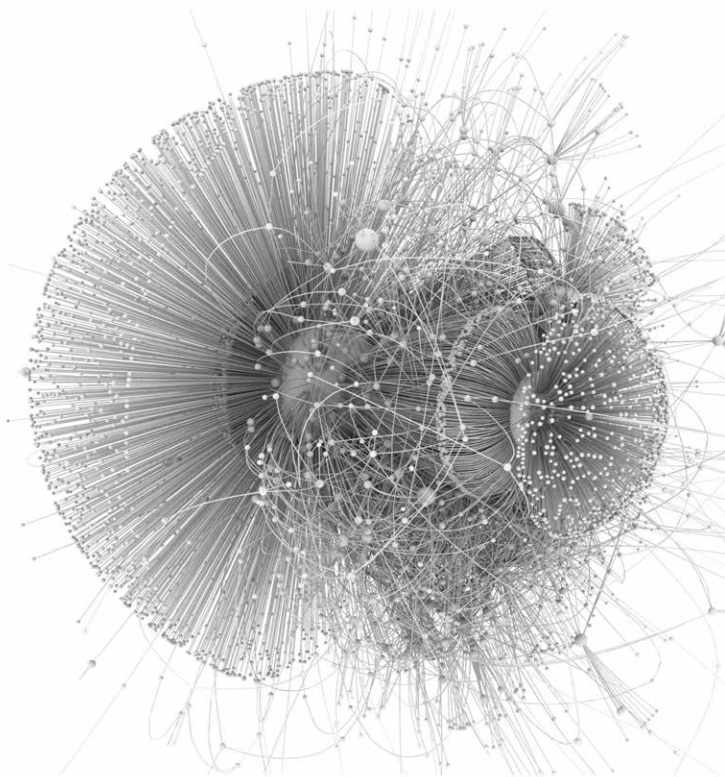


LUDWIG  
MÚZEUM



# BARABÁSILAB

Rejtett mintázatok /  
A hálózati gondolkodás nyelve

Hidden Patterns /  
The Language of Network Thinking

2020. 10. 10. – 2021. 01. 17.

# BARABÁSI LAB

Rejtett mintázatok /  
A hálózati gondolkodás nyelve

„Szeretném visszaadni a művészetnek  
mindazt, amit kölcsönvettem tőle...”  
(Barabási Albert-László)

2020. 10. 10. – 2021. 01. 17.

Ludwig Múzeum – Kortárs Művészeti Múzeum  
Ludwig Museum – Museum of Contemporary Art

Kurátor / Curator: KÉSZMAN József

A címlapon: *Álhir-hálózat*, 2018  
A.-L. Barabási, M. Martino, N. Dehmami, O. Varol  
On the cover: *Fake News*, 2018  
A.-L. Barabási, M. Martino, N. Dehmami, O. Varol

A kiállítás a hálózatkutatással foglalkozó BarabásiLab elmúlt 25 évben véghezvitt projektjei közül válogat. Fontos mérföldkőnek tekintett kutatások jelzik azt az utat, amely a vizualizációs modellek alakulását-fejlődését szemlélteti az egyszerű csomópontokból és élekből álló korai megjelenítésektől a harmadik dimenzióba kilépő adatszobrokig. A csúcstechnológia (MI, VR, AR) felhasználásával a hálózati ábrák és struktúrák szemléletesen értelmezik azokat a kapcsolatokat és összefüggéseket, amelyek egy-egy vizsgált jelenség háttérében húzódnak.

A kiállításon bemutatott projektek a legelső vizualizációs modelltől (1995) napjainkig, a kutatólabor aktuális, többek között a Covid-19 ellenszereként használható lehetséges hatóanyagok vizsgálatáig ívelnek. Valamennyiben közös a megjelenítés központi szerepe: a vizualizációs modellek nem egyszerűen szemléltetik a kapcsolatokat és hálózatokat, hanem az elképzelések és modellek közvetítő eszközei. A BarabásiLabban mint összetett kutató-megjelenítő csapatban központi helyet foglal el a designer. Noha a legtöbb projekt komoly esztétikai jelentőséggel bír, mégsem a művészet követése vagy a tudományvizualizáció eszköztárája a cél, hanem egy olyan, keresztdisziplinaritáson alakuló összjáték, ahol az eltérő tudományterületek, illetve a művészet eszközkészlete és fogalomtára képes egymást kiegészíteni, magyarázni. Az vizualizáció esztétikája mögött a tudományos kutatás és a megjelenítés párhuzamos, egymást kiegészítő működése áll.

A vizuális reprezentáció tudományos alkalmazása, az adatvizualizáció fejlődése hosszú utat járt be a legelső információs grafikától (Charles Joseph Minard, 1825) a Barabási-Albert-féle skálafüggetlen hálózatokig. A konnektogramok, amelyek a kapcsolatok

és viszonyok helyeit, jellemzőit jelenítik meg, egyszerre diagramok, folyamatábrák, gráfok, sematikus szerkezeti ábrák – a szimbolikus reprezentáció (helyettesítés) grafikus technikáira épülnek. Az elvont alá lábat adnak, segítenek elképzelni a láthatatlant. Segítségükkel úgy tudjuk látni és értelmezni az összefüggéseket, ahogyan normál szemléleti formáink, adottságaink sohasem tennék lehetővé.

A vizuális kifejezés előnyei nyilvánvalóak a kutatásban és a feldolgozásban: az „egybenlátás”, az áttekinthetőség, a folyamatok és jelenségek, illetve azok összefüggéseinek, a részek kapcsolódásainak feltérképezése egészen másfajta ismeretet képes nyújtani, mint a szövegcentrikus, diszkurzív nyelvi leírás a maga lineáris narratívájával. A leírt-beszélt nyelvhez képest az összetett hálózatok vizuális nyelvezete más minőséget, új leíró-megjelenítő nyelvet, új modellt kínál világunk megismeréséhez. A BarabásiLab gyakorlatában a kutatás, a publikációk mellett harmadik elemként a vizualizáció, a megjelenítés döntő jelentőségű – ahogy a kiállításban az eltérő képek-ábrák is több szinten kommunikálnak a befogadóval.

A tudomány misztériumának megtapasztalásán túl a kódok visszaolvasását a kiállításban eltérő szintű információs csatornák (katalógus, leporelló, teremszövegek, leírások) és médiumok (mobiltelefonos videó-guide) segítik.

# BARABÁSI LAB

## Hidden Patterns / The Language of Network Thinking

“I'd like to give back to art what I have borrowed...”  
(Albert-László Barabási)

**T**his exhibition selects from the projects that BarabásiLab, a network science team, has realized over the past 25 years. Research projects are the important milestones of the road that is the development of the visualization models, from the early representations of nodes and links to data sculptures that engage the third dimension. Employing cutting-edge technologies (MI, VR, AR), the network figures and structures are engaging interpretations of the links and logical relations the lie behind the phenomena examined.

The research lab's projects that are represented at the show cover a wide range, from the first visualization models (1995) to some of the most recent ones, including an analysis of agents that could potentially be used in an antidote to Covid-19. In each, representation is of central interest: rather than simply illustrating connections and networks, the visualization models are the means whereby ideas and models are communicated. The designer is a key figure of the complex research and representation team that is BarabásiLab. Though most projects have considerable aesthetic significance, the point is not to follow art or to escalate how science is visualized, but to achieve a cooperation that is based on cross-disciplinarity, and whereby fields of science and the apparatus and concepts of art can complement and interpret each other. What stands behind the aesthetic of visualization is the parallel, complementary working of scientific research and representation.

The scientific application of visual representation and data visualization underwent stunning development from the first information graphics (Charles Joseph Minard, 1825) to the scale-free networks of Barabási and Albert. Connectographs, which represent the places and characteristics of connections and relations, are diagrams, flowcharts, graphs and schematic structure diagrams at the same time—and are based on the graphic technique of symbolic representation (substitution). They provide a handle for the abstract, help us to imagine the invisible. Thanks to them, we can see and interpret logical relations in ways that would not be possible with our ordinary forms of approach, with our common faculties.

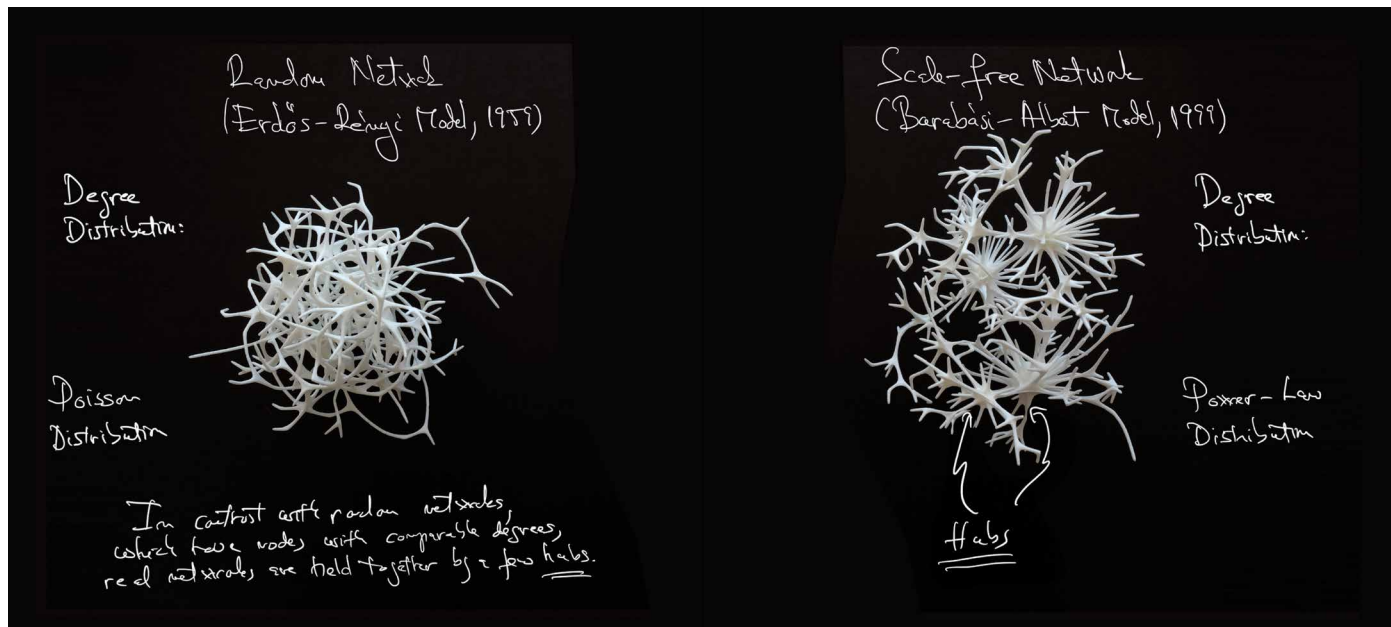
There are evident benefits to visual expression in research and the interpretation of findings: the “simultaneous view,” perspicuity, the mapping of processes and phenomena, their logical relations, the connections of the parts, can impart a knowledge that is different from that communicated by texts, the linear narrative of discursive descriptions. Compared to spoken or written language, the visual language of complex networks offers a different quality, a new descriptive-representative idiom, a novel model for the understanding of our world. Visualization or representation is of crucial importance in the praxis of BarabásiLab, alongside research and the publications—just as the different images and figures at the exhibition communicate with the recipient on multiple levels.

In addition to the experience of the mystery of science, the exhibition provides various information channels (catalogue, flyer, wall texts, descriptions) and media (video-guide app for mobile phones) to make sense of the codes.

## HÁLÓZATKÁNON, 2018

Nem sokkal azután, hogy kifejlesztette az adatszobrokhoz szükséges matematikai eszköztárat, Barabási visszatért a kanonikus hálózatmodellek illusztrálásának projektjéhez, amelyet 2000-ben kezdett el. Egy 3D-s nyomtatóval és az Alice Grishchenko, a BarabásiLab tervezője által létrehozott elrendezéssel most már lehetséges volt megjeleníteni a szerkezeti különbségeket a két sokat tanulmányozott hálózatfajta, az Erdős-Rényi- és a Barabási Albert-hálózatok között, amelyek a véletlenszerűséget a valóságos hálózatok skálafüggetlen architektúrájával állítják szembe adatszobrokként megjelenítve. 2019-ben a modellek sikeres 3D-ben való kinyomtatása után Barabási és Mauro Martino felkeresték a milánói Fonderia Battagliát, ahol a modelleket bronzba öntötték. A vizualizáció tartalmazza a laboratóriumnak az eszközök felskálázására tett kísérletét is, melynek révén kinyomtathatóvá válik egy nagy, több száz csomóponttal rendelkező, skálafüggetlen hálózat, amelyet a Barabási Albert-moddellel hoztak létre.

A 3D-ben kinyomtatott véletlenszerű és skálafüggetlen hálózatok fényképe Barabási jegyzetével Tomás Saraceno *On Air* című Palais de Tokyo-beli kiállítási katalógusából (2018)



## THE NETWORK CANON, 2018

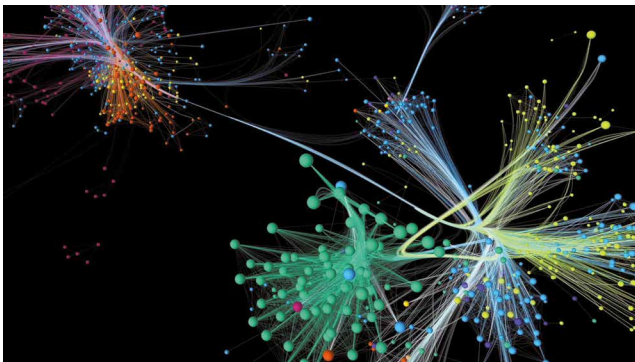
Soon after developing the mathematical tool set for data sculptures, Barabási returned to the project of illustrating the canonical network models, which he had begun in 2000. With a 3-D printer and a refined layout by BarabásiLab designer Alice Grishchenko, it was now possible to render the structural differences between the two highly studied networks, known as the Erdős-Rényi and Barabási-Albert networks, that contrast randomness with the scale-free architecture of real networks in the form of data sculptures. In 2019, after the models had been successfully 3-D printed, Barabási and lab designer Mauro Martino visited the Fonderia Artistica Battaglia in Milan, and had them both cast in bronze. The visualizations include the results of the lab's attempt to scale up the tools in order to print a large scale-free network generated by the Barabási-Albert model with hundreds of nodes.

Photograph of scale-free and random network data sculptures with annotations, by A.-L. Barabási, as shown in Tomás Saraceno's Palais de Tokyo exhibition catalogue, *On Air* (2018)

## A NATURE 150 ÉVE, 2019

2019 elején Barabási a rangos tudományos folyóirat, a *Nature* kreatív igazgatója kereste meg váratlanul, arra kérve őt, tervezze meg a lap százötven éves jubileumi számának borítóját. Barabási munkái már többször szerepeltek a *Nature* címlapján, de mindig valamelyik tanulmánya mellékleteként. Ez a kérés, vagyis megbízás más volt. A BarabásiLab a folyóirat teljes történetének adatalapú elemzésével kezdte el a munkát. A csapat ezután egy hatalmas citációs hálózatot hozott létre, amely a *Nature*-ben 1900 óta megjelent 88 000 tanulmány kapcsolódásait mutatja meg. Két tanulmány akkor áll összekötetésben, ha mindkettőt idézte más tudományos publikáció. A hálózat vizualizációja megmutatja, milyen nagymértékben multidiszciplináris a folyóirat, és megvilágítja, ahogyan az egyes, más-más színnel jelölt diszciplínákhoz tartozó tanulmányokat együttesen idézik. A szimpla borítókép terve később multimédia projektté alakult át, amelynek része volt az együttes citációs hálózatot bemutató leporellóborító és az annak hátoldalán található háromoldalas kép, amely több, a *Nature*-ben megjelent ikonikus publikáció hatását illusztrálta. A projekthez egy videó is készült. Míg a térkép egy bizonyos folyóirat adatait jeleníti meg, tágabb tanulsággal is szolgál arról, hogy a felfedezések miként határozzák és változtatják meg gondolkodásunkat, miként születnek ötletek diszciplínák ütközéséből, és hogy a tudás, amely a gondolkodás iskoláinak létrejöttéhez vezet, maga is tanulságos és izgalmas témája lehet a vizsgálódásnak.

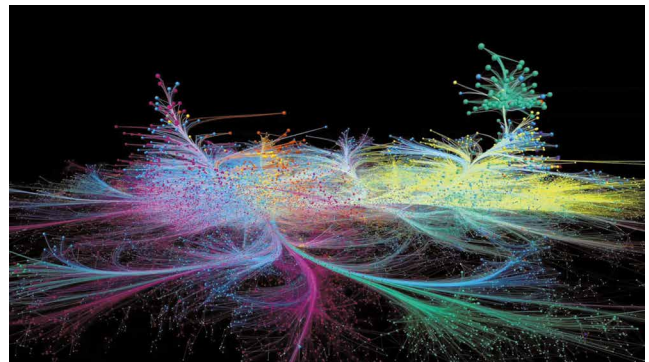
Barabási Albert-László, A. J. Gates, A. Grishchenko, Q. Ke, M. Martino, O. Varol:  
Allóképek A *Nature* 150. évé jubileumi számához, a *Nature*, 2019. november 6-i száma „*Nature's Reach: Narrow Work Has Broad Impact*” című cikkéből



## 150 YEARS OF NATURE, 2019

In early 2019, Barabási got an unexpected request from the creative director of the venerable scientific journal *Nature*, asking if he would design the cover of the 150th-anniversary issue. Barabási's work had been featured on *Nature's* cover many times before, but always as an accompaniment to the publication of one of his papers. This request, a commission, was different. The BarabásiLab began the process with a data-driven analysis of the whole history of the journal. The team then mapped out the massive co-citation network connecting the 88,000 papers *Nature* had published since 1900. Two papers were linked if another scientific publication had cited them both. The visualization of the network reveals the highly multidisciplinary scope of the journal and illuminates how various disciplines, which appear in different colors, are co-cited. The original plan of a single cover image turned into a multimedia project consisting of a foldout cover of the co-citation network, and a three-page image illustrating the impact of several iconic *Nature* publications. The project was also accompanied by a video. While this map represents data specific to one journal, its bigger takeaways are about how discovery informs and alters our thinking, how ideas are born when disciplines collide, and how the knowledge that leads to the emergence of schools of thought is itself an enlightening and vibrant topic of inquiry.

150 Years of Nature video stills, by A.-L. Barabási, A. J. Gates, A. Grishchenko, Q. Ke, M. Martino and O. Varol, as published in "*Nature's Reach: Narrow Work Has Broad Impact*," *Nature* (November 6, 2019)



# ÍZHÁLÓZAT, 2011

A projekt során a BarabásiLab az eltérő ízekkel azonosított nemzeti konyhák ételeit vizsgálva hálózatalapú megközelítéssel próbálta feltárni az ízvegyületeknek az összetevők kombinációira gyakorolt hatását.

Vajon léteznek-e általános összefüggések a hagyományok és az egyéni ízlés háttérében? Természetes örömmel vesszük és használjuk az emberi civilizációk által feltalált ételek sokaságát, de vajon mi határozza meg, hogy milyen íz-összetevőket preferálunk, mely hozzávalókat kombinálunk előszeretettel és milyeneket nem? Igaz-e az, hogy a nyugati konyhák nagyrészt olyan recepteket használnak, amelyekben a hozzávalóknak vannak közös ízvegyületeik, míg a keleti konyhák inkább kerülnek az ugyanolyan vegyületeket tartalmazó hozzávalókat?

A BarabásiLab által létrehozott hálózati modell egyik vetülete a hozzátevők hálózata, más néven az ízhálózat. Ebben minden pont egy hozzávalót jelöl, a pont színe az élelmiszertípusra utal, a pont mérete azt mutatja meg, hogy az adott hozzávalót hány recept használja. Két hozzávaló akkor van összekötve, ha összetevők (íz-molekulák) megegyeznek – a kapcsolat vastagsága a közös összetevők számát jeleníti meg.

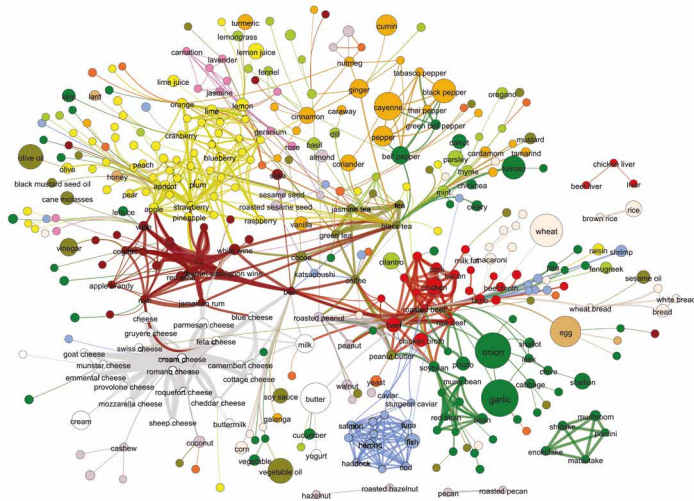
A projekt vizuális megjelenítő eszközei közé tartozik egy közepes méretű, 3D nyomtatóval készült szobor, amelynek csomópontjaira kiterjesztettség-eszközzel (AR – Augmented Reality) rá lehet közelíteni, és a pontokat kibontva részletesebb képi és szöveges információk nyerhetők. Az átfogó modell részletei is információkat tartalmaznak, amelyek az AR segítségével kibonthatók.

## FLAVOR NETWORK, 2011

In this project, BarabásiLab looked at the foods of different regional cuisines, and attempted, by applying a network-based approach, to determine how flavour compounds influenced the characteristic combinations of ingredients.

Is there a general logic behind traditions and individual tastes? We find it natural that civilizations have invented a profusion of recipes, and we like some of them—but what is it that determines our preference for certain flavour constituents, our liking of particular ingredient combinations? Is it true that the recipes of Western cuisines tend to employ ingredients that share common flavour compounds, while Eastern cuisines are more likely to avoid ingredients with common compounds?

One of the projections of the network model created by BarabásiLab is the network of ingredients, or, the flavour network.



Y.-Y. Ahn, S. E. Ahnert, J. P. Bagrow, A.-L. Barabási: *Ízhálózat*, a *Scientific Reports* 2011. december 15-i száma „Flavour Network and the Principles of Food Pairing” című cikkéből

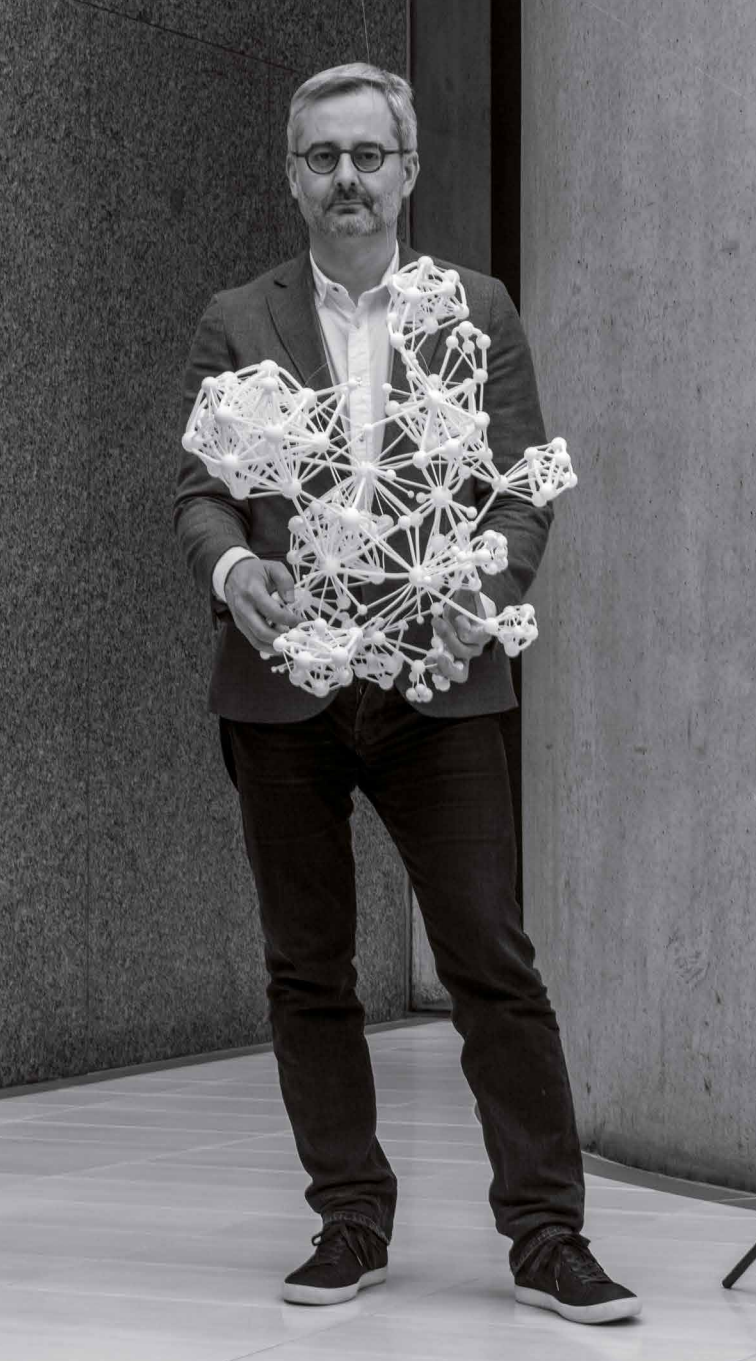
*The Flavor Network*, by Y.-Y. Ahn, S. E. Ahnert, J. P. Bagrow, and A.-L. Barabási, as published in “Flavor Network and the Principles of Food Pairing,” *Scientific Reports* (December 15, 2011)

In it, every node denotes an ingredient, its color refers to the type of food it belongs to, and its size shows the number of recipes it is used in. Two ingredients are connected when they share constituents (flavour compounds), and the thicker the link, the more compounds they share.

The visual representations of the project include a mid-sized 3D-printed sculpture; using an augmented reality (AR) device, users can zoom in on nodes, and retrieve additional visual and textual information. The details of the comprehensive model also include information, which can be retrieved with the help of AR.

## KITERJESZTETT ADATSZOBOR-ALKALMAZÁS

Az installáció a térben elhelyezett hálózati szobor rejtett információinak megértését segíti. Az eszköz a kamera és a szenzorok segítségével a szobor térbeli pozícióját követi és értelmezi, ez alapján különböző információkat jelenít meg annak egyes részeihez közelítve vagy azoktól épp távolodva. Az alkalmazás a kiterjesztett valóság (Augmented Reality)



segítségével egyfajta térbeli navigációt tesz lehetővé, ahol a felhasználó pozíciója határozza meg a megjelenített tartalmat. A hálózat alapját egy az ételek összetevőit és az ezekből alkotott receptek összetevőit alkotó adatbázis adja, amely alapján szokatlan ételtípusok párosítását és földrajzi területeken való alkalmazását ismerheti meg a látogató. Az adatokat a BarabásiLab gyűjtötte össze, rendszerezte és készítette el 3D nyomtatott szobor formában, az ehhez kapcsolódó AR alkalmazást pedig a Moholy Nagy Művészeti Egyetem Innovációs Központjának kutatói készítették azzal a céllal, hogy újfajta navigációs modalitásokat keressenek a kevert valóság és az adatvizualizáció határterületein.

## AUGMENTED DATA SCULPTURE APPLICATION

This installation facilitates the understanding of the 3-D network sculpture. The device detects, with the use of the camera and sensors, the spatial position of the sculpture, interprets it, and displays relevant information as we zoom in and out. With the use of augmented reality technology, the application allows the user to navigate the sculpture in space, as it were; what information is displayed depends on her position. The network is based on a database of ingredients and recipes, and the user can explore how the former are paired in different parts of the world. The data were collected and systematized by BarabásiLab, which also 3D-printed the sculpture. The accompanying AR application was developed by researchers at Moholy-Nagy University of Art and Design's Innovation Centre, who were searching for new modalities of navigation in the borderland between mixed reality and data visualization.

Barabási Albert-László az *Ízháló* 3D nyomtatott szoborral.  
Fotó: Puklus Péter

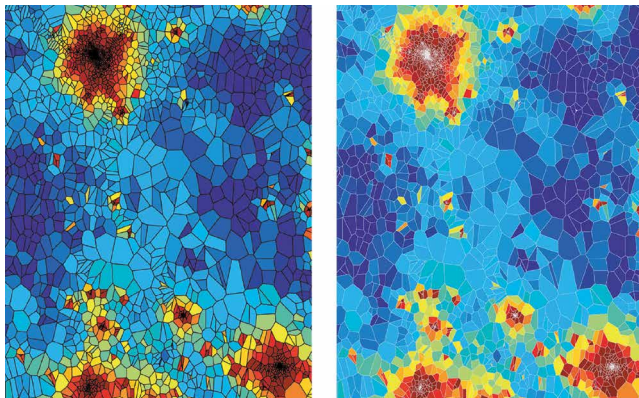
Albert-László Barabási with the *Flavor Network* 3D printed sculpture.  
Photo by Péter Puklus

## VÍRUSOK, 2009

A COVID-19 pandémia előtt egy évtizeddel a BarabásiLab mobiltelefon-adatokat használva térképezte fel, miként terjednek az akkor újonnan megjelent mobiltelefon-vírusok, és írta le a fertőzés terjedésének rejtett mintázatait. A laboratórium által felfedett viselkedésmód meglepően hasonlít ahhoz, amit a COVID vírusának aszimptomatikus terjedése kapcsán figyeltek meg.

A telefonvírus viselkedésmódját bemutató vizualizáció első lépésben a gócpontokat jeleníti meg Európa egy bizonyos részén. A Voronoi-cellákra osztott képeken a mobiltelefon-átjátszótoronyok által lefedett területek láthatók. A cellák színe az adott területre jellemző fertőzöttségnek felel meg – a vörös a leggyorsabb terjedést jelzi, a sötétkék a leglassabbat –, a képek pedig előrevetítik a vírusfertőzöttség térképeit, amelyekkel oly gyakran találkozunk a COVID-19 világjárvány kitérőse óta. A négy ábra közti különbség a Voronoi-rács eltérő mértékű láthatóságából adódik. Ezután a mobiltelefon-vírus térben és időben való terjedését láthatjuk: az ábrákról kiderül, hogy a vidéki területen megjelenő vírus előbb a sűrűbben lakott régiókat fertőzi végig, mielőtt onnan visszatérne vidékre. Végül két szuperterjesztő kapcsolathálója látható; a szuperterjesztő óriás vörös csomópontként jelenik meg hálózatának közepén, mérete pedig megfelel az általa okozott fertőzések számának. Mindkét szuperterjesztő összeköttetésben áll az összes általuk megfertőzött egyénnel, akik pedig az általuk megfertőzöttökkel állnak kapcsolatban, megjelenítve a fertőzések ugrásszerű növekedését, amely segíti a vírusnak a társadalomban való fennmaradását.

A.-L. Barabási, M. Gonzalez, C. A. Hidalgo, P. Wang: *Vírusok*, a *Science* 2009. május 22-i száma „Understanding the Spreading Patterns of Mobile Phone Viruses” című cikkéből

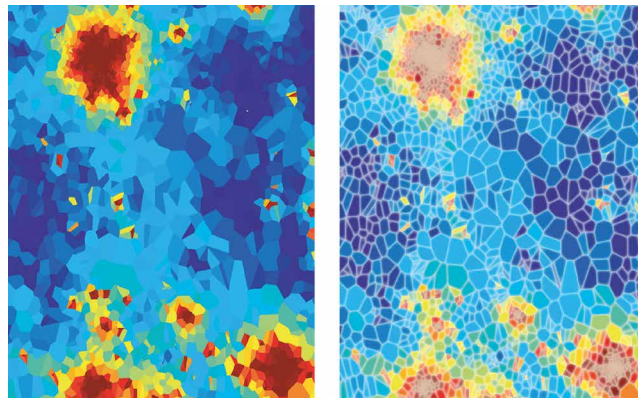


## VIRUSES, 2009

A decade before the Covid-19 pandemic, the BarabásiLab was using mobile-phone data to map the spread of newly emerging mobile-phone viruses and predict their hidden transmission patterns. The pattern unveiled by the lab's work is strikingly similar to what's been observed during the asymptomatic spread of the Covid-19 virus.

The images document the infection hot spots in a certain area in Europe. Each of the Voronoi-cell partitions captures the area of reception of a mobile-phone tower. The colors of the cells—red signifying the most prevalent spread, and dark blue the lack of infections—correspond to the percentage of infection in that region and foreshadow the viral-prevalence maps we have grown familiar with during the Covid-19 pandemic. The variation among the four is a reflection of enhancing or suppressing the visibility of the Voronoi lattice. The next plates show the spread of a cell-phone virus in space and time. The sequence reveals how the virus, beginning in a rural area, goes on to infect densely populated regions first, and then spreads back from urban to rural areas. Finally, the images illustrate the contact network of two super-spreaders, each of whom appears as a giant red node in the middle of their network, with their node size being proportional to the number of infections caused. Both super-spreaders are connected to all of the individuals they infected, who in turn are linked to the people they infected, reflecting the cascade of infections that supports the virus in the society.

*Viruses*, by A.-L. Barabási, M. Gonzalez, C. A. Hidalgo, and P. Wang, created for “Understanding the Spreading Patterns of Mobile Phone Viruses,” *Science* (May 22, 2009)

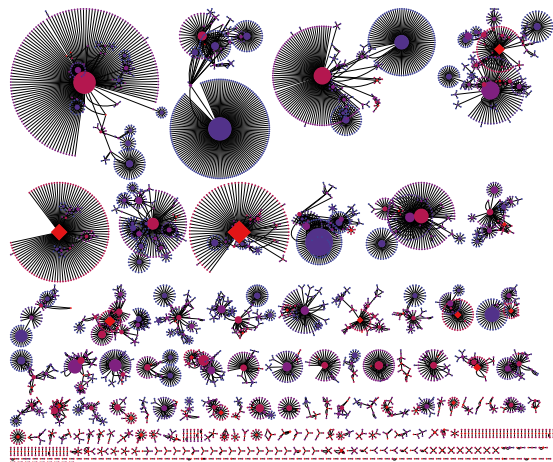




## VÉSZHELYZETEK, 2011

Hurrikánok és terrortámadások, tüzvészek és tömeggyilkosságok: a 21. század híreit életveszélyes helyzetek dominálták. A mobiltelefonok egyre inkább személyes műsorszóró eszközökké működnek válsághelyzetekben. Lehetővé teszik az egyén számára, hogy a személyes hálóján és a közösségi médián keresztül hívják fel a figyelmet a kibontakozó eseményekre. 2007. január és 2009. január között a BarabásiLab mobiltelefon-adatok alapján mutatta ki, hogyan reagáltak az emberek egy sor életveszélyes eseményre, bombatámadásuktól a zavargásokig. A csapat azzal kezdte, hogy a társadalmi, technológiai és természeti vészhelyzeteket azonosítandó a médiában megjelent beszámolókat nézett át. Ezután átfésülték a nemzeti mobiltelefon-nyilvántartásokat, hogy azonosítsák azokat az egyéneket, akik megtapasztalták ezeket az eseményeket, és elemezzék a reakcióikat, vagyis azt, hogy kiket hívtak, és amikor kezdeményezték a hívásokat. A kapcsolatok ilyenfajta nyomon követése egy évtizeddel megelőzte azokat az eszközöket, amelyeket a hatóságok ma a COVID-19 járvány során felmerülő lehetséges fertőzések követésére használnak.

Erdményeik illusztrálására Barabási csapata feltérképezte a hívásokat, amelyek két vészhelyzet, egy bombatámadás és egy



J. P. Bagrow, A.-L. Barabási, D. Wang: *Vészhelyzetek*, a *PLOS ONE* 2011. március 30-i száma „Collective Response of Human Populations to Large-scale Emergencies” című cikkéből

*Emergencies*, by J. P. Bagrow, A.-L. Barabási, and D. Wang, created for “Collective Response of Human Populations to Large-scale Emergencies,” *PLOS ONE* (March 30, 2011)

zavargás szemtanúinak társas hálózatain futottak végig. A hálózat összeköttetései azokat a hívásokat jelenítik meg, amelyeket a vörös négyzettel jelölt szemtanúk indítottak közvetlenül az esemény után, illetve azokat, amelyeket a körökkel jelölt ismerőseik kezdeményeztek azután, hogy értesültek a hírről. A színek az eltelt időnek felelnek meg: az egyre kékebb csomópontok azokat az egyéneket jelenítik meg, akikhez később ér el a hír, mivel a híváslánc végén helyezkednek el. Ezek a vizualizációk azt írják le, a társas hálózat érzékeny szövete hogyan lép működésbe valamilyen vészhelyzet esetén, olyan események során keresztül, amelyek elszigetelt bozóttüzekként lángolnak fel. Azt is megmutatják, hogy míg a legtöbb hír kifulladás a társas háló egy kis szegletében, nagyon kisszámú tanú képes lehet több száz egyént is mozgósítani.

## EMERGENCIES, 2011

From hurricanes to terrorist attacks, wildfires to mass shootings, life-threatening emergencies have dominated the twenty-first-century news cycle. Mobile phones increasingly act as personal broadcasting devices in a crisis. They enable individuals to raise awareness of unfolding events through their personal networks and social media. Between January 2007 and January 2009, the BarabásiLab used mobile-phone data to detect human reactions to a whole slew of life-threatening events, from bomb explosions to riots. The team began by scanning media reports to identify social, technological, and natural emergencies. The next step was combing through national mobile-phone records to identify the individuals who experienced these events and analyze their reactions, in the form of whom those individuals called and when they made calls. This form of contact tracing presaged by a decade the tools authorities have been using to track potential infections during Covid-19.

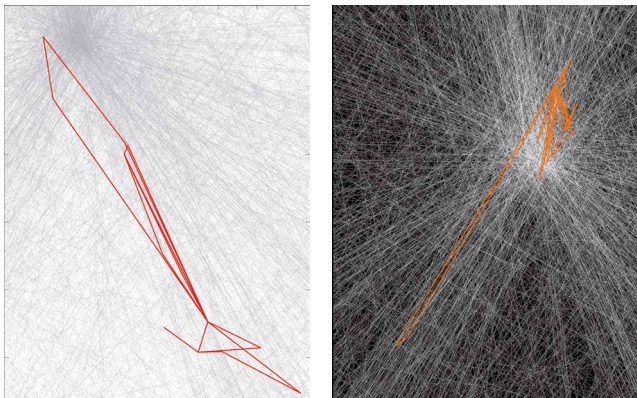
To illustrate their findings, Barabási’s team mapped the cascade of calls tearing through the social networks of the witnesses of two emergencies, a bombing, and a riot. The links of the network capture calls that the witnesses, shown as red squares, made immediately following the event and the subsequent calls their acquaintances, shown as circles, made upon hearing the news. Colors capture time—the increasingly blue nodes represent individuals to whom the news arrives later, as they are at the end of the chain of calls. These visualizations describe how the sensitive fabric of the social network springs into action in the face of an emergency through a series of events that flare up like independent forest fires. They also show that while most news will dead-end in small pockets of the social network, a very few witnesses will create global awareness by triggering the engagement of hundreds of individuals.

## RITMUS, 2008

Barabási szakmai pályafutása során az emberek mobilitásáról szóló dolgozata okozta a legnagyobb felzúdulást. A *Nature* címloldán kiemelt tanulmány olyan adatokon alapult, amelyeket egy európai mobiltelefon-társaság rögzített az egyes felhasználók földrajzi helyzetéről és időbeli mozgásáról. A szélesebb közönség először e cikk révén értesült arról, hogy minden lépését követik annak, aki telefonál, üzenetet küld, vagy csak megnéz valamit az interneten. A kutatás több ezer egyén térbeli mozgását ragadta meg azzal, hogy valós idejű helyzeteiket összefűzte. Az anonimizált adathalmazokat vizsgálva a BarabásiLab azt találta, hogy mindennapi tevékenységünk rendkívüli módon kiszámítható. Algoritmusok segítségével a csapat 93 százalékos pontossággal volt képes előrejelezni egy személy jövőbeli tartózkodási helyét. Több ember útvonalát együttesen követve pedig egy egész város területét sikerült lefedni.

Másra világít rá az a modell, mellyel három egyén mozgását követik egy nagyobb városban úgy, hogy helyváltásukat kiszámíthatósága más és más. Ugyanazon időszakon belül az egyik személy négy helyet keres fel, a második úgy egy tucatot, a harmadik pedig körülbelül százat. A tér Voronoi-cellákra van osztva, amelyek a mobiltelefon-átjátszótoronyok, korunk csendes kémjei által lefedett területeket ábrázolják. A felosztás azt illusztrálja, miként korlátozza a mozgásunkat. Az adatok azt is tükrözik, hogy ahogyan mindennapi mozgásunk mintázatát a közlekedésre igénybe vett utak határozzák meg, ugyanúgy láthatatlan struktúrák kötik meg társadalmi-gazdasági létünket is.

A.-L. Barabási, N. Blumm, C. Song, Z. Qu: *Ritmus*, a *Science* 2010. február 19-i száma „Limits of Predictability in Human Mobility” című cikkéből

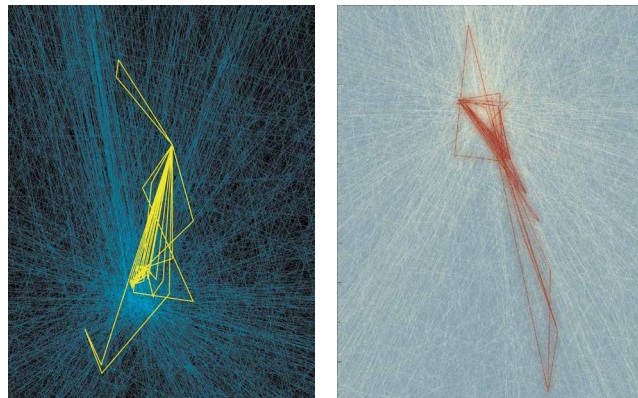


## RHYTHM, 2008

Barabási's 2008 paper on human mobility caused the biggest uproar in his professional career. Featured on the cover of *Nature*, it relied on data recorded by a European cell-phone company to track and plot individual cell-phone users' physical locations and trajectory in time. Its publication was the first time the broad public learned that their every move was being traced just by virtue of making a phone call, sending a text, or looking at something on the Internet—a rather upsetting realization for many people. The research captured thousands of individuals' geographic movements by stringing together their real-time locations. The BarabásiLab explored these anonymized data sets and revealed the exceptional predictability of our daily routine. Using algorithms, the team could forecast a person's future location with 93 percent accuracy. The images show individual movements over time, as well as the trajectories of several people whose collective movements span the vicinity of a major city.

The images then, by contrast, trace the trajectories of three individuals, each with a different degree of predictability, as they move around a major city. In the same time period, one person visits four locations, a second visits about a dozen, and the third about a hundred. The space is partitioned into a Voronoi grid that captures the reception areas of each mobile-phone tower, the silent spy of our current era. These partitions illustrate the way space constrains our movement. In addition, the data reflects that just as our daily patterns are confined by the roads we travel, our socioeconomic existence is yoked to invisible structures.

*Rhythm*, by A.-L. Barabási, N. Blumm, C. Song, and Z. Qu, created for "Limits of Predictability in Human Mobility," *Science* (February 19, 2010)



## KONTROLL, 2011

Az Erdélyben, Ceausescu kommunista rezsimjének legsötétebb éveiben felnövő Barabási megtapasztalta, a kontroll milyen rendkívüli szerepet játszik egy diktatúrában. A politikai hatalom dinamikájának kontextusában a kontroll egyedülállóan emberi fogalomnak tűnik, jóllehet mindenütt jelen van és elengedhetetlen a fizika és a biológia világában is. Az agynak folyamatosan kontrollálnia kell a neurális hálózatot, hogy fenntartsa éberségét. Bolygónknak egy sor környezeti változót kell állandóan szabályoznia a hőmérséklettől az oxigén mennyiségéig. Minden sejtünknek szüntelen kezelnie kell molekuláinak és fehérjéinek koncentrációját, hogy életben maradjon és működőképes legyen. A látszólagos ellentmondás a között, ahogyan az emberek alkalmazzák a kontrollt és ahogyan azt a természet használja, arra inspirálta Barabásit, hogy magukat a komplex, önszerveződő hálózatokat kezdje el vizsgálni. A létrejövő elmélet szerint a teljes kontrollhoz nem szükséges, hogy a felügyelet minden egyes elemre kiterjedjen. Inkább arról lehet szó, hogy néhány elem irányítja az egész rendszer dinamikáját.

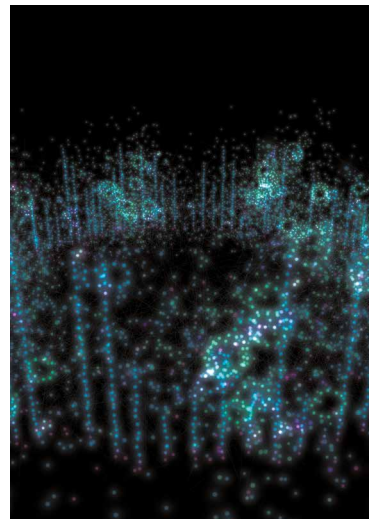
Amikor a *Nature* elfogadta publikálásra az elméletet, Mauro Martino, a laboratórium díjaznere nekilátott, hogy azt teljes összetettségében illusztrálja. Az elmélet azt állította, hogy egy-egy vezérlő csomópont egy-egy „kaktuszt” irányít: a matematikai kifejezés olyan összefüggő gráfot jelöl, amelyben bármely két egyszerű ciklusnak legfeljebb egy közös csúcsa van. A szabályozó elemeket vagy vezérlő csomópontokat Martino a kaktuszok tetején helyezte el; az egyes területek, amelyeket ellenőriztek, kis faszzerű térségei voltak a nagy hálózatnak vagy erdőnek. A képekben elváltak egymástól a magyarázó erő és a vizuális narratíva. Az első ábrákon az egyes hálózatok kontrollálhatóságát meghatározó kaktuszszemek láthatók, míg a következők egy konkrét hálózatból kinyert adatokat jelenítik meg. Bár a vizualizációk egyike sem magyarázza meg, hogy a kép valamely része hogyan gyakorol ellenőrzést a rendszer felett, az információ, amelyet megjelenítenek, láthatóvá teszi a kontroll mögötti láthatatlan rendet azáltal, hogy megragadja az egyes hálózatok irányításához szükséges erőket.

## CONTROL, 2011

Having grown up in Transylvania during the darkest years of Ceaușescu's communist regime, Barabási witnessed the extraordinary role control plays in a dictatorship. In the context of political power dynamics, control seems like a uniquely human concept. Yet control is ubiquitous—and essential—in the physical and biological realms. A brain must continually control its neural circuits to

M. Martino és A.-L. Barabási: *Kontroll*, a *Nature* 2011. május 12-i száma „Controllability of Complex Networks” című cikkéhez készült címlapterv

*Control*, by M. Martino and A.-L. Barabási, created as potential cover art for “Controllability of Complex Networks,” by A.-L. Barabási, Y.-Y. Liu, and J.-J. Slotine, *Nature* (May 12, 2011)



maintain its alertness. Our planet must constantly regulate multiple environmental variables, from temperature to humidity to oxygen content. Each of our cells must persistently regulate the concentration of its molecules and proteins to stay alive and maintain its function. The seeming contradiction between the way control is wielded by humans and exploited by nature inspired Barabási to explore how complex, self-organized networks control themselves. His resulting theory predicted that full control does not require authority over each individual element, but that a few elements—called driver nodes—can guide the dynamics of the whole system.

When this theory was accepted for publication by *Nature*, Barabási-Lab designer Mauro Martino set out to illustrate it in all its complexity. The theory predicted that each driver node controls a “cactus,” a mathematics term that describes a connected sub-graph that represents the elementary units of control. Martino depicted these cacti and their area of control as small, tree-like network neighborhoods forming a forest, which represented the larger network. In the images, the explanatory power and the visual narrative are divorced. The images first depict the field of cacti that determines the controllability of specific networks, while the next ones represent the controllability of a network capturing trust and an intra-organizational social network, respectively. While none of these visualizations explain how one specific part of the image exerts control over the system, the information they display makes the hidden order behind control visible by capturing the forces necessary to command the respective network.

## BETEGSÉGTÉRKÉP, 2007

Az emberi betegségek hálózata a BarabásiLab egyik legtöbbet reprodukált képe. Eredetileg a National Academies of Sciences nyomtatott belőle posztert a tanulmány mellékleteként, majd megjelent a *The New York Times*-ban, és kiállították a londoni Serpentine Gallery *Mapping it Out: Atlas of Contemporary Cartographies* című tárlatán.

A terv 2003-ban, a Humán Genom Projekt publikálása után született meg, amikor úgy tűnt, hetente kötnek össze valamilyen gént egy újabb betegséggel. A 2005–2006-os tanévben kutatói szabadságát a Harvard Medical School részét képező Dana Farber Rákkutató Intézetben töltő Barabási azon kezdett el töprengeni, hogy ezek az egymástól független felfedezések mit árulnak el a betegségek közötti kapcsolatokról. A válasz, jött rá, egy hálózat, amelyben két emberi betegséget a mindkettőben feltehetően szerepet játszó gének kötnek össze. Hat hónappal később, számos vázlat után született meg *Az emberi betegségek hálózata*, amelyben a csomópontok különböző betegségeket ábrázolnak. A csomópont mérete a betegségért felelős gének számát tükrözi. A csomópont színe azt a csoportot jelöli, amelyhez az adott betegség tartozik. A daganatos betegségek például például kék csomópontok, míg a neurológiai betegségek vörösek. Az összeköttetések a két betegséget összekapcsoló géneknek felelnek meg. A korábbi vizualizációkhoz képest jelentős változást jelent ezen a képen, hogy milyen szélsőséges eltérések vannak a csomópontok méretei között. A legnagyobb csomópontok láthatóságát növelve a méretválaszték lehetővé teszi, hogy a legtöbbet kutatott betegségek dominálják a képi teret.

E hálózat vizualizációja tovább fejlődött 2018-ban, amikor elérhetővé vált a 3D-s színes nyomtatás. Sok prototípust kellett megsemmisíteni, míg megszületett a használható adatszobor. Térbeliségének köszönhetően a végső színes 3D-s változat olyan kapcsolatokat is felfed a betegségek osztályai között, amelyek a 2D-s térképen jórészt rejtve maradtak.

## DISEASOME, 2007

*The Human Disease Network* is one of the BarabásiLab's most reproduced images. Originally printed by the National Academies of Sciences as a poster to accompany the publication of a research paper on how diseases connect, it was subsequently reproduced by the *New York Times* and included in the *Mapping It Out: Atlas of Contemporary Cartographies* exhibition at the Serpentine Gallery in London.

The project took form after the publication of the Human Genome Project in 2001, when it seemed like another gene was linked to another disease on a weekly basis. While on sabbatical at Harvard



A. Grishchenko, A.-L. Barabási, N. Dehmami: *Az emberi betegségek hálózata*, adatszobor, 2018; fotó: Alice Grishchenko

*The Human Disease Network* as a data sculpture, by A. Grishchenko, A.-L. Barabási, and N. Dehmami, 2018; Photograph by Alice Grishchenko

Medical School's Dana-Farber Cancer Institute during the 2005–06 academic year, Barabási found himself wondering what these many independent discoveries said about the relationships between diseases. The answer, he discovered, was a network in which two human diseases are connected through the genes implicated in both diseases. It took six months for many drafts to arrive at *The Human Disease Network*, which shows each node as a different disease. The size of the node reflects the number of genes responsible for the disease. Node color denotes the class to which each disease belongs. Cancers, for example, are blue nodes, as distinct from neurological diseases in red. The links correspond to the genes that connect the two diseases. The extreme node-size variation in this image represents a significant departure from previous visualizations. By enhancing the visibility of the largest hubs, the range of hub size allows the most explored diseases to dominate the visual space.

The visualization of this network further evolved in 2018, when 3-D color printing became accessible. It took many shattered prototypes to arrive at a viable data sculpture. But because of its spatial composition, the final 3-D color version, unveils certain relationships between disease classes that were largely hidden in the 2-D map.

## KONNEKTOM, 2019

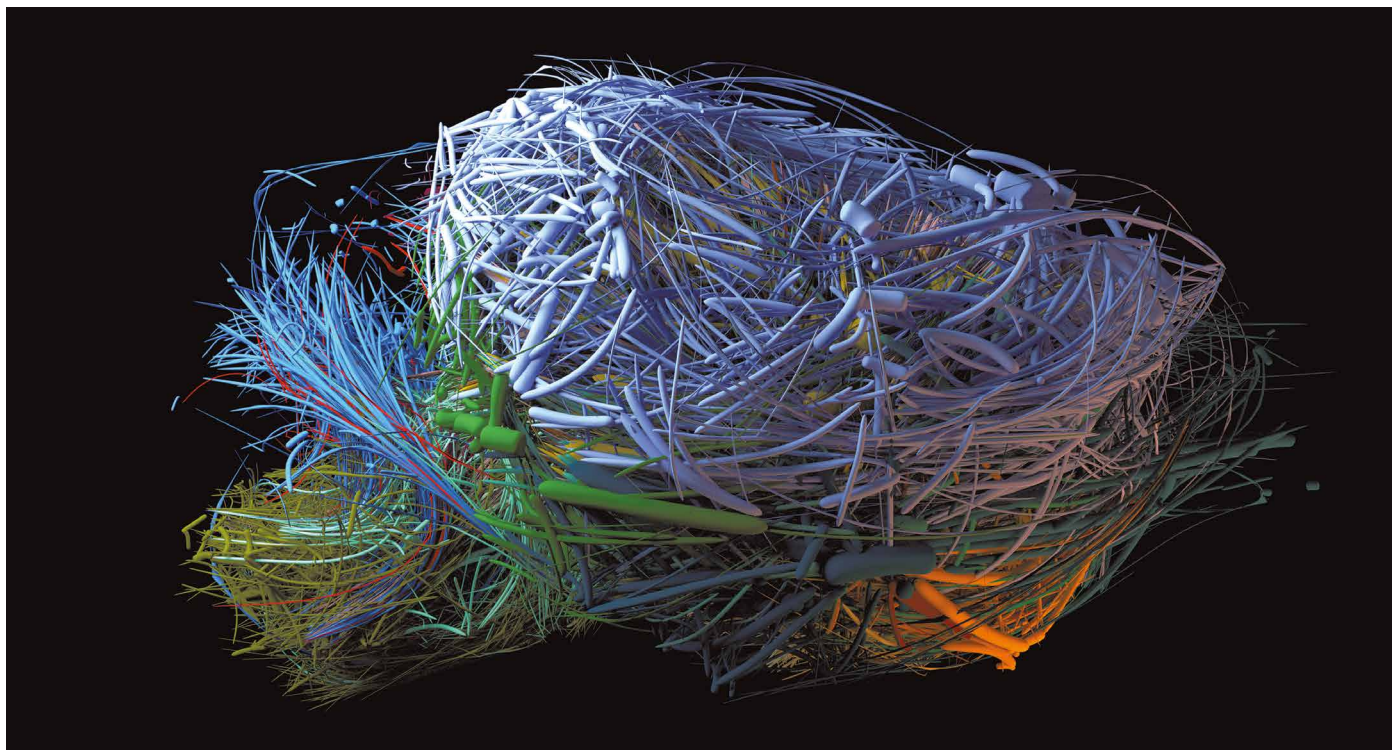
Valószínűleg a több mint 100 milliárd csomóponttal rendelkező emberi agy a tudomány által ismert legösszetettebb hálózat. A neurobiológusok „konnektomnak” hívják a teljes agy hálózatát, amely a közelmúltig feltérképezhetetlen volt. Tekintve, hogy a konnektom milyen fontos szerepet játszik az agy működésében és a tudatban, Barabási régóta igyekszik megérteni struktúráját. A BarabásiLab először egy egéragy konnektomjának 3D-s megjelenítésével kísérlete meg vizualizálni ezt a hálózatot. Az alakzat olyan adatokon alapul, amelyeket az Allan Institute, egy seattle-i élettudományi kutatóközpont gyűjtött össze egy többéves projekt során. A konnektomot ugyanaz az algoritmus rajzolta meg, mint ami létrehozta az Ízhálózatot. Elrendezése felfedi, milyen rendkívül összetett mintázatok szerint van az agy behuzalozva.

A.-L. Barabási, J. Brum, N. Dehmami, A. Grishchenko, E. Towlson:  
*Egér-konnektom, 2019*

## THE CONNECTOME, 2019

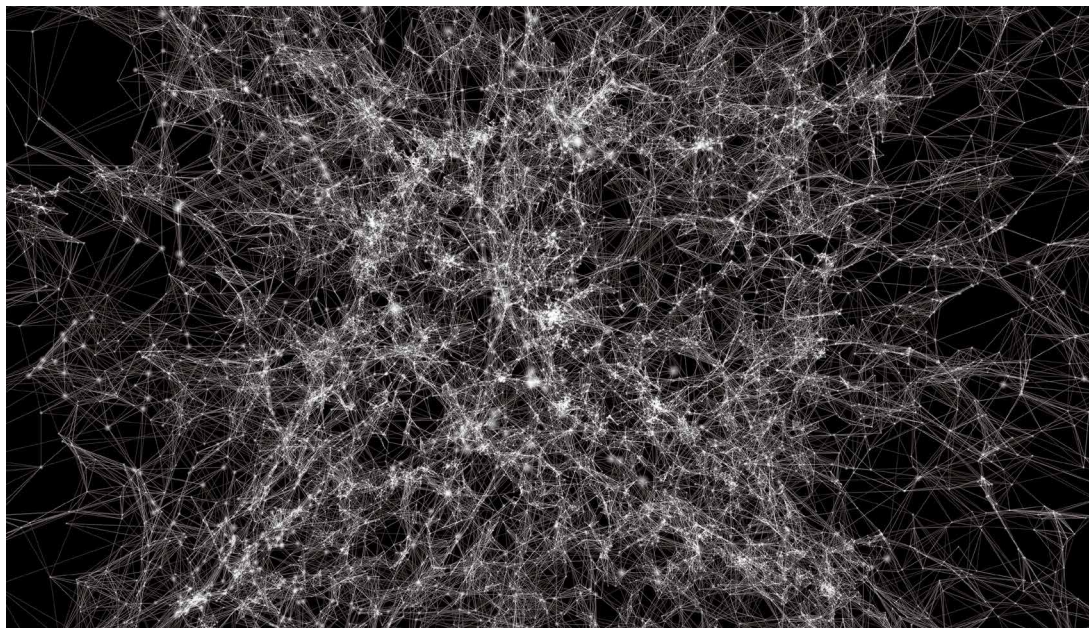
With over 100 billion nodes, the human brain is perhaps the most complex network known to science. Neuroscientists call whole brain networks “the connectome,” and until recently they were unmappable. Yet given the important role the connectome plays in brain function and consciousness, Barabási has had a long-standing interest in trying to understand its structure. The BarabásiLab’s first attempt to visualize the structure of the brain took form as a 3-D rendition of the connectome of the mouse brain. The configuration is based on data collected over the course of a multiyear project at the Allen Institute, a bioscience research center in Seattle. *The Mouse Connectome* was laid out using the same algorithm that generated *The Flavor Network*. Its arrangement unveils the exceptional complexity of the brain’s wiring patterns.

*The Mouse Connectome*, by A.-L. Barabási, J. Brum, N. Dehmami, A. Grishchenko,  
and E. Towlson, created in 2019 to accompany a forthcoming paper



## KOZMIKUS HÁLÓ, 2016

A „kozmosz háló” – az elképzelés, hogy az univerzum galaxisok jobbra láthatatlan hálójára, amelyet a gravitáció tart egyben – alapvető része a kozmológiának. Egy fontos korlát miatt azonban nem láthatjuk e hálót: a gravitációnak köszönhetően minden mindent vonz. A BarabásiLab *Kozmosz háló* projektjének az volt a célja, hogy segítse a kozmosz háló eredetének megértését, és ehhez megelevenítette ezt az univerzum mögött rejlő, nehezen felfogható hálózatot. Térképének létrehozásához a csapat 24 000 galaxis adatait használta fel, amelyek egy a galaxisok evolúcióját az ősröb-banás óta modellező kozmológiai szimulációból származtak. Ezután többféle módon próbálták meg az egyes galaxisokat összekapcsolni, a fizika és a kozmológia által megalapozott függő viszonyokat ragadva meg. Kim Albrecht, a laboratórium akkori dizájnere hálózatkutatók és kozmológusok csapatával együttműködve képek és videók sorát hozta létre, amelyek életre keltik a kozmosz háló struktúráját. Közben kihívás marad felfogni az univerzum óriási méretét, a BarabásiLab vizualizációja jelzi e hálózat szédítő bonyolultságát, amikor szinte mikroszkopikus részletességgel rajzolja meg a galaxisok kapcsolatait.



## THE COSMIC WEB, 2016

The cosmic web—the idea that the universe is a largely invisible web of galaxies held together by gravity—is deeply ingrained in cosmology. Yet our ability to see this web is hindered by a fundamental limitation: thanks to gravity, everything attracts everything else. With *The Cosmic Web* project, the BarabásiLab aimed to deepen our perspective on the origins of the cosmic web, bringing alive this hard-to-fathom network behind the universe. To construct its map, the team used data on 24,000 galaxies, provided by a cosmological simulation that traces the evolution of all galaxies since the Big Bang. It then tested multiple types of links to connect individual galaxies, capturing dependencies grounded in physics and cosmology. Kim Albrecht, the lab's designer at the time, was embedded in a team of network scientists and cosmologists to generate a series of images and videos that bring alive the cosmic web's structure. While grasping the enormity of the universe remains a challenging undertaking, the BarabásiLab's visualizations of it gesture at the overwhelming intricacy of this network, tracing the relationships between galaxies in almost microscopic detail.

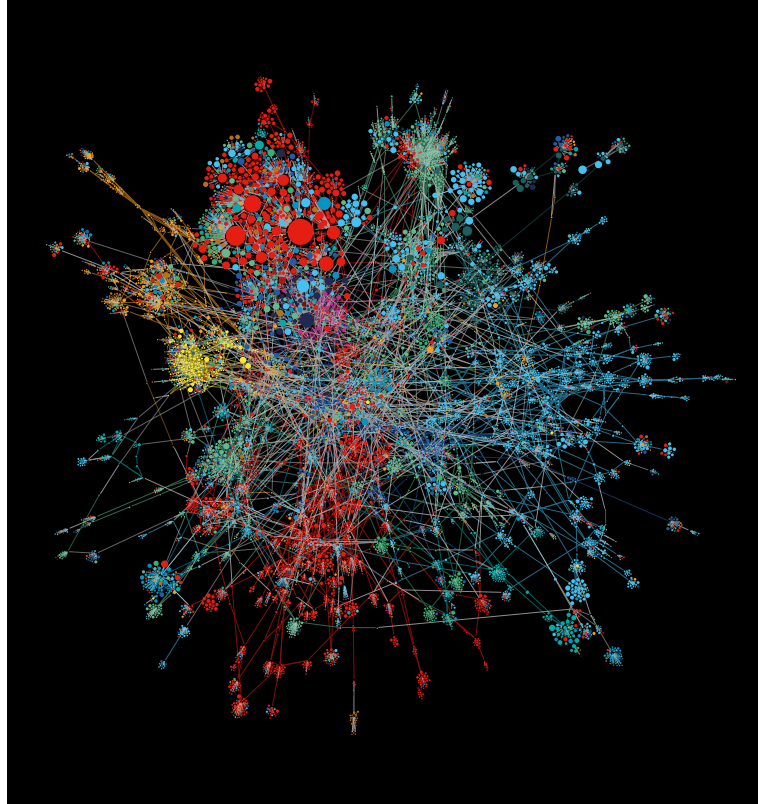
K. Albrecht, A.-L. Barabási,  
B. C. Coutinho, A. Dey, L.  
Hernquist, P. Torrey, M.  
Vogelsberger: *A kozmosz háló*,  
„The Network Behind the Cosmic  
Web” című cikkből ([arxiv.org](https://arxiv.org),  
2016. április 12.)  
*The Cosmic Web*, by K. Albrecht, A.-L.  
Barabási, B. C. Coutinho,  
A. Dey, L. Hernquist, P. Torrey, and  
M. Vogelsberger, as published in  
“The Network Behind the Cosmic  
Web,” [arxiv.org](https://arxiv.org) (April 12, 2016)

## MŰVÉSZETI HÁLÓ, 2018

2016-ban Barabási a művészet világának vizsgálatára vetette be a hálózat- és adattudományi eszközöket, amelyek fejlesztésével laboratóriuma akkor már két évtizede foglalkozott. A kutatás alapja az az óriási mennyiségű adatpont volt, amelyet Magnus Resch, a művészeti piacot tanulmányozó közgazdász és vállalkozó gyűjtött össze félmillió művésznak a világ számtalan galériájában és múzeumában létrejött kiállításáról. Az adatok segítségével a BarabásiLab fel tudta fedni a művészek karrierjét alakító láthatatlan kapcsolatokat. A *Művészeti hálózatban* két intézmény – például egy múzeum és egy galéria – akkor áll összeköttetésben, ha a művészt, akinek munkáját a múzeum kiállította, legközelebb a galéria is bemutatta, vagy fordítva. A kép a világban megtalálható több ezer intézmény között létező, a befolyás és a bizalom jobbra láthatatlan hálózatát ragadja meg. Ennek magja a vezető európai és észak-amerikai intézmények alkotta szoros közösség, amely szabadon fér hozzá művészethez. Ezek az intézmények nagy csomópontokként jelennek meg. Azok számára, akik követik a művészet világát, nem lehet meglepő, hogy ezek között a legnagyobbak a New York-i Museum of Modern Art (MoMA) és a Gagosian Gallery, a párizsi Centre Pompidou és a londoni Tate Gallery. A színek, amelyek azt jelzik, hol találhatóak az egyes intézmények, azt fedik fel, hogy pl. Kelet-Európa (zöld) vagy Ausztrália és Óceánia (sárga) tömör regionális intézményi közösségei mennyire el vannak szigetelve a művészet világának központját jelentő amerikai (vörös) és európai (kék) csomópontoktól. A hálózat arra világít rá, hogy az intézményi presztízs és a befolyás rejtett kapcsolatai meghatározzák, milyen lehetőségekhez férnek hozzá a művészek.

## THE ART NETWORK, 2018

In 2016, Barabási began turning the tools of network and data science, which his lab had been honing for two decades already, on the art world. He started with a massive number of data points about the exhibition history of half a million artists in galleries and museums worldwide that had been collected by Magnus Resch, an economist and entrepreneur who studies the art market. The data enabled the BarabásiLab to unveil the invisible connections that shape artists' careers. In *The Art Network*, two institutions—for example, a museum and a gallery—are connected if an artist whose work was exhibited at the museum is also exhibited next at the gallery, or vice versa. The image captures the largely invisible network of influence and trust between thousands of institutions worldwide. At its core is a dense community of major European and North American institutions with



A.-L. Barabási, S.P. Fraiberger, A. Grishchenko, M. Resch, C. Riedl, R. Sinatra:  
*A Művészeti háló*, a *Science* 2018. november 16-i száma „Quantifying Reputation  
and Success in Art” című cikkéből

*The Art Network*, by A.-L. Barabási, S.P. Fraiberger, A. Grishchenko, M. Resch,  
C. Riedl, and R. Sinatra, created for “Quantifying Reputation and Success in Art,”  
*Science* (November 16, 2018)

uninhibited access to a common pool of artistic talent. These institutions are represented as large nodes. And it will come as no surprise to anyone who follows the art world that the largest among them are New York’s Museum of Modern Art (MoMA), the Centre Pompidou in Paris, the Tate in London, and the Gagosian gallery. The colors, which indicate the countries where each institution is based, telegraph how the dense regional communities of institutions in Eastern Europe (green) or Australia and Oceania (yellow), for example, are largely isolated from the American (red) and European (blue) hubs at the heart of the art world. The network demonstrates how institutional prestige and hidden connections of influence determine access to opportunities for artists.

## MAGYAR MŰVÉSZETI HÁLÓZAT, 2020

Az Art Network projekt részeként, lokális kutatás eredményeként megvalósuló magyar művészeti háló sajátos mintázatokként rajzolja meg a benne szereplő személyek és intézmények összefüggő rendszerét. A projekt tartalma a rendelkezésre álló digitális adatokból épült, az azokból kinyerhető információk a magyarországi művészeti színtér első hálózati közelítései.

Az adatvizualizációk egy már korábban kifejlesztett módszer szerint vizsgálják a magyar képzőművészeti életet egy a magyar művészek munkásságát lefedő adathalmazon keresztül. Az adatok értelmezéséhez művészettörténeti ismeretek mellett felhasználásra kerültek a hálózat- és adattudomány korszerű eszközei, hogy kvantitatív módon nyerjünk betekintést a hazai képzőművészeti színtéren zajló folyamatokba. A nyers adatforrások begyűjtését több lépcsőből álló adattisztítási és előzetes feldolgozási folyamat követte, amely több egymásra épülő manuális és algoritmikus lépésből állt. A vizsgált adathalmaz időben visszanyúlik egészen az 1800-as évek közepéig, míg az adatgyűjtés vége a 2020-as COVID-19 járványt követő intézményi bezárásokhoz igazodva 2020. március 12. A vizualizáció számos köztes állomása után a különböző szempontú listák mellett három nagy háló jelenik meg a kiállítóterben: az intézményeket vizsgáló háló, a művészek alkotta hálózat és a kurátori háló.

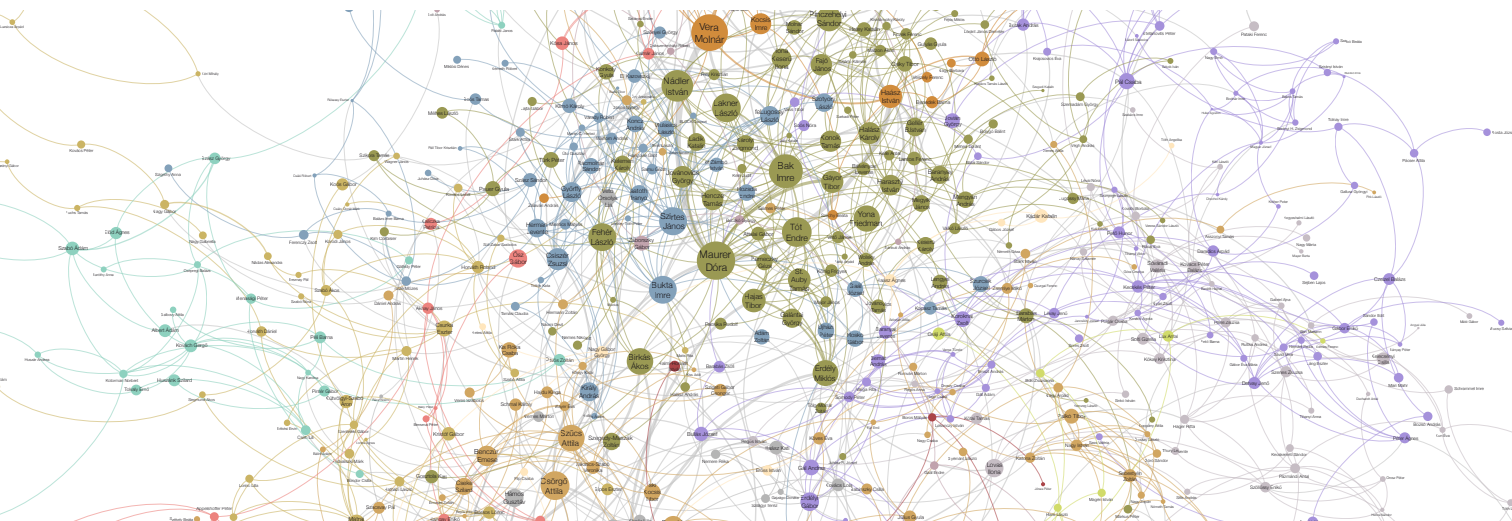
Az adatokból készült, 2259 művészt és a közöttük futó 5304 élt tartalmazó hálózatot szoborként mutatja be a virtuálisvalóság-eszköz (VR), amely lehetővé teszi az egyes művészek megjelenítését a három dimenzióban megjelenő hálózat rendszerében.

## HUNGARIAN ART NETWORK, 2020

The Hungarian art network, which is part of the Art Network project and is based on local research, depicts the connections between the concerned persons and institutions in the form of distinctive patterns. The project utilizes available digital data, and offers the first network-focused analysis of the Hungarian art scene.

Using a methodology that was developed formerly, this visualization of Hungary's artistic life relies on a set of data that are related to the careers of Hungarian artists. Along with knowledge on art history, the cutting-edge instruments of network and data science were applied to interpret the data, so that quantitative insights could be gained into the processes that take place in the domestic art scene. The raw data collected was cleaned and preprocessed in the course of a sequence of manual and algorithmic steps. The dataset examined goes back in time until the mid-1800s, while the most recent data come from 12 March, 2020, when institutions were closed in observation of anti-COVID-19 measures. On view are different intermediate stages of the visualization, lists drawn up in accordance with various criteria, and three large networks, which look at institutions, artists and curators, respectively.

A virtual reality device presents the network – which incorporates 2259 artists and 5304 edges – in 3-D, as a sculpture, allowing the user to zoom in on individual artists.



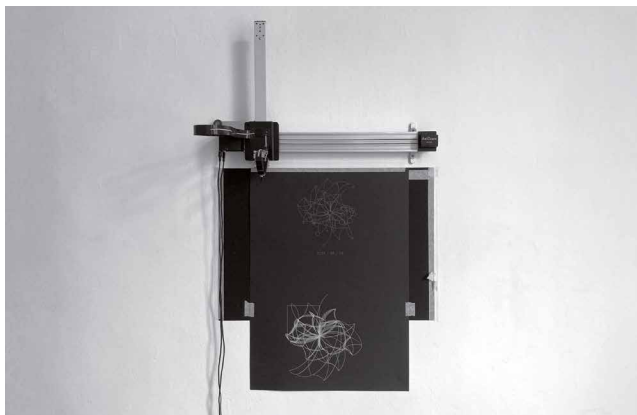


## AXIDRAW – HÁLÓZATRAJZOLÓ ROBOT

A falra erősített szerkezet a kiállítás minden napján kirajzolja egy-egy alkotó életútjának hálózatát a kortárs magyar képzőművészeti szcénából. A rajzon láthatóvá válik, mely intézményekben, galériákban állított ki az idő során a művész. A rajzok több művészeti adatbázis alapján kerültek feldolgozásra egy szakértői csapat bevonásával. A hálózatok elemeinek eloszlását, élelinek növekedését a képkötő módszer algoritmikusan alkalmazza a csapat által összegyűjtött több száz művész és intézmény adatai alapján. A kirajzoláshoz a robot a vonalakat és a betűket különböző formákká alakítja egy saját készítésű program segítségével, amely a rajzolás ritmusát, dinamikáját és időbeliségét is meghatározza. Így egy-egy rajz lassan bontakozik ki a látogató szeme előtt, ezáltal a rajzolás megfigyelése a képkötés folyamatának élményét adja a látogatóknak. A mechanikus robotkarok segítségével létrehozott kép technológiája eredetileg jóval korábbról származik, mint korunk pixel alapú információközvetítése: az installáció célja a hálózatok vizualizációja mellett a digitális adatok alapján létrejövő alakzatok, mintázatok fizikai reprezentációja kód, papír, vonalak, festék segítségével.

## AXIDRAW – NETWORK DRAWING ROBOT

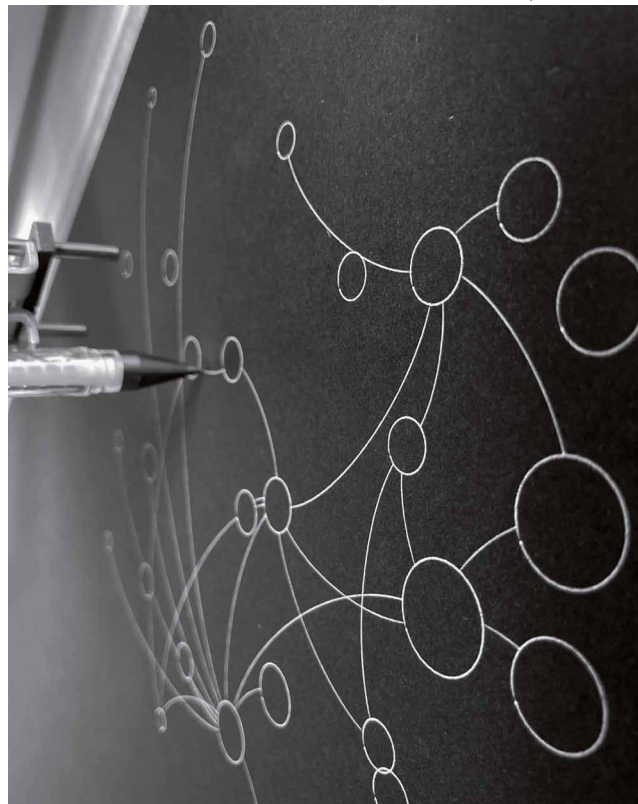
On each day of the exhibition, the wall-mounted device will draw the network that is the career of a contemporary Hungarian visual artist. The drawing will represent the institutions and galleries where the



given artist has had exhibitions. The data were garnered, with the help of a team of experts, from several art-related databases. The nodes are distributed and new links are added by an algorithm that uses the data of hundreds of artists and institutions. Purpose-built software makes the letters and lines form different shapes; it also determines the rhythm and dynamics of drawing, as well as when the robot works. As a result, each drawing emerges slowly in the presence of the viewer, who can become an observer and experience the process of creation. The technology of robotic plotters predates today's pixel-based images; alongside the visualization of networks, the installation also demonstrates how digital data can find a physical representation with the use of code, paper, lines and ink.

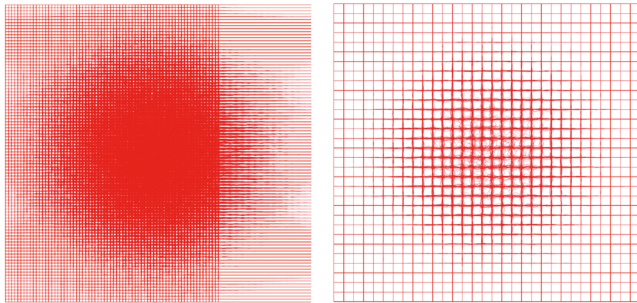
AxiDraw, 2020; MOME Innovációs Központ Emergens Media Kutatócsoport, BarabásiLab

AxiDraw, 2020; MOME Innovation Center Emergens Media Research Group, BarabásiLab



## HŐ, 2019–2020

Egy hálózat fizikája gyakran kényszeríti arra az összekötő kapcsolatokat, hogy a legrövidebb, egyenes út helyett kitérőkkel jussanak el céljukhoz. A kitérők számszerűsítésének szükségessége vezette el a BarabásiLabet a „hálózati hőmérséklet” koncepciójának kidolgozásához. Ahogyan a levegő hőmérséklete a gázmolekulák röppályáinak véletlenszerűségét ragadja meg, egy hálózat hőmérséklete azt írja le, milyen mértékben vándorolnak el a térben az egyes összeköttetések. A nulla hőmérsékletű hálózatban minden összeköttetés egyenes. Egy „forró hálózat” összeköttetései ezzel szemben kanyarodnak és görbülnek, hogy célba érjenek. A 2D-s vizualizáción a „forró rács” hőmérséklete a sík középpontja felé haladva növekszik, míg a háromdimenziós rácsok hőmérséklete a hálózat középpontjában magasabb. Azt is megtudhatjuk, mi történik a hálózatokkal, ha minden összeköttetésük hőmérsékletét növeljük. Bár ezeket a forró hálózatokat a BarabásiLab adatszobrokként képzelte el, a 3D nyomtatási technikák és megjelenítő médiumok még korántsem érték el lehetőségeik határát.

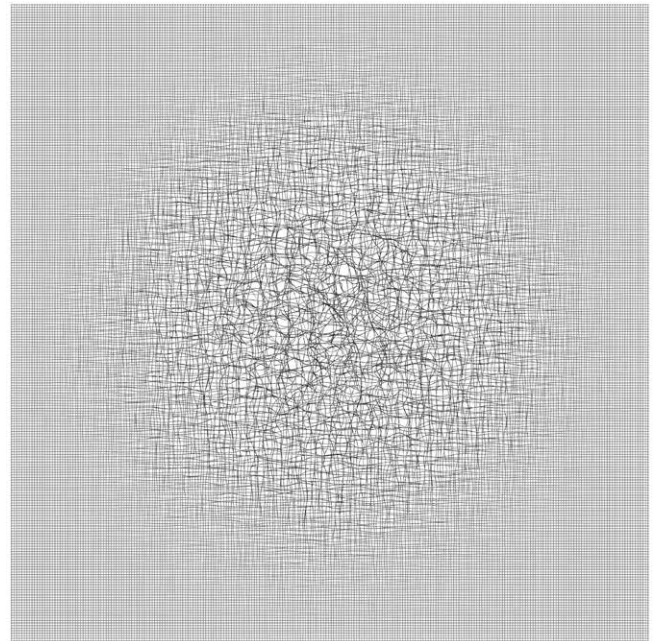


A.-L. Barabási, N. Dehmami, and Y. Liu: *Hő*, a *Nature Physics* 2020-ban megjelenő „Isotopy and Energy of Physical Networks” című cikkéből

*Heat*, by A.-L. Barabási, N. Dehmami, and Y. Liu, for “Isotopy and Energy of Physical Networks,” in *Nature Physics* (forthcoming in 2020)

## HEAT, 2019–2020

The physicality of a network often forces its links to deviate from a straight line as they struggle to find a path to their destination. The need to quantify these deviations inspired the BarabásiLab's development of the “network temperature” concept. Just as air temperature captures the randomness of the air's molecular trajectories in the gas, the temperature of a network describes the degree to which individual links wander in space. A zero-temperature network has only straight links. The links of a “hot network,” by contrast, swerve and curve as they reach their destination. The 2-D image shows a “hot lattice,” the temperature of which increases toward the center of the plane, while the temperature of three-dimensional cubic lattices is elevated at the center of the network. It is also shown what happens to networks when the temperature of all its links is increased. While these hot networks were intended to exist as data sculptures, many could not yet be printed with the spatial resolution offered by existing 3-D-printing technologies, except for the one the BarabásiLab has printed successfully.





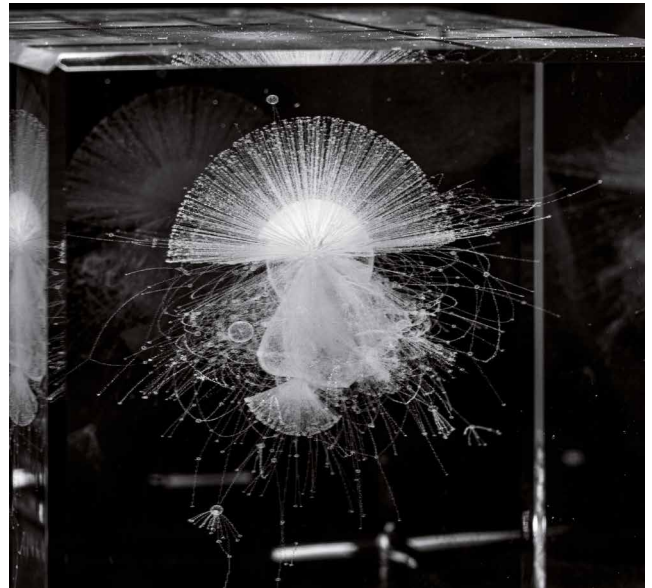
## ÁLHÍREK, 2018

Az álhírek terjedését a közösségi média eszközeit kihasználó társas hálózatok teszik lehetővé. Valaki pár közösségi oldalon közzétesz egy hamis sztorit arról, hogy magas rangú demokrata párti tisztviselők szexuális célú emberkereskedelemmel foglalkozó hálózatot üzemeltetnek egy washingtoni pizzázó pincéjéből, és hirtelen mindenki tud a dologról. A BarabásiLab azért döntött a Pizzagate-botrány terjedésének feltérképezése mellett, mert ez volt az első alaposan dokumentált álhíreset – a jobboldali összeesküvéselméletet az Infowarsig vezették vissza –, amely befolyásolta a 2016-os amerikai választás körülményeit. Az *Álhír-hálózat* a #pizzagate hashtaget viselő tweeteknek a Twitteren való terjedését mutatja. 2016-ra a Twitteren folyó tevékenység jelentős hányadát generálták botok, a magukat embereknek kiadó program-alapú felhasználói fiókok. Hogy megmutassa, milyen fontos szerepet játszanak az ilyen botok az álhírek terjesztésében, Barabási csapata a Botometer, az embereket a botoktól megkülönböztető, mesterséges intelligencián alapuló eszköz segítségével kiértékelte az összes olyan Twitter fiókot, amely újra-tweetelte a #pizzagate-et. A térképen a színek különböztetik meg a #pizzagate-et terjesztő tweetek két fajtáját: a botokat okkersárga csomópontok jelzik, az emberek zöldeskékek.

Az *Álhír-hálózat* tervezésekor már az adatszoborként való megjelenítése is felmerült, és később be is került a Wonder Net projektbe (netwonder.net), mely az adatszobrok első nyilvános bemutatása volt. A 3D-s nyomtatási technológia ekkor azonban még nem rendelkezett azzal a felbontással, amellyel érzékeltethetők lettek volna az *Álhír-hálózat* finom részletei. A BarabásiLab ezért két másik médiumban készítette el a térképet: először két-dimenziós monokromatikus nyomatként, majd lézerral maratott üveglépként, mely médiummal a laboratórium rendkívül bonyolult 3D-s hálózatokat jelenít meg.

## FAKE NEWS, 2018

The spread of fake news is enabled by social networks empowered by social media. One person posts a bogus story alleging that several high-ranking Democratic Party officials are running a sex-trafficking ring in the basement of a Washington, DC pizza parlor on a few sites, and suddenly everybody knows about it. The BarabásiLab chose to map the spread of the Pizzagate scandal because it was the first well-documented fake news event—the debunked right-wing conspiracy theory was traced to right-wing conspiracy website Infowars—that affected the 2016 US election landscape. What



A.-L. Barabási, M. Martino, N. Dehmami, O. Varol: *Álhírek*. A művet a Wonder Net projekt részeként bemutatták a berlini IEEE Info Vis 2018 kiállításon 2018. október 23–26-án. Fotó: Puklus Péter

*Fake News*, by A.-L. Barabási, M. Martino, N. Dehmami, O. Varol. This work was part of the Wonder Net project and was shown in the IEEE Info Vis 2018 Art Exhibition, Berlin, October 23–26, 2018. Photo by Péter Puklus

the *Fake News* network depicts is the spread of tweets sharing the #pizzagate hashtag on Twitter. By 2016, a substantial amount of activity on Twitter was generated by bots, program-driven accounts that pose as humans. To show the important role such bots play in the propagation of fake news, the team evaluated each Twitter account that retweeted #pizzagate using a Botometer, an artificial-intelligence tool that separates humans from bots. The number of bot tweets versus human tweets in spreading Pizzagate are represented on the map by node color—the bots are shown in ochre-colored nodes, the humans in teal.

The *Fake News* network was conceived as a data sculpture and created as part of the Wonder Net project (netwonder.net), the first public release of several data sculptures. At the time, however, the 3-D-printing technology lacked the resolution to sufficiently articulate the structure's fine details. Instead, the BarabásiLab produced this map in two other mediums, first as a 2-D monochromatic print, and then as a laser-engraved glass etching, a medium used by the BarabásiLab to represent 3-D networks with exceptional complexity.

Szöveg / Text: BARABÁSI Albert-László, KÉSZMAN József

Szöveggondozás / Proofreading: IVACS Ágnes

Fordítás / Translation: MIHÁLY Árpád

A kísérő füzet leírásai nagyrészt a *Hidden Patterns* című katalógus szövegein alapulnak. (szerk: Alanna Stang) / The descriptions in the accompanying booklet are largely based on the texts in the *Hidden Patterns* catalogue. (ed. Alanna Stang)

Arculat, kiállításdizájn / Exhibition Design: BOGDÁN Csilla

Grafikai tervezés / Graphic Design: ELN Ferenc

Kivitelezés / Print Production: Keskeny Nyomda

A kiállítás a következő intézmények együttműködésében valósult meg /  
The exhibition is organised in cooperation between the following institutions:



BarabásiLab // [barabasilab.com](http://barabasilab.com)

Center for Complex Research (CCNR) // Northeastern University -  
Research // [research.northeastern.edu/](http://research.northeastern.edu/)

A kiállítás a CAFe Budapest Kortárs Művészeti Fesztivál keretében a Műpa és a Ludwig Múzeum – Kortárs Művészeti Múzeum közös programja. / The exhibition is organised as part of the CAFe Budapest Contemporary Arts Festival.



A kiállítás főtámogatója / Main sponsor: Magyar Telekom



Szponzorok és együttműködő partnerek / Sponsors and Partners:

müpa  
Budapest



SAMSUNG

Portfolio



A múzeum fenntartója az Emberi Erőforrások Minisztériuma. / The museum is maintained by the Ministry of Human Capacities.

## LUDWIG – KORTÁRS MÚZEUM MŰVÉSZETI MÚZEUM

A kiállításához kapcsolódó programokról folyamatosan frissülő honlapunkról tájékozódhatnak. / Please check our website for the latest updates regarding the programmes accompanying the exhibition.

Műpa Budapest | H-1095 Budapest, Komor Marcell u. 1.

Tel: (+36 1) 555 3444 | [info@ludwigmuseum.hu](mailto:info@ludwigmuseum.hu)

[ludwigmuseum.hu](http://ludwigmuseum.hu) | [facebook.com/ludwigmuseum](https://www.facebook.com/ludwigmuseum) | [ludwigmuseum.blog.hu](http://ludwigmuseum.blog.hu)

A kiállítás nyitva | The exhibition is open: 2020.10.10. – 2021.01.17.

Kedd–vasárnap | Tuesday–Sunday, 10.00–20.00

A múzeum hétfőn zárva. | The museum is closed on Mondays.