

Damian DZIDA

Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

E-mail: ddzida@wat.edu.pl

Symulacyjne modele formowania opinii w sieciach społecznych

1 Wstęp

Praca związana jest z badaniem dynamicznych modeli formowania się opinii. Dynamiczne modele opinii są głównym nurtem socjofizyki (ang. *sociophysics*). Socjofizyka jest nową interdyscyplinarną dyscypliną nauki, która wykorzystuje metody rozwijane przez fizyków w celu modelowania zjawisk socjologicznych. Pojęciem dynamiczny modeli opinii ma bardzo szerokie znaczenie i odnosi się między innymi do taki zjawisk jak: powstawanie i rozpowszechnianie opinii, rozpowszechnianie plotki, powstawanie grup ekstremistycznych w społeczeństwie. Wszystkie opisane zjawiska cechują się dużym stopniem złożoności, trudnością opisu samego zjawiska oraz określenia czynników mających wpływ na ich powstawanie. W przedstawionej pracy zaprezentowane zostaną modele formowania się opinii, które skupiają się na sposobie rozpowszechniania opinii w danej grupie – populacji. Przedstawione modele opisują głównie proces decyzyjny odnoszący się do wyboru określonej opinii przez daną jednostkę.

Klasyfikacji dynamicznych modeli opinii można dokonać, między innymi, ze względu na przestrzeń opinii:

- modele z dyskretną przestrzenią opinii – klasyczne modele opinii (ang. *discrete opinion space*) zbiór opinii jest dyskretny np. danym opinią przypisuje się liczby całkowite,
- model z ciągłą przestrzenią opinii (ang. *continuous opinion space (continuous opinion dynamics)*) – zbiór opinii jest zbiorem ciągłym np. wyrażony za pomocą liczb rzeczywistych.

W przedstawionej pracy zostaną przedstawione wyniki symulacji dla modelu z dyskretną przestrzenią opinii.

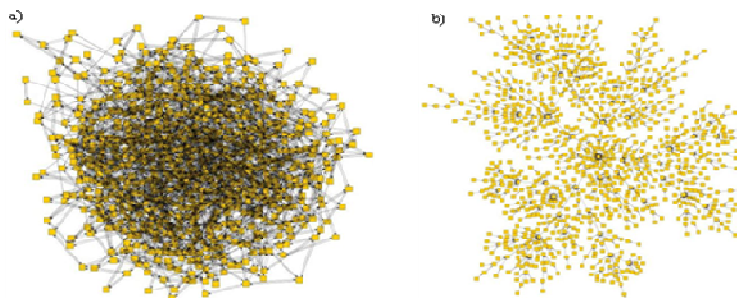
W przypadku formowania opinii należy uwzględnić czynniki decydujące o akceptacji i szybkości rozpowszechnienia danej opinii. Należy również zauważyć, że pojęcie opinii reprezentuje przekonania osoby do danej sprawy. Ogólnie modele formowania opinii zakładają występowanie pewnej populacji agentów. Każdy agent w populacji jest niezależną jednostką, który może zdecydować niezależnie od innych o zaakceptowaniu danej opinii lub jej odrzuceniu. Przyjmuje się, że jednostka jest bardziej skłonna do zmiany opinii, jeśli w jej otoczeniu dana opinia jest popierana przez innych agentów. Z tego powodu topologia interakcji pomiędzy agentami stanowi kluczowy element modelu. Model struktury interakcji jest pewnego rodzaju siecią, w której każdemu agentowi odpowiada dokładniej jeden węzeł w sieci. Krawędzie między węzłami w sieci definiują relację znajomości to znaczy, że jednostki mogą ze sobą się komunikować i wymieniać się opiniami. Najczęściej sieć jest definiowana na nieskierowanym grafie,

ponieważ znajomość pomiędzy jednostkami ma charakter dwustronny tzn. komunikacja pomiędzy agentami wymaga znajomości jednego z drugim. W ten sposób mogą wpływać na siebie w sposób bezpośredni lub pośredni. W badaniach nad modelami opinii wykorzystuje się realne struktury interakcji między osobami w społeczeństwie. Na podstawie badań wykazano, że takie struktury mają następujące własności[5]:

- przeciętna (średnia) odległość między dwoma dowolnymi węzłami w sieci jest względnie mała mała w odniesieniu do rozmiarów całej sieci;
- współczynnik klasteryzacji sieci jest wysoki.

Sieci posiadające wyżej wymienione cechy określa się mianem sieci społecznych. W doświadczeniu wykorzystano następujące sieci społeczne [2]:

- Sieć Małego Świata (ang. *small World*)
- Sieć bezskalowa (ang. *scale free*)



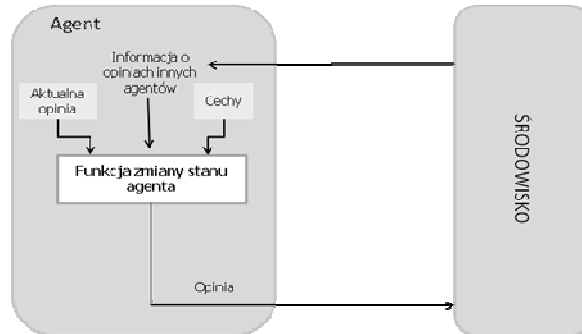
Rys. 1. Sieć małego Świata (a) i sieć bezskalowa (b)

Fig. 1. Small World network (a) and scale-free network (b)

Dodatkowo w badaniach wykorzystano sieć regularną w celu określenia wpływu struktury interakcji między agentami na sposób rozpowszechniania opinii.

2 Wieloagentowa symulacja

W budowie modelu formowania opinii wykorzystałem metodologię agentową[8, 9]. Związane jest to z charakterem modelowanego zjawiska. Metodologia agentowa zakłada, że każda jednostka (agent) działa niezależnie od innych agentów. Agent posiada zbiór cech wewnętrznych, które charakteryzują daną jednostkę. Oprócz cech wewnętrznych agenci posiadają stan, który w przypadku modeli opinii jest tożsamy z popieraną opinią. Stan agentów zmienia się zgodnie z zamodelowaną regułą. Reguła zmiany stanu agenta może być pewną funkcją zależną od cech agenta oraz od aktywności innych agentów znajdujących się w najbliższym otoczeniu agenta. Agenci komunikują się ze sobą w sposób bezpośredni lub pośredni z wykorzystaniem środowiska. Środowisko jest to element, którego zadaniem jest przechowywanie informacji o agentach oraz ich aktywności. Agenci mogą wykorzystywać informacje pochodzące środowiska w celu określenia aktywności innych agentów. W modelach opinii środowisko jest modelowane za pomocą sieci społecznych, które definiują topologię możliwych komunikacji pomiędzy agentami. Z tego powodu wymiana informacji jest realizowana z wykorzystaniem środowiska. Ogólny schemat został przedstawiony na poniższym rysunku:



Rys. 2. Schemat agenta w społecznych symulacjach

Fig. 2. Model of agent in social simulation

Jak można zauważyć metodologia agentowa pozwala na skupieniu się na modelowaniu pojedynczych agentów. Dzięki temu proces budowania modelu jest procesem poszukiwania właściwej funkcji zmiany stanów agentów, czyli budowy modelu na poziomie mikroskopowym. Dzięki temu istnieje możliwość uzyskania wyników w skali globalnej. Jest to podejście wstępujące (ang. *bottom-up*). W celu weryfikacji modelu wykorzystano wieloagentową symulację (ang. *multi agent based simulation* [9]). Wieloagentowa symulacja jest to pewnego rodzaju mikro symulacją. Symulacja w skali mikro skupia się na modelowaniu zachowania poszczególnych jednostek. Jest to przeciwne podejście niż w klasycznej symulacji, która bazuje na matematycznym modelach opisując całą populację lub system. Zatem w symulacji makroskopowej zbiór jednostek jest strukturą, która jest opisywana zbiorem zmiennych, podczas gdy w symulacji mikroskopowej struktura powstaje w wyniku interakcji między agentami. Dodatkowo mikroskopowa symulacja pozwala na istnienie niejednorodnych jednostek i obserwowaniu zmian w skali pojedynczego agenta oraz w skali globalnej. Jednak posiada również istotne wady. Jedną z wad jest trudność kalibracji modelu wynikającego z tego, że niewielka zmiana w zachowaniu poszczególnych agentów może mieć znaczący wpływ na model w skali globalnej.

3 Model formowania opinii i wyniki symulacji

W badaniach wykorzystano model opinii Latané-Nowaka, który został zaproponowany w pracach [4], [5]. Jest to model zmiany poglądów, opinii wykorzystujący teorię wpływu społecznego. Teoria wpływu społecznego została przedstawiona w pracy [3]. Latané zdefiniował wpływ społeczny jako: „jakakolwiek zmianę uczuć, myśli i zachowania wywołaną rzeczywistą bądź wyobraźną obecnością innych ludzi”. Wpływ społeczny jest głównym czynnikiem determinującym zachowanie w grupach, formułowanie opinii, władzy oraz tworzenia norm społecznych. Teoria wpływu społecznego zakłada, że wielkość wpływu wywierana przez grupę na jednostkę zależy od:

- siły przekonywania osób wywierających wpływ (S),
- bliskości, w jakiej pozostają osoby wywierające wpływ od osoby poddanej oddziaływaniu (V),
- liczby osób wywierających wpływ (N).

Zależność powyższych czynników można wyrazić jako funkcje iloczynu trzech wielkości S,V,N zgodnie z wzorem:

$$W = f(SVN) \quad (1)$$

Siła przekonywania S oznacza zbiorczo sumę wszystkich czynników decydujących o sile przekonywania pojedynczej osoby. Są to zarówno czynniki stałe, charakteryzujące daną osobę (status społeczny, umiejętność przekonywania) i charakterystyczne dla danej sytuacji np. chęć do przekonywania innych. Często definiuje się dwa rodzaje jednostek: silne i słabe. Jednostki silne posiadają wysoką wartość S i tym samym wywierają większy wpływ niż słabe (dla których wartość S jest mała), a same są trudniejsze do przekonania. Natomiast bliskość oznacza intensywność kontaktu między źródłem i obiektem wpływu w przestrzeni społecznej. Odległość fizyczna między źródłem a obiektem nie jest jednak tożsama z odległością w przestrzeni społecznej. Jest jedynie ważnym składnikiem odległości w przestrzeni społecznej. Innym elementem przestrzeni społecznej może być stopień pokrewieństwa między jednostkami.

Model Latané-Nowaka zakłada, że podstawą zmiany zachowania (opinii) jest wpływ społeczny. Jednostka w rozmowach z innymi sprawdza stopień poparcia, którym cieszą się różne opinie. Założono, że jednostka zmienia swą opinię wtedy, gdy inna opinia znajduje większe poparcie niż jej własna. Jest to zasada konformizmu. Pierwotnie model wprowadza następujące założenia:

- Środowisko w postaci sieci regularnej automatów komórkowych
- Określone sąsiedztwo agenta - liczba komórek bezpośrednio sąsiadująca z agentem
- Agenci umieszczeni w środowisku w sposób losowy
- Każdy agent posiada losowo wybrany początkową opinie (pogląd)

Każdy agent posiada następujące cechy:

- siła wpływu (s) – określająca zdolność jednostki do przekonania innej jednostki,
- stopień sąsiedztwa (d) – liczba naturalna określająca promień, w obrębie którego agent może komunikować się z innymi agentami, W przypadku sieci społecznych jest to minimalny łańcuch między węzłami sieci, przy czym węzłom odpowiadają agenci,
- popierana opinia (p) – aktualna stany agenta, wyrażony poprzez popieraną opinię.

Założmy, że populacja jest złożona z N agentów. Każdy i -agent może być zdefiniowany w następujący sposób:

$$a_i = \langle s_i, d_i, o_i \rangle \quad i = 1..N, s_i \in \mathbb{R}, d_i \in \mathbb{N}, o_i \in P, P = \{p_1, \dots, p_l\} \quad (2)$$

gdzie:

- s_i – siła wpływu jednostki i
- d_i – maksymalna odległość w obrębie której agent może się komunikować,
- o_i – aktualna opinia
- P – zbiór opinii
- l – liczba opinii

Najczęściej przyjmuje się, że elementami zbioru P są liczby naturalne to znaczy, że każdemu pogładowi przypisuje się pewną liczbę naturalną.

Model wpływu społecznego zakłada, że największą wagę przypisuje się opinii (poglądowi) tych osób, które znajdują się najbliżej oraz osób dysponującym największą siłą przekonywania, zgodnie z wzorem:

$$I_i = \sqrt{\left(\sum_{j=1}^N \left(\frac{s_j}{d_{ij}^2} \right)^2 \right)} \quad (3)$$

gdzie:

I_i – wielkość wpływu na osobę i

s_j – siła osoby wpływającej j

d_{ij} – odległość między osobą wywierającą wpływ j a osobą i poddaną wpływowi w przestrzeni społecznej. W przypadku środowiska w postaci komórkowej jest to odległość euklidesowa między danymi komórkami, w których znajdują się agenci. Natomiast w przypadku sieci społecznych jest to najmniejszy łańcuch między węzłami i a j .

Zaproponowana funkcja wyliczenia wielkości wpływu powstała w wyniku przeprowadzonych badań [3]. Na podstawie powyższych informacji można zdefiniować regułę zmiany stanu agenta czyli funkcję zmiany opinii pojedynczego agenta. W tym celu należy wyznaczyć współczynniki poparcia dla każdej opinii w otoczeniu danego agenta i w_i zgodnie z poniższym wzorem:

$$a_i = \langle s_i, d_i, o_i \rangle$$

$$w_i = [w_{i1} \ w_{i2} \ \dots \ w_{iK}], \quad K = |P|$$

$$w_{ik} = \sum_j^N \left[\frac{s_j}{(d_{ij})^2} f(p_k, o_j, d_{ij} - d_i) \right] \quad (4)$$

$$f : P \times P \times R \rightarrow \{0, 1\}, \quad f(p, o, d) = \begin{cases} 1 & \text{gdy } d \leq 0 \text{ i } p = o \\ 0 & \text{w } p.p \end{cases}$$

gdzie:

P – zbiór opinii

w_i – wektor poparcia opinii dla danego agenta a_i

f – funkcja definiująca możliwość komunikacji między agentami

Po wyliczeniu wektora poparcia agenta a_i , należy określić sposób zmiany stanu agenta. W tym celu agent zgodnie z zasadą konformizmu wybiera opinię z największą wartością poparcia.

Algorytm symulacji i zmiany stanu agenta jest następujący:

1. Zainicjuj środowisko:

1.a. Dla każdego węzła w sieci przydziel dokładnie jednego agenta

1.b. Każdemu agentowi określ cechy: siła przekonywania s_i , promień sąsiedztwa d_i

1.c. Określ zbiór możliwych opinii O

- 1.d. Wyznacz początkowy stan agenta – każdemu agentowi przydziel początkową opinię o z zbioru O (losowo lub określona)
- 1.e. Określ maksymalną liczbę kroków symulacji K_{\max}
- 1.f. Krok symulacji $K_s = 0$;
2. Jeżeli $K_s < K_{\max}$ to wykonaj.
3. Dla każdego agenta i w środowisku wykonaj:
 - 3.a. Zainicjuj tablice wartości poparcia $w[]$ dla każdej opinii O
 - 3.b. Aktualizuj wartość poparcia dla aktualnej popieranej opinii przez agenta i o_i : $w[o_i] = s_i$;
 - 3.c. Określ sąsiedztwo agent i – wyznacz zbiór węzłów S dla których łańcuch maksymalny między węzłem i (agent i) w węźle j (agent j) jest mniejszy od d_i
 - 3.d. Dla każdego agenta j z zbioru S wykonaj:
 - 3.d.1. Aktualizuj wartości poparcia dla opinii o_j – popieranej przez agenta j (stan agenta j):
$$w[o_j] = w[o_j] + s_j / (d_{ij})^2$$
 - 3.d.2. Koniec wykonaj
 - 3.e. Wybierz taką opinię o_k dla której wartość poparcia $w[o_k]$ jest maksymalna i przyjmij opinię o_k jako nowy stan agenta i czyli $o_i = o_k$;
 - 3.f. Koniec wykonaj
4. $K_s = K_s + 1$;
5. Przejdź do 2.
6. Koniec wykonaj

W celu przeprowadzania badań zbudowano symulator opinii. Pozwala on na modelowanie poszczególnych agentów, definiowanie ich cech, określenia struktury sieci społecznej oraz sposobu rozmieszczania agentów. Dzięki temu można było przeprowadzić serię eksperymentów, których celem było określenie wpływu struktury interakcji między agentami na sposób rozpowszechniania się opinii oraz określenie minimalnej liczby jednostek silnych potrzebnych do przekonania całej populacji do opinii jednostek silnych. Przeprowadzono następujące eksperymenty:

a) badania wpływu struktury środowiska na rozpowszechnianie się opinii. Wykorzystano następujące sieci złożone:

1. sieć regularna
2. sieć small world (Kleinberg) [2]
3. sieć scale free (Barabási) [2]

W eksperymentach wykorzystano jednakowych agentów o następujących cechach:

- siła wpływu : 0.5
- promień sąsiedztwa : 1
- liczba poglądów: 2 (pogląd 1, pogląd 2)
- początkowy pogląd agenta: losowy

b) Badania wpływu struktury środowiska i siły wpływu agenta na rozpowszechniania się opinii. Wykorzystano takie same sieci złożone jak w eksperymencie a. W eksperymentach wykorzystano dwa rodzaje agentów:

I. Jednostki silne o następujących właściwościach:

- siła wpływu : 0.8
- promień sąsiedztwa : 1
- liczba poglądów: 2 (pogląd 1, pogląd 2)
- początkowy pogląd agenta: Pogląd 2
- pełna informacja o poglądach sąsiadów

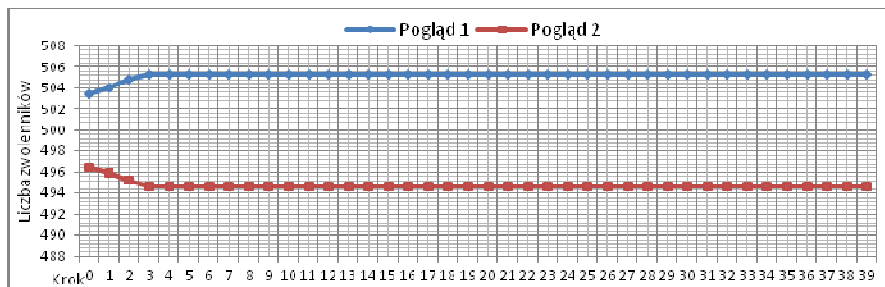
II. Jednostki słabe o następujących właściwościach:

- siła wpływu : 0.3
- promień sąsiedztwa : 1
- liczba poglądów: 2 (pogląd 1, pogląd 2)
- początkowy pogląd agenta: Pogląd 1
- pełna informacja o poglądach sąsiadów

Eksperyment przeprowadzono dla różnej liczby liderów w populacji agentów:

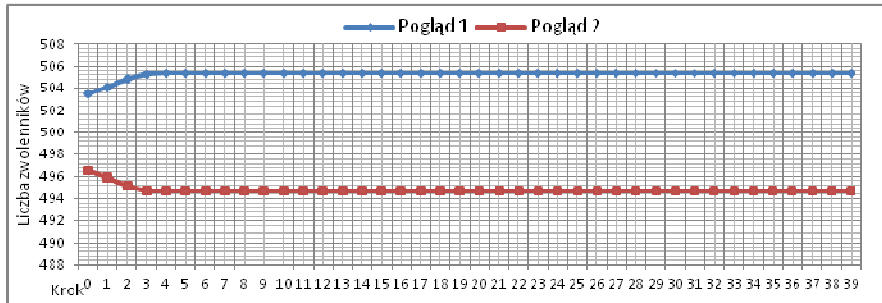
- a) Liczba liderów: 10% populacji – oznacza to, że 10% populacji popiera pogląd 2 (liderzy) oraz 90% populacji popiera pogląd 1 (agenci słabi)
- b) Liczba liderów: 20% populacji – oznacza to, że 20% populacji popiera pogląd 2 (liderzy) oraz 80% populacji popiera pogląd 1 (agenci słabi)
- c) Liczba liderów: 30% populacji – oznacza to, że 20% populacji popiera pogląd 2 (liderzy) oraz 80% populacji popiera pogląd 1 (agenci słabi)

Dla każdej struktury środowiska i liczby liderów przeprowadzono 30 powtórzeń eksperymentu. Uzyskano następujące wyniki:

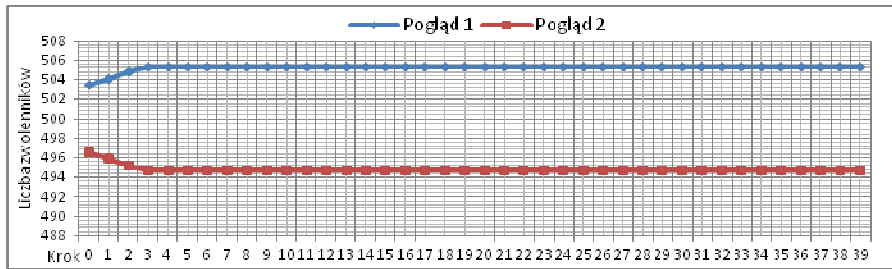


Rys. 3. Eksperyment a - sieć regularna

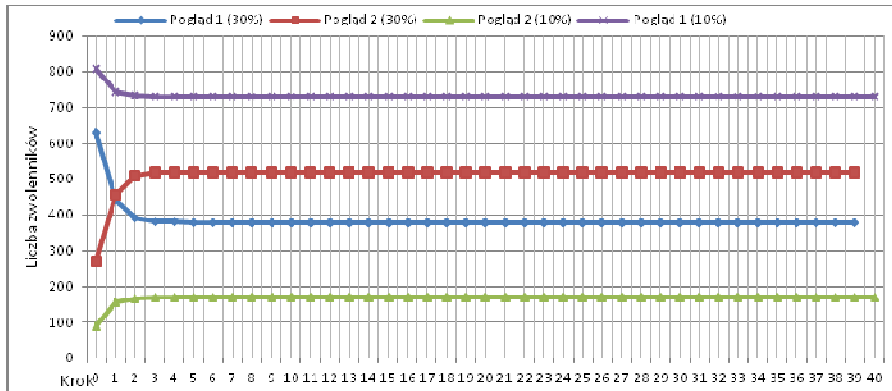
Fig. 3. Experiment a - regular network



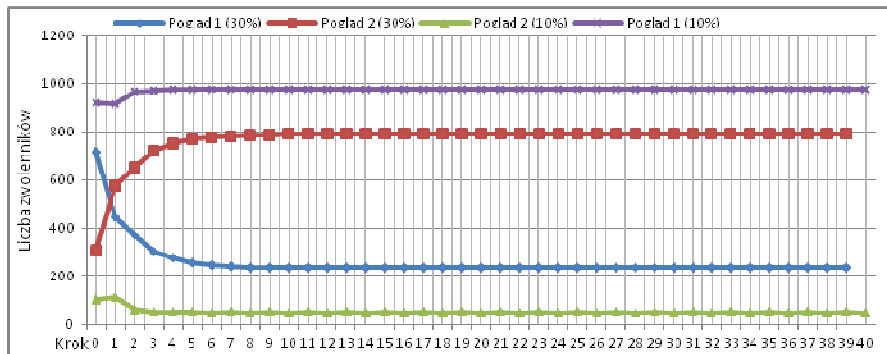
Rys. 4. Eksperyment a - sieć small World
 Fig. 4. Experiment a - small World network



Rys. 5. Eksperyment a - sieć scale-free
 Fig. 5. Experiment a - scale-free network

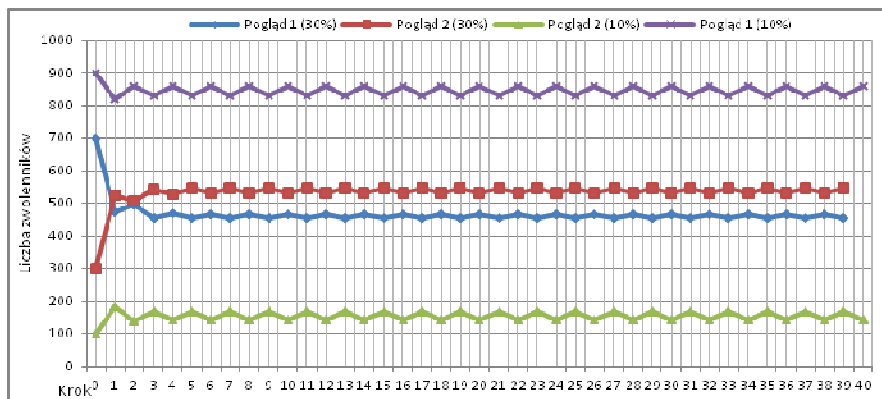


Rys. 6. Eksperyment b - sieć regularna – w nawiasie procent jednostek silnych w populacji
 Fig. 6. Experiment b - regular network – in brackets the percentage of strong agents in population



Rys. 7. Eksperyment b - sieć small World – w nawiasie procent jednostek silnych w populacji

Fig. 7. Experiment b - small World network – in brackets the percentage of strong agents in population



Rys. 8. Eksperyment b - sieć scale-free – w nawiasie procent jednostek silnych w populacji

Fig. 8. Experiment b - scale-free network – in brackets the percentage of strong agents in population

Uzyskanych wyników można zauważyć, że struktura interakcji między agentami odgrywa kluczową rolę. W populacji nie następuje całkowita unifikacja poglądów, ponieważ każda z opinii posiada pewną liczbę zwolenników. Dodatkowo można zauważyć, że następuje bardzo szybka stabilizacja poparcia. Praktycznie po kroku 4 symulacji dla jednorodnych agentów nie następują zmiany w zakresie poparcia danej opinii. Nie wynika z tego również, że agenci nie zmieniają swoich opinii, tylko że zmiany w skali globalnej są równomierne to znaczy przyrost zwolenników lub przeciwników danej opinii jest taka sama. Uzyskane wyniki dla sieci small world i scale-free z udziałem agentów silnych i słabych pokazują, że wystarczy jedynie 30% agentów silnych, aby rozpowszechnić i zyskać poparcie dla danej opinii. Porównując uzyskane wyniki dla sieci scale-free oraz

sieci regularnej można zauważyć spore różnice w rozkładzie poglądu 2, który początkowo jest popierany przez liderów. W sieci scale-free liczba zwolenników nie jest nigdy mniejsza niż liczba początkowa zwolenników. Natomiast w przypadku sieci regularnych liczba zwolenników poglądu 2 jest mniejsza od początkowej liczby dla eksperymentu z początkowym udziałem 10% populacji popierającej pogląd 2. Należy jednak zauważyć, że sposób rozmieszczenia agentów jest losowy. Powoduje to wprowadzenie niepoprawnego rozmieszczenia agentów. Jest to znaczne ograniczenie, ponieważ rozmieszczenie agentów w sieci społecznej powinno być realizowane w zależności od cech agentów. Dla agentów silnych takimi miejscami powinny być huby w sieciach społecznych czyli węzły dla których miary centralności są wysokie. Innym ograniczeniem jest funkcja zmiany stanu agenta, która jest bezstanowa, nie uwzględnia poprzedniej opinii. Powoduje to trudność w modelowaniu, ponieważ agenci mogą radykalnie zmieniać swoje poglądy w krótkim czasie. Jest to niepoprawne zachowanie, ponieważ proces zmiany opinii jest procesem stopniowy. Wymaga to dalszych prac nad modelem.

4 Podsumowanie

W pracy przedstawiono wyniki badań symulacyjnych dla zmodyfikowanego modelu Latané-Nowaka. Model Latané-Nowaka jest przykładem modelu dynamicznych opinii, który bazuje na teorii wpływu. Przedstawione wyniki stanowią potwierdzenie, że zastosowanie topologia interakcji pomiędzy agentami stanowi kluczowy element modelu opinii. Jednak można zauważyć, że zaprezentowany model posiada ograniczenia polegające na nie możliwości modelowania jednostek odpornych na wpływ społecznych oraz mających małą siłę przekonywania. Dodatkowo w modelu brakuje współczynnika określającego możliwość komunikacji pomiędzy agentami. Należy również zauważyć, że funkcja zmiany stanu agenta jest bezstanowa. Innym problemem spotykanym w symulacji społecznych jest problem weryfikacji modelu. Jest to związane z brakiem danych rzeczywistych opisujących proces zmiany, formowania opinii. Mimo tych ograniczeń wydaje się, że tego rodzaju model i symulację będą odgrywać coraz większą rolę. Jest to spowodowane rosnącym zainteresowaniem metodami analizy społecznych. Tego rodzaju analizy mają udzielić odpowiedzi na pytanie o związki zachodzące pomiędzy ludźmi, tematami i ideami, umożliwić ich pomiar, analizę i interpretację.

Literatura

1. Castellano C., Fortunato S., Loreto V.: *Statistical physics of social dynamics*
2. Fronczak A., Fronczak P.: *Świat sieci złożonych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009
3. Latane B.: *The psychology of social impact*. American Psychologist, 36, 343-365.
4. Latane B., Nowak A., Szamrej J.: *From Private Attitude to Public Opinion: A Dynamic Theory of Social Impact*, Psychological Review 1990, Vol. 97, No. 3, 362-376
5. Nowak A. i in.: *Układy złożone w naukach społecznych*, Wydawnictwo Naukowe Scholar Warszawa 2009
6. Russell S. i Norvig P. *Artificial Intelligence: Modern Approach Third Edition.*, Prentice Hall 2009
7. Sun R. *Cognition and Multi-Agent Interaction: From Cognitive Modeling to Social Simulation*. Cambridge University Press 2006

8. Weiss G. *Multiagent Systems, A Modern Approach to Distributed Artificial.* The MIT Press, Londyn 1999.
9. Wooldridge M.: *An introduction to multi agent simulation*, Wiley, 2009

Streszczenie

W pracy przedstawiono dynamiczny model wpływów społecznych oraz wyniki symulacji z zastosowaniem sieci społecznych. Omówiono sposób modelowania zjawisk społecznych oraz zastosowanie mikro symulacji do badania modelu. Dla rozważanego modelu opisano istotne cechy agentów oraz regułę zmiany stanu agenta. Przedstawiono wybrane wyniki badań nad modelem oraz ich interpretacje.

Simulation of opinion model in social network

Summary

In this paper dynamic model of social impact is presented. The modeling of social phenomena and the use of micro simulation are discussed. The agent based modeling is applied to construct model and perform simulation. The agent's features and rule of changed her state are described. The results of simulation of model using social network are shown and interpreted.