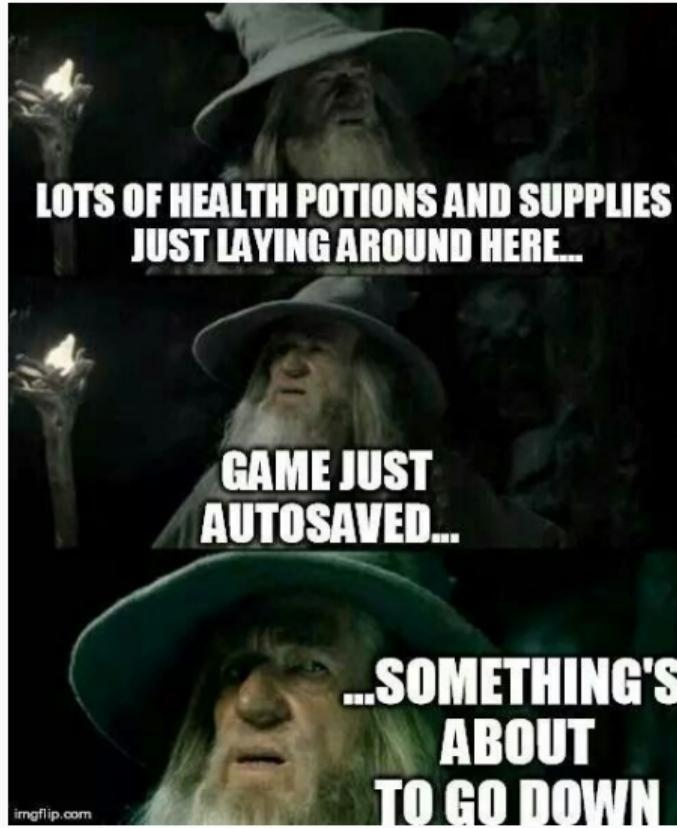


Veštačka Inteligencija u video igrama

Nemanja Mićović

VI u svetu Video Igara







- Osnovan pre 11 godina, sada sa 175 zaposlenih
- Objavljene igre:
 - [Top Eleven](#):
 - preko 240 miliona registrovanih korisnika
 - Jose Mourinho zaštitno lice
 - 10+ godine postojanja
 - [Golden Boot](#) (preko 65 miliona igrača je igralo do sada)
 - [Heroic](#) (Unite predavanja: [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#))
- Od juna 2021. godine - deo TakeTwo-a
- TakeTwo uključuje igre i serijale kao što su GTA, NBA 2K, Borderlands, BioShock, Read Dead Redemption...
- ML/AI tim - Istražuje i primenjuje algoritme VI za potrebe naših igara
- Posetite naš [ML/AI blog](#)!

Nordeus - Trenutne otvorene softverske pozicije

- Junior Data Inženjer
- Junior Software QA Engineer (Game Team)
- Pratite objave za posao [ovde](#)

O meni

- Istraživač VI u kompaniji Nordeus
- Dugo radio kao asistent na Matematičkom fakultetu
- Volim:
 - Veštačku inteligenciju
 - Mašinsko učenje
 - Video igre
 - Edukaciju i učenje
 - GNU/Linux, NVim i zajednicu otvorenog koda
 - Mehaničke tastature
 - Epsku i naučnu fantastiku
- Moja [veb stranica](#)
- Kontakt: nemanjam@nordeus.com



Naš današnji plan

- Teorijski pregled
 - Uvod u VI
 - VI u svetu igara
 - Algoritmi VI u svetu igara
 - Stabla ponašanja
 - Utility funkcije
- Praktična demonstracija kroz Unity
 - Stabla ponašanja
 - Utility funkcije

Veštačka inteligencija (VI)



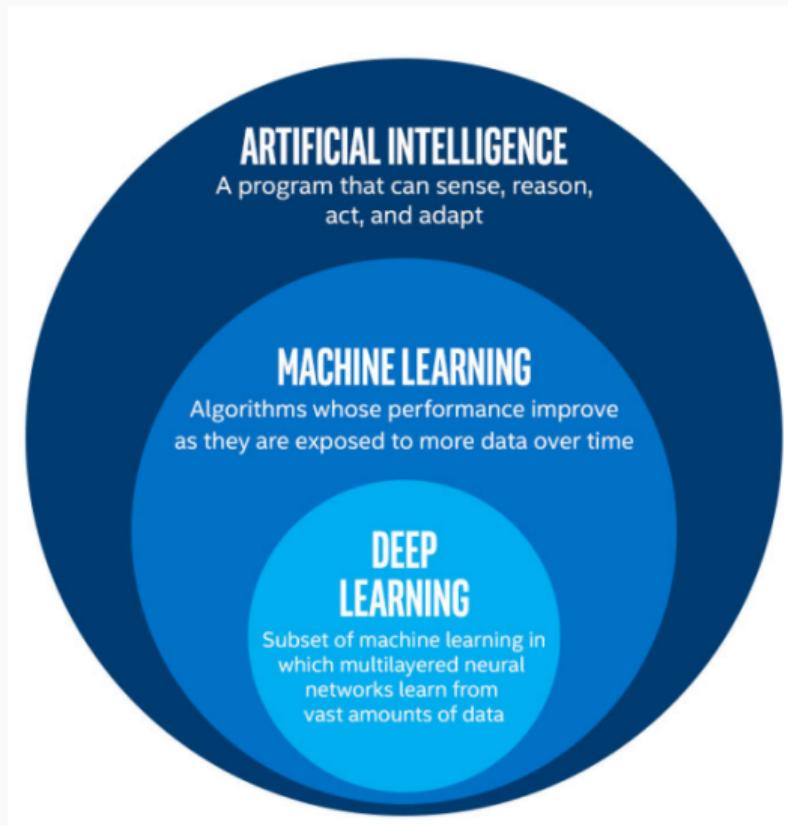
Šta je VI?

- Pravljenje veštačkog mozga?
- Pravljenje programa koji *misli*?
- Pravljenje digitalnog čoveka?
- ...

Jedna od poznatijih definicija

- Oblast koja se bavi *efikasnim* rešavanjem problema u kojima se javlja **kombinatorna eksplozija**.

- Izuzetno bogata oblast
- Poseduje veliki broj koncepata, ideja, algoritama, principa, pristupa. . .
- Vrlo **čvrsto matematički zasnovana** oblast
- Neki od najvećih rezultata ostvareni u poslednjih nekoliko godina!



VI: Prošlost

Koncept veštačke inteligencije i rani počeci

Termin *VI* je produkt filozofskog pitanja:

- *Da li mašina zaista može da razmišlja kao čovek?*
- Ovo pitanje je i danas izuzetno aktuelno
- Govori o veštačkoj **generalnoj** inteligenciji (eng. AGI - artificial general intelligence)

Koncept veštačke inteligencije i rani počeci



- Još davne 1637. godine, Rene Dekart je postavio neka važna pitanja i izazove
- Rene je smatrao da mašine ne mogu da nauče da komuniciraju poput ljudi
 - Ovo je i dalje nerešen problem danas (iako postoje zanimljivi rezultati)
- Smatrao je da će pravi izazov biti napraviti mašinu koja ima **generalnu** inteligenciju
 - Odnosno, verovao je da mašina može u nekom specijlizovanom poslu biti bolja od čoveka
 - Ali, ista ta mašina, ne može znati i druge stvari koliko i čovek
- Ovo je danas i dalje **nerešen** problem, ne postoji generalna inteligencija nalik onoj koju poseduje čovek

Igra imitacije - Tjuringov test



- Alan Tjuring 1950. godine postavlja *Tjuringov test*
- Test pokušava da postavi šta je to što mašina treba da uradi da bi rekli da je inteligentna
- Test se sastoji u tome da:
 - ako sudija (čovek) ne može da napravi razliku između maštine i čoveka
 - onda možemo da zaključimo da je **mašina intelligentna**

Igra imitacije - Tjuringov test



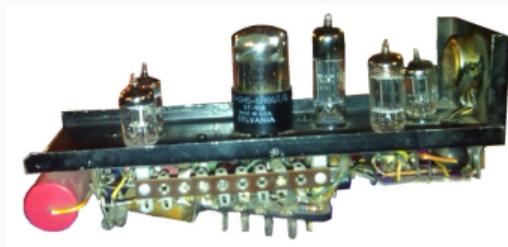
Pitanje za vas

- Da li mislite da je moguće proći Tjuringov test?

Igra imitacije - Tjuringov test

- Test je rešen još 2014. godine (iako se svi ne slažu)
- Sistem konstruisan od strane naučnika *Vladimir Veselov* i *Eugene Demchenko*
- Sistem pod imenom *Eugene Goostman* se predstavio kao dete od 13 godina

Prva neuronska mreža



- Još davne 1951. sistem *SNARC*
- Autori: *Marvin Minski* i *Dean Edmonds*
- Napravljen od strane vakuumskih cevi i mehaničkih delova
- Mašina pomagala (virtuelnim) miševima da izađu iz labyrintha
- Sistem se unapređivao kroz vreme

Prvi samovozeći automobil

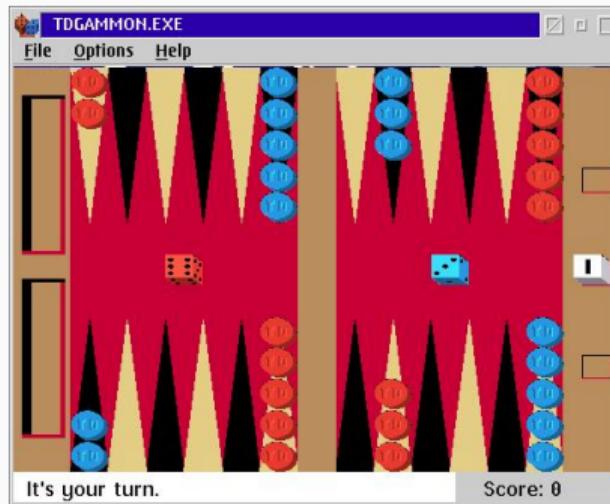
- Mercedes-Benz 1995. uspeva da vozi auto (uglavnom) autonomno od Minhen do Kopenhagena
- Dužina puta je okvirno 1680 KM
- Oko 95% vožnje je obavljeno autonomno
- Sistem je vozio i kroz saobraćaj i vršio je preticanje
- Najduže je vozio 158 KM bez ljudske intervencije

Poraz Garija Kasparova



- Sistem *DeepBlue* 1997. godine pobeduje Garija Kasparova, šampiona u šahu
- Razvijen od strane kompanije IBM

Igra Tavla



- Geralt Tesauro 1992. konstruiše sistem *TD-Gammon*
- Sistem u stanju da igra igru Tavla (eng. Backgammon) blizu nivoa vrhunskih igrača
- Pomogao da se razviju nove strategije i ideje o načinu igranja

VI: Sadašnjost

IBM Watson i kviz *Jeopardy!*



- Sistem *Watson* od strane kompanije IBM pobeđuje u kvizu *Jeopardy!* 2011. godine
- U pitanju je sistem za odgovaranje na pitanja (eng. question-answer system)



- Takmičenje u klasifikaciji slika
- Skup podataka (sa istim imenom) koji ima 21 841 klasu i 14 197 122 slika
- Sistemi mašinskog učenja od strane kompanija *Google* i *Microsoft* ostvarili veću preciznost nego čovek na ovom skupu

AlphaGo



- *Lee Sedol*, svetski šampion u igri Go gubi od sistema *AlphaGo* (Google) 2015.
- Google koristio 1920 procesora i 280 grafičkih karti (po nekim izveštajima)
- Igra Go je izuzetno kompleksna, nije se očekivalo da će računar moći ovo da učini u još neko vreme

Kompleksnost igre Go

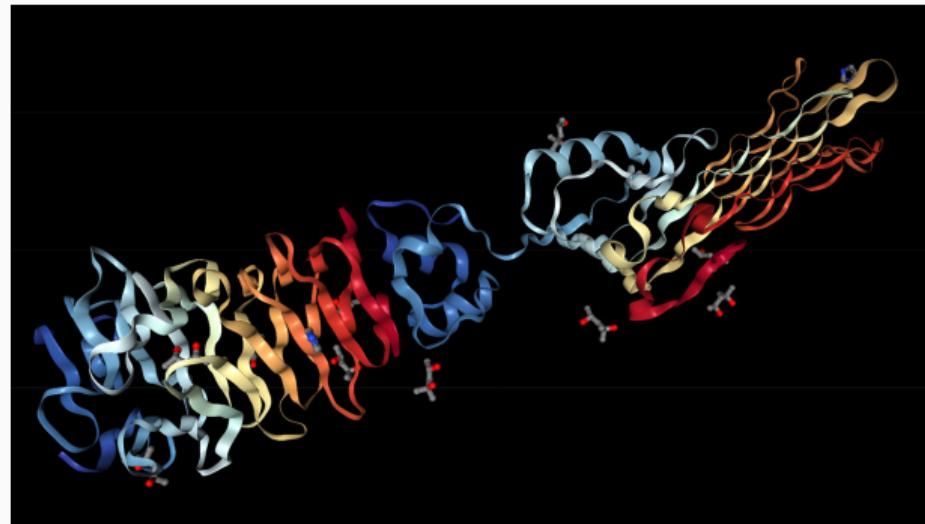


- Ukupan broj različitih pozicija je $3^{361} \approx 1.741 \times 10^{172}$
- Broj različitih validnih pozicija za tablu 19×19 je $2.082 \cdot 10^{170}$
- To je nekih 1.196% svih mogućih pozicija
- Prosečno, broj poteza koji se mogu odigrati je oko 150-250 (šah je oko 37)

AlphaZero

- Nastavak algoritma AlphaGo 2016.
- Obučavan da igra sam protiv sebe
 - Pobedio AlphaGo u igri Go sa 60:40
- Pored sistema za Go, može da igra šah i šogi (eng. shogi)

AlphaFold - Savijanje proteina



- Značajan rezultat koji je zabeležio DeepMind 2020.
- Sistem koji je u stanju da (aproksimativno) konstruiše 3d oblik proteina na osnovu sekvence amino kiselina
- Razumevanje proteina ima važnu ulogu u izradi novih lekova za lečenje raznih bolesti

Gde se VI primenjuje danas?

- Autonomna vožnja
- Bioinformatika
- Društvene mreže
- Algoritamski portfolio
- Igranje video igara
- Klasifikacija silka
- Prepoznavanje rukopisa i lica
- Obrada prirodnih jezika
- Generisanje optimizacionih algoritama
- Generisanje slika
- Računarska vizija
- Detekcija prevara u bankarstvu
- Istraživanje podataka
- Medicinske primene
- Marketing i ciljani marketing
- Kontrolisanje robota
- Ekonomija
- Prepoznavanje govora
- Generisanje govora
- Sistemi za preporučivanje

VI u svetu video igara

VI u svetu video igara

- Upotreba algoritama oblasti VI je vrlo šarena
- Neki od domena primene u video igramu:
 - Ponašanje NPC entiteta (eng. non-player character)
 - Ponašanje neprijatelja
 - Testiranje igre
 - Generisanje medijskih sadržaja
 - Određivanje dinamičke težine igre
 - Spajanje igrača (eng. matchmaking) u MP igramu (eng. multiplayer)
 - Statistička podrška za igru

Primena: Ponašanje NPC entiteta (eng. non-player character)

- Sistem VI se koristi da definiše ponašanja agenata (ljudi, životinja...) u svetu igre
- Na primer, ponašanje ljudi u životinja u igrama Red Dead Recemption, GTA, Far Cry, The Witcher
- Vrlo interesantan primer ponašanja NPC ljudi u *Red Dead Recemption 2*: [video](#)

Primena: Ponašanje protivnika

- VI se koristi da simulira ponašanje protivnika u igri
- Tipično protivnik može da učini iste ili slične akcije kao igrač
- Na primer, protivnici u igrama Mortal Kombat, FIFA, PES, Counter Strike, DOTA
- U našoj igri Heroic, razvijeno je nekoliko različih botova koji igraju protiv igrača
- Objavljen je i rad koji izlaže kako radi RL bot: [rad](#)

Primena: Testiranje igre

- Prilikom razvoja igre, vrlo je teško prilagoditi određene sisteme na prave vrednosti
- Koliko štete protivnici nanose igraču kada pucaju? Kako se to menja prilikom menjanja težine igre?
- Da li je nivo 13 teži od nivoa 12? Ako jeste, koliko? Da li su nivoi ravnomerne težine?
- Nije retkost da se napravi agent VI (bot) koji igra igru umesto pravog igrača
- Vrlo lepo predavanje o upotrebi agenta/bota za testiranje igre: [video](#)

Primena: Generisanje medijskih sadržaja

- Posebno korisno prilikom izrade prototipa igre
 - Dostupno malo vremena
 - Potrebno **dokazati** mehanike igre kako bi se uona uopšte pravila
 - Nije važan kvalitet pojedinačnih komponenti, pa samim tim ni tekstura, modela i slično
 - Ali važno je da oni ipak postoje kako bi dočarali kako bi sve to moglo da izgleda
- Metodama VI danas je moguće generisati (i ažurirati) raznovrsne sadržaje:
 - Fotografije: [lica](#), vozila, [preslikavanje slika](#)
 - Video snimci: [animiranje lica](#)
 - Progresivno starenje lica
 - Otklanjanje pozadine
 - Rekonstrukcija 3d modela na osnovu [video snimka](#) ili [slike](#)

Primena: Određivanje dinamičke težine igre

- Neke igre koriste dinamičku težinu
- Odnosno težina igre se dinamički menja u zahtevnosti od veštine igrača
- Interesantan [članak](#)

Primena: Spajanje igrača (eng. matchmaking) u MP igrama (eng. multiplayer)

- Prilikom igranja MP igara, potrebno je spojiti igrače pre nego što se započne meč
- Treba ih rasporediti tako da njihovo iskustvo bude **kvalitetno** (internet konekcija, lag, međusobna veština...)
- Intersantno predavanja o Halo 5 sistemu sa GDC-a: [video](#)

Primena: Statistička podrška za igru

- Obuhvata sisteme koje razvijaocima pružaju pogled i estimaciju za određene statistike, metrike i razna merenja u igri
- Na primer:
 - koliko prosečno prođe vremena između dva ubijena neprijatelja?
 - najčešći potez koji odigra igrač
 - kolika je šansa da će igrač da napusti igru

Generisanje slika (lica)



- Projekat rađen interno u kompaniji za potrebe video igre
- Koje lice je generisano?



Generisanje slika (lica)



- Projekat rađen interno u kompaniji za potrebe video igre
- Koje lice je generisano?
- *SVA* lica su generisana!
- I nalaze se u igri [Golden Boot](#)



Pisanje poezije - prava protiv generisane

*Sveti Jovan od zemlje na noge,
Sve pod njima konja privatiše,
Pod Stjepana grada bijeloga,
Pa podiže sirotinja rodila,
Pa pogubi pod svoje postajemo,
ne bi li me provizur-Mijkom.
Kad su bili na noge lagane.*

*Sveti Jovan otisnu jabuku,
Ona pade moru u dubine,
Tople su ga suze propanule,
No mu care riječ progovara:
"A ne plači, dragi pobratime!
"Ne moj mene ugrabit' korunu,
"Ja ću tebe izvadit' jabuku."*

Generisanje teksta - model GPT

- Kompanija OpenAI već nekoliko godina razvija sistem GPT
- Trenutno aktivna verzija 3
- Sistem može da:
 - Odgovara na pitanja
 - Piše poeziju i novinske članke
 - Ispravlja gramatiku
 - ...
- Vlada mišljenje da je trenutni kvalitet tekstova koje generiše GPT3 takav da je praktično nemoguće otkriti da li je pisao čovek ili ne
- Igra [AI Dungeon](#)

GPT2 i GPT3 primeri

Poor English input: Janet broke Bill on the finger.

Good English output: Janet broke Bill's finger.

Poor English input: Mary arranged for, in St. Louis, John to rent a house cheap.

Good English output: Mary arranged for John to rent a house in St. Louis.

Poor English input: Today I have went to the store to to buys some many bottle of water.

Good English output: Today I went to the store to buy some bottles of water.

GPT2 i GPT3 primeri

Title: United Methodists Agree to Historic Split

Subtitle: Those who oppose gay marriage will form their own denomination

Article: After two days of intense debate, the United Methodist Church has agreed to a historic split - one that is expected to end in the creation of a new denomination, one that will be "theologically and socially conservative," according to The Washington Post. The majority of delegates attending the church's annual General Conference in May voted to strengthen a ban on the ordination of LGBTQ clergy and to write new rules that will "discipline" clergy who officiate at same-sex weddings. But those who opposed these measures have a new plan: They say they will form a separate denomination by 2020, calling their church the Christian Methodist denomination.

The Post notes that the denomination, which claims 12.5 million members, was in the early 20th century the "largest Protestant denomination in the U.S.," but that it has been shrinking in recent decades. The new split will be the second in the church's history. The first occurred in 1968, when roughly 10 percent of the denomination left to form the Evangelical United Brethren Church. The Post notes that the proposed split "comes at a critical time for the church, which has been losing members for years," which has been "pushed toward the brink of a schism over the role of LGBTQ people in the church." Gay marriage is not the only issue that has divided the church. In 2016, the denomination was split over ordination of transgender clergy, with the North Pacific regional conference voting to ban them from serving as clergy, and the South Pacific regional conference voting to allow them.

GPT2 i GPT3 primeri

Context (human-written): In a shocking finding, scientist discovered a herd of unicorns living in a remote, previously unexplored valley, in the Andes Mountains. Even more surprising to the researchers was the fact that the unicorns spoke perfect English.

GPT-2: The scientist named the population, after their distinctive horn, Ovid's Unicorn. These four-horned, silver-white unicorns were previously unknown to science.

Now, after almost two centuries, the mystery of what sparked this odd phenomenon is finally solved.

Dr. Jorge Pérez, an evolutionary biologist from the University of La Paz, and several companions, were exploring the Andes Mountains when they found a small valley, with no other animals or humans. Pérez noticed that the valley had what appeared to be a natural fountain, surrounded by two peaks of rock and silver snow.

Pérez and the others then ventured further into the valley. "By the time we reached the top of one peak, the water looked blue, with some crystals on top," said Pérez.

Pérez and his friends were astonished to see the unicorn herd. These creatures could be seen from the air without having to move too much to see them – they were so close they could touch their horns.

While examining these bizarre creatures the scientists discovered that the creatures also spoke some fairly regular English. Pérez stated, "We can see, for example, that they have a common 'language,' something like a dialect or dialectic."

Dr. Pérez believes that the unicorns may have originated in Argentina, where the animals were believed to be descendants of a lost race of people who lived there before the arrival of humans in those parts of South America.

While their origins are still unclear, some believe that perhaps the creatures were created when a human and a unicorn met each other in a time before human civilization. According to Pérez, "In South America, such incidents seem to be quite common."

However, Pérez also pointed out that it is likely that the only way of knowing for sure if unicorns are indeed the descendants of a lost alien race is through DNA. "But they seem to be able to communicate in English quite well, which I believe is a sign of evolution, or at least a change in social organization," said the scientist.

Top Eleven



- Povezivanje igrača u lige
- Simulacija fudbalskog meča
- Obrada i analize prikupljenih podataka iz igre

Heroic (video)



Heroic - RL rad

- Primene:
 - Povezivanje igrača za međusobne duele
 - Konstruisanje botova
- Kolege objavile [rad](#) 2020.
- U pitanju je RL algoritam *Proximal Policy Optimization* (PPO) korišćen da se izradi agent (bot)
- Kod za agenta je dostupan [ovde](#)

Veštačka Inteligencija

Istorija VI u Video Igarama

- Sistemima veštačke inteligencije se zapravo i ne posvećuje potrebna pažnja
- Kada rade dobro, igrač ih ne primećuje već uživa u iskustvu koje pruža igra
- Kada ne rade dobro, igrač se oseća prevarenim
- Sistemi koji se koriste postaju sve kompleksniji iz godine u godinu
- Važno je da sistemi odaju *utisak inteligencije* - knjiga [Game AI Pro 3](#)

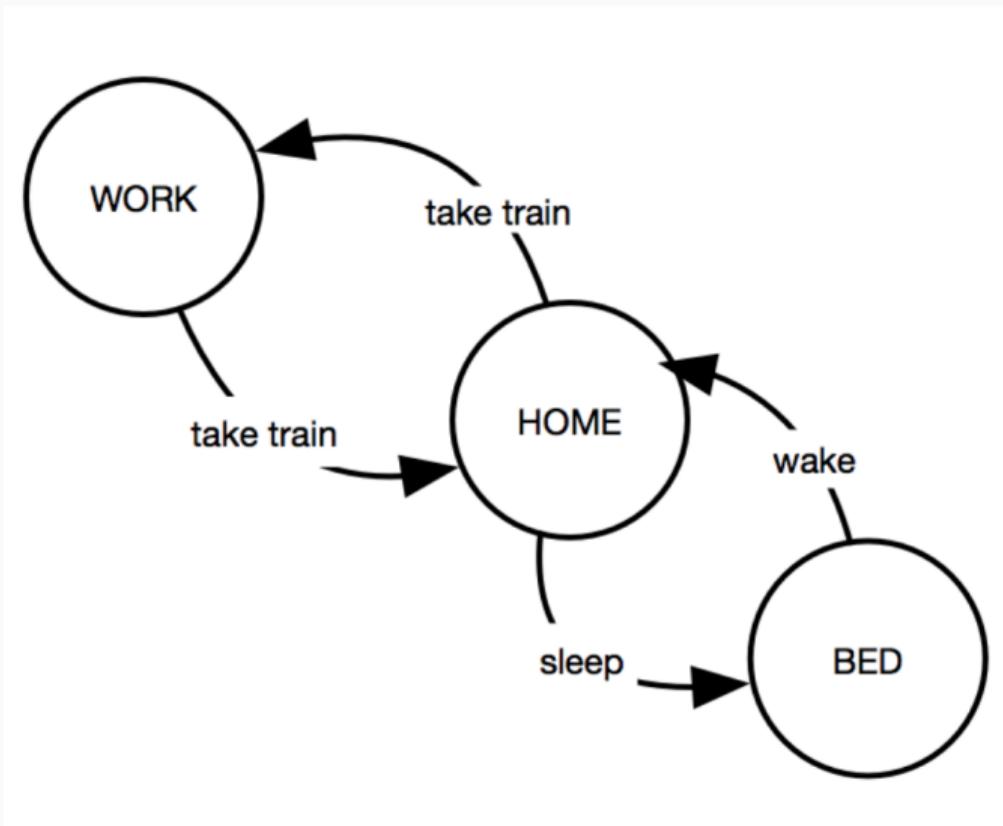
Algoritmi VI

- Algoritmi koji se najčešće primenjuju su:
 - Konačni automati (eng. Finite State Machines)
 - Stabla ponašanja (eng. Behaviour Trees)
 - Neuronske mreže (eng. Neural Networks)
 - Učenje potkrepljivanjem (eng. Reinforcement Learning)
 - Rešavači i dokazivači iz oblasti matematičke logike
 - Utility funkcije
 - Algoritmi poput A*
 - Algoritmi planiranja
- Kroz godine, ovi algoritmi se koriste u manjoj ili većoj meri

Konačni automati (eng. Finite State Machines)

- Struktura koja omogućava da se definiše ponašanje agenta
- Poseduje stanja i tranzicije
- Koristi se dugo već u video igrama (npr. originalni Half Life)
- Koristi se i danas, nove verzije igre Doom (Doom 2016, Doom Eternal) ga koriste

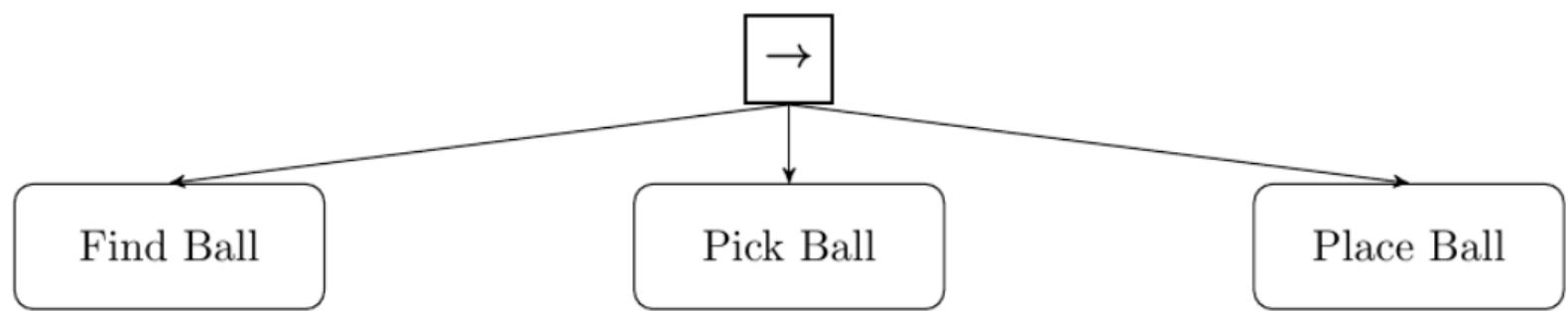
Konačni automati (eng. Finite State Machines)



Stabla ponašanja (eng. Behaviour Trees)

- Sistematičan način da se omogući odabir i izvršavanje različitih akcija
- Ponašanje agenta je definisano kroz stablo ponašanja
- Stablo definiše niz pravila pomoću kojih agent može da odluči koji akciju može da izvrši
- Demonstriraćemo ih kroz Unity demo kasnije

Stabla ponašanja (eng. Behaviour Trees)



Neuronske mreže (eng. Neural Networks)

- Matematički formalizam čiji je cilj aproksimacija **proizvoljne funkcije**
- Aproksimaciju učimo tokom procesa obučavanje neuronske mreže
- Obučavanje realizujemo uz pomoć dostupnih podataka iz kojih se uči
- Često su srž impresivnih rezultata koje oblast VI postiže u poslednjih 10ak godina

Učenje potkrepljivanjem (eng. Reinforcement Learning)

- Oblast Mašinskog Učenja koja se baci učenjem agenta da izvršava akcije u okruženju tako da maksimizuje svoju nagradu
- Vrlo aktivna i atraktivna oblast trenutno
- Na primer, bot koji igra igru DOTA2 - [video!](#)
- Jedan od osnovnih algoritama koji se ovde koriste su upravo neuronske mreže

Utility funkcije

- Dolaze iz oblasti ekonomije
- Agent u određenom stanju ima niz akcija koje može da preduzme
- Za akciju izračunava takozvanu *Utility* vrednost
- *Utility* vrednost nam predstavlja značaj akcije u kontekstu agenta
- Bira se akcija koja ima najveću *utility* vrednost
- Demonstriraćemo ih kroz Unity demo kasnije

Algoritmi poput A*

- Algoritam A* je vrlo tradicional i poznat algoritam pretrage
- Na primer, igra FEAR koristi A* da pretraži moguće nizove akcije koje agent može da preduzme
- Česta je upotreba od strane agenata za rešavanje problema pretrage najkraćeg puta

Rešavači i dokazivači iz oblasti matematičke logike

- U nekim situacijama, problem koji postoji se može svesti na jezik matematičke logike
- Takav problem je moguće rešavati alatima razvijenim u oblasti logike
- Na primer, pronaći rešenje formule tako da pronađene valuatorice odgovaraju akcijama koje agent treba da preduzme
- Jedna od oblasti primene je u problemima planiranja

Algoritmi planiranja

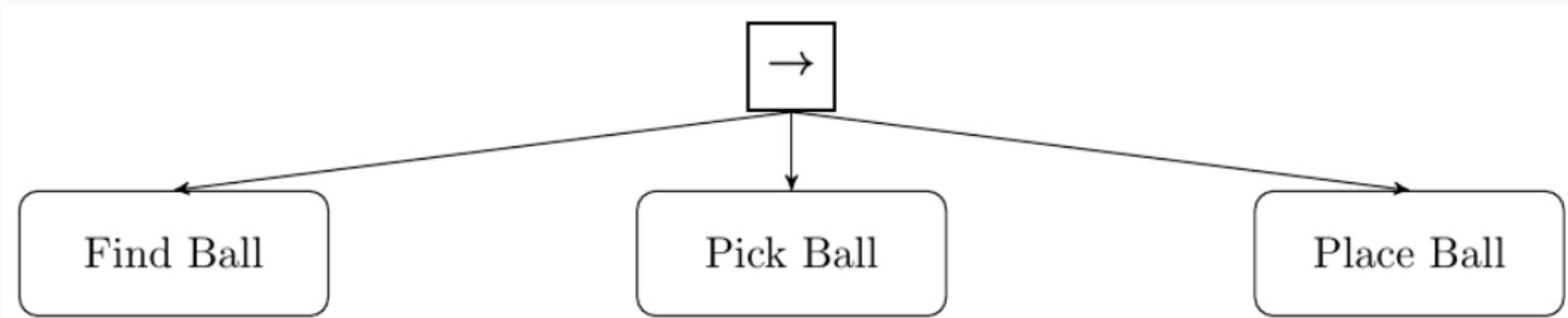


- Pristup u kojem agent treba da formuliše plan i pokuša da ga izvrši
- Motivacija je dodati efekat nešto šireg *razmišljanja* od strane agenta
- Na primer, igra FEAR je među poznatijim igrama što se tiče sistema VI koje koriste neprijatelji - [blog](#)

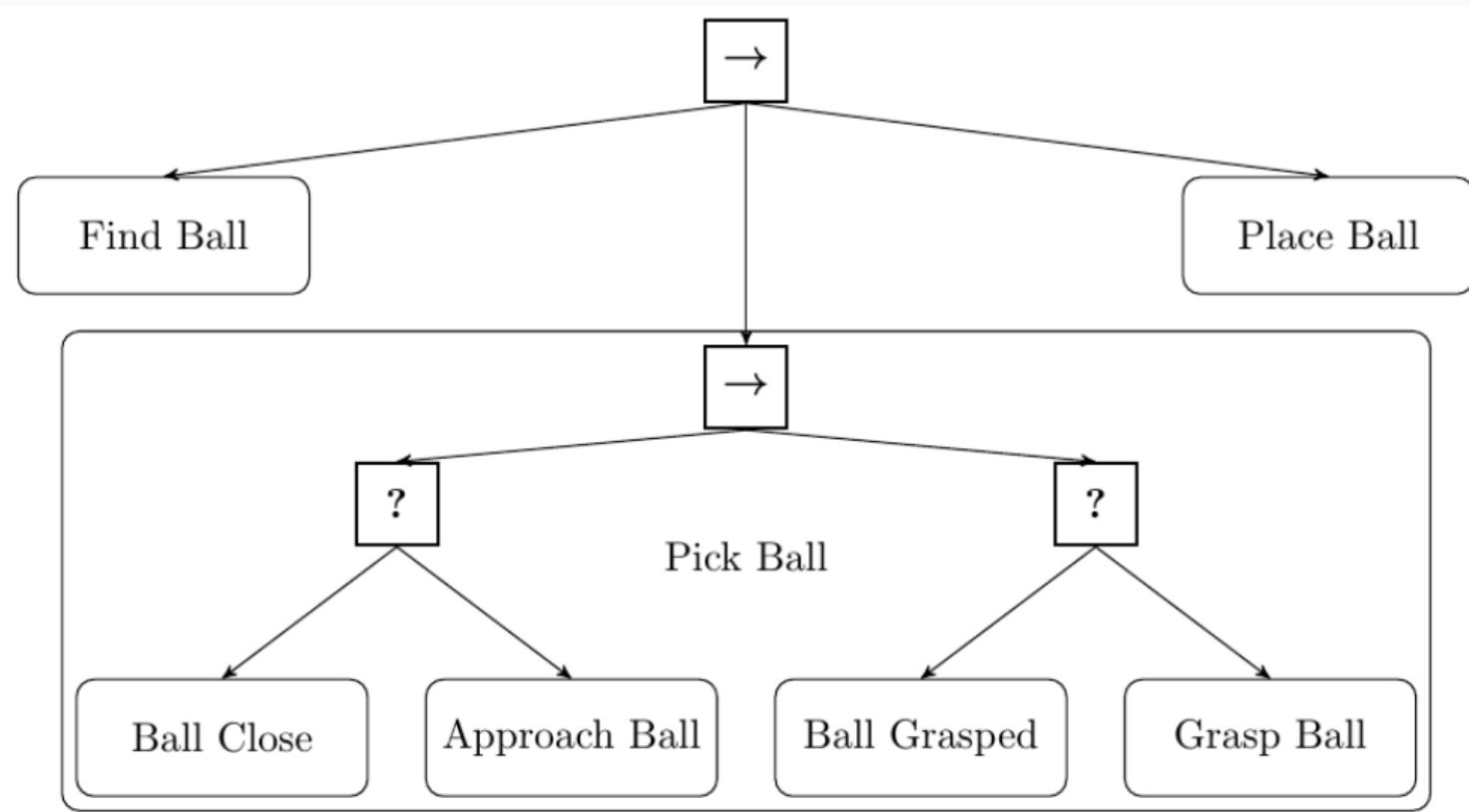
Stabla Ponašanja

Šta su stabla ponašanja?

- Sistematican način da se omogući odabir i izvršavanje različitih akcija
- Omogućavaju kreiranje kompleksnih sistema koji su modularni i reaktivni
- Referentna [knjiga](#)



Šta su stabla ponašanja?



Gde se koriste?

- Razvijena sa ciljem rešavanja ponašanja agenata u industriji video igara i robotike
- Jedan od ciljeva je bio da se poboljša **modularnost** u akcijama koje mogu da izvrše NPC
- Često se koriste u modernim AAA igrama (npr. The Division 1 i 2) - [GDC predavanje](#)
- Omogućavaju da ih definišu i ljudi koji nisu programeri ili stručnjaci za VI

Potreba za agentima

- Autonomni agenti često moraju biti i reaktivni i modularni
- Reaktivnost obuhvata mogućnost agenta da brzo i efikasno reaguje na promene u okruženju
 - Ako se robot pomera sa tačke A na tačku B i na polovini puta padne, šta će uraditi?
- Modularnost označava mogućnost da se komponente koje definišu ponašanje ponovo koriste kao i da su izolovane od ostatka sistema
- Kako raste kompleknost ponašanja koje se konstruiše, važnost modularnosti takođe postaje sve veći

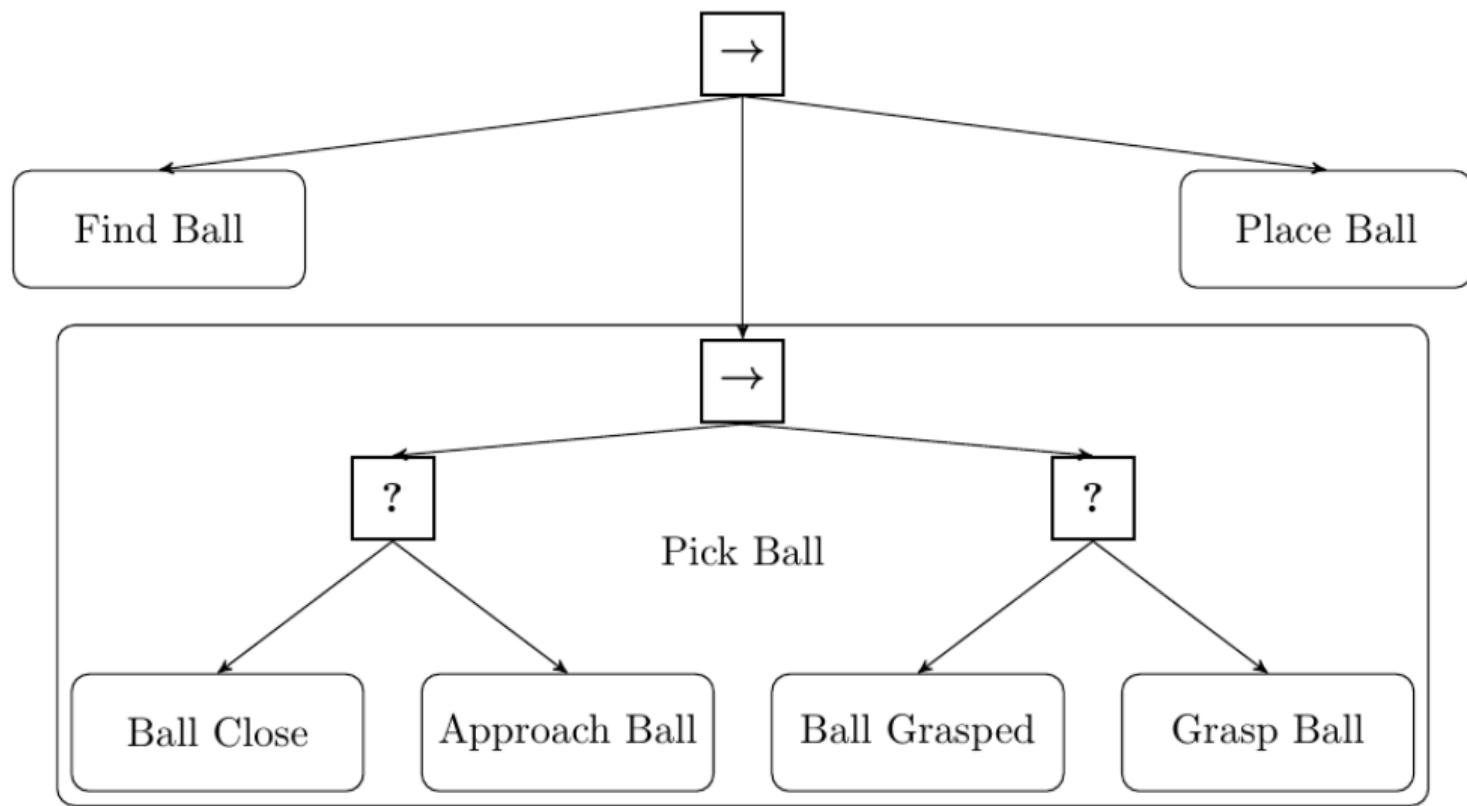
Klasična formulacija stabala ponašanja

- BT (eng. Behaviour Tree) je usmereno korensko stablo sa više tipova čvorova
- Tipovi čvorova su:
 - Čvor kontrole toka
 - Čvor izvršavanja
- Čvorovi kontrole toka su:
 - Odluka (eng. Fallback)
 - Sekvenca (eng. Sequence)
 - Paralelizam (eng. Parallel)
 - Dekorator (eng. Decorator)
- Čvorovi izvršavanja su:
 - Akcija
 - Uslov

Čvorova stabla ponašanja

- Čvor se izračunava kada dobije tik (eng. Tick)
- Ideja je da po potrebi (ili na određeni vremenski interval), izračunavamo stablo ponašanja
- Ovo je čest koncept kod sistema, video igre, na primer, 60 puta u sekundi pozivaju izračunavanje različitih sistema
- Kada se čvor u stablu ponašanja izvrši može imati stanje:
 - Izvršavanje (eng. Running)
 - Uspeh (eng. Success)
 - Neuspeh (eng. Failure)

Primer stabla ponašanja



Utility funkcije

Utility funkcije (da ponovimo)

- Dolaze iz oblasti ekonomije
- Agent u određenom stanju ima niz akcija koje može da preduzme
- Za akciju izračunava takozvanu *Utility* vrednost
- *Utility* vrednost nam predstavlja značaj akcije u kontekstu agenta
- Bira se akcija koja ima najveću *utility* vrednost
- Referentan [članak](#) - poseduje još nekoliko važnih linkova
- GDC predavanja
 - 2010 [Improving AI Decision Modeling Through Utility Theory](#)
 - 2012 [Embracing the Dark Art of Mathematical Modeling in AI](#)
 - 2015 [Building a Better Centaur: AI at Massive Scale](#)

Utility funkcije

- Novčanica od 100\$ ima jasno definisani vrednost
 - Ima veliku važnost kada kupujemo u super marketu
 - Ima malu važnost kada kupujemo nekretninu

Utility funkcije

ACTOR & GAME STATE

ENEMIES	17/20	>>>>>>>>>>>	-
HEALTH	27/100	>>>>	-
AMMO	0/10	-	-
RELOADS	10/20	>>>>>>>	-
MED KITS	1/3	>-	-
FIGHTING?	Y	-	-
IN COVER?	Y	-	-

SPC PAUSE

ENT STOP / RESTART

ESC EXIT

CONTEXT WITH CURVES APPLIED

NeedToHeal	>>>>>-	0.71
NeedToReload	>>>>>>	1.00
EnemyStrength	>>>>-	0.61

ACTION SCORES

TakeCover	-	0.00
ExitCover	-	0.00
Heal	>>>>>-	0.92
Reload	>>>>>>	1.00
Attack	-	0.00
Surrender	-	0.00

DECISION RESULTS

WINNING ACTION	CombatReload
ACTION RESULT	reloaded weapon
ENEMY ACTION	no target

Utility funkcije

- Definišemo funkcije pomoću kojih se izračunavaju faktori koje agent razmatra
- Na primer, snaga neprijatelja i želja agenta da regeneriše zdravlje
- Ovi faktori se koriste da daju *utility* ocenu akcije

Utility funkcije - ocena akcije

- Množenje normalizovanih vrednosti drastično obara vrednost

$$1.00 * 0.9 = 0.9$$

$$0.90 * 0.9 = 0.81$$

$$0.81 * 0.9 = 0.73$$

$$0.73 * 0.9 = 0.66$$

$$0.66 * 0.9 = 0.59$$

Utility funkcije - ocena akcije

- Usled toga, faktore kombinujemo na nešto drugačiji način
- Množimo kompenzacione faktore umesto običnih
- Na primer, ako imamo faktore f_i za $i \in \{1, \dots, n\}$, $n \in N$
 - Modifikaciona vrednost: $\alpha = 1 - \frac{1}{n}$
 - Dodata vrednost: $\beta = (1 - f_i) * \alpha$
 - Ukupna ocena: $F_i = f_i + (\beta * f_i)$
- Ocena akcije A je:

$$U(A) = \prod_{i=1}^n F_i$$

Utility funkcije - ocena akcije

- Na primer, ako imamo $f_1 = 0.9$ i $f_2 = 0.8$ koji se koriste za ocenu akcije A
- Faktor f_1 :
 - $\alpha = 1 - \frac{1}{2} = 0.5$
 - $\beta = (1 - 0.9) * 0.5 = 0.05$
 - $F_1 = 0.9 + (0.05 * 0.9) = 0.945$
- Faktor f_2 :
 - $\alpha = 1 - \frac{1}{2} = 0.5$
 - $\beta = (1 - 0.8) * 0.5 = 0.1$
 - $F_2 = 0.8 + (0.1 * 0.8) = 0.808$
- Ocena akcije A :
 - $U(A) = F_1 * F_2 = 0.76356$

Praktična demonstracija kroz Unity

Demo

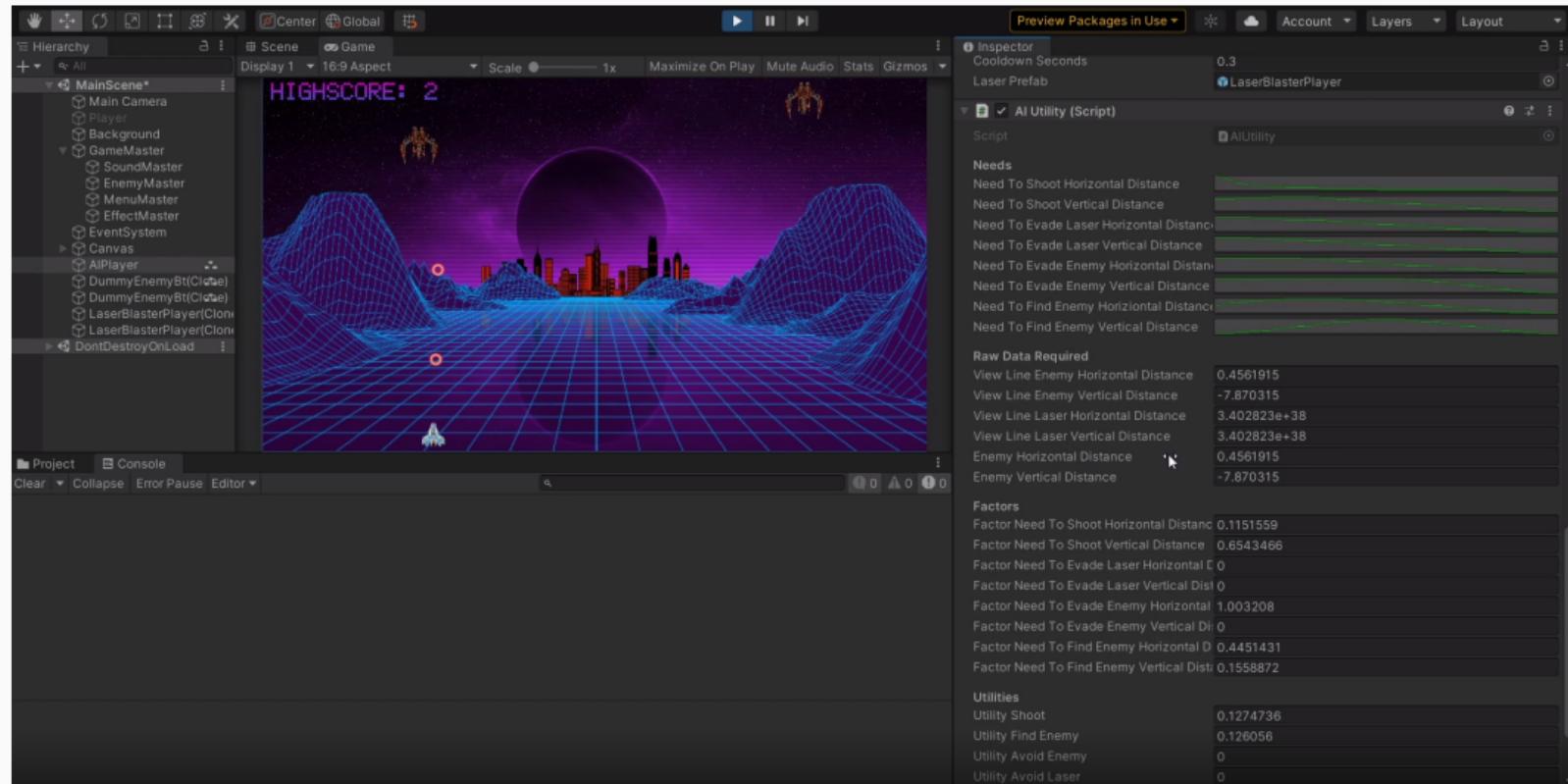


Talk is cheap. Show me the code.

— *Linus Torvalds* —

- Unity je razvojno okruženje za razvoj video igara
- Najčešću primenu danas nalazi u razvoju mobilnih igara
- Vrlo moćan i udoban alat za rad
- Demo koji sledi nije posvećen Unity, već algoritmima VI
- Demonstriraćemo stabla ponašanja i utility funkcije u video igri inspirisanoj igrom **Space Invaders**

Demo



Zaključak

Zaključak

- VI je vrlo široka oblast koja doživljava rapidnu ekspanziju
- Kako je hardver sve moćniji, veći je računski prostor koji algoritmi mogu da koriste
- Video igru često uzimamo **zdravo za gotovo**.

Zaključak



A zapravo, video igra je jedno **umetničko delo** ozbiljne kompleksnosti kao i rezultat rada velikog broja ljudi sa ciljem da nam stavi osmeh na lice i omogući nam da sanjamo snove kakve želimo onda kada to želimo!

Hvala na vašoj pažnji!

Pitanja?

Gde naći slajdove?

github.com/termNinja/aibg-2021-gaming-ai/decembar2021-aibg/gaming_ai.pdf

Gde započeti učenje okruženja Unity

- [Catlike Coding](#)
- [Learn Unity](#)
- [Brackeys YouTube](#)