Multiagentní modely kooperativních her

kognitivní informatika

Adam Sedláček

Cíle práce:

- Poukázat na výhody použití metody multiagentních modelů při zkoumání oblasti kooperativních her
- Vytvořit model, který by zobrazoval a zkoumal formování koalic v čase na základě změn parametrů a definování předpokladů chování koalic při jejich formování.
- Analyzovat model a porovnat výsledky získané na základě rozdílných strategií a počátečních parametrů.

Práce chce zkoumat možnosti využití multiagentních modelů pro analýzu kooperativních her a vytvořit tak alternativní přístup k jejich analýze.

Základní pojmy:

- **Kooperativní hry n hráčů** – Někdy také označované jako koaliční hry. Jedná se o typ her z oblasti teorie her, kde hráči mohou mezi sebou komunikovat a domlouvat na případném společném postupu. Na rozdíl od kooperativních her 2 hráčů nebo her nekooperativních tak před hráči stojí otázka s kým se spojit a proti komu.
- **Koalice** – je definována jako dohoda mezi jednotlivci nebo skupinami, během které spolupracují na společném úkolu, ale každý tak činí ve svém vlastním zájmu. Takovéto spojenectví bývá pouze dočasné po dobu výhodnosti této spolupráce. V této práci je za koalici považován i jednotlivec, který tvoří koalici jednoprvkovou.
- **Multiagentní modely** – jsou analytickou výpočetní metodou, která umožňuje vytvářet, analyzovat a experimentovat s modely, které jsou tvořeny agenty interagujícími s prostředím. Multiagentní modely jsou specifickým případem multiagentních systémů, kde agenty představují softwarové modely reálných agentů v softwarově simulovaném prostředí.

Členění práce:

- **Úvod do kooperativní teorie her** – Základní představení kooperativní teorie her a jejích principů, metod, pomocí kterých řeší kooperativní hry. Poukázání na přednosti a limity tohoto přístupu.
- **Úvod do multiagentních systémů a modelování** – Vysvětlení základních pojmů z oblasti multiagentních systémů a multiagentního modelování. Typy agentů a prostředí, metody tvorby multiagentních modelů...
- **Tvorba modelu** – Uvedení předpokladů a principů modelu, parametrů, které ovlivňují běh modelu. Návrh a definice výherní funkce a strategií, které jsou použity při tvorbě koalic.
- **Analýza modelu** – Zjištění, jak jednotlivé parametry a strategie ovlivňují chování modelu. Jedná se především o velikost koalic, jejich počet a výhru.

Základní principy a předpoklady modelu:

- **Koalice jsou v modelu reprezentovány reaktivními agenty** – reaktivní agenty jsou agenty, které neobsahují symbolickou reprezentaci prostředí, ve kterém se vyskytují. Jednají na základě IF-THEN konstrukcí.

> **Věděli jste že...**
> reaktivní agenty mohou být považovány za inteligentní. Inteligentní chování totiž nemusí vznikat pouze abstraktním usuzováním, ale také interakcí s okolím. V modelu je tak inteligence považována za emergentní vlastnost - je to vlastnost pozorovatelná na úrovni celého systému, která vzniká interakcí prvků na úrovních nižších .

- **Prostředí modelu** – je tvořeno koalicemi a světem, ve kterém se pohybují. Svět v modelu má danou velikost a je bez fyzických překážek, ale není ohraničený.
- **Koalice jsou racionální** – jednají za účelem zvýšení svého zisku.
- **Neexistence apriorních koalic** – je dán předpoklad volné disjunktní koaliční struktury, kdy jedna koalice (hráč), může být členem pouze jedné koalice zároveň a všechny koalice jsou stejně pravděpodobné.
- **Každá koalice má přidělené charakteristiky** – charakteristiky jsou reprezentovány vektorem, jehož složky představují nějakou charakteristiku nebo preferenci koalice .
- **Každá koalice má přidělenou hodnotu zaručené výhry** – zaručená výhra udává výhru koalice, kterou si je schopna zajistit sama, bez spojení s jinou koalicí.
- **V jednom okamžiku se o spojení rozhodují vždy pouze dvě koalice** – v případě, že se sloučí, vystupují jako koalice jedna.
- **Koalice se rozhodují o svém sloučení pouze pokud se nacházejí v určité vzdálenosti od sebe** – koalice nemají dokonalé informace. To znamená, že nemají informace o všech koalicích v modelu, ale pouze o těch, které se nacházejí v určité vzdálenosti. Mohou se tak kvalifikovaně rozhodnout o sloučení pouze s koalicemi, o kterých informace mají.
- **Možnost opuštění koalice** – koalice má možnost koalici opustit, pokud pominuly důvody, které vedly k tomu, že se koalice spojily.
- **Princip skupinové stability a kolektivní racionality** –
  1. Výhra, kterou si hráč zajistí vstupem do koalice, musí být alespoň tak velká, jako jeho zaručená výhra.
  2. Mezi členy koalice se dělí celá výhra koalice.
  3. Hráč vstupuje do koalice, která mu přinese největší výhru a přitom platí bod 1.
- **Výhra koalic závisí na vzdálenosti charakteristik koalic a jejich velikosti** – výhra koalice je tím vyšší, čím je rozdíl charakteristik menší a čím je koalice větší.
- **Existence parametru, který určuje, kdy je výhra koalice větší než součet jejich zaručených výher.**

Výhody představeného řešení:

- **Schopnost analyzovat dynamiku tvorby koalic** – analýza v prostředí, které více odpovídá realitě lidského společenství.
- **Model spojuje přístup teorie her s výhodami multiagentního modelování.**
- **Možnost nastavení parametrů, které tvorbu koalic ovlivňují.**
- **Odstranění existence dokonalých informací** – klasická teorie her předpokládá, že všechny koalice mají informace o výhře všech možných koalic. V realitě je tento předpoklad splněn pouze zřídka.
- **Částečné odstranění předpokladu přenositelného užitku** – v modelu je předpoklad, že čím je rozdíl charakteristik koalic menší, tím je výhra přenositelnější.

Závěry z analýzy:

- **Počet koalic není zásadně ovlivňován počtem koalic na začátku** – od určité hodnoty počtu koalic na počátku je jeho vliv na počet koalic v konečné koaliční struktuře velmi malý.
- **Koalice v konečné koaliční struktuře nemají ani zdaleka stejný počet členů** – okolo 1 koalic má počet členů menší než je 1/4 počtu členů největší koalice, ačkoliv jsou na začátku charakteristiky rozděleny náhodně.
- **Výhra koalic je zásadně ovlivněna množstvím informací, které mají o svém okolí.**
- **Vliv ochoty ke spojování na výhru koalice** – Z dlouhodobého hlediska je vhodné mít nastavenou nízkou míru ochoty ke spojování. Krátkodobě je to spíše naopak.
- **Individuální odchylka od parametru breakdiff neovlivňuje průměrnou výhru koalic.**

Pod povrchem:

Parametry modelu:

- **nofcoalitions:** parametr modelu, který určuje počet jednoprvkových koalic na počátku. Parametr může být nastaven v rozmezí 2 - 1000 koalic.
- **radius:** parametr, který ovlivňuje vzdálenost v políčkách, na kterou o sobě koalice navzájem vědí. Jedná se tak o parametr, který vyjadřuje dohlednost koalic. Může nabývat hodnot od 0 do 30, kdy 0 vyjadřuje nulovou dohlednost a naopak hodnota 30 vyjadřuje dohlednost neomezenou.
- **breakdiff**: parametr, který ovlivňuje výhru koalic a její přenositelnost. Může nabývat hodnot od 0 do 100. Jednoduše lze říci, že tento parametr udává, o kolik procent se maximálně mohou charakteristiky jednotlivých koalic lišit, aby ještě došlo ke spojení koalic.
- **s:** parametr, který udává směrodatnou odchylku proměnné koalice deviation. Tato proměnná vyjadřuje individuální odchylku koalice od parametru breakdiff. Parametr s může nabývat hodnot od 0 do 0.3. Hodnota 0 znamená nulovou odchylku koalice od nastavené hodnoty breakdiff a hodnota 0.3 vyjadřuje možnost, že odchylka bude velmi výrazná.
- **strategy:** tento parametr umožňuje vybrat strategii, podle které se řídí tvorba koalic. Položka conservative představuje konzervativní strategii, položka careful pak strategii opatrnou.

Výpočet rozdílu caharakteristik:

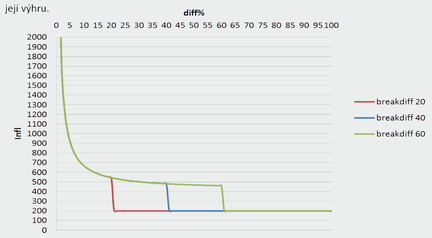
1. Je proveden rozdíl jednotlivých složek vektorů $\overline{pref1}, \overline{pref2}$ dvou subjektů, které se rozhodují o sloučení do koalice;
2. rozdíl charakteristik těchto dvou subjektů **diff** se pak vypočítá pomocí vzorce $diff = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i^{\,2}}$, kde d_i jsou rozdíly jednotlivých složek vektorů $\overline{pref1}, \overline{pref2}$;
3. rozdíl **diff** se převede na procentuální hodnotu pomocí vztahu $diff\% = \frac{diff}{maxdiff} * 100$, kde **maxdiff** je hodnota určující maximální možný rozdíl charakteristik koalic.

Výpočet výhry koalice:

Výpočet výhry koalice musí zohledňovat rozdíl charakteristik koalice, velikost vzniklé koalice a parametr breakdiff. Výpočet výhry koalice je tedy dán vztahem:

$$Infl^1 = \begin{cases} diff\% < breakdiff;\ (gw_1 + gw_2) + \frac{1}{diff\%} * cc + gm \\ diff\% \geq breakdiff;\ (gw_1 + gw_2)/2 \end{cases}$$

cc∈(1000,10000), gm∈(0,100); kde gw_i jsou hodnoty zaručených výher koalic, ze kterých koalice vzniká, cc (coalition coefficient) je koeficient, který určuje vliv rozdílu charakteristik na výhru koalice a gm (group multiplicator) je koeficient, který udává vliv velikosti koalice na její výhru.



Graf vývoje výhry koalice v závislosti na parametru breakdiff

Rozpad koalice:

V průběhu tvorby koalic může dojít k situaci, že rozdíl charakteristik jednoprvkové koalice a koalice, které je členem, může přesáhnout nastavenou hodnotu breakdiff. V tu chvíli nemá smysl pro takovou koalici v koalici setrvávat, jelikož její míra užitku z podílu výhry je menší než užitek její zaručené výhry. V takovém případě dojde k rozpadu koalice, kterou opustí ti členové, pro něž je rozdíl charakteristik větší než hodnota breakdiff. V případě, že koalici opustí její člen, dochází ke korekci výhry koalice dle vztahu:

$Infl2 = prize - wg_i - \frac{Infl - sum\ wg_i}{n}$, kde wg_i je zaručená výhra koalice, kterou si zajistila vstupem do koalice, ze které odchází. $Infl - sum\ wg_i$ je rozdíl výhry koalice a součtu zaručených výher koalic ze kterých se skládá a n je počet členů koalice.

Charakteristiky koalice jsou pak upraveny dle vztahu:

$$\overline{pref2} = \left(\frac{Infl \cdot c_{11} - wg_i \cdot c_{21}}{prize - wg_i}, \frac{Infl \cdot c_{12} - wg_i \cdot c_{22}}{prize - wg_i}, \dots, \frac{Infl \cdot c_{1k} - wg_i \cdot c_{2k}}{prize - wg_i}\right),$$

kde c_{1i} jsou charakteristiky koalice před opuštěním člena, c_{2i} jsou pak charakteristiky odcházející koalice.

Strategie:

Konzervativní strategie:

Konzervativní strategie výpočtu rozdílů charakteristik je založena na myšlence, že jedinec při svém rozhodování o vstupu do koalice bere v potaz všechny charakteristiky s tím, že více při rozhodování zohledňuje ty, jejichž rozdíl je větší. Přikládá tak větší váhu rozdílům v charakteristikách než jejich shodám. Tato strategie je v modelu považována za základní. Výpočet rozdílů charakteristik je počítán pomocí kvadratického průměru.

Opatrná strategie:

Opatrná strategie při rozhodování se o připojení ke koalici se od konzervativní velmi liší. Na rozdíl od ní totiž nejsou při rozhodování brány v potaz všechny charakteristiky, ale pouze ta, u které je rozdíl charakteristik koalic nejvyšší. Tato strategie je tak velmi opatrná, protože do rozhodování zasahuje pouze nejhorší možná varianta. Rozhodování jedince je tedy založeno na rozdílu charakteristiky, ve které se nejvíce liší. Výpočet hodnoty rozdílu je tak v modelu vyjádřeno tímto vztahem:

$$diffs = \max\ (d_1, d_2, \dots, d_n)$$

$$diffs\% = \frac{diffs}{maxdiff} * 100$$

kde d_i jsou rozdíly jednotlivých charakteristik koalic a maxdiff je hodnota určující maximální možný rozdíl charakteristik koalic.

Jak to funguje:

Chování modelu:

Běh multiagentního modelu kooperativních her probíhá v jednotlivých krocích (tick). V každém kroku tak dojde k posunutí každé koalice v modelu o vzdálenost jednoho políčka náhodným směrem. Tím je zajištěn pohyb koalic a jejich interakce s jinými koalicemi.

V každém kroku také koalice zjišťují, zdali jsou v jejich okolí daném parametrem **radius** jiné koalice. Pokud ano, pak dojde ke spočítání rozdílu charakteristik mezi danou koalicí a koalicemi, které jsou v jejím dosahu. Rozdíl charakteristik se počítá dle zvolené strategie a podle daných vzorců. Koalice jsou pak sestupně seřazeny do seznamu podle velikosti rozdílu charakteristik a při výpočtu výhry se postupuje od první k poslední, přičemž se výhra počítá dle daného vzorce. Pokud je výhra pro obě koalice větší než zaručená výhra dané koalice, dojde k jejich sloučení. Případ, kdy je výhra větší pouze pro jednu z koalic může nastat v okamžiku, kdy je hodnota parametru **s** v modelu větší než 0 a tím je dána individuální hodnota **breakdiff** pro každou koalici. V takovém okamžiku nedojde ke sloučení koalic, ale dojde k výpočtu výhry pro koalici s druhým nejmenším rozdílem charakteristik atd. Pokud nevyhoví ani jedna koalice, ke sloučení nedojde.

Pokud některá koalice vyhoví daným předpokladům, dojde ke vzniku nové koalice, která má charakteristiky dané průměrem charakteristik koalic, ze kterých vznikla vážené zaručenými výhrami těchto koalic. Výhra nové koalice je pak dána uvedeným vztahem.

V každém kroku je také pro všechny koalice zjišťováno zda nedošlo k tomu, že rozdíl charakteristik mezi ní a jejími členy překročil danou mez **breakdiff**. Pokud ano, daná koalice opouští koalici a charakteristiky a výhra koalice jsou přepočítány.

Charakteristiky koalic:

V modelu jsou charakteristiky koalic dány proměnnou **preferences.** Pro model bylo navrhnuto řešení, kdy tato proměnná obsahuje tři složky, kdy každá může nabývat hodnot od 0 do 255. Toto řešení bylo navrhnuto s ohledem na vizuální přehlednost, kdy zmíněné tři složky tvoří barvu v prostoru RGB. Charakteristiky koalice jsou tedy v modelu vizuálně vyjádřeny barvou. Existuje tak 16,7 mil. různých kombinací charakteristik koalice. Na začátku simulace jsou hodnoty této proměnné nastaveny náhodně.

Bibliografické údaje:

Název práce:
Multiagentní modely kooperativních her

Autor:
Bc. Adam Sedláček

Vedoucí práce:
Ing. Jan Burian, Ph.D.

Studijní program:
Aplikovaná informatika

Obor:
Kognitivní informatika

Předpokládané datum obhajoby:
Srpen 2013

Vysoká škola ekonomická v Praze
Fakulta informatiky a statistiky
Katedra informačních technologií

© Adam Sedláček (xseda07) 2013