

AGATA WAWRZYŃIAK

Uniwersytet Szczeciński

## ZASTOSOWANIE METODY DYNAMIKI SYSTEMÓW DO MODELOWANIA I SYMULACJI ELEKTRONICZNYCH INSTRUMENTÓW PŁATNICZYCH

### Wprowadzenie

W ostatnich dwudziestu latach głębokim przeobrażeniom uległy modele zachowań polskich gospodarstw domowych. Zmieniła się nie tylko struktura wydatków, ale także źródła ich finansowania. Wpływ na to ma niewątpliwie transformacja polskiej gospodarki oraz wiele procesów obserwowanych w skali globalnej. Dynamiczny rozwój technologii informacyjnych przyspiesza i ułatwia przeprowadzanie operacji gospodarczych. Jedną z interesujących i widocznych już od dłuższego czasu zmian we wzorcach zachowań gospodarstw domowych jest korzystanie z elektronicznych instrumentów płatniczych, a zwłaszcza z kart kredytowych<sup>1</sup>.

W Polsce rynek kart płatniczych zaczął się rozwijać dopiero w latach dziewięćdziesiątych XX wieku (pierwsze karty bankomatowe i płatnicze zaczęto wydawać w 1991 roku). O rosnącej popularności kart kredytowych wśród gospodarstw domowych świadczy wzrost liczby wydanych kart i wartości dokonanych

---

<sup>1</sup> A. Wałęga, G. Wałęga, *Korzystanie z kart kredytowych a wydatki gospodarstw domowych*, w: *Zachowania rynkowe w teorii i praktyce*, red. D. Kopycińska, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2007.

nimi transakcji. Liczba kart kredytowych w Polsce wyniosła w pierwszym kwartale 2010 roku 10,2 mln sztuk (co stanowi 31,2% wszystkich wydanych kart płatniczych), a liczba transakcji wyniosła 46,8 mln (co w ujęciu wartościowym daje kwotę 6 879,0 mln zł)<sup>2</sup>.

W artykule podjęto próbę określenia wpływu dokonywania płatności za pomocą karty kredytowej na poziom życia gospodarstw domowych. Główną hipotezą badawczą jest stwierdzenie, że korzystanie z karty kredytowej jest atrakcyjne wyłącznie w krótkim okresie. Im okres ten jest dłuższy, tym koszty związane z posiadaniem karty kredytowej przewyższają korzyści. Badania przeprowadzono na podstawie studiów literatury przedmiotu. Do weryfikacji hipotezy badawczej wykorzystano dane pochodzące z Narodowego Banku Polskiego oraz Głównego Urzędu Statystycznego.

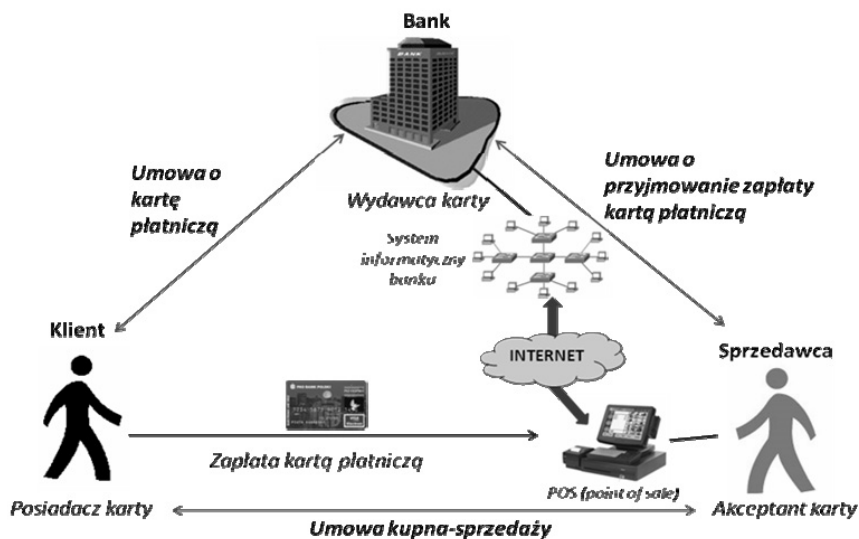
## **1. Pojęcie karta płatnicza i przesłanki korzystania z niej przez gospodarstwa domowe**

Elektroniczne instrumenty płatnicze to przede wszystkim karty płatnicze oraz instrumenty pieniądza elektronicznego (urządzenia elektroniczne, na których przechowywany jest pieniądz elektroniczny), a także każdy inny „instrument płatniczy, w tym z dostępem do środków pieniężnych na odległość, umożliwiający posiadaczowi dokonywanie operacji przez użycie elektronicznych nośników informacji lub elektroniczną identyfikację posiadacza niezbędną do dokonania operacji”<sup>3</sup>. Ze względu na sposób rozliczania transakcji karty płatnicze można podzielić na: debetowe, obciążeniowe i kredytowe. Instrumenty pieniądza elektronicznego, z kolei, to między innymi przedpłacone karty płatnicze, tak zwane elektroniczne portmonetki, i wirtualne karty płatnicze. Podstawą prawną, która ustanawia zasady wydawania i używania elektronicznych instrumentów płatniczych, precyzuje prawa i obowiązki stron umów oraz określa zasady tworzenia, organizacji, działalności oraz nadzoru, a także likwidacji instytucji pieniądza elektronicznego, jest ustawa z dnia 12 września 2002 r. o elektronicznych instrumentach płatniczych.

<sup>2</sup> Narodowy Bank Polski – Internetowy Serwis Informacyjny, <http://www.nbp.pl>.

<sup>3</sup> Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o elektronicznych instrumentach płatniczych, DzU 2002, nr 169, poz. 1385.

Idea działania wszystkich kart płatniczych jest zasadniczo identyczna (rysunek 1), różnią się one natomiast między sobą sposobem rozliczania transakcji. W niniejszym artykule główną uwagę skupiono na kartach kredytowych.



Rys. 1. Działanie bankowej karty płatniczej

Źródło: opracowanie własne.

Karta kredytowa umożliwia jej właścicielowi nabywanie dóbr i usług do pewnej kwoty bez konieczności natychmiastowej płatności. Oznacza to, że karta kredytowa pozwala na zaciągnięcie zobowiązania na dłużej niż jeden okres rozliczeniowy. Akceptant karty, czyli sprzedawca, otrzymuje płatność natychmiast od banku lub innej instytucji finansowej, która wydała kartę, natomiast właściciel karty spłaca po pewnym czasie dług, często w ratach<sup>4</sup>. Co miesiąc bank, który wydał kartę, wymaga spłaty jedynie minimalnej kwoty. W przeważającej większości kart kredytowych używanych w Polsce minimalna wymagana przez wystawcę karty kwota spłaty wynosi 5% kwoty zadłużenia, czyli całkowita spłata zaciągniętego zadłużenia (zakładając tylko wymagane kwoty spłaty) może trwać nawet kilka lat.

<sup>4</sup> Por. J. Black, *Słownik ekonomii*, PWN, Warszawa 2008.

Z punktu widzenia gospodarstw domowych karty kredytowe pełnią dwie podstawowe funkcje: płatniczą i kredytową. Ułatwiają one konsumentom dokonywanie zakupów, stanowiąc przy tym względnie bezpieczny i wygodny środek płatniczy. Za pomocą kart kredytowych gospodarstwa domowe zyskują także możliwość pobierania pieniędzy z bankomatów. Jednocześnie korzystanie z kart kredytowych zapewnia konsumentom dostęp do dodatkowego zasobu środków, które mogą przeznaczyć na sfinansowanie wydatków. Pozwala to gospodarstwom domowym na większą konsumpcję bieżącą niż wynikałoby to z uzyskiwanych w danym okresie dochodów i posiadanych aktywów. Korzystanie z karty kredytowej pozwala gospodarstwom domowym na zaciągnięcie niezabezpieczonego kredytu w punkcie sprzedaży do limitu określonego przez wydawcę karty. Uzyskany przez gospodarstwo domowe za pomocą tego rodzaju instrumentu kredyt jest przeznaczany głównie na cele konsumpcyjne<sup>5</sup>.

Zaprezentowany w dalszej części artykułu przykładowy model działania karty kredytowej został zbudowany przez autorkę na podstawie dynamiki systemowej. W związku z tym metoda ta zostanie omówiona w kolejnym podpunkcie.

## 2. Istota dynamiki systemowej

Dynamika systemów (dynamika systemowa, *System Dynamics* – SD) jest metodą szczególnego podejścia do problemów zarządzania w systemach gospodarczych. Jest to technika symulacji ciągłej, opracowana pod koniec lat pięćdziesiątych XX wieku przez Jaya W. Forrestera i jego współpracowników z Massachusetts Institute of Technology (MIT)<sup>6</sup>. Według twórcy dynamiki systemowej „stosowanie metody SD polega na badaniu cech charakterystycznych informacyjnego sprzężenia zwrotnego występującego w działalności gospodarczej, w celu wykazania, w jaki sposób struktura organizacyjna, zwiększanie planów oraz opóźnienia czasowe (obserwowane w decyzjach i działaniach) oddziałują na siebie i wpływają na powodzenie przedsiębiorstwa. Zajmuje się to badanie wewnętrznymi oddziaływaniami między strumieniami informacji, pieniędzy, zamówień, materiałów, zatrudnienia i wyposażenia kapitałowego w przedsiębiorstwie, w przemyśle lub całej gospodarce narodowej”<sup>7</sup>. W literaturze

<sup>5</sup> A. Wałęga, G. Wałęga, *Korzystanie z kart kredytowych...*

<sup>6</sup> M. Łatuszyńska, A. Wawrzyniak, B. Wąsikowska, *Przegląd oprogramowania do modelowania systemowo-dynamicznego*, Studia Informatica nr 12, Szczecin 2000.

<sup>7</sup> J.W. Forrester, *Industrial dynamics*, The MIT Press and Wiley, New York 1961.

polskiej technika ta jest znana pod kilkoma nazwami, wśród których najpopularniejsze to dynamika systemów gospodarczych, dynamika systemów zarządzania, symulacja systemowo-dynamiczna, modelowanie systemowo-dynamiczne czy też podejście systemowo-dynamiczne.

Główne zadania modeli systemowo-dynamicznych to analizowanie dynamiki zachowania się szczególnie złożonych systemów i projektowanie efektywnej kombinacji systemów w zakresie struktury oraz reguł podejmowania decyzji. Modele SD są adresowane do wysokiego szczebla zarządzania w hierarchii badanych systemów. Nie dają dokładnych punktowych prognoz wymaganych na szczeblu operacyjnym, ale przedstawiają sposób funkcjonowania systemu, wykazują jego słabe punkty, określają tendencje rozwojowe, ułatwiają zrozumienie skomplikowanych powiązań wewnątrzsystemowych<sup>8</sup>. Aparat matematyczny oraz zasady modelowania w konwencji dynamiki systemowej przedstawiono w licznych publikacjach<sup>9</sup>.

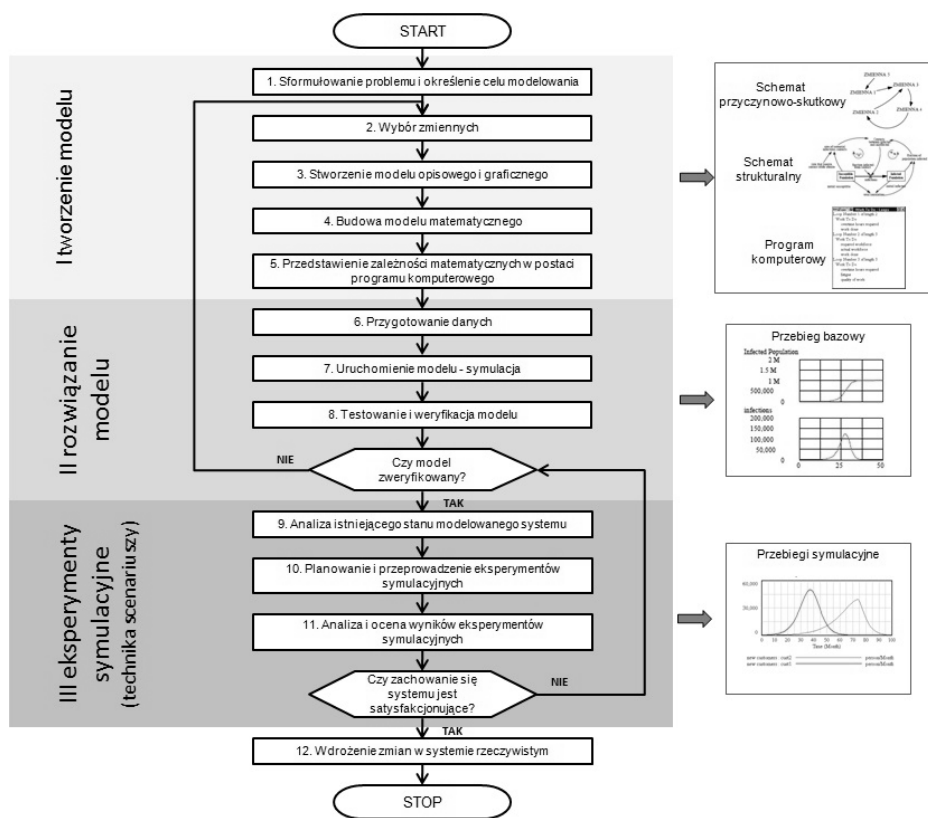
Posługiwanie się dynamiką systemową oznacza przestrzeganie pewnej określonej procedury modelowania (rysunek 2), zaczynającej się od sformułowania problemu i określenia celu. Następnym krokiem jest identyfikacja kluczowych czynników wpływających na określony problem oraz ustalenie głównych sprzężeń zwrotnych i określenie granic systemu. Na podstawie tych czynników można przystąpić do konstruowania opisu słownego oraz graficznej postaci modelu symulacyjnego (na tym etapie budowane są schematy przyczynowo-skutkowy i strukturalny), przedstawiającej wzajemne zależności między analizowanymi elementami. Kolejnym etapem jest opis reguł decyzyjnych w postaci modelu matematycznego, który następnie podlega procesowi symulacji komputerowej. Wyniki symulacji (tak zwany przebieg bazowy), ukazującej zachowanie się badanego systemu w czasie, są porównywane z dostępną wiedzą o systemie i następuje ewentualna weryfikacja modelu. Jest on weryfikowany tak długo, aż będzie zadowalająco odzwierciedlał realne zachowanie się systemu. Kolejnym etapem omawianej procedury jest symulacja efektów potencjalnych zmian reguł decyzyjnych w celu zbadania ich wpływu na udoskonalenie systemu (w tym kroku są przepro-

---

<sup>8</sup> M. Łatuszyńska, A. Wawrzyniak, B. Wąsikowska, *Przegląd oprogramowania...*

<sup>9</sup> R. Łukaszewicz, *Dynamika systemów zarządzania*, PWN, Warszawa 1975; Z. Souček, *Modelowanie i projektowanie systemów gospodarczych*, PWE, Warszawa 1979; Z. Biniek, *Elementy teorii systemów, modelowania i symulacji*, INFOPLAN 2002; C.W. Kirkwood, *System dynamics methods: A quick introduction*, Arizona State University 1998, <http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sydsyn/SDIntro/SDIntro.htm>; J.D. Sterman, *Business dynamics. System thinking and modeling for a complex world*, Wyd. Irwin McGraw-Hill 2000; Road Maps: *A Guide to learning system dynamics*, <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html>.

wadzone eksperymenty symulacyjne). Następnie porównuje się wyniki przebiegu bazowego z wynikami przebiegów eksperymentalnych i wyciąga wnioski. Ocena powinna obejmować określenie efektu ekonomicznego proponowanych zmian, sporządzenie kalkulacji kosztów zmian i porównanie ich z oszczędnościami, jakie mogą się pojawić po zastosowaniu zmian w systemie. W ostatnim etapie procedury wdrażane są zmiany w systemie rzeczywistym, zgodnie ze wskazaniami uzyskanymi w procesie symulacji. Etap ten stanowi syntezę poprzednich czynności związanych z konstruowaniem modelu.



Rys. 2. Procedura modelowania systemowo-dynamicznego

Źródło: opracowanie własne na podstawie M. Łatuszyńska, *Modelowanie modułowe w symulacyjnym badaniu dynamiki systemów ekonomicznych*, [http://www.nauka.szczecin.pl/konf/iizs/pdf/05\\_03.pdf](http://www.nauka.szczecin.pl/konf/iizs/pdf/05_03.pdf).

W ostatnich latach na rynku pojawiło się wiele programów komputerowych, które w mniejszym lub większym stopniu wspomagają konstruowanie i rozwiązywanie modeli systemowo-dynamicznych. Jednymi z bardziej popularnych są: IThink, Stella, Powersim oraz AnyLogic. W niniejszym artykule posłużono się pakietem symulacyjnym Vensim 5.10 firmy Ventana Systems. Wersja PLE, która została użyta do przeprowadzenia badań, jest bezpłatną wersją systemu przeznaczoną na potrzeby edukacyjne i do badań własnych.

### 3. Systemowo-dynamiczny model funkcjonowania karty kredytowej

Prezentowany model został opracowany na podstawie rozwiązania zaproponowanego w pracy M. Ratha<sup>10</sup> i powstał w celu zbadania, jak korzystanie z karty kredytowej wpływa na poziom życia jej posiadacza. Problem, który jest przedmiotem modelowania, związany jest z coraz powszechniejszym w dobie kryzysu zjawiskiem „nadużywania” kart kredytowych przez ich właścicieli i w konsekwencji wpadania w tak zwaną pułapkę kredytową. W niniejszym artykule autorka przedstawia proces przekształcenia opisu słownego omawianego problemu w model systemowo-dynamiczny.

Na wstępie przyjęto założenie, że rozważania będą prowadzone z punktu widzenia przeciętnego polskiego gospodarstwa domowego, którego jeden z członków ma stałą pracę i osiąga dochody na poziomie średniej krajowej (w styczniu 2010 r. przeciętne miesięczne wynagrodzenie nominalne brutto wyniosło 3231,13 zł<sup>11</sup>). W badaniu zajęto się dwoma kwestiami. Po pierwsze, przeprowadzono symulację i sprawdzono, jak duże będzie zadłużenie w następujących po sobie okresach. Po drugie, zbadano, jaki efekt będzie miało korzystanie z karty kredytowej na poziom życia członków badanego gospodarstwa domowego. Założono, że karta kredytowa jest używana głównie do opłacania bieżących wydatków, takich jak zakupy artykułów spożywczych, rachunki w restauracji lub bilety do kina, a więc wszystkie korzyści z posiadania karty są odczuwane w momencie konsumpcji danych dóbr i usług.

---

<sup>10</sup> M. Ratha, *The credit card model*, MIT 2001, <http://sysdyn.clexchange.org/sdep>.

<sup>11</sup> *Informacja o sytuacji społeczno-gospodarczej kraju. Styczeń 2010 r.*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2010.

Kolejnym krokiem modelowania systemowo-dynamicznego jest identyfikacja kluczowych zmiennych. Poziomem w modelu jest *saldo zadłużenia*. Wartość *salda zadłużenia* to ilość funduszy, jakie jest dłużny właściciel karty kredytowej bankowi, który wydał kartę. *Saldo zadłużenia* jest zwiększane przez *zakupy z wykorzystaniem karty kredytowej* (łącznie wartość zakupów kartą) i *odsetki miesięczne*. Wartość salda jest natomiast zmniejszana przez *splatę*. *Zakupy z wykorzystaniem karty kredytowej* to łączna miesięczna wartość zakupionych produktów/usług. *Ułamek wydatków* to procent, z jakim zostanie wykorzystany dostępny kredyt na dany miesiąc. W modelu przyjęto, że 20% całości zakupów jest dokonywana przy użyciu karty kredytowej.

Kwota pieniędzy, jaką użytkownik karty może pożyczyć, jest ograniczona. Maksymalną wartość kredytu, jaki posiadacz karty może zaciągnąć, została nazwana w modelu *limitem kredytowym* (w omawianym przykładzie przyjęto, że tą maksymalną kwotą jest 10 000 zł i jest to wartość stała). Bank ograniczył kwotę, która może być pożyczona, aby posiadacz karty nie obciążał jej nadmiernie, ponieważ przyjęto, że właściciel karty ma dochód na stałym poziomie, więc mógłby nie być w stanie spłacić swoich długów, gdyby pożyczył zbyt dużo. Limit kredytowy pozwala bankowi ograniczyć straty z powodu niewypłacalności dłużnika. *Dostępna wartość kredytu* to wartość, na którą ma wpływ limit kredytowy ustalany przez bank oraz bilans płatności. Im *saldo zadłużenia* jest większe, tym mniejsza jest wartość dostępnego kredytu; im *limit kredytowy* jest większy, tym *dostępna wartość kredytu* jest większa.

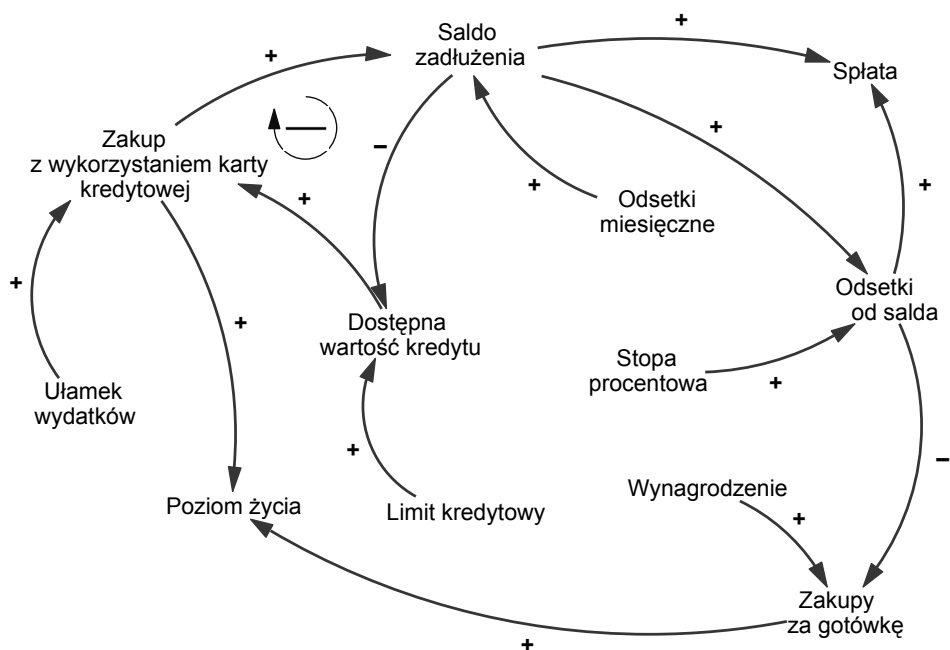
Pojawiające się w modelu *odsetki miesięczne* są uzależnione od *salda zadłużenia* (im większe *saldo zadłużenia*, tym *odsetki miesięczne* związane z obsługą długu zwiększają się). Na *odsetki miesięczne* wpływa również stała wartość, jaką jest *stopa procentowa* określana przez bank w ujęciu rocznym (w omawianym przykładzie przyjęto jej wartość na 18% dla roku, więc dla jednego miesiąca stopa procentowa wynosi 1,5%). W przykładzie użytkownik karty zdecydował się tylko na comiesięczną spłatę odsetek (jest to dosyć powszechne zjawisko), stąd *splata* jest równa *odsetkom miesięcznym*. Do modelu została wprowadzona jeszcze jedna zmienna – *odsetki od salda*, które równają się *odsetkom miesięcznym*. W ten sposób *odsetki miesięczne* i *płatności* równają się *odsetkom od salda*. Dodanie tej zmiennej było niezbędne. Dzięki temu wyeliminowano problem występowania w modelu sytuacji, w której dwa strumienie mogą mieć taką samą wartość. Dobre praktyki modelowania wskazują, że strumienie nie powinny (o ile jest to możliwe) być sobie równe.



Aby wydawać jakiegokolwiek pieniądze, użytkownik karty musi mieć źródło dochodów. Dla większości ludzi takim źródłem jest pensja, otrzymywana od pracodawcy za wykonaną na jego rzecz pracę. Dla uproszczenia przyjęto, że w ciągu całego objętego badaniem okresu kwota ta jest stała i wynosi 2318,21 zł (jest to kwota netto obliczona na podstawie podanej wyżej średniej krajowej). W związku z tym model uzupełniono o parametr *Wynagrodzenie*. Dodatkowo założono, że w badanym okresie posiadacz karty nie otrzymał podwyżki wynagrodzenia ani premii.

Kolejną zmienną wprowadzoną do modelu są *zakupy za gotówkę*, czyli łączna wartość towarów, jakie zakupiono za otrzymane w danym miesiącu *wynagrodzenie*. W omawianym modelu *zakupy za gotówkę* są równe kwocie, która pozostała z pensji po spłacie odsetek z karty kredytowej (czyli *zakupy za gotówkę* = *wynagrodzenie* – *odsetki od salda*). *Zakupy za gotówkę* i *zakupy z wykorzystaniem karty kredytowej* mają wpływ na jeszcze jedną zmienną, która jest kluczową z punktu widzenia celu badania. Tą zmienną jest *poziom życia*, który można zdefiniować jako ogólną ocenę poziomu jakości życia zależną ogólnie od liczby zakupionych towarów. W omawianym przykładzie jest to łączna ilość wydanych pieniędzy na zakupy ogółem (zarówno kartą kredytową, jak i tradycyjnie – gotówką).

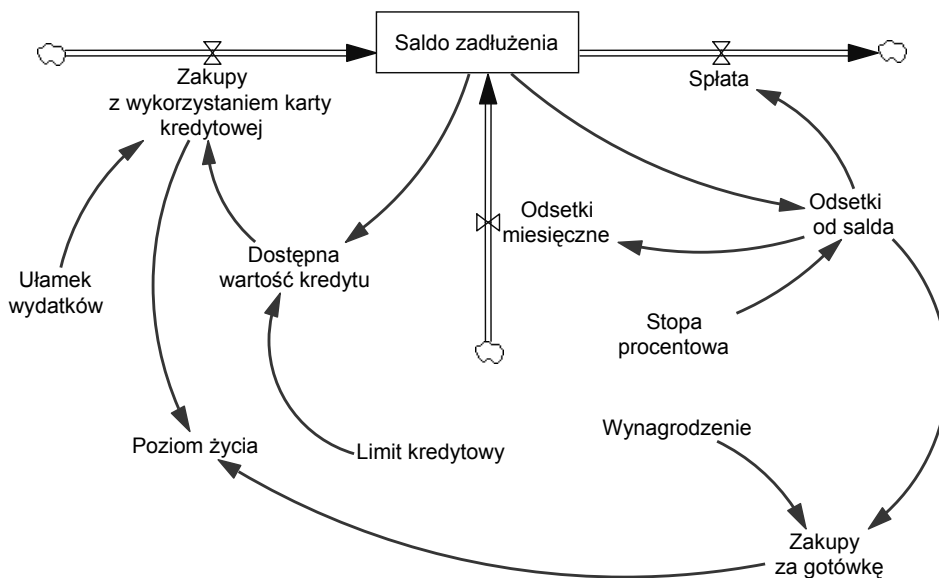
W ten sposób zostały zdefiniowane wszystkie elementy systemu, które tworzą model odzwierciedlający wpływ wykorzystania karty kredytowej na poziom życia gospodarstwa domowego. Model obejmuje wszystkie niezbędne zmienne i na jego podstawie mogą być prowadzone dalsze symulacje. Zwieńczeniem tej fazy jest budowa schematów: przyczynowo-skutkowego i strukturalnego. Idea pierwszego rodzaju schematów bazuje na klasycznym układzie przyczynowo-skutkowym. Jest on ilustracją kierunku i rodzaju powiązań między zmiennymi systemu w układzie podstawowych pętli sprzężeń zwrotnych. Opracowanie tego schematu jest jednoznaczne z wyznaczeniem granic badanego systemu (rysunek 3).



Rys. 3. Schemat przyczynowo-skutkowy modelu funkcjonowania karty kredytowej w notacji pakietu symulacyjnego Vensim

Źródło: opracowanie własne.

Układ zależności przyczynowo-skutkowych został rozwinięty w schemacie strukturalnym, który zawiera poziomy, strumienie, zmienne pomocnicze oraz parametry we wzajemnych związkach interakcyjnych (rysunek 4). Każda z tych wielkości została przedstawiona za pomocą odpowiedniego symbolu graficznego. Model strukturalny posłużył do opisania podstawowych reguł decyzyjnych występujących w danym systemie. Ponadto w pakiecie symulacyjnym Vensim schemat strukturalny jest niezbędny przy tworzeniu modelu matematycznego.



Rys. 4. Schemat strukturalny modelu funkcjonowania karty kredytowej w notacji pakietu symulacyjnego Vensim

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym krokiem w procedurze modelowania systemowo-dynamicznego jest przekształcenie modelu graficznego w model matematyczny, który stanowi układ równań. Następnie zależności matematyczne są zapisywane w postaci programu komputerowego. Ich kształt jest zależny od wybranego oprogramowania. W tabeli 1 zostały zestawione równania modelu w notacji pakietu symulacyjnego Vensim.

Tabela 1

## Równania modelu funkcjonowania karty kredytowej

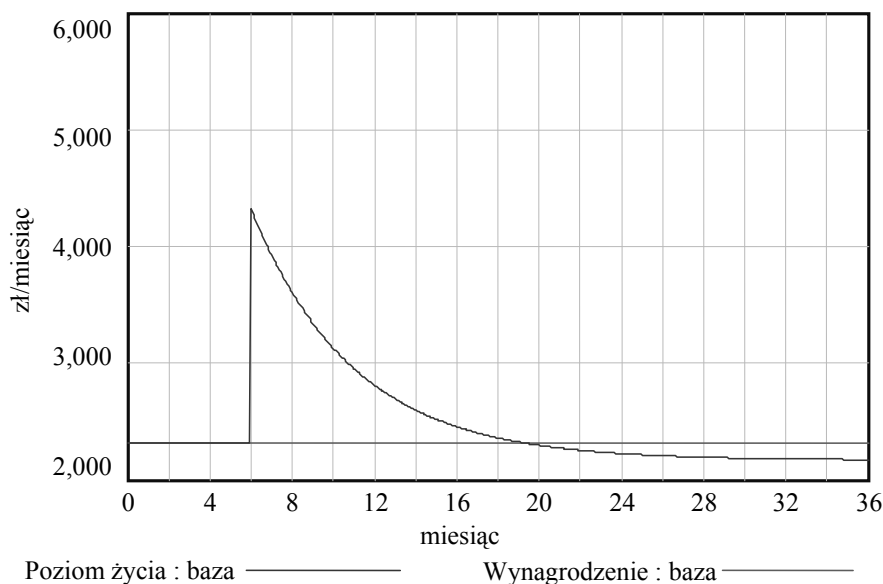
Lp.	Równanie	Jednostka
1.	Saldo zadłużenia = INTEG (Odsetki miesięczne + Zakupy z wykorzystaniem karty kredytowej – Spłata,0)	zł
2.	Dostępna wartość kredytu = Limit kredytowy – Saldo zadłużenia	zł
3.	Limit kredytowy = STEP (10000,6)	zł
4.	Odsetki od salda = Saldo zadłużenia * Stopa procentowa	zł/miesiąc
5.	Odsetki miesięczne = Odsetki od salda	zł/miesiąc
6.	Poziom życia = Zakupy za gotówkę + Zakupy z wykorzystaniem karty kredytowej	zł/miesiąc
7.	Spłata = Odsetki od salda	zł/miesiąc
8.	Stopa procentowa = 0,015	1/miesiąc
9.	Ułamek wydatków = 0,2	1/miesiąc
10.	Wynagrodzenie = 2318,21	zł/miesiąc
11.	Zakupy za gotówkę = Wynagrodzenie – Odsetki od salda	zł/miesiąc
12.	Zakupy z wykorzystaniem karty kredytowej = Ułamek wydatków * Dostępna wartość kredytu	zł/miesiąc

Źródło: obliczenia własne.

Na kolejnym etapie modelowania systemowo-dynamicznego układ zależności matematycznych został zdefiniowany w postaci programu komputerowego (w systemie Vensim przekształcenie to następuje automatycznie). Program komputerowy jest bazą do rozwiązania modelu za pomocą symulacji. Faza ta obejmowała przygotowanie odpowiednich danych (zarówno do testowania modelu, jak i do prowadzenia eksperymentów symulacyjnych), uruchomienie modelu oraz testowanie i jego weryfikację.

Celem testowania modelu było sprawdzenie poprawności modelu i eliminacja ewentualnych błędów. W ramach tego etapu ustalono także ramy czasowe symulacji – symulacji dokonano dla 36 miesięcy, z tym że kartę kredytową badane gospodarstwo domowe zaczęło używać od 6 miesiąca symulacji (aby to uwzględnić, w równaniu *limitu kredytowego* użyto standardowej funkcji testowej STEP – Limit kredytowy=STEP(10000,6), zapis ten oznacza, że wartość danej zmiennej wynosiła od 0 do 6 jednostki czasu, potem wzrosła do 10 000). Dzięki temu można było wyznaczyć poziom życia bez karty kredytowej i porównać

go z poziomem życia w następnych miesiącach, w których już używano karty. W wyniku realizacji fazy rozwiązywania modelu powstał tak zwany bazowy przebieg symulacyjny, który był podstawą do dokonania eksperymentów symulacyjnych.



Rys. 5. Kształtowanie się zmiennej *poziom życia*

Źródło: obliczenia własne.

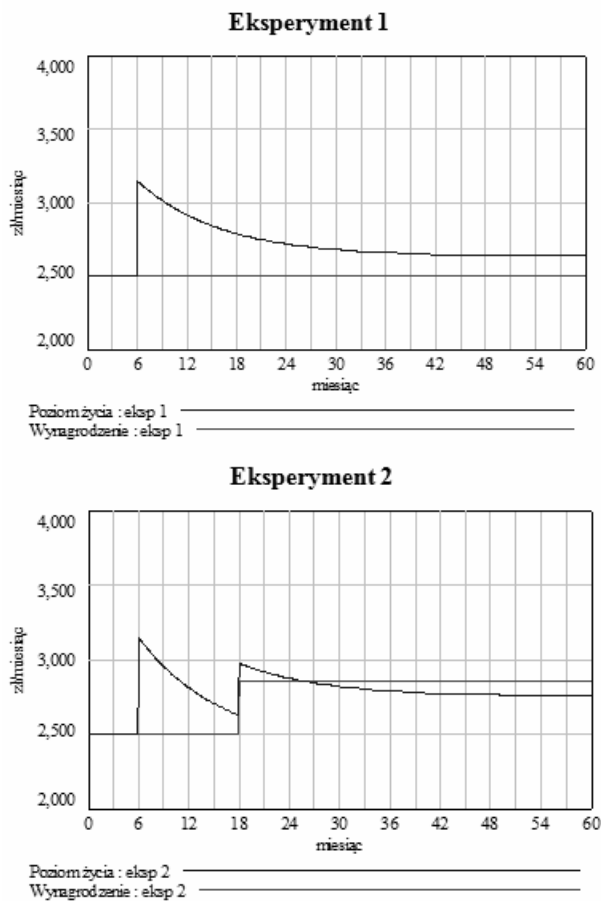
Na podstawie rysunku 5 widać, jak kształtuje się poziom życia. Na początku symulacji osoba nie miała karty kredytowej i nie mogła pozwolić sobie na dodatkowe zakupy, dlatego wartość zmiennej *poziom życia* jest stała. Po 6 miesiącach zmienna *poziom życia* gwałtownie rośnie w momencie otrzymania karty. Sytuacja ta jednak nie trwa długo. *Saldo zadłużenia* właściciela stale się zwiększa i nie jest on w stanie ze swojego wynagrodzenia spłacać kredytu na karcie. Od 18 miesiąca krzywa *poziomu życia* spada poniżej poziomu wynagrodzenia. Na podstawie analizy tego wykresu można dojść do wniosku, iż posiadanie karty kredytowej jest korzystne wyłącznie w krótkim okresie. Im okres ten jest dłuższy, tym straty z posiadania karty kredytowej przewyższają korzyści.

#### 4. Scenariusz eksperymentów symulacyjnych

Na podstawie wyników przebiegu bazowego zdecydowano się dokonać dwóch eksperymentów symulacyjnych. Pierwszy z nich zakładał sprawdzenie, jaki wpływ na poziom życia w ciągu 5 lat będzie miało zwiększenie kwoty spłacanych rat o 200 zł. Celem drugiego eksperymentu było natomiast zbadanie, jak zmieni się zachowanie modelu, gdy wynagrodzenie wzrośnie po 1,5 roku o 350 zł. Aby przeprowadzić oba eksperymenty symulacyjne, konieczne było wprowadzenie odpowiednich zmian w modelu matematycznym i ponowne uruchomienie symulacji. Wyniki eksperymentów przedstawiono na rysunku 6.

Na wykresie opisanym jako *Eksperyment 1* ukazano, że przy wzroście kwoty spłacanych miesięcznie rat, spadek poziomu życia nie jest tak znaczny i nie obniżył się w badanym okresie poniżej poziomu otrzymywanego wynagrodzenia. Można stąd wysnuć wniosek, że korzystając z karty kredytowej, należy starać się spłacać kwoty wyższe niż wymagane odsetki, jest to rozwiązanie ograniczające koszty wynikające z korzystania z karty. Wzrost wynagrodzenia (*Eksperyment 2*) powoduje natomiast ponowny skok *poziomu życia*, jednak potem następuje jego spadek poniżej poziomu wynagrodzenia. Oznacza to, że wzrost dochodów posiadaczy kart kredytowych nie będzie powodował zmniejszenia zadłużenia, ponieważ dodatkowe środki będą przez nich przeznaczane na dalszy wzrost konsumpcji.

Ze względu na ograniczoną objętość artykułu nie przedstawiono większej liczby eksperymentów. Mimo iż zbudowany model wydaje się być narzędziem umożliwiającym realizację szerokiej gamy symulacji funkcjonowania karty kredytowej, to aby stwierdzić jego poprawność, konieczna jest jego weryfikacja przeprowadzona na danych pochodzących z większej liczby gospodarstw domowych i dla dłuższego horyzontu czasowego, co autorka artykułu zamierza uczynić w przyszłości.



Rys. 6. Kształtowanie się wybranych elementów modelu przy różnych wartościach dla zmiennych „Spłata” i „Wynagrodzenie”

Źródło: obliczenia własne.

## Podsumowanie

Model prezentowany w niniejszym artykule jest klasycznym przykładem złożonego systemu funkcjonującego na zasadzie „krótkookresowy zysk i długookresowa strata”. Zaciągnięcie kredytu na karcie pozwala na natychmiastowy wzrost poziomu życia, który trwa jednak relatywnie krótko. Długookresową konsekwencją zadłużenia karty kredytowej jest niższy poziom życia związany ze spłatą pożyczki i odsetek.

Niewątpliwymi zaletami metody dynamiki systemów, które znalazły swoje potwierdzenie w trakcie jej stosowania w omawianym badaniu, są: stosunkowo łatwy wgląd w charakter sprzężeń występujących w systemie, możliwość przeprowadzenia eksperymentów symulacyjnych pozwalających ocenić skutki różnych scenariuszy oraz możliwość wykorzystania dostępnego na rynku oprogramowania. Do wad tej metody zaliczyć można skomplikowanie opisu w przypadku analizy złożonych problemów, trudności w wyznaczeniu wartości zmiennych, które mają decydujący wpływ na wyniki symulacji działania systemu.

## Literatura

- Biniek Z., *Elementy teorii systemów, modelowania i symulacji*, INFOPLAN 2002.
- Black J., *Słownik ekonomii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.
- Forrester J.W., *Industrial dynamics*, The MIT Press and Wiley, New York 1961.
- Informacja o sytuacji społeczno-gospodarczej kraju. Styczeń 2010 r.*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2010.
- Kirkwood C.W., *System dynamics methods: A quick introduction*, Arizona State University 1998, <http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/SDIntro/SDIntro.htm>.
- Łatuszyńska M., *Modelowanie modularne w symulacyjnym badaniu dynamiki systemów ekonomicznych*, [http://www.nauka.szczecin.pl/konf/iizs/pdf/05\\_03.pdf](http://www.nauka.szczecin.pl/konf/iizs/pdf/05_03.pdf).
- Łatuszyńska M., Wawrzyniak A., Wąsikowska B., *Przegląd oprogramowania do modelowania systemowo-dynamicznego*, *Studia Informatica* nr 12, Szczecin 2000.
- Łukaszewicz R., *Dynamika systemów zarządzania*, PWN, Warszawa 1975.
- Narodowy Bank Polski – Internetowy Serwis Informacyjny, <http://www.nbp.pl>.
- Ratha M., *The credit card model*, MIT 2001, <http://sysdyn.clexchange.org/sdep>.
- Road Maps: A guide to learning system dynamics*, <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html>.
- Souček Z., *Modelowanie i projektowanie systemów gospodarczych*, PWE, Warszawa 1979.
- Sterman J.D., *Business dynamics. System thinking and modeling for a complex world*, Wyd. Irwin McGraw-Hill 2000.



Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o elektronicznych instrumentach płatniczych, DzU 2002, nr 169, poz. 1385.

Wałęga A., Wałęga G., *Korzystanie z kart kredytowych a wydatki gospodarstw domowych*, w: *Zachowania rynkowe w teorii i praktyce*, red. D. Kopycińska, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2007.

## **APPLICATION OF SYSTEM DYNAMICS IN MODELING AND SIMULATION OF ELECTRONIC MEANS OF PAYMENT**

### **Summary**

The main issue of the paper is application of System Dynamics in modeling and simulation of electronic means of payment. There is the methodological background of System Dynamics presented as well as the problem of electronic means of payment is discussed (with peculiar focus on credit cards). The main stress is laid on the presentation of sample credit card model. The paper leads the reader through the process of converting a written description of the model into a system dynamics model. It is supplemented by the results of model simulation.

*Translated by Agata Wawrzyniak*