Kvantummacskák és más kvantumhuncutságok I. rész

*Röpke gondolatok **John Gribbin** könyvét olvasva*[1]

Meglehetősen eklektikus írás **John Gribbin** *Számolás kvantummacskákkal – A számológépektől a számítógépekig, a Colossustól a kubitekig* című könyve. Keveredik benne a tudománytörténet, valamint néhány tudós életrajzi elemei és az informatika fejlődésének bemutatása, kiegészítve a kvantumszámítógépek elméletének és gyakorlati próbálkozásainak ismertetésével.

A könyv első egyharmada **Turing** és **Neumann** életrajzán keresztül mutatja be a számítástechnika kezdeteit. A második harmad elsősorban **Feynman** és **Bell** munkásságán keresztül vezet be a kvantumszámítógépek lehetőségének tárgyalásába. Végül az utolsó harmad a kvantumszintű számolás kilátásait, nehézségeit és kezdeti technikai megoldásait mutatja be.

Szokásomhoz híven nem a könyvet fogom bemutatni néhány íráson keresztül, hanem azokat a gondolataimat, amelyek a könyv olvastán ötlöttek fel bennem. Vannak köztük régi gondolatok, és néhány új ötlet is, melyek részletesebb kifejtését későbbre hagyom.

Schrödinger és a kiscica

Régóta furcsállom a **Schrödinger**-macska körüli felhajtást. Két- vagy több rendszer összefonódásán azt értik, hogy az egyes rendszereket nem lehet egymástól függetlenül leírni. Nem egészen értem, hogy a kvantum-macska – és egyáltalán bármi – miképp lehet önmagával összefonódva, azaz a macska esetében élő-holt állapotban. Mivel úton-útfélen sok szó esik erről a gondolatkísérletről, ezért érdemes részletesebben is áttekinteni.

A macska két egymást kizáró (kvantummechanikailag ortogonális) állapotban lehet; élő – jelöléssel $|\boldsymbol{E}\rangle$ –, vagy halott állapotban; jelöléssel $|\boldsymbol{H}\rangle$. Ezen állapotokat – normálásukat feltételezve – ortonormált bázisoknak tekinthetjük a macska állapotának valószínűségi leírásában. Így a valószínűségi leírás a következő:

$$|\boldsymbol{M}\rangle = \boldsymbol{m_1}|\boldsymbol{E}\rangle + \boldsymbol{m_2}|\boldsymbol{H}\rangle \tag{1}$$

ahol m_1 és m_2 valószínűségek, és az egyenletet a valószínűségekre vonatkozóan normált. Hasonlóan a gyilkos szerszám, mint gép ki-bekapcsolt állapotának megfelelő ortonormált bázisok a $|\boldsymbol{K}\rangle$ és a $|\boldsymbol{B}\rangle$ állapotok, így a valószínűségi leírás a következő

$$|\boldsymbol{G}\rangle = \boldsymbol{g_1}|\boldsymbol{K}\rangle + \boldsymbol{g_2}|\boldsymbol{B}\rangle \tag{2}$$

amelyben g_1 és g_2 valószínűségek, és szintén normáltak. A macska és a gyilkos gép kettős rendszerének kvantum-állapota a következő

$$|\boldsymbol{M}\rangle|\boldsymbol{G}\rangle = \boldsymbol{\xi_1}|\boldsymbol{E}\rangle|\boldsymbol{K}\rangle + \boldsymbol{\xi_2}|\boldsymbol{H}\rangle|\boldsymbol{K}\rangle + \boldsymbol{\xi_3}|\boldsymbol{E}\rangle|\boldsymbol{B}\rangle + \boldsymbol{\xi_4}|\boldsymbol{H}\rangle|\boldsymbol{B}\rangle \tag{3}$$

Ahol $\boldsymbol{\xi_i}$ i=1,2,3,4 normált valószínűségek. Az $|\boldsymbol{E}\rangle|\boldsymbol{B}\rangle$, azaz a macska élő, és a gép bekapcsolt, azaz gyilkos állapotának, továbbá a $|\boldsymbol{H}\rangle|\boldsymbol{K}\rangle$**,** azaz a macska halott, és a gyilkos szerszám kikapcsolt állapotának a valószínűsége nulla, így a (3) leírás a következőre redukálódik:

[1] **John Gribbin**; *Számolás kvantummacskákkal – A számológépektől a számítógépekig, a Colossustól a kubitekig*

$$|\boldsymbol{M}\rangle|\boldsymbol{G}\rangle = \boldsymbol{\xi_1}|\boldsymbol{E}\rangle|\boldsymbol{K}\rangle + \boldsymbol{\xi_4}|\boldsymbol{H}\rangle|\boldsymbol{B}\rangle \tag{4}$$

Az egyenlet bal oldalán a macska- és gépállapot „szorzata” *és* kapcsolatot jelent, az egyenlet jobb oldalán leírt állapot egy lineáris szuperpozíció. A szuperpozícióban szereplő állapotok viszont két egymást kizáró állapotnak az $|\boldsymbol{E}\rangle|\boldsymbol{K}\rangle$ – a macska él, a gép kikapcsolt állapotban – valamint a $|\boldsymbol{H}\rangle|\boldsymbol{B}\rangle$ – a macska halott, a gép bekapcsolt – állapotoknak a *vagylagos* kapcsolatát jelenti. Vegyük észre, hogy az $|\boldsymbol{E}\rangle|\boldsymbol{K}\rangle$ valamint a $|\boldsymbol{H}\rangle|\boldsymbol{B}\rangle$ szintén *és* kapcsolatokat jelentenek, de ezek a macska *és* a gép állapotainak *és*-kapcsolatai. Sehol nem látunk a leírásban *és* kapcsolatot a macska élő *és* halott állapota, azaz $|\boldsymbol{E}\rangle$ *és* $|\boldsymbol{H}\rangle$ között. Ezért nemcsak a józanészre hivatkozva, de a matematikai leírás alapján is helytelenítem, ha valaki azt hiszi, hogy ez a kvantummechanikai leírás azt jelentené, hogy a macska egy időben van élő *és* halott állapotban a tudatlan külső megfigyelő számára, amíg nem végzi el a mérést, azaz nem kap információt vagy a macska, vagy a gyilkos szerszám aktuális állapotáról. Ennek megfelelően **Schrödinger** macska-hasonlata nem alkalmas a valóság létének megkérdőjelezésére. Fontosnak tartom megjegyezni – amit a fenti leírás is látványosan tükröz – hogy az úgynevezett összefonódást *nem* a lineáris szuperpozíció vagylagos összegzési műveletei írják le, hanem az *és*-kapcsolatok: az *és* kapcsolatban álló két rendszer állapota egyenlő egy szuperpozícióval leírt állapottal, azaz egy lineáris szuperpozíció plusz műveleteivel összegzett, egymást kizáró valószínűségi lehetőségek egyikével.

Értetlenül állok az előtt, hogy még ma is sok tájékoztató irodalom – így **John Gribbin** könyvei is – a valóság megkérdőjelezésére hozzák fel példaként a cicás hasonlatot. Még **Roger Penrose** is egyik könyvében[2], ahol egyébként hangsúlyosan felhívta az olvasók figyelmét a kvantum-műveletek *és* valamint *plusz* műveleteinek különbségére, mégis használja a macska élő-halott állapotának lineáris kombinációját – a fenti levezetésben látható, hogy ez egyrészt *vagylagos* kapcsolat, másrészt még ilyenként sem fordul elő „tisztán”, hanem a gép-állapottal együtt. **Penrose** sajnos nem kérdőjelezi meg határozottan ennek a – szerintem hibás – lineáris kombinációnak a valódiságát, mindössze az ezzel kapcsolatos álláspontokat sorolja fel.

A témát illetően érdemes még egy-két szóval kitérnem a hullámegyenlet mérés okozta összeomlására. Véleményem szerint a hullámegyenlet úgynevezett összeomlása nem más, mint a folytonos hullámegyenletről áttérni a diszkrét valószínűségi állapotok egyikére, azaz matematikailag a hullám valószínűségi amplitúdóiról áttérek a hullámintenzitásra, azaz az amplitúdó-négyzetre. A tapasztalt valószínűség értéke ekkor egyezik meg az elméleti modellből számítottal. Az amplitúdóról az intenzitásra való áttérés tulajdonképpen azonos egy esemény felnagyításával. Erről a témáról még sokat fogok írni a jövőben, most egyelőre hivatkozom egy korábbi cikkemre[3], ahol arról írtam, hogy a klasszikus valószínűségek is egy speciális kételemű szám, konkrétan a parabolikus (duális) számok, mint valószínűségi amplitúdók norma-négyzetéből számíthatóak, azaz klasszikusan valós szám jellegük csak számítási eredmény, és a „négyzetes-törvény” ebben az esetben is megjelenik, méghozzá hasonlóan egyfajta felnagyítás értelemben. Ez utóbbi még magyarázatra szorul, de erre most nem térek ki.

---

[2] **Roger Penrose**, *„A császár új elméje – Számítógépek, gondolkodás és a fizika törvényei”*, 6. fejezet: Kvantumvarázslatok, kvantumtitkok (Sokrészecskés rendszerek 304. oldal, Schrödinger macskája 320. oldal)

[3] Lásd a *„Széljegyzetek **Andrei Khrennikov** hiperbolikus kvantummechanikájához” című cikket;* http://www.infinitemath.hu/index.php/egyeb/item/201-sz%C3%A9ljegyzetek-andrei-khrennikov-hiperbolikus-kvantummechanik%C3%A1j%C3%A1hoz.html