

A kétértelmű titkosítás azt jelenti, hogy a tudat nem szimulálható

Anna Wegloop és Peter Vach

Tartalomjegyzék

Összefoglaló.....	1
Bevezetés.....	2
Fogalom meghatározások.....	2
Érvelés.....	6
További megjegyzések.....	11
Hivatkozások.....	15
A. függelék - Kétértelmű titkosítás.....	16
B függelék - A függvények kiértékelése a rejtjelezett szövegre.....	18
C. függelék - A fizikai folyamatok algoritmusokként való értelmezése.....	22
Köszönetnyilvánítás.....	23

Összefoglaló

Itt a teljesen homomorfikus titkosítás egyszerűsített változata alapján megmutatjuk, hogy nem lehetséges a tudatos tapasztalat szimulálása, abban az értelemben, hogy egy számítógépes algoritmus segítségével olyan tapasztalatokat generáljunk, amelyek nem különböztethetők meg egy adott tipikus emberi lény tapasztalataitól. Úgy tűnik, hogy ez a mesterséges intelligencia jövőbeli fejlődésével kapcsolatos kérdések fontos következményei. Például a tudat feltöltésének javasolt folyamata általában nem fog az eredeti emberi lény tudatához hasonló virtuális tudatot létrehozni.

Bevezetés

Lehetségesnek tűnik, hogy a folyamatos technológiai és tudományos fejlődés lehetővé teszi majd az emberi lények szimulációját, amelyek (külsőleg) pontosan úgy néznek ki, mint az eredeti emberi lény. Ilyen például az agyi emuláció (Kurzweil, 2010), ahol egy adott agyban zajló fizikai folyamatokat (elektrofiziológia, neurotranszmitterek eloszlása stb.) szimulálják. Egy másik példa lehet egy mesterséges neurális hálózat (vagy más funkcionális modell), amely egy ember viselkedését utánozza.

anélkül, hogy részletesen modelleznénk az emberi agyban zajló fizikai folyamatokat. Az azonban továbbra sem világos, hogy az ilyen szimulációk (belülről) tudatos élményeket eredményeznének-e vagy sem. Ezzel a kérdéssel már korábban is foglalkoztak, például a kínai szoba érvével (Searle, 1980). A kérdést övező filozófiai vita azonban nem tűnik eldöntöttnek. A tudatosságnak nincs általánosan elfogadott definíciója. Nehézségek adódnak a tudat eredendően szubjektív minőségéből (Nagel, 1974), és számos nyitott kérdés maradt fenn az eredetével és természetével kapcsolatban.

Itt ezt a kérdést kifinomult filozófiai fogalmak nélkül közelítjük meg, hanem az információelmélet és a logikai következtetés széles körben elterjedt módszereire támaszkodva. Megmutatjuk, hogy ha egy szimulált elmének vannak tudatos tapasztalatai (belülről), akkor ezek nem egyenértékűek, és általában nem is hasonlítanak az alábbiakhoz mint amilyenek egy valódi embernek hasonló körülmények között lennének. Ebben az értelemben az elmefeltöltés (más néven elmeemuláció, digitális halhatatlanság) javasolt koncepciója a következőképpen mutatkozik meg. lehetetlen (Kurzweil, 2010; Bostrom & Sandberg, 2008).

Fogalom meghatározások

Használt szimbólumok:

Algoritmusok: M , M^{-1} , P , $E(P)$, R , S (számítógépes algoritmusok), H , K (algoritmusok, beleértve az embert is) és F (tetszőleges fizikai folyamat).

Szöveges fájlok: A , A^* , B , B^* , C ,

C^* , D , D^* Titkosítási kulcsok

(számok): p_1 , p_2 Tapasztalatok: α ,

β , γ , δ , ϵ

Feltételezések: Ψ , Σ , Φ

Tudatosság:

A tudatossággal a tudatos élményekre (qualia) utalunk. Az ember csak saját maga ellenőrizheti, hogy vannak-e ilyen tapasztalatai. Bizonyos értelemben ez a tudatosság minimális definíciója. Nem foglalkozunk olyan bonyolultabb fogalmakkal, mint a "lélek" vagy az "én", amelyek a tudatos élmények érzékelt valóságára épülnek. Itt nem foglalkozunk a tudatosság bármilyen elméletével vagy modelljével sem (pl. integrált információelmélet (Oizumi, Albantakis, & Tononi, 2014)).

Általánosabban fogalmazva, nem foglalkozunk

a tudat jelenlétét vagy hiányát feltételezhetően jelző objektíven mérhető mennyiségekkel (pl. a tudat neurális korrelátumai) foglalkozik.

A tudatosság definícióját használva a tudatosság tudományos úton történő kimutatása nehéz vállalkozás: Csak egyetlen empirikus adatpont van (tudom, hogy tudatában vagyok). A tudatosság elmélete, amely az az állítás, hogy minden tudatos, úgy tűnik, helyesen jelzi előre a tudat jelenlétére vagy hiányára vonatkozó minden kísérletileg igazolható tényt, mivel csak a tudat hiányára vonatkozó állítások cáfolhatók meg kísérletileg az egyéni tapasztalatokkal. Ezt figyelembe kell venni, amikor

a tudatosság bármely elméletének empirikus tesztelését. A tudat e minimális definíciójának megfelelően az alábbiakban bemutatott érvelés úgy épül fel, hogy egyszerűen a (szubjektív) a tudat érzékelt valósága, a széles körben elterjedt információelmélet és az a feltételezés, hogy a logikai érvelés segítségével igaz állításokat lehet levezetni a tudattal kapcsolatos kérdésekre vonatkozóan.

Az emberi viselkedés szimulálása:

Képzeld el a következő forgatókönyvet: Egy ember ül egy szobában egy videoképernyő előtt, hangszórókkal, mikrofonnal és kamerával felszerelve. A képernyőn és a hangszórókon lejátszott hangokat és videoképeket az A fájl (bemeneti adatok) határozza meg. A kamera és a mikrofon eredmény az A* fájlban (kimeneti adatok). A fizikai rendszerre (a helyiségre, az elektronikus berendezésekre és az emberre) úgy is gondolhatunk, mint egy algoritmusra, amely összeköti A-t és A*-t, amit mi

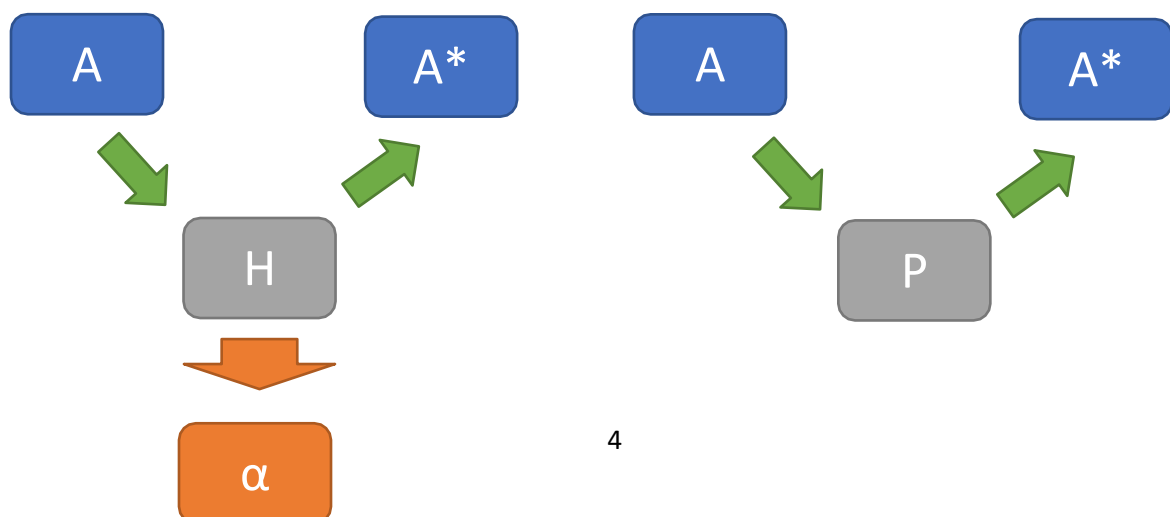
Legyen P egy olyan számítógépes algoritmus, amelynek a következő tulajdonsága van: A bemenet A esetén P olyan A* kimenetet generál, amely megkülönböztethetetlen a H által generált A* kimenettől A bemenet A esetén.

Az alábbiakban bemutatott érv nem függ a beállítás sajátosságaitól. P alapulhat vagy nem alapulhat agyi emuláción, és érvelésünk akkor is működne, ha P az emberi lény bármely más megfigyelhető fizikai mennyiségének szimulációja lenne (pl. videó helyett EEG vagy fMRI adatokon alapulna). felvételek).

Azonos bemeneti adat esetén a két algoritmus, a P és a H, megkülönböztethetetlen kimeneti fájlokat állít elő. A megkülönböztethetetlen alatt azt értjük, hogy a H és a P kimeneti állományok halmazai valamilyen előre meghatározott metrika szerint kellően hasonlóak. Ez lehetővé teszi számunkra például, hogy figyelembe vegyük a véletlenszerűséget a egyszerű módon. Ekkor A* megfelelne az összes lehetséges kimeneti fájlnak, valamint egy valószínűségi eloszlásnak ezeken a kimeneti fájlkon. Ha ezek a valószínűségi eloszlások kellően hasonló a P és a H esetében (az előre meghatározott metrika szerint), a kimeneteiket megkülönböztethetetlennek tekintjük.

Az alábbiakban bemutatott érvelés azonban nem függ ezektől a bonyodalmaktól. Így A-t és A*-t egyszerűen szöveges fájlkonak tekinthetjük. H és P azonos A* szövegfájlokat ad ki A bemenetre.

Megjegyezzük, hogy egy ilyen P algoritmus biztosan átmegy a híres Turing-teszten (Turing, 1950). Megjegyezzük továbbá, hogy a H algoritmus tudatos tapasztalatokhoz vezet, mivel az ember része a H (feltételezve, hogy más emberi lényeknek is vannak tudatos élményeik). Ezzel szemben nem világos, hogy a P algoritmus futtatása milyen tudatos tapasztalatokat eredményez (ha egyáltalán vannak ilyenek).

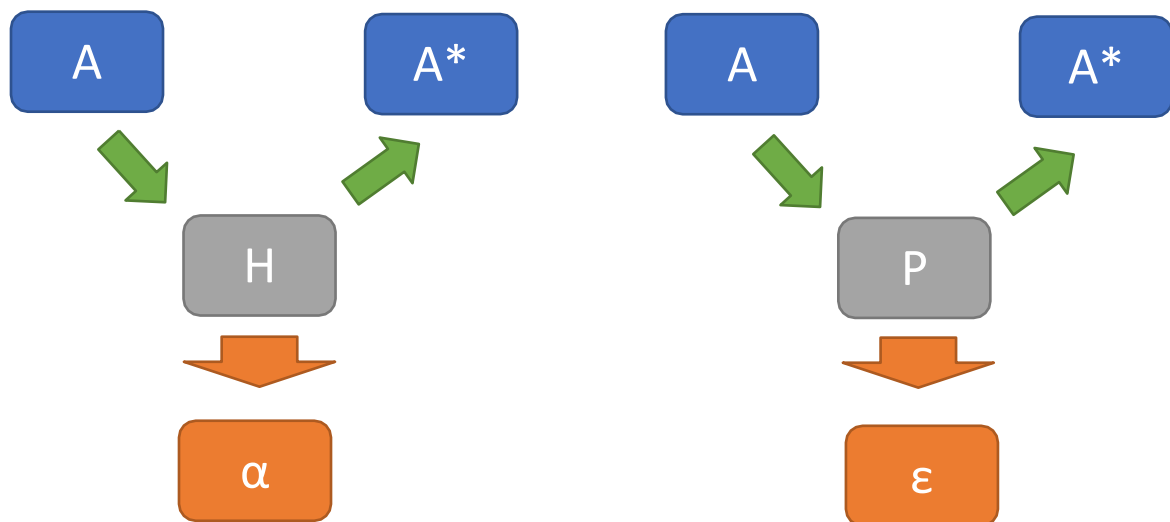


1. ábra: Az emberi viselkedés szimulációjának illusztrációja. Minden ábrán a következő színsémát használjuk: kék = szöveges fájlok; zöld = digitális bemenet vagy kimenet; szürke = anyagi rendszerek/számítógép.

algoritmusok; narancssárga = tudatos tapasztalatok (lehet, hogy nincs is), a nyilak a tapasztalatok fizikai folyamatokhoz (pl. számítógépes algoritmusok futtatásához) való kapcsolódását jelzik.

A tudat szimulálása:

Mint fentebb említettük, nem világos, hogy egy szimuláció számítógépen történő futtatása vezet-e tudatos tapasztalatokhoz. Ezért úgy definiáljuk, hogy ϵ bármely tudatos tapasztalat, amely a P algoritmus futtatásából származik valamilyen A bemenettel, vagy egyáltalán nincs tudatos tapasztalat. Megjegyezzük, hogy ϵ lehet többféle tapasztalat is sorrendben, párhuzamosan (pl. egynél több ember viselkedésének szimulálása) vagy egymásba ágyazva (pl. egy olyan ember szimulálása, aki kézzel kiértékeli P-t). Mivel P és H azonos kimenetet produkál, ha azonos bemenetet kap, a szimulált viselkedés (P) kívülről pontosan úgy néz ki, mint a tényleges emberi lény (H). Emiatt feltételezhetjük, hogy a szimulált viselkedés (P) és az ember megkülönböztethetetlen tapasztalatokkal rendelkezik ($\alpha = \epsilon$). Ezt a helyzetet ($\alpha = \epsilon$) úgy definiáljuk, mint tudatos tapasztalatok szimulálása. Két tapasztalatot megkülönböztethetetlennek definiálunk, ha nem lehet szubjektíven különbséget érezni a két élmény között (pl. 100 g csokoládé elfogyasztása a 99 g csokoládéval szemben).

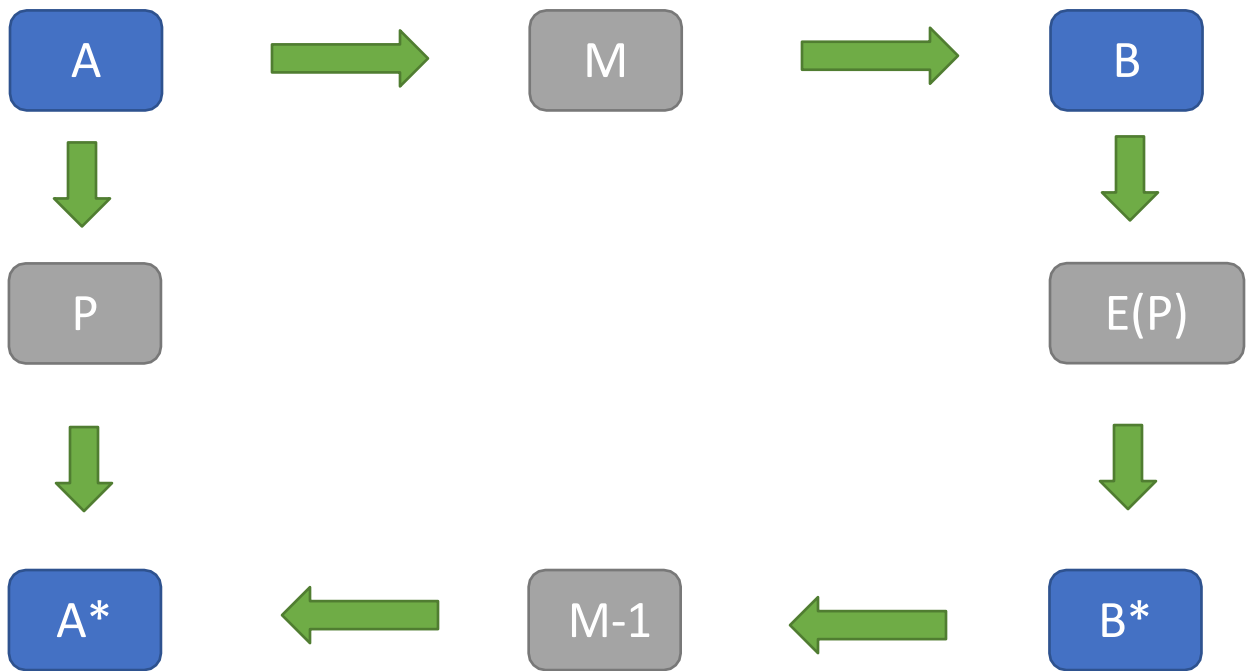


2. ábra: Az algoritmusokhoz kapcsolódó tapasztalatok illusztrációja. ϵ lehet, hogy tudatos élmény, de lehet, hogy nem. A tudatos élmény szimulálása esetén $\alpha = \epsilon$ (a két élmény megkülönböztethetetlen) a meghatározó tulajdonság.

Teljesen homomorfikus titkosítás (FHE):

Az FHE a titkosítás egy olyan formája, amely lehetővé teszi a számításokat a rejtjelezett szövegeken, és olyan titkosított eredményt hoz létre, amely visszafejtéskor megegyezik a műveletek eredményével, mintha azokat a nyílt szöveggel végezték volna el. Kimutatták, hogy az FHE számítógépes algoritmusok esetében is lehetséges (Gentry, 2010). Titkosítás (M) és a visszafejtés (M^{-1}) egy szöveget egy másik szöveggé alakít át. Az M^{-1} az M fordítottja abban az értelemben, hogy az M által titkosított szöveg (plaintext) egy rejtjelezett szöveget eredményez, amely az M^{-1} -be táplálva visszaadja az egyszerű szöveget (dekódolás).

A teljesen homomorf titkosítási séma a következő ábrán látható:



3. ábra: Egy teljesen homomorf titkosítási rendszer grafikus ábrázolása.

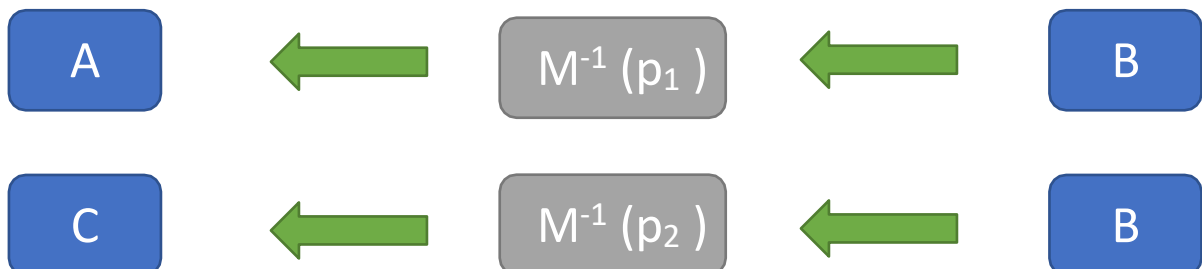
Az FHE-ben a titkosított B bemenetet nem közvetlenül a P algoritmusba tápláljuk, hanem egy másik algoritmusba, az $E(P)$ -be, amelyet a P kiértékelésére konstruálunk. Az $E(P)$ egy olyan algoritmus, amely a P -ből konstruálható úgy, hogy a homomorf tulajdonság (lásd a 3. ábrát) teljesüljön (bizonyos M és M^{-1} titkosítási és visszafejtési algoritmusokra). Fontos, hogy az $E(P)$ úgy épül fel, hogy független legyen az adott algoritmustól.
a használt titkosítási kulcs (a részleteket lásd a B. függelékben).

Kétértelmű titkosítás:

A cikk érveléséhez az A. függelékben bemutatunk egy egyszerű, teljesen homomorfikus titkosítási rendszert szimmetrikus kulcsokkal, amely a következők által leírt teljesen homomorfikus titkosítási rendszeren alapul.

Gentry (Gentry, 2010). Az egyszerűsítéseink miatt a rendszerünk kriptográfiailag nem biztonságos, de teljesen homomorf (azaz a 3. ábrán látható összefüggés érvényesül).

Amint azt az A. függelékben bemutatjuk, lehetséges, hogy egyetlen B kódolt szöveg két különböző A és C szöveg titkosítását teszi lehetővé, attól függően, hogy melyik titkosítási kulcsot használjuk. Bármely két A és C esetén konstruálható egy olyan B , amely rendelkezik ezzel a tulajdonsággal.



4. ábra: A kétértelmű titkosítás illusztrációja.

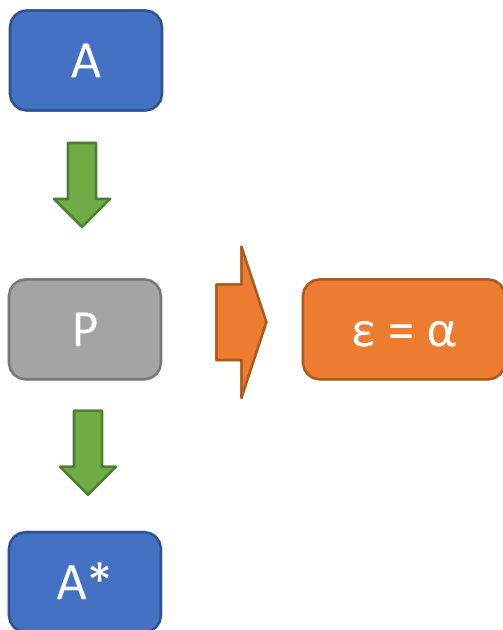
Érvelés

Feltételezzük, hogy lehetséges a tudatos élmény szimulálása (Ψ feltételezés): Ha P (bármilyen A bemenet esetén) olyan A^* kimenetet produkál, amely megkülönböztethetetlen H kimenetétől (A bemenet esetén), akkor P

olyan ε tudatos élményt produkál, amely megkülönböztethetetlen attól az α élménytől, amelyet H produkál (lásd a 2. ábrát). Informálisan megfogalmazva, a Ψ feltételezés egyenértékű azzal a hittel, hogy két olyan entitás, amelyek ugyanúgy viselkednek, ahogyan kívülről megfigyelve, belülről is ugyanazokat a tudatos élményeket élik át.

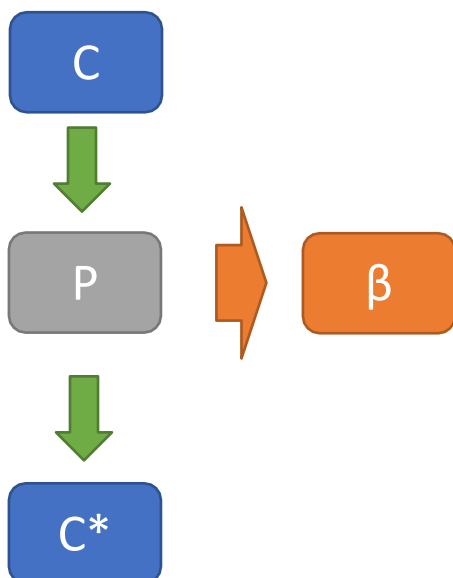
Most megmutatjuk, hogy a Ψ feltételezés logikai ellentmondáshoz vezet, és ezért érvénytelen.

Ψ segítségével $\alpha = \varepsilon$ -t kapunk, és ezért:



5. ábra: A Ψ feltételezés illusztrációja.

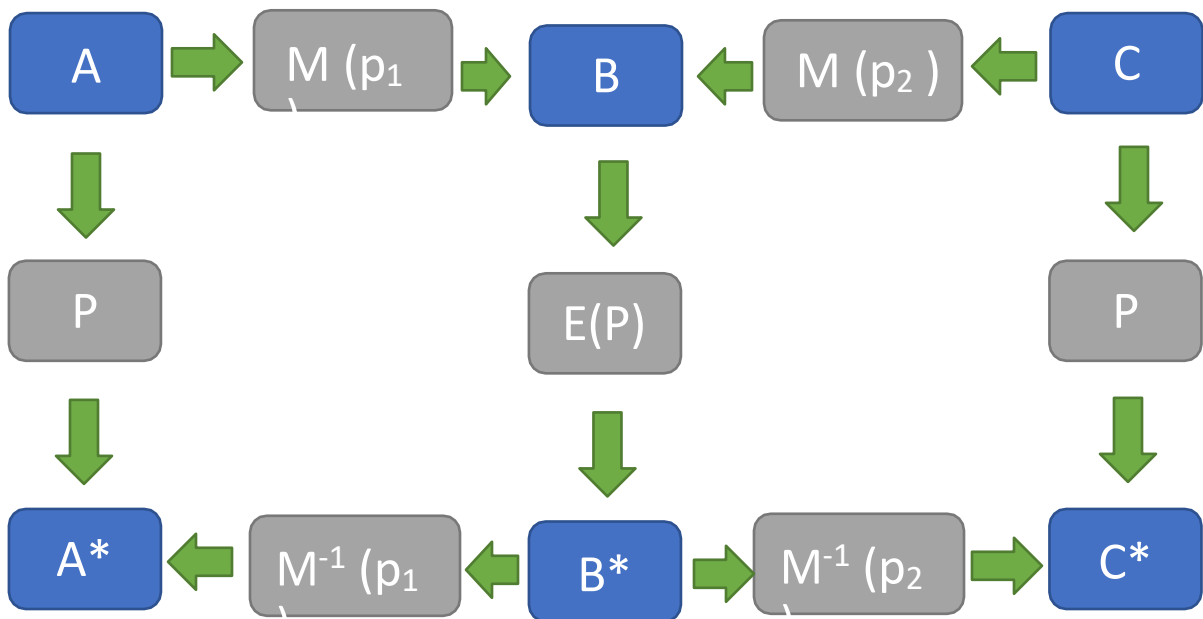
Most egy lényegesen eltérő C bemenetet adunk P-nek.



6. ábra: Ψ feltételezés esetén a P futtatása C bemenettel egy β -vel jelölt tapasztalatot eredményez.

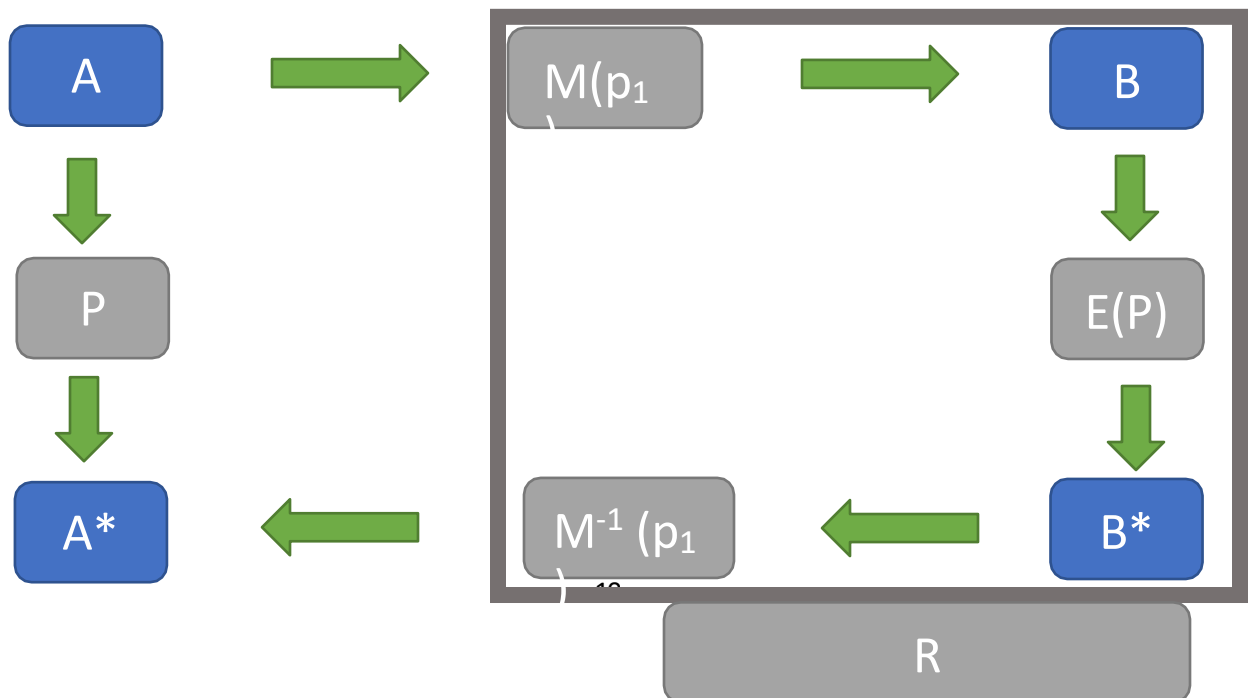
Megjegyezzük, hogy a β tapasztalat általában nem lesz azonos az α tapasztalattal. Például A megfelelhet egy olyan videónak, amelyen egy személy azt kérdezi: "Mi a neved?". Ezzel szemben C lehet, hogy megfelel egy videónak, amelyen egy macska játszik a fonállal. A H részét képező emberi lény tapasztalatai nagyon eltérőek lesznek, ha a C bemenetet használjuk az A bemenet helyett. Így, mivel egy tipikus emberi lényt szimulálunk, $\alpha \neq \beta$. Hangsúlyozzuk, hogy α és β nem egyszerűen nem azonosak, hanem lényegesen különbözik. Noha nehéz számszerűsíteni a tudatos élmények közötti különbségeket, egyértelmű, hogy a fent leírt beállítás (H) lehetővé teszi a tapasztalatok széles skáláját, legalábbis az emberi tapasztalatok skáláján, és ezért lehetséges olyan helyzetet választani, hogy C lényegesen eltérő élményt produkál, mint A, amikor bármelyiküket a P bemenetként használjuk.

Most az FHE-t a kétértelmű titkosítással együtt használhatjuk a következő helyzet kialakításához.



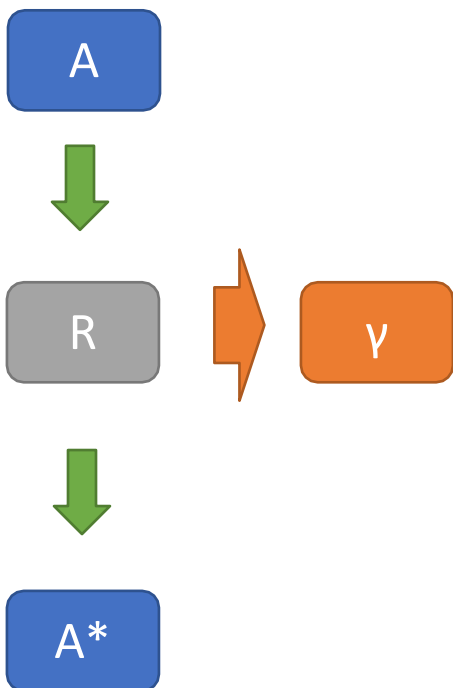
7. ábra: Teljesen homomorfikus titkosítás kétértelmű titkosítással.

A 7. ábrát tekintve az R-t úgy definiálhatjuk, mint az algoritmust, amely fogadja A-t, alkalmazza az $M(p_1)$ -t, majd betáplálja azt az $E(P)$ -be, majd az $M^{-1}(p_1)$ algoritmust használja az $E(P)$ kimenetén.



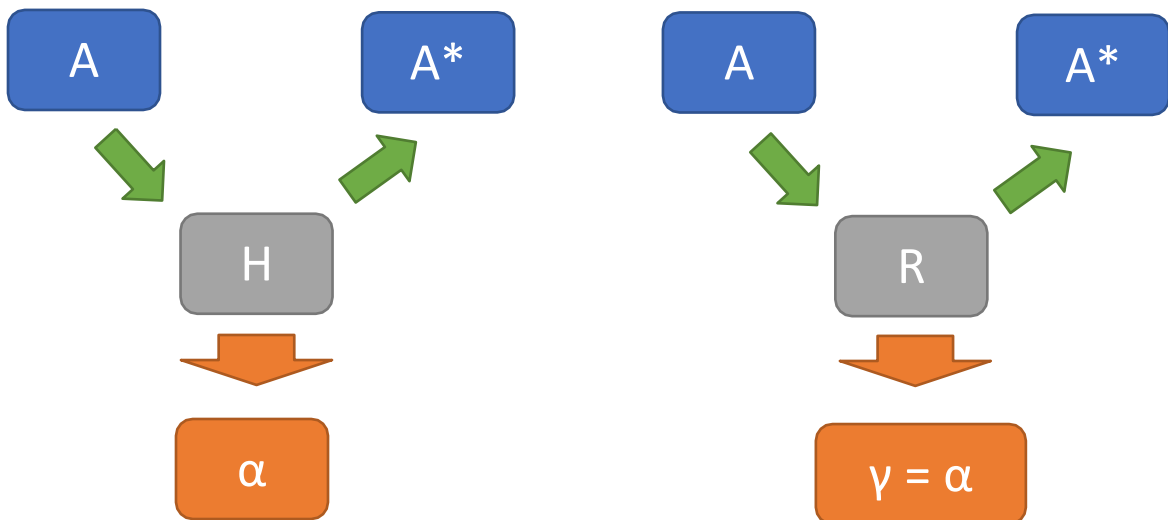
8. ábra: Az R algoritmus illusztrációja.

Az R algoritmus futtatása tudatos élményt fog eredményezni (vagy egyáltalán nem fog), amit γ -vel jelölünk.



9. ábra: Az R futtatása az A bemenettel a γ tapasztalathoz vezet (ami lehet nem tapasztalat is).

Ψ segítségével arra a következtetésre jutunk, hogy $\gamma = \alpha$.

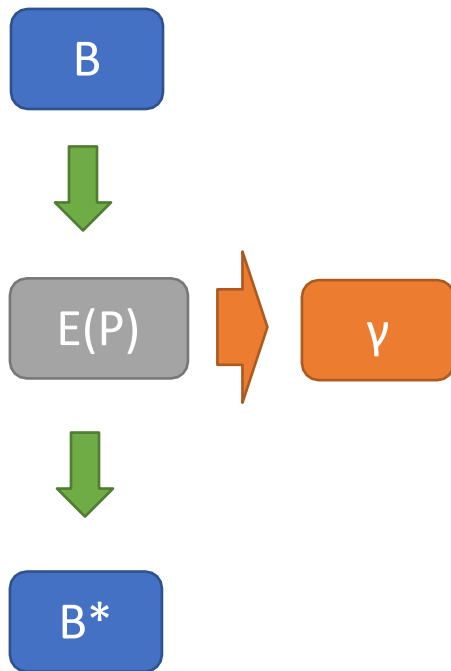


10. ábra: A Ψ feltételezés alapján arra lehet következtetni, hogy $\gamma = \alpha$.

Most két esetet fogunk megvizsgálni (elvetve annak lehetőségét, hogy a jövőbeni események befolyásolhatják a múltbeli tudatos tapasztalatokat). Először is feltételezzük (Σ feltételezés), hogy egy algoritmus futtatása által generált bármely tapasztalat (itt γ) csak az algoritmusba (itt E(P)) adott

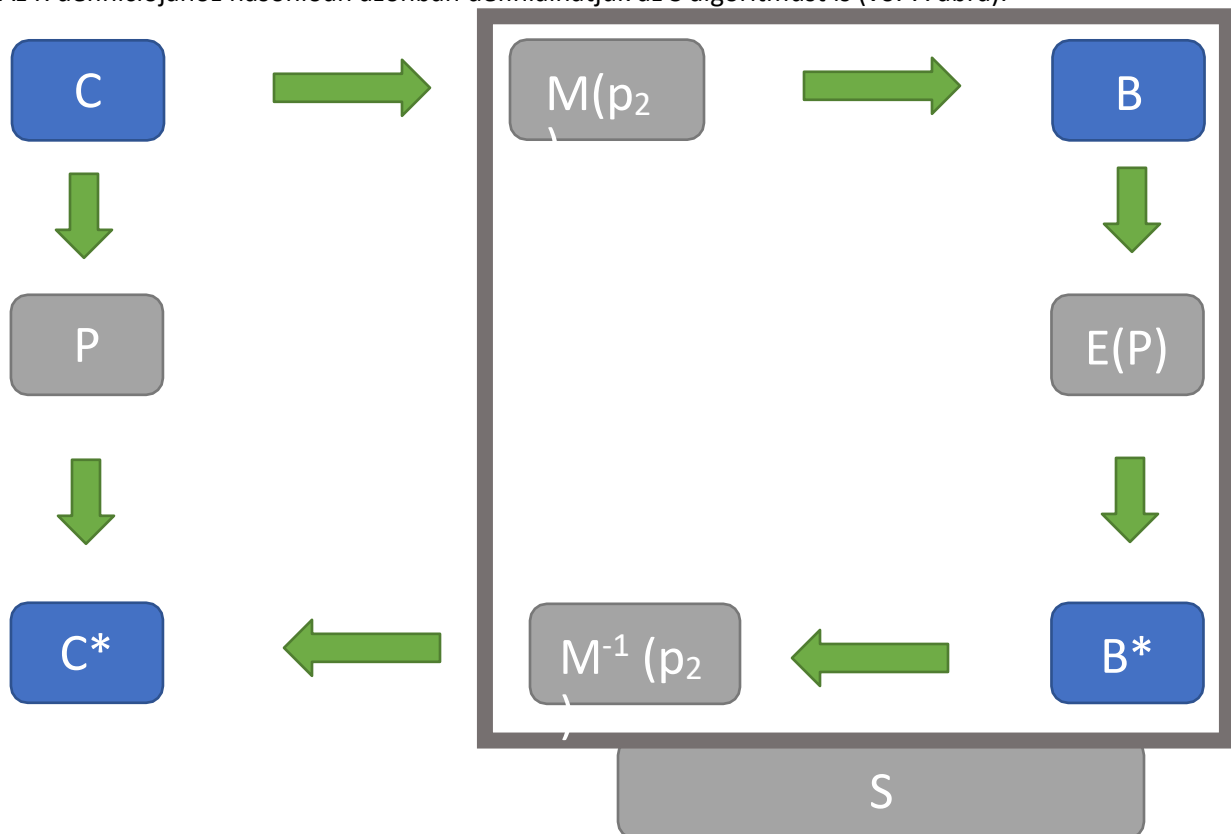
bemenettől (itt B) és a

maga az algoritmus. Vagyis feltételezzük, hogy a titkosítási folyamat (az $M(p)$ felhasználásával A-ból B-t csinál) nem befolyásolja a keletkező tapasztalatot (ha van ilyen), és nem járul hozzá ahhoz.



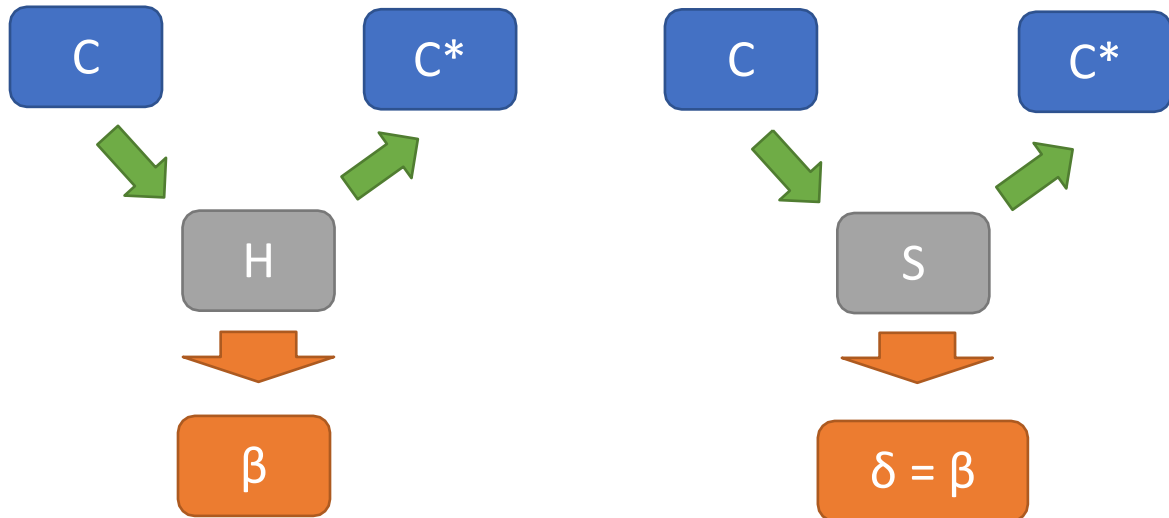
11. ábra: A Σ feltételezés igaz voltának illusztrációja.

Az R definíciójához hasonlóan azonban definiálhatjuk az S algoritmust is (vö. 7. ábra):



12. ábra: Az S algoritmus illusztrációja.

Legyen δ az a tapasztalat, amely az S futtatásakor keletkezik C bemenettel. Ψ segítségével arra következtethetünk, hogy $\delta = \beta$.



13. ábra: Az S algoritmusra alkalmazott Ψ feltételezés szemléltetése.

De az S algoritmusra vonatkozó Σ feltételezést használva a 12. ábrából arra következtetnénk, hogy $\delta = \gamma$, és ezért a 13. ábrából arra, hogy $\gamma = \beta$. Így ellentmondást kapunk ($\gamma = \alpha$ és $\gamma = \beta$ $\alpha \neq \beta$ -vel). Ebből következik, hogy Ψ -nek tévesnek kell lennie, és a tudatos élmény szimulálása nem lehetséges.

Most a második esetet vizsgáljuk meg (a Σ feltételezés téves): A bemenet (pl. B) előállításának módja befolyásolja azt a tapasztalatot, amelyet az eredményez, ha ezt a bemenetet egy algoritmus (pl. E(P)) bemeneteként használjuk. Ekkor az A kódolásaként generált B más tudatos élményhez vezethet, mint a C kódolásából származó B, és a fent leírt ellentmondásnak nem kell felmerülnie. B azonban lehet, hogy

szintén egy véletlenszám-generátor eredménye, így ha ezt a B-t használnánk E(P) bemeneteként, az ismét egy másik tapasztalathoz vezetne. Ebben az esetben szintén lehetetlen lenne tudatos élményt szimulálni, mert teljesen tisztázatlan lenne, hogy melyik B (a sok egyenértékű B szöveg közül, amelyek különböző

generációs történetek) vezetnének a szimulálandó tapasztalathoz (például α). Így a Σ feltevés helytelensége esetén is arra a következtetésre jutunk, hogy a tudatos tapasztalatok szimulálása nem lehetséges.

Eredmény: A tudatosság nem szimulálható.

További megjegyzések

1: Lehetséges kikapuk

Minden következtetés feltételezéseken és meghatározásokon alapul. Mivel a tudatosságnak nincs általánosan elfogadott definíciója, ez a pont itt különösen fontos. Ezért röviden tárgyalunk néhány érvelésünk alapfeltevéseit, és vizsgáljuk meg azokat a hihető alternatív feltevéseket, amelyek lehetővé tennék a tudatos tapasztalatok szimulációját.

1a: A logikai következtetések érvényessége: A fent bemutatott érvelés azon a feltételezésen alapul, hogy a logikai érvelés segítségével igaz állításokat lehet levezetni a tudatos tapasztalásra vonatkozó kérdésekre vonatkozóan.

Ez nem feltétlenül így van. Elképzelhető, hogy egy emberi lény szimulációja mindig azt a tudatos élményt produkálja (belülről), amit a szimulációra nézve (kívülről) várnánk. Ebben az esetben, mint mutatjuk, a valóság logikai ellentmondásokat tartalmazna. Ha azonban a logikus gondolkodást visszautasítva, teljesen tisztázatlan lenne, hogy mit kellene tennünk ahhoz, hogy elérjük a tudat szimulációját (pl. futtatni egy számítógépes szimulációt vagy meghámozni egy narancsot). Ezért még mindig nem lenne lehetséges a tudat célzott (és nem véletlen) szimulálása.

1b: Hiperpszichizmus: Az érvelésben feltételezzük, hogy különböző fizikai folyamatok kapcsolódnak különböző tudatos tapasztalatokhoz (pl. α és β). Lehet, hogy ez nem így van. Az általunk hiperpánpszichizmusnak nevezett forgatókönyvben, ahol bármely fizikai folyamat minden lehetséges tudatos élményhez vezet, a különböző tudatos élmények generálása lehetetlen lenne. A tudatos tapasztalatok szimulálása ekkor lehetséges lenne, azonban nem értelmes (célzott) módon.

1c: Alternatív feltételezés az algoritmusok és a tudatos tapasztalatok közötti kapcsolatról: A Ψ feltevést úgy módosíthatjuk, hogy a fenti érvelés központi ellentmondása ($\gamma=\alpha$ és $\gamma=\beta \alpha\neq\beta$ -vel) eltűnik. A Ψ ezen módosítását Φ feltételezésnek nevezzük.

A Ψ -hez hasonlóan a Φ feltételezésnek is tartalmaznia kell egy hihető okot arra, hogy egy számítógépes szimuláció futtatása miért vezethet tudatos tapasztalatokhoz. Az egyetlen ok, amire gondolni tudunk, a megjelenés hasonlósága.

(megfigyelhető fizikai tulajdonságok), mivel a belső tudatos tapasztalatok alapvetően hozzáférhetetlenek a külső megfigyelők számára (Nagel, 1974). A Φ -nek tehát továbbra is azt kell eredményeznie, hogy a külső szemszögből hasonlóan viselkedő entitásoknak belülről hasonló tapasztalataik vannak.

Hogy megszabaduljunk a logikai ellentmondástól, lazítsuk a Ψ -re vonatkozó korlátozásokat, és a következő eredményre jutunk

a Φ nem hivatalos meghatározása: "Egy számítás létrehoz minden olyan tudatos tapasztalatot, amelyet ez a számítás úgy értelmezhető, hogy szimulál." A Φ implikációi főként a "lehet" meghatározásától függenek.

szimulációra értelmezve". Ha ez a meghatározás kétértelmű titkosítást tartalmaz, akkor feloldja a ellentmondás a fő érvenben, mert a " $\gamma=\alpha$ és $\gamma=\beta \alpha\neq\beta$ -vel" helyett a " $\gamma\supset\alpha$ és $\gamma\supset\beta \alpha\neq\beta$ -vel" eredményre jutunk, ami nem ellentmondás. Az A. függelék példáját használva a következőket mondanánk arra a következtetésre jutunk, hogy az E(P) algoritmus futtatása B bemenettel legalább két különböző tudatos élményhez vezet (mivel B-t az 5. és 7. kulcsokkal tudjuk visszafejteni).

Ez a Φ alternatív feltételezés nem vonja kétségbe azt a következtetést, hogy a tudat nem szimulálható. A Φ azt jelenti, hogy tudatos élmények sokaságát hozza létre egy szimuláció (például E(P) B bemenettel), függetlenül attól, hogy a kimenetet visszafejtik-e vagy sem. Ezzel szemben a Ψ feltételezés csak a szimuláció kimenetének egy megfigyelő számára való megjelenésével foglalkozik. Az egyetlen számításhoz kapcsolódó tudatos tapasztalatok sokasága (a Φ feltételezés mellett)

problematikusnak bizonyul, ha felismerjük, hogy bármely fizikai folyamat értelmezhető számításként. Mivel mi a C. függelékben megmutatjuk, hogy a Φ feltételezés (amennyiben feloldja a fő érv ellentmondását) azt jelenti, hogy sok közös fizikai folyamat nagyszámú tudatos élményt eredményez. Továbbá egy számítógépes szimuláció futtatása egy számítógépen így nagyon sok tudatos élményt generálna.

A helyzet tehát hasonló a fentebb vázolt hiperpszichizmus forgatókönyvéhez, és nem lenne lehetséges egy konkrét élmény szimulálása. Ezért arra a következtetésre jutunk, hogy a tudat szimulálása a Φ feltevés alapján sem lehetséges.

1d: Alternatív okok, amelyek miatt egy szimuláció mégis társulhat tudatos élményekkel: Az érvelésünk azt mutatja, hogy a megjelenés hasonlósága (azonos bemenet esetén azonos kimenet) nem elegendő ok arra a következtetésre, hogy két algoritmus hasonló tudatos élményeket produkál. Lehetnek azonban más okok is arra, hogy feltételezzük, hogy egy adott algoritmus bizonyos tudatos élményekhez társul (lásd 2c).

2. Pontosítások

2a: E(P) lehetővé teszi a dinamikus interakciót a szimulált emberi viselkedéssel: Kijelentettük, hogy a P algoritmus biztosan átmegy a Turing-teszten. A fenti érvelésben használt sémák azonban arra engednek következtetni, hogy az E(P) által szimulált emberrel nem lehet interakcióba lépni, mivel csak egy bemenet és egy kimenet van ábrázolva. Ez nem így van. Annak érdekében, hogy lehetővé tegyük a folyamatos kölcsönhatások esetén egyszerűen kódolni kell az aktuális agyi állapotot a kimenetbe, és ezt a kimenetet a következő számítási ciklus bemenetének részeként kell használni. Ha ezt a sémát alkalmazzuk a következőkben leírt videofelépítésre a definíciókkal foglalkozó részben, akkor két egyidejű videohívás szimulálása lehetséges lenne az E(P) ugyanannyi kiértékelésével, mint ahány P kiértékelése szükséges egyetlen videohívás szimulálásához.

2b: A szimuláció típusa nem számít: A szimuláció típusa érvelésünk szempontjából lényegtelennek tűnik, amíg az algoritmus egy Turing-gép által végrehajtható (ezt a tényt a B függelékben használjuk). Például a P algoritmus alapulhat vagy nem alapulhat az emberi idegrendszerben lejátszódó fizikai folyamatok szimulációján. A fent bemutatott érvelés mindkét esetben érvényes.

2c: A tudatos tapasztalatok reprodukálása nem bizonyítottan lehetetlen:

Sokan úgy vélik, hogy a hasonló emberi lények hasonló tudatos tapasztalatokkal rendelkeznek, hasonló körülmények. Az emberek különböző módon igazolják ezt a meggyőződést. Ha ezt a hitet azzal a feltételezéssel igazolják, hogy az emberi lényeknek az agyuk által végrehajtott algoritmusok miatt vannak tudatos élményeik, akkor az érvelésünkből arra következtethetünk, hogy azok az emberek, akik kívülről nézve hasonló tudatos élményeket tapasztalnak, általában nem rendelkeznek hasonló tudatos élményekkel a belülről. Ez a következtetés problematikusnak tekinthető az érvelésünk szempontjából.

Az a feltételezés azonban, hogy az algoritmusok és a tudatos tapasztalatok között kapcsolat van, téves lehet. Ehelyett lehet, hogy a fizikai folyamatok (maguk a fizikai folyamatok, nem pedig azok algoritmusként való értelmezése) és a tudatos tapasztalatok között van kapcsolat (lásd 2d).

Ezért érvelésünk nem zárja ki annak lehetőségét, hogy a tudatos tapasztalatokat fizikai folyamatok (pl. emberi lények) másolásával reprodukáljuk. A replikációnak nem kell tökéletesnek lennie (és valószínűleg nem is lehet az).

Az az állítás, hogy a hasonló emberi lények hasonló tudatos tapasztalatokkal rendelkeznek, hasonló körülményei erősebbek, mint az az állítás, hogy azonos emberi lények azonos körülmények között azonos tudatos tapasztalatokat szereznek. Hogyan kell a hasonlóságot úgy definiálni, hogy a fizikai folyamatok hasonlóságában mutatkozó különbségek megfeleljenek a tudatos tapasztalatok hasonlóságában mutatkozó különbségeknek?

továbbra is tisztázatlan. A hasonlóság szürke zónáját a következő kérdéssel illusztráltuk: Mi történne, ha az emberi agyban egyetlen neuront helyettesítenénk egy mesterséges eszközzel, amely

utánozza az adott neuron tüzelési mintázatát (Chalmers, 1995)? Sokan azt feltételeznék, hogy az első csere nem sokat változtatna az adott ember tapasztalatain. Amikor azonban a teljes helyettesítésről van szó, a vélemények erősen eltérnek egymástól. Érvelésünk nem mérlegeli ezt a kérdést.

2d: Összeegyeztethetőség a pánpeszichizmussal: Bár érvelésünk összeegyeztethetetlen bizonyos tudatelméletekkel (pl. azokkal, amelyek szerint a tudatos tapasztalatok a fenti értelemben szimulálhatók), nem összeegyeztethetetlen minden tudatelmélettel. Különösen az érvelésünk kompatibilis (de nem feltétlenül egyedileg kompatibilis) azzal a (2c-ben említett) nézettel, amely szerint minden fizikai folyamathoz tudatos tapasztalatok társulnak, és különböző fizikai folyamatokhoz különböző tudatos tapasztalatok társulnak (Mørch, 2017).

2e: Az érvelésünk nem ad választ arra a kérdésre, hogy a szimulációk valóban tudatos tapasztalatokat generálnak-e vagy sem. Csak azt állítja, hogy ha az emberi viselkedés számítógépes szimulációi valóban tudatos tapasztalatokat generálnak, akkor ezek általában nem lesznek hasonlóak a szimulált körülmények között a valódi emberek tapasztalatait.

3. Következmények

Az a kérdés, hogy mely fizikai folyamatok milyen tudatos élményekhez kapcsolódnak, elsőre eléggé elvontnak tűnhet, de mint az alábbiakban bemutatjuk, fontos gyakorlati vonatkozásai vannak.

3a: A tudat mint önmagában vett érték: Az öntudat önmagában sokan nagy jelentőséget tulajdonítanak neki. Például fontos az ember és a személy közötti szerelem értelmessége szempontjából.

partnerének, hogy ez a partner tudatos tapasztalatokkal rendelkezik (tényleges érzései vannak, ahelyett, hogy csak látszólag vannak ilyen érzései). Ennek megfelelően a tudat feltöltésének javasolt folyamata és a kapcsolódó fogalmak, mint például a digitális halhatatlanság, legalábbis részben veszítenek vonzerejükből, miután rájöttek, hogy a szimulált emberi idegrendszer tudatos tapasztalatai (ha lesznek ilyenek) nem lesznek hasonlóak a szimulált emberi idegrendszerhez. a tényleges emberek tapasztalatai. Ha valaki értékeli az emberekkel kapcsolatos pozitív tudatos tapasztalatokat, akkor (a jelenlegi tudásunk szintjén) gondoskodnia kell arról, hogy valódi emberek (és ne csak szimulált emberek) legyenek jelen, hogy ezeket a tapasztalatokat megtapasztalhassák.

3b: A tudatosság mint az etikai megfontolások alapja: A tudatos tapasztalatok számos etikai megfontolás szempontjából alapvető fontosságúak. A legtöbb ember például feltételezi, hogy más emberek hasonló körülmények között hasonló tudatos tapasztalatokkal rendelkeznek, mint a saját tapasztalataik. Helytelen dolog valakit ok nélkül megütni egy bottal, mert (többek között) az ember fájdalmat érezne, ha megütnék egy bottal, a fájdalom pedig negatív etikai értékkel bíró tapasztalat.

3c: Elmebűnözés: Intuitív módon gyanítható, hogy egy szenvedő emberi lény szimulációjának futtatása etikátlan (elmebűnözés) (Bostrom, 2014). Fenti érvelésünk azonban azt sugallja, hogy két etikailag egyenértékűek lehetnek azok a szimulációk, amelyek közül az egyik (kívülről) egy szenvedő emberi lényt, míg a másik egy boldog emberi lényt szimulál. Mivel a tudat nem szimulálható, a szimulációk futtatásához kapcsolódó lehetséges tudati tapasztalatok általában nem egy boldog emberi lény, sem pedig egy szenvedő emberi lény tapasztalatai. Ez azonban nem jelenti azt, hogy az ilyen szimulációk futtatása etikus lenne, mivel az ilyen szimulációk futtatásához kapcsolódó tudatos tapasztalatok (ha vannak egyáltalán) ismeretlenek. Lehetnek más okok is, amelyek miatt a szenvedő emberi lények szimulációi etikátlanok lehetnek, esetleg az ilyen szimulációk nézőinek okozott tudatos élmények vagy az ilyen szimulációkat létrehozó személy szándékai miatt. szimulációk.

3d: Az etikai következmények bizonytalansága: Nem tudjuk, hogy a tudatos tapasztalatok hogyan kapcsolódnak a fizikai folyamatokhoz, ezért óvatosnak kell lennünk, ha arra a következtetésre jutunk, hogy bizonyos cselekvések nem okoznak

szenvedés. Különösen óvatosnak kell lennünk, mivel az emberek erősen hajlamosak arra a következtetésre jutni, hogy cselekedeteik nem okoznak szenvedést, vagy hogy az ilyen szenvedés nem problémás, amikor ezek a cselekedetek valamilyen módon előnyösek az emberek számára, amint azt az állatokkal való széles körű rossz bánásmód példázza. Az ember például hajlamos lehet arra a következtetésre jutni, hogy a robotok nem szenvednek olyan helyzetekben, amelyekben az emberek szenvednének. Ezt a következtetést azonban a fenti érvelésünk nem támasztja alá. A fentebb vizsgált kétértelmű titkosítással ellentétben, ahol ugyanazt a fizikai folyamatot két különböző szimulációként lehet értelmezni, egy sérült robot és egy csak álldogáló robot valójában két különböző fizikai folyamat. Az egyikhez társulhatnak a szenvedéshez hasonló tudatos élmények, míg a másikhoz nem. A tudatos élmények ilyen különbsége tehát nem a különböző számításokból adódna, hanem a tényleges fizikai folyamatok közötti különbségen alapulhatna. folyamatok (lásd 1d). Még a számítógépes szimulációk esetében is (amelyek kétértelmű titkosítást tartalmazhatnak), hogy néha az lehet a legjobb, ha úgy viselkedünk, mintha a számítógépes szimulációnak valóban hasonló tudatos tapasztalatai lennének, mint amilyeneket egy emberi lény a szimuláció alatt átélne. körülmények között, annak ellenére, hogy az érvelésünk azt mutatja, hogy ez nem így van. Például az, hogy megpróbáljuk figyelmen kívül hagyni vagy megváltoztatni a mások érzéseire vonatkozó intuícióinkat, az empátia elvesztéséhez vezethet. Ezenkívül a bemutatott érvelésben lehetnek hibák, és a tudatossággal kapcsolatos ismereteink minden bizonnyal korlátozottak.

Hivatkozások

- Bostrom, N. (2014). *Szuperintelligencia: Útvonalak, veszélyek, stratégiák*. Oxford University Press.
- Bostrom, N., & Sandberg, A. (2008). Teljes agyi emuláció: egy útiterv. *Lanc Unived Hozzáférés* január 21. (2008): 2015.
- Chalmers, D. J. (1995, december). A tudatos tapasztalat rejtélye. *Scientific America*, pp. 80-86.
- Gentry, C. (2010). Tetszőleges függvények kiszámítása titkosított adatokból. *Communications of the ACM* 53.3, (pp. 97-105).
- Kurzweil, R. (2010). *A szingularitás közel van*. Gerald Duckworth & Co.
- Mørch, H. H. (2017). Tudatos-e az anyag? *Nautilus Magazin*.
- Nagel, T. (1974). Milyen érzés denevérnek lenni? *The philosophical review* 83(4), pp. 435-450.
- Oizumi, M., Albantakis, L., & Tononi, G. (2014). A fenomenológiától a tudat mechanizmusaiig: Integrált információelmélet 3.0. *PLoS computational biology*, 10(5), p. e1003588.
- Searle, J. (1980, szeptember). Elmék, agyak és programok. *Behavioral and Brain Sciences*, 3(3), pp. 417-424. doi:10.1017/S0140525X00005756
- Turing, A. (1950, október). Számítógépek és intelligencia. *Mind*, 59(236), pp. 433-460.

A. függelék - Kétértelmű titkosítás

Ahogy a főszövegben is szerepel, a Gentry által leírt sémát követjük (Gentry, 2010), amelyet leegyszerűsítünk, hogy egy példát hozzunk létre a kétértelmű titkosításra. Mivel a mi titkosítási rendszerünk nem feltétlenül kriptográfiailag biztonságos, alternatívaként beszélhetnénk "kódolásról" is. Mi azonban mégis a "titkosítás" szót használjuk, mivel a "titkosítási kulcs" fogalma közhelyes. Meghatározzuk a titkosítást és a dekódolást a következőképpen:

Titkosítás M

A titkosítás bitenkénti (x egyetlen bitet jelöl).

$$c = x + pq \quad (A1)$$

Itt p egy prímszám, q pedig egy nem nulla egész szám. c az x bit titkosítása. c n bitekkel ábrázolható, így egy m bitből álló nyílt szöveg titkosítása $m \cdot n$ bitből álló rejtjelezett szöveget eredményez.

Dekódolás M^{-1}

A visszafejtés ennek megfelelően n bites szegmensenként történik. A titkosított c -t megadva az algoritmus $c \bmod p$ -t ad ki. Könnyen ellenőrizhetjük, hogy ez működik:

$$c \bmod p = (x + pq) \bmod p = x \quad (A2)$$

Most azt szeretnénk megmutatni, hogy ezekkel a definíciókkal megvalósíthatjuk a **kétértelmű titkosítást**, azaz két egyszerű szöveg leképezhető ugyanarra a rejtjelezett szövegre.

Először egy egyszerű példával szemléltetjük ezt: plaintext1 és plaintext2 különböző plaintextek, $M(p1)$ és $M(p2)$ pedig különböző kulcsokkal ($p1$ és $p2$) és kényelmesen kiválasztott q számokkal történő titkosítások. (Egy biztonságos titkosítási rendszerben ezeket a számokat véletlenszerűen választanánk ki.). Hogy lássuk, hogy e számok kiválasztása nem befolyásolja a teljesen homomorf tulajdonságot, az alábbi nem véletlenszerű választásokat a véletlenszerű választások sajátos eseteinek tekinthetjük).

Mivel az egyszerűsített titkosításunknak csak két kulcsa van (itt 5 és 7), a következő táblázat segítségével egyetlen bit titkosítására egyértelműen megmutathatjuk, hogy ez lehetséges:

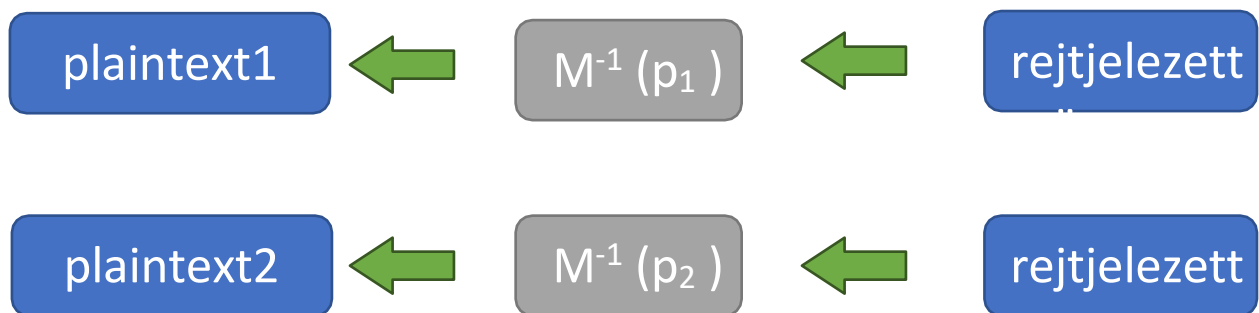
$x(p1)$	$x(p2)$	Kulcs $p1$	Kulcs $p2$	$q(p1)$	$q(p2)$	$c(p1)$	$c(p2)$
0	0	3	5	5	3	15	15
1	0	3	5	3	2	10	10
0	1	3	5	2	1	6	6
1	1	3	5	5	3	16	16

1. táblázat: A paraméterek értékei egy kétértelmű titkosítási példához.

Láthatjuk, hogy $c(p1)$ és $c(p2)$ azonos az egyszerű szövegbitek minden kombinációjára. Így adott a egyszerű szöveg1 (001110101) és egy egyszerű szöveg2 (010110010), akkor egy olyan rejtjelezett

szöveget (15, 6, 10, 16, 16, 16, 15, 10, 6, 10) állíthatunk elő, amely a két egyszerű szöveg bármelyikére visszafejthető, attól függően, hogy melyik kulcsot (p1 vagy p2) használjuk.

Így tehát:



14. ábra: A kétértelmű titkosítás illusztrációja. A plaintext1 és plaintext2 egyszerű szövegek megfelelnek a 4. ábrán látható A és C szövegnek, ahol B a rejtjelezett szöveg.

Az a követelmény, hogy a két fájlnak azonos hosszúságúnak kell lennie, megoldható az egyik fájl kitöltésével.

egyszerű szöveget úgy, hogy a P algoritmus kimenete ne változzon (a P algoritmus feltehetően úgy is felépíthető, hogy ez lehetséges legyen).

Most azt szeretnénk megmutatni, hogy két tetszőlegesen nagy p_1 és p_2 kulcs esetén is lehetséges a kétértelmű titkosítás. Ehhez p_1 és p_2 -t olyan prímszámoknak választjuk, hogy az alábbi euklideszi algoritmust használhassuk.

Minden p_1 és p_2 prímszámhoz léteznek olyan q_1, q_2, \dots, q_8 egész számok, hogy:

$$0 + p_1q_1 = 0 + p_2q_2$$

$$1 + p_1q_3 = 0 + p_2q_4$$

$$0 + p_1q_5 = 1 + p_2q_6$$

$$1 + p_1q_7 = 1 + p_2q_8$$

Bizonyíték:

$p_1v + p_2w = 1$ megoldása $v = a$ és $w = b$. Ez a megoldás a^{-1} fordított euklideszi algoritmussal található.

Akkor a következő paraméterek megfelelnek a követelményeknek:

$$q_1 = p_2$$

$$q_5 = a$$

$$q_2 = p_1$$

$$q_6 = -b$$

$$q_3 = -a$$

$$q_7 = p_2$$

$$q_4 = b$$

$$q_8 = p_1$$

¹ <https://www.math.uh.edu/~minru/number/hj02cs01.pdf>

B. függelék - A függvények kiértékelése a rejtjelezett szövegben

Az $E(P)$ függvényt a Gentry által bemutatott, némileg homomorfikus titkosítási séma alapján definiáljuk, felhasználva azt a tényt, hogy bármely f függvény, amely T lépés alatt kiszámítható egy Turing-gépen, kifejezhető egy T kaput tartalmazó Boole-áramkörként (Gentry, 2010).

$E(P)$ -nek függetlennek kell lennie a kulcstól ahhoz, hogy a 7. ábrán látható összefüggés fennálljon.

Minden Boole-áramkör AND, OR és NOT kapukból építhető fel. E kapuk kiértékeléséhez elegendő, ha bármely két bit x és y összeadására, kivonására és szorzására képesek vagyunk (Gentry, 2010).

$$\text{ÉS}(x, y) = x y \quad (\text{B1})$$

$$\text{VAGY}(x, y) = 1 - (1 - x)(1 - y) \quad (\text{B2})$$

$$\text{NOT}(x) = 1 - x \quad (\text{B3})$$

Ezután megmutatjuk, hogy a visszafejtés az összeadás, szorzás és kivonás után, azaz bármely függvény használata után is működik, ha a fent meghatározott titkosítási sémát alkalmazzuk (A1 egyenlet):

$$(c1 + c2) \bmod p = (x1 + p q1 + x2 + p q2) \bmod p = x1 + x2, \text{ feltételezve } |x1 + x2|$$

$$< p/2 \quad (c1 - c2) \bmod p = (x1 + p q1 - x2 - p q2) \bmod p = x1 - x2, \text{ feltételezve } |x1 -$$

$$x2| < p/2.$$

$$(c1 \cdot c2) \bmod p = ((x1 + p q1) (x2 + p q2)) \bmod p = (x1 x2 + p q1 x2 + x1 p q2 + p q1 p q2) = x1 x2,$$

$$\text{feltételezve, hogy } |x1 x2| < p/2$$

A Boole-áramkörök kiértékeléséhez a feltételezések $|x1 + x2| < p/2$, $|x1 - x2| < p/2$ és $|x1 x2| < p/2$ minden p -re teljesülnek, mivel p prímszámok a titkosítási rendszerünkben, és $x1$ és $x2$ mindig 0 vagy 1. Az egyszerűsített (és nem feltétlenül kriptográfiailag biztonságos) titkosításunk miatt nem használunk itt találkozunk a "növekvő zaj" problémájával, amelyet Gentry a bootstrapping segítségével kezel (Gentry, 2010).

Lehetséges, hogy a titkosítási sémánkat az összeadás, szorzás és kivonás kiértékelésére használjuk. műveletek $|xi| > 1$ esetén, amennyiben a $|x1 + x2| < p/2$ és $|x1 x2| < p/2$ feltételezések teljesülnek. Ha sok műveletet egymás után értékelünk ki, akkor p -nek elég nagyoknak kell lennie ahhoz, hogy a visszafejtés működjön.

helyesen. A $|xi|$ növekedése a későbbi műveletekben azonban független p -től. Egy program esetében hogy megáll (pl. P A bemenettel), van egy maximum $|xi|$, amivel a program futása során találkozunk, és mindig választhatunk egy p kulcsot, ami nagyobb, mint ennek a maximumnak a kétszerese (mivel a többértelmű titkosítás a

lehetséges minden prímszám esetében, amint az a fentiekben látható).

A Gentry (Gentry, 2010) által felvázolt, némileg homomorfikus titkosítási séma alapján az $E(P)$ definícióját a következőképpen határozzuk meg:

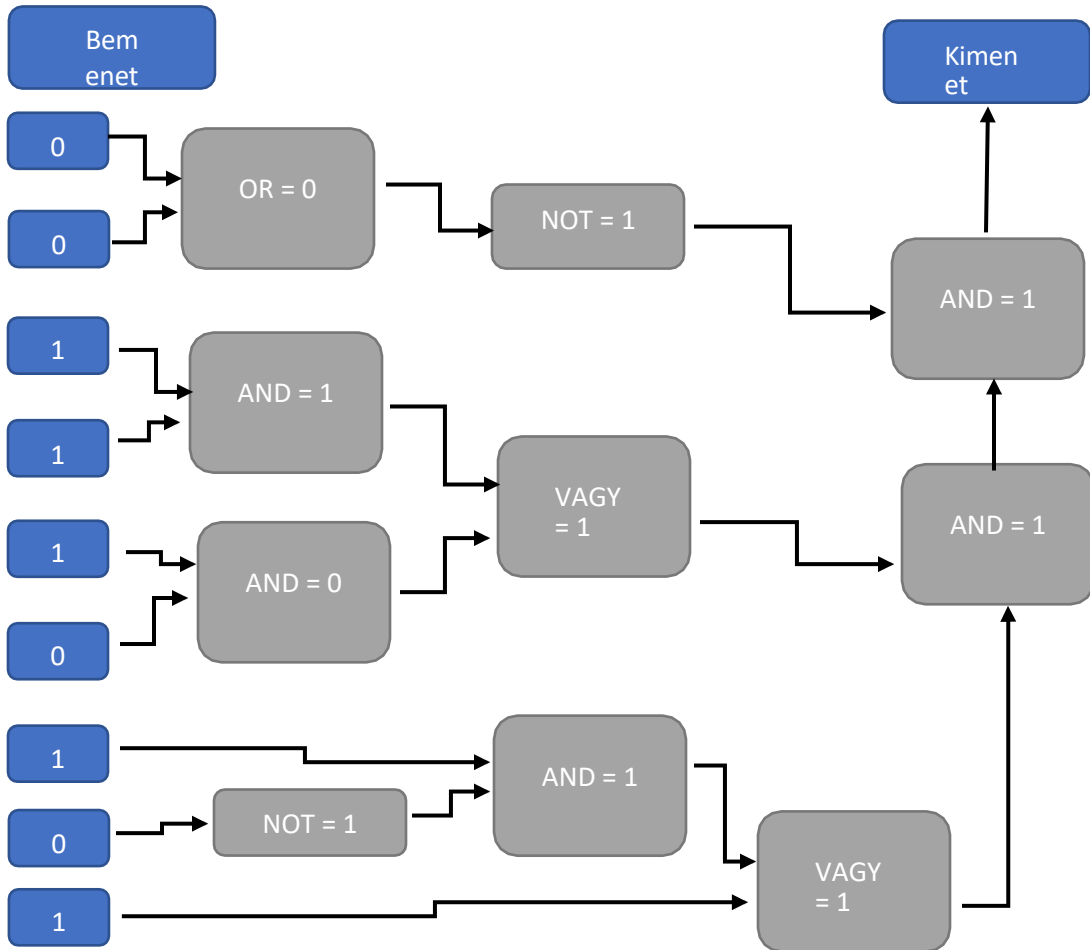
$E(P)$ értékelési séma: *A P algoritmus Boole-áramkörként való ábrázolása. A kapuk kiértékelését helyettesítjük összeadással, kivonással és szorzással az egész számokon a fentiek szerint (a*

rejtjelezett szöveg bemenetként). Az eredményül kapott egész számok kimenete.

Ezt az értékelési sémát egy egyszerű példán keresztül mutatjuk be.

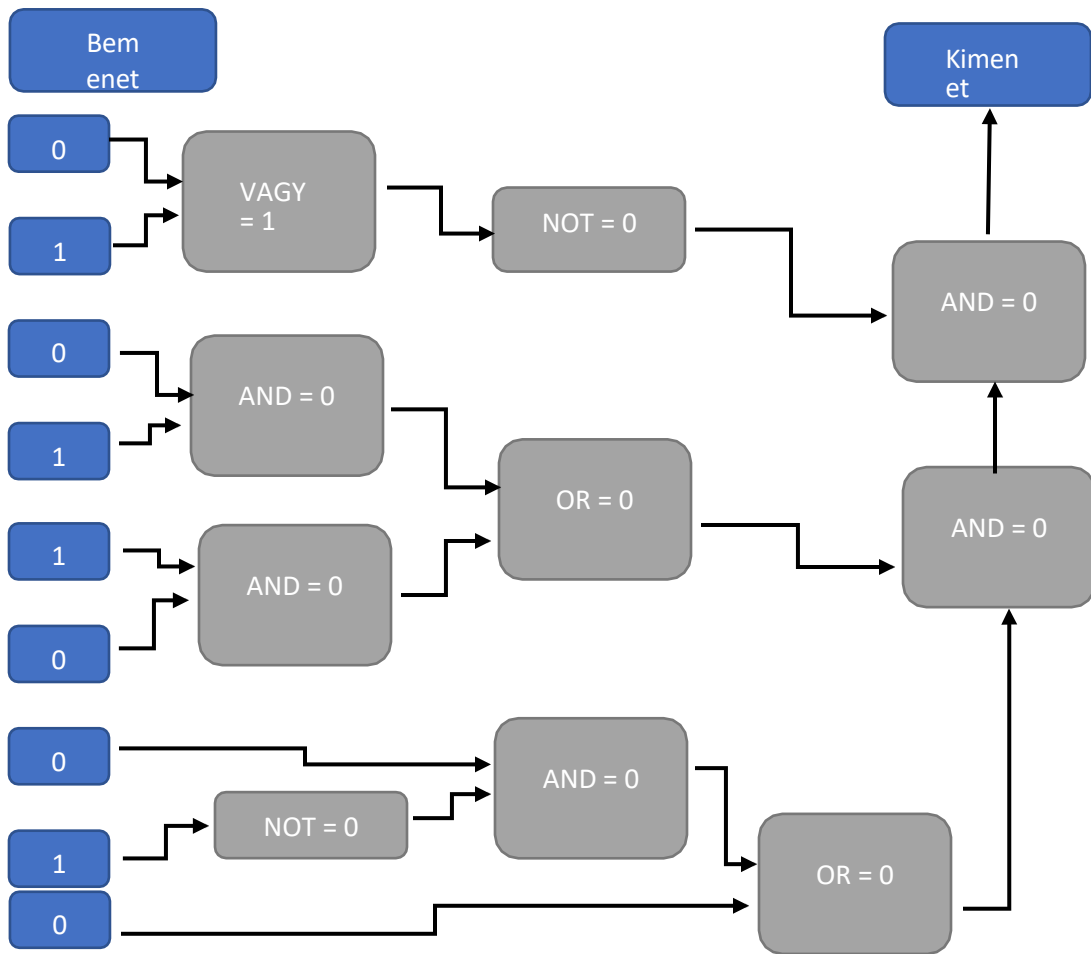
A plaintext1 (001110101) és a plaintext2 (010110010) segítségével megalkothatunk egy rejtjelezett szöveget (15, 6, 10, 16, 16, 15, 10, 6, 10) a 3-as és 5-ös billentyűkkel (lásd az A függelék).

Először is, létrehozunk egy Boole-áramkört, és bemenetként a plaintext1-et használjuk.



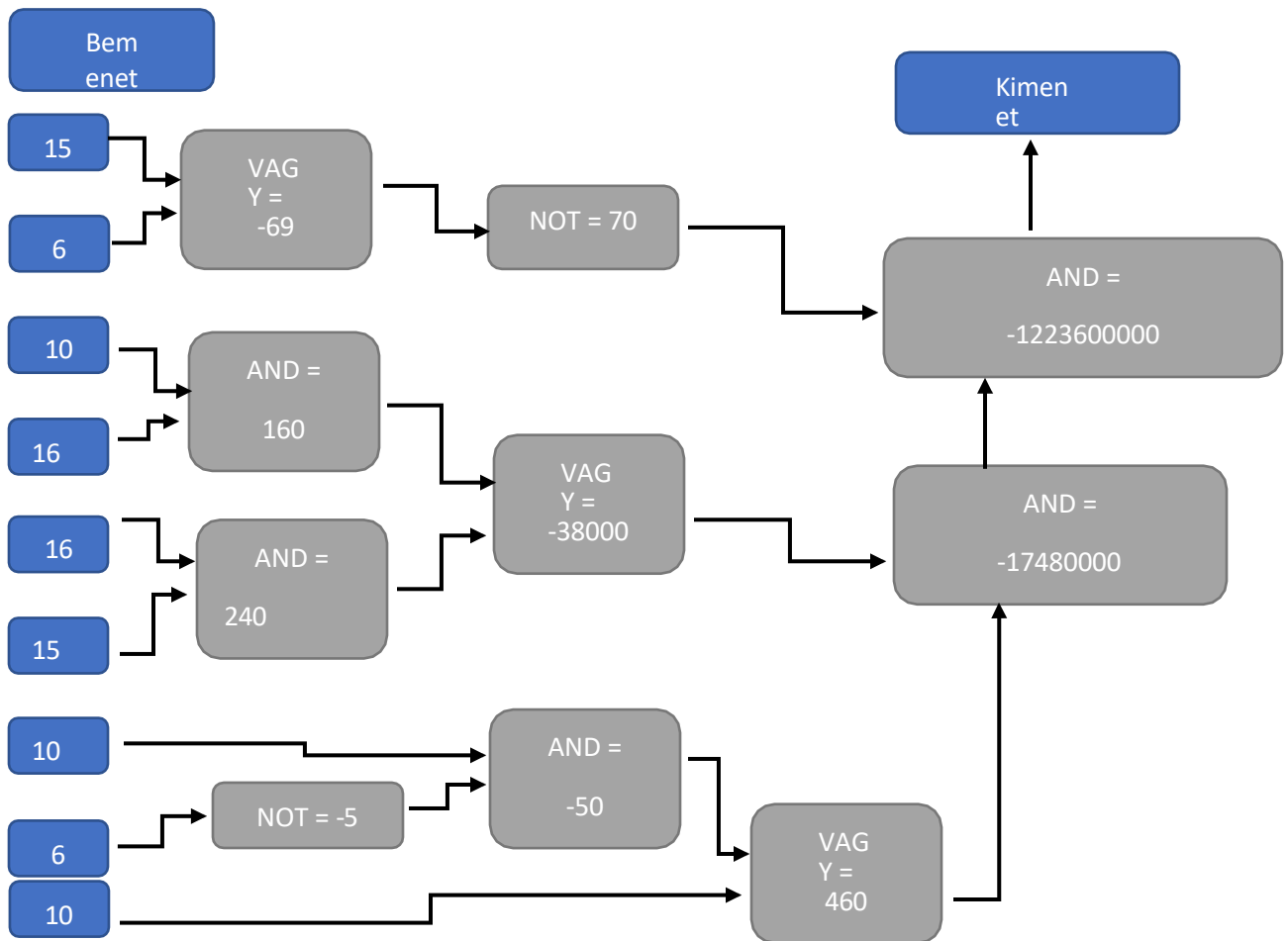
15. ábra: Példa egy Boole-áramkör kiértékelésére a plaintext1 bemenetével.

Ezután a plaintext2-t betápláljuk ugyanabba a Boolean áramkörbe.



16. ábra: A 15. ábra Boole-áramköre kiértékelés alatt áll, bemenetként a plaintext2-t használva.

Végezetül ellenőrizni szeretnénk, hogy a Boole-áramkörnek a rejtjelezett szövegre történő alkalmazása után a visszafejtés ugyanazt a kimenetet eredményezi, mint a Boole-áramkörnek a nyílt szövegre történő futtatása. A kapukat a B1, B2 és B3 egyenletekben leírtak szerint értékeljük ki.



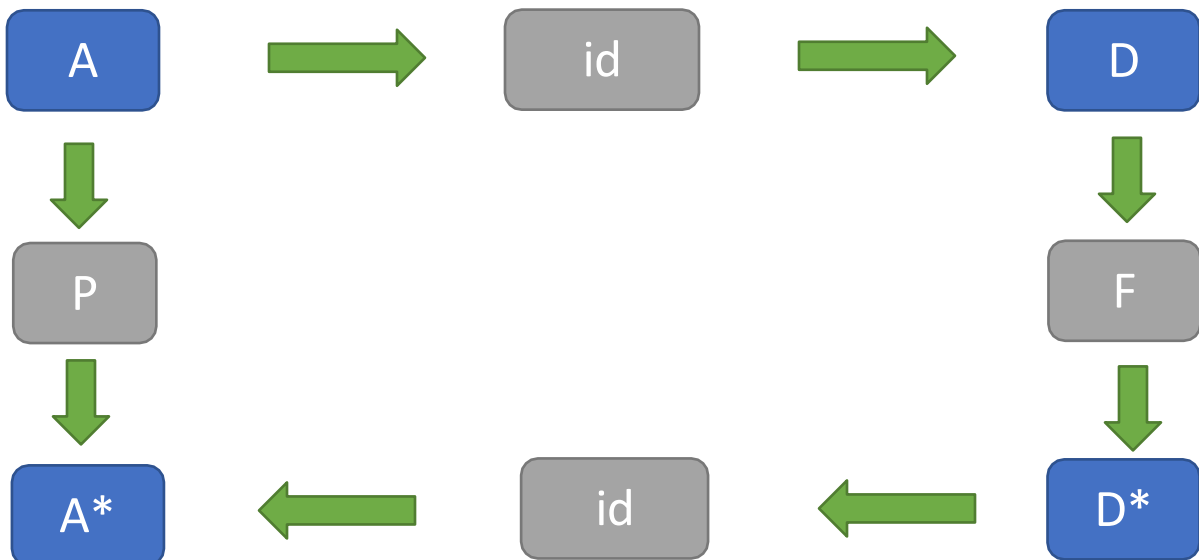
17. ábra: A 15. és 16. ábra Boole-áramkörének kiértékelése a rejtjelezett szöveggel.

Valóban, amikor a megfelelő kulcsok használatával visszafejtjük a -1223600000 kódot, a plaintext1 esetében 1 értékű, a plaintext2 esetében pedig 0 értékű kimenetet kapunk.

C. függelék - A fizikai folyamatok algoritmusokként való értelmezése

Itt megmutatjuk, hogy a Φ feltételezés a hiperpszichizmus forgatókönyvéhez hasonló helyzethez vezet.

A fizikai folyamatok számításokként értelmezhetők. Bármely fizikai rendszerben a rendszer néhány mérhető mennyiségének kezdeti értékei értelmezhetők D bemeneti fájlként, és ugyanezen mennyiségek értékei bizonyos T idő elteltével D* kimeneti fájlként értelmezhetők. A T idő alatt lejátszódó fizikai folyamatok F algoritmusként értelmezhetők.



18. ábra: Az ezen az ábrán látható helyzet hasonló a 7. ábrán láthatóhoz. A titkosítást és a visszafejtést egyszerű identitástérképek helyettesítik. F egy tetszőleges fizikai folyamat. P az emberi viselkedés szimulációja.

Mennyire valószínű, hogy a 18. ábrán látható összefüggés létezik egy fizikai folyamat esetében? Ennek vizsgálatához

kérdésre, feltételezzük, hogy az F fizikai folyamat ebben az esetben teljesen véletlenszerű (pl. egy homokkal teli rázó doboz). Feltételezzük továbbá, hogy a bemenetek és a kimenetek mérete azonos. Ezeknek az adatállományoknak a méretét n -nel jelöljük. A "titkosítás" most már egyszerű folyamat, hiszen csak ki kell választanunk bármely n fizikailag mérhető bináris mennyiséget (például egy adott homokszem helyváltozójának egy adott bitjét), amelyek kezdetben ugyanannyi egyest és nullát tartalmaznak, mint A, és ezeket úgy kell elrendezniük, hogy D azonos legyen A-val. Mivel feltételeztük, hogy az időbeli fejlődés teljesen véletlenszerű, D bitjei az idő múlásával véletlenszerűen fognak felcserélődni. Tegyük fel, hogy egy véletlenszerű bitfordítás t időt vesz igénybe.

Feltételezzük továbbá, hogy az A-ban lévő bitek 50%-a nulla, 50%-a pedig egy, így (nagy n esetén) figyelmen kívül hagyhatjuk a megfelelő számú egyes és nulla kiválasztásának problémáját. Ha összesen N egybites változó van, amelyek közül n -t választhatunk, akkor az idő, amelynek el kell telnie ahhoz, hogy 50%-nál nagyobb eséllyel jussunk el A*-hoz az időfejlődés egy bizonyos pontján és egy bizonyos paraméterkombináció esetén, a következő egyenlő:

$$T(\text{Valószínűség}(D^* = A^*) > 0,5) = \frac{t \log(0.5)}{\log(1 - 0.5n)} \frac{n! (N-n)!}{N!} \quad (C1)$$

Ami nagy n esetén nullához konvergál, és $N=kn$ esetén kellően nagy k esetén ($k=2$ kellően nagy, $k=1$ túl kicsi).

Ez azt jelenti, hogy a 18. ábrán ábrázolt összefüggés a fizikai folyamatok időbeli alakulásának egy kis, de nem nulla részhalmazára érvényes. Fontos, hogy az a számítás, amiként értelmezhetjük a D -t D^* -val összekötő fizikai folyamatot, nem véletlenszerű, annak ellenére, hogy azt a következőkkel elemezzük statisztikai módszerek. Makroszkopikus rendszerek (például homokszemcsék) esetében az időfejlődést a következő szabályozza

determinisztikus fizikai törvények. A megfelelő számításokat hagyományos számítógépen is el lehetne végezni. Ezért a Φ feltételezés azt jelenti, hogy számos fizikai folyamat (pl. szimulációkat futtató számítógépek) mindenféle tudatos élményt létrehozhatnak. Ez a helyzet hasonló a hiper-
A fő érvelésben használt pánpszichizmus forgatókönyve, amely nem teszi lehetővé a tudatos tapasztalatok értelmes szimulációját.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük Carlos Franke-nak a nagyon hasznos észrevételeket.