

**Andrzej Jarynowski**

## **Socjofizyka, czyli wkład fizyki oraz nauk przyrodniczych w analizę społeczeństw**

### **ABSTRAKT**

Co łączy zjawiska występujące w przyrodzie i procesy społeczne? Ich zachowania usiłują opisać i ująć w sztywne ramy modelu fizycy. Socjofizyka, bo o niej jest mowa w tym artykule, łączy metodologię i narzędzia matematyczne przyrodników ze sferą ludzkich zachowań społecznych. Socjologowie od dawna zastanawiali się jak mierzyć nastroje społeczne, czy inne właściwości społeczeństwa i jak przewidzieć i zrozumieć przemiany społeczne. Fizycy wykorzystali wyniki tych pomiarów i postanowili wykorzystać je w modelach bazujący zazwyczaj na analogii ze znanymi zjawiskami przyrodniczymi. Efekty niektórych takich analiz (bez żadnych wzorów) zostały przedstawione w tym artykule.

### **SŁOWA-KLUCZE**

Socjofizyka, modelowanie matematyczne, symulacje komputerowe

### **Socjofizyka...**

Rzeczywistość społeczna od dawna jest fascynującym obszarem do opisu matematycznego. De tej pory jednak większość prób budowy modeli matematycznych dotyczących zagadnień społecznych kończyło się raczej mało praktycznym uproszczeniem. Od kiedy do aparatu matematycznego dołączyły metody jak i sposób rozwiązywania problemów wypracowane przez fizyków, modele stały się bardziej realistyczne i powoli zaczyna się je wykorzystywać w predykcji jak i socjotechnice, czy cyberne-

tyce społecznej. I tak interdyscyplinarne połączenie głębi dociekań charakteryzujących nauki społeczne ze ścisłością warsztatu fizyka stworzyło warunki rzetelności i autentycznej innowacyjności badań naukowych. Potrzeba dokładniejszego zrozumienia zjawisk społecznych wyłoniło naturalną potrzebę ujmowania wyników badań szczegółowych w szerszej, interdyscyplinarnej perspektywie i socjofizyka umożliwia ukazywanie związków między szczegółowymi wynikami i budowanie bardziej całościowych, interdyscyplinarnych płaszczyzn wiedzy społecznej.

Ten artykuł ma na celu przedstawienie w pierwszej części kilku ważniejszych aspektów w których fizycy próbują modelować społeczeństwo z wykorzystaniem metod wypracowanych do analogicznych problemów z fizyki (ze szczególnym uwzględnieniem tych którymi autor zajmował się osobiście). Na podstawie tych wybranych problemów rysuje się główna motywacja stojąca za ingerencją fizyków w socjologię, a mianowicie wyczuwanie analogi między tym czym zajmują się na co dzień, a tym co obserwują w życiu społecznym. Poniższe tematy zostały wybrane pod względem wykorzystania aparatu matematycznego opracowanego wcześniej przez fizyków na potrzeby fizyki, nie uwzględniając roli klasycznej matematyki, czy statystyki. Na koniec opisane zostało wykorzystanie analizy sieci społecznych, która wydaje się być najważniejszym wkładem fizyki (dokładnie fizyki układów złożonych) we współczesne badania społeczne.

### **Najważniejsze zagadnienia socjofizyki**

Oto krótka lista ciekawszych zagadnień społecznych z analogiami fizyczno-przyrodniczymi.

### **Formacja opinii – model Isinga magnetyzmu**

W modelach formowania się opinii, bazujących na teorii wpływu społecznego, opinia jednostki jest opisana przez spin z modelu Isinga (spin jest skierowany w górę bądź w dół). Najistotniejszą regułą tego modelu jest

podejmowania decyzji przez większość głosów – jednostka w środku przyjmuje opinię swoich zewnętrznych sąsiadów. Autorka jednego z tego typu modelu nazwanego na jej cześć (od jej nazwiska) „modelem Sznajdów” uzyskała wiele zaskakujących wyników, między innymi taki, że opinia publiczna może zmieniać się drastycznie bez żadnej konkretnej przyczyny (Sznajd-Weron 2001)

### **Podejmowanie decyzji w kontekście społecznym – teoria gier**

Opracowana przez słynnego matematyka Nasha teoria gier, została uogólniona do tego stopnia, aby opisywać schemat podejmowania decyzji wedle ekonomicznych przesłanek. Obecnie fizycy (m.in. autor tego artykułu) zamiast opisywać homo economicusa próbują zmierzyć się z homo sociologusem w grze zwanej dylematem więźnia. I tak prosty dynamiczny model, w którym gracze-jednostki mogą ze sobą współpracować lub się zdradzać odtwarza wiele zbiorowych zachowań. Jest to model współpracy na bazie dylematu więźnia znanego z teorii gier, ale z uwzględnieniem działania normy społecznej. W mojej pracy sugeruję co mogłoby się stać, gdyby zbyt wielu polskich kierowców wyjechałoby za Odrę (Jarynowski&Kułakowski 2012).

### **Rozprzestrzenianie się idei – epidemiologia chorób zakaźnych**

Mechanizm zaraźliwości społecznej ma miejsce wówczas, gdy osoba zmienia postawę lub zachowanie pod wpływem swojego znajomego. Postawy zaraźliwe mogą w ten sposób dynamicznie się rozprzestrzeniać zarażając kolejne osoby. Studium ludzkich zachowań seksualnych i ich wpływ na rozprzestrzenianie się chorób przenoszonych drogą płciową, to społeczno-epidemiologiczne zagadnienie, którym autor obecnie się zajmuje (Jarynowski 2012).

### **Sprzedaż oraz czas życia produktów – cykl przyrodniczy**

Jeżeli między elementami występują zależności, jak w łańcuchu pokarmowym, to zdarzają się sytuacje kiedy jeden lub więcej gatunków wymiera, przy czym ekosystem jako taki pozostaje. Podobnie dzieje się na rynku, gdzie klienci mają wybór różnych produktów a innowacje odpowiadają wtedy zmianom geno- i feno – typów. Na podstawie tych zależności za pomocą modeli opisujących m. in. wyginięcie dinozaurów, można próbować przewidywać jak długo dany produkt będzie cieszył się aprobatą klientów (Buda 2010).

### **Dynamika tłumów – zespół oddziałujących cząstek w gazie**

Jak wiadomo, cząsteczki fizyczne współdziałają między sobą m. in. poprzez przyciąganie, odpychanie, zderzenia itp. Analogiczne oddziaływania zostały nałożone w stosunku do ludzi, przy czym ludziom przypisuje się inne funkcje. W takich modelach zminimalizuje się energię układu zazwyczaj za pomocą symulacji komputerowych. Dzięki tym modelom można m.in. opisać falę meksykańską (Sznajd-Weron 2001).

### **Ewakuacja obiektów – dynamika przepływów**

Tak jak ruch cząstek gazowych charakteryzuje względna chaotyczność, tak pewne celowe zachowania (np. chęć dostania się, w możliwie krótkim czasie, z punktu A do punktu B) lepiej modeluje się poprzez prawa hydrodynamiczne, czyli jak ciecze. Obecnie każda duża inwestycja budowlana już na poziomie projektu jest konsultowana pod względem szybkości ewakuacji ocenianej właśnie za pomocą modeli. W Polsce pionierskie analizy z tej dziedziny zostały zrobione na istniejącym już stadionie miejskim w Krakowie, oraz budowanym nowym stadionie miejskim w Tychach.

## Zmiana normy – przejście fazowe

Norma obowiązująca w społeczeństwie się zmieniają. Przykładem jest przyzwolenie społeczne na rozwody w powojennej Europie, co badał autor (Jarynowski&Klis 2012). Zakładając, że ludzie w zależności od posiadanej wolności ekonomicznej i społecznej będą preferowali stan związany (małżeństwo), bądź wolny (single). Porównując zjawisko przemiany fazowej ze stanu ciekłego do gazowego (i vice versa) pod wpływem zmiany ciśnienia i temperatury od dynamiki rozwodów i małżeństw pod presją ekonomiczną czy społeczną, mamy teoretyczną bazę do analizy. Problem w operacjonalizacji pojawia się kiedy chcemy jednocześnie zmierzyć owa presję. Presja, czy wręcz przeciwnie wolność ekonomiczna, może zostać wyznaczona na podstawie dochodów gospodarstw domowych, co daje się w miarę łatwo zmierzyć. Gorzej z presją – wolnością społeczną. W tym wypadku zamiast samej presji postanowiłem zmierzyć zmianę tej presji. W opracowanym przez autora modelu kolektywne zachowanie poprzez imitację i presję społeczną będzie wyjaśniało zmianę społeczną (w zależności od siły „pędu owczego” zmiana może być łagodna, bądź gwałtowna). Podejście kolektywne bardzo dobrze sprawdza się przy opisywaniu podejmowania przez jednostki decyzji przy dużej liczbie połączeń w społeczeństwie dla np. kupna telefonów komórkowych, czy chęci urodzenia dziecka w Europie na poziomie analizy porównawczej zmiany ilościowej dla poszczególnych państw (ilości sprzedanych telefonów, czy współczynnika płodności). W obu przypadkach mamy do czynienia ze zmianą normy, raz nakazującą zakup telefonu w celu uniknięcia wykluczenia, dwa osłabiający się nakaz posiadania potomstwa ze względu na zmieniający się tryb życia. Liczba rozwodów również zależy od zmieniających się norm, kiedy pary decydują się na rozstanie zdając sobie sprawę z możliwych konsekwencji społecznych z tego czynu wynikających. Decyzja jednostek o wystąpieniu ze związku małżeńskiego zależy od bardzo wielu rzeczy. Z mierzalnych makroskopowych wyróżnić można czynniki ekonomiczne i społeczne. Na pojedynczych trajektorii dla konkretnych państw można

wskazać okresy, gdzie zmiana ilości rozwodów w poszczególnych latach może być wytłumaczona konkretnym wydarzeniem ekonomiczno-politycznym. Czułość na lokalne zjawiska, nazywana idiosynkrytycznością, będzie utrudniała analizę porównawczą różnych państw. Tłem ilości rozwodów jest również struktura demograficzna społeczeństwa, która raz że zmienia się w czasie, dwa jest różna dla każdego kraju. Gdzieś w głębi przemian tkwi efekt zmian norm społecznych. Gdyby udało się wyeliminować szumy ekonomiczno-demograficzne, to powinniśmy zaobserwować jak zmieniająca się norma piętnująca rozwodników, przekształcającą się w przyzwolenie społeczne skutkuje gwałtownym, bądź spokojnym przyrostem liczby rozwodów. Do mojej analizy wykorzystałem bazę danych ONZ o ilości rozwodów w poszczególnych latach, dla większości krajów świata. Na samym wstępie odrzuciłem małe kraje (dla których fluktuacje roczne mocno zaburzały by analizę) jak również kraje o krótkich szeregach czasowych. Później wybrałem okres 1948-1982, jako przedział czasu, kiedy dla większości krajów mamy do czynienia z trendem wzrostowym ilości rozwodów. Powodem tej selekcji jest poprawka na strukturę demograficzną społeczeństw dotkniętych II Wojną Światową. Po roku 1982 (dla różnych krajów ta data może się różnić o kilka lat) nastąpił spadek ilości rozwodów dla większości krajów świata. Można to tłumaczyć pojawieniem się na arenie związków małżeńskich zawartych przez ludzi urodzonych w czasie niżu demograficznego, który nastąpił zaraz po wyżu powojennym. Tak samo trzeba uwzględnić, że końcówka rozpatrywanego przeze mnie okresu jest zawyżona rozwodami ówczesnych 30 latków, będącymi nadreprezentowanymi w społeczeństwie. Wyniki powyższej analizy nie dały jednak satysfakcjonujących rezultatów, prawdopodobnie w wyniku trudności w precyzyjnym mierzeniu presji ekonomiczno-społecznej oraz nakładaniu się czynników demograficzno-politycznych, pominiętych w badaniu. Ciekawe, że w Polsce dochód nie koreluje z predyspozycją do rozwodu. Gdy obserwujemy w jakimś państwie w jednym roku duży przyrost ilości rozwodów, to w następnym mamy zazwyczaj korektę (zmniejszenie ilości rozwodów) zamiast oczekiwanego zwolnienia tempa wzrostu, co wcale nie musi ozna-

czać odwrócenia trendu. W socjologii znane są przypadki, kiedy działa sprzężenie zwrotne ujemne, pomimo przewagi dodatnich efektów. Obserwując rosnące sieci społeczne (np. kluby sportowe) zauważyć można podobną korektę po sporym skoku wielkości liczby członków, choć szybko następuje powrót do trendu wzrostowego. Można by przypuszczać, że społeczeństwo reaguje (przynajmniej chwilowo i lokalnie) obronnie przed Zeitgeistem. Zrozumienie tego co się dzieje w tym czasie z normą społeczną wymaga dużo głębszej analizy, ale można snuć hipotezy o:

a) pojawieniu się lokalnie innej przeciwnej normy, która interferuje z tą główną. Może zachodzić zjawisko analogiczne do norm dotyczących aborcji, tylko na mniej medialną skalę, gdzie bez poparcia większości społeczeństwa działają „Ruchy obrony życia” walczące z aborcją;

b) pojawieniu się sił społecznych usiłujących zmieniającą się normę zatrzymać. Przykładem były by regulacje prawne utrudniające udzielanie rozwodów;

c) znamionach samokrytycznością społeczeństwa, kiedy to samostnie opowiadałoby ono na duże zmiany przeciwną reakcją.

Godnym uwagi wydaje się prześledzenie na dłuższym oknie czasowym (moja analiza zawężała się tylko do obszaru, gdzie możliwe było w ogóle jakiegokolwiek skalowanie) ze względu na obserwacje wpływu globalnej kondycji ekonomicznej na liczbę rozwodów. Na badanym przeze mnie oknie czasowym gospodarka światowa w miarę równomiernie się rozwijała i większe zawirowania odbywały się tylko lokalnie, więc ekonomię z polityczno-demograficznym oraz naturalnymi czynnikami potraktowałem jako tło do najważniejszego składnika: zmiany normy. Na zakończenie dodam, że ilościowa analiza porównawcza może mieć sporo zastosowań w przyszłości, ponieważ socjologiczne predykcje, czy wyjaśnienia wymagają potwierdzenia.

## **Korupcja – zjawiska anomalne**

Poszukiwanie anomalnych zachowań jest bardzo częstym zagadnieniem badawczym w wielu dziedzinach nauki. W medycynie przyjmuje podstawowym stosowanym pojęciem jest patologia, która jako dziedzina zajmuje się rozpoznawaniem przyczyn, mechanizmów i skutków chorób. Podobnie fizycy opisując otaczającą nas rzeczywistość odkrywają reguły rządzące światem muszą ustosunkować się do pewnych nietypowych zachowań. Ostatnio bardzo popularnym zagadnieniem są austetyki: materiały, które rozciągany powiększają, a ściskane pomniejszą swoje rozmiary, to znaczy że mają one ujemne współczynniki Poissona. Pierwszym krokiem w tym kierunku było potraktowanie badanego układu jako układu złożonego - czyli takiego, którego działanie jest skomplikowane jak czarna skrzynka do którego wkładane są drużyny z ich charakterystykami, a na wyniku jest tabela na zakończenie sezonu. To że nie można apriori powiedzieć, która z drużyn, będących elementami tego układu, zostanie mistrzem polski w następnym sezonie świadczy o powyższym. Ponadto fakt, że układ elementów tego układu ze sobą niesie ze sobą emergencje, więc metody dobrze opisujące właściwości poszczególnych elementów nie sprawdzają się na poziomie całej ligi. W związku z tym techniki jakich można tu używa zostały wymyślone na potrzeby innych układów złożonych-jak giełda, czy układów oddziaływujących cząstek. Dla przykładu, autor próbował wytropić ślady korupcji polskiej piłce nożnej (Jarynowski 2010). Jeżeli przyjmiemy, że korupcja w polskiej piłce rzeczywiście występuje, to nasuwa się pytanie jak ją mierzyć. Samo zjawisko korupcji jest na tyle skomplikowane, że wpiery wypadło by ją zdefiniować, przynajmniej operacyjnie (konceptualizacja aczkolwiek ciekawa nie mieści się w obszarze badań fizyka). Moim pierwszym założeniem, było wyciągnięcie informacji o systemie z obserwacji anomalii. Mogłoby się wydawać, że czynnik losowy w sporcie jest decydujący. Dlatego właśnie występowanie anomalii (póki co nie definiuję tego pojęcia, bo będę wykorzystywał je w jego obszarze zna-

czeniu). W związku z tym postawiłem hipotezę zerową (zaprezentowaną już we wstępie pracy):

*Jeżeli wiele spotkań zostało „ustawione”, to pewne statystyki polskiej powinny się różnić od innych sportowych lig jak Bundesliga. Powinny również występować anomalie w porównaniu do stochastycznego wzorca ligi.*

W toku analizy okazało się, że polska piłka jest bardziej przewidywalna niż wzorcowa liga niemiecka i zdecydował się przyjąć hipotezę alternatywną poczet której wysuwają się:

- zwycięstwa dobrych drużyn walczących o mistrzostwo bądź prawo gry w Europejskich Pucharach, jak również awans do wyższej klasy rozgrywek;
- podkładanie się przeciętnych drużyn pewnych utrzymania w danej klasie rozgrywek w meczach z drużynami walczącymi o mistrzostwo bądź Europejskie Puchary jak również o awans do wyższej klasy rozgrywek;
- innego rodzaju przekupienia sędziów, piłkarzy czy działaczy, skutkujące zapewnieniem spodziewanego wyniku spotkania.

Powyższe stwierdzenie świadczyło by o przewadze zjawisk korupcyjnych wynikających z dążenia na zachowania równowagi – to jest zespoły zadowolone ze swojego miejsca w tabeli mogłyby używać wszystkich dostępnych środków, aby zachować swoją pozycję.

## **Masa krytyczna – masa krytyczna<sup>1</sup>**

W fizyce często zdarza się, że procesy zmieniają swoją dynamikę w zależności od ilości elementów biorących w nich udział. Co ciekawe, termin masa krytyczna został zaadaptowany do socjologii w identycznym brzmieniu jak termin fizyczny. Tak więc w wielu układach społecznych zaobserwowano takie właściwości. Przykładowo zostały przeprowadzone

---

<sup>1</sup> Pojęcie masa krytyczna jest zazwyczaj kojarzone z ruchem rowerowym polegającym na organizowaniu spotkań maksymalnie licznej grupy rowerzystów i manifestacji ich obecności w krajobrazie miast.

badania w Wielkiej Brytanii jak zależy efektywność ośrodka naukowego (liczona w liczbie punktowanych publikacji) od jego wielkości. Okazuje się, że dla małych ośrodków zależność jest liniowa, a od pewnej „masy krytycznej” następuje dramatyczny wzrost efektywności.

## **Krach i załamania społeczne – trzęsienia ziemi**

Można zauważyć, że katastrofy, jakie mają miejsca w różnych dyscyplinach, wykazują podobieństwo zarówno w swoim przebiegu jak i w sposobie rozwijania się. Można przedstawić sposób dojścia od tradycyjnej ogólnej metodologii dla naukowych przepowiedni katastrofalnych wydarzeń do takich opartych na pojęciach i technikach statystycznej i nieliniowej fizyki. Ostatnie ujęcie przerzuca jakby most między dwiema standardowymi strategiami: analitycznej teorii i mechanicznej sile numerycznych symulacji. Takie ujęcie zostało odniesione do problemów tak różnych jak: struktury inżynierii, krachów rynku akcji i trzęsień ziemi od których tak naprawdę wszystko się zaczęło. Co wspólnego mogą mieć uskoki sejsmiczne i ludzie grający na giełdzie? Ostatnie badania sugerują, że mogą one zostać opisane w dużym stopniu w tym samym podstawowym fizycznym terminie: jako samoorganizujące się systemy złożone. I w obu przypadkach mamy do czynienia z ekstremalnymi zachowaniami: trzęsieniami i krachami (Jarynowski 2007).

## **Konflikty – dynamika podziału i łączenia**

Sytuacja na terenie Palestyny, jak też wszystkie konflikty zbrojne świata od lat dostarcza bardzo duża ilość informacji dotyczących intensywności walk ze względu na segregację grup ludności.

## **Język i komunikacja społeczna – rozkłady energetyczne**

W związku z rozwojem metod komputerowych w przetwarzaniu informacji pojawiła się możliwość wykorzystania procedur automatycznych w

analizie literackiej (Jarynowski&Boland 2012). Proste czynności zliczeniowe, które dało się zautomatyzować, zostały adaptowane do warsztatu badacza literatury. Nie jest to jednak ich jedyne zastosowanie, gdyż badania ilościowe w literaturze zagościły już na dobre w literaturoznawstwie czy językoznawstwie. Najlepszym przykładem takiego podejścia jest analiza Zipf, badająca rozkład częstości występowania słów w tekście. Okazuje się, że na podstawie obserwacji częstości występowania słów można odróżnić pisarzy czy gatunki literackie.

### **Stratyfikacja społeczna – zasad alokacji energii**

W przyrodzie występuje bardzo często zasada Pareto, że 20% populacji posiada 80% środków. Wynika to z właściwości bardzo ważnych dla fizyki tak zwanych „rozkładów długoogonowych”. Okazuje się, że społeczności również w podobny sposób alokują swoje dobra, tak też budowane są schematy komunikacyjne.

### **Sieci społeczne – sieci złożone**

Analiza sieci społecznych - SNA {social network analyse}, to dziedzina, w której nauki ściśle włożyły swoje trzy grosze ale i odwrotnie. Ponieważ, zdaniem autora, jest to najbardziej obiecująca i mająca najwięcej praktycznych zastosowań dziedzina przenikania się nauk ścisłych i społecznych, powinna zostać najdokładniej opisana. Dyscyplina ta czerpie z teorii grafów na gruncie nauk społecznych. Jej przedmiotem są sieci tworzone przez różnego rodzaju „obiekty” społeczne – są nimi najczęściej ludzie, ale także grupy, firmy czy nawet państwa. Opisując sieć używa się różnych współczynników oraz metod rozpoznawczych (Rocha 2011).

#### *Klasteryzacja*

Sposób grupowania (clustering), interpretowany jako rozmieszczenie blisko siebie obiektów w jakiś sposób ze sobą powiązanych, a powstała

struktura fizyczna określana jest jako klastery lub grono. Współczynnik grupowania (klasteryzacji) – służy do szacowania, ilu sąsiadów danego wierzchołka jest połączonych każdy-z-każdym. Jest to iloraz liczby krawędzi pomiędzy sąsiadami danego wierzchołka oraz liczby krawędzi, jaki miałby graf pełny składający się z tych sąsiadów.

#### *Średnia odległość między węzłami*

Średnia długość ścieżki w sieci mówi, przez ile wierzchołków należy średnio przejść, aby dojść od jednego wierzchołka do dowolnego innego.

#### *Losowość*

Bardzo często sieci rzeczywiste są porównywane z teoretycznymi sieciami złożonymi, ponieważ ich własności są dobrze zbadane. Społeczeństwo, na które spojrzymy jak na zbiór osób powiązanych znajomościami, przyrównywane jest do znanej z przyrody struktury regularnej (jak w kryształach) lub do w pełni losowej (którą można wygenerować z procesu przypadkowego). Jeśli nasza wygenerowana w pełni losowa sieć będzie miała rozkład stopni wierzchołków spełniający o określone prawo, to możemy ją odpowiednio sklasyfikować. Wyróżnia się 2 podstawowe typy sieci przypadkowych (Barabasi 2002):

- rozkład krotności wierzchołków spełnia prawo potęgowe (oczekiwana ilość wierzchołków o stopniu  $k$  będzie układała się w linię prostą w skali podwójnie logarytmicznej w funkcji częstości występowania, wtedy klasyfikujemy tę sieć jako bezskalową lub inaczej Barabasiego-Alberta (BA);

- rozkład krotności wierzchołków spełnia prawo wykładnicze (oczekiwana ilość wierzchołków o stopniu  $k$  będzie zanikać wykładniczo w funkcji częstości występowania, wtedy klasyfikujemy tę sieć jako przypadkową prostą lub inaczej Erdos’a-Renyiego (ER).

Pomiędzy skrajnymi przypadkami (regularnymi i losowymi) plasuje się sieć małego świata, często nazywana Watts’a i Strogatza (WS), gdzie



na sieć regularną nałożone są przypadkowe połączenia (Sznajd-Weron 2004). Odzwierciedlać to ma zjawisko znane w socjologii już od 1967 roku, po eksperymentach Milgrama, jako proces sześciu uściśnięć ręki. Wspomniany amerykański psycholog społeczny rozesłał do kilkuset losowo wybranych ludzi z Nebraski i Kansas przesyłki z prośbą, by przekazali je dalej komuś ze swych znajomych, tak by możliwie najszybciej dotarły do pewnej osoby mieszkającej w Bostonie. Milgram śledził los przesyłek. Okazało się, że łańcuch dzielący osoby, które losowo wybrał, od celu, miał średnio sześć ogniw.

### *Aplikacje*

W badaniach społecznych, bądź marketingowych bardzo często odzwierciedla się sieć społeczne w zastanej społeczności. Po odpowiedniej przeróbce danych, wizualizacji i analizie można wyciągać wiele informacji o właściwościach danej społeczności. Fizycy idą dalej. Na sieciach empirycznych i losowych (zazwyczaj budowanych według wspomnianych wyżej schematów) modeluje się ogromną ilość zjawisk od rozprzestrzenienia się chorób zakaźnych po zdarzenia kryminalne. Sama sieć, ze względu na swój abstrakcyjny charakter, może być być nośnikiem informacji o kontaktach telefonicznych, personalnych, mailowych, instytucjonalnych, itp. Wierzchołkami mogą być ludzie, grupy ludzi, instytucje itp. Dla przykładu przeanalizujmy badania autora o sieciach kontaktów seksualnych w kontekście rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych (Sznajd-Weron 2002). Ludzka seksualność należy do zachowań intymnych, w związku z tym bardzo trudno o dostęp i administrację danych, w tym wypadku szczególnie wrażliwych. Moje badania będą opierał na danych szwedzkich ze względu na wyjątkowo wysoki stopień ingerencji państwa w życie obywateli, co skutkuje ogromną wiedzą o społeczeństwie, a mi daje możliwość pracy na informacjach, które nigdzie indziej nie są dostępne. Tak więc podstawą do modelowania jest wiedza o kontaktach społecznych i liczbie zarażeń, co akurat w miarę precyzyjnie jest rejestrowane. W przypadku stosunków

seksualnych dostępne są jedynie opracowania statystyczne mieszkańców wyspy Gotlandii oraz prostytutki brazylijskiej. W pierwszym przypadku w ramach spisu powszechnego w Gotlandii, liczącej 50 tysięcy mieszkańców, zostało zadane pytanie o ilość partnerów seksualnych (Liljeros 2001) Sieci prostytutki zostały zbudowane na podstawie postów zamieszanych przez Brazylijczyków na forum internetowym dotyczącym płatnego seksu (Rocha&Liljeros 2010). W celu zilustrowania sieci kontaktów zaprezentuje wykresy krotności wierzchołków, czyli ilości kontaktów przypadających na jednostkę. Jeżeli chodzi o choroby STI, to rodzaj patogenu będzie miał kluczowe znaczenie: HIV (dla którego prawdopodobieństwo zarażenia w czasie pojedynczego stosunku jest małe 0,08-1,2%) oraz bakteriami Chlamydii (gdzie to prawdopodobieństwo jest wysokie 7-40%). Analiza sieciowa pozwala stwierdzić, że społeczeństwa zachodnie są bardziej podatne na zarażenia Chlamydia, ze względu na dużą liczbę kontaktów przygodnych, natomiast społeczeństwa z dopuszczalnymi poligamicznymi związkami, jak arabskie, są bardziej narażone na wirusy HIV, ze względu na intensywność współżycia seksualnego z wieloma partnerami. Do analiz najbardziej przydałaby się baza prawdziwych kontaktów, ale od początku zaprojektowana sieciowo. W tym celu opracowaliśmy z kolegami ze Szwecji (Camitz 2010) projekt badania, dzięki któremu udałoby nam się odtworzyć sieć kontaktów seksualnych (która wymagałaby później stochastycznego uzupełnienia ze względu na braki danych wynikające z wrażliwości tematyki). Badanie zostało przygotowane w postaci anonimowej ankiety, w której każdy respondent miałby wylistować partnerów seksualnych (za pomocą aliasów a nie prawdziwych imion) i wskazać na osi czasu, kiedy dochodziło do zbliżeń.

### **Socjofizyka i co dalej**

Póki co dokonaniem modeli socjofizycznych jest odtworzenie tego, co socjologia już wie i dopiero w niewielu przypadkach pozwoliła odkryć nowe, nieznane zależności. Opisana metodologia może jednak pomóc w

weryfikowaniu hipotez odnoszących się do konkretnych problemów społecznych, ze względu na powtarzalność i ścisłość metodyki. Stworzone przez fizyków narzędzie jest na tyle uniwersalne, że mogą zostać użyte po dokonaniu niewielkiej modyfikacji w analizie innych różnych zagadnień społecznych o którym nawet autor w tym miejscu nie ma nawet pojęcia.

## **Bibliografia**

Barabási, Albert-László. 2002. Statistical mechanics of complex networks. Rev. Mod. Phys. 74: s.47–97

Ball, Philip. 2008. Masa krytyczna. Tłum. Witold Turopolski. Warszawa: Insignis.

Buda, Andrzej, 2010, Hierarchical structure in phonographic market, W: Andrzej Buda (red), Lifetime of correlation and its applications, Wrocław: Wydawnictwo Niezależne

Camitz, Martin. 2010. Computer Aided Infectious Disease Epidemiology - Bridging to Public Health, Praca doktorska. Karolinska Institutet

Jarynowski, Andrzej, 2007, Zjawiska krytyczne w przyrodzie. [online]. Wrocław, Uniwersytet Wrocławski. Dostęp: <http://th.if.uj.edu.pl/~gulakov/kracylin.pdf> [20.08.2012].

Jarynowski, Andrzej, 2010, Anomalne oddziaływania na sieci na przykładzie polskiej piłki nożnej, W: Andrzej Buda (red), Lifetime of correlation and its applications, Wrocław: Wydawnictwo Niezależne

Jarynowski, Andrzej, 2012, Modelowanie epidemiologiczne klasycznie i sieciowo. [online]. Kraków, Uniwersytet Jagielloński Dostęp: [http://th.if.uj.edu.pl/~gulakov/klas\\_siec.pdf](http://th.if.uj.edu.pl/~gulakov/klas_siec.pdf) [20.08.2012].

Jarynowski, Andrzej. Kułakowski, Krzysztof. 2012. "How the competitive altruism leads to bistable homogeneous states of cooperation or defection", LNCS 7204 s.543

Jarynowski, Andrzej. Kliś, Marta. 2012. "Socio-economic models of divorces in different societies" [online]. arXiv:1207.2941. Dostęp: [20.08.2012].

Jarynowski, Andrzej. Boland, Stephanie. 2012. "Analiza sieci społecznych w odkrywaniu literackiej fikcji" [online]. York, University of York. Dostęp: <http://th.if.uj.edu.pl/~gulakov/literatura.pdf> [20.08.2012].

Liljeros, Fredrik. 2001. The Web of Human Sexual Contacts, Nature 411, s. 907-908

Rocha, Louis. 2011. Exploring patterns of empirical networks, Praca doktorska, Umea University

Rocha, Louis, Liljeros, Fredrik. 2010 Information dynamics shape the sexual networks of Internet-mediated prostitution, PNAS 107 (13), 5706-5711

Sznajd-Weron, Katarzyna, 2001, "Opowieści od fizyce egzotycznej", Wiedza i Życie, grudzień

Sznajd-Weron, Katarzyna, 2002 "Seks według wzoru", Wiedza i Życie, kwiecień

Sznajd-Weron, Katarzyna. 2004 "W sieci małego Świata", Wiedza i Życie, luty



## Andrzej Jarynowski

Autor rozpoczął studia doktoranckie z fizyki na Uniwersytecie Jagiellońskim, choć wcześniej studiował we Wrocławiu i Gdańsku (skąd pochodzi). W kręgu jego zainteresowań są głównie zastosowania technik fizyki układów złożonych w naukach społecznych.