



WYKORZYSTANIE MODELOWANIA MATEMATYCZNEGO WYWODZĄCEGO SIĘ Z NAUK PRZYRODNICZYCH W SOCJOLOGII ANALITYCZNEJ

ANDRZEJ JARYNOWSKI

STRESZCZENIE. Opis procesów społecznych pozwalający na skuteczną predykcję czy optymalną interwencję stanowi wyzwanie współczesnej obliczeniowej socjologii analitycznej. Socjofizyka, bo o niej jest mowa w tym artykule, łączy metodologię i narzędzia matematyczne nauk ścisłych i przyrodniczych ze sferą ludzkich zachowań społecznych. Socjologowie od dawna zastanawiali się, jak mierzyć nastroje społeczne, czy inne charakterystyki społeczeństwa, a także jak przewidzieć i zrozumieć przemiany społeczne. Fizycy wykorzystali wyniki tych pomiarów i postanowili wykorzystać je w modelach bazujących zazwyczaj na analogii ze znanymi zjawiskami przyrodniczymi opisanymi wcześniej przez matematyków. Dodatkowo poprzez dostępność i ogrom cyfrowych danych dotyczących działań społecznych, np. w Internecie, powstała przestrzeń do zastosowań innowacyjnych dla nauk społecznych technik. Efekty niektórych takich deskrypcyjnych i eksplanacyjnych analiz (bez żadnych wzorów) zostały przedstawione w tym artykule.

1. SOCJOFIZYKA

Rzeczywistość społeczna od dawna jest fascynującym obszarem do opisu matematycznego. Do tej pory jednak większość prób budowy modeli matematycznych dotyczących zagadnień społecznych kończyło się raczej mało praktycznymi uproszczeniami. Od kiedy do aparatu matematycznego dołączyły metody, jak i sposoby rozwiązywania problemów wypracowane przez fizyków, modele stały się bardziej realistyczne i powoli zaczyna się je wykorzystywać w predykcji, socjotechnice czy cybernetyce społecznej. Najbardziej uderzającą właściwością obiektów badań nauk społecznych – ludzi, organizacji, społeczeństw – jest ich złożoność. Połączenie systemowego ujęcia struktury społecznej (np. u Durkheima) z uwzględnieniem interakcji na poziomie indywidualnych i zbiorowym (np. u Goffmana) wywołało potrzebę opisu modelu przy użyciu pojęć, jak sprzężenie zwrotne, zdefiniowanych na gruncie nauk przyrodniczych. W gwoili wyjaśnienia, nauki ściśle nie są bynajmniej monolitem i tak dla przykładu dziedzina wiedzy zajmująca się opisanym wyżej przykładem oddziaływań nieliniowych jest nazywana: badaniami systemowymi (przez informatyków), układami dynamicznymi (przez matematyków), czy układami złożonymi (przez

fizyków). Socjofizyka powstała na styku socjologii oraz fizyki wspieranej przez matematykę i informatykę, lecz opiera się na przekonaniu, że istnieje analogia między cząstkami, atomami, molekułami, żywymi organizmami, ludźmi, a nawet całymi ekosystemami i społeczeństwami. Jest zatem przestrzeń naukowa zawierająca wspólne tezy, postulaty oraz dyrektywy badawcze [35] i podobne, ścisłe metody badawcze można stosować nie tylko w naukach przyrodniczych, ale również w naukach społecznych. I tak multidyscyplinarne połączenie głębi dociekań charakteryzujących nauki społeczne ze ścisłością warsztatu fizyka stworzyło warunki rzetelności i autentycznej innowacyjności badań naukowych. Jednakże przełom w praktycznym wykorzystaniu nowych dla nauk społecznych technik nastąpił dopiero w XXI w. kiedy ilość i złożoność zdigitalizowanych informacji o czynnościach społecznych wymusiła zmianę paradygmatów w badaniach społecznych. Właśnie w pierwszych latach XXI w. socjofizyka wykryła się jako nowa dziedzina wiedzy i tak pierwszy raz określenie SocioPhysics zostało wykorzystane 2002 roku na konferencji w Bielefeld. Warto wspomnieć, że polscy naukowcy byli jedną z najliczniej reprezentowanych nacji w procesie budowy socjofizyki i dalej jest to prężnie rozwijająca się w Polsce dyscyplina, o czym świadczy istnienie Sekcji Fizyki w Ekonomii i Naukach Społecznych przy Polskim Towarzystwie Fizycznym, czy Katedry UNESCO Studiów Interdyscyplinarnych we Wrocławiu. Chęć dokładniejszego zrozumienia zjawisk społecznych wyłoniła naturalną potrzebę ujmowania wyników badań szczegółowych w szerszej, interdyscyplinarnej perspektywie. Socjofizyka umożliwia budowanie bardziej całościowych, multidyscyplinarnych 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 zagadnień rysuje się główna motywacja stojąca za ingerencją fizyków w socjologię, a mianowicie „wyczuwanie” analogii 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. Ominięte zostało przy tym całe bogactwo modeli i koncepcji rozwijanych przez cały wiek XX, które zaowocowały powstaniem samodzielnych dziedzin nauki: cybernetyki społecznej [40], czy młodszej – socjologii matematycznej [9]. Mimo iż w obu dziedzinach wykorzystuje się matematyczny opis zachowań ludzkich, to jednak w większości przypadków brakuje w nich nawet luźnej analogii do praw przyrody, gdyż stawia się w nich na stricte inżynierski (cybernetyka), czy socjologiczny (socjologia analityczna) opis procesów. Metody opracowane przez ekonomistów i statystyków jak wszelkiego rodzaju regresje (bardzo chętnie wykorzystywane i rozwijane przez naukowców ze Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie w wielu obszarach nauk społecznych), czy informatyczne metody eksploracji danych również nie mieszczą się w zdefiniowanej przez definicję socjofizyki, chociaż fizycy wykorzystują je jako narzędzia pomocnicze. W kolejnej części opisane zostało wykorzystanie analizy sieci społecznych, która wydaje się być najważniejszym wkładem fizyki (dokładnie fizyki układów złożonych) we współczesne badania społeczne. Na koniec zaprezentowane zostało spojrzenie krytyczne na praktyczne wykorzystanie modeli socjofizyki.

2. NAJWAŻNIEJSZE ZAGADNIENIA SOCJOFIZYKI

Mimo iż metodologia socjologii jest traktowana jako zasadniczo różna od metodologii fizyki, to obiekt badany – czyli społeczeństwo, jest wspólny. Ten artykuł nie dotyczy sporu metodologicznego [28], ani nie porusza kwestii filozofii nauki [24], ale kładzie nacisk na wykorzystaniu metod i analogii fizycznych oraz konsekwencjach takiego wyboru. Zdaniem autora, fizyka nie powinna stawiać problemów nowych w socjologii tylko proponować nowe metody patrzenia na problemy w socjologii znane. Np. w wyniku ustaleń XX Zjazdu Polskiego Towarzystwa Socjologicznego w 2013 wśród najważniejszych wyzwań współczesnej socjologii, większość problemów jest opisywana i eksplorowana modelami matematycznymi typu: konflikt w skali społecznej, cykle kulturalne, globalizacja, zmiana norm społecznych, organizacja w instytucjach. Oto właśnie autorska krótka lista ciekawszych zagadnień społecznych z analogiami fizyczno-przyrodniczymi ze szczególnym uwzględnieniem przykładów dotyczących Polski.

2.1. 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 cechą cząstki i może być skierowany w górę bądź w dół). Przykładowo analogią spinu w dół może być popieranie partii lewicowej, a w górę prawicowej. Najistotniejszą regułą tego modelu jest podejmowanie decyzji przez większość głosów – jednostka przyjmuje opinię dominującą wśród swoich sąsiadów. Twórcami jednego z pierwszych tego typu modelu, nazwanego na jej cześć (od jej nazwiska) „modelem Sznajdów”, jest rodzina fizyków z Wrocławia (uznawana za prekursorów socjofizyki na równi z francuskimi i niemieckimi naukowcami). Aktorzy tego wirtualnego świata zostali pieszczotliwie nazwani „Spinsonami”. Wykorzystane w modelu fizyczne mechanizmy odpowiadają znanym z socjologii fenomenom typu społeczny dowód słuszności, czy konformizm. W ramach przeprowadzonych symulacji komputerowych uzyskano wiele zaskakujących wyników, między innymi taki, że opinia publiczna może spontanicznie zmienić się drastycznie bez żadnej konkretnej przyczyny [36].

2.2. Podejmowanie decyzji w kontekście społecznym – ewolucyjna teoria gier. Opracowana przez słynnego matematyka, Nasha, teoria gier została uogólniona do tego stopnia, aby opisywać schemat podejmowania decyzji wedle ekonomicznych przesłanek [1]. Obecnie naukowcy zamiast opisywać homo oeconomicusa, próbują zmierzyć się z homo sociologicusem w grze zwanej dylematem więźnia. W tym zagadnieniu każdy z dwóch graczy może wybrać, czy będzie współpracował czy zdradzał. W zależności od przyjętej przez obu graczy strategii pojedyncza gra kończy się pewnym ustalonym rozdziałem wypłat. I tak prosty dynamiczny model, w którym gracze – jednostki mogą ze sobą współpracować lub się zdradzać, odtwarza wiele zbiorowych zachowań. Model został rozwinięty przez uwzględnienie działania normy społecznej (przyzwalającej, czy zabraniającej zdradę) i dynamicznych procesów adaptacyjnych. W zależności od warunków początkowych i parametrów modelu można wygenerować sztuczne społeczeństwa, które będą wyłącznie współpracować lub zdradzać. Dla pewnych obszarów niestabilnych możliwe są jednak przeskoki między dwoma stabilnymi obszarami jednorodnymi (gdzie wszyscy jedynie zdradzają bądź współpracują). Takim przykładem jest zachowanie na drodze, np. Austriaków, którzy ze sobą cały czas współpracują (panuje na tyle powszechne zaufanie, że kierowcy czekający w rzędzie na czerwonym świetle ruszają jednocześnie w momencie zapalenia się światła zielonego). Autor sugeruje, co mogłoby się stać, gdyby zbyt wielu polskich, czy włoskich kierowców przyjechałoby do Austrii ze swoimi nawykami [17].

2.3. Rozprzestrzenianie się idei – dyfuzja. Mechanizm zaraźliwości społecznej ma miejsce wówczas, gdy osoba zmienia postawę lub zachowanie pod wpływem swojego znajomego. Wspólnie z homofilią (powinowactwo do jednostek podobnych do siebie), zaraźliwość społeczna jest uważana za główny motor dynamiki grup społecznych [13]. Fizyczny proces dyfuzyjny (rozprzestrzenianie się cząsteczek w jakimś ośrodku) można porównać do epidemiologii chorób zakaźnych. 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 [14].

2.4. 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 fenotypów. Na podstawie tych zależności za pomocą modeli opisujących m. in. wyginięcie dinozaurów, można próbować przewidywać, jak długo dany produkt będzie cieszył się aprobatą klientów [4].

2.5. Dynamika tłumów – zespół oddziałujących cząstek w gazie (dynamika molekularna). Cząsteczki fizyczne w gazie oddziałują ze sobą poprzez przyciąganie, odpychanie, zderzenia itp. Analogiczne oddziaływania zostały nałożone w stosunku do ludzi, przy czym ludziom przypisuje się inne funkcje. W takich modelach minimalizuje się energię układu zazwyczaj za pomocą symulacji komputerowych. Wynikiem czego są różnego rodzaju efekty zbiorowe jak formowanie się korków, które wychodzą wprost z działania podstawowych praw fizyki. Dzięki tym modelom można m.in. opisać falę meksykańską [36].

2.6. 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 [22]. W Polsce pionierskie analizy z tej dziedziny zostały zrobione na istniejącym już stadionie miejskim w Krakowie oraz budowanym nowym stadionie miejskim w Tychach.

2.7. Zmiana normy – przejście fazowe. Normy obowiązujące w społeczeństwie się zmieniają. Przykładem jest przyzwolenie społeczne na rozwody w powojennej Europie, co badał autor [18]. Zakładając, że ludzie w zależności od posiadanej wolności ekonomicznej i społecznej będą preferowali stan związany (małżeństwa) bądź wolny (single). Porównuje się tu zjawisko przemiany fazowej ze stanu ciekłego do gazowego (i *vice versa*) pod wpływem zmiany ciśnienia i temperatury do dynamiki rozwodów i małżeństw pod presją ekonomiczną czy społeczną. Stanowi to teoretyczną bazę do analizy. Problem w operacjonalizacji pojawia się, kiedy chcemy zmierzyć ową presję. Presja ekonomiczna, czy jej przeciwieństwo: wolność, może zostać wyznaczona na podstawie dochodów gospodarstw domowych (po uwzględnieniu zgromadzonego kapitału oraz zadłużenia), co daje się w miarę łatwo (przynajmniej w kwestii dochodu) mierzyć. Gorzej z presją/wolnością społeczną – w tym wypadku zamiast samej presji postanowiono zmierzyć zmianę tej presji.

2.8. Zachowania kolektywne. W modelu kolektywne zachowania (poprzez imitację i presję społeczną) będą generować zmianę społeczną (w zależności od siły „pędu owczego” zmiana może być łagodna bądź gwałtowna). Podejście kolektywne bardzo dobrze sprawdza się przy opisie podejmowania przez jednostki decyzji przy dużej liczbie połączeń w społeczeństwie. W Europie dla kupna telefonów komórkowych, czy chęci urodzenia dziecka dokonano analizy porównawczej zmiany ilościowej dla poszczególnych państw (liczby sprzedanych telefonów czy współczynnika płodności). W obu przypadkach mamy do czynienia ze zmianą normy, raz nakazującą zakup telefonu w celu uniknięcia wykluczenia, a z drugiej strony osłabiający się nakaz posiadania potomstwa ze względu na zmieniający się tryb życia.

2.8.1. Czynniki społeczno-ekonomiczne w kontekście demograficzno-politycznym. Liczba rozwodów również zależy od zmieniających się norm, gdyż 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 zmiennych. Z mierzalnych czynników makroskopowych wyróżnić można dwie główne składowe: ekonomiczne i społeczne. Na podstawie pojedynczych trajektorii dla konkretnych państw można wskazać okresy, w których zmiana ilości rozwodów w poszczególnych latach może być wytłumaczona konkretnym wydarzeniem ekonomiczno-politycznym. Czułość na lokalne zjawiska, nazywana idiosynkratycznością, będzie utrudniała analizę porównawczą różnych państw. Tłem ilości rozwodów jest również struktura demograficzna społeczeństwa, która raz, że zmienia się w czasie, a 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 wspomnianej analizy wykorzystano bazę danych ONZ o ilości rozwodów w poszczególnych latach, dla większości krajów świata. Na samym wstępie odrzucono małe kraje (dla których fluktuacje roczne mocno zaburzałyby analizę), jak również kraje o krótkich szeregach czasowych. Później wybrano 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 dominacją związków małżeńskich zawartych przez ludzi urodzonych w czasie niżu demograficznego, który nastąpił zaraz po wyżu powojennym. Tak samo trzeba uwzględnić, że końcówka rozpatrywanego okresu jest zawyżona rozwodami ówczesnych 30 latków, będącymi nadreprezentowanymi w społeczeństwie.

2.8.2. Problematyka interpretacji wyników. 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. Np. w Polsce wysokość dochodu jednostek nie koreluje z ich predyspozycją do rozwodu, ale rodzaj popieranej partii już tak (co jest czynnikiem interakcyjnym wskaźników społecznych i ekonomicznych). Pomimo mniej więcej ciągłego trendu wzrostowego liczby rozwodów natrafiono na różne artefakty. 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 oznaczać odwrócenia trendu. Innymi słowy, po maksymalnej zmianie zanotowanej wartości liczby rozwodów na przełomie

dwóch lat w następnym roku powinniśmy zaobserwować spadek (stąd użycie słowa korekta w znaczeniu zjawiska występującego na giełdzie). W socjologii znane są przypadki, kiedy działa sprzężenie zwrotne ujemne, pomimo przewagi dodatnich efektów. Obserwując wzrost sieci społecznej (np. kluby sportowe) zauważyć można podobną korektę po sporym skoku wielkości liczby członków. Można przypuszczać, że układy społeczne stawiają opór (przynajmniej chwilowo i lokalnie) polu zewnętrznemu (Zeitgeist). Zrozumienie tego, co się dzieje w tym czasie z normą społeczną wymaga dużo głębszej analizy, ale można postawić 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 byłyby regulacje prawne utrudniające udzielanie rozwodów;
- c) znamionach samoorganizacji społeczeństwa, kiedy to samoistnie odpowiadałoby ono na duże zmiany przeciwną reakcją.

Godnym uwagi wydaje się prześledzenie zmian w szerszym oknie czasowym (wspomniana 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 oknie czasowym gospodarka światowa w miarę równomiernie się rozwijała i większe zawirowania odbywały się tylko lokalnie. W związku z tym, ekonomię z polityczno-demograficznym oraz naturalnymi czynnikami potraktowano jako tło do najważniejszego składnika: zmiany normy. Na zakończenie należy wspomnieć, że ilościowa analiza porównawcza może mieć sporo zastosowań w przyszłości, ponieważ socjologiczne predykcje czy wyjaśnienia wymagają potwierdzenia.

2.9. Aktorzy społeczni – modele agentowe. Interakcjom między jednostkami (np. ludźmi) można przypisać pewne reguły i zaimplementować algorytmy odpowiadające dynamice procesu. Oddziaływania mogą mieć charakter deterministyczny (agenci zachowują się za każdym razem tak samo przy tym samym zestawie warunków początkowych) jak również statystyczny. Kontynuując zagadnienia demograficzne z poprzedniego rozdziału rozważmy model dopierania się w parę [20]. Niech agenci posiadają listę swoich atrybutów i cech preferowanych u potencjalnego partnera. Zgodnie z teorią kapitału i powiązanej z nim atrakcyjności międzyludzkiej (na podstawie Colemana i Bourdieu) można wyznaczyć wartości liczbowe odpowiadające cechom jednostki w wymiarach: kapitał społeczny, kapitał ekonomiczny, kapitał kulturowy oraz kapitał fizyczny. Poza parametrami indywidualnymi wyróżniamy właściwości globalne zinternalizowane przez członków społeczności, a mianowicie aktualne wartości wolności społecznej (siła norm, religijność, system prawny) oraz ekonomicznej (stosunek dochodu do zgromadzonego/pożyczanego kapitału). Jedy- nym parametrem omawianego modelu decydującym o wejściu bądź wyjściu z małżeństwa jest wolność tudzież presja (suma wolności/presji społecznej i ekonomicznej). W celu odzwierciedlenia cech „żywego społeczeństwa” w modelu następuje wymiana agentów w populacji aktywnej seksualnie (narodziny/śmierć). Dobór partnerów w celu porównania ich dopasowania (w celu sprawdzenia możliwości zawiazania, bądź rozpadu związku) następuje w sposób losowy z powinowactwem osób wolnych (nieprzebywających w związkach). Powyższy prosty model pozwala na klasyfikację społeczeństw na podstawie rejestrów demograficznych oraz na śledzenie zmian norm.

2.10. Korupcja – zjawiska anomalne. Poszukiwanie anomalnych zachowań jest bardzo częstym zagadnieniem badawczym w wielu dziedzinach nauki. W medycynie jednym z podstawowych pojęć jest patologia (w ogólniejszym znaczeniu nieprawidłowość), która jako dziedzina zajmuje się rozpoznawaniem przyczyn, mechanizmów i skutków chorób. Podobnie naukowcy, opisując otaczającą nas rzeczywistość odkrywają reguły rządzące światem, a także muszą ustosunkować się do pewnych nietypowych zachowań. Dla przykładu ostatnio bardzo popularnym zagadnieniem są austetyki: materiały, które rozciągane powiększają, a ściskane pomniejszą swoje rozmiary, to znaczy, że mają one ujemne współczynniki rozszerzalności. Poszukiwanie korupcji w piłce nożnej Liga Piłkarska jako układ oddziaływających ze sobą drużyn, poprzez rozgrywanie spotkań ligowych jest przykładem układu złożonego. Działanie takiego układu nie jest dokładnie poznane i wygląda trochę jak czarna skrzynka, do której wkładane są drużyny z ich charakterystykami, a jako wynik otrzymujemy tabelę na zakończenie sezonu. Na brak przewidywalności i pełnej kontroli wpływa fakt, że nie można a priori powiedzieć, która z drużyn, będących elementami tego układu, zostanie mistrzem Polski w następnym sezonie. Dodatkowo obserwuje się tu emergencję (właściwości układu są czymś więcej niż sumą właściwości elementów tworzących ten układ), więc metody dobrze opisujące właściwości poszczególnych elementów – zespołów piłkarskich nie sprawdzają się na poziomie całej ligi. W związku z tym można tu używać technik opracowanych wcześniej na potrzeby innych układów złożonych – jak giełda czy układy oddziaływających cząstek. Dla przykładu, autor próbował wytropić ślady korupcji polskiej piłki nożnej [16]. 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 wypadłoby ją zdefiniować, przynajmniej operacyjnie (konceptualizacja aczkolwiek ciekawa, nie mieści się w obszarze badań ilościowych). Pierwszym etapem analizy, było wyciągnięcie informacji o systemie z obserwacji anomalii. Mogłoby się wydawać, że czynnik losowy w sporcie jest decydujący. Dlatego właśnie występowanie anomalii, będzie świadczyło o ingerencji czynników niesportowych. W związku z tym, postawiono hipotezę zerową (zaprezentowaną już we wstępie pracy):

- H0a: jeżeli wiele spotkań zostało „ustawionych”, to pewne statystyki polskiej ligi powinny się różnić od innych sportowych lig jak Bundesliga,
- H0b: powinny również występować anomalie (zdarzenia nieprzewidywalne) w porównaniu do stochastycznego wzorca ligi.

W toku analizy okazało się, że polska piłka jest bardziej przewidywalna niż wzorcowa liga niemiecka, co świadczy na korzyść hipotezy H0a. Jednakże jednocześnie należy odrzucić hipotezę H0b (ponieważ dużo rzadziej niż przypuszczano na podstawie danych niemieckich, czy modelu stochastycznego obserwuje się zdarzenia ekstremalne, np. zwycięstwo ostatniej drużyny w tabeli z pierwszą). Dlatego też zdecydowano się się przyjąć hipotezę alternatywną wobec H0b na poczet, której wysuwają się następujące interpretacje:

- częstsze 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 stwierdzenia świadczyłyby o przewadze zjawisk korupcyjnych wynikających z dążenia do zachowania równowagi – to jest zespoły zadowolone ze swojego miejsca w tabeli mogłyby używać wszystkich dostępnych środków, aby zachować swoją pozycję.

2.11. Masa krytyczna – masa krytyczna. 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. W wielu układach społecznych zaobserwowano takie właściwości. Pojęcie masa krytyczna jest zazwyczaj kojarzone z ruchem rowerowym polegającym na organizowaniu spotkań maksymalnie licznej grupy rowerzystów i manifestacji ich obecności w krajobrazie miast. Przykładowo, przeprowadzono badania w Wielkiej Brytanii sprawdzające, jak zależy efektywność ośrodka naukowego (liczona w ilości punktowanych publikacji) od jego wielkości. Okazuje się, że dla małych ośrodków zależność jest liniowa, a od pewnej „masy krytycznej” następuje dramatyczny wzrost efektywności.

2.12. 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. Istnieje ogólna metodologia opisu katastrof oparta na pojęciach i technikach statystycznej i nieliniowej fizyki. Takie ujęcie zostało wykorzystane do problemów tak różnych jak: rewolucje społeczne, krachy giełdowe czy trzęsienia 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 układy złożone. I w obu przypadkach mamy do czynienia z ekstremalnymi zachowaniami: trzęsieniami i krachami [10].

2.13. Język i komunikacja społeczna – rozkłady energetyczne. W związku z rozwojem metod komputerowych w przetwarzaniu informacji pojawiła się możliwość wykorzystania procedur automatycznych w analizie literackiej [19]. 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 Zipfa [23], opisująca rozkład częstości występowania słów w tekście. Okazuje się, że na podstawie obserwacji częstości występowania słów oraz ich asocjacji można odróżniać pisarzy czy gatunki literackie.

2.14. Stratyfikacja społeczna – zasada alokacji energii. W przyrodzie występuje bardzo często zasada Pareto: 20% populacji posiada 80% środków. Wynika to z właściwości bardzo ważnych w przyrodzie tak zwanych „rozkładów długoogonowych”. Okazuje się, że społeczności również w podobny sposób alokują swoje dobra; tak też budowane są schematy komunikacyjne. Wiąże się to też z dynamiką wzrostu związaną z efektem Mateusza [25] „Każdemu bowiem, kto ma, będzie dodane, tak że nadmiar mieć będzie. Temu zaś, kto nie ma, zabiorą nawet to, co ma” [Mt 25:14–30].

Innym ciekawym aspektem stratyfikacji jest analiza powstawania i działania układów hierarchicznych [7] z akcentem na efektywność struktur organizacyjnych. W związku z tym można przewidzieć jakie układy hierarchiczne będą optymalne, np. z punktu widzenia przepływu informacji.

2.15. **Sieci społeczne – sieci złożone.** Analiza sieci społecznych – SNA (*social network analysis*), to dziedzina, w której nauki ścisłe włożyły bardzo dużo, ale również wiele zyskała. 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. Sieciami społecznymi w Polsce zajmuje się obecnie wiele ośrodków naukowych (reprezentujących fizykę, informatykę, matematykę, socjologię, psychologię, ekonomię, biologię czy medycynę) skupionych głównie w Warszawie i we Wrocławiu, ale należy wspomnieć, że Uniwersytet Jagielloński należał kiedyś do światowych centrów pionierskiej wtedy socjologicznej teorii sieci [34].

2.15.1. *Podstawowe pojęcia w analizie sieci społecznych.* Opisując sieć używa się różnych współczynników oraz metod rozpoznawczych [29], które często pod swoimi nazwami kryją szereg różnych algorytmów. W celu identyfikacji wzorców zachowań w sieci opracowano bardzo wiele schematów, ale większość bazuje na kilku podstawowych obserwacjach.

- Klasteryzacja i wykrywanie społeczności – 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 gronowania (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.
- Społeczność – Zespół wierzchołków połączona ze sobą zdecydowanie częściej niż z resztą sieci.
- Średnia odległość między węzłami – Średnia długość ścieżki w sieci mówi, przez ile wierzchołków należy średnio przejść, aby dojść od jednego wierzchołka do dowolnego innego.
- Krotność wierzchołka – Ilość połączeń danego wierzchołka. W przypadku sieci skierowanej (uwzględniającej osobno połączenia przychodzące i wychodzące) można wyróżnić dodatkowo krotność in oraz out.
- Centralność wierzchołka – Atrybut opisujący pozycję każdego wierzchołka w sieci. Stanowi miarę ważności, znaczenia i wpływu na inne obiekty w tej samej sieci. Wyróżnia się wiele typów centralności, ale najczęściej stosowane to środek ciężkości i centralność „Betweenness”.
- 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. Na ogół wyróżnia się 2 podstawowe typy sieci przypadkowych [2]:
 - sieć bezskalową lub inaczej Barabasięgo-Albert (BA), kiedy rozkład krotności wierzchołka jest potęgowy, czyli długoogonowy (występują tak zwane huby, czyli wierzchołki o ogromnej licznie połączeń – rezultat efektu św. Mateusza, nazywane często preferencyjnym dołączaniem),

- sieć przypadkową prostą lub inaczej Erdos’a-Renyiego (ER), kiedy każde połączenie jest równoprawdopodobne (tak jakby rozdzielić połączenia zupełnie przypadkowo).

Sieci losowe można przeciwstawić sieciom o strukturze regularnej jak siatka czy plaster miodu (dobrze zbadanymi przez fizyków teoretyków i matematyków od teorii grafów). Po między 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 [38]. Odzwierciedlać to ma zjawisko znane w socjologii już od 1967 roku, po eksperymentach Milgrama, jako proces sześciu uściśnień 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.

2.16. Aplikacje metod sieciowych. W badaniach społecznych, bądź marketingowych bardzo często odtwarza się sieci społeczne w zastanej społeczności. Po odpowiedniej przeróbce danych, wizualizacji i analizie można wyciągać wiele informacji o właściwościach danej społeczności. Na sieciach empirycznych i losowych (zazwyczaj budowanych według wspomnianych wyżej schematów) modeluje się ogromną ilość zjawisk od rozprzestrzenia się chorób zakaźnych, idei jak choćby w masowych protestach przeciwko ACTA [13], po zdarzenia kryminalne. Sama sieć, ze względu na swój abstrakcyjny charakter, może być nośnikiem informacji o kontaktach telefonicznych, personalnych, mailowych, instytucjonalnych, itp. Wierzchołkami mogą być ludzie, grupy ludzi, instytucje itp.

2.16.1. Sieci seksualne. Dla przykładu przeanalizujmy badania autora o sieciach kontaktów seksualnych w kontekście rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych [37]. Ludzka seksualność należy do zachowań intymnych, w związku z tym bardzo trudno o dostęp i administrację danych, w tym wypadku szczególnie wrażliwych. Autor tego artykułu opierał się w większości na danych szwedzkich ze względu na wyjątkowo wysoki stopień ingerencji państwa w życie obywateli, co skutkuje ogromną wiedzą o społeczeństwie [15]. Jednocześnie daje to możliwość pracy w oparciu o informacje, które nigdzie indziej nie są dostępne. Zatem podstawą do modelowania jest wiedza o kontaktach społecznych i liczbie zarażeń, co akurat w miarę precyzyjnie jest rejestrowane. W przypadku stosunków seksualnych dostępnych jest niewiele zbiorów danych a najlepsze wydają się 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 [21]. Sieci prostytutki zostały zbudowane na podstawie postów zamieszczanych przez Brazylijczyków na forum internetowym dotyczącym płatnego seksu [31]. Jeżeli chodzi o choroby przenoszone drogą płciową, to rodzaj patogenu będzie miał kluczowe znaczenie. Wirusa HIV (dla którego prawdopodobieństwo zarażenia w czasie pojedynczego stosunku jest małe 0.08-1.2%) można przeciwstawić bakteriom Chlamydia (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 autor wraz ze współpracownikami ze Szwecji [6] opracował projekt badania, dzięki któremu udałooby 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.

2.16.2. *Sieci w literaturze*. Odkrywanie sieci społecznych w literaturze jest pasjonującym tematem ciągle o charakterze pionierskim. Zostały jednak już opracowane pewne metody pozyskiwania sieci na podstawie ankiet czytelników [19]. Pierwotnie badania zostały przeprowadzone na zbiorze opowiadań: Winesburg, Ohio. Już na podstawie uzyskanych wyników można wyciągnąć pewne wnioski i postawić nowe hipotezy badawcze. W omawianej pracy sposób zbierania informacji od czytelnika został uproszczony do minimum, w celu zachowania możliwości porównania z również wypracowanymi równoległe metodami komputerowymi. M.in. dlatego nie umieszczono respondenta w żadnym konkretnym kontekście czytelniczym. Już przedwstępna analiza pokazała, że sposób zadawania pytań ma znaczenie. Dlatego zostawiono mu pole do interpretacji interakcji między bohaterami w opowiadaniu wedle jego rozumienia (*reader world*). Zamiast pytania o interakcje odczytywane przez czytelnika (*reader world*), można by zastanowić się nad kwestią znaczenia interakcji dla fabuły (*story world*). W ten sposób percepcja czytelnicza zostałaby ukierunkowana na świat przedstawiony w utworze, nie zaś na jego subiektywną wizję [39]. Być może zmieniłoby to uzyskane wyniki i zbliżyłoby metody ankietowe do komputerowych. Pozostaje to jednak otwartym zagadnieniem, podobnie jak pytanie o związek między interakcjami między bohaterami opowiadania typu *implicite* i *explicite*. Jednak, odnosząc się do uzyskanych wyników, najważniejsze wydają się korelacje między rezultatami ankiet oraz algorytmów. Niezmiernie ciekawym aspektem jest inny poziom korelacji pomiędzy odpowiednimi metodami komputerowymi a różnymi zadaniami czytelniczymi, co wskazuje na niejednoznaczność w sposobach opisywania interakcji i wrażliwość na czynniki zewnętrzne. Oznaczać to może, że nie istnieje jedna uniwersalna metoda ukazująca sieć społeczną w utworze literackim, co jest paradygmatem wciąż rozwijającej się dziedziny nauki, jaką jest NLP (ang. *natural language processing*). Interesujące wydaje się również zaprezentowanie istotnego statystycznie związku między sposobem postrzegania sieci a wykształceniem (reprezentanci nauk ścisłych budują sieci bardziej powtarzalne niż reszta). Na koniec sprawdzono, że mierząc intensywność interakcji nie można przełożyć tego bezpośrednio na budowanie napięcia w utworze. Podsumowując, wydaje się, że analiza sieci społecznych w literaturze, która, ze względu na charakter ilościowy, może być narzędziem uzupełniającym w warsztacie współczesnego humanisty. Opisana metodologia może pomóc w weryfikowaniu hipotez odnoszących się do konkretnych tekstów, autorów czy też ogólnie – literatury. Stworzone tu narzędzie jest na tyle uniwersalne, że może zostać użyte – po dokonaniu niewielkich modyfikacji – w analizie innych tekstów literackich, tworzonych w różnych językach (choć po polsku tylko częściowo, gdyż cyfrowy korpus języka polskiego [32] dopiero od niedawna daje się stosować w badaniach stricte ilościowych [8]).

3. KRYTYKA SOCJOFIZYKI

Socjofizyka została już uznana za naukę (w ramach fizyki lub nauk o złożoności), o czym świadczy dołączenie jej do oficjalnie zatwierdzonych kategorii poddyscyplin w wielu instytucjach naukowych. Jednak jako dziedzina nauk ukształtowała się dopiero w XXI wieku, więc jak każda

młoda dyscyplina socjofizyka ma swoje słabe strony. Dopiero pojawienie się internetu pozwoliło na w miarę obiektywny pomiar wielu zmiennych społecznych na masową skalę. Jak wspomniano na wstępie, socjofizyka różni się do innych modeli matematycznych próbą odnalezienia analogii fizycznych i wykorzystaniu metod wypracowanych w ten sposób. Ciężko mówić w tym momencie o sprawdzalności modeli socjofizycznych, bo nie udało się do tej pory w sposób spektakularny przewidzieć żadnego fenomenu społecznego dzięki socjofizyce. Jednakże to, co jest największą chyba porażką polskich socjologów (nieumiejętność przewidzenia znaczenia ruchu „Solidarności”), można bardzo łatwo wyjaśnić modelami socjofizyki (przynajmniej *post factum*). Artykuł został napisany w optymistycznym nastroju (gdyż autor jest zwolennikiem tej metodologii), lecz należy przestrzec przed ograniczeniami i niebezpieczeństwami. Dlatego warto też przedstawić krytyczne ujęcie socjofizyki w dużej mierze w duchu Ossowskiego [27].

3.1. Brak zdolności predykcyjnej. Główny zarzut odnosi się do braku zdolności predykcyjnej ze względu na zbyt dużą liczbę zmiennych dotyczących ludzkiej działalności. Techniki układów złożonych, które stanowią podstawę socjofizyki, działają dobrze (w sensie czytelności i zrozumiałości modelu) dla niewielkiej liczby parametrów. Cała idea polega więc na wyborze głównych czynników wyjaśniających mechanizm zachodzący w społeczeństwie. Dlatego reszta zmiennych (zwłaszcza tych niekontrolowanych) jest zaniebywana, bądź traktowana jako szum. Z punktu widzenia predykcji ma to niestety ogromne znaczenie (negatywne), ale co do zrozumienia zjawiska już niekoniecznie.

3.2. Problem pomiaru, przetwarzanie danych. Kolejną sprawą budzącą kontrowersje jest pomiar, gdyż modele działają przy wykorzystaniu danych empirycznych. Brak powtarzalności warunków w układach społecznych jak i wpływ badacza na ten układ (za Ossowskim) są niestety rzadko brane pod uwagę przy modelowaniu. Tu ścierają się dwa paradygmaty nauk ścisłych o intersubiektywnej sprawdzalności (kantyzm) i nauk społecznych z współczynnikiem humanistycznym (w sensie Znanieckiego). Klasyczni fizycy nie będą uznawać jako dane takich badań jakościowych jak wywiady, czy kwestionariusze otwarte (chyba, że przy użyciu metod dataminingowych), a socjologowie wykształceni we wspomnianej kulturze nie będą korzystać z metod matematycznych innych niż opracowania statystyczne. Wystarczy spojrzeć na konflikt między socjologią analityczną, a socjologią humanistyczną.

Zgromadzone dane, często personalne, trafiają do analizy mimo iż osoby, których działanie zostało zarejestrowane nie mają o tym pojęcia. Często, gdyby je zapytano, nie wyraziłyby na to zgody. W związku z tym, że autor ma dostęp do wrażliwych danych, wiedziałby jak je wykorzystać w sposób nieetyczny. Jednak nikt tego (w otoczeniu autora) nie robi. Mimo wszystko zagrożenie istnieje i warto o nim pamiętać.

3.3. Brak głębi poznania danego tematu. W tym momencie socjofizycy w zasadzie nie publikują w czasopiśmie „czysto” socjologicznych. Częściowo właśnie z powodu powierzchowności prowadzonych badań. Jest bardzo mało ludzi pracujących rzeczywiście na pograniczu, bo fizycy zazwyczaj zamykają się w swoich laboratoriach i nie słuchają co socjologowie mają do powiedzenia. Chyba najsilniejsza strona fizyków i matematyków – czyli umiejętność wyłonienia decydujących czynników rządzących dynamiką procesu, obraca się niestety w wadę, ponieważ parametrów tak uproszczonych modeli nie da się wykalibrować na danych empirycznych. Niestety matematycy koncentrują się głównie na właściwym zadaniu problemu i kwestiami jego rozwiązywalności.

Fizyków za to interesują w większości właśnie jedynie zjawiska a nie zastosowanie modeli w praktyce. Znajdują w układach społecznych interesujące ich własności i skupiają się na nich, a nie na opisie rzeczywistości społecznej. Zdecydowanie za mało uwagi poświęca się wykorzystaniu rezultatów w projektowaniu metod pozwalających na uzyskanie korzyści społeczeństwu. Często fizycy i matematycy podążają ścieżkami będącymi ślepyimi zaułkami kopiowania przyrody. Zbyt mocno akcentują holizm nauki i powszechność występowania pewnych uniwersalnych praw. Przykładem niech będzie rozkład potęgowy w sieciach (opisanych w rozdziale o losowości w sieciach społecznych), bardzo lubiany przez swoje uniwersalne własności. W środowisku panuje przekonanie, że rozkłady potęgowe występują powszechnie, również w systemach społecznych, gdyż wiele z nich zostało tam wstępnie odkrytych. Jednakże po głębszej analizie niektórzy z odkrywców, zmienili zdanie na temat częstotliwości występowania praw potęgowych w społecznościach ludzkich [21]. Często te same zjawiska społeczne dają się dokładniej opisać metodami łamiącymi uniwersalność praw potęgowych.

3.4. Konsekwencje wprowadzenia modeli w życie. Obserwując bogatsze kraje świata, w których metody modelowania stosuje się na co dzień (w Szwecji żadna ważniejsza decyzja rządu nie obejdzie się bez prognozy modelowej) można łatwo zauważyć niebezpieczeństwa. Chociażby efekt sprzężenia zwrotnego. W Nadrenii od kilku lat kierowcy mogą korzystać z aplikacji przewidującej natężenie ruchu drogowego opracowanej przez fizyków z Kolonii. Jednakże kierowcy, widząc zagrożenie korkami zaczęli zmieniać swoje trasy podróży. W związku z czym korki zaczęły się pojawiać w innych miejscach. Wiele modeli zostało źle zbudowanych i w wyniku dają błędne prognozy o co bardzo łatwo. Niestety bardzo często na podstawie raportów z nich sporządzonych zostały podjęte konkretne decyzje polityczne. Choćby przypadek pandemii świńskiej grypy na świecie, kiedy to podjęte środki ostrożności zostały mocno przeszacowane ponad realne zagrożenie. W zaawansowanych technologicznie społeczeństwach azjatyckich już od dawna ludzie stracili wiele praw obywatelskich w wyniku stosowania się do optymalnych strategii społecznych. Jednak konsekwencje, gdy karny naród stosuje się do zaleceń wynikających z modelu, mogą być przerażające, zwłaszcza jeśli model jest błędny. Na szczęści u nas (w Polsce) i tak nie da się stosować większości modeli wprost, bo nie ma dostępu do danych.

4. SOCJOFIZYKA I CO DALEJ

Na dzień dzisiejszy szczytem możliwości modeli socjofizycznych jest odtworzenie tego, co socjologia już wie i dopiero w niewielu przypadkach pozwoliły one 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. Wspomniane w tym artykule stworzone przez matematyków i fizyków narzędzia są na tyle uniwersalne, że mogą zostać użyte po dokonaniu niewielkich modyfikacji w analizie innych różnych zagadnień społecznych. Socjofizyka coraz częściej staje się częścią współczesnych nauk społecznych. Dyrektorami instytutów socjologii zostają ścisłowcy z wykształcenia jak Fredrik Liljeros (informatyk) na Uniwersytecie w Sztokholmie, czy Dirk Helbing (fizyk) na ETH w Zurychu. Nawet w Polsce m.in. na Uniwersytecie Warszawskim fizyką inspirują się psychologowie społeczni [26], czy socjologowie [5], a zainteresowanych socjofizyką zachęca się do zapoznania się z przytoczonymi pozycjami książkowymi. Na koniec odnosząc się do jednej z dyrektyw nauk społecznych: „Socjologia jako służba społeczna” [33], socjofizykę również można traktować jako służbę społeczną, gdyż docelowo wyniki symulacji powinny przyczynić się dla dobra tegoż społeczeństwa.

LITERATURA

- [1] R. Axelrod, *The evolution of cooperation*, Science 211(4489): 1390–1396, 1981.
- [2] A-L. Barabási, *Statistical mechanics of complex networks*, Rev. Mod. Phys. 74: 47–97, 2002.
- [3] P. Ball, *Masa krytytyczna*, (tłum. Witold Turopolski), Warszawa: Insignis, 2008.
- [4] A. Buda, A. Jarynowski, *Network Structure of Phonographic Market with Characteristic Similarities between Artists*, Acta Physica Polonica A 123(3): 547–552, 2013.
- [5] D. Batorski, *Wprowadzenie do dynamiki społecznej*, Warszawa: Wydawnictwo SWPS Academia, 2001.
- [6] M. Camitz, *Computer Aided Infectious Disease Epidemiology – Bridging to Public Health*, Karolinska Institutet, Stockholm: praca doktorska, 2010.
- [7] A. Czaplicka, P. Sloot, *Noise enhances information transfer in hierarchical networks*, Nature Sci. Rep. 3: 1223, 2013.
- [8] K. Głowacka, *Seks w 2005 miał kryzys, ale poprawia wyniki... , czyli jakich słów używa polska prasa* (online), TOK FM, 28.05.2012.
- [9] P. Hedström, *The Oxford Handbook of Analytical Sociology*, Oxford University Press, 2009.
- [10] A. Jarynowski, *Zdarzenia krytyczne w przyrodzie*, raport, UW, 2007.
- [11] A. Jarynowski, *Human-human interaction: epidemiology*, w: *Life time of correlation*, Wrocław: WN, 2010.
- [12] A. Jarynowski, *Modelowanie epidemiologiczne: klasycznie i na sieciach*, SeMPowisko: publikacja pokonferencyjna, 2012.
- [13] A. Jarynowski, J. Jankowski, A. Zbieg, *Viral spread with or without emotions in online community*, arXiv:1302.3086, 2013.
- [14] A. Jarynowski, *Modelowanie epidemiologiczne przy wykorzystaniu analizy tymczasowych sieci społecznych*, w: *Postępy inżynierii biomedycznej*, Rzeszów : Inprona, 2013.
- [15] A. Jarynowski, A. Serafimovic, *Studying Possible Outcomes in a Model of Sexually Transmitted Virus (HPV) Causing Cervical Cancer for Poland*, Advances in Intelligent Systems and Computing, Tomy 129–141, 229, 2014.
- [16] A. Jarynowski, *Anomalne oddziaływania na sieci na przykładzie polskiej piłki nożnej*, w: A. Buda (red.), *Lifetime of correlation and its applications*, Wrocław: WN, 2010.
- [17] A. Jarynowski, K. Kułakowski, P. Gawronski, *How the competitive altruism leads to bistable homogeneous states of cooperation or defection*, LNCS, 7204: 543, 2012
- [18] A. Jarynowski, M. Kliś, *Socioeconomic models of divorces in different societies*, Proceedings of the XVIII National Conference Applications of Mathematics in Biology and Medicine, Gdańsk, 2012.
- [19] A. Jarynowski, S. Boland, *Rola analizy sieci społecznych w odkrywaniu narracyjnej struktury fikcji literackiej*, Biuletyn Instytutu Systemów Informatycznych 12(5): 35–42, 2013.
- [20] A. Jarynowski, P. Nyczka, *Dynamic network approach to marriage/divorces problem*, ENIC 2014
- [21] F. Liljeros, *The Web of Human Sexual Contacts*, Nature 411: 907–908, 2001.
- [22] R. Kosiński, A. Grabowski, *Langevin Equations for Modeling Evacuation Processes*, Acta Physica Polonica B 3: 365, 2010.
- [23] A. Kulig, J. Kwapien, *Complex network analysis of literary and scientific texts*, International Journal of Modern Physics C 23:1250051, 2012.
- [24] K. Kułakowski, *Od fizyki do socjologii i z powrotem*, w: A. Chmielewski, M. Dudzikowa, A. Grobler (red.), *Interdyscyplinarnie o interdyscyplinarnosci*, Kraków: Impuls, 99–111, 2012.
- [25] R. Merton, *The Matthew effect in science*, Science 159(3810): 56–63, 1968.
- [26] A. Nowak i in., *Układy złożone w naukach społecznych, Wybrane zagadnienia*, Warszawa: Scholar, 2010.
- [27] S. Ossowski, *Wzory nauk przyrodniczych wobec osobliwości zjawisk społecznych*, w: M. Kucia (red.), *Socjologia. Lektury*, Kraków: Znak, 28–34, 2005.
- [28] B. Pabjan, *The use of models in sociology*, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 336(1-2): 146–152, 2005.
- [29] L.E.C. Rocha, *Exporing patterns of empirical networks*, praca doktorska, Umea University, 2011.
- [30] L.E.C. Rocha, F. Liljeros, P. Holme, *Simulated epidemics in an empirical spatiotemporal network of 50.185 sexual contacts*, PLoS Comp. Bio 7, 2012.

- [31] L.E.C. Rocha, L. Fredrik, *Information dynamics shape the sexual networks of Internet-mediated prostitution*, PNAS 107(13): 5706–5711, 2010.
- [32] E. Rudnicka i in., *A Strategy of Mapping Polish WordNet onto Princeton WordNet*, COLING 1039–1048, 2012.
- [33] W. Sitek, *Paradoksy prognoz socjologicznych w: Socjologia jako służba społeczna*, Kraków: WUJ, 2007.
- [34] J. Szmatkai in., *Status, Network, and Structure: Theory Development in Group Processes*, Nowy Jork: Stanford University Press, 1997.
- [35] P. Sztompka, *O osobliwościach nauk społecznych raz jeszcze*, Studia filozoficzne 8(105), 1973.
- [36] K. Sznajd-Weron, *Opowieści od fizyce egzotycznej*, Wiedza i Życie, 2001, grudzień.
- [37] K. Sznajd-Weron, *Seks według wzoru*, Wiedza i Życie, 2002, kwiecień.
- [38] K. Sznajd-Weron, *W sieci małego Świata*, Wiedza i Życie, 2004, luty.
- [39] R. Walsh, *Emergent Narrative in Interactive Media*, Narrative 19(1): 72–85, 2011.
- [40] N. Wiener, *The Human Use of Human Beings*, London: The Riverside Press, 1950.

ANDRZEJ JARYNOWSKI

PRACOWNIA TECHNIK WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI, CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, UL. CZERNAKOWSKA 16, 00-701 WARSZAWA;

ZAKŁAD TEORII UKŁADÓW ZŁOŻONYCH, INSTYTUT FIZYKI IM. SMOLUCHOWSKIEGO, UNIwersYTET JAGIELLOŃSKI, UL. W. REYMONTA 4, 31-007 KRAKÓW;

INSTYTUT SOCJOLOGII, UNIwersYTET SZtokholmSKI, UNIVERSITETSVÄGEN 10 B, PLAN 9, 106 91 STOCKHOLM;

WOJSKOWY INSTYTUT HIGIENY I EPIDEMIOLOGII, UL. KOZIELSKA 4, 01-163 WARSZAWA

Adres e-mail: andrzej.jarynowski@sociology.su.se