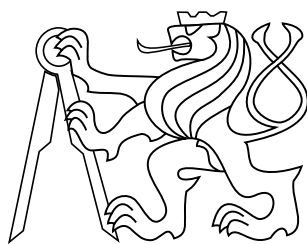


diplomová práce

Dynamické vyvažování obtížnosti her pomocí metod teorie her

Lukáš Beran



Květen 2013

Branislav Bošanský

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická, Katedra kybernetiky

Poděkování

Text of acknowledgement...

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Abstrakt

Text abstraktu česky...

Klíčová slova

Dynamické vyvažování obtížnosti her; adaptivní UI; teorie her; ...

Abstrakt

Text of abstract in English...

Keywords

Dynamic difficulty game balancing; adaptive AI; game theory; ...

Obsah

1 Úvod	1
1.1 Aplikace DDA	1
1.1.1 Zábavní průmysl	1
Left 4 Dead	1
Max Payne 3	1
The Elder Scrolls IV: Oblivion	2
Mario Kart Wii	2
Pro Evolution Soccer 2008	2
1.1.2 Cvičení	2
Podpora pohybu starších lidí	2
Jogging na dálku	3
1.1.3 Zdravotnictví	3
Rehabilitace po utrpení mozkové mrtvice	4
Pomoc lidem trpícím demencí	4
1.1.4 Výukové programy	4
Výuka hry na elektrickou kytaru	4
Rozšiřování slovní zásoby	5
1.2 Taxonomie	5
1.2.1 Explicitní a implicitní	5
1.2.2 Dynamická a statická	6
1.3 Cíl diplomové práce	7
2 Definice zábavnosti	8
2.1 Flow	8
2.2 Metriky	8
3 Existující přístupy	9
3.1 Částečně pozorovatelné markovské rozhodovací procesy	9
Influence diagramy	9
Příklad popisu stavu hry	10
3.2 Monte-Carlo prohledávání stromu	10
Pravidla hry Pac-Man	10
Tvorba DDA pomocí MCTS	10
Využití neuronových sítí	11
3.3 Producent – konzument	11
Použitá metrika	12
Vyvažující strategie	12
Literatura	13

Seznam obrázků

1	Screenshoty HTML5 hry. Vlevo hraje nadaný hráč, vpravo s menší dovedností. [8]	3
2	Ukázka špatného vyvažování hry u hry Mario Kart dává prostor pro vytváření vtipů. [16]	6
3	Influence diagram pro adaptivní systémy	9
4	Zjednodušená verze Pac-Mana. Obrázek převzat z [19]	11

Zkratky

Preliminary text...

abbrv.	explanation
--------	-------------

...	...
-----	-----

1 Úvod

Some introductory text...

1.1 Aplikace DDA

Algoritmy vyvažování obtížnosti lze využít v širokém spektru aplikací. Mohou být vhodné všude tam, kde je vyžadována určitá dovednost, schopnost. V takovém případě může být obtížné aplikaci, program navrhnout tak, aby byl dobře využitelný velkým spektrem lidí různých schopností.

DDA můžeme nalézt nejen v zábavním průmyslu, ale i u vážných her. Adaptivní obtížnost programu může zefektivňovat léčbu nemocných lidí, nahrazovat osobního trenéra či učitele. V následujících 4 podkapitolách popisují konkrétní užití dynamické obtížnosti v komerční i v akademické sféře.

1.1.1 Zábavní průmysl

Hráče počítačových her lze rozdělit dle jejich schopností od příležitostných až po hardcore hráče. Většina her obsahuje statickou volbu obtížnosti na začátku hry. V některých případech to nemusí být dostačující, a proto se tvůrci komerčních her snaží více, či méně úspěšně implementovat adaptivní obtížnost.

Na stránce [1] lze nalézt desítky příkladů všech různých žánrů. Do následujícího seznamu 5 her jsem vybral ty známější příklady.

Left 4 Dead

V zombie hře Left 4 Dead pojmenovali adaptivní systém The AI Director. Na základě aktuálního hráčova zdraví, munice a relativní pozice v rámci dané úrovně hry The AI Director generuje ve hře zbraně, munici, lékárničky na pomoc hráči a naopak generuje lehčí, či těžší nepřátele. Např. blíží-li se hráč konci úrovně a má plné zdraví i munici, hra vygeneruje těžkého soupeře „Tank“. [2]

Max Payne 3

Hra Max Payne 3 obsahuje celkem 5 statických obtížností (Easy, Medium, Hard, Hardcore, Old School), které se v průběhu hry adaptivně přizpůsobují hráči. Čím nižší obtížnost si hráč na začátku zvolí, tím více se hra může měnit ve prospěch hráče.

Jestliže hráč opakovaně umírá, dostane se mu pomoci ve formě bonusových léků (painkillers), které umožní lehčí prožití daného úseku hry. Při smrti na lehkou a střední obtížnost se hráčův avatar obnoví minimálně s jedním plným zásobníkem pro každou zbraň vyjma granátometů. Plus za každé tři úmrtí ve stejném úseku dostane jeden painkiller navíc až do maximálního limitu devíti painkillerů. Na těžkou obtížnost je dynamická obtížnost více limitovaná. Jestliže hráč zemře 5 krát po sobě, dostane jeden painkiller. Pokud zemře podesáté, dostane druhý painkiller. Další léky mu hra již nepřidává. [3]

The Elder Scrolls IV: Oblivion

Dalším příkladem mohou být hry Oblivion a Fallout 3 od Bethesda Softworks. V Oblivionu nepřátelé levelují s hráčem. Strážé ve městě mají level o 2-5 vyšší než vy, banditi mají level o 2-5 nižší atd. Tímto je docíleno, že se můžete vydat kamkoli ve hře aniž byste narazili na příliš obtížné nepřátele. Mimo síly nepřátel se adaptivně upravuje druh nepřátel, jejich vybavení, nabízení zboží v obchodech apod. Občas může docházet k nelogickým situacím, kdy obyčejní potulní bandité mají na sobě nejmodernější brnění, nebo kdy máte za úkol donést vlčí kožešinu ve světě, kde už tak slabí nepřátelé se nepohybují. [4]

Mario Kart Wii

Závodní simulátory jsou dobře známé využíváním adaptivní obtížnosti her a mezi nejznámější zástupce patří arkádové závody Mario Kart. Ve hře se adaptivně mění rychlost protivníků a také bonusové power-upy, které můžete sbírat. Hra podporuje natolik prohrávající hráče, že ať už je aktuální stav hry jakýkoli, může vyhrát kdokoliv.

Což lze brát jako velkou výhodu, kdy žádný z hráčů nemá důvod ke vzdávání hry. Nevýhodou je právě známost a odhalení tohoto systému, a tudíž je lehce zneužitelná. Např. konkrétně ve variantě Mario Kart Wii je vedoucí hráč na začátku posledního kola bombardován modrým krunýřem, či jinou devastující zbraní a je záhy poslán na poslední místo. Nejlepší strategií je projet do posledního kola na druhé pozici, což moc nedává smysl. [5]

Pro Evolution Soccer 2008

Úspěšný fotbalový simulátor Pro Evolution Soccer se ve své verzi s číslem 2008 chlubil adaptivním systémem nazvaný Teamvision. Teamvision se učí od hráče jeho styl hry a snaží se upravovat taktiku svého týmu, aby co nejlépe reagovala na tu soupeřovu. Použití jedné finty může fungovat jednou, dvakrát, ale později již naprosto stejná finta nevede k vítězství. [6]

1.1.2 Cvičení

Herní zařízení jako jsou Microsoft Kinect a Nintendo Wii dávají prostor pohybovým hrám. Stejně jako v jiných příkladech i zde platí, že existují lidé s diametrálně odlišnou fyzickou kondicí. Kondice se v ideálním případě při opakované hře stále zlepšuje, a proto je vhodné k tomu přizpůsobovat obtížnost hry.

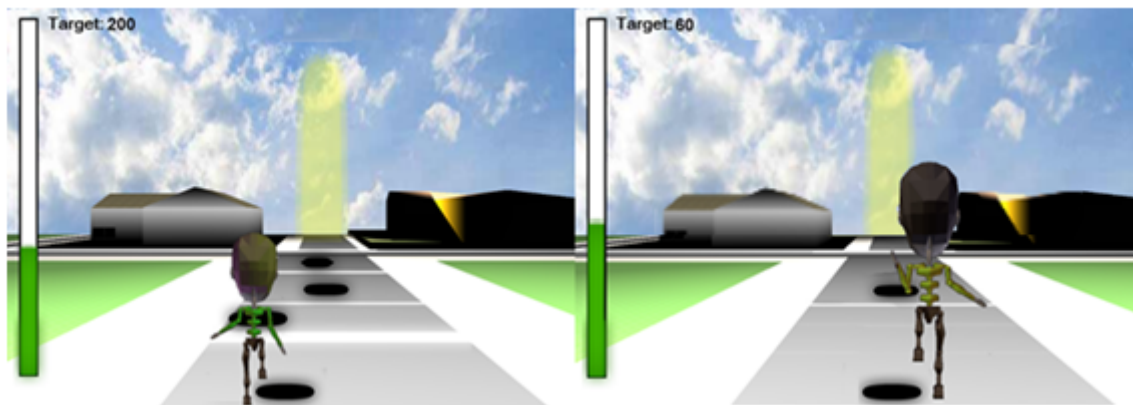
Příkladem takové aplikace může být jednoduchá chodící hra hratelná v internetovém prohlížeči, jež má za úkol motivovat starší lidi k pohybu.

V druhém případě nebylo využito žádné ze zmíněných zařízení. Autoři článku [7] se zaměřili na jogging v páru.

Podpora pohybu starších lidí

Evropská populace stárne a odmítání pohybu staršími lidmi se stává závažným problémem. Z nedostatku fyzické námahy klesá síla a ohebnost těchto lidí, ztrácejí kostní hmotu a tím zvyšují pravděpodobnost pádu a zlomení některé z končetin. Z tohoto důvodu se skupina z Technologického institutu zaměřila na vývoj hry, jež má starší lidi motivovat k pohybu a jejíž nedílnou součástí je vyvažování obtížnosti. [8]

Hra je vytvářena v HTML5 pro běžné použití ve webových prohlížečích a využívá Microsoft Kinect ovládání.



Obrázek 1 Screenshoty HTML5 hry. Vlevo hraje nadaný hráč, vpravo s menší dovedností. [8]

Základním cílem hry je udělat předem dané množství kroků v každé hře. Kroky jsou zaznamenávány pomocí Kinectu. Hráč musí jít v rytmu a zároveň se musí vyhýbat dírákům v zemi. V případě špatných, či propásknutých kroků hráčův avatar zpomalí.

Při hře více hráčů se všichni zúčastnění snaží jít ve stejném tempu. Obtížnost je upravována přidáváním, či odebráním překážek pro jednotlivé hráče a tím je motivuje k opakovanému hraní.

Jogging na dálku

Ne každého baví běhat po parku samostatně a zároveň může být těžké najít někoho, kdo by si s vámi zaběhal ve stejnou dobu. Řešením může být jogging na dálku (jogging over distance), kdy dva lidé běží ve stejnou dobu, ale každý běží jinde, třeba i v jiném státě. Oba cvičící se dorozumívají přes telefon se sluchátky na hlavě. Povídají si, navzájem se podporují.

Různí lidé mají různou fyzickou kondici a může být problém se navzájem přizpůsobit v běhu tak, aby oba dva jedinci byli přibližně stejně namáhání. Neměla by nastat situace, kdy jeden udýchaně nemůže skoro mluvit a druhému naopak cvičení nic nedává.

V článku *Balancing Exertion Experiences* [7] popisují svůj přístup k dané problematice. Každý z jogujících partnerů má při sobě chytrý telefon a měřič srdeční frekvence. Na telefonu mají nastavenou svojí ideální, cílovou srdeční frekvenci každý dle své fyzické kondice, případně dle doporučení doktora. Jestliže oba partneři mají srdeční frekvenci relativně stejnou vůči své cílové, pak je vše v pořádku. Partneři mohou běžet několik minut s cílovou srdeční frekvencí, poté se vyhecují, že na chvíli zrychlí a běží např. na 120% své cílové frekvence. Pokud nastane situace, kdy první partner běží na 80%, druhý na 110%, jak vhodně donutit prvního zrychlit a druhého zpomalit?

Autoři článku přišli se zajímavým řešením. Pomocí sluchátek mohou simulovat vjem, kdy se partneři slyší vedle sebe, kdy jeden slyší druhého před sebou, případně za sebou. Ve výše uvedeném příkladu by partner běžící na 110% slyšel spoluběžce za ním, což by ho donutilo zpomalit. Opačně partner běžící na 80% by slyšel toho druhého před sebou a byl by donucen zrychlit, aby se ve výsledku slyšeli co nejlépe, vedle sebe.

1.1.3 Zdravotnictví

Aplikace s adaptivní obtížností mohou pomáhat i nemocným lidem. Lidé po vážných úrazech se mnohdy učí, jak se vrátit zpět do normálního života. Při rehabilitaci lze mnohdy využít i počítačových her, které více motivují ke cvičení. Jestliže je taková hra

příliš obtížná, pacient o ní brzy ztratí zájem. To platí i v opačném případě, kdy hra nutí pacienta provádět věci, které již bez problémů zvládá. Z těchto důvodů je velice vhodné obtížnost adaptivně měnit vůči konkrétním pacientům. Příkladem této aplikace je následující podkapitola Rehabilitace po utrpění mozkové mrtvice.

Druhá podkapitola v této sekci popisuje program asistující lidem trpícím demencí při jednoduchých úkolech.

Rehabilitace po utrpění mozkové mrtvice

Po cévní mozkové příhodě může dojít k částečnému až k v úplnému ochrnutí některých končetin. Pomocí různých cvičení lze tento dopad zvrátit. Mimo jiné mohou dobře posloužit jednoduché počítačové hry ovládané haptickým zařízením s adaptivním odporem a senzory. Obtížnost hry spočívá především v odporu ovladače a vzdálenosti, kterou musí osoba překonat. Jestliže se obtížnost zvolí špatně, hráč se může brzy nudit, být frustrován. V tom případě hru vypne a může být odrazen od další rehabilitace. Úkolem dynamického vyvažování hry je opět přizpůsobit hru různým lidem s různou rychlostí rehabilitace. [9]

Pomoc lidem trpícím demencí

Lidé trpící nemocemi jako je Alzheimerova choroba potřebují pomoci i při běžných úkolech jako je mytí rukou. Tento proces lze rozdělit do několika podúkolů. Puštění vody, namydlení rukou, opláchnutí rukou, vypnutí vody, usušení rukou ručníkem. Někteří pacienti některé z kroků zapomínají, a poté jim je musí aplikace slovně připomenout. Cílem bylo vytvořit aplikaci, která se bude přizpůsobovat dovednostem aktuálního uživatele. Aplikace by neměla připomínat kroky mytí rukou, které pacient zvládne bez nápoděvy provést sám. Připomínání všech kroků při každém mytí rukou by mohlo vést k jeho frustraci. [10]

1.1.4 Výukové programy

Existuje velké množství vzdělávacích programů a her. Jak takovou hru udělat, aby efektivně vzdělávala úplného začátečníka, ale i již pokročilého uživatele? I zde je prostor pro adaptivní přizpůsobování se programu uživateli. Představme si simulátor výuky v autoškolě, kde by se dle schopnostech začínajícího řidiče měnilo prostředí. Na začátku by žák projížděl vesnicemi s minimálním provozem. Jak by se žák zlepšoval, přibýval by provoz, dopravní značky, semaforey, vjel by do města apod. Jestliže by jel příliš rychle, v dalším úseku by se objevil retardér atd.

Ve sci-fi seriálu Stargate:SG1 ukázali možnost využití DDA při vojenském výcviku. Čím lépe si hrdina vedl ve virtuální realitě, tím více překážek mu bylo kladeno do cesty. [11]

Dále přiblížím komerční hru pomáhající s výukou na elektrickou kytaru a diplomovou práci o rozšiřování slovní zásoby předškolních dětí zábavnou formou.

Výuka hry na elektrickou kytaru

Známé herní vydavatelství Ubisoft vydalo během loňského podzimu hru Rocksmith, která má zábavnou formou uživatele naučit hrát na elektronickou kytaru. Oproti Guitar Hero, Rock Band neovládáte hru speciálním plastovým ovladačem, naopak využíváte opravdovou elektrickou kytaru, kterou připojíte přes speciální kabel do USB. Lze využít kytaru zakoupenou se hrou, nebo jakoukoli jinou.

V této výukové hře máte za úkol zahrát na kytaru správné akordy ve správnou chvíli. „Vše začíná jednoduchým brnkáním na jednu notu a pokračuje přes slajdy a příklepy k akordům a dalším složitějším technikám.”[12] Tímto lze popsat statickou část obtížnosti, ale autoři se zaměřili i na dynamické vyvažování obtížnosti a sami to vyzdvihují ve svém propagačním videu.[13] Jestliže během hraní uděláte několik chyb po sobě, hra se zjednoduší. Např. místo každého tónu budete hrát pouze každý třetí.

Rozšiřování slovní zásoby

Peter Peerdeman se ve své diplomové práci *Intelligent Tutoring in Educational Games*[14] zabýval využitím DDA u výukových her. Vytvořil hru *Mijn naam is Haas* (holandsky Moje jméno je Zajíc), která je zaměřena na mladší hráče, jež si mají rozšířit svojí slovní zásobu. Hlavní postavou ve hře je zajíc, který se stává průvodcem po hře. Hráč ovládá hru kreslením různých objektů do světa zajíce a hra se mu přizpůsobuje a dle nakreslených objektů vybírá další úkoly. Např. nakreslí-li několik mraků, začne pršet a dalším úkolem je nakreslit deštník, který by ochránil zajíce Haase před zmoknutím.

Hra při zadávání úkolů vhodně vybírá slovíčka dle úrovně hráče. Využívá se databáze 6000 slov, kde každé slovo je ohodnoceno číslem mezi 0 – 100 určující jejich obtížnost. Ohodnocení slova vyjadřuje kolik procent učitelů si myslí, že toto slovo je důležité znát žáky druhých tříd (groep 2) základních škol v Holandsku.¹ Lze předpokládat, že slova s hodnotou 90-100 žáci již dobře znají a naopak slova ohodnocená 0 – 30 nejsou důležitá k naučení. Zbytek slov lze rozdělit do šesti úrovní obtížnosti. Obtížnost 1 obsahující slova s hodnotou 80 – 90 až po obtížnost 6 se slovy s hodnotou 30 – 40.

Zadání úkolu vždy obsahuje většinu slov dítěti dobře známých, zbylé tvoří prostor pro učení. Každý úkol má přiřazeno několik různě obtížných synonym a program vybírá nejvhodnější slovo dle úrovně hráče, které několikrát zopakuje v různých větách pro lepší pochopení jeho významu.

1.2 Taxonomie

Každé využití auto-dynamického vyvažování hry lze zařadit do několika kategorií z různých úhlů pohledu. Různé hry vyžadují různé přístupy a je dobré se zamyslet nad konkrétní hrou. Vybrat si z jakých kategorií by mělo být DDA použito. Designér hry by si měl položit několik následujících otázek :

1. Měl by hráč vědět, jestli je DDA použito?
2. Má být obtížnost měněna v průběhu hry, nebo pouze na začátku?
3. Je hlavním cílem hry zábava, nebo něco jiného?
4. Jakým způsobem může být ovlivňována obtížnost hry?

Dle svých odpovědí každý určitě zvládne zařadit hru do následujících kategorií.

1.2.1 Explicitní a implicitní

První dělení rozlišuje stav, kdy je hráč obeznámen s dynamickou obtížností a kdy naopak je mu to zatajeno. Jestliže hráč dopředu ví, že se obtížnost hry mění dle jeho konání, jedná se o explicitní DDA. Pokud je snaha utajit dynamickou změnu obtížnosti, jedná se o implicitní DDA.

¹Groep 2 navštěvují pětileté děti. Navštěvování první třídy ve 4 letech je dobrovolné, druhou třídu musí děti navštěvovat povinně. Číst, psát a počítat se začnou učit až v groep 3, která věkem dětí odpovídá prvním třídám v ČR. [15]



Obrázek 2 Ukázka špatného vyvažování hry u hry Mario Kart dává prostor pro vytváření vtipů. [16]

Explicitní použití by mělo být dobře známé i ze všedního života. Když mezi sebou v něčem soutěží týmy, kteří nejsou svými schopnostmi vyrovnání, často se přistoupí k nějakému handicapu pro ty silnější. Ať už se jedná o věnování náskoku při závodu v běhu mladšímu z bratrů, či o posazení zdravého člověka do kolečkového křesla na paralympiádě.

Příkladem ze světa deskových her může být ve hře Go povolení slabšímu hráči na začátku hry zahrát několik svých kamenů navíc, nebo naopak odebrání některých figur ve hře šachy hráči silnějšímu.

Někdy zařazení hry nemusí být zcela jednoznačné. Mnoho hráčů z laické veřejnosti je si vědomo podvádění v závodních hrách jako je Mario Kart, či Need For Speed, přestože se o tom nedozvědí v pravidlech hry. V případě, že se vývojáři rozhodnou pro implicitní DDA, měli by jej navrhnout tak, aby jej hráč neodhalil. Jestliže o něm každý ví, asi už není zcela korektní hru zařadit do implicitní kategorie.

Nejasná kategorizace může být i v opačném případě. Mějme jako příklad moderní deskovou hru Vysoké napětí. Ve hře existují pravidla závislá na aktuálním pořadí hráčů a snaží se pomáhat prohrávajícím hráčům a naopak ubližovat těm ve vedení. U Vysokého napětí hráči nakupují suroviny v opačném pořadí než si vedou. Stejně suroviny mají rozdílnou cenu. Poslední hráč vykoupí nejlevnější suroviny a naopak na toho prvního zůstanou ty nejdražší. Za stejnou věc zaplatí různě, a tedy se zvýší šance posledního hráče dostat se do vedení. Přestože toto pravidlo je všem zúčastněným známo, tak asi málokdo o něm přemýšlí jako o dynamické vyvažování obtížnosti hry.

1.2.2 Dynamická a statická

Obtížnost hry lze přizpůsobovat před začátkem hry nebo v jejím průběhu. Dle toho se rozděluje DDA na statickou(offline), či dynamickou(online). Typický příkladem offline adaptivity bude zpracování hráčových dat a úprava hry během jejího načítání. Z tohoto důvodu je offline adaptivita zaměřena především na generování herního světa, herních scénářů a úkolů[17]. Příkladem mohou být hry Fallout 3 a Fallout: New Vegas, kde se při vstupu na nové území generují nepřátelé, a to dle levelu hráčova Avatara. Offline adaptivitu lze považovat za jedinou možnou při vytváření různých logických hádanek

a her. Na základě rychlosti řešení/nedokončení předchozí hádanky, lze vygenerovat hádanku novou lépe odpovídající hráčovým schopnostem. Tímto problémem se zabývá článek Automatic Generation of Game Elements via Evolution[18], kde testovanými hrami byla hra se šachovými figurami a hra procházení barevným bludištěm.

Online adaptivita bude naopak zaměřena na adaptivitu umělé inteligence NPC a úpravu pravidel hry.

1.3 Cíl diplomové práce

2 Definice zábavnosti

2.1 Flow

2.2 Metriky

3 Existující přístupy

3.1 Částečně pozorovatelné markovské rozhodovací procesy

Částečně pozorovatelné markovské rozhodovací procesy (POMDP) byly úspěšně použity pro regeneraci rukou lidí po mrtvici [9] a u počítačového asistenta při mytí rukou člověkem trpícím demencí.

V obou případech byla osoba se systémem modelována pomocí POMDP, které jsou schopné pracovat se sekvenčními dynamickými systémy, ve kterých jsou některé stavy preferované před jinými a ne vše související s procesem je plně pozorovatelné. V těchto případech nelze přímo pozorovat aktuální schopnosti uživatele.

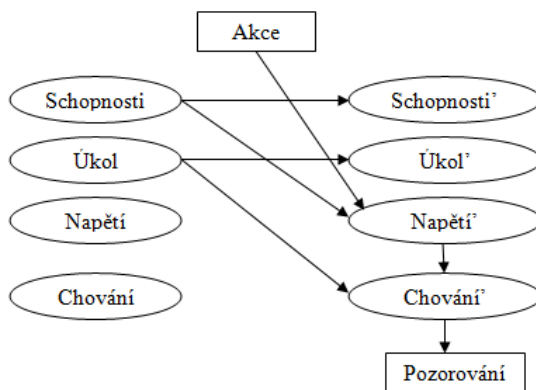
V každém kroku je uložen belief state (pravděpodobnostní distribuce nad všemi stavy). Policy (politika) říká, kterou akci v daném kroku vybrat na základě aktuálního belief state, které se na základě vybrané akce a nového pozorování aktualizuje.

Influence diagramy

Obecná POMDP mohou být řešena více exaktními způsoby, ale nejsou řešitelná s dostatečně krátkou odezvou pro naše využití. POMDP pro popsání úlohy může být redukováno na influence diagramy, které jsou snáze řešitelné.

Obecný influence diagram pro adaptivní systém si lze prohlédnout na Obr. 3. Apostrofované proměnné představují odpovídající neapostrofované proměnné v následujícím stavu. Např. hodnota napětí v následujícím stavu závisí pouze na hodnotách schopnosti a provedené akce z předchozího stavu.

V každém kroku se provede právě jedna akce. Stav je popsán proměnnými 4 kategorií. Proměnná schopnosti(ability) je odhadem aktuálních schopností uživatele. Proměnná úkol(task) popisuje aktuálně prováděný úkol osobou. Proměnná napětí(stretch) znázorňuje náročnost aplikace vzhledem k aktuálnímu uživateli. Popisuje rozdíl úrovně obtížnosti zvolené akce a úrovně schopností jedince. Ideálně jsou úrovně shodné, napětí je nulové. Pokud je napětí vysoké, úkol je příliš obtížný. Jestliže je napětí záporné, úkol



Obrázek 3 Influence diagram pro adaptivní systémy

je příliš snadný. Proměnná chování (behavior) je přímo pozorovatelná. U pomocníka při mytí rukou je jím pozice rukou (ve vodě, na kohoutku atd.) a stav puštění vody.

Příklad popisu stavu hry

Pro lepší pochopení skupin proměnných a jejich významu uvedu příklady proměnných uvedených v článku [9], rehabilitace po mozkové mrtvici.

Schopností je rychlost učení, jak rychle se každý uzdravuje. Úkol popisuje vektor $n(r)$, kde pro jednotlivé hodnoty odporu ovladače je uložena maximální vzdálenost, kterou je osoba schopna dosáhnout. Napětí zde má zachován svůj význam z obecného popisu. Chování je zde nahrazeno celkovou únavou, která souvisí s následujícími pozorovanými veličinami. TTT, čas potřebný k dosáhnutí na cíl, CTRL, reprezentuje, jestli bylo cvičení vykonáno s pomocí kontroly, COMP, jestli si osoba snažila pomáhat vrchní polovinou těla místo využívání pouze její paže.

Konkrétní influence diagram můžeme vyřešit např. pomocí algoritmu PERSEUS, který najde v dostatečně krátkém čase přibližné řešení. Na základě pozorování a provedených akcí dokáže odhadnout schopnosti uživatele a vzhledem k tomu připravit odpovídající následující úlohu.

3.2 Monte-Carlo prohledávání stromu

Autoři z Pekingské univerzity vyzkoušeli spojení Monte-Carlo Tree Search (MCTS) algoritmu s dnes populárními neuronovými sítěmi. [19][20]

V článcích upozorňují na nevýhodu tradičních metod DDA, kdy se obtížnost uměle mění např. přidáváním dalších a silnějších nepřátel, ale jejich inteligence zůstává stejná. Hráč se v takovém případě může cítit podveden. V Pekingu se vydali cestou dynamického vyvažování umělé inteligence a svůj přístup aplikovali na zjednodušené verzi známé hry Pac-Man.

Pravidla hry Pac-Man

Cílem hráče hrajícího za žlutou postavu Pac-Mana je sníst všechny kuličky v bludišti a zároveň se vyhnout nepřátelům, duchům. Pac-Man zvítězí, jestliže sníst všechny kuličky, duši zvítězí, jestliže chytnou Pac-Mana. Jestliže do 55 kroků žádná z těchto událostí nenastane, hra končí remízou. Oproti původnímu Pac-Manovi jsou ve hře další úpravy.

- Bludiště je zmenšeno na velikost 16x16 a neobsahuje žádné Powerupy.
- Ve hře jsou pouze dva duši místo původních 4 a mají stejnou rychlost jako Pac-Man. Z toho vyplývá, že jeden duch nikdy nemůže sám chytit Pac-Mana, duši musí spolupracovat.
- Pac-Man i duši se rozhodují pouze na křižovatkách. Jejich možné akce jsou jít vpravo/vlevo/nahoru/dolů, případně u křižovatek u kraje bludiště jejich podмноžina, procházení zdí je zakázáno.

Tvorba DDA pomocí MCTS

Výkon umělé inteligence soupeřů založených na MCTS závisí na množství času, které MCTS poskytneme. Čím déle algoritmus běží, tím je pravděpodobnější inteligentnější chování duchů.

Pro účely simulace hráč Pac-Mana využíval ForwardOrRight strategii. Pomocí opakovaných simulací s pevně daným simulačním časem získali závislost poměru vítězství



Obrázek 4 Zjednodušená verze Pac-Mana. Obrázek převzat z [19]

(win-rate) na délce simulace. Několik získaných diskrétních hodnot proložili polynomem 4. stupně.

$$y = -5,67 * x^4 + 17,6 * x^3 - 11,1 * x^2 - 0,81 * x + 65,6 \quad (1)$$

V předchozí rovnici je x časem výpočtu MCTS v ms a y výsledné win-rate. Běžný hráč chce vyhrávat přibližně v polovině případů. Vyřešením rovnice získáváme čas 105ms. Začínající hráč může upřednostnit častější vyhrávání, při win-rate 30% (duchy) algoritmus potřebuje 28ms na výpočet.

Využití neuronových sítí

Další nevýhodou škálování AI pomocí změn simulačního času je horší využitelnost u real-time her, kde si nemůžeme dovolit věnovat stovky ms k výpočtu AI. Tento nedostatek lze odstranit využitím neuronové sítě místo MCTS.

Neuronovou síť se snažíme naučit chování odpovídající MCTS s daným simulačním časem. Při simulacích pomocí MCTS se při každém rozhodování duchů uložil stav hry, jako 23 proměnných a výsledné rozhodnutí o novém směru každého ducha.

Takto získaná data bylo použita pro učení neuronové sítě, která posléze nahradila původní algoritmus MCTS. Vstupními proměnnými byly např. pozice a směr hráče, pozice duchů a obsah sousedních dlaždic, vzdálenost mezi duchy a hráčem, čas simulace atd. Ve výstupní vrstvě bylo po 4 neuronech pro každého ducha, kde každý neuron představoval jeden zvolený směr.

Neuronové sítě odstranily časovou divergenci pro různé AI, ale naopak přinesly do systému jistou míru nepředvídatelnosti.

3.3 Producent – konzument

V mnohých hrách můžeme pozorovat vztah producent – konzument mezi světem a hráčem. Jestliže hráč získá ze světa moc prostředků, hra přestává být výzvou a naopak. Má-li hráč málo prostředků (např. munice, zdraví), může být frustrován kvůli vysoké obtížnosti. Robin Hunicke popsala systém The Hamlet integrovaný do Half-Life SDK[21], který vyvažuje obtížnost hry právě pomocí výměny zdrojů mezi světem a hráčem. Half-Life patří mezi klasické zástupce first-person shooter (FPS, „střílečky“).

Použitá metrika

Hunicek používá metriku pravděpodobnost smrti hráče. Ze série měření určí pravděpodobnostní distribuci poškození udělené hráči protivníkem během boje. Předpokládá Gaussovskou distribuci :

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Pomocí určitého integrálu $F(d)$ můžeme spočítat pravděpodobnost utrpení poškození menší, nebo rovnu d , kterou lze využít pro určení pravděpodobnosti přežití, jestliže má hráč aktuální zdraví rovné hodnotě d .

$$F(x) = \int_d^{\infty} p(x) dx \quad (3)$$

Dosazením za $p(x)$ získáváme rovnici 5.

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_d^{\infty} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (4)$$

Tento integrál lze aproximovat funkcí erf z knihovny C++. V následujícím vzorci h odpovídá aktuálnímu zdraví hráče, μ, σ pro střední hodnotu a standardní odchylku poškození od aktuálního oponenta v nějakém čase t v budoucnu.

$$F(d_t) = 1 - \frac{1}{2} \left(1 + \text{erf} \left(\frac{h - \mu t}{\sigma\sqrt{2t}} \right) \right) \quad (5)$$

Během souboje se zaznamenává poškození d , které každý z protivníků udělí hráči. Na základě těchto hodnot a vzorců výše lze přibližně spočítat pravděpodobnost smrti hráče.

Vyvažující strategie

Systém Hamlet mění obtížnost na základě poptávky a nabídky. Na straně nabídky může systém zasáhnout umístováním předmětů v herním prostředí (lékárničky, munice, zbraně). Dále může přizpůsobovat účinnost a přesnost hráčových zbraních, projev brnění apod.

Na straně poptávky manipulovat s nepřáteli (změnou jejich třídy, množství, počtu jejich životů, určením místa jejich objevení se na mapě). Stejně jako u hráče lze přizpůsobit sílu a přesnost jejich zbraní.

Autoři se snaží držet hráče v tzv. „komfortní zóně“, kdy se hráč cítí relativně v bezpečí. Jestliže se v průběhu boje zvedne pravděpodobnost úmrtí nad 40%, Hamlet začne zasahovat do hry výše uvedenými způsoby.

Cílem této politiky je udržet zdraví hráče na střední hodnotě 60 se standardní odchylkou 15 bodů. Hamlet je navržen tak, aby pomáhal hráčům, kteří mají problémy, ale na druhou stranu, aby je neprotahoval za každou cenu skrz herní úrovně.

Literatura

- [1] TvTropes.org. *Dynamic Difficulty font family*. URL: <http://tvtropes.org/pmwiki/pmwiki.php/Main/DynamicDifficulty> (cit. 16.02.2013).
- [2] GiantBomb.com. *A. I. Director font family*. URL: <http://www.giantbomb.com/ai-director/3015-2539/> (cit. 16.02.2013).
- [3] RocstarGames.com. *Rockstar Game Tips: Difficulty Settings - Getting Started in Max Payne 3 font family*. URL: <http://www.giantbomb.com/ai-director/3015-2539/> (cit. 16.02.2013).
- [4] J. Tolentino. *Good Idea, Bad Idea: Dynamic Difficulty Adjustment font family*. URL: <http://www.destructoid.com/good-idea-bad-idea-dynamic-difficulty-adjustment-70591.phtml> (cit. 16.02.2013).
- [5] A. Saltsman. *Game Changers: Dynamic Difficulty font family*. URL: http://www.gamasutra.com/blogs/AdamSaltsman/20090507/1340/Game_Changers_Dynamic_Difficulty.php (cit. 16.02.2013).
- [6] Konami. *The Evolution of the Beautiful Game font family*. URL: <http://uk.games.konami-europe.com/news.do?idNews=251> (cit. 16.02.2013).
- [7] J. Heer. "Balancing Exertion Experiences". In: *Movement-Based Gameplay* (2012).
- [8] G. Doyle. "Motivating Elderly People to Exercise Using a Social Collaborative Exergame with Adaptive Difficulty". In: *ECGBL* (2012).
- [9] Robby Goetschalckx et al. "Games with Dynamic Difficulty Adjustment using POMDPs". In: (2010).
- [10] A. Mihailidis. "A Decision-Theoretic Approach to Task Assistance for Persons with Dementia". In: *International Joint conference on Artificial Intelligence* (2005).
- [11] IMDB.com. *Stargate SG-1: Season 8, Episode 6 font family*. URL: <http://www.imdb.com/title/tt0709042/> (cit. 16.02.2013).
- [12] M. Bach. *Rocksmith - recenze font family*. URL: <http://games.tiscali.cz/recenze/rocksmith-recenze-61003> (cit. 15.02.2013).
- [13] Ubisoft. *Rocksmith - Dynamic Difficulty font family*. URL: <http://www.youtube.com/watch?v=R0yhx5aDjws> (cit. 15.02.2013).
- [14] P. Peerdeman. "Mijn Naam is Haas, Intelligent Tutoring in Educational Games". master thesis. VU University Amsterdam, 2010.
- [15] N. Elangovan. *Education in Holland font family*. URL: <http://www.pages.drexel.edu/~ne34/edu.html> (cit. 16.02.2013).
- [16] P. Tassi. *A Universal Truth font family*. URL: <http://unrealitymag.com/index.php/2012/01/09/a-universal-truth/> (cit. 24.02.2013).
- [17] R. Lopes a R. Bidarra. "Adaptivity Challenges in Games and Simulations: A Survey". In: *Computational Intelligence and AI in Games, IEEE Transactions on* 3.2 (červ. 2011), s. 85–99. ISSN: 1943-068X. DOI: 10.1109/TCIAIG.2011.2152841.

- [18] D. Ashlock. “Automatic generation of game elements via evolution”. In: *Computational Intelligence and Games (CIG), 2010 IEEE Symposium on*. Srp. 2010, s. 289–296. DOI: 10.1109/ITW.2010.5593341.
- [19] Ya’nan Hao et al. “Dynamic Difficulty Adjustment of Game AI by MCTS for the game Pac-Man”. In: *Natural Computation (ICNC), 2010 Sixth International Conference on*. Sv. 8. Srp. 2010, s. 3918–3922.
- [20] Bin Wu et al. “Dynamic difficulty adjustment based on an improved algorithm of UCT for the Pac-Man Game”. In: *Electronics, Communications and Control (ICECC), 2011 International Conference on*. Zář. 2011, s. 4255–4259. DOI: 10.1109/ICECC.2011.6066649.
- [21] Robin Hunicke. “The case for dynamic difficulty adjustment in games”. In: *Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology*. ACE ’05. Valencia, Spain: ACM, 2005, s. 429–433. ISBN: 1-59593-110-4. DOI: 10.1145/1178477.1178573. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1178477.1178573>.