

**Agata Żółtaszek**

**MODELE  
MIKROSYMULACYJNE**



**Teoria i zastosowania  
ekonomiczno-społeczne**



WYDZIAŁ EKONOMICZNO-SOCJOLOGICZNY  
UNIwersytetu ŁÓDZKIEGO

**Agata Żółtaszek**

**MODELE  
MIKROSYMULACYJNE**



WYDAWNICTWA  
UNIWERSYTETU  
ŁÓDZKIEGO

**Agata Żółtaszek**

**MODELE  
MIKROSYMULACYJNE**

**Teoria i zastosowania  
ekonomiczno-społeczne**



**WYDZIAŁ EKONOMICZNO-SOCJOLOGICZNY  
UNIwersYTETU ŁÓDZKIEGO**

**Łódź 2013**

Agata Żółtaszek – Uniwersytet Łódzki, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny  
Katedra Ekonometrii Przestrzennej, 90-214 Łódź, ul. Rewolucji 1905 r. nr 39

RECENZENT

*Jerzy W. Wiśniewski*

SKŁAD KOMPUTEROWY

*Monika Wolska*

PROJEKT OKŁADKI

*Adam Mateusz Suchecki*

Wydrukowano z gotowych materiałów dostarczonych do Wydawnictwa UŁ  
przez Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny

© Copyright by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2013

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego  
Wydanie I. W.06469.14.0.D

ISBN (wersja drukowana) 978-83-7969-073-2  
ISBN (ebook) 978-83-7969-376-4

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego  
90-131 Łódź, ul. Lindleya 8  
www.wydawnictwo.uni.lodz.pl  
e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl  
tel. (42) 665 58 63, faks (42) 665 58 62

# SPIS TREŚCI

<b>Wstęp</b> .....	7
<b>Rozdział 1. Koncepcja mikrosymulacji i modeli mikrosymulacyjnych</b> .....	11
1.1. Wprowadzenie .....	11
1.2. Geneza mikrosymulacji .....	12
1.3. Przegląd wybranej literatury krajowej i zagranicznej .....	14
1.4. Podstawowe aspekty mikrosymulacji .....	19
1.4.1. Podstawowe pojęcia i definicje .....	21
1.4.2. Populacja wstępna i startowa baza mikrodanych .....	24
1.4.3. Model mikrosymulacyjny .....	26
1.4.4. Model (mikro)ekonometryczny – submodel mikrosymulacyjny .....	28
1.4.5. Klasyfikacja modeli mikrosymulacyjnych .....	29
1.4.6. Walidacja i kalibracja modelu mikrosymulacyjnego .....	36
1.5. Podsumowanie .....	39
<b>Rozdział 2. Wybrane ekonomiczne i społeczne modele mikrosymulacyjne</b> .....	41
2.1. Wprowadzenie .....	41
2.2. Modele świadczeń emerytalnych i rentowych .....	42
2.2.1. Model Dynamicznej Symulacji Dochodu (DYNASIM) .....	43
2.2.2. Mikrosymulacyjny Model Cornell (CORSIM) .....	44
2.2.3. Model Symulacji Dochodów z Świadczeń Socjalnych i Emerytur (PRISM) .....	45
2.2.4. Kanadyjski Mikrosymulacyjny Model Analiz Świadczeń Socjalnych (DYNA- CAN) .....	47
2.2.5. System Modelowania Ubezpieczeń Emerytalnych (PIMS) .....	48
2.2.6. Porównanie modeli świadczeń emerytalnych i rentowych .....	51
2.3. Modele podatkowo-zasiłkowe .....	51
2.3.1. EUROMOD – Podatkowo-zasiłkowy model dla Unii Europejskiej .....	51
2.3.2. SIMPL – Podatkowo-zasiłkowy model dla Polski .....	52
2.3.3. Model Ministerstwa Finansów RP .....	53
2.3.4. Porównanie modeli podatkowo-zasiłkowych .....	54

2.4. Modele społeczne i demograficzne .....	54
2.4.1. Symulacja Społeczna (SOCSIM) .....	56
2.4.2. Ścieżki Życia (LifePaths) .....	56
2.4.3. Demosim – model symulacji demograficznych .....	58
2.4.4. Porównanie modeli społecznych i demograficznych .....	61
2.5. Modele systemu ochrony zdrowia .....	61
2.5.1. Modele Statistics Canada .....	61
2.5.2. Modele NATSEM (University of Canberra, Australia) .....	62
2.5.3. Porównanie modeli systemów ochrony zdrowia .....	67
2.6. Podsumowanie .....	67
<b>Rozdział 3. Modele mikroekonometryczne w mikrosymulacjach .....</b>	<b>69</b>
3.1. Wprowadzenie .....	69
3.2. Specyfika mikrodanych .....	71
3.3. Estymacja przekrojowych modeli mikroekonometrycznych .....	75
3.3.1. Estymatory paramentów strukturalnych jednorównaniowych modeli liniowych danych przekrojowych .....	76
3.3.2. Estymatory paramentów strukturalnych jednorównaniowych modeli nieliniowych funkcji różniczkowalnych danych przekrojowych .....	81
3.3.3. Estymatory paramentów strukturalnych jednorównaniowych wybranych modeli nieliniowych funkcji nieróżniczkowalnych .....	84
3.3.4. Estymatory paramentów strukturalnych modeli wielorównaniowych danych przekrojowych .....	95
3.4. Specyfika mikrodanych panelowych .....	97
3.5. Estymacja panelowych modeli mikroekonometrycznych .....	98
3.5.1. Estymatory paramentów strukturalnych jednorównaniowych modeli liniowych danych panelowych .....	98
3.5.2. Estymatory paramentów strukturalnych jednorównaniowych modeli nieliniowych danych panelowych .....	102
3.5.3. Estymatory paramentów strukturalnych modeli wielorównaniowych danych panelowych .....	103
3.6. Podsumowanie .....	105
<b>Zakończenie .....</b>	<b>107</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>111</b>

## WSTĘP

Dynamiczny rozwój gospodarczy, społeczny, kulturowy i technologiczny ostatnich dekad zainicjował ekspansję wymagań dotyczących jakości życia i poziomu zaspokajania potrzeb. Rosnące oczekiwania społeczeństw co do jakości, szybkości, efektywności i ilości świadczonych usług i konsumowanych dóbr wyznaczają standardy współczesnego życia. W czasach postępującej globalizacji, rozwoju przedsiębiorczości i konkurencyjności wzrost tych wymagań oznacza oczekiwanie bezwarunkowej, systematycznej i trwałej poprawy jakości życia oraz zaspokajania ciągle rosnącego popytu.

Jednocześnie jednak ograniczoność zasobów naturalnych, kapitałowych i ludzkich nakłada nieprzekraczalne restrykcje na możliwości zaspokojenia wszystkich potrzeb. Dlatego szczególnie istotne stało się efektywne wykorzystanie posiadanych środków poprzez ich optymalną alokację. Oznacza to zazwyczaj maksymalizację zysków lub minimalizację ryzyka i strat strony popytowej albo popytowej, przy jednoczesnym zapewnieniu akceptowalnej sytuacji dla drugiej z nich. Niestety ze względu na wielowymiarowość i wieloprzedmiotowość takich problemów są one trudne do rozwiązania. Często niełatwo określić w nich satysfakcjonujący poziom jakości życia czy oferowanych dóbr i usług, a co za tym idzie skonstruować reguły „efektywnego” i „optymalnego” postępowania nie tylko w chwili obecnej, ale także w przyszłości. Dlatego zainicjowano badania ekonomiczne i społeczne, które przyczyniły się do ewolucji interdyscyplinarnych i wielokryterialnych narzędzi prowadzenia analiz wspomagających proces podejmowania decyzji na różnych szczeblach zarządzania. Niezbędne stało się też zastosowanie metod umożliwiających ocenę przyszłych skutków prowadzonych i planowanych polityk.

Najpopularniejszą grupę narzędzi stanowią szeroko rozumiane metody prognozowania i symulacji. Pozwalają one na „przewidywanie” konsekwencji działań i decyzji na poziomie makro, często pomijając strukturę zależności na poziomie mikro. Jednym z nielicznych rozwiązań prowadzenia analiz na wysokim poziomie agregacji na podstawie prognoz i projekcji dla obiektów indywidualnych stały się mikrosymulacje. Ich rozwój rozpoczął się w latach 60. XX w. i był silnie uwarunkowany postępem technologicznym w zakresie mocy obliczeniowych oraz oprogramowania. Postęp w technologii informatycznej i wzrost



zainteresowania decydentów szczegółowymi informacjami o przebiegu procesów ekonomicznych i społecznych przyczyniły się do rozwoju badań wykorzystujących dane indywidualne, a zatem także analiz mikrosymulacyjnych. Połączenie modelowania informacji niezagregowanych i eksperymentów symulacyjnych, przy jednoczesnym wzroście możliwości obliczeniowych i dynamicznym rozwoju oprogramowania, umożliwiło prowadzenie analiz wielowymiarowych rozkładów efektów prowadzonych i planowanych polityk. W rezultacie mikrosymulacje stały się skutecznym narzędziem służącym do podejmowania decyzji nie tylko gospodarczych, ale też społecznych.

Obecnie wykorzystuje się wiele modeli mikrosymulacyjnych, zróżnicowanych tematycznie, wiekowo i strukturalnie. Większość z nich stanowią modele: świadczeń emerytalno-rentowych, zasiłkowo-podatkowe i demograficzno-społeczne. Nowe trendy modeli mikrosymulacji dotyczą nie tylko nowoczesnych technologii obliczeniowych i metod ilościowych, ale także rozwoju dziedzin interdyscyplinarnych.

Modele mikrosymulacyjne są zazwyczaj własnością instytucji rządowych, akademickich i ubezpieczeniowych, dlatego szczegóły dotyczące ich konstrukcji i eksploatacji nie są upubliczniane. Wiele modeli mikrosymulacyjnych zawiera submodele ekonometryczne, jednak zastosowane metody estymacji nie zawsze są znane lub odpowiednie dla specyfiki mikro danych. Brak informacji o strukturze modeli, w szczególności ekonometrycznych, utrudnia ocenę jakości wyników badań z zastosowaniem tych modeli. Dobór odpowiedniej postaci funkcyjnej modelu i metod estymacji silnie determinuje jakość oszacowań parametrów strukturalnych, a zatem także rezultaty prowadzonych mikrosymulacji. Istniejąca literatura przedmiotu obfituje w opracowania dotyczące aplikacji metodyki mikrosymulacyjnej w zakresie szeroko rozumianej logistyki, ekonomii, socjologii i medycyny. Jednak publikacje te rzadko wspominają o metodologii konstrukcji modeli mikrosymulacyjnych. Również nieliczne są dysertacje teoretyczne przybliżające podstawowe aspekty mikrosymulacji, takie jak definicje, klasyfikacje czy etapy konstrukcji modeli mikrosymulacyjnych. Dlatego w niniejszej pracy podjęto próbę wypełnienia luki w opracowaniach teoretycznych dotyczących metod konstrukcji modeli mikrosymulacyjnych i syntezy wiedzy o eksploatawanych modelach.

W Polsce metody mikrosymulacyjne nie są jeszcze powszechnie znane i stosowane. Istnieją tylko dwa główne modele: SIMPL, submodel EUROMOD, oraz model Ministerstwa Finansów RP, oba o tematyce podatkowo-zasiłkowej. Na świecie jednak modele mikrosymulacyjne, szczególnie w badaniach gospodarczych i socjologicznych, zyskują coraz więcej zwolenników. Równocześnie część badaczy podchodzi sceptycznie do metodologii mikrosymulacyjnej. Ta niejednoznaczność postrzegania mikrosymulacji sprawia, że należy rozważyć: czy modele mikrosymulacyjne stosowane w badaniach ekonomiczno-społecznych mogą być skutecznym narzędziem wspomagającym proces podej-

mowania decyzji, na różnych szczeblach zarządzania? Rozważając niniejszy problem badawczy zdecydowano, że celem głównym jest prezentacja teoretycznych i aplikacyjnych aspektów mikrosymulacji w badaniach ekonomicznych i społecznych, zaś celami szczegółowymi są: (1) synteza dotychczasowych osiągnięć w zakresie genezy, konstrukcji i klasyfikacji modeli mikrosymulacyjnych, (2) przegląd istniejących modeli mikrosymulacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem metodologii mikroekonometrycznej i (3) zaprezentowanie całościowego i syntetycznego zestawienia modeli i metod mikroekonometrycznych, które mogą być przydatne w konstrukcji modelu ekonometrycznego stanowiącego część modelu mikrosymulacyjnego. W procesie realizacji przyjętych celów podjęto próbę weryfikacji (1) przydatności modeli mikrosymulacyjnych do oceny rozkładu efektów prowadzonych polityk ekonomicznych i społecznych oraz (2) wpływu wyboru metody estymacji parametrów strukturalnych submodelu ekonometrycznego na wyniki mikrosymulacji.

W opracowaniu zaprezentowano całościowy zbiór podstawowych pojęć, zintegrowany system klasyfikacji modeli mikrosymulacyjnych oraz etapów przebiegu mikrosymulacji (rozdział 1). Dokonano przeglądu funkcjonujących obecnie ekonomiczno-społecznych modeli mikrosymulacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowanych w nich metod ekonometrycznych (rozdział 2). Przedstawiono także syntetyczne zestawienie modeli i metod mikroekonometrycznych, które mogą być przydatne w konstrukcji submodelu ekonometrycznego stanowiącego część modelu mikrosymulacyjnego (rozdział 3).

Bardzo nieliczne opracowania literaturowe dotyczą aspektów metodologicznych mikrosymulacji, a zwłaszcza ich podstaw i koncepcji. Dlatego zaproponowano spójny system definicji dla zasadniczych pojęć związanych z mikrosymulacjami, m. in. modelu mikrosymulacyjnego, populacji startowej, bazy mikrodanych i parametrów zewnętrznych. Sprecyzowano różnice pomiędzy modelem mikrosymulacyjnym a modelem mikroekonometrycznym oraz współzależność między mikrosymulacjami a mikroekonometrią. Dokonano także wielokryterialnej klasyfikacji modeli mikrosymulacyjnych, uwzględniając ich cel, zakres i strukturę. Opracowanie teoretyczne zawarte w pierwszym rozdziale stanowi jedną z nielicznych syntetycznych i całościowych prac dotyczących metodologii mikrosymulacji.

W rozdziale 2 przeprowadzono przegląd wybranych ekonomiczno-społecznych modeli mikrosymulacyjnych, w szczególności modeli: świadczeń emerytalnych i rentowych, podatkowo-zasiłkowych, demograficzno-społecznych i z zakresu ekonomii zdrowia. Podjęto próbę konsolidacji informacji o poszczególnych rodzajach modeli ze szczególnym uwzględnieniem aspektów ekonometrycznych.

W ostatnim rozdziale zestawiono informacje o rodzajach modeli mikroekonometrycznych oraz metodach estymacji ich parametrów, wynikających ze specyfiki mikrodanych stosowanych w mikrosymulacjach. Model ekonometryczny

jako submodel mikrosymulacyjny musi, z jednej strony, być kompatybilny z modelem mikrosymulacyjnym, co oznacza zazwyczaj ograniczenie zbioru potencjalnych zmiennych egzogenicznych do łatwo symulowanych czynników społeczno-demograficznych. Z drugiej strony konieczne jest uwzględnienie specyfiki danych indywidualnych, m. in. nieciągłości rozkładu, heteroskedastyczności składnika losowego, nieobjaśnionej niejednorodności jednostek badania. Dlatego specyfikacja i estymacja parametrów submodeli mikroekonometrycznych musi być dostosowana do charakteru badanych zmiennych.

Przeprowadzona analiza dowodzi, że modele mikrosymulacyjne stanowią uniwersalne narzędzie prowadzenia analiz dla makrosystemów poprzez symulację zachowań i zdarzeń dla mikroobiektów. Specyfika ich konstrukcji pozwala na pewną elastyczność w zakresie ich struktury i interdyscyplinarnego potencjału aplikacyjnego. Możliwość dostosowania modeli do celu oraz restrykcji finansowych i technologicznych badania sprawia, że mikrosymulacje zyskują nowych zwolenników. Równocześnie jednak proces upowszechniania mikrosymulacji spowalniany jest ograniczonością syntetycznych i kompleksowych opracowań dotyczących podstaw merytorycznych oraz warunków ich implementacji. Dlatego w niniejszej pracy podjęto próbę przybliżenia aspektów teoretycznych i aplikacyjnych modeli mikrosymulacyjnych stosowanych w badaniach ekonomicznych i społecznych. Opracowanie to może okazać się przydatne w promowaniu metodyki mikrosymulacyjnej w Polsce oraz zachęcić badaczy do konstrukcji personalizowanych narzędzi analiz symulacyjnych, jakimi są modele mikrosymulacyjne.

## **Rozdział 1**

# **KONCEPCJA MIKROSYMULACJI I MODELI MIKROSYMULACYJNYCH**

### **1.1. Wprowadzenie**

Dynamiczny rozwój badań ekonomiczno-społecznych końca XX w. i początku XXI w. przyczynił się do ewolucji merytorycznej i metodologicznej prowadzonych analiz. Coraz częściej miały one charakter interdyscyplinarny, asymilując aspekty demografii, medycyny, geografii, transportu, ekologii i zarządzania. Także podejście do prowadzonych badań i uzyskiwanych wyników ulegało modyfikacji metodologicznej. W miejsce wcześniejszych dociekań makroekonomicznych zaczęto stosować mikroanalizy oraz kompilacje metod i rezultatów dla różnych poziomów agregacji.

Ewolucja tematyczna i koncepcyjna w badaniach ekonomiczno-społecznych stała się więc katalizatorem dla rozwoju nowych oraz modernizacji istniejących narzędzi interdyscyplinarnych i wielowymiarowych analiz. Ogromna różnorodność i konkurencyjność dostępnych instrumentów badawczych utrudnia dokonywanie jednoznacznych wyborów metod analitycznych. Selekcja narzędzi ma charakter subiektywny i zależy często od preferencji analityków, których decyzje uwarunkowane są atrakcyjnością oraz prostotą implementacji i uzyskiwanych wyników. Dlatego popularność różnorodnych podejść analitycznych odzwierciedla ich elastyczność wdrożeniową, wymagania sprzętowo-programowe oraz zaplecze teoretyczne.

Wśród szybko rozwijających się narzędzi prowadzenia badań ekonomiczno-społecznych na szczególną uwagę zasługują mikrosymulacje. Umożliwiają one prowadzenie badań na poziomie makro, poprzez symulacje i agregacje wyników dla mikroobektów, a w konsekwencji uzyskanie wielowymiarowych rozkładów wyników reformowanych polityk i podejmowanych decyzji. Dlatego wiele analiz prowadzonych jest z zastosowaniem tej właśnie metodyki, nie tylko w zakresie ekonomii i socjologii, ale też w medycynie, logistyce oraz takich dziedzinach interdyscyplinarnych jak ekonomia zdrowia. Na popularność mikrosymulacji ogromny wpływ ma także postęp technologiczny. Obecnie modele mikrosymu-

lacyjne można programować w wielu językach programowania, a eksperymenty przeprowadzać często na powszechnie dostępnych komputerach osobistych. Redukuje to znacznie wymagania sprzętowo-programowe mikrosymulacji podnosząc atrakcyjność tej metody. Niestety, równocześnie z dynamicznym rozwojem tematyki badań mikrosymulacyjnych i łatwiejszym dostępem do narzędzi technologicznych, próby zapewnienia zaplecza teoretycznego, szczególnie istotnego dla nowych użytkowników podejmowane są sporadycznie. Nie oznacza to, że teoria mikrosymulacji nie istnieje, jest jednak niespójna i nieusystematyzowana. Wiele podstawowych aspektów, np. etapy konstrukcji modeli mikrosymulacyjnych i ich klasyfikacje są bardzo rozproszone w istniejącej literaturze. Inne elementy jak model, populacja startowa czy kalibracja traktowane są prawie jak pojęcia pierwotne, których nie trzeba definiować. Ponieważ mikrosymulacje to narzędzie wieloelementowe, wieloetapowe i interdyscyplinarne, zrozumienie koncepcji i fundamentalnych elementów metodologii badań mikrosymulacyjnych jest kluczowe nie tylko dla nowicjuszy, ale także dla specjalistów w tej dziedzinie.

Z tego powodu celem rozdziału jest próba skonstruowania spójnego, syntetycznego i całościowego systemu definicji dla podstawowych pojęć mikrosymulacji oraz prezentacja zintegrowanego systemu klasyfikacji i etapów mikrosymulacji. Zaprezentowane w niniejszym opracowaniu aspekty teoretyczne powinny okazać się pomocne przy planowaniu i konstrukcji modeli oraz eksperymentów mikrosymulacyjnych.

## 1.2. Geneza mikrosymulacji

Mikroekonomia, socjologia i ekonometria dały początek koncepcji mikrosymulacji. Jednak ewolucja mikrosymulacji determinowana była nie tyle postępem w aspektach teoretycznych, co technologicznych. Za początek mikrosymulacji uznaje się rok 1957 r., tzn. wydanie przez Guy'a Orcutta pracy: *A new type of socio-economic system*. Autor zwraca w nim uwagę na ograniczone możliwości predykcyjne modeli ekonomiczno-społecznych opartych na danych zagregowanych. Modele te traktowały marginalnie cechy jednostek decyzyjnych (gospodarstw domowych, przedsiębiorstw). Orcutt podkreślał, że jakość agregacji danych i opartego na niej modelowania bez znajomości podstawowych reguł zachowań tych jednostek jest wątpliwa. Sugerował, że opisywanie, również w sposób zmatematyzowany, aktywności sektora bez zrozumienia czynników reakcji i wyborów poszczególnych elementów na poziomie mikro może prowadzić do błędnych wniosków. Orcutt wysunął więc śmiałą tezę, że współczesne mu modele makroekonomiczne nie pozwalały na przewidywanie rozkładu efektów polityk ze względu na wysoki stopień agregacji przy równoczesnym braku

wystarczającej informacji o powiązaniach na poziomie mikro [Orcutt 1957: 116 i n.]. Wskazał on też, że wyniki makroanaliz często zależą od sposobu grupowania, które można przeprowadzić wykorzystując różne kryteria. Tymczasem podejście mikro ma tę zaletę, że jednostki funkcjonują jako osobne obiekty. Orcutt, będący niejako ojcem mikrosymulacji, sformułował ogólne idee konstrukcji i wykorzystania mikrosymulacji do analizy i porównań efektów alternatywnych scenariuszy polityk, wariantów zdarzeń lub przyjętych parametrów. W 1961 r. Orcutt wraz z Greenbergeriem, Korbelem i Rivlinem dopracowali nowe zasady budowy ekonomiczno-społecznych modeli mikroanalitycznych [Orcutt i in. 1978: 83; Orcutt i in. 1976: 4; Anderson 1997a: 3].

Początkowo mikrosymulacje nazywano symulacjami mikroekonomicznymi lub symulacjami mikroanalitycznymi. Były one postrzegane jako symulacje ekonometryczne lub ekonometryczne analizy scenariuszowe, dokonywane na danych indywidualnych lub o niskim poziomie agregacji, dotyczące procesów gospodarczych. Z czasem jednak spektrum aplikacji tych metod rozszerzyło się na dziedzinę z obrzeża ekonomii, jej pokrewne lub całkowicie z nią niezwiązane. W rezultacie nazwa „symulacje mikroekonomiczne” stała się nieadekwatna, a nawet myląca, stąd obecnie powszechnie stosuje się pojęcie „mikrosymulacja”, które nie ogranicza i nie określa zakresu zastosowań tych metod.

Następne dwie dekady XX w. sprzyjały intensywnemu rozwojowi tej nowej metodyki, m. in. dzięki dotacjom rządowym, np. w USA. Był to okres tworzenia wielkich modeli (DYNASIM, CORSIM) oraz ich dynamizacji. W latach 60. i początku 70. XX w. powstało kilka modeli mikrosymulacyjnych, głównie na potrzeby analizy systemu świadczeń socjalnych w USA. Były one tworzone lub współtworzone przez komisje i agencje rządowe, nieliczne zaś samodzielnie przez uniwersytety i ośrodki naukowe. Z czasem aplikacje rozszerzono na inne obszary, np. energetykę czy opiekę medyczną.

Początkowo jednostkami decyzyjnymi były gospodarstwa domowe lub ich członkowie, z czasem zauważono jednak nowe możliwości dla mikrosymulacji tworzonych dla przedsiębiorstw. W ten sposób powstały symulacyjne modele produkcji, które pozwalały na wprowadzanie licznych założeń dotyczących zachowań na rynku. Umożliwiały one analizy koncentracji przemysłu, inflacji cenowej i planowania produkcji.

W drugiej połowie lat 70. dokonano pierwszych prób połączenia modeli skonstruowanych dla analiz gospodarstw domowych z modelami produkcji, których celem było m. in. wyznaczenie cen i płac równowagi [Haveman i Hollenback 1980: XXII i XXIII]. Modele tego okresu były rozbudowane i wymagały obszernych baz danych. Zwiększało to czasochłonność obliczeniową i zmniejszało precyzję wyników. Stało się to podstawą ich krytyki. Sformułowano podstawowe zarzuty pod adresem mikrosymulacji: zbyt duże wymagania technologiczne (zarówno sprzętowe jak i programowe) i ograniczone możliwości aplikacyjne (niedostatek baz danych indywidualnych).

Powyższa krytyka spowodowała, że pod koniec lat 70. i w pierwszej połowie lat 80. zrezygnowano ze skomplikowanych modeli dynamicznych, dostosowując poziom mikrosymulacji do ówczesnego rozwoju technologicznego. Skoncentrowano się na bardzo uproszczonych modelach statycznych, których wymagania sprzętowe, programowe oraz informacyjne były dużo mniejsze, dzięki czemu znacznie redukowały czas obliczeń. Równocześnie ograniczało to możliwość oceny wyników mikrosymulacyjnych analiz ekonomiczno-społecznych tylko do efektów krótkofalowych [Baroni i Richiardi 2007: 5–6].

W tym samym okresie, na przełomie lat 70. i 80., nastąpiła rewolucja w technologii informacyjnej. Rozwój mikroprocesorów przyczynił się do ewolucji komputerowej. Rozpoczęła się era komputerów 4 generacji, tzn. komputerów osobistych (PC) oraz towarzyszącego im oprogramowania, np. MS DOS i Windows. Ich rozpowszechnienie objęło również użytkowników prywatnych, co wraz ze wzrostem mocy obliczeniowej sprzyjało popularyzacji technik prowadzenia badań ekonomicznych i społecznych w oparciu o wyniki modeli mikrosymulacyjnych [Kruk 2009].

Postęp technologiczny oraz łatwiejszy dostęp do danych indywidualnych, doprowadził do redukcji kosztów związanych z tworzeniem i eksploatacją modeli mikrosymulacyjnych. W drugiej połowie lat 80. XX w. ponownie zainteresowano się modelami dynamicznymi, oferującymi szerszy wachlarz możliwości analitycznych niż podejście statyczne. Większość modeli była jednak wtedy własnością jednostek akademickich. Powoli zaczęły interesować się nimi także instytucje rządowe i międzynarodowe, głównie w zakresie ubezpieczeń i emerytur. Jednak pomimo ciągłego rozwoju technologicznego, wzrostu możliwości obliczeniowych i oprogramowania, pozostają one nadal narzędziem wymagającym dużych nakładów pracy, czasu i środków finansowych, zarówno na etapie budowy jak i eksploatacji. Wysokie koszty, czasochłonność i pracochłonność konstrukcji i eksploatacji oraz konieczność wykorzystywania dużych baz danych indywidualnych, wciąż trudno dostępnych, sprawia, że większość modeli mikrosymulacyjnych pozostaje w rękach instytucji rządowych, organizacji międzynarodowych i ośrodków akademickich [Baroni i Richiardi 2007: 7–8].

### **1.3. Przegląd wybranej literatury krajowej i zagranicznej**

Istnieje bardzo bogata literatura anglojęzyczna dotycząca problematyki mikrosymulacji. Przeważającą większość stawią artykuły, książki i rozdziały o charakterze aplikacyjnym, opisujące głównie wyniki przeprowadzonych badań. Na szczególną uwagę zasługuje publikacja G. H. Orcutta z 1957 r. *A new type of socio-economic system*, która dała początek mikrosymulacjom oraz dwutomowe opracowanie *Microeconomic simulation model for public*