

Agnieszka KOWALSKA-STYCZEŃ
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania

PODEJŚCIE AGENTOWE W MODELOWANIU ZACHOWAŃ KONSUMENTÓW NA RYNKU OLIGOPOLISTYCZNYM¹

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwości zastosowania modeli agentowych do modelowania zachowań konsumentów. Zaprezentowano model oparty na dwuwymiarowym automacie komórkowym. Jako kluczowy mechanizm zmian preferencji konsumentów przyjęto przekazywanie informacji *z ust do ust* (word of mouth), ponieważ jest on decydującym narzędziem w tej sferze. W pracy pokazano przykłady zastosowania wyżej wymienionego modelu w sytuacji konkurencji na duopolistycznym rynku.

Słowa kluczowe: modele agentowe, marketing szeptany, automat komórkowy, zachowania konsumentów.

THE AGENTS APPROACH IN THE CONSUMER BEHAVIOR MODELING IN AN OLIGOPOLISTIC MARKET

Summary. The possibility of using agent models to model the consumers behavior is presented in this paper. Two dimensional cellular automaton has been used. As a key mechanism of consumer preferences changes, the communication of information 'word of mouth' (w-o-m) was adopted because it is a crucial tool in this area. The article shows examples of the above-mentioned model in the competitive situation in the duopoly market.

Keywords: agent models, word of mouth, cellular automaton, consumers behavior.

¹ Artykuł powstał w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (NCN, grant nr 2011/01/B/HS4/02740).

1. Wprowadzenie

1.1. Modele agentowe

Pojawiające się w ostatniej dekadzie prace pokazują szczególną przydatność modeli agentowych do badania systemów społecznych. Jak wskazują Gotts i inni [17], jest to „oparta na agentach symulacja społeczna”, która jest realizacją paradygmatu badania dynamiki wielkich systemów na podstawie lokalnych interakcji ich składników elementarnych. Modele agentowe, co podkreślają Macy i Willer [24], stanowią pomost pomiędzy poziomem mikro i makro oraz wykorzystują symulacje do szukania mechanizmów przyczynowo-skutkowych zachowań społecznych. Szczególnym rodzajem modeli agentowych są automaty komórkowe (szerzej o automatach komórkowych w pracach [20, 33, 35]). Podejście agentowe często jest także stosowane z powodu ograniczeń, jakie niosą tradycyjne techniki badań. Przykładem jest model dyfuzji innowacji Bassa, którego rozszerzenia i modyfikacje w konwencji modeli agentowych zaprezentowali ostatnio Rand i Rust [31], a także Peres i inni [30]. Wcześniej uogólnienia modeli dyfuzji innowacji za pomocą automatu komórkowego pokazano w pracach [11, 13].

Podstawowym narzędziem do badania modeli agentowych jest symulacja. Symulacja wykorzystuje oprogramowanie komputerowe do modelowania rzeczywistych działań, procesów, systemów oraz umożliwia eksperymentowanie w obszarach, w których występuje niekompletna wiedza teoretyczna, dotycząca danego zjawiska [6]. Może być również wykorzystana jako dogłębne spojrzenie w złożone relacje między elementami, szczególnie, gdy brak jest danych empirycznych [41]. Symulacja może także ujawnić rezultaty interakcji wielu elementów, zwłaszcza wtedy, gdy podlegają one zmianie w czasie [32]. Z takimi problemami spotykamy się w przypadku badań zachowań konsumentów, które są kształtowane pod wyraźnym wpływem otoczenia, ze szczególnym uwzględnieniem wpływów interpersonalnych. Ponadto, preferencje konsumentów zmieniają się dynamicznie w czasie.

Jak pokazują liczne prace, marketing stanowi intensywnie eksplorowaną dziedzinę zastosowania modeli agentowych, a w szczególności automatów komórkowych (AK²). Na przykład w pracach [11, 14, 15] wykorzystano odpowiednio modyfikowane stochastyczne modele, bazujące na idei AK. Podobne podejście pokazali także Rand i Rust [31] oraz Moldovan i Goldenberg [28]. Cytowane prace pokazują możliwości AK w wyjaśnianiu procesów rynkowych na podstawie lokalnych interakcji modelowanych w konwencji modeli agentowych.

² AK to obiekt matematyczny, który składa się z sieci komórek w przestrzeni D-wymiarowej, ze skończonego zbioru stanów pojedynczej komórki oraz z reguły, która określa stan komórki w chwili $t + 1$, w zależności od stanu w chwili t tej komórki i komórek ją otaczających [20, 36-38]. Komórki otaczające to sąsiedztwo i -tej komórki.

Obok takich ogólnych analiz modelowych, powstają także prace opisujące konkretne procesy marketingowe, bazujące na rzeczywistych danych. Przykłady takich rozwiązań pokazali między innymi Guseo i Guidolin [18]. Jest to model ekspansji rzeczywistych produktów farmaceutycznych na rynkach włoskich. Natomiast w pracy [9] podejście AK zastosowano do przewidywania sukcesu rynkowego nowego produktu, przez analizę danych o sprzedaży regionalnej. Interesująca jest również praca [40], w której modele komórkowe zastosowano do symulacji interakcji między klientami a dostawcami usług medycznych i kosmetycznych, a także praca [23], pokazująca modelowanie dynamiki wprowadzania nowych modeli produktów na rynku telefonów komórkowych i stacjonarnych w Chinach.

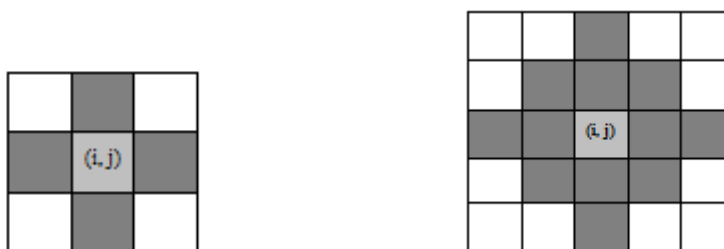
Większość zastosowań modeli bazujących na AK w marketingu dotyczy wprowadzania na rynek nowych produktów. W niniejszej pracy pokazano przykłady analizy za pomocą modelu AK dynamiki konkurencji na rynku duopolistycznym, ponieważ w większości krajów, w tym również w Polsce, w gospodarce dominuje oligopol [27, 29], czyli kilka firm, wytwórców sprzedających ten sam produkt. Na takim rynku występuje silna konkurencja, jeśli chodzi o cenę, jakość i ilość sprzedawanych produktów, zatem istotna dla strategii marketingowych jest dokładna znajomość procesów mających wpływ na zachowania konsumentów. Wydaje się, że odpowiednie modele bazujące na idei AK mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia procesów rynkowych w tym zakresie.

1.2. Komunikacja *word of mouth*

Sieci nieformalne są już od dawna postrzegane jako kluczowe źródła wpływu społecznego w systemach społecznych [1], a najbliższe otoczenie ma największy wpływ na komunikację *word of mouth* (w-o-m), czyli tzw. marketing szeptany. Komunikacja w-o-m, która odzwierciedla sieci nieformalnych powiązań, jak pokazują liczne badania [2, 19, 26, 34] ma znaczący wpływ na wybory konsumentów. Konsumenty znacznie częściej kupują produkt w wyniku zalecenia członka rodziny niż obcej osoby. Jak wynika z ostatniego raportu McKinsey [3], w-o-m jest podstawowym czynnikiem od 20 do 50 procent wszystkich decyzji zakupowych. W niektórych okolicznościach, jak pokazali Goldsmith i Horowitz [16], ten rodzaj komunikacji jest skuteczniejszy od innych form reklamy. Ponadto, jak wykazały prace [12, 30], poza wczesnym etapem procesu dyfuzji (gdy reklama może być skuteczna), w-o-m jest głównym mechanizmem napędzającym wejście produktu na rynek. Interesujące wyniki badań przedstawili również Godes i Mayzlin [10], wskazując, że w-o-m jest najbardziej efektywnym kanałem wzrostu sprzedaży, jeśli jest kreowany przez niezbyt lojalnych konsumentów, ale także wtedy, jeśli zachodzi między niezbyt bliskimi znajomymi (nie przyjaciółmi). Wydaje się, że za pomocą wprowadzonej możliwości przemieszczania się agenta w sieci (niecałkowicie wypełnionej), w pewien sposób może być realizowana idea zasięgnięcia opinii od dalszych znajomych.

Grupą wywierającą najsilniejsze oddziaływanie jest grupa zwarta (czyli gdy członkowie grupy są sobie bliscy) oraz mająca odpowiednią wiedzę na interesujący konsumenta temat. Taką grupę stanowi rodzina lub grupa przyjaciół czy znajomych. To właśnie w takiej grupie spędzamy większość swojego życia i to w takiej grupie podejmowana jest większość decyzji marketingowych. To najbliższe otoczenie ma największy wpływ na komunikację *word of mouth* (w-o-m).

W klasycznych modelach AK rodzina lub grupa przyjaciół reprezentowana jest najczęściej przez otoczenia von Neumanna (rys. 1) lub Moorea (sąsiedztwo włączające także komórki narożne z rys. 1, lewy panel).



Rys. 1. Otoczenie von Neumanna komórki (i, j) automatu dwuwymiarowego dla $r = 1$, otoczenie 4-elementowe (lewy panel), oraz dla $r = 2$, otoczenie 12-elementowe (prawy panel)

Fig. 1. Von Neumann's neighbourhood of a two-dimensional automaton cell (i, j) with $r = 1$, 4-element neighbourhood (left panel) and $r = 2$, 12-element neighbourhood (right panel)

Źródło: opracowanie własne.

2. Model

Środowisko konsumentów przedstawione zostało w modelu jako kwadratowa sieć L na L (automat komórkowy dwuwymiarowy). W obliczeniach kolejnych stanów komórki na brzegach sieci są traktowane tak, jakby cała krata była umieszczona na powierzchni walca (czyli sąsiedzi komórki leżącej na brzegu znajdują się odpowiednio po przeciwległej stronie kraty). Model ten został zbadany i zweryfikowany w pracy [22].

Każda i -ta komórka ($i = 1, 2, \dots, L^2$) może być w jednym z trzech stanów:

- pusta,
- zajęta przez agenta typu A,
- zajęta przez agenta typu B.

Konsumenci/agenci typu A i typu B odpowiadają konsumentom produktów dwóch konkurencyjnych firm. Początkowo agenci są losowo rozmieszczeni w sieci. Pojedyncza komórka jest zajęta z prawdopodobieństwem p i z prawdopodobieństwem $1 - p$ jest pusta. Prawdopodobieństwo p jest po prostu stężeniem agentów (gęstością zapelnienia sieci), ale może być także utożsamiane z dostępem do informacji w marketingu szeptanym. Wprowadza się także koncentrację agentów typu A jako c , a zatem koncentracja agentów typu B wynosi $1 - c$.

Konsumenci/agenci w sieci działają według reguł:

- Agent sprawdza preferencje swojego otoczenia i zmienia swoją preferencję na dominującą w otoczeniu (czyli jeżeli więcej niż 50% jego sąsiadów ma inną opinię niż on, to zmienia on swoją opinię na tę dominującą).
- Jeśli więcej niż 50% ma opinię taką samą jak badany agent, to oczywiście nic się nie zmienia.
- Jeśli mniej niż 50% agentów w otoczeniu wybranego agenta preferuje inną opcję niż wybrany agent, to zmienia on swoje miejsce na wolne w jednym z czterech kierunków N, E, S, W (północ, południe, wschód, zachód)

Definiując w ten sposób reguły zastosowanego automatu komórkowego, uwzględnia się działanie wpływów interpersonalnych oraz przekazywanie informacji za pomocą mechanizmu w-o-m. Istotnym aspektem jest wprowadzenie różnych gęstości zapełnienia sieci przez konsumentów oraz możliwość ruchu agentów. Powoduje to, że otoczenie von Neumanna dla wybranego konsumenta może składać się od 0 osób do 4 jeśli $r = 1$, i od 0 osób do 12, jeśli $r = 2$. Takie założenie jest krokiem w kierunku zbliżenia modelu AK do rzeczywistości społecznej, w której najbliższe sąsiedztwo, kształtujące zasadniczo decyzje jednostki, składa się z różnej liczby osób (rodziny czy grupy przyjaciół są różno-elementowe). Mobilność konsumentów jest także ważnym aspektem, ponieważ przez zmianę miejsca na kracie można odwzorować rzeczywiste zachowania konsumenta, który może przecież w sytuacjach niepewności przedyskutować swoją decyzję z kolejną grupą osób (może to oznaczać najpierw zasięganie opinii w rodzinie, następnie w grupie znajomych lub/i skorzystanie np. z Internetu).

3. Przykłady

Zwolennicy stosowania AK w naukach społecznych i ekonomicznych podkreślają przede wszystkim możliwość realizacji w prosty sposób paradygmatu badania zachowań makro-kolektywnych na podstawie lokalnych relacji [11-15, 28, 31]. Zaproponowany w poprzedniej sekcji model wykorzystano między innymi do pokazania działania mechanizmu podejmowania decyzji wyłącznie na podstawie komunikacji interpersonalnej [22]. W artykule tym określono czynniki, które są ważne w marketingu szeptanym, wykorzystując zarówno symulacje Monte Carlo, jak i obliczenia analityczne. Okazało się, że niepewność w gęstszych społeczeństwach (większa gęstość zapełnienia sieci, czyli większa liczba połączeń między konsumentami) jest wyższa niż w populacji o niższym stężeniu konsumentów. W przypadku dużej ilości informacji (dużego p), podjęcie ostatecznej decyzji trwa dłużej, co zgadza się z obserwacjami empirycznymi [4]. Ponadto, wystarczy kilka kroków do osiągnięcia stanu stabilnego (czyli takiego, w którym żaden konsument nie zmienia już swojej preferencji).

Zjawisko takie jest zbieżne z faktem, że człowiek ma ograniczoną pojemność informacyjną i dlatego stara się, by decyzję podjąć w stosunkowo krótkim czasie [3, 35]. Również prace [5, 7, 39] wskazują na to, że ludzie często podejmują decyzje wyłącznie na podstawie kilku informacji, nawet jeśli ilość dostępnej informacji jest duża.

Kolejne badania wykorzystujące zaprezentowany model dotyczyły badania zależności dynamiki mechanizmu *word of mouth* od różnego rozmiaru nieformalnych grup oraz różnej wielkości sieci (społeczeństwa, w którym ma miejsce komunikacja w-o-m). W pracy [21] badano wpływ wielkości i ilości źródeł marketingu szeptanego na ryzyko zmiany preferencji konsumentów produktów dwóch konkurencyjnych firm. Jako miernik ryzyka przyjęto odchylenie standardowe, ponieważ taki wskaźnik jest jednym z podstawowych mierników ryzyka, w tym wypadku ryzyka niestabilności preferencji na rynku podzielonym między produkty dwóch konkurencyjnych firm. Okazało się, że w większej społeczności relacje preferencji modyfikowane mechanizmem w-o-m są bardziej stabilne (większa sieć to mniejsze odchylenie). Duży wpływ na dynamikę badanych preferencji ma również wielkość grup, wewnątrz których konfrontuje się i formułuje własne opinie. Większe grupy znajomych/przyjaciół powodują ogólnie wzrost ryzyka zmian preferencji. Na wspomniane ryzyko w znacznie mniejszym stopniu wpływa możliwość zasięgania opinii w innych źródłach informacji (ruch agenta), ale też ilość dodatkowych kontaktów uzyskiwanych tym mechanizmem jest stosunkowo niewielka (w porównaniu do zmian otoczenia z $r = 1$ na $r = 2$).

4. Podsumowanie

Modele agentowe (sztuczne społeczeństwa) są nowym naukowym instrumentem w naukach społecznych, pozwalającym wyjaśnić pojawianie się makroskopowych prawidłowości społecznych. Zwolennicy stosowania tych modeli (w tym automatów komórkowych) podkreślają możliwość realizacji w prosty sposób paradygmatu badania zachowań makrokolektywnych (określanych także mianem *emergent properties*) na podstawie lokalnych relacji [25]. Jest to bardzo ważna zaleta podejścia agentowego, ponieważ nawet pełna wiedza na temat reguł, którymi kieruje się jednostka, nie zawsze pozwala na przewidywanie rezultatów w skali makro [8]. Nacisk w modelowaniu na heterogeniczność agentów w całej populacji i powstanie samoorganizacji to cecha wyróżniająca symulację opartą na agentach od innych technik symulacyjnych [24]. Wszystkie te własności modeli agentowych potwierdzają ich siłę w modelowaniu zachowań społecznych, a w szczególności zachowania konsumentów.

Zaproponowany w pracy model jest uproszczeniem rzeczywistości, jednak w analizowanych eksperymentach pokazano, że wyniki uzyskiwane drogą takich uproszczeń z jednej strony potwierdzają intuicyjne przekonania, a z drugiej wyniki żmudnych badań

empirycznych przeprowadzonych w rzeczywistych grupach społecznych. Wszystkie te czynniki potwierdzają, że modele agentowe mogą mieć daleko idące skutki w przyszłości, ponieważ firmy coraz częściej używają komputerów do wsparcia procesu podejmowania decyzji, a symulacja może być jednym z elementów ułatwiających ten proces. Mimo wielu znaczących wyzwań, modelowanie oparte na agentach może wnieść znaczący wkład w badanie zachowania konsumentów.

Bibliografia

1. Brass D.J.: Being in the right place - A structural analysis of individual influence in an organization. *Administrative Science Quarterly*, No. 29, p. 518-539, 1984.
2. Brown J.J., Reingen P.H.: Social Ties and Word-of-Mouth Referral Behavior. *Journal of Consumer Research*, Vol. 14, p. 350-362, 1987.
3. Bughin, J., Doogan, J., Vetvik, O.J.: A new way to measure word-of-mouth marketing, *McKinsey Quarterly*, p. 1-9, 2010.
4. Card S.K., Moran P.P., Newell A.P.: The model human processor, [in:] *Handbook of Perception and Human Performance*, eds. Boff, K.R., Kaufman, L., Thomas, J.P. (John Wiley and Sons, 1986).
5. Cokely E.T., Schooler L.J., Gigerenzer G.: Information use for decision making, *Encyclopedia of Library and Information Sciences*, 3rd edn., Vol. 1, p. 2727-2734, Taylor & Francis, 2009.
6. Davis J.P., Eisenhardt K.M., Bingham C.B.: Developing theory through simulation methods, *Academy of Management Review*, 32 (2), s. 480-499, 2007.
7. Dhami M.K., Harries C.: Information search in heuristic decision making, *Appl. Cogn. Psychol.*, 24, 571-586, 2009.
8. Epstein J.M.: *Agent-Based Computational Models And Generative Social Science, Complexity*, John Wiley & Sons, Inc., 4 (5), 1999.
9. Garber T., Goldenberg J., Libai B., Muller E. From Density to Destiny: Using Spatial Dimension of Sales Data for Early Prediction of New Product Success, *Marketing Science*, 23 (3), 419-428, 2004.
10. Godes D., Mayzlin D.: Firm-Created Word-of-Mouth Communication: Evidence from a Field Test, *Marketing Science*, 28 (4), s. 721-739, 2009.
11. Goldenberg J., Efroni S.: Using Cellular Automata Modeling of the Emergence of Innovation., *Technological Forecasting and Social Change*, 68 (3), s. 293-308, 2001.
12. Goldenberg J., Libai B., Muller E.: Talk of the Network: A Complex Systems Look at the Underlying Process of Word-of-Mouth, *Marketing Letters*; 12:3, s. 211-223, 2001.
13. Goldenberg J., Libai B., Muller E.: Using Complex Systems Analysis to Advance Marketing Theory Development: Modeling Heterogeneity Effects on New Product Growth through Stochastic Cellular Automata, *Academy of Marketing Science Review*, 9, 2001.

14. Goldenberg J., Libai B., Muller E.: Riding the Saddle: How Cross-Market Communications Can Create a Major Slump in Sales, *Journal of Marketing*, 66, s. 1-16, 2002.
15. Goldenberg J., Libai B., Muller E.: The chilling effects of network externalities, *International Journal of Research in Marketing*, 27, s. 4-15, 2010.
16. Goldsmith R.E., Horowitz D.: Measuring motivations for online opinion seeking, *Journal of Interactive Advertising*, Vol. 6 No. 2, Spring, s. 1-16, 2006.
17. Gotts N.M., Polhill J.G., Law A.N.R.: Agent-Based Simulation in the Study of Social Dilemmas, *Artificial Intelligence Review* 19, s. 3-92, 2003.
18. Guseo R., Guidolin M.: Modelling a dynamic market potential: A class of automata networks for diffusion of innovations, *Technological Forecasting and Social Change*, 76, s. 806-820, 2009.
19. Hennig-Thurau T., Walsh G.: Electronic word-of-mouth: motives for and consequences of reading consumer articulations on the Internet, *International Journal of Electronic Commerce*, Vol. 8 No. 2, Winter, s. 51-74, 2004.
20. Kowalska-Styczeń A.: Symulowanie złożonych procesów ekonomicznych za pomocą automatów komórkowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
21. Kowalska-Styczeń A.: Wpływ marketingu szeptanego na zachowania konsumentów na rynku oligopolistycznym, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Organizacja i Zarządzanie z. 64*, Gliwice, 2013.
22. Kowalska-Styczeń A., Sznajd-Weron K.: Access to information in word of mouth marketing within a cellular automata model, *Advances in Complex Systems Vol. 15*, No. 7, 2012.
23. Ma F., Chao G.: Research on Communication Products Diffusion in China Using Cellular Automata. *International Business Research*, 4 (2), s. 147-152, 2011.
24. Macal C.M, North M.J.: Tutorial on agent-based modelling and simulation, *Journal of Simulation*, 4, s. 151-162, 2010.
25. Macy M.W, Willer R.: From factors to actors: Computational sociology and agent based modelling, *Annual Review of Sociology*, 28, 143-166, 2002.
26. Mahayan V., Muller E., Kerin R.A.: Introduction strategy for new products with positive and negative word-of mouth, *Management Science*, Vol. 30, No 12, s. 1389, 1984.
27. Maurice S.C., Thomas C.R.: *Managerial Economic*, 7th Edition, McGraw-Hill, New York, 1998.
28. Moldovan S., Goldenberg J.: Cellular automata modeling of resistance to innovations: Effects and solutions, *Technological Forecasting and Social Change*, 71, s. 425-442, 2004.
29. Nasiłowski M.: *System rynkowy. Podstawy mikro- i makroekonomii*, Wydawnictwo Key Text, Warszawa, 2001.
30. Peres R., Muller E., Mahajan V.: Innovation diffusion and new product growth models: A critical review and research directions, *International Journal of Research in Marketing* 27, s. 91-106, 2010.

31. Rand W., Rust R.T.: Agent-based modeling in marketing: Guidelines for rigor. *International Journal of Research in Marketing*, 28 (3), s. 181-193, 2011.
32. Repenning N.: A simulation-based approach to understanding the dynamics of innovation implementation, *Organization Science*, 13, s. 109-127, 2002.
33. Sarkar P.: A brief history of cellular automata, *ACM Computing Surveys*, 32 (1), s. 80-107, 2000.
34. Steffes E.M., Burgee L.E.: Social ties and online word of mouth, *Internet Res.* 19, s. 42-59, 2009
35. Urbany J.E., Dickson P.R., Wilkie W.L., Buyer uncertainty and information research, *J. Consum. Res.*, 16, s. 208-215, 1989.
36. Wolfram S.: *A New Kind of Science*. Wolfram Media, Inc. 2002.
37. Wolfram S.: Statistical mechanics of cellular automata, *Rev. Mod. Phys.* 55, 1983, s. 601-644.
38. Wolfram S.: Universality and complexity in cellular automata, *Physica D* 10, 1984, s. 1-35.
39. Vul E., Goodman N.D., Griffiths T.L., Tenenbaum J.B.: One and Done? Optimal decisions from very few samples, in *Proc. 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Amsterdam, 29 July–1 August, 2009.
40. Zimbres R.A., De Oliveira P.B.: Dynamics of Quality Perception in a Social Network: A Cellular Automaton Based Model in Aesthetics Services, *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 252, s. 157-180, 2009.
41. Zott C.: Dynamic capabilities and the emergence of intra-industry differential firm performance: Insights from a simulation study, *Strategic Management Journal*, 24, s. 97-125, 2003.

Abstract

The paper presents possibilities of using agent models to simulate consumers' behaviour in an oligopolistic market. The presented model uses a two dimensional cellular automaton, because it allow to analyse the dynamics of changes in views and attitudes in social groups based on local interactions between people in small groups of friends, family members etc. The paper shows examples of model application to simulate the dynamics of word of mouth mechanism in the competitive market. The results generally confirm the potential of simple tool such as the cellular automata. This tool as demonstrated in this article can be used in the complex processes of the market study, and thereby assist in the development of more efficient and effective marketing campaigns.