

Zárójelentés a
Korrelációk és magyarázataik c.
(43642 számú)

OTKA tematikus pályázat támogatásával végzett kutatásokról

Témavezető: Rédei Miklós

2007 Február 28

A kutatások során az alábbi területeken értünk el eredményeket:

- Valószínűség-elméletek kauzális zártsága
- Reichenbachi-i közös ok rendszerek vizsgálata
- Kvantum korrelációk közös ok típusú magyarázatainak lehetősége
- Kvantum valószínűségelmélet története és interpretációs kérdései
- Speciális reletivitáselmélet filozófiai problémái

A kutatási eredményeket 24 publikációban közöltük (ezek közül 19 angol nyelvű, melyből 10 a referált nemzetközi folyóiratban megjelent ill. közlésre elfogadott dolgozat), és előkészületben van két könyv: [1] a valószínűségi kauzalitás területén folytatott kutatásainkat foglalja össze, valamint [2] a relativitáselmélet alapjairól. Részben a jelen OTKA támogatásával készült el a Neumann János válogatott leveleit tartalmazó kötet [12] amely az *American Mathematical Society* kiadásában jelent meg 2005-ben. A pályázat résztvevői tartottak továbbá 15 nemzetközi konferencia és 14 egyéb (szemináriumi és meghívott) előadást. 2005 szeptemberében a *European Science Foundation* támogatásával (a jelen OTKA pályázatból egy minimális összeget fölhasználva) Budapesten a pályázat résztvevői nemzetközi konferenciát szerveztek *Philosophical and Foundational Issues in Quantum Theory* címmel. Alább röviden összefoglaljuk (a technikai részletek teljes mellőzésével) a legfontosabb elért eredményeket.

1 Eredmények

A [3] dolgozat olyan tételeket bizonyít, melyek klasszikus (Kolmogorov-i) valószínűségi mértékterek kauzális teljességére vonatkoznak. Egy valószínűségi mértékteret akkor nevez a dolgozat kauzálisan zártnak egy R kauzális függetlenségi relációra nézve, ha minden olyan korrelációnak, mely az R kauzális reláció értelmében kauzálisan független események között áll fenn, létezik a mértéktérben Reichenbachi-i közös oka. A dolgozat egyebek mellett az alábbi állításokat bizonyítja:

- Véges eseményterű klasszikus valószínűségi mértéktér nem lehet közös ok zárt egy olyan R kauzális függetlenségi relációra nézve, mely *bármely* két esemény között fennáll.
- Az 5 atom által generált eseményterű mértéktér kauzálisan zárt bármely olyan kauzális függetlenségi relációra nézve, mely két, logikailag független esemény között fennáll, de az 5 elemű eseménytér az egyetlen ilyen tulajdonságú véges eseménytér.
- Egy véges eseménytérrel rendelkező mértéktér lehet kauzálisan zárt egy R kauzális függetlenségi relációra nézve, ha R legalább olyan erős, mint a logikai függetlenség.
- Atommentes mértékterek mindig kauzálisan zártak bármely R esetén.

A [3] dolgozat megfogalmaz továbbá több nyílt problémát a kauzális zártságra vonatkozóan, és elemzi az állítások filozófiai-metafizikai következményeit.

Egy évek óta nyílt probléma a relativisztikus kvantumtérelmélet kauzális zártságának kérdése. A [10] dolgozat egy erre a problémára vonatkozó korábban bizonyított részeredményt ismertet és elemz. A részeredmény azért nem kielégítő, mert a térszerűen szeparált események közötti kvantumtérelmélet által jósolt korreláció közös okát nem tudja megfelelően lokalizálni.

A [4] dolgozatban megadtuk a Reichenbach-i közös ok fogalmának egy természetesnek látszó általánosítását arra az esetre, amikor nem egyetlen közös ok, hanem közös okok egy rendszere magyarázza a korrelációt, és [5]-ben bebizonyítottuk, hogy ha egy korreláció nem szigorú egy valószínűségi mértéktérben, akkor bármilyen N természetes szám esetén létezik a mértéktérnek olyan kiterjesztése, amelyben létezik N elemű Reichenbach-i közös ok rendszer. Nem ismert, hogy ez igaz-e akkor, ha a korreláció szigorú.

A [6] dolgozat a valószínűség szubjektív interpretációjánál használt felcserélhetőségi tulajdonságot és a Reichenbach-i közös ok definíciójában szereplő egyenlőtlenségek viszonyát vizsgálja. Megmutatja, hogy a kondicionálisan egyenlő közös okrendszer mögött a fent említett tulajdonság áll és bebizonyítja, hogy bármely nem szigorú korreláció esetén tetszőleges véges számosságú Reichenbach-i közös ok rendszer létezik további szimmetria megszorítások mellett is. A [8] cikkben megmutatjuk, hogy teljes korreláció esetén a Bell-egyenlőtlenség külön-közös-okokra épülő levezetése, melyet egy Bern-i kutatócsoport publikált 2005-ben, visszavezethető egy közös-közös-okokra épülő levezetésre. Megmutatjuk továbbá, hogy nem teljes korreláció esetében valóban létezik a Bell-egyenlőtlenségeknek egy eredendően külön-közös-okokra épülő levezetése. A [7] dolgozat az elmúlt öt évben a Reichenbach-i közös ok elvről folytatott kutatásaink magyar nyelvű rövid összefoglalását adja.

A [14] cikk Neumann Jánosnak az EPR típusú kvantum-korrelációkkal kapcsolatos felfogását vizsgálja Neumann Jánosnak egy Schrödingerhez írott, és a híres EPR cikk megjelenése után nem sokkal keletkezett levelére alapozva, amely először a [12] kötetben lett publikálva. Az írás kimutatja, hogy Neumann nem ért egyet Schrödingerrel abban, hogy a térbelileg szeparált fizikai rendszerek közötti korrelációk ellentmondásban vannak a relativitáselmélet kauzalitás felfogásával, mert Neumann lehetségesnek tartja az ilyen korrelációk közös ok típusú magyarázatát.

A [9] dolgozat Neumann János életét ismerteti röviden, és elemzi Neumann matematika-felfogását, kiemelve azt, hogy Neumann nagyon józan álláspontot foglalt el a matematikai szigor fogalmával kapcsolatban: történetileg változó fogalomnak tekintette, és hangsúlyozta a matematika empirikus eredetét. Szintén Neumann matematika felfogását elemzi a [15] dolgozat: A cikk ismerteti Neumann János felfogását Gödel nemteljességi tételeiről és a matematika természetéről az újabb tudománytörténeti felfedezések fényében. Ezen új eredmények világossá teszik, hogy Neumann Gödeltől függetlenül fölfedezte Gödel második nemteljességi tételét. A [13] és a [11] dolgozatok Neumann nézeteit elemzik a fizikában szükséges matematikai precizitásról, és az axiomatikus módszernek a fizikában játszott szerepéről. Ezen dolgozatok fő megállapítása, hogy Neumann a fizikában egy "opportunist, puha axiomatikus módszer"-t tartott követendőnek és követett maga is. A szóbanforgó puha axiomatikus módszert a kvantummechanika Neumann által adott axiomatizálásán mutatják be az írások.

A [18] dolgozat a kvantumlogika születésének körülményeit elemzi a Neumann és Birkhoff között 1935-ben zajlott levelezésre alapozva. Az írás választ ad arra kérdésre, hogy milyen filozófiai okok következtében utasította el Neumann és Birkhoff a kvantumlogika u.n. "standard" értelmezését. Szintén a kvantumlogika a tárgya a kisebb könyv terjedelmű [16] munkának: az írás a kvantumlogika történetét tekinti át a kezdetektől napjainkig a *The Handbook of the History of Logic* több kötetes sorozat számára.

A [17] cikk a kvantum valószínűségelméletet tekinti át, megmutatva, hogy a standard Hilbert-tér kvantum valószínűségszámítás a nem kommutatív mértékelmélet része, amelyet Neumann Jánosnak az operátoralgebrák terén végzett munkássága alapozott meg. A dolgozat kiemeli, hogy kvantumfizikai rendszerek matematikai leírásához szükség van olyan nem kommutatív valószínűségszámításra, mely más típusú, mint a Hilbert tér formalizmus. A dolgozat tárgyalja a nem-kommutatív valószínűségszámítás néhány olyan sajátosságát, amely olyan értelmezési problémákat vet fel, melyeknek nincs megfelelőjük a kommutatív esetben.

A [20] dolgozat a Lorentz kovariancia természetét elemzi, amellel érvelve, hogy a Lorentz kovariancia – ellentétben az általánosan elfogadott nézettel – nem univerzálisan érvényes természeti törvény, hanem csak bizonyos, már "egyensúlyba" jutott rendszerekre vonatkozóan áll fenn. A dolgozat állítását speciális fizikai rendszerek, és a Lorentz kovariancia elve tipikus alkalmazásainak elemzésével támasztja alá.

A [21] dolgozat amellel érvel, hogy a valóságban az eseményeknek nincs valami olyan tulajdonságuk, amit valószínűségnek lehetne nevezni. A valószínűség egy olyan gyűjtőfogalom, melynek konkrét tartalma esetről esetre változik, és különböző szituációkban más-más fizikai mennyiségekből származtatott

dimenziómentes paramétert jelent. Ennyiben a valószínűségek objektívek, mert a fizikai mennyiségek a fizikai világ objektív, mérhető tulajdonságait fejezik ki.

A [19] dolgozat egy konzekvensen fizikalista matematikafilozófiát fejt ki: az elképzelés szerint a matematikai jeleknek nincs jelentésük, a jelekből épülő axiomatikus rendszereket szigorúan mint fizikai létezőket kell felfogni, a jelek és a levezetések egyaránt a fizikai törvényeknek alávetett fizikai objektumok és folyamatok, a matematikai következtetés eredményeképpen előálló állítás igazsága egy fizikai kísérlet megfigyelt eredménye, a dedukció ilyenformán indukció.

2 Az OTKA támogatásával tartott konferencia előadások:

1. G. Hofer-Szabó: Reichenbachian Common Cause Systems
International Union of History and Philosophy of Science, Division of History of Science Biennial Conference, Oviedo, Spain, 2003
2. G. Hofer-Szabó: Reichenbachian common cause systems
Quantum Structures 2004, July 17-22, Denver, U.S.A.
3. G. Hofer-Szabó: Reichenbachian Common Cause Systems as Explanations
Philosophy, Probability and Physics (Summerschool), Konstanz, Germany, August, 2005
4. G. Hofer-Szabó: Bell's Inequality from Separate Common Causes
8th Biennial Conference of the International Quantum Structures Association (IQSA2006), July 9-14, Valletta, Malta, 2006
5. G. Hofer-Szabó: Separate-versus Common-Common-Cause-Type Derivations of the Bell Inequalities
Branching Spacetime (ESF Workshop), Cracow, Poland, October 23-25, 2005
6. M. Rédei: Excerpts from von Neumann's unpublished letters
Von Neumann Centennial Conference. Linear Operators and Foundations of Quantum Mechanics, October 15-20, 2003, Budapest, Hungary
7. M. Rédei: John von Neumann on mathematical and axiomatic physics
III International Conference on Science, Art and Culture. The Role of Mathematics in Physical Sciences. Interdisciplinary and Philosophical Aspects, August 25-29, 2003, Losinj, Croatia
8. M. Rédei: Common cause completability of probabilistic theories – recent results and open problems
5th International Conference of Analytic Philosophy (GAP5) Workshop “Philosophy and Probability”, September 20-22, 2003, Bielefeld, Germany
9. M. Rédei: Excerpts from von Neumann's unpublished letters
Quadrennial International Fellows Conference, Rytro, Poland, May 16-20, 2004
10. M. Rédei: Von Neumann's concept of quantum logic
51st Conference on History of Logic, Cracow, Poland, October 26-27, 2005
11. M. Rédei: When are quantum systems operationally independent?
European One-Day Conference on Philosophy and Foundations of Physics, Utrecht, May 24, 2006
12. M. Rédei: John von Neumann's opportunistic soft axiomatization of non-relativistic quantum mechanics
Sixth Congress of HOPOS, the International Society for the History of Philosophy of Science (HOPOS2006), Paris, France, June 14-19, 2006
13. M. Rédei: Logical and operational independence in quantum theory
ESF Exploratory Workshop, Applied Logic in the Methodology of Science Bristol, UK, September 8-10, 2006
14. L.E. Szabó: A szemantika fizikalista értelmezéséről
MAKOG 2003, Pécs

15. L.E. Szabó: A physicalist account of mathematical truth
Quadrennial International Fellows Conference Rytro, Poland, May 16-20, 2004
16. L.E. Szabó: Objective probability-looking things with and without objective indeterminism
Branching Spacetime (ESF Workshop), Cracow, Poland, October 23-25, 2005
17. L.E. Szabó: A fizikalista konklúziója: a nyelv alapvetően metaforikus
Metafora, trópusok, jelentés, Budapest, 2006
18. L.E. Szabó: Nem minden jelentéshordozó, amit értünk!
MAKOG 2006, Tihany

3 Az OTKA támogatásával tartott szemináriumi és egyéb előadások:

1. M. Rédei: Reichenbach's Common Cause Principle
Department of Logic and Philosophy of Science, University of California at Irvine, Irvine, U.S.A.;
May 2003
2. M. Rédei: Reichenbach's Common Cause Principle
Department of Philosophy, University of Ghent, April 2004
3. M. Rédei: Von Neumann's concept of quantum logic
Belgian Logic and Philosophy of Science Society, Brussels, Belgium, April 2004
4. M. Rédei: Some basic notions of operator algebra theory
Philosophy, Probability and Modeling Group, Center for Junior Research Fellows, University of
Konstanz, Konstanz, Germany July, 2004
5. M. Rédei: Can spacelike correlations predicted by algebraic relativistic quantum field theory be
explained by local Reichenbachian common causes?
Philosophy, Probability and Modeling Group, Center for Junior Research Fellows, University of
Konstanz, Konstanz, Germany, August 2004
6. M. Rédei: Projects based on utilizing the Lakatos Archive
Centre for Philosophy of Natural and Social Science, London School of Economics, London, England,
October 2004,
7. M. Rédei: Von Neumann's selected letters
Leo Apostel Centre, Free University of Brussels, Brussels, Belgium, June 2006
8. L.E. Szabó: A physicalist account of mathematical truth
Netherlands Institute for Advanced Study, Wassenaar, The Netherlands, October 2003.
9. L.E. Szabó: Does special relativity theory tell us anything new about space and time?
Department of History and Foundations of Mathematics and Sciences, University of Utrecht,
Utrecht, The Netherlands, December 2003.
10. L.E. Szabó: Does the principle of relativity hold in relativistic physics?
ELTE TTK Tudománytörténet és Tudományfilozófia Tanszék, 2004 szeptember
11. L.E. Szabó: Does special relativity theory tell us anything new about space and time?
ELTE TTK Tudománytörténet és Tudományfilozófia Tanszék, 2004 november
12. L.E. Szabó: Physicalist Metaphysical Foundation of Mathematics
Department of Logic, Catholic University of Leuven, Leuven, Belgium, June 2005
13. L.E. Szabó: Empirical foundation of the absolute theory of space and time
ELTE TTK Tudománytörténet és Tudományfilozófia Tanszék, Budapest, October 2006
14. L.E. Szabó: The metaphysical basis of logic and mathematics (A physicalist approach)
ELTE TTK Tudománytörténet és Tudományfilozófia Tanszék, Budapest, March 2006

References

- [1] G. Hofer-Szabó, M. Rédei and L.E. Szabó: *Explaining correlations* (kézirat, 100 oldal)
- [2] L.E. Szabó: *Empirist Studies on Special Relativity Theory* (kézirat, 130 oldal)
- [3] B. Gyenis, M. Rédei: When can statistical theories be causally closed?
Foundations of Physics **34** (2004) 1285-1303
- [4] G. Hofer-Szabó, M. Rédei: Reichenbachian Common Cause Systems
International Journal of Theoretical Physics **43** (2004) 1819-1826
- [5] G. Hofer-Szabó, M. Rédei: Reichenbachian Common Cause Systems of arbitrary finite size exist
Foundations of Physics Letters **35** (2006) 745-746
- [6] G. Hofer-Szabó: Exchangeability and conditionally identical common cause systems
International Journal of Theoretical Physics **45** (2006) 1308-1322
- [7] G. Hofer-Szabó: A reichenbachi közös ok elv metafizikája
Világosság 2006/5., 87-94
- [8] G. Hofer-Szabó: Separate- versus common-common-cause-type derivations of the Bell inequalities
Synthese (közlésre benyújtva)
- [9] M. Rédei: John von Neumann 1903-1957
European Mathematical Society Newsletter, March 2004, 17-20
- [10] M. Rédei, S.J. Summers: Remarks on causality in relativistic quantum field theory
International Journal of Theoretical Physics **44** (2005) 1029 - 1039
- [11] M. Rédei: John von Neumann on mathematical and axiomatic physics
in *The Role of Mathematics in Physical Sciences: Interdisciplinary and Philosophical Aspects*, G. Boniolo, P. Budinich and M. Trobok (eds.) (Springer, Dordrecht, 2005) 43-54
- [12] M. Rédei (ed.): *John von Neumann: Selected Letters* (American Mathematical Society and London Mathematical Society, Providence, Rhode Island, 2005)
- [13] M. Rédei, M Stöltzner: Soft axiomatization: John von Neumann on method and von Neumann's method in the physical sciences
in *Intuition and the Axiomatic Method*, E. Carson and R. Huber (eds.) Western Ontario Series in Philosophy of Science Vol. 70 (Springer, Dordrecht, 2006) 235-249
- [14] M. Rédei: Von Neumann on quantum correlations
in *Physical Theory and its Interpretation: Essays in Honor of Jeffrey Bub*, B. Demopoulos, I. Pitowsky (eds.) (Springer, 2006)
- [15] Csaba F., Rédei M.: 'Az intuicionizmus immár semmilyen alapon nem utasítható el' Neumann János Gödel nemteljességi tételeiről és a matematika természetéről
Matematika Lapok 11. évfolyam 2. szám (2006) 16-25
- [16] M.L. Dalla Chiara, R. Giuntini, M. Rédei: The History of Quantum Logic
in *The Handbook of the History of Logic Vol. 8*, D.M. Gabbay, J. Woods (eds.) (Elsevier Publishing Company) (megjelenés alatt)
- [17] M. Rédei, S.J. Summers: Quantum probability theory
Studies in the History and Philosophy of Modern Physics (közlésre elfogadva)
- [18] M. Rédei: The birth of quantum logic
History and Philosophy of Logic (közlésre elfogadva)
- [19] L. E. Szabó: Formal Systems as Physical Objects: A Physicalist Account of Mathematical Truth
International Studies in the Philosophy of Science **17** (2003) 117-125

[20] L. E. Szabó: On the meaning of Lorentz covariance
Foundations of Physics Letters **17** (2004) 479-496

[21] L. E. Szabó, Objective probability-looking things with and without objective indeterminism
Studies in History and Philosophy of Modern Physics (közlésre elfogadva)

A fenti lista csak a beszámolóban hivatkozott írásokat tartalmazza! A kutatás során készült publikációk teljes listája az OTKA weblapon található.