

# Quin és el grau d'estratègia del parxís?

Yaiza Costela Travé

**Resum**—Quin és el grau d'estratègia del parxís és un projecte que consisteix en estudiar si, seguint algun tipus d'estratègia al jugar el joc conegut com a "parxís", es pot augmentar el número de victòries i en investigar quina és la que més victòries ens atribuiria. Aquest projecte inclou la implementació del joc i de diferents criteris de decisió amb diversos objectius a seguir durant les partides, a més del posterior estudi estadístic sobre els resultats obtinguts. Finalment, hem trobat que algunes estratègies sí donen millors resultats que d'altres, pel que podem afirmar que existeixen possibilitats de millorar el percentatge de victòria encara que es tracti d'un joc amb un factor d'atzar. En concret, les estratègies que han guanyat més percentatge de partides són FIFO i Greedy.

**Paraules clau**—Parxís, estratègia, Intel·ligència Artificial, criteris de decisió

**Abstract**—Which is the amount of strategy in ludo is a project that consists in studying whether if introducing any type of strategy in playing the game known as "parxís" can give us a higher win percentage and in investigating which strategy would influence the most in the amount of games ending with success. This project will include the entire implementation of the game and different AIs with diverse aims while playing the games, and also a statistical study of the results. Finally we found out that some strategies did get better results than others, thus we can confirm that there are possibilities to improve our victory percentage although it's a game with a random factor. In specific, the strategies that won more games are FIFO and Greedy.

**Index Terms**—Ludo, strategy, Artificial Intelligence, decision criteria



## 1 INTRODUCCIÓ

L'evolució dels éssers humans o hominització és el procés d'evolució biològica de l'espècie humana, des dels seus ancestres fins l'actualitat. En ordre cronològic, trobaríem dos grans grups, cadascun amb individus amb característiques pròpies que els diferenciaven dels anteriors i dels posteriors. Aquests dos grans grups serien els avantpassats al gènere Homo (on trobaríem els primers homínids: els australopithecus) i els del gènere Homo, grup dins del qual trobem molts tipus d'Homo on els més famosos són l'Homo habilis ("home hàbil", s'ha conclòs que era capaç de fabricar eines de pedra i presenten un augment cerebral respecte als Australopithecus d'entre els 650-800 cm<sup>3</sup>), l'Homo erectus ("home dret", troballa dels fòssils més antics d'homínid que podia caminar dret) i, finalment, l'Homo sapiens ("home sabi", tenen capacitats mentals que els permeten utilitzar estructures lingüístiques complexes, poseeixen habilitats lògiques i matemàtiques, són socials, transmeten i aprenen conceptes abstractes...)<sup>[1]</sup>.

Durant tots aquests mil·lions d'anys l'ésser humà ha evolucionat des dels primers primats, sense capacitat intel·ligent, fins als Homo sapiens sapiens (tots els humans moderns), i és amb l'aparició d'aquesta intel·ligència que la vida dels éssers humans començava a ser més senzilla i, al desaparèixer l'instint de supervivència i el perill constant, feia acte de presència el concepte de l'avorriment. Què fan els éssers humans quan tenen totes les seves necessitats de supervivència assegurades i cobertes, quan no existeix el perill de morir? Què fan quan ja han complert totes les tasques i objectius de la seva jornada? Dedicuen temps a l'oci, el temps lliure que no es dedica ni al treball ni a les tasques domèstiques. Dins de les infinites activitats d'oci podem trobar les relacionades amb l'art (l'arquitectura, la pintura,

la dansa o el cinema), amb l'esport (pràctica de qualsevol activitat esportiva o que comporta un esforç físic), amb la sociabilitat (grups socials de persones amb un interès en comú, conèixer gent, passar temps amb els amics o la família, les relacions afectives), entre d'altres. Dins de l'últim grup d'activitats, el de la sociabilitat, hem mencionat l'activitat de passar temps amb els amics, i és aquesta l'activitat que ens interessa en aquest projecte. Encara que les activitats més freqüents i comunes per realitzar en grup inclouen anar al cinema, anar a prendre alguna beguda, menjar o sopar junts, recentment han aparegut dins d'aquest grup (i amb molta força) els jocs de taula contemporanis.

Als últims anys els jocs de taula han vist augmentada exponencialment la seva popularitat, encara que el primer joc de taula data de l'any 5000 a.C<sup>[2]</sup>. Podem trobar diferents tipus de jocs de taula: amb daus, amb fitxes, de cartes, de rol, contemporanis (no consisteixen en cap dels anteriors objectes), d'atzar... Particularment, el nostre projecte posa el seu focus a l'últim gènere esmentat i pretèn fer un estudi sobre si és possible o no dominar l'atzar mitjançant l'estratègia i comprovar si d'aquesta manera podem assegurar més victòries que altres rivals que confiïn plenament en què no hi ha res a fer i que tot depèn de la sort que tinguin.

Quin és el grau d'estratègia del parxís és un projecte que consisteix en desenvolupar el joc del parxís, inclouent-hi criteris de decisió que segueixen estratègies diferents, amb l'objectiu de fer un estudi estadístic posterior per demostrar si existeix algun grau de llibertat dins de les possibilitats que tenim en funció del que surt al dau (i en cas afirmatiu, quina estratègia pot proporcionar més victòries) o si, pel contrari, tot depèn de l'atzar.

## 1.1 Motivació

En busca de la resposta a la pregunta que ens acabem de fer (tenim alguna decisió a prendre o una estratègia a seguir en els jocs que inclouen aspectes d'atzar que ens assegurin o ens apropiïn més a la victòria?) s'ha plantejat aquesta recerca i s'ha dissenyat una solució per apropar-nos a la veritat.

Per dur a terme amb èxit aquest projecte s'hauran de treballar diferents aspectes: la capacitat per resoldre un dubte real a partir dels coneixements obtinguts al grau d'Enginyeria Informàtica i la tecnologia disponible per facilitar l'obtenció de respostes i conclusions a partir de la implementació del joc des del principi, desenvolupament de criteris de decisió que segueixin diferents heurístiques per assegurar un determinat objectiu i la realització de l'estudi estadístic posterior.

## 1.2 Objectius

Per poder donar una resposta precisa i formada a partir de proves trobades científica i tecnològicament i deixar de parlar des del bàndol de les conjetures i les creences, hem de dissenyar correctament un pla a seguir i a desenvolupar. Complint amb els objectius que ens proposem a continuació, podrem passar d'un estat inicial de desconexença sobre la nostra pregunta a un estat final on podrem respondre-la amb fonaments i unes bases consistents.

A continuació es definiran els objectius del projecte:

**Objectiu principal 1.** Esbrinar si existeix algun grau d'estratègia al parxís, podent estendre la conclusió a altres jocs d'atzar on intervinguin un o més daus.

**Objectiu principal 2.** En cas afirmatiu, diferenciar l'estratègia que més èxit proporciona.

**Subobjectiu 2.1.** Implementar els criteris de decisió més bàsics (random- quan s'ha d'escollir quina fitxa ha de moure es fa aleatòriament entre aquelles que es poden moure- i FIFO -sempre mou la que més lluny es troba).

**Subobjectiu 2.2.** Implementar criteris de decisió innovadors (estratègies més enllà del random i el FIFO) amb heurístiques que segueixin pautes diferents.

## 1.3. Disseny de la solució

Basats en l'experiència personal, professional i acadèmica adquirida al llarg del grau i de les experiències laborals obtingudes, s'ha decidit que per desenvolupar aquest projecte la millor opció és l'entorn de desenvolupament de programari lliure Microsoft Visual Studio 2017 Community amb el llenguatge de programació C#.

Aquest entorn i llenguatge de programació ens proporcionen les eines necessàries per poder desenvolupar el joc i els diferents criteris de decisió que ens permetran fer l'estudi estadístic necessari per poder extreure les conclusions que ens portin a concloure si dins de l'atzar tenim alguna cosa a dir.

## 2 ANÀLISI I DISSENY

Per complir uns objectius sempre es necessita un pla o un full de ruta a seguir per tal de que, a l'acabar, obtinguem els resultats que esperàvem (o no, però

sempre es podrà extreure'n conclusions i aprendre). Ara veurem en profunditat quina solució s'ha dissenyat per poder complir els objectius que acabem d'esmentar.

## 2.1 Solució proposada

Donat que l'esforç de jugar físicament centenars o milers de partides al parxís és infinit, la millor solució és crear un simulador que pugui jugar partides de 4 jugadors amb 4 fitxes on escollim quina estratègia seguirà cada jugador. D'aquesta manera, podrem comprovar quina estratègia té més percentatge de victòries i també quina resulta la menys efectiva.

Per tant, la solució que es proposa per respondre a la pregunta en la que es basa el Treball de Fi de Grau és desenvolupar un programa que simuli un número determinat de partides (100 o 1000) de 4 jugadors en què es pot escollir, d'entre unes quantes (random, FIFO, greedy, sa-fety, roman), l'estratègia que cada jugador seguirà per tal d'enregistrar quantes partides guanya cada heurística i analitzar quina és la millor.

## 2.2 Metodologia

Durant el grau i també a les experiències laborals hem après molt sobre les metodologies àgils i el seu funcionament. Les metodologies àgils, per definició, són aquelles que permeten adaptar la forma de treball a les condicions i particularitats de cada projecte, aconseguint més flexibilitat i immediatesa per adaptar el projecte a les circumstàncies específiques de l'entorn<sup>[3]</sup>. Per aconseguir aquestes millores, les metodologies àgils es basen en sprints o iteracions: períodes de temps definits en què es defineixen les tasques que s'han d'aconseguir dur a terme seguits de reunions d'equip per explicar l'estat d'aquestes tasques i del projecte en general.

La metodologia que més s'ajusta a la realització d'aquest projecte és la metodologia incremental, donat que consisteix en un creixement progressiu reflexat en les entregues parcials durant el curs en què primerament es desenvoluparà el software que implementa el joc i les heurístiques i, posteriorment, es farà un anàlisi dels resultats.

Podríem dividir les fases d'aquest projecte en:

- Anàlisi de la solució
- Desenvolupament de la solució
- Testeig de la solució
- Anàlisi estadístic

Cal donar importància a la fase de desenvolupament i testeig de la solució, les quals ocuparan gran part dels esforços fets en aquest projecte.

## 2.3 Planificació

### 2.3.1 Calendari de desenvolupament

Els diagrames de Gantt són una eina de planificació del treball que permeten presentar totes les activitats que s'han de realitzar i la seva durada i tenir una idea general de l'estat d'avenç del projecte, si és necessària qualsevol reprogramació, les dependències més importants entre tasques, etc. <sup>[4]</sup>

Com en aquest projecte el grup de treball és d'una única persona, totes les tasques s'han planificat com seqüencials. Cal a dir que l'ordre d'algunes activitats podria ser diferent. S'adjunta a l'annex la planificació ideal pel desenvolupament del projecte (susceptible a canvis causats per endarreriments o problemàtiques trobades en algun dels desenvolupaments) amb un diagrama de Gantt.

### 3 DESENVOLUPAMENT

A continuació es mostraran algunes de les parts fonamentals de la implementació del joc i dels criteris de selecció per tal d'entendre'l millor i fer un *insight* al codi.

#### 3.1 Diagrama de flux

Una bona manera de mostrar el flux que segueix el joc a cada torn i les normes principals és amb un diagrama de flux. El trobareu a l'annex.

Tot i així, trobareu la explicació del diagrama a continuació.

En detall: si es treu un 5, es comprova si el jugador encara té fitxes per treure. En cas afirmatiu, es verifica que no hi hagi una barrera a la sortida. En cas negatiu, el jugador mou alguna fitxa. Si hi ha una barrera a la sortida, es mira si és totalment pròpia. En cas afirmatiu, es desfa la barrera movent una de les dues fitxes que formaven la barrera. En cas negatiu, es mata la fitxa contrincant al treure.

Si no s'ha tret un 5, es verifica si el jugador té fitxes actives. En cas afirmatiu, es constata si ha tret un 6. En cas negatiu, s'acaba el torn.

Si ha tret un 6, es comprova si ja porta dos 6. En cas negatiu, es pregunta si té alguna barrera. Si té alguna barrera formada pròpiament, la desfa. Si no, mou fitxa segons el criteri de decisió triat inicialment. En cas afirmatiu (ja porta dos 6), mor la fitxa que ha mogut amb els 6 que ha tret abans.

Després del moviment que hagi fet el jugador en el seu torn, es verifica si ha guanyat. En cas afirmatiu, el joc acaba. En cas negatiu, s'acaba el torn d'aquest jugador i es passa al següent.

#### 3.2 Criteris de selecció

##### 3.2.1 Random

El criteri RANDOM es caracteritza per escollir aleatòriament, d'entre les fitxes actives en aquell moment, quina fitxa efectuarà el moviment en qüestió.

Per tal d'implementar aquest criteri he decidit crear un array que contingui els possibles identificadors de fitxa ( $\{0, 1, 2, 3\}$ ) i, aplicant una funció que desorganitza aquest array aleatòriament, quedi alterat de tal manera que el jugador busqui en l'ordre final quina fitxa pot moure.

És a dir, després d'aplicar la funció "desorganitzadora", un possible resultat seria un array com  $[0, 3, 1, 2]$ . Això significa que, amb un bucle for, el jugador buscaria si la fitxa 0 pot moure's. En cas negatiu, miraria si pot moure la fitxa 3, i així, successivament.

##### 3.2.2 FIFO

El criteri FIFO es caracteritza per escollir sempre la fitxa que es troba més allunyada de la casella de sortida, o mirat des d'un altre punt més estratègic, quina fitxa es troba més a prop de la victòria.

Per tal d'implementar aquest criteri es fa un algorisme senzill de búsqueda sobre quina fitxa té una posició més propera a la seva casella final.

Recorrem la posició de les fitxes que tenen una posició diferent a 0 (casa) o a 100 (victòria) i, d'entre aquestes, ens quedem amb la que té la posició més alta i, per tant, la més propera a la casella de victòria. Una vegada hem trobat aquesta fitxa, comprovem si es pot moure (no tingui una barrera). En cas afirmatiu, la movem. En cas negatiu, mirarem si la següent fitxa més allunyada de la casella de sortida es pot moure, i així successivament.

##### 3.2.3 Safety

El criteri Safety es caracteritza per escollir la fitxa que, després del moviment, quedi en una casella segura o, en el cas en que cap caigui exactament en una, la que més a prop es quedi. Les caselles segures són aquelles en què si cau una fitxa enemiga i hi havia una teva, no mor. Aquestes són 12 caselles en total, les 4 caselles de sortida de fitxa i dues caselles més per cada color.

Per tal d'implementar aquest criteri s'ha desenvolupat un algorisme més complexe, donat que primer recorre totes les fitxes i la seva hipotètica posició final després del moviment. En cas que hi hagi cap que caigui en una casella segura mourà aquesta fitxa i, en cas negatiu, ha de tornar a recórrer totes les posicions finals i verificar quina es queda més a prop d'una casella segura.

Per tant, per cada fitxa ha de mirar quantes caselles li queden per arribar a una casella segura i, d'entre les 16 diferències fitxa-casella segura, escollir quina és la més curta.

##### 3.2.4 Greedy

El criteri Greedy s'especialitza en moure sempre aquella fitxa que pugui matar una fitxa enemiga amb el moviment d'aquell torn o, en cas que cap fitxa pugui matar una altra, escull la que més a prop es quedaria d'una fitxa enemiga.

Aquest algorisme s'assembla a l'anterior, donat que primer ha de recórrer totes les posicions de les fitxes enemigues actives i comprovar si alguna de les pròpies acabaria a la mateixa casella (la mataria). En cas que cap fitxa pugui matar una enemiga en aquell moment, ha de buscar quina fitxa es quedaria més a prop d'una fitxa enemiga. La semblança es troba en aquest punt, donat que ha de fer la diferència de cada fitxa pròpia amb les fitxes enemigues actives i moure aquella fitxa que minimitzi la distància amb una d'elles.

##### 3.2.5 Roman

Aquest criteri de selecció és més senzill que els esmentats amb anterioritat. El criteri Roman es caracteritza per moure les fitxes sempre en el mateix ordre, si és possible ( $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ ). En cas que totes les fitxes estiguessin actives, aquestes avançarien en grup si els números que treu el dau són semblants d'un torn al següent.

Per implementar aquest criteri simplement hem hagut de crear un atribut a la classe Player que guardi quina fitxa ha mogut al torn anterior i passar, en ordre, a la següent fitxa activa que es pugui moure. Per exemple, en cas que en el torn anterior hagi mogut la fitxa 1, en aquest torn mourà la fitxa 2 si és que es troba fora de casa i no té cap barrera davant. En cas que no estigués activa o no es pogués moure, passaria a mirar la fitxa 3, i així successivament.

## 4 RAONAMENTS PREVIS

En aquest apartat detallarem els resultats que esperem obtenir, abans de realitzar qualsevol anàlisi estadístic real probant totes les estratègies.

Això ens permetrà organitzar les idees que tenim i poder comparar millor amb els resultats que obtinguem després d'executar el programa amb els criteris de decisió desitjats. (Les inicials A.E. signifiquen Anàlisi Estadístic.)

### 4.1 Raonament previ (I) Random

El nostre raonament lògic ens diu que 4 jugadors que segueixen la mateixa estratègia queden influenciats estrictament pel dau, i com el dau és totalment aleatori, les victòries s'havien de repartir equitativament entre tots ells.

Considerem que començarem a poder treure conclusions més interessants quan fem lluitar diferents criteris de selecció perquè els percentatges de victòries canviaran i demostraran que jugar amb una estratègia o una altra, encara que sigui un joc d'atzar, influeix.

### 4.2 Raonament previ (II) FIFO

En un primer raonament sense tenir proves, arribem a la conclusió que el criteri FIFO ha de presentar alguna millora envers el criteri Random, donat que prioritza l'arribada a la casella final i, en canvi, el criteri Random no escull cap fitxa en concret.

### 4.3 Raonament previ (III) Safety

En aquest punt, com ja tenim tres criteris de decisió diferents, hem de fer les comparatives entre ells (Random-Safety i FIFO-Safety, donat que Random-FIFO ja està analitzada a l'apartat anterior). A priori, el mètode Safety no presenta una estratègia sòlida per guanyar donat que es poden perdre molts moviments bons només per tenir una fitxa més a prop d'una casella segura. En canvi, el mètode FIFO minimitza sempre que pot la distància amb la casella final i sembla una estratègia més forta que la Safety.

A la primera comparativa, la random-Safety, esperem que l'estratègia Safety guanyi a la random, donat que encara que lentament, avança amb seguretat i té menys probabilitat de donar-li a l'estratègia random moviments de 20 caselles donat que li mataran menys fitxes.

A la segona comparativa, la FIFO-Safety, esperem que l'estratègia Safety també presenti una millora respecte la FIFO donat que aquesta no té en compte si les fitxes es queden en perill de ser assassinades i la Safety, sí.

### 4.4 Raonament previ (IV) Greedy

Havent implementat el penúltim criteri de decisió, Greedy, haurem de fer les següents comparatives i analitzar-les: random-Greedy, FIFO-Greedy i Safety-Greedy.

En un previ raonament lògic, aquesta estratègia sembla forta i amb opcions de guanyar donat que sempre prioritza aconseguir el moviment més llarg possible al joc amb diferència, les 20 caselles de premi per haver assassinat a una fitxa enemiga que només poden ser superades per assassinar una fitxa després d'haver tret un o dos 6 (situació molt particular i poc probable).

A la primera comparativa, random-Greedy, esperem veure un percentatge de victòria bastant alt a Greedy.

A la segona comparativa, FIFO-Greedy, creiem que l'estratègia Greedy tindrà més efecte que la FIFO, donat que aquesta estratègia es mou sense tenir en compte si té enemics a prop i Greedy busca l'apropament pel darrere.

A la tercera comparativa, Safety-Greedy, esperem que guanyi l'estratègia Safety donat que la primera podrà caçar les fitxes enemigues des de posicions segures mentre que Greedy estarà totalment exposat sense opcions de matar les fitxes Safety (aquestes estaran a les caselles segures).

### 4.5 Raonament previ (V) Roman

Aquest criteri de selecció no presenta cap punt fort, donat que podem pensar que, a l'intentar avançar totes les fitxes juntes, podem provocar que els enemics puguin matar-les més fàcilment. Tot i així, aquesta situació es pot tornar favorable, donat que si una fitxa enemiga propera, en comptes de matar-ne alguna i anar-se'n, es passa per poc les fitxes d'aquest criteri, aquestes tenen més probabilitats de matar la fitxa enemiga. Això es deu a que com estan juntes, la quantitat de números necessaris per treure al dau i matar aquesta fitxa enemiga augmenta.

## 5 RESULTATS

Per tal d'aconseguir resultats més reals, hem decidit que quan comparem diferents criteris, es faci per parelles (2 jugadors ho fan amb un determinat criteri i, els altres 2, amb un dels altres criteris). Ho hem fet d'aquesta manera perquè creiem que és el millor mode per aconseguir una representació estadística més fidedigna.

Si en comptes d'escollir 2 jugadors un criteri X, i els altres 2 jugadors, un criteri Y, escollissin per exemple 3 jugadors el criteri X i 1 jugador l'Y, probabilísticament els 3 jugadors podrien guanyar més partides de les que toquen simplement pel fet de ser més quantitat.

Abans d'endinsar-nos a l'apartat, és important dir que aquestes estratègies s'apliquen en el moment en què un jugador té més d'una fitxa disponible per realitzar el moviment i ha d'escollir-ne una. És a dir, si només te una fitxa al camp o no pot moure cap fitxa, no s'aplicarien.

### 5.1 Anàlisi estadístic (I) Random

Per tal de tenir un registre de la quantitat de partides guanyades segons quina IA i també de tots els moviments que el nostre programa va fer per a cada jugador, després de prendre cada decisió, aquesta queda enregistrada en un fitxer .txt. D'aquesta manera, tenim un historial de tots els moviments de la partida i també podem comprovar el correcte funcionament dels diferents mètodes que componen el programa.

A continuació adjunto una taula sobre els resultats que hem pogut obtenir al jugar 1000 partides en les quals els 4 jugadors havien escollit la metodologia Random.

Els resultats que hem obtingut respalden aquesta teoria i mostren com tots els jugadors reben un percentatge proper al 25% de victòries.

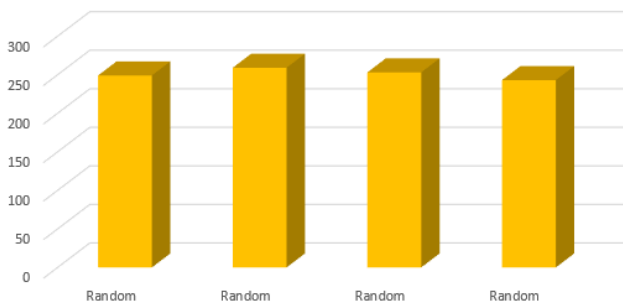


Fig. 1. Gràfic que mostra les partides guanyades per jugador a cada ronda. En aquesta ocasió, es representa la proporcionalitat del 25% que s'hauria d'aconseguir si tots 4 jugadors juguessin amb l'estratègia Random. Cada gràfic es construeix a partir dels resultats trobats després de jugar un total de 1000 partides. En tots els gràfics en què dues estratègies diferents s'estàn enfrontant, la proporció estratègia-jugadors és 1:2, és a dir, per a cada estratègia hi ha dos jugadors que la segueixen.

### 5.2 Anàlisi estadístic (II) FIFO

Una vegada desenvolupat el criteri de selecció FIFO, hem fet un anàlisi estadístic posant en batalla a 2 jugadors amb el criteri Random contra 2 jugadors amb el criteri FIFO.

I, efectivament, com es veu a la figura 3, el criteri FIFO va presentar un percentatge de victòria lleugerament més alt que el criteri Random.

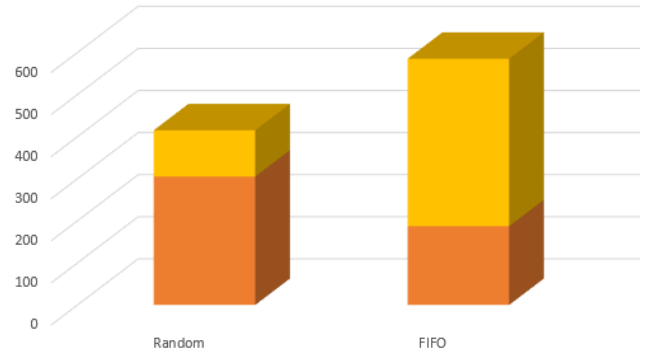


Fig. 2. Les barres de color taronja representen el primer jugador que segueix aquella estratègia, mentre que les barres de color groc, el segon jugador. És a dir, en aquest cas el jugador 1 de Random és la barra taronja de l'esquerra, mentre que el jugador 2 de Random és la barra groga de l'esquerra.

En aquest gràfic podem observar que els jugadors que segueixen una metodologia FIFO sumen més victòries, tal i com esperàvem a les conclusions inicials. Aquests resultats tenen sentit donat que el raonament lògic ens diu que qualsevol estratègia és millor que jugar aleatòriament donat que es persegueix un objectiu.

### 5.3 Anàlisi estadístic (III) Safety

A continuació, adjuntem els gràfics que demostren que el nostre raonament lògic previ concorda amb els resultats obtinguts.

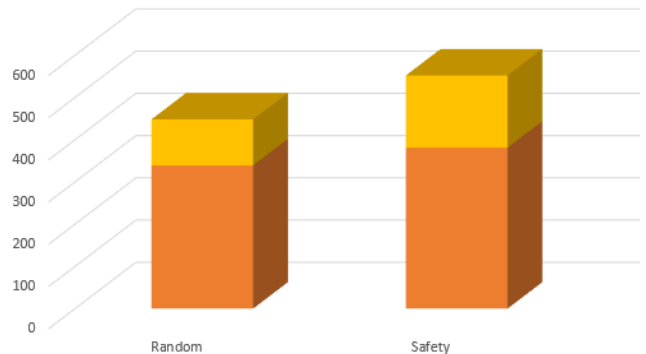


Fig. 3. Gràfic que mostra la comparativa entre l'estratègia Random i Safety. Com esperàvem al primer raonament lògic, l'estratègia Safety guanya més partides que l'estratègia Random. Aquests resultats tenen sentit perquè pensem que seguir qualsevol estratègia que prioritzi algun punt beneficiós pel jugador és més consistent que jugar aleatòriament.

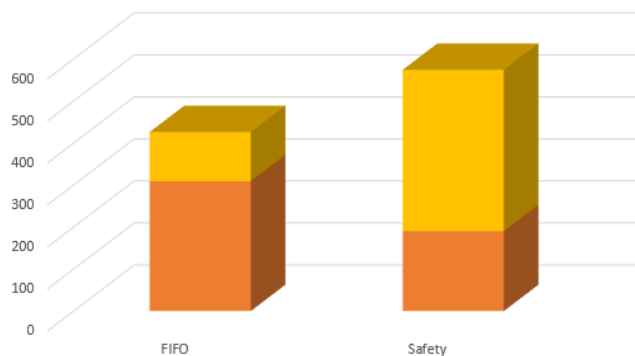


Fig. 4. Gràfic que mostra la comparativa entre les estratègies FIFO i Safety. Arriba el primer duel entre dues estratègies que prioritzen aspectes diferents del joc. Mentre que la FIFO minimitza la distància amb la casella final, la Safety prioritza mantenir vives totes les seves fitxes actives. En aquesta comparativa trobem uns resultats més igualats, lleugerament millorats per l'estratègia Safety. Concloem que això es dona a causa de que l'estratègia FIFO és menys segura i no té en compte si les seves fitxes es queden exposades als enemics, mentre que la Safety avança més a poc a poc però assegura que les seves fitxes no puguin morir i, així, donar-li un moviment de 20 fitxes a l'enemic.

#### 5.4 Anàlisi estadístic (IV) Greedy

A continuació, adjuntem els gràfics que mostren els resultats obtinguts pel criteri de decisió Greedy. Aquests resultats també concorden amb el raonament previ que hàviem fet.

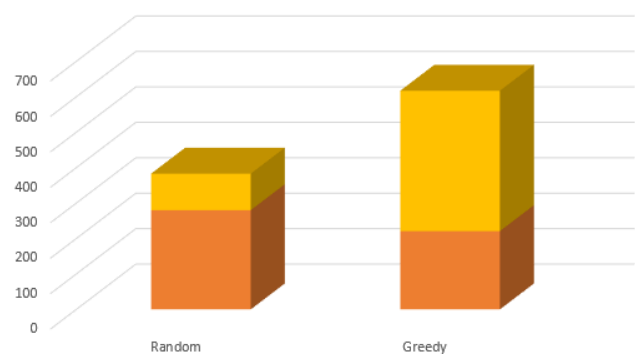


Fig. 5. Gràfic que mostra la comparativa entre random i Greedy. Tal i com esperàvem, l'estratègia Greedy supera a Random.

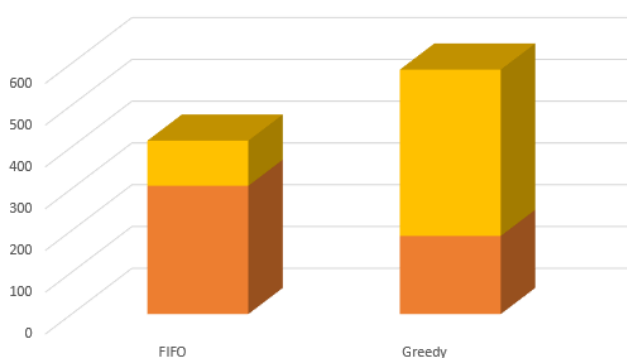


Fig. 6. Gràfic que mostra la comparativa entre FIFO i Greedy. En aquest cas les estratègies poden semblar bastant similars donat que com Greedy perseguirà de prop les fitxes de FIFO i FIFO minimitza la distància amb la casella de sortida, conseqüentment Greedy estarà minimitzant també la distància amb la casella de sortida. A més, l'estratègia Greedy guanyarà més moviments de 20 caselles que FIFO, així que obté una petita avantatge.

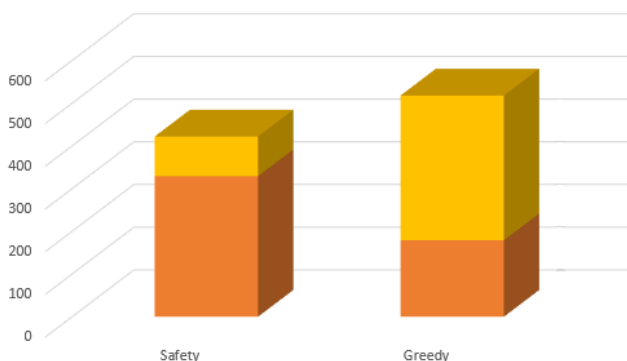


Fig. 7. Gràfic que mostra la comparativa Safety-Greedy. En aquest cas, ens hem trobat amb una sorpresa. Pensàvem que en aquesta lluita veuríem una diferència molt gran donat que és més difícil fer que les fitxes caiguin tot just a les caselles segures que matar fitxes a qualsevol altre lloc del taulell, però hem vist que la diferència tampoc ha sigut tant gran.

### 5.5 Anàlisi estadístic (V) Roman

En aquest apartat haurem de comparar a Roman amb Random, FIFO, Safety i Greedy. A continuació trobem els resultats obtinguts.

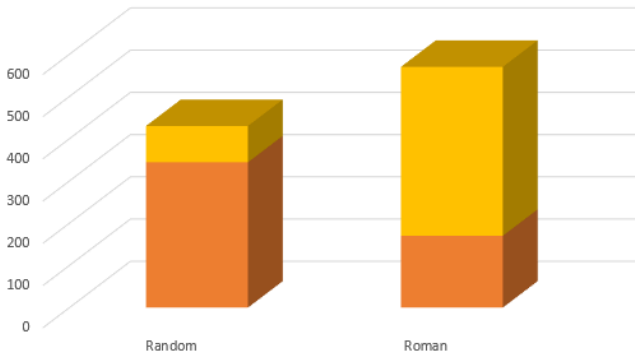


Fig. 7. Gràfic que mostra la comparació entre els criteris Random i Roman. En aquesta comparativa trobem que el criteri Random es veu superat lleugerament pel criteri Roman. Creiem que això es deu a que Roman, al mantenir juntes les seves fitxes, té més fàcil poder matar una fitxa random (4 fitxes juntes en contra d'1 tenen moltes probabilitats de matar-la).

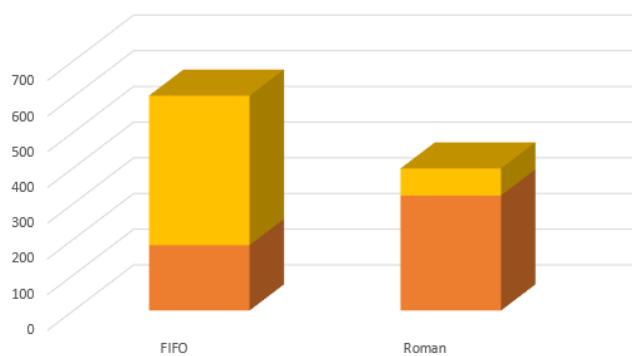


Fig. 8. Gràfic que mostra la comparació entre els criteris FIFO i Roman. En aquest gràfic es veu com l'estratègia FIFO guanya en una proporció del 60% contra un 40% pel criteri Roman. Creiem que té sentit donat que no confiàvem gaire en les possibilitats del criteri Roman i FIFO maximitza arribar a la casella de sortida. En aquest sentit avança pel taulell molt més ràpid que Roman.

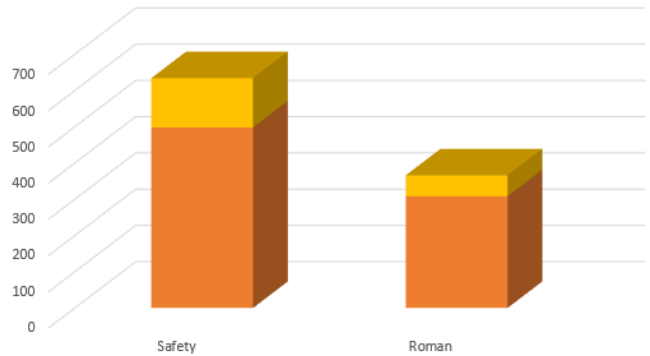


Fig. 9. Gràfic que mostra la comparació entre els criteris Safety i Roman. En aquesta lluita ens hem trobat que els resultats han sigut menys igualats. Imaginem que això es deu a que es poden donar dos tipus de situacions: una en què totes les fitxes Roman estan a prop d'una casella segura i la fitxa Safety no aconsegueix caure exactament en aquesta. En aquesta primera situació, el criteri Roman té moltes probabilitats de menjar-se-la. L'altra situació és que la fitxa Safety aconsegueixi caure en una casella segura i les fitxes Roman estiguin a prop i per davant al taulell. En aquesta situació, la fitxa Safety té moltes probabilitats de menjar-se una fitxa Roman.

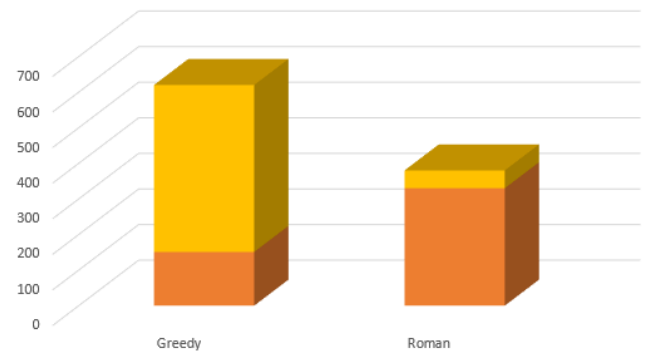


Fig. 10. Gràfic que mostra la comparació entre els criteris Greedy i Roman. En aquesta lluita, el criteri Greedy guanya amb una proporció del 70% enfront al 30%. En aquesta lluita veiem clar que el guanyador hauria de ser Greedy, donat que aquest criteri prioritza menjar-se a les fitxes enemigues i el criteri Roman, a l'intentar anar totes les fitxes juntes, són molt vulnerables quan tenen a l'enemic trepitjant els seus peus.

## 5 CONCLUSIONS

En el primer informe de seguiment vam poder concloure que estàvem encertats amb la teoria sobre que jugar amb la estratègia random tots els jugadors guanyarien un número semblant de partides.

En el segon informe de seguiment hem pogut analitzar com lluiten entre ells els diferents criteris de decisió i, a falta d'acabar d'implementar el mètode Roman, els criteris de decisió més forts semblen ser el FIFO i el Greedy. Trobem que aquests resultats tenen sentit donat que el primer mètode prioritza sempre arribar a la casella final per sobre de qualsevol circumstància (minimitza distància entre la casella de sortida i la final) i el segon mètode prioritza el moviment més beneficiós del joc, matar una fitxa enemiga i moure una fitxa 20 caselles més a prop del final del seu recorregut.

Tal i com vam predir, el criteri Roman no ha suposat una millora enfront els criteris que semblen més forts fins al moment (FIFO i Greedy).

Arribats a aquest punt, donem per conclòs el projecte i creiem que podem donar una resposta ferma a la pregunta que ens plantejàvem al principi.

Una vegada hem implementat tots els criteris de selecció imaginats al principi del projecte i havent-los fet lluitar, arribem a la conclusió de què amb un bon criteri de decisió es pot "dominar" l'atzar i augmentar el nostre percentatge de victòries. En cas que ha guem adoptat un criteri de decisió no gaire fort i el nostre contrincant tampoc, l'atzar pren molta més importància i tots dos jugadors queden més exposats al que pugui sortir al dau.

S'ha de tenir en compte que els criteris de decisió implementats en aquest projecte sempre seguien la mateixa directriu, sense tenir en compte altres aspectes que canvien durant el joc. Probablement aconseguiríem resultats molt més diferenciats si aconseguíssim implementar una estratègia que tingués en compte diferents aspectes alhora, tals com moure una fitxa que està sent perseguida de prop per fitxes enemigues i, a la vegada, es combinés amb la directriu Greedy i sapigués quan és possible matar una fitxa enemiga, per exemple. Per tant, l'estratègia que més victòries ens proporcionaria seria aquella que fos capaç de saber quina és la millor opció en cada situació.

Tot i així, hem sapigut esclarir la qüestió que ens proposàvem a l'inici d'aquest estudi, conclouent que sí podem lluitar contra els jocs que tenen algun factor d'atzar, obtenint millors resultats que aquelles estratègies que no prioritzen aspectes beneficiosos del joc o, directament, juguen aleatòriament.

Creiem que hem assolit l'objectiu que ens proposàvem amb el projecte i que hem pogut formar una bona tesi.

## 6 REFERÈNCIES

- [1] Wood B.; Richmond, B.G. (1 de julio de 2000). "Human evolution: taxonomy and paleobiology", *Journal of Anatomy*. 197 (Pt 1): 19-60. ISSN 0021-8782
- [2] Shoshani, Jeheskel; Groves, Colin P.; Simons, Elwyn L.; Gunnell, Gregg F. "Primate Phylogeny: Morphological vs Molecular Results". *Molecular Phylogenetics and Evolution*: 102-154
- [3] Chen, Feng-Chi; Li, Wen-Hsiung. "Genomic Divergences between Humans and Other Hominois and the Effective Population Size of the Common Ancestor Of Humans and Chimpanzees". *The American Journal of Human Genetics* 68 (2): 444-456.
- [4] Peter Attia. "La muy, muy larga pero imprescindible historia de los juegos de mesa" (article web). <https://magnet.xataka.com/en-diez-minutos/la-larga-historia-de-los-juegos-de-mesa>
- [5] Vanessa Rosselló Villán. "Las metodologías ágiles más utilizadas y sus ventajas dentro de la empresa" (article web). <https://www.iebschool.com/blog/que-son-metodologias-agiles-agile-scrum/>
- [6] Wikipedia. "Diagrama de Gantt" (article web). [https://ca.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Gantt](https://ca.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Gantt)





## 7 ANNEX

## Diagrama de flux

Fig. 11. Les caselles pintades de vermell, "moure fixa", representen els moments en què els diferents criteris de decisió implementats al treball guanyen protagonisme i actuen.

