): agente no estado W ajuda um parceiro no estado P deixando que ele o traia (agente rico é caridoso)

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Tabela de Estratégias

estratégia	última jogada oponente	estado agente	estado oponente	jogada agente
ALLD	*	*	*	D
TFT	C	*	*	C
	D	*	*	D
moral	*	P	W	D
sentiment	*	P	M, P	C
(MS)	*	W, M	*	C

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Tipos de Sociedades

- ◆ Long Memory (LM)
 - The whole history of earnings is considered in the wealth state
 - All other types have a History Length $HL=10$
- ◆ Generous Middle class (GM)
 - The middle class also plays with MS
- ◆ Polarised Society (PS)
 - Thresholds set to reduce the middle class

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Tipos de Sociedades (cont.)

- ◆ Fair Shares (FS)
 - Wealth classification depends on the earning of the agents of the group
 - Thresholds change for every group at each simulation step
 - If agents have similar earnings there is no reason to use MS

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Simulation Conditions

- ◆ Poor-Excluded (PE)
 - All agents are scheduled to play
 - If an agent runs low in points it becomes "bankrupt" (it and its opponent do not play)
 - Bankrupt agents are awarded P points so they can play the next round
- ◆ Some-Play (SP)
 - Only a percentage of the agents are chosen
 - $p = 60\%$ or $p = 80\%$
 - Represent difference in financial activity
 - Agents are not awarded points but are allowed to "overdraw"
 - Pay P/2 points to "live"

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Casos Simulados

- ◆ Todas 12 combinações (LM, GM, PS, FS para PE, SP60%, SP80%) com seguintes parâmetros:
 - 3 groups, each with 4 agents: group G1 is formed by altruists only (AH), group G3 by egoists only (EH), and G2 is mixed (this applies to all cases); three variations: with 1, 2, and 3 egoists (EM) in G2;
 - 3 groups, each with 40 agents; three variations: with 10, 20, and 30 EM in G2;
 - 3 groups, each with 80 agents; also three variations: with 20, 40, and 60 EM in G2;
 - 3 groups, each with 20 agents, G2 having 10 EM and 10 AM;
 - 3 groups, each with 100 agents, G2 having 50 EM;
 - 15 groups, each with 4 agents, G2 having 2 EM;
 - 15 groups, each with 20 agents, G2 having 10 EM;
 - 15 groups, each with 60 agents, G2 having 30 EM

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Casos Simulados (cont.)

- ◆ 168 casos (cada repetido 1000 vezes)
- ◆ Horizonte de simulação:
 - $t = 500$ para menos de 12 agentes
 - $t = 1000$ para menos de 60
 - $t = 2000$ para menos de 300
 - $t = 5000$ para mais de 300

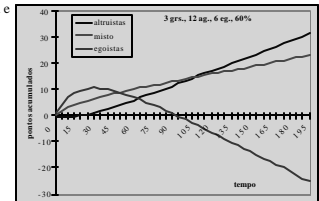
JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados Principais

- ◆ quanto mais egoístas no grupo:

- melhor seu desempenho inicial e pior o final
- mais rápido os altruístas ultrapassam os egoístas
- menor o número total de pontos obtidos



JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados Principais (cont.)

- ◆ Quanto mais egoístas na sociedade:
 - mais rápido os altruístas ultrapassam
 - menor o número de pontos acumulados
- ◆ Desempenho dos grupos mistos melhora pela generosidade dos altruístas
- ◆ MS é menos prejudicial para altruístas que ALLC

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Composição e Tamanho da População: Resultados

- ◆ The larger the groups, the longer it takes for altruists to overtake egoists, the greater use of MS
- ◆ The opposite for larger number of groups
- ◆ The effect of the percentage of egoists on the usage of MS is not coherent among the types of societies
- ◆ The more groups the fairer the situation (AM closer to G1's performance and EM closer to G3)
- ◆ The larger the percentage of agents playing, the quicker to overtake, more points and more MS

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados: Porcentagem de Egoístas no G2

- ◆ Aumento de 25% na proporção de egoístas em G2 causa um decréscimo de 36% no desempenho (média sobre todos os tipos de sociedades)
- ◆ Existe uma estratégia para determinar qual melhor grupo para se juntar?
- ◆ Tempo de permanência no grupo pode ser um fator

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Coordenação

- ◆ Altruísmo verdadeiro é o preço que se paga pela possibilidade de interações sociais complexas (geradas pelas emoções)
- ◆ Agentes sem emoções são "rational fools"
- ◆ Usar MS no IPD leva à coordenação sobre com qual parceiro jogar qual estratégia
- ◆ Aspectos emocionais em SMA são determinantes na concepção de autonomia
- ◆ São fundamentais no estudo da cognição

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Coordenação (cont.)

- ◆ Precursor: Castelfranchi's ("Social Power")
- ◆ Benevolência não precisa ser dada como certa; pode *evoluir* a partir de uma visão que considere emoções (importante para que compromissos sejam cumpridos)
- ◆ Falta desta visão: conceito errôneo sobre autonomia: ser autônomo é ser capaz de *escolher* como se comportar

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ Aplicações de Teoria dos Jogos em coordenação de agentes
 - Sentimentos morais no dilema do prisioneiro repetido
 - Versão evolutiva
 - Dilema do prisioneiro + emoções
 - Coordenação de semáforos
 - Problema do Bar *El Farol* e Jogo das Minorias
 - Versão evolutiva

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Descrição da Simulação

- ◆ População de agentes dividida em grupos
 - G0: somente altruístas
 - G1: altruístas e egoístas (50% - 50%)
 - G2: somente egoístas
- ◆ Agentes somam pontos usados para classificá-los em W (ricos) or S (pobres)

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

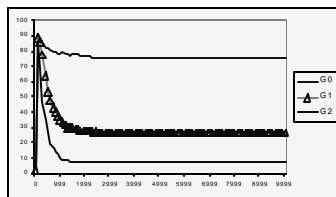
MS Evolutivo

- ◆ Motivação: verificar se egoístas mudam de atitude
- ◆ O que acontece no MS evolutivo se os agentes se reproduzem de acordo com os pontos obtidos?
- ◆ Espera-se: egoístas tendem a desaparecer
- ◆ Parâmetros dos experimentos
 - frequência de reprodução (F_R)
 - pontos acumulados: nova frequência de reprodução
- ◆ Tamanho dos grupos: 4 (pequenos) ou 20 (médios)

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados (I)

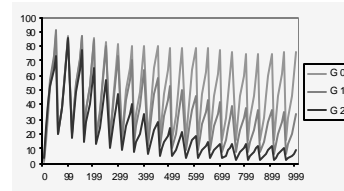


- ◆ Pontos acumulados vs. tempo (passos da simulação)
- ◆ Média de 500 repetições
- ◆ Quanto menos egoístas, mais pontos para o grupo

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados (II)

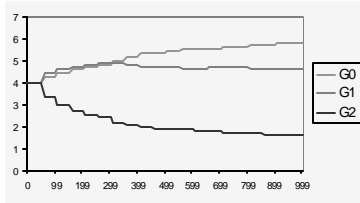


- ◆ Pontos acumulados vs. tempo (1000 passos)
- ◆ Cada pico: uma geração
- ◆ G0: desempenho muito bom

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

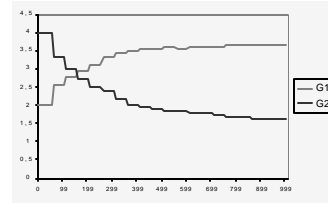
Resultados (III)



- ◆ Número de **agentes** nos grupos vs. tempo
- ◆ G1 inicia somando muitos pontos
- ◆ G2 não desaparece (exploração dos altruístas)

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados (IV)



- ◆ Número de **agentes** nos grupos vs. tempo
- ◆ Número de egoístas no G1 aumenta
- ◆ Desempenho dos egoístas é bastante ruim

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Trabalhos Futuros

- ◆ Abordar IPD relacionando TFT com interações entre seres humanos (oposição)
- ◆ Modelar agentes que:
 - decidam qual grupo se juntar, baseados em uma estratégia planejada
 - mudem seu comportamento através de aprendizado por reforço
 - recusem a jogar com determinados agentes e busquem jogar com outros
- ◆ Testar modelo em cenários mais complexos (vida artificial)

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ Aplicações de Teoria dos Jogos em coordenação de agentes
 - Sentimentos morais no dilema do prisioneiro repetido
 - Versão evolutiva
 - Dilema do prisioneiro + emoções
 - Coordenação de semáforos
 - Problema do Bar *El Farol* e Jogo das Minorias
 - Versão evolutiva

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ Motivação
- ◆ IPD: resultados relevantes
- ◆ Emoções: abordagens e modelo computacional
- ◆ Modelo OCC: teoria e implementação
- ◆ Experimentos
- ◆ Resultados
- ◆ Trabalhos futuros

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Motivação

- ◆ Emoções são facilmente reconhecidas
- ◆ SMA's carecem de uma "visão emocional"
- ◆ Modelagem de personalidade em agentes

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Matriz de Ganho do PD (Geral)

P1/P2	C	D
C	R/R	S/T
D	T/S	P/P

• $T=5, R=3, P=1, S=0$
 • $T > R > P > S$
 • $R > (S+T)/2$

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

IPD: Cenário de Nowak & May

- ◆ Somente cooperadores e traidores:
 - ALLC
 - ALLD
 - sem TFT
- ◆ Grade bidimensional (não toroidal)
- ◆ Jogadores interagem com vizinhos mais próximos
- ◆ Cada jogada: células são ocupadas com o melhor jogador da vizinhança

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Evolução do cenário IPD

5	4	8
2	8	1
7	9	10

cooperators
 defectors

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados Anteriores

- ◆ Nowak & May:
 - evolução: convergência para 32% de cooperadores
 - várias configurações iniciais
- ◆ Axelrod, TFT e outros
 - sentimentos em relação ao grupo
 - será integrado no futuro

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Emoções e Tomada de Decisão

- ◆ Correntes de pesquisa: fisiologia (e.g. James, 1884), cognição e tomada de decisão (Damasio, 1994)
- ◆ Emoções e TJ: use de sentimentos no IPD, estados emocionais, versões de jogadores
- ◆ Taxonomias e *surveys*
- ◆ IA e SMA: cooperação envolve raciocínio sobre emoções

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Modelo OCC

- ◆ Ortony, Clore, and Collins (1988)
- ◆ Teoria pragmática
- ◆ Agrupa emoções
- ◆ Emoções são disparadas por regras
- ◆ Adequado como modelo computacional

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

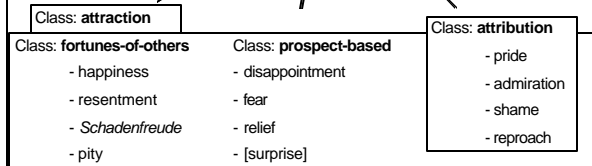
Modelo OCC: Estrutura

- ◆ Tipos de emoções (grupos)
 - ◆ Aspectos percebidos:
 - eventos: percepções sobre coisas que acontecem
 - agentes: seres humanos ou não
 - objetos: percepções relativas a objetos
- consequências
ações
propriedades

JAMA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Modelo OCC: Estrutura (cont.)

- ◆ 3 Ramos: Objetos, Eventos e Agentes



JAMA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Estrutura das Regras

- ◆ Regras sintetizam e disparam emoções como **ódio**:

IF $A(p,o,t) > 0$ Appeal/person/object/time
 THEN $P_h(p,o,t) = f_h(A(p,o,t), G)$ Potential/Global
 triggers:
 IF $P_h(p,o,t) > T_h(p,t)$ Potential/Threshold
 THEN $I_h(p,o,t) = P_h(p,o,t) - T_h(p,t)$
 ELSE $I_h(p,o,t) = 0$ Intensity

JAMA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Modelo OCC e IPD

- ◆ Explicação para o dilema: escolhas racionais falham ao não considerar as especificidades dos indivíduos
- ◆ Exemplo: emoções no IPD
- ◆ Cooperar ou trair é *também* função de uma emoção se manifestando

JAMA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Regras Específicas do IPD: Alegria

IF $D(p,e,t) > 0$ Desirability/person/event/time
 THEN $P_f(p,e,t) = f_f(D(p,e,t), G, L)$ Potential/Global/Local
 where:
 IF (player has collected y points
 OR x neighbors are joyful)
 THEN $f_f(.) = T_f(p,t) + e$
 triggers:
 IF $P_f(p,e,t) > T_f(p,t)$
 THEN $I_f(p,e,t) = P_f(p,e,t) - T_f(p,t)$ Potential/Threshold
 ELSE $I_f(p,e,t) = 0$ Intensity

JAMA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Regras Específicas do IPD: Raiva

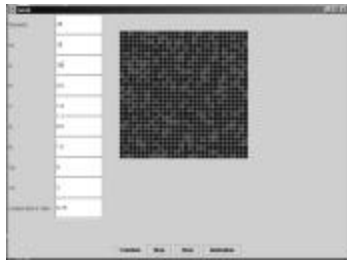
IF $(D(p,e,t) \text{ AND } W(p,g,t)) > 0$ praise/worthiness/person/agent/time
 THEN $P_d(p,e,g,t) = f_d(D(p,e,t), W(p,g,t), G, L)$ Potential/Global/Local
 where:
 IF (player has not collected y points
 AND x opponents have defect)
 THEN $f_d(.) = T_d(p,t) + e$
 triggers:
 IF $P_d(p,e,g,t) > T_d(p,t)$
 THEN $I_d(p,e,g,t) = P_d(p,e,g,t) - T_d(p,t)$ Potential/Threshold
 ELSE $I_d(p,e,g,t) = 0$ Intensity

JAMA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Ambiente de Simulação

◆ Parâmetros:

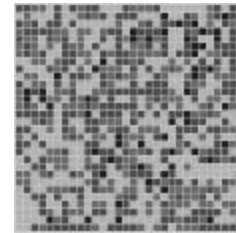
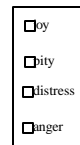
- grade=30x30
- P=0
- S=0
- T=1.9
- R=1.0
- y=9
- x=3
- taxa=75%



JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

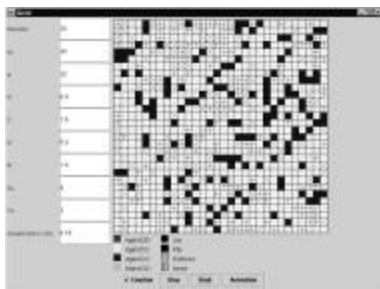
Simulação do IPD com Emoções



JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

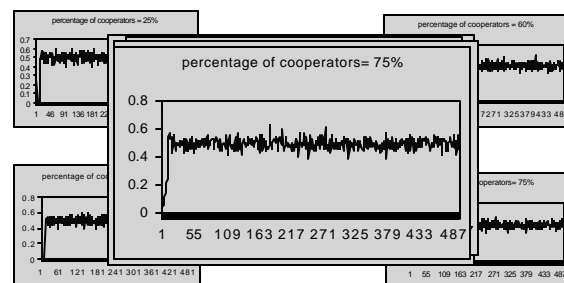
Simulação do IPD com Emoções



JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Porcentagem de Cooperadores



JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Pontos Principais

- ◆ Overall goal: framework for interactions among agents (including characteristics like display of emotions)
- ◆ Computationally tractable model: OCC
- ◆ Current: IPD as application scenario
 - replication of previous results
 - cooperation does arise more frequently (domain-dependent metric)
- ◆ Contribution: understanding of the OCC model

JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Trabalhos Futuros

- ◆ Cenários mais expressivos (relativos ao IPD)
- ◆ Extensão do *framework* para ser independente do domínio
- ◆ Extending the framework in direction of domain-independence
 - regras? métrica?
- ◆ Primitivas para usuário definir cenário
- ◆ Mistura de emoções

JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ Aplicações de Teoria dos Jogos em coordenação de agentes
 - Sentimentos morais no dilema do prisioneiro repetido
 - Versão evolutiva
 - Dilema do prisioneiro + emoções
 - Coordenação de semáforos
 - Problema do Bar *El Farol* e Jogo das Minorias
 - Versão evolutiva

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ Coordenação de semáforos utilizando teoria dos jogos
 - sistema de simulação SAPPORO
 - coordenação de agentes semafóricos

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Sapporo

- ◆ Sistema Sapporo:
 - simulador macroscópico de tráfego
 - cenário da cidade de Pforzheim
 - critério para utilizar os planos semafóricos
- ◆ Soluções conhecidas
 - pesquisa operacional
 - sistemas baseados em regras: abordagem centralizada e complexa
- ◆ Tendência: abordagens descentralizadas

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

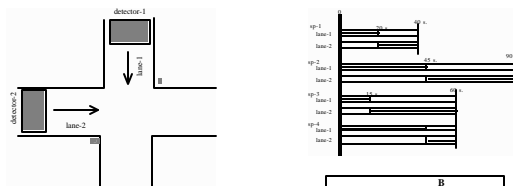
Abordagens Descentralizadas

- ◆ Negociação
 - protocolo simples
 - resolução de conflito é centralizada
 - hipótese que os agentes são cooperativos
 - comunicação
- ◆ Abordagem baseada em TJ
 - agentes não necessariamente cooperativos
 - predição do comportamento
 - redução da comunicação

		agent 1	
		sp_W	sp_E
	sp_W	2 / 2	0 / 0
	sp_E	0 / 0	1 / 1
	agent 2		

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Cenário 1



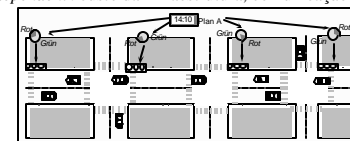
- ◆ Problem
 - number of agents or players

		B			
		sp1	sp2	sp3	sp4
A	sp1	22	00	00	00
	sp2	00	33	00	00
	sp3	00	00	41	00
	sp4	00	00	00	14

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Coordenação de Semáforos (Onda Verde)

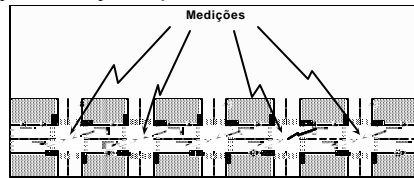
- Vantagens:
 - cruzar via sem paradas (em uma direção)
- Desvantagens:
 - *time-dependent*: ineficiente se há mudança no fluxo
 - *flow-dependent*: custo da infraestrutura, comunicação



JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Objetivo

- Coordenação implícita
- otimização local com cooperação global
- adaptação ao estado atual do tráfego
- aprendizado a partir do *feedback*



JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Implementação

- ◆ Natureza define função de ganho para o jogo de coordenação
- ◆ Agente: compara valores e escolhe estratégia
- ◆ Vizinhos recebem seus *payoffs* de acordo com a função
- ◆ Probabilidade aprendido
- ◆ Mutações

Árvore de decisão para o jogo de coordenação. O nó raiz é 'Nature', que ramifica para 'ME' e 'MW'. 'ME' ramifica para 'W' e 'E', e 'MW' ramifica para 'W' e 'E'. Abaixo, há uma matriz de payoff para o jogo 2x2.

	W	E
W	1/1	0/0
E	0/0	2/2

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Coordenação Semáforos com TJ

- ◆ Coordenação em toda a rede
- ◆ Agentes = cruzamentos
- ◆ Objetivo: seleção de planos semafóricos sincronizados
- ◆ Método
 - decisão local baseada em medições (detectores)
 - efeito das decisões passadas no fluxo atual
 - teoria dos jogos evolutiva
- ◆ Vantagem: não há necessidade de um modelo global do estado do tráfego

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ Aplicações de Teoria dos Jogos em coordenação de agentes
 - Sentimentos morais no dilema do prisioneiro repetido
 - Versão evolutiva
 - Dilema do prisioneiro + emoções
 - Coordenação de semáforos
 - Problema do Bar *El Farol* e Jogo das Minorias
 - Versão evolutiva

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ Decisões Binárias
- ◆ *El Farol Bar Problem* e *Minority Game*
- ◆ Cenário de trânsito
- ◆ Personalidades
- ◆ Resultados
- ◆ Versão evolutiva
- ◆ Trabalhos futuros

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Decisões Binárias

- ◆ Decisões binárias simples (sim ou não):
 - Economia: comprar ou vender ações
 - Trânsito: rota A ou B
- ◆ Problema:
 - "Não existe solução ótima!"
 - Dilema social
- ◆ Dinâmica interessante:
 - Racionalidade não funciona
 - Comportamento é indutivo
 - Hipótese sobre o comportamento dos demais

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

El Farol Bar Problem

- ◆ **Cenário:** (B. Arthur, Am.Econ. Rev. 1994)
 - $N=100$ pessoas decidem ir ou não
 - Mas: bar é confortável para no máximo 60 pessoas
 - ◆ **Problema:**
 - Decisão é baseada na frequência das semanas anteriores
 - ... 44 78 56 15
 - ◆ **Previsões baseadas em:**
 - Mesmo da semana anterior
 - Média, tendência ...
- ⇒ Qual preditor é mais eficiente?

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Minority Game

- ◆ **El Farol simplificado:** (Challet & Zhang, Physica A,1997)
 - Decisão binária A ou B
 - N (ímpar) jogadores
 - *Payoff*: 1 ponto para os que estão no grupo menor
- ◆ **Parâmetros:**
 - Cada jogador tem seu conjunto de estratégias
 - 2^{2^m} estratégias, para memória m
 - Avaliação performance das estratégias: pontos virtuais

História	Decisão
AA	B
BB	A
AB	A
BA	B

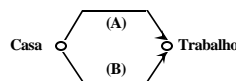
JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados Principais

- ◆ Arthur (1994): convergência da frequência para 50%
- ◆ Challet and Zhang (1997): estudos diferentes tamanhos de memórias e número de estratégias
- ◆ Challet (1997): processo de evolução temporal
- ◆ Challet et al. (1998): estudos analíticos => transição de fase
- ◆ Hulst (1999): relação com *Hamming distance*
- ◆ Dudev(1998): *market-entry game*

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Commuting Scenario



- ◆ **Commuters:**
 - Competição diária por recursos
 - ◆ **Criticismo:**
 - Memória: $m=4 \Rightarrow 2^{16}$ estratégias !!!!
 - Seres humanos podem lidar com tantas estratégias?
- ⇒ Introdução de Personalidades!

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Personalidades

- ◆ Decisões idiosincráticas dos *commuters*
- ◆ Personalidades: conjunto de estratégias *significativas*
- ◆ Agentes de uma certa personalidade: seleciona aleatoriamente entre estratégias *significativas*
- ◆ Redução do número de estratégias para selecionar: mais próximo da realidade

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Tabela de Personalidades

Personalidade	Descrição
R	escolha aleatória da rota
A	escolhe rota A não importa a história
B	escolhe rota B não importa a história
A_v	escolhe rota A se esta foi melhor pelo menos um dia
B_v	escolhe rota B se esta foi melhor pelo menos um dia
$A \&$	escolhe rota A se esta foi melhor sempre
$B \&$	escolhe rota B se esta foi melhor sempre
P	escolhe rota que foi a melhor no dia anterior
W	escolhe rota que foi a pior no dia anterior

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos Ana Lúcia C. Bazzan

Ações das Personalidades

Personalidade	Colunas
A	15
B	0
A _v	2 - 15
A&	8 - 15
B _v	0 - 13
B&	0, 2, 4, ..., 14
P	12
W	3
R	0 - 15

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

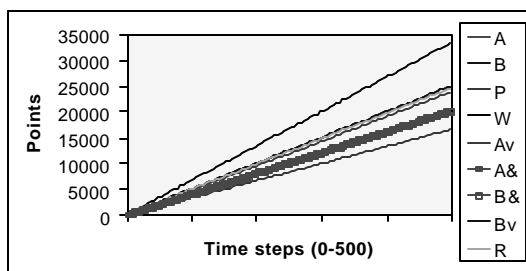
Resultados (I)

- ◆ **Sociedades homogêneas:**
 - aleatório (R): reproduz os resultados prévios
 - outros: não há interesse
- ◆ **Sociedades heterogêneas:**
 - todas 9 personalidades: W (wayward) vence
 - A + B + P + W (todas são estratégias de uma coluna)
 - R + A_v + B_v (aproximadamente mesmo número de estratégias)

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados (II)



JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ **Aplicações de Teoria dos Jogos em coordenação de agentes**
 - Sentimentos morais no dilema do prisioneiro repetido
 - Versão evolutiva
 - Coordenação de semáforos
 - Problema do Bar *El Farol* e Jogo das Minorias
 - Versão evolutiva
 - Dilema do prisioneiro + emoções

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Parâmetros Versão Evolutiva

- ◆ Tamanho da população não é fixo
- ◆ Métodos padrão em Algoritmos Genéticos
- ◆ Reprodução assexuada sem recombinação
- ◆ k indivíduos mais adaptados geram k filhos
- ◆ **Bit string**: codifica a personalidade de um indivíduo
 - exemplos (para $m=2$):
 - personalidade **R** é codificada: 1111111111111111
 - personalidade **W** é codificada: 0001000000000000

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

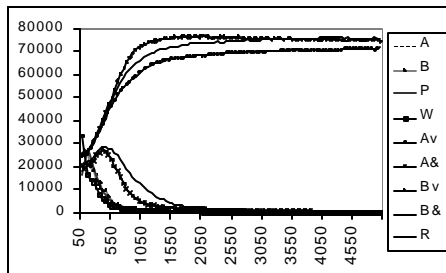
Parâmetros Versão Evolutiva (cont.)

- ◆ Frequência de reprodução (F_r): determina quanto um indivíduo vive (joga e acumula pontos)
- ◆ Fim da vida: reproduz e morre
- ◆ **Fitness**: pontos acumulados
- ◆ **Fitness** determina a taxa de reprodução
- ◆ Taxa de mutação (F_m)

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados



Evolução das personalidades (pontos versus tempo), Fr = 50, pop. inicial = 1001 agents

JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

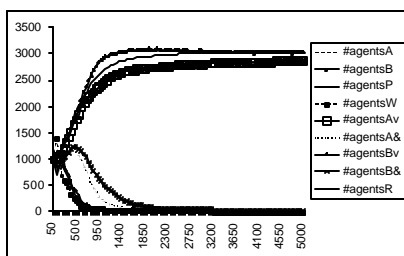
Resultados (cont.)

- ◆ Distribuição das personalidades muda no tempo
- ◆ *Wayward*:
 - não é evolutivamente estável
 - não mais tem o melhor desempenho
 - é uma estratégia boa apenas no cenário fixo
- ◆ Personalidades mais flexíveis (como R) se saem melhor
- ◆ Personalidades com estratégias simples (como P, W, A, B) tem desempenho pobre

JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados (cont.)



Evolução das personalidades (número de agentes versus tempo), Fr = 50, pop. inicial = 1001 agents

JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Pontos Principais

- ◆ *El Farol bar problem* e *Minority Game*: paradigma para tratar sistemas complexos
- ◆ Seres humanos não processam um número muito alto de estratégias
- ◆ Mecanismo de coordenação para agentes
- ◆ Introdução de personalidades: comportamentos distintos
- ◆ Versão evolutiva: resultados distintos
- ◆ Cenários alternativos: informação dinâmica
- ◆ Resultados da economia experimental

JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Roteiro

- ◆ Aplicações de Teoria dos Jogos em coordenação de agentes
 - Sentimentos morais no dilema do prisioneiro repetido
 - Versão evolutiva
 - Dilema do prisioneiro + emoções
 - Coordenação de semáforos
 - Problema do Bar *El Farol* e Jogo das Minorias
 - Versão evolutiva
 - Simulação economia experimental

JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Motivação

- ◆ Sistemas de tráfego: exemplo de emergência em organizações
- ◆ Interdependência entre ações: sistema social
- ◆ Coordenação implícita: quanto mais a informação for confiável, mais as ações de um agente dependem das suas crenças sobre o ambiente
- ◆ Situações repetitivas
- ◆ Aprendizado da coordenação

JAlIA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Economia Experimental

- ◆ Limitações na racionalidade dos indivíduos
- ◆ Proposta alternativa sobre antecipação de uma solução:
 - extrapolação de observações do passado
 - aprendizado do ponto de equilíbrio (ESS)
 - não é necessário saber como as ações dos outros influenciam
 - jogo com uma única estratégia s dominante
 - conjunto de ações $A_i = (a_1, \dots, a_m)$
 - analisar os *payoffs* obtidos relacionados à cada regra de escolha de estratégias

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Abordagem da Biologia

- ◆ Proposta de Harley (1981)
 - regra de aprendizado: especifica as probabilidades $P = (p_{i,1,t}, \dots, p_{i,m,t})$ em função dos *payoffs* obtidos jogando-se estas estratégias no passado
 - propriedade da regra:

$$P(a_k) > \frac{\text{total payoff for playing } a_k}{\text{total payoff so far}}$$
 - após adaptação ou aprendizado: cada estratégia é selecionada de acordo com sua nova probabilidade
 - leva ao ESS

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Modelo Simulação Escolha de Rota

- ◆ Escolha binária similar EFBP
- ◆ Racionalidade limitada, normas sociais, experimentação
- ◆ Experimentos com motorista reais
- ◆ Comparação
- ◆ Modelo do projeto SURVIVE:
 - duas rotas: M (principal) and S (secundária); M mais curta
 - se muitos optam por M, S pode ser mais rápida
 - mas... muitas pessoas podem fazer este raciocínio
 - como selecionar uma rota???
 - jogo com informação incompleta e iterativo

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Cenário

- ◆ N motoristas decidem entre M e S, a cada passo
- ◆ Após cada passo: soma pontos calculados pela função de pagamento (desconhecidas)
- ◆ Função de pagamento:
 - se escolha é M: $40 - (6 + 2 * m)$
 - se escolha é S: $40 - (12 + 3 * (n - m))$
- ◆ Passo de adaptação ou aprendizado
- ◆ Experimento (para replicar experimento real):
 - $n = 18$ e 200 passos
- ◆ Equilíbrio: 12 agentes optam por M e 6 por S

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados

- ◆ Valores parâmetros variáveis:
 - intervalo de adaptação:
 - 0 (a cada passo)
 - 5 ± 2 passos
 - 10 ± 5 passos
 - 20 ± 10 passos
 - 50 ± 25 passos
 - probabilidade de escolher rota M = 0.5
 - ganho inicial = 0
- ◆ Experimento repetido 6 vezes

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados (cont.)

- ◆ Como se comportam os agentes simulados?
- ◆ Após 200 passos, como selecionam a rota M (probabilidade)? Quantas mudanças de rota?

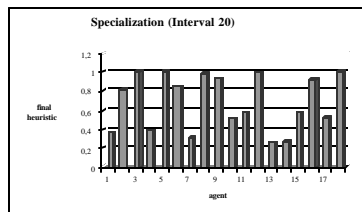
Adaptation frequency	Average of final heuristic	Stability: Route Changes
1	0,677 ± 0,228	70 ± 27
5	0,676 ± 0,322	51 ± 39
10	0,679 ± 0,285	60 ± 36
20	0,688 ± 0,285	60 ± 38
50	0,715 ± 0,191	72 ± 29

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados (cont.)

◆ Desempenho individual dos agentes



JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Resultados (cont.)

◆ Soma dos ganhos

Adaptation frequency	Sum of Reward	Averaged Number on main route (last 100 rounds)	Averaged Number on secondary route (last 100 rounds)
1	1784 ± 69	12,4 ± 1,7	5,6 ± 1,7
5	1824 ± 95	12,2 ± 1,5	5,8 ± 1,5
10	1810 ± 81	12,2 ± 1,5	5,8 ± 1,5
20	1691 ± 153	12,7 ± 1,6	5,3 ± 1,6
50	1641 ± 130	13,3 ± 1,7	4,7 ± 1,7

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Experimento Economia Experimental

◆ Em breve: participe jogando o *Minority game*

www.inf.ufrgs.br/~andrey

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Aplicações Apresentadas: Principais Referências

- ◆ Coordenação de semáforos:
 - Bazzan, A.L.C. (1995). A Game-Theoretic Approach to Distributed Control of Traffic Signals (extended abstract). In: *Proc. of the Int. Conf. on Multi-Agents (ICMAS'95)*, San Francisco.
 - Bazzan, A.L.C. (1997b). Evolution of Coordination as a Metaphor for Learning in Multi-Agent Systems. In: Weiss, G. (ed.). *DAI meets Machine Learning*. Berlin/Heidelberg, 1997, v.1221, p.117-136.
- ◆ *Moral Sentiments*
 - Bazzan, A.L.C., R. H. Bordini and J. Campbell (1998). Moral sentiments in multi-agent systems. In Müller, J. P., Singh, M. P., and Rao, A. S., eds., *Intelligent Agents V*, number 1555 in LNAI, 113-31. Heidelberg: Springer-Verlag.
 - Bazzan, A.L.C., R. H. Bordini (2000c). Evolving agents with moral sentiments in an iterated prisoner's dilemma exercise. In: *Proc. of the Workshop on Game Theoretic and Decision Theoretic Agents*, 2000, Boston.

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

Aplicações Apresentadas: Principais Referências

- ◆ *El Farol e Minority Game*
 - Bazzan, A.L.C., R. H. Bordini, G.K. Andriotti, R.M. Vicari and J. Wahle (2000a). Wayward Agents in a Commuting Scenario (Personalities in the Minority Game). In: *Proc. of the 4th International Conference on Multi-Agent Systems*. IEEE Computer Society.
 - Bazzan, A.L.C., R. H. Bordini, R.M. Vicari and J. Wahle (2000b). Evolving Populations of Agents with Personalities in the Minority Game. In: *Proc. of the Ibero-American Conf. of AI and Brazilian Symposium of AI*. Springer-Verlag
- ◆ Simulação Economia Experimental
 - Kluegl, F. and Bazzan, A.L.C. (2001). Emergent Organisation in a Commuter Scenario Based on Heuristics Learning for Route Choice. In: *Proc. of the MAAMAW 2001*
- ◆ IPD e emoções
 - Bazzan, A.L.C., R. H. Bordini (2001). A Framework for the Simulation of Agents with Emotions: Report on Experiments with the Iterated Prisoner's Dilemma. In: *Proceedings of the Int. Conference on Autonomous Agents (Agents 2001)*.

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan

... mais informações e download slides

- ◆ www.inf.ufrgs.br/~bazzan
- ◆ RD na ufrgs

JAlA 1 - Coordenação de Agentes com Técnicas de Teoria dos Jogos

Ana Lúcia C. Bazzan