A piszkavasat tűzbe tesszük

A „szükségszerűség” és „lehetőség” fogalma véges automata keretelméletben

Ferenc ANDRÁS

ferenc@andrasek.hu

2024. november 16.

Abstract

Deterministic finite state automata can be adequate models for a large part of physical objects. This is not a philosophical theory, it is an engineering and scientific practice that all engineers and scientists learn. My study interprets the metaphysical concept of ‘possibility’ and ‘necessity’ based on the conceptual framework of automata, while also assuming an answer to the question of what a physical object is. The answer is closest to the approach that an physical object is nothing other than the way it behaves in its environment, in other words, a physical object is nothing else then a system of dispositional properties and some essential actual properties. Since there is no physical object without an environment, the actual empirical properties can be interpreted as values of dispositions in a given environment (e.g., the temperature or colour of an object). This is not an alternate modal logic, this is an alternate metaphysics explanation. Following the scientific practice, I will use a model to explicate the metaphysical meaning of the concepts of possibility and necessity.

Kulcsszavak

metafizika, szükségszerűség, lehetőség, modalitás, véges állapotú gép, determinisztikus véges automata

1. Bevezetés

Többeknél fölmerült már, hogy a világ részben vagy egészében leírható véges automatákkal.[1] Ekkor a világra vonatkozó metafizikai hiteink nem közvetlenül, hanem az alkalmazott automata modellek fogalomrendszere segítségével közvetve fogalmazhatóak meg. A metafizikai realizmus nézőpontjából ez természetesen egyfajta Ersatz–metafizika, amely csak akkor jogosult, ha képes megmagyarázni a lehetőség' és szükségszerűség' fogalmait az automaták fogalomrendszere alapján. Ehhez nyilvánvalóan nem használhatja a lehetséges világ' metafizikai fogalmát, de a hasonló szituáció' és a szituációk között értelmezett 'alternatíva' reláció technikai fogalmát igen, ha képes ezeket a fogalmakat visszavezetni az automaták működésére. Dolgozatomban megmutatom, hogy miképp értelmezhető a lehetőség' és szükségszerűség' mint metafizikai fogalom a véges automaták fogalmaival. Alapgondolatom a következő: a lehetséges világok az automaták nyelvén az automaták állapotai, a lehetséges világok közötti alternatíva relációnak pedig az automaták állapotai közötti átmenetek felelnek meg, melyet az automaták definíciója határoz meg.[2] Az alternatíva reláció formális tulajdonságait az automaták típusai határozzák meg. Szükség van tehát a véges automaták filozófiai szempontból történő felosztására, de ehhez előbb rögzíteni kell, hogy felfogásomban mi a véges automata.

A determinisztikus véges automaták a fizikai objektumok nagy részének adekvát modelljei lehetnek. Ez nem filozófiai elmélet; ez egy mérnöki és tudományos gyakorlat, amelyet minden mérnök és tudós megtanul. Tanulmányom a „lehetőség" és a „szükségszerűség" alethikus fogalmát az automaták fogalmi kerete alapján értelmezi, miközben választ feltételez arra a kérdésre is, hogy mi a fizikai tárgy. A válasz ahhoz a megközelítéshez áll a legközelebb, hogy a fizikai tárgy nem más, mint ahogyan a környezetében viselkedik, más szóval a fizikai tárgy nem más, mint diszpozíciós tulajdonságok és néhány lényeges tényleges tulajdonság rendszere. Mivel nincs fizikai tárgy környezet nélkül, a tényleges empirikus

[1] V.ö.: Fredkin 2023 valamint Stephen Wolfram-nak a fizikai világ sejtautomata leírásra irányuló alapvető kutatásait (Wolfram 2002).

[2] Ilyen irányban indult el John McCarthy és Patrick J. Hayes sok évvel ezelőtt. A modális fogalmakat a klasszikus logika keretei között értelmezték. Legyen adott 'A' alternatíva reláció a szituációk halmazán. Ekkor Φ formula s_1 szituációban szükségszerűen igaz, ha minden alternatívájában igaz, azaz: $\Box\Phi := \forall s_2(A(s_1, s_2) \rightarrow \Phi(s_2))$. Évekkel később McCarthy újabb értelmezést dolgozott ki amelyik jobban megfelel a mesterséges intelligencia kutatások céljainak, de a metafizikai szükségszerűség kérdéseinek kevésbé, ezért az én értelmezésem a korábbi ösvényen halad (McCarthy 1969).

tulajdonságok egy adott környezetben a diszpozíciók értékeiként értelmezhetők (pl. egy tárgy hőmérséklete vagy színe). Ez nem egy alternatív modális logika, ez egy alternatív filozófiai magyarázat. A tudományos gyakorlatot követve egy modell segítségével fogom kifejteni a lehetőség és a szükségszerűség fogalmának filozófiai jelentését.

2. A piszkavas

A piszkavasnak fontos filozófiatörténeti jelentősége van. Állítólag ezzel ijesztgette Ludwig Wittgenstein Karl Poppert egy nyilvános előadáson érveinek nagyobb nyomatékot adandó.

> 1946. október 25-én Karl Poppert meghívták előadni a „Léteznek-e filozófiai problémák ?" c. cikkéről a Cambridgei Erkölcs-filozófiai Tudományok Klub találkozóján, aminek Ludwig Wittgenstein volt az elnöke. Ezek ketten hevesen vitatkozni kezdtek, hogy valóban léteznek-e alapvető filozófiai kérdések, vagy csupán nyelvi rejtvényekből áll a filozófia – utóbbit Wittgenstein képviselte. Wittgenstein egy piszkavassal hevesen gesztikulálva bizonygatta igazát a mind hevesebbé váló vitában. Végül Wittgenstein Poppernek szögezte a kérdést : mondjon nekem csak egyetlen bizonyos morálfilozófiai tételt ! Popper így felelt : „Nem illik a vendég előadót piszkavassal ijesztgetni !" Erre Wittgenstein lecsapta a piszkavasat és elviharzott. A történet pikantériájához tartozik, hogy miközben számos szemtanúja volt a történteknek, és a közönség olyan híres filozófusokból állt, mint Bertrand Russell, akik mindenki másnál többet tudnak az igazság természetéről, senki sem biztos abban, hogy mi történt. Van, aki szerint így történt, van, aki szerint Wittgenstein nem fogott a kezébe semmiféle piszkavasat, van, aki szerint a replikát csak utólag találta ki Popper.

Utóbb könyvet is írtak a mókás esetről.(Edmonds 2002) Ennél fontosabb, hogy Bertrand Russell a piszkavas időbeli melegedési függvényével próbálta az időbeli változás fogalmát bemutatni vitapartnerének, McTaggartnak. McTaggart képtelen volt fölfogni a modern matematikai-fizika szemléletmódját – nem volt egyedül, ma se lenne egyedül – Russell viszont nem értette meg, hogy mi a filozófiai probléma az idő fogalmával.[3] Mi most kicsit alaposabban megvizsgáljuk ezt a piszkavas kérdést – az időt most békén hagyjuk, múljon csak kedvére. Hogy is van ez a melegedés? És hogy lehetne ezt leírni egyszerű, de mégis precíz matematikai nyelvezettel, és modellálni egy véges automatával? Utóbbi modellt a későbbiekben a „szükségszerűség” fogalma explikálására fogom fölhasználni.

3. Példa

Tegyük fel, hogy a kályha, amelyben piszkavasat melegítjük, a folyamatos energiatermelés miatt végtelen hőkapacitásúnak tekinthető (a piszkavashoz képest), azaz állandó hőmérsékletű a kölcsönhatás során. Ekkor a piszkavas melegedése a $T(\Delta t) = T_0 - T_1 \times e^{-k\times\Delta t}$ képlettel írható le, ahol:

T:. egyargumentumú függvény, melynek értéke a piszkavas pillanatnyi hőmérséklete

T_0:. a kályha belső hőmérséklete – ez egyben a piszkavas környezete amikor a tűzbe tesszük

T_1:. a piszkavas kezdeti hőmérséklete

k:. a piszkavas hőtani, felületi és a környezet hővezetési adataiból alakuló állandó

Δt:. a kölcsönhatás kezdetétől eltelt idő

e:. az Euler féle szám

[3] »Mr Russell looks for change, not in the events in the time series, but in the entity to which these events happen ... If my poker, for example, is hot on a particular Monday, and never before or since, the event of the poker being hot does not change. But the poker changes, because there is a time when this event is happening to it, and a time when it is not happening to it. [...] But this makes no change in the qualities of the poker. It is always a quality of that poker that it is hot on that particular Monday ... [and always a quality that it] is not hot at any other time ... The fact that it is hot at one point in a series and cold at other points cannot give change, if neither of these facts change—and neither of them does. Nor does any other fact about the poker change unless its presentness, pastness, or futurity changes.«McTaggart 1927.
Ted Sider így ír Russell felfogásáról: »Russell's theory of change: an object x changes if and only if there are true statements of the form „x is F at time T_1” and „x is not F at time T_2” For example, the poker changes if these two statements are true: (S) The poker is hot on Sunday (M) The poker is not hot on Monday.«Sider 2020.

$$T(\Delta t) = T_0 - T_1 \times e^{-k \times \Delta t} \tag{1}$$

A piszkavas fokozatosan melegszik föl egy maximális értekre, miután a tűzbe tettük.[4]

Vannak hatások, amelyek egy kísérleti elrendezésre azonnal hatnak, más rendszerekre a környezet fokozatosan fejti ki hatását. Ezt a különbséget az analóg automaták (fekete dobozok) két csoportja fejezi ki: a nem tárolós illetve a tárolós átviteli tagok. Előbbieken a hatás – a bemeneti jel – késleltetés nélkül áthalad, az utóbbiakon viszont időben eltolva, és csak fokozatosan érvényesül a hatása. Magát a jelenséget különböző pontossággal írhatjuk le. Ábrázolhatjuk a valós számok tartományán analóg jellel, vagy az egész számok, vagy hányadosaik tartományán, digitális jellel. Ezt a két lehetőséget mutatja a piszkavas alábbi melegedési grafikonja (1).

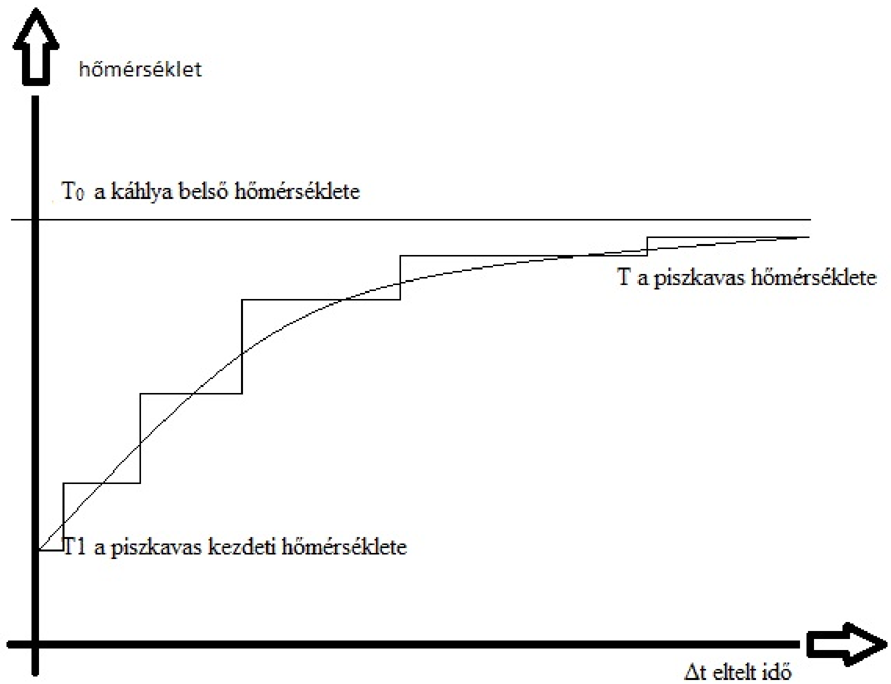
Az 1. ábra azt mutatja, hogyan lehet egy folyamatosan változó mennyiséget fokozatos felbontással megközelíteni. Egyszerűsítsük le a példát annyira, hogy a piszkavasnak csak három különböző hőmérséklete van: hideg, forró vagy langyos. Tegyük fel, hogy csak kétféle környezete van: éjszaka vagy nappal. Nappal a színe fekete és a hőmérséklete hideg, vagy fekete és a hőmérséklete langyos, éjszaka viszont láthatatlan. Ha a piszkavas forró, akkor a színe éjjel és nappal is piros. Ilyen egyszerűsítő feltételek mellett egy Mealy-féle véges determinisztikus automatával szimulálhatjuk a piszkavas viselkedését: ha tűzbe tesszük, és előtte hideg volt, akkor először langyos lesz, majd forró. Ha kivesszük a tűzből, akkor fokozatosan lehűl. A piszkavas hőmérsékletét tekintjük az automata belső állapotának, a színét pedig a kimeneti állapotának.

4. A példa filozófiai vonatkozásai

A piszkavas melegedése számos érdekes filozófiai kérdést vet föl:

1. Miközben fölforrósodik, megváltozik a színe – a vége izzani kezd – és mivel kitágul, kis mértékben az alakja is megváltozik. Miért gondoljuk mégis,

[4] A melegedési jelenség fizikai magyarázatáért köszönettel tartozom Zimmermann Pál fizikusnak.



1. ábra. Piszkavas melegedés

hogy eközben megtartja önazonosságát, hiszen mások a tulajdonságai hidegen, mint forró, izzó állapotban? Egyáltalán le lehet ezt a változást ellentmondás mentesen írni? Mi a piszkavas, van-e benne valami állandó, miközben változik?

2. Mit jelent a piszkavas hőmérsékletével kapcsolatos tapasztalati állítás igazsága – pl. „A piszkavas hőmérséklete t_1 időpontban $275°$C" mondat igaz? Hogyan írhatjuk le szabatos logikai nyelven ezt a tapasztalati igazságot?

3. A piszkavasnak az a tulajdonsága, hogy fokozatosan melegszik és hűl le, nem pedig azonnal, késedelem nélkül, nem alkalmi, esetleges tulajdonsága a piszkavasnak, hanem minden esetben ez történik vagy történne. Még akkor is, ha soha nem tesszük a piszkavasat a tűzbe. Ezt a hitünket úgy is kifejezhetjük, hogy szükségszerűen igaz, hogy a piszkavas, mint fekete doboz, vagy mint automata, tárolós átviteli tagot képvisel.

4. Mit jelent a lehetőség' és szükségszerűség' a piszkavas melegedése esetén?

> Vajon csak az a lehetőség a piszkavas melegedését vagy kihűlését számba véve, ami valamikor bekövetkezik, vagy a lehetőség ennél többet jelent? Lehetséges az is, ami soha nem történik meg?

Számtalan módon fölmelegedhet és lehűlhet a piszkavas attól függően, hogy milyen meleg a kályha, de nem bármilyen módon. Ezért számtalan, az 1 ábrához hasonló függvénygörbe írja le a piszkavas összes lehetséges melegedését és lehűlését, de nem bármilyen görbe. A görbe meredekségét korlátozza a piszkavas tömege és anyagminősége. Hogy ne akadályozzanak a matematikai végetlennel kapcsolatos nehézségek, a piszkavas melegedését és lehűlését, azaz a piszkavas történetét közelítő pontossággal, lépcsőzetes grafikonokkal írjuk le, és az időnek csak egy véges T tartományával foglalkozunk. Így is nagyon nagyszámú lesz a piszkavas összes lehetséges hőmérsékleti grafikonja, de nem végtelen, mert az időt is diszkrét időpontok, ütemek sorozataként fogjuk fel. A diszkrét időpontokat egész számokkal reprezentáljuk, amely sorozatnak lényeges tulajdonsága, hogy bármely eleméhez egyértelműen meghatározott az előző és a következő elem. Ez lehetővé teszi, hogy a piszkavasat ne csak analóg automatákkal, hanem diszkrét időben működő, és csak véges sok állapotú, véges automatákkal is szimuláljuk.

5. A modális fogalmak egy alternatív elemzése

A piszkavas összes lehetséges melegedési vagy kihűlési függvényét jelölje Ψ, ennek egy eleme a piszkavas valóságos történetét leíró φ_{reality} függvény, amelyet azonban csak részben, a jelen pillanatig ismerünk. Ψ függvény halmaz létezik, mivel (1) egyenlet alapján meghatározható, ugyanis véges T tartományra, az egyszerűsítő feltételek mellett, minden eleme kiszámolható a megadott képlet alapján. (A számítást gép is elvégezheti.) A jelen pillanatig tartó φ_0 függvény – a piszkavas eddigi melegedése vagy kihűlése – azonban szintén eleme Ψ-nek, mert egy a lehetséges függvények közül. Ψ halmaznak azt a szűkítését, amelyik pontosan azokat a függvényeket tartalmazza, melyek a jelen időpontig megegyeznek a piszkavas történetével, utána viszont az összes lehetséges melegedési vagy kihűlési függvényt tartalmazzák, Ψ^{w0}-val jelölöm. φ_0 a jelen időpontig tartó szelete φ_{reality} függvénynek. Lehetőség a jelen időpontban egy olyan φ_i függvény, amelyik eleme Ψ^{w0}-nek. Mind Ψ, mind Ψ^{w0} a megadott fizikai képlet alapján meghatározható az egyszerűsítő feltevések mellett. Tömören összefoglalva mindezeket a halmazelmélet nyelvén így fejezhetjük ki, ahol

t_0 **:=.** jelen-időpont

w_0 **:=.** a t_0 időponthoz tartozó piszkavas állapot

(2) $$\Psi^{w0} \subseteq \Psi \& \varphi_0 \in \Psi^{w0} \& \varphi_{\text{reality}} \in \Psi$$

(3) $$|\text{Lehetséges}(\varphi_i)|_{t_0} := \varphi_i \in \Psi^{w0}$$

Figyeljük meg jól, hogy ebben a felfogásban lehetőség az, ami valamilyen környezeti hatást feltételezve levezethető a piszkavas melegedési egyenletéből, szükségszerűen igaz pedig az a piszkavasra vonatkozó (fizikai) kijelentés, amelyik a melegedési egyenlet alapján az összes lehetséges környezeti hatás esetén is igaz. A piszkavas melegedési egyenletét azonban valamiképp logikai nyelven kell megfogalmazzuk, hogy szabatos filozófiai állításokat tehessünk. Erre szolgál a piszkavas viselkedését szimuláló véges automata modell. Ilyen módon fogom visszavezetni a piszkavasra vonatkozó némely fizikai kijelentés szükségszerű igazságát a piszkavas tulajdonságaira. Hiszen szükségszerű, hogy a piszkavas késleltetve melegszik föl, és késleltetve hűl le. Ennek megértéshez nem kell a lehetséges világokban létező hasonló piszkavasakban hinnünk, ahogy David Lewis tanította.

6. Véges automaták

6.1. Mi a véges automata?

A véges állapotú gépek (Finite State Machine = FSM) vagy véges állapotú automaták (Finite State Automaton = FSA) fogalmát hétköznapi nyelven és matematikai képletekkel is elmagyarázom. Filozófiai megfontolások miatt el fogok térni a szokásos terminológiától. A matematikában vagy az elektrotechnikában egy automata bemeneti értékei lehetnek egy ábécé karakterei vagy elektromos jelek, a kimeneti érték pedig csak ugyanilyen típusú entitások lehetnek. A filozófiai értelmezés célja azonban jobban megfelel egy speciális terminológia. Az én megközelítésemben az automatáknak bemeneti és kimeneti jellemzői és belső állapotai vannak, amelyeket formális nyelven függvények írnak le. Ezeknek a függvényeknek az értékei állapotok. Bizonyos körülmények között egy automata át tud váltani egy másik külső (bemeneti, kimeneti) vagy belső állapotba. Eseménynek nevezem az állapotok sorozatát, vagy legalább két egymást követő állapotot.

Egy véges automatának csak véges sok különböző belső és külső állapotai vannak. A determinisztikus véges automata jelenlegi bemeneti és belső állapota bármikor egyértelműen meghatározza az automata jelenlegi kimeneti és következő belső állapotát. Ezt a függőséget függvények írják le. A véges automata diszkrét időpontokban működik, amelyek egész számokkal ábrázolhatók. A fizikailag létező, valóságos automaták működése – az elektronikus áramkörökhöz hasonlóan – jó közelítése a fenti feltételezéseknek.

A véges automaták nem pusztán fekete dobozok. A fekete doboz elmélet a kimenetek és bemenetek közötti kapcsolatot függvényekkel vagy differenciálegyenletekkel írja le. Ugyanazon bemeneti jelre a fekete doboz konszolidált, állandósult állapotban mindig ugyanazt a kimeneti jelet adja. A kimeneti válasz nem függ semmi mástól, csak a bemeneti jeltől. A kimeneti jelek és a bemeneti jelek között függvénykapcsolat van. A véges automaták másképp működnek. A véges automatáknak vannak belső állapotai, és a bemeneti jelre adott válasz a belső állapottól is függ. (A számítógépek lényegében véges automaták – a legfontosabb alkatrészei véges automatának tekinthetők. A véges automaták kiegészítve végtelen memóriával és memória író/olvasó egységgel Turing gépet alkotnak, valamint sejt-automaták is definiálhatók véges automaták segítségével.)

6.2. Mealy gépek

A Mealy-féle véges automaták alapgondolata a következő (Mealy 1955):

i. Egy determinisztikus véges automatának mindig van egy egyedi, meghatározott állapota, és csak véges számú állapotot vehet fel. Az automata diszkrét időben működik. Az idő atomjait néha pillanatoknak vagy ütemeknek nevezzük. A matematikai nehézségek csökkentése érdekében az időt atomos szerkezetűnek tekintjük egy véges T tartományban. A diszkrét idő atomjainak ábrázolására egész számokat használunk. Bármely t időponthoz a következő időatom a $t+1$, az előző időatom pedig a $t-1$. Néha a jelen pillanatra t_0 jellel fogok hivatkozni. A következő pillanatokat rendre $t_1, t_2, \ldots$ karakterekkel jelölöm, az előző pillanatokat pedig $t_{-1}, t_{-2} \ldots$ jelekkel.

ii. A belső állapotok halmaza A, a bemeneti állapotok halmaza X, a kimeneti állapotok halmaza pedig Y. Az automata mindenkori kimeneti állapotát a belső állapot és a bemenet egyértelműen meghatározza. A mi értelmezésünk szerint egy kimenet nélküli automata értelmetlen, mert kimenet nélkül nincs mit tesztelni, nincs mit mérni, az automata láthatatlan.

iii. Egy adott belső állapot és bemeneti állapot esetén az automata a következő ütemben a következő belső állapotba lép. Az összes lehetséges állapotátmenetet a δ függvény írja le:

   következő-belső állapot $= \delta($jelenlegi-belső állapot, jelenlegi-bemeneti állapot$)$.

iv. Egy adott belső és bemeneti állapot esetén az automata egyidejűleg meghatározott kimeneti állapotba kerül. Az összes lehetséges kimeneti állapot átmenetet λ függvény írja le:

   jelenlegi-kimeneti állapot $= \lambda($jelenlegi-belső állapot, jelenlegi-bemeneti állapot$)$

v. Mindezek alapján a véges automata egy rendezett ötös: $M = \langle A, X, Y, \delta, \lambda \rangle$.[5]

Hilary Putnam másképp értelmezte a véges automatát. Ő megengedte a kimenet nélküli véges automatákat. De minden automata a kimenet és a bemenet révén kapcsolódik a külvilághoz. Egy kimenet nélküli automata láthatatlan lenne számunkra. Emellett Putnam szerint minden közönséges nyílt rendszer minden absztrakt véges automatát megvalósít. (Putnam 1988) Ha az előbbi alatt fizikai

[5] Más értelmezésekben a definíció része az automaták iniciális állapotainak halmaza.

tárgyakat ért, az utóbbi alatt pedig egy matematikai elméletet, a determinisztikus véges automaták elméletét, akkor az ellenkezője tűnik igaznak annak, amit mond. A véges automaták, mint matematikai konstrukciók, tökéletesek, végtelen ideig hiba nélkül működnek. Ezzel szemben a fizikai objektumok egy bizonyos idő után megszűnnek létezni, és viselkedésük csak megközelítőleg determinisztikus. Chalmers mindezt átlátja, és megkérdőjelezi Putnam álláspontját (Chalmers 1996).

7. Véges automata modell

Az 1 ábra mutatja, hogy miképpen lehet lépcsőzetes felbontással közelíteni egy folyamatosan változó mennyiséget. Egyszerűsítsük le a példát annyira, hogy a piszkavasnak csak három különböző hőmérséklete legyen: hideg, meleg (langyos) vagy forró. Tegyük fel, hogy csak két féle környezetben vizsgáljuk, éjjel, vagy nappal. Nappal hidegen vagy langyosan fekete a színe, viszont éjjel ekkor láthatatlan. Ha forró, akkor mind éjjel, mind nappal, vörös a színe. Ezek után legyen adott egy Mealy féle véges, determinisztikus automata, amelyik a piszkavas viselkedését szimulálja: ha tűzbe tesszük és előtte hideg volt, akkor előbb langyos lesz, majd utána forró. Ha kivesszük a tűzből, akkor fokozatosan hűl le. Az automata belső állapotának a piszkavas hőmérsékletét tekintem, kimeneti állapotának pedig a színét.

Az automata belső állapot-átmeneti függvényét (δ) és kimeneti állapot (kimeneti jel) függvényét (λ) egyszerű táblázatok (1. táblázat és 2. táblázat) segítségével határozom meg.[6] A felső sor a belső állapotokat, a bal oldali oszlop a bemeneti állapotokat (jeleket) tartalmazza. A bemeneti állapot ebben az esetben az, hogy milyenek a környezeti fényviszonyok – nappal van vagy éjszaka – és milyen messze van a piszkavas a tűztől: tűzben, közel, távol. (Tűzben a távolság nulla.) A belső állapot a piszkavas hőmérséklete. Dolgozhatnánk ennél finomabb felbontással is, de akkor a táblázat sokkal bonyolultabb lenne, és nem befolyásolná a lényeget.

Figyeljük meg a modell szemléletmódját. Az A, X, Y halmazok elemei lehetséges állapotok, és nem tényleges állapotok. A függvények nem a tényleges állapotváltozásokat, átmeneteket írják le, hanem a lehetséges átmeneteket. A tényleges állapotokat és átmeneteket csak a modell időben létező, működő változata mutathatja meg a kibertérben, vagy a táblázatokból kiszámítható, ha ismerjük a

[6] Matematikai, számítástechnikai írásokban gyakran irányított gráfokkal ábrázolják az automaták működését.

δ	forró	meleg	hideg
tűzben, éjjel	forró	forró	meleg
közel, éjjel	meleg	meleg	meleg
távol, éjjel	meleg	hideg	hideg
tűzben, nappal	forró	forró	meleg
közel, nappal	meleg	meleg	meleg
távol, nappal	meleg	hideg	hideg

1. táblázat. Belső állapot átmeneti függvény

λ	forró	meleg	hideg
tűzben,éjjel	vörös	vörös	láthatatlan
közel,éjjel	láthatatlan	láthatatlan	láthatatlan
távol,éjjel	láthatatlan	láthatatlan	láthatatlan
tűzben,nappal	vörös	vörös	fekete
közel,nappal	fekete	fekete	fekete
távol,nappal	fekete	fekete	fekete

2. táblázat. Kimeneti függvény

bemeneti állapotokat. A statikus szövegek világában a modell nem változik, nem él, nem reagál a kölcsönhatásokra. Ehelyett minden lehetséges bemeneti állapotra (jelre) minden lehetséges átmenetet meghatároz, definiál. Ez a modalitás szimulációjának filozófiai alapja.

Ez korántsem szokatlan, hiszen minden fizikai törvényszerűség lehetséges értékek összefüggéseivel operál.
A newtoni fizika keretelméletében bármely két test kölcsönösen vonzza egymást. Két pontszerűnek tekinthető test között ez az erő egyenesen arányos a tömegek szorzatával, és fordítottan arányos a köztük lévő távolság négyzetével. A törvény nem adott konkrét fizikai tárgyakra vagy égitestekre érvényes – a határfeltételei között – hanem bármilyen (lehetséges) tömegű tárgyra, és igazsága nem esetleges, hanem szükségszerű. A középiskolából ismert $F = m \times a$ formula sem konkrét eseményt ír le, nem konkrét erők, tömegek és gyorsulások összefüggését határozza meg a klasszikus fizikában, hanem lehetséges fizikai értékek összefüggéseit. A modális fogalmak ott vannak a fizikában, a lehetőségek ott vannak a valóságban, mert a természeti törvények alapozzák meg a lehetőségeket, nem kell azokat kí-

vülről importálni. Samuel Kimpton-Nye ehhez hasonlóan, a modális fogalmak és természeti törvények közös fundamentumát kutatja.(Kimpton-Nye 2018)

8. Függvények és mondatok

Általában véve a függvények halmaza számossága nagyobb, mint a mondatok halmaza számossága. Vizsgálatainkban azonban csak olyan függvényekkel foglalkozunk, amelyeknek véges értelmezési tartománya és értékkészlete van. Ezért adtuk meg korábban táblázatokkal az automatákat leíró függvényeket. Ez lehetővé teszi számunkra, hogy a véges automaták állapotait formális logikai nyelven írjuk le. A kimeneti függvény és a belső állapot-átmeneti függvény ekkor így néz ki formális nyelven:

$$y(t) = \lambda(a(t), x(t)) \tag{4}$$

$$a(t+1) = \delta(a(t), x(t)) \tag{5}$$

A piszkavas működését szimuláló egyszerű véges automata működését táblázatokkal adtuk meg. A táblázatok helyett minden esetben használhatunk formula halmazokat. A táblázatok az alábbi módon írhatóak le. Az első sor így fest:

1.1 Ha a piszkavas éjjel tűzben van és forró, akkor forró is marad, és látni fogod az izzó hegyét.

$\langle$tűzben, éjjel$\rangle = x(t)\&$ forró $= \delta(t) \rightarrow$ vörös $= y(t)\&$ forró $= \delta(t+1)$

1.2 Ha a piszkavas éjjel tűzben van és meleg, akkor forró lesz, és látni fogod az izzó hegyét.

$\langle$tűzben, éjjel$\rangle = x(t)\&$ meleg $= \delta(t) \rightarrow$ vörös $= y(t)\&$ forró $= \delta(t+1)$

1.3 Ha a piszkavas éjjel tűzben van és még hideg, akkor meleg lesz, és nem lesz látható.

$\langle$tűzben, éjjel$\rangle = x(t)\&$ hideg $= \delta(t) \rightarrow$ láthatatlan $= y(t)\&$ meleg $=$
$= \delta(t+1)$

A második sor így fest:

2.1 Ha a piszkavas a tűzhely közelében van éjjel és forró, akkor lehűl és langyos lesz, és láthatatlan.

$\langle$közel, éjjel$\rangle = x(t)\&$ forró $= \delta(t) \to$ láthatatlan $= y(t)\&$ meleg $= \delta(t+$
$+1)$

2.2 Ha a piszkavas a tűzhely közelében van éjjel és langyos, akkor langyos marad, és láthatatlan.

$\langle$közel, éjjel$\rangle = x(t)\&$ meleg $= \delta(t) \to$ láthatatlan $= y(t)\&$ meleg $=$
$= \delta(t+1)$

2.3 Ha a piszkavas a tűzhely közelében van éjjel és hideg, akkor langyos lesz, és láthatatlan.

$\langle$közel, éjjel$\rangle = x(t)\&$ hideg $= \delta(t) \to$ láthatatlan $= y(t)\&$ meleg $= \delta(t+$
$+1)$

stb.

A kétfajta leírás egyenértékű. Az $M = \langle A, X, Y, \delta, \lambda\rangle$ automata függvényekkel illetve táblázatokkal való leírását L formális logikai nyelven $L_{M=\langle A,X,Y,\delta,\lambda\rangle}$ mondathalmaz jelöli, az automata s állapotának formális logikai nyelven történő leírását pedig $\rho(s)$ jelöli.

9. Az automaták típusai

Egyaránt véges automatának tekintek fizikai entitásokat – pl. elektronikai áramköröket – és absztrakt matematikai struktúrákat. Ha a szövegösszefüggésből nem derül ki, és lényeges a megkülönböztetés, akkor külön jelzem, hogy melyikről van szó. Egy fizikailag létező automata működése többféle szempontból is osztályozható, és különböző absztrakt automaták megvalósításának (modelljének) tekinthető. „Az, hogy egy a gyakorlatban fellelhető automata determinisztikus vagy sztochasztikus, valójában nem magától az automatától függ; sokkal inkább az alkalmazott modelltől, a nézőponttól és a pontossági foktól, amely az automata működését leírja.”(Ádám 1972) A következő bekezdésekben olyan automatákat fogok vizsgálni, amelyekről feltételezhető, hogy a kezdeti állapot után teljesen determináltan működnek, és csak véges sok különböző bemeneti és kimeneti állapotokat hoznak létre.

1. A külső jellemzők száma

   Egy automatának egynél több bemenete vagy kimenete is lehet, de az egyszerűség kedvéért gyakran egyszerűen ‘bemenetet’ vagy ‘kimenetet’ említek az azonos időponthoz tartozó bemenetek vagy kimenetek sorozata helyett. Ha szükséges, az i-edik bemenetet x_i-vel, a j-edik kimenetet pedig y_j-vel jelölöm.

2. Start-useful automata

   Feltételezzük, hogy az automata valamilyen bemeneti állapotsorozat esetén az összes lehetséges belső és kimeneti állapotot minimum egyszer elérheti. Röviden: az A és Y halmazoknak nincsenek felesleges elemei. Az ilyen típusú automatát nevezzük start-useful’ (hozzáférhető vagy összefüggő) automatának. (Daciuk 1998)

3. Generátorok, órák

   Ha X – a bemeneti állapotok halmaza – egy elemű halmaz, akkor az automatát „generátornak” nevezem. Ebben az esetben X halmaz elhagyható, mert az automata viselkedését teljes mértékben a $\delta = A \to A$ és $\lambda = = A \to Y$ függvények írják le. Egy generátornak tekinthető automata állandó kimeneti állapotot vagy kimeneti állapotsorozatot hoz létre bemeneti események nélkül. A generátorok függetlenek a környezetüktől.

4. Kombinációs automata

   A kombinációs automata olyan automata, amelyben bármely bemeneti állapot mindig ugyanazt a kimeneti állapotot hozza létre, függetlenül a belső állapotoktól. Ebben az esetben az A halmaz belső állapotainak csak egyetlen eleme van, ezért az elhagyható. Ez azt jelenti, hogy a kombinációs automata mindig leírható a belső állapotok figyelembevétele nélkül, csak a bemeneti és kimeneti állapotok közötti függvénnyel. A fekete dobozok kombinációs automatának tekinthetők.

5. Állandósult állapotok

   Vannak olyan automaták, amelyek kiterjesztett értelemben kombinációs automatának tekinthetőek. Ezeknek az automatáknak a működését csak rövid ideig befolyásolják a belső állapotaik, de egy idő után, az automata kimeneti állapotát egyértelműen meghatározza a bemeneti állapot. Tehát az állandósult állapotban ezeknek az automatáknak a működése úgy írható le, hogy hasonló a kombinációs automatákhoz, amelyeknél a bemenet és a kimenet között függvény kapcsolat áll fenn. 'Állandósult állapotban kombinációs automata'-nak nevezem az olyan automatát, amely egy $0 < \Delta$ meghatározott átmeneti idő után mindig úgy viselkedik, mint egy kombinációs automata, és ekkor az automata kimenetét a belső állapotától függetlenül a bemenete határozza meg. (A piszkavas melegedése ilyen automatának tekinthető.) Azok az automaták, melyek soha nem jutnak állandósult állapotba astabil rendszerek, azok amelyek véges idő után állandó állapotba kerülnek, stabil rendszerek. (A labilis – stabilis rendszerjellemző inkább az analóg rendszerek sajátja.)

6. Sorrendi struktúrák

   „Ha a jelenlegi bemeneti értékek elegendőek a kimenetek meghatározásához, akkor a rendszer kombinációs rendszer. Ha a vezérlőrendszernek a kimenetek meghatározásához a bemeneti változások sorrendjére vonatkozóan további információkra van szüksége, akkor a rendszer szekvenciális rendszer."(Wagner 2004) A legtöbb véges automata szekvenciális automata. Néha a szekvenciális automatákat „emlékeztető rendszereknek" nevezik, mert ezek a bemeneti állapotokra a korábbi események függvényében válaszolnak.

7. Ciklikus, aciklikus, cciklikus és tciklikus automaták

   Ha bármelyik állapotból ki lehet lépni, és egy vagy több átmenetet után akárhányszor vissza lehet térni az eredeti állapotba, akkor az automata ciklikus; ezzel szemben ha az automata minden belső állapotából csak kilépni lehet, de oda nem lehet visszatérni, vagy csak oda lehet érkezni, de nem lehet kilépni, akkor az automata aciklikus. Az aciklikus automaták nem tartalmaznak ciklust, azaz nem érkezhetnek vissza kétszer ugyanabba az állapotba az átmenetek után. A nem ciklikus automatáknak különböző típusai vannak. A feltételes ciklikus (cciklikus) automaták bármikor képesek visszatérni ugyanabba a belső állapotba, amíg nem váltanak át egy speciális belső állapotba. A tranziens ciklikus (tciklikus) automaták képesek visszatérni ugyanabba a belső állapotba egy ideig, azonban adott $n \geq 1$ ütem után elkezdenek úgy viselkedni, mint az aciklikus automaták. Egy automata lehet feltételes és tranziens ciklikus rendszer is egyszerre, de egy ciklikus automata nem lehet sem cciklikus, sem tciklikus automata.

A fizika nézőpontjából a ciklikus automaták reverzibilis rendszerek, míg a nem ciklikus automaták irreverzibilis fizikai objektumok. Némelyik sorrendi automatának ciklikus struktúrája van, másoknak nincs, de minden kombináció automata ciklikus, és minden nem ciklikus automata sorrendi struktúrával rendelkezik.[7]

10. Filozófiai interpretáció

Egy automata formális vagy formalizált elméleteknek és fizikai entitásoknak egyaránt alkalmas modellje lehet.

Minden, ami a kijelentés logika szintjén leírható, modellezhető véges automatákkal, mert az igazságfüggvények könnyen szimulálhatók kombinációs automatákkal (digitális áramkörökkel), de ebben a dolgozatban csak a konkrét objektumok (fizikai tárgyak) automata modelljére fogok koncentrálni. Követve a fizika újabb kutatási irányzatait, egyes fizikai teóriákban az alapvető fizikai tulajdonságok és jellemzők – mint a tömeg, erő, hőmérséklet, töltés –, különösen a tér és az idő véges, diszkrét értékekkel rendelkeznek, ezért a determinisztikus vagy valószínűségi véges automaták adekvát modelljei lehetnek a legtöbb fizikai objektumnak.[8] Bizonyos objektumok helyrehozhatatlanul károsodhatnak vagy örökre megsemmisülhetnek, ezért csak egyszer keletkeznek, ennek megfelelően ezeknek csak nem ciklikus automata modelljei lehetnek.

Egy lemezrugó mindig visszatér eredeti helyzetébe, kivéve, ha túlterhelés hatására elhajlik vagy eltörik, vagy ha $1 \leq n$-szeres elhajlás után eltörik. A lemezrugók tehát feltételes és tranziens ciklikus automatának tekinthetők. Az élőlények az életkörülmények és az életkor szempontjából hasonló rendszerek. A mélyebb vizsgálódás során a legtöbb tárgy viselkedése hasonlít a szekvenciális automaták működéséhez, mert ezek a tárgyak a korábbi bemeneti események függvényében reflektálnak a külső hatásokra. De nyitott kérdés, hogy vajon minden anyagi tárgy

[7] Ez a felosztás hasonló az analóg rendszerekhez:generátor $\approx$ oszcillátor;Kombinációs automata $\approx$ Ideális lineáris rendszer; Meghatározott tranziens idő után kombinációs automata $\approx$ Lineáris szűrő; Sorrendi struktúra (automata) $\approx$ Nemlineáris rendszer

[8] De nem minden jelenségnek: „Time behaviour can always be determined from finite state machine, but not all time behaviours can be described by finite state machine.”(Hämäläinen 2006).

start-useful automatának tekinthető-e, azaz a tárgy bármely állapota létrejöhet-e valamilyen környezeti hatásra? Ez ugyanaz a kérdés, amit a metafizikai fogalomrendszerben Barbara Vetter vizsgál, hogy némely fizikai tárgynak lehetnek-e olyan potenciális tulajdonságai, melyek soha nem nyilvánulnak meg, soha nem manifesztálódnak, soha nem kerülnek felszínre?

Legyen M egy olyan véges automata, amely egy anyagi tárgy vagy élőlény viselkedésének modellje. A tárgy és a hozzá tartozó M automatamodell mindig egy bizonyos környezetben és egy meghatározott belső állapotban van. A tárgy viselkedését egy bizonyos környezetben a gép kimeneti állapotai szimulálják a bemeneti állapotokra adott válaszként. Ez azt jelenti, hogy a tárgy viselkedése a környezetében hasonló az automata viselkedéséhez a környezetében. Az automata leírása a gép minden belső állapotában előírja, hogy melyik bemeneti állapot melyik kimeneti állapotot okozza. Ha a modell bemeneti állapotait visszafordítjuk a tárgy környezetére, a gép kimeneti állapotait pedig a tárgy tulajdonságaira, akkor megjósolhatjuk, hogyan reagál a tárgy a különböző helyzetekre. Így ellenőrizhetjük a modell használhatóságát és pontosságát.

11. Kapcsolat a logikával

Az a tény, hogy o tárgy F tulajdonsággal rendelkezik t_1 időpontban könnyen leírható egy egyszerű formulával: $F(o, t_1)$. Az elsőrendű logikában az $F(o, t_1)$ formula értékelése meghatározza a formula igazságértékét. Az automatamodellek világában az $F(o, t_1)$ formula egy olyan automatával reprezentálható, amely t_1 időpontban egy speciális kimeneti állapottal rendelkezik. Ennek megfelelően az objektumhoz kapcsolódó automatának meghatározott kimeneti állapota van, ha a formula igaz, és egy másik kimeneti állapota, ha a formula hamis. Mindez megváltozik, amikor arról beszélünk, hogy lehetséges, hogy o objektumnak t_1 időpontban F tulajdonsága van. Az automaták nyelvére lefordítva ez azt jelenti, hogy lehetséges, hogy az automata kimenete t_1 időpontban meghatározott állapottal rendelkezik. Az automata a külső hatások függvényében nem tud bármilyen belső állapotba váltani, csak meghatározott belső állapotokba. Tehát amilyen állapotba kerül, az attól függ, hogy melyik korábbi belső állapotban volt, és később milyen külső hatás érte. Az automata szabályos működése előírja a gép lehetséges kimeneti állapotait. Az automaták világában a lehetőség az az állapot, amely valamilyen átmenet hatására létrejöhet, a lehetetlenség pedig az az állapot, amely soha nem fordulhat elő az automata állapotaként. Az automaták tulajdonságaitól függ, hogy melyik állapotból melyik átmenet érhető el, más szóval melyik átmenet lehetséges, és melyik nem. Az automaták világában a lehetséges világok az automaták állapotai. A lehetséges világok között a modális logikában definiált alternatív reláció megfelel az automaták állapotai átmeneti relációjának. Az átmeneti relációnak olyan formális tulajdonságai vannak, mint a modális logika alternatív relációjának. Koncepcióm lényege az, hogy az alternatíva reláció formális tulajdonságai (reflexív, tranzitív, szimmetrikus) a modális logikában ad hoc előírások, az automaták világában azonban az automaták típusaiból következnek. És visszatérve a valós világba az automata modellek világából, ez azt jelenti, hogy a fizikai tárgyak – amelyeket automaták modelleznek – határozzák meg a lehetőség formális tulajdonságait a valós világban. Attól függően, hogy a fizikai tárgyakat, reverzibilis, vagy irreverzibilis rendszernek tekintjük, és ennek megfelelően milyen automatával szimuláljuk a viselkedését, más-más alternatíva relációt kapunk.

12. A lehetséges világok és az alternatíva reláció meghatározása

Egy $M = \langle A, X, Y, \delta, \lambda \rangle$ automatának csak véges sok a δ és λ függvények által meghatározott különböző állapota van. Az egyazon időponthoz összetartozó bemeneti, belső és kimeneti állapotokat w_i címke jelöli. Ezen címkék véges halmaza: $W = \{w_0, w_1, w_2, \ldots w_i \ldots\}$ Az automata jelenbeli állapota $\langle t_0, w_0 \rangle$, egy t_i időponthoz tartozó állapotleírása '$\rho(t_i, w_i)$', ahol 'w_i' egy név – egy címke – 't_i' egy időpont, míg '$\rho(t_i, w_i)$' egy mondat, amely leírja M automata bemeneti, belső és kimeneti állapotát t_i időpontban.
Az M automata definíciója meghatároz kétfajta bináris relációt. A definíciók az alábbiak:

(D1) $A_M(w_i, w_j) :=$ x_i bemeneti jellemző x_j-re való változásának hatására M automata $w_j = \langle x_i, a_i, y_i \rangle$ állapotból $w_j = \langle x_j, a_j, y_j \rangle$ állapotba kerül, ahol:

$$x_i, x_j \in X,\ a_i, a_j \in A,\ y_i, y_j \in Y,\ a_j = \delta(x_i, a_i),\ y_j = \lambda(x_j, a_j)$$

(D2) $R_M(\langle t_1, w_1 \rangle, \langle t_2, w_2 \rangle) := t_2 = t_1 + 1$ and $A_M(w_1, w_2)$

Természetes nyelven: $R_M(\langle t_1, w_1 \rangle, \langle t_2, w_2 \rangle)$ pontosan akkor, ha az automata t_1–ben lévő w_1 állapotából kiindulva van olyan bemeneti állapot, hogy az automata a következő t_2 időpontban w_2 állapotba kerül.

Nevezzük az $\langle$időpont, állapot-név$\rangle$ párokat lehetséges világnak' vagy lehetséges állapotnak' vagy 'helyzetnek', és mondjuk azt, hogy $\langle t_j, w_j \rangle$ leheteséges világnak $\langle t_i, w_i \rangle$ az alternatívája pontosan akkor ha $R_M(\langle t_i, w_i \rangle, \langle t_j, w_j \rangle)$.

Legyen egy olyan fizikailag létező véges automatánk, melynek a matematikai modellje M. Vegyük az M-hez tartozó lehetséges világok összes olyan időbeli sorozatát, ahol a sorozat időben egymást követő tagjai rendre egymás alternatívái. Tehát ha $\langle t_1, w_1 \rangle$ után $\langle t_2, w_2 \rangle$ következik, akkor $R_M(\langle t_1, w_1 \rangle, \langle t_2, w_2 \rangle)$. Ezek a sorozatok az automata lehetséges történeteit írják le.

Az R_M alternatíva reláció matematikai jellemzői (szimmetrikus, aszimmetrikus stb.) az automaták típusaitól függenek. (Ennek a kapcsolatnak a vizsgálata meghaladja e dolgozat kereteit, további vizsgálódások tárgya.)

Mivel korábbi feltételezésünk szerint T – az időpillanatok halmaza – véges, így a lehetséges világok (lehetséges állapotok) és a lehetséges történetek (lehetséges sorozatok) száma is véges. A sorozatok teljes halmaza tartalmazza az automata összes lehetséges állapotváltását, vagyis az egyik lehetséges állapotból a másikba való átmenetét a T időintervallumon belül. Az automata összes lehetséges állapotváltásának (történetének) halmazát Ψ-vel jelölöm. Így Ψ tartalmazza az automata összes lehetséges állapotátmenetét, összes lehetséges történetét. A lehetséges világok között lesz egy és csak egy olyan φ_{reality} sorozat, hogy minden $\langle t_i, w_i \rangle$ szituáció pontosan akkor a tagja φ_{reality} sorozatnak, ha az automata t_i időpontban w_i állapotban van, formális nyelven: $\rho(t_i, w_i)$. φ_{reality} sorozat tehát M fizikailag létező automata T időbeli valóságos történetét tartalmazza, és nyilván $\varphi_{\text{reality}} \in \Psi$. φ_{reality} sorozat két részre bontható. Az első része az automata kezdeti állapotától a jelenbeli állapotáig tart – jelölje ezt φ_0 – a sorozat második része az automata jövőbeli állapotait tartalmazza. (A jövőbeli állapotokat – a bemenet nélküli generátorokat kivéve – nem ismerjük, a jelenbeli vagy régebbi állapotokat részben vagy teljesen ismerhetjük.) Vegyük Ψ halmaz olyan Ψ^{w0} szűkítését, amelyik az automata összes olyan és csak olyan történetét tartalmazza, amelyik a jelen időpontig megegyezik M automata tényleges történetével, azaz φ_0–al. Nyilvánvalóan $\Psi^{w0} \in \Psi$ és $\varphi_0, \varphi_{\text{reality}} \in \Psi^{w0}$. A Ψ^{w0} és Ψ halmazok elemeit alkotó $s \in \Psi^{w0}$ vagy $s \in \Psi$ állapotok leírása $\rho(s)$ mondat. Most már rendelkezésünkre állnak azok a fogalmak, melyekkel meghatározhatjuk a lehetőség és szükségszerűség fogalmát az automaták világában.

13. Lehetőség és szükségszerűség a véges automaták világában

Mivel a véges automatáknak csak véges sok állapota van, és az atomos szerkezetű idő egy véges T tartományán vizsgáljuk a működésüket, ezért a kvantorok többszörös konjunkciónak vagy alternációnak tekinthetőek, következésképpen ezek az automaták leírhatóak a kijelentés logika nyelvén. Legyen L a véges automatákat leíró kijelentés logikai nyelv. L nyelv atomi mondatai M véges automata állapotleírásai, molekuláris mondatai az atominak tekintett állapotleírásokból logikai konnektívumokkal képzett mondatok. A kijelentés logikai nyelvek negációteljesek, azaz megadható hozzájuk atomi mondatok egy olyan G halmaza, hogy bármely formulájuk, vagy a formula tagadása, levezethető a G halmazból.(Franks 2023, Shoenfield 1967, Bell 1977, Kleene 2002) Ezek alapján L nyelv valamely x nevű mondata igaz pontosan akkor, ha az x nevű mondat levezethető G–ből.

Legyen $L_{\langle A,X,Y,\delta,\lambda\rangle}$ az automata működési leírása L nyelven, $\rho(s)$ egy $M = \langle A, X, Y, \delta, \lambda\rangle$ automatára vonatkozó L nyelvű atomi vagy molekuláris mondat, $\rho(\varphi_{\text{reality}})$ pedig az a mondat, amelyik leírja az automata tényleges történetét L nyelven. Ψ^{w0} az automata összes lehetséges történetét tartalmazó halmaz, amely a jelen időpontig megegyezik az automata aktuális történetével. Ezután bevezetjük a következő definíciókat. A definíciók a modális kifejezéseket metanyelvi predikátumokként kezelik, ezért argumentumaik mondatnevek:

(D4) $|\Diamond\ulcorner p\urcorner|_{w0} := \exists s(s \in \Psi^{w0} \& (L_{\langle A,X,Y,\delta,\lambda\rangle} \bigcup\{\rho(s)\} \vdash p))$ ahol '$\vdash$' a logikai levezethetőség jele.

(Valamely M automatára vonatkozó p mondat akkor és csak akkor lehetségesen igaz a jelenben, ha az automata definíciójából levezethető valamilyen $\rho(s)$ mondattal (kijelentéssel), ahol $s \in \Psi^{w0}$.)

(D5) Igaz $-\ulcorner p\urcorner := (L_{\langle A,X,Y,\delta,\lambda\rangle} \bigcup \rho(\varphi_{\text{reality}}) \vdash p)$

(Valamely M automatára vonatkozó p mondat pontosan akkor igaz a φ_{reality} történetben, ha az automata definíciójából és a $\rho(\varphi_{textreality})$ mondatból levezethető.

(D6) $|\Box\ulcorner p\urcorner|_{w0} := \forall s(s \in \Psi^{w0} \rightarrow (L_{\langle A,X,Y,\delta,\lambda\rangle} \bigcup\{\rho(s)\} \vdash p))$

(Valamely M automatára vonatkozó p mondat pontosan akkor szükségszerűen igaz a jelenben, ha az automata definíciójából bármely $\rho(s)$ mondattal levezethető, ahol $s \in \Psi^{w0}$.)

Figyeljük meg a modális fogalmak fenti definícióit. A „szükségszerű" és „lehetséges" fogalmak formális jelei ($\Box, \Diamond$)csak a definíciók bal oldalán fordulnak elő, a jobb oldalon, a definiensben csak halmazelméleti-logikai jelek és automata elméleti fogalmak szerepelnek. A fenti két (D4, D6) modalitás definíció de dicto értelemben használja a modális szavakat, a de re értelmezés további vizsgálódások tárgya.

Belátható, hogy a fenti definíciók szerint csak egy jövőbeli esemény lehet kontingens, a jelen és a múlt szükségszerű. Ez azért van így, mert az automata működése szempontjából a múlt és a jelen megváltoztathatatlan, csak a jövő nyitott. Viszont az automata bármely jelen vagy múltbeli állapota lehet kontingens vagy szükségszerű egy még korábbi állapotból, attól függően, hogy hogyan működik az automata. Tehát a véges automaták világában:

(11) Minden, ami elmúlt, lehetséges, mert megtörtént, és szükségszerű, mert megtörtént, és nem változtatható meg. Mivel a jelen megtörtént, és a múlthoz hasonlóan nem változtatható meg, a jelen szükségszerű;[9]

(12) Egy jövőt leíró mondat lehetséges, hogy igaz, ha a jelenből kiindulva van az automatának olyan alternatív körülménykészlete, amely igazzá teszi. A jövőt leíró mondat szükségszerűen igaz, ha a jelenből kiindulva a körülmények minden alternatívája igazzá teszi.

14. A győzedelmes argumentum cáfolata

Diodórosz Kronosz azt állította, hogy semmi sem lehetséges, ami nem igaz, és soha nem is lesz az.[10] Én azonban úgy gondolom, hogy ezzel szemben (11) és (12) azt bizonyítja, hogy a következő három állítás a fenti keretelméletben kielégíthető, tehát nem tartalmaz ellentmondást:

(A) Minden múltbeli igazság szükségszerű.

[9] Ez az álláspontja Barbara Vetternek is (Vetter 2015: 189)

[10] Bekő Éva az érvvel kapcsolatos vitákat és Diodórosz Kronosz életét is ismerteti. (Bekő 2011).

(B) A lehetetlen nem következik lehetségesből.

(C) Valami lehetséges, ami sem nem igaz, sem nem lesz igaz.

Mutassuk meg a fenti három mondat kielégíthetőségét egy modell segítségével.

A piszkavasat nappal t_{-5} időpontban vettem, amikor is hideg volt és fekete színű. A mai napig csak kétszer tettem egy pillanatra a tűzbe, így mostanáig nem volt forró, csak meleg t_{-4} és t_{-2} időpontokban. Most – t_0 időpontban – épp meleg, mert rövid ideig a tűzben volt, de tegyük fel, hogy a jövőben többet nem használom, így hideg marad. Igazolható-e a korábban bemutatott piszkavas automata modell segítségével, hogy mégis lehetséges, hogy forró lesz valamikor?

φ_{reality} sorozatot az alábbi táblázat mutatja. (A piszkavas színeitől most eltekintettem.)

3. táblázat. φ_{reality}

hideg	meleg	hideg	meleg	hideg	meleg	hideg	hideg	hideg	hideg
far	near	far	near	far	near	far	far	far	far
t_{-5}	t_{-4}	t_{-3}	t_{-2}	t_{-1}	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4

φ_0 ennek egy részlete:

4. táblázat. φ_0

hideg	meleg	hideg	meleg	hideg	meleg
távol	közel	távol	közel	távol	közel
t_{-5}	t_{-4}	t_{-3}	t_{-2}	t_{-1}	t_0

φ_1 az alábbi sorozat:

5. táblázat. φ_1

hideg	meleg	hideg	meleg	hideg	meleg	hideg	meleg	forró	meleg
távol	közel	távol	közel	távol	közel	távol	tűzben	tűzben	távol
t_{-5}	t_{-4}	t_{-3}	t_{-2}	t_{-1}	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4

(A) A modell alapján belátható, hogy $\varphi_1 \in \Psi$. Mivel φ_1–nek kezdő sorozata φ_0, ezért $\varphi_1 \in \Psi^{w0}$. Vegyük azt a mondatot, hogy a piszkavas hideg t_{-1}-kor. Ez egy múltra vonatkozó állítás, amely φ_{reality} alapján igaz. Vajon szükségszerűen igaz-e? Mivel ezt a mondatot φ_0 önmagában is igazolja, ezért Ψ^{w0} minden eleme igazolja, tehát a 'piszkavas hideg t_{-2} kor' mondat szükségszerűen igaz. Nyilvánvalóan erre következtetnénk más múltbeli vagy jelenbeli igaz mondatok esetén is. Ezzel (A) igazolást nyert.

(B) Tegyük fel, hogy q lehetséges, q kijelentésből következik p, és p lehetetlen kijelentés. Ha p lehetetlen kijelentés, akkor nincs olyan $\varphi_i \in \Psi^{w0}$ függvény (állapot sorozat), melyből p az automata modell segítségével levezethető, mivel a modell konzisztens. Viszont q kijelentésből levezethető p, ezért ha nincs olyan $\varphi_j \in \Psi^{w0}$ amiből p levezethető, akkor nincs olyan akkor $\varphi_j \in \Psi^{w0}$ amiből q levezethető. Ekkor azonban q lehetetlen, mert nincs olyan $\varphi_j \in \Psi^{w0}$ amiből q levezethető. Ez ellentmond a kiindulásunknak, hogy q lehetséges, tehát el kell vessük a feltevést. Mivel p és q tetszőleges mondat volt, ezzel (B) is igazolást nyert.

(C) Most vegyük azt a mondatot, hogy a piszkavas forró t_3-kor. Ez hamis φ_{reality} szerint, viszont igaz φ_1-ben. Ekkor viszont van olyan eleme Ψ^{w0}-nak ami igazolja, hogy a piszkavas forró lehet t_3-kor, miközben valójában nem forró t_3-kor. Nyilvánvalóan erre következtetnénk más jövőbeli igaz $\varphi_i \in \Psi^{w0}$ mondatok esetén is. Ezzel (C) igazolást nyert. Figyeljük meg, hogy a két mondat esetén a szükségszerűség relatív a jelenhez (t_0-hoz) képest. A jelent hátrább tolva 'a piszkavas meleg t_{-2} kor' mondat szükségszerűből esetlegessé válik, és előre tolva, 'a piszkavas forró t_3-kor' mondat lehetségesből lehetetlenné válik.[11]

15. Kitekintés

Nathan Wildman írja:

> A tényellentétes következtetés – Ha az lenne a helyzet, hogy S, akkor o entitás M tulajdonságú volna – sok szempontból vonzó megközelítése a modalitásnak. Egyrészt ideológiailag takarékos: csak egy alapfogalma van – a diszpozíció –, másrészt a diszpozicionalitásra minden más visszavezethető (vagy legalábbis a segítségével meghatározható). Ezen felül a metafizikai modalitásnak a valóságos, konk-

[11] Egy ezzel ellentétes álláspont Altrichter 1993.

> rét tárgyak és azok tulajdonságai szempontjából történő értelmezését ígéri. Következésképpen a diszpozicionalizmus hívének nem kell nem-aktuálisan létező entitásokat (pl. a lehetséges világok különböző rejtélyes lakóit a Lewis-féle lehetséges világokban) feltételezniük ahhoz, hogy a modalitás megalapozóiként szolgáljanak. . . . azáltal, hogy a modalitást a közönséges, valóságos tárgyak diszpozíciós tulajdonságaira alapozza, a diszpozicionalizmus a modalitás rendkívül hihető ismeretelméletét kínálja. . . . Ez azért különösen vonzó eredmény, mert a modalitás számos versengő elmélete – például a David Lewis-i realizmus és a Kit Fine-i esszencializmus – rendkívül titokzatossá teszi a modalitás ismeretelméletét. Ezért számos filozófus kezdte el a közelmúltban a diszpozicionalizmus valamilyen változatának a kidolgozását. Ezek közé tartozik Bird (2007), Pruss (2002), Borghini és Williams (2008), Jacobs (2010), valamint Anjum és Mumford (2018). (Wildman 2020)

Ebbe a sorba illeszkednek Huoranszki Ferenc (Huoranszki 2022) és Barbara Vetter kutatásai is. Jennifer McKitrick szerint Barbara Vetter könyve kiemelkedik a mostanában a diszpozíciókról írt könyvek közül, ezért most csak az ő elméletével foglalkozunk röviden.

> Vetter szerint, amikor azt állítjuk, hogy valaminek valamilyen hajlama van, mint például a törékenység vagy a gyúlékonyság, akkor mondunk valamit arról, hogy mire képes az a valami, például eltörni vagy égni. A diszpozíciós fogalmak a modális fogalmak egy szélesebb osztályának tagjai, amelyek közé tartozik a szükségszerűség, a lehetőség, az ok-okozati összefüggés, a törvények és a lényeg. Vetter alapgondolata az, hogy a potencialitások alapvetőek, és többi modális fogalmat ezek alapján kell értelmezni. (McKitrick 2019)

Vetter szerint reménytelen vállalkozás a modális fogalmakat tisztán nem-modális fogalmakra visszavezetni. Gyümölcsözőbb megközelítés, ha kiválasztunk egy redukálhatatlan modális fogalmat, amit primitív alapfogalomnak tekintünk, és a további modális fogalmakat erre vezetjük vissza.
Vetter megkülönbözteti a képességet, potencialitást (potentiality) a lehetőségtől (possibility), és az utóbbit az előbbire alapozza. Központi gondolata az a belátás, hogy a potencialitásnak (képességnek) fokozatai vannak, mértéke van. Pl. Egy fizikai tárgy különböző mértékben lehet törékeny, és csak akkor tartjuk törékenynek, ha ez a mérték meghalad egy küszöbértéket. Így fogalmaz: „x [törékenyebb]

mint y pontosan akkor, ha azon világok aránya, amelyekben x-nek releváns belső tulajdonsága, hogy törik, nagyobb, mint azoknak a világoknak az aránya, ahol y -nek releváns belső tulajdonsága, hogy törik." (Vetter 2015:78) Figyeljünk föl arra, hogy a mérnökök és fizikusok nem így értelmezik a törékenységet. Meghatároznak egy mérési eljárást a törékenység mérésére, és a törékenységhez a mérés alapján számokat rendelnek, mely számoknál a nagyobb (vagy kisebb) érték jelenti a nagyobb törékenységet. Vetter elmélete szerint a potencialitásnak sok különböző válfaja van: belső képesség (intrisic potentiality), összekapcsolt képesség (joint potentiality, pl. zongora négykezes játszása), külső képesség (extrinsic potentiality, bizonyos légtornász mutatvány előadásának képessége), egymásra épülő képesség (iterated potentiality, olyan barátság ápolásának képessége, aki tud bridzselni). Nem siklik el a figyelme a soha nem megvalósuló, soha meg nem nyilvánult belső képességek problémája fölött. Kritikusai szerint ez egy homályos pontja a koncepciójának. Vetter vitatja a diszpozíciók szokásos kondicionális elemzését. A szokásos értelmezésben pl. ha x törékeny, akkor (ha x-et leejtettük volna, akkor x eltört volna.) Szerinte ezért nem jó ez az értelmezés, mert ha puha felületre esik egy törékeny tárgy, akkor nem törik el, illetve, egy törhetetlen pohár is eltörik, ha nagykalapáccsal ütünk rá. Szerinte „…az alkalmas feltételek hatalmas minőségi és mennyiségi sokfélesége miatt nem világos, hogyan lehetne megfelelően meghatározni azokat az ingerfeltételeket, amelyek mellett csak a releváns esteket vesszük számba."(Wildman 2020) Ezek után Vetter keretelméletében a központi modális fogalmak alapgondolata így alakul:

> Lehetséges, hogy $p :=$ valaminek (valamiknek) van, volt vagy lesz olyan iterált (egymásra épülő) képessége, hogy fennálljon p (Vetter 2015:199)
>
> Szükségszerű, hogy $p :=$ semminek nincs, nem volt vagy nem lesz olyan képessége, hogy fennálljon nem-p (Vetter 2015:203)

Jessica Leech rávilágít, hogy Vetternek, a modalitást a potencialitás fogalmára visszavezető teóriája hasonlít Kit Fine esszencialista nézetéhez, amely szerint a dolgoknak van egy lényegi (esszenciális) természete, és metafizikailag szükségszerű, hogy p pontosan akkor, ha a dolgok esszenciális természete alapján igaz, hogy p. Mindkét felfogás a nem-lokalizált metafizikai modalitást a modalitás lokális, egyedi dolgokhoz kötött felfogásával alapozza meg. De amíg az esszencialista a szükségszerűségeket megalapozó lényegiségből (esszenciákból) indul ki, addig Vetter a lehetőségeket megalapozó potencialitásokból indul ki. (Leech 2017).

Vetter felfogásában:

x – oldható := x – nek van olyan fizikai-kémiai tulajdonsága, hogy képes feloldódni

Érdemes ezt összevetni Carnap klasszikusnak számító redukciós axióma megközelítésével (Carnap 1972):

x – oldható $\rightarrow$ (ha x-et vízbe tesszük T-idő tartományban, akkor, ha x oldható, akkor x feloldódik T-idő tartományban)
x – nem oldható $\rightarrow$ (ha x-et vízbe tesszük T-idő tartományban, akkor, ha x nem oldható, akkor x nem oldódik fel T-idő tartományban)

Carnap felfogása közelebb áll a mérnöki és természettudományok gondolkozásmódjához, mert azok (túlnyomórészt) extenzionális logikát használnak, bár a formulák változói értelmezési tartománya lehetséges értékek halmaza, és nem tényleges értékek halmaza.

Vetter a következő képpen fogalmazza meg a „could" modális terminus igazságfeltételeit:
(Could): „Ha xF lenne, akkor 'xG' igaz lehetne/volna, ha x-nek van egy olyan iterált potencialitása, hogy G legyen, és az, hogy xF, egy korábbi állapota ennek az iterált potencialitásnak"(Vetter 2015: 226). Ez azonban mélyebb elemzésben különbözik a 'would' jelentésétől. Giulia Casini szerint így összegezhetjük a különbséget a might/could- és a would jelentése között (a fogalom dinamikus=alethikus értelmében): az előbbi azt jelzi, hogy a következmény lehetséges az előzmény fennállása esetén, míg az utóbbi pedig azt jelzi, hogy a következmény szükségszerű az előzmény fennállása esetén.[12] A két fogalom közötti kapcsolatot Casini szerint Vetter koncepciója túlságosan leegyszerűsítve kezeli, és további részletesebb kidolgozásra szorul.

Ugyanakkor a modalitás diszpozicionalista értelmezése egy komoly nehézséggel néz szembe. Hogyan vezethető vissza a „Lehetséges, hogy holnap eső lesz." kijelentés diszpozíciós állításra? Vetter úgy válaszolja meg a kérdést, hogy a disz-

[12] David Lewis így formulázza meg a két fogalom közötti kapcsolatot: I. „If it were that P, it would be that Q" can be translated as „It is not the case that if it were that P, it might be that not Q". II.„If it were that P, it might be that Q" can be translated as „It is not the case that if it were that P, it would be that not Q". (Lewis 1973:21)

pozíciók helyett potencialitásról beszél.

A potencialitások több szempontból is különböznek a diszpozícióktól. A potencialitások nem kontextusfüggők, továbbá, míg a szokásos diszpozíciós leírások jellemzően azt sugallják, hogy a feltételre adott válasz valószínűsége igen nagy, addig a potencialitások megnyilvánulásának valószínűsége a valószínűtlen és a szükségesszerű között mozog. A potencialitások tehát széles skálán mozognak. Vetter a potencialitásokat tulajdonságnak tekinti, és a tulajdonságokat realistaként értelmezi. Ebben a szellemben egy tulajdonság teljes egészében instanciálódik (teljes egészében jelen van) egy fizikai tárgyban, amelyik birtokolja a tulajdonságot. A potencialitások tulajdonságok, tehát azok is teljes egészében instanciálódnak a tárgyakban. Tegyük fel, hogy van egy nagyon törékeny pezsgős poharam, és a kevéssé törékeny teás csészém. A két tárgy törékenysége, mint két különböző potenciális tulajdonság eltér egymástól. De akkor miképp lehet ez a két különböző tulajdonság, azaz a két különböző törékenység mégis egyazon tulajdonság, azaz egyaránt a törékenység manifesztációja? Egy lehetséges válasz erre a problémára az univerzálék hierarchiáját feltételezi, ahol a magasabb szintű univerzálék alacsonyabb szintű univerzálékat tartalmaznak.

> A magasabb rendű univerzálék nem közvetlenül vannak jelen a tárgyakban, hanem közvetve, azáltal, hogy alacsonyabb rendű determinált univerzálisék instanciálódásai. Mivel ez a hierarchikus felfogás olyan univerzálékat feltételez, amelyek nincsenek jelen egyetlen egyedi tárgyban sem, természetesebb ezt egyfajta transzcendens realizmusnak nevezni, amely szerint az univerzálék létezhetnek anélkül, hogy egyedi tárgyakban megvalósulnának. Egy ilyen platóni nézet azonban feszültségben áll Vetter eredeti motivációval, hogy a modalitást végső soron a tényleges, konkrét tárgyak létezésére alapozza. (Mckitrick 2018)

Vetter metafizikai elmélete szélesebb körben alkalmazható, mint a most bemutatott kibernetikai felfogás, de egyik teória sem képes megbirkózni a lehetségesen létező vagy nem létező tárgyak problémájával, amire viszont Lewis realizmusa képes. Ez azért nagy hiányosság, mert a filozófusok többsége szerint minden fizikai tárgy létezése kontingens, és erről valahogy számot kell adjon egy filozófiai magyarázat.

Gabriele Contessa megjegyzi, hogy Vetter elmélete a modális fogalmakról kevéssé illeszkedik a világról alkotott természettudományos felfogásunkhoz (Contessa 2016), ami viszont előnye az automata modelleknek.

16. Zárszó

A bolygók számának esetlegességéről vagy az Alkonycsillag és Hajnalcsillag szükségszerű azonosságáról szóló filozófiai spekulációk kevésbé szerencsések, mert keveset tudunk arról, hogyan alakult volna a Naprendszer története, ha a Nagy Programozó másként határozta volna meg a kezdeti feltételeket. Ráadásul, amit tudunk, azt egyszerű matematikai-logikai eszközökkel nem lehet jól modellezni. A közepes méretű fizikai tárgyakat, gépeket vagy élőlényeket irányító természeti törvények sokkal jobban modellezhetők. Az, hogy lehetetlen, hogy egy piszkavas hosszú ideig a tűzben hagyva hideg maradjon, sokkal védhetőbb álláspont, mint az, hogy lehetetlen, hogy a Vénusz bolygó helyett két bolygó legyen az égen. Arisztotelész bölcsen tette, hogy ezekre a dolgokra koncentrált, még ha nem is volt tudatában annak, hogy ezek nem a világegyetem tipikus entitásai. A filozófia szempontjából az automaták elmélete lehetővé teszi a filozófiai szükségszerűség fogalmának kellően általános, és formálisan szabatos megfogalmazását, mert a filozófia szempontjából a természettörvények logikai felépítése lényeges. Az automata modell összefüggéseket határoz meg, és nem tekinti a tárgyat ad hoc tulajdonságok halmazának. Azt sem kell eldöntenünk, hogy mik egy tárgy lényegi és esetleges tulajdonságai ; a modell megmondja, hogy mi a tárgy azáltal, hogy rögzíti, hogyan viselkedik a környezetében. A modell ismeretében viszont a lehetőség és a szükségszerűség fogalma a tárgyak tulajdonságai közötti viszonyokra redukálható, ha az automatákat élőlények vagy fizikai entitások modelljének tekintjük.

A modális fogalmak truthmaker-jei a választott ontológia függvényei. Az ontológiák azonban keretelmélet függők, gyakran a használt nyelvtől *is* függ, hogy mit keresünk, és mit találunk a világban. Akár lehetséges szituációkkal, akár tényellenes tulajdonságokkal, akár természeti törvényekkel népesítjük be a világot, mindegyik választásnak lesznek előnyei és lesznek hátrányai. Világnézet függő, hogy ezek közül melyiket preferáljuk, melyikkel alapozzuk meg a modális fogalmakat. A modalitás itt bemutatott automata modell alapú keretelmélete a fizikai tárgyakon kívül elkötelez bennünket a természeti törvényekben, mint platóni univerzálékban való hitben. A természeti törvények instanciáit szimulálják a tárgyak viselkedését leíró automaták.

Logikai szempontból a szükségszerűség itt bemutatott felfogása Rudolf Carnap felfogásának egyfajta értelmezése és továbbgondolása (Carnap 1947). Carnap felfogásában egy p mondat akkor szükségszerű, ha p levezethető az L-szabályokból. Ez hasonló az én értelmezésemhez, ahol p mondat akkor szükségszerű, ha az automata szabályaiból levezethető. Az automaták működését leíró függvények azt írják le, hogy mi lenne az automata kimeneti állapota, ha a bemenete egy adott állapot lenne. Az automaták működését leíró függvények tehát valójában kontrafaktuális függőségeket írnak le. A diszpozíciókra alapozó megközelítés ezért összhangban van az automaták működésén alapuló keretrendszerrel.[13]

Az én felfogásomban a szükségszerűség keretrendszerhez kötött, és nem operátor, hanem metanyelvi predikátum, és így triviálisan nem iterálható. (Halbach 2009) Jelenleg nem látom át, hogy koncepcióm lényege átalakítható-e olyan módon, hogy ez a korlátja megszűnjön. Nincs szükség a modellek által leírt tárgyakon kívüli lehetséges világok feltételezésére, mert a lehetséges világok az automaták belső és külső állapotainak mint lehetséges állapotoknak a halmazára redukálódnak. Azonban annak a feltételezésére szükség van, hogy az egyedi fizikai tárgyakon kívül természeti törvények is léteznek, melyeket lehetséges fizikai állapotok közötti, fizikai jellemzőket tartalmazó matematikai formulák segítségével írunk le, modellálunk. Ily módon az automaták által szimulált fizikai tulajdonságok két dolgot tesznek értelmessé:

i. A tulajdonságok a modellekhez, mint azok lehetséges állapotaihoz viszonyítva léteznek, ami filozófiailag azt jelenti, hogy a fizikai tulajdonságok a tárgyakhoz, mint természeti törvény instanciákhoz kötötten léteznek, de maguk a természeti törvények önálló létezők, nem azonosak instanciáik halmazaival. Ez a platonista felfogás jelenik meg az objektumorientált programozási nyelvek, vagy az adatbázisok fölépítésében. A programozási nyelvben létezhetnek olyan tulajdonságok, amelyeknek nincsen példánya, hasonló ez ahhoz, hogy egy adatbázisban létezhet olyan mező, amelyiknek semelyik rekordnál nincsen értéke.

ii. A tulajdonságok hatóköre nem korlátozódik azokra az értékekre, amelyeket az objektumok jelenleg felvesznek vagy felvettek, hanem kiterjed az összes lehetséges értékre. Ez azért van így, mert a működést meghatározó összefüggések az összes lehetséges állapot közötti átmenetet határozzák meg, nem csak az aktuális állapotokat. Így magukban foglalják az összes le-

[13] Bár Vetter – mint említettem – elveti a diszpozíciók kondicionális analízisét, ami ellentmond az automata elméleti modellnek.

hetséges állapot halmazát, és minden egyes állapot a fizikai objektum diszpozíciós tulajdonságainak leképezése.

Ha a fizikai tárgyakat empirikus tulajdonságaik rendszerének tekintjük, akkor ebben a felfogásban a tárgy azonos az őt szimuláló modellel. Ez egyben választ ad a fizikai tárgyak önazonosságának kérdésére is. Bár a tárgy változik, a környezeti hatásokra válaszoló belső összefüggései változatlanok, és működési szabályai előre jelzik a különböző környezeti feltételek hatására létrejövő tényleges tulajdonságait.

A modellek működő verziója letölthető az internetről:

Piszkavas: `https://sht.andrasek.hu/poker-en.xlsx`
Drót: `https://sht.andrasek.hu/wire-model.xlsx`

Irodalom

– Anjum, Rani Lill, and Mumford, Stephen 2018. *What Tends to Be*. Routledge.

– Altrichter Ferenc 1993. „A győzedelmes argumentum” in. *Észérvek az európai filozófiai hagyományban*. Atlantisz.

– Ádám András - Katona Gyula - Bagyinszky János 1972. *Véges automaták*. A Matematikai Kutató Intézet tanfolyamának jegyzete.

– Bekő Éva 2011. Legyőzhető-e a győzedelmes argumentum? *Elpis* 2011/2.

– Bell, John Lane - Machover, Moshé 1977. *A Course in Mathematical Logic*. North-Holland. 44-46.

– Bird, Alexander 2007. *Nature's Metaphysics*. Oxford University Press.

– Borghini, Andrea & Williams, Neil E. 2008. „A dispositional theory of possibility”. in *Dialectica*, 62 (1) 21-41.

– Casini, Giulia 2022. Potentiality and Would-Counterfactuals. *Argumenta* 7, 2. 505-522

– Carnap, Rudolf 1947/1988. *Meaning and Necessity: A Study in Semantics and Modal Logic*. University of Chicago Press.

– Carnap, Rudolf 1936/1972. Ellenőrizhetőség és jelentés (Testability and Meaning) in. *A Bécsi kör filozófiája* ford. Altrichter Ferenc és Fehér Márta. Gondolat. 406.

– Chalmers, David John 1996. Does a Rock Implement Every Finite-State Automaton? *Synthese*. Volume 108, number 3. 309-333 `http://consc.net/papers/rock.html`.

– Contessa, Gabriele 2016. „Potentiality: From dispositions to Modality, by Barbara Vetter”. *Mind* 125 (500). 1236-1244.

– Daciuk, Jan 1998. *Incremental Construction of Finite-State Automata and Transducers, and their Use in the Natural Language Processing*. Ph D. dissertation, Technical University of Gdańsk, Poland. `http://www.jandaciuk.pl/thesis/node12.html`.

– Edmonds, David - Eidinow, John 2002. *Wittgenstein's Poker: The Story of a Ten-Minute Argument Between Two Great Philosophers*. HarperCollins.

– Franks, Curtis 2023. Propositional Logic. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2023 Edition), Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.). 2.1.2 Truth-functional completeness. https://plato.stanford.edu/archives/fall2023/entries/logic-propositional/.

– Fredkin, Edward (1934 – 2023) *Finite Nature*. https://web.archive.org/web/20170729191558/http://www.digitalphilosophy.org/.

– Halbach, Volker, and Philip Welch 2009. „Necessities and Necessary Truths: A Prolegomenon to the Use of Modal Logic in the Analysis of Intensional Notions." *Mind*, vol. 118, no. 469. 71–100. JSTOR, http://www.jstor.org/stable/20532733.

– Hämäläinen, Timo D. 2006. *Sequential Systems*. Retrieved February 21, 2007 of Tampere University of Technology, Institute of Digital and Computer Systems. http://www.tkt.cs.tut.fi/kurssit/1200/S06/Luennot/Materiaali/TKT-1200_lect_4.pdf 37,40.

– Huoranszki Ferenc 2022. *The Metaphysics of Contingency: A Theory of Objects' Abilities and Dispositions*. Bloomsbury.

– Jacobs, Jonathan D. 2010. A powers theory of modality: or, how I learned to stop worrying and reject possible worlds. *Philosophical Studies*. 151 (2) 227-248.

– Kimpton-Nye, Samuel 2018. *Common Ground for Laws and Metaphysical Modality*. Dissertation, King's College London. https://kclpure.kcl.ac.uk/ws/portalfiles/portal/103560842/2018_Kimpton_Nye_Samuel_0812497_ethesis.pdf.

– Kleene, Stephen Cole 1967/2002. *Mathematical Logic*. Dover Publications.45-49.

– Leech, Jessica 2017. Potentiality. *Analysis* 77 (2). 457-467.

– Lewis, David Kellogg 1973. *Counterfactuals*. Oxford: Blackwell.

– McTaggart, J.M.E. 1927/1993. „The Unreality of Time". in Le Poidevin, Robin and McBeath, Murray (eds) *The Philosophy of Time*.OUP. 28.

– McCarthy, John and Hayes, Patrick J. 1969. *Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence*. http://www-formal.stanford.edu/jmc/mcchay69/node22.html

– McKitrick, Jennifer 2019. Barbara Vetter: Potentiality: From Dispositions to Modality. *Erkenntnis* Vol.84 No.5. 1179-1182

– Mealy, George H. 1955. A Method for Synthesizing Sequential Circuits. *The Bell System Technical Journal*, vol. 34. 1045–1079.

– Putnam, Hilary 1988. *Representation and Reality*. MIT Press. 120-125.

– Shoenfield, Joseph R. 1967. *Mathematical Logic*. New York: CRC Press.43-45.

– Sider, Ted 2020. *Philosophy of Time*. https://tedsider.org/teaching/215/HO_McTaggart.pdf.

– Vetter, Barbara 2015. *Potentiality: From Dispositions to Modality*. OUP.

– Wagner, Ferdinand and Wolstenholme, Peter 2004. „Misunderstandings about state machines." *Computing & Control Engineering Journal* 15. 40-45.

– Wildman, Nathan 2020. Potential problems? Some issues with Vetter's potentiality account of modality. *Philosophical Inquiry* 8 (1):167-184.

– Wolfram, Stephen 2002. *A New Kind of Science*. Wolfram Media, Inc. ISBN 1-57955-008-8. https://www.stephenwolfram.com.