

Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

za pośrednictwem:

Rady Doskonałości Naukowej

pl. Defilad 1

00-901 Warszawa

(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

dr inż. Julian Sienkiewicz
Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

Wniosek

z dnia **16 stycznia 2024 r.**

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora
habilitowanego w **dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych** w dyscyplinie¹ **nauki
fizyczne**

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia
doktora habilitowanego: **cykl 9 publikacji pt. „Efekty indukowanego złamania
symetrii w wybranych modelach procesów społecznych”**

Wniosuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie
wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała
uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **tajnym/jawnym**^{*2}

Zostałem poinformowany, że:

*Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w
sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej
z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).*

*Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu.
Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c)
Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art.
232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu
przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i
obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.*

*Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest
na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html*

¹ Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września
2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz.
1818).

² * Niepotrzebne skreślić.

Jolana Sienkiewicz
.....
(podpis wnioskodawcy)

Załączniki:

1. Dane wnioskodawcy (w języku polskim i angielskim),
2. Kopia dyplomu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora,
3. Autoreferat (w języku polskim i angielskim),
4. Wykaz osiągnięć naukowych (w języku polskim i angielskim),
5. Zaświadczenia potwierdzające współpracę międzynarodową,
6. Oświadczenia współautorów.

Załącznik nr 3

A U T O R E F E R A T

dr inż. Julian Sienkiewicz

Warszawa, styczeń 2024

Spis treści

1	Imię i nazwisko	2
2	Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	2
3	Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	2
4	Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy	2
4.1	Tytuł osiągnięcia naukowego	2
4.2	Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	2
4.3	Wprowadzenie	5
4.4	Cel badań	6
4.5	Model izolacji społecznej [H1]	7
4.6	Modele dynamiki emocji [H2]–[H5]	9
4.6.1	Rozładowywanie się emocji w dyskusjach [H2]	9
4.6.2	Entropowy model agentowy dialogów [H3]	11
4.6.3	Spinowy model dyskomfortu emocjonalnego [H4]	16
4.6.4	Spinowy model dyskomfortu emocjonalnego na topologii drzew [H5]	19
4.7	Modele procesów społecznych w sieciach wielopoziomowych [H6]–[H9]	22
4.7.1	Model q -Isinga dla $q = 2$ na niepełnym duplesie [H6]	22
4.7.2	Graniczny przypadek asymetrycznego modelu q -wyborcy na duplesie [H7]	24
4.7.3	Pole zewnętrzne w modelu polaryzacji i radykalizacji opinii [H8]	26
4.7.4	Wykrywanie warstw w grafie kwantowym [H9]	28
4.8	Podsumowanie	31
4.9	Podziękowania	32
5	Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagraniczej.	32
6	Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę	33
6.1	Osiągnięcia dydaktyczne	33
6.2	Osiągnięcia organizacyjne	35
7	Pozostałe istotne informacje dotyczące osiągnięć zawodowych	35
7.1	Nagrody i stypendia	35
7.2	Kluczowe funkcje pełnione w projektach	36
7.3	Inne	36

1 Imię i nazwisko

Julian Michał Sienkiewicz

2 Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- Stopień naukowy: **doktor nauk fizycznych**
Rok uzyskania stopnia: 2010
Instytucja: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki
Tytuł rozprawy: *Relacje skalowania w topologii sieci złożonych*
2004-2009 — studia doktoranckie
- Tytuł zawodowy: **magister inżynier**
Rok uzyskania dyplomu: 2004
Instytucja: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki
Kierunek / specjalność: fizyka techniczna / fizyka komputerowa
Tytuł pracy: *Sieci transportu miejskiego w Polsce: badania metodami fizyki statystycznej*
1999-2004 — studia magisterskie

3 Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- Od 1.09.2012 na czas nieokreślony – na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego (badawczo-dydaktycznego) w wymiarze pełnego etatu – Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej
- Od 1.12.2010 do 31.08.2012 – na stanowisku adiunkta naukowego (badawczego) w wymiarze 0.95 etatu – Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej do realizacji projektów UE Dynanets i CyberEMOTIONS
- Od 7.12.2009 do 30.11.2010 – na stanowisku asystenta naukowego (badawczego) w wymiarze pełnego etatu – Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej do realizacji projektów UE Dynanets i CyberEMOTIONS

4 Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2020 poz. 85 z późn. zm.) przedstawiam cykl powiązanych ze sobą tematycznie publikacji naukowych pod wspólnym tytułem:

Efekty indukowanego złamania symetrii w wybranych modelach procesów społecznych

4.2 Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Cykl dziewięciu publikacji powiązanych tematycznie (z czego wszystkie znajdują się na liście JCR) tworzących wskazane osiągnięcie naukowe obejmuje:

[H1] J. Sienkiewicz, G. Siudem, J. A. Hołyst
External bias in the model of isolation of communities
Physical Review E **82(5)**, 057101 (2010)
liczba cytowań 2, IF 2.3 , punktacja MEN 140 pkt.¹
doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.82.057101>
Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- konceptualizacja badań,
- analityczne i numeryczne wyznaczenie czasów krytycznych dla przypadku rozkładu geometrycznego opinii,
- przygotowanie wszystkich ilustracji,
- stworzenie, redakcja i recenzja tekstu manuskryptu

[H2] A. Chmiel, J. Sienkiewicz, M. Thelwall, G. Paltoglou, K. Buckley, A. Kappas, J. A. Hołyst
Collective Emotions Online and Their Influence on Community Life
Plos ONE **6(7)**, e22207 (2011)
liczba cytowań 106, IF 3.8 , punktacja MEN 100 pkt.
doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022207>
Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- analiza danych związanych ze zjawiskiem rozładowywania się emocji,
- przygotowanie wszystkich ilustracji,
- stworzenie, redakcja i recenzja tekstu manuskryptu

[H3] J. Sienkiewicz, M. Skowron, G. Paltoglou, J. A. Hołyst
Entropy-Growth-Based Model Of Emotionally Charged Online Dialogues
Advances in Complex Systems **16(4-5)**, 1350026 (2013)
liczba cytowań 2, IF 1.1 , punktacja MEN 40 pkt.
doi: <https://doi.org/10.1142/S0219525913500264>
Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- konceptualizacja badań,
- analiza danych,
- zaproponowanie i zaimplementowanie modelu agentowego,
- wykonanie wszystkich symulacji numerycznych,
- przygotowanie wszystkich ilustracji,
- stworzenie, redakcja i recenzja tekstu manuskryptu

¹W poniższej liście podano liczbę cytowań bez autocytowań wg. Web of Science na dzień 14 stycznia 2024 r., pięcioletni wskaźnik Impact Factor z roku 2022 oraz punktację z listy MEN z dn. 5 stycznia 2024 r.

[H4] J. Sienkiewicz, K. Suchecki, J. A. Holyst
Finite size induces crossover temperature in growing spin chains
Physical Review E **89(1)**, 012105 (2014)
liczba cytowań 1, IF 2.3 , punktacja MEN 140 pkt.
doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.89.012105>
Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- konceptualizacja badań,
- zaproponowanie modelu (rozdział II pracy),
- analityczne wyznaczenie rozwiązań modelu (rozdział IV oraz Dodatek w pracy),
- wykonanie symulacji numerycznych (rozdział III pracy),
- przygotowanie wszystkich ilustracji,
- porównanie przewidywań modelu z danymi rzeczywistymi (rozdział VIII pracy)
- stworzenie, redakcja i recenzja tekstu manuskryptu

[H5] J. Sienkiewicz
Growing spin model in deterministic and stochastic trees
Physical Review E **90(4)**, 042120 (2014)
liczba cytowań 0, IF 2.3 , punktacja MEN 140 pkt.
doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.90.042120>

[H6] A. Chmiel, J. Sienkiewicz, K. Sznajd-Weron
Tricriticality in the q -neighbor Ising model on a partially duplex clique
Physical Review E **96(6)**, 062137 (2017)
liczba cytowań 11, IF 2.3 , punktacja MEN 140 pkt.
doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.062137>
Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- analityczne wyznaczenie rozwiązań modelu dla przypadku $q = 2$ (rozdział IV.A w pracy),
- wykonanie wszystkich symulacji numerycznych,
- przygotowanie wszystkich ilustracji,
- stworzenie, redakcja i recenzja tekstu manuskryptu

[H7] A. Chmiel, J. Sienkiewicz, A. Fronczak, P. Fronczak
A veritable zoology of successive phase transitions in the asymmetric q -voter model on multiplex networks
Entropy **22(9)**, 1018 (2020)
liczba cytowań 10, IF 2.6 , punktacja MEN 100 pkt.
doi: <https://doi.org/10.3390/e22091018>
Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- konceptualizacja badań,
- analityczne wyznaczenie rozwiązań modelu dla przypadku granicznego (rozdział 3.3 w pracy),
- wykonanie symulacji numerycznych,
- stworzenie, redakcja i recenzja tekstu manuskryptu

[H8] L. G. Gajewski, J. Sienkiewicz, J. A. Holyst
Transitions between polarization and radicalization in a temporal bilayer echo-chamber model
Physical Review E **105**(2), 024125 (2022)
liczba cytowań 6, IF 2.3 , punktacja MEN 140 pkt.
doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.105.024125>
Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- analityczne i numeryczne wyznaczenie rozwiązań przypadku sprzężenia jednokierunkowego (rozdział IV.A w pracy),
- przygotowanie części ilustracji,
- stworzenie, redakcja i recenzja tekstu manuskryptu

[H9] L. G. Gajewski, J. Sienkiewicz, J. A. Holyst
Discovering hidden layers in quantum graphs
Physical Review E **104**(3), 034311 (2021)
liczba cytowań 1, IF 2.3 , punktacja MEN 140 pkt.
doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.104.034311>
Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- konceptualizacja badań
- koordynowanie badań,
- adaptacja oryginalnego podejścia teoretycznego (dodatek A) oraz analityczne wyznaczenie rozwiązań dla przypadku grafu pełnego: monopleksu i dupleksu (dodatek G w pracy),
- wykonanie symulacji numerycznych wyników dla przypadku grafu pełnego: monopleksu i dupleksu (dodatek G w pracy)
- przygotowanie części ilustracji,
- stworzenie, redakcja i recenzja tekstu manuskryptu

4.3 Wprowadzenie

Śmiało można powiedzieć, że **modelowanie procesów społecznych** jest już dobrze ugruntowanym i mocno zakorzenionym pojęciem i obszarem badań w dyscyplinie nauk fizycznych [1, 2]. Dzięki napływowi ogromnych ilości danych rzeczywistych, często liczonych w setkach milionów rekordów, modelowanie to przeszło ewolucję przez ostatnich ponad 20 lat, jako punkt odniesienia biorąc pracę Sznajdów wprowadzającą eponimiczny model [3]. Nie znaczy to bynajmniej, że modele, do których brakuje bezpośrednich danych, umożliwiających ich walidację, uznaje się gorsze. Świetnym przykładem jest tu opublikowana niedawno praca w *Perspectives on Psychological Science* [4], w której autorzy, odnosząc się do modelu Isinga [5] oraz modelu tzw. q -wyborcy (ang. *q-voter model*) [1], rozważają kwestię histerezy społecznej (ang. *social hysteresis*), odwołując się z jednej strony do modeli agentowych, a z drugiej strony podając jako przykład konkretne zjawiska społeczne i ekonomiczne (jakościowo).

W przeważającej większości rozpatrywanych modeli pojęcie **złamania symetrii** odnosi się do pojawienia wyróżnionej fazy (np. większość spinów ustawionych do góry, przewaga głosujących na "nie") dla pewnych parametrów modelu, mimo zupełnie losowego stanu układu w początkowym etapie – np. w dwuwymiarowym modelu Isinga mimo zerowej magnetyzacji początkowej, poniżej temperatury krytycznej układ porządkuje się. Takie zjawiska obserwuje się w oryginalnych

publikacja	proces społeczny (zjawisko społeczne)	rodzaj indukowanego złamania symetrii			
		oddziaływań	poła zewnętrznego	warunków początkowych	topologii
[H1]	izolacja społeczna	+			
[H2]	dyskusja (emocje)			+	
[H3]	dialog (emocje)	+		+	
[H4]	dialog (emocje)	+	+		
[H5]	dialog (emocje)	+	+		+
[H6]	wpływ społeczny	+			+
[H7]	wpływ społeczny	+			
[H8]	polaryzacja opinii		+		
[H9]	rozchodzenie się informacji			+	+

Tabela 1: Procesy społeczne analizowane lub modelowane w osiągnięciu naukowym wraz z rodzajami indukowanego złamania symetrii odnoszącymi się do nich.

modelach, na których oparte są prace [H6] (tzw. model q-Isinga [6]), [H7] (model q-wyborcy [7]) oraz [H8] (model Baumanna i in. [8]), gdzie rolę parametru, prowadzącego do złamania symetrii układu odgrywają odpowiednio temperatura, prawdopodobieństwo niezależności wyboru oraz siła oddziaływań społecznych. Złamanie symetrii jest tu zjawiskiem, które wynika bezpośrednio z oddziaływań pomiędzy poszczególnymi elementami układu, choć jego charakter nie jest zwykle możliwy do przewidzenia na podstawie formy interakcji.

Omówione wyżej, **spontaniczne** złamanie symetrii jest bardzo istotnym i zarazem ciekawym zjawiskiem. Jednak w wielu przypadkach mamy do czynienia z zupełnie inną sytuacją: złamanie symetrii można zostać **indukowane (narzucone)**. Ciężko pokusić się o konkretną definicję takiego problemu – złamanie symetrii może po prostu oznaczać (1) modyfikację oddziaływań tak, aby wystąpiła w nich anizotropia, (2) odpowiednio zmodyfikowane warunki początkowe, (3) zmianę parametrów opisujących oddziaływanie dla niektórych elementów układu czy wreszcie (4) zaburzenie symetrii topologii, na której odbywa się dany proces. Jak widać, jest to bardzo pojemna klasa, jednakże wspólną cechą jest istotny wpływ indukowanego złamania symetrii na dynamikę modelu i w konsekwencji obserwacja zaskakujących lub nietrywialnych rezultatów. W tabeli 1 zostały zebrane prace składające się na osiągnięcie naukowe wraz rodzajami złamania symetrii w nich rozpatrywanymi, jak również procesami społecznymi, których dotyczą.

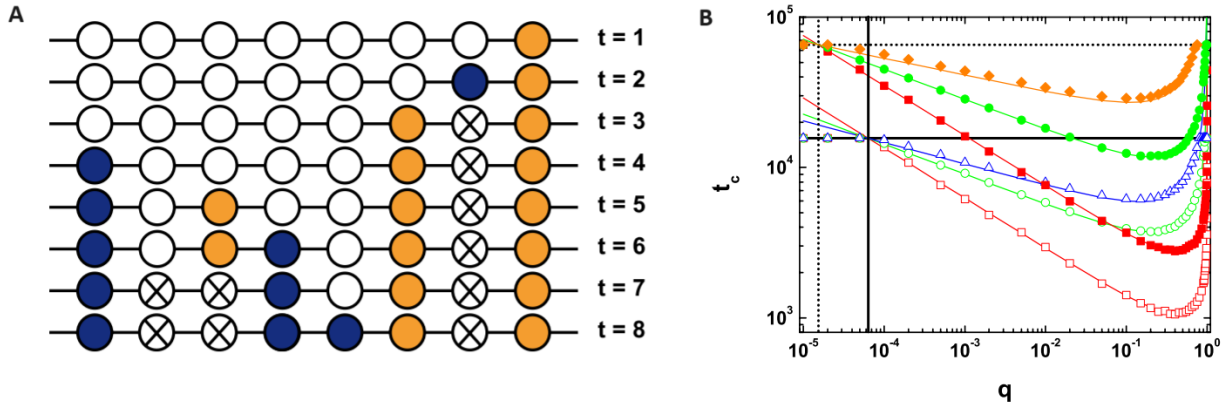
4.4 Cel badań

Celem badań przeprowadzonych w ramach przedstawianego osiągnięcia naukowego jest analiza efektów indukowanego, specyficznego złamania symetrii w wybranych modelach procesów społecznych: izolacji społecznej [H1], wpływu społecznego (modele q-Isinga [H6] oraz q-wyborcy [H7]) oraz polaryzacji i radykalizacji (tzw. model Baumanna [H8]). Odrębną klasę stanowi zestaw prac [H2]-[H5], gdzie złamanie symetrii jest obserwowane w danych rzeczywistych (dyskusje online [H2]), a następnie w pracach [H3] i [H4] rozpatruje się różne podejścia do modelowania tych procesów (agentowe [H3] oraz asymetryczny wariant modelu Isinga [H4]), podczas gdy praca [H5] jest uogólnieniem modelu [H4] na przypadek drzew. Praca [H9] prezentuje szczególny przypadek rozchodzenia się informacji w postaci fali w układzie wielowarstwowym z wyróżnioną warstwą początkową. Testowaną **hipotezą badawczą** w przedstawianych pracach jest zmiana charakteru obserwowanych zjawisk w przypadku narzucenia złamania symetrii lub też konieczność

istnienia takiej asymetrii w celu zajęcia określonych zjawisk.

4.5 Model izolacji społecznej [H1]

Oryginalny model izolacji społecznej został zaproponowany w pracy [9], wchodzącej w ramy rozprawy doktorskiej. Reguły dynamiki, przedstawione schematycznie na rys. 1A są następujące: rozpoczynamy ($t = 0$) od pustego łańcucha o N elementach i w każdym kolejnym kroku $0 < t \leq N$ w losowym, pustym miejscu umieszczamy losową binarną opinię (tak \uparrow / nie \downarrow , analogicznie do spinu góra / dół; prawdopodobieństwa $p_\uparrow = p_\downarrow = 1/2$). Jeśli pojedynczy węzeł lub też jednomyślna grupa (klastr) węzłów zostanie otoczona z obu stron przez węzły przeciwnej opinii (np. $\uparrow\downarrow\downarrow\uparrow$), to węzły wewnątrz klastra uznaje się za zablokowane ($\uparrow \otimes \otimes \otimes \uparrow$) i nie biorą one już udziału w dynamice, tzn. nie mogą dalej służyć do blokowania innych węzłów. Celem pracy było zbadanie, jak zmienia się liczba Z zablokowanych opinii oraz wyznaczyć czas charakterystyczny t_c , po którym średnio pojawia się pierwszy zablokowany węzeł. Symulacje oraz obliczenia analityczne wykonane w przypadku topologii łańcucha wskazały, że Z rośnie liniowo wraz z sześcianiem t , natomiast $t_c \sim N^{2/3}$, przy czym zależności były takie same także gdy zamiast dwóch opinii rozpatrywano ich m (losowanych z rozkładu jednorodnego). Czas charakterystyczny wyznaczono także dla ogólnego przypadku sieci homogenicznych (siatka o stałej liczba sąsiadów z) i heterogenicznych (rozkład stopni wierzchołków $p(k)$).



Rysunek 1: **Model izolacji społecznej.** (A) Ilustracja reguł blokowania opinii (węzłów) w przypadku binarnej opinii w symetrycznym modelu izolacji na łańcuchu [9]. (B) Zależność czasu charakterystycznego t_c od parametru q w asymetrycznym modelu izolacji. Symbole przedstawiają wyniki symulacji numerycznych dla różnych parametrów układu (kwadraty - $d = 1$, koła - $d = 2$, trójkąty - $d = 3$, romby - $d = 4$; puste symbole oznaczają rozmiar układu $N_1 = 15625$, natomiast pełne $N_2 = 65536$). Barwne linie to, odpowiadające parametrom z symulacji, przewidywania równania (1); pionowa ciągła linia to $q_{min} = 1/N_1$, a pionowa kropkowana - $q_{min} = 1/N_2$; linie poziome to $t_c = N_1$ (ciągła) oraz $t_c = N_2$ (kropkowana). Rysunki z pracy [9] (panel A) oraz [H1] (panel B).

W pracy [H1] rozpatrywano złamanie symetrii modelu [9] w przypadku siatki o rozmiarze liniowym L oraz wymiarze d , czyli liczbie węzłów $N = L^d$. Asymetrię realizowano na dwa różne sposoby: w przypadku binarnej opinii zaburzano prawdopodobieństwa p_\uparrow oraz p_\downarrow za pomocą parametru ϵ jako $p_\uparrow = 1/2 + \epsilon$ oraz $p_\downarrow = 1/2 - \epsilon$, natomiast w przypadku wielu opinii zdecydowano

się skorzystać z rozkładu geometrycznego $p_i = q^{i-1}(1 - q)$, dla $i = 1, 2, \dots$, gdzie p_i oznacza prawdopodobieństwo wylosowania i -tej opinii. Druga wersja okazała się być interesująca szczególnie z punktu widzenia czasu charakterystycznego, który przedstawia się następująco:

$$t_c = \left[\frac{N^{2d}}{\frac{(1-q)^{2d}}{1-q^{2d}} - \frac{(1-q)^{2d+1}}{1-q^{2d+1}}} \right]^{\frac{1}{1+2d}} \quad (1)$$

a jego zależność w funkcji parametru q dla różnych rozmiarów oraz wymiarowości układu została pokazana na rys. 1B, przy czym równanie (1) przewiduje wartości wyższe niż N – aby otrzymać poprawny wynik należy skorzystać z formuły $\min\{t_c, N\}$. Jak można zaobserwować, zależność $t_c(q)$ wygląda tak samo dla różnych wartości N oraz d : jest niemonotoniczna, dla małych wartości $q < q_{min}$ oraz dla $q > q_{max}$ czas charakterystyczny wynosi N , natomiast dla pewnej wartości q^* funkcja przyjmuje minimum. W pracy zaproponowano wyjaśnienie tego faktu: dopóki prawdopodobieństwo wylosowania drugiej opinii (tzn. $i = 2$) jest wyższe niż $q_{min} = 1/N$ istnieje możliwość zablokowania opinii pierwszej (tzn. $i = 1$), w przeciwnym wypadku nie dochodzi do żadnego blokowania. Z drugiej strony, gdy q zbliża się do 1, poszczególne wartości p_i są zbliżone do siebie, a co za tym idzie do wartości $p_1 = 1 - q$. Po przekroczeniu $q = q_{max} \approx 1 - N^{-1/(2d)}$ liczba opinii $i = 1$ jest zbyt mała, żeby mogło dojść do blokowania w układzie. Warto podkreślić, że podczas gdy dla niskowymiarowych układów oznacza to, iż q_{max} jest bardzo bliskie 1 (np. 0.99 dla łańcucha o $N = 10000$ węzłach), tak np. dla $d = 4$ i $N = 1000$ jest wartością rzędu 0.5. Jest to oczywiście związane z faktem, iż wraz ze wzrastającą wymiarowością układu, wzrasta też liniowo liczba sąsiadów niezbędnych do zablokowania pojedynczej opinii. Założenie $q^{2d} \ll 1$ w równaniu (1) umożliwia łatwe wyznaczenie q^* poprzez rozwiązanie równania $\partial t_c / \partial q = 0$. W efekcie

$$q^* = \frac{1}{1 + 2d} \quad (2)$$

co wskazuje, że wartość minimum nie zależy od rozmiaru układu, a jedynie od jego wymiarowości.

W pracy [H1] otrzymano również wyrażenia na $t_c^{(i)}$, czyli czasy charakterystyczne pierwszego pojawienia się i -tej zablokowanej opinii i pokazano, że zależność $t_c^{(i)}$ od q ma podobny charakter jak $t_c(q)$. Ciekawym wnioskiem otrzymanym z analizy przybliżonej postaci $t_c^{(i)}$ jest to, że minimalna wartość q , dla której czas $t_c^{(i)}$ jest mniejszy niż N skaluje się jak $N^{1/(i-1)}$ w przypadku $i \geq 2$, a więc nie zależy od wymiarowości układu, podczas gdy dla pierwszej opinii $q_{min} = N^{1/(2d)}$. Oznacza to również, że czas zablokowania pierwszej opinii jest taki sam, jak $(2d + 1)$ -ej, natomiast dominującą rolę w układzie odgrywa druga opinia – czas $t_c^{(2)}$ jest tożsamy z globalnym czasem charakterystycznym t_c .

Wprowadzenie w pracy [H1] **indukowanego złamania w postaci geometrycznego rozkładu prawdopodobieństwa** losowanych opinii do prostego modelu izolacji społecznej [9] zaowocowało dość zaskakującymi wynikami – aby uchronić układ przed blokowaniem możemy albo uczynić jedną opinię dominującą (silne złamanie symetrii) albo też zadbać o wysoką różnorodność opinii. Po między tymi skrajnościami istnieje pewien specyficzny rozkład, który prowadzi do minimalnego czasu charakterystycznego, przy czym rozkład ten jest zdefiniowany jedynie poprzez wymiarowość układu.

4.6 Modele dynamiki emocji [H2]–[H5]

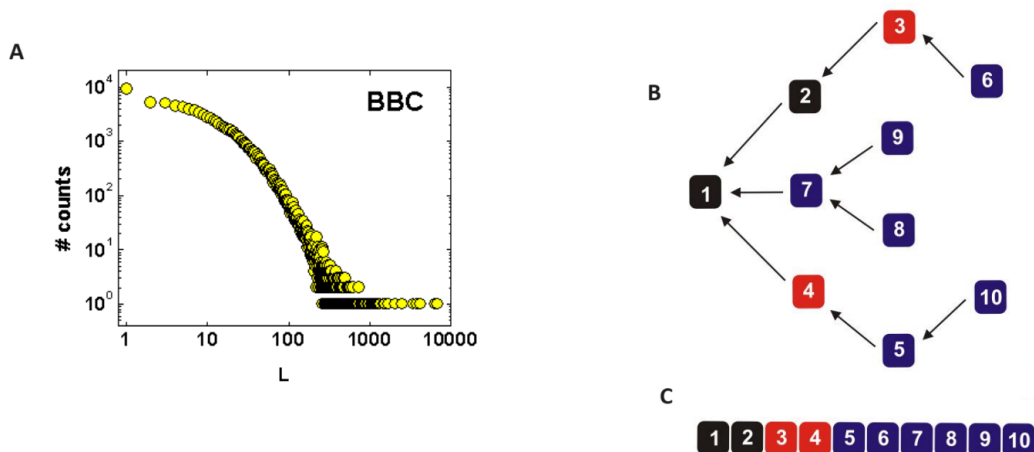
Prace [H2]–[H5] łączy tematyka emocji w świecie wirtualnym (tzn. on-line, mediów społecznościowych), a w szczególności ich kolektywnego charakteru. Wszystkie wymienione publikacje powstały w ramach projektu CyberEMOTIONS² - *Collective Emotions in Cyberspace* (grant EU w 7. Programie Ramowym, realizowany w latach 2009-2013), którego nadrzędnym celem była obserwacja kolektywnych stanów emocjonalnych w mediach społecznościowych, a następnie ich modelowanie za pomocą m.in. metod fizyki statystycznej. Prace [H2] oraz [H3] dostarczają obserwacji zjawiska rozproszenia się początkowego potencjału emocjonalnego w układach rzeczywistych. Stanowią one punkt odniesienia do tworzenia modeli opisywanych w pracach [H3] oraz [H4]; praca [H5] to rozszerzenie badań z pracy [H4] na topologię drzew (motywowane jest to faktyczną strukturą topologiczną rozpatrywanych układów).

4.6.1 Rozładowywanie się emocji w dyskusjach [H2]

Praca w całości poświęcona jest analizie zbiorów danych pochodzących z serwisów internetowych: zbioru blogów Blogs06, forum dyskusyjnego BBC oraz platformy Digg.com. Była to jedna z pierwszych analiz emocji w świecie on-line – wcześniejsze, nieliczne publikacje, dotyczyły bardziej ograniczonych zbiorów, opracowywanych ręcznie [10]. W tym przypadku, dzięki współpracy z grupą informatyków z brytyjskiego University of Wolverhampton (pod kierownictwem prof. Mike’a Thelwalla, światowej klasy eksperta od tzw. *opinion mining* [11]) możliwe było określenie wartości emocjonalnej ponad 4 mln wypowiedzi użytkowników (odpowiednio, ponad 2.4 mln w przypadku BBC Forum, 1.6 mln dla Digg.com oraz ponad 200 tys. w zbiorze Blogs06). Od strony technicznej proces ten sprowadzał się wytrenowania klasyfikatora (tzn. algorytmu uczenia maszynowego) na ograniczonej próbce danych, wstępnie ocenionej przez tzw. kompetentnych sędziów na podstawie 34 000 dokumentów pochodzących ze zbioru Blogs06. Następnie, klasyfikator [12] zastosowany do dowolnego dokumentu w postaci tekstowej, określał prawdopodobieństwo, iż dokument zawiera treści subiektywne. W przypadku, gdy obliczona wartość znajdowała się poniżej progu 0.6, dokument był określany jako **obiektywny (neutralny)** i oznaczano go etykietą “0”. W przeciwnym razie, obliczane było prawdopodobieństwo polarności – gdy przekroczyło ono 0.5, tekst uznawany był jako **pozytywny** i oznaczano go etykietą “+1”, poniżej tego progu, dokumentowi przypisywano etykietę “-1” i uznawano za **negatywny**. Wartości 0 i ± 1 odpowiadają tzw. walencji (wartościowości) emocji, którą uznaje się w psychologii za jedną z głównych, obok pobudzenia i dominacji, składowych emocji [13]. W tym miejscu należy podkreślić, że choć obecnie (AD 2024) zarówno metody oceny sentymentu dokumentów jak i same zbiory danych są powszechnie dostępne (np. Autor prowadzi zajęcia na Wydziale Fizyki PW, podczas których studenci, korzystając z pakietu R oraz zbiorów z portalu Kaggle dokonują oceny zawartości emocjonalnej dokumentów), tak w momencie przeprowadzania badań (lata 2009-10) podejście, wykorzystujące metody uczenia maszynowego oraz wolumen zebranych dane, było czymś **unikalnym na skalę światową**.

Jednym z najciekawszych wyników, zaprezentowanych w pracy [H2] była obserwacja “rozładowywania się” emocji (ładunku emocjonalnego, potencjału emocjonalnego – te pojęcia wykorzystywane są tu zamiennie) w trakcie dyskusji. Efekt ten został zmierzony w odniesieniu do zbioru Forum BBC: rozpatrywano tu poszczególne **wątki**, czyli **dyskusje** rozpoczynające się od pojedynczej wiadomości (zamiennie będą używane określenia *post* oraz *komentarz*). Każdy z prawie 100 000 wątków mógł zakończyć właśnie na poziomie tej pierwszej wiadomości (czyli pozostać bez żadnych odpowiedzi), ale możliwe było również rozwinięcie postu w pełną dyskusję, liczącą nawet do

²<http://www.cyberemotions.eu>



Rysunek 2: **Charakterystyki dyskusji badanych w pracy [H2].** (A) Histogram długości dyskusji (mierzonej w liczbie komentarzy) w zbiorze Forum BBC. (B) Reprezentacja relacji pomiędzy wiadomościami w dyskusji – strzałka jest skierowana w stronę wiadomości, na którą się odpowiada; liczby określają kolejność wiadomości w dyskusji, a kolory – nacechowanie emocjonalne: czarny (neutralny), czerwony (pozytywny), niebieski (negatywny). (C) Przedstawienie dyskusji pokazanej na panelu (B) w sposób chronologiczny. Rysunki pochodzą z materiałów towarzyszących (*supplementary material*) pracy [H2].

kilku tysięcy komentarzy, przy czym rozkład długości wątków ma typową dla układów złożonych charakterystykę *long-tail* (tzw. długie lub “tłuste” ogony [14], w których prawdopodobieństwo pojawienia się obserwacji o wysokich wartościach dąży do zera wolniej niż w przypadku rozkładu wykładniczego, rys. 2A). Należy przy tym podkreślić, że w celu ułatwienia dalszych analiz zastosowano dwa, dość daleko idące uproszczenia: po pierwsze, “spłaszczono” strukturę wątków, tzn. komentarze zostały uszeregowane chronologicznie, po drugie, długość wątków została wyrażona w liczbie komentarzy, a nie za pomocą czasu który upłynął pomiędzy umieszczeniem pierwszej i ostatniej wiadomości. Innymi słowy, mimo iż np. w ramach pewnej dyskusji na pierwszą wiadomość odpowiadano w komentarzach 2, 4 i 7 (rys. 2B, numery oznaczają kolejność chronologiczną), to wątek został przedstawiony w postaci łańcucha (rys. 2C). Oczywiście, kluczowym cechę łańcucha jest informacja o wartości emocjonalnej (1, 0, -1, na rys. 2C oznaczonej odpowiednio kolorami czerwonym, czarnym i niebieskim).

Otrzymane wątki pogrupowano względem ich długości, a następnie zastosowano średnią ruchomą w oknie o długości 10 komentarzy, aby obliczyć wartość emocjonalną (np. jeśli wątków o długości $L = 20$ było 2 000, to pierwszym wartością była średnia arytmetyczna z wartości emocjonalnych wszystkich 20 000 komentarzy o numerach 1–10, drugą średnia arytmetyczna z wartości emocjonalnych wszystkich 20 000 komentarzy o numerach 2–11 itd.). Rysunek 3A przedstawia wartości wyznaczone dla wątków o długościach 20, 40, 60 i 80 – widać tu pewną prawidłowość: mimo, że we wszystkich czterech przypadkach końcowe średnie wartości emocjonalne są podobne, to krótsze dyskusje zaczynają się od wyższych wartości emocjonalnych (mniej negatywnych). Widać także, pomimo fluktuacji (należy pamiętać, że z relacji przedstawionej na rys. 2A wynika, że wątków o długości $L = 80$ jest ok. 10 razy mniej niż tych o $L = 20$) tendencję do zwiększania się wartości emocjonalnej wraz z kolejnym komentarzem w dyskusji. Obserwacje dla wyróżnionych rozmiarów dyskusji zostały potwierdzone w ramach bardziej systematycznej ana-

lize, przedstawionej na rys. 3B (różnica pomiędzy średnią wartością emocjonalną w pierwszych dziesięciu oraz ostatnich dziesięciu komentarzach w funkcji długości wątku) oraz 3C (średnia długość wątku w funkcji wartości bezwzględnej średniej emocji w pierwszych 10 komentarzach).

Choć powyższe wyniki zostały otrzymane za pomocą prostych metod (średnia arytmetyczna po zespole komentarzy), prowadzą one do dość interesujących wniosków: (1) dyskusja jest tym dłuższa, im większa jest zawartość emocjonalna pierwszych komentarzy oraz (2) wraz z rozwojem dyskusji zwiększa jej wartość emocjonalna. Wniosek (2) może być mylący - ponieważ prawie 2/3 wszystkich komentarzy na Forum BBC jest negatywne (dokładny udział walencji w średniej emocjonalnej to $p(-) = 0.65$, $p(0) = 0.16$ i $p(+) = 0.19$, gdzie poszczególne symbole to, odpowiednio, prawdopodobieństwo wybrania losowo komentarza negatywnego, neutralnego i pozytywnego) oznacza to po prostu, że dyskusje grawitują w kierunku bardziej pozytywnej zawartości komentarzy. Formułując tę konkluzję w inny sposób: to emocje negatywne są "paliwem" dla dyskusji prowadzonych na Forum BBC; gdy ich zabraknie, dyskusja się kończy. Jak wspomniano, praca [H2] wraz z kolejną [15], która skupiała na analizie cech użytkowników Forum BBC (nie wchodzi ona w skład tego osiągnięcia naukowego) miały unikalną wartość ze względu na pierwsze zastosowanie metod uczenia maszynowego do tak wielkich zbiorów danych – oprócz wspomnianej pracy [10] tę samą tematykę podjęto w [16] i [17], które zrealizowano również w ramach projektu CyberEMOTIONS. Wyniki odbiły się szerokim echem nie tylko w świecie naukowym, ale także w prasie codziennej, jak widać na przykładzie artykułu *Forum bardzo złych emocji* w tygodniku *Newsweek*³. Tematyka ta otrzymała "drugie życie" wraz z gigantycznym rozwojem mediów społecznościowych takich jak Twitter i pojawieniem się zjawiska trollowania⁴.

W kontekście motywu przewodniego osiągnięcia naukowego praca [H2] jest dowodem na to, że w przypadku forów dyskusyjnych **asymetria warunków początkowych** jest konieczna, aby umożliwić rozwinięcie się dyskusji. Stanowi to podbudowę do modeli zaproponowanych kolejnych pracach.

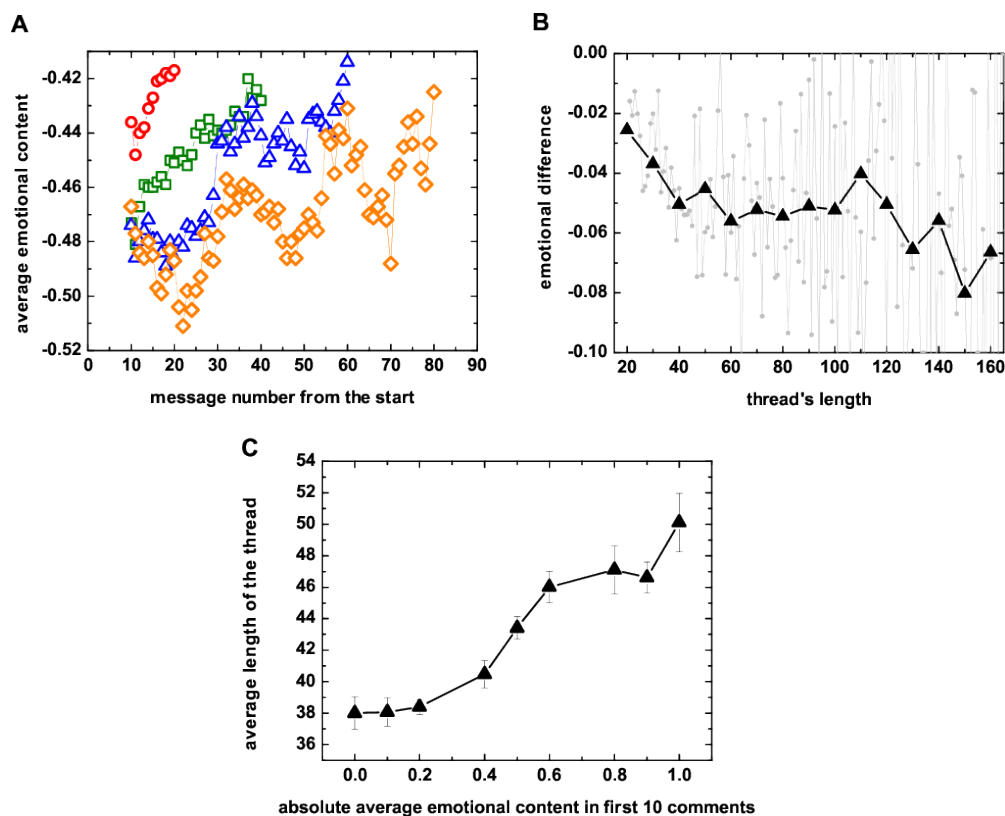
4.6.2 Entropowy model agentowy dialogów [H3]

Kluczowe zjawisko rozładowywania się emocji wątków, zaobserwowane w pracy [H2] stanowiło punkt wyjścia do analiz przeprowadzonych w ramach artykułu [H3]. Należy wspomnieć, że wyniki otrzymane w [H2] wskazywały, że początkowy ładunek emocjonalny (średnia walencja komentarzy) "rozpływa się" wraz z czasem trwania wątku, natomiast praca nie proponowała mechanizmu, który mógłby za to odpowiadać, ani też nie przedstawiała propozycji modelu, oddającego zaobserwowane "fakty zastane" (*stylized facts*). Innym wyraźnym mankamentem jest sam obiekt badania – Forum BBC – jak podano w opisie pracy [H2], to medium charakteryzuje się wyjątkowo negatywną ogólną wartością postów. Stąd u podstaw pracy [H3] leży chęć sprawdzenia, czy podobne zachowanie jak to, zaobserwowane w [H2] jest również obecne w mediach, działających na innych zasadach.

Współpraca z OFAI (Austrian Research Institute for Artificial Intelligence - zebranie danych) oraz ze wspomnianym wcześniej University of Wolverhampton (klasyfikator emocjonalny) umożliwiła analizę dyskusji odbywających się na kanale **#ubuntu IRC (Internet Relay Chat)** – ten konkretny kanał dedykowany był dla osób korzystających z dystrybucji Ubuntu systemu Linux, szukających porad lub pomocy w użytkowaniu tego systemu operacyjnego. W odróżnieniu od Forum

³<https://www.newsweek.pl/polska/internet-to-forum-zlych-emocji/3mtdnmj>

⁴<https://www.newsweek.com/internet-trolls-psychology-behavior-anonymity-invisibility-cloak-562150>



Rysunek 3: **Rozładowywanie się emocji w dyskusjach.** (A) Średnia zawartość emocjonalna w 10 poprzednich komentarzach, uśredniona po wszystkich dyskusjach o danej długości: $L = 20$ (czerwony), $L = 30$ (zielony), $L = 40$ (niebieski), $L = 50$ (pomarańczowy). (B) Różnica pomiędzy średnią wartością emocjonalną w pierwszych dziesięciu oraz ostatnich dziesięciu komentarzach w funkcji długości wątku. (C) Średnia długość wątku w funkcji wartości bezwzględnej średniej emocji w pierwszych 10 komentarzach. Rysunki z pracy [H2].

BBC, dyskusja na kanale IRC ma charakter otwarty, brakuje tam możliwości odpowiedzi na konkretną wiadomość. Typowe jest prowadzenie dyskursu z wieloma użytkownikami jednocześnie. W związku z tym konieczne było przekształcenie otwartych dyskusji w zestaw dialogów prowadzonych pomiędzy użytkownikami. Schemat takiej transformacji został przedstawiony na rys. 4: pierwsza kolumna z lewej strony podaje czas wysłania wiadomości, numer identyfikacyjny użytkownika oraz wartość emocjonalną wypowiedzi. Aby ułatwić konwersację i uniknąć nieporozumień, użytkownicy często rozpoczynają swoją wiadomość, podając imię użytkownika (np. @xyz), do którego się zwracają - ta informacja została przedstawiona w kolejnej kolumnie. W wielu przypadkach ten zabieg nie jest jednak stosowany, szczególnie, gdy użytkownik kieruje kilka kolejnych wiadomości do tej samej osoby - takie założenie zostało przyjęte w pracy [H3] i trzecia kolumna jest tego efektem; zakładamy tu, iż jeśli dany użytkownik nie wymienił bezpośrednio adresata, to jest nim interlokutor z jego poprzedniej wiadomości. Ponieważ jednak kolejne wiadomości można traktować jako jedną wypowiedź, wyliczana jest z nich średnia wartość emocjonalna \bar{e} , a następnie przekształcana na zbiór $\{-, 0, +\}$ poprzez podzielenie przedziału $[-1; 1]$ na trzy równe części. Finalnie otrzymywany jest zestaw dialogów, w których naprzemiennie wypowiadają się dwaj użytkownicy tak, jak to przedstawiono w pierwszej kolumnie od prawej strony na rys. 4. Przekształcony zbiór IRC zawiera ponad 93 tys. dialogów, o długości od 11 do 339 komentarzy (w

Original data	User-to-user info	Output 1	Output 2	Final output
1 [00 : 03] ⟨20422⟩ 1	[00 : 03] ⟨20442⟩			Dialogue 1
2 [00 : 04] ⟨55⟩ 1	[00 : 04] ⟨55⟩ → ⟨20442⟩	⟨55⟩ → ⟨20442⟩ 1	⟨55⟩ → ⟨20422⟩ 1	⟨55⟩ ↔ ⟨20422⟩
3 [00 : 05] ⟨20422⟩ 0	[00 : 05] ⟨20442⟩ → ⟨55⟩	⟨20442⟩ → ⟨55⟩ 0	⟨20422⟩ → ⟨55⟩ 0	1
4 [00 : 05] ⟨55⟩ -1	[00 : 05] ⟨55⟩ → ⟨20442⟩	⟨55⟩ → ⟨20442⟩ -1	⟨55⟩ → ⟨20422⟩ -1	0
5 [00 : 08] ⟨20422⟩ 1	[00 : 08] ⟨20422⟩ → ⟨55⟩	⟨20442⟩ → ⟨55⟩ 1	⟨20422⟩ → ⟨55⟩ 1	-1
6 [00 : 08] ⟨55⟩ 0	[00 : 08] ⟨55⟩ → ⟨20442⟩	⟨55⟩ → ⟨20442⟩ 0	⟨55⟩ → ⟨20442⟩ 0	1
7 [00 : 09] ⟨27⟩ 0	[00 : 09] ⟨27⟩ → ⟨20442⟩	⟨27⟩ → ⟨20442⟩ 0	⟨27⟩ → ⟨20442⟩ 0	0
8 [00 : 13] ⟨20422⟩ 0	[00 : 13] ⟨20422⟩	⟨20442⟩ → ⟨27⟩ 0	⟨20422⟩ → ⟨27⟩ 0	Dialogue 2
9 [00 : 13] ⟨2⟩ -1	[00 : 13] ⟨2⟩			⟨20422⟩ ↔ ⟨27⟩
10 [00 : 14] ⟨20422⟩ -1	[00 : 14] ⟨20422⟩ → ⟨20442⟩	⟨20442⟩ → ⟨27⟩ -1		0
11 [00 : 14] ⟨20422⟩ 0	[00 : 14] ⟨20422⟩	⟨20442⟩ → ⟨27⟩ 0		0
12 [00 : 59] ⟨171⟩ -1	[00 : 59] ⟨171⟩ → ⟨13692⟩	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ -1	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ 0	Dialogue 3
13 [00 : 59] ⟨171⟩ 1	[00 : 59] ⟨171⟩ → ⟨13692⟩	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ 1		⟨171⟩ ↔ ⟨13692⟩
14 [00 : 59] ⟨171⟩ 0	[00 : 59] ⟨171⟩ → ⟨13692⟩	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ 0		0
15 [01 : 00] ⟨171⟩ 1	[01 : 00] ⟨171⟩ → ⟨13692⟩	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ 1		0
16 [01 : 00] ⟨13692⟩ 0	[01 : 00] ⟨13692⟩	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 0	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 0	1
17 [01 : 01] ⟨171⟩ 1	[01 : 01] ⟨171⟩ → ⟨13692⟩	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ 1	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ 1	1
18 [01 : 01] ⟨171⟩ 1	[01 : 01] ⟨171⟩ → ⟨13692⟩	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ 1		1
19 [01 : 01] ⟨13692⟩ 1	[01 : 01] ⟨13692⟩	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 1	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 1	1
20 [01 : 01] ⟨171⟩ 1	[01 : 01] ⟨171⟩	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ 1	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ 1	-1
21 [01 : 02] ⟨171⟩ 1	[01 : 02] ⟨171⟩ → ⟨13692⟩	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ 1		1
22 [01 : 02] ⟨171⟩ 1	[01 : 02] ⟨171⟩ → ⟨13692⟩	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ 1		-1
23 [01 : 02] ⟨13692⟩ 1	[01 : 02] ⟨13692⟩	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 1	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 1	1
24 [01 : 02] ⟨13692⟩ 0	[01 : 02] ⟨13692⟩	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 0		
25 [01 : 02] ⟨171⟩ -1	[01 : 02] ⟨171⟩ → ⟨13692⟩	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ -1	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ -1	
26 [01 : 03] ⟨13692⟩ 1	[01 : 03] ⟨13692⟩	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 1	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 1	
27 [01 : 03] ⟨13692⟩ -1	[01 : 03] ⟨13692⟩	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ -1		
28 [01 : 03] ⟨13692⟩ 1	[01 : 03] ⟨13692⟩	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 1		
29 [01 : 03] ⟨171⟩ -1	[01 : 03] ⟨171⟩	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ -1	⟨171⟩ → ⟨13692⟩ -1	
30 [01 : 03] ⟨13692⟩ 1	[01 : 03] ⟨13692⟩	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 1	⟨13692⟩ → ⟨171⟩ 1	

Rysunek 4: **Schemat tworzenia dialogów z danych IRC.** Od lewej w kolejnych kolumnach: (1) wejściowe dane, (2) informacja o adresacie komentarza, (3) połączenie informacji z (1) i (2), (4) agregacja kolejnych komentarzy tego samego użytkownika, (5) finalnie otrzymane dialogi. Rysunek na podstawie tabel z pracy [H3].

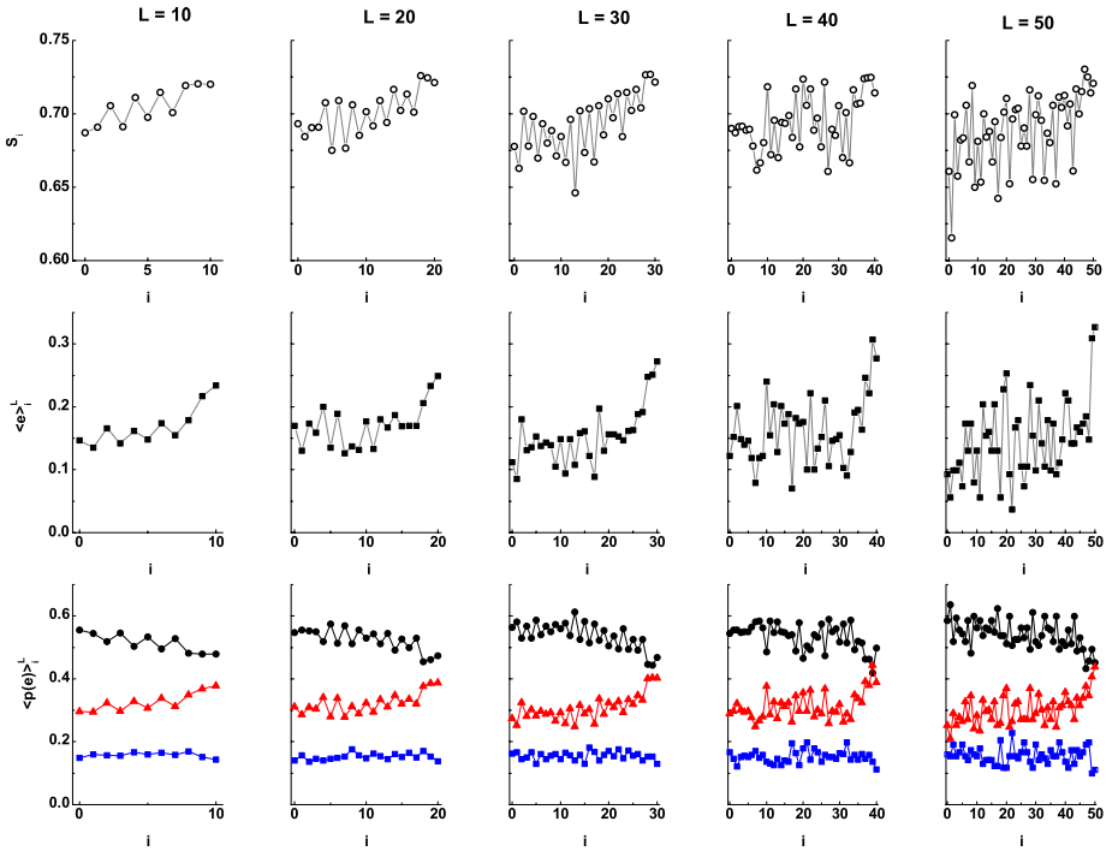
sumie prawie 1.9 mln komentarzy, dialogi o długości $L \leq 10$ zostały pominięte w dalszej analizie) i następującym udziale komentarzy negatywnych $p(-) = 0.15$, neutralnych $p(0) = 0.53$ i pozytywnych $p(+)$ = 0.32. Dominujące są więc emocje neutralne, a średnia wartość emocjonalna $\langle e \rangle = 0.17$ jest lekko pozytywna, co zdecydowanie odróżnia ten zbiór od Forum BBC.

Główna metoda badawcza opierała się na podobnym założeniu, co w przypadku Forum BBC – brany był pod uwagę zespół wszystkich dyskusji o danej długości L , ale tym razem, zamiast liczyć średnią ruchomą, zdecydowano się wyznaczyć średnią $\langle e \rangle_i^L$ ze wszystkich komentarzy o danym numerze i (czyli np. $\langle e \rangle_5^{10}$ oznacza średnią wartość emocjonalną wszystkich piątych wiadomości we wszystkich dialogach o długości 10). W podobny sposób wyznaczano parametry $\langle p(e) \rangle_i^L$ dla $e \in \{-, 0, +\}$, oddające średnie prawdopodobieństwo pojawienia się emocji e w i -tym komentarzu wątku od długości L . Wyniki analiz zostały zaprezentowane na rys. 5, gdzie środkowy rząd przedstawia średnią wartość emocjonalną, a dolny - średnie wartości prawdopodobieństw. Dla każdej grupy wątków obserwujemy wzrost średniej wartości emocjonalnej, który jest bezpośrednio związany z wyrównywaniem się składowych pozytywnych oraz neutralnych emocji, podczas gdy składowa negatywna pozostaje na stałym poziomie. Zachowanie $\langle p(+)\rangle_i^L$ oraz $\langle p(0)\rangle_i^L$ sugere-

ruje, że dobrym kandydatem na kluczową wielkość w takim układzie jest entropia Shannona [18]

$$S_i^{sh} = - \sum_{e=-,0,+} \langle p(e) \rangle_i^L \ln \langle p(e) \rangle_i^L. \quad (3)$$

Zachowanie entropii zostało pokazane na rys. 5 (najwyższy rząd) przy czym, ze względu na stałość składowej negatywnej, ta część została pominięta (przedstawiona została wartość $S_i = -[\langle p(0) \rangle_i^L \ln \langle p(0) \rangle_i^L + \langle p(+)\rangle_i^L \ln \langle p(+)\rangle_i^L]$). Na podstawie wyników przedstawionych na rys. 5 można wnioskować, że (1) dialogi (z punktu widzenia emocji) rozwijają się zgodnie z kierunkiem wskazanym przez wzrastającą entropię, tzn różnica ΔS pomiędzy entropią końcową i początkową jest dodatnia oraz (2) punkt osiągnięcia równowagi (emocjonalnej) jest wyznacznikiem końca takiej dyskusji.



Rysunek 5: Dążenie do równowagi emocjonalnej w dialogach IRC. We wszystkich przypadkach rozpatrywane są kolejne (i -te) komentarze w dialogach o danej długości L (od lewej do prawej: 10, 20, 30, 40 oraz 50). (Dolny rząd) Średnie wartości prawdopodobieństw emocjonalnych: neutralne $\langle p(0) \rangle_i^L$ (czarne), negatywne $\langle p(-) \rangle_i^L$ (niebieski) oraz pozytywne $\langle p(+) \rangle_i^L$ (czerwony). (Środkowy rząd) Średnia wartość emocjonalna $\langle e \rangle_i^L$. (Górny rząd) Entropia Shannona (3) (wyznaczona z pominięciem komentarzy negatywnych). Rysunek z pracy [H3].

Na bazie opisanych faktów zastanych opracowany został **model agentowy dialogów emocjonalnych**. Opierał się on dodatkowo o zjawisko **rozrostu klastrów emocjonalnych**, zaobserwowane dla zbiorów BBC Forum, Digg i Blogs06 jak również w przypadku danych IRC. We wszystkich

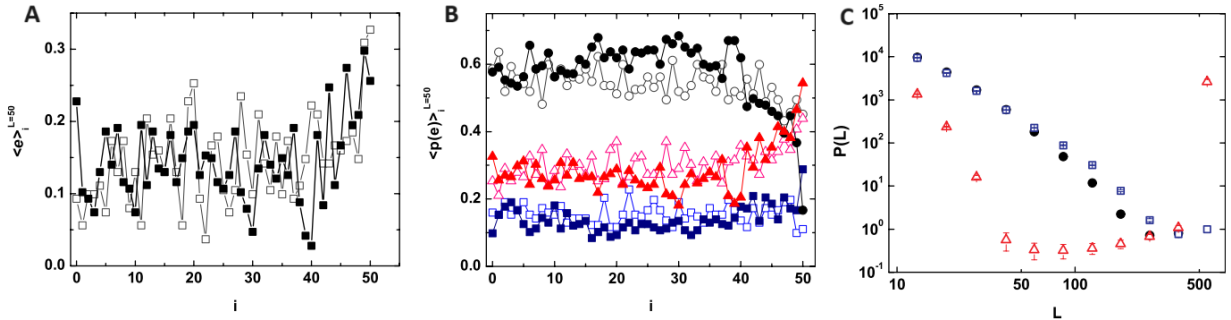
tych przypadkach prawdopodobieństwo warunkowe $p(e|ne)$, że po n komentarzach o takim samym znaku emocjonalnym e , następny $n + 1$ komentarz będzie też znaku e można było przybliżyć za pomocą zależności

$$p(e|ne) = p(e|e)n^{\alpha_e}, \quad (4)$$

gdzie $p(e|e)$ to prawdopodobieństwo warunkowe pojawienia się dwóch komentarzy o tym samym znaku emocjonalnym. Dla danych IRC wyniki dopasowania do zależności (4) to: $p(+|+) = 0.34$, $p(0|0) = 0.53$, $p(-|-) = 0.19$, $\alpha_+ = 0.138 \pm 0.004$, $\alpha_0 = 0.083 \pm 0.001$ oraz $\alpha_- = 0.30 \pm 0.01$, co oznacza, że choć dominujące są emocje neutralne, to najszybciej rozbudowują się klastry negatywne. Reguły wykonanych symulacji były następujące:

1. rozpocznij dialog, losując pierwszą wartość emocjonalną z prawdopodobieństwem $p(e)$,
2. wylosuj liczbę ξ z rozkładu jednorodnego $U(0, 1)$ - jeśli $\xi \leq p(e|e)n^{\alpha_e}$, następny komentarz ma wartość emocjonalną taką, jak poprzedni, w przeciwnym wypadku ustaw e na jedną z pozostałych wartości emocjonalnych, proporcjonalnie do rozkładu $p(e)$,
3. jeśli różnica pomiędzy entropią w tym kroku, a entropią początkową jest większa niż ΔS zakończ symulację, w przeciwnym przypadku idź do kroku 2.

Należy przy tym wspomnieć, że ze względu na charakter symulacji, niemożliwe było obliczanie entropii po zespole wątków i w odniesieniu do konkretnego komentarza i (tak, jak zostało to przedstawione na rys. 5). Zamiast tego, posłużono się wersją czasową, korzystając z okna o długości 10 komentarzy. Ponadto, jak jasno wskazuje rys. 5, początkowe wartości entropii są dość ograniczone - z tego powodu, brano pod uwagę jedynie te dialogi, dla których entropia w pierwszych 10 komentarzach była niższa niż $S_T = 0.63$; parametr ΔS został zaś ustawiony na poziomie 0.1.



Rysunek 6: Porównanie symulacji modelu agentowego z danymi rzeczywistymi IRC. (A) Średnia wartość emocjonalna $\langle e \rangle_i^L$ (pełne symbole – symulacje, puste symbole – dane rzeczywiste). (B) Średnie wartości prawdopodobieństw emocjonalnych (kolory jak na rys. 6, pełne symbole – symulacje, puste symbole – dane rzeczywiste). (C) Rozkład długości dialogów dla danych rzeczywistych (koła), symulacji dla parametry $S_T = 0.63$ (kwadraty) oraz w przypadku sztucznego umieszczania dodatkowych komentarzy neutralnych (trójkąty).

Przykładowe wyniki symulacji przedstawia rys. 6: panel A stanowi porównanie danych oraz symulacji dla średniej wartości emocjonalnej, podczas gdy na panelu B pokazano poszczególne składowe emocje. Panel C to porównanie rozkładu długości dialogów. Wyniki sugerują, że zaproponowany model jest w stanie oddać główne fakty zastane zaobserwowane w danych. Dodatkowo w

pracy [H3] zwrócono uwagę na fakt, iż taki mechanizm ewolucji dialogów pozwala na dość łatwą nimi manipulację – przedłużenie dyskusji można uzyskać poprzez obniżenie entropii, co w tym przypadku realizuje się za pomocą sztucznego umieszczenia komentarzy neutralnych. Zostało to zilustrowane na rys. 6C, gdzie efekt dodawania emocji neutralnych prowadzi do dramatycznego wzrostu liczby najdłuższych dyskusji (symulacje przerywano, gdy dialog osiągał $L = 500$ komentarzy).

Należy zwrócić uwagę, że obie prace [H2] i [H3] opisują to samo zjawisko – rozładowywanie się emocji. W przypadku Forum BBC mamy do czynienia z emocjami negatywnymi, podsycającymi dyskusje na tematy polityczne oraz światopoglądowe. W przypadku zbioru IRC, paradoksalnie, dialogami rządziły emocje neutralne. Fakt ten jest dość łatwy do wytłumaczenia – osoby korzystające z kanału, aby znaleźć rozwiązanie problemów technicznych, a otrzymawszy satysfakcjonujące rozwiązanie, wyrażały swoją wdzięczność, manifestującą się w danych poprzez zwiększoną liczbę komentarzy pozytywnych. Choć oba serwisy wykorzystywane były w zupełnie innym celu, przedstawione wyniki sugerują wspólny mechanizm związany z emocjami. Praca [H3] była jedną z pierwszych, w których dokonano próby modelowania dynamiki emocjonalnej jak również porównania wyników modelu z danymi rzeczywistymi. Podobną tematykę podjęli Schweitzer i Garcia [19] (również w ramach projektu CyberEMOTIONS), tworząc ogólne podejście modelu “agentów emocjonalnych”, które wykorzystali następnie do opisu dynamiki kontrolowanych dyskusji emocjonalnych [20]. Zainteresowanie nacechowanymi emocjami dyskusjami jako motorem dynamiki mediów społecznościowych widać też w pracy Suvakowa i in. [21]. Sama analiza i modelowanie dialogów, zarówno w przypadku rzeczywistych interakcji (twarzą w twarz) [22] jak i np. rozmów telefonicznych [23] to też uznany temat badawczy. Wreszcie warto też wspomnieć, że w tym samym momencie, co praca [H3], pojawił się również artykuł Sinatry i in. [24], w którym zastosowano podejście oparte na entropii informacyjnej do analizy interakcji w grze sieciowej *Pardus* [25].

Z punktu widzenia problematyki poruszanej w tym Autoreferacie, entropowy model dialogów uwzględniał zarówno **indukowaną asymetrię warunków początkowych** (z uwagi na rozkłady walencji obserwowane w danych) jak również **indukowaną asymetrię oddziaływań** w postaci różnego tempa potęgowego rozrostu klastrów wiadomości o tej samej walencji. Te założenia, wraz z warunkiem zatrzymywania dialogu po osiągnięciu odpowiedniego poziomu różnicy entropii okazały się wystarczające, aby odtworzyć charakterystykę obserwowaną w danych.

4.6.3 Spinowy model dyskomfortu emocjonalnego [H4]

Rozważając wyniki z prac [H2] i [H3], można się zastanawiać, czy istnieje możliwość przedstawienia zaobserwowanych cech układów poprzez wielkości bardziej związane z układami fizycznymi. W szczególności, wydaje się, że **asymetria** objawiająca się silną początkową separacją stanów emocjonalnych mogłaby być związana z **połem zewnętrznym**, działającym na użytkowników. Z drugiej strony, przedstawianych procesów z pewnością nie można traktować jako deterministycznych, naturalnym więc wydaje się wprowadzanie parametru mającego charakter temperatury i odpowiadającego za fluktuacje wartości emocjonalnych w dyskusjach.

Mając na uwadze powyższe rozważania, w pracy [H4] zaproponowano podejście oparte na zmodyfikowanym modelu Isinga. Model symuluje wzrost łańcucha, którego węzły mają przypisaną wartość binarną ± 1 (oddającą emocje pozytywne i negatywne, ale można tę zmienną traktować też jak oryginalnym podejściu Isinga jako spin), zaś jego reguły są następujące:

1. w pierwszym węźle łańcucha umieszczamy spin (emocję) $s_0 = \pm 1$ z prawdopodobieństwem $1/2$,
2. do łańcucha dodajemy drugi węzeł, w którym umieszczany jest spin o początkowej wartości $s_1 = \pm 1$, także losowanej z prawdopodobieństwem $1/2$ każda,
3. stan drugiego węzła zostaje poddany termalizacji, która opiera się na dynamice podobnej do isingowskiej: dla każdego nowego węzła n definiujemy funkcję $\mathcal{E}_n = -Js_{n-1}s_n - hs_n$, w której $J > 0$ odpowiada całe wymiany w modelu Isinga, natomiast h jest polem zewnętrznym, a następnie testowana jest zmiana znaku spinu na przeciwny ($s_n \rightarrow -s_n$), tzn. wyznaczana jest wartość $\Delta\mathcal{E} = 2s_n(Js_{n-1} + h)$: jeśli $\Delta\mathcal{E} < 0$, zmiana jest akceptowana, w przeciwnym wypadku z rozkładu jednorodnego na przedziale $[0, 1]$ pobierana jest wartość losowa; jeśli jest ona mniejsza od wyrażenia $\exp[-\Delta\mathcal{E}(k_B T)^{-1}]$ (k_B to stała Boltzmanna, a T to temperatura), to zmiana znaku spinu jest akceptowana, jeśli nie – pozostajemy przy początkowym stanie węzła,
4. procedura opisana w krokach 2-3 jest powtarzana dla każdego nowego węzła łańcucha aż do osiągnięcia liczby N węzłów.

Mimo pewnego podobieństwa do modeli Isinga, zaproponowane podejście wykazuje wyraźne różnice. Przede wszystkim, funkcja \mathcal{E}_n nie może być utożsamiana z hamiltonianem modelu Isinga ze względu na swoją asymetrię. Jeszcze bardziej znamienny jest jednak fakt, że raz poddany procedurze termalizacji węzeł łańcucha nie może już zostać w żaden sposób zmodyfikowany – stan węzła jest termalizowany jedynie w momencie rozszerzania łańcucha. Takie sformułowanie modelu jest podyktowane chęcią oddania faktycznej dynamiki dyskusji, omawianych w pracach [H2] i [H3]: raz umieszczony komentarz (a więc także jego zawartość emocjonalna) nie może być modyfikowany. Jasne jest także, że takie podejście jest tożsame z ideą dwustanowego łańcucha Markowa, gdyż wzrost łańcucha można przedstawić za pomocą macierzy przejścia

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p & 1-p \\ 1-q & q \end{bmatrix}, \quad (5)$$

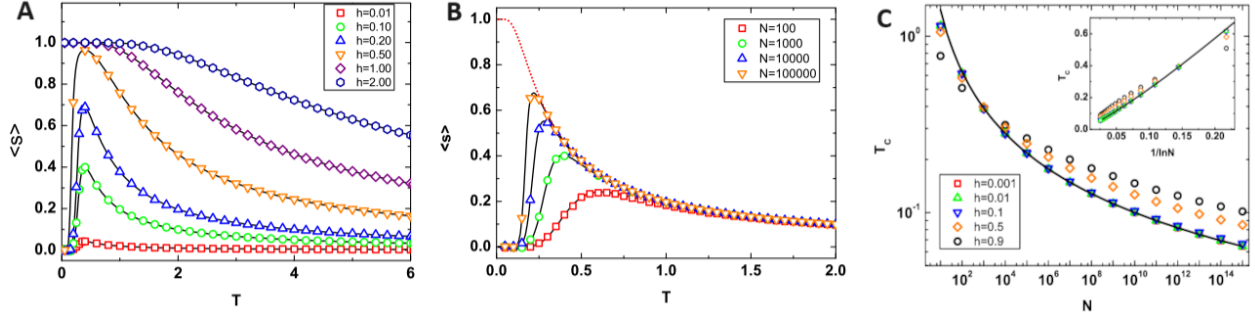
w której

$$\begin{cases} p = \Pr(+|+) = 1 - \frac{1}{2}e^{-\tilde{\beta}(h+J)} \\ q = \Pr(-|-) = \frac{1}{2} \pm \frac{1}{2} \mp \frac{1}{2}e^{\pm\tilde{\beta}(h-J)} \end{cases}, \quad (6)$$

są prawdopodobieństwami warunkowymi wystąpienia odpowiednich emocji (górne znaki obowiązują dla $h \in [0, J)$, dolne zaś dla $h \geq J$, w przypadku ujemnych pól q zamienia się miejscami z p oraz wszystkie znaki w wykładnikach są zmieniane na odwrotne; $\tilde{\beta} = 2/(k_B T)$). W swobodnej interpretacji można traktować \mathcal{E}_n jako **funkcję dyskomfortu emocjonalnego** – jest ona motywowana zjawiskiem rozrostu klastrów emocjonalnych, wspomnianym w pracy [H3] i wykorzystanym w modelu rozrostu klastrów [26]. Inną interpretacją jest tzw. homofilia (ang. *homophily* [27]) emocjonalna, czyli tendencja do wyrażania podobnych emocji, co inni użytkownicy, tu wspomniana w kontekście kopiowania wartości emocjonalnej ostatniej wiadomości w dyskusji.

Korzystając z macierzy przejścia \mathbf{P} i założonych warunków początkowych można wyznaczyć średnią wartość emocjonalną łańcucha (średnią magnetyzację) jako

$$\langle s \rangle_s = \tanh \tilde{\beta} h \left[1 + \frac{1}{N} - \frac{1 - \left(1 - e^{-\tilde{\beta}J} \cosh \tilde{\beta} h\right)^{N+1}}{N e^{-\tilde{\beta}J} \cosh \tilde{\beta} h} \right] \quad (7)$$



Rysunek 7: **Rozwiązania dla modelu dyskomfortu emocjonalnego.** (A) Średnia wartość emocjonalna $\langle s \rangle$ w funkcji temperatury T dla różnych wartości pola magnetycznego h . Linie to rozwiązania analityczne (7) oraz (8), a punkty pochodzą z symulacji numerycznych dla $N = 10^3$. (B) Średnia wartość emocjonalna $\langle s \rangle$ w funkcji temperatury T dla różnych długości łańcucha N ; we wszystkich przypadkach $h = 0.1$. Linie ciągłe to rozwiązania analityczne (7), a punkty pochodzą z symulacji numerycznych. Linia kropkowana to $\tanh(2h/T)$. (C) Temperatura charakterystyczna T_c w funkcji długości łańcucha N . Symbole oddają rozwiązania numeryczne równania (7) podczas gdy linia ciągła to równanie (9). Wstawka na panelu (C) pokazuje T_c w funkcji $\ln N$. Rysunki z pracy [H4].

dla $|h| < J$ oraz

$$\langle s \rangle_l = \text{sgn}(h) \frac{\cosh \tilde{\beta} J - e^{\tilde{\beta}|h|}}{\sinh \tilde{\beta} J - e^{\tilde{\beta}|h|}} \left[1 + \frac{1}{N} - \frac{1 - \left(e^{-\tilde{\beta}|h|} \sinh \tilde{\beta} J \right)^{N+1}}{N \left(1 - e^{-\tilde{\beta}|h|} \sinh \tilde{\beta} J \right)} \right] \quad (8)$$

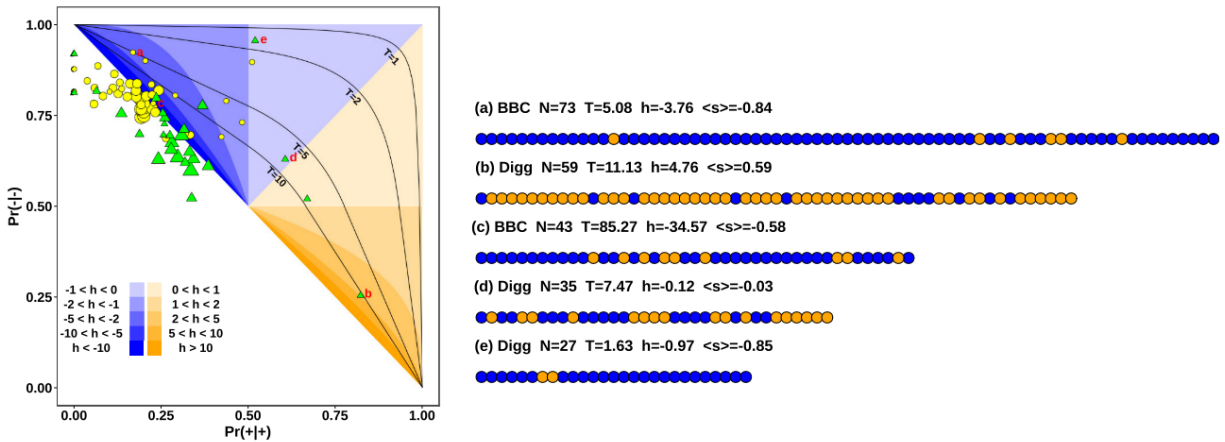
gdy $|h| \geq J$. W pracy [H4] zauważono niemonotoniczną zależność średniej emocji w wątkach w funkcji temperatury, przedstawioną na rys. 7 dla różnych wartości pola zewnętrznego h (panel A) oraz długości łańcucha (panel B). Taki charakter jest obserwowany, gdy moduł natężenia pola zewnętrznego jest mniejszy niż cała wymiana J , w przeciwnym wypadku można zaobserwować monotoniczny zanik $\langle s \rangle$. Oczywiście, postać równania (7) jasno wskazuje, że w granicy termodynamicznej znika niemonotoniczny charakter średniej magnetyzacji. Należy jednak zwrócić uwagę, że temperatura charakterystyczna T_c (temperatura, dla której występuje maksimum magnetyzacji) powoli spada wraz ze zwiększaniem się rozmiaru układu N . Zakładając nieduże wartości pola zewnętrznego (tj. $\tilde{\beta}h \ll 1$) można oszacować T_c jako

$$T_c \approx \frac{2J}{k_B [W(Ne) - 1]}, \quad (9)$$

gdzie $W(x)$ to funkcja W Lamberta. Jak widać na rys. 7C, temperatura charakterystyczna spada w przybliżeniu jak $1/\ln N$, co jest zgodne z przyjętymi oszacowaniami funkcji W Lamberta [28], a jednocześnie sugeruje, że dla realistycznych z punktu społecznego układów (ciężko sobie wyobrazić, aby długość pojedynczego wątku mogła przekroczyć miliard komentarzy) operujemy w zakresie temperatur rzędu $T_c = 0$.

Choć zależność średniej magnetyzacji jest interesująca, w pracy [H4] podjęto także próbę porównania opracowanego podejścia z danymi rzeczywistymi. Mankamentem podejścia [H4] jest ograniczenie się do binarnych stanów emocjonalnych, odpowiadających zmiennej spinowej $s \pm 1$; aby

umożliwić porównanie modelu [H4] z danymi rzeczywistym ograniczono się do takich dyskusji ze zbiorów BBC Forum oraz Digg, w których występowały jedynie komentarze pozytywne lub negatywne, otrzymując około 4 000 dyskusji o sumarycznej liczbie ponad 60 000 komentarzy. Nie wzięto pod uwagę zbioru IRC, ze względu na przeważającą liczbę komentarzy neutralnych (oczywiście, wybór emocji, które odpowiadają zmiennej spinowej s jest arbitralny, równie dobrze zmiennej $s = -1$ można byłoby przypisać emocję neutralną lecz wtedy porównywanie różnych zbiorów byłoby nieuzasadnione). Wątki zostały pogrupowane według długości i dla każdej grupy wyznaczono średnie wartości prawdopodobieństw warunkowych $\Pr(+|+)$ i $\Pr(-|-)$, a następnie korzystając z równań (6) obliczono odpowiadające im pary h i T . Słabym punktem tej metody jest brak niezależności pomiędzy $\Pr(+|+)$ i $\Pr(-|-)$, które muszą spełniać relację $\Pr(+|+) \geq 1 - \Pr(-|-)$ ze względu na różne postaci (6) dla różnych zakresów pola zewnętrznego, jak również fakt, iż $T \geq 0$. Jak pokazano na rys. 8, ponad 70% obserwacji znajduje się poza dozwolonym obszarem – czyli formalnie w obszarze ujemnej temperatury, co może sugerować, że podstawowe założenie modelu (jednokrokowa pamięć) jest zbyt dużym uproszczeniem lub też znak całki wymiany J powinien być odwrotny.



Rysunek 8: Porównanie przewidywań modelu dyskomfortu emocjonalnego z danymi rzeczywistymi. Na lewym panelu pokazano prawdopodobieństwo warunkowe $\Pr(-|-)$ w funkcji prawdopodobieństwa warunkowego $\Pr(+|+)$ otrzymane przy użyciu równań (6). Czarne linie to izotermy, a odcienie koloru niebieskiego i pomarańczowego oddają izoliny pola magnetycznego. Punktami oznaczono wartości otrzymane dla dyskusji z *Forum BBC* (koła) i serwisu *Digg.com* (trójkąty) pogrupowanych według długości (rozmiar punktów jest proporcjonalny do logarytmu długości wątku). Na prawym panelu pokazano przykładowe dyskusje wraz z ich parametrami – ich oznaczenia (a–e) umożliwiają odnalezienie dyskusji na panelu po lewej.

4.6.4 Spinowy model dyskomfortu emocjonalnego na topologii drzew [H5]

Praca [H5] jest naturalną kontynuacją rozważań przedstawionych w [H4] i w całości opiera się na rozszerzeniu modelu [H4] na przypadek topologii drzew skierowanych, zarówno deterministycznych, reprezentowanych tu przez drzewa Cayleya [29] jak i stochastycznych, w tym przypadku szczególnej wersji modelu Barabási-Albert [30].

Jedną z przesłanek, dla której model [H4] został zastosowany do tej szczególnej topologii, jest

fakt iż ze względu na samą konstrukcję modelu nie jest możliwa jego implementacja dla żadnego grafu o węzłach ze stopniami wychodzącymi większymi niż 1. Drugim powodem jest oryginalna struktura takich mediów jak Forum BBC, którą można scharakteryzować jako właśnie skierowane drzewo, tak jak już wcześniej pokazano na rys. 2B.

Drzewa Cayleya – pierwsza z topologii drzew, na której badano model [H4] – są opisywane przez dwa parametry: liczbę dzieci z (liczbę połączeń wchodzących do węzła) oraz głębokość drzewa L . Deterministyczny sposób tworzenia drzewa oznacza, że na głębokości l znajduje się dokładnie z^l węzłów, co umożliwia potraktowanie drzewa jako łańcucha o długości L , w którym średnie wartości spinów są ważone poprzez liczbę węzłów na danej głębokości. Innymi słowy, drzewo o głębokości L jest zbiorem L częściowo przekrywających się łańcuchów, które ze statystycznego punktu widzenia nie różnią się od siebie. Jednak z punktu widzenia średniej emocji (magnetyzacji) całego drzewa istotne jest to, że każdy kolejny poziom wnosi z razy więcej elementów niż poprzedni. Korzystając z tej cechy drzew Cayleya wyznaczono średnią magnetyzację dla $|h| < J$

$$\langle s \rangle_s^t = \tanh \tilde{\beta} h \left\{ 1 + \frac{1}{N} - \frac{1 - \left[(1 - e^{-\tilde{\beta} J} \cosh \tilde{\beta} h) z \right]^{L+1}}{N \left[1 - (1 - e^{-\tilde{\beta} J} \cosh \tilde{\beta} h) z \right]} \right\}, \quad (10)$$

podczas gdy dla $|h| \geq J$ przedstawia się ona następującym wzorem

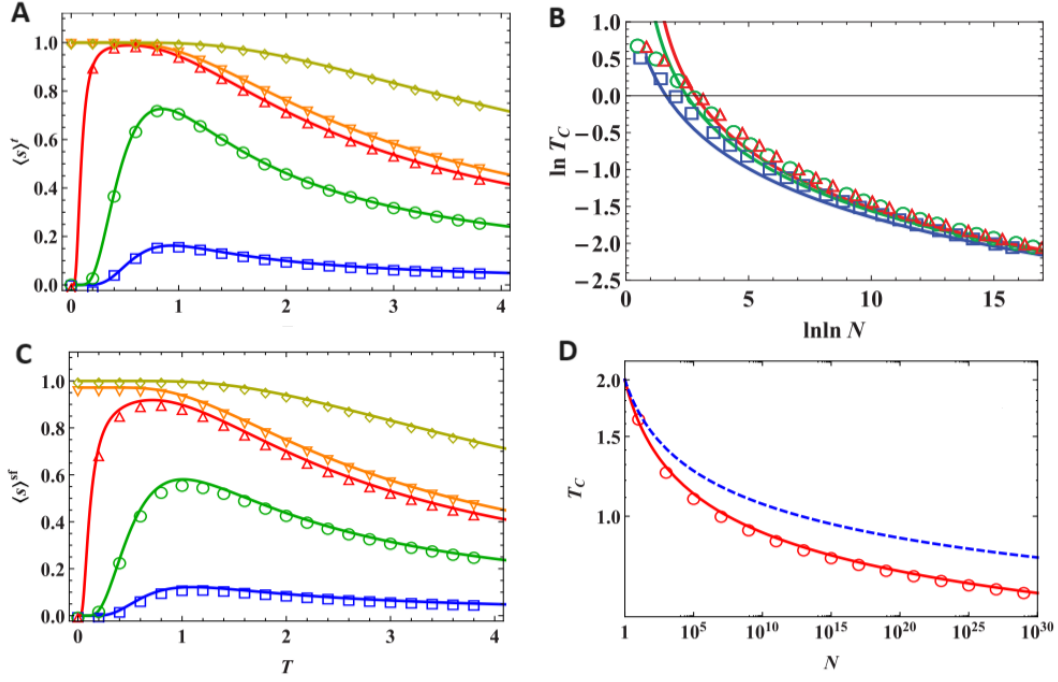
$$\langle s \rangle_l^t = \operatorname{sgn}(h) \frac{\cosh \tilde{\beta} J - e^{\tilde{\beta}|h|}}{\sinh \tilde{\beta} J - e^{\tilde{\beta}|h|}} \left[1 + \frac{1}{N} - \frac{1 - \left(z e^{-\tilde{\beta}|h|} \sinh \tilde{\beta} J \right)^{L+1}}{N \left(1 - z e^{-\tilde{\beta}|h|} \sinh \tilde{\beta} J \right)} \right] \quad (11)$$

Porównanie wyników numerycznych z powyższymi przewidywaniami analitycznymi wskazuje na podobną zależność magnetyzacji od temperatury jak w przypadku łańcucha – również w tym przypadku przekroczenie wartości $h = J$ skutkuje przeskokiem z niemonotonicznego do monotonicznego przebiegu $\langle s \rangle(T)$ (rys. 9A). Podobnie jak w przypadku łańcucha, można pokusić się o wyznaczenie temperatury charakterystycznej, dla której przypada maksimum magnetyzacji. Dla małych wartości pola zewnętrznego $\tilde{\beta}|h| \ll 1$ można ją przybliżyć jako $T_c \approx 2(\ln L)^{-1}$ i dalej jako

$$T_c \approx \frac{2}{\ln \ln N - \ln \ln z}. \quad (12)$$

co przedstawiono na rys. 9B. Postać równania (12) wskazuje na istotną różnicę w stosunku do odpowiednika dla łańcucha, gdzie zależność mogła zostać przybliżona jako $T \approx 1/\ln N$. Jednakże, fakt ten jest naturalną konsekwencją małej głębokości L , którą można potraktować jako efektywny zasięg wpływu dynamiki modelu.

Deterministyczny charakter drzewa Cayleya, choć wygodny podczas wykonywania obliczeń, z pewnością nie odpowiada faktycznej strukturze obserwowanej na forach dyskusyjnych. O wiele bardziej zasadne wydaje się zastosowanie modelu preferencyjnego dołączania Barabásiego-Albert (BA) [30, 31], w którym szansa kolejnej odpowiedzi na post rośnie proporcjonalnie do już istniejącej liczby odpowiedzi. W oryginalnym modelu BA dodawany węzeł (wiadomość) tworzy m połączeń, prowadząc w ogólności do stworzenia sieci złożonej, jednak jeśli $m = 1$ otrzymujemy drzewo o bezskalowym rozkładzie stopni wierzchołków $p(k) \sim 2k^{-3}$. Ze względu na proces tworzenia, drzewo BA ma charakter stochastyczny, nie zmienia to jednak faktu, że podejście analityczne zastosowane do wyznaczenia średniej magnetyzacji opiera się na tym samym pomysle, co



Rysunek 9: **Rozwiązania dla modelu dyskomfortu emocjonalnego na topologii drzew.** (A) Średnia wartość emocjonalna $\langle s^t \rangle$ dla drzewa Cayleya z $N = 797160$ w funkcji temperatury T dla różnych wartości pola magnetycznego: $h = 0.1$ (niebieski), $h = 0.5$ (zielony), $h = 0.9$ (czerowny), $h = 1$ (pomarańczowy) i $h = 2$ (żółty). Linie ciągłe to rozwiązania analityczne (10) oraz (11) natomiast symbole to symulacje numeryczne (uśrednione po 10^4 realizacji). (B) Logarytm temperatury charakterystycznej T_c w funkcji podwójnego logarytmu rozmiaru drzewa Cayleya N . Symbole (kwadraty dla $z = 2$, okręgi dla $z = 5$ oraz trójkąty dla $z = 10$) to rozwiązania numeryczne równania (10), a linie to przewidywania równania (12). (C) Średnia wartość emocjonalna $\langle s^{sf} \rangle$ dla drzewa BA o $N = 10^5$ w funkcji temperatury T dla różnych wartości pola magnetycznego (oznaczenia jak na panelu A). Linie ciągłe to rozwiązania analityczne (14) oraz (15), natomiast symbole to symulacje numeryczne (uśrednione po 10^5 realizacji). (D) Temperatura charakterystyczna T_c w funkcji rozmiaru drzewa BA N . Symbole oddają rozwiązania numeryczne równania (14), natomiast linia ciągła to przewidywania analityczne (16). Rysunki pochodzą z pracy [H5].

w przypadku drzew Cayleya. Korzystając z wyników opisanych w pracach [32, 33] można określić średnią liczbę węzłów $n(l)$ w odległości l od centralnego (pierwszego) węzła jako

$$n(l) = A \frac{(\ln N/2)^{l-1}}{(l-1)!}, \quad (13)$$

gdzie $A = \sqrt{N}$ to oczekiwana liczba dzieci węzła centralnego. W efekcie można otrzymać następujące wyrażenia, opisujące średnią magnetyzację drzewa BA

$$\langle s \rangle_s^{sf} = \tanh \tilde{\beta} h \left[1 - (1 - e^{-\tilde{\beta} J} \cosh \tilde{\beta} h) N^{-\frac{1}{2}} e^{-\tilde{\beta} J \cosh \tilde{\beta} h} \right] \quad (14)$$

dla $|h| < J$ oraz

$$\langle s \rangle_l^{sf} = \operatorname{sgn}(h) \frac{\cosh \tilde{\beta} J - e^{\tilde{\beta}|h|}}{\sinh \tilde{\beta} J - e^{\tilde{\beta}|h|}} \left[1 - e^{-\tilde{\beta}|h|} \sinh \tilde{\beta} J \right] N^{\frac{1}{2}(1 - e^{-\tilde{\beta}|h|} \sinh \tilde{\beta} J)} \quad (15)$$

dla $|h| \geq J$. Również w tym przypadku zachowana jest charakterystyczna właściwość podstawowego modelu, różnicująca przebieg $\langle s \rangle(T)$ od wartości zewnętrznego pola (rys. 9C). Podobnie jak przypadku drzew deterministycznych, temperatura charakterystyczna (rys. 9D)

$$T_c \approx \frac{2}{1 + \frac{4}{3}W\left(\frac{\ln N}{4e}\right)}, \quad (16)$$

jest zależna od $\ln \ln N$, a nie od $\ln N$, co można wykazać korzystając z przybliżenia $W(x) \approx \ln x - \ln \ln x$ [28].

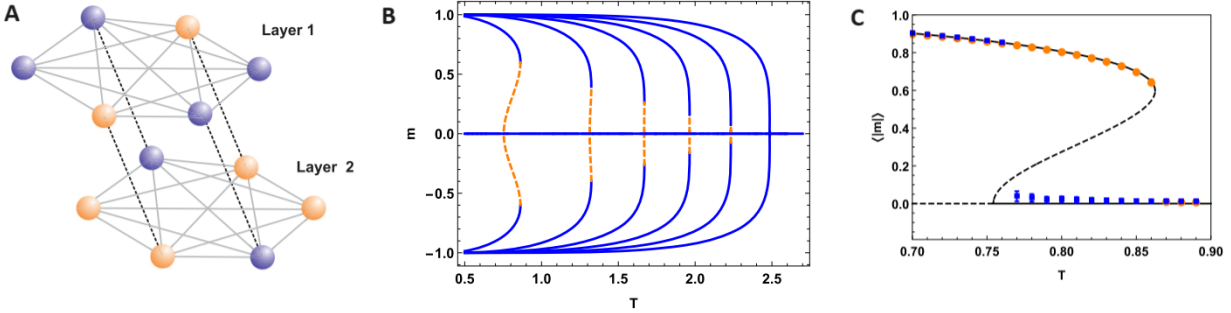
Należy podkreślić, że [H4] i [H5] były pierwszymi pracami, w których podjęto próbę powiązania zjawisk zaobserwowanych w rzeczywistych układach scharakteryzowanych przez zmienne określające emocje z typowo fizycznymi parametrami jak natężenie pola zewnętrznego czy też temperatura. Choć bezpośrednie porównanie z danymi rzeczywistymi nie dało oczekiwanych rezultatów otrzymano dość interesujące wyniki jako konsekwencje **indukowanego złamania symetrii oddziaływań**: gdy wartość bezwzględna pola magnetycznego jest mniejsza niż całka wymiany J średnia emocja (magnetyzacja) w układzie skończonym jest niemonotoniczną funkcją temperatury – dzieje się tak zarówno w prostej topologii łańcucha [H4], jak i w przypadku drzew deterministycznych i losowych (BA) [H5].

4.7 Modele procesów społecznych w sieciach wielopoziomowych [H6]–[H9]

Prace [H6]–[H9] łączy, oprócz przewodniej tematyki omawianego osiągnięcia naukowego, także specyficzne podejście stosowane w dziedzinie sieci złożonych – **sieci wielopoziomowe (wielowarstwowe)** [34, 35]. Począwszy od roku 2004, lawinowo zaczęła rosnać liczba publikacji, w których zwracano uwagę, iż do naturalnego i łatwego przedstawienia pewnych relacji obserwowanych w danych niezbędne jest wyjście poza wcześniej stosowaną metodologię sieci jednowarstwowej. Klasyycznym przykładem jest tu sieć transportowa, którą Autor analizował jeszcze w ramach swojej pracy magisterskiej na Wydziale Fizyki PW [36] – w danym mieście wszystkie środki transportu publicznego (autobusy, tramwaje, trolejbusy czy metro) traktowane były tak samo. Jasnym jest jednak, że choć poszczególne środki transportu mają ze sobą punkty przecięcia (np. na przystanku “Dw. Gdański” w Warszawie można wsiąść do metra, tramwaju, autobusu czy nawet kolejki podmiejskiej), to można traktować je jako oddzielne sieci, które tworzą warstwy [37, 38]. Kluczową kwestią w definiowaniu sieci wielopoziomowych jest to, czy węzły w poszczególnych warstwach się przekrywają ze sobą (tzn. czy węzeł ma swój przeciwobraz na każdym poziomie), czy pomiędzy warstwami istnieją oddziaływania oraz czy pomiędzy wszystkimi poziomami istnieją połączenia.

4.7.1 Model q -Isinga dla $q = 2$ na niepełnym dupleksie [H6]

Praca [H6] w całości dotyczy badań zachowania tzw. modelu q -Isinga (ang. *q-neighbour Ising model*) w topologii sieci dwupoziomowej czyli tzw. dupleksu. Kluczowe jest wprowadzenie częściowego przekrycia tych warstw, które wprowadza asymetrię oddziaływań. Sam model q -Isinga, zaproponowany w pracy [39] można traktować jako rozszerzenie modelu Isinga na przypadek wyboru ograniczonego sąsiedztwa węzła – rozważane są interakcje nie ze wszystkim sąsiadami lecz z ich wybraną liczbą, opisywaną przez parametr q . Algorytm modelu jest więc następujący: (1) wybierz węzeł i o spinie s_i , (2) spośród wszystkich sąsiadów węzła i wybierz zbiór nn składający się z losowych q sąsiadów, (3) wyznacz zmianę “energii” $\Delta E = 2s_i \sum_{j \in nn} s_j$, (4) wylosuj liczbę p z rozkładu jednorodnego i jeśli $p < \min[1, \exp(-\Delta E/T)]$ zmień znak spinu, w przeciwnym wypadku



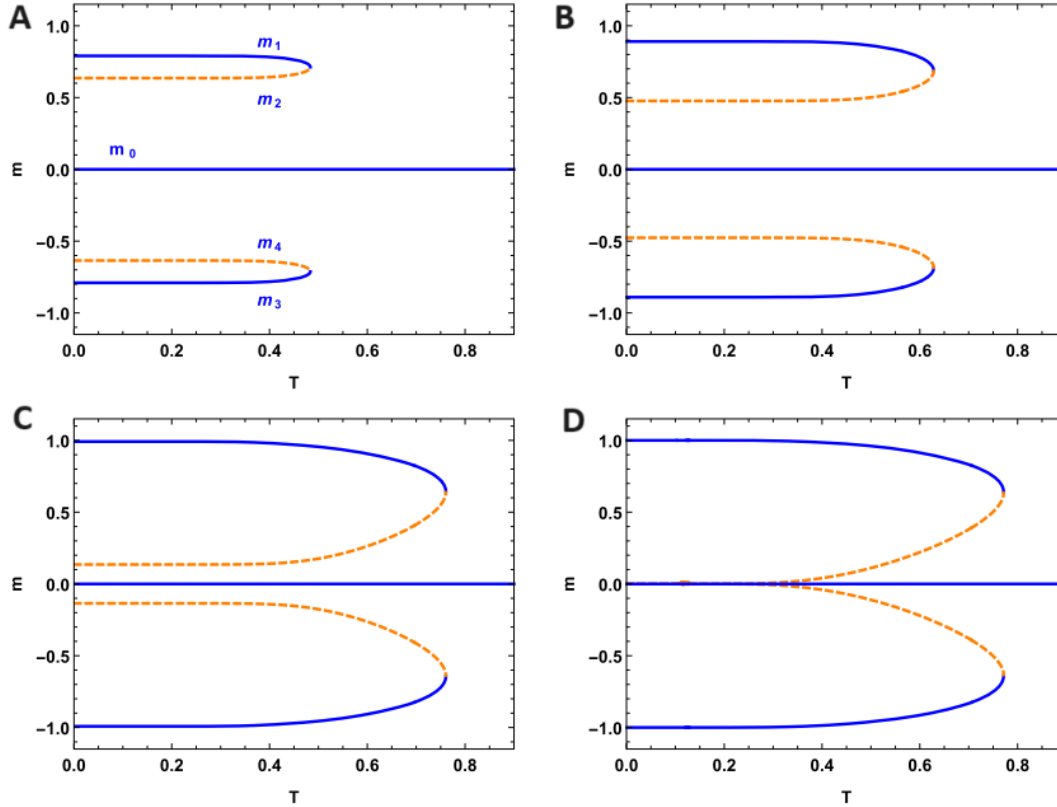
Rysunek 10: **Model q -Isinga na dupleksie** (A) Ilustracja badanego układu: dwie warstwy o niepełnym przekryciu, opisywanym przez parametr r , w tym wypadku $r = 2/3$ ($2/3$ węzłów ma swój przeciwobraz w drugiej warstwie). (B) Rozwiązania analityczne zależności pomiędzy magnetyzacją m a temperaturą T dla $q = 2$ oraz wybranych wartości $r = \{0.51, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1\}$ (od lewej do prawej). (C) Symulacje numeryczne dla układu $q = 2$, $N = 500\,000$ węzłów, $r = 0.51$: niebieskie punkty odnoszą się do układów początkowo nieuporządkowanych, pomarańczowe to układy uporządkowane, linie to rozwiązania analityczne.

pozostaw oryginalny znak. Słowo “energia” jest celowo ujęte w cudzysłów, gdyż funkcja E nie jest prawdziwą energią, tak jak w przypadku zwykłego modelu Isinga, ze względu na sumowanie oddziaływań jedynie do wybranych sąsiadów. W pracy [39] pokazano, że gdy $q = 3$ dla grafu całkowicie połączonego (tzw. klika) obserwowane jest ciągłe przejście fazowe w układzie $\langle m \rangle(T)$, gdzie $\langle m \rangle$ to średni spin (magnetyzacja), natomiast dla $q > 3$ przejście to jest nieciągłe.

Jak już wspomniano, przeniesienie dynamiki ze zwykłej sieci na strukturę wielopoziomową wymaga określenia reguł rządzących oddziaływaniami. Tak jest też i w tym przypadku: z wielu możliwości rozpatrywanych np. w pracach Lee i in. [40] oraz Chmiel i Sznajd-Weron [6], w tym przypadku zdecydowano się na użycie tzw. reguły AND – oznacza to, że zmiana stanu węzła następuje jedynie wtedy, gdy zostanie to zasugerowane na obu poziomach jednocześnie.

Dodatkową kwestią, którą trzeba uwzględnić jest fakt, że warstwy przekrywają się jedynie częściowo. Reguluje to parametr r , który określa, iż jedynie ułamek $r \in (0, 1)$ wszystkich węzłów N ma swoje przeciwobrazy w drugiej warstwie (rys. 10A). W efekcie, w przypadku, gdy do aktualizacji zostanie wylosowany węzeł bez odpowiednika w drugiej warstwie, procedura jest taka sama, jak w przypadku sieci jednowarstwowej, gdyż wszyscy jego sąsiedzi są w jednej warstwie. Właśnie ta cecha pracy [H6] odnosi się do **indukowanego zaburzenia symetrii**: z uwagi na brak wymuszony przeciwobrazów niektórych węzłów (zaburzenie symetrii topologii) część węzłów podlega innej dynamice, co oznacza złamanie symetrii oddziaływań.

Jednym z najciekawszych problemów rozpatrywanych w pracy [H6] jest bogata gama zjawisk obserwowana dla przypadku $q = 2$ przy zmieniającym się parametrze r . Dla sieci jednowarstwowej, gdy $q < 3$ brak jest jakiegokolwiek przejścia fazowego, natomiast dla pełnego duplesu (który jest tożsamy z $r = 1$) wynikiem jest przejście ciągłe. Przeprowadzone obliczenia analityczne pokazują, że w przedziale $r \in (0, 2(3\sqrt{2} - 4))$ przejścia nie ma, dla $r > 1/2$ jest ono nieciągłe z wyraźnie zarysowaną histerezą (rys. 10B). Potwierdzają tu wyniki numeryczne, np. dla $r = 0.51$ gdy rozpoczynamy z całkowicie uporządkowanego układu (wszystkie spiny o wartości 1), to przejście do stanu paramagnetycznego następuje dla $T_2 \approx 0.86$, podczas gdy dla losowych warunków począt-



Rysunek 11: Zależność magnetyzacji od temperatury w modelu q -Isinga dla $q=2$. Poszczególne panele przedstawiają $m(T)$ dla odpowiednio (A) $r = 0.486$, (B) $r = 0.49$, (C) $r = 0.499$ oraz (D) $r = 0.5$.

kowych niezbędne jest obniżenie temperatury do wartości $T_1 = 4 / \ln \frac{2r+3}{2r-1} \approx 0.75$, aby magnetyzacja wspięła się na górną spinodale (rys. 10C). Dość zaskakujące wyniki można zaobserwować w przedziale $r \in (2(3\sqrt{2}-4), 1/2)$: choć tak samo, jak dla $r > 1/2$ mamy tu pięć rzeczywistych, fizycznych (tj. dla $-1 \leq m \leq 1$) rozwiązań dla magnetyzacji: 3 stabilne i 2 niestabilne, to jednak nie jest możliwe uzyskanie histerezy ze względu na bardzo specyficzne kształty rozwiązań niestabilnych.

Wyniki otrzymane w pracy [H6] wskazują na to, że **złamanie symetrii, zrealizowane poprzez niepełne przekrycie dwóch warstw** w modelu q -Isinga z sąsiedztwem ograniczonym do $q = 2$ spośród N węzłów prowadzi do dość zaskakujących zmian w obserwowanej relacji pomiędzy magnetyzacją a temperaturą w funkcji przekrycia warstw r : począwszy od braku przejścia fazowego, poprzez dość "egzotyczne" przejście nieciągłe, przejście nieciągłe z histerezą, aż do przejścia ciągłego dla $r = 1$.

4.7.2 Graniczny przypadek asymetrycznego modelu q -wyborcy na duplesie [H7]

Idea analizy zachowania określonego modelu, przy przeniesieniu go ze zwykłej (jednowarstwowej) sieci na niesymetryczny przypadek duplesu, przyświecała również w przypadku pracy [H7]. Dotyczyła jednak tzw. modelu q -wyborcy (ang. *q-voter model*) z niezależnością, zaproponowanego przez Nyczkę i in. [7], a następnie zastosowanego do przypadku sieci dwu- i wielopo-

ziomowych przez Chmiel i Sznajd-Weron [6]. Z punktu widzenia parametryzacji, idea modelu q -wyborcy jest łudząco podobna do przedstawionego w pracy [H6] modelu q -Isinga - również i w tym przypadku mamy do czynienia z siecią N spinów $s_i \pm 1$, w której losujemy węzeł sieci, a następnie spośród jego wszystkich sąsiadów wybieramy podzbiór q . Tu jednak podobieństwa się kończą, gdyż aby istniała możliwość zmiany znaku węzła na przeciwny, grupa q sąsiadów musi być jednomyślna, czyli należące do niej węzły muszą mieć takie same stany. Jeśli tak się stanie, to z prawdopodobieństwem $1 - p$ zmieniany jest stan węzła, w przeciwnym przypadku - z prawdopodobieństwem p - węzeł zachowuje się niezależnie i ma jednakową szansę na to, aby pozostać w oryginalnym stanie lub zmienić znak. Innymi słowy, zmiana spinu może wynikać albo z wpływu wywieranego przez jednomyślną grupę sąsiadów albo też z jego "wewnętrznej niezależności". W pracy [7] wykazano, że dla $q \leq 5$ przejście pomiędzy fazą uporządkowaną i nieuporządkowaną jest ciągłe, natomiast dla $q > 5$ - nieciągłe. Oczywiście, w tym przypadku rolę parametru kontrolnego odgrywa p , a nie T , jak w modelu q -Isinga.

W odróżnieniu od modelu q -Isinga, przeniesienie na sieć wielopoziomową wymaga zarówno ustalenia czy zmiana musi być sugerowana na obu poziomach, jak i kwestii czy niezależność jest rozpatrywana jednocześnie na obu poziomach czy też lokalnie, czyli oddzielnie na każdym. Chmiel i Sznajd-Weron wykazały [6], że ten ostatni przypadek (tzw. reguła LOCAL & AND) prowadzi do najciekawszych wyników, wskazujących na pojawienie się nieciągłego przejścia już dla $q = 5$.

W pracy [H7] rozpatrywano inny sposób złamania symetrii niż zostało to zaproponowane w [H6]: zamiast modyfikować topologie, stosując częściowe przekrycie warstw, zdecydowano się wprowadzić różne wartości parametru q na każdej z warstw. Głównymi i dość zaskakującymi wynikami pracy [H7] była obserwacja całej, wspomnianej w tytule pracy, "zoologii" przejść fazowych, w zależności od wartości parametrów q_1 i q_2 , odzwierciedlających rozmiar grupy wpływu na każdym poziomie. Jeśli na obu poziomach rozmiar grupy jest mniejszy niż 5, mamy do czynienia z ciągłym przejściem fazowym, natomiast w przeciwnym przypadku obserwujemy dwa następujące po sobie przejścia fazowe (ang. *successive phase transitions* [41, 42]): ciągłe i nieciągłe lub dwa nieciągłe.

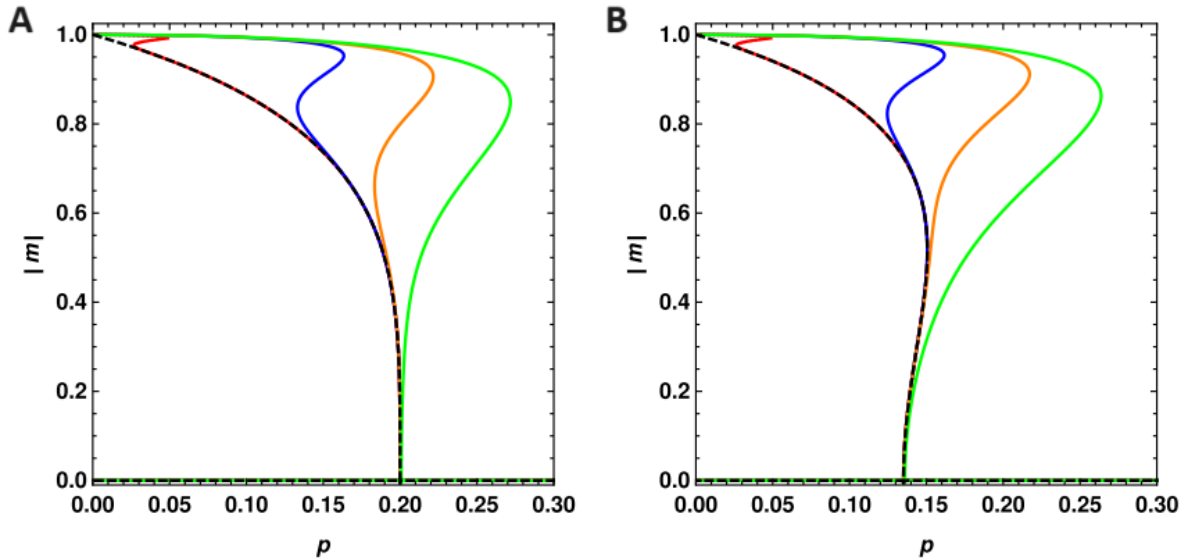
Jedną z frapujących kwestii, które zostały poruszone w pracy [H7] jest to, w jaki sposób wprowadzona asymetria jest "odczuwana" przez układ, a w szczególności, czy dla pewnych wartości parametrów q_1 i q_2 system przestaje się zachowywać jak dupleks. Aby ocenić to ilościowo, w pracy posłużono się wskaźnikiem p^* , który określa wartość p , dla której rozwiązanie $|m| = 0$ (czyli stan nieuporządkowany) zmienia swój charakter z niestabilnego na stabilny. Wskaźnik ten można wyznaczyć w sposób dokładny:

$$p^* = \frac{2^{q_2} + (2^{q_2} - 4)q_1 + (2^{q_1} - 4)(q_2 - 1) + \sqrt{4^{q_2}(q_1 - 1)^2 + 4^{q_1}(q_2 - 1)^2 + 2^{q_1+q_2+1}(q_1q_2 + q_1 + q_2 - 1)}}{2(2^{q_2} - 2)q_1 + (2^{q_1} - 2)(2^{q_2} + 2q_2 - 2)} \quad (17)$$

Oczywiście, w przypadku gdy $q_1 = q_2 = q$, otrzymujemy wynik dla zwykłego dupleksu $p^* = 1/[1 + 2^{q-1}/(2q - 1)]$, odpowiadający rys. 11 w pracy Chmiel i Sznajd-Weron [6], natomiast gdy przy stałym q_1 przejdziemy z q_2 do nieskończoności, otrzymamy

$$p_{q_2 \rightarrow \infty}^* = \frac{q_1 - 1}{q_1 - 1 + 2^{q_1 - 1}}, \quad (18)$$

co pokrywa się z wartością otrzymaną przez Nyczkę i in. [7] dla zwykłej sieci (monopleksu). Co ciekawe, choć powyższe równanie ma zastosowanie dla $q_2 \rightarrow \infty$ już dla niedużych różnic pomie-



Rysunek 12: **Asymetryczny model q -wyborcy na duplesie**. Moduł magnetyzacji $|m|$ w funkcji prawdopodobieństwa niezależności p dla $q_1 = 5$ (A) oraz $q_1 = 6$ (B) i różnych wartości q_2 : 15 (zielony), 25 (pomarańczowy), 50 (niebieski) oraz 500 (czerwony). Kreskowana linia to rozwiązanie otrzymane dla monopleksu. Rysunek z pracy [H7].

dzy q_1 i q_2 otrzymujemy efekt przejścia podobnego do tego, które obserwujemy w monoplesie, na którym “nałożone” jest drugie przejście. Zjawisko to zostało zilustrowane na rys. 12, gdzie przedstawiono zachowanie $|m|$ od p dla $q_1 = 5$ (panel A) oraz $q_1 = 6$ (panel B). Choć ślad drugiego przejścia cały czas pozostaje w układzie, jego rozmiar sukcesywnie znika.

Wyniki otrzymane w pracy [H7], pokazują, że **indukowana asymetria rozmiarów jednomyślnej grupy** różnych poziomach daje rezultat w postaci wielokrotnych przejść fazowych. W szczególności, gdy asymetria staje się bardzo duża, układ powraca do charakterystyki obserwowanej dla monopleksu.

4.7.3 Pole zewnętrzne w modelu polaryzacji i radykalizacji opinii [H8]

W odróżnieniu od wszystkich poprzednich prac [H1]-[H7], w pracy [H8] rozpatrywano przypadek ciągłej opinii, co więcej nieograniczonej w żaden sposób. Dynamika opinii jest adaptacją modelu zaproponowanego przez Baumann i in. [8], opisującego polaryzację (część agentów składa się ku jednej opinii, część – ku drugiej) oraz radykalizację (wszyscy agenci mają tę samą opinię) układu agentów, na przypadek dwóch grup agentów, których można rozumieć jako należących do dwóch warstw X i Y . W najogólniejszym przypadku dynamika sprowadza się do zestawu N_X równań związanych ze zmianą opinii agentów w warstwie X

$$\dot{x}_i = -x_i + K_{xx} \sum_j^{N_X} A_{ij}^{xx}(t) \tanh(\alpha_{xx} x_j) + K_{xy} \sum_j^{N_Y} A_{ij}^{xy}(t) \tanh(\alpha_{xy} y_j) \quad (19)$$

oraz N_Y równań odnoszących się do warstwy Y :

$$\dot{y}_i = -y_i + K_{yy} \sum_j^{N_Y} A_{ij}^{yy}(t) \tanh(\alpha_{yy} y_j) + K_{yx} \sum_j^{N_X} A_{ij}^{yx}(t) \tanh(\alpha_{yx} x_j), \quad (20)$$

w których $x_i(t), y_i(t) \in \mathbb{R}$ to opinie agentów. W obu równaniach $A_{ij}(t)$, z odpowiednimi indeksami górnymi, oznacza zmienną w czasie macierz określającą, pomiędzy którymi węzłami (zarówno wewnątrz pojedynczej warstwy jak i pomiędzy nimi) istnieją połączenia. Pojedynczy agent może zostać aktywowany z prawdopodobieństwem proporcjonalnym do $F(a) = \frac{1-\gamma}{1-\epsilon^{1-\gamma}} a^{-\gamma}$, a następnie stworzyć m połączeń do innych agentów w układzie – jest to przykład tzw. *activity-driven networks* (ADN) [43], bardzo ogólnej grupy modeli, w których połączenia pomiędzy węzłami sieci zmieniają się dynamicznie.

W pracy [H8] rozważanych jest kilka szczególnych przypadków ogólnego modelu na sieci dwupoziomowej. Jednym z najprostszych, z analitycznego punktu widzenia, jest rozważenie sprzężenia jednokierunkowego (ang. *unidirectional coupling*), w którym wpływ od całej warstwy Y zastępujemy polem zewnętrznym. Formalnie oznacza to ustalenie następujących parametrów $K_{xx} = K$, $\alpha_{xx} = \alpha$ oraz uznanie, że wyraz $K_{xy} \sum_j^{N_Y} A_{ij}^{xy}(t) \tanh(\alpha_{xy} y_j)$ zastąpiony zostaje polem B_i działającym na agenta i . Przyjęto także, podobnie jak w oryginalnej pracy Baumanna i in. [8], że procesy zmian topologii są dużo szybsze niż te, odnoszące się do opinii, w rezultacie przy założeniu wzajemności połączeń z prawdopodobieństwem $1/2$, $A_{ij}^{xx}(t)$ można zastąpić przez $c = \frac{3}{4}m\langle a \rangle$, gdzie $\langle a \rangle$ to wartość oczekiwana zmiennej a z rozkładu $F(a)$. Finalnie można zapisać równanie średniego pola na oczekiwaną wartość opinii w warstwie X jako

$$\dot{x} = -x + Kc \tanh(\alpha x) + B. \quad (21)$$

gdzie $x = \langle x \rangle$ oraz $B = \langle B_i \rangle$.

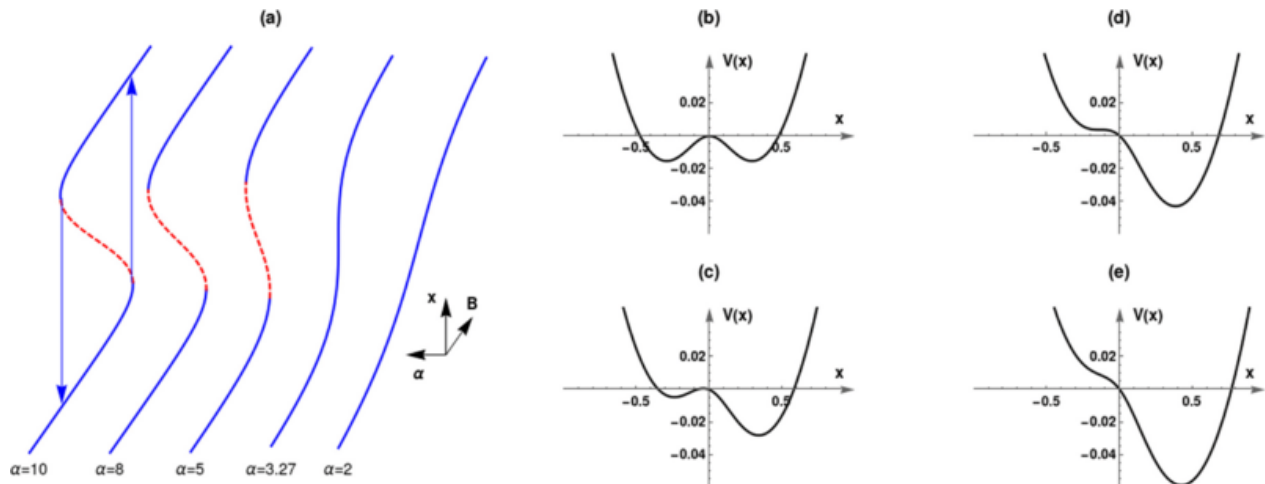
Układ opisany równaniem jest przykładem katastrofy wierzchołkowej (ang. *cusp catastrophe*) [44]: dla $K\alpha c < 1$ istnieje tylko jedno rozwiązanie stacjonarne, jeśli jednak $K\alpha c$ przekroczy 1, mamy do czynienia z dwoma różnymi scenariuszami. W przypadku, gdy wartość bezwzględna z zewnętrznego pola B jest mniejsza niż pewna krytyczna wartość B_c , równanie (21) posiada dwa stabilne punkty stałe oraz jeden niestabilny, co oznacza, że średnia opinia x ustawia się zgodnie lub niezgodnie z kierunkiem zewnętrznego pola B (rys. 13A). Jeśli jednak wartość pola przekracza B_c , istnieje tylko jedno stabilne rozwiązanie, zgodne z kierunkiem pola zewnętrznego B . Konsekwencją takiego zachowania układu jest nieciągłe przejście z opinii przeciwnej polu, do opinii z nim zgodnej. Innymi słowy, jeśli układ ustabilizuje się, przyjmując średnią opinię x na pewnym ujemnym poziomie, to po zadziałaniu zewnętrznym polem $B > B_c$ układ w sposób nagły przyjmie dodatnią średnią opinię.

Dzięki skorzystaniu z warunku rozwiązania stacjonarnego równania (21) oraz przyrównaniu wykładnika Lapunova $\lambda = -1 + Kc\alpha \operatorname{sech}^2(\alpha x_c)$ do zera, możliwe jest analityczne wyznaczenie wartości krytycznej pola

$$\begin{cases} B_c = x_c - Kc \tanh(\alpha x_c), \\ x_c = \alpha^{-1} \cosh^{-1}(\sqrt{Kc\alpha}), \end{cases} \quad (22)$$

przy której pojawia się pojedyncze stabilne rozwiązanie równania (21). Poza tym, korzystając z metody potencjału efektywnego

$$V(x) = \frac{x^2}{2} - \frac{Kc}{\alpha} \ln \cosh(\alpha x) - Bx, \quad (23)$$



Rysunek 13: Wpływ pola zewnętrznego B na średnią opinię x w modelu Baumanna. (A) Pętla histerezy w układzie $x(B)$ opisanym równaniem (21): dla $\alpha > (Kc)^{-1} \approx 3.27$ układ jest bistabilny, w przypadku przekroczenia $B = B_c$ następuje przeskok pomiędzy opinią przeciwną do pola, a zgodną. (B-E) Potwierdzenie wyników z panelu (A) dla $\alpha > 2(Kc)^{-1} \approx 6.54$ za pomocą obserwacji potencjału efektywnego $V(x)$ danego równaniem (23): (B) $B = 0$, (C) $B = 0.04$, (D) $B = 0.0815$, (E) $B = 0.12$. Rysunek z pracy [H8].

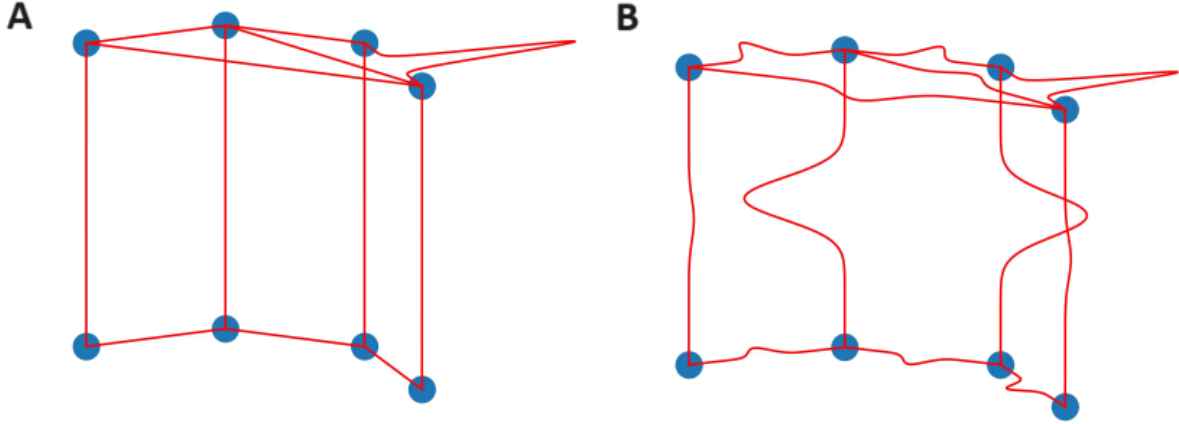
można było prześledzić opisane wcześniej zachowanie: dla $B = 0$ (rys. 13B) potencjał jest symetryczny i obserwujemy dwa minima, odpowiadające rozwiązaniom stabilnym. Dla małych $B > 0$ (rys. 13C), potencjał staje się niesymetryczny, ale dalej istnieją dwa rozwiązania – dopiero przekroczenie wartości B_c (rys. 13D-E) prowadzi do jednego rozwiązania dla $x > 0$. Wyniki numeryczne, przedstawione w pracy [H8] potwierdzają te przewidywania.

Wyniki otrzymane w pracy [H8] wskazują, że w modelu opinii Baumanna i in. [8] **asymetria wprowadzona za pomocą zewnętrznego pola B** (rozumianego jako skumulowany wpływ drugiej warstwy agentów) może prowadzić po prostu do jednego rozwiązania stacjonarnego, opisującego średnią opinię. Jednakże, gdy stopień nieliniowości α przekroczy poziom krytyczny, w miejsce jednego rozwiązania pojawia się bistabilność układu i wyraźna histereza, skutkujące przeskokiem średniej opinii z przeciwnej polu na sprzyjającą. Warto zaznaczyć, że idea układu wielopoziomowego w kontekście atrybutów węzłów była także rozpatrywana przez Baumanna i in. w kolejnej pracy [45].

4.7.4 Wykrywanie warstw w grafie kwantowym [H9]

Temat pracy [H9] dość mocno odbiega od wszystkich poprzednich, prezentowanych w Autoreferacie ze względu na podejmowany problem – propagację fali na grafie. Fala jednak, a dokładniej jej rozprzestrzenianie się w sieci, podobnie jak rozchodzenie się epidemii czy opinii, może modelować przenoszenie się informacji, z uwagi na to, że są to wymienne koncepcje [46]. Głównym celem pracy [H9] było opracowanie skutecznej metody wykrywania liczby warstw w sieci wielopoziomowej, na podstawie obserwacji rozchodzenia się fali w części układu. Podejście opierało się w całości na formalizmie matematycznym zaproponowanym przez Aziza i in. w pracy [47], gdzie rozpatrywane były rozwiązania równania $u_{tt} = -\Delta u$, gdzie Δ jest laplasjanem krawędziowym [48], zaś u to funkcja całkowalna z kwadratem, zdefiniowana na grafie \mathcal{G} , w którym każda

krawędź ma przypisaną długość $l_e = 1$ oraz współrzędną przestrzenną $x_e \in [0, l_e]$ wzdłuż tej krawędzi. Taki układ tradycyjnie nosi nazwę grafu kwantowego. Podobnie jak w pracy [47] wykorzystano warunki brzegowe Neumanna, wymagające, aby suma gradientów wychodzących z węzła wynosiła zero oraz zastosowano warunek początkowy w postaci gaussowskiej paczki falowej $u(f, x, t = 0) = \exp[-a(x - \mu)^2]$, w całości zawartej na krawędzi e o największej pośredniości (ang. *betweenness centrality*) [49] w sieci. Paczka zlokalizowana początkowo na krawędzi f rozchodzi się po całej sieci tak, jak zostało zaprezentowane na rys. 14.



Rysunek 14: **Rozchodzenie się fali w grafie.** **A** Początkowo ($t = 0$) cała fala (gaussowska paczka falowa) jest zawarta w całości na jednej wybranej krawędzi. **B** Widok układ dla wybranej chwili $t > 0$ - amplituda fali może być zarówno dodatnia, jak i ujemna. Rysunek z pracy [H9].

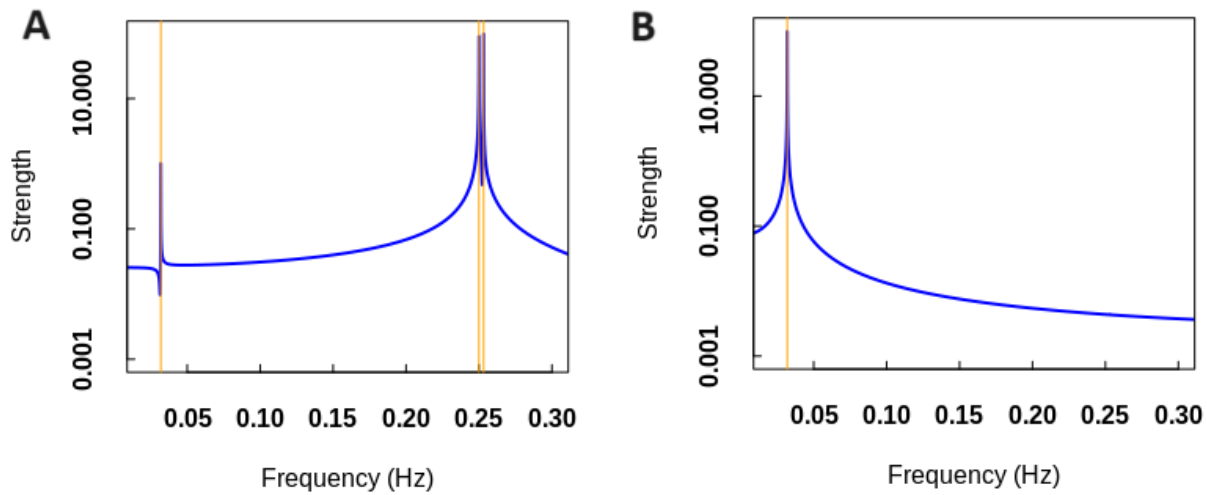
Znajomość macierzy połączeń A danego grafu (sieci) \mathcal{G} oraz warunku początkowego umożliwia dokładne określenie amplitudy fali $u(e, f, t)$ na każdej krawędzi grafu $e = \{s, v\}$, łączącej wierzchołki s oraz v w dowolnej chwili $t > 0$. Ogólne rozwiązania, zaprezentowane przez Aziza i in [47] są dość skomplikowane, natomiast ograniczenie się do sieci nieważonych, nieskierowanych i niedwudzielnych oraz wzięcie pod uwagę węzłów zamiast krawędzi, prowadzi do relatywnie prostego wzoru na amplitudę na końcu krawędzi e , tzn. w węźle v :

$$u_n(e, f, t) = \sum_{\omega \in \Omega} C(e, \omega) C(f, \omega) \left\{ \cos \left[\left(t - \frac{1}{2} \right) \omega - B(e, \omega) + B(f, \omega) \right] + \cos \left[\left(t + \frac{3}{2} \right) \omega + B(e, \omega) + B(f, \omega) \right] \right\} + \frac{1}{|E|}, \quad (24)$$

gdzie C oraz B są związane z wartościami ω^2 i funkcjami własnymi $\phi(e, x_e)$ macierzy połączeń unormowanej względem rzędów poprzez równanie $\phi(e, x_e) = \pm C(e, \omega) \cos[B(e, \omega) + \omega x_e]$ natomiast $|E|$ to liczba krawędzi grafu \mathcal{G} .

W pracy [47] dokonano pomiarów amplitudy na wszystkich krawędziach w kolejnych, całkowitych krokach czasowych, a następnie z tak stworzonych danych wyznaczono histogram. Pokazano, że dzięki tej procedurze możliwe jest odróżnienie topologii grafów przypadkowych Erdősa-Rényi (ER) [50] od sieci rosnącej Barabásiego-Albert (BA) [30]. Idea ta została wykorzystana w pracy [H9], z tą różnicą, że celem w tym przypadku było rozróżnienie ilości warstw w sieci wielopoziomowej, a pomiary amplitudy fali były dokonywane jedynie w jednej warstwie. Pokazano,

że choć metoda umożliwia trafne odróżnienie sieci o jednej, dwu i trzech warstwach, to w przypadku większej ich liczby zawodzi. W związku z tym, w pracy [H9] zaproponowane inne podejście, opierające się na wyznaczeniu sumy amplitud na wszystkich węzłach w zależności od czasu $S(t)$ i analizie widma mocy $|\hat{S}(f)|^2$ takiego sygnału (szeregu czasowego). Symulacje numeryczne przeprowadzone w ramach pracy dla sieci BA wskazały, że sygnał $S(t)$ ma charakter periodyczny, a każda dodana warstwa uwidacznia się w postaci kolejnego piku w widmie mocy $|\hat{S}(f)|^2$ – sieć jednowarstwowa ma stałą sumę amplitud i w konsekwencji brak piku, dwuwarstwowa - jeden pik, trójwarstwowa - dwa piki itd. W przypadku obserwacji tylko jednego węzła w sieci możliwe jest wykrycie wszystkich wartości własnych ω , a co za tym idzie wszystkich wartości własnych unormowanej macierzy \mathbf{A} . Takie same rezultaty zostały otrzymane w przypadku sieci ER oraz trzech sieci rzeczywistych.



Rysunek 15: **Widmo mocy dla dupleksu dwóch klik.** (A) W przypadku obserwacji pojedynczego węzła uzyskujemy wszystkie unikalne wartości własne. (B) Dla sumy amplitud na wszystkich węzłach otrzymujemy jedną wartość własną. Rysunek z pracy [H9].

Aby uzyskać potwierdzenie zaobserwowanych prawidłowości wykonano obliczenia analityczne dla grafu pełnego – monopleksu oraz dupleksu, korzystając z równania (24). Typ topologii został podyktowany stopniem skomplikowania podejścia analitycznego – dla wybranych układów możliwe było dokładne wyznaczenie zarówno amplitudy fali na wybranym węźle jak i sumy amplitud dla wszystkich wierzchołków (wszystkich węzłów w przypadku monopleksu oraz warstwy górnej w przypadku dupleksu). Wykonane obliczenia bezsprzecznie potwierdzają, że dla przypadku dupleksu, jeśli rozpatrujemy jeden węzeł, widoczne są trzy piki dla częstotliwości $(2\pi)^{-1} \arccos(-2/N)$, $(2\pi)^{-1} \arccos[(N-2)/N]$ oraz $1/4$, co zostało uwidocznione na rys. 15A. Gdy interesuje nas suma amplitud na wszystkich węzłach warstwy obserwowanej, wtedy, tak jak przewidywano, otrzymujemy tylko jeden pik dla $f = (2\pi)^{-1} \arccos[(N-2)/N]$ (rys. 15B). Jak warto zauważyć, w przypadku dużych układów dwa z trzech pików zlewają się ze sobą, a częstotliwość trzeciego dąży do zera – jest to, oczywiście, związane z faktem, że dla nieskończonego układu w ogóle nie możemy mówić o periodycznym charakterze sygnału.

Wyniki otrzymane w pracy [H9] są wynikiem **asymetrii związanej z ułożeniem warstw sieci**

wielopoziomowej. Warstwa górna, z której rozpoczyna się propagacja, jest wyróżniona, gdyż posiada połączenia jedynie “do dołu”. Jest to znacząco różne od sieci typu multiplex, dla których każda warstwa ma połączenie z każdą inną. Warto nadmienić, że praktycznie w tym samym momencie, gdy publikowana była praca [H9], Ginestra Bianconi zaprezentowała wyniki dotyczące topologicznego równania Diraca w sieciach wielopoziomowych [51].

4.8 Podsumowanie

Tak jak wspomniano we wprowadzeniu, istotą omawianego osiągnięcia naukowego jest analiza wpływu różnych rodzajów indukowanego złamania symetrii w modelach procesów społecznych na. Jako główne przesłanie można uznać obserwację, że w rozpatrywanych modelach zaburzenie symetrii może prowadzić do dość nieoczekiwanych rezultatów: tak jest, na przykład, w modelu izolacji społecznej, gdzie wprowadzenie **asymetrii w postaci rozkładu** opinii prowadzi do dwóch różnych scenariuszy uniknięcia blokowania opinii (jedna dominująca opinia lub pluralizm) [H1]. Podobnie, wprowadzenie **częściowego przekrycia** warstw r w modelu q -Isinga na topologii dupleksu [H6] zaowocowało zaskakującą zależnością pomiędzy magnetyzacją a temperaturą dla $q = 2$ – gdy przekrycie jest pełne, mamy do czynienia z ciągłym przejściem fazowym, gdy $1/2 < r < 1$, przejście jest nieciągłe, gdy $r < r_c$ przejścia w ogóle nie ma, a w przedziale $(r_c, 1/2)$, pomimo dwóch rozwiązań stabilnych i trzech niestabilnych brak jest histerezy. W podobnym modelu q -wyborcy [H7] zastosowano inny rodzaj indukowanej asymetrii: **rozmiarem jednomyślniej grupy na każdym z poziomów przypisano różne wartości**. Gdy asymetria stawała się bardzo duża, układ zaczynał się zachowywać jak gdyby był jedną warstwą. Jeszcze innym, bardzo naturalnym sposobem złamania symetrii jest **wprowadzenie zewnętrznego pola**, działającego jednorodnie na układ. Taki zabieg zastosowany do modelu Baumanna [H8] doprowadził do pojawienia się w układzie bistabilności i w konsekwencji nieciągłego przejścia pomiędzy stanem gdy opinia działa przeciwieństwo do pola, a stanem, gdy je wspiera. Wreszcie w pracy [H9] skupiono się efekcie, jaki wywiera specyficzna, **asymetryczna konstrukcja sieci wielopoziomowej**: dla rozpatrywanego układu możliwe było dokładne wykrycie liczby warstw w modelu rozchodzenia się informacji w postaci fali w strukturze sieci.

Wymienione przykłady to sytuacje, gdy wzbogacamy istniejący model i obserwujemy jego zachowanie. Część prac zawartych w opisywanym osiągnięciu była związana z inną ścieżką, tj. obserwacją pewnego zjawiska w danych rzeczywistych, a następnie próbą wytłumaczenia go za pomocą odpowiedniego modelu. Z taką sytuacją mamy do czynienia w przypadku dynamiki emocji: wyniki otrzymane w pracy [H2] sugerują, iż warunkiem koniecznym do podtrzymania dyskusji w dyskusjach internetowych jest silny ładunek emocjonalny, co pociąga za sobą **asymetrię składowych emocjonalnych** – jedna z nich (np. negatywna) musi być dominująca. Na bazie tych obserwacji został stworzony model agentowy dialogów emocjonalnych [H3] oparty o koncepcję **wzrostu entropii** w trakcie dialogu. Spinowy model dyskomfortu emocjonalnego na łańcuchu [H4] oraz jego rozszerzenie na topologię drzew [H5] to próba powiązania obserwowanych składowych emocjonalnych ze zmiennymi termodynamicznymi takimi jak temperatura. Choć bezpośrednie porównanie z danymi rzeczywistymi nie dało oczekiwanych rezultatów, **wprowadzenie asymetrii w postaci jednostronnych oddziaływań** doprowadziło do obserwacji niemonotonicznej zależności średniej emocji (magnetyzacji) od temperatury układu.

Na koniec warto zwrócić uwagę, że modelowanie procesów społecznych za pomocą metod agentowych oraz fizyki statystycznej to dość duże wyzwanie – ideałem jest zebranie aż czterech różnych elementów: (1) danych rzeczywistych, (2) interpretacji, dokonanej przez specjalistów z nauk

społecznych, (3) symulacji zaproponowanego modelu mikroskopowego obserwowanych zjawisk oraz (4) rozwiązań analitycznych tegoż modelu. Choć pojedynczo żadna z przedstawianych prac nie wyczerpuje tej ścieżki, to jednak wszystkie cztery elementy są widoczne jako składowe prezentowanego osiągnięcia naukowego. Nie można też traktować zaprezentowanych prac jako zamkniętego rozdziału – w wielu przypadkach możliwe są dalsze prace. Tak jest chociażby w kontekście propagacji fali na sieciach wielopoziomowych [H9]: naturalnym krokiem wydaje się wyznaczenie granicy stosunku gęstości połączeń wewnątrz warstw do gęstości połączeń pomiędzy nimi, dla której zaproponowane metody tracą skuteczność. Podobnie łatwo można sobie wyobrazić modyfikacje metod tak, aby służyły do wykrywania społeczności (*community detection* [52]) w sieciach. Tak samo prace [H6] i [H7], dotyczące modeli q-Isinga i q-wyborcy to potencjalnie niewyczerpane źródło dla dalszych rozważań, co widać chociażby w artykułach Krawieckiego i Gradowskiego [53, 54]

4.9 Podziękowania

Choć jednym z celów niniejszego Autoreferatu jest udowodnienie, że Autor jest naukowcem, realizującym samodzielne badania, to jednak dorobek Autora nie wyglądałby tak samo, gdyby nie pomoc i współpraca z innymi badaczami. Dlatego też chciałbym podziękować szczególnie **prof. dr. hab. Januszowi Hołystowi** – kierownikowi Pracowni Fizyki w Ekonomii i Naukach Społecznych za motywowanie mnie do pracy badawczej, a w szczególności za to, iż dzięki niemu zostałem wprowadzony w międzynarodowy świat nauki. Profesor Hołyst nauczył mnie także, że proces recenzji zarówno publikacji jak i projektów naukowych bywa stochastyczny i że odrzucenia na tym gruncie nie należy traktować jako porażki. Wiele również zawdzięczam **prof. Eduardo Altmannowi**, pod którego kierunkiem odbywałem staż podoktorski w Dreźnie – pokazał mi, że ograniczanie się do tego, czego człowiek nauczył się w jednym miejscu jest bardzo zwodnicze. Chciałbym też podziękować tym, z którymi współpracowałem w trakcie realizacji kilku projektów europejskich: to przede wszystkim **prof. Mike Thelwall**, **prof. Arvid Kappas**, **prof. Peter Sloot**, **prof. Bolesław Szymański**, **prof. Przemysław Kazienko** oraz **Aljosa Rehar** – każdy z nich w inny sposób wpłynął na moje zainteresowania. Jeśli mowa o wskazywaniu nowych kierunków, to nie sposób pominąć także **prof. Przemysława Biecka** – zarówno jeśli chodzi o język R, jak i metody sztucznej inteligencji i ogólnie niesamowicie dalekosiężne spojrzenie na prawie każdą tematykę. Na koniec chciałbym podziękować obecnym i byłym koleżankom i kolegom z Pracowni FENS, w tym przede wszystkim **prof. prof. Agacie i Piotrowi Fronczakom**, jak również **dr inż. Annie Chmiel** – mojej partnerce w życiu i w nauce.

5 Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Oprócz odbytego stażu podoktorskiego w Instytucie Fizyki Układów Złożonych w Dreźnie, brałem udział w dwóch projektach UE w ramach programu MSCA Staff Exchanges: RENOIR (1.01.2016-31.12.2019) oraz OMINO (trwający, rozpoczął się 1.01.2023), których główną ideą jest odbywanie staży u beneficjentów oraz partnerów projektów. Łącznie, **w ciągu ostatnich 10 lat odbyłem prawie 2 lata (23 miesiące) staży oraz wyjazdów studyjnych** – poniżej szczegółowy opis zrealizowanych wyjazdów:

- **okres:** 01.10.2014–28.02.2016 (17 miesięcy)

Institucja: Max-Planck-Institut fuer Physik komplexer Systeme (MPI-PKS), Drezno, Niemcy
Stanowisko: stypendysta stażu podoktorskiego
Aktywność naukowa: analiza dużych zbiorów danych naukometrycznych
Efekty współpracy: publikacja w Royal Society Open Science

- **okres:** 17.06–01.07.2016, 19.06–3.07.2017, 24.07–26.09.2017 (**łącznie 3 miesiące**)

Institucja: Słoweńska Agencja Prasowa (Slovenska Tiskovna Agencija), Lublana, Słowenia
Stanowisko: wizyty studyjne (*secondment*) w ramach projektu UE RENOIR
Aktywność naukowa: współpraca z pracownikami STA oraz JSI (Jozef Stefan Institut) w temacie modelowania dynamiki mediów, a w szczególności portali informacyjnych
Efekty współpracy: dwie publikacje w Physica A oraz Scientific Reports, stanowiące główne tezy pracy doktorskiej dr inż. Jana Chłonińskiego, której byłem współpromotorem

- **okres:** 19.01–18.02.2017 (**1 miesiąc**)

Institucja: Nanyang Technological University, Singapur
Stanowisko: wizyta studyjna (*secondment*) w ramach projektu UE RENOIR
Aktywność naukowa: współpraca z Complexity Institute w temacie analizy relacji geograficznych pomiędzy najlepszymi ośrodkami naukowymi
Efekty współpracy: publikacja w Scientific Reports

- **okres:** 20.08–02.09.2016 i 07–22.05.2019 (**łącznie 1 miesiąc**)

Institucja: Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, USA
Stanowisko: wizyta studyjna (*secondment*) w ramach projektu UE RENOIR
Aktywność naukowa: analiza modelu q-Isinga na spolaryzowanej sieci
Efekty współpracy: preprint w repozytorium arXiv

- **okres:** 11-22.06.2023 i 14.09-1.10.2023 (**łącznie 1 miesiąc**)

Institucja: GESIS, Kolonia, Niemcy
Stanowisko: wizyty studyjne (*secondment*) w ramach projektu UE OMINO
Aktywność naukowa: współpraca z Dr. Philippem Mayrem w temacie analizy przeciążenia informacyjnego w w czasopismach naukowych
Efekty współpracy: w opracowaniu

6 Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

6.1 Osiągnięcia dydaktyczne

- Począwszy od roku 2009 samodzielnie opracowałem, przygotowałem materiały, a następnie realizowałem następujące **nowe przedmioty na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej**:
 1. **Statystyczna Eksploracja Danych (30h wykładu)** od 2009 r. - zajęcia obligatoryjne dla studentów II stopnia, kierunek Fizyka Techniczna, specjalność Modelowanie Układów

- Złożonych (od 2018 r. - Eksploracja Danych i Modelowanie Interdyscyplinarne); od 2022 r. przedmiot jest prowadzony w języku angielskim jako **Statistical Data Exploration**
2. **R w Analizie Układów Złożonych (30h laboratorium)** od 2013 r. - zajęcia fakultatywne dla studentów I stopnia, kierunek Fizyka Techniczna,
 3. Wprowadzenie do "data science"(30h wykładu) od 2017 r. - zajęcia fakultatywne dla studentów I stopnia, kierunek Fizyka Techniczna,
 4. **Laboratorium Statystycznej Eksploracji Danych (30h laboratorium)** od 2017 r. - zajęcia fakultatywne dla studentów II stopnia, kierunek Fizyka Techniczna,
 5. **Eksploracja tekstu i analiza danych on-line (15h wykładu / 30h laboratorium / 15h projektu)** od 2018 r. - zajęcia fakultatywne dla studentów II stopnia, kierunek Fizyka Techniczna
- W latach 2017-21 samodzielnie opracowałem, przygotowałem materiały, a następnie realizowałem następujący przedmiot na **Wydziale Zarządzania** Politechniki Warszawskiej
 6. **Fizyka w ekonomii i naukach społecznych (15h wykładu / 15h ćwiczeń)** - zajęcia obowiązkowe dla studentów II stopnia kierunku Inżynieria Zarządzania
 - W latach 2020-22 samodzielnie opracowałem, przygotowałem materiały, a następnie realizowałem dwa kursy nauki pakietu R dla studentów Politechniki Warszawskiej w ramach projektu NERW 2 PW. Nauka – Edukacja – Rozwój - Współpraca:
 7. **Wstęp do programowania z użyciem pakietu R (30h laboratorium)** - odbyły się 4 edycje warsztatów, materiały dostępne pod https://jsienkiewicz.pl/R_podstawy/
 8. **Zaawansowane umiejętności programowania z użyciem pakietu R (30h laboratorium)** - odbyła się jedna edycja warsztatów, materiały dostępne pod https://jsienkiewicz.pl/R_zaawansowany/
 - Ponadto poczynając od 2005 r. prowadziłem zajęcia z przedmiotów Laboratorium fizyki, Podstaw fizyki (ćwiczenia), Podstaw Użytkowania Komputerów (laboratorium) oraz Metod Numerycznych (laboratorium).
 - Za osiągnięcia dydaktyczne 1-5 (opracowanie nowych przedmiotów na Wydziale Fizyki PW) otrzymałem w 2018 r. **Nagrodę indywidualną III stopnia JM Rektora PW za osiągnięcia dydaktyczne w latach 2017-2018.**
 - W 2019 r. otrzymałem **nagrodę Złotej Kredy** (przyznawana przez Samorząd Studentów PW na podstawie ankiet wypełnianych przez uczestników zajęć) **dla najlepszego wykładowcy na Wydziale Fizyki w roku akademickim 2018/19.**
 - Byłem promotorem pomocniczym następujących doktorantów:
 1. mgr inż. Piotr Górski, rozprawa pt. **Równowaga strukturalna oddziaływań wielogenowych dla różnych topologii sieci**, obroniona 24 listopada 2020 r.
 2. mgr inż. Łukasz Gajewski, rozprawa pt. **Reverse engineering multi-layered structures in complex networks**, obroniona 6 maja 2022 r.
 3. mgr inż. Jan Chołoniewski, rozprawa pt. **Modelling dynamics of news media**, obroniona 28 czerwca 2022 r.
 - byłem promotorem / współpromotorem **9 prac magisterskich** oraz **13 prac inżynierskich** realizowanych na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej

6.2 Osiągnięcia organizacyjne

- Na przełomie lat 2016/2017 byłem członkiem zespołu na Wydziale Fizyki PW, opracowującego nową specjalność na studiach II stopnia pt. **Eksploracja Danych i Modelowanie Interdyscyplinarne (EDMI)**. Moimi obowiązkami, poza uczestniczeniem w spotkaniach roboczych było opracowanie części kart przedmiotów. Za udział w pracach zespołu otrzymałem zespołową **Nagrodę Dydaktyczną Rektora PW I stopnia** w roku 2021.
- Począwszy od roku akad. 2017/18 jestem **opiekunem specjalności Eksploracja Danych i Modelowanie Interdyscyplinarne**. W zakres moich obowiązków wchodzi m.in. ustalanie indywidualnego toku studiów dla studentów, którzy odbywali studia I stopnia poza Wydziałem Fizyki PW (w uzgodnieniu z Prodziekan ds Kształcenia).
- Począwszy od 2020 r. jestem członkiem stałej **Komisji ds kształcenia Rady Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej**. W zakres moich obowiązków wchodzi m.in. opiniowanie złożonych propozycji prac inżynierskich i magisterskich, a także przedmiotów obieralnych (w sumie ok. 10 recenzji rocznie).
- W kwietniu 2022 r. zostałem powołany przez Rektora Politechniki Warszawskiej w skład **Rady Naukowej POB Cyberbezpieczeństwo i analiza danych**, która zajmuje się realizacją programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” w latach 2020-26 w dziedzinie cyberbezpieczeństwa oraz metod analizy danych na Politechnice Warszawskiej. Do moich obowiązków należy organizacja programu CyberSummer@WUT, a także recenzowanie wniosków w konkursach organizowanych przez Radę.
- W lipcu 2023 r. zostałem powołany przez Rektora Politechniki Warszawskiej w skład **Zespołu ds. eksploracji i eksploatacji możliwości SI**. W zakres moich obowiązków wchodzi m.in. analiza potrzeb studentów i pracowników związanych z używaniem modeli generatywnych.
- W ramach moich osiągnięć organizacyjnych chciałbym także wymienić **udział w opracowywaniu szeregu wniosków o finansowanie w programach UE**, w szczególności DYNANETS w 7 Programie Ramowym, RENOIR w programie Horizon 2020 oraz OMINO w programie Horizon Europe. Wyszczególnione projekty otrzymały finansowanie, a mój udział w ich opracowaniu polegał na scalaniu materiałów otrzymywanych od partnerów i tworzeniu na ich podstawie odpowiednich sekcji wniosków.

7 Pozostałe istotne informacje dotyczące osiągnięć zawodowych

7.1 Nagrody i stypendia

- W latach 2014, 2018 oraz 2022 wszedłem w skład zespołów, które otrzymały **Zespołowa Nagrodę I stopnia JM Rektora PW za osiągnięcia naukowe**,
- w 2012 r. otrzymałem **dwuletnie (2013-14) naukowe stypendium stacjonarne CAS/28/POKL** w konkursie organizowanym przez Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej

7.2 Kluczowe funkcje pełnione w projektach

- byłem jedynym wykonawcą (doktorant) **projektu promotorskiego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego** pt *Relacje skalowania w topologii sieci złożonych* nr N202 175035, realizowanego w latach 2008-2009 o budżecie 25 960 PLN
- byłem **kierownikiem** projektu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu **IUVENTUS PLUS** pt *Statystyczne modelowanie przepływów emocji w wirtualnych sieciach społecznych* nr 0490/IP3/2011/71, realizowanego w latach 2012-2014 o budżecie 169 000 PLN
- jestem **kierownikiem** projektu w ramach programu Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza na Politechnice Warszawskiej w konkursie **CyberiAD-3 Priorytetowego Obszaru Badawczego "Cyberbezpieczeństwo i analiza danych"** pt *Głęboka analiza regulacji dotyczących sztucznej inteligencji z wykorzystaniem modeli językowych, analizy sieciowej i gramatyki instytucjonalnej*, realizowanego w latach 2022-2023, o budżecie 206 724 PLN
- jestem **koordynatorem pakietu (WP leader)** projektu UE pt *OMINO (Overcoming Multilevel Information Overload)* nr. 101086321, w ramach programu **Horizon Europe MSCA Staff Exchange**, realizowanego w latach 2023-2026, budżet projektu: 1 297 000 EUR (427 800 EUR na Politechnice Warszawskiej)

7.3 Inne

- Od sierpnia 2022 r. jestem jednym z redaktorów tematycznych w dziedzinie *Networks and Complex Systems* w czasopiśmie **Scientific Reports** ([wykaz redaktorów](#)). W okresie **wrzesień 2022 - grudzień 2023 obsługiwałem ok. 40 prac**.
- Począwszy od 2008 r. wykonałem **ponad 50 recenzji** artykułów w takich czasopismach międzynarodowych jak *Physica A*, *PLOS One*, *Scientific Reports*, *EPJ Data Science* czy *BMJ*.
- W latach 2021 oraz 2022 zostałem zaproszony przez **Europejską Agencję Wykonawczą ds. Badań Naukowych** (European Research Executive Agency - REA) do oceny dwóch wniosków nadesłanych w programie **EIC Pathfinder Open**.

Literatura

- [1] C. Castellano, S. Fortunato i V. Loreto, "Statistical physics of social dynamics", [Rev. Mod. Phys.](#) **81**, 591–646 (2009).
- [2] M. Jusup, P. Holme, K. Kanazawa, M. Takayasu, I. Romić, Z. Wang, S. Geček, T. Lipić, B. Podobnik, L. Wang, W. Luo, T. Klanjšček, J. Fan, S. Boccaletti i M. Perc, "Social physics", [Physics Reports](#) **948**, 1–148 (2022).
- [3] K. Sznajd-Weron i J. Sznajd, "Opinion evolution a in a closed community", [International Journal of Modern Physics C](#) **11**, 1157–1165 (2000).
- [4] K. Sznajd-Weron, A. Jędrzejewski i B. Kamińska, "Toward Understanding of the Social Hysteresis: Insights From Agent-Based Modeling", [Perspectives on Psychological Science](#) **0**, 17456916231195361 (2023).
- [5] E. Ising, "Beitrag zur Theorie des Ferromagnetismus", [Zeitschrift für Physik](#) **31**, 253–258 (1925).

- [6] A. Chmiel i K. Sznajd-Weron, “Phase transitions in the q -voter model with noise on a duplex clique”, *Phys. Rev. E* **92**, 052812 (2015).
- [7] P. Nyczka, K. Sznajd-Weron i J. Cisło, “Phase transitions in the q -voter model with two types of stochastic driving”, *Phys. Rev. E* **86**, 011105 (2012).
- [8] F. Baumann, P. Lorenz-Spreen, I. M. Sokolov i M. Starnini, “Modeling Echo Chambers and Polarization Dynamics in Social Networks”, *Phys. Rev. Lett.* **124**, 048301 (2020).
- [9] J. Sienkiewicz i J. A. Hołyst, “Nonequilibrium phase transition due to isolation of communities”, *Phys. Rev. E* **80**, 036103 (2009).
- [10] P. Sobkowicz i A. Sobkowicz, “Dynamics of hate based Internet user networks”, *The European Physical Journal B* **73**, 633–643 (2010).
- [11] B. Pang i L. Lee, “Opinion Mining and Sentiment Analysis”, *Foundations and Trends® in Information Retrieval* **2**, 1–135 (2008).
- [12] M. Thelwall, K. Buckley i G. Paltoglou, “Sentiment strength detection for the social web”, *Journal of the American Society for Information Science and Technology* **63**, 163–173 (2012).
- [13] L. A. Feldman, “Valence focus and arousal focus: Individual differences in the structure of affective experience.”, *Journal of Personality and Social Psychology* **69**, 153–166 (1995).
- [14] A. Clauset, C. R. Shalizi i M. E. J. Newman, “Power-Law Distributions in Empirical Data”, *SIAM Review* **51**, 661–703 (2009).
- [15] A. Chmiel, P. Sobkowicz, J. Sienkiewicz, G. Paltoglou, K. Buckley, M. Thelwall i J. A. Hołyst, “Negative emotions boost user activity at BBC forum”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* **390**, 2936–2944 (2011).
- [16] M. Mitrović i B. Tadić, “Bloggers behavior and emergent communities in Blog space”, *European Physical Journal B* **73**, 293–301 (2010).
- [17] M. Mitrović, G. Paltoglou i B. Tadić, “Quantitative analysis of bloggers’ collective behavior powered by emotions”, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* **2011**, P02005 (2011).
- [18] C. E. Shannon, “A mathematical theory of communication”, *The Bell System Technical Journal* **27**, 379–423 (1948).
- [19] F. Schweitzer i D. Garcia, “An agent-based model of collective emotions in online communities”, *The European Physical Journal B* **77**, 533–545 (2010).
- [20] D. Garcia, A. Kappas, D. Küster i F. Schweitzer, “The dynamics of emotions in online interaction”, *Royal Society Open Science* **3**, 160059 (2016).
- [21] M. Šuvakov, M. Mitrović, V. Gligorijević i B. Tadić, “How the online social networks are used: dialogues-based structure of MySpace”, *Journal of The Royal Society Interface* **10**, 20120819 (2013).
- [22] T. Stivers, N. J. Enfield, P. Brown, C. Englert, M. Hayashi, T. Heinemann, G. Hoymann, F. Rossano, J. P. de Ruiter, K.-E. Yoon i S. C. Levinson, “Universals and cultural variation in turn-taking in conversation”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106**, 10587–10592 (2009).
- [23] D. Xenikos, “Modeling human dialogue—the case of group communications in trunked mobile telephony”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* **388**, 4910–4918 (2009).
- [24] R. Sinatra i M. Szell, “Entropy and the Predictability of Online Life”, *Entropy* **16**, 543–556 (2014).

- [25] M. Szell, R. Lambiotte i S. Thurner, “Multirelational organization of large-scale social networks in an online world”, [Proceedings of the National Academy of Sciences](#) **107**, 13636–13641 (2010).
- [26] A. Chmiel i J. A. Hołyst, “Transition due to preferential cluster growth of collective emotions in online communities”, [Phys. Rev. E](#) **87**, 022808 (2013).
- [27] M. McPherson, L. Smith-Lovin i J. M. Cook, “Birds of a Feather: Homophily in Social Networks”, [Annual Review of Sociology](#) **27**, 415–444 (2001).
- [28] L. Lóczy, “Guaranteed- and high-precision evaluation of the Lambert W function”, [Applied Mathematics and Computation](#) **433**, 127406 (2022).
- [29] T. P. Eggarter, “Cayley trees, the Ising problem, and the thermodynamic limit”, [Phys. Rev. B](#) **9**, 2989–2992 (1974).
- [30] A.-L. Barabási i R. Albert, “Emergence of Scaling in Random Networks”, [Science](#) **286**, 509–512 (1999).
- [31] A.-L. Barabási, R. Albert i H. Jeong, “Mean-field theory for scale-free random networks”, [Physica A: Statistical Mechanics and its Applications](#) **272**, 173–187 (1999).
- [32] G. Szabó, M. Alava i J. Kertész, “Shortest paths and load scaling in scale-free trees”, [Phys. Rev. E](#) **66**, 026101 (2002).
- [33] B. Bollobás i O. Riordan, “Shortest paths and load scaling in scale-free trees”, [Phys. Rev. E](#) **69**, 036114 (2004).
- [34] M. De Domenico, A. Solé-Ribalta, E. Cozzo, M. Kivelä, Y. Moreno, M. A. Porter, S. Gómez i A. Arenas, “Mathematical Formulation of Multilayer Networks”, [Phys. Rev. X](#) **3**, 041022 (2013).
- [35] M. De Domenico, “More is different in real-world multilayer networks”, [Nature Physics](#) **19**, 1247–1262 (2023).
- [36] J. Sienkiewicz i J. A. Hołyst, “Statistical analysis of 22 public transport networks in Poland”, [Phys. Rev. E](#) **72**, 046127 (2005).
- [37] M. Kurant i P. Thiran, “Layered Complex Networks”, [Phys. Rev. Lett.](#) **96**, 138701 (2006).
- [38] M. Kurant i P. Thiran, “Extraction and analysis of traffic and topologies of transportation networks”, [Phys. Rev. E](#) **74**, 036114 (2006).
- [39] A. Jędrzejewski, A. Chmiel i K. Sznajd-Weron, “Oscillating hysteresis in the q -neighbor Ising model”, [Phys. Rev. E](#) **92**, 052105 (2015).
- [40] K.-M. Lee, C. D. Brummitt i K.-I. Goh, “Threshold cascades with response heterogeneity in multiplex networks”, [Phys. Rev. E](#) **90**, 062816 (2014).
- [41] A. Khare, I. C. Christov i A. Saxena, “Successive phase transitions and kink solutions in ϕ^8 , ϕ^{10} , and ϕ^{12} field theories”, [Phys. Rev. E](#) **90**, 023208 (2014).
- [42] M. Saito, M. Watanabe, N. Kurita, A. Matsuo, K. Kindo, M. Avdeev, H. O. Jeschke i H. Tanaka, “Successive phase transitions and magnetization plateau in the spin-1 triangular-lattice antiferromagnet $\text{Ba}_2\text{La}_2\text{NiTe}_2\text{O}_{12}$ with small easy-axis anisotropy”, [Phys. Rev. B](#) **100**, 064417 (2019).
- [43] N. Perra, B. Gonçalves, R. Pastor-Satorras i A. Vespignani, “Activity driven modeling of time varying networks”, [Scientific Reports](#) **2**, 469 (2012).

- [44] E. C. Zeeman, “Catastrophe theory”, w *Structural Stability in Physics* (Springer, 1979), s. 12–22.
- [45] F. Baumann, P. Lorenz-Spreen, I. M. Sokolov i M. Starnini, “Emergence of Polarized Ideological Opinions in Multidimensional Topic Spaces”, *Phys. Rev. X* **11**, 011012 (2021).
- [46] M. Franceschetti, *Wave Theory of Information* (Cambridge University Press, 2017).
- [47] F. Aziz, R. C. Wilson i E. R. Hancock, “A wave packet signature for complex networks”, *Journal of Complex Networks* **7**, 346–374 (2019).
- [48] J. Friedman i J.-P. Tillich, “Wave equations for graphs and the edge-based Laplacian”, *Pacific Journal of Mathematics* **216**, Publisher: Mathematical Sciences Publishers, 229–266 (2004).
- [49] M. Barthélemy, “Betweenness centrality in large complex networks”, *The European Physical Journal B* **38**, 163–168 (2004).
- [50] P. Erdős i A. Rényi, “On the evolution of random graphs”, *Magyar Tud. Akad. Mat. Kutató Int. Közl.* **5**, 17 (1960).
- [51] G. Bianconi, “The topological Dirac equation of networks and simplicial complexes”, *Journal of Physics: Complexity* **2**, 035022 (2021).
- [52] S. Fortunato, “Community detection in graphs”, *Physics Reports* **486**, 75–174 (2010).
- [53] A. Krawiecki i T. Gradowski, “ Q -neighbor Ising model on multiplex networks with partial overlap of nodes”, *Phys. Rev. E* **108**, 014307 (2023).
- [54] A. Krawiecki i T. Gradowski, “ Q -voter model with independence on signed random graphs: Homogeneous approximations”, *Phys. Rev. E* **109**, 014302 (2024).

Julian Siuchewski

Załącznik nr 4

Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny

dr inż. Julian Sienkiewicz

Warszawa, styczeń 2024

I WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

I.1 Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy

- [H1] J. Sienkiewicz, G. Siudem, J. A. Hołyst
External bias in the model of isolation of communities
Physical Review E **82(5)**, 057101 (2010)
doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.82.057101>
- [H2] A. Chmiel, J. Sienkiewicz, M. Thelwall, G. Paltoglou, K. Buckley, A. Kappas, J. A. Hołyst
Collective Emotions Online and Their Influence on Community Life
Plos ONE **6(7)**, e22207 (2011)
doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022207>
- [H3] J. Sienkiewicz, M. Skowron, G. Paltoglou, J. A. Hołyst
Entropy-Growth-Based Model Of Emotionally Charged Online Dialogues
Advances in Complex Systems **16(4-5)**, 1350026 (2013)
doi: <https://doi.org/10.1142/S0219525913500264>
- [H4] J. Sienkiewicz, K. Suchecki, J. A. Hołyst
Finite size induces crossover temperature in growing spin chains
Physical Review E **89(1)**, 012105 (2014)
doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.89.012105>
- [H5] J. Sienkiewicz
Growing spin model in deterministic and stochastic trees
Physical Review E **90(4)**, 042120 (2014)
doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.90.042120>
- [H6] A. Chmiel, J. Sienkiewicz, K. Sznajd-Weron
Tricriticality in the q -neighbor Ising model on a partially duplex clique
Physical Review E **96(6)**, 062137 (2017)
doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.062137>
- [H7] A. Chmiel, J. Sienkiewicz, A. Fronczak, P. Fronczak
A veritable zoology of successive phase transitions in the asymmetric q -voter model on multiplex networks
Entropy **22(9)**, 1018 (2020)
doi: <https://doi.org/10.3390/e22091018>
- [H8] L. G. Gajewski, J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst
Transitions between polarization and radicalization in a temporal bilayer echo-chamber model
Physical Review E **105(2)**, 024125 (2022)
doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.105.024125>
- [H9] L. G. Gajewski, J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst
Discovering hidden layers in quantum graphs

II WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ

II.1 Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

1. A. M. Chmiel, J. Sienkiewicz, K. Suchecki i J. A. Hołyst
Weighted Networks at the Polish Market
w *Econophysics of Markets and Business Networks: Proceedings of the Econophys-Kolkata III*, red. A. Chatterjee i B. K. Chakrabarti (Springer Milan, Milano, 2007), s. 127–138
doi: [10.1007/978-88-470-0665-2_9](https://doi.org/10.1007/978-88-470-0665-2_9)
2. J. Sienkiewicz, A. Fronczak, P. Fronczak, K. Suchecki i J. A. Hołyst
Path Length Scaling and Discrete Effects in Complex Networks
w *Managing Complexity: Insights, Concepts, Applications*, red. D. Helbing (Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2008), s. 369–388.
doi: [10.1007/978-3-540-75261-5_18](https://doi.org/10.1007/978-3-540-75261-5_18)

Po uzyskaniu stopnia doktora:

3. A. Chmiel, J. Sienkiewicz, G. Paltoglou, K. Buckley, M. Skowron, M. Thelwall, A. Kappas i J. A. Hołyst
Collective Emotions Online
w *Online Collective Action: Dynamics of the Crowd in Social Media*, red. N. Agarwal, M. Lim i R. T. Wigand (Springer Vienna, Vienna, 2014), s. 59–74.
doi: [10.1007/978-3-7091-1340-0_4](https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1340-0_4)
4. J. A. Hołyst, A. Chmiel i J. Sienkiewicz
Detection and Modeling of Collective Emotions in Online Data
w *Cyberemotions: Collective Emotions in Cyberspace*, red. J. A. Hołyst (Springer International Publishing, Cham, 2017), s. 137–158.
doi: [10.1007/978-3-319-43639-5_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43639-5_8)
5. J. Sienkiewicz, A. Chmiel, P. Sobkowicz i J. A. Hołyst
How Online Emotions Influence Community Life
w *Cyberemotions: Collective Emotions in Cyberspace*, red. J. A. Hołyst (Springer International Publishing, Cham, 2017), s. 159–185.
doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-43639-5_9

II.2 Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt 1.1)

W poniższych listach wymieniono publikacje, które nie wchodzą w skład dokonania naukowego, tzn. prace, których nie ma w wykazie I.1.

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

1. A. Fronczak, J. A. Hołyst, M. Jedynak i J. Sienkiewicz
Higher order clustering coefficients in Barabási–Albert networks
Physica A **316**, 688–694 (2002)
doi: [10.1016/S0378-4371\(02\)01336-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(02)01336-5).
2. J. Sienkiewicz i A. Bhattacharyay
Transition to hexagonal pattern under the variation of intrinsic length scales of a reaction diffusion system
The European Physical Journal B **40**, 73–77 (2004).
doi: [10.1140/epjb/e2004-00240-8](https://doi.org/10.1140/epjb/e2004-00240-8)
3. J. Sienkiewicz i J. A. Hołyst
Public transport systems in Poland: From Białystok to Zielona Góra by bus and tram using universal statistics of complex networks
Acta Physica Polonica B **36**, 1771–1778 (2005).
4. J. Sienkiewicz i J. A. Hołyst
Statistical analysis of 22 public transport networks in Poland
Physical Review E **72**, 046127 (2005).
doi: [10.1103/PhysRevE.72.046127](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.72.046127)
5. J. A. Hołyst, J. Sienkiewicz, A. Fronczak, P. Fronczak i K. Suchecki
Universal scaling of distances in complex networks
Physical Review E **72**, 026108 (2005).
doi: [10.1103/PhysRevE.72.026108](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.72.026108)
6. J. A. Hołyst, J. Sienkiewicz, A. Fronczak, P. Fronczak i K. Suchecki
Scaling of distances in correlated complex networks
Physica A **351**, 167–174 (2005).
doi: [10.1016/j.physa.2004.12.018](https://doi.org/10.1016/j.physa.2004.12.018)
7. J. A. Hołyst, J. Sienkiewicz, A. Fronczak, P. Fronczak, K. Suchecki, P. Wójcicki
Universal dependence of distances on nodes degrees in complex networks
AIP Conference Proceedings **776(1)**, 69–78 (2005)
doi: [10.1063/1.1985378](https://doi.org/10.1063/1.1985378)
8. A. M. Chmiel, J. Sienkiewicz, K. Suchecki i J. A. Hołyst
Networks of companies and branches in Poland
Physica A **383**, 134–138 (2007).
doi: [10.1016/j.physa.2007.04.095](https://doi.org/10.1016/j.physa.2007.04.095)
9. J. Sienkiewicz, P. Fronczak i J. A. Hołyst
Log-periodic oscillations due to discrete effects in complex networks
Physical Review E **75**, 066102 (2007).
doi: [10.1103/PhysRevE.75.066102](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.75.066102)
10. J. Sienkiewicz i J. A. Hołyst
Nonequilibrium phase transition due to isolation of communities
Physical Review E **80**, 036103 (2009).
doi: [10.1103/PhysRevE.80.036103](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.80.036103)

Po uzyskaniu stopnia doktora:

11. J. Sienkiewicz i J. A. Hołyst
Scaling of internode distances in weighted complex networks
International Journal of Modern Physics C **21**, 731–739 (2010).
doi: [10.1142/S0129183110015439](https://doi.org/10.1142/S0129183110015439)
12. A. Chmiel, P. Sobkowicz, J. Sienkiewicz, G. Paltoglou, K. Buckley, M. Thelwall i J. A. Hołyst
Negative emotions boost user activity at BBC forum
Physica A **390**, 2936–2944 (2011).
doi: [10.1016/j.physa.2011.03.040](https://doi.org/10.1016/j.physa.2011.03.040)
13. J. Ahn, A. Borowiec, K. Buckley, D. Cai, A. Chmiel, A. Czaplicka, G. Dąbrowski, A. Garas, D. Garcia, S. Gobron, R. Hillmann, J. A. Hołyst, A. Kappas, D. Küster, M. Mitrovic, G. Paltoglou, H. Pirker, S. Rank, F. Schweitzer, J. Sienkiewicz, M. Skowron, P. Sobkowicz, D. Thalmann, M. Thelwall, M. Theunis, M. Trier, E. Tsankova i P. Weroni
CYBEREMOTIONS – Collective Emotions in Cyberspace, Procedia Computer Science **7**, Proceedings of the 2nd European Future Technologies Conference and Exhibition 2011 (FET 11), 221–222 (2011).
doi: [10.1016/j.procs.2011.09.076](https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.09.076)
14. M. Skowron, S. Rank, M. Theunis i J. Sienkiewicz
The Good, the Bad and the Neutral: Affective Profile in Dialog System-User Communication w Affective Computing and Intelligent Interaction. ACII 2011, red. S. D’Mello, A. Graesser, B. Schuller i J. C. Martin
Lecture Notes in Computer Science **6974**, 337-346 (2011)
doi: [10.1007/978-3-642-24600-5_37](https://doi.org/10.1007/978-3-642-24600-5_37)
15. P. Weroni, J. Sienkiewicz, G. Paltoglou, K. Buckley, M. Thelwall i J. A. Hołyst
Emotional analysis of blogs and forums data
Acta Physica Polonica A **121(2B)**, B-128 (2012).
doi: [10.12693/APhysPolA.121.B-128](https://doi.org/10.12693/APhysPolA.121.B-128)
16. P. Pohorecki, J. Sienkiewicz, M. Mitrović, G. Paltoglou i J. Hołyst
Statistical Analysis of Emotions and Opinions at Digg Website
Acta Physica Polonica A **123**, 604–615 (2013).
doi: [10.12693/APhysPolA.123.604](https://doi.org/10.12693/APhysPolA.123.604)
17. J. Sienkiewicz, M. Skowron, G. Paltoglou i J. A. Hołyst
Entropy growth in emotional online dialogues
Journal of Physics: Conference Series **410**, 012096 (2013)
doi: [10.1088/1742-6596/410/1/012096](https://doi.org/10.1088/1742-6596/410/1/012096)
18. J. Sienkiewicz i A. Chmiel
Emotional isolation in BBC Forum
Journal of Physics: Conference Series **490**, 012187 (2014).
doi: [10.1088/1742-6596/490/1/012187](https://doi.org/10.1088/1742-6596/490/1/012187)
19. J. Chołoniewski, J. Sienkiewicz, J. Hołyst i M. Thelwall
The Role of Emotional Variables in the Classification and Prediction of Collective Social Dynamics
Acta Physica Polonica A **127(3A)**, A-21 (2015).
doi: [10.12693/APhysPolA.127.A-21](https://doi.org/10.12693/APhysPolA.127.A-21)

20. J. Sienkiewicz i E. G. Altmann
Impact of lexical and sentiment factors on the popularity of scientific papers
Royal Society Open Science **3**, 160140 (2016)
doi: [10.1098/rsos.160140](https://doi.org/10.1098/rsos.160140)
21. J. Chołoniowski, A. Chmiel, J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, D. Küster i A. Kappas
Temporal Taylor's scaling of facial electromyography and electrodermal activity in the course of emotional stimulation
Chaos, Solitons & Fractals **90**, 91–100 (2016)
doi: [10.1016/j.chaos.2016.04.023](https://doi.org/10.1016/j.chaos.2016.04.023)
22. J. Sienkiewicz, K. Soja, J. A. Hołyst i P. M. A. Slood
Categorical and Geographical Separation in Science
Scientific Reports **8**, 8253 (2018)
doi: [10.1038/s41598-018-26511-4](https://doi.org/10.1038/s41598-018-26511-4)
23. J. Chołoniowski, J. Sienkiewicz, G. Leban i J. A. Hołyst
Modeling of temporal fluctuation scaling in online news network with independent cascade model
Physica A **523**, 129–144 (2019)
doi: [10.1016/j.physa.2019.02.035](https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.02.035)
24. R. Jankowski, J. Sienkiewicz
Determining Crucial Factors for the Popularity of Scientific Articles
Acta Physica Polonica A **138**, 41–47 (2020).
doi: [10.12693/APhysPolA.138.41](https://doi.org/10.12693/APhysPolA.138.41)
25. J. Chołoniowski, J. Sienkiewicz, N. Dretnik, G. Leban, M. Thelwall i J. A. Hołyst
A calibrated measure to compare fluctuations of different entities across timescales
Scientific Reports **10**, 20673 (2020)
doi: [10.1038/s41598-020-77660-4](https://doi.org/10.1038/s41598-020-77660-4)
26. K. T. Gradoń, J. A. Hołyst, W. R. Moy, J. Sienkiewicz i K. Suchecki
Countering misinformation: A multidisciplinary approach
Big Data and Society **8**, 20539517211013848 (2021)
doi: [10.1177/20539517211013848](https://doi.org/10.1177/20539517211013848)
27. R. Kucharski, O. Cats i J. Sienkiewicz
Modelling virus spreading in ride-pooling networks
Scientific Reports **11**, 7201 (2021). doi: [10.1038/s41598-021-86704-2](https://doi.org/10.1038/s41598-021-86704-2)

II.3 Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

1. J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Public transport networks in Poland*, Conference on Complex Networks: Evolution and Statistical Properties, Salou, Hiszpania, 14-18.03.2005 (plakat)
2. J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Public transport networks in Poland*, ICTP School and Workshop on Structure and Function of Complex Networks, ICTP, Triest, Włochy, 16-28.05.2005 (plakat)

3. J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Public transport networks in Poland*, International Summer School Fundamental Problems in Statistical Physics XI, Leuven, Belgia, 4-17.09.2005 (plakat)
4. J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Statistical analysis of Polish public transport networks*, DPG Spring Meeting of the Condensed Matter Division / EPS 21st General Conference of the Condensed Matter Division, Drezno, Niemcy, 26-31.03.2006 (referat)
5. J. Sienkiewicz, P. Fronczak, J. A. Hołyst, *Influence of discrete effects on optimization in complex networks*, 19th Marian Smoluchowski Symposium on Statistical Physics, 14-17.05.2006, Kraków (plakat).
6. J. Sienkiewicz, P. Fronczak, J. A. Hołyst, *Discrete effects on average path length scaling in complex networks*, Potentials of Complexity Science for Business, Governments, and the Media 2006, Budapeszt, Węgry, 3-5.08.2006 (plakat)
7. J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Statistical analysis of Polish public transport networks*, European Conference on Complex Systems (ECCS) 2006, Oxford, Wlk. Brytania, 25-29.09.2006 (plakat)
8. J. Sienkiewicz, P. Fronczak, J. A. Hołyst, *Log-periodic oscillations due to discrete effects in complex networks*, DPG Spring Conference, Ratzbona, Niemcy, 26-30.03.2007 (referat)
9. J. Sienkiewicz, *Modelling universality of evolving systems using complex networks tools*, 7 Kongres Societas Hubmoltiana Polonorum "Transfer wiedzy i wzorców kultury w dobie globalizacji", Sesja "Uczeń-Mistrz", Warszawa, 21-24.06.2007 (referat)
10. J. Sienkiewicz, P. Fronczak, J. A. Hołyst, *Log-periodic oscillations due to discrete effects in complex networks*, STATPHYS23 Satellite Workshop Complex Networks: From Biology to Information Technology, University of Cagliari, Pula, Włochy, 2-6.07.2007, (referat)
11. J. Sienkiewicz, P. Fronczak, J. A. Hołyst, *Log-periodic oscillations due to discrete effects in complex networks*, XXIII IUPAP International Conference on Statistical Physics STATPHYS23, Genova, Włochy, 9-13.07.2007 (plakat)
12. J. Sienkiewicz, P. Fronczak, J. A. Hołyst, *Log-periodic oscillations due to discrete effects in complex networks*, WE-Heraeus-Seminar Transport, Localization and Fluctuations in Complex Systems, TU Ilmenau, Ilmenau, Niemcy, 2-5.09.2007, (plakat)
13. J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Surrounding of clusters in one-dimensional system*, European Conference on Complex Systems (ECCS) 2007, TU Dresden, Dresden, Niemcy, 1-5.10.2007, (plakat)
14. J. Sienkiewicz, P. Fronczak, J. A. Hołyst, *Log-periodic oscillations due to discrete effects in complex networks*, Global versus local dynamics on networks, Satellite Conference on ECCS 2007, TU Dresden, Dresden, Niemcy, 1-5.10.2007, (referat)
15. J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Surrounding of clusters in a one-dimensional system*, DPG Spring Meeting of the Condensed Matter Division, Berlin, Niemcy, 25-29.02.2008 (referat)
16. J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Scaling of clusters in a one-dimensional system*, International Conference on Economic Science with Heterogenous Interacting Agents ESHIA/WEHIA 2008, Warszawa 19-21.06.2008 (referat)
17. J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Scaling of distances in weighted networks*, International Workshop and Conference on Network Science (NetSci) 2008, Norwich, Wlk. Brytania, 23-27.06.2008 r. (plakat).

18. J.Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Scaling of clusters in a one-dimensional system*, SigmaPhi 2008, Kolympari, Grecja, 14-18.07.2008 (**referat**)
19. J.Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Scaling of distances in weighted networks*, BCNet Workshop: Trends and perspectives in complex networks", Barcelona, Hiszpania, 10-12.12.2008 r. (plakat)
20. J.Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Nonequilibrium phase transition due to social group isolation*, 4 Ogólnopolskie Sympozjum Fizyki w Ekonomii i Naukach Społecznych, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów, 7-9.05.2009 (**referat**)

Po uzyskaniu stopnia doktora:

21. J. Sienkiewicz, G. Siudem, J. A. Hołyst, *Symmetry breaking in the model of isolation of communities*, IV International Congress BIFI 2010: "Networks: a Framework for Cross Disciplinary Applications", Saragossa, Hiszpania, 3-6.02.2010 (**referat**)
22. A. Chmiel, J. Sienkiewicz, M. Thelwall, G. Paltoglou, K. Buckley, A. Kappas, J. A. Hołyst, *Influence of emotions on the length of Internet discussions*, European Conference on Complex Systems (ECCS) 2010, Lizbona, Portugalia, 13-17.09.2010 (plakat)
23. P. Pohorecki, J. Sienkiewicz, G. Paltoglou, J. A. Hołyst, *Statistics, emotions and opinions in Digg.com website*, 5 Ogólnopolskie Sympozjum Fizyki w Ekonomii i Naukach Społecznych, SGGW, Warszawa, 25-27.09.2010 (referat)
24. J. Sienkiewicz, M. Skowron, G. Paltoglou, J. A. Hołyst, *Model of emotional dialogues based on entropy growth*, European Conference on Complex Systems (ECCS) 2011, Wiedeń, Austria, 12-16.09.2011 (plakat)
25. J. Sienkiewicz, M. Skowron, G. Paltoglou, J. A. Hołyst *Entropy growth in emotional online dialogues*, IC-MSQUARE 2012: International Conference on Mathematical Modelling in Physical Sciences, Budapeszt, Węgry, 3-7.09.2012 (**referat**)
26. J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Online discussions modelled by an evolving Ising-like dynamics*, CyberEMOTIONS 2013 - CyberEMOTIONS Final Conference, Warszawa, 29-30.01.2013 (**referat**)
27. J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Online discussions modeled by an evolving Ising-like dynamics*, DPG Spring Meeting of the Condensed Matter Division, Ratyzbona, Niemcy, 10-15.03.2013 (**referat**).
28. J. Sienkiewicz, K. Soja, J. A. Hołyst, P. M. A. Sloot, *University collaboration networks*, DPG Spring Meeting of the Condensed Matter Division, Ratyzbona, Niemcy, 10-15.03.2013 (plakat)
29. J. Sienkiewicz, A. Chmiel, *Emotional isolation in BBC Forum*, IC-MSQUARE 2013: International Conference on Mathematical Modelling in Physical Sciences, Praga, Czechy, 1-5.09.2013 (**referat**),
30. J. Sienkiewicz, K. Suchecki, J. A. Hołyst, *Growing Ising-like chain as a model of emotional interactions*, European Conference on Complex Systems (ECCS) 2013, Barcelona, Hiszpania, 16-20.09.2013 (**referat**)
31. J. Sienkiewicz, E. G. Altmann, *Which (linguistic) factors increase the impact of scientific papers?*, NetSciX 2016 : 2nd International School and Conference on Network Science, Wrocław, 11-13.01.2016 (plakat)

32. J. Sienkiewicz, E. G. Altmann, *Impact of lexical and sentiment factors on the popularity of scientific papers*, 26th IUPAP International Conference on Statistical Physics STATPHYS26, Lyon, Francja, 18-22.07.2016 (**referat**)
33. J. Sienkiewicz, K. Soja, J. A. Hołyst, P. M. A. Slood, *Categorical and Geographical Separation in Science*, COST TD1210 workshop Alternative metrics or tailored metrics: Science dynamics for science policy, Warszawa, 9-10.11.2016 (**referat**)
34. J. Sienkiewicz, E. G. Altmann, *Impact of lexical and sentiment factors on the popularity of scientific papers*, COST TD1210 workshop Alternative metrics or tailored metrics: Science dynamics for science policy, Warszawa, 9-10.11.2016 (**referat**)
35. J. Sienkiewicz, E. G. Altmann, *Impact of lexical and sentiment factors on the popularity of scientific papers*, Crossing Frontiers in Science: a physicist's approach 38th Max Born Symposium in celebration of Andrzej Pękalski's 80th birthday, Wrocław, 18-20.05.2017 (**referat**)
36. J. Sienkiewicz, E. G. Altmann, *Analiza i modelowanie wpływu czynników leksykalnych na popularność artykułów naukowych*, Sesja "Układy złożone", 44 Zjazd Fizyków Polskich, Wrocław, 10-15.09.2017 (**referat**)
37. J. Sienkiewicz, E. G. Altmann, *Impact and modeling of lexical and sentiment factors on the popularity of scientific papers*, WeCoS - Understanding the Web as a Complex System: Complexity Science meets Web Science, CSH Vienna, Wiedeń, Austria, 26.10.2017 (**referat**)
38. J. Sienkiewicz, E. G. Altmann, *Impact of lexical and sentiment factors on the popularity of scientific papers*, 8th Young Scientists Conference, Heraklion, Grecja, 24-28.06.2019 (**referat - keynote talk**)
39. J. Sienkiewicz, K. Soja, J. A. Hołyst, P. M. A. Slood, *Categorical and Geographical Separation in Science*, 8th Young Scientists Conference, Heraklion, Grecja, 24-28.06.2019 (**referat - keynote talk**)
40. J. Sienkiewicz, K. Soja, J. A. Hołyst, P. M. A. Slood, *Categorical and Geographical Separation in Science*, RENOIR Final Conference - Satellite Session for Conference on Complex Systems 2019, Singapur, 2-3.10.2019 (**referat**)
41. Ł. G. Gajewski, J. Sienkiewicz, J. A. Hołyst, *Discovering hidden layers in quantum graphs*, DPG Spring Meeting of the Condensed Matter Division, Drezno, Niemcy, 26-31.03.2023 (**referat**)

II.4 Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji

1. International Conference on Economic Science with Heterogenous Interacting Agents ESHIA / WEHIA 2008, Warszawa, 19-21.06.2008
rola: członek Komitetu Organizacyjnego
(<https://science24.com/event/eshia2008/>)
2. CyberEMOTIONS 2013 - CyberEMOTIONS Final Conference, Warszawa, 29-30.01.2013
rola: członek Komitetu Organizacyjnego
<https://science24.com/event/cyberemo2013/>

3. 3rd European Symposium Series on Societal Challenges in Computational Social Science 2019: Polarization and Radicalization, Zurych, Szwajcaria, 2-4.09.2019
rola: członek Komitetu Programowego
<http://symposium.computationalsocialscience.eu/2019/>
4. COMPLEX NETWORKS 2019 - The 8th International Conference on Complex Networks and their Applications, Lizbona, Portugalia, 10-12.12.2019
rola: członek Technicznego Komitetu Programowego
<https://2019.complexnetworks.org/committees/>
5. 9th International Young Scientists Conference in Computational Science YSC'2020 (online) 5-12.09.2020
rola: członek Komitetu Programowego
<https://yhc-2020.actcognitive.org/committees>
6. COMPLEX NETWORKS 2020 - The 9th International Conference on Complex Networks and their Applications, (online), 1-3.12.2020
rola: członek Technicznego Komitetu Programowego
<https://2020.complexnetworks.org/committees/>
7. 10th International Young Scientists Conference in Computational Science YSC'2021 (online) 28.06-3.07.2021
rola: członek Komitetu Programowego
<https://yhc-2021.actcognitive.org/about/committees>
8. COMPLEX NETWORKS 2021 - The 10th International Conference on Complex Networks and their Applications, Madryt, Hiszpania, 30.11-2.12.2021
rola: członek Technicznego Komitetu Programowego (ocena wybranych streszczeń nadesłanych prac)
<https://2021.complexnetworks.org/committees/>
9. COMPLEX NETWORKS 2022 - The 11th International Conference on Complex Networks and their Applications, Palermo, Włochy, 8-10.11.2022
rola: członek Technicznego Komitetu Programowego (ocena wybranych streszczeń nadesłanych prac)
<https://2022.complexnetworks.org/committees/>

II.5 Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.

Kolorem wyróżniono projekty, w których rola Autora była inna niż wykonawcy.

Przed uzyskaniem stopnia doktora

1. **tytuł:** MMCOMNET (Measuring and Modelling Complex Networks Across Domains)
rodzaj projektu: projekt UE w 6. Programie Ramowym (wezwanie FP6-2003-NEST-PATH)
numer projektu/umowy: 12999

okres realizacji: 2005-2008

budżet projektu: 1 712 352 EUR (399 975 EUR na Politechnice Warszawskiej)

rola: wykonawca na Politechnice Warszawskiej

2. **tytuł projektu:** Relacje skalowania w topologii sieci złożonych
rodzaj projektu: projekt promotorski Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego
numer projektu/umowy: N202 175035
okres realizacji: 2008-2009
budżet projektu: 25 960 PLN
rola: jedyny wykonawca (doktorant)

Po uzyskaniu stopnia doktora

Projekty zrealizowane:

3. **tytuł:** CYBEREMOTIONS (Collective Emotions in Cyberspace)
rodzaj projektu: projekt UE w 7. Programie Ramowym (wezwanie (FP7-ICT-2007-3), nr. projektu 231323
okres realizacji: 2009-2013
budżet projektu: 4 636 660 EUR (750 153 EUR na Politechnice Warszawskiej)
rola: wykonawca na Politechnice Warszawskiej - zatrudniony w charakterze *postdoka* (na stanowisku asystenta i adiunkta naukowego)
4. **tytuł:** DYNANETS (Computing Real-World Phenomena with Dynamically Changing Complex Networks)
rodzaj projektu: projekt UE w 7. Programie Ramowym (wezwanie (FP7-ICT-2007-C), nr. projektu 233847
okres realizacji: 2009-2012
budżet projektu: 3 612 127 EUR (225 000 EUR na Politechnice Warszawskiej)
rola: wykonawca na Politechnice Warszawskiej - zatrudniony w charakterze *postdoka* (na stanowisku asystenta i adiunkta naukowego)
5. **tytuł projektu:** Statystyczne modelowanie przepływów emocji w wirtualnych sieciach społecznych
rodzaj projektu: projekt Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu IUVENTUS PLUS
numer projektu/umowy: 0490/IP3/2011/71
okres realizacji: 2012-2014
budżet projektu: 169 000 PLN
rola: kierownik projektu
6. **tytuł:** RENOIR (Reverse EngiNeering of sOcial Information pRocessing)
rodzaj projektu: projekt UE w Programie Horizon 2020 (wezwanie H2020-MSCA-RISE-2015)
numer projektu/umowy: 231323
okres realizacji: 2016-2019
budżet projektu: 1 314 000 EUR (508 500 EUR na Politechnice Warszawskiej)
rola: wykonawca na Politechnice Warszawskiej

7. **tytuł projektu:** Inżynieria odwrotna oddziałujących sygnałów w sieciach złożonych
rodzaj projektu: projekt Narodowego Centrum Nauki w ramach programu OPUS
numer projektu/umowy: 2015/19/B/ST6/02612
okres realizacji: 2016-2020
budżet projektu: 605 040 PLN
rola: wykonawca

Projekty w trakcie realizacji:

8. **tytuł projektu:** Spolaryzowane relacje i równowaga strukturalna w układach złożonych: od danych do modeli,
rodzaj projektu: bilateralny projekt Narodowego Centrum Nauki i Swiss National Science Foundation (SNSF) w ramach programu ALPHORN
numer projektu/umowy: 2019/01/Y/ST2/00058
okres realizacji: 2020-2024
budżet projektu: 1 503 386 PLN
rola: wykonawca na Politechnice Warszawskiej

9. **tytuł:** OMINO (Overcoming Multilevel INformation Overload)
rodzaj projektu: projekt UE w Programie Horizon Europe (wezwanie HORIZON-MSCA-2021-SE-01)
numer projektu: 101086321
okres realizacji: 2023-2026
budżet projektu: 1 297 000 EUR (427 800 EUR na Politechnice Warszawskiej)
rola: koordynator pakietu nr 4 (WP leader), wykonawca na Politechnice Warszawskiej

10. **tytuł:** Głęboka analiza regulacji dotyczących sztucznej inteligencji z wykorzystaniem modeli językowych, analizy sieciowej i gramatyki instytucjonalnej
rodzaj projektu: projekt w ramach programu Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza na Politechnice Warszawskiej w konkursie CyberiAD-3 Priorytetowego Obszaru Badawczego "Cyberbezpieczeństwo i analiza danych"
numer projektu: -
okres realizacji: 2022-2023
budżet projektu: 206 724 PLN
rola: kierownik projektu

II.6 Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach

1. członek Polskiego Towarzystwa Fizycznego (Oddział Warszawski) od 2007 r.
2. członek Complex Systems Society od 2023 r.

II.7 Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru.

Przed uzyskaniem stopnia doktora

- **okres:** 04.07-30.09.2002 (**3 miesiące**)

Instytucja: IIHR—Hydroscience & Engineering, University of Iowa, Iowa City, IA, USA

Stanowisko: asystent (research assistant)

Aktywność naukowa: analiza pomiarów zanieczyszczenia powietrza za pomocą lidara ramanowskiego w grupie prof. Billa Eichingera

Efekty współpracy: zaprojektowanie (CAD) i kalibracja przejściowki pomiędzy lidarem ramanowskim a elementem optycznym

- **okres:** 11.08-20.09.2003 (**6 tygodni**)

Instytucja: Technische Universtaet Darmstadt, Darmstadt, Niemcy

Stanowisko: udział w szkole naukowej Polish-German Dialogue 2003 i wizyta studyjna w grupie prof. Barbary Drossel

Aktywność naukowa: analiza struktur powstających w modelu Gierera-Meinhardta

Efekty współpracy: publikacja z przebywającym na stażu podoktorskim Arijitem Bhattacharyay'em w European Physical Journal B [2]

- **okres:** 1-14.08.2004 (**2 tygodnie**)

Instytucja: Max-Planck-Institut fuer Physik komplexer Systeme (MPI-PKS), Drezno, Niemcy

Stanowisko: wizyta studyjna w ramach stypendium STSM (Short Time Scientific Mission) akcji Cost P10 u prof. Holgera Kantza

Aktywność naukowa: analiza odległości międzywęzłowej w funkcji iloczynu stopni wierzchołków w rzeczywistych i sztucznych sieciach złożonych

Efekty współpracy: dwie publikacje w Physical Review E [5] oraz Physica A [6], które stały się osiã rozprawy doktorskiej Autora

Po uzyskaniu stopnia doktora

- **okres:** 01.10.2014–28.02.2016 (**17 miesięcy**)

Instytucja: Max-Planck-Institut fuer Physik komplexer Systeme (MPI-PKS), Drezno, Niemcy

Stanowisko: stypendysta stażu podoktorskiego w grupie dra Eduardo Altmanna

Aktywność naukowa: analiza dużych zbiorów danych naukometrycznych

Efekty współpracy: publikacja w Royal Society Open Science [20]

- **okres:** 12-17.06.2016 (**1 tydzień**)

Instytucja: Max-Planck-Institut fuer Physik komplexer Systeme (MPI-PKS), Drezno, Niemcy

Stanowisko: wizyta studyjna w grupie dra Eduardo Altmanna

Aktywność naukowa: analiza dużych zbiorów danych naukometrycznych

Efekty współpracy: opracowanie planów dotyczących dalszej współpracy

- **okres:** 17.06–01.07.2016, 19.06–3.07.2017, 24.07–26.09.2017 (**łącznie 3 miesiące**)

Instytucja: Słoweńska Agencja Prasowa (Slovenska Tiskovna Agencija), Lublana, Słowenia

Stanowisko: wizyty studyjne (*secondment*) w ramach projektu UE RENOIR

Aktywność naukowa: współpraca z pracownikami STA oraz JSI (Jozef Stefan Instytut) w temacie modelowania dynamiki mediów, a w szczególności portali informacyjnych
Efekty współpracy: dwie publikacje w *Physica A* [23] oraz *Scientific Reports* [25], stanowiące główne tezy pracy doktorskiej dr inż. Jana Chłonińskiego, której byłem współpromotorem

- **okres:** 19.01–18.02.2017 (1 miesiąc)

Institucja: Nanyang Technological University, Singapur

Stanowisko: wizyta studyjna (*secondment*) w ramach projektu UE RENOIR w grupie prof. Petera Sloota

Aktywność naukowa: współpraca z Complexity Institute w temacie analizy relacji geograficznych pomiędzy najlepszymi ośrodkami naukowymi

Efekty współpracy: publikacja w *Scientific Reports* [22]

- **okres:** 20.08–02.09.2016 i 07–22.05.2019 (łącznie 1 miesiąc)

Institucja: Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, USA

Stanowisko: wizyta studyjna (*secondment*) w ramach projektu UE RENOIR

Aktywność naukowa: analiza modelu q-Isinga na spolaryzowanej sieci

Efekty współpracy: preprint w repozytorium arXiv

- **okres:** 11-22.06.2023 i 14.09-1.10.2023 (łącznie 1 miesiąc)

Institucja: GESIS, Kolonia, Niemcy

Stanowisko: wizyty studyjne (*secondment*) w ramach projektu UE OMINO

Aktywność naukowa: współpraca z Dr. Philippem Mayrem w temacie analizy przeciążenia informacyjnego w w czasopismach naukowych

Efekty współpracy: w opracowaniu

II.8 Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.)

Od sierpnia 2022 r. jestem jednym z redaktorów tematycznych w dziedzinie *Networks and Complex Systems* w czasopiśmie *Scientific Reports* ([wykaz redaktorów](#)). W okresie **wrzesień 2022 - grudzień 2023 obsługiwałem ok. 40 prac** – moim zadaniem jest ocena, czy dana praca powinna zostać skierowana do recenzentów, obsługa całego procesu recenzji jak również podejmowanie ostatecznej decyzji dotyczącej akceptacji / odrzucenia pracy.

II.9 Wykaz recenzowanych prac naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych

Począwszy od 2008 r. wykonałem **ponad 50 recenzji** w następujących czasopismach międzynarodowych:

- *Physica A* (34 recenzje)
- *Modern Physics Letters B* (6 recenzji)

- European Physical Journal B (1 recenzja)
- Knowledge-Based Systems (2 recenzje)
- Journal of Theoretical Biology (1 recenzja)
- Advances in Complex Systems (2 recenzje)
- PLOS One (3 recenzje)
- EPJ Data Science (2 recenzje)
- Scientific Reports (2 recenzje)
- BMJ (1 recenzja)
- Scientometrics (2 recenzje)
- IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing (1 recenzja)

II.10 Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych

Zgodnie z informacjami zawartymi w pkt. [II.5](#), [II.7](#) oraz [II.11](#) brałem udział w następujących projektach europejskich:

- akcja COST P10 *Physics of Risk* - jako biorący udział w wizycie studyjnej w Niemczech ramach STMS (Short Time Scientific Mission),
- projekt MMCOMNET (Measuring and Modelling Complex Networks Across Domains) w 6. Programie Ramowym UE - jako wykonawca na Politechnice Warszawskiej,
- projekt CYBEREMOTIONS (Collective Emotions in Cyberspace) w 7. Programie Ramowym UE - jako wykonawca na Politechnice Warszawskiej
- projekt DYNANETS (*Computing Real-World Phenomena with Dynamically Changing Complex Networks*) w 7. Programie Ramowym UE - jako wykonawca na Politechnice Warszawskiej
- projekt RENOIR (*Reverse Engineering of sOcial Information pRocessing*) w Programie Horizon 2020 UE - jako wykonawca na Politechnice Warszawskiej
- projekt *Spolaryzowane relacje i równowaga strukturalna w układach złożonych: od danych do modeli* w ramach bilateralnego projektu Narodowego Centrum Nauki i Swiss National Science Foundation (SNSF) w ramach programu ALPHORN - jako wykonawca na Politechnice Warszawskiej
- projekt OMINO (*Overcoming Multilevel Information Overload*) w Programie Horizon Europe UE - jako koordynator pakietu nr 4 (WP leader) oraz wykonawca na Politechnice Warszawskiej
- program *EIC Pathfinder Open* w Programie Horizon Europe UE - jako oceniający wnioski złożone w ramach programu w latach 2021 i 2022

II.11 Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny

1. W latach 2021-22 zostałem zaproszony do oceny projektów nadesłanych w programie EIC Pathfinder Open:
 - HORIZON-EIC-2021-PATHFINDEROPEN-01 (1 wniosek)
 - HORIZON-EIC-2022-PATHFINDEROPEN-01 (1 wniosek)
2. W kwietniu 2022 r zostałem powołany przez Rektora Politechniki Warszawskiej w skład Rady Naukowej POB Cyberbezpieczeństwo i analiza danych. W ramach prac w Radzie oceniałem wnioski złożone w następujących konkursach
 - CyberSummer@WUT 2022 (5 wniosków)
 - CyberSummer@WUT 2023 (2 wnioski)
 - YOUNG 2023 (2 wnioski)
 - CyberLab-3 (2 wnioski)

III WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

III.1 Współpraca z sektorem gospodarczym

1. Pomiedzy sierpniem 2008 a kwietniem 2009 (**8 miesięcy**) pracowałem jako członek zespołu eksperckiego w firmie **Bunge Mathematical Institute** (umowa cywilnoprawna). Moim zdaniem była analiza przewidywań amerykańskich farmerów, zbieranych przez Bunge Inc za pomocą ankiet elektronicznych i dotyczących zbiorów poszczególnych zbóż (np. kukurydza, soja) tak, aby z dużym wyprzedzeniem móc przewidzieć przyszłe zbiory tych zbóż. W analizie wykorzystywane metody szeregów czasowych oraz teoria informacji.
2. Pomiedzy grudniem 2013 a listopadem 2014 (**12 miesięcy**) pracowałem jako członek zespołu eksperckiego wykonującego zadania dla **Heat Tech Center** (placówka badawczo-rozwojowa Veolii Energia Warszawa S.A. - operatora sieci ciepłowniczej w Warszawie, umowa cywilnoprawna). Moim zdaniem było wykorzystanie metod uczenia maszynowego do przewidywania uszkodzeń elementów sieci ciepłowniczej.

IV DANE NAUKOMETRYCZNE

1. Impact Factor (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik naukometryczny):
 - całkowity IF wszystkich opublikowanych prac zgodnie Bazą Wiedzy PW – **67.542**
 - całkowity IF wszystkich opublikowanych prac wchodzących do dokonania naukowego zgodnie Bazą Wiedzy PW – **20.785**
2. Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań:
 - całkowita liczba cytowań wg Web of Science – **709 (707 bez autocytowań)**,

- całkowita liczba cytowań wg Scopus – **1 003 (908 bez autocytowań)**
- całkowita liczba cytowań prac wchodzących do dokonania naukowego wg Web of Science – **167 (156 bez autocytowań)**,

3. Indeks Hirscha:

- indeks Hirscha wg Web of Science – **12**
- indeks Hirscha wg Scopus – **12 (10 bez autocytowań)**

4. Liczba punktów wg listy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (wartości bez normalizacji, prace sprzed 2019 mają inną punktację, prace sprzed 2012 w ogóle nie posiadają punktów):

- całkowita liczba punktów wg Bazy Wiedzy PW – **1125**
- całkowita liczba punktów prac wchodzących do dokonania naukowego wg Bazy Wiedzy PW – **510**

Janina Staliewicz