

KOOPERATÍV JÁTÉKOK INFORMÁCIÓHIÁNYOS KÖRNYEZETBEN

Szerzők:

Balázs Patrícia
Debreceni Egyetem (Magyarország)

Lektorok:

Dr. Kádek Tamás
Debreceni Egyetem (Magyarország)

Dr. Pánovics János
Debreceni Egyetem (Magyarország)

A Szerző e-mail címe:
balazs.patricia@inf.unideb.hu

és további két anonim lektor...

Absztrakt

Kutatásom során a Hanabi társasjátékkal foglalkoztam, amely egy tipikus kooperatív és dedukciós játék. Ennek segítségével azt elemeztem, hogy mennyire segíti a játék megnyerését a modális logika. Vizsgálataim során egy olyan alkalmazást készítettem, amelynek segítségével az emberek és a gépi ágensek együttműködve játszhatnak végig egy-egy játékmenetet. Az ágensek a meglévő ismereteikből következtetnek ki újabb állításokat a modális logika és az automatikus tételbizonyítás felhasználásával, a feltételezhető lehetőségek közül pedig eltérő valószínűségekkel próbálnak meg választani.

Kulcsszavak: modális logika, episztemikus modalitás, kooperatív játék, dedukció

Diszciplína: mesterséges intelligencia

Abstract

COOPERATIVE GAMES IN INFORMATION-POOR ENVIRONMENTS

In my research, I used the board game Hanabi, which is a typical cooperative and deductive game. I used it to analyse how much modal logic helps to win the game. In the course of my research, I created an application that allows humans and machine agents to play through a game in a cooperative way. Agents infer new statements from their existing knowledge using modal logic and automatic theorem proving and try to choose between hypothetical possibilities with different probabilities.

Keywords: modal logic, epistemic modality, cooperative games, deduction

Disciplines: artificial intelligence

Balázs Patrícia (2022): Kooperatív játékok információhiányos környezetben. <i>Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat</i> , IV. évf. 2022/1. szám. 37-48. doi: 10.35406/MI.2022.1.37
--

Az elmúlt években egyre népszerűbbé váltak a kooperatív típusú játékok, amelyek során a játékosoknak együtt kell működniük a közös győzelem érdekében. Ezeknek a játékoknak egy részét a dedukciós játékok képezik, ahol valamilyen információhiányos környezetben kell a játékosoknak helytállniuk. Az ilyen típusú játékokban számos mesterséges intelligenciához kapcsolódó algoritmus tesztelésére van lehetőség.

Az episztikus modalitás a logika olyan bővítése, amely a klasszikus logikai kijelentések mellett, modális kijelentéseket is tartalmaz. Ezáltal a világ jellemzésén túl, az abban történő változások leírására is képes.

A modális logika sok területen való használhatósága miatt felmerült a kérdés, hogy vajon mennyire alkalmazhatók ezek a kedvelt társasjátékok, különösen a kooperatív és dedukciós játékok, egy olyan környezetben ahol az episztikus modalitás eszközeinek használata mellett a komplexitással is meg kell küzdeni.

A kutatás során annak elemzésére került sor, hogy az olyan kooperatív társasjátékok esetén, amelyek információhiányos környezettel rendelkeznek, a modális logika eszközei mennyire segítik a játék megnyerését. Ennek a tesztelésére egy tipikus kooperatív és dedukciós játékot, a Hanabi társasjátékot vettük alapul.

A vizsgálatok során a választott játékkal kapcsolatban egy olyan alkalmazást készítettünk el, amelynek segítségével az emberek és a gépi ágensek együttműködve játszhatnak végig egy-egy játszmat. Az ágensek a meglévő ismereteikből következtetnek ki

újabb állításokat a modális logika és az automatikus tételbizonyítás felhasználásával, a rendelkezésre álló lehetőségek közül pedig eltérő valószínűségekkel próbálnak meg választani.

A kutatás célja az volt, hogy megvizsgáljuk a játékelmélet és a mesterséges intelligencia módszereinek felhasználásával, hogy az ágensek milyen eredményeket képesek elérni a játék folyamán különböző szempontok figyelembevételével. Azt a hipotézist szerettük volna megerősíteni vagy cáfolni, hogy az ilyen típusú társasjátékok esetén fontos szerepet játszanak a modális logika kijelentései. Ennek tanulmányozására összevetettük a játék sikerességét azokban az esetekben, amikor a lépéseket az ágensek teljesen véletlenszerűen választják azokkal a változatokkal, amikor valószínűségszámítással kapcsolatos kalkulációkat is figyelembe vesznek, illetve amikor a modális logika eszközei is beépülnek a játék menetébe, ezzel növelve az ágensek tudásbázisát.

A modális logika

Az episztikus modalitás a logika olyan bővítése, amely a klasszikus logikai kijelentések mellett modális kijelentéseket is tartalmaz. Ezáltal a világ jellemzésén túl az abban történő változások leírására is képes. Az ismeretelméletnek, a tudás tanulmányozásának hosszú és tiszteletreméltó hagyománya van. Napjainkban leginkább olyan problémák kerültek középpontba, mint hogy mit kell tudnia egy robotnak ahhoz, hogy kinyisson egy széfet, és honnan

tudja, hogy eleget tud-e a kinyitásához, vagy, hogy mikor tud egy gazdasági szereplő eleget ahhoz, hogy abbahagyja az információgyűjtést és döntést hozzon.

A modális logika szemantikáját a lehetséges világok modellje adja meg. Ennek gondolata azon alapul, hogy a dolgok valódi állása mellett számos más lehetséges állapot vagy „világ” létezik. Ennek értelmében egy tudásbázis alapján egy ágens nem feltétlenül képes megmondani, hogy a számára lehetséges világok közül melyik írja le a dolgok tényleges állását. Azt mondhatjuk, hogy az ágens számára akkor lesz egy állítás ismert, ha az igaz minden olyan világban, amit ő lehetségesnek tart. (Fagin és társai, 2003)

A modális logikai kalkulus

A tudás a modális logika szerint számos tulajdonsággal rendelkezik, amelyek a logikára vonatkozó tételként kerültek megfogalmazásra. A modalitás jellegétől függően más és más tulajdonságokat írhatunk elő. A „szükségszerű” és a „lehetséges” ókori megközelítése, vagy a „tud” vizsgálata egyaránt az S5 axiómarendszerhez vezet:

- a) K: $\Box(\varphi \supset \psi) \rightarrow (\Box\varphi \supset \Box\psi)$: ha szükségszerű, hogy egy állításból következik egy másik állítás, akkor ha szükségszerű az egyik állítás, abból az következik, hogy szükségszerű a másik állítás is. Ezt disztribúciós axiómának nevezzük, amely lehetővé teszi a szükségszerűség implikáción való terjedését, azaz feltételezi, hogy

az ágensek képesek következtetések levonására.

- b) T: $\Box\varphi \supset \varphi$: a tudás axióma, amely kimondja, hogy ha egy állítás szükségszerű, akkor igaz.
- c) 4: $\Box\varphi \supset \Box\Box\varphi$ (pozitív önelemzés): ha egy ágens tud egy állítást, akkor azt is tudja, hogy tudja az állítást; ezt pozitív önelemzés axiómának nevezzük.
- d) 5: $\neg\Box\varphi \supset \Box\neg\Box\varphi$ (negatív önelemzés): ha egy ágens nem tud egy állítást, akkor tudja, hogy nem tudja az állítást; ezt negatív önelemzés axiómának nevezzük.

Az S5 axiómarendszert teljesítő szemantikákban a lehetséges világok között értelmezett rákövetkező tulajdonság reflexív és euklideszi. A modális logikai kalkulus segítségével lehetőség van a különböző formulák vagy formulahalmazok tulajdonságainak ellenőrzésére, hogy azok tartalmazzanak-e valamilyen ellentmondást, esetleg kielégíthetőek-e, vagy hogy egy adott formula érvényes-e (Fagin és társai, 2003).

A Hanabi társasjáték

A vizsgálatok során a játéknak egy egyszerűsített modelljét vettük alapul. Ennek értelmében egy olyan számítógépes megvalósítást készítettünk el, amely kétszemélyes játékok vezénylésére alkalmas. Az egyszerűsítés a játék lapjainak könnyítését is jelenthette volna, ugyanakkor cél volt az eredeti játék szabályrendszerének betar-

tása, így a választás a játékoszám csökkentésére esett.

A *Hanabi* egy kooperatív játék, ami azt jelenti, hogy a játékosok nem versengenek, hanem együtt, egy csapatként játszanak. A játék célja, hogy a játékosok káprázatos tűzijátékok létrehozásával minél több pontot gyűjtsenek, ezáltal minél nagyobb elismerést kapjanak a bemutató közönségtől. A társasjáték információhiányos mivolta a játékosok kezben tartott lapjain alapul. Mivel senki nem láthatja közvetlenül a saját lapjait, így azoknak a milyenségére vonatkozó tudás hiánya dedukciós környezetet eredményez. A játékban lévő tűzijáték lapok 5 különböző szín valamelyikével és 1-től 5-ig terjedő skála egy értékével rendelkeznek. Azonos színű 1-es értékkel rendelkező lapból három, 2-es, 3-as és 4-es értékkel rendelkező lapból kettő, míg 5-ös értékű lapból egy darab van a pakliban. A játékosoknak a tűzijáték kártyákat színek szerint csoportosítva, monoton növekvő sorrendben kell kijátszaniuk úgy, hogy minden értékből csak egy szerepelhet egy tűzijátékban. A dedukciós környezetet az adja, hogy senki sem látja a saját lapjait, így kénytelenek a többi játékos tanácsaira hagyatkozni. Minél több lapot sikerül a játékosoknak helyesen kijátszani, annál több pontot kapnak a játék végén. A játék során három lehetséges lépés közül választhatnak a játékosok:

1. *Segítségnyújtás*: ennek keretében a soron következő játékos az egyik társa kezben tartott lapjaira vonatkozóan tesz kijelentést. Ehhez a 8 rendelkezésre álló segítségjelölő közül egyet

az elhasznált oldalára kell fordítani. Segítség során kétféle információt lehet adni. Lehet egy adott színről, például „Ez a lap piros” vagy „Két zöld lapod van, ez és ez” vagy „Nincs sárga kártyád”, illetve lehet egy adott értékről, például „Van egy 5-ös lapod, itt” vagy „Két 1-es lapod van, ez és ez” vagy „Nincs 3-as lap a kezében”. A játékosoknak teljes információt kell adniuk, azaz ha valakinek két zöld lapja van, akkor az információt adó játékos nem teheti meg, hogy csak az egyikre mutat rá. Ha már nincsen elérhető segítségjelölő, a soron következő játékos nem választhatja ezt az akciót.

2. *Lapeldobás*: a játékos ekkor eldobja az egyik lapját, és a dobott lapok paklijára helyezi, képpel felfelé. Ez után új lapot húz a kezébe úgy, hogy véletlenül se lássa a képes oldalát. Lapeldobást követően a játékosok visszakapnak egy már felhasznált segítségjelölőt. Ezt az akciót nem választhatja a soron következő játékos, ha még az összes segítségjelölő rendelkezésre áll. Ebben az esetben más akciót kell választania.
3. *Lapkjátszás*: a játékosok ennek a segítségével tudnak tűzijátékokat létrehozni. A soron következő játékos ekkor kiválaszt egy lapot a kezéből, és képpel felfelé az asztal közepére teszi. Ezután két dolog történhet: az egyik, hogy a lap szabályosan lehelyezhető, azaz a játékos a kijátszott lappal képpel felfelé kiegészít egy már meglévő

tűzijátékot, vagy elkezd egy újat. A másik lehetőség, hogy a lap nem helyezhető le szabályosan, ekkor a lapot a dobópaklira teszi, és egy viharjelölő kerül felfordításra. Ha a harmadik viharjelölő is felfordításra kerül, a játék egyből véget ér, és a játékosok a kiépített tűzijátékoktól függetlenül elvesztik a játékot. Lapkijátszás után a játékos új lapot húz a húzópakliból, ügyelve arra, hogy azt továbbra se nézze meg.

A játék során az egyes ágensek tudásának rögzítésére és új lehetséges állítások kiszámítására jó választás lehet az episztemikus modalitás beépítése.

Az ágensek tudása a játék esetén több helyről érkezik. Egyrészt vannak azok az információk, amelyek a látványból adódnak. Ezeknek egy része közös tudás az ágensek számára, hiszen minden játékos ugyanazokat a kijátszott lapokat látja, ugyanazt a dobópaklit ismeri, és ugyanazokról a segítség- vagy viharjelölő állapotokról van tudása. Ugyanakkor vannak olyan információk, amelyek egy-egy ágenshez tartoznak, és más ágensek számára nem, vagy nem feltétlenül ismertek. A játék kezdőállapotában például kimondottan kevés információval rendelkezhetnek a játékosok saját lapjukra vonatkozóan, míg játékos társaik tökéletesen ismerik azokat. Ugyanakkor az is lehetséges, hogy néhány információt már a játék kezdőállapotában is ki tudnak következtetni. Például, ha egy játékos a társa kezében lát egy piros ötös lapot, akkor biztosan tudja, hogy az ő kezében lévő lapok egyike sem lehet piros

ötös, hiszen abból csak egy darab van a pakliban. Mivel a látványból, azaz a már kijátszott lapokból meghatározható tudás a játékosok számára mindig elérhető, azok tárolására külön nincs szükség. Az ágensek tudását tartalmazó listába azok a formulák kerülnek be, amelyek valamilyen segítségnyújtás során merülnek fel, ezek pedig közös tudásként kezelhetők, hiszen a lépés kijátszása után már mindenki tudja az információt, ahogy azt is tudják, hogy a többiek is tudják azt.

A játék szoftveres megvalósítása

A Hanabi társasjáték számítógépes megvalósítását *Java* nyelven készítettük el. A játékspecifikus részekhez tartozik a játék állapotterét megvalósító osztály, a játékban megtehető operátorokat leíró osztályok és a játék vezérlését végző szerkezet. A játékot vezérlő programhoz kapcsolódik továbbá a lépésajánlást létrehozó osztály és az ehhez szükséges operátor-szimulátor osztályok. Az állapot és az operátorok leírásához absztrakt osztályokat is alkalmaztunk, amelyekben összegyűjtöttük azokat az eszközöket, amelyeket a megvalósító osztályokban felhasználtunk, ezáltal egyszerűbbé téve a program szerkezetét. Mindezek mellett a játékban meglévő kártyák kezelésére enumerációkat hoztunk létre.

A korábban összeszedett osztályok segítségével az alkalmazás már képes teljes játékok lebonyolítására, azonban a feltett hipotézis vizsgálatához a modális logikai kalkulus implementálása is szükséges.

Ennek megvalósítására létrehoztunk egy kalkulus osztályt, valamint annak egy, a *Hanabi* játékhoz tartozó specifikus alosztályt is, ami a játék sajátos szabályait is figyelembe veszi. A modális logikai állítások létrehozására készítettünk formula osztályokat, amelyek egy és két operandusú, illetve atomi formulák leírására képesek, valamint létrehoztunk egy enumerációt is a logikai operátorok tárolására.

A játék digitalizálása során fontos eszközt jelentettek az operátor-szimulátor osztályok. A lépésajánlás alkalmával a hasznosság számítása során az eredeti operátorok használata többletinformációt árulhatott volna el a játékosok számára. Például egy ágens nem feltétlenül tudja egy lapjának teljes milyenségét, színét és számát is, viszont a konkrét lapkijátszás során ez nyilvánvalóvá válhat. Ennek a kiküszöbölése érdekében vezettük be a szimulátor osztályokat, amelyek két további paraméterrel rendelkeznek. Az egyik paraméter a feltételezett kézben tartott lap, a másik pedig a feltételezett felhúzendó lap. Minden tényleges operátorhoz több szimulátor-operátor tartozik, amelyek feltételezhető lépéseket reprezentálnak. Minden szimulált lépés valamekkora valószínűséggel következhet be, amely valószínűség meghatározható az ágensek rendelkezésre álló tudása alapján. Például ha egy ágens tudja, hogy a második lapja piros, akkor annak a szimulátor-operátornak a valószínűsége, amiben azt feltételezzük, hogy a második lapját helyezi le, ami egy sárga kettős, 0. A tényleges operátorok hasznosságának meghatározásához a

szimulátor-operátorokkal elérhető hasznosságok kiszámítására van szükség. A konkrét lépés értéke így a szimulált lépésekkel elérhető hasznosság súlyozott összege, ahol a súlyok az operátorok valószínűségei.

A kalkulus nehézségei

A tesztelések során az első nehézséget a kalkulus lassúsága jelentette azokban az esetekben, amikor a formulák kibontásával létrejövő fa elágazási tényezője nagyobb volt, mint 1. A vizsgálatok alapján ez a „vagy” operátor bonyolultságára vezethető vissza. A játék sajátosságaiból adódóan sok olyan tudás tárolása lehetséges, amelyek „vagy” operátort tartalmaznak. Egy ágens számára például minden lapjára vonatkozóan szükségszerű, hogy az vagy piros, vagy sárga, vagy kék, vagy zöld, vagy pedig fehér színű. Egy ilyen összetett formula kibontása sok premodell létrejöttét eredményezi, mindegyik premodellben más-más szín igaz állapotát választva.

Ezen túl a játékban olyan formulák is megjelenhetnek, amelyek arra vonatkoznak, hogy egy ágens szerint szükségszerű, hogy egy lapja nem adott színű és számú. Ennek a formulának a kibontása szintén „vagy” operátor megjelenését eredményezi.

A kalkulus gyorsítása érdekében létrehoztuk a *HanabiCalculus* osztályt, amely a játék szabályait alapul véve a kalkulusban szereplő szintaktikai vizsgálat mellett az adott világok szemantikai vizsgálatát is megvalósítja.

Ide tartozik többek között a lapok színére és számára vonatkozó vizsgálat is.

A gyorsítás érdekében továbbá csak olyan formulákat tároltunk az ágensek tudásbázisában, amelyek szükségszerűséget fejeznek ki, lehetséges állításokat nem. Ennek oka, hogy minden, ami nem szükségszerű, és szükségszerű tudásnak nem mond ellent, az lehetséges. Ezeknek a tárolására külön nincs szükség, mert bármikor kikövetkeztethetők a jelenlegi információkból.

Tapasztalatok a játék során elért pontszámokban

A vizsgálatok első szakaszában az ágensek véletlenszerűen választottak a rendelkezésre álló lépések közül. Ebben az esetben a hasznosságfüggvény egységesen 0 értéket rendelt minden állapothoz, így a lépésajánlás során vizsgált lehetséges operátorok között nem volt hasznosságbeli különbség, az ágensek ugyanolyan jónak vagy rossznak gondoltak minden műveletet.

Az elvárt eredmény az volt, hogy az ilyen véletlenszerűen választott operátorokkal megjátszott lépések hamar a játék végéhez vezetnek. Ebben az esetben az ágensek tulajdonképpen nem is „gondolkodnak”, csak annyit vesznek figyelembe, hogy egy adott állapotra mely lépések tehetők meg, ezek közül pedig rögtön az elsőt meg is lépik. Mivel ebben az esetben egy lapkijátszás operátor ugyanolyan hasznos, mint egy segítségnyújtás vagy egy lapeldobás, függetlenül a lap milyenségétől, a gépi

játékosok választásukkal hamar viharjelölő felfordítását érhetik el. Három rossz lapkijátszás pedig a játék végéhez vezet. A kapott eredmények a feltételezés helyességét bizonyítják.

A véletlenszerűen választott lépések alapján végigjátszott játékok mindegyike vesztes kimenetet eredményezett a három viharjelölő megszerzése miatt. Így az elért pontoktól függetlenül a játékosok elvesztették a játékot.

Az 1. ábrán a vizsgált játékok közül 20-nak az eredménye látható. A kék oszlopok a játékokban megtett lépések számát jelölik. Látszik, hogy átlagosan 12 lépést sikerült az ágenseknek a játék vége előtt megtenniük.

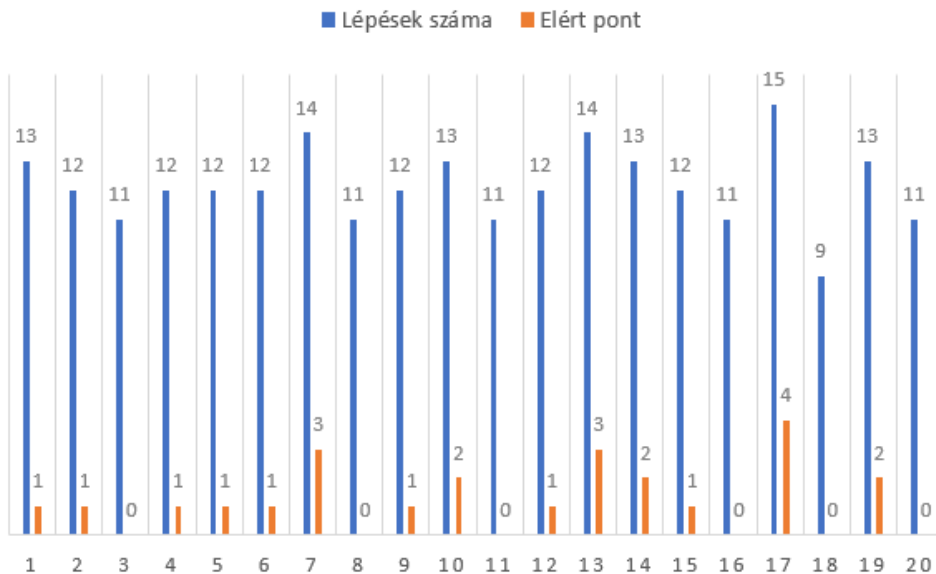
Mivel a lehetséges lépések között 5 féle lapkijátszás, 5 féle lapeldobás és 10 féle segítségnyújtás operátor szerepelhet, annak a valószínűsége, hogy lapeldobás vagy segítségnyújtás operátor kerül véletlenszerűen kiválasztásra nagyobb.

Ezek a lépések nem eredményezik viharjelölő felfordulását, a játék elvesztéséhez a rosszul meglépett lapkijátszás operátorok vezethetnek.

Az 1. ábrán a narancssárga oszlopok a játékban elért pontokat jelölik.

Több lépés megtétele esetén a megszerzett pontok is magasabbak, hiszen ebben az esetben a lapkiosztás és a véletlenszerűen megjátszott lapkijátszás operátor szerencsés kombinációja révén helyes lapok kerültek a tűzijátékok megfelelő helyeire.

1. ábra: Véletlenszerűen választott operátorokkal elért eredmények (forrás: a Szerző)



A vizsgálat következő szintjén az ágensek a lépések meghatározásához a valószínűségszámítás eszközeit vették segítségül. Ennek értelmében a következő lépések meghatározásához a szimulátor operátorokban szereplő lapok előfordulásának valószínűségével súlyozták a lépés végrehajtásával megszerezhető hasznosságot, és ennek segítségével próbáltak dönteni. A valószínűség kiszámításakor a látható információk mellett az ágensek a lapjukra vonatkozó tudást is figyelembe vették. Ennek értelmében, ha tudták, hogy például az első lapjuk piros színű, a többi színű lap előfordulásának valószínűségét eleve 0-nak

tekintették. Az elemzés során több játékot lefuttatva gyűjtöttünk össze az ilyen módon elérhető eredményeket, amelyekben azt tapasztaltuk, hogy a játék során szerzett pontok számát nagyban befolyásolja a lapkiosztás és a lapok felhúzásának sorrendje.

A játzmák végeredményében -6–20 pont megszerzése között szóródtak, azokban az esetekben, amikor előnyös sorrendben következtek a lapok, az ágensek több pontot szereztek, ellenkező esetben pedig rosszabbul teljesítettek.

Ezek alapján az mondható, hogy a lapok véletlenszerűsége is befolyásolja az

ágensek sikerességét az egyes játszmák során.

Következő lépésként azt szeretnénk volna megvizsgálni, hogy a csupán valószínűséget használó, valamint a modális logikai kalkulussal bővített lépésajánlással milyen eredmények érhetőek el egy-egy játszma alatt.

A 2. ábra ennek a kimenetét szemlélteti. Mindkét lépésajánlás esetén ugyanarra a 10 véletlenszerűen kiválasztott kezdőállapotra futtattam le a játékot, hogy a lapok eltérő sorrendje ne módosítson az eredményeken. Az így elért pontokat ábrázolják az oszlopok. Annak érdekében, hogy a játszmák összehasonlíthatók legyenek,

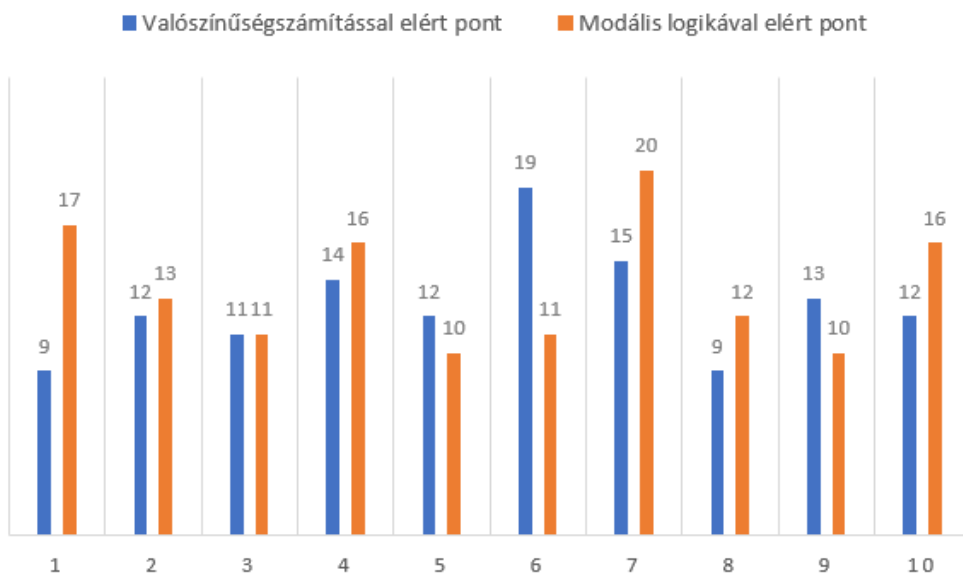
tesztelés során az operátorok kipróbálási sorrendjét fixre állítottuk, így azok előfordulásának sorrendje nem befolyásolta az ágensek döntéseit.

Ez ugyan jelentősen rontja a játék élvezhetőségét, de a tesztelés miatt fontos tényezőnek számított.

A 2. ábrán látszik, hogy voltak olyan esetek, amikor csak a valószínűséget figyelembe véve sokkal jobb eredményt tudtak elérni az ágensek (6. játszma), ugyanakkor voltak olyan kezdőállapotok is, amelyek esetén a modális logika alkalmazásával gyűjtöttek több pontot (7. játszma).

A különbség a két módszer között a tudásbázis méretében nyilvánult meg.

2. ábra: Valószínűségszámítás és modális logika összehasonlítása (forrás: a Szerző)



A modális logikát használó esetben egyes információkból az ágensek újabb állításokat következtethettek ki, így azokkal bővíthették a tudásukat.

A tudásbázis méretének változását a 3. ábrán szemlélteti. Látszik, hogy a modális logikai kalkulust alkalmazó lépésajánlásnál a tudásbázis mérete a játék előrehaladtával majdnem folyamatosan nagyobb volt.

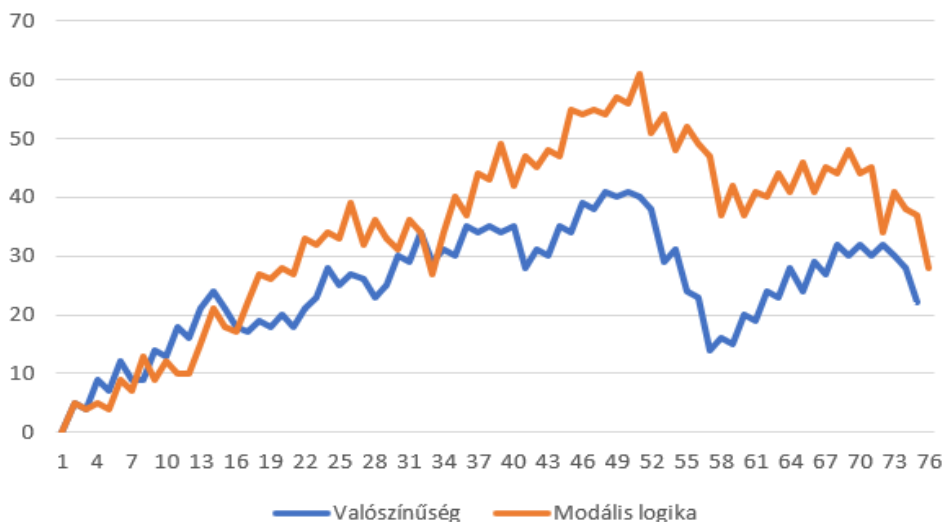
Mivel a hasznosságfüggvény a tudásbázis mérete alapján is értékeli az egyes játékállásokat, így a két módszer esetén az operátorok hasznosságértéke eltérő lehet. Emiatt egy adott állapotban a valószínűségszámítás az egyik, míg a modális logika a másik lépés végrehajtását látta jobbnak. Ugyanakkor a hasznosabb állapotok kiválasztásakor nem a tudásbázis mérete a számottevő, hanem az, hogy mire vonatkozik a tudás, ami az ágensek birtokában van. Értékesebb az a tudás, ami arra vonatkozik, hogy egy ágens tudja, hogy nála van

egy olyan lap, ami a tűzijátékra közvetlen következik, vagy valamelyik lapja olyan, amire már nincsen szükség és eldobhatja. Olyan tudás, ami nem viszi előrébb a játékosokat, a tudásbázis méretét ugyan növeli, de a sikerességhez nem feltétlenül járul hozzá. Ennek a tényezőnek a kizárása érdekében módosítottuk a hasznosságfüggvényt, hogy szimplán a tudásbázis mérete ne jelentsen hasznosságbeli eltérést az egyes állapotok között.

Az így kialakított hasznosságfüggvény segítségével újabb vizsgálatot tettünk ugyanazon kezdőállapotokra futtatott játékok segítségével.

A tapasztalat azt mutatta, hogy egy lépésre előretekintve ebben az esetben a valószínűségszámítást alkalmazó és a modális logikát használó módszerekkel futtatott játszmák ugyanazt az eredményt érték el, ugyanazon operátorok végrehajtásával az egyes lépésekben.

3. ábra: A tudásbázis méretének változása (forrás: a Szerző)



A hasznosságok abban tértek el, hogy a modális logikát alkalmazó esetben az olyan tudás, ami egy tűzijátékra rákövetkező lap színét és számát is egyszerre tartalmazta, plusz pontot ért. Ez a plusz információ a vizsgált játékok esetén nem jelentett operátorváltásbeli különbséget. A megegyező eredmények oka, hogy a modális logika által kikövetkeztethető új tudás nem tárol olyan információt, ami a lapok valószínűségeinek kiszámításakor az alap tudásbázis alapján ne érvényesülne. Például ha egy ágens tudja, hogy az első lapja nem kék, nem sárga, nem piros és nem is zöld, a modális logikával rájön, hogy fehér színű, ugyanakkor a valószínűség meghatározásakor a lehetséges lapok közül az alap tudás miatt ugyanúgy kizárja a nem fehér színű lapokat, így a konkrét állítás tudása nélkül is csak fehér kártyákat tart lehetségesnek.

Összefoglalás

A kutatás során azt a kérdést vizsgáltuk, hogy a modális logika eszközei mennyire segítik a játék megnyerését a kooperatív és információhiányos környezettel rendelkező társasjátékok esetén. Ennek eszközeként készítettük el a Hanabi társasjáték kétszereplős számítógépes megvalósítását, amely a játék szabályainak megfelelően képes ember-ember, ember-gép és gép-gép elleni játék lebonyolítására.

Az alkalmazás segítségével különféle szempontokat figyelembe vevő lépésajánló módszerekkel elemeztük a játszmák sikerességét és hasonlítottuk össze a szerzett

pontokat. Az elemzés során elért eredmények alapján azt tapasztaltuk, hogy a társasjátékban megvalósított modell esetében az episztemikus modalitás beépítése nem vezetett lényegesen sikeresebb végeredményhez a valószínűséget használó lépésajánláshoz viszonyítva. Kétszereplős esetben a tényleges világról szóló állítások közös tudássá váltak, így a kalkulussal kikövetkeztethető új információk valószínűségi számítását alkalmazva is meghatározhatók voltak. A játék többszereplős formájában az ágensek tudása összetettebb lehet más ágensekre vonatkozóan, így ebben az esetben lehetséges, hogy a modális logika eszközei nagyobb szerepet játszanak.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-2-I-DE-177 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalom

- Brian F. Chellas (1980): *Modal Logic*, Cambridge University Press, pp. 1–24.
- Ronald Fagin, Joseph Y. Halpern, Yoram Moses, Moshe Y. Vardi (2003): *Reasoning About Knowledge*, The MIT Press, pp. 1–37.
- Fekete István, Gregorics Tibor, Nagy Sára (1990): *Bevezetés a mesterséges intelligenciába*, Budapest, LSI

- Oktatóközpont, A mikroelektronika alkalmazásának kultúrájáért alapítvány.
- Futó Iván (1999): *Mesterséges intelligencia*, Aula Kiadó.
- A. Kurucz, F. Wolter, M. Zakharyashev, Dov M. Gabbay (2003): *Many-Dimensional Modal Logics: Theory and Applications*, Elsevier, pp. 1–15.
- Mérő László (1994): *Észjárások*, Typotex, Budapest, pp. 161–176, 199–225.
- Stuart J. Russell, Peter Norvig (2005): *Mesterséges intelligencia modern megközelítésben*, 2. kiadás, Budapest, Panem.
- Antoine Bauza: Hanabi társasjáték, <https://tarsasjatekok.com/tarsasjatek/hanabi-2010> [letöltve: 2021. november].
- Hanabi cards online, <https://hanabi.cards/> [letöltve: 2022. február].
- Andreas Herzig, Dominique Longin, Mohamad Sahade, Olivier Gasquet: LoTREC: possible worlds finally made accessible, 2005, <https://www.irit.fr/Lotrec/> [letöltve: 2021. október].