

Strona główna

Strona tytułowa

Spis treści



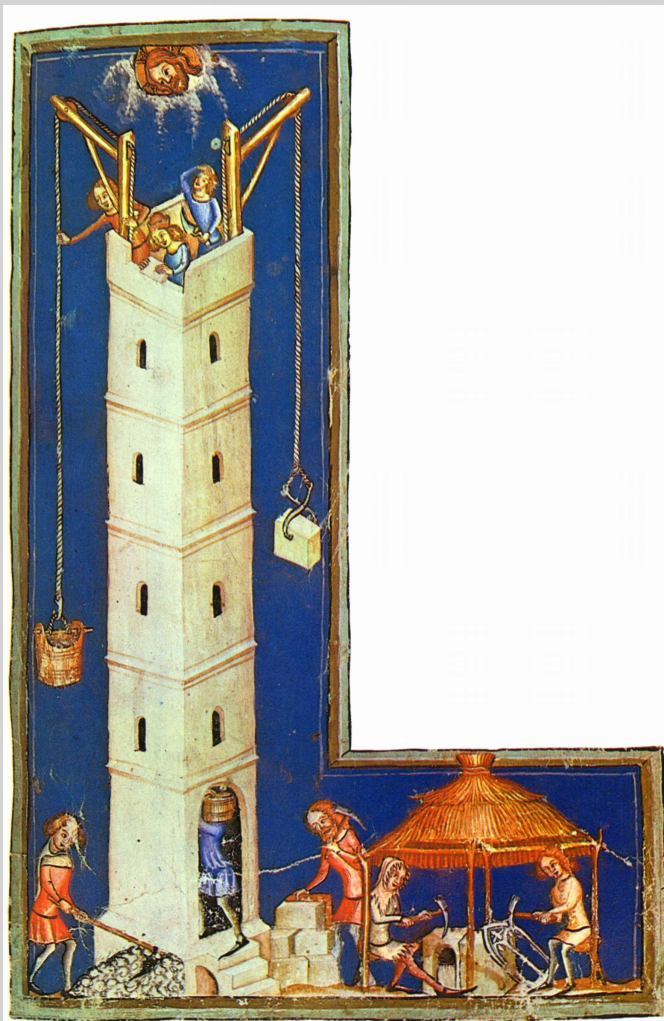
Strona 1 z 317

Powrót

Full Screen

Zamknij

Koniec



TOMASZ PRZECHLEWSKI

AKCEPTACJA OPROGRAMOWANIA OPEN SOURCE

METODY I MODELE
INFORMATYKI
EKONOMICZNEJ
(WERSJA WSTĘPNA)

SOPOT 2011

Strona główna

Strona tytułowa

Spis treści



Strona 2 z 317

Powrót

Full Screen

Zamknij

Koniec

Książka złożona w systemie $\text{T}_{\text{E}}\text{X}/\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ z pomocą edytora Emacs oraz programów METAPOST i dia

Na okładce: Meister der Weltenchronik, *Der Turmbau zu Babel* [circa 1370]
Bayerische Staatsbibliothek, Monachium

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Meister_der_Weltenchronik_001.jpg

Na stronie 12: „Wieża Babel” – fragment obrazu Pietera Bruegela (starszego)
Kunsthistorisches Museum Wien

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pieter_Bruegel_d._._._075.jpg

(cc) Tomasz Przechlewski, 2011 – pewne prawa zastrzeżone.

Dokument jest dostępny na licencji *Creative Commons Uznanie autorstwa 3.0* (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/pl/>). Pewne prawa są zastrzeżone na rzecz autorów (Tomasz Przechlewski). Zezwala się na rozpowszechnianie/wykorzystanie dokumentu, pod warunkiem zachowania informacji o posiadaczach praw i stosowanej licencji.

Spis treści

Wstęp	7
1 Metody ilościowe w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej	13
1.1 Metody badawcze informatyki ekonomicznej	14
1.1.1 Dyscyplina naukowa informatyki ekonomicznej	15
1.1.2 Tematyka badań informatyki ekonomicznej	16
1.1.3 Ilościowe metody badawcze informatyki ekonomicznej	17
1.2 Kowariancyjne modelowanie równań strukturalnych	18
1.2.1 Wielość metod modelowania strukturalnego	18
1.2.2 Specyfikacja, estymacja i strategie modelowania	22
1.2.3 Wskaźniki jakości dopasowania modelu	30
1.2.4 Ocena modelu pomiaru	40
1.2.5 Trafność czynnikowa i confirmacyjna analiza czynnikowa	50
1.2.6 Porównania pomiędzy grupami i ocena niezmienniczości	59
1.2.7 Nieobserwowalna heterogeniczność w modelach SEM	61
1.3 Wskaźniki refleksyjne i wskaźniki formatywne	65
1.4 Modelowanie ścieżkowe cząstkową metodą najmniejszych kwadratów	70
1.4.1 Wprowadzenie do modelowania PLSPM	70
1.4.2 Ocena modelu PLSPM	75
1.4.3 Porównania międzygrupowe	77
1.4.4 Nieobserwowalna heterogeniczność w modelach PLSPM	79
1.5 Podsumowanie i wnioski	82

2	Modele akceptacji i przyswajania technologii informacyjnej	85
2.1	Teoria dyfuzji innowacji	86
2.2	Model Akceptacji Technologii	88
2.2.1	Podstawowe informacje	88
2.2.2	Wykorzystanie TAM w badaniu akceptacji SI/TI	92
2.2.3	Metaanaliza modelu akceptacji technologii	98
2.2.4	Pomiar wykorzystania SI/TI a sukces SI/TI	103
2.2.5	Krytyka Modelu Akceptacji Technologii	106
2.3	Inne modele akceptacji indywidualnej SI/TI	109
2.3.1	Dopasowanie-zadania-do-technologii	109
2.3.2	Modele TAM2 oraz UTAUT	110
2.3.3	Samoskuteczność i innowacyjność osobista	116
2.4	Model sukcesu SI/TI DeLone'a-McLeana	119
2.5	Satysfakcja użytkownika SI/TI	124
2.5.1	Satysfakcja użytkownika końcowego	125
2.5.2	Zaangażowanie, satysfakcja i sukces SI/TI	126
2.5.3	Satysfakcja, lojalność i koszty zmiany	129
2.6	Przyswojenie i akceptacja technologii w organizacji	134
2.6.1	Teoria dyfuzji innowacji na poziomie organizacyjnym	135
2.6.2	Model Technologia-Organizacja-Środowisko	139
2.6.3	Teoria instytucjonalna DiMaggio i Powella	143
2.6.4	Wykorzystanie teorii ekonomicznych	145
2.7	Podsumowanie	148
3	Czynnik SI/TI, sektor oprogramowania i oprogramowanie Open Source	152
3.1	Czynnik SI/TI w badaniach informatyki ekonomicznej	153
3.2	Charakterystyka rynku oprogramowania	158
3.2.1	Sektor produkcji oprogramowania – przegląd pojęć	158
3.2.2	Rozwój sektora produkcji oprogramowania	163

Strona główna

Strona tytułowa

Spis treści



Strona 5 z 317

Powrót

Full Screen

Zamknij

Koniec

3.2.3	Rozwój oprogramowania <i>Open Source</i>	169
3.3	Ochrona prawna programów komputerowych	172
3.3.1	Prawo autorskie i licencje o udostępnianiu	173
3.3.2	Ochrona patentowa	180
3.4	Ekonomiczne podstawy produkcji oprogramowania	184
3.4.1	Korzyści skali i zakresu	186
3.4.2	Zewnętrzne efekty sieciowe i koszty zmiany	188
3.4.3	Komodyzacja SI/TI	194
3.5	Oprogramowanie <i>Open Source</i>	196
3.5.1	Otwartość i zarządzanie projektem <i>Open Source</i>	196
3.5.2	Motywacja wytwórców i strategię rynkowe producentów	199
3.5.3	Sukces i akceptacja oprogramowanie <i>Open Source</i>	203
3.6	Zakończenie	205
4	Akceptacja organizacyjna i indywidualna oprogramowania <i>open source</i>	208
4.1	Akceptacja organizacyjna oprogramowania <i>open source</i>	209
4.1.1	Model akceptacji na poziomie organizacyjnym	209
4.1.2	Metoda badawcza	213
4.1.3	Ocena modelu pomiaru	217
4.1.4	Ocena modelu strukturalnego	222
4.1.5	Pomiar formatywny czynników	227
4.1.6	Interpretacja i wnioski	235
4.2	Model indywidualnej akceptacji oprogramowania <i>open source</i>	237
4.2.1	Proponowany model akceptacji indywidualnej RA-SC	237
4.2.2	Metoda badawcza, skale pomiarowe i ocena modelu pomiaru	245
4.2.3	Ocena modelu strukturalnego	250
4.2.4	Interpretacja i wnioski	254
4.3	Weryfikacja skal pomiarowych czynników PU/PEOU	255
4.3.1	Ocena skal zaproponowanych przez Słomkę i innych (2007)	256

Strona główna

Strona tytułowa

Spis treści

◀◀ ▶▶

◀ ▶

Strona 6 z 317

Powrót

Full Screen

Zamknij

Koniec

4.3.2 Poprawiona skala pomiaru czynników PU/PEOU/BI	259
4.4 Podsumowanie i wnioski	263
Zakończenie	266
Bibliografia	268
A Skale pomiarowe czynników modeli TAM/UTAUT	303
B Krótki opis składni języka LISREL	306
Skorowidz	311

Wstęp

Oprogramowanie *open source*¹ to nowy sposób tworzenia systemów informacyjnych (SI/TI²). Wprawdzie w powszechnej opinii ta kategoria oprogramowania jeszcze do niedawna funkcjonowała jako „oprogramowanie darmowe”, to jednak istotą oprogramowania *open source* jest przede wszystkim dostępność kodu źródłowego, umożliwiającą wszystkim zainteresowanym jego modyfikowanie i poprawianie (por. Raymond (2001); Weber (2004); Perens (2005); Fuggetta (2004). Proponenci, tacy jak Raymond (2001) utrzymują, że wysoka jakość oprogramowania *open source* wynika ze specyficznego, nieformalnego sposobu jego wytwarzania. Benkler (2002) spekuluje nawet, iż oprogramowanie *Open Source* jest początkiem i przykładem zyskującej na znaczeniu w dobie gospodarki elektronicznej *kooperacji społecznej na własne potrzeby* – trzeciej, obok rynku i firmy, formy produkcji. Sukces takich projektów, jak: Linux, serwer www Apache, system zarządzania bazą danych MySQL, pakiet biurowy Open Office lub przeglądarka www Firefox – że wymienimy te najbardziej znane – spowodował, iż oprogramowanie *open source* stało się przedmiotem licznych badań, przy czym większość z nich koncentruje się raczej na fenomenie jego tworzenia, motywacji twórców, koordynacji itd. (por. AlMarzouq (2005); Niederman i inni (2006b); Feller i Fitzgerald (2002); Niederman i inni (2006a)). Stosunkowo mniejsza część jest związana z wykorzystaniem oprogramowania *open source*

¹Określane także jako *oprogramowanie o otwartym źródle* albo *oprogramowanie wolne*. Ten drugi termin, będący tłumaczeniem angielskiego *free software*, niestety niefortunnie kojarzy się raczej z wolno działającymi programami, a nie wolnością rozumianą jako brak ograniczeń co do sposobu ich wykorzystania.

²Będziemy w dalszej części pracy używać skrótu SI/TI na oznaczenie systemów informacyjnych i/lub technologii informacyjnej.

– można powiedzieć „klasycznym” tematem badań w dziedzinie informatyki ekonomicznej. Co więcej, te nieliczne prace dotyczące wykorzystania, poprzestają zwykle na opisie zjawiska, w tym pomiarze stopnia i zakresu użytkowania (por. [Berlecon Research \(2002\)](#); [Waring i Maddocks \(2005\)](#); [Goode \(2005\)](#)). Brak jest natomiast badań, które starałyby się wyjaśnić przyczyny akceptowania bądź odrzucania oprogramowanie *open source* przez organizacje i/lub użytkowników indywidualnych. Niniejsza praca ma na celu wypełnienie tej luki.

W pracy zakłada się realizację trzech celów: teoretycznego (rozdz. 2 i 4), metodologicznego (rozdz. 1) oraz empirycznego (rozdz. 4).

Cel metodologiczny sprowadza się do opisanie, w jaki sposób wykorzystywane jest modelowanie równań strukturalnych (SEM) w dziedzinie informatyki ekonomicznej. Metodologia SEM jest ciągle mało znana i sporadycznie wykorzystywane w Polsce, a doniesienia naukowe na jej temat są nieliczne (por. [Gatnar \(2003\)](#); [Sztemberg-Lewandowska \(2008\)](#); [Brzeziński \(2003\)](#)). Jednocześnie nawet pobieżny przegląd literatury obcojęzycznej pokazuje powszechne wykorzystanie SEM, m.in. w zarządzaniu, marketingu czy informatyce ekonomicznej, co wskazywałoby na istnienie poważnej luki w polskiej praktyce badawczej. W tej sytuacji mamy nadzieję, że końcowym efektem opisanie metod SEM (rozdz. 1) będzie także spopularyzowanie narzędzia znanego dotąd tylko wąskiemu gronu badaczy w Polsce.

Cel teoretyczny obejmuje zebranie, syntetyczne przedstawienie oraz krytyczną analizę teorii i modeli akceptacji technologii informacyjnej (dalej określanej jako SI/TI) rozwijanych i stosowanych w obszarze informatyki ekonomicznej. Stanowiący realizację tego celu rozdział 2 rozprawy jest jednocześnie pierwszym w polskiej literaturze informatyki ekonomicznej przeglądem wykorzystywanych w badaniach akceptacji SI/TI modeli przyczynowo-skutkowych. W tej części rozprawy próbujemy w szczególności znaleźć odpowiedź na pytania: 1) dlaczego zamiast bezpośredniego pomiaru korzyści i kosztów SI/TI stosowane modele posługują się miarami pośrednimi, takimi jak stopień wykorzystania, sukcesem SI/TI czy satysfakcją użytkownika? 2) w jaki sposób mierzone jest wykorzystanie SI/TI i satysfakcja użytkownika? 3) jakie są kluczowe czynniki determinujące wykorzystanie SI/TI? 4) czy i w

jakim stopniu proponowane teorie i modele nadają się do opisu zjawiska wykorzystania i akceptacji oprogramowania *open source*?

Odpowiedź na ostatnie pytanie wymaga usystematyzowania zjawiska kryjącego się pod pojęciem „oprogramowanie *Open Source*”, w szczególności niezbędne jest ustalenie: 1) czym jest oprogramowanie *Open Source* i co jest nowością w tej kategorii oprogramowania z punktu widzenia użytkownika SI/TI? 2) czy można potwierdzić zależność przyczynowo-skutkową pomiędzy „otwartością” oprogramowania a jego jakością i/lub funkcjonalnością? 3) czy *Open Source* jest zjawiskiem trwałym czy raczej przejściową modą, która zniknie w ciągu kilku lat? 4) jaka jest pozycja oprogramowania *Open Source* na rynku SI/TI? Zagadnienia te rozważano w rozdziale 3.

Oceniając wykorzystywane „klasyczne” modele akceptacji indywidualnej, w tym zwłaszcza model TAM, podjęto dyskusję o celowości ich stosowania do objaśniania akceptacji oprogramowania *Open Source* (rozdz. 4). W szczególności w przypadku akceptacji indywidualnej przyjęto, że żaden z „klasycznych” modeli akceptacji nie nadaje się do objaśnienia typowej dla wykorzystania oprogramowania *Open Source* sytuacji wyboru spośród porównywalnych możliwości. W związku z tym opracowano oryginalny model akceptacji RA-SC objaśniający zamiar dalszego wykorzystania za pomocą czynnika *względnej przewagi* oraz *kosztów zmiany*. W przypadku akceptacji na poziomie organizacyjnym zaproponowano z kolei zmodyfikowany model TOE (TOE-CB), w którym głównymi czynnikami były postrzegane korzyści i koszty zmiany.

Cel empiryczny pracy określają dwa problemy badawcze. Pierwszy z nich to określenie przyczyny akceptacji lub odrzucenia oprogramowania *Open Source* przez organizacje (akceptacja na poziomie organizacyjnym) w Polsce. Drugim celem badawczym jest objaśnienie akceptacji oprogramowania *Open Source* na poziomie indywidualnym na przykładzie wybranej SI/TI (przeglądarka *www Firefox*) oraz dla pewnej grupy użytkowników.

Z przedstawionych celów wynikają następujące pytania badawcze:

- Czy zaproponowane skale pomiarowe dla czynników z modeli TOE-CB oraz RA-SC wykazują się zadowalającą rzetelnością i trafnością?

- Czy i jakim stopniu zaproponowane modele akceptacji SI/TI nadają się do objaśnienia akceptacji oprogramowania *Open Source*?
- Jak jest znaczenie kluczowych czynników korzyści-kosztów w modelu TOE-CB. Czy bezpośrednie korzyści są czynnikiem istotnie wpływającym na wykorzystanie jak twierdzą proponenci oprogramowania *Open Source* oraz czy koszty zmiany są zawsze istotną barierą akceptacji na co wskazują wskazują jego oponenci?
- Jak jest znaczenie względnej przewagi i kosztów zmiany w objaśnianiu akceptacji oprogramowania *Open Source* na poziomie indywidualnym.

Próbę szczegółowej odpowiedzi na powyższe pytania podjęto w kolejnych rozdziałach pracy.

Rozdział pierwszy dotyczy zastosowanej w pracy głównej metody badawczej tj. modelowania równań strukturalnych. Rozdział rozpoczyna przegląd znaczenia statystycznych metod ilościowych w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej. W kolejnych punktach zaprezentowano „klasyczne” modele SEM oraz podejście alternatywne, w postaci modelowania ścieżkowego częstkową metodą najmniejszych kwadratów. Szczególnie wiele miejsca poświęcono – nieobecnemu w polskim piśmiennictwie z dziedziny ekonomii lub zarządzania – zagadnieniom mierzenia czynników ukrytych, weryfikacji jakości modelu pomiaru i ocenie dopasowania modelu.

Rozdział 2 zawiera krytyczny przegląd proponowanych w literaturze przedmiotu teorii służących objaśnieniu akceptacji SI/TI. Są to m.in. modele TAM/UTAUT, DOI, sukcesu DeLone’a-McLeana (na poziomie indywidualnym) oraz TOE i DiMaggio-Powella (na poziomie organizacyjnym). Wskazano na słabe strony proponowanych modeli, takie jak brak powszechnie akceptowanej definicji kluczowego czynnika *wykorzystania* SI/TI, nadmierna prostota i dyskusyjne sposoby pomiaru wielu proponowanych czynników.

W rozdziale 3 przedstawiono opis i systematykę „oprogramowania *Open Source*”. Rozdział zawiera także charakterystykę sektora produkcji oprogramowania z perspektywy historycznej, prawnej oraz ekonomicznej. W rozdziale 4, który ma charakter czysto empiryczny, zaproponowano teoretyczne modele akceptacji oprogramowania *open source* na poziomie organizacyjnym i indywidualnym.

Określono skale pomiarowe dla zaproponowanych modeli, które zostały następnie zweryfikowane empirycznie.

Dołączona do rozprawy literatura zawiera przegląd prac z trzech obszarów tematycznych: 1) teoretyczne i empiryczne prace, głównie z dziedziny informatyki ekonomicznej, dotyczące akceptacji SI/TI; 2) teoretyczne i metodologiczne prace dotyczące modelowania równań strukturalnych oraz praktyki stosowania tych metod w obszarach nauk o zarządzaniu, marketingu i informatyki ekonomicznej; 3) empiryczne prace dotyczące oprogramowania *open source*.

Dane umożliwiające weryfikację modelu z punktu 4.1 zebrano w ramach realizacji projektu Ministerstwa Edukacji i Nauki, *Oprogramowanie otwarte w polskich organizacjach: ocena stopnia wykorzystania, korzyści i kosztów* (numer 1 H02B 001 26), którego autor był współwykonawcą (Strzała i Przechlewski, 2005).

Strona główna

Strona tytułowa

Spis treści



Strona 12 z 317

Powrót

Full Screen

Zamknij

Koniec



Rozdział 1

Metody ilościowe w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej

*Opisując wpływ systemów informacyjnych
na procesy organizacyjne, nie mamy zbyt wiele do zmierzenia*

Peter G.W. Keen

Informatyka ekonomiczna to dyscyplina nauki wyróżniająca się znaczną różnorodnością teoretyczną, mnogością rozważanych problemów badawczych oraz wielością wykorzystywanych metod. Niniejszy rozdział dotyczy ostatniego z wymienionych problemów, tj. wykorzystywanych w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej metod, ze szczególnym uwzględnieniem *metod ilościowych* używanych do empirycznej weryfikacji modeli przyczynowo-skutkowych zawierających czynniki nieobserwowalne. Zasadniczym celem rozważań przeprowadzonych w tym rozdziale jest dokonanie przeglądu metod *modelowania równań strukturalnych* (SEM), które współcześnie są podstawową metodą wykorzystywaną do weryfikacji modeli przyczynowo-skutkowych zawierających zmienne ukryte.

Rozdział rozpoczyna przegląd znaczenia metod ilościowych w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej. W kolejnych punktach zaprezentowano „klasyczne” modele SEM (modele wykorzystujące macierz wariancji-kowariancji), podejście alternatywne, w postaci modelowania ścieżkowego częstkową metodą najmniejszych kwadratów, oraz kilka interesujących rozszerzeń obu metod. Szczególnie wiele miejsca poświęcono – nieobecnemu w polskim piśmiennictwie z dziedziny ekonomii lub zarządzania – zagadnieniom mierzenia czynników ukrytych, weryfikacji jakości modelu pomiaru i ocenie dopasowania modelu.

1.1. Metody badawcze informatyki ekonomicznej

Informatyka ekonomiczna to młoda dyscyplina, którą cechuje znacząca różnorodność, w tym: – *mnogość problemowa* przekładająca się na bogactwo rozważanych problemów; – *różnorodność teoretyczna*, oznaczająca wielość wykorzystywanych podstaw teoretycznych i zapożyczeń z innych dyscyplin naukowych; – *różnorodność metodologiczna*, wyrażająca się w szerokim spektrum wykorzystywanych metod badawczych. W ostatnich dwóch wymienionych wyżej aspektach – szukając naukowej legitymizacji – informatyka ekonomiczna zapożycza teorie¹, modele i metody badawcze z innych, uznanych dyscyplin (tzw. dyscyplin referencyjnych), w tym: informatyki teoretycznej i stosowanej (Morrison i George, 1995), nauk o organizacji i zarządzaniu, ekonomii, marketingu, socjologii i psychologii². Przykładowo, A. Nowicki (2002) określa dyscyplinę następująco: „systemy informacyjne [tj. informatyka ekonomiczna] stanowią interdyscyplinarną dziedzinę naukową, która wyrosła na gruncie nauk z zakresu ekonomii i zarządzania, psychologii, socjologii oraz informatyki”. Zatem, zanim przejdziemy dalej, warto odpowiedzieć na dwa pytania: – czy informatyka ekonomiczna jest nauką matematyczną, techniczną czy jest częścią nauk społecznych? – jaka jest rola metod ilości-

¹Auksztol (2008, s. 23) powtarza za Baskervillem i Myersem (2002) tezę, iż metody i teorie wypracowane w obszarze informatyki ekonomicznej są obecnie wykorzystywane w wielu innych dyscyplinach, ilustrując to stosownym schematem. Owa „obopólna wymiana wypracowanych metod i teorii badawczych” miałaby świadczyć o „dojrzałości” dyscypliny. Tyle, że na poparcie wysuwanej tezy Baskervill i Myers podają raptem dwa dyskusyjne przykłady, a Auksztol nie podaje żadnego.

²W licznych przeglądach podjęto wiele prób krytyki i oceny stosowanych podejść badawczych, por. Orlikowski i Baroudi (1991); Galliers (1992); Benbasat i Zmud (1999); Vessey i inni (2002); Mingers (2003); Palvia i inni (2004). Gregor (2006) opracowała często wykorzystywaną, aczkolwiek naszym zdaniem arbitralnie-dyskusyjną, klasyfikację teorii stosowanych w obszarze informatyki ekonomicznej. Interesujące są również przeglądy Adama i Fitzgerald (2000) oraz Keena (1980).

wych w spektrum metod wykorzystywanych na gruncie informatyki ekonomicznej, jakie tematy są poruszane i jakie dominują? Odpowiedzi poszukamy w analizie literatury przedmiotu.

1.1.1. Dyscyplina naukowa informatyki ekonomicznej

Informatyka ekonomiczna jest określana w krajach anglosaskich terminem *Management Information Systems* lub *Information Systems*. W obszarze niemieckojęzycznym z kolei ta dziedzina wiedzy znana jest jako *Wirtschafts Informatik*. W Polsce używa się zamiennie określeń: *Systemy Informacyjne* (Nowicki, 2002), *Informatyka Gospodarcza* lub *Systemy Informacyjne w Zarządzaniu* (Flakiewicz, 2002; Auksztol, 2008). Jak widać większość polskich nazw to kalki językowe nazw obcojęzycznych. Będziemy w niniejszej książce konsekwentnie używać nazwy **informatyka ekonomiczna** ponieważ jest ona: zdecydowanie najczęściej stosowana (Auksztol, 2008) oraz nazwy tej używa Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w wykazie dyscyplin naukowych, w którym można znaleźć dyscyplinę *Ekonometrii, Statystyki i Informatyki Ekonomicznej* przypisaną do *Nauk humanistycznych i społecznych*.

Jak w każdej nowej dyscyplinie naukowej, której tożsamość dopiero się kształtuje, także w obszarze informatyki ekonomicznej kwestie teoriopoznawcze są przedmiotem ożywionej dyskusji i często kontrowersyjnej wymiany poglądów. Jednakże o ile w literaturze obcojęzycznej publikacje traktujące o metodach pozyskiwania wiedzy, rozwijania teorii i tematyce badawczej są liczne³, to w polskim piśmiennictwie problematyka podstaw teoretyczno-metodologicznych dyscypliny praktycznie nie była do tej pory podnoszona (2004). Jedynym wyjątkiem jest niedawna książka Auksztola (2008), a w szczególności punkt *Metody badawcze informatyki ekonomicznej*. Niniejszy rozdział jest zatem drugą publikacją dotyczącą ważnej – naszym zdaniem – refleksji nad stanem aparatu teoriopoznawczego

³Por. przykładowo Orlikowski i Baroudi (1991); Benbasat i Zmud (2003); Dubé i Paré (2003); Grover i inni (2006); Hirschheim (2007).

dziedziny, o tyle uzupełniającą pracę Auksztola, że dotyczy metod ilościowych, dominujących zresztą w praktyce badawczej (Orlikowski i Baroudi, 1991; Chen i Hirschheim, 2004).

1.1.2. Tematyka badań informatyki ekonomicznej

Aspekt przedmiotowy informatyki ekonomicznej nie jest także wolny od kontrowersji (Bacon i Fitzgerald, 2001; Adam i Fitzgerald, 2000). Keen (1980, s. 14) określa problematykę dziedziny w szeroki sposób, jako „efektywne projektowanie, implementację i wykorzystanie systemów informacyjnych w organizacjach”. Auksztol z kolei (2008, s. 22), za Elliotem i Avisonem zawęża problemy badawcze do „[obejmujących] czynności strategiczne, kierownicze i wykonawcze związane z przetwarzaniem, gromadzeniem, dystrybucją i użyciem informacji...”. Kluczowe w przytoczonej definicji słowo „czynności” ogranicza przedmiot zainteresowania dziedziny do ludzkich działań i zachowań, a wyklucza problemy czysto teoretyczno-techniczne. Te ostatnie są przedmiotem rozważań w obszarze informatyki teoretycznej oraz stosowanej. Podkreślany jest powszechnie silny związek dziedziny z praktyką. Benbasat i Zmud (1999) postulują, iż badania powinna cechować zarówno naukowa precyzja, jak i ich praktyczna przydatność (*rigour and relevance*). Badania empiryczne, zwłaszcza wykorzystujące dane zebrane za pomocą badań terenowych, mogą stanowić połączenie akademickiej precyzji i praktycznej przydatności (O’Leary-Kelly i Vokurka, 1998). Barua i Lee (1997, s. 110) utrzymują, że „informatyka ekonomiczna jako nauka stosowana (*business discipline*) powinna pomagać menedżerom – poprzez implementację technologii informacyjnej (SI/TI) – usprawniać procesy biznesowe i zwiększać konkurencyjność. Szybkie zmiany SI/TI oraz struktury organizacji czynią niezbędnym zrozumienie, w jaki sposób SI/TI wpływa na wyniki organizacji, a to jest możliwe tylko **poprzez badania zależności przyczynowo-skutkowych pomiędzy SI/TI oraz czynnikami organizacyjnymi i ekonomicznymi**”. Rozważania dotyczące aspektu przedmiotowego informatyki ekonomicznej kontynuujemy w punkcie 3.1.

1.1.3. Ilościowe metody badawcze informatyki ekonomicznej

W często cytowanym przeglądzie podejść badawczych używanych w obszarze informatyki ekonomicznej dokonany przez Orlikowski i Baroudiego (1991)⁴ zestawione zostały: *metody badawcze*, *typ badań* w podziale na podłużne i przekrojowe oraz *założenia epistemologiczne* czyli paradygmat badawczy. Najczęściej stosowanymi metodami były badania ankietowe (49%) i eksperymenty laboratoryjne (27%), zaś udział badań wykorzystujących inne metody nie przekraczał 25%. Jeżeli chodzi natomiast o drugie kryterium klasyfikacji, to aż 90% badań było badaniami przekrojowymi⁵. Wreszcie stwierdzono, że 97% badań wykorzystuje podejście *pozytywistyczne* – alternatywny *paradygmat interpretatywny* stanowił 3% margines. Także nowszy, bo obejmujący publikacje z lat 1991–2001, przegląd dokonany przez Chena i Hirschheima (2004, s. 197) wskazuje, że tendencje zaobserwowane przez Orlikowską i Baroudiego nie zmieniły się znacznie: 41% badań korzystało z metody ankietowej, a 81% reprezentowało paradygmat pozytywistyczny. Straub i inni (2004) ocenili z kolei *jak często* stosowane jest *modelowanie równań strukturalnych* (SEM). Dokonany przez nich przegląd 171 artykułów, wykorzystujących w jakimkolwiek stopniu metody ilościowej analizy danych, opublikowanych w latach 1994–1997 w trzech czasopismach (*MIS Quarterly*, *Information and Management* oraz *Information Systems Research*) wskazuje, że przeciętnie w co piątym badaniu wykorzystano metodę SEM. Rolę SEM w praktyce badawczej dyscypliny Straub i inni (2004) podsumowują stwierdzeniem, iż „stała się [metodą] *de rigueur* jeżeli chodzi o weryfikację skal pomiarowych i szacowanie modeli przyczynowo-skutkowych”.

Lee i Barua (1997) przeprowadzili podobny przegląd literatury, obejmujący lata 1989–1995, zesta-

⁴Przegląd objął 155 artykułów opublikowanych w czterech czołowych czasopismach: *Communications of the ACM*, *Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS)*, *Management Science* oraz *MIS Quarterly*, w latach 1983–1988.

⁵Tendencje przedstawione przez Orlikowski i Baroudiego potwierdzają także inne przeglądy, por. Abareshi i Martin (2008); Rungtusanatham i inni (2003); Newsted i inni (1998) oraz Pinsonneault i Kraemer (1993).

wiając badania, w których wykorzystywane były modele przyczynowo-skutkowe i stwierdzili, iż 70% artykułów, w których wykorzystano metodę badań terenowych (badanie ankietowe), empirycznie weryfikowało jakiś model przyczynowo-skutkowy⁶. Badacze reprezentujący paradygmat pozytywistyczny – czyli większość – zwiększenie „naukowości” (*scientific rigour*) dorobku informatyki ekonomicznej widzą w określeniu *tradycji badawczej*, dzięki której badania będą mogły być prowadzone w sposób systematyczny, koncentrując się na istotnych zagadnieniach, przy wykorzystaniu zaawansowanych metod statystycznych (Straub, 1989; Benbasat i Zmud, 1999).

Reasumując, **badania ilościowe są zdecydowanie najczęściej wykorzystywanymi metodami badawczymi** w dziedzinie informatyki ekonomicznej, a ankieta powszechnym wręcz narzędziem badawczym (Newsted i inni, 1998; Rungtusanatham i inni, 2003). Wśród metod statystycznych ważne znaczenie posiada *modelowanie równań strukturalnych* – metoda praktycznie niewykorzystywana w polskich ośrodkach zajmujących się informatyką ekonomiczną⁷. Wypełniając tę lukę, w dalszej części rozdziału dokonamy zatem przeglądu metod SEM, zwłaszcza pod kątem ich zastosowań w obszarze informatyki ekonomicznej.

1.2. Kowariancyjne modelowanie równań strukturalnych

1.2.1. Wielość metod modelowania strukturalnego

Pod nazwą *modelowanie równań strukturalnych* kryje się tak wiele różnych metod, że trudno jest znaleźć prostą i jednocześnie dokładną definicję tego pojęcia. Loelin (2004, s. 1) uznaje za

⁶Jednocześnie, oceniając jakość wykorzystywanych modeli Lee i Barua zwracają uwagę, że 2/3 z nich zawierało pojedynczą zmienną wyjaśniającą, wyrażając obawę, czy tak proste modele mogą z dostateczną dokładnością wyjaśniać badane zjawiska.

⁷Podobnie zresztą jest w innych dziedzinach nauk społecznych, jak nauki o zarządzaniu czy marketing (Sztemberg-Lewandowska, 2008).

kluczowe dwie następujące cechy modeli SEM: 1) umożliwiają łączną analizę wielu zmiennych oraz, 2) analizowane zmienne mogą być *ukryte*, co oznacza, że zmienne te nie są mierzone bezpośrednio⁸. Bollen z kolei wyróżnia trzy kluczowe składniki SEM: analizę ścieżki, modelowanie pojęć jako zmiennych ukrytych, mierzonych pośrednio oraz *uogólnione metody estymacji*. Bollen podkreśla zasadnicze znaczenie analizy wariancji-kowariancji: „procedury [SEM] dotyczą kowariancji, a nie pojedynczych obserwacji. Zamiast minimalizować różnicę pomiędzy wartościami zaobserwowanymi a obliczonymi na podstawie modelu, minimalizowana jest różnica pomiędzy macierzą kowariancji w próbie, a macierzą teoretyczną” (Bollen, 1989, s. 3). Metody SEM rozwinęły się w dużym stopniu w dziedzinie badań psychologicznych, stąd wiele z nich zostało opracowanych przez psychologów z uwzględnieniem specyfiki badawczej tej dziedziny wiedzy (Bollen, 1989; Kline, 2004).

Konsekwencją wykorzystania do estymacji parametrów modelu macierzy wariancji-kowariancji i metody największej wiarygodności w metodach SEM jest konieczność uwzględnienia wielu założeń statystycznych, w tym założeń dotyczących rozkładu zmiennych obserwowalnych, wielkości próby, złożoności modelu oraz typu zależności pomiędzy zmiennymi ukrytymi a obserwowalnymi. Alternatywą dla metod SEM jest wywodząca się z analizy kanonicznej, częściowa *metoda najmniejszych kwadratów* (*partial least squares*, PLS), opracowana przez Hermana Walda (Gatnar, 2004; Tenenhaus i inni, 2005). Ponieważ algorytm PLS może być częścią różnych metod statystycznych (Haenlein i Kaplan, 2004; Jakobowicz i Derquenne, 2007) przyjęło się w anglojęzycznej literaturze przedmiotu (Tenenhaus i inni, 2005) określać jako *modelowanie ścieżkowe cząstkową metodą najmniejszych kwadratów* (PLS path modelling, PLSPM) wykorzystanie metody PLS do estymacji strukturalnych mo-

⁸Podkreśla to także Gatnar (2003, s. 77): „modelowanie równań strukturalnych pozwala na statystyczne ujęcie struktury przyczynowo-skutkowej badanego zjawiska, w którym występują zmienne ukryte”. SEM określa się jako „metody drugiej generacji” (Fornell i Larcker, 1981), będące uogólnieniem wielu metod „pierwszej generacji”, takich jak: analiza czynnikowa i analiza głównych składowych, regresja wieloraka, analiza ścieżki oraz analiza dyskryminacyjna.

deli liniowych⁹. Wold określał PLSPM terminem *modelowanie miękkie* (*soft modelling*) – pojęcie używane także w polskiej literaturze (Rogowski, 1990)¹⁰. W przeciwieństwie do SEM, które jak wspomniano jest w dużym stopniu dorobkiem psychologii, PLSPM została rozwinięta w obszarze nauk ekonomicznych (Rogowski, 1990)¹¹.

Oba typy modelowania równań strukturalnych łączą dwie cechy – możliwości weryfikowania *złożonych modeli przyczynowo-skutkowych* w postaci układu równań liniowych oraz możliwość wykorzystania *zmiennych ukrytych*. Jednocześnie obie grupy różnią się znacznie, w tym całkowicie różne są założenia statystyczne i metody estymacji. Różnice pomiędzy SEM a modelowaniem ścieżkowym częstokwątą metodą najmniejszych kwadratów, zestawione syntetycznie w tabeli 1.1, zostaną szerzej omówione w kolejnych punktach rozdziału. Z uwagi na to, że zagadnienie *modelowania równań strukturalnych* jest bardzo obszerne – metody SEM są wspólnym dorobkiem kilku co najmniej różnych dziedzin wiedzy, a wykorzystywane są w kilkunastu, to nasza uwaga zostanie ograniczona wyłącznie do tych, które są lub mogłyby być wykorzystane w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej¹². Po drugie, z uwagi na to, że w niniejszej książce metody SEM są narzędziem a nie

⁹Innym szeroko wykorzystywanym zastosowaniem PLS jest *regresja częstokwątą metodą najmniejszych kwadratów*, stosowana w chemiometrii do redukcji wymiarów (Tenenhaus i inni, 2005).

¹⁰W literaturze można także spotkać określenie *komponentowe modelowanie równań strukturalnych*, oznaczające PLSPM i inne podobne koncepcyjnie do PLSPM metody, przykładowo metodę GSCA (*Generalised Structured Component Analysis*) zaproponowaną przez Hwanga i Takane (2004) jako alternatywę dla PLSPM.

¹¹Powszechne wykorzystanie PLSPM i traktowanie tej metody jako równoprawnej alternatywy dla „klasycznego” SEM jest specyfiką informatyki ekonomicznej oraz marketingu (Goodhue i inni, 2006; Henseler i inni, 2009; Rouse i Corbitt, 2008). W literaturze z obu dziedzin często „tradycyjne” metody SEM określa się akronimem CBSEM (*covariance-based-SEM*), rezerwując SEM jako wspólny termin na oznaczenie CBSEM, PLSPM i innych podobnych metod. Nie będziemy używać tej konwencji.

¹²Przykładowo wiele metod modelowania równań strukturalnych zostało rozwiniętych w dziedzinie psychologii lub nauk przyrodniczych (Skrondal i Rabe-Hesketh, 2004), w których typowo dane są zbierane w drodze

Kryterium	SEM	PLSPM
cel	objaśnienie wartości parametrów modelu	predykcja
podejście	objaśnienie kowariancji	objaśnienie wariancji
założenia	wielowymiarowy rozkład normalny	nieparametryczna
oceny parametrów	zgodne	asymptotycznie zgodne
związek między miarami a czynnikami	refleksyjny	formatywny/refleksyjny
konsekwencje	dokładność parametrów	dokładność predykcyjna
złożoność modelu	mała/średnia, mniej niż 100 miar	duża, kilkaset miar lub nawet więcej
wielkość próby	duża, powyżej 200, w wielu wypadkach kilkaset	mała, poniżej 100

Tabela 1.1: Porównanie modelowania strukturalnego metodami SEM i PLSPM

głównym przedmiotem badań, nie będziemy nadmiernie zajmować się matematyczno-statystycznymi szczegółami dotyczącymi metod estymacji, identyfikacji itp., ograniczając te zagadnienia do niezbędnego minimum i odsyłając zainteresowanych do stosownej literatury. Uwaga nasza zostanie skupiona raczej na założeniach, proponowanych heurystykach badawczych oraz możliwych obszarach zastosowań.

eksperymentu. Nie będziemy omawiać ani tego typu metod, ani zastosowań, ponieważ praktycznie nie są one wykorzystywane w obszarze nauk o zarządzaniu, ekonomii i informatyki ekonomicznej.

1.2.2. Specyfikacja, estymacja i strategie modelowania

Model równań strukturalnych SEM składa się z dwóch części. Pierwsza część (model strukturalny) opisuje zależności między zmiennymi ukrytymi:

$$\eta = \mathbf{B}\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (1.1)$$

gdzie: η – wektor ukrytych zmiennych endogenicznych ($m \times 1$); ξ – wektor ukrytych zmiennych egzogenicznych (niezależnych, $n \times 1$); \mathbf{B} – macierz współczynników strukturalnych zmiennych endogenicznych ξ ($m \times m$)¹³; Γ – macierz współczynników określających wpływ ukrytych zmiennych egzogenicznych na endogeniczne ($m \times n$); ζ – wektor składników losowych ($m \times 1$). Przyjmowane są następujące dodatkowe założenia: $E(\eta) = 0$, $E(\xi) = 0$, $E(\zeta) = 0$ i $\text{cov}(\xi, \zeta) = 0$. Oznaczmy także symbolem Φ macierz wariancji-kowariancji zmiennych egzogenicznych (o wymiarach $n \times n$) oraz jako Ψ macierz wariancji-kowariancji składników losowych ($m \times m$), tj: $\Phi = E(\xi\xi') = \text{cov}(\xi\xi)$ oraz $\Psi = E(\zeta\zeta') = \text{cov}(\zeta\zeta)$.

Model pomiaru Model pomiaru (*measurement model*) opisuje kształtowanie się wartości zmiennych obserwowalnych. Wektory zmiennych endogenicznych (\mathbf{y}) oraz egzogenicznych (\mathbf{x}) mogą być odpowiednio przedstawione w postaci następujących równań¹⁴:

$$\mathbf{y} = \Lambda_y\eta + \epsilon \quad \text{oraz} \quad \mathbf{x} = \Lambda_x\xi + \delta \quad (1.2)$$

¹³Przekątna macierzy \mathbf{B} zawiera same zera, co oznacza, iż zmienne nie oddziałują na siebie oraz $\mathbf{I} - \mathbf{B}$ jest macierzą nieosobliwą.

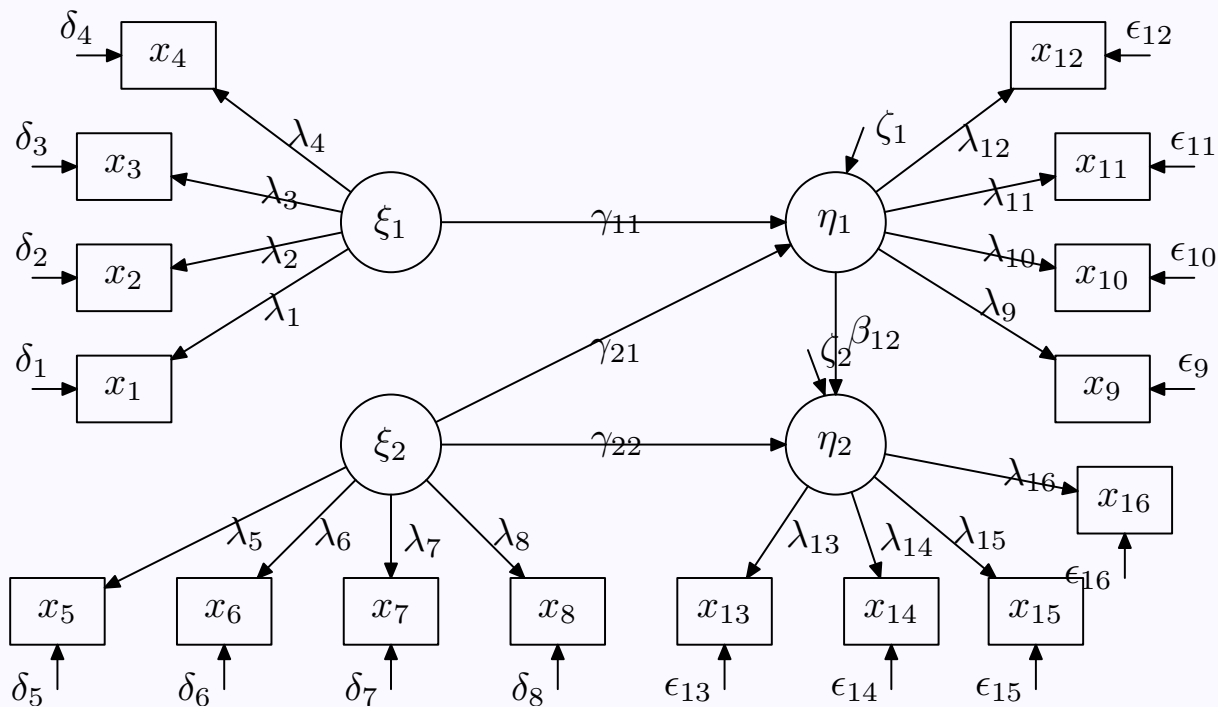
¹⁴Model pomiaru, w którym zakłada się, że ukryty czynnik jest przyczyną zmienności miar nazywany jest podejściem lub *modelem refleksyjnym* (Gatnar, 2003, s. 82). Alternatywny do refleksyjnego model, zakładający, że czynnik jest skutkiem wielu miar, nazywany jest modelem formatywnym lub formacyjnym (por. punkt 1.3). Modele SEM zakładają *de facto*, iż model pomiaru jest refleksyjny.

gdzie: \mathbf{y} – wektor obserwowalnych zmiennych endogenicznych ($p \times 1$); \mathbf{x} – wektor zmiennych egzogenicznych ($q \times 1$); Λ_y – macierz ładunków czynnikowych (współczynników regresji) określających wpływ zmiennych ukrytych (η) na zmienne obserwowalne ($p \times m$); Λ_x – macierz ładunków czynnikowych określających wpływ zmiennych ukrytych (ξ) na zmienne obserwowalne ($q \times n$)¹⁵; ϵ – wektor błędów pomiaru zmiennych \mathbf{y} (czynników swoistych, $p \times 1$); δ – wektor błędów pomiaru zmiennych \mathbf{x} ($q \times 1$). Zakłada się, że $E(\epsilon) = 0$, $E(\delta) = 0$ oraz błędy pomiaru ϵ nie są skorelowane z η , ξ i δ . Oznaczmy symbolem Θ_ϵ macierz wariancji-kowariancji błędów pomiaru ϵ ($p \times p$) oraz jako Θ_δ macierz wariancji-kowariancji błędów pomiaru δ ($q \times q$), tj: $\Theta_\epsilon = E(\epsilon\epsilon') = \text{cov}(\epsilon\epsilon)$ oraz $\Theta_\delta = E(\delta\delta') = \text{cov}(\delta\delta)$.

Preferowaną przez wykorzystujących SEM praktyków formą określenia zależności w modelu jest przedstawienie ich w postaci graficznej na *diagramie ścieżkowym*, zamiast układu równań 1.1–1.2 i zbioru macierzy wariancji-kowariancji (Φ , Ψ , Θ_ϵ oraz Θ_δ). Jako przykład przyjmijmy model składający się z dwóch zmiennych egzogenicznych (ξ_1 , ξ_2) oraz dwóch zmiennych endogenicznych (η_1 , η_2), przy czym zmienne te są ukryte, tj. są mierzone pośrednio za pomocą 16 zmiennych obserwowalnych x_1, \dots, x_{16} . Używając notacji diagramu ścieżkowego¹⁶, przykładowy model można przedstawić jak na rysunku 1.1.

¹⁵Zauważmy, że ponieważ zmienne ukryte są mierzone pośrednio, powstaje konieczność przypisania im skali. W praktyce stosowane są dwie konwencje: 1) przyjęcie za skalę zmiennej ukrytej, skali jednej ze zmiennych mierzalnych (co sprowadza się do ustalenia wartości pewnego współczynnika λ jako równej 1), lub 2) standaryzacja wariancji zmiennej ukrytej (Bollen, 1989; Kline, 2004).

¹⁶Reguły konstruowania diagramów są bardzo proste (Bollen, 1989, s. 33). Kwadraty i prostokąty oznaczają zmienne obserwowalne a koła i elipsy – czynniki ukryte. Składniki losowe lub błędy pomiaru są oznaczane symbolami niezawartymi w żadnej figurze geometrycznej. Wpływ jednej zmiennej na drugą (relacja rekursywna) jest oznaczany przy pomocy strzałki, której początek wskazuje na przyczynę, a grot na skutek. Dwie równoległe strzałki o przeciwnych grotach oznaczają relację zwrotną (nierekursywną). Strzałka z dwoma grotami oznacza korelację pomiędzy zmiennymi, która nie jest analizowana w kategoriach przyczyna-skutek. Przykłady relacji zwrotnej i nieanalizowanej zależności przedstawia diagram na rysunku 1.2.



Rysunek 1.1: Przykładowy diagram ścieżkowy modelu rekursywnego

Współczynniki ścieżkowe (γ , β oraz λ) są interpretowane jako standaryzowane współczynniki regresji liniowej (Kline, 2004). Model SEM ograniczony wyłącznie do części strukturalnej (model, w którym zmienne są mierzone bezpośrednio) określa się często mianem *analizy ścieżki*. Z kolei model ograniczony do modelu pomiaru jest określany jako *konfirmacyjna analiza czynnikowa*

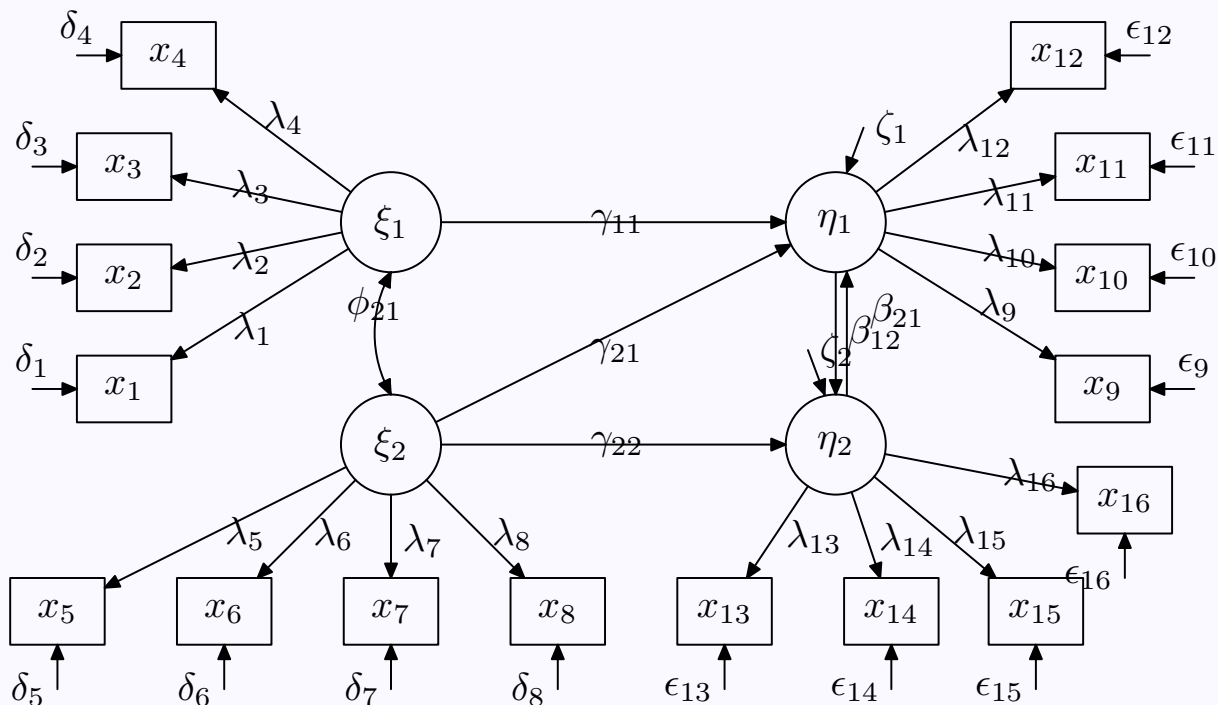


Diagram różni się od diagramu z rysunku 1.1 wyłącznie specyfikacją zależności pomiędzy zmiennymi ukrytymi: ξ_1 a ξ_2 oraz η_1 a η_2 . Relacja pomiędzy endogenicznymi zmiennymi η_1 a η_2 jest relacją zwrotną (nierekursywną) zaś pomiędzy egzogenicznymi zmiennymi ξ_1 a ξ_2 zakładana jest korelacja, ale nie jest ona analizowana w kategoriach przyczyna-skutek (nieanalizowana zależność).

Rysunek 1.2: Diagram ścieżkowy przykładowego modelu nierekursywnego

(por. punkt 1.2.5). Z uwagi na kierunek zależności modele są dzielone na rekursywne i nierekursywne. W modelach rekursywnych niedopuszczalne są zależności „zwrotne”, tj. zmienna nie może być w związku z inną zmienną jednocześnie przyczyną i skutkiem (bezpośrednio lub pośrednio, poprzez łańcuch zależności z innymi zmiennymi). Modele nierekursywne, trudniejsze w identyfikacji i estymacji, są rzadko stosowane w praktyce (Hulland i inni, 1996). W dziedzinie informatyki ekonomicznej praktycznie nie są stosowane – nie będziemy ich zatem omawiać bardziej szczegółowo.

Proces modelowania strukturalnego można, podobnie jak w przypadku wielu innych metod statystycznych, podzielić na pięć następujących etapów (Hair i inni, 1998; Boomsma, 2000; Osińska, 2008): specyfikacja, identyfikacja, estymacja, ocena dopasowania oraz ewentualna modyfikacja. Poniżej omówimy pokrótce, kolejno: identyfikację, estymację oraz specyfikację, zaś ocena dopasowania i modyfikacja modelu są przedstawione obszerniej w kolejnych punktach 1.2.3–1.2.4.

Identyfikacja W uproszczeniu warunkiem identyfikacji modelu jest odpowiednia jego specyfikacja, a nie liczebność próby, jak w przypadku wielu innych metod statystycznych. Parametry modelu SEM mogą być podzielone na następujące trzy kategorie: ustalone, ograniczone oraz wolne. Estymacji podlegają parametry wolne, których wartości są *a priori* nieznane. Wartości parametrów ustalonych są znane *a priori* i nie podlegają estymacji. Wartości parametrów ograniczonych są funkcją wartości innych wolnych parametrów. Identyfikacja modelu SEM sprowadza się do odpowiedzi na pytanie, czy na podstawie informacji zawartych w macierzy wariancji-kowariancji możliwe jest jednoznaczne oszacowanie wartości parametrów modelu. W literaturze przedmiotu, definiuje się trzy poziomy identyfikacji modelu SEM: **model nieidentyfikowany**, **model jednoznacznie identyfikowany** oraz **model przeidentyfikowany**. Modele SEM powinny być przeidentyfikowane; liczba stopni swobody modeli przeidentyfikowanych jest większa od zera, zaś dla modelu jednoznacznie identyfikowanego wynosi dokładnie 0.

Identyfikacja modelu nie jest możliwa bez nałożenia ograniczeń na wiele zależności określonych

przez model strukturalny i pomiaru. Sformułowano wiele warunków identyfikowalności modeli równań strukturalnych, przegląd których znaleźć można w pracy Bollen (1989); nie udało się wszakże opracować reguł uniwersalnych. Reguły konieczne nie gwarantują identyfikowalności, co najwyżej ją wykluczają, reguły wystarczające z kolei są obarczone wieloma dodatkowymi warunkami odnośnie założeń modelu. Reguła t (t -rule) stanowi, że jeżeli liczba niepowtórzonych elementów macierzy wariancji-kowariancji zmiennych obserwowalnych (S) jest mniejsza od liczby wolnych parametrów modelu (t), to model *nie jest* identyfikowalny. Reguła obowiązuje dla każdego typu modelu SEM, tyle że jest tylko regułą konieczną, a nie wystarczającym warunkiem identyfikowalności modelu. Reguły wystarczające są bardziej skomplikowane i dotyczą tylko pewnych klas modeli. Przykładowo, *reguła rekursywna* określa, że model rekursywny, tj. model w którym macierz B jest trójkątna, a macierz Ψ diagonalna, jest identyfikowalny (Bollen, 1989, s. 95–96). Reguła odnosi się wszakże wyłącznie do części strukturalnej modelu lub do modelu SEM ze zmiennymi mierzalnymi. Oddzielne reguły dotyczą modeli pomiaru i modeli strukturalnych ze zmiennymi ukrytymi (Bollen, 1989, s. 247 i s. 332).

Estymacja modelu SEM Podstawową zależnością modelu jest zależność pomiędzy macierzami wariancji-kowariancji:

$$\Sigma = \Sigma(\theta) \quad (1.3)$$

przy czym Σ jest (nieznana) macierzą wariancji-kowariancji zmiennych y i x w populacji, zaś $\Sigma(\theta)$ jest macierzą wariancji-kowariancji będącą funkcją t -elementowego wektora wolnych parametrów θ ¹⁷. Równanie 1.3 implikuje, iż każdy element macierzy Σ jest funkcją parametrów modelu. Związek pomiędzy Σ i $\Sigma(\theta)$ ma zasadnicze znaczenie w identyfikacji, estymacji oraz ocenie dopasowania modelu strukturalnego (Bollen, 1989, s. 85).

Estymacja parametrów modelu polega na minimalizacji pewnej funkcji oceny dopasowania modelu do danych empirycznych, $f(S, \hat{\Sigma})$, gdzie $\hat{\Sigma} = \Sigma(\hat{\theta})$, $\hat{\theta}$ jest wektorem ocen parametrów θ , a S jest

¹⁷Macierz $\Sigma(\theta)$ jest nazywana implikowaną macierzą wariancji-kowariancji (*implied covariance matrix*).

macierzą wariancji-kowariancji z próby. W praktyce do estymacji najczęściej stosuje się metodę największej wiarygodności. Minimalizowana funkcja ma wtedy następującą postać:

$$f = \log |\Sigma(\theta)| + \text{tr}[\mathbf{S}\Sigma^{-1}(\theta)] - \log |\mathbf{S}| - (p + q) \quad (1.4)$$

Estymatory uzyskane metodą największej wiarygodności są asymptotycznie nieobciążone, zgodne i efektywne (Bollen, 1989, s. 108–109). Inne proponowane metody estymacji to odporna metoda największej wiarygodności (*robust ML*, RML), uogólniona metoda najmniejszych kwadratów (GLS) i ważona metoda najmniejszych kwadratów (WLS) (Jöreskog i Sörbom, 2001; Bollen, 1989). Jeżeli zmienne obserwowalne mają wielowymiarowy rozkład normalny, a model jest poprawnie wyspecyfikowany, to można wykazać, iż oceny parametrów uzyskane za pomocą różnych metod estymacji są asymptotycznie zbieżne (Bollen, 1989). W praktyce należy jednak założyć, iż zarówno model nie jest dokładnie wyspecyfikowany, jak i zmienne obserwowalne nie mają wielowymiarowego rozkładu normalnego. W takim przypadku różne procedury estymacji prowadzą do różnych wyników. Jeżeli pomiar wykorzystuje skalę interwałową, a rozkład zmiennych jest zbliżony do normalnego, to zalecaną metodą estymacji jest metoda największej wiarygodności, która jak wspomniano w praktyce badawczej, jest stosowana zdecydowanie najczęściej.

Ważnym ograniczeniem jest wielkość próby. W przypadku istotnych odstępstw od normalności zalecaną procedurą estymacji jest RML, która wszakże wymaga prób o minimalnej liczebności $N \geq 400$. Symulacje Boomsmy i Hooglanda (2001) wskazują, że metody GLS/WLS nie powinny być stosowane dla prób mniejszych niż 1000 obserwacji, przy czym, w zależności od rodzaju modelu i analizowanych danych, wielkość ta może wzrosnąć nawet do 4000–5000 obserwacji. Wymagania odnośnie wielkości próby w zasadzie wykluczają przydatność metod GLS/WLS w badaniach obserwacyjnych.

Specyfikacja Model A jest *zagnieżdżony* wewnątrz modelu B, jeżeli zbiór parametrów wolnych w modelu A zawiera zbiór parametrów wolnych w modelu B (ale odwrotnie już nie). Innymi słowy,

model B jest mniej restrykcyjny, w tym sensie, że pewne parametry ustalone lub ograniczone w modelu A są w nim uwolnione. Za wyjątkiem podzbioru parametrów, które są uwolnione w jednym modelu, a ustalone w drugim, oba modele są identyczne. Model A jest ekwiwalentny dla modelu B , jeżeli $\hat{\Sigma}_A = \hat{\Sigma}_B$ (Lee i Hersherberger, 1990, s. 313). Przykładowo modele z rysunków 1.1 oraz 1.2 są ekwiwalentne, pomimo znaczących różnic jeżeli chodzi o postulowane zależności przyczynowe. Względnie proste modele posiadają kilka ekwiwalentnych wersji, ale modele bardziej skomplikowane mogą posiadać ich setki (Kline, 2004; Jöreskog i Sörbom, 2001). Modele ekwiwalentne mogą być nawet definiowane analitycznie przy wykorzystaniu reguł Lee-Herschbergera (1990). Ponieważ dopasowanie modeli ekwiwalentnych jest identyczne, to na jakiej podstawie można ustalić, że pewien model jest „lepszy” niż inne? Istnienie modeli ekwiwalentnych rodzi także pytanie o interpretację przyczynowości¹⁸ w modelach SEM¹⁹. Najbardziej *teoretycznie wiarygodny* model ze zbioru modeli ekwiwalentnych Hersherberger określa mianem *modelu optymalnego*. Jöreskog i Sörbom (2001, s. 272) wyróżniają trzy sposoby ustalenia modelu optymalnego: eksperyment, badanie podłużne oraz podejście potwierdzające²⁰. W praktyce badawczej informatyki ekonomicznej eksperyment i badanie

¹⁸Pojęcia przyczyny, skutku oraz przyczynowości są fundamentalne w filozofii i filozofii nauki, a ich omówienie – jeżeli nie miałyby być trywialnym zestawieniem dygresji o niewielkiej wartości teoretycznej i praktycznej – znacznie wykracza poza temat tej książki. Zainteresowanych czytelników odsyłamy do prac Russo (2008) oraz Osińskiej (2008) i Gatnara (2003).

¹⁹Zwłaszcza, że modele SEM są w literaturze często określane terminem modelowania przyczynowego (*causal modeling*) lub analizy przyczynowej (*causal analysis*).

²⁰Używany w statystyce termin podejście potwierdzające jest tożsamy z *metodą hypodedukcji* zaproponowanej przez Kuhna (Russo, 2008). Upraszczając *metoda hypodedukcji* sprowadza się do dedukcyjnego sformułowania hipotezy, która następnie jest empirycznie *falsyfikowana*, tj. próbuje się wykazać że jest ona nieprawdziwa.

podłużne są rzadko wykorzystywane, a wybór modelu optymalnego opiera się na potwierdzeniu *a priori* zaproponowanej teorii, zwykle zapożyczonej z innej dziedziny wiedzy²¹.

1.2.3. Wskaźniki jakości dopasowania modelu

Ocena dopasowania w przypadku modelowania równań strukturalnych sprowadza się do porównania różnic pomiędzy implikowaną a próbkową macierzą wariancji-kowariancji. Wprowadzie pewna funkcja tych różnic ma rozkład χ^2 , co pozwala na precyzyjną ocenę ich istotności za pomocą odpowiedniego testu statystycznego, ale jednocześnie z uwagi na istotne wady takiego kryterium nie jest ono uważane za decydujące w ocenie modelu. Proponowane są różne „lepsze” wskaźniki, których wspólną cechą jest z kolei to, iż mają one opisowy charakter. Co za tym idzie, rekomendowane w literaturze

²¹Przykładem niech będzie teoria DiMaggio i Powella (por. punkt 2.6.3). Opierając się na założeniach tej teorii Teo i inni (2003) postulują, że *zamiar przyswojenia systemów EDI* jest efektem *izomorfizmu instytucjonalnego* przejawiającego się w postaci trzech czynników, tj. izomorfizmu przymusowego, izomorfizmu naśladowczego oraz izomorfizmu normatywnego (por. punkt 2.6.3). Kierunek przyczynowości wydaje się prawidłowy: organizacja *chcąc być kompatybilna z otoczeniem* zamierza wdrożyć pewien SI/TI. Przyjęcie przez Teo i innych za zmienną objaśnianą *zamiaru wdrożenia* (zamiast wdrożenia/stopnia wdrożenia SI/TI) uprawdopodobnia owo następstwo czasu pomiędzy przyczyną a skutkiem niezbędne według Huma do określenia dwóch zdarzeń jako będących w zależności przyczynowej. Objasniając przyswajanie systemów ERP przez organizacje Liang i inni (2007) rozszerzyli model zaproponowany w pracy Teo i inni (2003). W modelu Lianga i innych *stopień przyswojenia SI/TI* jest bezpośrednio objaśniany przez: *przekonania kierownictwa odnośnie systemów ERP* oraz *zaangażowanie kierownictwa w implementację systemów ERP*. Izomorfizm przymusowy, normatywny i naśladowczy wpływają na *stopień przyswojenia SI/TI* pośrednio, przez czynniki przekonania/zaangażowania. Powstaje pytanie, czy większe *zaangażowanie kierownictwa w implementację* jest przyczyną większego stopnia przyswojenia? A może w organizacjach wdrażających system ERP na większą skalę wymagane jest większe zaangażowanie kierownictwa? Model teoretyczny jest wątpliwy, a autorzy nie uzasadniają w żaden sposób poczynionych zmian.

przedmiotu zalecane wartości tych wskaźników, które mają świadczyć o dobrym bądź słabym dopasowaniu modelu, są ustalane głównie w oparciu o różne eksperymenty komputerowe i mają charakter heurystyczny (Hair i inni, 1998). Z uwagi na dalsze ograniczenia, takie jak zależność wskaźnika od wielkości próby czy też stopnia złożoności modelu, żaden ze wskaźników nie jest uważany za uniwersalny miernik dopasowania modelu do danych. Powszechnym zaleceniem, do którego stosuje się zresztą praktyka badawcza (Gefen i inni, 2000; Baumgartner i Homburg, 1996), jest ocena modelu na podstawie wartości wielu wskaźników łącznie (Kline, 2004; Loehlin, 2004; Tanaka, 1993). W literaturze przedmiotu można znaleźć różne sposoby klasyfikowania wskaźników, przy czym najczęściej spotykany jest podział na następujące trzy kategorie (Hair i inni, 1998; Kline, 2004; Tanaka, 1993): *bezwzględne miary dopasowania* (takie jak przykładowo statystyka χ^2 , czy wskaźnik RMR), *przyrostowe miary dopasowania*²² (przykładowo NEI, GFI, TLI) oraz *miary uwzględniające oszczędność modelu* (przykładowo AIC albo unormowana statystyka χ^2).

Statystyka χ^2 Hipoteza zerowa postaci $H_0: \Sigma = \Sigma(\theta)$ (co można także zapisać jako: $H_0: \Sigma - \Sigma(\theta) = 0$) zakłada, że implikowana przez postulowaną strukturę zależności w modelu macierz wariancji-

²²Przyrostowe miary dopasowania to wskaźniki oparte na porównywaniu modeli. Dopasowanie modelu jest oceniane poprzez porównanie go z dopasowaniem modelu bazowego. Model bazowy (*baseline model*) jest pewnym prostym modelem, w którym duża liczba parametrów jest ustalona, zwykle jako równa zero. Często używanym modelem bazowym jest *model zerowy* (*null model*), tj. model bazowy, który nie ma ukrytych czynników, a kowariancje pomiędzy zmiennymi obserwowalnymi są zerowe (Widaman i Thompson, 2003; Loehlin, 2004). Jedynymi nieustalonymi parametrami w modelu zerowym są wariancje zmiennych obserwowalnych. Model zerowy bywa nazywany także *modelem niezależności* (*independence model*) (Loehlin, 2004). Jöreskog i Sörbom (2001) proponują jeszcze bardziej restrykcyjny model bazowy, w którym wszystkie parametry są ustalone jako 0, określając go mianem „braku modelu” (*no model at all*). *Nota bene* w wielu publikacjach, określenie modelu bazowego jest nieprecyzyjne, a w szczególności model z zerową liczbą estymowanych parametrów („brak modelu”) określany jest jako model zerowy.

-kowariancji jest równa macierzy wariancji-kowariancji w populacji. Jeżeli rozkład zmiennych mierzalnych jest wielowymiarowym rozkładem normalnym, wielkość próby jest wystarczająco duża oraz model jest prawidłowo wyspecyfikowany, to można wykazać, iż statystyka (Bollen, 1989, s. 263):

$$\hat{\chi}_{df}^2 = (N - 1)f(S, \hat{\Sigma}) \quad (1.5)$$

ma rozkład zbieżny do rozkładu χ^2 z df stopniami swobody. Liczba stopni swobody df jest różnicą pomiędzy liczbą niepowtórzonych elementów macierzy S a liczbą wolnych parametrów modelu, zaś N oznacza wielkość próby. Wartość statystyki $\hat{\chi}^2$ jest miernikiem niedopasowania modelu, zatem nie powinna być statystycznie istotna. Jeżeli wartość $\hat{\chi}^2$ jest na tyle mała, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, model uważa się za zgodny z zaobserwowanymi danymi. W literaturze wskazuje się na następujące kluczowe słabości testu χ^2 : *niespełnienie założeń stochastycznych*²³, *złożoność modelu*²⁴, *zależność od wielkości próby*²⁵. Powszechnie nie zaleca się oceny dopasowania modelu w oparciu o wynik testu istotności χ^2 . Jöreskog i Sörbom (2001) proponują do oceny dopasowania iloraz $\hat{\chi}_{df}^2/df$, przy czym znaleźć można w literaturze różne zalecenia odnośnie wartości $\hat{\chi}_{df}^2/df$ odpowiadających „dobremu” modelowi (wartość mniejsza od 2 lub od 3, albo wybór modelu z mniejszą wartością statystyki $\hat{\chi}^2$ (Straub i inni, 2004)). Satorra i Bentler (2001) proponują *skalowaną statystykę* $\hat{\chi}^2$, korygującą wartości $\hat{\chi}^2$ z uwzględnieniem wartości współczynnika kurtozy.

²³Założenie, iż rozkład w populacji jest wielowymiarowym rozkładem normalnym, jest w praktyce zwykle niespełnione.

²⁴W miarę spadku liczby stopni swobody wartość χ^2 także spada. W skrajnym przypadku, dla $df = 0$, wartość funkcji kryterium także jest równa 0. Można zatem „poprawić” dopasowanie przez zwykłe zwiększenie liczby szacowanych parametrów.

²⁵Wartość statystyki χ^2 wzrasta wraz ze wzrostem wielkości próby, co wynika wprost ze wzoru. Modele estymowane w oparciu o dużą próbę będą odrzucane, nawet jeżeli różnica pomiędzy implikowaną a zaobserwowaną macierzą wariancji-kowariancji będzie praktycznie mało znacząca. Z drugiej strony słabo dopasowane modele mogą zostać zaakceptowane, jeżeli próba będzie wystarczająco mała.

Modele zagnieżdżone Test χ^2 jest wykorzystywany także do porównywania *modeli alternatywnych*. Różnica pomiędzy wartościami statystyki $\hat{\chi}^2$ modeli zagnieżdżonych ma rozkład χ^2_{df} , przy czym liczba stopni swobody jest równa różnicy w liczbie stopni swobody porównywanych modeli. Formalnie hipotezę zerową dla modeli A i B można zapisać jako, $H_0: \Sigma_A = \Sigma_B$. Jeżeli wartość statystyki $\hat{\chi}^2_{df}$ jest istotna, to hipotezę o równym dopasowaniu modeli należy odrzucić, w przeciwnym wypadku model bardziej restrykcyjny nie różni się istotnie od modelu alternatywnego, a jako bardziej oszczędny powinien być preferowany. Wady statystyki χ^2 są podobne do wad statystyki χ^2 obliczanej dla modelu pojedynczego²⁶.

Formalizując strategię wyboru spośród modeli alternatywnych, Anderson i Gerbing (1988) zalecają ocenę modelu w dwóch etapach. W pierwszym etapie oceniany jest wyłącznie model pomiaru (por. punkt 1.2.5). W drugim etapie porównywane jest dopasowanie następujących pięciu modeli zagnieżdżonych: *model nasycony* (M_s), *model zerowy* (M_n), *model teoretyczny* (M_t), *model ograniczony* (M_c), *model uwolniony* (M_u). Model nasycony według Anderson i Gerbinga, to model, którego część strukturalna ma postać n skorelowanych czynników²⁷ (por. punkt 1.2.5). Model zerowy to model, w którym wszystkie zależności między czynnikami są ustalone i równe zero. Model ograniczony, to model teoretyczny, w którym niektóre zależności zostały ustalone, a model uwolniony to model, w którym niektóre zależności ustalone w modelu teoretycznym są wolne. Hierarchiczny porządek

²⁶Strategia modyfikowania struktury modelu mająca na celu jego lepsze dopasowanie do danych empirycznych, aczkolwiek nie zalecana, jest często stosowana. Testy *mnożnika Lagrange’a* (LM) oraz *Walda* są użytecznym sposobem porównywania *modeli zagnieżdżonych*, mającym na celu znalezienie modelu o znacząco lepszym dopasowaniu do danych z próby. Test LM określa, czy dopasowanie modelu poprawiłoby się, gdyby jeden lub więcej ustalonych parametrów byłoby wolnych (Bollen, 1989, s. 293). Test Walda z kolei określa, jakie parametry mogą być w modelu usunięte bez istotnego zwiększenia wartości statystyki χ^2 .

²⁷W literaturze przedmiotu pojęcie modelu nasyconego jest utożsamiane z modelem dokładnie zidentyfikowanym, tj. posiadającym dokładnie 0 stopni swobody. Model dokładnie zidentyfikowany jest idealnie dopasowany do danych.

modeli jest zatem następujący: $M_n < M_c < M_t < M_u < M_s$. Zwróćmy uwagę, że dla podanego zbioru modeli, model M_s posiada najniższą możliwą wartość χ^2 , a model M_n z kolei ma najwyższą liczbę stopni swobody. Początkiem analizy jest ocena, czy istnieje *jakikolwiek* akceptowalny model strukturalny. Do tego celu proponowany jest test pseudo- χ^2 wykorzystujący iloraz statystyki $\hat{\chi}^2$ modelu M_s oraz liczby stopni swobody modelu M_n . Statystycznie istotna wartość testu pseudo- χ^2 dyskwalifikuje wszystkie analizowane modele, wskazując na błędy w specyfikacji/trafności modelu pomiarowego. Jeżeli natomiast wartość testu pseudo- χ^2 okazała się nieistotna, to dalsza część procedury – oparta na porównywaniu modeli M_c , M_t , oraz M_u za pomocą testu χ^2 – służy do wyboru najlepszego z nich (Anderson i Gerbing, 1988)²⁸. Zalety strategii oddzielnej oceny modelu nie jest w literaturze powszechnie przyjmowana – część badaczy (Bollen, 2000) uważa, iż nie wnosi on istotnych korzyści w porównaniu do oceny modelu strukturalnego i pomiarowego łącznie²⁹. Zresztą w praktyce badawczej dwuetapowa procedura Andersona i Gerbinga stosowana jest w wersji uproszczonej i sprowadza się do oceny mo-

²⁸W literaturze przedmiotu można także znaleźć inne zalecenia, przykładowo Mulaik i Millsap (2000) proponują czterostopniową procedurę oceny modelu strukturalnego, rozpoczynającą się od oceny *nasyconego modelu pomiaru*. Bollen (2000) wątpi w możliwość wypracowania uniwersalnej, optymalnej w każdym przypadku, procedury. Praca Bollen (2000) zawiera także zestawienie różnych innych proponowanych strategii oceny modelu.

²⁹Objasniając wykorzystanie SI/TI, Taylor i Todd weryfikują empirycznie trzy modele: TAM, TPB oraz rozszerzony model TPB (pracę Taylora i Todda omawiamy szerzej w punkcie 2.2.1, s. 88). Modele TAM i TPB zawierają po pięć czynników, a rozszerzony model TPB składa się z 13 czynników, przy czym model TAM i model TPB są szczególnymi przypadkami modelu rozszerzonego (por. rys. 2.2, s. 97). Jako metodę estymacji wykorzystano ważoną metodą najmniejszych kwadratów. Wskaźniki dopasowania dla modelu TPB wyniosły: AGEI = 0,84, RNI = 0,995 oraz RMSEA = 0,085. Wartość współczynnika $\chi^2 = 208,17$ okazała się istotna. Natomiast dla rozszerzonego TPB wartości wskaźników dopasowania wyniosły odpowiednio: AGEI = 0,82, RNI = 0,993 oraz RMSEA = 0,088. Wartość współczynnika $\chi^2 = 431,45$ także okazała się istotna. Taylor i Todd nie traktują modelu TPB jako szczególnego przypadku modelu rozszerzonego – przyznają, iż dla modelu bardziej skomplikowanego wskaźniki dopasowanie nie poprawiły się, ale jednocześnie twierdzą, iż „zdekomponowany

delu pomiaru³⁰, M_s (na tym etapie dokonuje się modyfikacji skal pomiaru w sytuacji, gdy otrzymane wyniki nie są satysfakcjonujące), po czym oceniany jest model teoretyczny M_t (Sorebo i Eikebrokk, 2008; Hansen i inni, 2004; Pae i Hyun, 2006).

Średniokwadratowy błąd aproksymacji Założenie dokładnego dopasowania macierzy wariancji-kowariancji, $\Sigma = \Sigma(\theta)$, jest o tyle mało realistyczne, że oznacza dokładne odwzorowanie rzeczywistych zależności przez proponowany model. Brown i Cudeck (1993, s. 146) rozróżniają dwa rodzaje błędu: *błąd specyfikacji*, który ma charakter systematyczny (określany w literaturze SEM jako *błąd aproksymacji* (Kline, 2004)) i jest spowodowany uproszczeniem rzeczywistych zależności przez model oraz *błąd estymacji*, wynikający z oceny parametrów na podstawie próby. Błąd estymacji ma charakter stochastyczny i można oczekiwać, że jego wielkość będzie maleć wraz ze wzrostem liczności próby. Wielkość błędu aproksymacji jest nieznana, ale może być oszacowana na podstawie próby. Wskaźniki dopasowania szacujące błąd aproksymacji określa się (Kline, 2004, s. 138) mianem wskaźników opartych na populacji (*population-based*). Jeżeli $\Sigma \neq \Sigma(\theta)$, to statystyka $\hat{\chi}^2$ (por. wzór 1.5)

TPB należy preferować nad wersją podstawową”. To twierdzenie wydaje się mocno dyskusyjne w świetle zgłoszonych wyników (Taylor i Todd, 1995b, s. 169).

Innym przykładem porównań modeli zagnieżdżonych jest badanie Agarwala i Prasada (1999), w którym oceniano dwa warianty modelu akceptacji technologii: *model pełny* zawierający 25 zależności, oraz *model hipotetyczny* (15 zależności). Oba modele zawierają 9 czynników, przy czym model hipotetyczny jest zawarty wewnątrz modelu pełnego, co umożliwia porównanie wskaźników χ^2 . Wartość wskaźnika χ^2 dla modelu pełnego wyniosła 0,014 a dla modelu hipotetycznego 11,35 – obie wartości są nieistotne statystycznie, co potwierdza dobre dopasowanie do danych z próby. Dodatkowo różnica pomiędzy wartościami statystyki χ^2 równa 11,34 także okazała się nieistotna. Wszystkie współczynniki strukturalne dla bezpośrednich zależności pomiędzy zmiennymi zewnętrznymi oraz czynnikami z modelu TAM okazały się statystycznie nieistotne. Agarwal i Prasad (1999) stwierdzają, że model hipotetyczny, jako prostszy, jest preferowany.

³⁰ Czyli zastosowania konfirmacyjnej analizy czynnikowej, por. 1.2.5.

ma niecentralny rozkład χ^2_{df} z df stopniami swobody (obliczanymi jak w przypadku rozkładu centralnego) oraz parametrem niecentralności λ szacowanym (Jöreskog i Sörbom, 2001) jako $\hat{\lambda} = \max((N - 1)f(S, \hat{\Sigma}) - df, 0)$. Średniokwadratowy błąd aproksymacji (*Root Mean Square Error of Approximation*, RMSEA) może zostać zdefiniowany następująco (Kline, 2004, s. 139):

$$RMSEA = \sqrt{(\hat{\lambda}/(df(N - 1)))} \quad (1.6)$$

Jeżeli wartość współczynnika RMSEA jest równa 0, to $\chi^2 < df$, nie zaś $\chi^2 = 0$, co wynika z równania 1.6 oraz z definicji parametru $\hat{\lambda}$. Dobrze dopasowane modele charakteryzują się wskaźnikiem RMSEA nie większym niż 0,05, podczas gdy wartość większa od 0,10 wskazuje na zdecydowanie słabe dopasowanie (Kline, 2004, s. 139). Wprawdzie wskaźnik RMSEA jest uważany za jedną z lepszych miar dopasowania modelu, to też nie jest wolny od słabości wynikających ze zbyt małej wielkości próby i naruszenia założeń odnośnie wielowymiarowej normalności rozkładu zmiennych w populacji. Pakiety statystyczne, takie jak LISREL, standardowo szacują także przedział ufności dla RMSEA, co pozwala uwzględnić wpływ wielkości próby na ocenę wskaźnika.

Unormowany indeks dopasowania, NFI Unormowany indeks dopasowania (*normed fit index*, NEI), porównujący model teoretyczny z modelem zerowym, jest zdefiniowany następująco (Kline, 2004, s. 144):

$$NEI = (\chi^2_0 - \chi^2_t)/\chi^2_0 \quad (1.7)$$

przy czym χ^2_0 oraz χ^2_t oznacza odpowiednio wartość statystyki χ^2 dla modelu zerowego i proponowanego. Wartości NEI znajdują się w przedziale od 0 do 1. Wartości większe od 0,90 (lub 0,95) świadczą o dobrym dopasowaniu modelu³¹. Wadą NEI jest m.in. zależność od wielkości próby.

³¹Możliwe są wartości ujemne współczynnika NEI, jeżeli model proponowany jest gorzej dopasowany od modelu zerowego. W praktyce taka sytuacja – dyskwalifikująca model teoretyczny – jest mało prawdopodobna, ale teoretycznie możliwa.

Mniej podatna na zależność od wielkości próby jest modyfikacja NEI zwana nienormowanym indeksem dopasowania (NNEI, *non-normed fit index*) lub indeksem Tuckera-Lewisa (TLI), określona jako (Hair i inni, 1998, s. 657):

$$\text{NNEI} = \text{TLI} = (\chi_0^2/df_0 - \chi_t^2/df_t)/(\chi_0^2/df_0 - 1) \quad (1.8)$$

Wartości NNEI znajdują się w przedziale od 0 do 1. Możliwe są wszakże wartości spoza tego przedziału, ponieważ wskaźnik jest nienormowany. Im większa wartość wskaźnika, tym dopasowanie jest lepsze – przyjmuje się, że wartości większe od 0,95 wskazują na zadowalające dopasowanie modelu. Z uwagi na to, że wartość statystyki χ^2 dla modelu bazowego zwykle jest znaczna, wartość NNEI jest bliska 1, stąd niektórzy sugerują zwiększenie do 0,975 wartości indeksu oznaczającej zadowalające dopasowanie.

GFI/AGFI Podobny do NEI wskaźnik zaproponowali Jöreskog i Sörbom. Jeżeli model był estymowany metodą największej wiarygodności, to wartość współczynnika GFI (*goodness of fit*) można wyznaczyć jako (por. (Bollen, 1989, s. 276–77) oraz Loehlin (2004); Sztemberg-Lewandowska (2008)):

$$\text{GFI} = 1 - \frac{\text{tr}((\hat{\Sigma}^{-1}\mathbf{S} - \mathbf{I})^2)}{\text{tr}((\hat{\Sigma}^{-1}\mathbf{S})^2)} = 1 - f_t/f_0 = 1 - \chi_t^2/\chi_0^2 \quad (1.9)$$

Symbol f_t oznacza wartość funkcji największej wiarygodności modelu teoretycznego, a f_0 jest wartością tejże funkcji dla „braku modelu”³². Wskaźnik GFI mierzy względny udział zmienności wariancji i kowariancji \mathbf{S} , wyjaśniany przez $\hat{\Sigma}$ (Bollen, 1989, s. 276), albo „udział wyjaśnienia obserwowanych kowariancji za pomocą kowariancji opisanych przez model” (Osińska, 2008, s. 127)³³.

³²Porównaj wzór 1.4 oraz uwagi w przypisie 22, s. 31 tego rozdziału. Wskaźnik GFI jest koncepcyjnie podobny do NEI. Ponieważ oba porównują model teoretyczny z modelem bazowym, to formuła wskaźnika jest *identyczna*, tylko wykorzystywane modele bazowe są różne.

³³Taką interpretację GFI, podobną do interpretacji wskaźnika determinacji R^2 zaproponował Tanaka (1993).

Wskaźnik przyjmuje wartości z przedziału od 0 do 1³⁴. Wartości większe od 0,9 (lub 0,95) wskazują na dobre dopasowanie modelu. Modyfikacją GFI jest współczynnik AGEI zawierający „poprawkę” uwzględniającą liczbę stopni swobody modelu, co oznacza preferowanie modeli oszczędnych:

$$AGEI = 1 - \frac{df_0}{df_t}(1 - GFI) = 1 - \frac{\chi_t^2/df_t}{\chi_0^2/df_0} \quad (1.10)$$

Wartości AGEI większe od 0,85 wskazują na dobre dopasowanie modelu. Symulacje komputerowe wskazują, że wartości GFI, AGEI i PGFI są zależne od wielkości próby (wielkości wskaźnika rosną wraz ze wzrostem wielkości próby). Dodatkowo, wartości tych wskaźników rosną wraz ze wzrostem liczby parametrów modelu (liczby czynników ukrytych i/lub miar), co oznacza, że modele większe są przeciętnie lepiej oceniane³⁵, zwłaszcza w przypadku małych prób. Współczynnik GFI nie jest zalecany z powyższych powodów do oceny modeli SEM, ale – pomimo tego – jest on często wykorzystywany w praktyce badawczej (Gefen i inni, 2000).

Porównawczy indeks dopasowania Zaproponowany przez Bentlera *porównawczy indeks dopasowania* (*comparative fit index*, CFI) będący modyfikacją wskaźnika NEI, zdefiniowany jest następująco (Kline, 2004, s. 140):

$$CFI = 1 - \max\{\chi_t^2 - df_t, 0\} / \max\{\chi_0^2 - df_0, 0\} \quad (1.11)$$

³⁴Podobnie jak w przypadku wskaźnika NEI możliwe są wartości ujemne współczynnika GFI, jeżeli model proponowany jest gorzej dopasowany od bazowego.

³⁵Ponieważ modelem bazowym dla większości przyrostowych współczynników dopasowania jest model zerowy (model w którym wszystkie kowariancje są równe 0), to proste zwiększenie liczby zmiennych mierzalnych zwiększa wartość współczynnika.

gdzie znaczenie symboli w równaniu 1.11 jest identyczne, jak we wzorze 1.7. Wartości NEI znajdują się w przedziale od 0 do 1; wartości większe od 0,95 wskazują na zadowalające dopasowanie modelu. W porównaniu do NNEI, wskaźnik CEI jest bardziej odporny na wielkość próby (Bentler, 2007).

Porównywanie modeli niezagnieżdżonych W przypadku modeli niezagnieżdżonych rozkład różnic pomiędzy wartościami statystyk $\hat{\chi}^2$ jest nieznany, nie jest zatem możliwe zastosowanie testu χ^2 , jak w przypadku modeli zagnieżdżonych. Do oceny modeli niezagnieżdżonych stosuje się opisowe porównanie wartości $\hat{\chi}^2$ lub miary uwzględniające oszczędność modelu, takie jak *kryterium informacyjne Akaike* (AIC). Dwa najczęściej spotykane w literaturze warianty obliczania wskaźnika definiowane są następujące (Kline, 2004, s. 142):

$$\text{AIC} = \hat{\chi}^2 + 2t \quad \text{lub:} \quad \text{AIC} = \hat{\chi}^2 - 2df \quad (1.12)$$

Model, dla którego wartość kryterium Akaike jest najmniejsza, jest uważany za najlepszy³⁶. Proponowane są modyfikacje kryterium AIC, takie jak uwzględniające wielkość próby kryterium CAIC. W wersji obliczanej w programie LISREL, wskaźnik ten jest definiowany jako: $\text{CAIC} = \chi^2 + t(1 + \log N)$ (Jöreskog i Sörbom, 2001; Bollen, 1989). Brown i Cudeck (1993) proponują wskaźnik ECVI (*expected cross-validation index*), będący wariantem AIC.

Zalecane wskaźniki dopasowania Powyższe opis nie wyczerpuje zestawienia proponowanych wskaźników oceny modelu – jest ich bowiem dziesiątki (Tanaka, 1993). Publikowanie wartości wszystkich jest zwykle niemożliwością, a z kolei zupełna dowolność w tym zakresie zarówno utrudnia

³⁶Wartość AIC rośnie zarówno przy wzroście χ^2 , jak i przy wzroście liczby wolnych parametrów. Statystyka χ^2 jest zwykle związana z błędem aproksymacji, a liczba wolnych parametrów – z błędem estymacji. AIC może być uważana za kompromis pomiędzy próbą zmniejszenia błędu aproksymacji i estymacji – lepszy jest model uproszczony, jeżeli korzyścią tego uproszczenia jest mniejsze dopasowanie do konkretnej próby.

porównania, jak i może zachęcać do manipulacji, polegającej przykładowo na doborze tych, które wskazują na lepsze dopasowanie modelu, niż inne. Mając powyższe na uwadze, przegląd miar dopasowania zakończmy przytoczeniem stosowanych zaleceń i rekomendacji. W świetle przeglądu McDonalda i Ho (2002) okazało się, że najczęściej stosowanymi wskaźnikami były: CFI, GFI, NEI oraz NNEI. Starszy przegląd Gefena i innych (2000) wskazuje na popularność GFI, NEI, RMR oraz R^2 . Powszechne wykorzystanie GFI, pomimo jego wątpliwych zalet wynika z faktu, iż jest on domyślnie obliczanym wskaźnikiem w wielu pakietach statystycznych. Kline (2004) rekomenduje podawanie statystyki χ^2 oraz wskaźników RMSEA, CFI i SRMR. Boomsma (2000) poszerza powyższy zestaw o wskaźnik R^2 podawany dla każdego równania w modelu. Warto przejrzenia są także przeglądy Hoopera i innych (2008) oraz Hullanda i innych (1996). Porównywaniu modeli niezagnieżdżonych poświęcone są prace McAleer (1995) oraz Oczkowskiego (2002). Krytykę wskaźnika RMSEA znaleźć można w pracy Hayduka i Glasera (2000).

1.2.4. Ocena modelu pomiaru

Pomiar to proces, w którym *pojęcia* są łączone z jedną lub wieloma *czynniki*³⁷. Jeżeli dokonamy realistycznego założenia, iż *nie istnieje pomiar bez błędu*, to w konsekwencji dojdziemy do jednej z definicji zmiennych ukrytych³⁸, mianowicie *zmienna ukryta, to zmienna prawdziwa zmierzona*

³⁷Czynnik określany jest także jako *zmienna ukryta, zmienna niemierzalna* lub *konstrukt* (Bollen, 1989). Wprawdzie pewne pojęcia mogą się wydawać namacalne, jak przykładowo staż pracy a inne wysoce abstrakcyjne, jak *innowacyjność osobista*, to w istocie każde pojęcie jest abstraktem, wytworem ludzkiego umysłu, służącym do porządkowania świata. Do tegoż porządkowanie niezbędne jest – a przynajmniej tak uważają zwolennicy paradygmatu pozytywistycznego – przedstawienie pojęcia w sposób ilościowy, czyli jego pomiar.

³⁸Przegląd innych definicji/modeli zmiennych ukrytych można znaleźć w pracach Bollen (2002) i Skrondal i Rabe-Hesketh (2004).

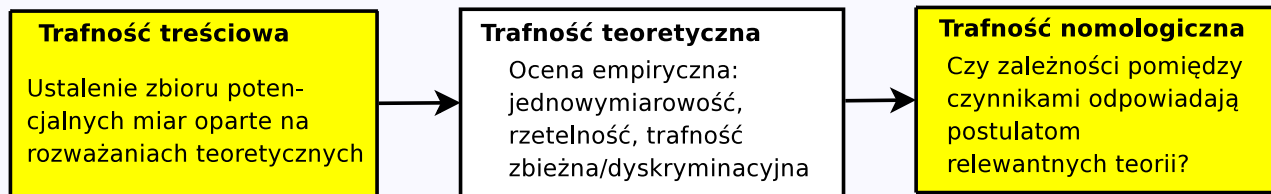
z błędem (Skrondal i Rabe-Hesketh, 2004, s. 2). Bollen z kolei (1989) określa zmienną ukrytą jako reprezentację pojęcia w modelu pomiaru, który z kolei jest definiowany jako: *model strukturalny łączący czynnik z jedną lub więcej miarami*. Założenie, że każdy pomiar jest związany z błędem, lub mówiąc inaczej, iż wynik pomiaru składa się z *prawdziwej wartości* oraz *błędu pomiaru*, jest podstawowym założeniem klasycznej teorii testów (*classical test theory*, CTT), które można zapisać formalnie jako: $x_i = \alpha\tau_i + e_i$, gdzie: x_i oznacza wynik pomiaru (zaobserwowaną wartość), τ_i to wielkość prawdziwa, a e_i jest wielkością błędu pomiaru. Przyjmowane są ponadto założenia, że $E(e_i) = 0$ oraz $\text{cov}(\tau_i, e_i) = 0$ ³⁹. Zwróćmy uwagę, że teoria CTT zakłada związek przyczynowy pomiędzy miarą a czynnikiem, w którym wynik pomiaru jest skutkiem, a czynnik przyczyną (podejście refleksyjne). Wprowadzie miara jest obarczona błędem, ale ponieważ jego wartość oczekiwana jest równa zero oraz jest on nieskorelowany z prawdziwą wartością czynnika, to uśredniony wielokrotny pomiar będzie bardziej dokładny niż pomiar jednokrotny. Założenia teorii CTT są teoretycznym uzasadnieniem praktyki pomiaru czynników ukrytych za pomocą skal wielowymiarowych (por. równanie 1.2, s. 22). Bollen (1989; 2000) wyróżnia cztery etapy opracowania modelu pomiaru: 1) definicja pojęcia, 2) określenie zmiennych ukrytych, 3) zdefiniowanie miar, 4) określenie związku między miarą a zmienną ukrytą. Oczywiście samo zastosowanie wielokrotnego pomiaru, tj. uśrednienia wartości wielu zmiennych, nie jest gwarancją jego wysokiej jakości. Jakość pomiaru jest oceniana w dwóch

³⁹Miary mogą być jednym z trzech typów: *równoległe*, *τ -ekwiwalentne* oraz *pokrewne* (*congeneric*). Przyjmijmy, że prawdziwa wartość τ jest mierzona za pomocą dwóch miar: $x_i = \alpha_i\tau_i + e_i$ oraz $x_j = \alpha_j\tau_j + e_j$, przy czym błąd pomiaru nie jest skorelowany, $\text{cov}(e_i, e_j) = 0$. Załóżmy, że $\tau_i = \tau_j$. Jeżeli współczynniki $\alpha_i = \alpha_j = 1$ oraz $\text{var}(e_i) = \text{var}(e_j)$, to wtedy miary x_i oraz x_j są określane jako *równoległe*. Jeżeli natomiast $\alpha_i = \alpha_j = 1$ ale $\text{var}(e_i) \neq \text{var}(e_j)$, miary są *τ -ekwiwalentne*. Wreszcie jeżeli $\alpha_i \neq \alpha_j$ i $\text{var}(e_i) \neq \text{var}(e_j)$ miary są *pokrewne* (Bollen, 1989, s. 208). Miary pokrewne są najbardziej ogólnym typem modelu pomiarowego. W przypadku miar pokrewnych prawdziwe wartości czynników są idealnie skorelowane z wartościami miary, ale nie są jej równe.

aspektach: *wielkości błędu pomiaru oraz związku pomiędzy miarą a mierzonym czynnikiem*. Pierwszy aspekt jest określany jako rzetelność, a drugi – trafność.

Trafność można zatem określić jako *stopień* w jakim instrument pomiarowy wiernie reprezentuje pojęcie (Hair i inni, 1998, s. 118). „Pytanie o trafność, to pytanie o to, co można poprawnie wywnioskować na podstawie wyniku testowego” (Brzeziński, 2003, s. 514). Przykładowo, czy stopień wykorzystania systemów informacyjnych mierzy akceptację systemów SI/TI przez użytkowników końcowych? W literaturze przedmiotu, rozróżnia się wiele rodzajów trafności, które są także różnie definiowane i klasyfikowane (Straub i inni, 2004). Nie można z całkowitą pewnością określić, czy miara pewnej ukrytej zmiennej jest trafna czy nie – można co najwyżej zwiększyć stopień pewności, że tak jest (Brzeziński, 2003). Stąd różne propozycje, jak ową pewność zwiększyć. Brzeziński (2003, s. 516) przykładowo wyróżnia trzy podstawowe odmiany trafności: trafność treściowa, trafność kryterialna, trafność teoretyczna, przy czym ocena trafności treściowej ma charakter *jakościowy*, a pozostałe aspekty trafności są oceniane empirycznie. Jeżeli proponowane miary rzeczywiście mierzą pojęcie, które mają mierzyć, to należy się spodziewać, iż wszystkie aspekty trafności zostaną potwierdzone. Cały proces oceny jakości modelu pomiaru można podzielić za O’Leary-Kellym i Vokurką (1998) na następujące trzy etapy (por. rys. 1.3): 1) ustalenia trafności treściowej; 2) ustalenia trafności teoretycznej obejmującej ustalenie jednowymiarowości, rzetelności oraz trafności zbieżnej i dyskryminacyjnej; 3) ustalenia trafności nomologicznej. Straub i inni (2004) uważają *ustalenie trafności teoretycznej w aspekcie różnicowym i zbieżnym* za obowiązkową część oceny instrumentu pomiarowego, a trafności treściowej i nomologicznej za wysoce *zalecaną*. Trafność kryterialna, bardziej związana z badaniami eksperymentalnymi, nie jest rekomendowana. Zalecenia te znajdują odbicie w praktyce badawczej, o czym świadczy przykładowo zestawienie opracowane przez Boudreau i innych (2004) oraz pobieżny nawet przegląd artykułów publikowanych w czasopismach z dziedziny informatyki ekonomicznej.

Statystyczne metody wykorzystywane do empirycznego potwierdzenia trafności i rzetelności obejmują metodę MTMM, analizę wariancji, a przede wszystkim eksploracyjną oraz konfirmacyjną analizę



Rysunek 1.3: Etapy oceny jakości modelu pomiarowego, opr. własne za: O’Leary-Kelly i Vokurka (1998)

czynnikową (Sztemberg-Lewandowska, 2008; Hair i inni, 1998; Gatnar, 2003; Segars i Grover, 1993). Problemy związane z ustaleniem trafności omawia Bollen (1989, s. 179–205) oraz PingJr (2004). Metody konstruowania skal pomiarowych z uwzględnieniem specyfiki zastosowań w obszarze informatyki ekonomicznej można znaleźć w pracach: Lewis i inni (2005) oraz Subramanian i Nilakanta (1994). W polskiej literaturze najbardziej obszerny, ale nie obejmujący wielu nowych metod, przegląd problematyki i metod pomiaru można znaleźć w książkach Brzezińskiego (2003, r. 17) oraz Churchilla (2002, s. 469–490), przy czym w pierwszej z wymienionych pozycji zagadnienia są omawiane z punktu widzenia zastosowań w psychologii. Bardziej aktualny i kompletny jest przegląd Schwaba (2004). Praktyka ustalania trafności w dziedzinie nauk o zarządzaniu jest z kolei oceniana w pracach Hensleya (1999) oraz Malhotry i Grovera (1998), a w obszarze informatyki ekonomicznej w pracach: Straub i inni (2004); Rai i inni (2002); Boudreau i inni (2001, 2004); Straub (1989) oraz Newsted i inni (1998); Gefen i Straub (2005); Segars (1997)⁴⁰.

Trafność Ustalenie *trafności treściowej* (*content validity*) wymaga zdefiniowania pojęcia, ustalenia *uniwersum miar* (zwykle pytań w badaniu ankietowym) oraz wykazania, iż miary wybrane do

⁴⁰Interesujące są także prace szczegółowo opisujące projektowanie skal pomiarowych o wysokiej trafności, np. Mathieson i inni (2001); Venkatesh i inni (2003).

pomiaru pojęcia stanowią reprezentatywną dla tego *uniwersum* próbę (Brzeziński, 2003, s. 520). W powyższym celu korzysta się z opinii ekspertów (Straub, 1989, s. 150), badań fokusowych lub przeprowadza studia literaturowe. Często występujący w naukach społecznych brak konsensusu odnośnie definicji wielu, nawet podstawowych pojęć utrudnia ustalenie trafności treściowej. *Trafność kryterialna* (*criterion validity*) to siła związku pomiędzy miarą a zmienną, której wartości są traktowane jako kryterium, zwykle mierzona za pomocą współczynnika korelacji⁴¹. W praktyce badawczej informatyki ekonomicznej ten rodzaj trafności jest weryfikowany rzadko (Boudreau i inni, 2004)⁴².

Trafność teoretyczna (*construct validity*), to ocena czy miara związana jest z innymi zmiennymi obserwowalnymi w sposób postulowany przez teorie objaśniające określone zjawisko. Aspektami trafności teoretycznej są w szczególności trafność zbieżna (*convergent validity*) i trafność dyskryminacyjna (*discriminant validity*). Upraszczając, można powiedzieć, że zmienne, które mają – zgodnie z postulatami teoretycznymi – mierzyć pewien czynnik, winny być wysoce skorelowane ze sobą. Z kolei korelacja pomiędzy zmiennymi mierzącymi *różne czynniki* winna być niska (Kline, 2004). Jeżeli wartość miary jest kształtowana tylko przez pojedynczy ukryty czynnik, to taka miara jest określana jako jednowymiarowa (Segars, 1997, s. 108). „Jednowymiarowy pomiar jest kluczowym w teorii CTT. Warunkiem niezbędnym dla interpretacji wartości czynników jest jednowymiarowość miar” (Ander-

⁴¹Kryterium może być inny test o uznanej trafności. Jeżeli kryterium jest stosowane w tym samym czasie co miara, to mówi się o trafności diagnostycznej, a jeżeli dotyczy przyszłości, to o trafności prognostycznej (Brzeziński, 2003).

⁴²Przykładem wykorzystania może być praca Yanga i innych (2005), w której oceniono trafność kryterialną proponowanej skali satysfakcji użytkowników portali informacyjnych. Kryterium stanowiło dodatkowe pytanie ankiety, oceniające w sposób „ogólny” jakość portali informacyjnych. Następnie oszacowano regresję pomiędzy kryterium a pięcioma czynnikami z proponowanej skali satysfakcji. Dobre dopasowanie modelu regresji, o czym świadczy istotna statystycznie wartość statystyki *F* oraz wszystkich współczynników regresji, potwierdza trafność kryterialną.

son i Gerbing, 1988). Weryfikacja trafności za pomocą analizy czynnikowej określana jako *trafność czynnikowa* jest formą ustalania trafności teoretycznej, zwykle ograniczoną do ustalenia trafności zbieżnej i dyskryminacyjnej.

Campbell i Friske zwracają uwagę, iż istotnym źródłem błędu systematycznego, a co za tym idzie – zagrożeniem dla trafności – są *właściwości metody* (inaczej efekt, obciążenie lub wariancja metody, por. także s. 48) zastosowanej do pomiaru (Straub i inni, 2004). Metoda analizy *macierzy wielu cech wielu metod* (*multitrait-multimethod*, MTMM) jest „klasycznym” sposobem oceny trafności zbieżnej i dyskryminacyjnej, uwzględniająca efekt zastosowanej metody pomiaru. W metodzie MTMM zakłada się, że ukryte czynniki (określane jako *traits*) są mierzone za pomocą różnych metod pomiaru. Aby wykazać trafność zbieżną, współczynniki korelacji pomiędzy różnymi miarami tego samego czynnika winny być statystycznie istotne i odpowiednio duże. Ocena zbieżności dyskryminacyjnej jest bardziej skomplikowana. Po pierwsze, współczynniki korelacji odpowiadające za *trafność zbieżną* winny być większe niż współczynniki korelacji zmiennej z inną zmienną dotyczącą innego czynnika oraz innej metody. Po drugie, współczynniki korelacji odpowiadające za trafność zbieżną winny być większe niż współczynniki korelacji mierzące inne czynniki tą samą metodą. Wysoka korelacja pomiędzy zmiennymi mierzącymi różne cechy wskazuje na obciążenie metody⁴³. Metoda analizy MTMM jest przede wszystkim pracochłonna. Dodatkowo, wymóg pomiaru czynników za pomocą co najmniej dwu różnych metod pomiaru jest w warunkach badań obserwacyjnych, realizowanych przy pomocy ankiety, trudny do praktycznej realizacji. Wreszcie podnoszone są zarzuty dotyczące zbytnej arbitralności proponowanej procedury (por. Straub i inni (2004, s. 391) oraz Bollen (1989, s. 192)).

⁴³Przedstawiono tylko schemat analizy macierzy MTMM, szczegółowy opis procedury można znaleźć przykładowo w książce Brzezińskiego (2003).

W praktyce badawczej informatyki ekonomicznej metoda MTMM stosowana jest rzadko⁴⁴. Analizę MTMM może także przeprowadzić, wykorzystując konfirmacyjną analizę czynnikową (por. punkt 1.2.5).

Innym sposobem oceny *trafności teoretycznej* jest ustalenie *trafności nomologicznej* (Straub i inni, 2004). Ten rodzaj trafności ustala czy zależności pomiędzy miarami są zgodne z teoretycznymi postulatami, przy czym porównania dotyczą – w przeciwieństwie do trafności zbieżnej/dyskryminacyjnej – miar „zewnętrznych”, tj. wykorzystywanych w innych badaniach, o ustalonej trafności (*sieć nomologiczna*). Jeżeli zależności pomiędzy proponowaną miarą a innymi miarami są zgodne z postulatami teoretycznymi (wysoka korelacja, brak korelacji) świadczy to o potwierdzeniu trafności nomologicznej. W obszarze informatyki ekonomicznej trafność nomologiczna jest weryfikowana stosunkowo rzadko (Boudreau i inni, 2001), co jest przede wszystkim pochodną małej liczby modeli czy skal pomiarowych o zweryfikowanej i uznanej trafności. Statystycznym narzędziem weryfikacji trafności nomologicznej jest modelowanie równań strukturalnych⁴⁵.

⁴⁴Przykładem zastosowania metody MTMM jest praca Mathiesona i innych (2001), w której pomiar cechy został przeprowadzony dwukrotnie, z wykorzystaniem skali Likerta oraz za pomocą skali graficznej. Oba pomiary dokonane zostały w tygodniowym odstępie czasu. Davis (1989) ocenia trafność skal dla czynników PU/PEOU traktując jako różne metody pomiaru użytkowników dwóch odmiennych systemów SI/TI. Ten sam sposób zastosowali Adams i inni (1992). Badania powyższe pokazują, że pracochłonność metody w praktyce zmusza do zastosowania wielu uproszczeń: mała liczba czynników/metod, wykorzystanie studentów w charakterze respondentów, traktowanie grup respondentów jako pomiaru dokonanego różnymi metodami.

⁴⁵Przykładem może być badanie Strauba i innych (1995), w którym weryfikowana jest trafność dwóch skal pomiaru wykorzystania SI/TI. Jedna skala wykorzystuje samooszacowania przez respondenta, druga – rzeczywiste miary wykorzystania. Nomologiczną siecią zależności są czynniki PU/PEOU z modelu TAM. Inny przykład można znaleźć w pracy Stewarta i Segarsa (2002), w której ustalana jest trafność nomologiczna wieloczynnikowej skali mierzącej *postrzeganą istotność zachowania prywatności* (CEIP), czynnika mającego mierzyć skłonność użytkownika SI/TI do rozpowszechniania danych osobowych w systemach SI/TI.

Rzetelność Rzetelność pomiaru jest definiowana potocznie jako pomiar wolny od błędów⁴⁶. Zaproponowano wiele sposobów oceny rzetelności miar: test-retest, formy alternatywne, podział połówkowy oraz współczynnik α (Bollen, 1989; Schwab, 2004; PingJr, 2004). W metodzie *test-retest* pomiar dokonywany jest dwukrotnie w pewnym odstępie czasowym, a rzetelność jest równa współczynnikowi korelacji pomiędzy wynikami pomiarów⁴⁷. Przy założeniu jednowymiarowości pomiaru poszczególne pozycje skali winny być skorelowane w wysokim stopniu, co jest określane jako *zgodność wewnętrzną* (*internal consistency*). Przeciętną wielkość współczynnika korelacji dla poszczególnych pozycji skali nazywana jest *współczynnikiem zgodności wewnętrznej*. Najczęściej stosowanym sposobem oceny zgodności wewnętrznej skali jest obliczenie współczynnika α zaproponowanego przez Cronbacha (Bollen, 1989, s. 216):

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(\frac{1 - \sum_{i=1}^k \rho_i^2}{\rho^2} \right) \quad (1.13)$$

⁴⁶Formalnie rzetelność dla miar pokrewnych to korelacja między miarą a czynnikiem, tj. $\rho_{x_i \tau_i} = \rho_{x_i x_i} = \alpha_i^2 \text{var}(\tau_i) / \text{var}(x_i)$. Wartości współczynnika ρ są z przedziału $[0, 1]$, ponieważ $\text{var}(x_i) = \alpha_i^2 \text{var}(\tau_i) + \text{var}(e_i)$ oraz $\text{var}(e_i)$ jest nieujemna.

⁴⁷Przykładowo, wykorzystując metodę *test-retest* McHanley i inni (1999), zweryfikowali rzetelność skali satysfakcji użytkownika końcowego EUCS (opisanej szczegółowo w punkcie 2.5) na próbie użytkowników systemu wspomagania decyzji. Badanie ankietowe zostało przeprowadzone dwukrotnie, w miesięcznym odstępie czasu przy wykorzystaniu techniki ankiety pocztowej. Rzetelność skali weryfikowano, obliczając współczynniki korelacji pomiędzy poszczególnymi pozycjami skali (otrzymane wielkości znalazły się w przedziale 0,4–0,7), współczynniki korelacji pomiędzy łącznymi wynikami dla podskal (0,55–0,73) oraz współczynniki korelacji dla łącznych wyników testu EUCS (0,76). Dodatkową weryfikacją był test t dla par wartości, w którym istotność różnicy wykazano tylko dla jednego pytania oraz jednej podskali. Wartość testu t obliczona dla łącznych wyników instrumentu EUCS okazała się nieistotna. W konkluzji McHaney i inni stwierdzają, iż rzetelność testu EUCS została wykazana. Badanie McHaney i innych (1999) jest jednym z nielicznych przykładów wykorzystania metody *test-retest* w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej.

gdzie: k – liczba pozycji na skali; ρ_i^2 – wariancja i -tej pozycji skali ($i = 1, 2, \dots, k$); ρ^2 – całkowita wariancja skali (tj. $\text{var}(\sum x_i)$). Minimalną akceptowaną wartość współczynnika α ustala się heurystycznie, stąd w literaturze znaleźć można różne propozycje – od 0,7 do 0,9. Innym zaleceniem jest akceptowanie niższych wartości α dla badań wstępnych, a wyższych w przypadku badań stosowanych (Chau, 1999)⁴⁸. Zamiast współczynnika α zgodność wewnętrzną można ocenić, stosując zaproponowany przez Fornella i Larckera (1981) współczynnik rzetelności łącznej (*composite reliability*, CR):

$$CR_j = (\sum_i (\lambda_{ji}))^2 / ((\sum_i \lambda_{ji})^2 + \sum_i \text{var}(\epsilon_i)) \quad (1.14)$$

gdzie: CR_j – rzetelność czynnika j ; λ_{ji} – standaryzowane ładunki czynnikowe i -tej zmiennej na j -tym czynniku; ϵ_i – błąd pomiaru i -tej zmiennej, $\epsilon_i = 1 - \lambda_{ji}^2$. Minimalna rekomendowana wielkość tego współczynnika – interpretowanego w sposób podobny do współczynnika α Cronbaha – wynosi 0,7 (Fornell i Larcker, 1981; Hair i inni, 1998; Hulland, 1999).

Obciążenie metody pomiaru Obciążenie metody pomiaru (*common method variance*, CMV) można określić jako wielkość pozornej korelacji spowodowanej zastosowaniem określonego sposobu

⁴⁸Na podstawie 63 artykułów opublikowanych w latach 1983–1995 Chau (1999) ocenił zgodność wewnętrzną skal wykorzystywanych w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej. Zweryfikował także zależność pomiędzy wybranymi cechami badania statystycznego a wielkością współczynnika zgodności wewnętrznej (α). Uwzględnione cechy badania statystycznego obejmowały: wielkość próby, typ respondentów w podziale na studentów i innych, sposób zebrania danych (w podziale na wywiad i ankietę pocztową wypełnianą samodzielnie), rodzaj skali (Likerta, pozostałe), liczba pozycji skali, procedura opracowania skali (wykorzystanie istniejącej, zmodyfikowanie istniejącej, nowa). Z powyższych czynników tylko sposób zebrania danych, liczba pozycji skali (im więcej, tym większa zgodność wewnętrzna) oraz procedura opracowania okazały się mieć istotny wpływ na przeciętną wielkość uzyskanych współczynników zgodności wewnętrznej. Ponadto 16% skal posiadało zgodność mniejszą od 0,7, a 38% mniejszą od 0,8.

zebrania danych (metody pomiaru) (Podsakoff i inni, 2003). Szreder (2010) używa pojęcia błąd systematyczny, przez który rozumie „błąd, którego źródłem nie jest mechanizm losujący jednostki do próby”. Szreder wskazuje na następujące źródła błędu systematycznego: błąd operatu losowania, błąd odmowy udziału w badaniu, złe sformułowanie i porządek pytań. Zatem błąd systematyczny jest pojęciem szerszym niż błąd metody, bo obejmuje m.in. zagadnienia dotyczące losowania, niedostępności jednostek z próby, braku odpowiedzi itd. Podsakoff i inni (2003, s. 882) wymieniają kilkadziesiąt różnych źródeł powstawania błędów systematycznych związanych z określonym sposobem zbierania danych, dzieląc je na cztery kategorie: psychiczne cechy respondentów, właściwości pytań, kontekst pytań i kontekst pomiaru. Uważa się, że badanie ankietowe, w którym respondent wypełnia ankietę samodzielnie, a wszystkie dane są zebrane za pomocą jednego formularza, są szczególnie podatne na wystąpienie błędu pomiaru (Malhotra i inni, 2006). Oszacowanie wielkości błędu metody jest zatem pożądane, ponieważ tego typu badania są najczęściej realizowane w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej (Woszczynski i Whitman, 2001).

Istnieje wiele metod szacowania wielkości błędu metody, z których trzy są najczęściej stosowane: metoda MTMM (por. punkt 1.2.4), metoda CTCM (por. punkt 1.2.5) oraz test pojedynczego czynnika Harmana. Test Harmana jest heurystyczną procedurą wykorzystującą analizę głównych składowych. Jeżeli w wyniku zastosowania analizy zostanie wyodrębniony jeden czynnik lub pojedynczy czynnik objaśnia większość zmienności zmiennych, to wynik ten wskazuje na obecność błędu metody. Przegląd metod szacowania wielkości błędu metody zawierają prace: Malhotra i inni (2006), Podsakoff i inni (2003) oraz Woszczynski i Whitman (2001).

Ponieważ w praktyce badawczej, szacowanie błędu metody jest nieczęste, powstaje pytanie, czy zaniechanie to istotnie wpływa na precyzję zgłaszanych rezultatów. Badania przeprowadzone przez Podsakoffa i innych (2003) wskazują, że wielkość błędu metody jest specyficzna dla dziedziny zastosowań. Malhotra i inni (2006) cytują wyniki Cote i Buckleya, którzy na podstawie przeglądu 70 artykułów wyznaczyli przeciętną wielkość błędu metody dla badań prowadzonych w różnych obszarach nauk społecznych. W przypadku marketingu i nauk o zarządzaniu, przeciętna wielkość wyniosła 15–20%,

podczas gdy w socjologii i psychologii udział przekraczał 30%. Cote i Buckley stawiają hipotezę, iż wielkość błędu jest większa w przypadku pomiaru czynników wysoce abstrakcyjnych, a mniejsza, gdy pomiar dotyczy czegoś bardziej namacalnego. Prace Malhotry i innych (2006) oraz Boudreau i innych (2004) wskazujące na stosunkowo niski udział błędu metody w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej, stanowią pewne potwierdzenie tej hipotezy.

1.2.5. Trafność czynnikowa i konfirmacyjna analiza czynnikowa

Zdecydowanie najczęstszym stosowanym w praktyce sposobem oceny trafności skal pomiarowych jest ustalenie *trafności czynnikowej* (Boudreau i inni, 2004). W przeciwieństwie do analizy macierzy MTMM analiza czynnikowa nie uwzględnia efektu metody, ale jest za to mniej pracochłonna (Kline, 2004). Podstawą ustalenia trafności czynnikowej są dwie procedury: 1) „klasyczna analiza czynnikowa” w postaci *analizy głównych składowych* lub *analizy czynnikowej* stosowane zwłaszcza na wstępnym etapie oraz 2) modelowanie równań strukturalnych w sytuacji, gdy zależności pomiędzy miarami a czynnikami są teoretycznie ustalone (Segars, 1997)⁴⁹.

Typowe wykorzystanie analizy głównych składowych sprowadza się do wyodrębnienia czynników, a następnie oceny wielkości otrzymanych ładunków czynnikowych. Wyodrębnione ładunki czynnikowe⁵⁰ winny mieć odpowiednią wielkość, a także muszą posiadać wyższą wartość w przypadku

⁴⁹Jeżeli punktem wyjścia jest model teoretyczny – mówi się o podejściu konfirmacyjnym, w przeciwnym wypadku – o eksploracyjnym. W praktyce oba podejścia uzupełniają się. Każda eksploracja oparta jest o wstępny, aczkolwiek ogólny model (liczba miar, liczba czynników); podobnie w analizie konfirmacyjnej, jeżeli empiryczna weryfikacja nie potwierdza założeń modelu, to są one zwykle modyfikowane w celu dopasowania do danych.

⁵⁰W wielu wypadkach zamiast opracowywać nowe skale, adaptowane są uznane instrumenty pomiarowe o znanej liczbie czynników i miar. W takim wypadku analiza czynnikowa ma nieco bardziej konfirmacyjny charakter, a potwierdzeniem trafności zbieżnej i dyskryminacyjnej oraz jednowymiarowości jest wyodrębnienie liczby czynników równej liczbie teoretycznie postulowanej przez wykorzystywany instrument pomiarowy.

czynnika, który określona zmienna ma mierzyć niż w przypadku pozostałych czynników. Dodatkowo ładunki miary z czynnikiem, którego miara w założeniu nie dotyczy, powinny być stosunkowo małe. Hair i inni (1998) za „odpowiednią” wartość proponują minimum 0,4 dla ładunków miara-czynnik oraz maksimum 0,4 dla ładunków miara-inne czynniki⁵¹. Spełnienie powyższych warunków jest potwierdzeniem trafności zbieżnej/dyskryminacyjnej oraz jednowymiarowości miar (Straub i inni, 2004)⁵². Procedury oceny trafności modelu pomiaru z wykorzystaniem analizy głównych składowych są w dużym stopniu arbitralne, co jest konsekwencją właściwości metody. Przykładami wykorzystania metody głównych składowych do oceny trafności są prace Adamsa i innych (1992), Mathiesona i innych (2001), Kuana i Chau (2001) oraz Yi i innych (2006b).

Zastosowanie metody SEM do weryfikowania modeli pomiarowych określa się terminem *konfirmacyjnej analizy czynnikowej* (*confirmatory factor analysis*, CFA). Konfirmacyjna analiza czynnikowa, potwierdzając zaproponowane *a priori* hipotezy określające zależności pomiędzy zbiorem miar a poszczególnymi czynnikami i służy do ustalenia trzech kluczowych właściwości skal pomiarowych: trafności, rzetelności i jednowymiarowości. Anderson i Gerbing (1988) w często cytowanym artykule, jako strategię estymacji modelu strukturalnego, zalecają stosowanie podejścia dwufazowego, w którym w pierwszym etapie podlega ocenie wyłącznie model pomiarowy, konstruowany jako model *n*

⁵¹Ponieważ te kryteria są ustalane heurystycznie, w literaturze można znaleźć inne, wyższe od 0,4 wartości.

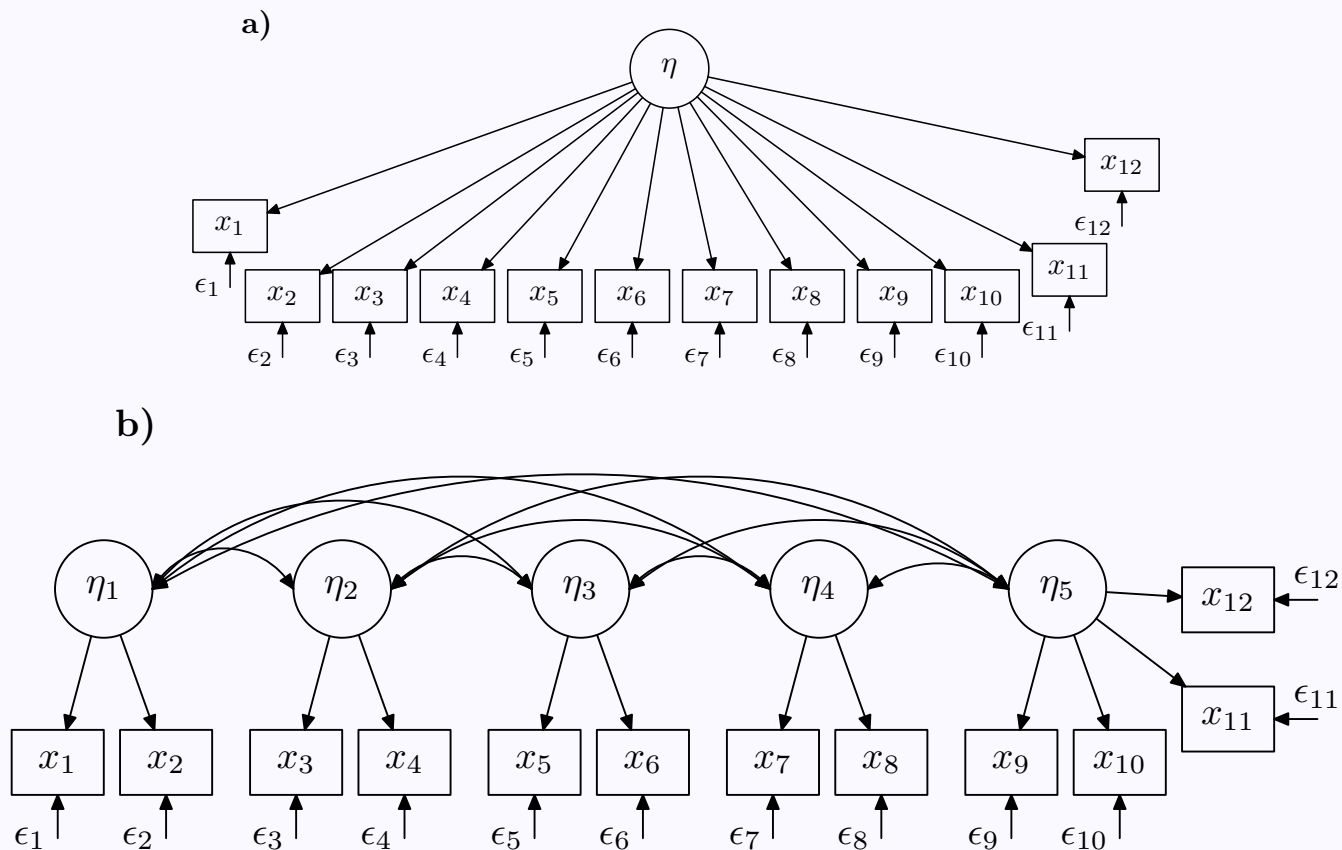
⁵²Przykładowo Kuan i Chau (2001) przeprowadził analizę głównych składowych proponowanych miar skali pomiarowej zawierającej 6 czynników. Potwierdzeniem postulatów teoretycznych było wyodrębnienie 6 czynników, dla których wartości własne były większe od 1. Trafność zbieżna została potwierdzona, ponieważ wszystkie ładunki czynnikowe pomiędzy postulowaną miarą czynnika a czynnikiem były większe od 0,4. Trafność dyskryminacyjna została potwierdzona, ponieważ ładunki czynnikowe pomiędzy postulowaną miarą czynnika a czynnikiem były większe od ładunków pomiędzy miarą a innymi czynnikami. Tego typu eksploracyjna analiza czynnikowa jest często wykorzystywana na etapie konstruowania nowej skali. Miary, których ładunki czynnikowe nie spełniają powyższych kryteriów są zwykle usuwane. Dokładny opis postępowania można znaleźć przykładowo w pracy Mathiesona i innych (2001).

swobodnie skorelowanych ze sobą czynników. Heurystycznym uzasadnieniem powyższej strategii jest założenie, iż jednocześnie szacowanie modelu strukturalnego i pomiaru w przypadku błędu specyfikacji lub dużej wielkości błędów pomiaru może zniekształcić oceny parametrów modelu. Jeżeli natomiast model pomiaru jest oceniany oddzielnie, to prawdopodobieństwo otrzymania zniekształconych ocen jest mniejsze z uwagi na to, że nie są nakładane żadne ograniczenia na model strukturalny (Segars, 1997, s. 108). Rysunek 1.4b przedstawia diagram ścieżkowy dla przykładowego 5-czynnikowego modelu, w którym postulowane czynniki są swobodnie skorelowane. Wykazanie, że proponowany model jest dobrze dopasowany do danych (zgodnie z kryteriami omówionymi w punkcie 1.2.3) a wielkości ładunków czynnikowych są statystycznie istotne⁵³ jest wstępną procedurą ustalenia trafności modelu pomiaru. Dodatkową weryfikacją trafności jest porównanie alternatywnych modeli czynnikowych, zwłaszcza modeli zagnieżdżonych. Zauważmy bowiem, że każdy model o mniejszej od n liczbie czynników jest zagnieżdżony wewnątrz modelu n -czynnikowego, w szczególności model jednoczynnikowy przedstawiony na rys. 1.4a jest zagnieżdżony wewnątrz modelu pięcioczynnikowego. Sposobem na potwierdzenie trafności dyskryminacyjnej jest porównanie, za pomocą testu χ^2 , modelu n -czynnikowego z modelem, w którym współczynnik pomiędzy dwoma czynnikami jest ustalony⁵⁴.

⁵³O czym świadczą wartości statystyki $|t| > 2, 0$.

⁵⁴Ustalenie korelacji pomiędzy dwoma czynnikami jako równej 1 oznacza, że czynniki są idealnie skorelowane – stanowią jeden czynnik. Jeżeli w ten sposób ograniczony model w świetle testu χ^2 jest istotnie różny od modelu uwolnionego, to potwierdza to hipotezę, że czynniki są istotnie różne (Segars, 1997). Zamiast ustalania współczynnika korelacji jako równego 1, można wykonać test χ^2 , ustalając wartość współczynnika korelacji pomiędzy dwoma czynnikami jako równy 0 (doskonała trafność dyskryminacyjna). Segars (1997) zwraca uwagę, że moc testu χ^2 w tym przypadku jest znacząco większa, co oznacza, że nawet niewielka korelacja pomiędzy czynnikami, zwłaszcza dla dużej próby, spowoduje odrzucenie hipotezy zerowej i w konsekwencji niepotwierdzenie trafności dyskryminacyjnej.

Powyższy sposób zastosowali Bagozzi i Dholakia (2006) do oceny trafności dyskryminacyjnej instrumentu pomiarowego składającego się z 14 czynników i 24 zmiennych. Trafność była ustalana za pomocą dwustopniowej procedury, poprzedzonej przeprowadzeniem confirmacyjnej analizy czynnikowej 14-czynnikowego modelu,



Rysunek 1.4: Model jedno i wieloczynnikowy na przykładzie skali EUCS

w którym wszystkie czynniki swobodnie korelują. Wysokie wartości współczynników dopasowania ($\text{NNI} = 0,98$, $\text{RMSEA} = 0,04$ oraz $\text{CFI} = 0,99$) wskazują na dobre dopasowanie modelu do danych empirycznych. Następnie w pierwszym kroku procedury zweryfikowano, czy wartości współczynników korelacji pomiędzy czynnikami

Fornell i Larcker (1981) zaproponowali prostszą procedurę potwierdzania trafności wykorzystującą *przeciętną wariancję wyodrębnioną*, która jest wyliczana na podstawie wartości oszacowanych parametrów modelu. Przeciętna wariancja wyodrębniona (*average variance extracted, AVE*) jest definiowana następująco (Hair i inni, 1998, s. 612):

$$AVE_j = \frac{\sum_i \lambda_{ji}^2}{\sum_i \lambda_{ji}^2 + \sum_i \epsilon_i} \quad (1.15)$$

Znaczenie symboli jest identyczne jak w formule 1.14. Ze wzoru 1.15 wynika zatem, że przeciętna wariancja wyodrębniona, to udział wariancji wyjaśnionej przez ukryty czynnik w całkowitej wariancji miar. AVE może przyjąć wartość z przedziału [0, 1]. Przyjmuje się, że trafność zbieżna jest potwierdzona w przypadku, gdy AVE jest większa od 0,5, co oznacza, że ponad 50% zmienności miary jest wyjaśniona przez zmienność ukrytego czynnika (albo inaczej, udział wariancji błędu w całkowitej wariancji jest mniejszy niż 50%) (Ping Jr, 2004; Hair i inni, 1998). Potwierdzeniem trafności dyskryminacyjnej, według Fornella i Larckera (1981), jest wykazanie, że dla każdego czynnika, wartości AVE jest większa od kwadratu oszacowanej wartości współczynnika korelacji tego czynnika z każdym pozostałym.

Konfirmacyjna analiza czynnikowa może mieć mniej potwierdzający, a bardziej eksploracyjny charakter. Jeżeli instrument pomiarowy nie posiada mocnego teoretycznego umocowania, a dopasowanie modelu pomiaru jest słabe, to dopuszcza się modyfikowanie struktury czynników i miar. Specyfikacja modelu jest zmieniana w oparciu o wynik testu mnożnika Lagrange'a⁵⁵ oraz standaryzowanych reszt, będących różnicami pomiędzy empirycznymi i teoretycznymi wartościami współczynników korelacji. Duże wartości reszt (zalecane są wartości mniejsze od 2) wskazują na miary skorelowane z więcej niż jednym czynnikiem. Zwykle są one usuwane (Segars, 1997, s. 115)⁵⁶. Zaleca się, aby modyfikacje miały oparcie teoretyczne, a nie były wyłącznie działaniem mającym na celu lepsze dopasowanie

⁵⁵Za dokumentacją programu LISREL (Jöreskog i Sörbom, 2001) test LM jest często określany w literaturze SEM jako „indeks modyfikacji” (*modification index*).

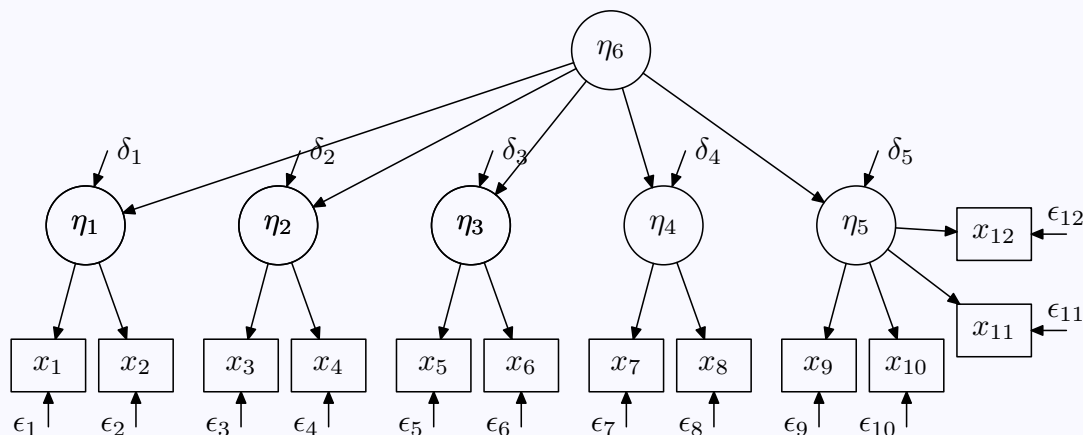
⁵⁶Segars demonstruje przykład takiej procedury, weryfikując trafność skali składającej się z dwóch czyn-

modelu do danych. W sytuacji znaczącej respecyfikacji modelu wymagana jest powtórna walidacja na podstawie danych z niezależnej próby lub zastosowanie procedur bootstrapowych (Loehlin, 2004; Segars, 1997). Podejście eksploracyjne w konfirmacyjnej analizie czynnikowej w projektowaniu skal jest szczegółowo omówione w pracy Segarsa (1997).

Czynniki ukryte wyższych rzędów Podstawowa idea analizy czynnikowej sprowadzająca się do objaśnienia zmienności w zbiorze zmiennych obserwowalnych przez niewielką liczbę ukrytych czynników może zostać uogólniona w taki sposób, że zmienność czynników „pierwszego stopnia” jest z kolei objaśniana przez ukryte czynniki „wyższych rzędów”, wpływające na zmienne obserwowalne wyłącznie pośrednio (Edwards, 2001; Kline, 2004). Przykładowo w literaturze dotyczącej akceptacji SI/TI ważną rolę w wielu modelach teoretycznych pełni *satysfakcja użytkownika końcowego* (EUCS), która może być definiowana jako czynnik ukryty składający się z pięciu różnych wymiarów (ukrytych czynników pierwszego stopnia, por. punkt 2.5.1). Skala EUCS może być definiowana w różny sposób:

ników: *infuzji technologicznej*, czynnika mierzącego istotność SI/TI z punktu widzenia strategicznych celów organizacji oraz *dyfuzji technologicznej*, czynnika mierzącego stopień nasycenia SI/TI w organizacji. Każdy czynnik był mierzony za pomocą 5 pytań z wykorzystaniem skali Likerta. Analiza głównych składowych w sposób opisany w tym punkcie potwierdziła proponowaną strukturę modelu. Konfirmacyjna analiza czynnikowa wykazała natomiast istotną statystycznie wartość χ^2 i akceptowalne wartości wskaźników dopasowania $GEI = 0,93$ oraz $AGEI = 0,89$. Analiza wskaźników modyfikacji oraz standaryzowanych reszt wskazała na możliwość istotnej poprawy dopasowania modelu w skutek usunięcia dwóch miar. W ten sposób dokonana respecyfikacja modelu została także uzasadniana teoretycznie. Respecyfikowany model, zawierający 8 miar, okazał się lepiej dopasowany do danych, o czym świadczyła nieistotna wartość statystyki χ^2 oraz wyższe wartości wskaźników dopasowania. Dodatkowo potwierdzono trafność z wykorzystaniem statystyki AVE i przy pomocy testu χ^2 porównującego modele z ustalonym współczynnikiem między czynnikami z modelem nieograniczonym. W konkluzji Segars (1997) wskazuje na większą przydatność procedur CEA w porównaniu do tradycyjnych technik opartych na analizie głównych składowych.

jako model jednoczynnikowy (por. rys. 1.4a), wieloczynnikowy pierwszego stopnia (por. rys. 1.4b), a także jako model czynnika drugiego stopnia (por. rys. 1.5).



Rysunek 1.5: Model czynnika drugiego stopnia skali EUCS

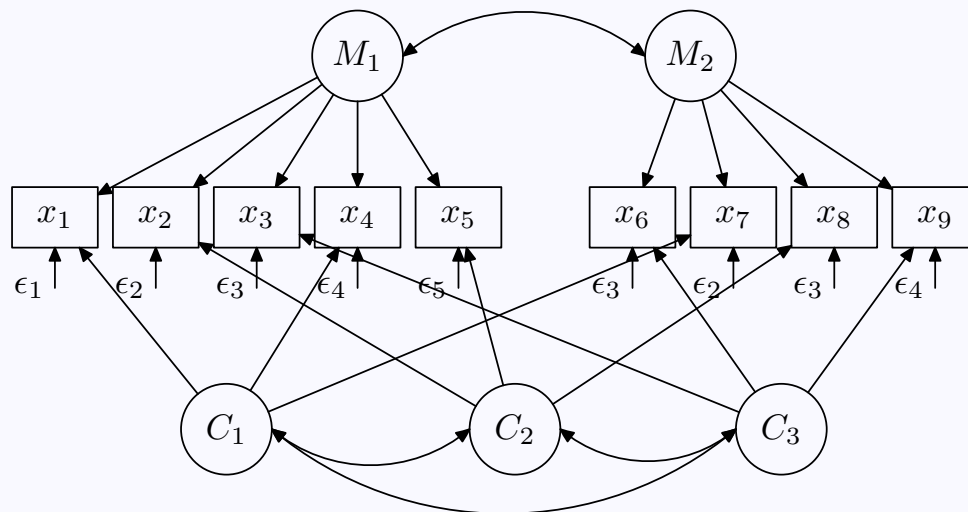
Modele czynnikowe zawierające ukryte czynniki objaśniane przez inne ukryte czynniki są określane mianem *hierarchicznych modeli czynnikowych*. Wskazuje się na dwie potencjalne zalety takich modeli. Po pierwsze, model hierarchiczny w porównaniu do modelu zakładającego korelacje pomiędzy czynnikami jest modelem bardziej oszczędnym (Kline, 2004). Ponadto w sytuacji, kiedy model pomiarowy wykazuje niedostateczne dopasowanie, przyczyną może być korelacja błędów pomiaru. Model czynnikowy drugiego stopnia może w takiej sytuacji być równie dobrze dopasowany, jak model zakładający korelację błędów pomiaru, a jednocześnie taki model jest łatwiejszy w interpretacji (Bollen, 1989, s. 314). Doll i inni (1994) oraz Somers i inni (2003)

konceptualizują w postaci czynnika drugiego stopnia skalę satysfakcji użytkownika, EUCS⁵⁷. Inne przykłady czynników drugiego stopnia, to *izomorfizm* (Teo i inni, 2003), *postrzegana istotność zachowania prywatności* (Stewart i Segars, 2002) oraz *integracja technologiczna* (Zhu i inni, 2006b).

Analiza MTMM Jeżeli instrumenty są mierzone za pomocą wielu metod pomiaru, to model czynnikowy może zostać skonstruowany w taki sposób, że możliwe jest oszacowanie trafności z uwzględnieniem błędu metody pomiaru, w sposób wzorowany na analizie macierzy MTMM. Metodę analizy MTMM przeprowadzoną za pomocą CFA, określa się mianem metody CTCM (*correlated trait correlated method*) (Kline, 2004, s. 201). Załóżmy, że zmienne x_1, x_4, x_7 mierzą czynnik C_1 , zmienne x_2, x_5, x_8 – czynnik C_2 , a zmienne x_3, x_6, x_9 – czynnik C_3 . Załóżmy ponadto, że pomiaru dokonano dwoma metodami: zmienne x_1, \dots, x_6 zmierzono posługując się metodą M_1 , a x_7, \dots, x_9 – wykorzystując metodę M_2 . Weryfikowany model czynnikowy przedstawiono na rysunku 1.6.

W metodzie CTCM wysokie wartości ładunków czynnikowych pomiędzy czynnikami cech potwierdzają trafność zbieżną, zaś wysokie wartości ładunków czynnikowych pomiędzy *czynnikami metod* wskazują na błąd metody (Kline, 2004, s. 202). Z kolei niska korelacja pomiędzy *czynnikami cech* jest

⁵⁷Doll i inni rozpatrują cztery warianty skali EUCS: trzy są pokazane na rysunkach 1.4–1.5, czwarty model definiuje EUCS jako skalę wieloczynnikową z nieskorelowanymi czynnikami pierwszego stopnia. Modele porównano przy wykorzystaniu procedury CFA. Dla modelu jednoczynnikowego $\hat{\chi}^2(54) = 1323,85$, dla modelu nieskorelowanych czynników pierwszego stopnia $\hat{\chi}_{M1s}^2(54) = 564,43$, dla modelu skorelowanych czynników pierwszego stopnia $\hat{\chi}_{M2}^2(44) = 138,16$, a dla modelu czynnika drugiego stopnia $\hat{\chi}^2(50) = 185,81$. Ograniczając rozważania do dwóch ostatnich modeli o znacząco niższej wartości $\hat{\chi}^2$, można zauważyć, że wprawdzie są one znacznie lepiej dopasowane, ale: wskaźnik $\hat{\chi}^2/df$ jest w obu przypadkach wyższy niż zalecane 3, wartości innych indeksów dopasowania są niskie lub poniżej zalecanych. Dodatkowo, $AIC_{M1s} = 182,16$, $AIC_{M2} = 217,81$ oraz różnica $\hat{\chi}_{M2}^2 - \hat{\chi}_{M1s}^2 = 47,65$ (statystycznie istotna, ale modele nie są zagnieżdżone). Pomimo tego Doll i inni (1994) konkludują, iż „nasze badanie wskazuje na to, że EUCS jest pojedynczym czynnikiem drugiego stopnia”. Badania Dolla i innych powtórzyli McHaney i inni (2002) oraz Somers i inni (2003).



Rysunek 1.6: Przykład weryfikacji trafności metodą CTM

potwierdzeniem trafności dyskryminacyjnej. W literaturze można znaleźć spreczne opinie dotyczące praktycznej użyteczności metody CTM, w szczególności – z uwagi na stopień złożoności – model jest często niezidentyfikowany lub otrzymane wartości oceny parametrów są niepoprawne albo niestabilne (Bollen, 1989; Malhotra i inni, 2006; Podsakoff i inni, 2003). Problemy z identyfikacją i estymacją powodują, że do analizy CTM proponowane są także modele o uproszczonej strukturze, w tym model niekorelowanych czynników metod. Jeżeli pomiar został dokonany z wykorzystaniem jednej metody pomiaru, to w takiej sytuacji zastosowanie może mieć model pojedynczego czynnika metody. Weryfikowany model zawiera wówczas jeden czynnik reprezentujący *błąd metody*, a w celu określenia wielkości błędu metody analizuje się wartości ładunków związanych z tym czynnikiem (Podsakoff i in-

ni, 2003). Metoda CTCM w praktyce jest stosowana rzadko, a jeżeli już jest stosowana, to do weryfikacji skal o niskiej liczbie czynników mierzonych zwykle za pomocą dwóch metod⁵⁸.

1.2.6. Porównania pomiędzy grupami i ocena niezmienniczości

Model SEM może także służyć do oceny różnic pomiędzy modelem pomiaru i/lub modelem strukturalnym dla grup respondentów. Nieistotne różnice pomiędzy grupami określa się terminem *niezmienniczości* lub inwariancji. Przykładowo, odpowiadając na pytanie, czy doświadczenie zawodowe wpływa na wielkość czynników ukrytych w modelu akceptacji technologii TAM, można przeprowadzić badanie ankietowe w grupach doświadczonych/niedoświadczonych respondentów, oszacować modele strukturalne i porównać je. Załóżmy zatem, że dysponujemy wynikami pomiaru dokonanymi w g niezależnie pobranych próbach ($g = 1, \dots, G$). Stawiamy hipotezę, że wszystkie próby pochodzą z tej samej populacji. Model dla grupy g jest zatem zdefiniowany przez typowy zbiór macierzy (por. równania 1.1–1.2):

$$\Lambda_x^{(g)}, \Lambda_y^{(g)}, \mathbf{B}^{(g)}, \Gamma^{(g)}, \Phi^{(g)}, \Psi^{(g)}, \Theta_\epsilon^{(g)}, \Theta_\delta^{(g)}, \quad (1.16)$$

⁵⁸Malhotra i inni (2006) wykorzystali metodę CTCM do weryfikacji trafności oraz wielkości błędu metody dla skali zawierającej trzy czynniki: postrzegana użyteczność, postrzegana łatwość użytkowania oraz zamiar wykorzystania SI/TI, mierzonych za pomocą dwóch metod (samoocena poprzez wypełnienie formularza umieszczonego w sieci WWW oraz tradycyjnego, papierowego kwestionariusza). Na podstawie otrzymanych wartości ładunków czynnikowych oszacowano udział wariancji metody (16%), błędu pomiaru oraz czynnika w całkowitej zmienności. Udział wariancji metody jest podobny do wyników zgłaszanych w badaniach z obszaru marketingu i dużo niższy od udziału podawanego w badaniach socjologicznych czy psychologicznych (rzędu 30%). Praca Malhotry i innych (2006) potwierdza wyniki podane przez Woszczyńskiego i Whitmana (2001), iż wielkość błędu systematycznego w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej jest niższa niż w badaniach w innych dyscyplinach korzystających z danych zebranych za pomocą ankiet.

Można oszacować modele dla każdej grupy oddzielnie i następnie porównać je, używając wskaźników dla modeli niezagnieżdżonych. Lepszą procedurą jest ograniczenie parametrów modeli *między grupami*, a następnie łączna estymacja modeli dla wszystkich grup. Niezmienniczość jest oceniana za pomocą serii testów weryfikujących hipotezy związane z występującymi różnicami międzygrupowymi. Testy te należy przeprowadzać w określonej kolejności, ponieważ złe dopasowanie modelu bardziej ogólnego czyni bezzasadnym testowanie kolejnego poziomu niezmienniczości (Bollen, 1989; Jöreskog i Sörbom, 2001). Bollen wyróżnia dwa typy niezmienniczości: *konfiguracyjną* i *parametryczną*. Niezmienniczość konfiguracyjna oznacza, że specyfikacja modelu jest identyczna dla każdej z grup. Niezmienniczość parametryczna oznacza, że określony zbiór parametrów jest podobny. Przykładowo w przypadku konfirmacyjnej analizy czynnikowej i modelu, jak na rys. 1.4, mogą być testowane hipotezy postulujące: ekwiwalencję ładunków czynnikowych (Λ), ekwiwalencję błędu pomiaru ($\Lambda\Theta_\delta$) oraz ekwiwalencję kowariancji pomiędzy czynnikami ukrytymi ($\Lambda\Theta_\delta\Phi$)⁵⁹ (Cheung i Rensvold, 1999; Steenkamp i Baumgartner, 1998). Funkcja dopasowania ma w każdym przypadku postać (por. równanie 1.4):

$$F = \sum_{g=1}^G (N_g/N) F_g(\mathbf{S}^{(g)}, \Sigma^{(g)}(\theta^{(g)})) \quad (1.17)$$

gdzie: N_g oznacza wielkość próby w grupie g ; N to łączna liczebność we wszystkich grupach; F_g to wartość funkcji kryterium w grupie g ; $\Sigma^{(g)}(\theta)$ i $\mathbf{S}^{(g)}$ to odpowiednio macierz wariancji-kowariancji i macierz wariancji-kowariancji z próby w grupie g .

Tak oszacowany model może być oceniany w identyczny sposób, jak w przypadku pojedynczej próby (Bollen, 1989, s. 361). W szczególności przy założeniu, że nałożone na grupy ograniczenia są poprawne, statystyka $(N-1)F$ ma rozkład χ^2 z $\frac{1}{2}Gt(t+1) - v$, gdzie t jest liczbą zmiennych

⁵⁹W przypadku modelu strukturalnego ze zmiennymi ukrytymi ocena inwariancji może obejmować także niezmienniczość macierzy parametrów strukturalnych Γ i \mathbf{B} (Bollen, 1989, s. 360).

obserwowalnych, a v liczbą niezależnych zmiennych szacowanych we wszystkich grupach⁶⁰. Dla modeli zagnieżdżonych (np. Λ oraz $\Lambda\Gamma$ są zagnieżdżone) możliwe jest ich porównanie za pomocą testu χ^2 opartego na różnicy pomiędzy statystykami modeli porównywanych.

Ekwiwalencja pomiaru jest ważnym kryterium oceny jakości projektowanych skal pomiarowych (Cheung i Rensvold, 1999; Steenkamp i Baumgartner, 1998). Metody oceny inwariancji omawiają French i Finch (2006) oraz Cheung i Rensvold (1999).

1.2.7. Nieobserwowalna heterogeniczność w modelach SEM

Algorytm STEMM zaproponowany przez Jedidi i innych (1997a), a będący połączeniem modeli SEM i modelowania mieszanin (*mixture-modeling*) może być stosowany w sytuacji gdy podział *a priori* na homogeniczne grupy, na podstawie wartości zmiennych moderujących jest z pewnych względów niewykonalny.

W modelowaniu mieszanin zakłada się, że rozkład każdego elementu próby jest *mieszaniną* – kombinacją pewnej liczby prostszych rozkładów. Zmienna losowa X pochodzi z mieszaniny Φ

⁶⁰Przykłady zastosowania metody można znaleźć w pracach Denga i innych (2005) oraz Lai i Li (2005). Taylor i Todd (1995a) porównali model TAM dla dwóch grup użytkowników – doświadczonych i niedoświadczonych. Oszacowano oddzielnie modele dla próby doświadczonych oraz niedoświadczonych użytkowników, otrzymując w pierwszym przypadku: $\chi^2 = 1003,66$, RNI = 0,86, RMSEA = 0,097. Wszystkie współczynniki strukturalne były statystycznie istotne. W przypadku drugiego modelu otrzymano: $\chi^2 = 826,75$, RNI = 0,88, RMSEA = 0,094. Wszystkie, za wyjątkiem jednego, współczynniki strukturalne były statystycznie istotne. Porównanie obu grup użytkowników przeprowadzono w ten sposób, że kolejno każdy współczynnik strukturalny był ustalany jako równy w obu próbach i porównywany z modelem, w którym współczynnik nie był ustalony (model bazowy) przy wykorzystaniu testu χ^2 . W przypadku gdy wartość χ^2 jest istotna, wskazuje to na istotność różnicy pomiędzy parametrami modelu strukturalnego. Taylor i Todd (1995a) nie zweryfikowali ekwiwalentności modelu pomiaru w obu grupach.

składającej się z K rozkładów, jeśli:

$$f(X|\Phi) = \sum_{i=1}^K p_k \phi(X|\theta_k) \quad (1.18)$$

gdzie: p_k jest wagą rozkładu k , $\phi(X|\theta_k)$ jest k -tym rozkładem, a θ_k parametrami k -tego rozkładu. Gdy k -ty rozkład jest rozkładem normalnym, θ_k zawiera wartość oczekiwaną μ_k oraz macierz kowariancji Σ_k .

Niech g jest numerem nieznannej kategorii ($g = 1, \dots, G$), ξ^g oznacza wektor ukrytych zmiennych egzogenicznych ($n \times 1$), η^g oznacza wektor ukrytych zmiennych endogenicznych ($m \times 1$). Ponadto $\mathbf{x}|g$ oraz $\mathbf{y}|g$ (o wymiarach odpowiednio $q \times 1$ oraz $p \times 1$) oznaczają odpowiednio wektory zmiennych obserwowalnych służących do pomiaru ξ^g i η^g . Model pomiaru można zdefiniować wówczas następująco:

$$\mathbf{y}|g = \mathbf{v}_y^g + \Lambda_y^g \eta^g + \varepsilon^g \quad (1.19)$$

$$\mathbf{x}|g = \mathbf{v}_x^g + \Lambda_x^g \xi^g + \delta^g \quad (1.20)$$

gdzie: Λ_y^g oraz Λ_x^g – macierze współczynników (ładunków czynnikowych) o wymiarach odpowiednio $p \times m$ oraz $q \times n$; \mathbf{v}_y^g oraz \mathbf{v}_x^g – wektory wyrazów wolnych o wymiarach odpowiednio $p \times 1$ oraz $q \times 1$; ε^g i δ^g – wektory błędów pomiaru, odpowiednio dla zmiennych $\mathbf{y}|g$ oraz $\mathbf{x}|g$. Niech $E(\xi^g) = \tau_\xi^g$, $E[(\xi^g - \tau_\xi^g)(\xi^g - \tau_\xi^g)'] = \Phi^g$, $E(\varepsilon^g \varepsilon^{g'}) = \Theta_\varepsilon^g$ oraz $E(\delta^g \delta^{g'}) = \Theta_\delta^g$ gdzie macierze Θ_ε^g oraz Θ_δ^g nie muszą być diagonalne. Przyjmuje się ponadto, że $E(\varepsilon^g) = 0$, $E(\delta^g) = 0$, a ponadto zakłada się, że błędy pomiaru nie są skorelowane z wektorem zmiennych ukrytych.

Model strukturalny określający zależności pomiędzy zmiennymi ukrytymi można określić następująco:

$$\mathbf{B}_g \eta^g = \alpha^g + \Gamma^g \xi^g + \zeta^g \quad (1.21)$$

gdzie: \mathbf{B}_g – macierz parametrów strukturalnych zmiennych endogenicznych ($m \times m$); Γ^g – macierz współczynników określającą wpływ ξ^g na η^g o wymiarach $m \times n$; α^g – wektor wyrazów wolnych ($m \times 1$); ζ^g – wektor składników losowych. Dodatkowo $E(\zeta^g \zeta^{g'}) = \psi^g$. Zakłada się ponadto, że $E(\zeta^g) = 0$, oraz ζ^g jest nieskorelowana z ξ^g , a macierz \mathbf{B}_g jest nieosobliwa.

Powyższe założenia określają heterogeniczność zarówno w modelu strukturalnym, jak i w modelu pomiaru. Można udowodnić, że jeżeli model dla G znanych grup jest identyfikowalny, to także skończona mieszanina modeli strukturalnych jest identyfikowalna przy założeniu, że nieznane grupy mają wielowymiarowy rozkład normalny (Jedidi i inni, 1997a, s. 43).

Oznaczmy łączny wektor zmiennych obserwowalnych $\Delta|g = [y|g \ x|g]'$ przy warunku, że pochodzą z grupy g . Wektor warunkowych wartości oczekiwanych μ_g o wymiarach $p + q \times 1$ jest określony następująco:

$$\mu_g = \begin{bmatrix} v_y^g + \Lambda_y^g \mathbf{B}_g^{-1} (\alpha^g + \Gamma^g \tau_\varepsilon^g) \\ v_x^g + \Lambda_x^g \tau_\varepsilon^g \end{bmatrix} \quad (1.22)$$

A warunkowa macierz wariancji-kowariancji Σ_g o wymiarach $p + q \times p + q$ jest określona następująco:

$$\Sigma_g = \begin{bmatrix} \Lambda_y^g \mathbf{B}_g^{-1} (\Gamma^g \Phi^g \Gamma^{g'} + \psi^g) \mathbf{B}_g^{-1'} \Lambda_y^{g'} + \Theta_\varepsilon^g & \Lambda_y^g \mathbf{B}_g^{-1} \Gamma^g \Phi^g \Lambda_x^{g'} \\ \Lambda_x^g \Phi^g \Gamma^{g'} \mathbf{B}_g^{-1'} \Lambda_y^{g'} & \Lambda_x^g \Phi^g \Lambda_x^{g'} + \Theta_\sigma^g \end{bmatrix} \quad (1.23)$$

Przy założeniu iż $\Delta|g$ ma warunkowy, wielowymiarowy rozkład normalny, rozkład wektora Δ jest skończoną mieszaniną tych rozkładów:

$$\Delta \sim \sum_{i=1}^G w_g f_g(\Delta|\mu_g, \Sigma_g) \quad (1.24)$$

gdzie: $\mathbf{w} = [w_1, \dots, w_G]'$ oznacza wektor współczynników mieszających, takich że $w_g > 0$, $\sum_{g=1}^G w_g = 1$ oraz $f(\cdot)$ oznacza funkcję gęstości warunkowego rozkładu normalnego.

Funkcja wiarygodności dla N -elementowej próby losowej $(\Delta_1, \dots, \Delta_N)$ dana jest wzorem:

$$L = \prod_{i=1}^N \left[\sum_{g=1}^G w_g (2\pi)^{-\frac{p+q}{2}} |\Sigma_g|^{-\frac{1}{2}} \times \exp\left\{-\frac{1}{2}(\Delta_i - \mu_g)' \Sigma_g^{-1} (\Delta_i - \mu_g)\right\} \right] \quad (1.25)$$

gdzie L jest funkcją w_g , B_g , Γ^g , Λ_x^g , Λ_y^g , v_x^g , v_y^g , α^g , Φ^g , Θ_δ^g , ψ^g , Θ_ε^g oraz τ_ε^g dla $g = 1, \dots, G$. Należy znaleźć maksimum funkcji L dla danych z próby Δ_1, Δ_N oraz zadanej z góry liczby kategorii G , przy spełnieniu wyżej określonych założeń dotyczących wartości wektora \mathbf{w} oraz $|\Sigma_g| > 0$ dla wszystkich wartości g . Warunek $|\Sigma_g| > 0$ oznacza, że minimalna wielkość próby dla każdej grupy winna wynosić $(p + q)(p + q + 1)/2$, gdzie p oraz q oznaczają odpowiednio liczbę zmiennych mierzalnych dla czynników endogenicznych oraz egzogenicznych. Przykładowo dla modelu zawierającego 5 zmiennych minimalna wielkość próby wynosi 15. Oceny funkcji największej wiarygodności $\hat{\Sigma}_g$ oraz $\hat{\mu}_g$ są funkcjami proponowanych modeli strukturalnego/pomiaru oraz współczynników mieszających w_i . Jedni i inni do maksymalizacji funkcji wiarygodności określonej w równaniu 1.25 zastosowali algorytm EM (Cichosz, 2000). Oszacowane za pomocą algorytmu oceny parametrów modelu służą do obliczenia prawdopodobieństwa *a posteriori* przynależności obserwacji i do grupy g na podstawie reguły Bayesa:

$$p_{ig} = (\hat{w}_g f_g(\Delta_i | \hat{\Sigma}_g, \hat{\mu}_g)) / \left(\sum_{k=1}^G \hat{w}_k f_k(\Delta_i | \hat{\Sigma}_k, \hat{\mu}_k) \right) \quad (1.26)$$

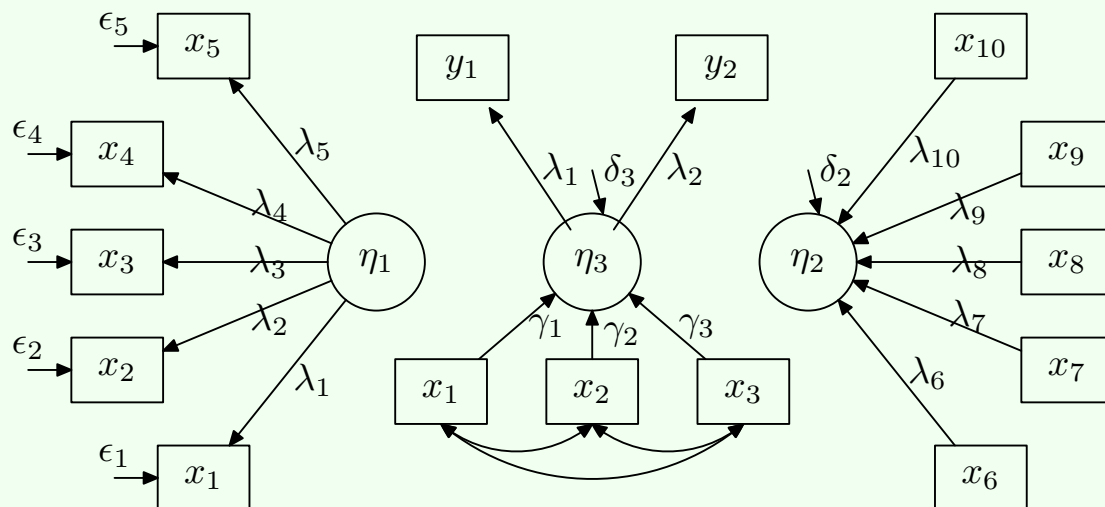
Obliczone wartości prawdopodobieństw umożliwiają zaklasyfikowanie N obserwacji do G kategorii przy uwzględnieniu postulowanego modelu strukturalnego. Przy założeniu, iż macierz wariancji-kowariancji z próby jest nieosobliwa, Jedni i inni (1997b) wykazują zbieżność algorytmu do lokalnego maksimum. Z tego powodu zaleca się zastosowanie algorytmu EM kilkakrotnie, dla różnych wartości początkowych. Liczba klas G musi być określona *a priori*, co zwykle nie jest możliwe. W takim przypadku należy powtórzyć STEMM wielokrotnie, dla różnej liczby klas. Wybór modelu

jest dokonywany w oparciu o kryterium informacyjne Akaike lub podobne wskaźniki (Jedidi i inni, 1997b). Alternatywną dla algorytmu STEMM metodę proponują Zhu i Lee (2001).

1.3. Wskaźniki refleksyjne i wskaźniki formatywne

Relacje przyczynowe pomiędzy miarami a czynnikami ukrytymi można przedstawić na co najmniej dwa sposoby (Edwards i Bagozzi, 2000; Diamantopoulos i Winklhofer, 2001; Aguirre-Urreta i Marakas, 2008). Zgodnie z założeniami klasycznej teorii testów, relacja ta ma charakter refleksyjny, co oznacza, że wartości zmiennych obserwowalnych stanowią odzwierciedlenie oddziaływania ukrytego czynnika. Wskaźniki refleksyjne i konstruowanie skal opartych na wskaźnikach refleksyjnych szczegółowo omówiono w punktach 1.2.4–1.2.5. Możliwa jest także odmienna definicja, w której zakłada się, że wartość ukrytego czynnika jest sumą wartości miar, co można zapisać formalnie jako $\eta = \sum x_i + \delta$. Rysunek 1.7 przedstawia przykładowe diagramy ścieżkowe, ilustrujące różnice pomiędzy wskaźnikami refleksyjnymi i formatywnymi. Podejście refleksyjne w pomiarze cech ukrytych jest wykorzystane zdecydowanie najczęściej w obszarze nauk społecznych, podczas gdy „miary formatywne nie są używane, pomimo ich przydatności w wielu wypadkach” (Bollen, 1989, s. 65). Wyjątkiem jest ekonomia, w której wskaźniki formatywne są stosowane w postaci różnego rodzaju indeksów (Diamantopoulos i Siguaw, 2006).

Przykładem typowego czynnika definiowanego w sposób formatywny jest *status socjoekonomiczny* (SES), określony jako połączenie wykształcenia, dochodu, wykonywanego zawodu oraz miejsca zamieszkania. Wzrost dochodu zwiększa wartość SES, podczas gdy wzrost SES niekoniecznie powoduje wzrost każdej z miar. W przypadku wskaźników refleksyjnych zakłada się, że zmiana wartości czynnika powinna skutkować zmianą wartości wszystkich miar. Diamantopoulos i Winkelhoffer (2001) wskazują 4 kluczowe różnice pomiędzy oboma modelami pomiaru cech ukrytych. Po pierwsze, w wypadku wskaźników formatywnych usunięcie lub dodanie wskaźnika do skali zmienia treść ukrytego czynnika, ponieważ każda miara dotyczy określonego aspektu zakresu pojęciowego (Jarvis i inni,



Rysunek 1.7: Diagramy ścieżkowe różnych modeli pomiarowych: refleksyjnego (η_1), formatywnego (η_2) i MIMIC (η_3)

2003). W przeciwieństwie do miar refleksyjnych, co do których zakłada się określone zależności korelacyjne, korelacje pomiędzy miarami formatywnymi mogą być dowolne; korelacja może być dodatnia lub ujemna, może także wystąpić brak korelacji. Miary formatywne są mierzone bez błędu (por. rys. 1.7); wartość czynnika ukrytego jest sumą wartości miar oraz składnika losowego. Składnik losowy reprezentuje pominięte zmienne, a nie błąd pomiaru poszczególnych miar (Edwards i Bagozzi, 2000). Wreszcie, jednoczynnikowy model formatywny jest niezidentyfikowany (Bollen, 1989), podczas gdy podobny model refleksyjny jest identyfikowalny pod warunkiem, że zawiera co najmniej trzy miary. Podsumowanie własności wskaźników refleksyjnych i formatywnych zestawiono w tabeli 1.2.

W ostatnich latach coraz powszechniej podkreśla się, że wybór takiego lub innego sposobu

Wskaźniki refleksyjne	Wskaźniki formatywne
<u>„Kierunek przyczynowości” pomiędzy czynnikiem a miarą</u>	
Czynnik jest przyczyną, a miara efektem. Wskaźnik jest przejawem czynnika. Zmiana wartości czynnika zmienia wartość miary, odwrotna zależność nie zachodzi. Suma wskaźników tworzy skalę.	Miara jest przyczyną, a czynnik efektem. Wskaźnik definiuje czynnik. Zmiana wartości miary zmienia wartość czynnika, odwrotna zależność nie zachodzi. Suma wskaźników tworzy indeks.
<u>Wymienność wskaźników</u>	
Wskaźniki są wymienne, bo każdy dotyczy tej samej dziedziny przedmiotowej. Dodanie lub usunięcie wskaźnika nie zmienia znaczenia czynnika.	Wskaźniki są niewymienne, bo każdy dotyczy różnej dziedziny przedmiotowej. Dodanie lub usunięcie wskaźnika zmienia znaczenie czynnika.
<u>Kowariancja i współliniowość pomiędzy wskaźnikami</u>	
Wskaźniki powinny być skorelowane ze sobą. Współliniowość wskaźników jest cechą pożądaną.	Wskaźniki nie muszą być skorelowane. Współliniowość jest niepożądana. Redundancja informacji uniemożliwia ocenę wpływu miary na czynnik.
<u>Sieć nomologiczna wskaźników</u>	
Sieć nomologiczna nie może się różnić. Wskaźniki mają ten sam zbiór przyczyn i efektów.	Sieć nomologiczna może się różnić. Zbiór przyczyn i efektów może być różny.

Tabela 1.2: Różnice pomiędzy wskaźnikami refleksyjnymi i formatywnymi

pomiaru czynnika winien wynikać przede wszystkim z ontologicznych zależności pomiędzy miarą a czynnikiem (Edwards i Bagozzi, 2000). Jarvis i inni (2003; 2005) dokonali przeglądu modeli pomiarowych wykorzystywanych w obszarze marketingu, szacując udział błędnie wyspecyfikowanych modeli na 30%. Przegląd dokonany przez Petter i innych (2007) także wskazuje na to, że błędne specyfikacje wskaźników w dziedzinie informatyki ekonomicznej są liczne⁶¹. Konsekwencje błędów

⁶¹Zhu i inni (2004) zaproponowali model objaśniający efektywność ekonomiczną (*business value*) rozwiązań

specyfikacji w postaci obciążonych ocen modelu i/lub wariancji czynników ukrytych oceniane są w pracy Jarvisa i innych (2003). Zestawienie prac oceniających różne konsekwencje błędów specyfikacji modelu pomiaru zawiera praca Diamantopoulos i innych (2008).

Ocena trafności miar formatywnych Definiowanie indeksu opartego na miarach formatywnych rozpoczyna się od określenia dziedziny przedmiotowej oraz zdefiniowania odpowiedniego zbioru miar. Ocena rzetelności oraz trafności pomiaru skal formatywnych musi – w świetle koncepcyjnych różnic pomiędzy obu rodzajami modelu pomiaru – być ustalana odmiennie niż w przypadku skal refleksyjnych (Diamantopoulos i inni, 2008). Ponieważ wielkości współczynników korelacji pomiędzy miarami nie muszą być jednorodne, ustalenie rzetelności rozumianej jako wewnętrzna zgodność jest bezprzedmiotowe (Petter i inni, 2007). W literaturze można znaleźć wszakże propozycje oceny innych aspektów rzetelności przy wykorzystaniu metody test-retest (Diamantopoulos i inni, 2008). Skoro jednak model formatywny zakłada *pomiar bez błędu*, to wypada się raczej zgodzić ze stanowiskiem tych, którzy uważają ustalenie rzetelności za niepoprawne (Bollen i Lennox, 1991). Podobnie kontrowersyjną kwestią jest problem ustalenia trafności miary. Rossiter (2002) uważa, że także ocena trafności w przypadku miar formatywnych jest zbędna, ponieważ „wystarczy zbiór miar wykorzystujących sieć Internet do działalności komercyjnej (*e-business*). Efektywność została zdefiniowana jako wieloaspektowy czynnik ukryty (czynnik ukryty drugiego rzędu), na który składają się trzy wymiary: wpływ na sprzedaż (m.in. wzrost sprzedaży, poszerzenie oferty, poprawa jakości obsługi klienta), wpływ na wewnętrzną efektywność (większa efektywność wewnętrznych procesów, większa produktywność członków organizacji) oraz wpływ na koordynację (zmniejszone koszty zamówień, poprawa współpracy z dostawcami). Powyższe czynniki były błędnie traktowane jako *refleksyjne*. Przeprowadzono analizę rzetelności oraz trafności, potwierdzając dobre właściwości skal. Inne przykłady błędów znaleźć można w pracach: Igarbia i inni (1997); Zhu i inni (2006b). Więcej przykładów zarówno błędnych, jak i poprawnych specyfikacji podają Petter i inni (2007).

zdefiniowanych przez eksperta”⁶². Większość badaczy stoi jednak na stanowisku, iż empiryczna forma ustalania trafności w jakiejś formie jest niezbędna, także w przypadku skal formatywnych (Edwards i Bagozzi, 2000; Bollen, 1989). Bollen proponuje ocenę trafności miar na podstawie istotności parametrów macierzy Γ ⁶³. Miary, których ładunki czynnikowe są nieistotne, powinny być usuwane – zalecenie rodzące wątpliwości. Diamantopoulos i Wilkenhofer (2001) zalecają ustalenie trafności kryterialnej lub wykorzystanie modelu *wielu wskaźników i wielu przyczyn* (MIMIC, por. rys. 1.7)⁶⁴. Oba proponowane sposoby weryfikacji skal powodują, iż instrument pomiarowy musi być poszerzony o dodatkowe zmienne (y_i w modelu MIMIC, lub zmienną-kryterium). Ostatnim proponowanym sposobem weryfikacji skal formatywnych jest ustalenie trafności nomologicznej (Diamantopoulos i inni, 2008). Projektowaniu formatywnych skal pomiarowych poświęcone są także prace Cadogana i innych (2008) oraz Coltmanna i innych (2008).

⁶²Formalnie można określić takie stanowisko jako model definicji operacyjnej. Dla przypomnienia: definicja operacyjna (*operational definition*), to określenie zmiennej lub stanu w kategoriach konkretnych operacji, jakie stosuje badacz w celu ich zmierzenia lub ustalenia ich wystąpienia (Wydawnictwo Naukowe PWN, b.d.w.). W podejściu ściśle operacyjnym *znaczenie pojęcia* jest określane przez jego pomiar. Pojęcia teoretyczne mogą być mierzone wyłącznie za pomocą jednego zestawu miar, ponieważ pomiar za pomocą innego instrumentu definiuje inne pojęcie.

⁶³Kryterium Bollena implikuje ortogonalność indeksów; znacząca korelacja pomiędzy miarami oznaczałaby nieistotność pewnych parametrów. Wskazuje się także inne powody usuwania współliniowości w zbiorze miar: wyeliminowanie redundantnej informacji i skrócenie instrumentu pomiarowego (Petter i inni, 2007; Diamantopoulos i Winklhofer, 2001). Przy założeniu pomiaru *bez błędu* w podejściu formatywnym założenia wydają się teoretycznie uzasadnione. Do oceny stopnia współliniowości proponowany jest czynnik inflacji wariancji (*variance inflation factor*, VIF).

⁶⁴Reguły identyfikacji modeli zawierających czynniki mierzone za pomocą modeli formatywnych znaleźć można w pracy Diamantopoulosa i innych (2008).

1.4. Modelowanie ścieżkowe częstkową metodą najmniejszych kwadratów

1.4.1. Wprowadzenie do modelowania PLSPM

Podobnie jak w przypadku metody SEM, model PLSPM składa się z dwóch podmodeli: *pomiaru* i *strukturalnego*. W nomenklaturze stosowanej w wielu pracach model pomiaru jest określany jako *model zewnętrzny*, a model strukturalny jako *model wewnętrzny*. W metodzie PLSPM zakłada się, że t zmiennych obserwowalnych zostało pogrupowanych w q rozłączne bloki; każdy blok reprezentuje zmienną ukrytą i nie istnieją zależności między blokami zmiennych obserwowalnych. Przyjmując, iż zmienne obserwowalne i ukryte zostały zestandaryzowane, model wewnętrzny można zdefiniować następująco (Gatnar, 2003; Tenenhaus i inni, 2005):

$$\xi = B\xi + \zeta \quad (1.27)$$

Znaczenie symboli jest identyczne jak we wzorze 1.1, tyle że ponieważ w metodzie PLSPM nie ma potrzeby rozróżniania zmiennych egzogenicznych i endogenicznych, zapis może zostać uproszczony. Algorytm PLSPM zakłada, że model strukturalny jest rekursywny (Tenenhaus i inni, 2005), tj. macierz B jest macierzą trójkątną. Zakłada się ponadto, iż reszty ζ mają wartość oczekiwaną równą zero oraz są nieskorelowane ze zmiennymi ξ , co można zapisać jako⁶⁵ $E(\xi|\xi) = B$ (Henseler, 2009; Henseler i inni, 2009).

Model zewnętrzny w przypadku wskaźników refleksyjnych jest z kolei określony równaniem:

$$x = \lambda\xi + \epsilon \quad (1.28)$$

Zakłada się, że dla modelu zewnętrznego jest spełniony także *warunek specyfikacji predykcji*, co oznacza, że $E(x|\epsilon) = \lambda\epsilon$. Model zewnętrzny w przypadku wskaźników *formatywnych* jest z kolei

⁶⁵Założenie określane przez Wolda jako *warunek specyfikacji predykcji* (prediction specification condition).

określony równaniem:

$$\xi = \omega \mathbf{x} + \delta \quad (1.29)$$

gdzie δ oznacza składnik losowy. Założenie *specyfikacji predykcji* dla modelu formatywnego postaci $E(\epsilon|\mathbf{x}) = \omega \mathbf{x}$ oznacza, że każda zmienna ukryta jest liniową funkcją zmiennych obserwowalnych i składnika losowego reprezentującego wpływ zmiennych pominiętych. Oprócz *warunku specyfikacji predykcji* PLSPM nie zawiera innych założeń stochastycznych, w szczególności nie ma żadnych założeń odnośnie rozkładów zmiennych obserwowalnych.

Cząstkowa metoda najmniejszych kwadratów to iteracyjna procedura wyliczania wag, ładunków czynnikowych i wartości zmiennych ukrytych ξ . Mówiąc dokładniej, algorytm składa się z sekwencji trzech procedur⁶⁶: 1) iteracyjne wyznaczenie wartości zmiennych ukrytych, 2) wyliczenie wag zewnętrznych, zewnętrznych ładunków czynnikowych i współczynników ścieżkowych, 3) oszacowanie wartości wyrazów wolnych. Zasadnicze znaczenie ma pierwsza procedura podzielona z kolei na następujące trzy kroki: 1) obliczenie *zewnętrznych przybliżeń* wartości zmiennych ukrytych, 2) obliczenie *wewnętrznych przybliżeń* wartości zmiennych ukrytych, 3) oszacowanie *wag zewnętrznych*. Powyższe kroki są powtarzane aż do momentu, w którym zmiana wartości *wag zewnętrznych* pomiędzy dwoma iteracjami jest mniejsza od założonej wartości minimalnej. Efektem obliczeń są wartości zmiennych ukrytych obliczone w pierwszym kroku. Ładunki czynnikowe oraz współczynniki regresji są wyznaczane na podstawie zależności 1.28–1.29. Współczynniki ścieżkowe dla zmiennych endogenicznych są wyznaczane poprzez szacowanie odpowiednich równań regresji (wielorakiej).

Sposób działania algorytmu w krokach 1–3 jest następujący:

Krok 1 *Zewnętrzne przybliżenia* wartości zmiennych ukrytych ($\hat{\xi}_q$) są obliczane jako liniowe kombinacje ważone wagami wyznaczonymi w kroku 3, tj. $\hat{\xi}_q \propto \omega_q \mathbf{x}_q$. Wartości $\hat{\xi}_q$ są standaryzowane, co zaznaczono symbolem „ α ”. W pierwszej iteracji przyjmowane są dowolne wartości wag.

⁶⁶Opis dotyczy „klasycznej” wersji algorytmu opracowanej przez Lohmöllera (Henseler, 2009; Tenenhaus i inni, 2005).

Krok 2 Wewnętrzne przybliżenia wartości zmiennych ukrytych ($\tilde{\xi}_q$) są obliczane jako liniowe kombinacje wartości *przybliżeń zewnętrznych* ważone za pomocą *wag wewnętrznych*, tj. $\tilde{\xi} = \omega \hat{\xi}_q$. Wagi wewnętrzne obliczane są dla każdej zmiennej ukrytej i służą do oceny siły zależności pomiędzy tą zmienną a zmiennymi z nią połączonymi. Zależność pomiędzy wagami, przybliżeniami wewnętrznymi i zewnętrznymi można zapisać jako: $\tilde{\xi}_q = \sum_{q'=1}^{Q'} v_{qq'} \hat{\xi}_{q'}$ ($q' = 1, \dots, Q'$), gdzie $\hat{\xi}_{q'}$ oznacza zmienne ukryte (zarówno endogeniczne, jak i egzogeniczne) połączone z q -tą zmienną ukrytą, a symbol $v_{qq'}$ oznacza wagę wewnętrzną. Sposobów na wyznaczenie wag wewnętrznych – określanych w literaturze mianem schematów – jest kilka. Przykładowo w *schemacie centrydalnym* waga jest równa znakowi współczynnika korelacji pomiędzy *przybliżeniem zewnętrznym* ukrytej q -tej zmiennej ($\hat{\xi}_q$) oraz q' -tej zmiennej połączonej ze zmienną q , tj. $v_{qq'} = \text{sgn}(\text{cor}(\hat{\xi}_{q'}, \hat{\xi}_q))$.

Krok 3 wagi zewnętrzne są szacowane na dwa sposoby, nazywane *trybem A* oraz *trybem B*. W trybie A wagi są wyznaczane jako wartości kowariancji pomiędzy wewnętrznymi *przybliżeniami wartości zmiennych ukrytych* ($\tilde{\xi}_q$) i jej zmiennymi obserwowalnymi, tj. $\omega = \text{cov}(x_q, \tilde{\xi}_q)$. W trybie B wektor ω_q wag dotyczących q -tego bloku jest wektorem współczynników regresji wielorakiej pomiędzy wewnętrznymi *przybliżeniami wartości zmiennych ukrytych* oraz odpowiednimi zmiennymi mierzalnymi, tj. $\omega_q = (\mathbf{x}'_q \mathbf{x}_q)^{-1} \mathbf{x}_q \tilde{\xi}_q$. Tryb A jest stosowany w przypadku refleksyjnego modelu pomiaru, zaś tryb B dla modelu formatywnego.

Prace Tenenhaus i innych (2005) oraz China (1998)⁶⁷ zawierają szczegółowy opis algorytmu PLSPM wraz z licznymi udoskonaleniami, wariantami i modyfikacjami. Interesująca jest także dokumentacja pakietu *plspm* implementującego algorytm PLSPM w statystycznym środowisku R (Sanchez i Trinchera, 2009). Wprawdzie zbieżność algorytmu PLSPM została do tej pory wykazana tylko dla przypadku dwóch bloków (Tenenhaus i inni, 2005), ale w praktyce nie stanowi to problemu (Henseler, 2009)⁶⁸.

⁶⁷Chin jest autorem jednej z kilku implementacji algorytmu, w postaci programu PLS-GRAPH. Inną implementacją jest SMARTPLS (Ringle i inni, 2005).

⁶⁸Henseler (2009) wykorzystując symulacje Monte Carlo, nie uzyskał zbieżności dla sześciu wybranych

W literaturze przedmiotu wskazuje się na następujące zalety metody PLSPM w porównaniu do „klasycznego” modelowania równań strukturalnych (Aguirre-Urreta i Marakas, 2008): 1) nieograniczone wykorzystanie refleksyjnych i formatywnych modeli pomiaru, 2) zdolność oszacowania parametrów modelu na podstawie małej próby, 3) możliwość estymacji modeli o dużym stopniu złożoności, 4) brak założeń odnośnie rozkładu zmiennych obserwowalnych.

Pogląd, iż PLSPM umożliwia estymację modeli na podstawie próby o niewielkiej liczebności, jest powszechny (Gatnar, 2003). Przykładowo, Karahanna i inni (1999) uzasadniają użycie PLSPM tym, że „ma niewielkie wymagania odnośnie wielkości próby i rozkładów składników losowych”. Inna typowa opinia uzasadniająca wybór PLSPM, którą można znaleźć w wielu pracach brzmi: „możliwość wykorzystania miar formatywnych i małe wymagania odnośnie wielkości próby” (Wixom i Watson, 2001). Na poparcie cytowane są praktycznie dwie prace, China (1998) oraz Barclaya i innych (1995)⁶⁹ (lub prace cytujące wspomniane dwie). Przytacza się także wyniki Walda, który oszacował model zawierający 27 zmiennych obserwowalnych na podstawie zaledwie 10 obserwacji (Gatnar, 2003). Przegląd artykułów wykorzystujących PLSPM prowadzi do wniosku, że wielu autorów traktuje PLSPM jako metodę pozwalającą oszacować model na podstawie *każdej* próby, nie troszcząc się specjalnie o statystyczne właściwości w ten sposób uzyskanych ocen (Marcoulides i Saunders, 2006; Marcoulides i inni, 2009; Goodhue i inni, 2006). Powstaje pytanie co właściwie oznacza, iż PLSPM *ma małe wymagania odnośnie wielkości próby* i jakie są właściwości ocen uzyskanych na podstawie prób o niewielkiej liczebności?

W przeciwieństwie do estymatorów otrzymanych metodą największej wiarygodności dla klasycznych modeli SEM, które są asymptotycznie zgodne, nieobciążone i efektywne (por. punkt 1.2.2), oceny modeli i twierdzi, że ogólny dowód zbieżności jest niemożliwy. Eksperymenty dotyczą wszakże tylko wybranego wariantu algorytmu PLSPM, nie można wykluczyć otrzymania innych wyników dla innych wersji PLSPM.

⁶⁹Barclay i inni (1995) zalecają minimalną wielkość próby jako równą większej z dwóch wartości: 1) dziesięciokrotność liczby miar najdłuższej skali formatywnej lub 2) dziesięciokrotność największej liczby zmiennych w modelu wewnętrznym bezpośrednio lub pośrednio objaśniających zmienną endogeniczną. Zalecenia Barclaya i innych są często cytowane w wielu pracach (Henseler, 2009; Goodhue i inni, 2006).

uzyskane metodą PLSPM są zgodne dla dużych prób i dużej liczby zmiennych obserwowalnych przypadających na zmienną ukrytą. Właściwość tą określa się terminem *consistency at large* (Chin, 1998; Marcoulides i Saunders, 2006). Należy wątpić, czy właściwość tą mają oceny uzyskane z wykorzystaniem skal pomiarowych składających się z 2–3 zmiennych – co jest często stosowaną praktyką badawczą (por. przykładowo (Karahanna i inni, 1999; Keil i inni, 2000; Teo i inni, 2003; Wixom i Watson, 2001)). PLSPM jest zbieżny i umożliwia oszacowanie ocen parametrów modelu na podstawie próby o wielkości, która uniemożliwia wykorzystanie klasycznych modeli SEM i metody największej wiarygodności z powodu niezbieżności algorytmu lub z powodu otrzymywania teoretycznie niepoprawnych ocen (takich jak przykładowo ujemna wariancja oceny parametru). Boomsma i Hoogland (2001) wskazują, że dla prób o liczebnościach mniejszych niż 200 obserwacji niezbieżność i/lub niepoprawność ocen jest częsta. Goodhue i inni (2006) zwracają wszakże uwagę, że oceny PLSPM otrzymane dla małych prób są obciążone dużym błędem, a to przekłada się w szczególności na istotność i moc testów dotyczących parametrów modelu. Eksperymenty Monte Carlo przeprowadzone przez Goodhue i innych potwierdzają, że oceny PLSPM nie wykazują w tym zakresie żadnych *magicznych* właściwości. Chin i Newsted (1999) zalecają próbę o wielkości 150 lub większą do oceny istotności parametrów modelu, zwłaszcza gdy wartości tych ocen są niskie. Marcoulides i Saunders (2006) konkludują zaś, iż „PLSPM nie jest magiczną metodą, którą można stosować dla próby o każdej wielkości”.

Podstawowa różnica pomiędzy PLSPM i SEM dotyczy celu *analizy*. PLSPM jest zorientowaną na predykcję metodą objaśniania zmienności wariancji, podczas gdy klasyczna metoda SEM jest stosowana do potwierdzenia teorii objaśniającej zjawisko. PLSPM ma bardziej eksploracyjny charakter, stosuje się w sytuacji, gdy podstawa teoretyczna objaśniająca badane zjawisko jest słaba (Henseler i inni, 2009; Gefen i inni, 2000).

1.4.2. Ocena modelu PLSPM

Ocena dopasowania modelu w metodzie PLSPM obejmuje, podobnie jak w przypadku modeli SEM, ocenę modelu zewnętrznego oraz ocenę modelu wewnętrznego. Ocena modelu zewnętrznego obejmuje ocenę rzetelności i trafności (Hulland, 1999), a stosowane do tego celu metody opisano w punktach 1.2.4– 1.2.5. Dla miar formatywnych natomiast zastosowanie mają metody opisane w punkcie 1.3. Z powodu właściwości PLSPM, sposoby ustalania rzetelności i trafności są ograniczone do oceny wartości współczynników AVE i CR (uzyskanych metodami bootstrapowymi) oraz wielkości i statystycznej istotności ładunków czynnikowych oraz wag. W przypadku miar refleksyjnych oceniane są ładunki czynnikowe, zaś w przypadku miar formatywnych – wagi, co wynika wprost ze wzorów 1.28 i 1.29. W praktyce badawczej można spotkać także „strategię mieszaną”, w której do oceny modelu zewnętrznego jest stosowana konfirmacyjna analiza czynnikowa, a metoda PLSPM służy wyłącznie do estymacji modelu strukturalnego.

W metodzie PLSPM nie istnieje miara będąca łączną oceną dopasowania modelu. Ocena modelu strukturalnego zwykle sprowadza się do obliczenia współczynnika determinacji R^2 dla każdej zmiennej endogenicznej oraz ocen współczynników ścieżkowych pod kątem znaku, wielkości i statystycznej istotności⁷⁰. Według China (1998), wartość R^2 większa od 0,19 oznacza słabą zależność, 0,33 umiarkowaną a 0,67 znaczącą. Do oceny modeli alternatywnych może być wykorzystana wielkość efektu,

⁷⁰ Przykładem jest praca Wixom i Watsona (2001), którzy zweryfikowali empirycznie model sukcesu *hurtowni danych* (rodzaj bazy danych zoptymalizowanej pod kątem przetwarzania informacji dla celów strategicznych i analitycznych), w którym 7 czynników warunkuje *sukces implementacji*, mierzony za pomocą *sukcesu technicznego*, *sukcesu organizacyjnego* i *sukcesu projektowego*. Sukces implementacji z kolei określa *sukces systemu*, definiowany w kategoriach modelu DeLone’a i McLeana: jakości danych, jakości systemu i *postrzeganych korzyści netto* (por. punkt 2.4). Model Wixom i Watsona składa się z 13 ukrytych zmiennych, przy czym 5 z nich było mierzonych za pomocą wskaźników formatywnych. Dodatkowo, ponieważ model obejmuje różne fazy łańcucha wartości oprogramowania (por. punkt 3.2.2) zastosowano dwa różne instrumenty pomiarowe (dwa kwestionariusze ankiet, przeznaczone dla różnych respondentów). Fazę implementacji ocenia zarządzający hur-

rozumiana jako względna różnica pomiędzy wartościami współczynników R^2 :

$$f^2 = (R_t^2 - R_0^2)/(1 - R_t^2) \quad (1.30)$$

gdzie: R_t^2 oznacza wartość R^2 dla modelu zawierającego (dodatkową) zmienną *moderującą*; R_0^2 – model nieuwzględniający zmiennej moderującej. Chin (1998) proponuje wartości 0,02, 0,15 oraz 0,35 jako minimalne wartości małej, przeciętnej i znaczącej wielkości efektu. W przypadku gdy model zewnętrzny jest refleksyjny, to do oceny mocy predykcyjnej można wykorzystać test Q^2 Stone-Geissera (Rogowski, 1990), który sprowadza się do porównania, w jakim stopniu model jest lepszy od predykcji opartej na czystym przypadku. Wartości ujemne wskaźnika Q^2 wskazują, że predykcja oparta na modelu jest gorsza niż predykcja czysto losowa⁷¹.

Tenenhaus i inni (2005) proponują do oceny modelu zewnętrznego q -tej zmiennej ukrytej przeciętną wartość kwadratów współczynników korelacji pomiędzy zmiennymi mierzalnymi a zmienną ukrytą, określając taką miarę jako indeks wartości wspólnej:

$$CI_q = \frac{1}{p_q} \sum_{p=1}^{p_q} \text{cor}^2(\mathbf{x}_q, \xi_q) \quad (1.31)$$

townią, a fazę użytkowania – odbiorca danych, tj. respondent wykorzystujący dane zgromadzone w hurtowni. Jakość modelu jest oceniana za pomocą wielkości współczynników determinacji R^2 oraz istotności współczynników ścieżkowych pomiędzy postulowanymi relacjami. Wielkość R^2 dla 6 zmiennych egzogenicznych wynosi 0,2–0,43, a z 19 postulowanych relacji 7 okazało się nieistotne. Wpływ poszczególnych czynników jest oceniany opisowo – poprzez ocenę wielkości współczynników ścieżkowych. Autorzy rozważali modele alternatywne, przy czym porównując je, stosowali wyłącznie kryterium wartości współczynnika R^2 dla czynnika *postrzeganych korzyści netto*.

⁷¹Koncepcyjnie podobny do f^2 wskaźnik, służący do określenia wpływu pewnej zmiennej na moc predykcyjną modelu może być liczony na podstawie wartości testu Q^2 (Chin, 1998, s. 317–318): $q^2 = (Q_t^2 - Q_0^2)/(1 - Q_t^2)$. W przeciwieństwie do f^2 , wskaźnik q^2 może przyjmować wartości ujemne, co oznacza, iż usunięcie zmiennej zwiększa moc predykcyjną modelu.

gdzie: p_q jest liczbą zmiennych mierzalnych w q -tym bloku. Wetzels i inni (2009) wskazują, że wskaźnik CI_q jest w istocie tożsamy ze wskaźnikiem AVE i proponuje, za Fornellem i Larckerem (1981), minimalną akceptowalną wartość tego wskaźnika równą 0,5. Należy zauważyć, że wskaźnik CI_q , podobnie jak AVE, może służyć do oceny wyłącznie refleksyjnych modeli pomiaru. Do łącznej oceny modelu zewnętrznego proponowana jest przeciętna wartość indeksów wartości wspólnej (Tenenhaus i inni, 2005):

$$ACI = \frac{1}{P} \sum_{q=1}^Q p_q CI_q = \frac{1}{P} \sum_{q=1}^Q \sum_{p=1}^{p_q} \text{cor}^2(\mathbf{x}_{pq}, \xi_q) \quad (1.32)$$

Syntetyczną miarą oceniającą łączne dopasowanie modelu zewnętrznego i strukturalnego może być wskaźnik będący średnią geometryczną przeciętnej wartości indeksu wartości wspólnej oraz przeciętnej wartości współczynnika determinacji (Tenenhaus i inni, 2005):

$$\text{GOF} = \sqrt{ACI \times \bar{R}^2}, \quad \text{GoF} \in [0, 1] \quad (1.33)$$

Wetzels i inni (2009) proponują minimalne wartości wskaźnika GOF równe 0,1 dla słabej wielkości efektu, 0,25 dla umiarkowanej oraz 0,36 dla znaczącej⁷².

1.4.3. Porównania międzygrupowe

Porównania między grupami w przypadku PLSPM ograniczają się do oceny istotności różnic pomiędzy parametrami strukturalnymi. Proponowane procedury – z uwagi na brak założeń statystycznych odnośnie rozkładów zmiennych obserwowalnych – wykorzystują metody symulacyjne, takie jak *jackknife* i *bootstrap* lub testy permutacyjne (Koronacki i Mielniczuk, 2006; Hastie i inni, 2001). Keil

⁷²Wartości te są rezultatem łącznego uwzględnienia zaleceń Fornella i Larckera odnośnie wskaźnika AVE oraz Cohena odnośnie wielkości efektu dla współczynnika R^2 . Te ostatnie są następujące: większe od 0,02 – słaba wielkość efektu, większe od 0,13 – przeciętna, większe od 0,26 – znacząca (Wetzels i inni, 2009, s. 187).

i inni (2000; 2009) proponują do oceny istotności różnic procedurę wykorzystującą standardowe błędy ocen parametrów strukturalnych uzyskane metodą *bootstrap*. Oceną istotności różnic jest następująca statystyka:

$$t = \frac{b^{(1)} - b^{(2)}}{\sqrt{\frac{(n^{(1)} - 1)^2}{n^{(1)} + n^{(2)} - 2} sb^{2(1)} + \frac{(n^{(2)} - 1)^2}{n^{(1)} + n^{(2)} - 2} sb^{2(2)}} \sqrt{\frac{1}{n^{(1)}} + \frac{1}{n^{(2)}}}} \quad (1.34)$$

gdzie: $b^{(k)}$ – ocena współczynnika strukturalnego w grupie k ; $sb^{(k)}$ – standardowy błąd oceny w grupie k , uzyskany za pomocą procedury *bootstrap*; $n^{(k)}$ – wielkość próby w grupie k . Przy założeniu, że hipoteza zerowa o równości parametrów strukturalnych jest prawdziwa ($\beta^{(1)} = \beta^{(2)}$), statystyka t ma asymptotyczny rozkład t -Studenta z $n^{(1)} + n^{(2)} - 2$ stopniami swobody (Henseler i inni, 2009, s. 308).

Henseler i inni (2009) proponują inną procedurę oceny istotności różnic pomiędzy parametrami modelu, wykorzystującą wartości parametrów uzyskane w próbie *bootstrap*. Do weryfikacji hipotezy zerowej zakładającej, iż $\beta^{(1)} \leq \beta^{(2)}$, wykorzystuje się następującą formułę:

$$P(b^{(1)} > b^{(2)} | \beta^{(1)} \leq \beta^{(2)}) = 1 - \frac{1}{J^2} \sum_{\forall j,i} S(2\bar{b}^{(-1)} - b_j^{(1)} 2\bar{b}^{(-2)} + b_i^{(2)}) \quad (1.35)$$

gdzie: J – liczebność próby *bootstrap*; $b_j^{(1)}$, $b_i^{(2)}$ – estymatory *bootstrap* uzyskane w próbach j oraz i ; $\bar{b}^{(-1)}$, $\bar{b}^{(-2)}$ – wartości średnie parametrów dla J prób *bootstrap*; $S(\cdot)$ – funkcja krokowa, przyjmująca wartość 1, dla dodatnich argumentów lub zero dla pozostałych wartości. Dla J prób *bootstrap* należy wykonać J^2 porównań uzyskanych ocen. Henseler i inni (2009) wskazują na podobieństwo proponowanej procedury do testu Manna-Whitneya-Wilcozona, przeprowadzonego na wartościach uzyskanych metodą *bootstrap*. Do oceny różnic pomiędzy grupami Chin (2003) proponuje także

iloczyn miar (*product indicator*), a Chin i Dibbern (2009) testy permutacyjne (obie procedury są „eksperymentalne” i nie były dotąd stosowane w praktyce badawczej)⁷³.

1.4.4. Nieobserwowalna heterogeniczność w modelach PLSPM

Zaproponowany przez Hahna i innych (2002) algorytm FIMIX-PLS – adaptacja procedury STEMM (por. punkt 1.2.7), łącząca metodę PLSPM i modelowanie mieszanin – może być stosowany w sytuacji *nieobserwowalnej różnorodności*, tj. gdy badana populacja jest heterogeniczna, a podział *a priori* na homogeniczne grupy, na podstawie wartości zmiennych moderujących, jest z jakiś względów niewykonalny (Sarstedt, 2008; Esposito i inni, 2007). W metodzie FIMIX-PLS populacja dzieli się na ustaloną *a priori* liczbę *G* grup oraz zakłada się niezmienniczość modeli zewnętrznych. Innymi słowy

⁷³Z braku uznanych metod, autorzy poprzestają na porównaniach opisowych. Przykładowo Karahanna i inni (1999) weryfikują empirycznie, wykorzystując PLSPM, model objaśniający zamiar wykorzystania SI/TI (BI) przez łączny wpływ czynników postawy (ATT), norm subiektywnych (SN) oraz postrzeganej dobrowolności. Weryfikację przeprowadzają w dwóch różnych grupach: potencjalnych użytkowników oraz użytkowników. Porównania oszacowanych modeli strukturalnych pomiędzy grupami ograniczają się ustalenia istotności współczynników strukturalnych. W grupie potencjalnych użytkowników istotny jest współczynnik SN-BI, podczas gdy w grupie użytkowników – ATT-BI. Model objaśnia 38,4% zmienności BI w grupie potencjalnych użytkowników oraz 23,6% w grupie użytkowników. W obu grupach część współczynników ścieżkowych okazała się nieistotna, np. w przypadku czynnika ATT w grupie użytkowników tylko 2 z 6 współczynników miara-czynnik były istotne. Pobieżny nawet przegląd literatury wskazuje, że powszechną praktyką, aprobowaną przez redaktorów czasopism i recenzentów z dziedziny informatyki ekonomicznej (i nie tylko) jest akceptowanie modeli zawierających nieistotne współczynniki zarówno w modelach strukturalnych jak i zewnętrznych. Autorzy nie starają się modyfikować modelu teoretycznego lub robią to w minimalnym stopniu, ograniczając się do wykazania, które relacje są istotne, a które nie oraz oceny stopnia dopasowania – zwykle za pomocą współczynnika determinacji. Przykłady takiego postępowania można znaleźć w pracach Igbarii i innych (1997) oraz Wixom i Watsona (2001).

heterogeniczność dotyczy tylko relacji pomiędzy zmiennymi egzogenicznymi a endogenicznymi. Zapiszmy zatem model wewnętrzny (por. 1.27), rozróżniając zmienne na endogeniczne i egzogeniczne:

$$\mathbf{B}\eta_i + \Gamma\xi_i = \zeta_i \quad (1.36)$$

gdzie: η_i , ξ_i oraz ζ_i oznaczają odpowiednio wektory zmiennych endogenicznych, egzogenicznych oraz reszt dla i -tej obserwacji. Zakłada się (Hahn i inni, 2002; Ringle, 2006), że rozkład η_i jest skończoną mieszaniną wielowymiarowych rozkładów normalnych $f_{i|g}(\cdot)$:

$$\eta_i \sim \sum_{g=1}^G \rho_g f_{i|g}(\eta_i | \xi_i, \mathbf{B}_g, \Gamma_g, \Psi_g) \quad (1.37)$$

gdzie: ρ_g oznacza parametry mieszające.

Podstawiając w miejsce $f_{i|g}(\eta_i | \xi_i, \mathbf{B}_g, \Gamma_g, \Psi_g)$ równanie 1.37 może zostać zapisane w następującej postaci:

$$\eta_i \sim \sum_{g=1}^G \rho_g \frac{|\mathbf{B}_g|}{\sqrt[2]{2\pi} \sqrt{|\Psi_g|}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{B}_g \eta_i + \Gamma_g \xi_i)' \Psi_g^{-1} (\mathbf{B}_g \eta_i + \Gamma_g \xi_i) \right\} \quad (1.38)$$

Logarytm funkcji wiarygodności dla równania 1.38 jest postaci:

$$\ln L = \sum_i \sum_g z_{ig} \ln(f(\eta_i | \xi_i, \mathbf{B}_g, \Gamma_g, \Psi_g)) + \sum_i \sum_g z_{ig} \ln(\rho_g) \quad (1.39)$$

gdzie $z_{ig} = 1$ jeżeli obserwacja i należy do grupy g , lub 0 w przypadku przeciwnym. Do maksymalizacji funkcji określonej w równaniu 1.39 wykorzystuje się algorytm EM (Ringle, 2006). Prawdopodobieństwo *a posteriori* przynależności obserwacji i do grupy g dane jest wzorem:

$$p_{ig} = (\rho_g f_{i|g}(\eta_i | \xi_i, \mathbf{B}_g, \Gamma_g, \Psi_g)) / \left(\sum_g \rho_g f_{i|g}(\eta_i | \xi_i, \mathbf{B}_g, \Gamma_g, \Psi_g) \right) \quad (1.40)$$

Obliczone wartości prawdopodobieństw umożliwiają zaklasyfikowanie N obserwacji do G kategorii, przy uwzględnieniu postulowanego modelu strukturalnego. Ponieważ algorytm EM nie daje gwarancji zbieżności do globalnego maksimum, zaleca się jego kilkukrotne powtórzenie dla różnych wartości początkowych. Liczba klas G musi być określona *a priori*, a ponieważ zwykle nie jest to możliwe, należy powtórzyć FIMIX-PLS wielokrotnie, dla kolejnej liczby klas, a następnie wybrać najlepszy z otrzymanych modeli. Ringle jako kryterium stopu sugeruje ocenę wielkości wyodrębnionych grup – jeżeli otrzymany podział zawiera grupę o niewielkiej liczebności, należy zakończyć powtarzanie procedury. Wybór modelu jest dokonywany w oparciu o kryterium informacyjne Akaike lub podobne wskaźniki (Ringle, 2006; Jedidi i inni, 1997b). Do oceny modelu można też stosować unormowany indeks entropii interpretowany jako stopień jednoznaczności podziału na klasy (Esposito i inni, 2007):

$$EN_G = 1 - \frac{1}{N \ln(G)} \sum_i \sum_g -P_{ig} \ln(P_{ig}) \quad (1.41)$$

Wartość EN_G zawiera się w przedziale $[0, 1]$, a akceptowalne modele winna cechować wartość EN_G większa od 0,5. Im podział na klasy jest bardziej jednoznaczny, co wynika z wielkości prawdopodobieństwa przynależności do klas, tym większa jest wartość wskaźnika. Wartości EN_G bliskie zero wskazują, że prawdopodobieństwo przynależności do określonej klasy jest dla wielu obserwacji podobne, co uniemożliwia sensowną interpretację otrzymanych wyników. Metoda FIMIX-PLS z powodzeniem została zastosowana w badaniach zachowań konsumentów (Ringle, 2006; Sarstedt, 2008). Oprócz FIMIX-PLS opracowano kilka innych metod, próbując obejść problematyczne założenia odnośnie niezmienniczości modelu zewnętrznego czy normalności rozkładów zmiennych egzogenicznych. Przegląd tych stosunkowo nowych metod, które w praktyce były stosowane sporadycznie lub nie były stosowane wcale, można znaleźć w pracach Sarstedta (2008) oraz Esposito i inni (2007).

1.5. Podsumowanie i wnioski

Dokonany przegląd literatury wskazuje, że informatyka ekonomiczna to względnie nowa **dyscyplina nauk społecznych**, która wprawdzie – jak większość nauk społecznych – nie jest wolna od teoriopoznawczych kontrowersji, ale która jednocześnie posiada znaczący dorobek wyrażony liczbą dedykowanych czasopism, ośrodków naukowych i wolumenem publikowanych artykułów. **Badania ilościowe, w tym modelowanie równań strukturalnych – przedmiot zainteresowania w tym rozdziale pracy – są zdecydowanie najczęściej wykorzystywanymi metodami badawczymi w dziedzinie informatyki ekonomicznej.**

W związku z tym, w rozdziale dokonano przeglądu modelowania równań strukturalnych – grupy metod, które Straub i inni (2004) określają jako „[metodę] *de rigueur* jeżeli chodzi o weryfikację skal pomiarowych i szacowanie modeli przyczynowo-skutkowych”. Wprawdzie można znaleźć kilkanaście różnych podobnych przeglądów metod SEM (Gefen i inni, 2000; Henseler i inni, 2009) oraz wartościowych podręczników (Gatnar, 2003; Bollen, 1989; Kline, 2004), ale brak jest takich, które opisywałyby zarówno SEM, jak i PLSPM, uwzględniałyby nowe metody opracowane w ostatnich latach oraz zawierałyby przykłady zastosowań i heurystyki badawcze. Najważniejsze wnioski wynikające z przeglądu są następujące:

- Obok klasycznych modeli SEM, wykorzystujących macierz wariancji-kowariancji, szczególnie często – zwłaszcza w porównaniu do innych dziedzin – wykorzystywane jest w obszarze informatyki ekonomicznej modelowanie ścieżkowe cząstkową metodą najmniejszych kwadratów.
- Wykorzystanie modeli zawierających zmienne bezpośrednio obserwowalne jest incydentalne – dominują modele strukturalne ze zmiennymi ukrytymi oraz konfirmacyjna analiza czynnikowa. Liczba czynników w większości modeli zawiera się w przedziale 3–8 (bardziej szczegółowe informacje dla modeli akceptacji technologii zawiera punkt 2.7)⁷⁴.

⁷⁴Interesujące może być porównanie z praktyką badawczą marketingu, dziedziny, z której niewątpliwie

- W literaturze przedmiotu nie znaleziono przykładu zastosowania modelu nierekursywnego. Praca Kima i Malhotry (2005) jest jedynym znanym w literaturze przykładem wykorzystania modeli SEM dla danych panelowych. Dominuje podejście *stricte* potwierdzające – dane mają potwierdzać lub nie prawdziwość określonej teorii – badania, w których porównuje się teorie i modele alternatywne są zaś rzadkie. Także porównania międzygrupowe, analiza niezmienniczości i podobne techniki są wykorzystywane raczej sporadycznie.
- Brak jest powszechnie uznanych skal pomiarowych, czego zapewne ważnym powodem jest słabość aparatu teoretycznego. Typowo punktem wyjścia jest pewna teoria rozwinięta w obszarze dyscypliny referencyjnej adaptowana do potrzeb informatyki ekonomicznej. Niepokojącą praktyką jest „wieczne modyfikowane” wykorzystywanych modeli, występujących w nich pojęć i sposobów ich pomiaru. Zarówno niniejszy rozdział, jak i rozdział 2 zawierają wiele przykładów ilustrujących to zjawisko. W rezultacie, dziedzina dopracowała się zaledwie trzech uznanych, wielokrotnie zweryfikowanych i stosowanych skal pomiarowych czynników ukrytych (EUCS, PU, PEOU)⁷⁵. W porównaniu do marketingu, a zwłaszcza psychologii, nie jest to dorobek specjalnie imponujący.
- Skale pomiarowe czynników składają się zwykle z 3–5 miar. Skale o większej liczbie są rzadkością, a czynniki mierzone za pomocą dwóch miar nie należą wcale do ewenementów. Mała liczba miar jest szczególnie problematyczna w przypadku stosowania metody PLSPM, w której oceny parametrów są zgodne przy założeniu dużych prób i dużej liczby zmiennych obserwowalnych przypadających na zmienną ukrytą.

pochodzi większość metodologicznych zapożyczeń informatyki ekonomicznej. Według przeglądu Baumgartnera i Homburga (1996), wartość mediany liczby zmiennych obserwowalnych wynosiła 11, zaś czynników ukrytych 3. Mediana przeciętnej liczby miar na czynnik ukryty to 4 w przypadku confirmacyjnej analizy czynnikowej oraz 2 dla modeli strukturalnych. Praca Baumgartnera i Homburga (1996) zawiera więcej ciekawych statystyk, takich jak liczebność próby, liczbę szacowanych parametrów, stopni swobody itd.

⁷⁵Jakość skal pomiarowych ze szczególnym uwzględnieniem mierzenia pojęć wykorzystywanych w modelach akceptacji technologii jest omawiana także w punkcie 2.7.

- Skale i miary refleksyjne dominują, ale – zwłaszcza w ostatnich latach – coraz więcej jest prób konceptualizacji i pomiaru pojęć przy wykorzystaniu skal formatywnych. Kwestionuje się bezwarunkowe stosowanie refleksyjnego modelu pomiaru, opartego na koncepcjach analizy czynnikowej Spearmana i wewnętrznej zgodności Cronbacha podkreślając, że wybór sposobu pomiaru czynnika winien wynikać przede wszystkim z ontologicznych zależności pomiędzy miarą a czynnikiem.
- W praktyce badawczej ustalenie trafności/rzetelności jest obowiązkową częścią badania, przy czym dominują – zwłaszcza w ostatnich latach i zwłaszcza w przypadku stosowania metody PLSPM – najprostsze metody ustalania trafności/rzetelności, takie jak: trafność czynnikowa, analiza wariancji wyodrębianej i rzetelności łącznej. Można zatem stwierdzić, że trafność jest ustalana bardziej *formalnie* niż faktycznie, co jest bezpośrednim skutkiem stosowania „jednorazowych skal pomiarowych”. Trafność nomologiczna, która mogłaby wprowadzić nieco porządku do zalewu różnych, często podobnych pojęć jest ustalana sporadycznie.

Wprawdzie głównym celem dokonanego przeglądu metod SEM była ocena ich przydatności do przeprowadzenia badań empirycznych (por. rozdział 4), ale mając na uwadze skromną polską literaturę dotyczącą modelowania strukturalnego oraz ich niewielkie wykorzystanie w polskich ośrodkach badawczych uważamy, że przedstawione informacje mogą być przydatne szerszemu gronu czytelników, także spoza obszaru informatyki ekonomicznej.

Rozdział 2

Modele akceptacji i przyswajania technologii informacyjnej

Wyobraźmy sobie menedżera, który dowiaduje się, że aby systemy były akceptowane muszą być użyteczne i łatwe w użyciu.

Wyobraźmy sobie jego reakcję!

Allan Dennis

Badania innowacyjności to ważny temat badawczy realizowany w ramach wielu nauk społecznych, takich jak: socjologia, psychologia, ekonomia, marketing i zarządzanie (Frambach i Schillewaert, 2002). Zjawisko to jest badane zarówno z punktu widzenia problematyki kreowania innowacji, jak i mechanizmów ich rozprzestrzeniania się. Gwałtowny rozwój technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych powoduje, że współcześnie szczególne znaczenie przypisywane jest innowacjom w zakresie SI/TI. Problematyka upowszechniania SI/TI w organizacji jest także jednym z wiodących tematów w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej (por. punkt 1.1.2). Opracowywane w tym obszarze nauki teorie koncentrują się przede wszystkim na wyjaśnieniu mechanizmów przyswajania SI/TI przez organizacje (Fichman, 2000). Dlaczego niektóre organizacje potrafią z sukcesem wdrożyć SI/TI, a w przypadku innych kończy się to porażką? Dominują przy tym dwa następujące zagadnienia: jakie czynniki powodują akceptację SI/TI przez użytkowników indywidualnych oraz jakie czynniki ułatwiają i utrudniają przyswojenie SI/TI przez organizacje.

Niniejszy rozdział jest przeglądem teorii i opracowanych na ich podstawie modeli przyczynowo-skutkowych, które starają się wyjaśnić oba wyżej wymienione zagadnienia. Po przedstawieniu

podstawowych pojęć w punkcie 2.1, w punktach 2.2–2.5 zaprezentowano modele dotyczące akceptacji SI/TI na poziomie indywidualnym. Szczególnie wiele miejsca poświęcono *Modelowi Akceptacji Technologii* – zdecydowanie najpopularniejszej teorii objaśniającej indywidualną akceptację SI/TI. Wreszcie, punkt 2.6 dotyczy przyswajania SI/TI przez organizacje. Zasadniczym celem przeglądu jest określenie przydatności poszczególnych teorii do – przeprowadzonej w rozdziale 4 – empirycznej weryfikacji modelu akceptacji oprogramowania *open source*.

2.1. Teoria dyfuzji innowacji

Część terminologii oraz pierwsze modele objaśniające proces wdrażania i akceptacji SI/TI rozwijane na gruncie informatyki ekonomicznej wykorzystywały koncepcje zapożyczone z popularnej Teorii Dyfuzji Innowacji (*Diffusion of Innovation*, DOI). Teoria ta, tłumacząca proces rozprzestrzeniania się innowacji na gruncie socjologii, definiuje 4 podstawowe elementy procesu dyfuzji, są to: postrzegane właściwości innowacji, kanały komunikacji, czas oraz system społeczny, w którym innowacja jest upowszechniana. „Dyfuzja innowacji to proces, w którym innowacja jest przekazywana poprzez pewne *kanały komunikacji* pomiędzy członkami pewnej społeczności.” (Rogers, 2003, s. 11). Czynniki determinujące adopcję SI/TI można podzielić na dwie podstawowe kategorie: postrzegane przez adaptującego właściwości innowacji oraz cechy adaptującego. Z punktu widzenia teorii dyfuzji innowacji akceptacja SI/TI jest po prostu adopcją innowacji. Rogers (2003) definiuje pięć czynników wpływających na adopcję innowacji (postrzegane właściwości innowacji), są to: *względna przewaga, zgodność, złożoność, testowalność oraz obserwowalność*.

Względna przewaga (*relative advantage*) to stopień, w jakim innowacja postrzegana jest jako lepsza od pomysłów, które zastępuje. Wielkość względnej przewagi może być określona za pomocą czynników ekonomicznych, ale takie czynniki społeczne, jak: prestiż, wygoda czy satysfakcja także odgrywają ważną rolę. Rogers podkreśla, że niewielkie znaczenie ma „obiektywna” przewaga, decydujące natomiast jest to czy i w jakim stopniu jednostka postrzega innowację jako korzystną. Zgodność

(*compatibility*) to stopień w jakim innowacja jest postrzegana jako *spójna* z istniejącymi wartościami, doświadczeniem oraz potrzebami potencjalnych adaptatorów. Innowacja niespójna z wartościami i normami społecznymi będzie adaptowana wolniej od tej, która jest z tymi wartościami zgodna (Ki-shore i McLean, 2007). Złożoność (*complexity*) to stopień postrzegania innowacji jako trudnej do zrozumienia i wykorzystania. Nowe pomysły, które są łatwiejsze do opanowania są adaptowane szybciej niż innowacje wymagające wcześniejszego nabycia nowych umiejętności lub wiedzy. Testowalność (*trialability*) to możliwość wypróbowania innowacji na małą skalę, w wersji uproszczonej. Innowacje, które mogą zostać wypróbowane są szybciej adaptowane, niż te, które takiej możliwości nie dają. Obserwowalność (*observability*) to stopień, w jakim efekty zastosowania innowacji mogą być obserwowane. Im łatwiej dostrzec efekty, tym bardziej jest prawdopodobna decyzja dotycząca adopcji (Rogers, 2003, s. 258)¹. Rogers uzasadniając znaczenie tego czynnika w procesie dyfuzji, podaje przykład skupiania się innowacji w klastry, w których innowacja jest przyswajana częściej niż przeciętnie.

Teoria Rogersa w dużym stopniu dotyczy implementacji innowacji *na poziomie indywidualnym*. Na tym poziomie decyzja co do wdrożenia innowacji nie zależy od decyzji innych członków społeczności, a sama innowacja jest stosunkowo prosta – nie potrzeba do oceny względnej przewagi nabycia specjalistycznych wiedzy. Znaczna część przykładów empirycznych zamieszczonych w pracy Rogersa (2003) dotyczy zjawiska rozprzestrzeniania się innowacji na obszarach wiejskich. Rogers szukał odpowiedzi na pytanie, dlaczego bardzo proste a użyteczne udoskonalenia wymagały często długiego czasu, mierzonego dziesiątkami lat, aż stały się powszechne. Wdrożenie SI/TI w organizacji jest

¹Moore i Benbasat (1991) utrzymują, że *obserwowalność* jest czynnikiem złożonym z dwóch aspektów: „dostrzegalności” (*visibility*) i demonstrowalności wyniku (*result demonstrability*). „Dostrzegalność” to widoczność „zewnętrznych atrybutów” innowacji, a *demonstrowalność wyniku* to stopień, w jakim efekt zastosowania innowacji jest oczywisty. Skala pomiarowa dostrzegalności zawiera pytania podobne do stwierdzenia: *wielu użytkowników ma zainstalowany system X w mojej organizacji*. Demonstrowalność jest mierzona pytaniami podobnymi do: *wyjaśnienie zalet systemu X jest kłopotliwe*. Agarwal i Prasad (1997; 2006b) potwierdzili empirycznie poprawność konceptualizacji obserwowalności jako dwóch różnych czynników.

innym procesem, ponieważ decyzja dotycząca wdrożenia innowacji jest podejmowana *na poziomie organizacji*, a członkowie organizacji mają się tej decyzji podporządkować (ten rodzaj określany jest też mianem *implementacji etapowej* (Kishore i McLean, 2007, s. 757)). Przegląd wybranych teorii objaśniających przyswojenie SI/TI *na poziomie organizacji* znajduje się w punkcie 2.6 tego rozdziału.

Wielokrotnie wykorzystywane w późniejszych badaniach skale pomiarowe dla postrzeganych właściwości innowacji zostały opracowane przez Moore'a i Benbasata (1991)². Teoria DOI była wykorzystywana we wczesnych badaniach akceptacji SI/TI – późniejsze studia w większości korzystały z teorii psychologicznych (por. punkt 2.2). Ponieważ we wspomnianej pracy Moore'a i Benbasata trafność dyskryminacyjna czynników *kompatybilności* i *względnej przewagi* była bardzo niska, proponowano także „lepsze” skale pomiarowe czynnika kompatybilności (Karahanna i inni, 2006; Yi i inni, 2006a; Kishore i McLean, 2007). Należy zwrócić uwagę, że kluczowe czynniki z teorii TAM oraz DOI, tj. względna przewaga i postrzegana użyteczność oraz złożoność i łatwość użytkowania są koncepcyjnie bardzo podobne. Będący uszczegółowieniem TAM, bardziej złożony model UTAUT (por. punkt 2.3.2) zawiera także pojęcie kompatybilności. Tak więc teoria DOI, mimo iż nie wykorzystywana *explicite*, jest obecna *de facto* w wielu innych modelach akceptacji SI/TI.

2.2. Model Akceptacji Technologii

2.2.1. Podstawowe informacje

Model Akceptacji Technologii (*Technology Acceptance Model*, TAM) jest najczęściej wykorzystywaną teorią objaśniającą wykorzystanie i akceptację systemów informacyjnych w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej (Venkatesh i inni, 2003; Venkatesh i Davis, 2000). Lee i inni (2003) określają model TAM jako „najczęściej stosowaną teorię opisującą indywidualną akceptację systemów

²Premkumar i Potter (1995, s. 124) opracowali alternatywne i krótsze skale dla 3 czynników: względna przewaga, kompatybilność oraz złożoność.

informacyjnych”. Model TAM został zaadaptowany z rozwiniętej przez Ajzena i Fishbeina (1975) na gruncie psychologii społecznej teorii uzasadnionego działania (*Theory of Reasoned Action*, TRA) i będącej ulepszeniem TRA teorii planowanego działania (*Theory of Planned Behaviour*, TPB). Według teorii uzasadnionego działania, działanie poprzedza *zamiar* (albo intencja, *behavioural intention*, BI), który z kolei kształtuje się pod wpływem dwóch czynników: *subiektywnej normy*³ oraz *postawy*⁴ względem tego zachowania. Wreszcie postawy wynikają z przekonań (*beliefs*) względem użytkowania (systemów informacyjnych w tym przypadku). Teoria planowanego działania jest rozszerzeniem TRA i zakłada, że działania kształtuje, oprócz norm subiektywnych i postaw, także trzeci czynnik, określany jako *postrzegana kontrola behawioralna*⁵. PBC jest wykorzystywany w rozszerzonych wersjach modelu TAM (por. przykładowo Venkatesh i inni (2003) lub Mathieson i inni (2001)).

Model akceptacji technologii jest modyfikacją teorii TRA/TPB, opracowaną w celu objaśnienia akceptacji SI/TI. Zgodnie z teoriami TRA/TPB, TAM zakłada, iż przyswojenie SI/TI jest sterowane przez racjonalne działania i kontrolę nad zachowaniem. TRA/TPB to ogólny model zachowania, a jego konkretyzacja polega między innymi na zdefiniowaniu przekonań, które są istotne dla zachowania będącego przedmiotem zainteresowania badacza. Inne przekonania determinują palenie bądź nie palenie tytoniu (Ostaszewski i inni, 2002) a inne – używanie bądź nie używanie aplikacji komputerowych. Davis postuluje, że kluczową rolę odgrywają dwa przekonania⁶, nazwane przez niego *postrzegana użytecz-*

³Subiektywne normy (SN, *subjective norms*) to „przekonania jednostki na ile jej działania będą akceptowane na tak lub nie przez ważne dla tej jednostki osoby” (por. (Ajzen, 1991, s. 302) za Venkateshem i Davisem (2000, s. 187)).

⁴Postawa względem zachowania (ATT, *attitude toward behaviour*), to przekonania względem konsekwencji zachowania oraz ocena tych konsekwencji dla jednostki.

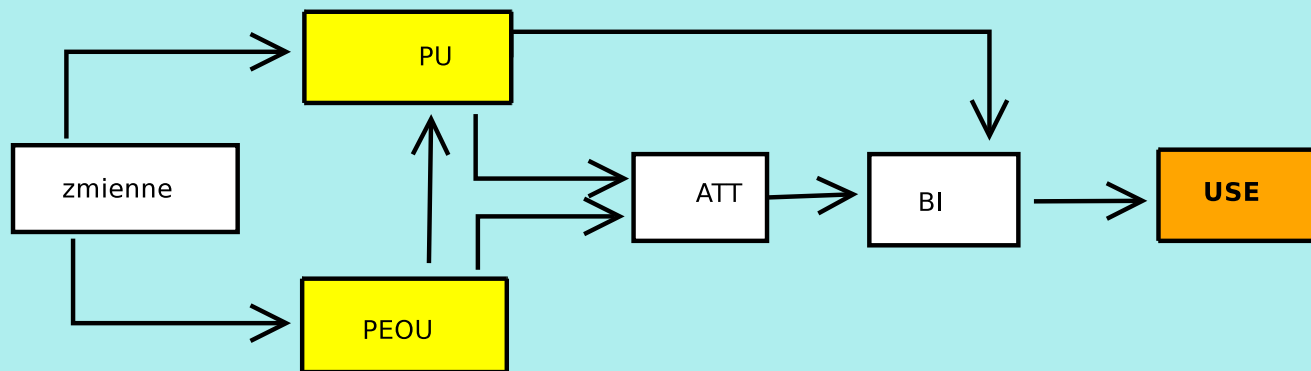
⁵Postrzegana kontrola behawioralna (PBC, *perceived behavioural control*) to przekonanie co do możliwości wykonania działania. Ajzen wskazuje na podobieństwo PBC z czynnikiem samoskuteczności z teorii społecznego uczenia S. Bandury (Ajzen, 1991; Bandura, 1994, s. 184).

⁶Ajzen i Fishbein (1975, s. 218) rekomendują więcej – od 5 do 9 przekonań.

ność (*preceived usefulness*, PU) oraz postrzegana łatwość użytkowania (*perceived ease of use*, PEOU). Pierwsze przekonanie jest określone jako „stopień przekonania użytkownika, że korzystanie z określonego systemu zwiększy efektywność jego pracy” (Davis i inni, 1989; Davis, 1989). Z kolei postrzegana łatwość użytkowania to „stopień przekonania użytkownika, że korzystanie z określonego systemu będzie łatwe” (Davis i inni, 1989; Davis, 1989). Skale pomiarowe dla obu czynników zostały opracowane i zweryfikowane przez Davisa (1989) oraz Adamsa i innych (1992)⁷, a zaadaptowane po raz pierwszy przez Słomkę i innych (2007) do polskich warunków (por. punkt 4.2). Reasumując: „klasyczny” model TAM zawiera pięć czynników (por. rys. 2.1): postrzegana użyteczność (PU), postrzegana łatwość użytkowania (PEOU), postawa wobec używania (ATT), zamiar (intencja) używania (BI) oraz wykorzystanie (USE).

Zmienne zewnętrzne TAM zakłada, że zmienne zewnętrzne (charakterystyka systemu IT, charakterystyka użytkownika, czynniki organizacyjne) wpływają pośrednio na intencje, determinując wielkość PU/PEOU (Venkatesh i Davis, 2000, s. 187), przy czym wpływ czynnika postrzeganej użyteczności jest znacząco większy niż postrzeganej łatwości użytkowania. Ponadto wykorzystanie SI/TI może być przewidywane na podstawie intencji. Zamiarem Davisa było opracowanie „prostego, teoretycznie uzasadnionego modelu, zdolnego do objaśnienia czynników akceptacji systemów komputerowych w sposób ogólny, to jest dla różnych grup użytkowników końcowych i różnych rodzajów systemów [...] TAM ma stanowić teoretyczną podstawę objaśniającą w jaki sposób zewnętrzne czynniki wpływają na przekonania, postawy i intencje” (Davis, 1989, s. 985). Z uwagi na trudność z pomiarem użytkowania

⁷W pracy tej Davis przedstawił dwie sześciopunktowe skale dla PU i PEOU, cechujące się dużą rzetelnością (współczynnik α Cronbacha równy 0,98–0,94) i trafnością. Stwierdził też wysoką korelację pomiędzy PU i PEOU a wykorzystaniem systemu (współczynnik korelacji odpowiednio 0,63 oraz 0,45). Ponadto współczynnik korelacji wykorzystania systemu (mierzonego za pomocą jego samooszacowania przez respondenta) i czynnika PU był znacząco wyższy od korelacji wykorzystania i czynnika PEOU. Niższy wpływ czynnika PEOU na BI i wykorzystanie jest wskazywany w większości późniejszych badań wykorzystujących model TAM (por. przykładowo Ma i Liu (2005); Taylor i Todd (1995b); Mathieson i inni (2001)).



Rysunek 2.1: Model akceptacji technologii, opr. własne za Davisem i innymi (1989)

systemu wiele badań posługuje się modelem czteroskładnikowym, zakładającym że wysoka wartość BI determinuje wysoką wartość użytkowania (przykładowo zob. Taylor i Todd (1995b); Agarwal i Prasad (1999)). W przeglądzie 145 artykułów wykorzystujących TAM Yousafzai i inni (2007a) wskazują, że 43% badań nie zawierało relacji pomiędzy intencją a faktycznym wykorzystaniem.

Normy subiektywne Model TAM nie zawiera czynnika *norm subiektywnych*, który to czynnik jest według hipotez TRA/TBP istotnym determinantem intencji (por. Fishbein i Ajzen (1975), Taylor i Todd (1995b, s. 150) oraz Burton-Jones i Hubona (2005, s. 59–60)). Davis uprościł swój model, usuwając z niego czynnik *norm subiektywnych*, ponieważ po pierwsze ich wpływ w przeprowadzonych przez niego eksperymentach nie był znaczący, a po drugie, stosowane do pomiaru *norm subiektywnych* skale psychometryczne były w jego opinii słabe (Davis i inni, 1989, s. 986)⁸. Teoria TRA/TBP zakłada

⁸Ta decyzja była słuszna w sytuacji gdy nasycenie organizacji w technologię SI/TI było niskie, użytkownicy posługiwali się prostymi systemami, a ich wykorzystanie w organizacji było dobrowolne – typowa sytuacja

ponadto, że przekonania wyjaśniają intencje *wyłącznie* za pośrednictwem norm subiektywnych i postawy (oraz kontroli behawioralnej w modelu TPB)⁹, podczas gdy w oryginalnym modelu TAM (por. rys. 2.1) postulowana jest statystycznie istotna bezpośrednia zależność także pomiędzy użytecznością a zamiarem wykorzystania (PU-BI). Późniejsze badania potwierdziły empirycznie, że istotnie w modelu TAM istnieje związek pomiędzy PU-BI (Yousafzai i inni, 2007a). W rezultacie, w późniejszych wersjach modelu postawy (ATT) zostały usunięte, a czynniki PU/PEU determinują bezpośrednio intencje¹⁰.

2.2.2. Wykorzystanie TAM w badaniu akceptacji SI/TI

Model TAM był wielokrotnie wykorzystany w badaniu akceptacji różnych systemów komputerowych: aplikacje biurowe, takie jak: arkusze kalkulacyjne i edytory (Davis (1989); Davis i inni (1989); Deng i inni (2005); Burton-Jones i Hubona (2005)), technologie komunikacyjne, poczta elektroniczna (Gefen i Straub (1997); Burton-Jones i Hubona (2005); Mathieson i inni (2001)), systemy bazodanowe, aplikacje specjalistyczne (Venkatesh i Davis (2000)) systemy www (Chau i Lai (2003); Słomka i inni (2007); Kim i Malhotra (2005)). Przegląd wykorzystania modelu TAM do badania akceptacji SI/TI można znaleźć w pracach Venkatesha i innych (2003), Yousafzai i innych (2007a; 2007b) oraz Hana (2003). Kilka badań jest na tyle interesująca, że poniżej zostaną przedstawione bardziej szczegółowo.

w końcu lat osiemdziesiątych. Powstaje pytanie, na ile sytuacja powyższa jest w dalszym ciągu aktualna – współcześnie typowe jest raczej posługiwanie się aplikacjami wymagającymi uprzedniego intensywnego szkolenia, a do korzystania z których pracownik jest zobowiązany. Przykładami niech będą systemy zarządzania organizacją typu ERP (Amoako-Gyampah, 2007) czy systemy EDI/IOS (Chwelos i inni, 2001) pozwalające na wymianę danych pomiędzy organizacjami. Model akceptacji UTAUT, określany jako „następca” TAM, zawiera czynnik norm subiektywnych oraz kontroli behawioralnej por. 2.3.2.

⁹Innymi słowy normy subiektywne i postawy w całości mediują wpływ zmiennych zewnętrznych.

¹⁰Por. przykładowo Igarria i inni (1997); Burton-Jones i Hubona (2005); Venkatesh i Davis (2000).

Czynniki organizacyjne Igbaria i inni (1997) badali wpływ czynników „organizacyjnych” na wykorzystanie komputerów osobistych w małych przedsiębiorstwach¹¹. W tym badaniu model TAM został zredukowany do trzech czynników, tj. PU, PEOU oraz wykorzystanie SI/TI. Zgodnie z założeniami modelu TAM założono, że *czynniki wewnątrzorganizacyjne*, tj. szkolenia wewnętrzne, wsparcie zarządu i wsparcie wewnętrzne (w postaci konsultantów i/lub dostępnych materiałów szkoleniowych) oraz *czynniki międzyorganizacyjne*¹², tj. wsparcie w postaci usług firm doradczych/integracyjnych i/lub szkoleń prowadzonych przez podmioty zewnętrzne na rzecz użytkowników przedsiębiorstwa wpływały *pośrednio* na stopień wykorzystania systemów SI/TI poprzez PU/PEOU. Akceptacja SI/TI była mierzona za pomocą stopnia wykorzystania systemów¹³. Do pomiaru czynników między- i wewnątrzorganizacyjnych opracowano i zweryfikowano odpowiednie skale pomiarowe. Model wyjaśniał zmienność wykorzystania w 25% (współczynnik R^2) wpływ PU/PEOU na wykorzystanie okazał się znaczący (wartości współczynników ścieżki wyniosły odpowiednio 0,29 oraz 0,31). Podobnie jak w większości badań wykorzystujących model TAM, wpływ PEOU na PU także okazał się istotny i znaczący (0,44). Wpływ szkoleń wewnętrznych na PU/PEOU okazał się nieistotny, zaś wsparcie wewnętrzne miało istotny wpływ tylko na *postrzeganą użyteczność*. Najistotniejszym czynnikiem było wsparcie

¹¹Wykorzystanie SI/TI w małej firmie – z uwagi na jej ograniczone zasoby – jest inne niż w dużym przedsiębiorstwie. Na podstawie wcześniejszych badań Igbaria i inni wskazują na następujące ograniczenia dotyczące wsparcia dla użytkowników końcowych: – brak wyspecjalizowanego działu SI/TI i rola wsparcia nieformalnego; – onnipotentna rola kierownika firmy, przy często jego nienajwyższych kwalifikacjach dotyczących technologii SI/TI; – często niska jakość wsparcia zewnętrznego w postaci doradztwa, wdrożeń i szkoleń.

¹²Naszym zdaniem do pomiaru czynników organizacyjnych błędnie wykorzystano wskaźniki refleksyjne, co szerzej opisano w punkcie 1.3.

¹³Do tego celu wykorzystano następujące miary: liczbę wykorzystywanych aplikacji, liczbę zadań wykonywanych przy pomocy komputera, czas pracy oraz częstotliwość wykorzystania komputera (Igbaria i inni, 1997, s. 287–288).

kierownictwa firmy, przy czym wpływ tego czynnika na PEOU był dużo niższy niż na PU¹⁴. Oba czynniki międzyorganizacyjne pozytywnie wpływały na PEOU (zgodnie z oczekiwaniami), a ponadto wsparcie zewnętrzne miało pozytywny wpływ na PU.

Postrzegane zasoby Wpływ czynników „organizacyjnych” na wykorzystanie SI/TI był także przedmiotem badania Mathiesona i innych (2001) z tym, że w tym badaniu wpływ został zdefiniowany i zmierzony w inny sposób, niż w pracy Igbarii i innych. Mathieson i inni rozszerzyli model TAM dokładnie o jeden czynnik – *postrzegane zasoby*, zdefiniowali go i zaproponowali jego pomiar za pomocą skali formatywnej, co w praktyce badawczej wykorzystującej model TAM jest według naszej wiedzy jednym z niewielu przykładów odejścia od wyłącznego wykorzystania czynników opartych na skalach refleksyjnych. *Postrzegane zasoby* są definiowane jako stopień przekonania użytkownika, iż posiada osobiste przymioty oraz zasoby organizacyjne niezbędne do wykorzystania systemu. W tym rozumieniu postrzegane zasoby nie dotyczą tylko SI/TI, ale obejmują takie kategorie zasobów, jak:

¹⁴Wyniki te stoją w sprzeczności zarówno ze zdroworozsądkową, jak i często podnoszoną w literaturze przedmiotu tezę, iż szkolenia czy dostępność materiałów szkoleniowych wpływają pozytywnie na akceptację SI/TI i to raczej poprzez postrzeganie przez użytkownika aplikacji jako łatwiejszej niż na zwiększenie przekonania co do jej przydatności w pracy. Co więcej, nie tylko to badanie kwestionuje przydatność szkoleń i wsparcia wewnętrznego. Identyczne rezultaty zgłaszają przykładowo Karahanna i Straub (1999, s. 244–245), Thompson i inni (1991), oraz Winter i inni (1997). Do wyjaśnienia tego zjawiska przydatna może też być koncepcja K. Arrowa (2007) *uczenia się przez działanie (learning by doing)*. Z drugiej strony w modelu akceptacji systemu ERP zweryfikowanym przez Amoako-Gyampaha (2007) szkolenia okazały się czynnikiem istotnie wpływającym na akceptację. Należy zwrócić uwagę, że badanie dotyczyło systemu ERP – systemu złożonego, wymagającego od użytkowników dużej wiedzy, w przeciwieństwie do stosunkowo prostych systemów automatyzacji biura lub komunikacyjnych, które były wykorzystywane w pozostałych studiach. Konceptualizacja i pomiar podobnych czynników w różny sposób i korzystanie z różnych skal pomiarowych uniemożliwia bardziej szczegółowe porównania.

- *charakterystyka użytkownika*, w tym jego doświadczenie zawodowe;
- *wsparcie od innych*, w tym od pracowników działu SI/TI oraz współpracowników;
- *charakterystyka systemu*, w tym np. dostępność dokumentacji.

Należy także zwrócić uwagę, że *postrzegane zasoby* są czynnikiem podobnym do *postrzeganej kontroli behawioralnej* z teorii TPB i koncepcji samoskuteczności z teorii społecznego uczenia Bandury (por. punkt 2.3.3) oraz czynnika *sprzyjające warunki* z modelu UTAUT (por. punkt 2.3.2). Do pomiaru opracowano dwa zestawy miar: refleksyjną oraz formatywną (por. punkt 1.3). Pomiar refleksyjny operuje na typowym dla modelu TAM poziomie bezkontekstowej ogólności. Skala pomiarowa zawiera cztery pytania, podobne do następującego stwierdzenia: „nie widzę przeszkód w wykorzystaniu systemu w pracy” (Mathieson i inni, 2001, s. 97). Natomiast miara formatywna składa się z 7 pytań odnoszących się do takich konkretnych aspektów zasobów, jak: dostępność sprzętu, czasu, wiedzy, zasobów finansowych, instruktorów/dokumentacji, dostępu do danych¹⁵. W rezultacie „pomiar postrzeżeń dotyczących dostępności konkretnych rodzajów zasobów ma dużo większe znaczenie, bo pozwala na reakcję kierownictwa organizacji, która zwiększy stopień wykorzystania systemu” (Mathieson i inni, 2001, s. 94). Porównano podstawowy pięcioskładnikowy model TAM (por. rys. 2.1) z modelem rozszerzonym. Zmienność BI była wyjaśniana w 33% i 43,8% odpowiednio w modelu podstawowym i rozszerzonym. Dla czynnika *wykorzystanie systemu* zmienność ta wynosiła odpowiednio 28,1% i 30,3%. Różnice pomiędzy wartościami współczynników R^2 okazały się statystycznie istotne. Wszystkie współczynniki ścieżki pomiędzy *postrzeganymi zasobami* a pozostałymi czynnika-

¹⁵W związku z tym skala formatywna jest kontekstowa i powinna być adaptowana do potrzeb konkretnego badania. Przykładowo, pytanie o dostęp do danych ma sens w środowisku bazodanowym, w którym użytkownicy mają – podyktowany względami bezpieczeństwa – ograniczony dostęp do danych. W przypadku aplikacji biurowej czy programu komunikacyjnego takie pytanie może nie mieć sensu.

mi modelu także okazały się istotne¹⁶. Postrzegane zasoby wpływają zatem *bezpośrednio* na zamiar wykorzystania (BI), wykorzystanie SI/TI, oraz czynniki PU i PEOU.

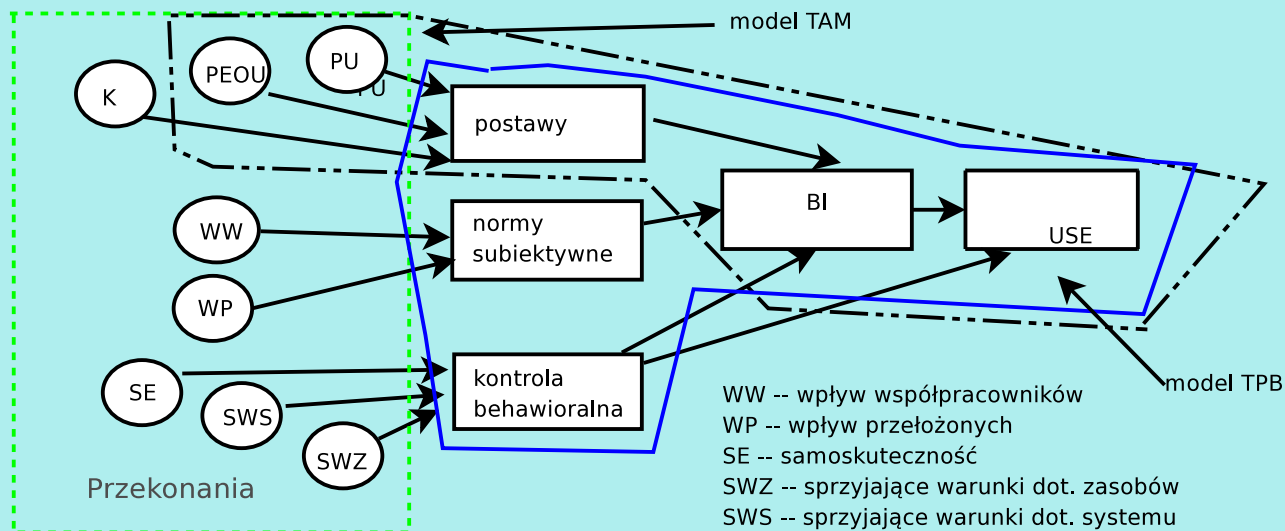
Porównanie TAM i TPB W badaniu Taylora i Todda (1995b) model TAM został porównany z modelem opartym na teorii planowanego działania oraz zmodyfikowanym modelem TPB nazwanym przez autorów zdekomponowanym modelem TPB (*decomposed* TPB). W modelu TPB zamiar wykorzystania jest kształtowany przez postawę, normy subiektywne oraz kontrolę behawioralną (por. s. 89). Te z kolei czynniki są kształtowane przez przekonania. Taylor i Todd postulują, że PU, PEOU oraz nowy czynnik – *kompatybilność* kształtują postawę. Normy subiektywne zależą z kolei od dwóch czynników: *wpływu współpracowników* oraz *wpływu przełożonych*, zaś kontrola behawioralna – od *samoskuteczności* (Bandura, 1994) i *sprzyjających warunków*¹⁷. Ostatecznie model zawiera osiem czynników pierwszego stopnia (przekonania), kształtujących trzy czynniki drugiego stopnia (postawa, normy subiektywne oraz kontrola behawioralna), objaśniające bezpośrednio intencje oraz wykorzystanie systemu (por. rys. 2.2).

Model TAM porównywano ze „zwykłym” modelem TPB niezawierającym czynników pierwszego stopnia, w którym postawa, normy subiektywne oraz kontrola behawioralna były mierzone bezpośrednio¹⁸. „Zwykły” model TPB oraz model TAM zawierały po trzy czynniki objaśniające intencje oraz wykorzystanie systemu. Wykorzystanie TPB nie poprawiło prognostycznych właściwości modelu ponieważ oba wyjaśniały po 34% zmienności wykorzystania systemu. W modelu zdekomponowanym

¹⁶Na marginesie: z siedmiu miar skali formatywnej, trzy okazały się nieistotne w tym *dostępność dokumentacji*, co stanowi kolejne potwierdzenie małego znaczenia, jakie przeciętni użytkownicy przykładają do dostępności podręczników i materiałów szkoleniowych.

¹⁷Czynnik *sprzyjających warunków*, różnie definiowany i mierzony, pojawia się wielokrotnie w różnych modelach akceptacji, por. punkt 2.3.2.

¹⁸Ponieważ skala pomiarowa obejmowała zaledwie 9 pytań, więc można mieć poważne zastrzeżenia co do precyzji pomiaru (Taylor i Todd, 1995b, s. 173–174).



Rysunek 2.2: Porównanie zdekomponowanego modelu TPB z modelami TAM i TPB, opr. własne za: [Taylor i Todd \(1995b, s. 163\)](#)

wszystkie czynniki pierwszego stopnia, za wyjątkiem PEOU oraz kompatybilności, okazały się istotne, zaś model ma nieznacznie lepsze właściwości prognostyczne, ponieważ udział wyjaśnianej zmienności wykorzystania wzrósł do 36%. Taylor i Todd przyznają, że prognostyczne właściwości modelu poprawiły się w niewielkim stopniu, zwłaszcza uwzględniając wzrost złożoności modelu (13 zamiast 5 czynników), ale uważają, że model zdekomponowany lepiej objaśnia przyczyny wykorzystania SI/TI. Przykłady zastosowania modelu wykorzystującego teorię planowanego działania do określenia akceptacji SI/TI można także znaleźć w pracach Lina i innych (2006), Hunga i Changa (2005), Hsu i Chiu (2004) oraz Mathiesona (1991).

Internet i WWW Nowym zjawiskiem jest problem akceptacji SI/TI w sieci www (*World Wide Web*), w której coraz więcej usług jest udostępnianych w modelu *samoobsługi*¹⁹. W tego typu zastosowaniach SI/TI niezwykle istotnym czynnikiem akceptacji jest *zaufanie*. Gefen i inni (2003) rozszerzają model TAM o czynnik zaufania. Problem zaufania i akceptacji SI/TI był rozważany także w pracach Kuana i Bocka (2007) oraz Wang i Emuriana (2005). Kim i Malhotra (2005) wykorzystują model TAM w badaniu panelowym, w którym wymiar temporalny wpływa zarówno na sposób oceny SI/TI, jak i dostosowanie wykorzystania SI/TI przez użytkowników. Badanie Kima i Malhotry (2005) jest jednym z nielicznych badań podłużnych wykorzystujących metody SEM.

W badaniu Słomki i innych (2007) wykorzystano prosty model TAM bez zmiennych zewnętrznych do oceny akceptacji przeglądarki Firefox. Model – zweryfikowany z wykorzystaniem danych zebranych za pomocą *ankiety internetowej* – jest omawiany szerzej w punkcie 4.3.1.

2.2.3. Metaanaliza modelu akceptacji technologii

Model TAM jest najczęściej wykorzystywaną teorią objaśniającą wykorzystanie SI/TI na poziomie indywidualnym. Przykładowo, baza EBSCO zawierała na koniec 2008 roku 235 cytowań pracy Davisa (1989) i 179 cytowań pracy (1989). Dodając do tego materiały niepublikowane, takie jak rozprawy doktorskie i materiały konferencyjne dostępne coraz liczniej w sieci www, można szacować liczbę badań TAM na co najmniej kilkadziesiąt²⁰. Taka obfitość badań pierwotnych pozwala na dokonanie

¹⁹Termin marketingowy *cloud computing* oznacza udostępnianie SI/TI w taki sposób, iż użytkownik nie płaci za posiadanie aplikacji, nie musi jej instalować ani nią zarządzać. Użytkownik płaci za korzystanie z usługi, udostępnianej zwykle w sieci www. Słowo *cloud* oznacza chmurę usług dostępnych dla użytkownika. Aplikacje biurowe *Google doc* dostępne przez przeglądarkę, usługa poczty elektronicznej Gmail albo albumy fotograficzne typu *flickr.com* są przykładami usług typu *cloud computing*.

²⁰Wyszukiwarka Google zwraca ponad 24 tysiące dokumentów w formacie PDF w odpowiedzi na zapytanie TAM+acceptance+model.

ilościowego przeglądu literatury²¹, co kilkakrotnie zostało przeprowadzone (Yousafzai i inni, 2007b; Schepers i Wetzels, 2007; King i He, 2006; Ma i Liu, 2005)²². Przeglądy różniły się: celem, zakresem czasowym oraz zakresem przeprowadzonej metaanalizy, a także sposobem doboru publikacji do próby. Większość przeglądów koncentrowała się na podstawowym, pięcioskładnikowym modelu TAM, w tym na oszacowaniu przeciętnej wielkości efektu pomiędzy czynnikami PU/PEOU a wykorzystaniem systemu. Oprócz tego analizowano homogeniczność wielkości efektu, a także wpływ wybranych czynników (zmiennych) moderujących.

Przeciętna wielkość efektu Wielkość efektu szacowano wyliczając ważone przeciętne wielkości współczynnika korelacji²³. W najbardziej obszernym przeglądzie Yousafzai i innych (2007b) analizowano 145 badań wykorzystujących TAM, z czego 95 poddano obszernej metaanalizie. W tabeli 2.1 zestawiono dla każdej relacji pomiędzy zmiennymi modelu podstawowe statystyki opisowe, takie jak liczba badań podstawowych oraz przedział wartości i wartość przeciętną współczynnika r , ważoną wielkością próby każdego badania. W pozostałych przeglądach otrzymano podobne wyniki²⁴.

Przeciętne wielkości efektu przedstawione w tabeli 2.1 wskazują, że czynniki PU/PEOU determinują

²¹Ilościowy przegląd literatury albo metaanaliza to statystyczne (ilościowe) opracowanie wyników badań pierwotnych lub wtórnych. W obszarze nauk społecznych w Polsce metoda do tej pory mało znana i stosowana. Typowe dla metaanalizy metody badania obejmują: analizę statystyczną wpływu cech badania (przykładowo wielkość próby, typ respondenta, schemat losowania) na otrzymane wyniki oraz określenie siły związku pomiędzy badanymi czynnikami, tzw. „wielkości efektu” (*effect size*) (Kożuh, 1999).

²²Ponadto dokonano kilku szczegółowych przeglądów niewykorzystujących metod metaanalizy (Yousafzai i inni, 2007a; Sun i Zhang, 2006; Lee i inni, 2003; Legris i inni, 2003; Han, 2003).

²³Przy zastosowaniu procedury, wykorzystującej przekształcenie Z Fishera, opisaną przykładowo przez Kożuhę (1999).

²⁴Nie będziemy ich przytaczać – zainteresowani mogą je znaleźć w pracach: Schepers i Wetzels (2007, s. 96), King i He (2006, s. 744) oraz Ma i Liu (2005).

Czynniki	l. badań	r_{\min}	r_{\max}	\bar{r}
PU-USE	72	-0,41	0,91	0,40
PEOU-USE	61	-0,20	0,98	0,29
PEOU-PU	123	-0,26	0,81	0,44

Tabela 2.1: Opisowe statystyki dla podstawowych relacji z modelu TAM, na podstawie: Yousafzai i inni (2007b)

wykorzystanie SI/TI, przy czym wpływ czynnika PU jest większy (aczkolwiek różnica pomiędzy PU-USE a PEOU-USE jest mniejsza niż w badaniu Davisa i innych (1989), w którym wielkość zależności PU-USE była dwukrotnie większa niż PEOU-USE). Istnieje także silny związek pomiędzy tymi dwoma przekonaniem.

Zmienne moderujące W przeglądach Schepersa i Wetzelsa (2007) Kinga i He (2006) oraz Yousafzai i innych (2007b) testowano hipotezę o homogeniczności wielkości efektu²⁵, a wobec jej odrzucenia (we wszystkich badaniach) przeprowadzono analizę wpływu różnych czynników moderujących:

- **typ respondenta**, w podziale na studentów oraz nie-studentów (Yousafzai i inni, 2007b; Schepers i Wetzels, 2007) lub na studentów, pracowników oraz pozostałych (King i He, 2006)²⁶;
- **metoda badawcza**, w podziale na eksperyment oraz badanie terenowe;
- **rodzaj/typ używanego systemu SI/TI**, w podziale na: systemy komunikacyjne (systemy www, poczta elektroniczna, komunikatory), systemy ogólnego przeznaczenia, systemy biurowe (arkusze

²⁵Przy zastosowaniu procedur opisanych np. w książce Kožuha (1999, s. 164–170).

²⁶Użytkowników, którzy nie są studentami i nie używają SI/TI do pracy. Głównie są to zastosowania TAM do akceptacji systemów SI/TI działających poprzez sieć www, jak bankowość internetowa czy e-handel (King i He, 2006, s. 747).

kalkulacyjne, edytory) oraz systemy wyspecjalizowane (CASE, ERP, wspomaganie decyzji) (Yousafzai i inni, 2007b) lub systemy PC (komputery osobiste) oraz pozostałe (Schepers i Wetzels, 2007);

- **sposób pomiaru** wykorzystania systemu w podziale na samooszacowanie przez respondenta oraz pomiar „obiektywny” (częstość wykorzystania, rejestrowany automatycznie czas wykorzystania systemu);
- **różnice kulturowe** w podziale na badania w krajach zachodnich (USA, Europa Zachodnia) oraz pozostałe (Schepers i Wetzels, 2007).

Przeprowadzona analiza wskazuje, że typ respondenta wpływa częściowo na wielkości relacji w modelu. Różnice pomiędzy współczynnikami korelacji kluczowych relacji PU-USE oraz PEOU-USE okazały się nieistotne statystycznie, podobnie jak związek PEOU-PU. Na dziesięć testowanych relacji, tylko w przypadku 5 różnic pomiędzy współczynnikami korelacji okazały się istotne (Yousafzai i inni, 2007b, s. 289–291). Wpływ czynników moderujących był zdecydowanie większy w przypadku pozostałych zmiennych. Także King i He (2006) stwierdzają, że przeciętne wielkości efektu dla studentów i pracowników są zbliżone²⁷. Natomiast w przeglądzie dokonanym przez Schepersa i Wetzelsa (2007, s. 97) w przypadku większości relacji modelu TAM różnica wielkości efektu pomiędzy studentami i nie-studentami była istotna statystycznie. W szczególności istotne okazały się różnice dla związku PU-PEOU oraz PU-USE.

Jeżeli z kolei chodzi o wpływ rodzaju systemów, to w przeglądzie Yousafzai i innych (2007b) różnica wielkości efektu w związku PU-USE okazała się nieistotna, podobnie jak w relacjach BI-USE i ATT-USE. W pozostałych relacjach różnice okazały się istotne. Natomiast Schepers i Wetzels (2007, s. 97) dzieląc aplikacje na dwie kategorie: systemy PC oraz pozostałe, nie stwierdzili statystycznie istotnych różnic

²⁷Natomiast przeciętne wielkości efektu dla pozostałych użytkowników różnią się istotnie. Czy jest to spowodowane charakterystyką tych użytkowników, to nie do końca jest pewne, bo podział nie gwarantuje warunku *ceteris paribus*. Przykładowo większość badań nie-studentów i nie-pracowników dotyczy systemów samoobsługowych realizowanych za pomocą SI/TI, podczas gdy studenci/pracownicy w większości badań używają SI/TI innych rodzajów.

wielkości efektu pomiędzy obu grupami jeżeli chodzi o interesujące nas związki PU-PEOU, PU-USE i PU-PEOU.

Różnice pomiędzy współczynnikami korelacji wszystkich relacji (za wyjątkiem PU-USE) okazały się istotne w przypadku badań terenowych i badań laboratoryjnych. Przeciętnie w badaniach terenowych wartości współczynników są istotnie większe. Także w przypadku wpływu sposobu pomiaru okazało się, że związek PU-USE był nieistotny. Z uwagi na ograniczenia związane z wielkością próby testowane były tylko relacje BI-USE, ATT-USE oraz PEOU-ATT, których różnice okazały się istotne (Yousafzai i inni, 2007b). Różnice kulturowe okazały się nieistotne w przypadku ośmiu z 15 testowanych przez Schepersa i Wetzelsa (2007, s. 97) relacji, podczas gdy wszystkie różnice w związkach PU-USE PEOU-USE były istotne.

Reasumując, przeprowadzone ilościowe przeglądy literatury wskazują, że wielkości współczynników korelacji pomiędzy czynnikami, pomimo że przeciętnie są wysokie, cechuje duża zmienność, co związane jest z wpływem zmiennych zewnętrznych. Określenie wpływu takich czynników, jak doświadczenie zawodowe, wykształcenie czy wsparcie organizacyjne byłoby cenne zarówno z teoretycznego, jak i praktycznego punktu widzenia. Shumaila i inni ujmują to wprost: „Bez lepszej znajomości czynników kształtujących PU/PEOU praktycy nie są w stanie określić, jakie dźwignie należy nacisnąć, aby wpłynąć na te przekonania, a poprzez nie, zwiększyć wykorzystanie SI/TI” (Yousafzai i inni, 2007a, s. 268). Niestety pomimo pozornej obfitości badań wykorzystujących teorię akceptacji technologii tylko nieliczne prace uwzględniają zmienne zewnętrzne, a jeszcze mniej z tych prac czyni to w sposób umożliwiający sensowne porównania, tj. korzystając z definicji i skal pomiarowych z badań poprzednich. Praca Venkatesha i innych (2003) zawiera kilkadziesiąt skal pomiarowych wykorzystywanych do pomiaru czynników w różnych modelach osobistej akceptacji SI/TI.

2.2.4. Pomiar wykorzystania SI/TI a sukces SI/TI

Ocena SI/TI na podstawie stopnia jego wykorzystania opiera się na zdroworozsądkowej zasadzie zakładającej, że system nie ma wpływu na sprawność organizacji lub indywidualnego użytkownika, jeżeli nie jest wykorzystywany (Mathieson i inni, 2001, s. 86). Inne uzasadnienie zakłada, że użytkownicy indywidualni potrafią ocenić wartość SI/TI, i używają go w sytuacji kiedy korzyści przeważają nad kosztami. Zakłada się też, że im lepszy system, tym większe jest jego wykorzystanie, co niekoniecznie musi być prawdą (por. Gelderman (1998) oraz Trice i Treacy (1988, s. 36))²⁸. Można oczekiwać, że systemy nieużyteczne nie będą wykorzystywane, ale czy systemy lepsze będą wykorzystywane intensywniej niż dobre, to już nie jest takie oczywiste. Co zresztą oznacza intensywniej w przypadku wykorzystania SI/TI? Czy intensywniej oznacza przez dłuższy czas lub częściej? Okazuje się, że czynnik *wykorzystanie systemu*, pomimo tego, iż pełni ważną rolę w różnych teoriach dotyczących akceptacji SI/TI, nie doczekał się do tej pory powszechnie akceptowanej definicji (Burton-Jones i Straub, 2006, s. 231), co za tym idzie, nie istnieją powszechnie akceptowane sposoby jego pomiaru. Przykładowo, w badaniach wykorzystujących model TAM, wykorzystanie systemu jest tym czynnikiem, który jest nie tylko mierzony w najbardziej różnorodny sposób²⁹, ale także – co jest konsekwencją braku konceptualizacji –

²⁸Przykładowo, jeżeli wykorzystanie systemu w organizacji jest obowiązkowe, a sposób interakcji z SI/TI uciążliwy, to zwiększone wykorzystanie raczej nie będzie świadczyło o jego większej użyteczności. Z drugiej strony, jeżeli użytkownik korzysta tylko z niektórych funkcji SI/TI, ponieważ ocenia pozostałe jako nieprzydatne, to wtedy faktycznie można przyjąć, że mniejsze wykorzystanie odzwierciedla mniejszą użyteczność SI/TI. Problemem jest pomiar: w przypadku gdy podstawą oszacowania jest subiektywna ocena stopnia wykorzystania, to w przypadku obowiązkowego wykorzystania SI/TI w organizacji, użytkownicy będą zwykle podawać zawyżone wartości, kierując się oczekiwaniami otoczenia, w tym kierownictwa (Gelderman, 1998; Straub i inni, 1995). W przypadku obowiązku korzystania z systemu, wykorzystanie jest miernikiem podporządkowania, a nie sukcesu systemu (Doll i Torkzadeh, 1998).

²⁹Wykorzystanie może być mierzone albo za pomocą miar obiektywnych (czas pracy pobrany, np. z plików dzienników transakcji systemu lub liczba wykorzystywanych funkcji systemu), albo miar subiektywnych, takich

w różny sposób definiowany. Jeżeli nawet zwiększone wykorzystanie jest związane z sukcesem SI/TI na etapie wdrażania systemu, to w fazie akceptacji i rutynizacji (por. punkt 2.1) jego działanie jest poprawiane, a procedury organizacyjne udoskonalane, zwykle pod kątem poprawienia efektywności, w tym skrócenia czasu potrzebnego do wykonania różnych zadań w organizacji. Zatem na etapie postimplementacji często *mniej*, a nie więcej czasu poświęconego na pracę z systemem świadczy o akceptacji SI/TI w organizacji (Doll i Torkzadeh, 1998, s. 173). Poniżej przedstawiamy kilka prób uszczegółowienia pojęcia *wykorzystanie systemu*, które można znaleźć w literaturze przedmiotu.

Doll i Torkzadeh (1998) zaproponowali pomiar wykorzystania systemu, opierając się na klasyfikacji Hirschorna i Faruhara podziału SI/TI na 3 kategorie: systemy wspomagania w podejmowaniu decyzji, integracji pracy oraz obsługi (por. punkt 3.2). Instrument pomiarowy składa się z 5 czynników mierzonych za pomocą skal refleksyjnych³⁰. Pomiar wykorzystania SI/TI w sposób zaproponowany przez Dolla i Torkzadeha rodzi liczne wątpliwości metodologiczne i według naszej wiedzy, jest jedynym badaniem, które wykorzystuje zaproponowaną skalę.

Trudność pomiaru wykorzystania lub stopnia wykorzystania systemu powoduje, że często mierzone są intencje/zamiar, a nie rzeczywiste wykorzystanie. Bhattacharjee (2001) definiuje *per analogia* jak częstość użytkowania deklarowana przez respondenta, czas wykorzystania, liczba zadań wykonywanych za pomocą SI/TI. Straub i inni (1995) empirycznie porównują subiektywne i obiektywne skale pomiaru wykorzystania pewnego systemu stwierdzając, że istotnie się różnią. Zestawienie kilkunastu sposobów mierzenia wykorzystania SI/TI spotykanych w literaturze można znaleźć w pracy Dolla i Torkzadeha (1998).

³⁰Skala zawierająca 30 pytań (w tym: rozwiązywanie problemów (6 pytań), racjonalizacja (7), integracja pozioma (4), integracja pionowa (8) oraz obsługa (5)) została zweryfikowana w toku badania empirycznego 409 użytkowników pracujących na różnych stanowiskach i wykorzystujących różne SI/TI w 18 organizacjach reprezentujących różne branże. Trafność predykcyjną (stopień w jakim wyniki jednego testu przewidują wyniki innego testu lub miary) oceniono na podstawie korelacji testu z wynikami 12-punktowego testu oceniającego wpływ SI/TI na wyniki pracy. Autorzy potwierdzili rzetelność i trafność predykcyjną instrumentu, natomiast trafność dyskryminacyjna dla pięcioczynnikowego testu nie została wykazana.

do używanego w modelu EDT *zamiaru powtórnego zakupu* pojęcie *zamiar dalszego wykorzystania* (*continuance intention*). Bhattacharjee zwraca uwagę, że pomiar czynników w oryginalnym modelu TAM następuje w sytuacji, gdy respondent tak na prawdę nie zna systemu – ocena następuje po krótkiej prezentacji/pracy z systemem. W takiej sytuacji pomiar dotyczy bardziej oczekiwań (Bhattacharjee nazywa to pomiarem *ex-ante*) niż doświadczeń (pomiar *ex-post*). Bhattacharjee uważa, że czynnik *zamiaru wykorzystania* i model TAM z pomiarem czynników *ex-ante* mierzą *wstępną akceptację* – mówiąc kolokwialnie „pierwsze wrażenie”. A do pomiaru czy owo „pierwsze wrażenie” zamieni się w trwałą akceptację czy też respondent zrezygnuje z używania systemu, lepszy jest pomiar *ex-post* oraz czynnik *zamiaru dalszego wykorzystania*³¹. Skala pomiaru czynnika wskazuje, iż jest on podobny do *zamiaru użycia* (Bhattacharjee, 2001, s. 355). Różnica sprowadza się do kontekstu i sposobu pomiaru, zakładającego wstępną akceptację i większą niż powierzchowna znajomość SI/TI u respondentów.

Inne podejście prezentują Burton-Jones i Straub (2006, s. 231), którzy dzieląc sposób wykorzystania SI/TI na *eksploatację* i *eksplorację* (por. punkt 3.2), definiują wykorzystanie systemu jako „zadanie wykonywane przez użytkownika przy pomocy systemu”. W takim ujęciu wykorzystanie systemu jest pojęciem wieloaspektowym, zależnym od kontekstu, którego jednolita definicja nie jest możliwa. Autorzy proponują konceptualizację pojęcia wykorzystania systemu w dwu etapach, przy czym w pierwszym etapie należy wybrać te elementy wykorzystania, które są relewantne w kontekście przeprowadzanego badania, a w drugim – określić miary dla wybranych elementów. Miary, które uwzględniają wyłącznie aspekt wykorzystania systemu, są określane przez nich jako słabe (używanie/nieużywanie, wolumen użycia), a miary uwzględniające użytkownika i zadanie do wykonania, jako

³¹W wielu badaniach stosujących TAM nie rozróżnia się kontekstu pomiaru czynników – co uważamy za błąd. Uważamy, – za Bhattacharjee – iż w sytuacji pomiaru *ex-post*, mierzenie *zamiaru wykorzystania* nie jest właściwe. Przecież respondent już używa pewnego SI/TI; zatem pytanie go o to nie ma sensu – ma natomiast sens pytanie, czy zamierza używać systemu dalej (por. punkt 2.5.3).

mocne (przykładowo, stopień wykorzystania systemu do wykonania zadania). Przy czym, im więcej czynników jest uwzględnianych tym miara jest „mocniejsza”. Burton-Jones i Straub postulują użycie mocnych miar wykorzystania i rozważania ilustrują przykładem pomiaru wykorzystania arkusza kalkulacyjnego. W przeprowadzonym eksperymencie respondenci wykonali zadanie, które wymagało opracowania modelu finansowego za pomocą popularnego arkusza kalkulacyjnego Excel, firmy Microsoft. Ocena wykonania zadania była obiektywnym wskaźnikiem sprawności, zaś wykorzystanie było mierzone czasem (miara słaba) oraz dwoma czynnikami uwzględniającymi aspekt użytkownika i zadania (miara mocna)³². Okazało się, że miara słaba była skorelowana ujemnie ze sprawnością pracy, podczas gdy miara mocna wyjaśniała trzy razy więcej zmienności objaśnianej przez miarę słabą.

Skromna literatura dotycząca zagadnienia ogranicza się do wymienionych już pozycji: [Trice i Treacy \(1988\)](#); [Burton-Jones i Straub \(2006\)](#); [Doll i Torkzadeh \(1998\)](#) oraz [Cuellar i inni \(2006\)](#); [Burton-Jones i Gallivan \(2007\)](#). Niewątpliwie problem jest złożony i wymaga dalszych badań, co zresztą jest wnioskiem postawionym *explicite* w każdym z powyższych opracowań.

2.2.5. Krytyka Modelu Akceptacji Technologii

W literaturze przedmiotu podnoszone są następujące problemy związane z wykorzystaniem modelu TAM do badania akceptacji SI/TI³³:

- utożsamianie akceptacji SI/TI z poziomem wykorzystania SI/TI jest dyskusyjne i raczej jego uzasadnienie ma charakter zdroworoządkowy niż potwierdzony teoretycznie;
- niedostatecznie precyzyjne zdefiniowanie czynnika wykorzystania, co powoduje różne trudności w pomiarze tego czynnika (por. punkt 2.2.4);

³² Szczegóły eksperymentu można znaleźć w cytowanej pracy.

³³ Por. też: [Venkatesh i Morris \(2007\)](#); [Bagozzi \(2007\)](#); [Straub i Burton-Jones \(2007\)](#); [Silva \(2007\)](#).

- pomijanie czynników środowiskowych, w tym stopnia dobrowolności wykorzystania (zakłada się, że wykorzystanie jest dobrowolne, co współcześnie jest mało realistycznym założeniem (Sorebo i Eikebrokk, 2008));
- ograniczona przydatność do badania akceptacji złożonych SI/TI, które wymagają koordynacji działań wielu użytkowników, dużej wiedzy i wspomagają wykonywanie złożonych zadań;
- zbyt duża prostota modelu, a co za tym idzie – mała przydatność zarówno teoretyczna, jak i praktyczna; niska moc predykcyjna modelu (Bagozzi, 2007; Silva, 2007).

Złożoność SI/TI Modele akceptacji wykorzystujące TAM powinny być stosowane w sytuacji, kiedy decyzja co do korzystania jest podejmowana *indywidualnie* i dotyczy „prostej” SI/TI, takiej jak: wykorzystanie komputera PC, oprogramowania biurowego, programów komunikacyjnych itp. (Igbaria i inni, 1997). Wykorzystanie TAM, przykładowo, do akceptacji oprogramowania ERP należy zatem uznać za dyskusyjne (Amoako-Gyampah, 2007). W ten sposób można zmierzyć co najwyżej umiejętność obsługi *interfejsów* do tego typu systemów, niż stopień ich wykorzystania. Gallivan wskazuje, że zarówno model oparty na teorii dyfuzji, jak i model TAM *nie powinny* być wykorzystywane w sytuacji kiedy: przyswajanie innowacji następuje w organizacji, a użytkownicy są *zobowiązani* do jej używania³⁴ albo też, kiedy przyswojenie wymaga uprzedniej znacznej koordynacji działań przez adoptujących lub ich gruntownego szkolenia (Gallivan, 2001). Venkatesh i inni (2008, s. 485–486) wskazują, że w takiej sytuacji wiedza użytkowników jest niekompletna, a to powoduje, że ich przekonania mogą nie wyjaśniać zachowania, bo szybko się zmieniają w miarę wzrostu doświadczenia. Modele DOI i TAM

³⁴Moore i Benbasat (1991) zaproponowali do określenia wpływu przymusu w wykorzystaniu SI/TI czynnik *postrzeganej dobrowolności*, zdefiniowany jako „przekonanie co do stopnia dobrowolności wykorzystania systemu”. Czynnik ten jest podobny, ale nie identyczny z normami subiektywnymi z teorii TRA/TPB. Skale pomiarowe można znaleźć w pracy Moore’a i Benbasata (1991).

dotyczą „adopcji innowacji stosunkowo prostych, nie wymagających specjalistycznej wiedzy, przez jednostki dokonujące autonomicznych wyborów” (Gallivan, 2001).

Praktyczna przydatność modelu Udział wyjaśnionej zmienności wykorzystania lub zamiaru wykorzystania jest niski – w większości badań 30–40% (por. (Venkatesh i inni, 2003, s. 426) oraz Lee i inni (2003, s. 19)), ale można natrafić także na badania, w których wynosi on mniej niż 20% (Burton-Jones i Hubona, 2005). Model TAM jest oparty na teoriach rozwiniętych w obszarze psychologii społecznej, a w praktyce badań psychologicznych „tradycyjnie” nie używa się miar formatywnych, ograniczając się wyłącznie do czynników mierzonych refleksyjnie. Być może tym należy tłumaczyć fakt, iż do rzadkości należą badania wykorzystujące niebehawioralne czynniki wpływające na PU/PEOU (wyjątkami są przykładowo prace: Igarria i inni (1997); Mathieson i inni (2001)). Instrumenty PU/PEOU mierzą ogólne postrzeżenia bez wchodzenia w szczegóły (takie jak charakterystyka systemu albo czynniki środowiskowe), które te postrzeżenia warunkują. Przykładowo, jedno z pytań ze skali mierzącej PU brzmi: „uważam, że SI/TI są użyteczne w pracy”. Inne pytania operują na podobnym poziomie ogólności. Innymi słowy, respondent ma określić przydatność systemu, ale bez określania dlaczego tak uważa. Dennis określa praktyczną przydatność TAM następująco: „wyobraźmy sobie menedżera, który dowiaduje się, że po to, aby SI/TI były akceptowane muszą być użyteczne i łatwe w użyciu. Wyobraźmy sobie jego reakcję! Ważniejszymi pytaniami są, co powoduje że SI/TI jest użyteczna i łatwiejsza w użyciu” (za Lee i inni (2003, s. 25)). Natomiast Nance i Straub (1996) stwierdzają: „aczkolwiek TAM jest przydatny do predykcji wykorzystania systemu, to nie objaśnienia związku pomiędzy wykorzystaniem a efektywnością pracy”.

2.3. Inne modele akceptacji indywidualnej SI/TI

2.3.1. Dopasowanie-zadania-do-technologii

Wykorzystanie systemu nie zawsze jest dobrowolne, a w wielu wypadkach bardziej zależy od tego, w jaki sposób określone zadanie jest wykonywane w środowisku organizacyjnym, niż od jakości czy użyteczności SI/TI, która jest narzędziem do wykonania tego zadania. Goodhue i Thompson (1995, s. 216) definiują *dopasowanie-zadania-do-technologii* (*task-technology-fit*, TTF) jako „stopień, w jakim technologia, zadanie do wykonania oraz indywidualne zdolności użytkownika odpowiadają sobie”. Zakłada się, że większe dopasowanie zwiększa efektywność pracy użytkownika systemu. Koncepcja *dopasowania* została opracowana i była wykorzystywana w innych naukach społecznych, jak zarządzanie strategiczne³⁵ czy marketing, a do oceny akceptacji SI/TI została wykorzystana po raz pierwszy przez Goodhue’a i Thompsona w cytowanej wyżej pracy.

Nie istnieją uniwersalne skale pomiarowe czynnika TTF, bo jego konceptualizacja jest zależna od kontekstu (użytkownicy, zadania, systemy). Przykładowo Goodhue i Thompson (1995) opracowali obszerną wieloczynnikową, refleksyjną skalę pomiaru TTF dopasowaną do specyfiki środowiska pracowników wiedzy³⁶. Skala składa się z 30 pytań dotyczących ośmiu czynników: jakość danych, łatwość wyszukania potrzebnych danych, łatwość dostępu do niezbędnych danych³⁷, kompatybilność

³⁵Szczegółowe omówienie pojęcia dopasowania omawia Venkatraman (1989).

³⁶Według Petera F. Druckera, który wprowadził termin pracownik wiedzy (*knowledge worker*) jest to pracownik, który bardziej korzysta z zasobów umysłu niż umiejętności manualnych. Pracownik wiedzy przetwarza informacje, aby wytworzyć nową wartość (Fryczyńska, 2003). Co za tym idzie, zadania wykonywane przez pracownika wiedzy cechuje niski stopień *rutynizacji*, rozumianej jako powtarzalność czynności niezbędnych do wykonania zadania oraz wysoka współzależność od pracy innych jednostek w organizacji (Goodhue i Thompson, 1995, s. 221).

³⁷Wyszukanie a dostęp to w systemach zarządzania mogą być dwie różne cechy systemu. W celu zagwarantowania spójności danych użytkownik zwykle nie ma uprawnień umożliwiających mu dostęp do *każdej* informacji

danych rozumiana jako możliwość łatwego wykorzystania danych pochodzących z różnych źródeł, punktualność (pracy działu SI/TI) niezawodność systemu, łatwość używania, współpraca pracowników działu SI/TI z pozostałymi członkami organizacji.

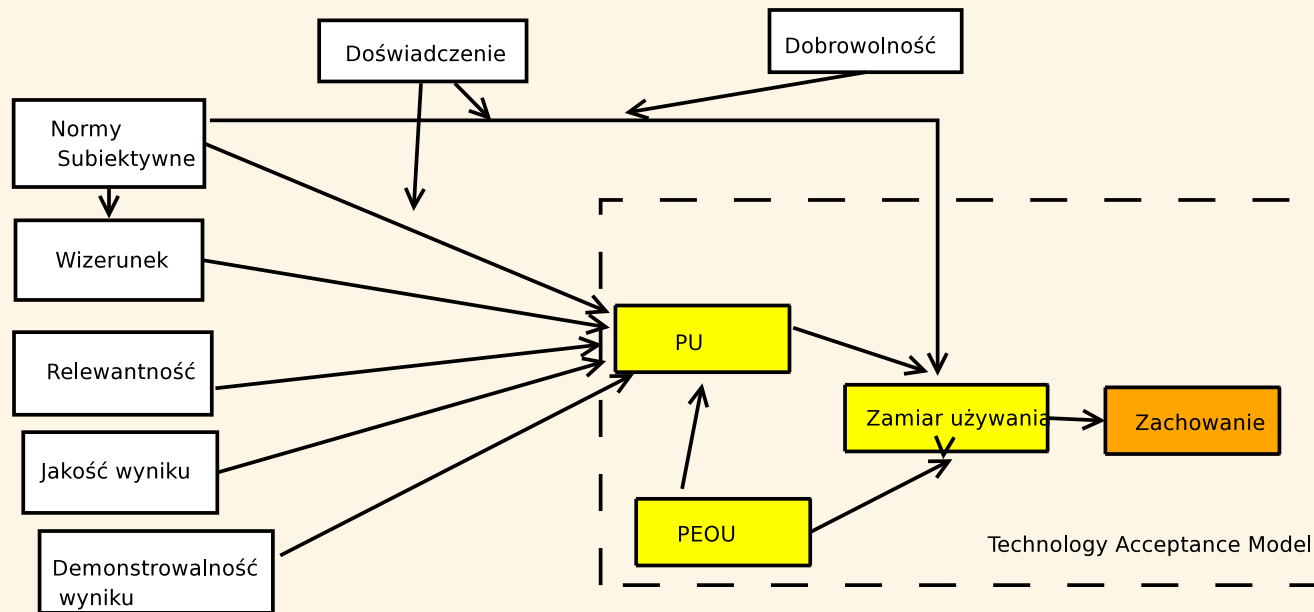
W cytowanej pracy Goodhue i Thompson zweryfikowali empirycznie model wykorzystania SI/TI w którym: charakterystyka zadania (TC) i charakterystyka systemu (SC) wpływa na czynnik TTE, który z kolei określa efektywność pracy i stopień wykorzystania systemu. Empiryczna weryfikacja (za pomocą regresji wielorakiej) wykazała słaby związek pomiędzy czynnikami TC/SC a TTE oraz pomiędzy TTE, wykorzystaniem a efektywnością pracy (współczynnik R^2 na poziomie 16%)³⁸. Model zaproponowany przez Goodhue'a i Thompsona nie był wykorzystywany w późniejszych badaniach w przeciwieństwie do czynnika *dopasowania* (Dishaw i Strong, 1998, 1999; Pagani, 2006; Klopping i McKinney, 2004; Wu i inni, 2007b; Lee i inni, 2007).

2.3.2. Modele TAM2 oraz UTAUT

Próbując poprawić model TAM, Venkatesh i Davis (2000) zaproponowali jego rozszerzenie (nazwane TAM2), dodając 5 następujących czynników kształtujących PU (większość zapożyczono z teorii DOI, por. punkt 2.1): *normy subiektywne*, *relewantność*, *wizerunek*, *jakość wyniku* oraz *demonstrowalność wyniku*. *Relewantność* (job relevance) rozumiana jest jako indywidualna ocena stopnia w jakim aplikacja komputerowa jest odpowiednia na danym stanowisku pracy (Venkatesh i Davis, 2000, s. 191). *Wizerunek* (image) określa stopień przekonanie użytkownika, na ile korzystanie z systemu zmieni jego status w otaczającym go systemie społecznym. *Demonstrowalność wyniku*, za Moorem i Benbasatem (1991) Venkatesh i Davis (2000) określają jako: „namacalność wyników będących rezultatem w systemie. Ten czynnik ma w zamierzeniu mierzyć, czy system uprawnień dostępu do danych jest dopasowany do zadań realizowanych przez użytkownika.

³⁸Na taki rezultat mógł mieć wpływ mało precyzyjny sposób pomiaru charakterystyki systemu oraz czynnika efektywności pracy.

posługiwania się aplikacją” (por. punkt 2.1). Jakość wyniku z kolei, to postrzegana ocena jakości informacji dostarczanej przez system. Czynniki *norm subiektywnych* zapożyczono z modelu TRA/TPB (por. punkt 2.2.1, s. 88). Zależności przyczynowe pomiędzy poszczególnymi czynnikami modelu TAM2 przedstawiono na rys. 2.3).



Rysunek 2.3: Model Akceptacji Technologii TAM2, opr. własne za: Venkatesh i Davis (2000, s. 188)

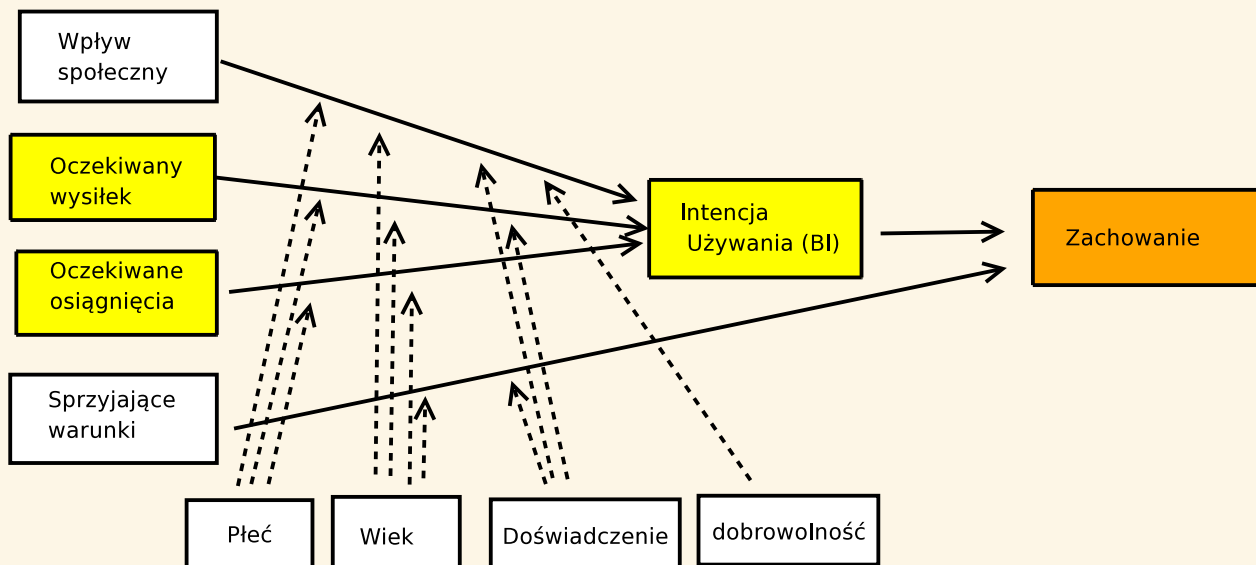
Model TAM2 zakłada ponadto, że *dobrowolność*³⁹ oraz doświadczenie zawodowe zmieniają (moderują) wielkość wpływu *norm subiektywnych* na PU oraz intencje (por. rys. 2.3). Według naszej wiedzy, praca Venkatesha i Davisa (2000) jest jedynym badaniem, które wykorzystuje TAM2. Dlatego też nie będziemy szerzej omawiać tego modelu⁴⁰.

Model UTAUT Poprzez teoretyczną, w tym porównanie skal pomiarowych oraz empiryczną weryfikację 8 różnych teorii (w tym TAM, TRA/TBP, DOI, teoria społecznego uczenia się) zamiarem autorów modelu UTAUT było zaproponowanie nowej teorii wykorzystującej koncepcyjnie podobne konstrukcje stosowane w innych modelach/teoriach akceptacji (Venkatesh i inni, 2003). Model UTAUT (*Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*) jest prostszy od modelu TAM2 i składa się z czterech następujących czynników: *oczekiwany wysiłek*, *oczekiwane osiągnięcia*, *wpływ społeczny* oraz *sprzyjające warunki*. Zakładane jest, iż pierwsze trzy czynniki bezpośrednio wpływają na intencje, a *sprzyjające warunki* determinują wykorzystanie SI/TI (por. rys. 2.4). Empiryczna weryfikacja dokonana przez Venkatesha i innych (2003) wykazuje, że UTAUT posiada znacząco lepsze właściwości prognostyczne, objaśniając 70% zmienności wykorzystania SI/TI. Poszczególne czynniki modelu zostały zdefiniowane następująco:

— *oczekiwane osiągnięcia* (PE, *performance expectancy*), to przekonanie użytkownika co do tego, że używanie SI/TI zwiększy efektywność jego pracy. Czynniki temu odpowiadają w innych modelach: postrzegana użyteczność (TAM), względna przewaga (DOI), ocena wyniku (teoria uczenia społecznego) oraz *dopasowanie-zadania-do-technologii* (model TTF, por. 2.3.1);

³⁹ Czyli stopień w jakim użytkownicy postrzegają decyzję co do używania systemu jako dobrowolną (Agarwal i Prasad, 1997).

⁴⁰ Skale pomiarowe dla wszystkich czynników modelu TAM2 można znaleźć w pracy Venkatesha i Davisa (2000, s. 201).



Rysunek 2.4: Model akceptacji UTAUT, za: Venkatesh i inni (2003, s. 447)

- *oczekiwany wysiłek* (EE, *effort expectancy*), temu czynnikowi odpowiada PEOU z modelu TAM lub złożoność z teorii DOI;
- *wpływ społeczny* (SI, *social influence*), temu czynnikowi odpowiada wizerunek z teorii DOI lub normy subiektywne z teorii TRA/TPB;
- *sprzyjające warunki* (FC, *facilitating conditions*), przekonanie użytkownika dotyczące dostępnej infrastruktury organizacyjnej i technicznej umożliwiającej wykorzystanie SI/TI. Czynnikowi temu w innych teoriach odpowiadają kontrola behawioralna (TRA/TPB), kompatybilność (DOI) lub postrzegane zasoby (Mathieson i inni, 2001).

Venkatesh i inni przeprowadzili serię eksperymentów, weryfikując postulowane zależności modelu UTAUT, przy czym eksperymenty były tak zaprojektowane, że uwzględniały różne rodzaje SI/TI, różne typy organizacji oraz to, czy wykorzystanie SI/TI było obowiązkowe dla pracowników organizacji czy też dobrowolne. W każdej z wymienionych grup eksperyment był powtórzony trzy razy (bezpośrednio po szkoleniu, w odstępie miesiąca oraz po trzech miesiącach) celem oszacowania wpływu doświadczenia zawodowego na wielkość zależności w modelu.

Oczekiwane osiągnięcia zarówno w przypadku wykorzystania dobrowolnego, jak i obowiązkowego okazały się najsilniejszym predyktorem intencji. Wpływ tego czynnika był istotny także w eksperymentach powtórzonych (po miesiącu i trzech miesiącach). Wpływ na intencje czynnika *oczekiwane osiągnięcia* zależy od płci i wieku. Eksperymenty potwierdzają hipotezę, iż dla osób młodszych oraz mężczyzn wielkość relacji PE jest większa (Venkatesh i inni, 2003, s. 468). Wpływ *oczekiwanego wysiłku* także okazał się statystycznie istotny w przypadku wykorzystania dobrowolnego oraz obowiązkowego, ale tylko w pierwszym eksperymencie – po nabraniu przez respondentów doświadczenia zawodowego wpływ tego czynnika stał się nieistotny. Wpływ na zamiar wykorzystania (intencje) czynnika *oczekiwany wysiłek* zależy od płci i wieku oraz doświadczenia. Siła związku EE-BI jest większa w przypadku kobiet, a mniejsza dla respondentów z większym doświadczeniem. Wpływ *społeczny* był istotnym czynnikiem tylko w przypadku wykorzystania obowiązkowego, przy czym płeć, wiek, doświadczenie i dobrowolność wykorzystania wpływają na wielkość związku SI-BI.

Wykorzystanie UTAUT w badaniu akceptacji SI/TI W kilkunastu studiach wykorzystano model UTAUT w badaniu akceptacji różnych SI/TI. Model ten zastosowano w kontekście następujących rodzajów SI/TI: aplikacje mobilne⁴¹ (Anderson i inni, 2006; Wang i inni, 2009; Carlsson i inni,

⁴¹Użytkownicy korzystają z telefonów komórkowych czy komputerów kieszonkowych (*palmtop computers*).

2006; Wu i inni, 2007c), systemy *e-government* i bankowości internetowej (*e-banking*)⁴² (Schaupp i inni, 2009; Wang i Shih, 2009; AlAwadhi i Morris, 2008; Cheng i inni, 2008; van Dijk i inni, 2008; Gupta i inni, 2008) systemy *e-learning* (Chiu i Wang, 2008), komunikatory internetowe (Lin i Bhattacharjee, 2008). Ponadto jedna praca dotyczy systemu płatności elektronicznych za pomocą kart elektronicznych (Bandyopadhyay i Fraccastoro, 2007). W tabeli 2.2 zestawiono zbiorcze informacje na temat liczby badań oraz istotności poszczególnych relacji w modelu dla cytowanych powyżej 13 artykułów.

Czynniki	BI		wykorzystanie	
	I. badań	istotne	I. badań	istotne
Wpływ społeczny (SI)	6	6	3	2
Oczekiwany wysiłek (EE)	8	5	3	1
Oczekiwane osiągnięcia (EE)	7	6	3	3
Sprzyjające warunki (EC)	1	1	6	3
Intencja (BI)	×	×	5	4
R^2 (%)	4	39–72	3	7–69

Tabela 2.2: Ocena istotności wybranych relacji z modelu UTAUT na podstawie przeglądu literatury

We wszystkich cytowanych studiach wspólną cechą zadań realizowanych przez użytkowników za pomocą aplikacji SI/TI, z którymi był weryfikowany model UTAUT jest ich prostota. Komunikowanie się, wyszukiwanie informacji, samoobsługa – brak jest przykładów zastosowania UTAUT do innych zadań⁴³. Akceptacja w takich wypadkach zapewne może być oceniana poprzez wolumen – tak lub inaczej liczony – wykorzystania. Ale czy UTAUT zmienia coś w porównaniu do TAM, jeżeli chodzi

⁴²Wspólną cechą aplikacji jest to, że użytkownik posługuje się przeglądarką www a funkcjonalność aplikacji sprowadza się do samoobsługi lub wyszukania informacji.

⁴³Do tego ankietowanymi w większości wypadków nie byli pracownicy, tylko studenci lub użytkownicy

o złożone zadania realizowane przez użytkowników SI/TI? UTAUT dodaje wprowadzić do TAM czynniki pominięte, a występujące w TPB, tj. kontrolę behawioralną oraz normy subiektywne (nazwane inaczej), przez co jest bliższy typowej sytuacji wykorzystania SI/TI we współczesnej organizacji (złożone aplikacje, przymus korzystania z SI/TI), ale w dalszym ciągu słabością pozostaje konceptualizacja zmiennej objaśnianej identyfikowanej z akceptacją SI/TI. Do tego proponowany pomiar czynników PE oraz EC jest co najmniej dyskusyjny (więcej na ten temat w punkcie 4.2.1). Niska liczba studiów wykorzystujących UTAUT, podawanie niekompletnych wyników i stosowanie różnych metod estymacji (CBSEM, PLSPM, regresja logitowa) uniemożliwia przeprowadzenie sensownego przeglądu ilościowego.

2.3.3. Samoskuteczność i innowacyjność osobista

Zgodnie z założeniami teorii społecznego uczenia, jednostki podejmują działanie wtedy, gdy oceniają, iż zakończą się ono powodzeniem – zachowanie jest wyjaśniane przez *samoskuteczność* (Bandura, 1994) oraz przewidywania odnośnie rezultatu tego działania. Samoskuteczność, to stopień przekonania jednostki, iż jest zdolna do wykonania określonego zadania. W literaturze dotyczącej akceptacji SI/TI proponowany jest czynnik *komputerowej samoskuteczności* (Campeau i Higgins, 1995; Thatcher i inni, 2008), będący ukonkretnieniem pojęcia w dziedzinie SI/TI (por. punkt 2.3.3). Można znaleźć dziesiątki badań, które empirycznie weryfikują związek pomiędzy samoskutecznością a różnymi innymi czynnikami, w tym czynnikami z modelu TAM (Marakas i inni, 2007; Posey i inni, 2008). Proponowane są ulepszenia, m.in. różne dziedzinowo zorientowane skale (Marakas i inni, 2007). Naszym zdaniem jest to dorobek w dużym stopniu jałowy, ponieważ zgadzamy się z twierdzeniem Davisa (1989, s. 321) iż postrzegana użyteczność z modelu TAM jest bliska pojęciu samoskuteczności (*self-efficacy*), a postrzegana łatwość użytkowania odpowiada czynnikowi ocena wyniku (*outcome judgment*). Jedyny indywidualni. W takich warunkach odsetek badań, w których wpływ czynników EE oraz EC na BI/USE okazał się nieistotny, był zauważalnie wyższy niż innych czynników modelu (por. tab. 2.2). Można oczekiwać, że wpływ EE/EC w przypadku złożonych SI/TI oraz w przypadku wykorzystania SI/TI będzie większy.

nostki samoskuteczne wyżej oceniają PEOU, a te, dla których ocena wyniku jest wyższa, zapewne jednocześnie wyżej oceniają *postrzeganą użyteczność*. Oczywiście można te zależności potwierdzać empirycznie, ale pożytek z tego jest niewielki, zaś badań usiłujących ustalić, dlaczego pewne jednostki są bardziej *samoskuteczne* niż inne, co byłoby dużo bardziej ciekawe – nie ma (Posey i inni, 2008).

Agarwal i Prasad (1998) wskazują, że przyczyną łatwiejszej bądź trudniejszej akceptacji SI/TI mogą być oprócz przekonań także cechy osobowości⁴⁴, zwłaszcza czynnik określany jako *innowacyjność osobista*. W teorii dyfuzji innowacji także występuje pojęcie innowacyjności (*innovativeness*), które jest definiowane jako⁴⁵ „względna przewaga czasowa jednostki, grupy lub organizacji⁴⁶ adoptującej innowację w porównaniu do pozostałych jednostek” (Rogers, 2003, s. 22). Agarwal i Prasad (1998, s. 206) przytaczają liczne słabości takiej definicji innowacyjności, w tym dwie najpoważniejsze: – innowacyjność to pojęcie abstrakcyjne, identyfikacja tego pojęcia z miarą (czas adopcji) zniekształca jego prawdziwe znaczenie; – czas adopcji jest zwykłym opisem *ex post* zachowania, o małym znaczeniu praktycznym, bo uniemożliwiającym predykcję. Autorzy twierdzą także, że uniwersalne definicje

⁴⁴Nie wchodząc w dyskusję, co do istoty pojęcia osobowości z pozycji różnych teorii psychologicznych (Hall i inni, 2004) przyjmujemy, że osobowość to zbiór *względnie stałych*, charakterystycznych dla danej jednostki cech (Flakiewicz, 2002, s. 62), różniących ją od innych pod względem zachowania (odporność, motywacja, temperament). Dla przypomnienia przekonania, którymi np. operuje model TAM mają zmienny charakter.

⁴⁵Jest to operacyjna definicja innowacyjności, por. przypis 62, s. 69.

⁴⁶W późniejszych rozważaniach Rogers wyraźnie ogranicza się do przypadku adopcji na poziomie indywidualnym (na co nie wskazuje definicja), ponieważ dzieląc adaptatorów na 5 kategorii, charakteryzuje ich za pomocą takich cech jak: aktywne poszukiwanie informacji, posiadanie szerokich kontaktów interpersonalnych, zdolność do radzenia sobie z wysokim poziomem ryzyka, itp. Owe 5 kategorii klasyfikacji powstaje przez podzielenie rozkładu czasu adopcji, który – według Rogersa (2003, s. 281, rys. 7.3) jest zbliżony do rozkładu normalnego – na pięć przedziałów (według schematu: $\mu - 2\sigma$, $\mu - \sigma$, μ ...): innowatorzy (2,5%), wczesni adaptatorzy (13,5%), wczesna większość (34%), późna większość (34%) i maruderzy (16%). W nawiasach odsetek jaki stanowią – przeciętnie – w całej populacji.

innowacyjności (takie jak skala KAI omawiana dalej w tym punkcie) wykazują się niską zdolnością predykcyjną w konkretnych dziedzinach zastosowań i proponują zdefiniowanie *innowacyjności osobistej w dziedzinie SI/TI* (PIIT, *personal innovativeness in the domain of information technology*) jako „skłonność jednostki do wypróbowywania nowych SI/TI”. Skala pomiarowa czynnika PIIT składa się z 4 pytań (Agarwal i Prasad, 1998, s. 210). Badanie empiryczne wykazało zadowalającą rzetelność i wysoką trafność zbieżną, dyskryminacyjną i nomologiczną skali PIIT. Ponadto w oszacowanym przez Agarwala i Prasada (1998) modelu czynnik PIIT oraz użyteczność i kompatybilność Moore’a i Benbasata (1991) okazały się istotnymi determinantami zamiaru wykorzystania SI/TI.

Czynnik PIIT Agarwala i Prasada został także wykorzystany w późniejszych badaniach Yi i innych (2006a; 2006b), Liana i Lina (2008), Nova i Ye (2008) oraz Kwona i innych (2007). Przykładowo w badaniu Yi i innych (2006a) intencja używania SI/TI (dwóch różnych technologii: komputerów naręcznych oraz korzystania z zakupów internetowych) jest wyjaśniana przez innowacyjność, PU, PEOU oraz kompatybilność. Do pomiaru innowacyjności autorzy wykorzystują PIIT, który porównują z proponowaną nową miarą ACI⁴⁷. Wyniki empiryczne potwierdzają, że czynnik PIIT cechuje wysoka rzetelność oraz wskazują, że: – innowacyjność bezpośrednio wpływa na intencję wykorzystania SI/TI (w modelu alternatywnym innowacyjność była zmienną moderującą); – innowacyjność, PU oraz kompatybilność istotnie wpływają na BI. Model wyjaśniał od 44% do 58% zmienności intencji wykorzystania. Różnice pomiędzy skalami PIIT a ACI okazały się nieistotne. Yi i inni integrują DOI oraz rozszerzony o kontrolę behawioralną i normy subiektywne model TAM z czynnikiem PIIT (Yi i inni, 2006b).

Teoria stylu poznawczego Kirtona Przykładem uniwersalnej definicji innowacyjności jest teoria stylu poznawczego Kirtona (2003), który wyróżnia dwa style rozwiązywania problemów i podejmo-

⁴⁷Rzadko wykorzystywana w praktyce badawczej akceptacji SI/TI miara wykorzystująca skalę nominalną (Yi i inni, 2006a, s. 403).

wania decyzji przez jednostki, przy czym skrajne wartości określone są przez dwa typy: – *adaptator*, tj. jednostka preferująca *status quo* – przy rozwiązywaniu problemów nie szuka sposobów rozwiązania problemu innymi, nieznanymi metodami; – *innovator*, tj. jednostka o dużych skłonnościach do częstszych i istotnych zmian. Pomiędzy obu typami istnieje kontinuum wartości pośrednich. Do pomiaru *stylu poznawczego* Kirton opracował kwestionariusz składający się z 32 pytań, znany pod nazwą skali Adaptacji-Innowacji Kirtona (KAI scale). Niskie wartości KAI odpowiadają typowi adaptatora a wysokie – innowatora. Wiele badań empirycznych potwierdziło trafność i rzetelność skali KAI (Gallivan, 1998; Bagozzi i Foxall, 1996; Wang i inni, 2006)⁴⁸, która została zaadaptowana do polskich warunków przez Kossowską (2005). W obszarze marketingu test Kirtona jest szeroko wykorzystywany – zakłada się, że innowacyjność klientów (rozumiana jako skłonność do kupowania nowych produktów) może być mierzona za pomocą skali KAI. Do empirycznego weryfikowania akceptacji SI/TI skala KAI była wykorzystywana przez Gallivana (1998), Mullany’ego (2006) Mullany’ego i innych (2007) oraz Thonga (1999). Gallivan (1998) zweryfikował empirycznie zależności pomiędzy KAI a satysfakcją (okazała się istotna) oraz KAI a PU, PEOU oraz kompatybilnością (nieistotne) na próbie 200 specjalistów IT. Chakraborty i inni (2008) zweryfikowali model, w którym styl poznawczy był bezpośrednią przyczyną PU, PEOU oraz norm subiektywnych. Badanie potwierdziło istotność zależności – wynik przeczący результатам zgłoszonym przez Gallivana (1998).

2.4. Model sukcesu SI/TI DeLone’a-McLeana

Sukces SI/TI jest trudny do zdefiniowania, ponieważ jest pojęciem abstrakcyjnym, którego pomiar nie jest sprawą prostą (Zviran i Erlich, 2003; DeLone i McLean, 1992). Najbardziej oczywisty i obiektywny pomiar za pomocą porównania korzyści i kosztów, w którym wartość SI/TI równałaby

⁴⁸Istnieje kilka podobnych do KAI testów, np. Profil Innowacyjny (ISP), ale badania empiryczne wskazują na ich gorsze właściwości psychometryczne (Gallivan, 1998, s. 437).

się różnicy pomiędzy osiągniętymi korzyściami a poniesionymi nakładami jest w rzeczywistości bardzo trudny do zastosowania. W praktyce, nie ma bowiem uznanych metod pomiaru zarówno kosztów, jak i przede wszystkim korzyści (Alpar i Kim, 1990)⁴⁹. Podejmowane, głównie na przełomie latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych próby zmierzenia sukcesu SI/TI poprzez ocenę *kosztów i korzyści, wartości informacji czy zmian w wydajności organizacji* (Zviran i Erlich, 2003; Mirani i Lederer, 1998) okazały się w praktyce zawodne, trudne do zastosowania⁵⁰, a otrzymane wyniki – arbitralne. Podobnie problematyczne i subiektywne są pomiary wartości informacji. Z kolei zmiany w wydajności organizacji (redukcja kosztów, zatrudnienia, wzrost wydajności) są wprawdzie łatwe do zmierzenia, tyle że trudno jest określić, czy są one rezultatem wdrożenia SI/TI, czy wynikają z innych zmian w sposobie funkcjonowania organizacji.

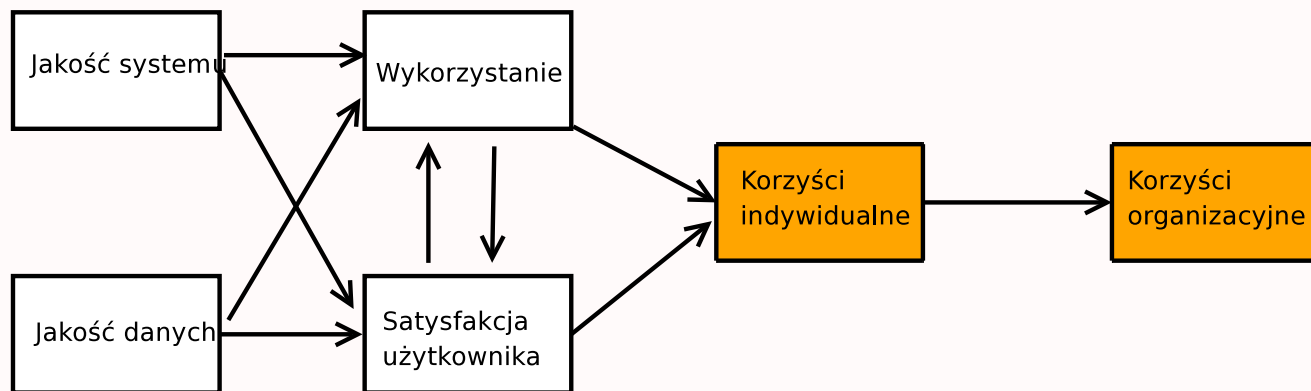
W konsekwencji nie istnieją powszechnie akceptowane, obiektywne i uniwersalne miary sukcesu systemu informatycznego – nie może być on zmierzony *bezpośrednio*. Sukces SI/TI można określić *pośrednio* za pomocą miar, które są z nim związane w mniejszym lub większym stopniu. Według DeLone’a i McLeana (1992) problem z oceną SI/TI to w istocie problem oceny informacji, która jest tego systemu produktem. Powołując się na wcześniejsze prace Shanona i Weavera, autorzy ci postulują, że informacja może być mierzona na trzech następujących poziomach: – technologicznym, – semantycznym, – skuteczności.

Poziom technologiczny to dokładność i efektywność systemu przetwarzającego informacje, poziom semantyczny z kolei określa jakość informacji w kategoriach przekazu znaczenia jakie ona

⁴⁹Wprawdzie część korzyści ma wymierny charakter (mniejsze zapasy czy koszty, większy obrót) jednak wiele ma charakter niewymierny (zadowolenia klientów i/lub pracowników, sprawniejszy obieg informacji w firmie itp.)

⁵⁰Z tej perspektywy także popularna ostatnio metoda TCO (*Total Costs of Ownership*) ma poważną wadę, mianowicie jak sama nazwa wskazuje służy wyłącznie do pomiaru kosztów. Nie nadaje się natomiast do łącznej oceny korzyści i kosztów, z tej prostej przyczyny, że to pierwsze nie jest mierzone. TCO pozwala na minimalizację kosztów przy założeniu, że porównywane systemy oferują porównywalne korzyści.

zawiera, zaś poziom skuteczności, to efekt jaki informacja wywiera u odbiorcy (DeLone i McLean, 1992). Model, przedstawiony na rys. 2.5, zawiera 6 czynników: *jakość systemu* (*system quality*, sq)⁵¹, *jakość danych* (*information quality*, iq), *wykorzystanie*, *satysfakcja* (*user satisfaction*, us), *korzyści indywidualne* (*individual impact*) oraz *korzyści organizacyjne* (*organizational impact*). Wykorzystanie i satysfakcja są wzajemnie zależne – większe wykorzystanie zwiększa satysfakcję i odwrotnie, większa satysfakcja skutkuje większym wykorzystaniem. Iivari (2005) postuluje, iż zależności przyczynowe w modelu pomiędzy korzyściami dla użytkownika lub organizacji a satysfakcją/wykorzystaniem także są obustronne, tj. większe korzyści zwiększają satysfakcję i odwrotnie.



Rysunek 2.5: Model sukcesu SI/TI DeLone’a-McLeana, opr. własne za: DeLone i McLean (1992)

DeLone i McLean nie zweryfikowali empirycznie swojego modelu, a co za tym idzie, nie określili też w jaki sposób należy mierzyć występujące w nim czynniki. Pomimo imponującej liczby tekstów (285 artykułów od roku 1992 (za DeLone i McLeanem (2003))), wykorzystujących go w ten lub inny

⁵¹Określa jakość za pomocą takich pojęć jak niezawodność, czas reakcji, itp.

sposób, tylko w nielicznych pracach dokonano jego empirycznej weryfikacji (przykładowo: [Roldán i Leal \(2003\)](#); [Iivari \(2005\)](#)). Do tego w zdecydowanej większości badań testowane były wybrane relacje z modelu oryginalnego i/lub modele w ten lub inny sposób zmodyfikowane ([Teo i Wong, 1998](#)). Seddon wskazuje iż model DeLone’a-McLeana nie określa precyzyjnie *charakteru* związku pomiędzy wykorzystaniem SI/TI a korzyściami użytkownika i organizacji. W związku z tym, możliwe są trzy potencjalne interpretacje tej zależności: – wykorzystanie objaśnia korzyści, – model objaśnia przyszłe zachowanie (wykorzystanie), – model jest modelem procesowym a nie przyczynowo-skutkowym. Seddon ([1997](#), s. 243) uważa za teoretycznie poprawną jedynie pierwszą interpretację. Iivari ([2005](#)) usunął z modelu czynnik *korzyści organizacyjnych*, zmierzył *jakość danych* oraz *jakość systemu*, używając skal zaproponowanych przez Baileya i Pearsona ([Zviran i Erlich, 2003](#)), czynnik *satysfakcji użytkownika* za pomocą skali zaproponowanej przez China i Lee ([2000](#)), a *korzyści użytkownika* – utożsamiając z czynnikiem postrzeganej użyteczności (PU) z modelu TAM. Model proponowany przez Iivariego postuluje zatem, że przekonania użytkownika odnośnie jakości systemu/danych wpływają na wielkość satysfakcji oraz wykorzystania, które z kolei są przyczyną przekonania odnośnie użyteczności SI/TI. Iivari nie przedstawia teoretycznego uzasadnienia proponowanych zależności, które naszym zdaniem są wątpliwe. Weryfikacja empiryczna modelu wykazała, że tylko cztery zależności okazały się statystycznie istotne (IQ-US, IS-US, SQ-wykorzystanie i US-korzyści użytkownika). W szczególności nieistotne okazały się wszystkie postulowane związki objaśniające wykorzystanie (poza relacją pomiędzy jakością systemu a wykorzystaniem).

W badaniu Seddona i Kiewa ([1996](#)), zweryfikowano empirycznie zmodyfikowany model sukcesu DeLone’a-McLeana na próbie 104 użytkowników systemu automatyzacji biura. Z dziewięciu postulowanych w modelu relacji (por. rys. 2.5) tylko relacje pomiędzy jakością informacji a satysfakcją, jakością systemu a satysfakcją oraz satysfakcją a korzyściami użytkownika okazały się statystycznie istotne⁵². Wyniki te potwierdziło badanie Roldána i Leala ([2003](#)) przeprowadzone na próbie 100

⁵²Weryfikowany model pomijał czynnik *korzyści organizacyjne*, a zamiast wykorzystania pojawił się czynnik

użytkowników systemu informacyjnego kierownictwa (EIS). Według Sedery i Gable'a (2004), omawiany model lub jego część były weryfikowane w 45 artykułach, ale tylko w dwóch weryfikowany był w całości, podczas gdy w większości (ponad 70% studiów) testowane były co najwyżej 3 relacje. Niekonkluzywność postulowanych przez model relacji jest naszym zdaniem spowodowana opisanymi wyżej wątpliwościami dotyczącymi zależności pomiędzy wykorzystaniem a korzyściami. Ponieważ związek ten jest nieprecyzyjny, to ewentualny pomiar wymaga odpowiedzi, co tak naprawdę jest mierzone (Seddon, 1997). W szczególności na ile sensowne jest założenie, że przekonania odnośnie jakości systemu są określone *przed* jego użyciem, a odnośnie korzyści – *po*? Niewątpliwie teorie TRA/TPB postulują, iż przekonania warunkują działania, a nie odwrotnie.

DeLone i McLean (2003, s. 24) poprawili swój model w ten sposób, że zamiast *wykorzystania* zaproponowali *intencję wykorzystania* (por. punkt 2.2), dodali *jakość usług* do czynników wpływających na wykorzystanie i satysfakcję oraz połączyli wpływ na użytkownika i wpływ na organizację w jeden czynnik – *korzyści netto* (do pomiaru sugerują wykorzystanie opracowanej przez Miraniego i Lederera (1998) skali organizacyjnych korzyści z zastosowania SI/TI). Autorzy utrzymują, że poprawiony model lepiej nadaje się do mierzenia sukcesu współczesnych systemów e-biznesowych, ale twierdzenie to nie jest poparte żadnymi wynikami empirycznymi (DeLone i McLean, 2003, s. 24–25).

Lee i inni (2009) wykorzystali poprawiony model DeLone'a i McLeana do określenia sukcesu systemów *open source*, modyfikując go w ten sposób, iż wykorzystanie oprogramowania *open source* oraz satysfakcja użytkownika były wyjaśniane przez *jakość systemu* (utożsamiana z jakością oprogramowania) oraz *jakość usług* („świadczonych” przez społeczność *open source*). Wykorzystanie oprogramowania *open source* oraz satysfakcja łącznie determinowały *korzyści netto*. Weryfikacja empiryczna na próbie 145 użytkowników i twórców aplikacji *open source* potwierdziła wszystkie postrzeganej użyteczności z modelu TAM. Praca zawiera proponowane skale pomiarowe dla czynników: *jakość systemu*, *jakość danych*, *satysfakcja* oraz *korzyści indywidualne*. Kompletnie skale pomiarowe modelu podaje Iivari (2005).

zależności w modelu (za wyjątkiem związku pomiędzy jakością usług a wykorzystaniem). Zmienność *korzyści netto* jest objaśniona w 63%, co można by uznać za bardzo dobry rezultat. Do pomiaru wszystkich czynników Lee i inni opracowali własne wersje (refleksyjnych) skal pomiarowych⁵³.

Reasumując, model DeLone'a i McLeana jest jedną z częściej cytowanych teorii rozwiniętych w obszarze informatyki ekonomicznej. Podstawową słabością modelu jest wszakże to, iż posługuje się pojęciami – takimi jak jakość systemu czy korzyści organizacyjne, które nie tylko nie wiadomo jak mierzyć, ale nawet nie istnieje konsensus co do ich definicji.

2.5. Satysfakcja użytkownika SI/TI

Inną stosowaną do oceny SI/TI miarą jest *satysfakcja użytkownika* (*user satisfaction*, US), czyli „stopień przekonania użytkownika, że wykorzystywany system informacyjny spełnia jego wymagania” (*Ives i inni, 1983*). W przeglądzie 59 artykułów wykorzystujących czynnik satysfakcji użytkownika odnośnie SI/TI, Zviran i Erlich podają 6 różnych instrumentów pomiaru tego czynnika, stwierdzając, iż „satysfakcja jest najpowszechniej wykorzystywaną miarą sukcesu, co wynika z łatwości jej wykorzystania”.

Podobnie jak w przypadku wykorzystania SI/TI także posługiwanie się satysfakcją jako miarą sukcesu SI/TI nie jest wolne od krytyki. W świetle niektórych badań, wykorzystywane instrumenty pomiaru satysfakcji nie posiadają dostatecznej rzetelności i/lub trafności (*Saarinen, 1996*). Krytycy wskazują też na fakt, że US nie jest osadzone na gruncie żadnej teorii (*Saarinen, 1996; Au i inni, 2002*). Z drugiej strony Gelderman (*1998*) wykazał empirycznie istotność związku pomiędzy satysfakcją a wy-

⁵³Jakkolwiek autorzy przeprowadzili weryfikację skal w zakresie rzetelności oraz trafności dyskryminacyjnej i zbieżnej, uzyskując zadowalające wyniki, można mieć poważnie zastrzeżenia co do konceptualizacji, trafności teoretycznej oraz sposobu mierzenia czynników ukrytych (por. uwagi w punkcie 1.3).

nikami organizacji, a w innych badaniach także potwierdzono istotną zależność pomiędzy satysfakcją a stylem poznawczym (Gallivan, 1998; Mullany, 2006; Mullany i inni, 2007).

2.5.1. Satysfakcja użytkownika końcowego

Ives i inni (1986) zweryfikowali empirycznie model, w którym zaangażowania użytkownika (*user involvement*) w tworzenie/wdrożenie systemu ma bezpośredni wpływ na czynnik satysfakcji oraz bezpośredni i pośredni wpływ (poprzez satysfakcję) na *wykorzystanie systemu*. Do pomiaru satysfakcji wykorzystano 39 punktową skalę Baileya i Pearsona (Ives i inni, 1983, 1986; Zviran i Erlich, 2003) a zaangażowanie użytkownika mierzono za pomocą skali składającej się z 35 pytań dotyczących różnych czynności składających się na *zaangażowanie* w proces tworzenia/wdrożenia systemu⁵⁴.

Opracowano wiele różnych instrumentów pomiaru satysfakcji użytkownika, dostosowanych do specyfiki zastosowań przedmiotowych i sposobu korzystania z SI/TI w organizacjach. Najpopularniejszym narzędziem pomiaru satysfakcji *użytkownika końcowego* EUCS⁵⁵ jest instrument zaproponowany przez Dolla i Torkzadeha (1988; 1998). W porównaniu do US zawiera on pytania dotyczące łatwości użytkowania, nieistotne w „tradycyjnym” środowisku przetwarzania danych. Kwestionariusz do pomiaru EUCS składa się z 12 pytań, ale satysfakcja w wyniku zastosowania analizy czynnikowej jest definiowana jako pojęcie wieloaspektowe (czynnik ukryty drugiego stopnia), na które składa się pięć następujących (ukrytych) czynników: *treść, format, dokładność, łatwość użytkowania oraz aktualność* (Doll i Torkzadeh, 1998, s. 268). Rzetelność skali zweryfikowali m.in. McHaney i inni (1999) oraz Abdinour-Helm i inni (2005).

Przykładowo Somers i inni (2003) wykorzystując EUCS do badania satysfakcji użytkownika sys-

⁵⁴Instrumenty Baileya i Pearsona oraz 13 punktowy kwestionariusz Ivesa i innych przeznaczone były do pomiaru satysfakcji w tradycyjnym środowisku przetwarzania danych, tj. takim, w którym użytkownik nie korzystał z SI/TI samodzielnie, ale za pośrednictwem wykwalifikowanego personelu (Ives i inni, 1983, 1986).

⁵⁵Użytkownik końcowy, bezpośrednio pracuje z określonym SI/TI.

temów ERP stwierdzili, że najistotniejszymi (wykazującymi najwyższe ładunki czynnikowe) okazały się *treść* oraz *format*. Instrument EUCS skrytykowali Etezadi-Amoli i Farhoomand (1991) oraz Farhoomand i Etezadi-Amoli (1996), proponując własny, zawierający 7 czynników mierzonych za pomocą kwestionariusza składającego się z 31 pytań. Modyfikację skali EUCS, która także zawiera 12 pytań, zaproponowali Chin i Lee (2000). W przypadku gdy badanie służy do empirycznej weryfikacji modelu wieloczynnikowego, wszystkie powyższe skale, które są stosunkowo obszerne, są rzadziej stosowane na rzecz prostej skali składającej się z 4 pytań w stylu: jestem usatysfakcjonowany/zadowolony/zachwycony/sprawia mi przyjemność (Bhattacharjee, 2001; Lee i inni, 2009; Ilvri, 2005; Khalifa i Liu, 2004).

Skala EUCS ma charakter uniwersalny, tj. została opracowana z myślą o szerokim wykorzystaniu do porównywania różnych systemów czy grup użytkowników. Oprócz tego można znaleźć w literaturze modele satysfakcji opracowane pod kątem ich wykorzystania w wybranych wąskich dziedzinach zastosowań, takich jak: e-learning (Wang, 2005), wykorzystanie SI/TI w małych i średnich firmach (Palvia i Palvia, 1999) czy systemy wspomagania decyzji (McHaney i inni, 1999).

2.5.2. Zaangażowanie, satysfakcja i sukces SI/TI

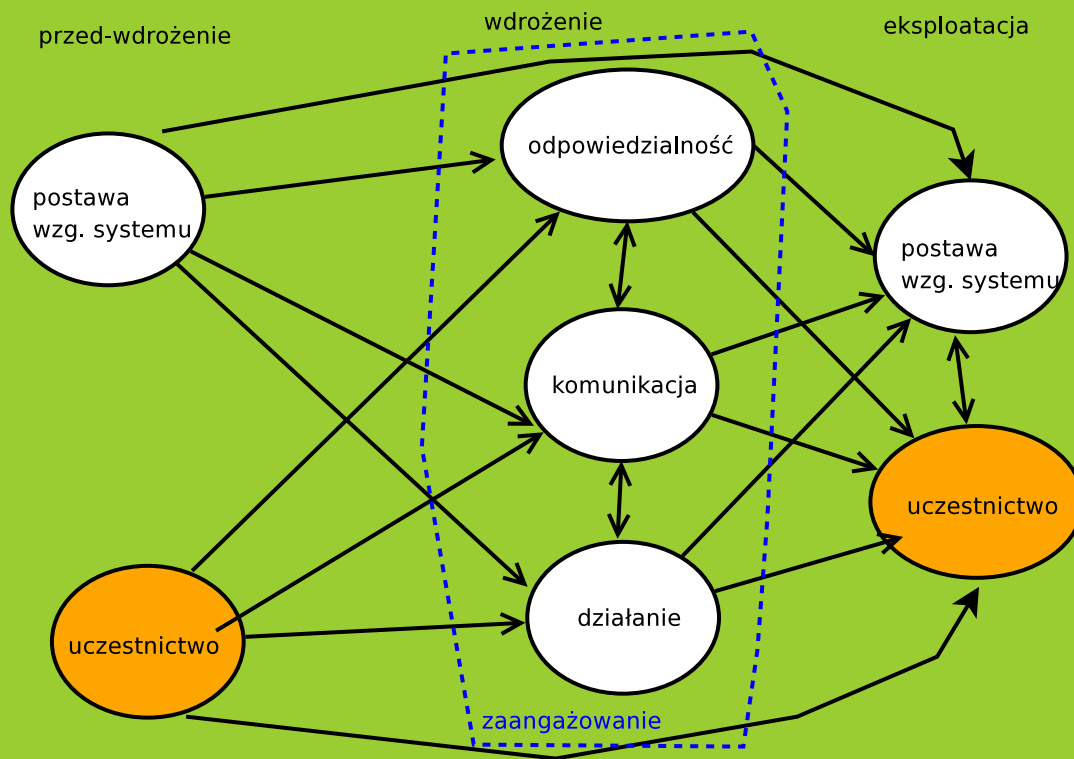
Zaangażowanie użytkownika uważane jest powszechnie za ważny czynnik warunkujący sukces wdrożenia oraz zwiększający jakość SI/TI. Jak piszą Ives i inni: „[Pomimo tego, że] proces angażowania użytkowników w projektowanie SI/TI jest czasochłonny i kosztowny [...], to w literaturze przedmiotu nie kwestionuje się, iż zaangażowanie owo jest niezbędne w procesie analizy i projektowania SI/TI.” Przegląd literatury przeprowadzony przez Ivesa i innych (1986) wskazuje wszakże, iż weryfikacja empiryczna tego postulatu potwierdza go jedynie częściowo. Przykładowo tylko w ośmiu na 13 badań związek pomiędzy satysfakcją a zaangażowaniem okazał się istotny. W przypadku zależności pomiędzy wykorzystaniem SI/TI i zaangażowaniem użytkownika było jeszcze gorzej – związek okazał się istotny

w zaledwie 4 przypadkach na 9. Ives i inni słusznie wskazują, iż „niekonkluzywność wyników w dużym stopniu jest skutkiem poważnych błędów [konceptualizacji i pomiaru badanych czynników]”.

W pracy Ivesa i innych (1986) oraz innych wczesnych badaniach roli zaangażowania użytkownika w procesie przyswajania SI/TI, czynnik ten jest związany z fazą wdrażania SI/TI i jest definiowany jako *zbiór określonych zachowań* (Zviran i Erlich, 2003). Hartwick i Barki (1994, s. 441) rozróżniają dwa aspekty zaangażowania użytkownika: zachowania lub czynności, określając je terminem *zaangażowanie* oraz pewną *postawę psychologiczną*, określoną jako „istotność/znaczenie systemu informatycznego dla użytkownika”, nazwaną *uczestnictwem* (*participation*). Pierwszy aspekt jest mierzony tradycyjnie jako zbiór czynności i zachowań. Siłą rzeczy proponowane miary *zaangażowania* są kontekstowe, w tym zależne od rodzaju systemu SI/TI. Do pomiaru drugiego aspektu proponowana jest zmodyfikowana, bezkontekstowa skala uczestnictwa wykorzystywana w obszarze marketingu, oparta na pomiarze postaw psychologicznych. Propozycja Hartwicka i Barkiego została wykorzystana i rozwinięta w wielu innych badaniach wykorzystujących czynnik zaangażowania (Kappelman, 1995; McKeen i inni, 1994)⁵⁶. Wskazując na potrzebę badań nad zaangażowaniem w różnych fazach przyswajania SI/TI oraz w kontekście innych czynników psychologicznych określających postawy i działania jednostek, Hartwick i Barki empirycznie weryfikują model określający zależności pomiędzy *uczestnictwem*, *zaangażowaniem* a postawą względem SI/TI (por. rys. 2.6). Jak widać na rysunku, jedną z hipotez modelu jest założenie, iż *uczestnictwo* jest czynnikiem sprawczym *zaangażowania*.

Zaangażowanie użytkownika jest definiowane jako czynnik składający się z trzech wymiarów. Pierwszy wymiar (*odpowiedzialność*) określa zbiór zachowań i czynności związanych z kierowaniem projektem (przykładowo bycie kierownikiem projektu, możliwość decydowania odnośnie budżetu itp.). Drugi wymiar (*komunikacja*) określa zbiór zachowań i czynności określających jakość komunikacji pomiędzy użytkownikiem a zespołem wdrożeniowym (przykładowo możliwość uczestnictwa

⁵⁶Skale pomiarowe czynników *zaangażowanie* oraz *uczestnictwo* zawierają m.in. prace Hartwicka i Barkiego (1994) oraz Kappelmana (1995).



Rysunek 2.6: Zależność pomiędzy postawą, zaangażowaniem i uczestnictwem opr. własne za: **Hartwick i Barki** (1994, s. 441)

w przeglądkach na różnych etapach wdrażania SI/TI). Trzeci aspekt (*działanie*) dotyczy różnych zadań implementacyjnych wykonywanych przez użytkowników (projektowanie interfejsu, wpływ na

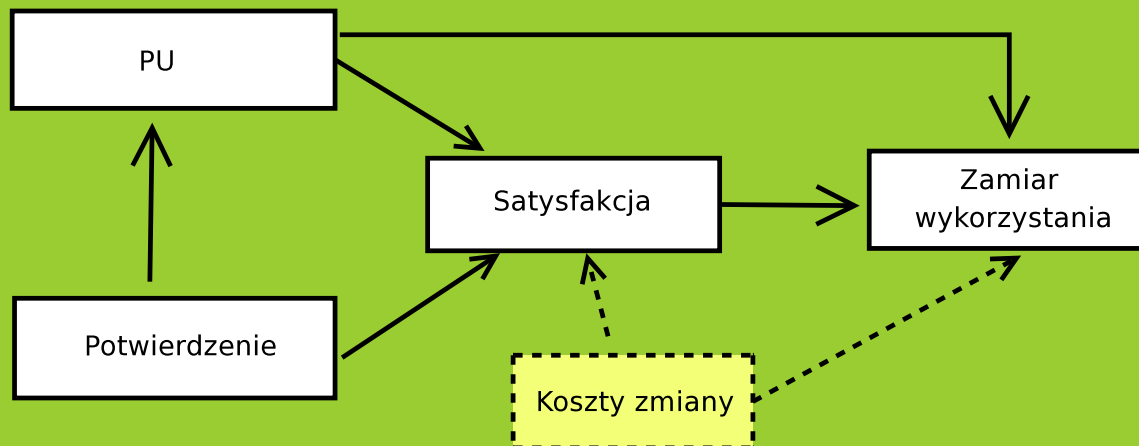
treść szkoleń i materiałów szkoleniowych) (Hartwick i Barki, 1994; Barki i Hartwick, 1994). Model został zweryfikowany oddzielnie, w trzech różnych fazach procesu przyswajania SI/TI: przed wdrożeniem, w czasie wdrażania oraz w fazie eksploatacji (por. rys. 2.6). Empiryczna weryfikacja modelu potwierdziła między innymi, iż *uczestnictwo* jest czynnikiem powodującym *zaangażowanie* oraz że zasadnicze znaczenie spośród trzech aspektów *zaangażowania* ma *ogólna odpowiedzialność*, znaczenie pozostałych, w tym *działania*, jest znacznie mniejsze. Wreszcie *zaangażowanie* wpływa na zamiar użycia systemu *pośrednio*, poprzez *uczestnictwo*, postawę i normy subiektywne.

2.5.3. Satysfakcja, lojalność i koszty zmiany

Ponieważ współcześnie zaciera się różnica pomiędzy klientem korzystającym z SI/TI w celu, np. wyszukania informacji albo dokonania transakcji w banku a użytkownikiem SI/TI, ostatnio znaleźć można wiele prac korzystających z modeli satysfakcji klienta opracowanych w obszarze marketingu, takich jak model oczekiwanej niezgodności (Susarla i inni, 2003; Chin i Lee, 2000). Podstawowym założeniem teorii oczekiwanej niezgodności (*Expectation Confirmation* lub *Expectation Disconfirmation Theory*, EDT) jest teza, iż zgodność lub niezgodność oczekiwań konsumenta, co do produktu jest podstawową przyczyną pozytywnych lub negatywnych emocji, w tym poczucia satysfakcji bądź jej braku (Sudola i inni, 2003). W zależności od wielkości sformułowanych *a priori* oczekiwań, konsument może odczuwać różne poziomy zadowolenia bądź niezadowolenia (Hong i inni, 2006). W szczególności zadowolenie pojawi się w przypadku, gdy wynik procesu konsumpcji jest oceniany wyżej niż oczekiwania. Bhattacharjee (2001) opracował model wykorzystania SI/TI, modyfikując teorię EDT. Zamiar dalszego wykorzystania (por. punkt 2.2.4) SI/TI jest objaśniany przez satysfakcję i postrzeganą użyteczność⁵⁷ bezpośrednio, a pośrednio poprzez czynnik *potwierdzenia* (por. rys. 2.7). Model Bhattacharjee

⁵⁷ Czynnik PU jest identyfikowany z *oczekiwaniem* z modelu EDT. Bhattacharjee uzasadnia to tym, że PU jest najistotniejszym z przekonań odnośnie SI/TI. PEOU jako czynnik istotny tylko na wczesnym etapie przyswajania SI/TI jest zaś pominięte.

jest szczególnie użyteczny w przypadku systemów internetowych wykorzystywanych do prowadzenia działalności gospodarczej (systemy e-biznes, takie jak sklepy internetowe i bankowość elektroniczna) albo aplikacje służące do komunikowania się/wyszukiwania informacji⁵⁸.



Oryginalny model Bhattacharjee nie zawiera czynnika kosztów zmiany (rozszerzoną o koszty zmiany część modelu wyróżniono na rysunku linią kropkowaną)

Rysunek 2.7: Rozszerzony Model akceptacji Bhattacharjee, opr. własne za: [Bhattacharjee \(2001\)](#)

W modelach marketingowych zakłada się, że satysfakcja jest przyczyną *lojalności*. Ten postulat teoretyczny został potwierdzony licznymi badaniami empirycznymi ([Balabanis i inni, 2006](#); [Pae i Hyun, 2006](#)). Czynniki lojalności dotyczą „zwiększonej odporności na informacje o produktach lub usługach

⁵⁸Przykładowo McKinney i inni (2002) połączyli teorię oczekiwanej niezgodności z modelem sukcesu SI/TI DeLone-McLeana (por. punkt 2.4) do objaśnienia satysfakcji klientów sklepów internetowych. Hong i inni (2006) rozważają trzy modele akceptacji: TAM, EDT oraz hybrydę TAM+EDT.

konkurencyjnych, zmniejszenia wrażliwości na różnice cen oraz zwiększenia wagi przykładanej do korzystnych opinii” (*word-of-mouth*). Lojalność na poziomie operacyjnym jest zwykle definiowana w kategoriach zachowań, tj. zamiaru zmiany dostawcy usługi lub producenta towaru (Balabanis i inni, 2006; Chang i Chen, 2008; Pae i Hyun, 2006). Innym czynnikiem determinującym lojalność są koszty zmiany, które Jones, Mothersbaugh i Beatty (2002) definiują jako „postrzegane ekonomiczne i psychologiczne koszty związane ze zmianą z jednej możliwości na drugą”. Zwykle zakłada się, że koszty zmiany są moderatorem relacji satysfakcja-wykorzystanie (por. rys. 2.7). Koszty zmiany obejmują czas, wysiłek oraz zasoby finansowe, takie jak koszty niezbędnych szkoleń. Burnham i inni (2003) szczegółowo omawiają pojęcie kosztów zmiany, wyróżniając trzy aspekty kosztów: proceduralne (strata czasu i wysiłek), finansowe oraz relacyjne (psychologiczny i emocjonalny dyskomfort). Jones, Mothersbaugh i Beatty (2002) natomiast wyróżniają 6 aspektów kosztów zmiany: – *utraczone korzyści* (np. upusty oparte na wielkości obrotu, przywileje stałego klienta, itp.); – *koszty niepewności* (postrzegane ryzyko związane ze zmianą na nieznanego dostawcę/produkt); – *koszty wyszukania/oceny* (czas i wysiłek związany z oceną potencjalnych alternatywnych dostawców/produktu); – *koszty po zmianie* (*post-switching costs*, strata czasu i wysiłek związany z dopasowaniem się do nowego dostawcy/produktu, w przypadku SI/TI głównie wysiłek/koszty nauki nowego systemu); – *koszty startowe* (np. formalności związane z założeniem konta przy zmianie banków); – *koszty utopione* (postrzegana wielkość kosztów poniesionych i niemożliwych do odzyskania). W literaturze można znaleźć propozycje różnych skal pomiaru postrzeganych kosztów zmiany. Przykładowo Balabanis i inni (2006) opracowali skalę pomiaru postrzeganych kosztów u klientów sklepów internetowych. Pomimo tego, że koszty zmiany są (jak się wydaje) istotnym czynnikiem przy podejmowaniu decyzji o porzuceniu określonej SI/TI na rzecz innej, to ich znaczenie w obszarze informatyki ekonomicznej jest słabo rozpoznane (Whitten i Wakefield, 2006), a próby definicji, systematyki czy pomiaru – nieliczne⁵⁹. W literaturze przedmiotu

⁵⁹Warto przy tym zwrócić uwagę, że wprawdzie występujący w teorii DOI czynnik *kompatybilności* niewątpliwie obejmuje *koszty zmiany*, ale jest pojęciem znacznie szerszym. Dodatkowo skale pomiarowe czynnika

byliśmy w stanie oszukać zaledwie dwie pozycje. Whitten i Wakefield zaproponowali skalę pomiaru wielkości kosztów zmiany dla zleconych usług SI/TI (szerzej omawianą w punkcie 2.6.4). Skala ta jest przeznaczona do pomiaru kosztów zmiany na poziomie instytucjonalnym. Pae i Hyun (2006) zaproponowali jednowymiarową refleksyjną skalę, która wydaje się bardziej adekwatna do pomiaru kosztów zmiany na poziomie indywidualnym.

Koszty zmiany wpływają zarówno na lojalność, jak i satysfakcję. Przykładowo Chang i Chen (2008) zweryfikowali (na próbie klientów sklepów internetowych) model, w którym postulowano, iż satysfakcja i koszty zmiany determinują *lojalność*. Dodatkowo *koszty zmiany* wpływają także na wielkość satysfakcji. Kontekst badań marketingowych powoduje, że *lojalność* jest mierzona zwykle jako intencja zmiany dostawcy/produktu, ale Pae i Hyun (2006) zaadaptowali model satysfakcja-lojalność-koszty do objaśnienia wykorzystania systemów firmy Microsoft, konceptualizując lojalność nie jako *intencję zmiany*, ale jako *zamiar dalszego używania*.

Wykorzystanie metody SERVQUAL Jeszcze innym sposobem pomiaru satysfakcji jest wykorzystanie metody SERVQUAL stosowanej w obszarze marketingu (Parasurman i inni, 1985). W metodzie SERVQUAL należy zmierzyć pięć następujących wymiarów jakości usług (Ilang i inni, 2002, s. 146):

- niezawodność (*reliability*) – zdolność do dostarczania obiecannej usługi na czas i w akuratny sposób;
- namacalność (*tangibles*) – „wygląd zewnętrzny” urządzeń służących do dostarczania usługi, „wygląd zewnętrzny” pracowników obsługujących usługobiorcę⁶⁰;
- reagowanie (*responsiveness*) – szybka reakcja na wymogi stawiane przez usługobiorcę, pomoc usługobiorcy;

kompatybilności są „bezkontekstowo-ogólne” i składają się z pytań podobnych do: *korzystanie z systemu X pasuje do wszystkich aspektów mojej pracy* albo *używanie systemu X pasuje do stylu mojej pracy* (Moore i Benbasat, 1991, s. 216).

⁶⁰W przypadku usług SI/TI może to być ocena interfejsu aplikacji i/lub ocena pracowników działu IT organizacji.

— pewność (*assurance*) – wiedza i uprzejmość usługodawcy, zdolność do wzbudzania zaufania i pewności u odbiorców usług;

— empatia (*empathy*) – utożsamianie się z potrzebami usługobiorcy.

Według oryginalnej koncepcji Parasurmana i innych (1985) jakość jest definiowana jako „różnica między oczekiwaniami usługobiorcy wobec usługi a jej percepcją”. Poszczególne wymiary SERVQUAL są mierzone dwukrotnie (przed i po skorzystaniu z usługi) z wykorzystaniem testu składającego się z 22 pytań. a satysfakcja jest definiowana jako różnica pomiędzy obu wynikami. W literaturze podnoszone są liczne uwagi krytyczne odnośnie poprawności pomiaru satysfakcji w ten sposób. Uważa się, że (van Dyke i inni, 1997, s. 196–203): – pomiar satysfakcji dla wszystkich rodzajów usług za pomocą jednego instrumentu jest niewłaściwy (problematiczna trafność teoretyczna (James i inni, 2000)); – czynnik oczekiwań posiada wieloznaczną interpretację, oraz – sposób pomiaru satysfakcji jako różnicy pomiędzy oczekiwaniami a percepcją jest w wielu badaniach empirycznych błędny (niska rzetelność i niska trafność dyskryminacyjna)⁶¹.

Pomimo powyższych wątpliwości, test SERVQUAL jest wykorzystywany do badania jakości usług, w tym jakości SI/TI (Jiang i inni, 2002; Kang i Bradley, 2002; Lee i inni, 2009)⁶². DeLone i McLean (2003, s. 18) zalecają wykorzystanie SERVQUAL do pomiaru czynnika *jakość usług* w poprawionym modelu sukcesu SI/TI. Proponowane są także modyfikacje SERVQUAL, przykładowo Boshoff (2007) mierzy satysfakcję użytkowników aplikacji *e-business* za pomocą testu E-S-QUAL, opartego na SERVQUAL.

⁶¹W związku z tym, zamiast mierzenia różnicy pomiędzy oczekiwaniami a percepcją proponowany jest pomiar wyłącznie percepcji (Cronin Jr. i Taylor, 1994).

⁶²Z opisanych w tym punkcie miar satysfakcji tylko SERVQUAL został zaadaptowany w polskiej praktyce badawczej. Metoda została wykorzystana m.in. w badaniach jakości usług służby zdrowia i usług bibliotecznych (Sidor, 2000).

2.6. Przyswojenie i akceptacja technologii w organizacji

Dyfuzja i akceptacja innowacji na poziomie organizacji to temat badawczy podejmowany od lat w obszarze wielu dyscyplin naukowych (socjologia, ekonomia, nauki o zarządzaniu itp.)⁶³. Pomimo różnorodności założeń, metod i podejść badawczych, cel badań można sprowadzić do odpowiedzi na trzy następujące pytania: – co określa szybkość i zasięg przyswojenia innowacji w populacji potencjalnych adaptatorów? – jakie czynniki determinują iż jedna organizacja jest bardziej skłonna do przyswajania innowacji niż inna? – jakie czynniki decydują iż konkretna innowacja jest przyswajana? Pomimo tego, nie istnieje jedna, ogólnie przyjęta teoria innowacji ani nie wygląda na to, że takowa powstanie. Jak zauważa Fichman (2000, s. 4), „z braku ogólnej teorii [akceptacji] innowacji powinny być stosowane teorie „średniego zasięgu” – tj. teorie dopasowane do specyfiki pewnych typów technologii i/lub środowiska, w którym następuje przyswojenie”.

W tym punkcie dokonamy przeglądu owych teorii «średniego zasięgu» stosowanych w praktyce badawczej Informatyki Ekonomicznej. Podobnie jak w przypadku akceptacji na poziomie indywidualnym większość modeli jest oparta o koncepcje zapożyczone z innych nauk: socjologia (teoria dyfuzji innowacji, punkt 2.6.1), ekonomia (punkt 2.6.3) i zarządzanie (punkt 2.6.4). Nawet pobieżny przegląd literatury wskazuje, że wiele, jeżeli nie większość badań przyswajania SI/TI przez organizacje jest oparte o bardzo słabą podstawę teoretyczną, próbując wyjaśnić zjawisko za pomocą modeli, które można określić jako formułowane *ad hoc* (wliczyć w to można „model” *Technologia-Organizacja-Środowisko*, opisywany w punkcie 2.6.2). Modele tego typu sprowadzają się do wyjaśnienia tak lub inaczej zdefiniowanej akceptacji za pomocą czynników albo „zapożyczonych” z różnych większych

⁶³Przegląd badań nad zjawiskiem dyfuzji innowacji w szerszej perspektywie, nie tylko ograniczonej do SI/TI zawierają artykuły Gopalakrishnana i Damanpoura (1997), Damanpoura (1991) oraz Geroskiego (2000). Monografia Stonemana (2002) jest przeglądem teorii i modeli dyfuzji innowacji opracowanych w obszarze nauk ekonomicznych. Praca Shy'a (2001) koncentruje się na analizie rynków cechujących się efektem sieciowym, kosztami zmiany oraz efektem skali.

modeli opracowanych w obszarze dziedzin referencyjnych albo wykorzystanych w poprzednich publikacjach. Mała liczba badań poświęconych przyswajaniu SI/TI przez organizacje (w porównaniu do akceptacji indywidualnej) powoduje, że trudno jest znaleźć zależności, co do których istniałby potwierdzony przez „kumulatywną tradycję” (Keen, 1980) konsensus. Mała liczba badań powoduje również, że instrumenty proponowane do pomiaru wykorzystywanych czynników są przeciętnie niskiej jakości, mają wątpliwą trafność i/lub rzetelność.

2.6.1. Teoria dyfuzji innowacji na poziomie organizacyjnym

Jeżeli wdrożenie SI/TI następuje na poziomie organizacji to: – decyzja dotycząca wdrożenia innowacji jest podejmowana *przez kierownictwo organizacji*, a pozostali *członkowie organizacji* mają się tej decyzji podporządkować (ten rodzaj przyswojenia innowacji określany jest też mianem akceptacji etapowej (Kishore i McLean, 2007)); – do implementacji potrzebna jest w wielu wypadkach specjalistyczna wiedza⁶⁴; – wymagane jest współdziałanie wielu członków organizacji po to, aby implementacja zakończyła się sukcesem⁶⁵. Z perspektywy organizacji przyswajanie i akceptacja technologii jest fragmentem wielostopniowego procesu *wdrożenia SI/TI*⁶⁶, którego celem jest upowszechnienie pewnego SI/TI w pewnej społeczności (Cooper i Zmud, 1990, s. 124). Rogers (2003, s. 420–422) dzieli

⁶⁴DOI zakłada, że adopcję determinuje *chęć* potencjalnego adaptującego, podczas gdy w przypadku istnienia bariery wiedzy *zdolność* jest bardziej istotnym czynnikiem. W tym kontekście Cohen i Levinthal (1990) uważają, że *zdolność do implementacji innowacji* jest określona przez czynnik *zdolności absorbcyjnych* (*absorptive capacity*) rozumiany jako zdolność do oceny i zastosowania informacji.

⁶⁵Ponadto w przypadku SI/TI występują efekty sieciowe (Begg i inni, 2003, s. 287–288). Nie ma sensu wdrażanie systemu elektronicznej wymiany danych (EDI), jeżeli dostawcy też tego nie zrobią.

⁶⁶W tej części teoria DOI nawiązuje do modelu Lewina (zwanego także w literaturze anglosaskiej modelem Lewina-Scheina), który wyjaśnia proces zmian w organizacji. Model wyróżnia trzy etapy zmiany (Kisielnicki i Sroka, 1999, s. 55): *odmrożenie*, *wprowadzenie zmian* oraz *zamrożenie*. Na etapie odmrożenia grupa lub organizacja uznaje zmianę za konieczną oraz wyraża gotowość jej dokonania. Wprowadzenie zmiany obejmuje

proces *wdrożenia*⁶⁷ na dwa zasadnicze etapy: inicjalizację (w tym *ustalanie porządku i dopasowanie*) oraz implementację (składającą się z faz redefiniowania/restrukturyzacji, objaśniania i rutynizacji). Cooper i Zmud (1990) proponują podobny podział, dzieląc proces implementacji na sześć następujących etapów:

- *Inicjacja*, w tej fazie w rezultacie nacisku na zmianę, wynikającego albo z potrzeb organizacyjnych (*pull*) albo innowacji technologicznych (*push*) lub obu następuje skojarzenie potrzeb/problemów organizacji z dostępnymi rozwiązaniami w postaci systemów/aplikacji SI/TI.
- *Adopcja*, podejmowana jest decyzja odnośnie alokacji środków niezbędnych do adaptacji⁶⁸.
- *Adaptacja*, system SI/TI jest nabywany, instalowany i eksploatowany. Procedury organizacyjne są odpowiednio korygowane. Użytkownicy są szkoleni odnośnie nowych procedur/aplikacji.
- *Akceptacja*, członkowie organizacji są zachęceni do wykorzystywania aplikacji.
- *Rutynizacja*, wykorzystanie aplikacji SI/TI staje się normą w organizacji.

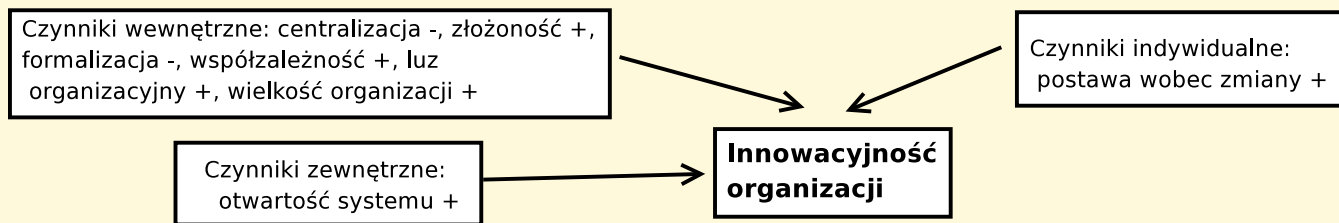
wytworzenie i przyjęcie nowych postaw, wartości i zachowań. „Ponowne zamrożenie” zaś, to utrwalenie nowych wzorców zachowań, które stają się nowym sposobem postępowania w grupie lub organizacji.

⁶⁷Cooper i Zmud określają cały proces wdrożenia słowem *implementation*, podczas gdy Rogers określa tym termin tylko jego drugą fazę. Ponieważ w języku polskim słowa *implementacja* oraz *wdrożenie* to synonimy, w tej pracy będziemy używać słowa *implementacja* w znaczeniu etap procesu wdrożenia SI/TI. Druga uwaga językowa dotyczy terminu *adopcja*, będącego tłumaczeniem angielskiego słowa *adoption*, które także pojawia się w literaturze w różnych znaczeniach. W niniejszej pracy będzie oznaczać *decyzję organizacji odnośnie wdrażania SI/TI*.

⁶⁸Większość badań dotyczących wdrożenia systemów SI/TI w organizacji koncentruje się na fazie adopcji, próbując znaleźć czynniki determinujące tę decyzję. Adopcja nie musi jednakże oznaczać powszechnego wykorzystania technologii, np. Cooper i Zmud (1990) badając proces implementacji systemów MRP, stwierdzili, że wprowadzie prawie 3/4 badanych organizacji zaadaptowało systemy MPR, ale tylko niecałe 1/3 z nich zaimplementowało je.

— *Infuzja*, wykorzystanie aplikacji zwiększa efektywność organizacji⁶⁹.

Rogers (2003, s. 411) wskazuje na trzy aspekty wpływające na przyswajanie innowacji przez organizację: – czynniki indywidualne przywódcy/lidera zmiany; – czynnik wewnętrzne/struktura organizacyjna jednostki; – czynniki zewnętrzne. Na rys. 2.8 przedstawiono schematycznie model Rogersa – czynniki oznaczone znakiem „–” wpływają negatywnie, a znakiem „+” pozytywnie na proces przyswajania (według Rogersa).



Rysunek 2.8: Czynniki innowacyjności na poziomie organizacyjnym, opr. własne za: Rogers (2003, s. 411, rys. 10.2)

Poszczególne aspekty są dalej scharakteryzowane w różnym stopniu szczegółowości. Jako charakterystyki zewnętrzne wymieniany jest tylko jeden czynnik, *otwartość systemu*, rozumiany jako „stopień w jakim członkowie organizacji są powiązani z jednostkami zewnętrznymi” (Rogers, 2003, s. 408). Aspekt wewnętrzny składa się z większej liczby czynników, w tym:

— centralizacja to stopień koncentracji władzy i prawa podejmowania decyzji w organizacji. Organizacja bardziej scentralizowana jest mniej innowacyjna. Jedną z przyczyn może być utrudniony przepływ informacji pomiędzy poziomem operacyjnym a centralnym szczeblem zarządzania organizacją. Czynnik ten może być mierzony liczbą poziomów w strukturze organizacji.

⁶⁹ Inicjacja odpowiada etapowi „rozmrózenia” w teorii Lewina, adopcja i adaptacja – *wprowadzeniu zmiany*, zaś pozostałe etapy – *fazie zamrózenia* (Cooper i Zmud, 1990).

- złożoność (*complexity*), tj. stopień zróżnicowania wiedzy członków organizacji. Organizacja zatrudniająca specjalistów z wielu dziedzin jest bardziej innowacyjna. Czynniki ten jest mierzony przykładowo liczbą specjalizacji lub stopniem *profesjonalizacji* (ukończone kursy, uzyskane certyfikaty, itp.)
 - luz organizacyjny, tj. wielkość niewykorzystanych zasobów (*slack resources*). Postuluje się dodatnią zależność pomiędzy wielkością niewykorzystanych zasobów a skłonnością do innowacji.
- Niewątpliwie na przebieg procesu przyswajania SI/TI wpływ ma też jej rodzaj (Thong, 1999). Rodzaj SI/TI ma też wpływ na sposób mierzenia jej wykorzystania przez organizację.

Pomiar wykorzystania SI/TI Kwan i West (2005) wskazują, że tak kluczowe czynniki, jak funkcjonalność systemu, ryzyko i koszty mogą być różnie oceniane w organizacjach w zależności od kategorii systemu⁷⁰. W przypadku systemów strategicznych należy oczekiwać minimalizacji ryzyka, a nie kosztów, dokładnie odwrotnie niż w przypadku oprogramowania wspierającego. Można też oczekiwać większej skłonności innowacyjnej w grupie aplikacji wspierających i eksperymentalnych, a mniejszej w przypadku aplikacji strategicznych i krytycznych.

Im bardziej skomplikowana jest SI/TI, tym trudniej znaleźć dobry sposób pomiaru jej wykorzystania. Akceptowalny, w przypadku systemów prostych, pomiar na zasadzie używa/nie używa w przypadku SI/TI trzeciej kategorii Swansona (systemy CRM lub ERP) jest często zastępowany określeniem stopnia wykorzystania, np. przez udział zadań realizowanych przy wykorzystaniu SI/TI, liczbę różnych procesów/zadań realizowanych za pomocą SI/TI (Zhu i inni, 2006b) albo wpływu na organizację. Stosowane są też mniej precyzyjne sposoby pomiaru, np. zamiar implementacji (Zhu i Kraemer, 2005).

Przykładem wykorzystania teorii dyfuzji innowacji jest praca Coopera i Zmuda (1990), w której implementację systemów klasy MRP objaśnia kompatybilność zdefiniowana jako dopasowanie możliwości systemu MRP do specyfiki zadań realizowanych przez organizację. Oszacowany model regresji

⁷⁰Por. klasyfikację oprogramowania Kwana i Westa w punkcie 3.2.

logistycznej objaśnia adopcję systemów MRP, ale nie objaśnia etapu *infuzji*. Według Coopera i Zmuda (1990, s. 134) potwierdza to tezę, że modele zakładające, iż jednostka podejmuje racjonalne decyzje na podstawie porównania korzyści i kosztów, są odpowiednie na wstępnych etapach implementacji SI/TI podczas gdy na etapach późniejszych – z uwagi na dużą niepewność i ryzyko – lepsze mogą być teorie wyjaśniające przyswojenie w kategoriach teorii organizacyjnego uczenia lub wpływów politycznych.

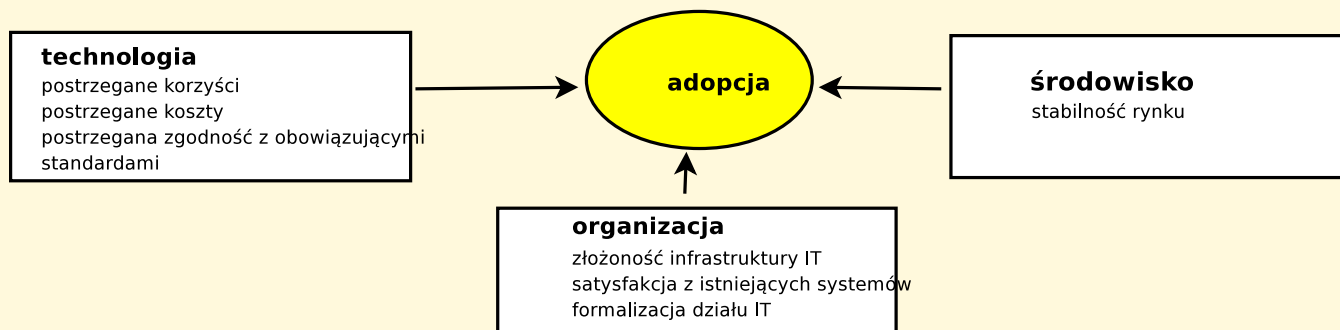
Modele implementacji SI/TI na poziomie organizacyjnym często zawierają czynniki kompatybilności oraz postrzeganych korzyści (określanych również jako *względna przewaga*). Przykładowo model opracowany przez Purvisa i Zmuda (2001) na podstawie teorii instytucjonalnej⁷¹ objaśnia, iż zjawisko przyswojenia narzędzi typu CASE przez organizacje, determinowane jest m.in. przez czynnik kompatybilności. Inne przykłady można znaleźć w pracach: Huang i inni (2008); Thong (1999); Premkumar i inni (1994).

2.6.2. Model Technologia-Organizacja-Środowisko

Tornatzky i Fleischer (1990; 2004) wyróżniają trzy aspekty wpływające na proces adaptacji innowacji: aspekt technologiczny, aspekt organizacyjny oraz środowisko zewnętrzne (*technology-organization-environment*, TOE, por. rys. 2.9). Aspekt technologiczny opisuje zarówno wewnętrzne, wykorzystywane przez organizację jak i zewnętrzne SI/TI. Czynnik organizacyjny jest definiowany w takich kategoriach jak wielkość firmy, jej zasięg organizacyjno-geograficzny, stopień centralizacji i/lub formalizacji struktur zarządzania, wielkość dostępnych zasobów (*slack resources*), jakość zasobów ludzkich. Wreszcie czynnik środowiskowy opisuje środowisko, w którym działa firma, tj. gałąź przemysłu, konkurenci, dostawcy, odbiorcy, ograniczenia prawne itp. Postuluje się, że powyższe czynniki wpływa-

⁷¹Teoria instytucjonalna postuluje, iż zachowanie członków organizacji jest określone przez różnorakie ograniczenia bądź to natury formalnej (reguły, prawo), bądź nieformalnej (normy zachowania, kultura czy konwencje), „określające strukturę bodźców w społeczeństwach” (Purvis i inni, 2001; Fichman i Kemerer, 1997).

ją na decyzje odnośnie wdrożenia SI/TI, tyle że TOE jest raczej ogólną koncepcją niż konkretną teorią. Ani konceptualizacja poszczególnych aspektów, ani struktura zależności przyczynowych w modelu nie jest precyzyjnie określona. W zasadzie TOE jest niewiele więcej niż zbiorem czynników, które są uważane – na podstawie wcześniejszych badań – za istotne przyczyny przyswajania SI/TI przez organizacje. Niemniej TOE jest przykładem najczęściej wykorzystywanej w praktyce badawczej teorii „średniego zasięgu”, postulowanej przez Fichmana.



Rysunek 2.9: Model Technologia-organizacja-środowisko, opr. własne za: [Chau i Tam \(1997\)](#)

Model TOE został wykorzystany w wielu badaniach wyjaśniających zjawisko przyswajania systemów SI/TI przez organizacje, w tym w badaniu wykorzystania systemów elektronicznej wymiany danych (*electronic bussiness interchange*, EDI) i wykorzystania technologii Internetowych do działalności gospodarczej (*e-business*) ([Teo i inni, 2009](#); [Hong i Zhu, 2006](#); [Zhu i Kraemer, 2005](#); [Zhu i inni, 2004, 2003](#); [Iacovou i inni, 1995](#); [Ramamurthy i inni, 1999](#)), elektronicznych usług administracji publicznej (*e-government*) ([Tung i Rieck, 2005](#)) systemów otwartych ([Kuan i Chau, 2001](#); [Chau i Tam, 2000, 1997](#))⁷² oraz adopcji oprogramowania *open source* ([Przechlewski i Strzała, 2006a,b](#);

⁷²Prace Zhu i Chau są interesujące z jeszcze jednego powodu. Zarówno bowiem implementacja systemów

Strzała i Przechlewski, 2005) jako platformy systemowej (Dedrick i West, 2004) oraz systemów zarządzania ERP/CRM (Bradford i Florin, 2003; Chang i inni, 2005; Ko i inni, 2008). W badaniu adopcji i przyswojenia technologii telekomunikacyjnych w USA (Grover i Goslar, 1993) także wykorzystano schemat TOE, nie powołując się wprawdzie na pracę Tornatzky'ego i Fleischera i stosując odmienną terminologię. W omawianych badaniach poszczególne „aspekty” były operacjonalizowane za pomocą różnych czynników, np. w badaniu Chau i Tama (1997) znalazły się następujące czynniki (por. rys. 2.9):

- *Aspekt technologiczny*: postrzegane korzyści, postrzegane koszty, postrzegane znaczenie zgodności systemu z obowiązującymi standardami.
- *Aspekt organizacyjny*: stopień złożoności infrastruktury, satysfakcja z dotąd wykorzystywanych systemów, stopień formalizacji działu SI/TI.
- *Środowisko zewnętrzne*: stabilność rynku, na którym działa organizacja.

W badaniu stwierdzono odwrotną i statystycznie istotną zależność pomiędzy poziomem satysfakcji z dotąd wykorzystywanych systemów oraz postrzeganymi kosztami a wykorzystaniem systemów otwartych. Związek pomiędzy stopniem komplikacji infrastruktury SI/TI a wykorzystaniem systemów otwartych okazał się nieistotny, podobnie jak zależność pomiędzy postrzeganymi korzyściami a wykorzystaniem.

Pomiar zmiennej objaśnianej w modelach TOE jest prosty: jest to albo wykorzystanie/zamiar wykorzystania (zmienna binarna korzysta/nie korzysta) albo zakres wykorzystania. Zakres wykorzystania wydaje się być dużo lepszą miarą z uwagi na wieloaspektowość zjawiska, tyle że w praktyce często jest on niemożliwy do wykonania (przykładowo w badaniach ankietowych respondent nie dysponuje szczegółową wiedzą lub jej zdobycie jest dla niego tak czasochłonne, że albo będzie podawał dane otwartych, jak i rozwiązań e-bussiness zamiast używanych wcześniej technologii typu EDI, są przykładami scenariusza, w którym jedna technologia jest zastępowana przez inną o podobnej funkcjonalności. Jest to sytuacja podobna, np. do migracji od oprogramowania własnościowego do oprogramowania open source (por. rozdział 4).

„z sufitu” lub odmówi odpowiedzi). Z kolei odpowiedź tak-nie może być zadowalającą miarą tylko w przypadku bardzo prostych systemów⁷³.

Z kolei w modelu zaproponowanym przez Dedricka i Westa (2004) znalazły się następujące czynniki:

- **aspekt technologiczny:** względna przewaga (niższe koszty, niezawodność), kompatybilność z używanymi dotąd rozwiązaniami (sprzęt, oprogramowanie, umiejętności/wiedza pracowników), testowalność.
- **aspekt organizacyjny:** innowacyjność działu SI/TI, ranga systemów SI/TI w organizacji, dostępność niewykorzystanych zasobów.
- **środowisko zewnętrzne:** dostępność wsparcia zewnętrznego, np. w postaci oferty firm doradczych i integratorów.

Thong (1999) do objaśnienia przyswajania SI/TI przez małe firmy zaproponował model zawierający następujące czynniki: innowacyjność właściciela (mierzona za pomocą skali Adaptacji-Innowacji Kirtona, por. punkt 2.3.3), wiedza właściciela, względna przewaga, kompatybilność oraz złożoność (aspekt technologiczny), wielkość firmy, wiedza pracowników, znaczenie informacji w działalności gospodarczej (organizacja) oraz stopień konkurencji (środowisko). Empiryczna weryfikacja modelu przyczynowego wykazała, iż tylko czynniki organizacyjne okazały się istotne dla wyjaśnienia akceptacji SI/TI.

W innych badaniach analizowanymi czynnikami były: *gotowość technologiczna* (*technology readiness*) rozumiana jako dostępność infrastruktury umożliwiającej implementację⁷⁴ oraz wiedza

⁷³Pomimo tego, jest to miara najczęściej stosowana (Kuan i Chau, 2001; Chau i Tam, 2000).

⁷⁴Czynnik ten jest istotny w badaniach systemów elektronicznej wymiany danych: bez sprawnych sieci teleinformatycznych, wdrożenie systemów EDI nie jest możliwe. Zhu i inni (2003) określił *gotowość technologiczną* jako czynnik wieloaspektowy składający się z trzech aspektów: *infrastruktury IT, znajomości technologii Internetowych oraz znajomości rozwiązań e-bussiness przez kierownictwo organizacji*. Pierwszy czynnik jest mierzony za pomocą 6 pytań dotyczących wykorzystywania różnych technologii internetowych przy wyko-

pracowników (Iacovou i inni, 1995), zasięg działania firmy (lokalna, globalna) i jej wielkość, oraz stopień konkurencji na rynku. Konkurencja rynkowa w większości badań istotnie i pozytywnie wpływa na decyzje co do adopcji i implementacji innowacji (Zhu i Kraemer, 2005; Iacovou i inni, 1995). Wiele badań wykazało także istnienie pozytywnej zależności pomiędzy innowacyjnością firmy a jej wielkością i zasięgiem działania (Lee i Xia, 2006; Zhu i Kraemer, 2005; Zhu i inni, 2003; Thong, 1999; Grover i Goslar, 1993).

2.6.3. Teoria instytucjonalna DiMaggio i Powella

DiMaggio i Powell zauważają, iż organizacje stają się coraz bardziej homogeniczne i wskazują jako czynnik sprawczy tego zjawiska *izomorfizm instytucjonalny* (*institutional isomorphism*) rozumiany jako „proces, wymuszający na danej organizacji upodobnianie się do innych organizacji/struktur działających w tych samych warunkach”. W rezultacie organizacja *zmienia* się i staje bardziej *kompatybilna* ze środowiskiem. Teoria wyróżnia trzy rodzaje *izomorfizmu* między organizacjami (Teo i inni, 2003):

- **Izomorfizm przymusowy** (*coercive isomorphism*), rozumiany jako „naciski” otoczenia (formalne i nieformalne) w postaci na przykład regulacji prawnych czy oczekiwań kulturowych.
- **Izomorfizm naśladowczy** lub imitujący (*mimetic isomorphism*) to naśladownictwo organizacyjne. Izomorfizm naśladowczy ma na celu przezwyciężenie barier istniejących w środowisku cechującym się niepewnością. Imitowanie działań innych organizacji jako reakcja na niepewność

rzystaniu skali binarnej (tak/nie), drugi – za pomocą 5 pytań dotyczących umiejętności obsługi programów komunikacyjnych przez użytkowników, a trzeci to dwa pytania o kompetencje kierownictwa dotyczące systemów sprzedaży i zamówień wykorzystujące sieć Internet. Można mieć poważne wątpliwości: zarówno co do przydatności takiej skali pomiarowej w innych badaniach, jak i poprawności metodologicznej tak zdefiniowanego i mierzonego czynnika.

może być równie mocnym impulsem sprzyjającym instytucjonalnemu upodabnianiu się, jak presja kierownictwa.

- **Izomorfizm normatywny** (*normative isomorphism*) normatywne naciski na kierownictwo w trakcie jego profesjonalizacji (określone przygotowanie zawodowe, korzystanie z tych samych firm doradczych, rekrutacja pracowników przez te same, duże firmy doradztwa personalnego czy członkostwo w tych samych stowarzyszeniach zawodowych sprawiają, że kierownictwo organizacji reprezentujących określone sektory działalności gospodarczej upodabnia się do siebie.)

Teoria DiMaggio i Powella została przyjęta jako podstawa teoretyczna wyjaśniająca przyswojenie SI/TI przez Teo i innych (2003) oraz Lianga i innych (2007). W badaniu Teo i innych (2003) powyższe *izomorfizmy* w kontekście wyjaśnienia adopcji systemów EDI zostały zdefiniowane/mierzone jako czynniki ukryte drugiego stopnia bezpośrednio wpływające na *zamiar implementacji* EDI w następujący sposób: *izomorfizm normatywny* – postrzegana wielkość przyswojenia EDI wśród dostawców, odbiorców oraz uczestnictwo w stowarzyszeniach zawodowych; *izomorfizm przymusowy* – zależność organizacji od tych odbiorców, dostawców i/lub centrali, którzy zaadoptowali EDI; *izomorfizm naśladowczy* – postrzegana wielkość przyswojenia EDI wśród konkurentów organizacji oraz postrzegany sukces systemów EDI w organizacjach konkurentów. Empiryczna weryfikacja modelu potwierdziła istotność zależności w modelu i jego zadowalające dopasowanie (współczynnik $R^2 = 33,2$).

Liang i inni zmodyfikowali model zaproponowany przez Teo i innych (2003), wykorzystując go do objaśnienia przyswajania systemów ERP (system strategiczny w podziale Kwana i Wanga albo trzeciej kategorii w klasyfikacji Swansona, por. s. 162). W modelu opracowanym przez Lianga *stopień przyswojenia* SI/TI jest bezpośrednio objaśniany przez dwa czynniki: *przekonania kierownictwa odnośnie systemów ERP* i *zaangażowanie kierownictwa w implementację systemów ERP*, które z kolei są objaśniane przez czynniki izomorfizmu normatywnego, naśladowczego oraz przymusowego⁷⁵.

⁷⁵W pracy Lianga i innych (2007, s. 81) można znaleźć skale pomiarowe dla czynników w proponowanym modelu, w tym skale pomiaru *izomorfizmu* dostosowane do specyfiki systemów ERP. Por. także uwagi dotyczące

2.6.4. Wykorzystanie teorii ekonomicznych

Ekonomiczne teorie dyfuzji technologicznej można podzielić na następujące cztery kategorie: modele epidemiczne, modele rang, modele porządku oraz modele zasobów (Stoneman, 2002, s. 106–135). Modele epidemiczne są najstarsze i opierają się na założeniu, iż kluczowym czynnikiem warunkującym dyfuzję jest zdolność rozpowszechniania się informacji o nowej technologii⁷⁶. Model rang (*rank models*) jest oparty na założeniu, iż heterogeniczność firm objaśnia wzorce dyfuzji (Forman i Goldfarb, 2006). Firmy są zróżnicowane pod względem możliwości zdyskontowania nowej technologii (zwrot netto z wdrożenia). Zróżnicowanie to jest związane przykładowo z: wielkością firmy (duże firmy są zdolne do łatwiejszej absorpcji ryzyka, mają przeciętnie łatwiejszy dostęp do zewnętrznych zasobów finansowych oraz łatwiej osiągną efekt skali z zastosowania nowej technologii), opiniami kierownictwa/liderów zmiany dotyczącymi opłacalności nowej technologii albo kosztów wyszukiwania informacji (*search costs* – dla organizacji ponoszących większe koszty transakcyjne związane z zapoznaniem się z nową technologią, będzie ona mniej opłacalna niż dla organizacji ponoszących mniejsze

teoretycznej poprawności modelu, z punktu widzenia postulowanych zależności przyczynowych, przedstawione w punkcie 1.2.2 (przypis 21, s. 30). Dodatkowo ocena empiryczna modelu wskazuje, że z zakładanych trzech współczynników strukturalnych, pomiędzy czynnikami pierwszego stopnia a czynnikiem zaangażowanie kierownictwa, dwa są nieistotne.

⁷⁶Początkowo potencjalni adaptatorzy nie wiedzą nic lub bardzo mało o innowacji i dlatego jej nie implementują. W miarę postępu procesu dyfuzji, coraz większa liczba adaptatorów dostarcza – poprzez codzienne kontakty – informacje o innowacji pozostałym. Proces ten jest metaforycznie porównywany do rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych, stąd nazwa modelu. Zwiększająca się liczba adaptatorów powoduje przyspieszenie procesu dyfuzji, aż do momentu, gdy liczba adaptatorów przekroczy liczbę tych, którzy jeszcze innowacji nie wdrożyli. Zakłada się, że prawdopodobieństwo „zarażenia” się innowacją jest różne dla różnych technologii. Model zakłada, iż pewne organizacje wdrażają technologie szybciej niż inne wyłącznie z powodu braku informacji. Większe prawdopodobieństwo „zarażenia” odpowiada sytuacji, w której niektóre innowacje są łatwiejsze do „wyperswadowania” potencjalnym adaptatorom.

koszty). Ponieważ firmy są heterogeniczne, mogą być uszeregowane według wielkości zwrotu netto z wdrożenia. Organizacje dla których zwrot netto z wdrożenia będzie ujemny, nie będą wdrażać innowacji. Zakłada się, że wraz z upływem czasu przeciętny zwrot netto z wdrożenia będzie wzrastał⁷⁷. Model zasobów zakłada, że jeżeli nowa technologia zmniejsza koszty produkcji, to przedsiębiorstwo ją adaptujące zwiększy wolumen produkcji, co z kolei spowoduje spadek cen rynkowych. Zwiększający się udział przedsiębiorstw adaptujących innowację będzie powodował zmniejszanie się zysków zarówno adaptatorów, jak i maruderów. Modele porządku zakładają, iż korzyści z wdrożenia nie są jednakowe, ale zmniejszają się monotonicznie wraz ze wzrostem liczby adaptatorów – korzyści innowatorów są dużo wyższe niż maruderów, co jest premią za pierwszeństwo.

Efekt zewnętrzny i koszty zmiany Modele zasobów i porządku zakładają ujemny efekt zewnętrzny, tj. korzyści z zastosowania nowej technologii zmniejszają się wraz ze wzrostem liczby użytkowników (Forman i Goldfarb, 2006). Z drugiej strony akceptacja nowej technologii może powodować zwiększenie korzyści przedsiębiorstw adaptujących ją wcześniej. Uważa się powszechnie, że rynek oprogramowania charakteryzuje się znacznymi dodatnimi efektami zewnętrznymi, określanymi jako efekty sieci. Zewnętrzny efekt sieci to zjawisko oznaczające wzrost postrzeganej korzyści z wykorzystania określonego dobra spowodowany wzrostem liczby jego użytkowników (Katz i Shapiro, 1985). Rynek usług telekomunikacyjnych, taki jak usługi telefoniczne, jest „klasyczną” ilustracją zjawiska efektu sieci. Sieci są w naturalny lub stymulowany przez strategię rynkową producentów SI/TI niekompatybilne, co powoduje powstanie kosztów zmiany. Przyswajanie wielu innowacji technologicznych, zwłaszcza innowacji SI/TI jest zdeterminowane wielkością kosztów zmiany (Begg i inni, 2003, s. 286).

W literaturze znaleźć można nieliczne próby ilościowego oszacowania wielkości efektu sieciowe-

⁷⁷Przyczynami są m.in.: zewnętrzna ekonomika skali (nowe technologie obniżają ceny czynników produkcji dla wszystkich), efekt uczenia się przez działanie (adaptatorzy poprawiają i udoskonalają technologię) oraz mniejsze koszty wyszukiwania informacji.

go, co wynika z trudności w pomiarze tego pojęcia i generalnie braku danych dotyczących produkcji oprogramowania. Jako miarę wielkości efektu przyjmuje się często – oszacowaną w ten lub inny sposób – wielkość sieci. Brynjolfsson i Kemerer (1996) wykorzystując metodę regresji hedonicznej, oszacowali wpływ efektu sieciowego, jakości i kompatybilności na cenę arkusza kalkulacyjnego. Efekt sieciowy był mierzony jako wielkość udziału w rynku, a kompatybilność za pomocą kilkunastu zmienionych zerojedynkowych określających „zgodność” z programem Lotus 1-2-3 – wówczas dominującą na rynku aplikacją. Praca Brynjolfssona i Kemerera – jedna z częściej cytowanych – może być ilustracją ograniczeń takiego typu modeli: objaśniają one zależności (w tym wypadku kształtowanie się cen arkuszy kalkulacyjnych w epoce dominacji Lotus 1-2-3) w wąskiej dziedzinie zastosowań i nic ponadto. *Nota bene*, w chwili publikacji pracy Brynjolfssona i Kemerera (1996 r.), dominującą na rynku aplikacją był już arkusz Excel firmy Microsoft.

Na poziomie przedsiębiorstwa problem pomiaru jest jeszcze większy. Przykładowo, jak zmierzyć koszty zamiany pewnej SI/TI na inną? Z uwagi na brak miar „obiektywnych” stosuje się – na przykład w obszarze marketingu, por. punkt 2.5 – modele behawioralne i mierzy wielkości postrzegane, używając do tego różnych skal pomiarowych (Balabanis i inni, 2006; Burnham i inni, 2003). Ilustracją takiego podejścia może być praca Whittena i Wakefielda (2006), którzy opierając się na teoriach kosztów transakcyjnych oraz wymiany społecznej, proponują wieloczynnikową skalę pomiaru wielkości kosztów zmiany dla zleconych usług SI/TI (IT outsourcing). Zaproponowana skala zawiera 8 czynników oraz 29 pytań. Za pomocą konfirmacyjnej analizy czynnikowej Whitten i Wakefield (2006) weryfikują empirycznie dwa ekwiwalentne modele: model 8 niezależnych czynników pierwszego stopnia oraz model definiujący koszty zmiany jako *refleksyjny* czynnik drugiego stopnia, kształtujący 8 czynników pierwszego stopnia⁷⁸.

⁷⁸Jakkolwiek wyniki empirycznej weryfikacji są niejednoznaczne, ponieważ wartości niektórych parametrów dopasowania modeli są poniżej wartości zalecanych, to praca jest interesującą próbą pomiaru czynnika *kosztów zmiany* w branży usług SI/TI.

Model wyjaśniający adopcję systemów internetowych do prowadzenia działalności gospodarczej (IOS), wykorzystujący koncepcje zapożyczone z teorii ekonomicznych proponują Zhu i inni (2006b). W modelu zakłada się, że decyzja odnośnie wdrażania jest efektem porównania korzyści i kosztów, kształtowanych pod wpływem takich czynników, jak: efekt sieciowy, koszty zmiany (Weitzel i inni, 2006; Pae i Hyun, 2006) oraz ścieżka zależności (por. punkt 3.4). Czynniki *koszty zmiany* i *efekt sieciowy* zostały zdefiniowane jako *formatywne* zmienne ukryte drugiego stopnia. Na *efekt sieciowy* składały się 2 czynniki: *postrzegana wielkość przyswojenia systemów IOS wśród konkurentów* oraz *wpływ otoczenia (dostawców, odbiorców i instytucji rządowych)*. *Koszty zmiany* (por. punkt 2.5) obejmowały 4 czynniki: *koszty finansowe, ryzyko implementacji, bariery prawne oraz postrzegane ryzyko prowadzenia działalności gospodarczej za pomocą Internetu*. Wszystkie czynniki pierwszego stopnia, za wyjątkiem *wpływ otoczenia*, zostały zmierzone przy wykorzystaniu skal traktowanych jako refleksyjne (Zhu i inni, 2006b). Zweryfikowano empirycznie model strukturalny, w którym stopień przyswojenia systemów IOS jest objaśniany bezpośrednio przez czynniki kosztów, korzyści, *gotowości technologicznej* oraz efektu sieciowego, przy czym ten ostatni czynnik wpływa na wielkość przyswojenia systemów IOS pośrednio, poprzez czynnik postrzeganych korzyści (Zhu i inni, 2006b).

Pojęcia efektu sieci i kosztów zmiany omawiamy także w punkcie 3.4 poświęconemu ekonomicznym podstawom produkcji oprogramowania.

2.7. Podsumowanie

W rozdziale dokonano przeglądu teorii wykorzystywanych w praktyce badawczej Informatyki Ekonomicznej do objaśnienia przyswojenie SI/TI na poziomie indywidualnego użytkownika oraz organizacyjnym. Pomimo tego, iż zagadnienie to jest przedmiotem znacznego zainteresowania od lat co najmniej 30, uzyskane osiągnięcia można określić jako skromne: liczba proponowanych modeli jest niewielka, a ich jakość, praktyczna przydatność czy moc predykcyjna jest niska. Najważniejsze wnioski wynikające z przeglądu są następujące:

- Najczęściej stosowane modele akceptacji, tj. model TAM, rozszerzenia TAM lub modele korzystające z teorii dyfuzji innowacji (DOI) są krytykowane za zbytnią prostotę. Naszym zdaniem stosowanie tych modeli winno ograniczać się do „prostej” SI/TI. Tylko w takim przypadku ma sens pytanie użytkownika, czy system SI/TI jest użyteczny (czynnik PU w modelu TAM czy *względna przewaga* w teorii DOI). Zastosowanie modeli TAM/DOI jako teoretycznej podstawy badania akceptacji systemów ERP czy CASE uważamy za co najmniej dyskusyjne.
- Słabą stroną modeli TAM/DOI jest brak powszechnie akceptowanej definicji czynnika *wykorzystania systemu*, pomimo tego, iż pełni on ważną rolę w teoriach akceptacji SI/TI. Brak definicji skutkuje różnymi pomysłami na sposób pomiaru, co w konsekwencji utrudnia porównywanie wyników.
- Pomimo liczącej tysiące pozycji literatury, podstawa teoretyczna nie jest imponująca i sprowadza się do trzech teorii: TAM/UTAUT/DOI oraz modeli DeLone’a-McLeana (punkt 2.4) i Bhattacharjee (punkt 2.5.3). Inne teorie, takie jak model TTE (punkt 2.3.1) lub pomiar satysfakcji użytkownika (punkt 2.5) są wykorzystywane rzadziej, można powiedzieć – sporadycznie.
- W tabeli 2.3 zestawiono wybrane czynniki wykorzystywane w modelach akceptacji SI/TI, wraz z odsyłaczami do pozycji literatury, w których można znaleźć opis skali pomiarowej. Ponieważ dla różnych SI/TI skale są zwykle modyfikowane, zaznaczono rodzaj SI/TI, w kontekście którego wykorzystano skalę oraz liczbę pozycji na skali.
- Znaczenie czynnika kosztów zmiany w akceptacji SI/TI w obszarze informatyki ekonomicznej jest słabo rozpoznane, pomimo tego, że koszty zmiany są (jak się wydaje) istotnym czynnikiem przy podejmowaniu decyzji o porzuceniu określonej SI/TI na rzecz innej.
- Problematyka przyswajania SI/TI na poziomie organizacyjnym jest poruszana znacząco rzadziej w porównaniu do badania akceptacji indywidualnej. Jako podstawę teoretyczną najczęściej wykorzystywany jest model technologia-organizacja-środowisko (punkt 2.6.2), który nie tyle jest konkretną teorią, co raczej pewnym ogólnym schematem postulującym wpływ pewnej liczby czynników na proces implementacji SI/TI. Niska liczba publikacji skutkuje słabością modeli teore-

Nazwa czynnika	Pozycja literatury*
Dobrowolność	różne SI/TI Venkatesh i Davis (2000) (3)
Demonstrowalność	MS Windows Karahanna i inni (1999) (3), PDA Yi i inni (2006b) (2), różne SI/TI Venkatesh i Davis (2000) (4), PC Moore i Benbasat (1991) (4)
Innowacyjność osobista, PIIT	PDA Yi i inni (2006b) (3), WWW Agarwal i Prasad (1998) (4)
Kompatybilność	MS Windows Karahanna i inni (1999) (3), usługi SI/TI Taylor i Todd (1995b) (3), WWW Agarwal i Prasad (1998) (3), PC Moore i Benbasat (1991) (4)
Kontrola behawioralna	PDA Yi i inni (2006b) (3), usługi SI/TI Taylor i Todd (1995b) (3)
Koszty zmiany	MS Windows Pae i Hyun (2006) (3), e-handel Chang i Chen (2008) (4)
Łatwość Użytkowania, PEOU	MS Windows Karahanna i inni (1999) (3), PDA Yi i inni (2006b) (4), Linux Gallego i inni (2008) (7), usługi SI/TI Taylor i Todd (1995b) (3), e-handel Gefen i inni (2000) (6), różne SI/TI Venkatesh i Davis (2000) (4), PC Igbaria i inni (1997) (4), WWW Agarwal i Prasad (1998) (4)
Normy subiektywne	MS Windows Karahanna i inni (1999) (1), PDA Yi i inni (2006b) (4), usługi SI/TI Taylor i Todd (1995b) (2), różne SI/TI Venkatesh i Davis (2000) (2)
Postawa, ATT	MS Windows Karahanna i inni (1999) (3), usługi SI/TI Taylor i Todd (1995b) (4)
Satysfakcja użytkownika, EUCS	ERP Somers i inni (2003) (12), system transakcyjny livari (2005) (6), e-biznes Bhattacharjee (2001) (3)
Potwierdzenie	e-biznes Bhattacharjee (2001) (3)
Użyteczność, PU	MS Windows Karahanna i inni (1999) (4), PDA Yi i inni (2006b) (4), Linux Gallego i inni (2008) (4), usługi SI/TI Taylor i Todd (1995b) (4), e-handel Gefen i inni (2000) (6), różne SI/TI Venkatesh i Davis (2000) (4), PC Igbaria i inni (1997) (4), WWW Agarwal i Prasad (1998) (4)
Wizerunek	MS Windows Karahanna i inni (1999) (3), PDA Yi i inni (2006b) (3), różne SI/TI Venkatesh i Davis (2000) (3), PC Moore i Benbasat (1991) (4)
Zamiar (dalszego) wykorzystania	MS Windows Karahanna i inni (1999) (2), Linux Gallego i inni (2008) (5), usługi SI/TI Taylor i Todd (1995b) (3), e-handel Gefen i inni (2000) (3), różne SI/TI Venkatesh i Davis (2000) (2), e-handel Bhattacharjee (2001) (4)

* Podano liczbę pozycji na skali pomiarowej (w nawiasach) oraz typ SI/TI.

Tabela 2.3: Zestawienie wybranych czynników, wykorzystywanych w modelach akceptacji SI/TI.

tycznych, brakiem uzgodnionych definicji proponowanych czynników oraz sposobów ich pomiaru. Trudno znaleźć dwa teksty wykorzystujące model o tej samej strukturze czynnikowej. Także powtórne wykorzystanie skal pomiarowych jest rzadkością.

- Złożoność wykorzystywanych teorii nie jest wysoka, a aspekt temporalny akceptacji SI/TI rzadko podejmowany (wyjątkiem są prace Kim i Malhotra (2005); Venkatesh i Davis (2000); Bajaj i Nidumolu (1998)).

Prawie 30 lat temu Keen (1980, s. 12) zauważał, że: „informatyka ekonomiczna nie wykształciła żadnej teoretycznej podstawy [...], opisując wpływ zmiany systemów informacyjnych na procesy organizacyjne lub indywidualne, nie mamy zbyt wiele do zmierzenia”. Nawet jeżeli powyższe twierdzenia nie są już całkiem prawdziwe, chociażby dlatego, iż modele TAM/UTAUT są przykładami nielicznych oryginalnych teorii opracowanych w obszarze informatyki ekonomicznej, to postęp jest niewielki. DeLone i McLean (1992) twierdzą, że „jeżeli dorobek informatyki ekonomicznej ma mieć wartość praktyczną, opracowanie dobrze zdefiniowanych miar jest sprawą zasadniczą. Takie miary byłyby przydatne w odpowiedzi na pytania: jak?, kiedy?, w jakim udziale SI/TI wpływa na organizację i stan jej finansów?”. Z drugiej strony jest oczywiste, że w przeciwieństwie do wielu czynników, np. opracowanych w obszarze marketingu, wartość SI/TI jest znacznie trudniejsza do uchwycenia, a natura czynników, takich jak zaangażowanie, satysfakcja, a nawet wykorzystanie SI/TI – skomplikowana.

Podsumowanie stanu badań dotyczących akceptacji organizacyjnej innowacji z obszaru SI/TI znaleźć można w pracach Fichmana (2000; 1992). W polskim piśmiennictwie prace dotyczące problematyki wdrażania SI/TI, posługujące się metodami ilościowymi wykorzystują opis statystyczny, a podejście konfirmacyjne (potwierdzające) nie jest używane. Być może powodem tego stanu rzeczy jest nieznamość teorii rozwijanej w ośrodkach zagranicznych (wyjątkiem jest krótka praca Przechlewskiego (2006)). Jednym z celów przeglądu dokonanego w niniejszym rozdziale było zatem zwiększenie zainteresowania wykorzystaniem podejścia potwierdzającego w praktyce badawczej Informatyki Ekonomicznej w Polsce.

Rozdział 3

Czynnik SI/TI, sektor oprogramowania i oprogramowanie Open Source

*Jeśli ty i ja mamy po jednym jabłku i wymienimy się nimi,
to wtedy ty i ja wciąż będziemy mieli po jednym jabłku.
Ale jeżeli ty i ja mamy pomysł i wymienimy się nimi,
to wtedy obaj będziemy mieli po dwa pomysły.*
George Bernard Shaw¹

Głównym celem rozważań przeprowadzonych w niniejszym rozdziale jest systematyka i opis zjawiska kryjącego się pod pojęciem „oprogramowanie Open Source”, przy czym jeden aspekt tego zjawiska – akceptacja oprogramowania – jest następnie weryfikowany empirycznie w rozdziale 4. Rozdział rozpoczyna wstęp, w którym przedstawiamy rolę czynnika SI/TI w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej. Kolejne dwa punkty mają za zadanie zapoznać czytelnika z zagadnieniami tworzenia oprogramowania, w tym oprogramowania Open Source i specyfiką rynku SI/TI oraz ochroną prawną programów komputerowych. Problemy zarządzania projektem, motywacje interesariuszy i postulowane zalety oprogramowania Open Source przedstawiamy w punkcie 3.5.

¹Za http://en.wikiquote.org/wiki/Talk:George_Bernard_Shaw

3.1. Czynniki SI/TI w badaniach informatyki ekonomicznej

Zanim zajmiemy się oprogramowaniem *Open Source* – powróćmy do problemu tematyki badań informatyki ekonomicznej, o którym wspomnieliśmy w punkcie 1.1.2. W szczególności zamierzamy znaleźć odpowiedź na trzy pytania: – jakie **tematy** są podejmowane? – jakie tematy są uważane za **kluczowe**? – jaką rolę w badaniach informatyki ekonomicznej pełni **czynnik SI/TI**? Niniejszy wstęp uważamy za tym bardziej potrzebny, iż problematyka spektrum tematów badawczych informatyki ekonomicznej nie doczekała się do tej pory omówienia w literaturze polskiej, podczas gdy w literaturze zagranicznej znaleźć można liczne prace zawierające przeglądy, krytyczne opinie i zalecenia redakcyjne (King i Lyytinen, 2006). Przykładowo, cytowana już w rozdziale 1 praca Auksztola (2008, s. 24–26), zawierająca obszernie omówienie metod badawczych informatyki ekonomicznej, poświęca temu zagadnieniu niewiele więcej niż jedną stronę. Wreszcie problem tematyki badawczej jest wart przybliżenia także i po to, aby móc ocenić, w jakim stopniu temat niniejszej książki jest związany z przedmiotem badań podejmowanych w obszarze informatyki ekonomicznej. Czy jest to temat głównego nurtu? Czy raczej poboczny? Ocenę problematyki badawczej i znaczenie w niej czynnika SI/TI dokonamy w oparciu o przegląd stosownej literatury obcojęzycznej.

Prawie 30 lat temu Keen (1980) wskazał na brak „kumulatywnej tradycji” informatyki ekonomicznej, przejawiający się brakiem uznanych za kluczowe problemów badawczych oraz powszechnie akceptowanych modeli teoretycznych, zwłaszcza tych będących oryginalnym dorobkiem dziedziny. Podobną opinię 20 lat później wyrazili Adam i Fitzgerald (2000) wskazując, iż zamiast intensywnych badań problemów podstawowych występuje niepokojące zjawisko podejmowania rozlicznych, ale drugorzędnych tematów, traktowanych w powierzchowny sposób, określając to kolokwialnie jako *mile-wide, inch-deep [research]*. Z drugiej strony przegląd literatury, który dokonali Palvia i inni (2007) wskazuje, że – być może – twierdzenia o braku kluczowych problemów badawczych w dziedzinie mogło stracić na aktualności. Palvia i inni (2007) podzielili mianowicie artykuły publikowane w latach 1998–2005 w czasopiśmie *Information and Management* ze względu na 32 problemy badawcze, które były

w nich poruszane. Okazało się, że najczęściej podejmowane było: wykorzystanie SI/TI (14%), zarządzanie SI/TI (11%) oraz handel elektroniczny/systemy EDI (9%). Także przegląd dokonany przez Lucasa i innych (2007) wskazuje, iż jednym z kluczowych tematów badawczych jest problem implementacji SI/TI. Systematyczne przeglądy problemów badawczych informatyki ekonomicznej zawierają ponadto prace Nevo i innych (2009), Watsona i Brancheau (1991), Galliersa (1992) oraz Wu i innych (2006).

Czynnik SI/TI Orlikowski i Iacono (2001) oraz Benbasat i Zmud (2003) zwracają uwagę, że w licznych publikacjach z dziedziny *rola czynnika SI/TI* (określanego jako *IT artifact*²) jest marginalna. Badacze koncentrują się na kontekście stosowania SI/TI lub poprawności stosowanej metody badawczej, praktycznie pomijając czynnik SI/TI, który pojawia się w postaci **bliżej nieokreślonej technologii** – często aplikacji komputerowej określonej wyłącznie przez nazwę lub nazwę kategorii (np. *arkusz kalkulacyjny Excel* albo *system typu ERP*). Dokonany przez Orlikowski i Iacono (2001) przegląd 188 artykułów opublikowanych w czasopiśmie *Information Systems Research* w latach 1990–1999 wskazuje, że aż w 25% z nich czynnik SI/TI nie jest obecny wcale lub pojawia się jedynie *nominalnie* – technologia nie jest ani zmienną objaśniającą, ani objaśnianą – stanowi jedynie **tło** do rozważań dotyczących innych zagadnień. Orlikowski i Iacono (2001, s. 121) nawołują do zwiększenia znaczenia czynnika SI/TI w praktyce badawczej: „czynnik SI/TI powinien być traktowany równie serio, jak jego wpływ [na organizację], kontekst organizacyjny czy możliwości [SI/TI]”. Benbasat i Zmud (2003) umieszczają SI/TI wewnątrz *sieci nomologicznej* obok takich czynników, jak: możliwości zarządcze, praktyki zarządcze, **wykorzystanie SI/TI** oraz wpływ SI/TI na organizację. Badanie zależności pomiędzy tymi czynnikami jest przez nich uważane za kluczowe; inne tematy są poboczne. Zatem

²Ów *artefakt IT* jest definiowany jako „zastosowanie SI/TI umożliwiające lub wspierające wykonywanie pewnych zadań, zanurzone wewnątrz struktur organizacyjnych, osadzonych w pewnym kontekście” (Benbasat i Zmud, 2003, s. 186) lub „wiązka materialnych i kulturowych właściwości połączonych w pewną rozpoznawalną formę, taką jak *hardware* i/lub *software*” (Orlikowski i Iacono, 2001, s. 121).

konkluzja i zalecenie dotyczące praktyki badawczej przedstawione w pracy Benbasata i Zmuda (2003) są podobne do wniosków przedstawionych w artykule Orlikowski i Iacono (2001). Ponieważ autorzy omawianych artykułów są prominentnymi postaciami w swoim środowisku, m.in. wieloletnimi redaktorami wiodących czasopism, ich tezy (które mogą być wręcz traktowane jako rekomendacje redakcyjne) wywołały ożywioną i trwającą do dziś dyskusję (por. King i Lyytinen (2006); Nevo i inni (2009)), której osią jest spór czy zwiększenie legitymizacji i tożsamości dziedziny powinno się dokonać poprzez koncentrowanie się w większym stopniu na czynniku SI/TI³.

Czy powyższa krytyka i zalecenia coś zmieniły? Czy zwiększyło się znaczenie czynnika SI/TI? Dokonany ostatnio przegląd 196 artykułów opublikowanych w trzech wiodących czasopismach, w tym w *Information Systems Research*, w latach 2006–2008 wskazuje, że nie (Akhlaghpour i inni, 2009). Udział artykułów, w których rola czynnika SI/TI jest *nominalna*, zwiększył się nawet do 30%. Wzrost ten jest zapewne wynikiem popularności w ostatnich latach kilku niezwiązanych bezpośrednio z SI/TI zagadnień, jak: akceptacja usług elektronicznych⁴, zarządzanie personelem

³Ważnym argumentem podnoszonym przez Benbasata i Zmuda jest to, iż tematy „poboczne” nie są interesujące dla „głównego odbiorcy badań”, którym według nich jest społeczność praktyków wdrażająca i zarządzająca SI/TI w organizacjach. *Nota bene*, powszechnym zwyczajem jest podkreślanie związku z praktyką poprzez kończenie znakomitej większości artykułów podaniem *explicite* „wniosków dla praktyki zarządczej” lub „zaleceń dla zarządzających SI/TI” w punkcie „Zakończenie/Wnioski” albo wręcz w postaci oddzielnego punktu (*Managerial Implications*). Agarwal i Lucas (2005, s. 389) kwestionują ten argument utrzymując, że równie istotnym „konsumentem badań” jest środowisko badaczy. Naszym zdaniem, mając na względzie rzeczywisty dorobek dziedziny (por. rozdziały 1–2 oraz ten punkt), jest to twierdzenie – przynajmniej na obecnym etapie rozwoju informatyki ekonomicznej – *gołosłowne*, które w praktyce sankcjonuje zalew publikacji nikogo nie interesujących, o wątpliwej wartości teoretycznej i na dodatek nieprzydatnych w praktyce. Bez trudu można znaleźć liczne przykłady w literaturze przedmiotu.

⁴Przykładowo, jakie czynniki wpływają na akceptację usług elektronicznych, jaki jest wpływ czynnika

SI/TI czy *outsourcing*⁵. Tematyka projektowania i implementacji SI/TI straciła na znaczeniu, wzrósł natomiast udział badań, w których SI/TI występuje pośrednio, poprzez postrzeżenia, postawy i zamiary interesariuszy, co związane jest z popularnością badań wykorzystujących modele psychologiczne typu TAM (Akhlaghpour i inni, 2009). Orlikowski i Iacono (2001) określają taką konceptualizację SI/TI jako *proxy view*.

Czynnik SI/TI a tożsamość dziedziny informatyki ekonomicznej Z dwóch podstawowych powodów w sporze o to, jak budować tożsamość informatyki ekonomicznej podzielamy krytykę Orlikowski i Iacono oraz Benbasata i Zmuda. **Po pierwsze**, wiele badań pomijających czynnik SI/TI często dotyczy zagadnień dobrze znanych w obszarze nauk referencyjnych (marketing, psychologia czy nauki o zarządzaniu). W „nowym opakowaniu” są „sprzedawane” w środowisku badaczy informatyki ekonomicznej jako coś nowego i oryginalnego. Przykładem może być praca Whittena i Wakefielda (2006), którzy opracowali wieloczynnikową skalę pomiaru wielkości kosztów zmiany dla *outsourcingu informatycznego*. Badanie sprowadza się do oceny zależności pomiędzy postrzeganą wielkością różnych kategorii kosztów bliżej nieokreślonych projektów SI/TI a decyzją o zmianie dostawcy. Czynnik SI/TI pojawia się jedynie w postaci nazwy „usługi IT”. Inny przykład to praca Hsieha i innych (2008), w której ocenia się różnicę w wielkości zamiaru korzystania z telewizji internetowej pomiędzy dwoma zaufania na skłonność do korzystania z usług poprzez sieć Internet, itd. Według opinii Benbasata i Zmuda – którą podzielamy – są to raczej zagadnienia z dziedziny marketingu lub psychologii, a nie informatyki ekonomicznej.

⁵Auksztol (2008) poświęcił całą książkę zjawisku *outsourcingu informatycznego*. Niewątpliwie zlecenie zewnętrznym kooperantom zadań koniecznych do funkcjonowania organizacji – co stanowi istotę pojęcia *outsourcingu* – nie jest zjawiskiem specyficznym dla SI/TI. Skoro tak, to czym różni się *outsourcing* od *outsourcingu informatycznego*? Definicje przytoczone przez Auksztola (2008, s. 73–74) wskazują, że różnica sprowadza się do przedmiotu zlecenia, którym jest w tym przypadku SI/TI. Ale jednocześnie czynnik SI/TI w jego rozważaniach sprowadza się do krótkiego opisu funkcjonalności kilku przedstawionych w pracy przedsięwzięć informatycznych i zajmuje nie więcej niż 2 strony książki. Rola SI/TI w badaniach Auksztola jest *nominalna*.

ma grupami użytkowników różniących się statusem społeczno-ekonomicznym. Niewątpliwie zamiar oglądania telewizji znajduje się **zdecydowanie poza siecią nomologiczną** kluczowych zależności Benbasata i Zmuda⁶. **Po drugie**, uważamy, iż pomijanie w rozważaniach czynnika SI/TI prowadzi do zbyt daleko idących uproszczeń i empirycznego potwierdzania teorii oderwanych od świata rzeczywistego. Przykładowo Goode (2005) „odkrył”, iż oprogramowanie *Open Source* nie jest wdrażane przez australijskie przedsiębiorstwa. Trudno jednak ustalić co Goode rozumie jako oprogramowanie *Open Source*, ponieważ posługuje się on tym pojęciem na zasadzie „koń jaki jest, każdy widzi”. Jak pokażemy w dalszej części rozdziału, oprogramowanie *Open Source*, bynajmniej nie jest czymś prostym, jednorodnym i oczywistym. Liczne przykłady uproszczeń można też znaleźć w pracach dotyczących akceptacji i sukcesu SI/TI. Przykładowo Wixom i Watson (2001) weryfikują zależność pomiędzy *sukcesem implementacji hurtowni danych* a różnymi czynnikami organizacyjnymi, takimi jak *wsparcie kierownictwa, zaangażowanie użytkowników, umiejętności, dostępne zasoby*, itp. (por. punkt 1.4.2). Wykazanie, że wsparcie kierownictwa, zaangażowanie użytkowników czy wielkość dostępnych zasobów jest pozytywnie skorelowana z sukcesem *hurtowni danych* ma niewielkie znaczenie – zarówno teoretyczne, jak i praktyczne. Takie zależności można potwierdzić w prawie każdym projekcie organizacyjnym, niekoniecznie projekcie dotyczącym SI/TI. Ponieważ jednocześnie udział nieudanych projektów *hurtowni danych* jest wyższy od przeciętnej (Wixom i Watson, 2001, s. 18), badanie nie odpowiada na kluczowe pytanie: czemu tak wiele projektów *hurtowni danych* kończy się niepowodzeniem? Może przyczyną jest niedopasowanie technologii do struktury i kontekstu organizacyjnego? Ale żeby to stwierdzić, należy „otworzyć” czynnik SI/TI, a nie traktować go jak „czarną skrzynkę” (Orlikowski i Iacono, 2001, s. 122). „Wygląda na to, że zbyt wiele wiedzy dotyczącej technologii pochodzi od dostawców SI/TI, dziennikarzy i «ekspertów medialnych»” (Orlikowski i Iacono, 2001, s. 133). Technologia nie jest przedmiotem analizy i/lub systematyki. Badania dotyczą

⁶Przyznajemy, że wybraliśmy przykłady skrajnie, ale jednocześnie opublikowane w renomowanych czasopiśmie *MIS Quarterly* oraz *Information and Management*.

pojęć marketingowych – systemy ERP, CRM czy *e-government* są uznawane za takie, ponieważ w ten sposób nazwał je producent/dostawca, a oprogramowanie *Open Source*, to takie, za które nie trzeba płacić opłat licencyjnych. Tego typu uproszczenia są powszechne.

W dalszej części rozdziału „otworzymy” zatem „czarną skrzynkę” czynnika SI/TI i przed empiryczną oceną wykorzystania oprogramowania *Open Source* (por. rozdział 4) dokonamy usystematyzowania wiedzy dotyczącej tego zjawiska.

3.2. Charakterystyka rynku oprogramowania

3.2.1. Sektor produkcji oprogramowania – przegląd pojęć

Program komputerowy lub oprogramowanie (często używany jest także – przynajmniej w mediach – angielski termin *software*) to „zbiór instrukcji sterujących działaniem komputera” (Nowicki, 2002, s. 106). Celem oprogramowania jest przetwarzanie *danych*, przy czym rozgraniczenie, co jest programem, a co *danymi* jest nieostre, stąd przykładowo Shy (2001, s. 52) definiuje *software* jako łącznie programy i dane. Definicja taka łączy w postaci jednego pojęcia dobra pod wieloma względami znacząco różne. Przykładowo wykonanie nietrivialnego programu wymaga znacznych nakładów pracy wysoko kwalifikowanych specjalistów, podczas gdy *produkowanie danych* często nie – dane mogą być wytwarzane za pomocą programów komputerowych (filmy, obrazy, dźwięki). Dane mogą być ulotne, a programy są używane i poprawiane przez lata. Część programów stanowi dobra konsumpcyjne, a inne są dobrami inwestycyjnymi. Upraszczając, programy komputerowe mogą być wyrażone na dwa sposoby: jako kod źródłowy (*source code*) oraz jako kod wynikowy (*object code*), przy czym kod źródłowy to sposób zrozumiały dla programisty (Messerschmitt i Szyperski, 2003, s. 100–104). Z kolei program źródłowy nie może być wykonywany bezpośrednio przez maszynę, ale musi być uprzednio zamieniony na *kod wynikowy*, przy czym zamiana ta (kompilacja) jest nieodwracalna w tym sensie, że praktycznie niewykonalne jest odtworzenie programu źródłowego z kodu wynikowego. Możliwe

jest rozpowszechnianie wyłącznie kodu wynikowego, gdyż wystarcza on do użytkowania programu. Niejawny kod źródłowy stanowi wtedy tajemnicę handlową producenta. Taki sposób dystrybucji oprogramowania utrudnia zadanie potencjalnym imitatorom, ale jednocześnie powoduje, że użytkownik nie jest w stanie samodzielnie zmodyfikować programu. Dodatkowym zabezpieczeniem jest prawny zakaz dokonywania zmian, zwykle będący częścią warunków *licencji*, zgodnie z którą użytkownik zgadza się wykorzystywać program (por. punkt 3.3.1).

Ponieważ stopień złożoności programów ogromnie wzrósł (Sommerville, 2004), sposób ich produkowania musiał się zmienić. Zamiast monolitycznych systemów tworzonych „od zera” przez pojedynczego producenta, oprogramowanie jest w coraz większym stopniu zestawiane z powiązanych ze sobą – według pewnego schematu – modułów. Schemat ów zwykło się określać terminem *architektura SI/TI*. Architektura dzieli się na część względnie niezmienną, zawierającą kluczowe komponenty podlegające ewolucyjnemu udoskonalaniu⁷ oraz komplementarnego zbioru komponentów charakteryzujących się dużym zróżnicowaniem i zmiennością. Jeżeli pojęcie architektury ograniczyć do oprogramowania, to część względnie stałą nazywamy *oprogramowaniem infrastrukturalnym*, a *komplementarne komponenty* to *oprogramowanie aplikacyjne*. Z technicznego punktu widzenia oprogramowanie infrastrukturalne umożliwia działanie oprogramowania aplikacyjnego, tj. użytkownikiem oprogramowania strukturalnego jest zwykle inny program (Messerschmitt i Szyperski, 2003). Wyróżnia się także oprogramowanie pośredniczące (*middleware*), czyli tę część oprogramowania infrastrukturalnego, która dostarcza dodatkowe usługi aplikacjom. Przykładem może być system zarządzania bazami danych. Technologia informacyjna to system przyrównywany metaforycznie do stosu składającego się z warstw. Do działania aplikacji niezbędny jest sprzęt oraz inne programy tworzące *stos oprogramowania*. Warstwowy rozwój SI/TI pozwala minimalizować koszty i ryzyko związane z jej zmianą i udoskonalaniem (Sommerville, 2004).

⁷Możliwość współdziałania różnych systemów komputerowych, a w szczególności wymiana danych pomiędzy nimi określana jest jako kompatybilność (*compatibility*).

Platforma Względnie stała część architektury SI/TI określana jest mianem *platformy*. Z perspektywy technologicznej platforma to sprzęt (w tym procesor, nośniki pamięci masowej, urządzenia peryferyjne) oraz dostępne oprogramowanie infrastrukturalne (Messerschmitt i Szyperski, 2003, s. 96). Platforma może przybrać różne formy organizacji. Słynna seria komputerów IBM System/360 oraz komputery produkowane przez firmę Apple są przykładami platform wertykalnych, kontrolowanych przez pojedynczą firmę. Linux jest przykładem otwartej platformy zdecentralizowanej. Komputer osobisty – najpopularniejsza współcześnie platforma obliczeniowa – powstał jako platforma kontrolowana przez firmę IBM, następnie zmienił strukturę na zdecentralizowaną, by ostatecznie stać się platformą kontrolowaną przez firmy Intel oraz Microsoft (stąd potocznie określenie Wintel). Powyższe zmiany organizacyjne i technologiczne umożliwiły dynamiczny rozwój branży – powstało wiele nowych kategorii aplikacji, jak arkusze kalkulacyjne, oprogramowanie wspomagające projektowanie (CAD) czy programy DTP ułatwiające redagowanie dokumentów itd. Lata dziewięćdziesiąte przyniosły rozpowszechnienie architektury klient-serwer (Messerschmitt i Szyperski, 2003), która odąd jest dominującym sposobem projektowania współczesnych systemów informatycznych. Zmienił się sposób korzystania z SI/TI, zamiast *usług informatycznych* świadczonych przez wyspecjalizowane firmy zewnętrzne lub *działy* SI/TI dużych przedsiębiorstw i/lub instytucji⁸ pojawili się *użytkownicy końcowi*

⁸Korzystanie z usług zamiast samodzielnej eksploatacji wynikało z ograniczeń SI/TI, która przed epoką tanich komputerów osobistych była kosztowna i wymagała specjalistycznej wiedzy. Ten sposób jest wykorzystywany także współcześnie. Wiele usług jest świadczonych w modelu dostawcy usług: *Infrastructure Service Provider* (ISP) zapewnia usługi infrastrukturalne (telekomunikacyjne lub przechowywania danych) a *Application Service Provider* (ASP) dostarcza usługi aplikacyjne. Przykładowo sieci CDN (*Content Delivery Networks*) ułatwiają dystrybucję treści w sieci www poprzez sieć geograficznie rozproszonych serwerów. Największe sieci CDN są własnością prywatnych przedsiębiorstw – przykładem może być firma Akamai. Szacuje się, że Akamai posiada 20 tys. serwerów w 70 krajach, „przechowując” 15% globalnych zasobów Internetu, które generują 40% ruchu w sieci (Faratin, 2007). Akamai świadczy usługi na rzecz największych „dostawców treści” w Internecie takich jak Yahoo, księgarnia Amazon czy Microsoft.

(najpierw pracownicy organizacji, później użytkownicy indywidualni posługujący się SI/TI w domu), tj. użytkownicy wykorzystujący SI/TI we własnym zakresie, bez pośrednictwa specjalistów. Współcześnie można zatem wyróżnić trzy grupy podmiotów działających na rynku SI/TI: użytkownicy końcowi (*end users*), zarządzający SI/TI (potocznie zwani administratorami) oraz twórcy i dostawcy oprogramowania.

Możliwość uruchomienia programu na różnych platformach systemowych określana jest terminem *przenośności*⁹. Łatwość *konserwacji*, to z kolei cecha oprogramowania określająca stopień w jakim możliwe jest dokonywanie w programie modyfikacji szybko i niskim kosztem. Wskazuje się trzy podstawowe przyczyny dokonywania zmian w gotowym programie: – naprawa błędów, – doskonalenie programu, – dostosowanie programu do zmieniających się warunków zewnętrznych (prawnych, organizacyjnych, technicznych, ekonomicznych). Sommerville (2004, s. 494), powołując się na wcześniejsze badania, podaje, iż przeciętnie 60% kosztów konserwacji przypada na doskonalenie programu, a po około 20% na naprawę błędów oraz dostosowanie¹⁰. Większa przenośność zwykle zwiększa koszty produkcji, dystrybucji i konserwacji oprogramowania.

⁹Innymi słowy, jest to *kompatybilność* z różnymi systemami komputerowymi. Niekompatybilność systemu może być zamierzoną strategią producenta oprogramowania. Przenośność dotyczy programów źródłowych, tj. program jest przenośny, jeżeli został zaprojektowany tak, iż możliwe jest utworzenie jego wersji wynikowej na innej platformie. Programy wynikowe są nieprzenośne *ex definitio*. Przykładowo, program skompilowany na platformę składającą się z procesora firmy Intel oraz systemu operacyjnego Windows firmy Microsoft będzie nieprzydatny dla użytkownika korzystającego tego samego procesora, ale wyposażonego w system operacyjny Linux. Problem kompatybilności może być częściowo rozwiązany za pomocą *oprogramowania pośredniczącego*.

¹⁰Można oczekiwać dużej zmienności podanych wielkości, na co wpływ ma wiele czynników, z których ważniejsze to: stopień kompatybilności, stabilność platformy, czas użytkowania systemu, stabilność środowiska zewnętrznego (Subieta, 1997).

Podział SI/TI Swanson (1994) dzieli SI/TI na trzy kategorie, określane jako typ I, II i III. Typ pierwszy to systemy wykorzystywane w dziale SI/TI (tj. oprogramowanie infrastrukturalne i *middleware*). Typ drugi to systemy *rejestracji zdarzeń* (systemy transakcyjne i automatyzacji biura). Typ trzeci to systemy zintegrowane z działalnością biznesową organizacji (np. systemy CRM). Inny podział proponują Kwan i West (2005), którzy dzielą systemy informatyczne z punktu widzenia ich istotności dla realizacji celów organizacji na 4 następujące kategorie: strategiczne, krytyczne, wspierające oraz eksperymentalne. *Strategiczne* zapewniają strategiczną przewagę firmy nad konkurentami (systemy ERP czy CRM). *Krytyczne* są niezbędne do realizacji celów organizacji. Awaria tych systemów skutkuje zmniejszeniem sprzedaży, utratą zysków i/lub wizerunku (np. systemy OLTP). Niezawodność jest kluczową cechą systemów krytycznych, dlatego też ich eksploatacja wymaga niezbędnych i z reguły znacznych nakładów. *Wspierające* usprawniają różne procesy wewnątrz organizacji. Przykładami są systemy biurowe czy programy komunikacyjne. *Eksperymentalne* to systemy nieprodukcyjne, używane w celu wypróbowania nowych technologii i pomysłów.

Doll i Torkzadeh (1998) za Hirschornem i Farduharem wyróżniają następujące obszary wykorzystania SI/TI w organizacji: – *wspomaganie* w podejmowaniu decyzji (rozwiązywanie problemów, racjonalizacja decyzji), – *integracja* pracy, – *obsługa*¹¹ (członków organizacji oraz zewnętrznych klientów). Rola SI/TI w integracji sprowadza się do usprawnienia komunikacji pomiędzy członkami organizacji, ułatwienia podziału pracy i wykorzystania specjalistycznej wiedzy jej członków (integracja pozioma) oraz podziału pracy w ramach struktury hierarchicznej organizacji (integracja pionowa). Należy oczekiwać, że w przedsiębiorstwach przemysłowych dominują aspekty podejmowania decyzji, integracja pionowa oraz racjonalizacja decyzji, podczas gdy w organizacjach postindustrialnych

¹¹Sposób pracy z SI/TI w organizacji można podzielić na *eksploatację* i *eksplorację* (Burton-Jones i Straub, 2006, s. 236). Pierwszy oznacza wykonywanie typowych, rutynowych zadań, drugi zaś poszukiwanie nowych sposobów rozwiązania problemu. Przykładem eksploracji będzie wykorzystanie arkusza kalkulacyjnego jako narzędzia wspomagającego podejmowanie decyzji, a przykładem eksploatacji – obsługa programów automatyzujących różne procesy administracyjne w organizacji.

większy nacisk będzie położony na integrację poziomą i wykorzystanie SI/TI do rozwiązywania problemów (Doll i Torkzadeh, 1998, s. 175).

Oprogramowanie można także podzielić na *serwerowe*, w tym *bazodanowe* i *webowe* oraz *desktopowe*. Użytkownikami aplikacji serwerowych są pracownicy działu SI/TI organizacji, podczas gdy oprogramowanie desktopowe jest używane przez użytkowników końcowych, w większości nieprofesjonalistów jeżeli chodzi o znajomość SI/TI. Aplikacje serwerowe służą do integracji i zarządzania zasobami sprzętowymi oraz oprogramowaniem. Typowe zadania aplikacji serwerowych to zarządzanie plikami danych, drukowanie, komunikacja w sieci lokalnej i globalnej, bezpieczeństwo aplikacji i systemów działających w tzw. warstwie pośredniej (przykładowo bazy danych, systemy ERP/CRM i inne). Bazy danych są jednym z kluczowych elementów infrastruktury SI/TI każdego przedsiębiorstwa. Innym ważnym obszarem zastosowań SI/TI są *aplikacje webowe* przez które rozumiemy narzędzia do tworzenia i zarządzania witrynami www oraz usługami udostępnianymi poprzez sieć www. Ostatnim ważnym obszarem zastosowań systemów SI/TI w organizacji jest *oprogramowanie desktopowe*, obejmujące m.in. programy biurowe (edytor, arkusz kalkulacyjny, tworzenie prezentacji) oraz oprogramowanie komunikacyjne (przeglądarka internetowa, klient poczty elektronicznej oraz komunikator). W przypadku tej kategorii oprogramowania ważne znacznie – decydujące o akceptacji – ma łatwość posługiwania się systemem.

3.2.2. Rozwój sektora produkcji oprogramowania

Aż do końca lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia program komputerowy był traktowany wyłącznie jako dodatek do komputera, na którym był uruchamiany a nie jako oddzielny produkt (Cusumano, 2004; Campbell-Kelly i Garcia-Swartz, 2009)¹². Przełomem była seria komputerów IBM/360 zaprojek-

¹²Pierwsze programy były projektowane na zamówienie, często zamówienie rządowe. Przedsiębiorstwa wytwarzające oprogramowanie w tym okresie można określić jako wykonawców projektów zleconych (*software*

towana w połowie lat sześćdziesiątych przez firmę IBM (Bresnahan i Greenstein, 1997, s. 4)¹³. Jeżeli przyjmiemy, że komputery IBM/360 są początkiem prawdziwego rynku oprogramowania, to rynek ten ma zatem około 40 lat i cechuje się między innymi ogromną dynamiką. Już bowiem w 1980 r. w Stanach Zjednoczonych było 6 tysięcy przedsiębiorstw sprzedających oprogramowanie (Campbell-Kelly, 2004), a pojawienie się komputera osobistego¹⁴ pod koniec lat siedemdziesiątych spowodowało dalsze gwałtowne przyspieszenie rozwoju przemysłu oprogramowania¹⁵ – stało się ono masowym (*contractors*). Nie sprzedawały one gotowych aplikacji, tylko oferowały usługi programistyczne (Campbell-Kelly, 2004).

¹³Decyzja IBM o oddzielnej sprzedaży sprzętu (*hardware*) i oprogramowania (oraz związanych z pielęgnacją SI/TI usług) znana jest jako *software unbundling*.

¹⁴Komputer osobisty, którego projekt powstał w firmie IBM, a którego sprzedaż rozpoczęła się w 1981 r., wyróżniał się *otwartą architekturą*, co oznaczało, iż zarówno jego konstrukcja nie stanowiła tajemnicy handlowej, jak i nie istniały prawne bariery uniemożliwiające imitację (np. zastrzeżenia patentowe). To prowadziło w szczególności do szybko obniżającej cenę imitacji sprzętu oraz wytwarzania na masową skalę przez strony trzecie oprogramowania komplementarnego. Komputer PC wyróżniał się *niską ceną* – był pomyślany jako komputer do zastosowań domowych. Początkowo oznaczało to niewielką funkcjonalność, wykluczającą zastosowania w przedsiębiorstwach. Szybki wzrost funkcjonalności komputera PC spowodował, że architektura ta stała się dominującą, a rynek korporacyjny i rynek zastosowań domowych, dotąd rozwijające się oddzielnie, połączyły się. Firmy sprzedające oprogramowanie na rynku zastosowań domowych pojawiły się na rynku korporacyjnym (Microsoft) i odwrotnie (Oracle, IBM).

¹⁵Wielkość sprzedaży oprogramowania dla komputerów PC wzrosła w latach 1981–1984 ze 140 milionów do 1,6 miliarda dolarów, tj. ponad 10 razy lub z przeciętnym rocznym tempem przewyższającym 300% (Cusumano, 2004). Specyfiką branży był też prawie zupełny brak powiązań z istniejącą już branżą producentów oprogramowania korporacyjnego – sektor został zdominowany przez nowo założone firmy, inne też były sposoby tworzenia oprogramowania i jego dystrybucji. Przykładowo, zbędna była wiedza dotycząca tworzenia dużych i złożonych programów, ponieważ możliwości komputerów osobistych i tak nie pozwalały na ich wykorzystanie (Campbell-Kelly, 2004).

produktem rynkowym. Wreszcie gwałtowny rozwój branży taniej elektroniki użytkowej, za którego początek można umownie przyjąć lata 90. ubiegłego wieku spowodował ogromny rozwój sektora *oprogramowania wbudowanego*, tj. programów, które są częścią wielu urządzeń codziennego użytku, takich jak telefon, telewizor, aparat fotograficzny, urządzenia audio/wideo rozmaitego zastosowania, odbiornik GPS, samochód itd.¹⁶. Stosując perspektywę historyczną Campbell-Kelly (2004, s. 9) dzieli producentów oprogramowania na trzy kategorie: wykonawców, wydawców¹⁷ oprogramowania korporacyjnego oraz wydawców oprogramowania masowego. Oprogramowanie na zamówienie powstaje tak, jak tworzy się „tradycyjne” konstrukcje inżynierskie, np. drogi czy budynki. Specyfikę rynku korporacyjnego można porównać do rynku maszyn budowlanych. Rynek masowy z kolei jest bardziej podobny do rynku przemysłu rozrywkowego, co m.in. oznacza, że dużą rolę pełni tu promocja i marketing, podczas gdy jakość oprogramowania ma mniejsze znaczenie (Campbell-Kelly, 2004; Perens, 2005).

Większość oprogramowania powstaje na zamówienie i jest wykonywana przez zewnętrznego wykonawcę albo przez pracowników organizacji. W tym drugim przypadku nie jest nawet przedmiotem wymiany na rynku¹⁸. Oprogramowanie sprzedawane na rynku masowym nie jest ani dominującą, ani nawet większą częścią oprogramowania powstającego w organizacjach. Raymond (2001, r. 5) szacuje, iż oprogramowanie tworzone na zamówienie stanowi 90% produkcji oprogramowania światowego. Nawet jeżeli szacunki Raymonda są zawyżone, to z drugiej strony utożsamianie przemysłu

¹⁶Współczesne programy wbudowane posiadają funkcjonalność „normalnych” systemów SI/TI. (Messerschmitt i Szyperski, 2003, s. 355).

¹⁷*Software publishers*, nazwa nawiązuje do strategii rynkowej, która jest podobna do tej stosowanej przez „tradycyjnych” wydawców książek czy muzyki.

¹⁸Oprogramowanie produkuje się współcześnie praktycznie we wszystkich sektorach przemysłu i usług. Przykładowo, wśród firm, które uczestniczą w rozwoju systemu Linux są producenci sprzętu komputerowego, dystrybutorzy SI/TI, firmy telekomunikacyjne, producenci samochodów itp. (Kroath-Hartman i inni, 2009).

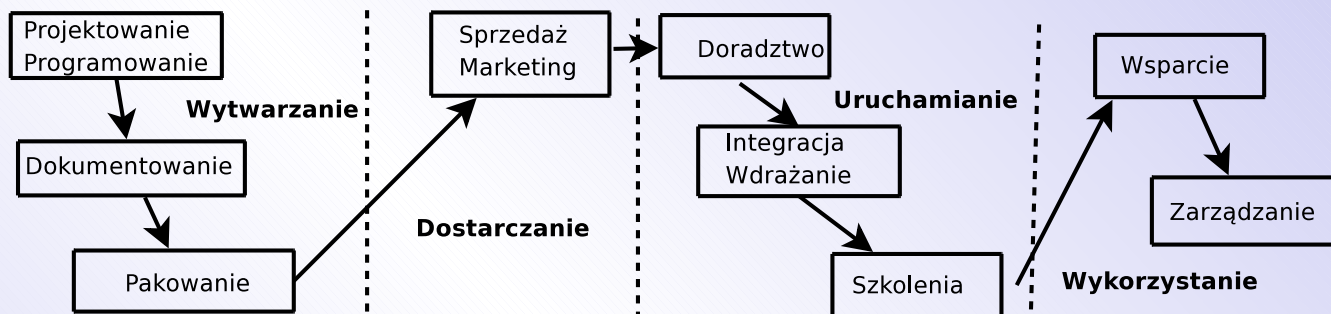
oprogramowania z działalnością „medialnych” firm z sektora oprogramowania masowego, takich jak Microsoft, Adobe czy Oracle, jest dużym uproszczeniem¹⁹.

Struktura rynku SITI Wiadomo, że komputer bez oprogramowania jest bezużyteczny (Nowicki, 2002, s. 106). Współcześnie prawdą jest także, iż oprogramowanie bez towarzyszących mu usług jest również bezużyteczne (Spiller i Wichmann, 2002; Cusumano, 2004). Użytkownicy oprogramowania, zwłaszcza instytucjonalni, nie kupują oddzielnie sprzętu, oprogramowania i usług, ale decydując się na eksploatację SI/TI, traktują wyżej wymienione składniki łącznie. Na rynku oprogramowania można wyróżnić *łańcuch wartości* składający się z następujących ogniw (Messerschmitt i Szyperski, 2003, s. 122–123): *wytwarzanie, dostarczanie, uruchamianie i wykorzystanie*. Szczegółowo fazy te przedstawiono na rysunku 3.1.

Współcześnie organizacje rzadko posiadają wiedzę i zasoby niezbędne do realizacji pierwszych dwóch faz. Oprogramowanie jest wytwarzane przez zewnętrznych – z punktu widzenia organizacji – dostawców, a uruchamiane przez konsultantów oraz integratorów²⁰. Faza uruchamiania obejmuje nie tylko zakup sprzętu i oprogramowania, ale także usługi doradcze i integrację, co oznacza instalację, testowanie, dostosowanie wewnętrznych procesów organizacji oraz niezbędne szkolenia. Wynikiem jest system gotowy do działania (Spiller i Wichmann, 2002, s. 23–24). Eksploatacja z kolei,

¹⁹Uproszczeniem jest też utożsamianie projektów na zamówienie wyłącznie z dużymi projektami realizowanymi w latach 60., co przykładowo czyni Lech (2007, s. 15). Współczesne projekty zamawiane są tworzone z gotowych komponentów, a nie „od podstaw”, stąd ryzyko i koszty takich projektów wcale nie musi być znaczne. Jest to praktycznie jedyny sposób tworzenia oprogramowania wbudowanego (Spiller i Wichmann, 2002). Także wiele aplikacji związanych z e-businessem powstaje w taki właśnie sposób (przykładem są takie przedsiębiorstwa jak: ebay, google, allegro, amazon, itd.). Alternatywa: albo systemy budowane od podstaw, albo wdrożenie standardowego pakietu pomija trzeci sposób – zbudowanie systemu z komponentów.

²⁰Integrator kupuje, instaluje i testuje aplikacje oraz sprzęt, podczas gdy rolą konsultantów jest wyłącznie doradztwo (Messerschmitt i Szyperski, 2003).



Rysunek 3.1: Usługi łańcucha wartości fazy wykorzystania (opracowano na podstawie: Spiller i Wichmann (2002, s. 23))

to zapewnienie bezawaryjnej pracy systemu, w tym pomoc użytkownikom końcowym. Zwykle organizacja zatrudnia w tym celu wyszkolonych pracowników lub najmuje firmę zewnętrzną. Program z reguły jest wykorzystywany na podstawie *umowy licencyjnej* (por. punkt 3.3.1), stąd przychody z fazy implementacji można utożsamiać z przychodami z tytułu udzielonych licencji. Tabela 3.1 pokazuje udział przychodów z tytułu opłat licencyjnych i usług w wybranych przedsiębiorstwach sektora SI/TI.

Dane zawarte w tabeli 3.1 pokazują, że przychód niektórych przedsiębiorstw praktycznie w całości pochodzi z opłat licencyjnych. Przykładowo 94% przychodu firmy Microsoft pochodzi z licencji; co więcej – 80% przychodów i 100% zysku pochodzi ze sprzedaży zaledwie trzech programów: systemu Windows na rynku masowym i korporacyjnym oraz oprogramowania biurowego MS Office (Cusumano, 2004, s. 55). Z kolei działająca na rynku korporacyjnym firma SAP osiąga aż 70% przychodów z tytułu usług związanych ze sprzedawanym oprogramowaniem. Te różnice implikują strategię rynkową firmy, w tym wykorzystanie oprogramowania *Open Source*, które – co pokażemy dalej – w dużym

Nazwa firmy	Licencje ^a	Przychody ^b	Produkowane oprogramowanie
Adobe	98	1,7	DTP, grafika
Microsoft	94	31,5	system operacyjny, aplikacje
Oracle	79	10,1	bazy danych, aplikacje korporacyjne
SAP	31	9,7	aplikacje korporacyjne
IBM	25	61,3	sprzęt, aplikacje korporacyjne

^audział przychodów z tytułu opłat licencyjnych w %; ^broczny przychód w mld USD

Tabela 3.1: Przychody z tytułu licencji i usług na przykładzie wybranych przedsiębiorstw sektora SI/TI w 2004 r. (na podstawie Välimäki (2005, s. 28))

stopniu wyklucza strategie rynkowe oparte na przychodach z tytułu opłat licencyjnych (Välimäki, 2005, s. 28).

Historia rozwoju systemu operacyjnego Microsoft Windows Założone w 1975 r. przedsiębiorstwo Microsoft²¹, w 1980 r. zatrudniało 38 pracowników i wykazało 8 mln dolarów przychodu. W tymże 1980 r. otrzymało zlecenie od firmy IBM na opracowanie systemu operacyjnego dla komputerów PC – nowej klasy komputerów, o niewielkich możliwościach, do którego brak było oprogramowania, w tym systemu operacyjnego. Microsoft kupił system – nazwany MS-DOS – od niewielkiej firmy, udoskonalił go i sprzedawał licencje użytkownikom komputerów PC. System w wersji 1.0 zawierał 4 tys. wierszy kodu, w wersji 2.0 zaś – 20 tys. W 1985 r. udział komputerów PC wyposażonych w system MS-DOS przekroczył 40%. W 1989 r. Microsoft rozpoczął pracę nad nowym systemem, bardziej zaawansowanym, który mógłby być sprzedawany na rynku korporacyjnym. W tym celu Microsoft „wykupił” progra-

²¹Przykład systemu operacyjnego Windows firmy Microsoft ma ilustrować stopień złożoności produkcji oprogramowania oraz związane z tym wyzwania organizacyjne i ekonomiczne. Opis i dane pochodzą z prac Campbell-Kelly’ego i Garcia-Swartza (2008), Campbell-Kelly’ego (2004) oraz Cusumano (2004).

mistów z firmy DEC, którzy stanowili trzon zespołu projektującego. Ów nowy system, nazwany Windows NT, został opublikowany w 1993 r. Zespół projektowy liczył 340 osób, a liczba wierszy kodu jest szacowana na około 5 mln. Opracowując Windows NT, kontynuowano rozwój systemu MS-DOS, wzbo-
gając go o *graficzny interfejs użytkownika*²². Ta linia produktów oznaczana m.in. nazwami Win-
dows 1.0, Windows 3.0, Windows 95, Windows 98 ostatecznie została zakończona około 2000 r. Póź-
niejsze wersje systemu stanowiły udoskonalenie Windows NT: Windows 2000 (opublikowany w 2000 r.
– ponad 3000 projektantów, około 30 mln wierszy kodu), Windows XP (opublikowany w 2001 roku,
ponad 4000 projektantów, około 40 mln wierszy kodu), Windows Server 2003 (wyłącznie na rynek
korporacyjny, opublikowany w 2003 roku, 50 mln wierszy kodu), Windows Vista (opublikowany w 2007
roku, ponad 50 mln wierszy kodu). Campbell-Kelly i Garcia-Swartz szacują, że koszty ogółem rozwoju
systemu Windows w latach 1975–2003 (prawie 30 lat) na 25–30 tysięcy osobołat, co odpowiada według
nich 5–6 miliardom dolarów. Microsoft jest firmą, która odniosła największy sukces na rynku opro-
gramowania masowego. Jej strategia rynkowa, podstawą której są dwa produkty: system operacyjny
Windows oraz pakiet biurowy Office, jest typowa dla wielu firm, które wzorując się na Microsoftzie, po-
twórzyły ten sukces, aczkolwiek w mniejszej skali. Firmy te w większości sprzedają oprogramowanie
komplementarne z MS Windows i MS Office – dominującą platformą w segmencie komputerów PC.

3.2.3. Rozwój oprogramowania Open Source

Najistotniejszą z technologicznego punktu widzenia – na którym skupiamy uwagę w tym punkcie –
cechą oprogramowania Open Source jest to, iż, oprogramowanie to jest rozpowszechniane w postaci
kodu źródłowego, co umożliwia jego zmiany i udoskonalanie w sposób zdecentralizowany przez zain-
teresowane strony (Messerschmitt i Szyperski, 2003). Za początek „ruchu” Open Source zwykle uważa
się projekt GNU oraz założenie organizacji Free Software Foundation (FSF), co miało miejsce w końcu

²²Graficzny Interfejs Użytkownika umożliwia użytkownikowi wykonywania podstawowych operacji za
pomocą elementów graficznych (okna i ikony).

lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Powstanie GNU oraz FSF wiąże się z działalnością *Richarda Stallmana*, amerykańskiego programisty, autora kilku ważnych programów narzędziowych, przede wszystkim kompilatora języka C, gcc. Fakt iż Stallman bezpłatnie rozpowszechniał swoje programy, nie było niczym wyjątkowym – wielu zdolnych programistów postępowało podobnie. Wyjątkowe było to, iż Stallman opracował ramy prawne w postaci licencji GPL oraz przygotował *Manifest GNU*, w którym postulował swobodę dystrybucji i modyfikacji oprogramowania. W tym samym czasie na Uniwersytecie California w Berkeley ulepszono system Unix (*Berkeley Software Distribution*, BSD), opracowany w firmie AT&T, ostatecznie w 1980 r. rozpowszechniony na „licencji BSD” – jednej z pierwszych licencji *Open Source*. Na początku lat 90. Linus Torvalds – student Uniwersytetu w Helsinkach opublikował w sieci Internet pierwszą wersję jądra systemu operacyjnego. Takie były początki systemu Linux, który decyzją Torvaldsa miał być rozpowszechniany na licencji GPL. W 1993 zarówno GNU/Linux jak i BSD były stabilnymi platformami, którym wszakże brakowało oprogramowania aplikacyjnego. Od tego czasu BSD rozwinął się w grupę systemów (NetBSD, FreeBSD, and OpenBSD), a Linux stał się podstawą rozlicznych wariantów GNU/Linuksa (Slackware, Debian, Red Hat, Suse, Mandrake i inne). W latach 1990 powstało liczne oprogramowanie: Apache (serwer WWW), MySQL (baza danych), XFREE86 (implementacja środowiska graficznego X11 na platformę PC), GNOME i KDE (okienkowy interfejs ułatwiający użytkownikom pracę z systemem), Mozilla (przeglądarka WWW), oraz OpenOffice (zestaw programów biurowych, odpowiednik pakietu Microsoft Office) itd. Oprogramowanie *Open Source* zaczęło być wytwarzane/dostarczane przez firmy komercyjne, w tym duże przedsiębiorstwa. Oficjalna decyzja firmy IBM o zaangażowaniu się w rozwój Linuksa oraz serwera Apache legitymizowała oprogramowanie wytworzone przez społeczność ([Campbell-Kelly i Garcia-Swartz, 2008](#)), do tej pory traktowane często „z przymrużeniem oka” przez użytkowników korporacyjnych z uwagi na jego prywatno-hobbystyczną proveniencję²³. Ostatni etap rozwoju, to własnościowe

²³Firma IBM, która jest dużym wytwórcą sprzętu komputerowego, na rynku serwerów sprzedaje oprócz komputerów opartych na platformie Wintel, także trzy w dużym stopniu niekompatybilne typy komputerów:

projekty *Open Source*, tj. programy rozpowszechniane na podwójnej licencji (por. punkt 3.3.1), takie jak MySQL. Bardziej szczegółowo o rozwoju oprogramowania *Open Source* traktują prace Variana i Shapiro (2003), DiBony i innych (1999), Webera (2004) oraz van Wendel de Joode i innych (2003).

System Linux²⁴ Odpowiednikiem systemu Windows w systemie Linux jest *jądro systemu*. Jądro systemu w wersja 2.6.30 z czerwca 2009 r. składa się z 11,5 mln wierszy kodu i jest on dziełem 1150 indywidualnych wykonawców oraz 240 przedsiębiorstw sponsorujących. W porównaniu z wersją 2.6.11 z marca 2005 roku, liczba wykonawców wzrosła prawie 3 razy, a liczba przedsiębiorstw ponad 3,5 razy. Pomimo dużej liczby zaangażowanych wykonawców większość kodu, bo 25%, jest dziełem wąskiego grona 30 osób. Linus Torvalds – pomysłodawca i twórca Linuksa nie mieści się już w pierwszej trzydziestce wykonawców, jego udział w tworzeniu systemu jest mniejszy niż 1%²⁵. Kompletny system, użyteczny z punktu widzenia użytkownika końcowego składający się z jądra oraz

komputery *mainframe*, wykorzystujące system zOS, duże stacje robocze OS/400 oraz małe stacje robocze wyposażone w system AIX. Zaangażowanie IBM w rozwój Linuksa i innych projektów *Open Source*, takich jak serwer Apache ma trzy cele. Pierwszy, to ograniczenie kosztów związanych z pielęgnacją systemów operacyjnych poprzez zastąpienie ich wspólną platformą. Drugi, to promocja sprzedaży sprzętu i oprogramowania komercyjnego, takiego jak np. system zarządzania bazami danych DB2, poprzez zwiększenie jego użyteczności dzięki udostępnieniu taniego i wysokiej jakości oprogramowania komplementarnego (Apache). Trzeci cel, to strategia osłabienia konkurentów, tj. firm Microsoft i Sun Microsystems (Fitzgerald, 2006, s. 591), poprzez ograniczenie rentowności rynku systemów operacyjnych.

²⁴Dane dotyczące kernela Linuksa pochodzą od Kroath-Hartmana i innych (2009, s. 5). Wcześniejszy etap rozwoju Linuksa opisuje Lee i Cole (2003).

²⁵Kod źródłowy Linuksa przed dodaniem do wersji „produkcyjnej” podlega procesowi „recenzji”, która jest dokonywana przez jednego z około setki opiekunów poszczególnych modułów składających się na kompletny system. Dopiero po akceptacji opiekuna owego modułu zmiana jest dodawana do programu. Tordvalds akceptuje około 3% całości kodu (Kroath-Hartman i inni, 2009, s. 13).

setek aplikacji nosi nazwę *dystrybucji*²⁶. Debian – jedna z dystrybucji Linuksa – jest największym projektem *Open Source*. Szacowana wielkość wersji 4.0 wynosi ponad 280 milionów wierszy kodu (Amor i inni, 2007). Amor (2007) wykorzystując metodę COCOMO szacowania kosztów ocenił, iż wykonanie Debiana „od zera” wymagałoby 73 tysięcy osobołat i kosztowałoby 10 mld dolarów. Linux i Debian są przykładami programów o wielkości porównywalnej z największymi programami komercyjnymi, które zostały wyprodukowane w zupełnie inny od nich sposób. Opisy przypadków innych projektów *Open Source* znaleźć można m.in. w pracach Campbell-Kelly’ego i Garcia-Swartz (2008), Mockusa i innych (2002), Valimaki (2005) oraz Capry i innych (2008).

3.3. Ochrona prawna programów komputerowych

Od kiedy oprogramowanie stało się towarem, pojawił się problem, za pomocą jakich rozwiązań prawnych można je chronić (Välimäki, 2005, r. 5). Prawo własności intelektualnej jest częścią różnych gałęzi prawa i obejmuje różne reżimy prawne: prawa autorskie, patenty, tajemnice handlowe oraz różne prawa *sui generis*, jak przykładowo prawo do baz danych, regulowane Dyrektywą Parlamentu Europejskiego z 1996 r. Podstawowymi aktami na gruncie prawodawstwa polskiego są ustawy: o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dziennik Ustaw, 1994), o ochronie baz danych, prawo własności przemysłowej (Dziennik Ustaw, 2001) oraz o zwalczaniu nieuczciwej konkurencji. Zwykle różne rodzaje twórczości podlegają ochronie z mocy różnych regulacji prawnych, przykładowo patenty chronią wynalazczość na polu technicznym, podczas gdy prawa autorskie dotyczą działalności

²⁶Tworzenie dystrybucji obejmujące takie czynności jak integracja, testowanie, dokumentowanie i pakowanie, to etap dostarczania w łańcuchu wartości na rynku oprogramowania, por. rys. 3.1. Ten etap może mieć charakter komercyjny lub niekomercyjny. Debian jest projektem niekomercyjnym, ale są także takie przedsiębiorstwa jak RedHat czy Novell, które sprzedają licencje na komercyjne wersje własnych dystrybucji. *De facto* sprzedawane są w ten sposób usługi wsparcia związane z fazą uruchamiania/wykorzystania oprogramowania (por. punkt 3.5.2).

literackiej, muzycznej, filmu itp. Oprogramowanie jest wyjątkiem i może być chronione jednocześnie przez różne reżimy prawne (Scotchmer, 2006, s. 66).

Ten punkt jest przeglądem prawnych sposobów ochrony własności intelektualnej dotyczących oprogramowania komputerowego. Dodajmy od razu, że przegląd poniższy ma dla prawnika zapewne elementarny charakter, ale jego celem nie tyle jest wyczerpujące omówienie zagadnienia, co zestawienie uregulowań prawnych dotyczących rynku oprogramowania. Omawiane są kolejno prawa autorskie, licencje oraz ochrona patentowa. Prawne zawiłości ochrony tajemnicy handlowej i znaków towarowych pomijamy jako mniej istotne dla naszych rozważań. Przynajmniej dla nie-prawników są to kwestie w miarę oczywiste. Omawiane zagadnienia na gruncie prawa polskiego są traktowane szerzej w pracach Barty i Markiewicz (1993) oraz Podreckiego (2007). Valimaki (2005) oraz Scotchmer (2006) przedstawiają problem bardziej zwięźle, ale za to w aspekcie międzynarodowym.

3.3.1. Prawo autorskie i licencje o udostępnianiu

Przedmiotem prawa autorskiego jest każdy przejaw działalności twórczej o indywidualnym charakterze, ustalony w jakiejkolwiek postaci, niezależnie od wartości, przeznaczenia i sposobu wyrażenia (Dziennik Ustaw, 1994, art. 1). Rozdział 8 ustawy zawiera szczegółowe przepisy dotyczące programów komputerowych, które m.in. wyznaczają bardzo wąski zakres dozwolonego użytku. W szczególności modyfikowanie programu bez zgody autora jest możliwe tylko w ograniczonym zakresie, mianowicie wyłącznie w celu uzyskania kompatybilności z innym programem. Przykładowo, zmiana zwiększająca funkcjonalność albo naprawa usuwająca błąd jest zatem bez zgody autora niemożliwa. Także zabronione jest wykonanie kopii zapasowej chyba, że jest ona „niezbędna od korzystania z programu”²⁷. W porównaniu do „tradycyjnych” dóbr intelektualnych ochrona praw do

²⁷Ustawa nie precyzuje ani pojęcia *program*, ani co oczywiste – *kopii zapasowej programu*. Wydaje się, że samo znaczenie słowa *kopia* i do tego *zapasowa*, wyklucza iż coś takiego jest niezbędne do korzystania

programów jest zatem znacznie bardziej surowa, a władztwo nad nimi szczególnie mocne (Barta i Markiewicz, 2005, s. 12).

Ochrona z tytułu prawa autorskiego powstaje z chwilą stworzenia utworu, a do jej ustanowienia nie są wymagane żadne procedury formalne (jak w przypadku ochrony patentowej)²⁸. Innymi słowy to, czy dzieło będzie podlegało ochronie jest kwestią faktów i nie zależy od woli stron. Należy zaznaczyć, że ochroną objęty może być wyłącznie sposób wyrażenia, nie są zaś nią objęte odkrycia, idee, procedury, metody i zasady działania oraz koncepcje matematyczne (Dziennik Ustaw, 1994, art. 1). W przypadku programów oznacza to w praktyce, że nie jest chroniony sposób działania programu (ten ewentualnie może zostać zastrzeżony patentem), a podstawową korzyścią ochrony prawn-autorskiej jest zabezpieczenie programu przed nieuprawnionym zwielokrotnieniem. Z tego powodu producenci – zabezpieczając się przed imitatorami – zwykle rozpowszechniają programy w postaci kodu wynikowego (por. punkt 3.2.1).

Umowy licencyjne Licencja jest umową, w której właściciel własności intelektualnej zezwala na korzystanie z niej innym stronom. Licencjonowana może być każda forma własności intelektualnej: autorskie prawa majątkowe, patenty, znaki towarowe, a nawet tajemnica handlowa (por. Scotchmer (2006, s. 161) i Barta i Markiewicz (1993, s. 175)). Licencje (umowy o udostępnienie programu komputerowego) stanowią przeważającą formę wykorzystywaną przy obrocie oprogramowaniem, podczas gdy obrót „tradycyjnymi” dobrami intelektualnymi, jak na przykład książkami, odbywa się zwykle z programu. Na tym przykładzie widać, że priorytetem ustawodawcy było przede wszystkim zagwarantowanie interesu właściciela programu (Barta i Markiewicz, 2005, 1993; Scotchmer, 2006).

²⁸Dla przyznania ochrony prawa autorskiego nie jest konieczne utrwalenie utworu, a więc zapisanie go na jakimkolwiek trwałym nośniku (w postaci maszynopisu, nagrania na taśmę, zapisania na dyskietce). Dodatkowo ponieważ prawo nie uzależnia przyznania ochrony od wartości, formy wyrażenia czy ukończenia utworów, tak samo chroniony będzie program funkcjonalny, jak i nie spełniający żadnej funkcji. W praktyce pozbawione ochrony z uwagi na brak oryginalności będą tylko bardzo proste programy.

za pomocą umowy sprzedaży (Barta i Markiewicz, 1993). Kluczowe postanowienie umów licencyjnych dotyczą: odpowiedzialności producenta za wady oprogramowania oraz dozwolonego zakresu wykorzystania, w tym modyfikowania oprogramowania oraz jego zwielokrotniania. W przypadku sprzedaży programu wraz z nośnikiem, bez dodatkowych zobowiązań licencyjnych nabywca byłby ograniczony jedynie przepisami prawa autorskiego. Mógłby zatem swobodnie odsprzedać, wynająć lub pożyczyć program²⁹, zmienić program, próbować odtworzyć kod źródłowy, czy też użytkować go w takim zakresie, w jakim jest to technicznie wykonalne. *Licencje własnościowe* w przeciwieństwie do *licencji publicznych* znacznie ograniczają zakres dozwolonego wykorzystania programu, w szczególności zakazane jest zwielokrotnianie (nawet na potrzeby użytku osobistego) oraz modyfikowanie programu. Drugim zasadniczym celem umów licencyjnych (w tym wypadku zarówno własnościowych, jak i publicznych) jest ograniczenie zakresu i wielkości odpowiedzialności licencjodawcy za szkody związane z użytkowaniem programu. Producent nie odpowiada za ewentualne szkody związane z użytkowaniem wadliwego programu, np. w oparciu o surowe reguły odpowiedzialności z tytułu rękojmi za wady rzeczy. Zatem zawarcie umowy licencyjnej na wykorzystanie programu komputerowego umożliwia zrealizowanie kumulatywnej ochrony, opartej na przepisach prawa autorskiego i postanowieniach umowy licencyjnej (Barta i Markiewicz, 1993, s. 176).

W przypadku oprogramowania powstałego na zamówienie lub oprogramowania oferowanego na rynku korporacyjnym umowy o udostępnienie programu komputerowego są bardzo rozbudowane i często mają indywidualny charakter, z uwagi na to, że powstają w wyniku dwustronnych negocjacji pomiędzy dostawcą a użytkownikiem. Przegląd typowych klauzul umów licencyjnych znaleźć można w pracy Barty i Markiewicza (1993, s. 181–202). Oprogramowanie masowe oferowane jest użytkownikom na zasadach (własnościowych) *licencji standardowych* zwanych potocznie *umowami celofanowymi* (*shrink-wrap* albo *click-wrap licences*). Zawarcie umowy, treść której jest wydruko-

²⁹Ustawa „O prawie autorskim...” *explicitie* zakazuje użyczenia i najmu (Dziennik Ustaw, 1994), ale ustawodawstwo innych państw może być bardziej liberalne.

wana na opakowaniu zawierającym program, następuje przez rozerwanie celofanowego opakowania (*shrink-wrap*), lub – w przypadku gdy program został kupiony razem z komputerem lub skopiowany w postaci elektronicznej – umowa jest wyświetlana na ekranie przy pierwszym uruchomieniu programu, a do jej zawarcia zachodzi w momencie, gdy użytkownik kliknie myszą na przycisk akceptacji (stąd termin *click-wrap*). Dodatkowo, w przypadku gdy nabywca nie zgadza się z postanowieniami licencji, to przysługuje mu prawo oddania programu sprzedawcy i zwrotu zapłaty. Treść licencji sro-
wadza się zaś do następujących postanowień: licencja obejmuje korzystanie dla użytku osobistego, program nie może być odsprzedany lub wypożyczony, niedozwolona jest modyfikacja oraz odtwa-
rzanie programu źródłowego³⁰. Jak zauważają Barta i Markiewicz (1993): „co do ważności całości

³⁰Przykładem może być licencja użytkownika końcowego (EULA) firmy Microsoft, obowiązująca indywidu-
alnych użytkowników systemu Windows, która zezwala na zainstalowanie programu wyłącznie na jednym
komputerze (co m.in. oznacza, że użytkownik, który posiada przykładowo dwa komputery musi kupić dwie
licencje). Dodatkowo komputer nie może być wyposażony w więcej niż dwa procesory. Kolejnym wymogiem
licencji jest ograniczenie liczby podłączonych innych komputerów do komputera z systemem – nie może ich
być więcej niż 10. Innymi słowy, system nie może być wykorzystywany w roli serwera. Jest to technicznie
możliwe, ale niezgodne z umową licencyjną. Licencje umożliwiają w tym przypadku różnicowanie produktów
– Microsoft sprzedaje ten sam system z licencją zezwalającą na podłączenie większej liczby komputerów. Jeżeli
w czasie 30 dni użytkownik nie dokona obowiązkowej aktywacji, licencja wygasa. Podczas aktywacji użytkownik
jest zobowiązany przekazać dane osobowe, których treść *nie jest precyzyjnie określona w licencji* (sic!). Pro-
ducent zastrzega, że system może przestać funkcjonować z powodu bliżej nieokreślonych zmian w konfiguracji
sprzętu i w takiej sytuacji może wymagać powtórnej aktywacji. Użytkownik akceptując ten dziwny zapis,
zrzeka się tym samym praw do ewentualnych odszkodowań. Jeżeli użytkownik zakupi kolejną wersję programu
(*upgrade*), to traci prawo do wykorzystania wersji wcześniejszej. Tylko pierwszy licencjobiorca ma prawo do
odsprzedaży licencji – kolejni nie mają tego prawa. Zabroniona jest dzierżawa, najem czy pożyczanie opro-
gramowania. Wreszcie użytkownik zrzeka się roszczeń powstałych wskutek błędów w działaniu programu,
przekraczających cenę, za którą program został nabyty. Zapisy dotyczące zrzeczenia się roszczeń są bardziej
szczegółowo opisane w kilkunastu zastrzeżeniach i postanowieniach licencji. Głównym celem owych uściśleń

lub przynajmniej części postanowień charakteryzowanej umowy istnieją duże zastrzeżenia [prawne]”. W szczególności umowa ta stoi w sprzeczności z artykułem 355 Kodeksu Cywilnego (umowy wiążą drugą stronę tylko wówczas, gdy znając ich treść, wyraziła zgodę na włączenie ich do treści umowy) oraz artykułu 4 „Ustawy o przeciwdziałaniu praktykom monopolistycznym”, który zakazuje narzucania uciążliwych warunków umowy przynoszących podmiotowi gospodarczemu nieuzasadnione korzyści. Teoretyczne wątpliwości nie są jednak poparte praktyką sądowniczą – uciążliwe klauzule są stosowane powszechnie i jak dotąd nie są kwestionowane przez sądy.

Licencje otwarte Oprogramowanie *Open Source* jest rozpowszechniane na zasadach licencji otwartych, które Barta i Markiewicz (2005, s. 27) nazywają też *licencjami publicznymi*. Powszechnie przyjmuje się za otwartą licencję, która została zaakceptowana jako taka przez *Open Source Initiative* (OSI) – organizację zajmującą się promocją oprogramowania *Open Source*. Licencje otwarte występują w wielu różnych wariantach, ale we wszystkich zezwolone winno być (Välimäki, 2005, s. 113):

- **nieograniczone wykorzystanie**, co oznacza, że niedozwolone jest nakładanie ograniczeń dotyczących liczby użytkowników, dozwolonego systemu/platformy lub komercyjnego/niekomercyjnego wykorzystania;
- **bezpłatne zwielokrotnianie i publikowanie**, co wyklucza dla oprogramowania rozpowszechnianego zgodnie z licencją otwartą jakiejkolwiek strategię rynkowe oparte na dochodach z opłat licencyjnych;
- **bezpłatne modyfikowanie programu**, co nie wyklucza innych warunków dotyczących modyfikowania. Warunkiem *sine qua non* modyfikowania jest dostępność kodu źródłowego, która z kolei eliminuje tajemnicę handlową jako potencjalną strategię rynkową producenta.

jest jeszcze większe ograniczenie ewentualnych roszczeń. Z powyższego wynika jasno, że licencja jest skrajnie niekorzystna dla licencjobiorcy.

OSI zaaprobowowało dziesiątki różnych licencji, które można podzielić z punktu widzenia prawa do modyfikowania kodu źródłowego na dwie podstawowe kategorie (Välimäki, 2005, s. 117): *restrykcyjne* oraz *dopuszczające*. Licencje restrykcyjne, zwane także wirusowymi lub żywotnymi nakazują, iż modyfikacje oraz dzieła pochodne muszą być licencjonowane na identycznej licencji, jak program oryginalny³¹. Licencje zezwalające nie nakładają na dzieła pochodne warunku wzajemności. Historycznie najstarsza i najbardziej rozpowszechniona licencja GNU jest licencją żywotną. Zgodnie z warunkami tej licencji jest rozpowszechniane przykładowo jądro systemu Linux, program przetwarzania grafiki GIMP, zestaw aplikacji biurowych OpenOffice lub system zarządzania danymi PostgreSQL. Z kolei tak popularne oprogramowanie jak system BSD, będący alternatywą dla Linuksa, przeglądarka www Firefox czy też serwer www Apache są rozpowszechniane na warunkach zezwalających na zmianę licencji dzieł pochodnych, w szczególności może to być licencja własnościowa³². Próbowano znaleźć związek pomiędzy rodzajem licencji a różnymi cechami oprogramowania, np. Lerner i Tirole (2005) na podstawie zawartości repozytorium sourceforge³³ utrzymują, że projekty infrastrukturalne mają zwykle licencję zezwalającą, a aplikacje żywotną. Tyle, że akurat „szteandarowe” projekty infrastrukturalne

³¹Tego typu zapisy licencyjne określa się jako *warunek/obowiązek wzajemności*. Warunek wzajemności ma daleko idące skutki odnośnie strategii rynkowej: producent programu, który chciałby wykorzystać w swojej aplikacji komponent rozpowszechniany zgodnie z licencją żywotną, musi licencjonować swój produkt na tej samej licencji.

³²Zatem możliwe jest wykorzystanie tej kategorii oprogramowania jako części aplikacji komercyjnej bez obowiązku zmiany licencji. Umożliwia to wykorzystanie oprogramowania otwartego także przez dostawców, którzy opierają strategię rynkową na dochodach z opłat licencyjnych i/lub tajemnicy handlowej.

³³SourceForge.net, to największy na świecie usługodawca ASP (por. przypis 8, s. 160) dostarczający usługi związane z tworzeniem oprogramowania *Open Source* (przechowywanie/publikowanie programów, tworzenie dokumentacji i komunikowanie się różnych interesariuszy). Jest to największe – ponad 150 tysięcy projektów, 2 mln zarejestrowanych użytkowników w 2009 r. – repozytorium różnych programów *Open Source*. Istnieją podobne, ale mniejsze projekty, w tym www.berlios.de oraz savannah.gnu.org.

ralne, takie jak Linux, kompilator gcc czy baza PostgreSQL są wyjątkami od tej reguły i żaden z nich nie jest zresztą częścią sourceforge.

Licencjom publicznym poświęcone są obszerne prace Valimaki (2005), Lessiga (2005), Rose-na (2004) oraz O'Mahony (2003). W literaturze polskiej szerzej na ten temat traktuje książka Barty i Markiewicza (2005).

Licencje podwójne Umowy licencyjne są także skutecznym narzędziem różnicowania oprogramowania i segmentacji rynku (Begg i inni, 2003, s. 291). Podwójne licencjonowanie (PL, *dual licensing*) to strategia rynkowa polegająca na rozpowszechnianiu programu zarówno na zasadach licencji otwartej oraz jako program własnościowy (Välimäki i Oksanen, 2005; Välimäki, 2005; van Wendel de Joode i inni, 2003). O ile w przypadku oprogramowania własnościowego właścicielem całości programu jest producent, to w przypadku większości programów *Open Source* własność jest rozproszona, co oznacza, że każdy współtwórca jest autorem jedynie fragmentu programu, co ma zarówno konsekwencje prawne, jak i dotyczące sposobu organizacji i rozwoju projektu (Välimäki i Oksanen, 2005). W przypadku współautorstwa problemem jest *kompatybilność licencji* (Rosen, 2004, s. 241–251) – przykładowo licencje żywotne oraz własnościowe są *niekompatybilne*. Nie można dołączyć programu udostępnionego na licencji żywotnej do programu własnościowego. Podwójne licencjonowanie jest możliwe w praktyce, jeżeli prawo własności do oprogramowania nie jest rozproszone, stąd społecznościowy model tworzenia oprogramowania i podwójne licencjonowanie wzajemnie się wykluczają. Rozwój projektów PL jest *scentralizowany*, a udział stron trzecich ogranicza się do zgłaszania przez użytkowników poprawek i błędów (Välimäki, 2005; Campbell-Kelly i Garcia-Swartz, 2008)³⁴. Strate-

³⁴W modelu PL właściciel, starając się zmniejszyć zagrożenie ze strony potencjalnych imitatorów wynikające z ujawnienia kodu źródłowego, najczęściej udostępnia program na zasadach *licencji niekompatybilnych* – zwykle licencją otwartą jest licencja żywotna. W takiej sytuacji potencjalny program konkurencyjny *nie może już być* – z uwagi na żywotność licencji – podwójnie licencjonowany, co znacznie ogranicza możliwość

gia PL jest stosowana w projektach dotyczących oprogramowania strukturalnego lub *middleware*³⁵, którego „docelowymi” odbiorcami są producenci aplikacji dla końcowych użytkowników. Stosowanie podwójnej licencji w przypadku innych kategorii oprogramowania nie ma zaś ekonomicznego uzasadnienia (Välimäki i Oksanen, 2005).

3.3.2. Ochrona patentowa

Patent to prawny monopol przyznany przez państwo, przyznający jego posiadaczowi wyłączność wykorzystania, sprzedawania lub importowania *wynalazku* na terenie kraju, który patentu udzielił (Scotchmer, 2006, s. 66). „Przez uzyskanie patentu nabywa się prawo wyłącznego korzystania z wynalazku w sposób zarobkowy lub zawodowy na całym obszarze Rzeczypospolitej Polskiej”³⁶. Ochrona patentowa i warunki, na jakich przyznaje się patenty w innych państwach są podobne. Przerzucanie ekonomicznych korzyści przez imitatora. Oczywiście teoretycznie mógłby na podstawie programu udostępnionego w modelu podwójnej licencji powstać konkurencyjny projekt społecznościowy, ale w praktyce nie ma to miejsca – *jazda na gapę* jest bardziej racjonalną postawą. Jeżeli wszakże projekt zostałby porzucony, zaniechany lub rozwijał się niezgodnie z oczekiwaniami użytkowników, to społeczność ma pełne prawo oraz techniczne możliwości do jego kontynuowania. W przypadku oprogramowania własnościowego producent często nie jest skłonny ujawnić kod źródłowy nawet aplikacji porzuconej, z uwagi na to, że jest on wykorzystywany także w innych programach.

³⁵Przykładami wykorzystania strategii PL są systemy zarządzania bazą danych MySQL oraz Sleepycat (Välimäki, 2005, s. 209–212). Przypadek MySQL szczegółowo opisał także Campbell-Kelly i Garcia-Swartz (2008).

³⁶Cytat pochodzi z art. 63 ustawy „Prawo własności przemysłowej”, która reguluje ochronę patentową wynalazków, wzorów towarowych i znaków towarowych w Polsce (Dziennik Ustaw, 2001). Ustawa ta jest zgodna z postanowieniami Konwencji o udzielaniu patentów europejskich (*European Patent Convention*) W Polsce patenty udzielane są przez Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, a od przystąpienia Polski do Europejskiej Organizacji Patentowej w 2004 r., również przez Europejski Urząd Patentowy (*European Patent Office* – EPO).

wo patentowe chroni uprawnionego przed konkurencją produktów podobnych czy ekwiwalentnych zakazując wytwarzania opatentowanego przedmiotu lub procesu³⁷.

Kryteria przyznawania ochrony patentowej wynalazkom są określone w ustawie w sposób bardzo ogólny: „patenty są udzielane na wynalazki, które są nowe, posiadają *poziom wynalazczy* i nadają się do *przemysłowego stosowania* (Dziennik Ustaw, 2001, art. 25)”³⁸. Czy wynalazek jest nowy, czy możliwe jest jego przemysłowe zastosowanie oraz czy posiada *poziom wynalazczy* decydują rzeczoznawcy wyznaczeni przez Urząd Patentowy.

Ustawa wyklucza też wybrane innowacje z możliwości ochrony za pomocą patentów, w szczególności Art. 28 stanowi, że „za wynalazki [...] nie uważa się w szczególności odkryć, teorii naukowych i metod matematycznych [oraz] programów do maszyn cyfrowych”. W Polsce sytuacja jest więc teoretycznie jasna³⁹. Podobnie Europejska Konwencja Patentowa wyłącza spod swego zakresu oprogramowanie (w artykule 52). Nie licząc się wszakże z obowiązującym stanem prawnym, Europejski Urząd Patentowy (EPO) przyznał do tej pory tysiące patentów na oprogramowanie (Guadamuz, 2006)⁴⁰. Amerykański urząd patentowy (*Patent and Trade Office* – PTO) od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku przy-

³⁷Mówiąc precyzyjnie, chroniony jest tak zwany *zakres przedmiotowy patentu* określający zastrzeżenia patentowe, zawarte w opisie patentowym.

³⁸Wynalazek uważa się za nowy, jeśli nie jest on częścią stanu techniki. Przez *stan techniki* rozumie się wszystko to, co przed datą, według której oznacza się pierwszeństwo do uzyskania patentu, zostało udostępnione do wiadomości powszechnej w formie pisemnego lub nawet ustnego opisu, przez stosowanie, wystawienie lub ujawnienie w inny sposób (Art. 25). Wynalazek uważa się za posiadający wystarczający poziom wynalazczy, jeżeli wynalazek ten nie wynika dla znawcy, w sposób oczywisty, ze stanu techniki (Art. 26). Stosunkowo najmniej kontrowersyjny jest wymóg *przemysłowego stosowania*, którego intencją jest nieprzyznawanie ochrony patentowej pomysłom niemożliwym do zaimplementowania, przykładowo mogą to być maszyny typu *perpetum mobile*.

³⁹Tyle, że z punktu widzenia rynku oprogramowania patent przyznany przez Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej ma marginalne znaczenie.

⁴⁰Pomimo jawnego wykluczenia oprogramowania w artykule 52 konwencji, EPO przyznaje takie patenty „przy

znaje masowo patenty na oprogramowanie. Liczba przyznanych patentów jest szacowana na setki tysięcy⁴¹. Dodatkowo porozumienie TRIPS⁴², według niektórych interpretacji nakłada obowiązek na sygnatariuszy przyznawania patentów także w dziedzinie oprogramowania (Barta i Markiewicz, 2005, s. 38)⁴³.

W przeciwieństwie do ochrony z tytułu prawa autorskiego, która nie wymaga żadnych procedur formalnych, ochrona patentowa jest kosztowna: wynalazca musi przygotować wnioski i wносить stosowne opłaty. W Polsce Urząd Patentowy pobiera opłaty jednorazowe oraz okresowe w związku z ochroną wynalazków, wzorów użytkowych, wzorów przemysłowych, znaków towarowych pomocy skomplikowanych konstrukcji prawnych, trudnych do ogarnięcia nawet dla prawników – specjalistów ochrony praw własności” (Geiger i Hilty, 2005, s. 620). Ten stan niepewności spowodował działania Komisji Europejskiej, która w 2002 r. zaproponowała dyrektywę *for the patentability of computer-implemented inventions*. W procesie konsultacji propozycja spotkała się ze zmasowaną krytyką, głównie dotyczącą braku podstaw ekonomicznych usprawiedliwiających jej wprowadzenie, i ostatecznie została odrzucona w czerwcu 2005 r.

⁴¹Ponieważ brak jest dokładnej definicji, czym jest *software patent*, szacunki są różne. Bessen i Hunt (2007, s. 47) podają empiryczne dane dotyczące amerykańskiego PTO, z których wynika, iż w 1980 r. przyznał on 1080 patentów, a w 2000 już 21065 (co stanowi prawie 20-krotny wzrost), przy czym udział patentów dotyczących oprogramowania wzrósł w tym okresie z 1,7% do 13,4%.

⁴²Porozumienie w sprawie Handlowych Aspektów Praw Własności Intelektualnej (*Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights – TRIPS*) stanowi załącznik do porozumienia w sprawie utworzenia Światowej Organizacji Handlu (WTO), co oznacza, że członkowie WTO muszą przyjąć porozumienie TRIPS. TRIPS reguluje wszystkie obszary własności intelektualnej, w tym ochronę praw autorskich, patentów itp. Polska przystąpiła do porozumienia TRIPS w 2000 r.

⁴³Artykuł 27 porozumienia stanowi, że „patents shall be available for any inventions, whether products or processes, **in all fields of technology**, provided that they are new, involve an inventive step and are capable of industrial application”.

(art. 222)⁴⁴. Pierwszeństwo do uzyskania patentu oznacza się według daty zgłoszenia wynalazku, a czas trwania patentu wynosi 20 lat od daty dokonania zgłoszenia wynalazku w Urzędzie Patentowym (art. 63).

Kontrowersje Patenty są kontrowersyjnym sposobem ochrony własności intelektualnej (Stiglitz, 2007). W założeniu miały motywować wynalazców zarówno do szukania innowacji, jak i do ich ujawniania, ponieważ beneficjent musi ujawnić szczegóły innowacji w zamian za ograniczony czasowo monopol czerpania z niej ewentualnych profitów⁴⁵. Przede wszystkim patent przyznaje bezwzględny monopol pierwszemu wynalazcy, który wypełni wniosek patentowy⁴⁶. Po drugie wątpliwa jest – z ekonomicznego punktu widzenia – społeczna efektywność ochrony patentowej. Wielu ekonomistów (Scotchmer, 2006; Boldrin i Levine, 2008), praktyków (Samuelson, 2004) oraz prawników (Webbink, 2005; Guadamuz, 2006) krytykuje system oceny patentów, a patentów dotyczących oprogramowania w szczególności, wskazując m.in., że procedura przyznawania ochrony patentowej została „zawłaszczona” przez grupy nacisku reprezentujące różne gałęzie przemysłu. Sprzeciw budzi praktyka amerykańskiego PTO rozszerzania „patentowalności” na metody prowadzenia działalności gospodarczej oraz oprogramowanie. Rezultatem są liczne decyzje patentowe, których jakość oceniana pod

⁴⁴W roku 2008 opłata jednorazowa za zgłoszenie wynalazku lub wzoru użytkowego wynosiła 550 zł, zaś opłaty okresowe za okres 20 lat ochrony to około 17 tys. złotych, przy czym opłaty okresowe rosną w kolejnych latach ochrony (por. rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 26 lutego 2008 r. – Dziennik Ustaw Nr 41, poz. 241.).

⁴⁵Żelaznym argumentem zwolenników patentów jest ochrona potencjalnych innowatorów przed groźbą imitacji i tym samym dostarczenie bodźców do ponoszenia kosztów innowacyjności. Słabo chroniona innowacja będzie łatwa do imitacji, co zniechęci do podejmowania czasochłonnych i kosztownych badań.

⁴⁶Logika ochrony patentowej jest oparta na etosie „samotnego wynalazcy”, a nie kolektywnego, przyrostowego postępu. Tymczasem innowacje powstają zwykle w rezultacie procesu, w którym wielu wynalazców pracuje nad podobnymi rozwiązaniami. Skoro jednak tylko jeden z nich „zgarbnie całą pulę”, to taki mechanizm paradoksalnie zniechęca raczej do wymiany pomysłów, a zatem zwalnia tempo postępu technologicznego.

kątem spełniania warunków nowości i poziomu wynalazczego jest albo dyskusyjna albo wręcz urąga zdrowemu rozsądkowi⁴⁷.

Reasumując, praktyka ochrony patentowej dla programów komputerowych wygląda obecnie (tzn. w 2010 r.) w taki sposób, że w USA oraz Japonii patentowanie oprogramowania jest stosowane, a właściciele patentów skarżą podmioty naruszające i wygrywają często znaczące odszkodowania. W Europie pomimo opisanych działań EPO oraz prób przeforsowania rozwiązań podobnych do obowiązujących w USA jak dotąd programy komputerowe nie są objęte ochroną patentową. Trudno jest wszakże przewidzieć czy ten stan prawny nie ulegnie znaczącej zmianie w przyszłości (**Barta i Markiewicz, 2005; Mann, 2006; Samuelson, 2004**). Więcej szczegółów znaleźć można w pracach Guadamuza (2006) oraz Thatcher i Pingry (2007).

3.4. Ekonomiczne podstawy produkcji oprogramowania

Perspektywa ekonomiczna – wprowadzie często posługująca się bardzo uproszczonymi teoriami i modelami – jest niezbędna do pełnego zrozumienia zjawisk zachodzących w sektorze produkcji oprogramowania. Mikroekonomiści, traktując oprogramowanie jako *dobro informacyjne*, usiłują objaśniać strukturę rynku, kształtowanie się cen czy strategii zaangażowanych podmiotów za pomocą takich pojęć jak: *efekt skali produkcji*, *efekt sieciowy* albo *koszty zmiany*⁴⁸. Niniejszy punkt jest rozwinięciem treści przedstawionych już w punkcie 2.6.4, które ograniczały się do popytowej strony rynku, podczas

⁴⁷Przykłady można mnożyć. PTO przyznało między innym patenty na komputerową implementację aukcji z malejącą ceną licytowaną, co jest „wynalezieniem” znanej od kilkuset lat aukcji holenderskiej (**Scotchmer, 2006**).

⁴⁸Rozwinięta jako część *Inżynierii Oprogramowania, ekonomika wytwarzania oprogramowania*, to synteza praktyk empirycznych i heurystyk sformułowanych w postaci tzw. *metodyk* zwanych także *dobrymi praktykami*, a bardziej po polsku sposobami postępowania, koncentrująca się na ocenie kosztów projektów SI/TI i próbująca ocenić efektywność inwestycji w SI/TI, por. (**Lech, 2007; Subieta, 1997**).

gdy teraz głównym problemem będzie odpowiedź na pytanie: „czy istnieje ekonomiczne uzasadnienie dla oprogramowania *Open Source*”?

Słabością analiz mikroekonomicznych jest spekulatywno-teoretyczny charakter większości teorii (Liebowitz i Margolis, 1994). Dominują modele analityczne, metafory i studia przypadków wykorzystujące dane jakościowe. Nie tylko modele nie są weryfikowane empirycznie, ale często założenia, na których są one budowane stanowią „połączenie [nieprawdziwych] anegdot i spekulacji” (Liebowitz i Margolis, 1994, s. 146)⁴⁹. Uważa się, że ekonomika skali, efekty sieciowe i wysokie koszty zmiany powodują m.in. zawłaszczenie rynku przez dominującego producenta. Proponenci takich teorii, skupiając się na przykładach potwierdzających, zdają się nie zauważać równie licznych przykładów przeczących stawianym tezom. Przykładowo, firma Google zawłaszczyła rynek, na którym nie miała premii za pierwszeństwo, a efekty sieciowe i koszty zmiany są niewielkie. Z kolei koncentracja na rynku pakietów do obliczeń statystycznych jest dużo mniejsza, mimo dużych kosztów zmiany, znacznych kosztów utopionych i efektu sieciowego.

⁴⁹Przykładem książki Shy’a (2001), poświęcona „przemysłom sieciowym” i zawierająca cały rozdział dotyczący analizy oprogramowania. Shy zakłada, iż „oprogramowanie składa się z pakietów, które są wytwarzane przez dużą liczbę przedsiębiorstw zajmujących się jego produkcją” (co nie jest prawdą). Jeden z rozważanych modeli określa teoretyczną liczbę aplikacji na rynku jako równą ilorazowi łącznych wydatków użytkowników i kosztu wytworzenia oprogramowania (Shy, 2001, s. 55). W innym modelu, dzieląc użytkowników na *samodzielnych* i *potrzebujących wsparcia*, postuluje się, iż użytkownik zakupi oprogramowanie, zamiast wykorzystywać je nielegalnie, jeżeli wartość usług wsparcia nie przewyższa ceny programu. Z modelu wynikałoby zatem, że wraz ze wzrostem doświadczenia wszyscy stają się albo komputerowymi piratami, albo cena programu zmierzać musi do zera (sic!). Pozostałe modele są równie proste, co oderwane od empirycznych realiów.

3.4.1. Korzyści skali i zakresu

Punktem wyjścia wielu modeli jest założenie, iż **oprogramowanie jest dobrem informacyjnym**, którego „koszty wytworzenia są znaczne, ale za to jest ono bardzo tanie w dystrybucji [...] dla produktów informacyjnych koszty stałe są wysokie, a koszty krańcowe niewielkie” (Begg i inni, 2003, s. 289). Innymi słowy, koszt krańcowy wytworzenia jest równy bliskiemu zera *kosztowi zwielokrotnienia*, przy czym znaczne koszty stałe są w większości *kosztami utopionymi*, niemożliwymi do odzyskania w przypadku niepowodzenia przedsięwzięcia. Oznacza to, że podczas wytwarzania oprogramowania występują ogromne *korzyści skali*, a w konsekwencji, wyznaczanie ceny oprogramowania w oparciu o koszt krańcowy nie jest właściwe – cena bliska zeru nie gwarantuje nawet odzyskania przez producenta poniesionych nakładów (Shy, 2001, s. 53). Wprawdzie niewątpliwie *koszt zwielokrotnienia* programu jest bliski zera, ale czy oznacza to, że jest on „tani w dystrybucji”? Dane dotyczące struktury kosztów producentów oprogramowania wskazują, iż jest to założenie mocno upraszczające – przynajmniej w odniesieniu do wielu kategorii oprogramowania, w tym oprogramowania masowego (Campbell-Kelly, 2004)⁵⁰. Istnieje w szczególności znaczna różnica pomiędzy takimi dobrami informacyjnymi, jak muzyka, filmy wideo, dokumenty elektroniczne (ogólnie: *dane*) a oprogramowaniem. Jak wskazano w punkcie 3.2 wartość oprogramowania zwiększa się znacząco w fazach dostarczania, uruchamiania i eksploatacji, podczas gdy łańcuch wartości w przypadku *danych* jest znacząco krótszy (por. rys. 3.1, s. 167).

Perens (2005) wyróżnia cztery sposoby organizacji produkcji oprogramowania (nazywając je *paradygmatami ekonomicznymi*): kontrakt, wydawanie oprogramowania, konsorcjum przedsiębiorstw

⁵⁰Przykładowo udział kosztów bezpośrednio związanych z wytworzeniem oprogramowania w przypadku firmy Microsoft wynosi około 15% (Cusumano, 2004). Największy udział w łącznych kosztach stanowią zaś wydatki na reklamę (35%). Udział reklamy w kosztach wytworzenia/wypromowania pierwszej wersji arkusza kalkulacyjnego Lotus 1-2-3, sięgał 70% (Campbell-Kelly, 2004, s. 210). To ilustruje skalę wydatków na obsługę sprzedaży, promocję, marketing oraz wielkość kosztów transakcyjnych, w tym obsługę prawną związaną z zarządzaniem prawami własności lub sporami antymonopolowymi.

oraz oprogramowanie *Open Source*. Powyższe paradygmaty różnią się: – sposobem podziału kosztów i ryzyka pomiędzy interesariuszy, – *sprawnością ekonomiczną* rozumianą jako udział nakładów przeznaczonych bezpośrednio na produkcję **użytecznego oprogramowania**⁵¹ w cenie programu oraz – możliwością wykluczenia stron trzecich z użytkowania oprogramowania. **Paradygmat wydawania oprogramowania charakteryzuje się skrajnie niską sprawnością**, na którą składa się wysoki udział kosztów pośrednich i zysku (85%) oraz niski stopień wykorzystania. Perens szacuje sprawność tego modelu produkcji oprogramowania na zaledwie 5%, co – jak słusznie zauważa – implikuje, iż *pewne kategorie oprogramowania nie mogą być produkowane w ramach tego paradygmatu*, ponieważ albo nie istnieje dostatecznie duży rynek gwarantujący zwrot poniesionych nakładów i zysk, albo – jeżeli nawet rynek jest dostatecznie duży – inwestor może ocenić, iż z takiego lub innego powodu nie będzie w stanie odzyskać nakładów (przykładowo ponieważ nie istnieje stosowna infrastruktura albo imitacja jest łatwa, por. **Pisano i Teece (2007)**). Przykładem nieefektywności modelu wydawania oprogramowania jest sieć *www*, która powstała jako oprogramowanie *Open Source* także dlatego, że żaden wydawca nie potrafił opracować sensownego sposobu odzyskania poniesionych nakładów.

Z produkcją programów związane są także duże *korzyści zasięgu*⁵². Raz wytworzone oprogramowanie może być wykorzystane wielokrotnie w wielu różnych aplikacjach. Producenci definiują in-

⁵¹Oprogramowanie kupione i *faktycznie używane*, to różne wielkości. Zakupione oprogramowanie jest nieużywane, albo używane nie w takim zakresie jakiego spodziewał się użytkownik, albo wiele funkcji programu jest niepotrzebnych z punktu widzenia potrzeb określonego użytkownika, a niektórych z kolei może brakować. Zaniechanie produkcji programu wymusza jego „przedwczesną” zmianę na inny, bez możliwości odzyskania poniesionych nakładów (koszty utopione, po stronie użytkownika). Perens (2005) szacuje, że 50% wydatków na oprogramowanie masowe jest marnowane z powyższych powodów, co wydaje się i tak ostrożnym szacunkiem.

⁵²Efekt zasięgu występuje, gdy produkcja dobra A zmienia koszty produkcji dobra B i wiąże się zwykle z fazą dystrybucji i strategiami, takimi jak różnicowanie jakości produktu, sprzedaż wiązana, czy sprzedaż w pakiecie (**Shy, 2001; Varian i Shapiro, 2007**). *Nota bene* jeżeli faktycznie program byłby „tani w dystrybucji”, to korzyści zasięgu powinny być niewielkie, a jest dokładnie odwrotnie.

terfejsy programistyczne aby umożliwić poszerzenie funkcjonalności programu przez strony trzecie bez konieczności ujawniania kodu źródłowego. Pełne korzyści zakresu w przypadku oprogramowania komercyjnego są ograniczone brakiem dostępu do kodu źródłowego, postanowieniami licencji i strategią wytwórcy oprogramowania.

3.4.2. Zewnętrzne efekty sieciowe i koszty zmiany

Często wskazywaną cechą rynku oprogramowania są *efekty sieciowe*, omawiane także w punkcie 2.6.4. W literaturze wyróżnia się pośrednie i bezpośrednie efekty sieciowe (Katz i Shapiro, 1985), przy czym *efekty bezpośrednie*, to wzrost użyteczności dobra bezpośrednio związany z fizycznym dołączeniem kolejnego użytkownika sieci (wysłanie listu elektronicznego jest użyteczne, jeżeli jest go do kogo wysłać). Efekty pośrednie występują zaś wtedy, gdy zwiększająca się liczba konsumentów danego dobra powoduje zwiększenie liczby oraz obniżenie ceny dóbr do niego komplementarnych (Liebowitz i Margolis, 1994). Uważa się, że istnienie efektów sieciowych, zwłaszcza pośrednich, wzmacnia rolę oczekiwań konsumentów względem wyborów dokonywanych przez innych uczestników rynku⁵³ oraz że efekty sieciowe na rynku dóbr informacyjnych są jednym z ważniejszych przyczyn jego nieefektywności (Shy, 2001; Varian i Shapiro, 2007; Välimäki, 2005). Liebowitz i Margolis (1994) negują znaczenie efektu sieci, utrzymując, iż większość obserwowanych zależności można wyjaśnić obniżającym ceny i zwiększającym popyt postępem technicznym oraz korzyściami skali. Naszym zdaniem „prawda leży pośrodku”. Dla pewnych kategorii oprogramowania efekty sieciowe bezpośrednio i istot-

⁵³Oznaczmy przez n wielkość sieci, przez $d(n)$ popyt n -tego uczestnika sieci, a przez N maksymalną możliwą wielkość sieci. Popyt uwzględniający oczekiwania można zapisać jako $d(n, n') = d(n) \cdot e(n')$, gdzie $0 \leq e(n') \leq 1$ jest współczynnikiem redukującym popyt, którego wielkość kształtują oczekiwania konsumentów. Przy założeniu, że $e(1) = 0$ (sieć jednego użytkownika ma wartość 0) oraz $e(N) = 1$ i dodatkowych warunkach upraszczających, formułę określającą wielkość współczynnika e można zapisać następująco $e(n') = (n' - 1)/(N - 1)$ (Messerschmitt i Szyperski, 2003, s. 312).

nie wpływają na popyt ze strony użytkowników, ale dla większości programów faktycznie nie mają dużego znaczenia. Masa startowa⁵⁴ sieci jest mniej potrzebna użytkownikom a bardziej producentom na odzyskanie nakładów (Perens, 2005). Projekt SI/TI jest zarzucany nie dlatego, że użytkownicy nisko oceniają korzyści wynikające z efektu sieci, tylko dlatego, że inwestor ocenił, iż jego kontynuowanie nie daje szans na zwrot nakładów.

Platforma definiowana przykładowo jako „system współzależnych ze sobą standardów, pozwalający na modularną wymianę zasobów, takich jak oprogramowanie i sprzęt” jest tą kategorią oprogramowania, dla której efekty sieciowe wydają się istotne (West, 2003; Rochet i Tirole, 2003). Platforma pośredniczy pomiędzy rynkami dwustronnymi (two-sided markets) określanymi także jako sieci dwustronne (two-sided networks), tj. rynkami, na których można wyróżnić dwie odrębne grupy podmiotów (Eisenmann i inni, 2008; Rochet i Tirole, 2003)⁵⁵. Eisenmann wyróżnia następujące strony występujące na rynkach związanych platformą pośredniczącą: – stronę popytową (użytkownicy końcowi), – stronę podażową (producenci dóbr komplementarnych), – dostawcy platformy, – sponsorzy⁵⁶ platformy (strona mająca prawa własności i/lub kontrolująca kluczowe składniki platformy, mogąca wykluczyć z uczestnictwa w sieci inne strony). Przykładowo Microsoft i Intel są sponsorami platformy Wintel (por. punkt 3.2). Dostęp do platformy może być otwarty jeżeli ograniczenia, co do jej wyko-

⁵⁴W oryginale *critical mass*, pojęcie oznaczającą minimalną liczebność sieci, przy której uczestnicy sieci skorzystają z dołączenia do niej (Shy, 2001, s. 104). Postuluje się, że masa startowa jest funkcją ceny. Jeżeli tak, to subsydiowanie uczestników jest jedną z możliwych strategii w początkowym okresie rozwoju sieci. Alternatywą dla subsydiowania są wysokie wydatki na promocję i marketing (Shy, 2001, s. 105).

⁵⁵System operacyjny łączy użytkowników i producentów aplikacji, konsole do gier graczy i producentów gier, wyszukiwarka Google użytkowników sieci www oraz reklamodawców. Platformami są także „tradycyjne” produkty/usługi takie jak karty kredytowe, gazety/TV, itp. (Parker i Van Alstyne, 2005).

⁵⁶Inna spotykana w literaturze nazwa to *właściciel platformy* (Gawer i Henderson, 2007); pojęcie sponsora uważamy za bardziej trafne (sponsor nie musi być właścicielem), podobnie jak wyróżnienie oddzielnych stron sponsora i dostawcy.

rzystania są „sensowne” (np. dotyczą zgodności z obowiązującymi standardami lub sprowadzają się do innych wymagań technicznych) i niedyskryminujące, co oznacza, że jednakowo dotyczą wszystkich stron. Dostęp może być *otwarty* lub *zamknięty* na każdym z czterech poziomów. Z uwagi na kluczowy dla platformy dostęp w roli sponsora, dzielimy platformy na *własnościowe* i *otwarte* (Eisenmann i inni, 2008). Decyzja sponsora o „otworzeniu platformy” jest zwykle kompromisem pomiędzy wielkością sieci a możliwością osiągnięcia ekonomicznych korzyści (Pisano i Teece, 2007; West, 2003), a sukces rynkowy platformy nie jest wprost związany z otwartością – jeżeli w ogóle taki związek istnieje – bowiem można podać wiele przykładów platform o różnym stopniu otwartości dostępu, które go osiągnęły⁵⁷.

Całkowity efekt sieciowy na rynku dwustronnym składa się z *efektu intrarynkowego* oraz *efektu interrynkowego* (Parker i Van Alstyne, 2005, s. 1495). Ten pierwszy, co pokazują Liebowitz i Margolis (1994), jest w dużym stopniu internalizowany, nie stanowi zatem efektu zewnętrznego *sensu stricto*. W przeciwieństwie do *rynku jednostronnego*, w sieci dwustronnej decyzje uczestników jednej sieci, zmieniając użyteczność uczestnictwa w innej sieci, nie mogą być przez nich internalizowane. W takiej sytuacji sponsor platformy może subsydiować jedną ze stron sieci, jeżeli oceni, iż taka strategia przyniesie mu korzyści w postaci zwiększenia łącznego przychodu. W przypadku *dóbr informacyjnych*, których krańcowy koszt wytworzenia wynosi zero, producent może sprzedawać dobro po cenie zero w celu szybszego zawłaszczenia rynku. Strategia taka różni się wszakże od subsydiowania sprzedaży związanej w rodzaju rozdawania lamp naftowych w celu zwiększenia sprzedaży oliwy (lampy i oliwę kupują ci sami konsumenci). Bardziej szczegółowo rywalizację platform na rynku dwustronnym analizują przykładowo Rochet i Tirole (2003) oraz Parker i Alstyne (2005). Konkurencja pomiędzy platformą własnościową a *Open Source* na rynku oprogramowania jest przedmiotem m.in. zainteresowania Economidesa i Katsamakasa (2006) oraz Eisenmanna (2008). W przypadku oprogramowania,

⁵⁷Linux jest platformą otwartą dla wszystkich czterech stron, iPhone firmy Apple jest zamknięta dla wszystkich stron za wyjątkiem użytkowników, Wintel zaś jest platformą zamkniętą jeżeli chodzi o stronę sponsora (Eisenmann i inni, 2008).

jeżeli platformy są niekompatybilne, to wykonanie programu kompatybilnego z wieloma platformami jest zwykle znacznie kosztowniejsze dla wytwórcy oprogramowania niż przygotowanie go w wariantcie „jednoplatformowym” (West, 2007, 2003). Powoduje to wytworzenie się samonapędzającego się zjawiska: platforma dominująca mocniej „przyciąga” aplikacje komplementarne, gdyż wielu wytwórców oceniając, iż koszt opracowania wersji programu kompatybilnej z platformą niszową jest wyższy od spodziewanych korzyści, rezygnuje z tego. Względnie mniejsza w porównaniu do platformy dominującej liczba aplikacji komplementarnych powoduje z kolei, iż platforma staje się jeszcze mniej atrakcyjna dla wytwórców dóbr komplementarnych, a w konsekwencji dla użytkowników. Na rynku dojrzałym wejście nowego uczestnika do sieci jest wykonalne wyłącznie jeżeli „stara” sieć jest kompatybilna z nową. Naturalną strategią sponsora „starej” sieci jest odstraszanie konkurencji groźbą zastosowania strategii „utrzymania niekompatybilności” (Eisenmann i inni, 2008). Bresnahan i Greenstein (1997) w oparciu o teorię endogenicznych kosztów utopionych Suttona⁵⁸ dowodzą, że rywalizacja platform nieuchronnie prowadzi do wysokiej koncentracji rynku po stronie podaży. Prace Eisenmanna i innych (2008), Economidesa i Katsamakasa (2006) oraz Parkera i Alstyne (2005) są dobrym wprowadzeniem do modeli rynków dwustronnych, a także zawierają obszerne zestawienia literatury dotyczącej tego zagadnienia.

Jak wspomniano w punkcie 2.6.4 empiryczne szacunki wielkości efektu sieciowego są nieliczne. Do tego zwykle stosowany w tych nielicznych próbach model regresji hedonicznej rodzi poważne wątpliwości metodologiczne (Brynjolfsson i Kemerer, 1996; Gallaughier i Wang, 2002). Po pierwsze, mocno dyskusyjne jest identyfikowanie wielkości efektu sieciowego z udziałem w rynku, co *de facto* sprowadza się do *apriorycznego* założenia, iż istnieje zależność przyczynowa pomiędzy wielkością

⁵⁸Endogeniczne koszty utopione, to koszty utopione, co do których czynione są następujące założenia: – podnoszą wyłącznie wartość przedsiębiorstwa, które je ponosi, – są nieograniczone, tj. na każdym poziomie zawsze można wydać więcej, oraz – wzrost ten zwiększa popyt potencjalnych nabywców. Oryginalna teoria Suttona dotyczy firm i ich wydatków na reklamę, które to *nota bene* stanowią ogromny udział w kosztach producentów oprogramowania masowego (por. przypis 50, s. 186).

udziału w rynku a wielkością efektu sieci. Wykorzystanie szeregów czasowych i szacowanie wielkości efektu poprzez ocenę zmiany cen, *implicite* wyklucza wpływ postępu technicznego i skali produkcji, co w przypadku SI/TI jest mało realistycznym założeniem. Równie trudne jest samo *zdefiniowanie rynku*, ponieważ producenci oprogramowania powszechnie stosują różnicowanie, sprzedaż w pakietach, itp. Spośród *n* aplikacji, różniących się funkcjonalnością i stopniem kompatybilności, to które z nich tworzą pewien rynek, a które już nie jest decyzją w dużej mierze arbitralną. Do tego jakość dostępnych danych zwykle zmusza przy operacjonalizacji pojęć do zastosowania kolejnych daleko idących uproszczeń (Brynjolfsson i Kemerer, 1996). Modele behawioralne (por. punkt 2.6.4) oparte na postrzeżeniach użytkowników wydają się zatem równie dobrą, jeżeli nie lepszą metodą mierzenia efektu sieci, w porównaniu do metod wprawdzie wykorzystujących „twarde dane”, ale które są jednocześnie obciążone tak dużym marginesem arbitralnej dowolności.

Koszty zmiany Zmiana programu na inny lub lepszy zwykle wiąże się ze znacznymi kosztami, określanymi jako *koszty zmiany* (Farrell i Klemperer, 2006). Koszt uruchomienia nietrywialnej aplikacji zwykle jest znacznie wyższy niż wydatki na licencje, obejmuje bowiem także zintegrowanie i dopasowanie nowego systemu do istniejącej już infrastruktury oraz procesów biznesowych, w tym szkolenie użytkowników (Messerschmitt i Szyperski, 2003, s. 318). Znaczne koszty zmiany powodują, że użytkownik zostaje uzależniony od dostawcy; w rezultacie kontrakt, który formalnie jest umową jednorazową lub dotyczącą jednego produktu, *de facto* staje się relacją długookresową, z czasem obejmującą także inne oprogramowanie, kompatybilne z pierwotnie zakupioną aplikacją. Rezultatem jest monopol *ex-post* dla firm konkurujących *ex-ante* (Farrell i Klemperer, 2006). Koszty zmiany połączone z efektem sieciowym mogą powodować silny efekt *inercji*; nowa, lepsza technologia nie jest akceptowana, z powodu obaw, iż użytkownicy sieci, którzy dokonają zmiany mogą na tym skorzystać dopiero wtedy, jeżeli inni postąpią tak samo z uwagi na korzyści wynikające z kompatybilności. Niechęć do zmiany blokująca nową lepszą technologię jest określana jako *nadmierny bezwład*.

Z kolei zjawisko nieefektywnego (zbyt wczesnego) przejścia na nowy standard, określane jako *nadmierny pęd* oznacza, że stracili ci, którzy zbyt wcześnie weszli do „osieroconej” sieci, zanim osiągnęli korzyści. Farrell i Saloner (1986) stosując metody Teorii Gier pokazują m.in. w jakich warunkach mogą oba społecznie nieefektywne rodzaje bezwładu wystąpić. Większość rozważań dotyczących ustanawiania standardów na rynkach cechujących się znacznymi kosztami zmiany ma charakter spekulacji teoretycznych o dużym stopniu ogólności i nie dotyczy bezpośrednio żadnej gałęzi przemysłu. Potwierdzenia empiryczne są sporadyczne, jeszcze mniej z nich dotyczy sektora produkcji oprogramowania. Szersze omówienie zagadnienia i przegląd literatury można znaleźć w pracach Farrella i Klemperera (2006) oraz Farrella i Salonera (1986).

Wytwórcy i dostawcy oprogramowania zwiększają koszty zmiany jako część swojej strategii poprzez zmuszanie lub zachęcanie do związania aplikacji z innymi aplikacjami, w tym specyficznymi dla określonej platformy⁵⁹ oraz stosowaniem formatu danych, który stanowi tajemnicę handlową, co utrudnia lub uniemożliwia ich wykorzystanie przez inne programy. Inną strategią, *nota bene* skarżoną w sporach antymonopolowych są *grabieżcze zapowiedzi* (*predatory preannouncements*), mające na celu zniechęcenie konsumentów do zmiany dostawcy (Farrell i Saloner, 1986)⁶⁰. Także zakazaną praktyką są *grabieżcze ceny* (*predatory prices*), polegające na okresowej lub ograniczonej do pew-

⁵⁹Przykładowo, wiele aplikacji rozwijanych na platformę Wintel wykorzystuje język Visual Basic w jego różnych odmianach. Ponieważ Visual Basic jest dostępny wyłącznie w systemie Windows firmy Microsoft, udostępnienie aplikacji, np. dla platformy Linux wiązałoby się z jej gruntowną i kosztowną przebudową.

⁶⁰Firma Microsoft obawiając się przejścia użytkowników systemu MS-DOS na funkcjonalnie dużo lepszy system OS/2, w sytuacji gdy sama nie oferowała jeszcze porównywalnego jakościowo z OS/2 systemu Windows 95, zastosował tego rodzaju strategię, pokazując prawiegotowy system kilka miesięcy wcześniej niż był on dostępny w sprzedaży. Proponenci oprogramowania Open Source wskazują, że ten wyścig po rynek skutkuje niższą jakością programów. Nie ten wygrywa, kto sprzedaje lepszy jakościowo program, tylko ten, kto pierwszy zajmie rynek (Raymond, 2001).

nego segmentu rynku obniżyć cen⁶¹. Dla powstrzymania konkurencji wystarczy sama zapowiedź takiego działania (Varian i Shapiro, 2007; Farrell i Saloner, 1986). Aby zmobilizować nabywców wcześniejszych wersji programu do powtórnego zakupu nowej wersji, wydawcy oprogramowania z jednej strony oferują niższą cenę za *upgrade*, a z drugiej stosują strategię częściowej, *jednokierunkowej kompatybilności*. Nowa wersja programu jest kompatybilna z poprzednią, ale nie odwrotnie. Ponieważ producent zaprzestaje sprzedaży starej wersji, jej użytkownicy szybko odnajdują się w sieci, która „nie do końca” jest kompatybilna z nową⁶², co zmusza do przymusowego zakupu.

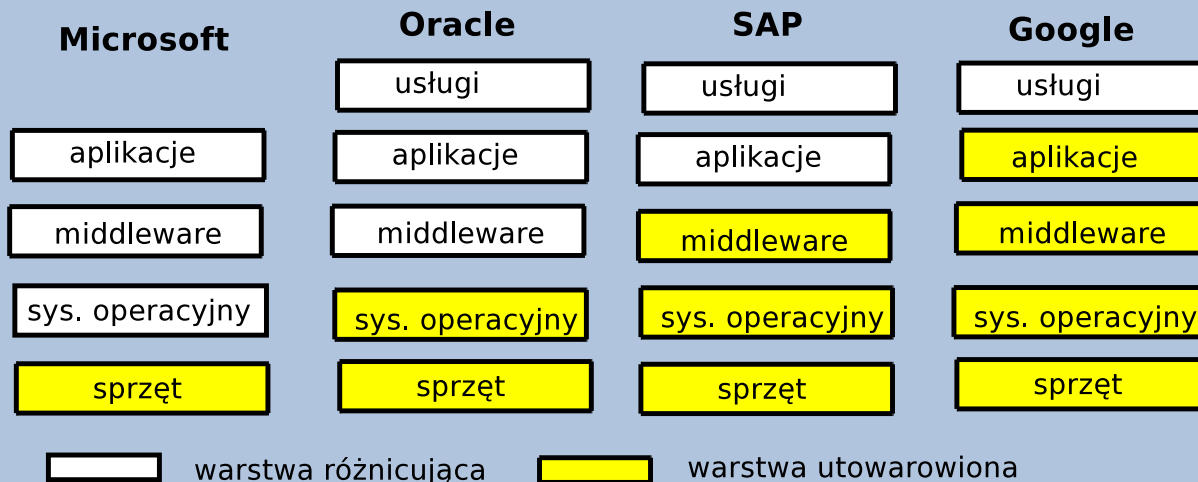
3.4.3. Komodyzacja SI/TI

Carr dzieli technologie na *własnościowe* oraz *infrastrukturalne* i utrzymuje, że te pierwsze – pod warunkiem iż są chronione przed imitatorami – są źródłem długoterminowej przewagi konkurencyjnej, podczas gdy wartość tych drugich wzrasta, gdy są wspólne (Carr, 2003). Ponieważ podstawowa funkcjonalność SI/TI – przetwarzanie, przechowywanie, przesyłanie danych stały się tanie i powszechnie dostępne, zatem SI/TI jest technologią infrastrukturalną (Perens (2005) używa terminu nieróżnicującą) – SI/TI jest niezbędna do prowadzenia działalności gospodarczej, ale nic ponad to. Podobnie jak miało to miejsce z innymi technologiami, także SI/TI zostanie *utowarowiona* (Carr, 2003, s. 42). Perens szacuje, że 90% oprogramowania ma charakter infrastrukturalny, co więcej, te 90% – z uwagi na warstwowy charakter SI/TI, por. punkt 3.2 – jest podstawą, na której powstaje *technologia różnicująca*. Większa dostępność, niższe koszty, lepsza jakość infrastruktury pozwala przeznaczyć większe środki

⁶¹Przykładem niech będą różne modne ostatnio *licencje akademickie*, mające stanowić broń zarówno przeciw konkurencji komercyjnej, jak i konkurencji ze strony programów *Open Source*. Skoro program nic nie kosztuje, to zmieniając go na odpowiednik *Open Source*, użytkownik niewiele zyskuje. Licencja jest wszakże ograniczona czasowo – przestaje obowiązywać w momencie ukończenia studiów!

⁶²Format danych programu MS Office jest niekompatybilny „w tył”, a Microsoft zwykle nie sprzedaje żadnych *konwerterów* dla użytkowników starszych wersji.

na tę kategorię oprogramowania, która umożliwia uzyskanie przewagi na rynku. Firmy działają na różnym poziomie stosu SI/TI, stąd co jest infrastrukturą, a co technologią różnicującą jest względne i zależy od przyjętej przez nie strategii rynkowej (przykłady przedstawiono na rys 3.2).



Rysunek 3.2: Komodyzacja SI/TI a strategia rynkowa wybranych producentów oprogramowania (opracowano na podstawie: West (2007))

Infrastruktura w tym znaczeniu, różni się od znaczenia tego terminu określonego w punkcie 3.2. System operacyjny, oprogramowanie biurowe, przeglądarka www, program poczty elektronicznej są częścią infrastruktury⁶³. Komodyzacja SI/TI w przypadku sprzętu stała się faktem: kupuje się komputer o określonej funkcjonalności, a nie komputer firmy IBM czy komputer *Thinkpad*. Zakładając, że oprogramowanie *nie jest* czymś szczególnym w historii ekonomii, należy oczekiwać, że komodyzacja

⁶³Przykładowo SI/TI firmy Google składa się z dziesiątków tysięcy komputerów PC wyposażonych w system

obejmuje teraz wyższe warstwy stosu SI/TI, w tym system operacyjny (Brady i inni, 1992). Z tego punktu widzenia oprogramowanie Open Source⁶⁴ jest czymś zupełnie normalnym i naturalnym (Perens, 2005; Riehle, 2007)⁶⁵. Wracając do paradygmatów produkcji SI/TI Perensa, kontrakt – sposób produkcji oprogramowania, w którym użytkownik ponosi pełne koszty i ryzyko projektu SI/TI – jest jedynym sposobem tworzenia oprogramowania różnicującego. Tworzenie oprogramowania w ramach konsorcjum rozkłada koszty i ryzyko na członków konsorcjum i jest sprawniejszym ekonomicznie sposobem produkowania oprogramowania infrastrukturalnego. Tworzenie oprogramowania Open Source jest podobne do paradygmatu konsorcjum, tyle że mniejszy stopień formalizacji zmniejsza koszty i ryzyko projektów. Projekt Open Source rozwija się ewolucyjnie, stąd koszty i ryzyko są rozłożone w czasie. Jeżeli projekt okazuje się nieudany, to straty są przeciętnie mniejsze niż w przypadku paradygmatu wydawania oprogramowania (lub wytwarzania go w ramach konsorcjum), gdzie aby odnieść sukces firma musi najpierw ponieść duże nakłady, które w przypadku niepowodzenia są w całości nie do odzyskania (Perens, 2005; Riehle, 2007).

3.5. Oprogramowanie Open Source

3.5.1. Otwartość i zarządzanie projektem Open Source

We wczesnych opisach i analizach wytwarzanie oprogramowania Open Source było przedstawiane jako nieformalne, rozproszone geograficznie i oparte na dobrowolnym zaangażowaniu wielu wy-

operacyjny Linux – oba tanie i powszechnie dostępne (Sochacki, 2006). Tym, co wyróżnia Google, jest opracowane przez pracowników tego przedsiębiorstwa oprogramowanie, które jest pilnie strzeżoną tajemnicą.

⁶⁴Inny scenariusz przyszłości, to model ASP, tj. usługi świadczone przez różnych dostawców w oparciu o wspólną infrastrukturę SI/TI zbudowaną z programów Open Source. Przykładem może być firma Google i jej usługi wyszukiwania zasobów Internetu.

⁶⁵Porównaj także van der Linden i inni (2009) oraz Brady i inni (1992).

konawców (Raymond, 2001; Lerner i Tirole, 2004; Weber, 2004). Benkler (2002) spekuluje nawet, iż oprogramowanie *Open Source* jest początkiem i przykładem zyskującej na znaczeniu w dobie gospodarki elektronicznej *kooperacji społecznej na własne potrzeby* (*commons-based peer production*) – trzeciej, obok rynku i firmy, formy produkcji. Taki sposób wytwarzania oprogramowania, który Raymond (2001) nazywa bazarowym⁶⁶, porównywano z tradycyjnym sposobem produkcji oprogramowania⁶⁷, który z kolei jest scentralizowany, sformalizowany (Sommerville, 2004) i oparty o zaangażowanie wynikające *stricte* z pobudek komercyjnych. Postulowano – obserwując takie projekty programistyczne jak Linux, Debian (Amor i inni, 2007) i Apache (Mockus i inni, 2002) – iż wysoka jakość oprogramowania wynika z zastosowania nieformalnego sposobu zarządzania projektami (Raymond, 2001; Fuggetta, 2004). W literaturze przedmiotu powszechny jest pogląd, że większa jakość programu wymaga większych *początkowych* nakładów. Jakościowo lepsze programy z kolei są tańsze w utrzymaniu i pielęgnacji (Sommerville, 2004). W przypadku oprogramowania własnościowego jakość może zostać poświęcona dla osiągnięcia innych celów krótkookresowych, takich jak: termin ukończenia, mniejsze nakłady początkowe i/lub prymat strategii marketingowej nad zasadami sztuki inżynierskiej (Capra i inni, 2008).

Badania empiryczne wskazują, iż identyfikowanie oprogramowania *Open Source* z bazarowym stylem produkcji, a programów własnościowych z *katedralnym* nie odpowiada rzeczywistości. Po pierwsze, większość projektów tak naprawdę nie jest dziełem społeczności, ale wąskiego grona

⁶⁶W modelu bazarowym, zwanym także *społecznościowym*, program jest wytwarzany przez wielu wykonawców, a modyfikacje są bardzo częste. Koordynacja oparta jest o konsensus, a podejmujący decyzje liderzy wybierani są przez pozostałych wykonawców na zasadzie merytokracji. Przykładowo nowa wersja jądra Linuksa pojawia się przeciętnie co dwa tygodnie (Kroath-Hartman i inni, 2009). Częste i niewielkie przyrosty funkcjonalności ułatwiają koordynację projektu oraz pozwalają na unikanie zmian sprzecznych, powielających się lub zbędnych.

⁶⁷Raymond (2001) używa terminu model katedralny, co jest metaforą do przemysłanego sposobu w jaki powstaje wielka budowla, np. budowla katedry.

wykonawców (Krishnamurthy, 2002). Po drugie, nawet w przypadku projektów bazarowych większość wykonawców jest wynajęta i opłacana przez organizacje komercyjne zainteresowane rozwojem projektu (Campbell-Kelly i Garcia-Swartz, 2008; Kroath-Hartman i inni, 2009). Po trzecie wreszcie, całkiem sporo projektów Open Source ma charakter projektów komercyjnych. Capra i inni (2008) uważają, że sposób licencjonowania jest tylko jednym z aspektów zarządzania projektem i wprowadzają pojęcie **otwartość projektu**, jako wielkość leżącą pomiędzy dwoma skrajnościami: *projektem zamkniętym* oraz *projektem otwartym*⁶⁸. Licencja podwójna (por. punkt 3.3.1) skutkuje projektem zamkniętym, ponieważ zewnętrznym wykonawcy nie mają żadnych bodźców do poprawiania cudzego kodu (van Wendel de Joode i inni, 2003). Ale odwrotna relacja nie jest prawdziwa – projekt zamknięty nie musi być podwójnie licencjonowany. Przykładowo jeden z większych i popularniejszych programów, pakiet biurowy OpenOffice.org jest w całości udostępniony na licencji otwartej. Każdy może dołączyć do zespołu rozwijającego projekt, ale mimo to, aż 90% programu jest dziełem pracowników firm IBM oraz Sun Microsystems. Stopień formalizacji projektu jest wysoki, czego manifestacją jest duża liczba różnych komitetów i innych ciał (*Engineering Committee, Community Council*), na działalność których duży wpływ mają zarówno firma Sun Microsystems, jak i inne przedsiębiorstwa uczestniczące w projekcie (Capra i inni, 2008). Prostą typologię projektów Open Source proponuje też Daffara (2009), umieszczając je w trójwymiarowej przestrzeni o osiach zdefiniowanych jako: **sposób kontroli** (licencje i własność), **sposób tworzenia** (w tym zarządzanie projektem) oraz **sposób czerpania dochodów** (zastosowana strategia rynkowa). Spinellis i Szyperski (2004) zauważają, że udane społecznościowe projekty Open Source są dziełem wykonawców, będących jednocześnie jego użytkownikami. W przypadku oprogramowania infrastrukturalnego liczba kompetentnych użytkow-

⁶⁸Stopień otwartości jest pojęciem abstrakcyjnym, potencjalnymi miarami mogą być: udział oprogramowania udostępnionego na licencji otwartej, udział oprogramowania wytworzonego przez wynajętych programistów, sposób pracy programistów (geograficzne rozproszenie, komunikacja elektroniczna albo praca tradycyjna) oraz stopień formalizacji projektu (Capra i inni, 2008).

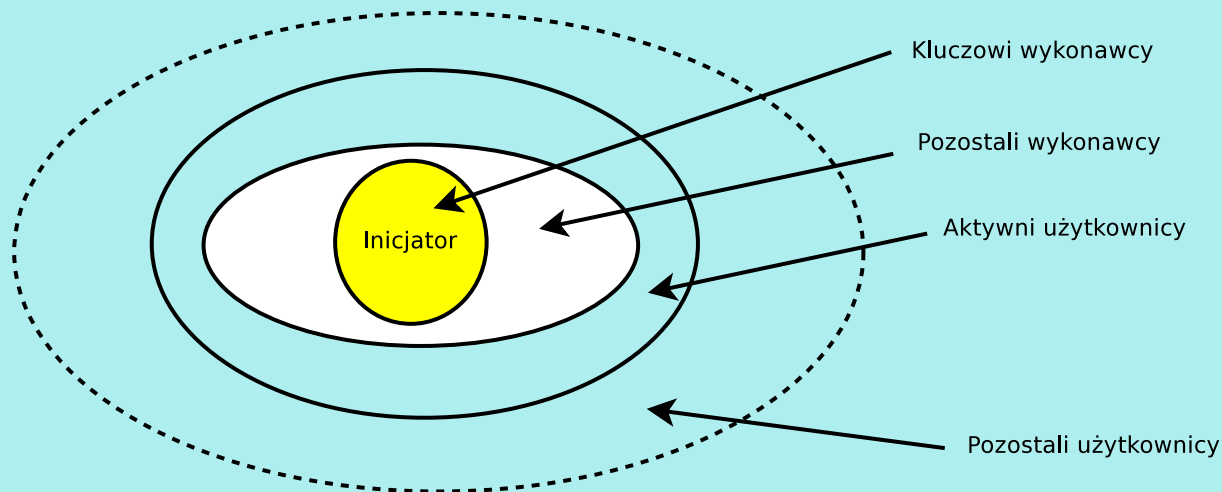
ników jest ogromna, stąd liczne i zakończone sukcesem projekty zarządzane w modelu bazarowym. Z kolei, jeżeli chodzi o oprogramowanie aplikacyjne, to użytkownicy zwykle mają kompetencje dotyczące dziedziny zastosowań, ale niewielką znajomość SI/TI – jeżeli nawet powstaje oprogramowanie *Open Source*, to w sposób inny niż model *bazarowy*.

Zagadnienie zarządzania projektami *Open Source* jest jednym z częściej podejmowanych w literaturze przedmiotu. Tematem przewodnim w tym nurcie badań jest próba ustalenia, czy oprogramowanie *Open Source* jest wytwarzane w sposób *odmienny* niż programy własnościowe i jeżeli tak jest, to czym oba sposoby się różnią oraz który jest lepszy. Zainteresowanych czytelników odsyłamy do prac Fitzgeralda (2006), Gehringa (2006), Felleri i innych (2005), Felleri i Fitzgeralda (2002) oraz Andruszkiewicza (2004).

3.5.2. Motywacja wytwórców i strategie rynkowe producentów

W zależności od typu projektu *Open Source* struktura społeczności jest różna, co za tym idzie, różna jest też aktywność poszczególnych interesariuszy. W przypadku części projektów komercyjnych różnica pomiędzy *Open Source* oraz programami komercyjnym jest niewielka, jeżeli w ogóle istnieje. Program jest wytwarzany *in-house*, a rola użytkowników zredukowana co najwyżej do zgłaszania błędów i propozycji usprawnień. Typowy społecznościowy projekt *Open Source* ma strukturę cebuli (por. rys 3.3), a przynależność do poszczególnych łusek zależy od wkładu w wytworzenie programu (Crowston i Howison, 2005; Mockus i inni, 2002; Raymond, 2001). Badania empiryczne wskazują, że wielkość wkładu poszczególnych wykonawców cechuje się ogromnym zróżnicowaniem, typowo 75–80% programu jest dziełem kilku–kilkunastu *kluczowych wykonawców*. Udział pozostałych wykonawców z różnych względów jest dużo mniejszy. Aktywni użytkownicy nie są w stanie brać udziału w rozwoju programu, zwykle z uwagi na brak niezbędnej wiedzy – ich udział w projekcie ogranicza się do zgłaszania błędów i sugestii co do kierunków rozwoju programu. O tym, jakie modyfikacje

zgłaszane przez społeczność są uwzględniane w rozwoju programu decydują wyłącznie kluczowi wykonawcy (Andruszkiewicz, 2004; Weber, 2004; Tirole i Lerner, 2002).



Rysunek 3.3: Struktura interesariuszy projektu *open source* (opracowano na podstawie: Crowston i Howison (2005))

Związany z zagadnieniem zarządzania projektami jest problem *motywacji*. Co powoduje, iż wielu wykonawców angażuje swój czas i umiejętności w działalność, która nie przynosi im bezpośrednio ekonomicznych korzyści (Lakhani i Wolf, 2005; Tirole i Lerner, 2002)? W literaturze zaproponowano wiele teorii objaśniających ten fenomen (Shah, 2006; AlMarzouq, 2005). Stallman (1998) wskazuje na czynnik ideologiczny jako *élan vital* ruchu *Open Source*. Według Raymonda (2001) ta siła życiowa jest bardziej przyziemna i sprowadza się do zaspokojenia osobistej potrzeby – ponieważ nie istnieje potrzebny program, należy go zrobić. Kolejnym podnoszonym w literaturze czynnikiem są odłożo-

ne korzyści dotyczące zawodowej kariery wykonawcy – zdolny programista poprzez uczestnictwo w projekcie *Open Source* sygnalizuje albo demonstruje swoje ponadprzeciętne umiejętności (Tirole i Lerner, 2002)⁶⁹. Weber (2004) umniejsza rolę czynnika *demonstrowania zdolności*, wskazując, że jeśli reputacja i kierowanie są ściśle związane, to gdyby faktycznie reputacja była istotnym czynnikiem motywującym, należałoby oczekiwać większego rozdrobnienia i/lub prób przejęcia kierowania projektami, co nie jest obserwowane. Bodźcem do udziału w projekcie *Open Source* może być także chęć podniesienia kwalifikacji i wiedzy. Uczestnik nie tylko ma możliwość współpracy z wybitnymi specjalistami nad rozwojem innowacyjnych systemów SI/TI, ale na dodatek może się dołączyć do projektu, który go interesuje, a nie do takiego, do którego został wyznaczony przez przełożonego. Inne rozpatrywane w literaturze czynniki motywujące to: przyjemność i/lub satysfakcja związana z wyzwaniem, jakie stanowi rozwiązanie zadania programistycznego, poczucie wzajemności, postawa altruistyczna itp. Motywacja wykonawców indywidualnych jest jednym z częściej podejmowanych tematów badawczych, zwłaszcza w pierwszym etapie badań dotyczących oprogramowania *Open Source*, które koncentrowało się na projektach społecznościowych. Obszerna literatura obejmuje między innymi prace Lenera i Tirole (2001), Wu i innych (2007a), Sowe i innych (2006; 2008), Bitzera i innych (2007), Tordwalda i Ghosha (1998) oraz Orega i Nova (2008). Warto także zapoznać się z pracami Sharp i innych (2008b; 2008a), które są systematycznymi przeglądami literatury dotyczącej motywacji pracowników zaangażowanych w produkcję oprogramowania.

Na poziomie instytucjonalnym „motywacją” jest możliwość osiągania dochodów oraz budowania wizerunku firmy. Fitzgerald (2006) zauważa, że opisywane w literaturze różne „strategie rynkowe” (Raymond, 2001; Daffara, 2009; West, 2003; Andruszkiewicz, 2004) stosowane przez producentów w istocie można podzielić na dwie kategorie: strategię **wartości dodanej** oraz **lidera strat/kreatora rynku**.

⁶⁹Programowanie jest sztuką, a produktywność wybitnego programisty może kilkudziesięciokrotnie przewyższać przeciętną. W tej sytuacji na podstawie formalnych kryteriów trudno jest pracodawcy odróżnić „artystów” od „rzemieślników” – najlepszym sposobem rekomendacji jest pokazanie własnego dzieła.

W modelu lidera strat, program *Open Source* ma na celu zwiększenie rynku dla innych programów (rozpowszechnianych na licencji komercyjnej) lub usług. Przykładem może być decyzja IBM rozpowszechniania jako *Open Source* programu Eclipse⁷⁰. W strategii wartości dodanej program *Open Source* zwiększa użyteczność związanego z nim dobra. Przykładem może być Linux stosowany jako system operacyjny w komputerach firmy IBM (Campbell-Kelly i Garcia-Swartz, 2009), Apple (Välimäki i Oksanen, 2005) oraz telefonach komórkowych firm Google i Nokia (Antilla, 2006). Używając Linuksa, firmy mogą „z powrotem” zintegrować produkowane oprogramowanie⁷¹. Wartością dodaną mogą być usługi konsultacyjne i integracyjne (przykładami są dostawcy Linuksa, tacy jak RedHat) lub inne usługi świadczone w oparciu o skomodyzowaną infrastrukturę (Yahoo, Google, Ebay, itd.). Dobrem komplementarnym może być także dokumentacja i/lub szkolenia – sztandarowym przykładem jest wydawnictwo O'Reilly Media (Raymond, 2001). W cytowanej w tym akapicie literaturze można znaleźć więcej opisów przypadków komercyjnych projektów *Open Source*.

⁷⁰Eclipse jest zintegrowanym środowiskiem programistycznym (*Integrated Development Environment*, IDE). Decyzja o opublikowaniu Eclipse na licencji *Open Source* oznaczała rezygnację z przychodów z tytułu opłat licencyjnych. W zamian za to uzyskano zwiększenie popularności tej aplikacji, rozszerzenie rynku produktów/usług komplementarnych, zmniejszenie rentowności podobnych aplikacji sprzedawanych przez konkurencję, która w rezultacie postąpiła podobnie (programy *NetBeans* i *Beehive*, por. Fitzgerald (2006)). Inne przykłady tej strategii – opisane szerzej przez Campbell-Kelly'ego i Garcia-Swartz (2008) – to MySQL (licencjonowanie wersji komercyjnej programu) oraz Compiere (usługi integracyjne i consulting).

⁷¹Firma Oracle, która tradycyjnie sprzedawała wyłącznie systemy zarządzania bazami danych oraz aplikacje biznesowe, takie jak systemy ERP, dołożyła do tego „swój” system operacyjny – *Unbreakable Linux*. Dzięki temu klient może kupić kompletne rozwiązanie SI/TI od jednego dostawcy, co eliminuje koszty integracji (a także integratorów). Oracle podaje, że z rozwiązania tego korzystało w 2009 r. ponad 4000 przedsiębiorstw (por. <http://www.oracle.com/us/technologies/linux/>).

3.5.3. Sukces i akceptacja oprogramowanie Open Source

Zainteresowanie środowiska informatyki ekonomicznej problematyką akceptacji SI/TI w większości ogranicza się do grupy użytkowników końcowych (por. rozdział 2) – inne kategorie użytkowników oraz wytwórców oprogramowania pozostawia się informatyce stosowanej. Użytkownicy nie stanowią wszakże jednorodnej grupy. Jullien i Zimmermann (2009) dzielą użytkowników na trzy kategorie z punktu widzenia ich związku z technologią: – **naiwni klienci**, wrażliwi wyłącznie na poziom cen, niezdolni do oceny technologicznych różnic pomiędzy różnymi SI/TI; – **użytkownicy Koguta-Metiu** (Kogut i Metiu, 2001), wrażliwi zarówno na poziom cen, jak i potrafiący ocenić jakość SI/TI; – **użytkownicy von Hippela** (Hippel i Krogh, 2003), którzy są *źródłem innowacji*, tj. posiadają wiedzę umożliwiającą współdział w wytwarzaniu oprogramowania. Większość modeli akceptacji SI/TI takich jak modele TAM/DOI, które powstały w latach osiemdziesiątych, w innych uwarunkowaniach organizacyjnych, znacznie mniejszej powszechności SI/TI, wydaje się przeznaczone do badania akceptacji *naiwnych klientów*. Wykorzystanie ich w innym kontekście jest dyskusyjne, np. *użytkownicy von Hippela* zapewne wybrali najlepszy z wielu system o wysokiej wartości PU/PEOU – pytać się należy raczej, czemu wybrano ten, a nie tamten, zamiast czy jest on użyteczny, co respondent zapewne skwituje wzruszeniem ramion. Problem akceptacji Open Source nasuwa zatem pytanie, na ile współcześnie przydatne są modele akceptacji SI/TI omawiane w rozdziale 2?

Przed odpowiedzią na to pytanie warto zastanowić się, dlaczego użytkownicy mieliby używać oprogramowania Open Source, lub co jest równie częstym scenariuszem, czemu mieliby wybierać programy Open Source zamiast własnościowych? Rozważania postulatyno-spekulacyjne wskazują na trzy *potencjalne obszary korzyści*: – *mniejsze koszty*, – *mniejsze ryzyko* oraz – *wyższa jakość* (Varian i Shapiro, 2003; Andruszkiewicz, 2004; Raymond, 2001; Weber, 2004; Fitzgerald, 2006). Mniejsze koszty prowadzą się do – co oczywiste – mniejszych opłat licencyjnych, ale także mniejszych kosztów zmiany wynikających z jawności kodu źródłowego. Pozycja rynkowa dostawcy jest mitygowana większą konkurencją wynikającą z mniejszych ograniczeń w dostępie do SI/TI. Także niższe mogą

być wydatki na konserwację, w tym zakup kolejnych wersji programu (*upgrade*). Mniejsze ryzyko z kolei, to zarówno mniejsze prawdopodobieństwo „osierocenia” użytkownika poprzez zaprzestanie wsparcia i zmuszenia go w ten sposób do zmiany programu na inny, jaki i mniejsze ryzyko wydatków na program, który okazuje się nieprzydatny (*shelfware*), wynikające z możliwości „wypróbowania” programów *Open Source*. Wreszcie wyższa jakość oprogramowania *Open Source*, na którą składa się: większe bezpieczeństwo, elastyczność i niezawodność (Varian i Shapiro, 2003; Fuggetta, 2004) jest pochodną innego sposobu wytwarzania (Raymond, 2001)⁷².

Empiryczne badania akceptacji⁷³ przeprowadzone w sektorze publicznym w Europie wskazują, że głównym czynnikiem decyzji o wdrożeniu oprogramowania *Open Source* było zmniejszenie kosztów SI/TI (Waring i Maddocks, 2005). Wsparcie integratorów i/lub społeczności jest postrzegane jako mniej pewne i stanowi poważną barierę (Goode, 2005; Holck i inni, 2004). W ilościowych badaniach akceptacji dominuje prosty opis statystyczny (Goode, 2005; Berlecon Research, 2002; Waring i Maddocks, 2005), a zastosowanie tak popularnych w przypadku innych rodzajów SI/TI modeli przyczynowo-skutkowych (por. rozdział 2) udało nam się odszukać w literaturze jedynie dwukrotnie. Gallego i inni (2008) weryfikują model objaśniający zamiar wykorzystania systemu Linux za pomocą czynników PU/PEOU z modelu TAM, które z kolei są objaśniane przez czynniki jakości oprogramowania,

⁷²Dostępność kodu pozwala na modyfikowanie lub usprawnianie programu bez pośrednictwa właściciela kodu źródłowego. Wydawca oprogramowania zwykle dostosowuje rozwój programu do preferencji *dominującego segmentu* użytkowników, oceniając resztę jako nierentowne inwestycje – *vide* niska efektywność paradygmatu wydawania oprogramowania, por. punkt 3.4.1. Przykładowo jeżeli użytkownicy ceniący wysokie bezpieczeństwo stanowią 1% klientów, to wydawca może ignorować ich potrzeby. Dostępność kodu źródłowego powoduje, że program może być lepiej dopasowany do potrzeb użytkowników, zwłaszcza potrzeb specyficznych.

⁷³Ilościowa weryfikacja korzyści ze stosowania oprogramowania *Open Source* nie jest łatwa. Metody oceny kosztów, ekonomicznej efektywności czy jakości w przypadku oprogramowania są kosztowne, obciążone dużym marginesem dowolności i w rezultacie mało wiarygodne (Lech, 2007). Zdecydowana większość użytkowników nawet nie rejestruje kosztów wykorzystania SI/TI (Holck i inni, 2004).

możliwości systemu, wpływu społecznego oraz elastyczności systemu. Model został zweryfikowany (przy wykorzystaniu „klasycznej” metody SEM) na próbie pobranej z populacji użytkowników, którzy zarejestrowali się na stronie <http://counter.li.org/>. Jakość i możliwości systemu determinują czynnik PU, a wpływ społeczny, możliwości systemu oraz elastyczność systemu – czynnik PEOU. Można mieć wszakże poważne wątpliwości co do specyfikacji modelu i konceptualizacji czynników: czym różnią się *możliwości systemu* i/lub *elastyczność systemu* od użyteczności systemu (PU)? Cemu w modelu zakłada się, iż jakość systemu wpływa na PU, a nie na PEOU? Także wątpliwe metodologicznie są proponowane skale pomiarowe dla czynników *możliwości systemu* i *elastyczność systemu*. Nie są rozważane żadne modele alternatywne, co zważywszy, iż testowany model jest względnie skomplikowany, a przy tym nie oparty na żadnej teorii, jest kolejnym uproszczeniem. W drugiej pracy, do określenia sukcesu oprogramowania Open Source Lee i inni (2009) wykorzystali zmodyfikowany model DeLone-McLeana, wskazując iż *jakość systemu* i *jakość usług świadczonych przez społeczność* istotnie wpływa na satysfakcję. Wyniki Lee i innych (2009) bardziej szczegółowo opisano w punkcie 2.4⁷⁴. Reasumując, należy się zgodzić z twierdzeniem Niedermana (2006a), iż „względnie niewielka liczba artykułów dotycząca oprogramowania Open Source wskazuje, iż zjawisko to jest niedostatecznie rozpoznane na gruncie informatyki ekonomicznej”.

3.6. Zakończenie

W rozdziale dokonano opisu sektora produkcji oprogramowania z perspektywy organizacyjnej, prawnej i ekonomicznej ze szczególnym uwzględnieniem oprogramowania Open Source. Taki przegląd

⁷⁴Trzeci przykład wykorzystania modeli przyczynowo-skutkowych to praca Sohna i Moka (2008), w której wykorzystanie jest objaśniane przekonaniem odnośnie 7 czynników mierzących wyłącznie różne aspekty jakości systemów Open Source. Niestety pracę „wyróżniają” także poważne błędy metodologiczne: *ad hoc* przyjęte skale pomiarowe i struktura modelu oraz niekompletny opis otrzymanych wyników.

uważamy za konieczny także z powodów podnoszonych przez część środowiska informatyki ekonomicznej, krytykującego pomijanie czy też traktowanie z niedostateczną uwagą czynnika SI/TI w praktyce badawczej dziedziny (por. punkt 3.1). Co więcej, także z perspektywy dziedzin referencyjnych, takich jak ekonomia czy marketing stan wiedzy na temat sektora produkcji oprogramowania również można określić jako pobieżny, co przejawia się między innymi w szczupłości literatury przedmiotu (Lech, 2007; Campbell-Kelly, 2004). Najważniejsze wnioski wynikające z dokonanego przeglądu są następujące:

- Oprogramowanie jest *dobrem systemowym*, pojedynczy program jest bezwartościowy – staje się użyteczny jako część większego systemu. Złożoność SI/TI powoduje powstanie ogromnych *kosztów zmiany*. Rola *zewnętrznych efektów sieciowych* wydaje się zaś dużo mniej znacząca niż wskazują na to spekulacje teoretyczne (por. punkt 3.4.2).
- W przeciwieństwie do „tradycyjnych” dóbr intelektualnych umowy o udostępnienie programu komputerowego (*umowy licencyjne*) stanowią przeważającą formę wykorzystywaną w obrocie (por. punkt 3.3.1). W przypadku oprogramowania własnościowego licencja znacząco ogranicza pole eksploatacji programu.
- Rynek *wydawców oprogramowania* charakteryzuje się skrajnie niską sprawnością, przez co jest niezdolny do wytworzenia pewnej kategorii programów. Manifestowana w ten sposób niedoskonałość rynku (*market failure*) powoduje, że oprogramowanie jest wytwarzane także w ramach innych form organizacyjnych (por. punkt 3.4.1).
- Rozpowszechnianie oprogramowanie „za darmo” nie jest – z ekonomicznego punktu widzenia – niczym dziwnym. Teoria rynków dwustronnych uzasadnia strategię rynkową polegającą na subsydiowaniu jednej strony rynku kosztem drugiej (por. punkt 3.4). Liczne badania empiryczne wskazują na rosnącą rolę komercyjnych projektów *Open Source*, w tym projektów opartych na strategii *podwójnej licencji* (por. punkt 3.3.1). Bez uwzględnienia tej różnorodności analiza zjawiska *Open Source* będzie powierzchowna, a generalizacja wniosków obarczona błędem.
- Oprogramowanie *Open Source* jako całość jest fenomenem wysoce niejednorodnym (por. punkt 3.5).

Projekty społecznościowe, uważane na wczesnym etapie rozwoju wręcz za synonim programów *Open Source* są tylko jedną – najbardziej otwartą – z wielu form organizacyjnych, wykorzystywanych w wytwarzaniu tej kategorii oprogramowania. Część projektów jest nawet bardziej zamknięta niż wiele programów własnościowych, w tym sensie, że ich zarządzanie jest wysoce scentralizowane, a współudział społeczności użytkowników – znikomy.

- Paradygmat oprogramowania *Open Source* bardziej pasuje do oprogramowania infrastrukturalnego lub oprogramowania *middleware*. W przypadku oprogramowania aplikacyjnego barierą jest dużo większa trudność z zawłaszczeniem ekonomicznych korzyści oraz niedostateczne kwalifikacje potencjalnych twórców (wiedza dotycząca tworzenia systemów SI/TI oraz wiedza dziedzinowa wzajemnie się wykluczają).
- Względnie niewielka liczba artykułów dotycząca oprogramowania *Open Source* pokazuje, iż zjawisko to jest niedostatecznie rozpoznane na gruncie informatyki ekonomicznej (Niederman i inni, 2006a) (por. 3.5.3). Zwłaszcza problematyka akceptacji oprogramowania tej kategorii jest podejmowana rzadko, co być może jest pochodną słabej podstawy teoretycznej – model TAM i większość modeli akceptacji opisanych w rozdziale 2 nie objaśniają, dlaczego użytkownicy zmieniają program na inny, tak jak nie objaśniają wpływu kosztów zmiany albo czynnika zaangażowania użytkownika w tworzenie systemów (por. punkt 2.5.1) na decyzje co do ich akceptacji.

Sukces systemów *Open Source* spowodował w ostatnim czasie duży wzrost zainteresowania tym fenomenem⁷⁵. Podsumowanie stanu badań znaleźć można w pracach Niedermana i innych (2006b; 2006a), Nelsona i innych (2006) oraz AlMarzouqa (2005). Potencjalnie interesujące obszary badań wskazują między innymi vonKrogh i Spaeth (2007) oraz Fuggetta (2004).

⁷⁵Czego manifestacją może być poświęcenie w całości zeszytów 20/4 czasopisma *Information Economics and Policy* z grudnia 2008 r. oraz 32/7 z lipca 2003 r. pisma *Research Policy* analizie tego zjawiska.

Rozdział 4

Akceptacja organizacyjna i indywidualna oprogramowania open source

*Programy niekomercyjne, a w szczególności Linux
stanowiąc wyzwanie zarówno dla nas, jak i dla
całego naszego przemysłu, wymagają stałej uwagi i czujności.
Steve Ballmer (Microsoft Inc.)*

W ostatnim rozdziale zostaną empirycznie zweryfikowane modele akceptacji oprogramowania Open Source na poziomie organizacyjnym (punkt 4.1) i indywidualnym (punkty 4.2.1 oraz 4.3). Punktem wyjścia każdego badania jest model przyczynowo-skutkowy opracowany na podstawie przeglądu teorii przedstawionych w rozdziale 2. Przed weryfikacją empiryczną modelu omawiana jest procedura zbierania danych, instrument badawczy oraz przedstawiana jest charakterystyka próby. Do oceny modelu stosowana jest procedura dwuetapowa: najpierw weryfikowany jest model pomiaru (przy zastosowaniu konfirmacyjnej analizy czynnikowej w przypadku korzystania z CBSEM) po czym weryfikowany jest model strukturalny. Wszystkie obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem programów LISREL w wersji 8.72 (w przypadku wykorzystywania kowariancyjnego modelowania równań strukturalnych) lub SMARTPLS w wersji 2.0M3 w przypadku stosowania PLSPM¹.

¹Zbiory danych, skrypty/pliki programów LISREL/SMARTPLS oraz pliki wynikowe są dostępne pod adresem <https://github.com/hrpunio/aos>.

4.1. Akceptacja organizacyjna oprogramowania open source

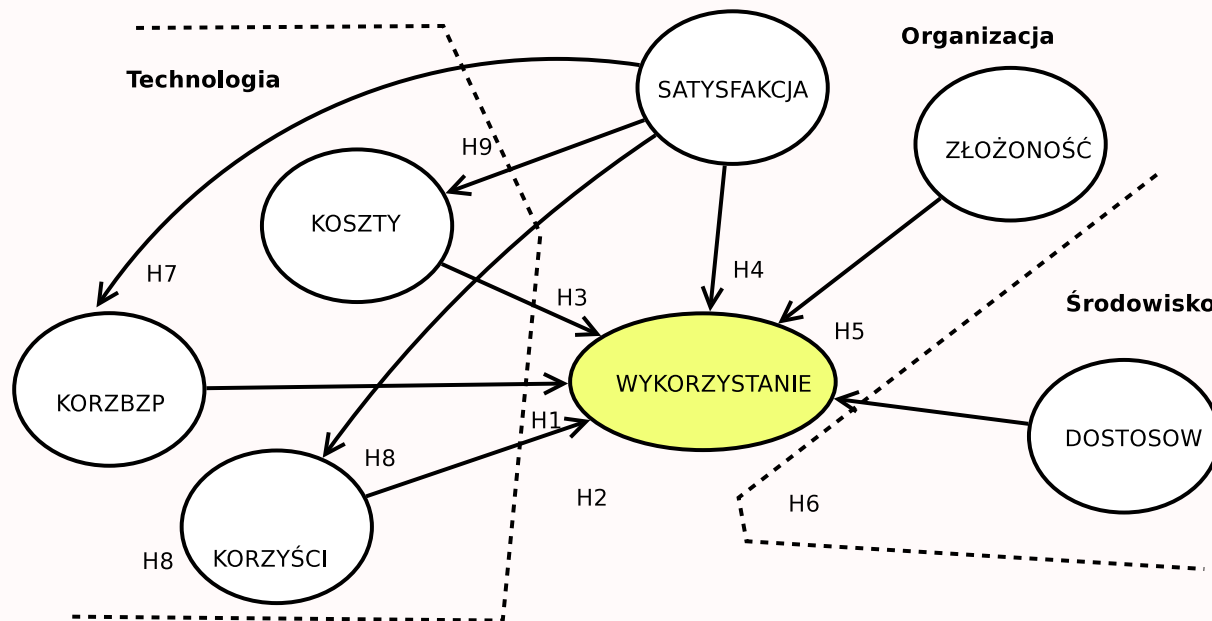
4.1.1. Model akceptacji na poziomie organizacyjnym

Z punktu widzenia podziału zaproponowanego przez Swansona (1994) oprogramowanie *open source* to zwykle aplikacje serwerowe (por. punkt. 3.2.1) mające charakter innowacji pierwszego typu, ograniczone do działu SI/TI organizacji. Jeżeli nawet organizacja adaptuje oprogramowanie desktopowe, to decyzja ta ma najczęściej charakter *migracji* od aplikacji używanej na licencji własnościowej do podobnej aplikacji *open source* i z reguły nie ma to dużego wpływu na procesy biznesowe. W związku z tym należy zauważyć, że typowo proces wdrażania oprogramowania *open source* jest w wielu aspektach podobny do migracji do systemów otwartych lub zamiany systemów EDI na nowsze systemy IOS (Chau i Tam, 1997; Hong i Zhu, 2006). Proponowany przez nas model akceptacji oprogramowania *open source* wykorzystuje schemat TOE, odpowiednio go dopasowując (por. rys. 4.1).

W grupie czynników *technologicznych* znalazły się: **postrzegane korzyści bezpośrednie** (KORZBZP), **korzyści pośrednie** (KORZYŚCI) oraz **koszty zmiany** (KOSZTY). Korzyści bezpośrednie to – przynajmniej w opinii proponentów oprogramowania *open source* – niższe opłaty licencyjne oraz dostępny kod źródłowy, co winno skutkować większą *liczbą dostępnych, lepiej dopasowanych do potrzeb użytkownika aplikacji*. Korzyści pośrednie, to postulowana większa jakość², niezawodność³ i funk-

²W przypadku aplikacji desktopowych jakość oprogramowania *open source*, to m.in. jego odporność na skutki działania wirusów i innych tego typu programów. Jeżeli chodzi o aplikacje serwerowe, to Linux jest zwykle uważany za bardziej niezawodną platformę, niż MS Windows, ale jest oceniany niżej pod tym względem niż komercyjne platformy Uniksowe (Dedrick i West, 2004).

³Niezawodność systemu (*reliability*), to zdolność do wykonywania stawianych mu zadań. Miarą niezawodności może być średni czas ciągłej pracy systemu. Miarą lepszej jakości oprogramowania otwartego ma być także lepsza zgodność z obowiązującymi standardami i mniejsza liczba błędów. Oponenty z drugiej strony wskazują na potencjalne lub domniemane słabe strony oprogramowania otwartego, takie jak, np. uboższe i mniej funkcjonalne interfejsy. Podobnie jak w przypadku całkowitych kosztów utrzymania, kwestia jakości nie jest



Rysunek 4.1: Wykorzystanie oprogramowania *open source* a postrzegane korzyści, koszty oraz aspekty organizacyjne i środowisko.

cjonalność, a w konsekwencji niższe koszty eksploatacji SI/TI. Względna przewaga rozwiązań *open source* jest postrzegana głównie w kategoriach kosztów i większej niezawodności, ale może wynikać jednoznacznie rozstrzygnięta, a ponadto wobec ogromnej liczby dostępnych aplikacji różnych typów, wszelkie uogólnienia w tym zakresie wydają się nie mieć sensu.

także z oszczędności wynikających z braku opłat licencyjnych⁴ i oszczędności sprzętowych⁵. Niezawodność z kolei powinna mieć większe znaczenie w ocenie aplikacji serwerowych niż desktopowych. Oprogramowanie *open source* eksploatowane w zastosowaniach serwerowych jest często postrzegane jako odznaczające się większą niezawodnością (Dedrick i West, 2004).

Na *aspekt organizacyjny* składają się dwa czynniki: stopień złożoności infrastruktury SI/TI (ZŁOŻONOŚĆ) oraz satysfakcja z dotąd wykorzystywanych systemów (SATYSEAKCJA). W świetle wyników wcześniejszych badań Chwelosa i innych (2001) należy oczekiwać, że pierwszy z wymienionych czynników ma charakter stymulujący, a drugi, destymulujący akceptację, zwłaszcza w grupie aplikacji ocenianych przez organizacje jako strategiczne i krytyczne. Teoretycznym uzasadnieniem relacji SATYSEAKCJA → WYKORZYSTANIE są również postulaty teorii oczekiwanej niezgodności (por. punkt 2.5.3) –

⁴Przykładowo w dużej firmie, której pracownicy korzystają z setek różnych aplikacji niezbędne jest zagwarantowanie, aby wykorzystywane oprogramowanie komercyjne było legalne. Wiele firm z obawy przed konsekwencjami prawno-finansowymi stosuje w związku z tym tzw. audyt oprogramowania, zwany także zarządzaniem licencjami. Trywializując, zarządzanie licencjami sprowadza się do rejestrowania użytkowników i pilnowania, czy wykorzystują oni wyłącznie licencjonowane aplikacje. Zwiększa to zatrudnienie w firmie o pracowników, którzy muszą się tym zajmować, a często wymaga zakupu licencji na specjalistyczne oprogramowanie ułatwiające audyt. Z oczywistych względów jest to kolejna pozycja kosztów, specyficzna wyłącznie dla oprogramowania komercyjnego.

⁵Komercyjni dostawcy oprogramowania co kilka lat oferują nową „lepszą” wersję produktu, jednocześnie wycofując z oferty wersję poprzednią. Użytkownik, który chce dokupić licencje na dodatkowe kopie oprogramowania, nie może już ich nabyć w posiadanej wersji – tylko w „lepszszej”. Jeżeli jednocześnie nie dokona aktualizacji „starych” licencji, to będzie zmuszony eksploatować dwie różne wersje programu, co zwykle jest źródłem kłopotów i dodatkowych kosztów. Użytkownik ma zatem do wyboru: albo oszczędzić na aktualizacji i ponieść wyższe koszty eksploatacji heterogenicznej infrastruktury, albo kupić aktualizację oprogramowania. W przypadku platformy Wintel zwykle tak się składa, że nowa wersja wymaga zakupu nowego sprzętu, co dodatkowo zwiększa koszty całej operacji. W przypadku oprogramowania *open source* ten efekt teoretycznie nie występuje.

bo skoro satysfakcja stymuluje *dalsze wykorzystanie*, zatem jednocześnie musi destymulować wykorzystanie rozwiązań alternatywnych. Użytkownicy wysoko oceniający dotąd wykorzystywane systemy będą postrzegać koszty zmiany jako wyższe, a potencjalne korzyści – jako niższe (po co zmieniać, skoro to co mam, jest dobre), co sugeruje, że istnienie zależności SATYSEAKCJA → KORZBZP, SATYSEAKCJA → KOSZTY, SATYSEAKCJA → KORZYŚCI. Używany w kilku badaniach stosujących model TOE czynnik gotowości technologicznej, prowadzący się do oceny dostępności zasobów i infrastruktury, nie znalazł się w modelu, bo uznaliśmy go za zbyt kłopotliwy w konceptualizacji i pomiarze, zwłaszcza przy wykorzystaniu miar refleksyjnych (por. uwagi w przypisie 74, s. 142).

Aspekt *środowiska zewnętrznego* jest reprezentowany przez czynnik dostosowania do otoczenia (DOSTOSOW), przez co rozumiemy postrzegany *stopień wykorzystania oprogramowania open source* w podobnych przedsiębiorstwach. W świetle wyników wcześniejszych badań Zhu i innych (2006a) oraz Chau i Tama (1997) należy oczekiwać, że czynnik ten ma charakter stymulujący akceptację. Uzasadnieniem postulowanej zależności może być także teoria instytucjonalna (por. punkt 2.6.3), zwróćmy bowiem uwagę, że DOSTOSOW jest koncepcyjnie podobne do czynnika *izomorfizmu naśladowczego*⁶.

Oprogramowanie *open source* może stanowić mniej lub bardziej istotny składnik infrastruktury SI/TI firmy – od jednej skrajności, w której cała infrastruktura łącznie z platformą systemową jest oparta o oprogramowania *open source* do innej, w której nieliczne, nieistotne z punktu widzenia celów organizacji aplikacje *open source*, są wykorzystywane eksperymentalnie. Wykorzystanie oprogramowania *open source* może także przybierać różne formy techniczno-organizacyjne (por. punkt 3.5). Stąd zmienną objaśnianą jest *stopień wykorzystania oprogramowania open source* (WYKORZYSTANIE).

Powyższe rozważania można podsumować postawieniem następujących hipotez (por. rys. 4.1): – postrzegane korzyści bezpośrednie i pośrednie mają pozytywny wpływ na decyzję, co do wykorzystania

⁶ Pozytywny wpływ naśladowania otoczenia na akceptację SI/TI można również interpretować jako efekt działania efektu sieciowego (por. punkt 2.6.4).

oprogramowania *open source* (H1/H2); – postrzegane koszty mają negatywny wpływ na decyzję dotyczącą wykorzystania oprogramowania *open source* (H3); – satysfakcja z dotąd wykorzystywanych systemów ma negatywny wpływ na decyzję dotyczącą wykorzystania oprogramowania *open source* (H4); – złożoność infrastruktury SI/TI ma pozytywny wpływ na wykorzystania oprogramowania *open source* (H5); – czynnik środowiskowy w postaci *dostosowywania się organizacji do otoczenia* ma pozytywny wpływ na wykorzystanie oprogramowania *open source* (H6).

Ponadto postulujemy, że istnieje zależność pomiędzy SATYSEAKCJĄ a kosztami i korzyściami: – większa satysfakcja wpływa na większą postrzeganą wielkość kosztów, czyli *satysfakcja z dotąd wykorzystywanych systemów ma negatywny wpływ na postrzeganą wielkość korzyści bezpośrednich i pośrednich* (H7/H8) oraz – satysfakcja z dotąd wykorzystywanych systemów ma pozytywny wpływ na postrzeganą wielkość kosztów (H9, tj. im większa satysfakcja, tym większe postrzegane koszty implementacji oprogramowania *open source*).

4.1.2. Metoda badawcza

Weryfikację hipotez badawczych przeprowadzono w oparciu o zrealizowane badanie ankietowe. Celem badania było określenie przyczyn akceptacji bądź jej braku oprogramowania *open source* w polskich przedsiębiorstwach i instytucjach publicznych samodzielnie eksploatujących zaawansowane systemy SI/TI, tj. posiadających pracowników odpowiedzialnych za ich utrzymanie (dział SI/TI). Ze względu na brak rejestrów odpowiadających tak zdefiniowanej populacji badania, przyjęto, że firmy małe (tj., zatrudniające mniej niż 50 pracowników) zostaną wyłączone z badania z uwagi na to, że w większości z nich wykorzystanie systemów SI/TI jest niewielkie lub systemy te są eksploatowane przez firmy zewnętrzne jako usługi zlecone⁷. Do wygenerowania próby do badania wykorzystano

⁷Dodatkowo wykluczono przedsiębiorstwa z branż, które charakteryzują się niskim wykorzystaniem technologii SI/TI: pominięto sekcje A–C (rolnictwo, rybactwo i górnictwo) oraz sekcję P klasyfikacji EKD. W świetle wyników badania pilotażowego pominięto kilka dodatkowych branż cechujących się w polskich realiach niskim

jako operat utrzymywaną przez GUS, Bazę Jednostek Statystycznych (BJS)⁸. Badanie przeprowadzono we wrześniu i październiku 2005 r. Podstawową formą zbierania danych była samodzielnie wypełniana przez respondentów ankieta elektroniczna, poprzedzona krótką ankietą telefoniczną. W badaniu skontaktowano się z 994 respondentami. Zgodnie z przewidywaniami wiele firm nie posiada działu SI/TI i samodzielnie nie zarządza systemami informacyjnymi. Większość niezarządzających technologią SI/TI organizacji to firmy średnie (46,4%); w grupie dużych firm tylko 15,5% deklaroowało, że nie posiada działu SI/TI. Pomijając tę kategorię organizacji, okazuje się, że 336 respondentów (tj. 60,8%) deklaruje, że wykorzystuje oprogramowanie *open source*, podczas gdy 217 (39,2%), że takiego oprogramowania nie wykorzystuje (więcej szczegółów można znaleźć we wspomnianej już pracy Strzały i Przechlewskiego (2005))

Kompletne ankiety otrzymano z 216 organizacji. Większość, bo 178 jednostek zadeklarowało, że wykorzystuje oprogramowanie *open source* (78,7%) a 38 respondentów (21,3%) nie wykorzystuje tej kategorii oprogramowania. W tej części badania respondenci określili m.in. sposób wykorzystania oprogramowania *open source* (stałe w istotnych zastosowaniach, sporadycznie bądź planują zastosowanie) W celu przeprowadzenia empirycznej weryfikacji proponowanego w punkcie 4.1.1 modelu (por. rys. 4.1) respondenci określali w *jakim stopniu* zgadzają się ze stwierdzeniami oceniającymi znaczenie różnych czynników związanych z wykorzystaniem oprogramowania *open source* stosując 5-stopniową skalę Likerta. W szczególności korzyści bezpośrednie (KORZBZP) z wykorzystania oprogramowania *open source* były oceniane za pomocą dwóch pytań: „zaletą oprogramowania *open source* jest niska opłata licencyjna bądź brak opłat” (KB1) oraz „zaletą oprogramowania *open source* jest większa liczba dostępnych aplikacji i/lub rozwiązań hardware’owych (KB2)”. Korzyści pośrednie wykorzystaniem systemów SI/TI, a mianowicie w sekcji N losowane były tylko podmioty z klasy 85.11 (szpitale), w sekcji M losowano wyłącznie podmioty z grupy 80.2 (szkolnictwo wyższe), zaś w sekcji L pominięto grupę 75.3 (ubezpieczenie społeczne).

⁸BJS to wykaz wszystkich podmiotów, jakie są zarejestrowane w bazie Regon, o podobnym jak Regon zakresie cech. BJS jest aktualizowany na bieżąco i stanowi dla GUS operat do badań reprezentacyjnych.

były oceniane przez respondenta za pomocą stwierdzeń: „oprogramowanie *open source* przynosi oszczędności w zakresie utrzymania, administracji i wsparcia” (KP1) oraz „oprogramowanie *open source* ma lepszy współczynnik jakości do kosztów utrzymania (KP2)”. Postrzegane koszty zostały zoperacjonalizowane za pomocą następujących pytań: „koszty migracji od rozwiązań komercyjnych do oprogramowania *open source* są wysokie (KZ1)” oraz „kompatybilność z wykorzystywanymi aplikacjami jest utrudniona (KZ2)”.

Czynnik SATYSEAKCJA był mierzony za pomocą dwóch pytań: „wykorzystywane systemy komercyjne spełniają potrzeby firmy” (S1) oraz „współczynnik jakości do kosztów utrzymania wykorzystywanych dotychczas systemów komercyjnych jest wysoki” (S2). Stopień złożoności infrastruktury SI/TI był oceniany za pomocą łącznej liczby pracowników organizacji (LP), łącznej liczby pracowników działu SI/TI (LPIT) oraz łącznej liczby komputerów (LK) w firmie⁹. Czynniki środowiskowy, dostosowanie do otoczenia (DOSTOSOW) był mierzony za pomocą jednego pytania o ocenę wykorzystania oprogramowania *open source* w organizacjach podobnych do organizacji respondenta (w 5 punktowej skali Likerta, od „bardzo niskie” do „bardzo wysokie”).

Zakres wykorzystywania oprogramowania *open source* (WYKORZYSTANIE) także był mierzony za pomocą jednego pytania o ocenę znaczenia oprogramowania *open source* w infrastrukturze SI/TI organizacji (w 5 punktowej skali Likerta, od „bardzo niskie” do „bardzo wysokie”).

Respondenci oceniali oddzielnie systemy serwerowe (oprogramowanie systemowe, bazodanowe i webowe) oraz desktopowe. Należy zwrócić uwagę, że ponieważ respondentem była osoba odpowiedzialna za zarządzaniem SI/TI organizacji, to odpowiedzi w przypadku systemów serwerowych udzielał *użytkownik*, a w przypadku systemów desktopowych – *kluczowy informator* – osoba która

⁹Przeciętnie zatrudnienie łącznie wynosiło 360 osób (mediana 180), zatrudnienie w dziale SI/TI 4,7 (2,0), a liczba eksploatowanych komputerów – 150 (50). Ponieważ wszystkie rozkłady cechuje znaczna skośność – o czym świadczy znaczna różnica między wartością średniej a wartością mediany – zastosowano transformację logarytmiczną dla wartości zmiennych LP, LPIT oraz LK.

jest kompetentna i potrafi udzielić wiarygodnych odpowiedzi (bo na co dzień styka się z potrzebami użytkowników), ale sama nie jest użytkownikiem.

Zastosowania serwerowe i desktopowe Pierwszym masowym zastosowaniem Linuksa w działalności komercyjnej było właśnie wykorzystanie tego systemu w charakterze platformy systemowej (Berlecon Research, 2002). W szczególności na licencji *open source* dostępnych jest kilka systemów zarządzania bazami danych. Do najczęściej wykorzystywanych należą: PostgreSQL, MySQL oraz Firebird. PostgreSQL jest obiektowo-relacyjnym systemem zarządzania bazami danych obsługującym transakcje, podzapytania, procedury składowane oraz widoki. Jest on uważany za najbardziej zaawansowany technologicznie system zarządzania bazami danych rozpowszechniany na licencji *open source*. MySQL jest relacyjnym systemem zarządzania bazami danych. System ten jest uważany za mniej niezawodny niż PostgreSQL, ale wyróżnia się wyższą wydajnością i jest szczególnie popularny jako składnik systemów webowych. Firebird jest wersją komercyjnego systemu Interbase firmy Borland. W wielu przypadkach system zarządzania bazami danych jest zintegrowany z aplikacją biznesową wykorzystywaną w organizacji. Aplikacja ta może wykorzystywać system komercyjny, ale może też być oparta o aplikację *open source* i nie zawsze użytkownicy końcowi są świadomi tego faktu.

Ważnym obszarem zastosowań SI/TI – w dużym stopniu zdominowany przez systemy *open source* – są *aplikacje webowe*. Od lat Apache jest najczęściej wykorzystywanym serwerem www, języki skryptowe Perl, PHP czy Python należą do najczęściej wykorzystywanych narzędzi do budowy serwisów internetowych. Ten segment oprogramowania obejmuje także Systemy Zarządzania Treścią (CMS, *content management system*), umożliwiające publikowanie dokumentów, pracę grupową i komunikację pomiędzy użytkownikami. Narzędzia CMS są zwykle aplikacjami przygotowanymi w środowisku języków PHP (PHP Nuke, ez-Publish), Python (Zope/Plone) czy Perl (Axkit), zintegrowane z systemem zarządzania bazami danych MySQL lub PostgreSQL.

Współcześnie faktycznym standardem aplikacji biurowych jest pakiet Office firmy Microsoft, zaś w przypadku programów komunikacyjnych, programy Internet Explorer oraz Outlook tejże firmy. Biurowe oprogramowanie firmy Microsoft oparte jest na formatach danych, stanowiących *de facto* jej własność, co tworzy istotną barierą w potencjalnej migracji od rozwiązań komercyjnych do oprogramowania *open source*. Wymiana danych przesyłanych w niekompatybilnych formatach jest utrudniona albo wręcz niemożliwa, a dotyczy to zwłaszcza kontaktów ze światem zewnętrznym (urzędy administracji, kontrahenci itp). W przypadku oprogramowania komunikacyjnego, czynnik związany z niekompatybilnością formatów danych ma dużo mniej istotne znaczenie. Przeglądarki internetowe i programy pocztowe wymieniają dokumenty oparte na otwartych i powszechnie akceptowanych standardach¹⁰. Zatem zamiana jednej przeglądarki lub programu pocztowego na inną aplikację nie powinna powodować z punktu widzenia wymiany danych żadnych problemów.

4.1.3. Ocena modelu pomiaru

Czynniki mierzone za pomocą wielu miar (KORZBZP, KORZYŚCI, KOSZTY, SATYSEAKCJA, ZLOZONOSC) zostały ocenione ze względu na jednowymiarowość, rzetelność i trafność. W tym celu zastosowano confirmacyjną analizę czynnikową przeprowadzoną oddzielnie dla zastosowań serwerowych i desktopowych. W przypadku **zastosowań serwerowych** wartość statystyki (subskrypt przy literze χ oznacza liczbę stopni swobody) χ^2_{34} jest równa 53,41 (istotnie różna od zera na poziomie istotności większym od 0,01), a wskaźnika RMSEA wynosi 0,051 (tylko nieznacznie przekracza zalecaną wartość 0,05). Wysokie wartości wskaźników NEI i GEI wynoszące odpowiednio 0,928 i 0,957 także wskazują na dobre dopasowanie modelu. Wartości wszystkich ładunków miara-czynnik są statystycznie istotne i zawierają się w przedziale 5,32 – 13,02. Tylko trzy z 55 standaryzowanych wartości reszt są większe od 2, dodatkowo dwie kolejne wartości są bliskie 2. W przypadku **zastosowań desktopowych** wartość statystyki

¹⁰Innymi słowy w tej kategorii oprogramowania MS nie udało się zdominować rynku na tyle, żeby próbować narzucić swoje zamknięte rozwiązania i w ten sposób usunąć konkurencję z rynku.

χ^2_{34} jest równa 51,449 (istotnie różna od zera na poziomie istotności większym od 0,0279), a wartość wskaźnika RMSEA wynosi 0,0462 (mniejsza od zalecanej wartości 0,05). Wysokie wartości wskaźników NEI = 0,926 i GFI = 0,960 także wskazują na dobre dopasowanie modelu. Wartości wszystkich ładunków miara-czynnik są statystycznie istotne i zawierają się w przedziale 2,802 – 12,432. Osiem z 55 standaryzowanych wartości reszt jest większych od 2, a dodatkowo dwie kolejne wartości są bliskie 2.

Wszystkie duże wartości standaryzowanych reszt w przypadku zastosowań serwerowych i 3 z ośmiu w przypadku zastosowań desktopowych dotyczą czynnika ZLOZONOSC. To, że jest szczególny problem z pomiarem tego czynnika potwierdza także analiza wartości rzetelności łącznej (CR) i przeciętnej wariancji wyodrębnionej (AVE) przedstawiona w tab. 4.1.

Tabela 4.1: Wartości rzetelności łącznej i przeciętnej wariancji wyodrębnionej dla wstępnego modelu pomiaru, zastosowania serwerowe i desktopowe

Czynnik	zastosow. serwerowe		zastosow. desktopowe	
	CR	AVE	CR	AVE
KORZBZP	0,935	0,891	0,835	0,718
KOSZTY	0,733	0,584	0,810	0,686
KORZYŚCI	0,787	0,655	0,681	0,516
SATYSEAKCJA	0,787	0,654	0,784	0,674
ZLOZONOSC	0,733	0,482	0,733	0,483

Oprócz czynnika ZLOZONOSC wszystkie pozostałe wartości wskaźnika rzetelności łącznej są większe od zalecanej wartości 0,7 (nieznacznie mniejsze od tej wartości w przypadku czynnika KORZYŚCI w zastosowaniach desktopowych) zaś wartości AVE większe od zalecanej wartości 0,5 (por. tab. 4.1).

Po wyeliminowaniu ze skali czynnika ZLOZONOSC miary LPIT procedurę analizy confirmacyjnej powtórzono dla modelu zawierającego 10 miar. W przypadku **zastosowań serwerowych** otrzymano: $\chi^2_{25} = 30,174$ (istotnie różna od zera na poziomie istotności większym od 0,218), RMSEA = 0,0291

(znacząco mniejsza od zalecanej 0,05), NEI = 0,953 oraz GEI = 0,973 (wyższe od wartości zalecanych). Wszystkie wartości wskazują na bardzo dobre dopasowanie modelu. Standaryzowane wartości reszt znajdują się w przedziale od $-1,808$ do $+1,724$, tj. **wszystkie**¹¹ są poniżej zalecanej wartości 2 (co do wartości bezwzględnej). Wartości ładunków czynnikowych dla wszystkich czynników są zaś statystycznie istotne, przy czym wartości statystyki t wynoszą od 4,382 do 10,048. W przypadku **zastosowań desktopowych** otrzymano: $\chi^2_{25} = 36,857$ (istotnie różna od zera na poziomie istotności większym od 0,0596), RMSEA = 0,0443 (mniejsza od zalecanej 0,05), NEI = 0,938 oraz GEI = 0,968 (wyższe od wartości zalecanych). Wszystkie wartości wskazują na bardzo dobre dopasowanie modelu. Standaryzowane wartości reszt znajdują się w przedziale od $-2,607$ do 2,648; w siedmiu przypadkach przekraczając w umiarkowanym stopniu wartość 2. Zaś wartości ładunków czynnikowych dla wszystkich czynników są statystycznie istotne, przy czym wartości statystyki t wynoszą od 2,640 do 12,437. Wartości współczynników rzetelności łącznej i przeciętnej wariancji wyodrębnionej przedstawione są w tab. 4.2. Niewielki problem występuje w przypadku czynnika ZLOZONOSC, dla którego wskaźnik rzetelności jest minimalnie niższy od zalecanej wartości 0,7. W przypadku pozostałych czynników wartości współczynników CR i AVE są większe od zalecanych wartości minimalnych.

Tabela 4.3 przedstawia macierz wartości kwadratów współczynników korelacji (elementy pod przekątną) oraz przeciętnej wariancji wyodrębnionej AVE (elementy na przekątnej oznaczone odmianną półgrubą) dla zastosowań serwerowych i desktopowych. Potwierdzeniem trafności różnicowej jest macierz, której największy element w każdym wierszu/kolumnie znajduje się na przekątnej. Jak widać w analizowanym modelu, zależność ta zachodzi.

Wreszcie ostatnim testem dla modelu pomiaru jest ocena *trafności różnicowej* poprzez porównanie modelu swobodnie korelujących czynników z modelem alternatywnym, w którym korelacja pomiędzy dwoma czynnikami skali jest ustalona i równa 1 (por. opis w przypisie 54, s. 52). Dla 5 czynników należy porównać z modelem bazowy $n(n - 1)/2 = 5 \cdot 4/2 = 10$ modeli alternatywnych. Dla

¹¹Liczbę reszt można wyznaczyć ze wzoru, $10 \cdot 9/2 = 45$.

Tabela 4.2: Wartości rzetelności łącznej i przeciętnej wariancji wyodrębnionej dla poprawionego modelu pomiaru, zastosowania serwerowe i desktopowe

Czynnik	zastosow. serwerowe		zastosow. desktopowe	
	CR	AVE	CR	AVE
KORZBZP	0,930	0,883	0,835	0,718
KOSZTY	0,734	0,586	0,811	0,687
KORZYŚCI	0,787	0,654	0,682	0,518
SATYSEAKCJA	0,787	0,653	0,803	0,703
ZLOZONOSC	0,685	0,532	0,689	0,536

zastosowań serwerowych wartość statystyki χ^2_{25} modelu bazowego wyniosła 30,174, a modeli alternatywnych – od 82,257 do 223,335. Wartością krytyczną jest $\chi^2_1 = 6,635$ (na poziomie istotności $\alpha = 0,01$). Zatem wszystkie modele alternatywne są istotnie gorzej dopasowane niż model bazowy – co potwierdza trafność różnicową dla analizowanego modelu 5 czynników. Dla zastosowań desktopowych wartość statystyki χ^2_{25} modelu bazowego wyniosła 36,857, a modeli alternatywnych od 73,401 do 121,641. Także w przypadku zastosowań desktopowych wszystkie modele alternatywne są istotnie gorzej dopasowane niż model bazowy – co potwierdza trafność różnicową dla analizowanego modelu 5 czynników. W szczególności potwierdza to trafność różnicową mierzących różne aspekty *korzyści* czynników KORZBZP oraz KORZYŚCI.

Podsumowując: model pomiaru jest ogólnie dobrze dopasowany. Niskie wartości standaryzowanych reszt (zwłaszcza w modelu dla zastosowań serwerowych) świadczą o jednowymiarowości miar. Potwierdzeniem trafności zbieżnej są statystycznie istotne wartości ładunków miara-czynnik oraz wyższe od zalecanej wartości 0,5 wartości współczynników AVE. Potwierdzeniem trafności różnicowej są większe wartości AVE dla każdego czynnika od kwadratu współczynnika korelacji pomiędzy tym czynnikiem a wszystkimi innymi czynnikami (por. tab. 4.3). Dodatkowym potwierdzeniem trafności

Tabela 4.3: Kwadraty współczynników korelacji i wartości przeciętnej wariancji wyodrębnionej, poprawiony model pomiaru, zastosowania serwerowe i desktopowe*

Czynnik	KORZBZP	KOSZTY	KORZYŚCI	SATYSE.	ZLOZONOSC
zastosowania serwerowe					
KORZBZP	0,883	–	–	–	–
KOSZTY	0,001	0,586	–	–	–
KORZYŚCI	0,066	0,223	0,654	–	–
SATYSEAKCJA	0,000	0,085	0,187	0,653	–
ZLOZONOSC	0,000	0,039	0,049	0,042	0,532
zastosowania desktopowe					
KORZBZP	0,718	–	–	–	–
KOSZTY	0,026	0,687	–	–	–
KORZYŚCI	0,353	0,180	0,518	–	–
SATYSEAKCJA	0,000	0,010	0,035	0,703	–
ZLOZONOSC	0,005	0,002	0,061	0,003	0,536

* współczynniki wariancji wyodrębnionej (AVE) znajdują się na przekątnej macierzy; kwadraty współczynników korelacji znajdują się poza przekątną.

różnicowej jest procedura porównania bazowego modelu CFA z modelami o ustalonej korelacji pomiędzy parą czynników. Model pomiaru wykazuje się także zadowalającą rzetelnością, co potwierdzają wartości współczynników CR. Pozytywna weryfikacja modelu pomiaru pozwala na ocenę modelu strukturalnego.

4.1.4. Ocena modelu strukturalnego

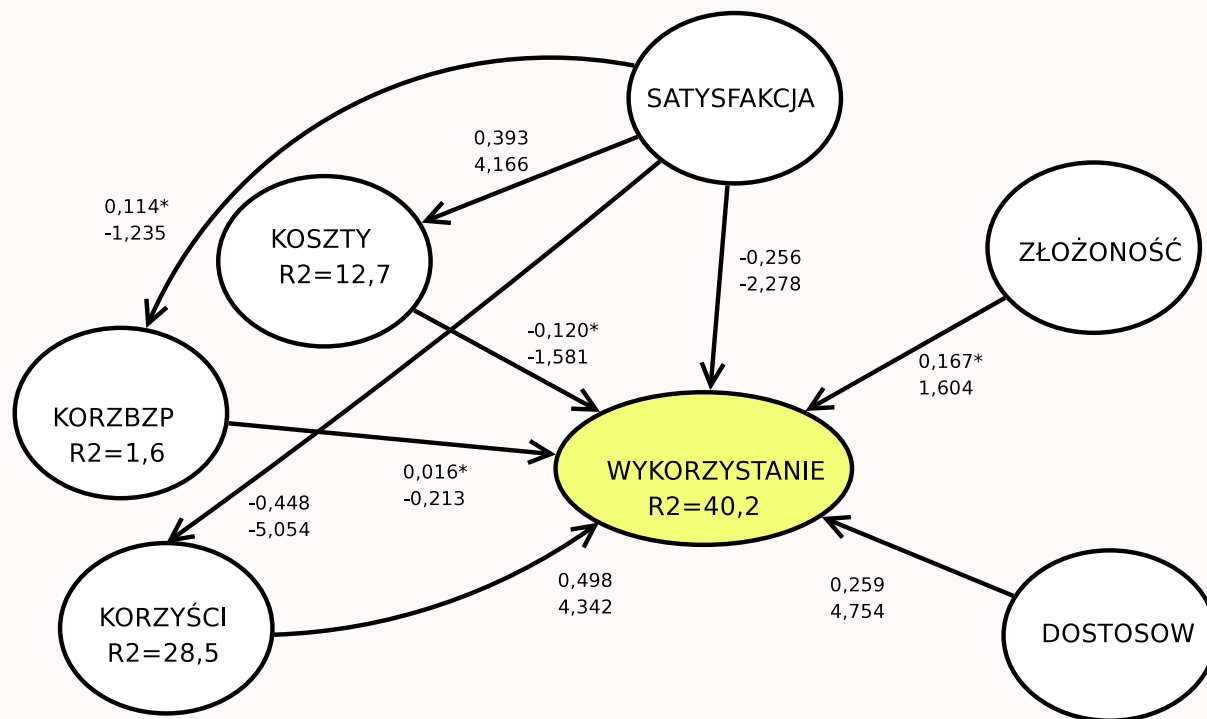
Dwa czynniki szacowanego modelu (SATYSEAKCJA i WYKORZYSTANIE) są mierzone za pomocą pojedynczej miary. W takim przypadku jednym z możliwych sposobów zapewnienia identyfikowalności jest przyjęcie założenia, że odpowiedni element diagonalny macierzy Φ i/lub Θ jest równy jeden, co oznacza pomiar bez błędu. Takie założenie jest oczywiście uproszczeniem, ale ponieważ uproszczenie to jest w praktyce stosowane powszechnie¹², zatem zostało wykorzystane także w niniejszym badaniu.

Miary ogólnego dopasowania oszacowanego modelu w przypadku **zastosowań serwerowych** są następujące: wartość statystyki χ^2_{44} wynosi 130,528 (istotnie różna od zera), a wartość wskaźnika RMSEA jest równa 0,0947. Także wartości innych wskaźników (przykładowo: NEI = 0,860, RMR = 0,0868 i GFI = 0,909) wskazują na niedostateczne dopasowanie modelu. Oszacowane wartości współczynników ścieżkowych przedstawia diagram na rysunku 4.2.

Znaki wszystkich współczynników były zgodne z hipotezami postawionymi w punkcie 4.1.1, w szczególności SATYSEAKCJA wpływa pozytywnie na postrzeganą wielkość kosztów, a negatywnie na postrzeganą wielkość korzyści. Należy jednakże zwrócić uwagę, że nie wszystkie wartości współczynników są *statystycznie istotne*. Niskie i zdecydowanie nieistotne są wartości współczynników dla relacji SATYSEAKCJA→KORZBZP oraz KORZBZP→WYKORZYSTANIE. Ponadto dwie inne zależności w szacowanym modelu także okazały się nieistotne: KOSZTY→WYKORZYSTANIE oraz ZLOZONOSC→WYKORZYSTANIE. Model wyjaśnia zmienność czynnika WYKORZYSTANIE w 40,2%, co jest wartością akceptowalną. Powyższe ustalenia należy traktować z dużą ostrożnością z uwagi na kiepskie ogólne dopasowanie modelu.

Ponieważ w przypadku **zastosowań desktopowych** rozpatrywany model nie wykazał zbieżności w 999 iteracjach dokonana została jego respecyfikacja polegająca na usunięciu czynnika KORZBZP

¹²Alternatywą jest arbitralne przyjęcie mniejszej od jedności wartości rzetelności (r_{ex}), a następnie wyznaczenie na tej podstawie wariancji czynnika jako równej $(1 - r_{ex}) \cdot s_x^2$, gdzie s_x^2 jest wariancją miary x (Jöreskog i Sörbom, 2001, s. 196).



Rysunek 4.2: Wykorzystanie oprogramowanie *open source* a postrzegane korzyści, aspekty organizacyjne i środowisko. Standardyzowane wartości współczynników i wartości statystyki *t*. Gwiazdką oznaczono współczynniki nieistotnie różne od 0.

z uwagi na to, że (dla zastosowań serwerowych) wszystkie postulowane zależności, w których tenże czynnik był zaangażowany okazały się nieistotne. Powtórnej weryfikacji poddano model ograniczony

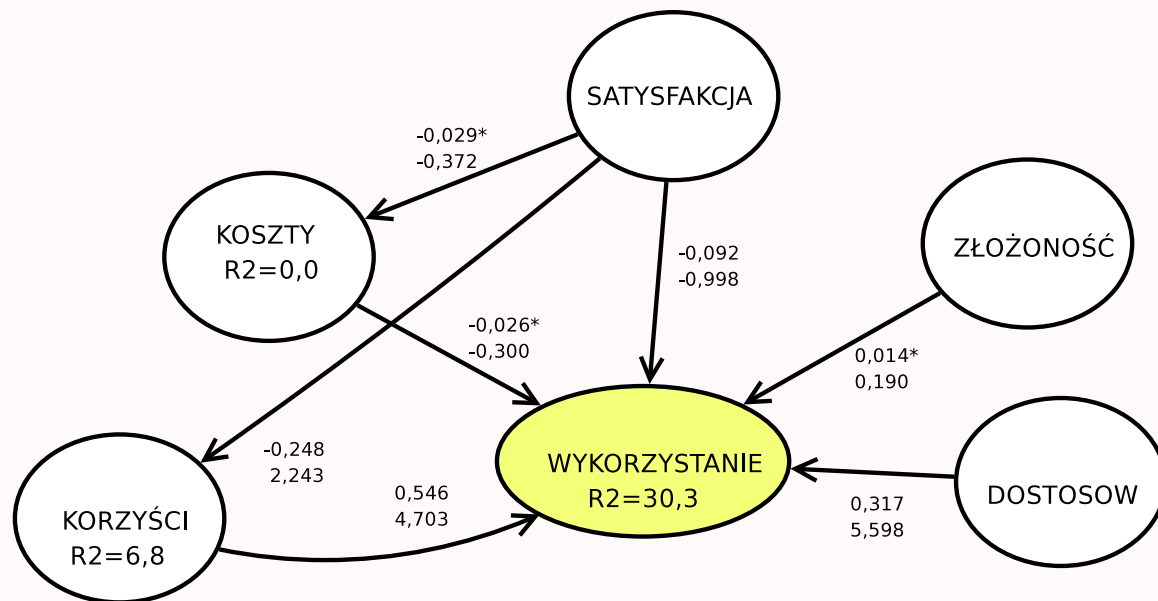
do 6 czynników otrzymując: – wartość statystyki $\chi^2_{27} = 83,029$ (istotnie różna od zera), – wartość wskaźnika RMSEA = 0,0998 (większa od zalecanej 0,08), – wartości wskaźników NFI = 0,845, RMR = 0,109, oraz GFI = 0,927. Model wyjaśnia zmienność czynnika WYKORZYSTANIE w 30,2%. Uzyskane wyniki, zwłaszcza duże wartości wskaźników RMSEA, NFI i RMR wskazują na złe dopasowanie modelu. Oszacowane wartości współczynników ścieżkowych przedstawia diagram na rysunku 4.3.

Na siedem relacji w modelu aż 4 są nieistotne; nie będziemy konfrontować wielkości współczynników ścieżki z postawionymi hipotezami, ponieważ wnioskowanie na podstawie złe dopasowanego modelu nie ma większego sensu.

Analiza wielkości indeksów modyfikacji wskazuje na potencjalne możliwości poprawienia stopnia dopasowania modelu. W przypadku **oprogramowania serwerowego** duże wartości indeksów modyfikacji są wykazywane dla następujących relacji: macierz współczynników β – WYKORZYSTANIE → KORZYŚCI (20,240), WYKORZYSTANIE → KOSZTY (20,240), KOSZTY → KORZYŚCI (20,240); macierz współczynników γ – DOSTOSOW → KORZYŚCI (26,527); macierz Ψ – KOSZTY → KORZYŚCI 20,240, KORZYŚCI → KORZBZP 5,935. Z uwagi na objaśniający, a nie predyktywny charakter modelowania ścieżkowego każda decyzja dotycząca modyfikacji struktury modelu winna mieć także uzasadnienie teoretyczne. Zwrotne relacje WYKORZYSTANIE → KORZYŚCI oraz WYKORZYSTANIE → KOSZTY można łatwo uzasadnić tym, że w miarę wykorzystania SI/TI zmieniają się także postrzegane przez użytkowników koszty i korzyści¹³. Tego typu zwrotna relacja jest szczególnie prawdopodobna w przypadku nietrywialnego SI/TI, gdzie „pierwsze wrażenie” może znacznie się zmieniać pod wpływem czynnika WYKORZYSTANIE. Relacja KOSZTY → KORZYŚCI (macierz Γ) nie ma za to teoretycznego uzasadnienia, zatem współczynnik ścieżkowy między tymi czynnikami musi pozostać ustalony i równy 0. Związek pomiędzy czynnikami KOSZTY i KORZYŚCI (indeks modyfikacji równy 20,240), można „uwolnić”, ale implikuje to założenie o występowaniu korelacji pomiędzy składnikami losowymi zmiennych dla czynników endogenicznych¹⁴. Takie po-

¹³Chociażby na gruncie modelu sukcesu SI/TI DeLone’a-McLeana (punkt 2.4).

¹⁴Oznacza to, że macierz Ψ nie jest macierzą diagonalną (por. punkt 1.2.2).



Rysunek 4.3: Wykorzystanie oprogramowanie *open source* a postrzegane korzyści, aspekty organizacyjne i środowisko. Standaryzowane wartości współczynników i wartości statystyki *t*. Gwiazdką oznaczono współczynniki nieistotnie różne od 0.

stępowanie traktuje się wszakże *jako ostateczność* w praktyce modelowania ścieżkowego, ponieważ implikuje ono, że na zmienne endogeniczne – które powinny być objaśniane przez model – oddziałuje

jakaś istotny, a pominięty czynnik¹⁵. Uważa się, że problem należy rozwiązać, respecyfikując model w inny sposób, a zmiana macierzy Ψ z diagonalnej na niediagonalną jest *ostatnią deską ratunku*, której nie wolno stosować wyłącznie w oparciu o wynik oszacowania modelu, ale także powinna być uzasadniona teoretycznie. Ponieważ w przypadku omawianego modelu trudno takie teoretyczne uzasadnienie znaleźć zatem także korelację pomiędzy składnikami losowymi czynników KORZYŚCI i KORZBZP w macierzy Ψ pozostawiamy bez zmian. Wreszcie związek DOSTOSOW \rightarrow KORZYŚCI (macierz Γ), także nie może być teoretycznie uzasadniony.

Ostatecznie zatem dodajemy do modelu dwie relacje zwrotne: WYKORZYSTANIE \rightarrow KORZYŚCI oraz WYKORZYSTANIE \rightarrow KOSZTY. Miary ogólnego dopasowania zmodyfikowanego modelu w przypadku **zastosowań serwerowych** są następujące: wartość statystyki χ^2_{42} wynosi 66,291 (istotnie różna od zera na poziomie istotności większym od 0,009), wartość wskaźnika RMSEA jest równa 0,0491. Także wartości innych wskaźników (przykładowo: NEI = 0,929, RMR = 0,0628 i GFI = 0,953) wskazują na znaczą poprawę dopasowanie modelu. Wielkości współczynnika R^2 wynoszą odpowiednio 24,1% dla czynnika WYKORZYSTANIE oraz 31,3% dla czynnika KORZYŚCI. Miary ogólnego dopasowania zmodyfikowanego modelu w przypadku **zastosowań desktopowych** (model 6 czynników, bez KORZBZP) są następujące: wartość statystyki χ^2_{25} wynosi 58,409 (istotnie różna od zera na poziomie istotności większym od 0,0001), wartość wskaźnika RMSEA jest równa 0,0755. Także wartości innych wskaźników (przykładowo: NEI = 0,891, RMR = 0,0672 i GFI = 0,951) wskazują na znaczą poprawę dopasowanie modelu. Wielkości współczynnika R^2 wynoszą odpowiednio 17,7% dla czynnika WYKORZYSTANIE oraz 8,0% dla czynnika KORZYŚCI. Wartości te są wprawdzie znacząco lepsze w porównaniu do modelu wyjściowego, ale w dalszym ciągu wskazują na słabe dopasowanie modelu do danych.

Ponieważ wyniki empiryczne wskazują, że istotnym problemem w dopasowaniu modelu do da-

¹⁵Podstawowym założeniem jest, aby wszystkie zależności dla zmiennych objaśnianych były jawnie określone w postaci zależności przyczynowo-skutkowych w modelu, co oznacza, że macierz Ψ powinna być diagonalna.

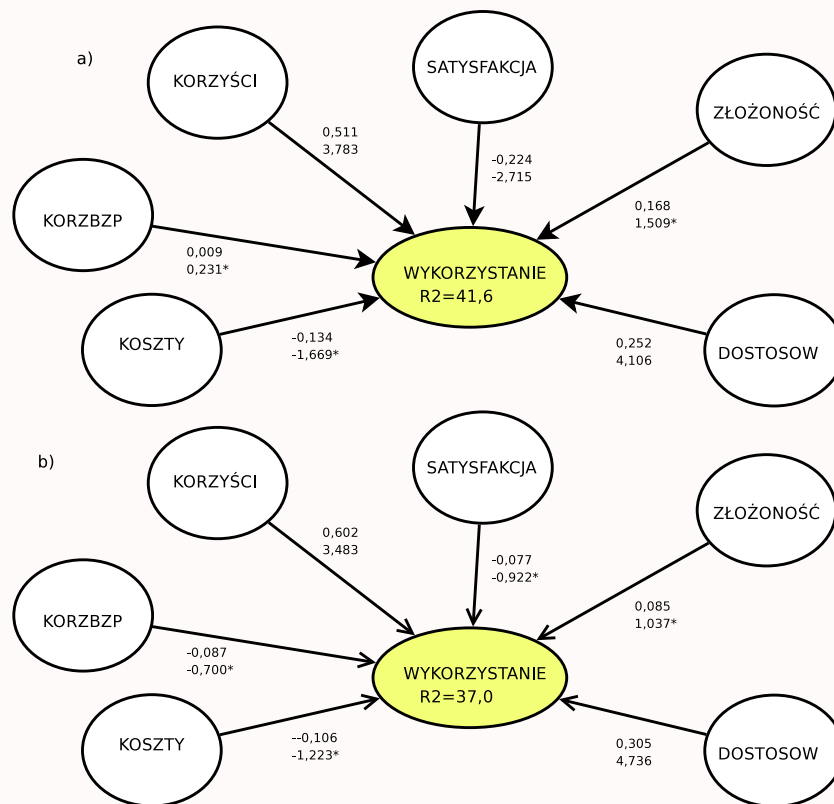
nych jest występowanie korelacji pomiędzy składnikami losowymi dla czynników endogenicznych, innym teoretycznie uzasadnionym modelem może być model zawierający jeden czynnik endogeniczny WYKORZYSTANIE objaśniany przez pozostałe sześć czynników¹⁶. Miary ogólnego dopasowania zmodyfikowanego w powyższy sposób modelu (w przypadku **zastosowań serwerowych**) są następujące: wartość statystyki χ^2_{35} wynosi 45,903 (istotna na poziomie istotności większym od 0,103), wartość wskaźnika RMSEA jest równa 0,0371, a wartości wskaźników NEI i GEI są wysokie i wynoszą odpowiednio 0,951 oraz 0,966. Uzyskane wyniki wskazują na dobre dopasowanie. Gorsze, ale w dalszym ciągu akceptowalne wyniki otrzymano dla **zastosowań desktopowych**: $\chi^2_{35} = 64,779$ (istotna na poziomie istotności większym od 0,002), RMSEA = 0,0592. Współczynniki NEI oraz GEI równe odpowiednio 0,922 i 0,955. Oszacowane współczynniki ścieżki modeli strukturalnych dla oprogramowania desktopowego i serwerowego przedstawiono na rysunku 4.4.

W obu modelach znaki **wszystkich** współczynników ścieżkowych są zgodne z postawionymi hipotezami, ale tylko zależności KORZYŚCI→WYKORZYSTANIE, SATYSEAKCJA→WYKORZYSTANIE, DOSTOSO→WYKORZYSTANIE (zastosowania serwerowe) oraz KORZYŚCI→WYKORZYSTANIE, DOSTOSO→WYKORZYSTANIE (zastosowania desktopowe) okazały się statystycznie istotne (por. rys. 4.4). Wartość współczynnika R^2 wynosi 42% w przypadku aplikacji serwerowych oraz 37% dla zastosowań desktopowych – obie wartości są akceptowalne. W tab. 4.4 zamieszczono porównanie dopasowania omawianych w tym punkcie modeli wykorzystania oprogramowania *open source* (dla zastosowań serwerowych), z którego wynika, że model „jednej zmiennej” egzogenicznej jest najlepszy. Dyskusję, interpretację uzyskanych wyników i wnioski omawiamy szerzej w punkcie 4.1.6.

4.1.5. Pomiar formatywny czynników

Empiryczne oszacowanie modelu przeprowadzone w punkcie 4.1.4 postawiło m.in. ważne pytanie o nieistotność czynnika KORZBZP, który według proponentów oprogramowania *open source*, takich

¹⁶Takiemu modelowi odpowiada diagram z rys. 4.1 po usunięciu ścieżek H7–H9.



Rysunek 4.4: Oszacowanie parametrów modelu strukturalnego dla aplikacji serwerowych (a) i desktopowych (b). Standaryzowane wartości współczynników i wartości statystyki t . Gwiazdką oznaczono współczynniki nieistotnie różne od 0.

Tabela 4.4: Porównanie trzech modeli akceptacji oprogramowania *open source*

Model	st. swobody	χ^2	RMSEA	NEI	GFI	R^2
Wyjściowy	44	130,528	0,095	0,86	0,91	40,2
Nierekursywny	42	66,291	0,049	0,93	0,95	31,3
Jednej zmiennej	35	45,903	0,037	0,95	0,97	41,6

jak Raymond (2001) stanowi wręcz *essence* tej kategorii SI/TI. W tym punkcie dodatkowo zweryfikujemy hipotezę, czy czynnik KORZBZP faktycznie nie ma wpływu na decyzję odnośnie wykorzystania, czy też może uzyskany wynik jest konsekwencją wybranego sposobu (refleksyjnego) pomiaru. Tą dodatkową weryfikacją będzie ocena modelu zawierającego dwa czynniki formatywne: KORZBZP oraz – dodatkowy czynnik – WSPARCIEZ. Oszacowanie modelu zostanie przeprowadzone metodą PLSPM, z powodów wyłuszczonych w rozdziale 1. Biorąc zaś pod uwagę wyniki uzyskane w punkcie 4.1.4 weryfikujemy wyłącznie najlepszy z próbowanych modeli, tj. model „jednej zmiennej egzogenicznej”.

Przed weryfikacją modelu zawierającego czynniki mierzone za pomocą miar formatywnych zweryfikowano metodą PLSPM „refleksyjny” model „jednej zmiennej egzogenicznej” (por. punk 4.1.4). Postąpiono tak z dwóch powodów. Po pierwsze, miało to na celu porównanie wyników otrzymanych za pomocą różnych sposobów estymacji, tj. CBSEM i PLSPM. Po drugie, chodziło o możliwość porównania modeli: „refleksyjnego” i „formatywnego” oszacowanych za pomocą tej samej metody (tj. wyeliminowanie wpływu metody estymacji).

Model pomiaru jest oceniany pod kątem rzetelności (CR) oraz trafności zbieżnej (istotne wartości ładunków miary-czynnik, odpowiednie wartości AVE) i różnicowej (wartości AVE wyższe od kwadratu współczynników korelacji czynnika z pozostałymi czynnikami). Kryteria oceny są identyczne jak w przypadku metody CBSEM, tylko sposób wyznaczenia wszystkich wskaźników i statystyk jest od-

mienny. Są one szacowane za pomocą metody *bootstrap*¹⁷ (wykorzystano 250 prób bootstrapowych). Ocenę modelu pomiaru zawierają tablice 4.5 oraz 4.6.

Tabela 4.5: Wartości CR i AVE dla modelu pomiaru oszacowanego metodą PLSPM, zastosowania serwerowe i desktopowe

Czynnik	Zastosowania serwerowe		Zastosowania desktopowe	
	CR	AVE	CR	AVE
KORZBZP	0,8168	0,8991	0,8092	0,8940
KORZYŚCI	0,7776	0,8748	0,7316	0,8450
KOSZTY	0,7355	0,8464	0,7735	0,8714
SATYSEAKCJA	0,7666	0,8677	0,6527	0,7774
ZLOZONOSC	0,5422	0,6561	0,5422	0,6561

Z wyjątkiem czynnika ZLOZONOSC wszystkie wartości wskaźnika rzetelności łącznej są większe od zalecanej wartości 0,7, zaś wartości AVE – większe od zalecanej wartości 0,5 (por. tab. 4.5). Z kolei, w tab. 4.6 największy element w każdym wierszu/kolumnie macierzy znajduje się na przekątnej, co jest potwierdzeniem trafności różnicowej. W przypadku modelu dla zastosowań serwerowych dodatkowym potwierdzeniem trafności zbieżnej jest istotnie różna od zera wartość ładunków dla czynników KOSZTY, KORZBZP, KORZYŚCI i SATYSEAKCJA (wartości statystyki t zawarte były w przedziale 4,639 – 33,133). Jedynie w przypadku czynnika ZLOZONOSC ładunek LKOMP-ZLOZONOSC okazał się nieistotny. W przypadku modelu dla zastosowań desktopowych było nieco gorzej, ponieważ ładunki czynnikowe w dwóch przypadkach okazały się nieistotne s2-SATYSEAKCJA ($t = 1,529$), LKOMP-ZLOZONOSC ($t = 0,943$). Nieistotność LKOMP w obu przypadkach stanowi kolejne potwierdzenie, że pomiar złożoności za pomocą zaproponowanej skali jest problematyczny.

¹⁷ Po szczegóły odsyłamy do dokumentacji programu SMARTPLS (Ringle i inni, 2005).

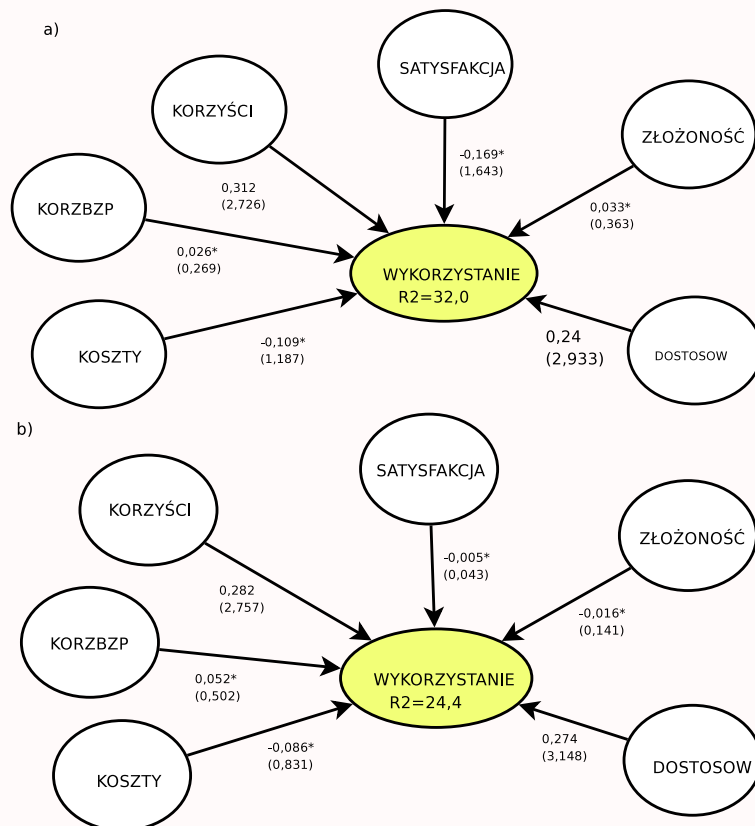
Tabela 4.6: Kwadraty współczynników korelacji i wartości AVE, model pomiaru oszacowany metodą PLSPM, zastosowania serwerowe i desktopowe*

Czynnik	KORZBZP	KORZYŚCI	KOSZTY	SATYSE.	ZLOZONOSC
zastosowania serwerowe					
KORZBZP	0,8991	–	–	–	–
KORZYŚCI	0,1856	0,8748	–	–	–
KOSZTY	0,0090	-0,3445	0,8464	–	–
SATYSEAKCJA	-0,0756	-0,3136	0,2140	0,8677	–
ZLOZONOSC	-0,0176	-0,1461	0,1558	0,1180	0,6561
zastosowania desktopowe					
KORZBZP	0,8940	–	–	–	–
KORZYŚCI	0,4145	0,8450	–	–	–
KOSZTY	-0,1643	-0,2751	0,8714	–	–
SATYSEAKCJA	0,0120	0,1374	-0,0547	0,7774	–
ZLOZONOSC	-0,0292	-0,0925	0,0484	0,0048	0,6561

* współczynniki wariancji wyodrębnionej (AVE) znajdują się na przekątnej macierzy; kwadraty współczynników korelacji znajdują się poza przekątną.

Podsumowując: elementarne potwierdzenie rzetelności, trafności zbieżnej i różnicowej świadczy o tym, że model pomiaru jest ogólnie dobrze dopasowany. Pozytywna weryfikacja modelu pomiaru pozwala na ocenę modelu strukturalnego, przedstawionego na diagramie ścieżkowym na rysunku 4.5.

Porównując otrzymane wyniki z wynikami estymacji przeprowadzonej metodą CBSEM, można zauważyć, że: – wartości współczynników R^2 są nieco niższe (32,0% i 24,4% wobec odpowiednio 41,6% i 37,0%, por. rys. 4.4); – wszystkie hipotezy określone w punkcie 4.1.1 został potwierdzone, aczkolwiek



Rysunek 4.5: Oszacowanie parametrów modelu „refleksyjnego” metodą PLSPM dla aplikacji serwerowych (a) i desktopowych (b). Standaryzowane wartości współczynników i wartości statystyki t (w nawiasach). Gwiazdką oznaczono współczynniki nieistotnie różne od 0.

tylko dwa z sześciu współczynników ścieżki są istotnie różne od zera (identycznie jak w przypadku estymacji metodą CBSEM).

Formatywny model pomiaru czynników Określmy *postrzegane wsparcie zewnętrzne* (WSPARCIEZ) jako „przekonanie użytkownika, że wykorzystując określony SI/TI, będzie mógł korzystać z usług doradczych, konsultacyjnych i integracyjnych oferowanych przez podmioty zewnętrzne” (dlatego jest to istotne, opisano w punkcie. 3.2.2). W badaniach Igbarii i innych (1997) oraz Lee (2008) wsparcie zewnętrzne okazało się istotnym czynnikiem wpływającym na kluczowe w modelu TAM czynniki PU/PEOU. Badanie ankietowe przeprowadzone przez Strzałę i Przechlewskiego (2005) zawierało dodatkowe pytania, które umożliwiają: – zmierzenie w sposób formatywny wykorzystywanego w poprzednich modelach czynnika KORZBZP oraz – zmierzenie za pomocą skali formatywnej nowego czynnika WSPARCIEZ. Korzyści bezpośrednie (KORZBZP) z wykorzystania oprogramowania *open source* były oceniane za pomocą trzech pytań: „zaletą oprogramowania *open source* jest dostępność kodu źródłowego” (KB0), „zaletą oprogramowania *open source* jest niska opłata licencyjna bądź brak opłat” (KB1) oraz „zaletą oprogramowania *open source* jest większa liczba dostępnych aplikacji i/lub rozwiązań hardware’owych (KB2)”. Natomiast czynnik WSPARCIEZ był mierzony za pomocą trzech następujących pytań: „oprogramowanie *open source* posiada dostęp do wsparcia technicznego” (WZ1), „wykorzystywalibyśmy oprogramowanie *open source*, gdyby było zintegrowane z wykorzystywaną/kupioną aplikacją” (WZ2), „rekomendacja firmy wdrożeniowej ma duże znaczenie w przypadku wdrożenia oprogramowania *open source*” (WZ3). W oczywisty sposób pytania/miary dotyczą różnych aspektów korzyści/wsparcia, zatem pomiar formatywny jest jak najbardziej uzasadniony.

Z wyjątkiem relacji WZ1-WSPARCIEZ oraz KB0-BZP (oprogramowanie serwerowe) i KB2-BZP (oprogramowanie desktopowe) wartości pozostałych wag¹⁸ są statystycznie nieistotne. Usunięcie miar

¹⁸Przypominamy, że w przypadku miar formatywnych oceniane są wielkości wag, a nie ładunków czynnikowych, por. punkt 1.4.2.

Tabela 4.7: Czynniki formatywne, model pomiaru oszacowany metodą PLSPM, zastosowania serwerowe i desktopowe

Relacja	w^*	\bar{w}^{**}	σ_w	t^{***}
zastosowania serwerowe				
WZ1-WSPARCIEZ	0,9673	0,8456	0,1969	4,8101
WZ2-WSPARCIEZ	0,2591	0,2327	0,2931	0,8838
WZ3-WSPARCIEZ	0,1446	0,1305	0,3073	0,4705
KB0-KORZBZP	0,9636	0,8850	0,1800	5,3540
KB1-KORZBZP	0,3730	0,3407	0,2483	1,5018
KB2-KORZBZP	0,3118	0,2852	0,2759	1,1301
zastosowania desktopowe				
WZ1-WSPARCIEZ	0,8667	0,6326	0,3722	2,3284
WZ2-WSPARCIEZ	0,2498	0,2776	0,3795	0,6582
WZ3-WSPARCIEZ	0,5212	0,4232	0,3696	1,4101
KB0-KORZBZP	0,3398	0,3273	0,3092	1,0990
KB1-KORZBZP	0,4428	0,3831	0,2664	1,6623
KB2-KORZBZP	0,9578	0,8404	0,1968	4,8662

* waga; ** średnia wartość w uzyskana w 250 próbach bootstrap; *** statystyka t jest równa ilorazowi średniej i odchylenia standardowego (\bar{w}/σ_w);

o statystycznie nieistotnych wartościach wag zredukowałoby skale pomiarowe obu czynników do jednej zmiennej. Korzystamy zatem z najmniej restrykcyjnej rekomendacji potwierdzania trafności zbieżnej zalecającej usuwanie miar tylko wtedy, gdy wykazują się one nadmierną współliniowością mierzoną przykładowo za pomocą czynnika inflacji wariancji (VIF). W literaturze zaleca się usuwanie miar o wartości VIF większej od 5 (w przypadku bardziej liberalnych zaleceń większej – od 10). Dla

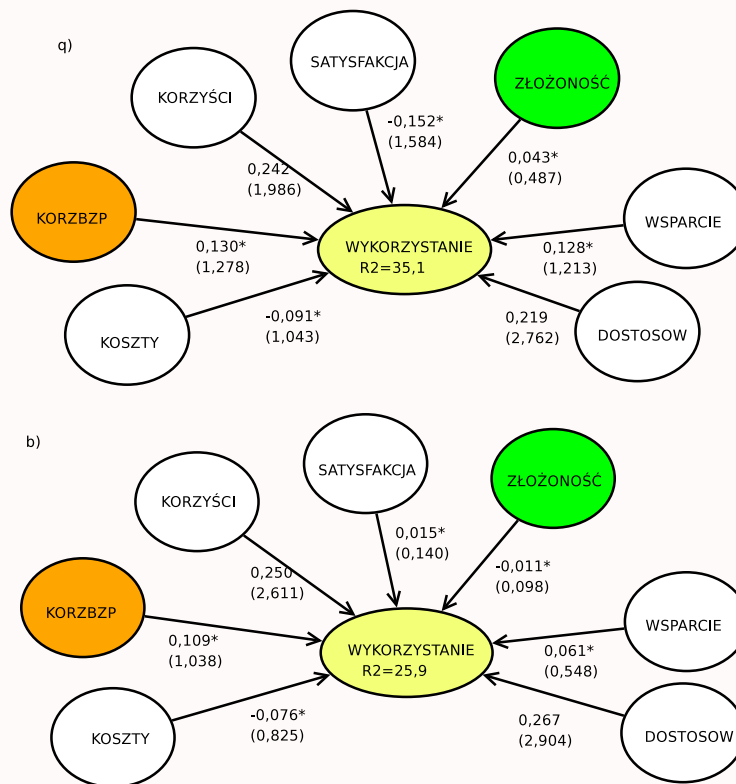
omawianych dwóch czynników wartość VIF nie przekracza 2 – żadna miara nie jest zatem usuwana. Dodanie do modelu dwóch czynników formatywnych nie zmienia oczywiście właściwości czynników mierzonych refleksyjnie (por. wartości AVE i CR zamieszczone w tablicy 4.5).

Oszacowane współczynniki ścieżki modeli strukturalnych dla oprogramowania desktopowego i serwerowego przedstawiono na rysunku 4.6.

Porównując otrzymane wyniki z wynikami estymacji dla modelu z wszystkimi czynnikami refleksyjnymi można zauważyć, że: – współczynniki ścieżkowe dla relacji KORZBZP → WYKORZYSTANIE aczkolwiek większe, to dalej są statystycznie nieistotne; – współczynniki ścieżkowe WSPARCIEZ → WYKORZYSTANIE także okazały się nieistotne; – istotnymi czynnikami objaśniającymi WYKORZYSTANIE pozostały KORZYŚCI i DOSTOSOW; – wartości współczynników R^2 są nieco wyższe (35,1% i 25,9% wobec odpowiednio 32,0% i 24,4%, por. rys. 4.5 oraz 4.6); – nie wszystkie hipotezy określone w punkcie 4.1.1 zostały potwierdzone z uwagi na nieistotność odpowiednich współczynników ścieżki.

4.1.6. Interpretacja i wnioski

Zaskakująca może wydawać się nieistotność związku pomiędzy postrzeganymi kosztami a zakresem wykorzystania oprogramowania open source. Otrzymane wyniki dotyczące wpływu kosztów/korzyści są dokładnie odwrotne od uzyskanych w badaniu akceptacji systemów otwartych Chau i Tama (1997). Zależność akceptacji od postrzeganych kosztów Chau i Tam wyjaśniają brakiem wiedzy pracowników, odnośnie nowych technologii, takich jak system Unix czy TCP/IP. Wydaje się, że pod tym względem sytuacja się zmieniła: dużo większe jest współcześnie wykorzystanie technologii „otwartych”, niezwiązanych z konkretnym dostawcą (protokoły TCP/IP, HTML/XML, SQL itp.). Z kolei w przypadku systemów desktopowych mamy do czynienia ze standardem na poziomie *interfejsu*, gdzie popularne aplikacje otwarte, takie jak Gnome/KDE, przeglądarka Mozilla/Firefox czy pakiet biurowy OpenOffice są wzorowane na najpopularniejszych odpowiednikach komercyjnych. Systemy wykorzystujące te same protokoły czy interfejsy są zatem do siebie podobne, a przez to ich implementacja jest tańsza.



Rysunek 4.6: Oszacowanie parametrów modelu „formatywnego” metodą PLSPM dla aplikacji serwerowych (a) i desktopowych (b). Oznaczenia jak na rysunku 4.5.

Obok korzyści, drugim istotnym czynnikiem stymulującym wykorzystanie SI/TI okazał się wpływ środowiska poprzez postrzeganą popularność oprogramowania *open source* w innych organizacjach.

Bezpośrednie korzyści w postaci braku opłat licencyjnych czy dostępnego kodu źródłowego okazały się nieistotnym czynnikiem determinującym wykorzystanie. Podobnie nieistotne okazały się złożoność oraz wsparcie zewnętrzne. Nieistotność korzyści bezpośrednich, złożoności i wsparcia można tłumaczyć przeciętnie niskim stopniem wykorzystania SI/TI, o czym może świadczyć niewielkie zatrudnienie w działach SI/TI. Przedsiębiorstwa średnie zatrudniają przeciętnie 2,1 pracownika¹⁹ w tym dziale (mediana wynosi 1,0, co oznacza, że w połowie przedsiębiorstw „dział” ten składał się z jednego pracownika). Średnie zatrudnienie w dziale SI/TI dużych przedsiębiorstw (250 pracowników i więcej) wynosi wprawdzie 9,2 osoby, ale w połowie firm „dział” ten nie był liczniejszy niż 2 pracowników. Wnioskując na podstawie liczby zatrudnionych specjalistów, domniemane duże znaczenie SI/TI w polskich organizacjach miało raczej deklaracyjny niż rzeczywisty charakter!

Pozytywne nastawienie użytkowników, manifestowane przez postrzeganie zalet, a pomijanie kosztów stanowi ważną wskazówkę zarówno dla dostawców oprogramowania, jak i decydentów wdrażających systemy SI/TI w przedsiębiorstwach i instytucjach publicznych.

4.2. Model indywidualnej akceptacji oprogramowania *open source* uwzględniający koszty zmiany

4.2.1. Proponowany model akceptacji indywidualnej RA-SC

Opracowany w tym punkcie model akceptacji oprogramowania *open source* jest modyfikacją modeli TAM/TRA/TBP. Prostota modelu jest decyzją zamierzoną i wynika z zasady *non sunt multiplicanda entia sine necessitate* – wypada sprawdzić prostsze modele, zanim użyje się bardziej skomplikowanych. W polskich warunkach TAM, który dotąd praktycznie nie został zastosowany jest właśnie tą prostszą teorią.

¹⁹Na podstawie badania Przechlewskiego i Strzały (2005).

Z rozważań przedstawionych w rozdziale 2 wynika, że zdecydowana większość modeli i teorii akceptacji SI/TI *implicite* zakłada, że nowa SI/TI *nie ma alternatywy*. Takie założenie odpowiadało rzeczywistości w minionym okresie wdrażania SI/TI: organizacje zmieniały systemy „papierowe” na komputery *mainframe*, komputery *mainframe* na komputery PC, komputery PC na przenośne. Także współcześnie jest ono częste, przykładowo albo organizacja wdroży system ERP, albo nie, innych możliwości nie ma. Jednakże gwałtowny postęp w rozwoju SI/TI powoduje, że w wielu wypadkach użytkownik ma do wyboru różne funkcjonalnie podobne SI/TI. W tym kontekście pytanie nie brzmi czy zaakceptować system X, ale: który wybrać, albo który z możliwych do zastosowania jest lepszy. Ten kontekst akceptacji SI/TI, którego przykładem jest zmiana oprogramowania własnościowego na *open source* nie jest wszakże dobrze rozpoznany w literaturze przedmiotu.

Czynnikiem lepiej objaśniającym wybór spośród porównywalnych możliwości wydaje się względna przewaga (RA) z teorii DOI, tj. przypomnijmy (punkt. 2.1) „stopień w jakim innowacja postrzegana jest jako lepsza od pomysłów, które zastępuje”. Tak się jednak złożyło, że w praktyce badawczej czynniki RA oraz PU są traktowane zamiennie, a „winnymi” tej sytuacji wydają się być Moore i Benbasat (1991), którzy w wielokrotnie później cytowanej pracy stwierdzają: „podobieństwa pomiędzy tymi czynnikami [PU/PEOU oraz RA/złożoność] są oczywiste”(Moore i Benbasat, 1991, s. 197). Co więcej, zaproponowali oni także skalę pomiaru RA praktycznie identyczną ze skalą PU. Późniejsze badania uznawały zarówno konceptualizację Moore’a i Benbasata, jak i zaproponowaną przez nich skalę *jako aksjomat*²⁰ (przykładowo por. Venkatesh i inni (2003); Adams i inni (1992); Taylor i Todd (1995b)). Naszym zdaniem **traktowanie RA i PU jako synonimów nie jest poprawne** do objaśnienia wykorzystania SI/TI w sytuacji, gdy użytkownik ma możliwość wyboru spośród wielu funkcjonalnie podobnych możliwości, ponieważ – mówiąc kolokwialnie – każda z nich może być oceniana jako bardzo użyteczna,

²⁰ Przykładowo Taylor i Todd (1995b) podsumowują: „oba czynniki zostały zdefiniowane w podobny sposób, a ich pomiar zoperacjonalizowany w kategoriach względnego wpływu na wydajność [pracy]”. Jednym słowem *Roma locuta causa finita*.

ale przecież tylko z jednej będzie korzystał. Wybierając spośród porównywalnych SI/TI, użytkownik porównuje je pomiędzy sobą, a nie z systemem którego używał poprzednio (Choudhury i Karahana, 2008). Zatem w kontekście wyboru przez użytkownika funkcjonalnie podobnych SI/TI ważne jest rozróżnienie pomiędzy RA i PU, które to rozróżnienie, podkreślimy, będzie odpowiadało zwyczajowemu znaczeniu pojęcia *względna przewaga* – względna czyli w porównaniu do innych²¹. Proponowany w miejsce PU czynnik **postrzegana względna przewaga** (RPA) definiujemy jako: „stopień przekonania użytkownika, że system X jest lepszy od innych systemów należących do kategorii Y”²².

Postrzegana względna przewaga Podobnie jak Rogers (2003, s. 15) albo Choudhury i Karahana (2008, s. 180) postulujemy, że postrzegana względna przewaga jest pojęciem złożonym, składającym się z następujących 4 aspektów: *korzyści ekonomicznych* (RPAE), *przewagi technologicznej* (RPAT), *względnej łatwości użytkowania* (REOU) oraz *wizerunku dostawcy* (RPAI). W kontekście wyboru spośród porównywalnych możliwości, aspekt ekonomiczny sprowadza się wyłącznie do oceny kosztów: program tańszy w eksploatacji jest lepszy. Większa wydajność pracy (czynnik PU modelu TAM) jest ściśle związana z lepszą funkcjonalnością/jakością SI/TI. Zamiast zatem oceniać użyteczność SI/TI poprzez *wydajność pracy*, proponujemy ocenę wprost za pomocą czynników *przewagi technologicznej* i *łatwości używania*, przy czym pierwszy czynnik oznacza większą niezawodność i funkcjonalność,

²¹Z tego też powodu reklamowany jako nowa jakość przez Venkatesha i innych (2003) model UTAUT można określić w interesującym nas kontekście jako ślepą uliczkę. Do czynników PU/PEOU z modelu TAM (określonych jako *oczekiwany wysiłek*, *oczekiwane osiągnięcia*) dodano dwa pozostałe czynniki z teorii TRA, tj. kontrolę behawioralną i wpływ społeczny, ale zarówno definicja, jak i pomiar czynnika *oczekiwane osiągnięcia* jest identyczny, jak w modelu TAM. Do tego proponowana skala czynnika PE zawiera zaskakująco-specyficzne pytanie: „Jeżeli będę używał systemu, dostanę podwyżkę”. Ponieważ skala jest jednowymiarowa i refleksyjna, implikuje to założenie, iż pracownicy korzystają z SI/TI wyłącznie w celu otrzymania podwyżki. W realiach kulturowych polskich organizacji takie założenie można uważać za kuriozum, być może jest poprawne w USA.

²²Oczywiście $X \in Y$. Definicja PU znajduje się w punkcie 2.2.1, s. 90.

a drugi jest zapożyczeniem z modelu TAM²³. Przy wyborze konkretnej SI/TI decyduje ocena łączna. Przykładowo, zakładając ten sam poziom *łatwości* użytkownik może wybrać program funkcjonalnie nieco gorszy niż inne, ale znacznie tańszy i *vice versa*. Zwróćmy uwagę, że czynnik PU/PE z modeli TAM/UTAUT pomija aspekt kosztów – jedynym kryterium wyboru SI/TI jest większa funkcjonalność/niezawodność, gwarantująca wyższą wydajność. Takie założenie jest w wielu wypadkach słuszne (wykorzystanie SI/TI w dużej organizacji), ale w przypadku użytkowników indywidualnych lub mikro przedsiębiorstw już nie. W tym drugim przypadku oprócz funkcjonalności i niezawodności SI/TI oceniane są także nakłady niezbędne do jej używania.

Względna przewaga to także aspekt psychologiczny, którego manifestacją może być znany slogan: „menedżerowie wolą komputery IBM od niemarkowych”. Wdrożenie SI/TI to zwykle duże ryzyko, którego subiektywną wielkość zmniejszają takie czynniki jak zaufanie do marki, reputacja albo wizerunek dostawcy lub producenta. Literatura z obszaru marketingu²⁴ definiuje wiele podobnych koncepcyjnie czynników (wizerunek firmy, wizerunek produktu, reputacja, wartość marki, itp.) i postuluje ich wpływ na *lojalność*. Podobnie, w badaniach zachowań klientów kupujących *on-line* wykazano wielokrotnie związek pomiędzy zaufaniem a zamiarem zakupu (Gefen i Inni, 2003). Zaufanie jest też jednym z trzech wymiarów konceptualizacji *względnej przewagi* zaproponowanej przez Choudhury i Karahannę (2008). Ostatnim składnikiem proponowanej definicji *względnej przewagi* jest w związku z tym **wizerunek dostawcy** definiowany jako: *przekonanie odnośnie wysokiej jakości i niezawodno-*

²³Jakość systemu (SQ) w modelu DeLone’a–McLeana jest zwykle oceniana albo wyłącznie w kategoriach łatwości używania (Seddon i Kiew, 1996) albo łącznie łatwości i większej funkcjonalności/niezawodności Roldán i Leal (2003). Inaczej mówiąc SQ jest utożsamiany z czynnikiem PEOU modelu TAM lub „poszerzonym” czynnikiem PEOU o wymiar niezawodności, funkcjonalności systemu (tj. PU + użyteczność, tyle że mierzona „wprost”, a nie poprzez większą wydajność pracy, jak ma to miejsce w modelu TAM). W drugim z przypadków konceptualizacji, prowadzi to do czynnika wielowymiarowego, który często jest mierzony nieprawidłowo za pomocą jednowymiarowej skali refleksyjnej (Roldán i Leal, 2003).

²⁴Por. przykładowo van Riel i Inni (2005); Nguyen i Leblanc (2001).

ści produktów i usług określonego producenta. Ponieważ reputacja produktu jest już oceniana w postaci postrzeżeń dotyczących *jakości technologicznej*, ten aspekt wizerunku może zostać pominięty²⁵. Można oczekiwać znacznej korelacji pomiędzy *jakością technologiczną, względną łatwością użytkowania oraz wizerunkiem dostawcy*. Użytkownicy łączą jakość SI/TI z łatwością obsługi, postrzegając systemy trudne jako jakościowo gorsze. Podobnie należy oczekiwać, że wysoki poziom wizerunku dostawcy/producenta będzie skorelowany z jakością oferowanego produktu. Traktowanie RPAT, REOU i RPAI łącznie jako czynnika formatywnego byłoby zatem błędem. Z drugiej strony nie należy zakładać korelacji RPAT, REOU i RPAI z ostatnim aspektem względnej przewagi: *korzyściami ekonomicznymi*.

Ponieważ w świetle powyższych rozważań konceptualizacja względnej przewagi jako czynnika refleksyjnego drugiego stopnia zawierającego cztery czynniki pierwszego stopnia nie jest poprawna, definiujemy względną przewagę jako dwa czynniki: *postrzegana względna jakość systemu* (RPSQ) oraz *korzyści ekonomiczne* (RPAE). Czynniki RPSQ jest refleksyjnym czynnikiem drugiego stopnia zawierającym RPAT, REOU oraz RPAI²⁶.

Drugim oprócz użyteczności kluczowy czynnikiem w modelu TAM jest postrzegana łatwość używania (PEOU), którą Davis (1989) definiuje jako „stopień przekonania użytkownika, że korzystanie z określonego systemu będzie łatwe tj. wolne od wysiłku”. Bliższe przyjrzenie się sposobowi pomiaru PEOU wskazuje, iż zawiera on dwie formy *łatwości*: wysiłek mentalny/fizyczny oraz łatwość nauczania się. Ponieważ wielokrotnie potwierdzono (Davis, 1989, s. 325), że uczenie się i używanie są czynnikami związanymi ze sobą (*learning by doing*) zatem konceptualizacja w postaci jednego czynnika i refleksyjny model pomiaru wydają się słuszne: system łatwy w nauce będzie uważany za łatwy w obsłudze i *vice versa*. Jednakże, w przeciwieństwie do SI/TI z lat osiemdziesiątych (kiedy Davis zaproponował

²⁵Uważamy także, że *wizerunek dostawcy* jest lepszy od *zaufania*, które jest używany w kontekście relacji sprzedawca-kupujący na rynkach dóbr konsumpcyjnych.

²⁶Alternatywnie można zdefiniować czynnik refleksyjno-formatywny drugiego stopnia. Nie decydujemy się na taką „egzotyczną” definicję z uwagi na problemy związane z estymacją i interpretacją.

model TAM) współczesne programy są co do zasady łatwe w użyciu. Sposób interakcji z programem jest w dużym stopniu podobny, co wynika z konstrukcji podobnie wyglądających i obsługiwanych interfejsów (menu, ikony, mysz, pola wyboru). W rezultacie tej powszechności użytkownicy potrafią szybko dopasować się do danej sytuacji, problemu czy sposobu postępowania (tzw. *intuicyjny interfejs*). Te teoretyczne argumenty potwierdzają także wyniki empiryczne, systematycznie wykazujące mniejsze znaczenie czynnika PEOU w objaśnieniu akceptacji (por. punkt 2.2.3). W sytuacji wyboru spośród wielu łatwych w obsłudze systemów, zamiast PEOU, istotną rolę będzie odgrywał *koszt zmiany* determinowany przyzwyczajeniami i doświadczeniem (w tym koszty utopione). Uważamy zatem za celowe „zdegradowanie” czynnika łatwości używania jako aspektu względnej przewagi oraz „zastąpienie” czynnika PEOU czynnikiem **kosztów zmiany** (sc).

System oceniany jako lepszy może jednocześnie być nieakceptowany z powodu ograniczeń nie związanych z wolą użytkownika ale z powodu *niesprzyjających warunków*: braku zasobów finansowych, wiedzy, wsparcia itp (Mathieson i inni, 2001). W teorii TBP czynnik ten określa się jako *postrzegana kontrola behawioralna*, w teorii DOI jest to *kompatybilność*, a w modelu UTAUT jako *sprzyjające warunki*. W praktyce badawczej *sprzyjające warunki/postrzegane zasoby* są konceptualizowane jako: kompatybilność technologiczna (Taylor i Todd, 1995b), wsparcie użytkownika (Mathieson i inni, 2001; Venkatesh i inni, 2003), dostępna infrastruktura sprzętowo-systemowa (Mathieson i inni, 2001; Taylor i Todd, 1995b), wiedza użytkownika Venkatesh i inni (2003) oraz inne bliżej nieokreślone, różne zasoby²⁷. Przykładowo, wykorzystanie określonej SI/TI może być warunkowane dostępnymi zasobami finansowymi lub dokonaniem wyborem platformy systemowej (por. punkt 3.2.1). Venkatesh (2003) podjął się niemożliwego zadania opracowania jednowymiarowej refleksyjnej skali pomiarowej czynnika *sprzyjające warunki*, zawierającej różne aspekty tego pojęcia, która jest – naszym zdaniem –

²⁷Oceniane za pomocą ogólnych pytań podobnych do *wykorzystanie systemu X zależy tylko ode mnie* (Taylor i Todd, 1995b) albo *mam wszystko co jest potrzebne, aby korzystać z systemu* (Venkatesh i inni, 2003).

kolejnym wątpliwym osiągnięciem modelu UTAUT, ponieważ w sposób oczywisty składa się z miar formatywnych.

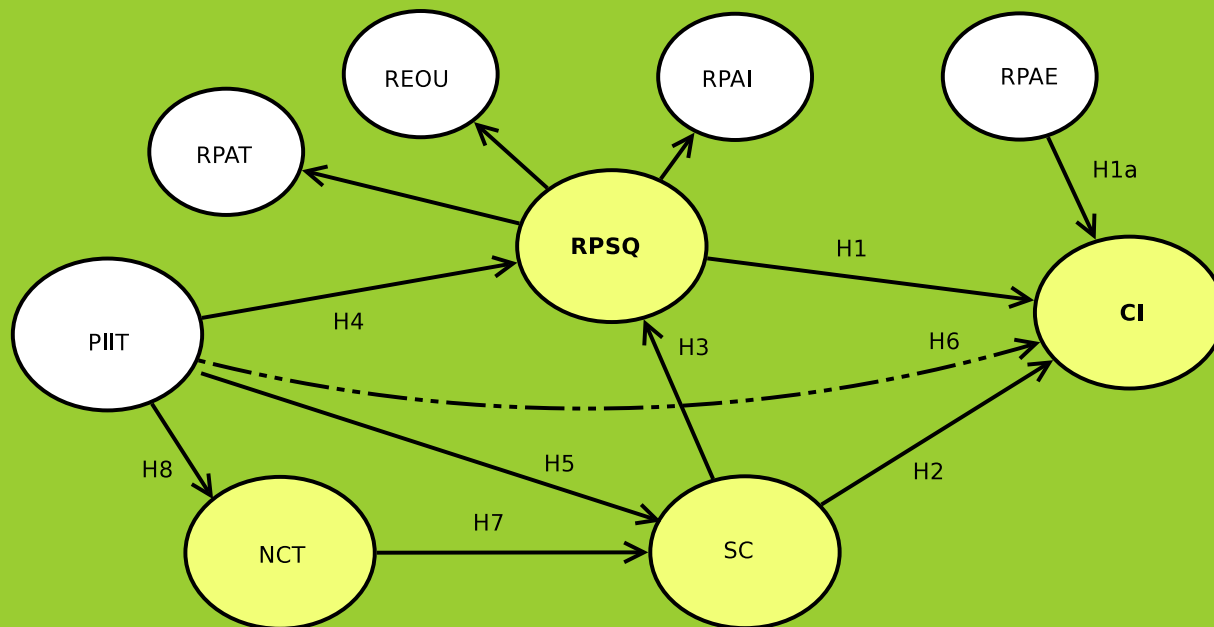
W kontekście wyboru spośród porównywalnych możliwości, uwzględniając współczesne realia wykorzystania SI/TI, najistotniejszym aspektem czynnika *sprzyjające warunki* jest naszym zdaniem **niekompatybilność technologiczna** (NCT) rozumiana jako „trudności związane z uruchamianiem systemu X na wykorzystywanej platformie oraz wymiany danych pomiędzy systemem X a resztą używanych aplikacji”. Wsparcie w takiej sytuacji w dużym stopniu sprowadza się do ułatwienia użytkownikom migracji; zatem brak wiedzy użytkownika jest pochodną niedostatecznego wsparcia – skoro użytkownik nisko ocenia kompatybilność technologiczną, to także nisko będzie oceniał wsparcie i swoją wiedzę. Aspekt dostępności infrastruktury sprzętowo-systemowej stracił w dużym stopniu na aktualności: sprzęt i oprogramowanie strukturalne współcześnie jest bardzo tanie i naszym zdaniem może być pominięte²⁸, zaś dostępność oprogramowania komplementarnego jest już uwzględniona w ocenie, jako część czynnika *niekompatybilność technologiczna*.

Proponowany model przedstawiono na rys. 4.7.

Czynnikiem objaśnianym jest **zamiar dalszego wykorzystania** (ci) zaadaptowany od Bhattacharjee (2001). Jest on naszym zdaniem bardziej poprawny zarówno w kontekście wyboru spośród porównywalnych możliwości jak i sposobu pomiaru – wszystkie czynniki będą bowiem oceniane *ex post*.

Zakładamy, że zamiar dalszego wykorzystania jest objaśniany przez postrzeganą względną użyteczność (RPSQ/RPAE), postrzegane koszty zmiany (SC) oraz niekompatybilność technologiczną (NCT). Proponowany model akceptacji indywidualnej oprogramowania *open source* zawiera także czynnik **innowacyjności osobistej w dziedzinie SI/TI** (PIIT). Zgodnie z postulatem Agarwala i Prasada (1998) potwierdzonym empirycznie np. przez Agarwala i Karahannę (2000), Yi i innych (2006a; 2006b) oraz Liana i Lina (2008) zakładamy, że PIIT objaśnia RPU, SC i NCT bezpośrednio, a ci pośrednio. Gdyby

²⁸W przeciwieństwie do realiów z lat osiemdziesiątych Taylor i Todd (1995b).



Rysunek 4.7: Model akceptacji technologii RA-SC uwzględniający względną przewagę, koszty zmiany i czynnik niekompatybilności technologicznej

założenie pośredniego wpływu PIIT na zamiar wykorzystania potwierdziło się, to zależność ta, oprócz teoretycznej, ma także duże znaczenie praktyczne – nie ma sensu wdrażać oprogramowania *open source*, gdy użytkownicy wykazują się przeciętnie niską innowacyjnością. W takiej bowiem sytuacji nawet „obiektywnie” niskie koszty zmiany mogą być postrzegane jako istotne.

Powyższe rozważania można podsumować postawieniem następujących hipotez (por. rys. 4.7):

– postrzegana względna jakość oprogramowania ma pozytywny wpływ na decyzję, co do dalszego wykorzystania oprogramowania *open source* (H₁), – postrzegane korzyści ekonomiczne mają pozytywny wpływ na decyzję, co do dalszego wykorzystania oprogramowania *open source* (H_{1A}), – postrzegane koszty zmiany mają negatywny wpływ na decyzję dotyczącą wykorzystania oprogramowania *open source* (H₂) oraz na postrzeganą względną jakość oprogramowania *open source* (H₃), – niekompatybilność technologiczna ma pozytywny wpływ na postrzegane koszty zmiany (H₇), – *innowacyjności osobista w dziedzinie SI/TI* ma pozytywny wpływ na postrzeganą względną jakość oprogramowania *open source* (H₄) oraz negatywny na postrzegane koszty zmiany (H₅) i niekompatybilność technologiczną (H₈); *innowacyjność osobista w dziedzinie SI/TI* nie objaśnia bezpośrednio dalszego wykorzystania oprogramowania *open source* (H₆).

Nie stawiamy natomiast żadnych hipotez odnośnie wielkości związku pomiędzy RPA a poszczególnymi aspektami tego czynnika, postulując, że zależy to od konkretnej SI/TI, kategorii użytkownika itd.

4.2.2. Metoda badawcza, skale pomiarowe i ocena modelu pomiaru

Weryfikację empiryczną modelu zdecydowano się przeprowadzić wśród doświadczonych użytkowników przeglądarki Firefox – jednego ze „sztandarowych” aplikacji oprogramowania *Open Source*. W przeciwieństwie do zdecydowanej większości inicjatyw *Open Source*, których wytwórcy stoją na stanowisku, że „jakość obroni się sama” albo zwyczajnie nie posiadają środków i/lub wiedzy, Firefox jest przykładem oprogramowania *Open Source*, którego rozwój i sukces jest wspierany „tradycyjnymi” kampaniami marketingowymi. Rozwojem Firefoksa zajmuje się *Fundacja Mozilla*, która reklamowała swój produkt m.in. na łamach dziennika *New York Times* oraz *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. Udział Firefox w rynku przeglądarek w roku 2008 był znaczący i kształtował się na przeciętnym poziomie 20–30%, według różnych źródeł. Oznacza to, że spora część użytkowników platformy Wintel zmienia z jakiś powodów nabytą razem z system MS Windows przeglądarkę MS Internet Explorer właśnie na Firefoksa.

Firefox jest uważany za program jakościowo lepszy niż MS Internet Explorer, co oznacza m.in. większą zgodność z obowiązującymi w sieci www standardami oraz większe bezpieczeństwo i lepszą funkcjonalność. Program może być także uruchomiony na różnych platformach systemowych, nie tylko na platformie Wintel. Z drugiej strony MS Internet Explorer jest lepiej zintegrowany z systemem operacyjnym MS Windows, co może być kluczowym czynnikiem dla zaawansowanych użytkowników korzystających z platformy Wintel.

Do pomiaru czynników – jeżeli to było możliwe – starano się zaadaptować instrumenty proponowane w literaturze. Refleksyjna jednowymiarowa skala kosztów zmiany pochodzi od Pae i Hyuna (2006), wizerunku – od van Riela i innych (2005), a innowacyjności osobistej w dziedzinie SI/TI od Agarwala i Prasada (1998). Zamiar dalszego wykorzystania oparto na skali zaproponowanej przez Bhattacharjee (2001), a łatwości używania – przez Davisa (1989). Skale dla czynników opracowano wykorzystując procedurę stosowaną przykładowo przez Taylor i Todda (1995b): 1) wstępne opracowanie pozycji skali na podstawie przeglądu literatury, 2) badanie fokusowe/wywiad w grupie kilku ekspertów (doświadczeni użytkownicy) w celu określenia trafności teoretycznej i różnicowej, 3) badanie pilotażowe mające na celu wyeliminowanie błędów nieusuniętych w punktach 1–2.

W rezultacie powyższych zabiegów poszczególne czynniki były mierzone z wykorzystaniem następujących skal (skrót EF oznacza Firefoksa):

RPSQ: EF jest tańszy niż inna przeglądarka www (RPAE1); Eksploatacja EF wymaga niższych nakładów niż innej przeglądarki www (RPAE2); EF ma więcej użytecznych funkcji niż innej przeglądarki www (RPAT1); EF jest przeglądarką bardziej niezawodną i wydajniejszą od innych (RPAT2); Jakość EF jest wyższa od jakości innych przeglądarek www (RPAT3); W porównaniu do innej przeglądarki www posługiwanie się EF jest prostsze (REUO1); Posługując się EF, osiągam to, co zamierzałem osiągnąć łatwiej, niż używając innej przeglądarki www (REOU2); Łatwiej jest osiągnąć biegłą znajomość EF niż innej przeglądarki (REOU2); *Open Source* to niezawodne programy o wysokiej jakości (RPAI1); Funkcjonalność oprogramowania *Open Source* jest wysoka (RPAI2).

SC: Zmiana FF na inną przeglądarkę zabrała/by mi sporo czasu, wiązała/by się z dużymi kosztami, a wysiłek poświęcony na biegle opanowanie poprzednio używanej przeglądarki www okazał/by się zbędny (SC₁); Zmiana FF na inną przeglądarkę www to niepotrzebny kłopot (SC₂); Zmiana FF na inną przeglądarkę www jest kłopotliwa oraz czaso- i pracochłonna (SC₃); Zmiana jednej przeglądarki na inną zawsze wiąże się z kosztami i ryzykiem (SC₄); Zmiana FF nie wiązała się z dużymi kosztami (SC₅, odwrotna).

NCT: Kompatybilność FF z innymi używanymi przeze mnie aplikacjami jest niższa niż w przypadku innych przeglądarek www (TC₁); Wymiana danych i/lub korzystanie z danych publikowanych w zamkniętych formatach w przypadku FF w porównaniu do innych przeglądarek www jest utrudnione (TC₂); FF jest w pełni kompatybilny z resztą używanych przeze mnie programów (TC₃, odwrotna).

PIIT: Jeżeli dowiem się, że istnieje ciekawa aplikacja komputerowa, której nie znam, to szukam możliwości, aby ją wypróbować (PI₁); Czuję się niepewnie, próbując nowe lub nieznane aplikacje komputerowe (PI₂, odwrotna); Wśród moich znajomych jestem zwykle pierwszą osobą używającą nowych/nieznanych aplikacji komputerowych (PI₃); Lubię sprawdzać możliwości nowych/nieznanych aplikacji komputerowych (PI₄).

CI: Zamierzam używać FF cały czas (CI₁); Będę używał FF regularnie w przyszłości (CI₂); Będę często używał FF (CI₃); Nie zamienię FF na inną przeglądarkę (CI₄).

Respondenci określali, w *jakim stopniu* zgadzają się z powyższymi stwierdzeniami, stosując 7-stopniową skalę Likerta.

Weryfikacja empiryczna została przeprowadzona w oparciu o wyniki badania ankietowego przeprowadzonego techniką wyboru przypadkowego wśród studentów specjalności Informatyka i Ekonometria Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego oraz studentów Powiślańskiej Szkoły Wyższej w 2009 r. Analizą objęto 229 kompletnych ankiet. Większość respondentów – 171 stanowili mężczyźni, a średnia wieku respondentów wyniosła 21,1 lat. Celem badania nie jest wnioskowanie o populacji użytkowników przeglądarki www czy też użytkowników programu Firefox, ale raczej

empiryczna weryfikacja nowego modelu teoretycznego oraz **zweryfikowanie** związanych z nim skal pomiarowych, które mogą objaśniać zachowanie użytkowników odnośnie decyzji zmiany oprogramowania własnościowego na *Open Source*. W tej sytuacji wybór przypadkowy zamiast znacznie trudniejszego organizacyjnie (Conradi i inni, 2005) i wymagającego większych nakładów finansowych badania losowego jest w naszej opinii uzasadniony zarówno celem badania (Szreder, 2010), jak i powszechnością stosowania tego sposobu doboru próby w praktyce badawczej dziedziny.

W tablicy 4.8 zestawiono wartości średnie i odchylenie standardowe dla wszystkich pozycji skali.

Tabela 4.8: Statystyki opisowe dla miar czynników modelu RA-SC

Miara	RPAE1	RPAE2	RPAT1	RPAT2	RPAT3	EOU1	EOU2	EOU3
\bar{x}	2,965	3,149	5,031	5,011	5,132	4,882	4,934	4,770
sd	1,118	1,247	1,143	1,075	1,153	1,106	0,961	0,965
RPAI1	RPAI2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	TC1	TC2
4,031	3,855	2,693	3,311	2,846	3,553	2,965	3,868	3,899
0,991	0,944	1,131	1,155	1,171	1,054	0,997	1,198	1,108
TC3	PI1	PI2	PI3	PI4	CI1	CI2	CI3	CI4
4,320	4,154	3,890	3,912	4,346	5,039	5,614	4,947	5,272
1,286	1,145	1,184	1,253	1,316	1,162	1,036	1,272	1,085

* Do skal o odwrotnym porządku zastosowano transformację $x = 8 - x$

Ocena modelu pomiaru Przeprowadzono confirmacyjną analizę czynnikową modelu swobodnie korelujących 8 czynników (RPAT, REOU, RPAI, RPAE, SC, NCT, PIIT, CI) i 26 miar. Wartość statystyki χ^2_{271} równa 499,380 jest istotnie różna od zera na każdym ze zwyczajowo przyjmowanych poziomów istotności. Wartość wskaźnika RMSEA jest równa 0,0556, a wartości wskaźników GFI oraz NFI są

odpowiednio równe 0,865 i 0,906. Wszystkie wartości – za wyjątkiem GEI – wskazują na dobre dopasowanie modelu. Wielkości wszystkich ładunków miara-czynnik są istotne.

Wartości standaryzowanych reszt znajdują się w przedziale $-6,798$ – $5,292$. Na podstawie wielkości wartości reszt standaryzowanych zostały wyeliminowane kolejno dwie miary τc_3 i π_{12} . Procedurę analizy konfirmacyjnej po usunięciu jednego czynnika powtarzano dla pozostałych miar. Ostatecznie dla modelu 8 czynników mierzonych za pomocą pozostałych 24 miar otrzymano: $\chi^2_{224} = 355,337$, $RMSEA = 0,0447$, $NEI = 0,929$ i $GEI = 0,893$. Wartości standaryzowanych reszt znajdują się w przedziale $-2,835$ – $2,926$ i w 25 przypadkach na 276 są większe od 2 (9,06%). Wszystkie wartości wskazują na bardzo dobre dopasowanie modelu pomiarowego.

Wartości wszystkich ładunków czynnikowych miara-czynnik są statystycznie istotne. Tablica 4.9 przedstawia wartości kwadratów współczynników korelacji oraz przeciętnej wariancji wyodrębnionej. Potwierdzeniem trafności różnicowej jest macierz, której największy element w każdym wierszu/kolumnie znajduje się na przekątnej (oznaczony odmianną półgrubą).

Ocena trafności różnicowej poprzez porównanie modelu swobodnie korelujących czynników ($\chi^2 = 243,234$) z modelem, w których korelacja pomiędzy dwoma czynnikami jest ustalona i równa 1 w każdym (za wyjątkiem jednego przypadku, w którym model nie wykazał zbieżności) z 28 możliwych modeli ograniczonych wykazała, że model alternatywny jest istotnie gorzej dopasowany niż model bazowy (różnice wartości χ^2 wyniosły od 93,235 do 379,498).

Podsumowując: model pomiaru jest dopasowany zadowalająco. Potwierdzeniem jednowymiarowości jest względnie niski udział reszt standaryzowanych o wartościach bezwzględnych większych od 2. Potwierdzeniem trafności zbieżnej są statystycznie istotne wartości ładunków miara-czynnik oraz wyższe od 0,5 wartości współczynników AVE. Potwierdzeniem trafności różnicowej są większe wartości AVE dla każdego czynnika od kwadratu współczynnika korelacji pomiędzy tym czynnikiem a wszystkimi innymi czynnikami (por. tab. 4.7) oraz istotność różnicy pomiędzy modelem swobodnie korelujących czynników a każdym modelem o ustalonej i równej 1 korelacji pomiędzy parą czynników. Wreszcie model pomiaru wykazuje się zadowalającą rzetelnością, co potwierdzają wartości

Tabela 4.9: Kwadraty współczynników korelacji i wartości przeciętnej wariancji wyodrębnionej, oraz wartości CR dla poprawionego modelu pomiaru RA-SC

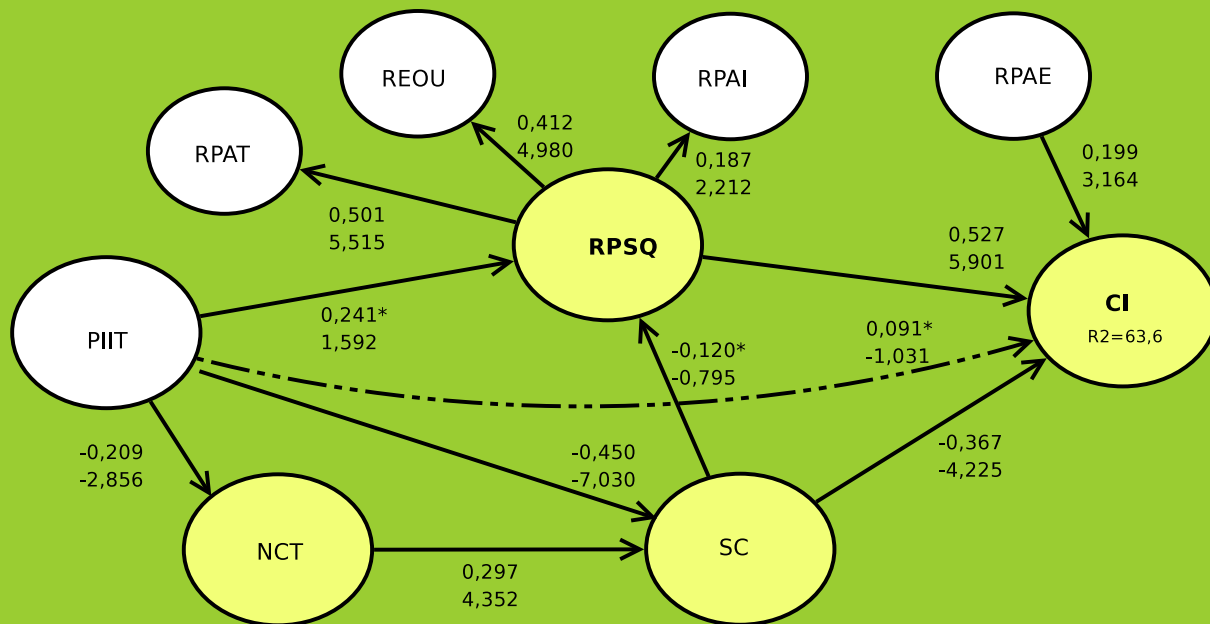
Czynnik	RPAE	RPAT	REOU	RPAI	NCT	SC	CI	PIIT
RPAE	0,786	–	–	–	–	–	–	–
RPAT	0,000	0,681	–	–	–	–	–	–
REOU	0,000	0,082	0,529	–	–	–	–	–
RPAI	0,000	0,003	0,021	0,813	–	–	–	–
NCT	0,000	0,002	0,012	0,022	0,755	–	–	–
SC	0,003	0,020	0,001	0,026	0,146	0,713	–	–
CI	0,027	0,160	0,123	0,011	0,048	0,215	0,673	–
PIIT	0,015	0,028	0,005	0,017	0,049	0,284	0,090	0,743
CR	0,878	0,863	0,764	0,882	0,860	0,925	0,891	0,897

współczynników CR. Pozytywna weryfikacja modelu pomiaru pozwala na ocenę modelu strukturalnego.

4.2.3. Ocena modelu strukturalnego

Miary ogólnego dopasowania oszacowanego modelu (rys 4.7) są następujące: $\chi^2_{239} = 379,553$ (wartość istotnie różna od zera na każdym poziomie istotności), RMSEA = 0,0446, NFI = 0,924 oraz GFI = 0,887. Wszystkie wartości – za wyjątkiem GFI, którego wartość jest nieznacznie niższa niż 0,9 – wskazują na dobre dopasowanie modelu. Oszacowane wartości współczynników ścieżkowych przedstawia diagram na rysunku 4.8.

Znaki wszystkich współczynników są zgodne z hipotezami postawionymi w punkcie 4.2.1, należy jednakże zwrócić uwagę, że nie wszystkie wartości współczynników są *statystycznie istotne*.



Rysunek 4.8: Oszacowanie parametrów modelu strukturalnego RA-SC

Niskie i zdecydowanie nieistotne są wartości współczynników dla relacji $PIIT \rightarrow RPA$ oraz $SC \rightarrow RPA$. Tym samym hipotezy H_3 oraz H_4 nie zostały potwierdzone²⁹. Wszystkie ścieżki pomiędzy czynnikiem drugiego stopnia RPSQ a jego aspektami są istotne, a ich wielkości zgodne oczekiwaniami: najważniej-

²⁹Tłumaczyć to można specyfiką badanej SI/TI. Zamiana na Firefoksa oznacza względnie niewielką przewagę i jednocześnie związana jest z niskimi kosztami.

sze są zalety wynikające z przewagi technologicznej, podczas gdy wizerunek jest najmniej istotny³⁰. Ponadto czynnik RPSQ jest silniejszym predyktorem zamiaru wykorzystania od postrzeganych kosztów zmiany. Model wyjaśnia zmienność czynnika CI w prawie 63,6%, co można uznać za bardzo dobry wynik.

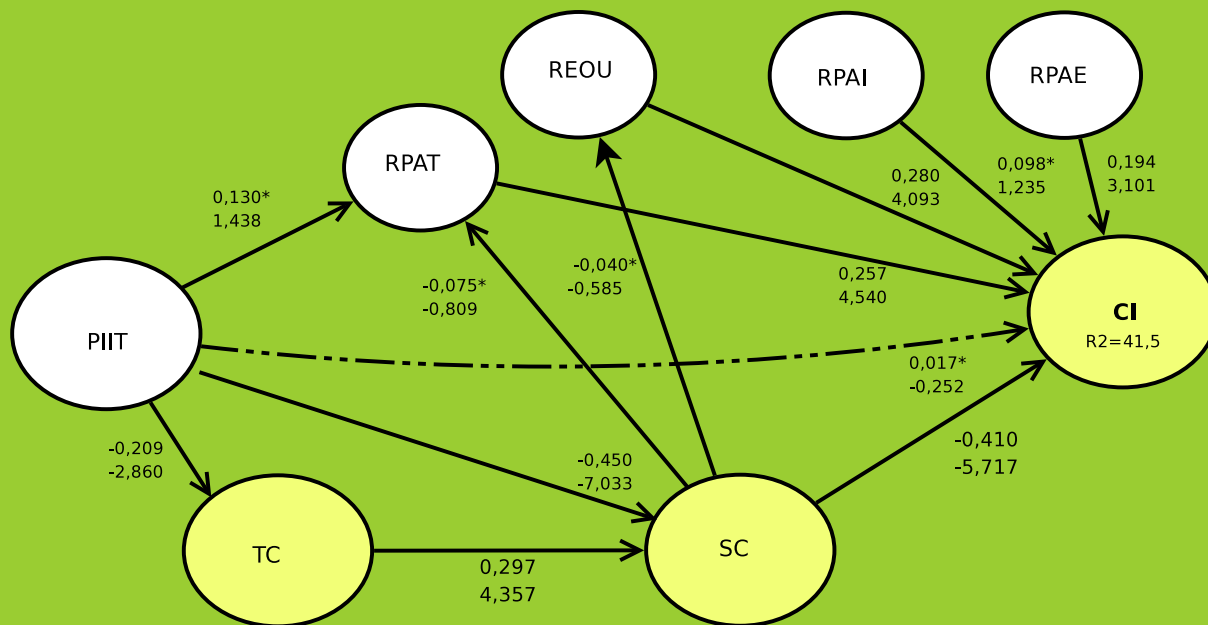
Rozpatrzono także model alternatywny, w którym czynnik RPSQ jest zdefiniowany jako trzy oddzielne czynniki bezpośrednio wpływające na wielkość CI. Ponieważ założenie o wpływie SC na jakość systemu uważamy za uprawione, zamiast $SC \rightarrow RPSQ$ zakładamy istnienie 2 relacji: $SC \rightarrow RPAT$ i $SC \rightarrow REOU$. Współczynnik ścieżki $SC \rightarrow RPAI$ ustalamy natomiast jako równy zero, ponieważ przekonania odnośnie wielkości kosztów zmiany determinują przede wszystkim przekonania dotyczące *przewagi technologicznej* i łatwości użycia³¹. Model alternatywny z oszacowanymi wartościami współczynników ścieżkowych przedstawia diagram na rysunku 4.9.

Miary ogólnego dopasowania oszacowanego modelu alternatywnego są następujące: $\chi^2_{239} = 394,526$ (istotnie różna od zera na każdym poziomie istotności), $RMSEA = 0,0483$, $NEI = 0,921$ oraz $GEI = 0,882$. Wszystkie wartości wskazują na dobre dopasowanie modelu, ale są nieco gorsze (przykładowo χ^2 jest większa o około 15) niż dla pierwszego rozpatrywanego modelu.

Znaki wszystkich współczynników są zgodne z hipotezami (zmodyfikowanymi w przypadku RPSQ) postawionymi w punkcie 4.2.1. Należy jednakże zwrócić uwagę, że nie wszystkie wartości współczynników są *statystycznie istotne*. Niskie i nieistotne są wartości współczynników dla relacji $PIIT \rightarrow RPAT$, $SC \rightarrow RPAT$ oraz $SC \rightarrow REOU$, co *potwierdza wynik* uzyskany dla poprzednio rozpatrywanego modelu. Konceptualizacja *jakości systemu* w postaci trzech niezależnych czynników spowodowała, że wielkość współczynnika ścieżki $RPAI \rightarrow CI$ także okazała się nieistotna. Porównując oba alternatywne

³⁰Może to wynikać albo ze specyfiki badanej próby (stosunkowo doświadczeni użytkownicy SI/TI), albo z faktu, że poprzez obecność w mediach wizerunek Firefoksa jest równie dobry, jak „konkurencji”.

³¹Poza tym hipoteza, iż wizerunek dostawcy/producenta jest objaśniany poprzez wielkość kosztów zmiany SI/TI innego dostawcy byłaby cokolwiek karkołomna.



Rysunek 4.9: Oszacowanie parametrów alternatywnego modelu strukturalnego RA-SC

modele widzimy, że względna wielkość współczynników ścieżki dla czynników RPAT, REOU oraz RPAI jest różna, co m.in. może prowadzić do odmiennych wniosków (przykładowo w pierwszym modelu czynnikiem najistotniejszym jest RPAT). Model wyjaśnia zmienność czynnika CI w 41,5%, co jest także znacząco mniejszą wartością w porównaniu do pierwszego z rozpatrywanych modeli.

Podsumowując: model konceptualizujący *postrzeganą jakość systemu* w postaci czynnika drugie-

go stopnia lepiej opisuje zjawisko: jest lepiej dopasowany, wartość R^2 dla czynnika CI jest znacząco wyższa oraz może być bardziej wiarygodnie uzasadniony teoretycznie.

4.2.4. Interpretacja i wnioski

Z przeprowadzonego badania płyną wnioski zarówno natury teoretycznej, jak i dla praktyki wdrażania SI/TI.

Kluczowy w modelu TAM czynnik PU, jak wiemy, ma nieco mylącą nazwę³², mierząc użyteczność nie wprost ale pośrednio, poprzez postrzegany wpływ na wydajność pracy. W konsekwencji to, że użytkownik będzie używał SI/TI, którą ocenia jako zwiększającą jego wydajność pracy jest oczekiwane i w związku z tym nie jest *ani ciekawe z teoretycznego, ani specjalnie przydatne z praktycznego* punktu widzenia. Naszym zdaniem proponowany model pod względem obu wyżej wymienionych kryteriów jest dużo lepszy: nie jest wszakże oczywiste czy dla danej grupy użytkowników i określonej SI/TI użytkowanie zależy od postrzeganej jakości, łatwości, czynników ekonomicznych czy psychologicznych (marka producenta). Co więcej, powyższe aspekty od razu przekładają się na działania praktyczne: jeżeli system jest oceniany jako jakościowo gorszy albo trudniejszy w obsłudze, to albo tak jest w istocie, albo użytkownicy wymagają dodatkowych szkoleń³³. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku, gdy istotnym czynnikiem okaże się wizerunek dostawcy (*wolimy Worda od OpenOffice*).

Przeprowadzane badanie pokazuje też istotność rozważań teoretycznych w modelowaniu strukturalnym oraz konieczność rozpatrywania modeli alternatywnych w sytuacji, gdy podstawa teoretyczna jest słaba (co w praktyce badawczej informatyki ekonomicznej jest normą). Konceptualizacja względ-

³²Poprawną semantycznie nazwę ma – tożsamy z PU – czynnik PE z modelu UTAUT

³³Jeżeli użytkownicy oceniają SI/TI jako niezwiększające ich wydajności pracy, do czego w istocie sprowadza się ocena PU, to ustalenie tego jest dużo mniej przydatne dla praktyki ponieważ powody takiego stanu rzeczy mogą być rozliczne. Davis i inni (1989) postulowali rozwijanie modelu TAM poprzez dodawanie zmiennych zewnętrznych objaśniających PU/PEOU, ale w praktyce badawczej niewiele z tego wyszło (por. punkt 2.2.1).

nej jakości systemu w postaci *ukrytego czynnika drugiego stopnia* prowadzi nie tylko do modelu lepiej dopasowanego, ale także do odmiennych wniosków niż w modelu trzech niezależnych czynników pierwszego stopnia. Wnioskując na podstawie modelu bez ukrytego czynnika RPSQ, można stwierdzić, że wizerunek dostawcy jest nieistotnym czynnikiem akceptacji SI/TI, a najważniejszym jest REOU i RPAT, podczas gdy traktując RPAT/REOU i RPAI jako aspekty czynnika drugiego stopnia, należy orzec, że (przynajmniej w przypadku doświadczonych użytkowników przeglądarki Firefox) wszystkie są istotne oraz że najistotniejszą z nich jest postrzegana przewaga technologiczna RPAT.

Zwróćmy też uwagę, że wprowadzie bezpośredni wpływ PIIT na CI jest nieistotny, ale efekt łączny (*total effect*) poprzez przekonania odnośnie *kosztów zmiany, niekompatybilności* oraz *względnej jakości systemu* już jest i wynosi – w przypadku modelu z ukrytym czynnikiem – 0,256 (wartość $t = 3,858$). Praktyczny wniosek jest zaś taki, że użytkownicy o niskim PIIT będą „odporni” na nowe SI/TI i nawet szkolenia niewiele pomogą, bo przypomnijmy, że (por. punkt 2.3.3) innowacyjność osobista, to względnie stała cecha osobowości, np. wynikająca z doświadczeń życiowych³⁴, a nie przekonanie.

Jest jasne, że nie da się zweryfikować w jednym badaniu żadnego modelu akceptacji, który uwzględniłby wszystkich użytkowników i każdy rodzaj SI/TI, zatem kończymy niniejszy punkt *explicite* podanym zastrzeżeniem, iż *przy generalizowaniu wszystkich wniosków, należy pamiętać, że weryfikacja empiryczna dotyczyła doświadczonych użytkowników przeglądarki Firefox.*

4.3. Weryfikacja skal pomiarowych czynników PU/PEOU

Pomimo opisanych w punkcie 4.2.4 ograniczeń modelu TAM, pozostaje on niekwestionowanym dorobkiem dziedziny³⁵. Z uwagi na to, że do tej pory tak na prawdę nie został on ani zaadaptowany, ani zweryfikowany empirycznie w polskich warunkach kulturowych, dokonamy tego w niniejszym punkcie.

³⁴Dziewczyнки bawią się lalkami, a potem mają problemy z komputerami. Przynajmniej kiedyś tak było...

³⁵Porównywanym czasami z emfazą do prawa ciężenia Izaaka Newtona.

4.3.1. Ocena skal zaproponowanych przez Słomkę i innych (2007)

Jedynym znanym autorowi przypadkiem zastosowania modelu TAM w polskich warunkach jest badanie zrealizowane przez Słomkę (2005) oraz Słomkę i innych (2007), w których weryfikacja empiryczna została przeprowadzona w oparciu o wyniki badania ankietowego użytkowników przeglądarki Firefox przeprowadzonego techniką wyboru przypadkowego wśród uczestników wybranych grup dyskusyjnych³⁶ w maju 2005 r. W badaniu wzięło udział 247 respondentów. Ankiety niekompletne, wypełnione przez respondentów deklarujących, iż mają mniej niż 18 i więcej niż 55 lat oraz tych deklarujących, że przeciętnie pracują z SI/TI 16 godzin i więcej na dobę zostały pominięte. Powyższy sposób wyboru próby miał na celu wyeliminowanie użytkowników sporadycznych i/lub wykorzystujących Firefoksa do zabawy, a nie do pracy. Ostatecznie analizą objęto 209 ankiet, z czego 124 respondentów określiło się jako pracownicy, a 85 jako studenci. Średnia wieku wyniosła 26,16 lat (mediana 25,0 lat, odchylenie standardowe 7,0 lat). Sądząc po deklarowanym czasie pracy z SI/TI respondenci są doświadczonymi użytkownikami, ponieważ przeciętnie dziennie pracują 8,4 godzin (mediana 8,0 godzin, odchylenie standardowe 3,3 godzin). Są zatem przesłanki wskazujące, iż wybrana metoda doboru próby okazała się prawidłowa – uzyskana próba nie składa się z *naiwnych klientów*, ale co najmniej z użytkowników Koguta-Metiu (por. punkt. 3.5.3).

Do pomiaru 4 czynników „klasycznego” modelu TAM zastosowano następującą skalę pomiarową (skrót EE oznacza Firefoksa):

PU: Używając EE, przyjemniej wykonuję moje zadania (PU₁)³⁷; Używając EE, mam większą kontrolę na

³⁶W tym celu do wybranych polskich grup dyskusyjnych została przesłana wiadomość o celu badania i adresie, pod którym znajduje się elektroniczny kwestionariusz ankiety, który ankietowani wypełniali samodzielnie.

³⁷Porównując miary proponowane dla czynnika PU w literaturze anglosaskiej (załącznik A) ze skalą zaproponowaną przez Słomkę i innych (2007) można mieć poważne wątpliwości odnośnie dwóch miar: PU₁ – *przyjemniej wykonuję zadania* (czy praca przyjemna jest bardziej wydajna?) oraz PU₂ – *mam większą kontrolę na zadaniach*. Miara PU₂ jest ewidentnie kalką językową (pozycji 9 z zestawienia potencjalnych miar

wykonywanymi zadaniami (PU₂); Używanie FF pozwala kończyć zadania szybciej (PU₃); FF zwiększa wydajność mojej pracy (PU₄); Ogólnie FF jest użyteczny w mojej pracy (PU₅)³⁸.

PEOU: FF jest niewygodny w użyciu (EU₁); Nauczenie się obsługi FF jest łatwe (EU₂); Ustawienie różnych opcji w FF jest frustrujące (EU₃); Łatwo znajduję w menu FF wszystko, czego potrzebuję do pracy (EU₄); Ogólnie używanie FF jest łatwe (EU₅)³⁹.

ATT: Pomysł, aby używać FF, jest tragiczny (AT₁); Dobrze się stało, że trafiłem na FF (AT₂); Nie zamienię FF na inną przeglądarkę (AT₃); Zdecydowanie polecam innym użytkownikom FF (AT₄).

BI: Zamierzam używać FF cały czas (BI₁); Będę używał FF regularnie w przyszłości (BI₂); Będę często używał FF (BI₃).

Jakość powyższej skali w kategoriach rzetelności i trafności została oceniona jako dobra, ale tylko za pomocą eksploracyjnej analizy czynnikowej (PCA) oraz PLSPM. Ponieważ uważamy oba zastosowane sposoby oceny jakości skali za niewystarczające, poniżej dokonamy dodatkowej oceny rzetelności, trafności i jednowymiarowości, stosując CBSEM i konfirmacyjną analizę czynnikową. Do weryfikacji skali wykorzystano dane pochodzące z badania opisanego w pracach Słomka (2005) oraz Słomka i inni (2007). Nasza weryfikacja obejmuje trzyskładnikowy model TAM. Pomijamy czynnik ATT ponieważ: – jego właściwości psychometryczne są niskie; – stosowany we wstępnych wersjach modelu TAM

PU z załącznika A). Sens tego pytania jest inny: *dzięki X lepiej panuję nad tym co robię*. Zwróćmy uwagę, że treść tego pytanie pokrywa się z pytaniem: *posługując się X łatwo osiągam to co zamierzałem osiągnąć*, które w zamierzeniu ma służyć do pomiaru PEOU (pozycja 2 z zestawienia potencjalnych miar PEOU z załącznika A), co jest zagrożeniem dla jednowymiarowości.

³⁸Pytania: *X pozwala kończyć zadania szybciej, X zwiększa wydajność pracy oraz ogólna ocena X jest użyteczny* są adaptacją typowych miar PU (por. załącznik A).

³⁹W przypadku czynnika PEOU skala zaproponowana przez Słomkę i innych (2007) jest dość swobodną adaptacją skal proponowanych w literaturze anglosaskiej (dotyczy to w szczególności pytań EU₁, EU₃ oraz EU₄), por. załącznik A.

obecnie nie jest wykorzystywany. W tabelicy 4.10 zestawiono wartości średnie i odchylenie standardowe dla wszystkich pozycji skali.

Tabela 4.10: Statystyki opisowe dla miar czynników PU, PEOU i BI

Miara	PU ₁	PU ₂	PU ₃	PU ₄	PU ₅	PU	EOU ₁ [*]	EOU ₂
\bar{x}	5,502	5,096	4,866	4,928	5,388	5,156	4,545	5,675
<i>sd</i>	1,667	1,721	1,713	1,737	1,611	1,689	1,681	1,334
Miara	EOU ₃ [*]	EOU ₄	EOU ₅	PEOU	BI ₁	BI ₂	BI ₃	BI
\bar{x}	4,081	4,780	5,421	4,900	4,895	5,000	5,043	4,979
<i>sd</i>	1,383	1,389	1,328	1,421	1,692	1,658	1,909	1,752

* Do skal o odwrotnym porządku zastosowano transformację $x = 8 - x$

Model wstępny składał się zatem z 3 czynników i 13 miar: PU – 5 miar, PEOU – 5 miar oraz BI – 3 miary. Wartość statystyki χ^2_{62} równa 237,905 jest istotnie różna od zera na każdym ze zwyczajowo przyjmowanych poziomów istotności. Wartość wskaźnika RMSEA równa 0,114 znacznie przekracza zalecaną wartość maksymalną, a wartość wskaźnika GFI równa 0,85 jest zbyt niska. Uzyskane wyniki wskazują jednoznacznie na **złe dopasowanie** modelu.

Wartości wszystkich ładunków czynnikowych są statystycznie istotne, ale ocena standaryzowanych wartości reszt ujawnia, iż duże wartości (większe od 2) są szczególnie liczne dla miary PU₂ (8 z 12 jest większych od 2). Na tej podstawie miara została wyeliminowana ze skali dla czynnika PU, po czym procedurę analizy konfirmacyjnej powtórzono dla pozostałych 12 miar, otrzymując nieznacznie lepiej dopasowany model ($\chi^2_{51} = 178,087$ oraz RMSEA = 0,101). Procedurę usuwania ze skali miar na podstawie wartości standaryzowanych reszt powtórzono dwukrotnie, eliminując zmienne PU₅ i EU₁. Dla modelu CFA trzech czynników i 10 zmiennych (bez zmiennych PU₂, PU₅ i EU₁) otrzymano: $\chi^2_{32} = 70,59$, RMSEA = 0,0749, NEI = 0,969 oraz GFI = 0,937. Aż 12 na 45 wartości reszt jest większe od

dwóch, z czego 8 dotyczy miar czynnika BI. Ponieważ skala ta obejmuje tylko trzy miary, procedurę eliminowania miar zakończono, przechodząc do oceny trafności i rzetelności.

Wartości kwadratów współczynników korelacji, przeciętnej wariancji wyodrębnionej, przedstawione w tablicy 4.11, potwierdzają trafność zbieżną (wartości AVE > 0,5) oraz różnicową proponowanej skali. Ocena rzetelności wskazuje zaś na problem w przypadku czynnika PEOU (CR < 0,7).

Tabela 4.11: Kwadraty współczynników korelacji i wartości przeciętnej wariancji wyodrębnionej, poprawiony model pomiaru czynników PU, PEOU, BI

Czynnik	PU	BI	PEOU	CR
PU	0,641	–	–	0,818
BI	0,554	0,870	–	0,953
PEOU	0,294	0,343	0,550	0,646

Oceniane skale wykazują: – niedostateczną rzetelność w przypadku czynnika PEOU, – kiepskie dopasowanie dla czynnika BI, oraz – niską liczebność pozycji skali dla czynnika PU. Te kłopoty mogą być spowodowane w szczególności niską trafnością teoretyczną miar PU₁ (*przyjemniej wykonuję zadania*) i PU₂ (*mam większą kontrolę nad zadaniami*) oraz użyciem 3 „niestandardowych” pozycji w skali czynnika PEOU, której jakość w kategoriach rzetelności i trafności okazała się najgorsza.

Z powodu wykazanych wyżej problemów teoretycznych, które potwierdzone zostały także w badaniu empirycznym, adaptacja skali czynników PU/PEOU i BI została powtórzona w celu opracowania skal lepszej jakości.

4.3.2. Poprawiona skala pomiaru czynników PU/PEOU/BI

Zbiór potencjalnych pozycji skal pomiarowych czynników zebrany na podstawie przeglądu literatury zestawiono w załączniku A. Pozycje skal zostały przetłumaczone, a następnie na podstawie wywiadów

fokusowych w grupie doświadczonych użytkowników SI/TI wybrano 7 potencjalnych miar czynnika PU, 6 czynnika PEOU oraz 3 miar zamiaru wykorzystania.

Badanie pilotażowe mające na celu wyeliminowanie błędów spowodowało usunięcie dwóch miar ze skali pomiaru czynnika PU oraz jednej ze skali PEOU. Ostatecznie czynniki PU/PEOU były mierzone z wykorzystaniem następujących skal (skrót EF oznacza Firefoksa, ale oczywiście można je stosować także do innej SI/TI):

PU: Używając EF, pracuję szybciej (PU₁); Dzięki EF moja praca jest bardziej sprawna (PU₂); EF jest użyteczny/przydatny (PU₃); Dzięki EF pracuję szybciej, mogę zrobić więcej w tym samym czasie i popełniam mniej błędów (PU₄); Moja praca jest wydajniejsza, jeżeli korzystam z EF (PU₅)⁴⁰;

PEOU: Komunikacja pomiędzy EF a użytkownikiem jest jasna i zrozumiała (EU₁); Posługując się EF, łatwo osiągam to, co zamierzałem osiągnąć (EU₂); Łatwo jest osiągnąć biegłą znajomość EF (EU₃); Jestem/byłem w stanie szybko nauczyć się, jak używać EF (EU₄); EF jest prosty/łatwy (EU₅)⁴¹.

BI: Zamierzam używać EF przez najbliższe 12 miesięcy (BI₁); Przewiduję, że będę używał EF przez najbliższe 12 miesięcy (BI₂); Planuję używać EF przez najbliższe 12 miesięcy (BI₃).

Skala czynnika BI w całości jest adaptacją odpowiedniej skali z modelu UTAUT Venkatesha i innych (2003).

Weryfikacja empiryczna została przeprowadzona w oparciu o wyniki badania ankietowego przeprowadzonego techniką wyboru przypadkowego wśród studentów specjalności Informatyka i Ekonometria Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego oraz studentów Powiślańskiej Szkoły Wyższej w 2009 r. Analizą objęto 192 kompletnych ankiet. Większość respondentów – 153, stanowili

⁴⁰Pytania PU₃ i PU₄ dotyczą ogólnej oceny EF. Pozostałe trzy pytania, zgodnie z „filozofią” modelu TAM, dotyczą szybkości/sprawności/wydajności pracy i odpowiadają oryginalnym pytaniom o *productivity/effectiveness/performance*. Zwracamy także uwagę, że trzy (z czterech pytań) pochodzą ze skali PE z modelu UTAUT.

⁴¹Porównując proponowaną skalę z zestawieniem z załącznika A widać, że dokonano w miarę wiernej adaptacji.

mężczyźni a średnia wieku respondentów wyniosła 21,3 lat. Ponieważ celem badania jest empiryczna poprawności adaptacji uznanych skal pomiarowych, podtrzymujemy opinię wyrażoną w punkcie 4.2.2 o adekwatności także i w tym wypadku zastosowania wyboru przypadkowego. W tablicy 4.12 zestawiono wartości średnie i odchylenie standardowe dla wszystkich pozycji skali.

Tabela 4.12: Statystyki opisowe dla miar czynników PU–BI (skala poprawiona)

Miara	PU1	PU2	PU3	PU4	PU5	PU	EOU1	EOU2
\bar{x}	4,161	3,812	3,917	4,411	3,828	4,026	4,042	4,370
<i>sd</i>	1,227	1,124	1,237	1,229	1,301	1,223	1,143	1,182
Miara	EOU3	EOU4	EOU5	PEOU	BI1	BI2	BI3	BI
\bar{x}	4,167	4,146	4,370	4,219	4,198	4,693	4,193	4,361
<i>sd</i>	1,136	1,206	1,004	1,134	1,275	1,223	1,204	1,234

Model wstępny składał się zatem z 3 czynników i 13 miar: PU – 5 miar, PEOU – 5 miar oraz BI – 3 miary. Wartość statystyki χ^2_{62} równa 130,04 jest istotnie różna od zera na każdym ze zwyczajowo przyjmowanych poziomów istotności. Wartości pozostałych miary ogólnego dopasowania modelu są następujące: RMSEA = 0,0789, GFI = 0,901 oraz NEI = 0,944. Wartości wszystkich ładunków czynnikowych są statystycznie istotne. Uzyskane wyniki wskazują na akceptowalne, ale nienajlepsze dopasowanie.

Ponieważ ocena wartości standaryzowanych reszt ujawniła, iż w przypadku czynnika PU4 aż 8 z 12 jest większych od 2 miara PU4 została wyeliminowana ze skali pomiarowej czynnika PU, po czym procedurę analizy konfirmacyjnej powtórzono. Dla pozostałych 12 miar otrzymano znacznie lepiej dopasowany model, o czym świadczą następujące wartości wskaźników: $\chi^2_{51} = 76,18$ (nieistotnie różna od zera na poziomie większym i równym od 0,013), RMSEA = 0,0507, NEI = 0,960 oraz GFI = 0,938. Tylko 9 na 66 wartości standaryzowanych reszt (zawierających się w przedziale $-2,681 - 2,226$) jest większe od dwóch (13,6%). Uzyskane wyniki wskazują na znaczące lepsze dopasowanie modelu.

Wartości kwadratów współczynników korelacji, przeciętnej wariancji wyodrębnionej przedstawione w tablicy 4.13 potwierdzają trafność zbieżną (wartości AVE > 0,5) oraz różnicową proponowanej skali. Wysokie wartości współczynnika CR potwierdzają z kolei rzetelność proponowanych skal.

Tabela 4.13: Kwadraty współczynników korelacji i wartości przeciętnej wariancji wyodrębnionej dla poprawionego modelu pomiaru czynników PU, PEOU i BI

Czynnik	PU	BI	PEOU	CR
PU	0,566	–	–	0,839
BI	0,513	0,618	–	0,828
PEOU	0,130	0,166	0,558	0,863

Dodatkowym potwierdzeniem *trafności różnicowej* było porównanie modelu swobodnie korelujących czynników z trzema modelami, w których korelacja pomiędzy dwoma czynnikami jest równa 1 (por. opis w przypisie 54, s. 52). Różnica wartości statystyk χ^2_1 wyniosła: 76,428, 176,542, 242,976, co oznacza, że we wszystkich przypadkach jest ona statystycznie istotna.

Proponowane skale wykazują się zatem lepszą trafnością i znacznie lepszą rzetelnością niż miary zaproponowane w badaniu Słomki i innych (2007).

Dodatkowo, wykorzystując zebrane dane, oszacowano trzyskładnikowy model TAM, otrzymując następujące wartości wskaźników ogólnego dopasowania: $\chi^2_{51} = 76,180$ (wartość nieistotnie różna od zera na poziomie równym i większym od 0,0127), RMSEA = 0,0507, GFI = 0,938 oraz NEI = 0,960. Wartości wszystkich współczynników ścieżki okazały się istotne i wyniosły: PEOU → PU – 0,395, PEOU → BI – 0,192, PU → BI – 0,673. Znaki współczynników są zatem zgodne z postulatami teoretycznymi. Ponadto, podobnie jak w większości badań wykorzystujących model TAM, czynnik PU okazał się silniejszym od PEOU predyktorem zamiaru wykorzystania. Zmienność czynnika BI była wyjaśniana w 53,8%, co należy uznać za bardzo dobry wynik.

4.4. Podsumowanie i wnioski

W rozdziale empirycznie zweryfikowano przydatność modeli przyczynowo-skutkowych akceptacji oprogramowania Open Source na poziomie organizacyjnym i indywidualnym. Dokonano ponadto adaptacji i weryfikacji psychometrycznych właściwości szeroko wykorzystywanych w badaniach zagranicznych, a w Polsce prawie niewykorzystywanych skal pomiarowych czynników PU/PEOU modelu akceptacji TAM.

Najważniejsze szczegółowe wnioski są następujące:

- Opracowano model akceptacji organizacyjnej, oparty o schemat *Technologia-Organizacja-Środowisko* (por. punkt 4.1.1). Weryfikacja modelu obejmowała wykorzystanie metod estymacji SBSEM i PLSPM, porównanie modeli alternatywnych oraz wykorzystanie formatywnego pomiaru czynników. W każdym przypadku głównym predyktorem wykorzystania okazał się czynnik *korzyści pośrednich* (postrzegana większa jakość, niezawodność i funkcjonalność, a w konsekwencji niższe koszty eksploatacji SI/TI).
- Drugim, stale wykazywanym jako istotny, predyktorem wykorzystania był *stopień wykorzystania oprogramowania open source w podobnych przedsiębiorstwach*. Tym samym potwierdzone zostały rezultaty zgłoszone we wcześniejszych badaniach (Zhu i inni, 2006a; Chau i Tam, 1997).
- Bezpośrednie korzyści w postaci braku opłat licencyjnych czy dostępnego kodu źródłowego okazały się wbrew *communis opinio* czynnikiem *nieistotnie* determinującym wykorzystanie. Także nieistotnym czynnikiem okazały się koszty. Otrzymane wyniki dotyczące wpływu kosztów/korzyści są dokładnie odwrotne od uzyskanych we wcześniejszych badaniach akceptacji systemów otwartych Chau i Tama (1997).
- Również nieistotne okazały się czynniki: złożoność SI/TI oraz wsparcie zewnętrzne. Nieistotność złożoności i wsparcia można tłumaczyć przeciętnie niskim wykorzystaniem SI/TI w polskich organizacjach (por. punkt. 4.1.6).
- Wysoka ocena korzyści wynikających z wykorzystania *open source* oraz pomijanie kosztów

zmiany stanowi istotny wniosek dla praktyki wdrażania systemów SI/TI w przedsiębiorstwach i instytucjach publicznych.

- W przypadku akceptacji indywidualnej punktem wyjścia była konstatacja, iż żaden ze stosowanych w dziedzinie informatyki ekonomicznej modeli akceptacji nie nadaje się do objaśnienia typowej dla wykorzystania oprogramowania *Open Source* (ale nie tylko dla tej kategorii oprogramowania) sytuacji wyboru *spośród porównywalnych możliwości*: wybieram język PHP a nie ASP.NET, MYSQL a nie MSSQL, OpenOffice zamiast MS Office itd. W związku z tym opracowano oryginalny model akceptacji RA-SC objaśniający zamiar dalszego wykorzystania za pomocą czynnika *względnej przewagi* oraz *kosztów zmiany*. Model ten zweryfikowany empirycznie potwierdził większość postulowanych zależności, wykazał się dobrym dopasowaniem oraz dobrą zdolnością predykcyjną.
- Względna przewaga w proponowanym modelu RA-SC została zdefiniowana jako *refleksyjny czynnik ukryty drugiego stopnia*. Taka konceptualizacja czynników ukrytych jest rzadko używana w praktyce badawczej dziedziny. Dominuje mierzenie złożonych pojęć albo za pomocą skal o problematycznej jednowymiarowości, albo tworzenia „na siłę” skal jednowymiarowych zawierających bardzo ogólne miary (wątpliwa trafność teoretyczna), czego przykładem może być *trick* zastosowany w modelu TAM – mierzenia użyteczności systemu oceną wydajności pracy. Zastosowaną przez nas konceptualizację *względnej przewagi* uważamy za lepszą. Także empiryczna weryfikacja poprzez porównanie dwóch modeli alternatywnych wykazała, że model zawierający czynnik ukryty drugiego stopnia jest lepszy.
- Jednocześnie należy zauważyć, że zaproponowana konceptualizacja modelu jest „rozwojowa”: do pomiaru kosztów zmiany/względnej przewagi można zastosować bardziej wyrafinowane skale pomiarowe, jak przykładowo wieloaspektowe skale kosztów zmiany opisane w punkcie 2.5.3.
- Empiryczna weryfikacja modelu RA-SC wymagała opracowania stosowanych skal pomiarowych, które wykazały się dobrymi właściwościami psychometrycznymi.

Dodatkowym, ale naszym zdaniem istotnym i godnym podkreślenia rezultatem przeprowadzonych

Strona główna

Strona tytułowa

Spis treści



Strona 265 z 317

Powrót

Full Screen

Zamknij

Koniec

badan jest praktyczne wykorzystanie metod modelowania równań strukturalnych, w tym proponowanych w obcojęzycznej literaturze przedmiotu procedur oceny modelu pomiaru, które w polskie praktyce badawczej do tej pory nie były szerzej stosowane. Także opracowane skale pomiarowe mogą być wykorzystane w innych badaniach, niekoniecznie akceptacji oprogramowania *Open Source*.

Zakończenie

Przeprowadzone badania umożliwiły realizację postawionych na wstępie pracy celów. Wyniki można podzielić na teoretyczne, metodologiczne i empiryczne.

W odniesieniu do **aspektu teoretycznego** wskazano, że: 1) Pomimo liczącej tysiące pozycji literatury podstawa teoretyczna badań nad akceptacją SI/TI w obszarze informatyki ekonomicznej nie jest imponująca i sprowadza się do kilku teorii: TAM/UTAUT/DOI oraz modeli DeLone'a-McLeana i Bhattacharjee. 2) Jeszcze gorzej jest w przypadku przyswajania SI/TI na poziomie organizacyjnym, gdzie wobec braku ogólnie akceptowanych teorii stosowane są *ad hoc* formułowane modele. 3) Żaden z opracowanych w dziedzinie informatyki ekonomicznej modeli akceptacji SI/TI na poziomie indywidualnym nie nadaje się do objaśnienia typowej dla wykorzystania oprogramowania Open Source sytuacji wyboru *spośród porównywalnych możliwości*. Dalsze szczegółowe wnioski zawiera punkt 2.7.

Wnioski dotyczące **aspektu metodologicznego** sprowadzają się do opisu sposobów wykorzystania SEM w praktyce i są one następujące: 1) W porównaniu do innych dziedzin znacznie częściej stosuje się modelowanie ścieżkowe cząstkową metodą najmniejszych kwadratów (PLSPM). 2) Pomiar refleksyjny dominuje. W nowszych pracach jest coraz więcej prób pomiaru za pomocą skal formatywnych. 3) Skale pomiarowe czynników składają się zwykle z 3–5 miar. Stosowanie metody PLSPM dla tak krótkich skal jest z teoretycznego punktu widzenia problematyczne. Szczegółowe wnioski zawiera punkt 1.5.

Najważniejsze wnioski dotyczące **aspektu empirycznego** są następujące: 1) W przypadku akceptacji na poziomie organizacyjnym głównymi predyktorami *stopnia wykorzystania* SI/TI okazały się

korzyści pośrednie (postrzegana większa jakość i funkcjonalność, a w konsekwencji niższe koszty eksploatacji SI/TI) oraz *stopień wykorzystania oprogramowania open source w podobnych przedsiębiorstwach*. 2) W przypadku akceptacji indywidualnej proponowany model RA-SC objaśniający zamiar dalszego wykorzystania za pomocą czynników *względnej przewagi* oraz *kosztów zmiany*, zweryfikowany na próbie użytkowników przeglądarki Firefox wykazał się dobrym dopasowaniem oraz dobrą zdolnością predykcyjną. Szczegółowe wnioski zawiera punkt 4.4.

Otrzymane zależności wymagają potwierdzenia, co jednocześnie określa kierunki przyszłych badań, które – w naszej opinii – powinny dotyczyć różnych grup użytkowników (innowatorzy, wcześnie adaptatorzy, wczesna/późna większość i maruderzy) w kontekście różnej SI/TI (większe lub mniejsze koszty zmiany, większa/mniejsza przeciętna przewaga). Interesujące byłyby także badania podłużne oraz porównania międzygrupowe, tyle że stopień organizacyjnej komplikacji i koszty realizacji mogą być w tym przypadku zaporowe.

Bibliografia

- Abareshi, A. i Martin, B. (2008). A meta-analysis of survey-based research in MIS field from 1992–2006. W *19th Australasian Conference on Information Systems*. ▷ 17
- Abdinnour-Helm, S. F., Chaparro, B. S., i Farmer, S. M. (2005). Using the end-user computing satisfaction (EUCS) instrument to measure satisfaction with a web site. *Decision Sciences*, 36(2):341–364. ▷ 125
- Adam, F. i Fitzgerald, B. (2000). The status of the IS field: historical perspective and practical orientation. *Information Research*, 5(4). <http://informationr.net/ir/5-4/paper81.html>. ▷ 14, 16, 153
- Adams, D. A., Nelson, R. R., i Todd, P. A. (1992). Perceived usefulness, ease of use, and usage of information technology: a replication. *MIS Q.*, 16(2):227–247. ▷ 46, 51, 90, 238
- Agarwal, R. i Karahanna, E. (2000). Time flies when you're having fun: Cognitive absorption and beliefs about information technology usage. *MIS Quarterly*, 24(4):665–694. ▷ 243
- Agarwal, R. i Lucas Jr., H. C. (2005). The information systems identity crisis: Focusing on high-visibility and high-impact research. *MIS Quarterly*, 29(3):381–398. ▷ 155
- Agarwal, R. i Prasad, J. (1997). The role of innovation characteristics and perceived voluntariness in the acceptance of information technologies. *Decision Sciences*, 28(3):557–582. ▷ 87, 112
- Agarwal, R. i Prasad, J. (1998). A conceptual and operational definition of personal innovativeness in the domain of information technology. *Information Systems Research*, 9(2):204–215. ▷ 117, 118, 150, 243, 246, 303, 305
- Agarwal, R. i Prasad, J. (1999). Are individual differences germane to the acceptance of new information technologies? *Decision Sciences*, 30(2):361–391. ▷ 35, 91
- Aguirre-Urreta, M. I. i Marakas, G. M. (2008). The use of PLS when analyzing formative constructs: Theoretical analysis and results from simulations. W *ICIS 2003 Proceedings*. ▷ 65, 73
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2):179–211. ▷ 89, 305
- Akhlaghpour, S., Wu, J., Lapointe, L., i Pinsonneault, A. (2009). Re-examining the status of “IT” in IT research –

- an update on Orlikowski and Iacono (2001). *AMCIS 2009 Proceedings*. ▷ 155, 156
- AlAwadhi, S. i Morris, A. (2008). The use of the UTAUT model in the adoption of e-government services in Kuwait. W *Proc. of the 41th Annual Hawaii Int. Conference on System Sciences*, s. 219–219. ▷ 115
- AlMarzouq, M. (2005). Open source: Concepts, benefits, and challenges. *Comm. of the AIS*, 16:1–49. ▷ 7, 200, 207
- Alpar, P. i Kim, M. (1990). A microeconomic approach to the measurement of information technology value. *Journal of Management Information Systems*, 7(2):55–69. ▷ 120
- Amoako-Gyampah, K. (2007). Perceived usefulness, user involvement and behavioral intention: an empirical study of ERP implementation. *Computers in Human Behavior*, 23(3):1232–1248. ▷ 92, 94, 107
- Amor, J. J., Robles, G., Gonzalez-Barahona, J. M., i Peña, J. F.-S. (2007). Measuring Etch: the size of Debian 4.0. <https://penta.debconf.org/~joerg/>. ▷ 172, 197
- Anderson, J. A., Schwager, P. H., i Kerns, R. L. (2006). The drivers for acceptance of tablet PCs by faculty in a college of business. *Journal of Information Systems Education*, 17(4):429–440. ▷ 114
- Anderson, J. C. i Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modelling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103(3):411–423. ▷ 33, 34, 44, 51
- Andruszkiewicz, G. (2004). Analiza mikroekonomiczna oprogramowania o otwartym źródle – rola przedsiębiorstw w jego rozwoju. praca magisterska, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie. <http://students.mimuw.edu.pl/~ga189376/mgr.pdf>. ▷ 199, 200, 201, 203
- Antilla, E. (2006). Open source software and impact on competitiveness: Case study. praca magisterska, Helsinki University of Technology, Department of Electrical Engineering and Communications Engineering, Espoo. http://project.hkkk.fi/gebsi/files/nav_activities/material/Thesis_Final.pdf. ▷ 202
- Au, N., Ngai, E. W., i Cheng, T. E. (2002). A critical review of end-user information system satisfaction research and a new research framework. *Omega*, 30(6):451–478. ▷ 124
- Auksztol, J. (2008). *Outsourcing informatyczny w teorii i praktyce zarządzania*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk. ▷ 14, 15, 16, 153, 156
- Bacon, C. J. i Fitzgerald, B. (2001). A systemic framework for the field of information systems. *SIGMIS Database*, 32(2):46–67. ▷ 16
- Bagozzi, R. P. (2007). The legacy of the technology acceptance model and a proposal for a paradigm shift.

Journal of the AIS, 8(4). ▷ 106, 107

Bagozzi, R. P. i Dholakia, U. M. (2006). Open source software user communities: A study of participation in Linux User Groups. *Management Science*, 52(7):1099–1115. ▷ 52, 53

Bagozzi, R. P. i Foxall, G. R. (1996). Construct validation of a measure of adaptive-innovative cognitive styles in consumption. *Int. Journal of Research in Marketing*, 13(3):201–213. ▷ 119

Bajaj, A. i Nidumolu, S. R. (1998). A feedback model to understand information system usage. *Information and Management*, 33(4):213–224. ▷ 151

Balabanis, G., Reynolds, N., i Simintiras, A. (2006). Bases of e-store loyalty: Perceived switching barriers and satisfaction. *Journal of Business Research*, 59(2):214–224. ▷ 130, 131, 147

Bandura, A. (1994). Self-efficacy. W Ramachaudran, V. S., red., *Encyclopedia of human behavior*, zeszyt 4, s. 71–81. Academic Press, New York. <http://www.des.emory.edu/mfp/BanEncy.html>. ▷ 89, 96, 116

Bandyopadhyay, K. i Fraccastoro, K. A. (2007). The effect of culture on user acceptance of information technology. *Comm. of the AIS*, 19:522–543. ▷ 115

Barclay, D., Thompson, R., i Higgins, C. A. (1995). The partial least squares (PLS) approach to causal modeling: personal computer adoption and use as an illustration. *Technology Studies*, 2(2):285–309. ▷ 73

Barki, H. i Hartwick, J. (1994). Measuring user participation, user involvement, and user attitude. *MIS Quarterly*, 18(1):59–82. ▷ 129

Barta, J. i Markiewicz, R. (1993). *Główne problemy prawa komputerowego*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa. ▷ 173, 174, 175, 176

Barta, J. i Markiewicz, R. (2005). *Oprogramowanie Open Source w Świetle Prawa. Między Własnością a Wolnością*. Monografie Zakamycza. Kantor Wydawniczy ZAKAMYCZE, Kraków. ▷ 174, 177, 179, 182, 184

Baskerville, R. L. i Myers, M. D. (2002). Information systems as a reference discipline. *MIS Quarterly*, 26(1):1–14. ▷ 14

Baumgartner, H. i Homburg, C. (1996). Applications of structural equation modeling in marketing and consumer research: A review. *Int. Journal of Research in Marketing*, 13(2):139–161. ▷ 31, 83

Begg, D., Fischer, S., i Dornbush, R. (2003). *Mikroekonomia*. PWE, Warszawa. ▷ 135, 146, 179, 186

Benbasat, I. i Zmud, R. W. (1999). Empirical research in information systems: The practice of relevance. *MIS Quarterly*, 23(1):3–16. ▷ 14, 16, 18

- Benbasat, I. i Zmud, R. W. (2003). The identity crisis within the IS discipline: Defining and communicating the discipline's core properties. *MIS Quarterly*, 27(2):183–194. ▷ 15, 154, 155
- Benkler, Y. (2002). Coase's Penguin, or, Linux and the nature of the firm. *Yale Law Journal*, 112:369–446. ▷ 7, 197
- Bentler, P. M. (2007). On tests and indices for evaluating structural models. *Personality and Individual Differences*, 42(5):825–829. ▷ 39
- Berlecon Research (2002). Free/libre and open source software: Survey and study. <http://www.infonomics.nl/FLOSS>. ▷ 8, 204, 216
- Bessen, J. E. i Hunt, R. M. (2007). An empirical look at software patents. *Journal of Economics and Management Strategy*, 16(1):157–189. <http://ssrn.com/paper=461701>. ▷ 182
- Bhattacharjee, A. (2001). Understanding information systems continuance: An expectation-confirmation model. *MIS Quarterly*, 25(3). ▷ 104, 105, 126, 129, 130, 150, 243, 246, 303, 305
- Bitzer, J., Schrettl, W., i Schröder, P. J. (2007). Intrinsic motivation in open source software development. *Journal of Comparative Economics*, 35(1):160–169. ▷ 201
- Boldrin, M. i Levine, D. K. (2008). *The Case against Intellectual Property*. Cambridge University Press. <http://www.dklevine.com/general/intellectual/againstfinal.htm>. ▷ 183
- Bollen, K. i Lennox, R. (1991). Conventional wisdom on measurement: A structural equation perspective. *Psychological Bulletin*, 110(2):305–314. ▷ 68
- Bollen, K. A. (1989). *Structural Equations with Latent Variables*. John Wiley and Sons, New York. ▷ 19, 23, 27, 28, 32, 33, 37, 39, 40, 41, 43, 45, 47, 56, 58, 60, 65, 66, 69, 82
- Bollen, K. A. (2000). Modeling strategies: In search of the Holy Grail. *Structural Equation Modeling*, 7(1):74–81. ▷ 34, 41
- Bollen, K. A. (2002). Latent variables in psychology and the social sciences. *Annual Review of Psychology*, 53:605–634. ▷ 40
- Boomsma, A. (2000). Reporting analyses of covariance structures. *Structural Equation Modeling*, 7(3):461–83. ▷ 26, 40
- Boomsma, A. i Hoogland, J. (2001). The robustness of lisrel modeling revisited. W Cudeck, R., du Toit, S., i Sörbom, D., red., *Structural equation models: Present and future. A Festschrift in honor of Karl Jöreskog*,

- s. 139–168. Scientific Software International, Lincolnwood. ▷ 28, 74
- Boshoff, C. (2007). A psychometric assessment of E-S-QUAL: A scale to measure electronic service quality. *Journal of Electronic Commerce Research*, 8(1). ▷ 133
- Boudreau, M.-C., Ariyachandra, T., Gefen, D., i Straub, D. (2004). Validating IS positivist instrumentation 1997–2001. W Whitman, M. i Woszczynski, A., red., *Handbook of Information Systems Research*, s. 15–26. Idea Group, Hershey. ▷ 42, 43, 44, 50
- Boudreau, M.-C., Gefen, D., i Straub, D. W. (2001). Validation in information systems research: A state-of-the-art assessment. *MIS Quarterly*, 25(1):1–16. ▷ 43, 46
- Bradford, M. i Florin, J. (2003). Examining the role of innovation diffusion factors on the implementation success of enterprise resource planning systems. *International Journal of Accounting Information Systems*, 4(3):205–225. ▷ 141
- Brady, T., Tierney, M., i Williams, R. (1992). The commodification of industry applications software. *Industrial and Corporate Change*, 1(3):489–514. ▷ 196
- Bresnahan, T. F. i Greenstein, S. (1997). Technological competition and the structure of the computer industry. Working Papers 97028, Stanford University, Department of Economics. <http://ideas.repec.org/p/wop/stanec/97028.html>. ▷ 164, 191
- Browne, M. W. i Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. W Bollen, K. i Long, S., red., *Testing structural equation models*, s. 136–162. Sage, Newbury Park. ▷ 35, 39
- Brynjolfsson, E. i Kemerer, C. F. (1996). Network externalities in microcomputer software: an econometric analysis of the spreadsheet market. *Management Science*, 42(12):1627–1647. ▷ 147, 191, 192
- Brzeziński, J., red. (2003). *Metodologia badań psychologicznych. Wybór tekstów*. PWN, Warszawa. ▷ 8, 42, 43, 44, 45
- Burnham, T. A., Frels, J. K., i Mahajan, V. (2003). Consumer switching costs: A typology, antecedents, and consequences. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 31(2):109 – 126. ▷ 131, 147
- Burton-Jones, A. i Gallivan, M. J. (2007). Toward a deeper understanding of system usage in organizations: A multilevel perspective. *MIS Quarterly*, 31(4):657–679. ▷ 106
- Burton-Jones, A. i Hubona, G. S. (2005). Individual differences and usage behaviour: Revisiting a technology acceptance model assumption. *Data Base*, 36(2):58–77. ▷ 91, 92, 108

- Burton-Jones, A. i Straub, D. W. (2006). Reconceptualizing system usage: An approach and empirical test. *Info. Sys. Research*, 17(3):228–246. ▷ [103](#), [105](#), [106](#), [162](#)
- Cadogan, J. W., Souchon, A. L., i Procter, D. B. (2008). The quality of market-oriented behaviors: Formative index construction. *Journal of Business Research*, 61(12):1263–1277. ▷ [69](#)
- Campbell-Kelly, M. (2004). *From Airline Reservations to Sonic the Hedgehog: A History of the Software Industry (History of Computing)*. The MIT Press. ▷ [164](#), [165](#), [168](#), [186](#), [206](#)
- Campbell-Kelly, M. i Garcia-Swartz, D. D. (2008). The move to the middle: Convergence of the open-source and proprietary software industries. <http://ssrn.com/abstract=1137964>. ▷ [168](#), [170](#), [172](#), [179](#), [180](#), [198](#), [202](#)
- Campbell-Kelly, M. i Garcia-Swartz, D. D. (2009). Pragmatism, not ideology: Historical perspectives on IBM's adoption of open-source software. *Information Economics and Policy*, 21(3):229–244. ▷ [163](#), [202](#)
- Campeau, D. R. i Higgins, C. A. (1995). Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*, 19(2):189–211. ▷ [116](#)
- Capra, E., Francalanci, C., i Merlo, F. (2008). An empirical study on the relationship between software design quality, development effort and governance in open source projects. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 34(6):765–782. ▷ [172](#), [197](#), [198](#)
- Carlsson, C., Carlsson, J., Hyvonen, K., Puhakainen, J., i Walden, P. (2006). Adoption of mobile devices/services – searching for answers with the UTAUT. W *Proc. of the 39th Annual Hawaii Int. Conference on System Sciences*. ▷ [114](#)
- Carr, N. G. (2003). IT doesn't matter. *Harvard Business Review*, s. 41–49. ▷ [194](#)
- Chakraborty, I., Hu, P. J.-H., i Cui, D. (2008). Examining the effects of cognitive style in individuals' technology use decision making. *Decis. Support Syst.*, 45(2):228–241. ▷ [119](#)
- Chang, H. H. i Chen, S. W. (2008). The impact of customer interface quality, satisfaction and switching costs on E-loyalty: Internet experience as a moderator. *Computers in Human Behavior*, 24(6):2927–2944. ▷ [131](#), [132](#), [150](#)
- Chang, T.-M., Liao, L.-L., i Hsiao, W.-F. (2005). An empirical study on the e-CRM performance influence model for service sectors in Taiwan. W *EEE '05: Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce and e-Service (EEE'05) on e-Technology, e-Commerce and e-Service*, s. 240–245, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society. ▷ [141](#)

- Chau, P. Y. i Lai, V. S. (2003). An empirical investigation of the determinants of user acceptance of internet banking. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 13(2):123–145. ▷ 92
- Chau, P. Y. i Tam, K. Y. (2000). Organizational adoption of open systems: A 'technology-push, need-pull' perspective. *Information and Management*, 37(5):229–239. ▷ 140, 142
- Chau, P. Y. K. (1999). On the use of construct reliability in MIS research: a meta-analysis. *Information and Management*, 35(4):217–227. ▷ 48
- Chau, P. Y. K. i Tam, K. Y. (1997). Factors affecting the adoption of open systems: An exploratory study. *MIS Quarterly*, 21(1):1–24. ▷ 140, 141, 209, 212, 235, 263
- Chen, W. i Hirschheim, R. (2004). A paradigmatic and methodological examination of information systems research from 1991 to 2001. *Information Systems Journal*, 14:197–235. ▷ 16, 17
- Cheng, D., Liu, G., Qian, C., i Song, Y.-F. (2008). Customer acceptance of internet banking: Integrating trust and quality with UTAUT model. W *Service Operations and Logistics, and Informatics, 2008. IEEE/SOLI 2008. IEEE International Conference on*, s. 383–388. ▷ 115
- Cheung, G. W. i Rensvold, R. B. (1999). Testing factorial invariance across groups: A reconceptualization and proposed new method. *Journal of Management*, 25(1):1–27. ▷ 60, 61
- Chin, W. i Dibbern, J. (2009). A permutation based procedure for multi-group (pls) analysis: Results of tests of differences on simulated data. W Vinzi, V. E., Chin, W., Henseler, J., i Wang, H., red., *COMPSTAT 2008. Proceedings in Computational Statistics*. Springer. ▷ 79
- Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. W Marcoulides, G. A., red., *Modern Methods for Business Research*, s. 295–336. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey. ▷ 72, 73, 74, 75, 76
- Chin, W. W. i Lee, M. K. O. (2000). A proposed model and measurement instrument for the formation of is satisfaction: the case of end-user computing satisfaction. W *ICIS '00: Proceedings of the twenty first international conference on Information systems*, s. 553–563, Atlanta, GA, USA. Association for Information Systems. ▷ 122, 126, 129
- Chin, W. W., Marcolin, B. L., i Newsted, P. R. (2003). A partial least squares latent variable modeling approach for measuring interaction effects: Results from a Monte Carlo simulation study and an electronic-mail emotion/adoption study. *Information Systems Research*, 14(2):189–217. ▷ 78

- Chin, W. W. i Newsted, P. R. (1999). Structural equation modeling analysis with small samples using partial least squares. W Hoyle, R. H., red., *Statistical Strategies for Small Sample Research*, s. 307–341. Sage Publications. ▷ 74
- Chiu, C.-M. i Wang, E. T. (2008). Understanding web-based learning continuance intention: The role of subjective task value. *Information and Management*, 45(3):194–201. ▷ 115
- Choudhury, V. i Karahanna, E. (2008). The relative advantage of electronic channels: A multidimensional view. *MIS Quarterly*, 32(1):179–200. ▷ 239, 240
- Churchill, G. A. (2002). *Badania marketingowe. Podstawy metodologiczne*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. ▷ 43
- Chwelos, P., Benbasat, I., i Dexter, A. (2001). Research report: Empirical test of an EDI adoption model. *Information Systems Research*, 12(3):304–321. ▷ 92, 211
- Cichosz, P. (2000). *Systemy uczące się*. WNT, Warszawa. ▷ 64
- Cohen, W. M. i Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1):128–152. ▷ 135
- Coltman, T., Devinney, T. M., Midgley, D. F., i Venai, S. (2008). Formative versus reflective measurement models: Two applications of formative measurement. *Journal of Business Research*, 61(12):1250–1262. ▷ 69
- Conradi, R., Li, J., Slyngstad, O. P. N., Kampenes, V. B., Bunse, C., Morisio, M., i Torchiano, M. (2005). Reflections on conducting an international survey of software engineering. W Verner, J. i Travassos, G. H., red., *Proc. Int. Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE'05)*, s. 214–223, Noosa Heads (Brisbane), Australia. IEEE CS Press. <http://www.idi.ntnu.no/grupper/su/publ/reidar/cots-metapaper-isese05-final.pdf>. ▷ 248
- Cooper, R. B. i Zmud, R. W. (1990). Information technology implementation research: A technological diffusion approach. *Management Science*, 36(2):123–139. ▷ 135, 136, 137, 138, 139
- Cronin Jr., J. J. i Taylor, S. A. (1994). SERVPERF versus SERVQUAL: Reconciling performance-based and perceptions-minus-expectations. *Journal of Marketing*, 58(1):125–131. ▷ 133
- Crowston, K. i Howison, J. (2005). The social structure of free and open source software development. *First Monday*, 10(2). ▷ 199, 200
- Cuellar, M. J., McLean, E. R., i Johnson, R. D. (2006). The measurement of information system use: preliminary

- considerations. W *SIGMIS CPR '06: Proceedings of the 2006 ACM SIGMIS CPR conference on computer personnel research*, s. 164–168, New York, NY, USA. ACM. ▷ 106
- Cusumano, M. A. (2004). *The Business of Software: What Every Manager, Programmer, and Entrepreneur Must Know to Thrive and Survive in Good Times and Bad*. Free Press. ▷ 163, 164, 166, 167, 168, 186
- Daffara, C. (2009). Economic free software perspectives. <http://carlodaffara.conecta.it/?p=216>. ▷ 198, 201
- Damanpour, F. (1991). Organizational innovation: A meta-analysis of effects of determinants and moderators. *Academy of Management Journal*, 34(3):555–590. ▷ 134
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived easy of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3):319–340. ▷ 46, 90, 92, 98, 116, 241, 246, 303, 304, 305
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., i Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Decision Sciences*, 35(8):982–1003. ▷ 90, 91, 92, 98, 100, 254, 303
- Dedrick, J. i West, J. (2004). An exploratory study into open source platform adoption. W *Proc. of the 37th Annual Hawaii Int. Conference on System Sciences*. ▷ 141, 142, 209, 211
- DeLone, W. H. i McLean, E. R. (1992). Information systems success: the quest for the dependent variable. *Information Systems Research*, 3(1):60–95. ▷ 119, 120, 121, 151
- DeLone, W. H. i McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: a ten-year update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4):9–30. ▷ 121, 123, 133
- Deng, X., Doll, W. J., Hendrickson, A. R., i Scazzero, J. A. (2005). A multi-group analysis of structural invariance: An illustration using the technology acceptance model. *Information and Management*, 42(5):745–759. ▷ 61, 92
- Diamantopoulos, A., Riefler, P., i Roth, K. P. (2008). Advancing formative measurement models. *Journal of Business Research*, 61(12):1203–1218. ▷ 68, 69
- Diamantopoulos, A. i Siguaw, J. A. A. (2006). Formative versus reflective indicators in organizational measure development: A comparison and empirical illustration. *British Journal of Management*, 17(4):263–282. ▷ 65
- Diamantopoulos, A. i Winklhofer, H. M. (2001). Index construction with formative indicators: an alternative to scale development. *Journal of Marketing Research*, 38(2):269–277. ▷ 65, 69
- DiBona, C., Ockman, S., i Stone, M., red. (1999). *Open Sources. Voices from the Open Source Revolution*. O'Reilly and Associates. <http://www.ora.com>. ▷ 171

- Dishaw, M. T. i Strong, D. M. (1998). Supporting software maintenance with software engineering tools: A computed task-technology fit analysis. *Journal of Systems and Software*, 44(2):107–120. ▷ [110](#)
- Dishaw, M. T. i Strong, D. M. (1999). Extending the technology acceptance model with task-technology fit constructs. *Information and Management*, 36(1):9–21. ▷ [110](#)
- Doll, W. J. i Torkzadeh, G. (1988). The measurement of end-user computing satisfaction. *MIS Quarterly*, 12(2):259–274. ▷ [125](#)
- Doll, W. J. i Torkzadeh, G. (1998). Developing a multidimensional measure of system-use in an organizational context. *Information and Management*, 33(4):171–185. ▷ [103](#), [104](#), [106](#), [125](#), [162](#), [163](#)
- Doll, W. J., Xia, W., i Torkzadeh, G. (1994). A confirmatory factor analysis of the end-user computing satisfaction instrument. *MIS Quarterly*, 18(4):453–461. ▷ [56](#), [57](#)
- Dubé, L. i Paré, G. (2003). Rigor in information systems positivist case research: Current practices, trends, and recommendations. *MIS Quarterly*, 27(4):597–635. ▷ [15](#)
- Dziennik Ustaw (1994). Ustawa o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r. ▷ [172](#), [173](#), [174](#), [175](#)
- Dziennik Ustaw (2001). Prawo własności przemysłowej z dnia 30 czerwca 2000 r. ▷ [172](#), [180](#), [181](#)
- Economides, N. i Katsamakas, E. (2006). Two-sided competition of proprietary vs. open source technology platforms and the implications for the software industry. *Management Science*, 52(7):1057–1071. ▷ [190](#), [191](#)
- Edwards, J. R. (2001). Multidimensional constructs in organizational behavior research: An integrative analytical framework. *Organizational Research Methods*, 4:144–192. ▷ [55](#)
- Edwards, J. R. i Bagozzi, R. P. (2000). On the nature and direction of the relationship between constructs and measures. *Psychological Methods*, 5(2):155–174. ▷ [65](#), [66](#), [67](#), [69](#)
- Eisenmann, T. R., Parker, G., i Van Alstyne, M. (2008). Opening platforms: How, when and why? Working Papers 09-030, Harvard Business School Division of Research. ▷ [189](#), [190](#), [191](#)
- Esposito, V. V., Ringle, C. M., Squillacciotti, S., i Trinchera, L. (2007). Capturing and treating heterogeneity by response based segmentation in PLS path modeling: A comparison of alternative methods by computational experiments. Technical Report DR-07019, Essec Research Center. ▷ [79](#), [81](#)
- Etezadi-Amoli, J. i Farhoomand, A. F. (1991). On end-user computing satisfaction. *MIS Quarterly*, 15(1):1–4. ▷ [126](#)

- Faratin, P. (2007). Economics of overlay networks: An industrial organization perspective on network economics. W *Joint Workshop on The Economics of Networked Systems and Incentive-Based Computing*, San Diego, California. <http://netecon-ibc.si.umich.edu/final/netecon-ibc2.pdf>. ▷ 160
- Farhoomand, A. F. i Etezadi-Amoli, J. (1996). A structural model of end user computing satisfaction and user performance. *Information and Management*, 30(2):65–73. ▷ 126
- Farrell, J. i Klemperer, P. (2006). Coordination and lock-in: Competition with switching costs and network effects. CEPR Discussion Papers 5798, CEPR. Discussion Papers. ▷ 192, 193
- Farrell, J. i Saloner, G. (1986). Installed base and compatibility: Innovation, product preannouncements, and predation. *American Economic Review*, 76(5):940–955. ▷ 193, 194
- Feller, J. i Fitzgerald, B. (2002). *Understanding open source software development*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA. ▷ 7, 199
- Feller, J., Fitzgerald, B., Hissam, S. A., i Lakhani, K. R. (2005). *Perspectives on Free and Open Source Software*. MIT Press. <http://mitpress.mit.edu/books/chapters/0262562278.pdf>. ▷ 199
- Fichman, R. G. (1992). Information technology diffusion: A review of empirical research. ▷ 151
- Fichman, R. G. (2000). The diffusion and assimilation of information technology innovations. W Zmud, R. W., red., *Framing the Domains of IT Management*, s. 105–128. Pinnaflex Educational Resources, Inc. ▷ 85, 134, 151
- Fichman, R. G. i Kemerer, C. F. (1997). The assimilation of software process innovations: An organizational learning perspective. *Management Science*, 43(10):1345–1363. ▷ 139
- Fishbein, M. i Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behaviour: An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley. ▷ 89, 91
- Fitzgerald, B. (2006). The transformation of open source software. *MIS Quarterly*, 30(3):587–598. ▷ 171, 199, 201, 202, 203
- Flakiewicz, W. (2002). *Systemy informacyjne w zarządzaniu (uwarunkowania, technologie, rodzaje)*. C.H. Beck, Warszawa. ▷ 15, 117
- Forman, C. i Goldfarb, A. (2006). Diffusion of information and communication technologies to businesses. W Hendershott, T., red., *Handbook of economics and information systems*. Elsevier. <http://ssrn.com/abstract=896750>. ▷ 145, 146

- Fornell, C. i Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1):39–50. ▷ 19, 48, 54, 77
- Frambach, R. T. i Schillewaert, N. (2002). Organizational innovation adoption: A multi-level framework of determinants and opportunities for future research. *Journal of Business Research*, 55(2):163–176. ▷ 85
- French, B. F. i Finch, W. H. (2006). Confirmatory factor analytic procedures for the determination of measurement invariance. *Structural Equation Modeling*, 13(3):378–402. ▷ 61
- Fryczyńska, M. (2003). Pracownicy wiedzy – nowe wyzwanie zarządzania organizacjami. *Zarządzanie Zasobami Ludzkimi*, 1:26–27. ▷ 109
- Fuggetta, A. (2004). Open source and free software: A new model for the software development process? *UPGRADE The European Journal for the Informatics Professional*, V(5). <http://www.cepis-upgrade.org/issues/2004/5/upgrade-vol-V-5.html>. ▷ 7, 197, 204, 207
- Gallaughier, J. M. i Wang, Y.-M. (2002). Understanding network effects in software markets: Evidence from web server pricing. *MIS Quarterly*, 26(4):303–327. ▷ 191
- Gallego, M. D., Luna, P., i Bueno, S. (2008). User acceptance model of open source software. *Computers in Human Behavior*, 24(5):2199–2216. ▷ 150, 204
- Galliers, R. D. (1992). *Information Systems Research: issues, methods and practical guidelines*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. ▷ 14, 154
- Gallivan, M. J. (1998). The influence of system developers' creative style on their attitudes toward and assimilation of a software process innovation. W *Proc. of the 31th Annual Hawaii Int. Conference on System Sciences*, s. 435–444, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society. ▷ 119, 125
- Gallivan, M. J. (2001). Organizational adoption and assimilation of complex technological innovations: Development and application of a framework. *Data Base*, 32(3):51–85. ▷ 107, 108
- Gatnar, E. (2003). *Statystyczne Modele Struktury Przyczynowej Zjawisk Ekonomicznych*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. K. Adamieckiego, Katowice. ▷ 8, 19, 22, 29, 43, 70, 73, 82
- Gatnar, E. (2004). Wykorzystanie częściowej metody najmniejszych kwadratów (PLS) w modelach równań strukturalnych. W Dziechciarz, J., red., *Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu*, s. 37–51. Wyd. Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, Wrocław. ▷ 19
- Gawer, A. i Henderson, R. M. (2007). Platform owner entry and innovation in complementary markets: Evidence

- from Intel. *Journal of Economics and Management Strategy*, 16(1):1–34. ▷ [189](#)
- Gefen, D., Karahanna, E., i Straub, D. W. (2003). Trust and TAM in online shopping: An integrated model. *MIS Quarterly*, 27(1):51–90. ▷ [98](#), [240](#)
- Gefen, D. i Straub, D. (2005). A practical guide to factorial validity using PLSgraph: Tutorial and annotated example. *Comm. of the AIS*, 16:91–109. ▷ [43](#)
- Gefen, D. i Straub, D. W. (1997). Gender differences in the perception and use of e-mail: An extension to the technology acceptance. *MIS Quarterly*, 21(4):389–400. ▷ [92](#)
- Gefen, D., Straub, D. W., i Boudreau, M.-C. (2000). Structural equation modeling and regression: Guidelines for research practice. *Comm. of the AIS*, 4(7):1–70. ▷ [31](#), [38](#), [40](#), [74](#), [82](#), [150](#)
- Gehring, R. A. (2006). The institutionalization of open source. *Poiesis and Praxis*, 4(1):54–73. ▷ [199](#)
- Geiger, C. i Hilty, R. (2005). Patenting software? a judicial and socio-economic analysis. *Int. Review of Intellectual Property and Competition Law*, 36(6):615–647. ▷ [182](#)
- Gelderman, M. (1998). The relation between user satisfaction, usage of information systems and performance. *Information and Management*, 34(1):11–18. ▷ [103](#), [124](#)
- Geroski, P. A. (2000). Models of technology diffusion. *Research Policy*, 29(4/5):603–625. ▷ [134](#)
- Goode, S. (2005). Something for nothing: management rejection of open source software in Australia's top firms. *Information and Management*, 42:669–681. ▷ [8](#), [157](#), [204](#)
- Goodhue, D., Lewis, W., i Thompson, R. (2006). PLS, small sample size, and statistical power in MIS research. W *HICSS '06: Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, s. 202.2, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society. ▷ [20](#), [73](#), [74](#)
- Goodhue, D. L. i Thompson, R. L. (1995). Task-technology fit and individual performance. *MIS Quarterly*, 19(2):213–236. ▷ [109](#)
- Gopalakrishnan, S. i Damanpour, F. (1997). A review of innovation research in economics, sociology and technology management. *Omega*, 25(1):15–28. ▷ [134](#)
- Gregor, S. (2006). The nature of theory in information systems. *MIS Quarterly*, 30(3):611–642. ▷ [14](#)
- Grover, V., Ayyagari, R., Gokhale, R., Lim, J., i Coffey, J. (2006). A citation analysis of the evolution and state of information systems within a constellation of reference disciplines. *Journal of the AIS*, 7(5):270–324. ▷ [15](#)
- Grover, V. i Goslar, D. M. (1993). The initiation, adoption, and implementation of telecommunications

- technologies in US organizations. *Journal of Management Information Systems*, 10(1):141–163. ▷ 141, 143
- Guadamuz, A. (2006). The software patent debate. *Journal of Intellectual Property Law and Practice*, 1(3):196–206. <http://ssrn.com/abstract=886905>. ▷ 181, 183, 184
- Gupta, B., Dasgupta, S., i Gupta, A. (2008). Adoption of ict in a government organization in a developing country: An empirical study. *J. Strateg. Inf. Syst.*, 17(2):140–154. ▷ 115
- Haenlein, M. i Kaplan, A. M. (2004). A beginner's guide to partial least squares analysis. *Understanding Statistics*, 3(4):283–297. ▷ 19
- Hahn, C. H., Johnson, M. D., i Andreas Herrmann, F. H. (2002). Capturing customer heterogeneity using a finite mixture PLS approach. *Schmalenbach Business Review*, 54:243–269. ▷ 79, 80
- Hair, J. F., Black, B., Babin, B., Anderson, R. E., i Tatham, R. L. (1998). *Multivariate Data Analysis*. Prentice Hall. ▷ 26, 31, 37, 42, 43, 48, 51, 54
- Hall, C. S., Lindzey, G., i Campbell, J. B. (2004). *Teorie osobowości*. PWN, Warszawa. ▷ 117
- Han, S. (2003). Individual adoption of information systems in organizations: A literature review of technology acceptance model. Technical Report 540, Turku Center for Computer Science. <http://www.tucs.fi/research/publications/insight.php?id=tHan03b&table=techreport>. ▷ 92, 99
- Hansen, T., MollerJensen, J., i Stubbe Solgaard, H. (2004). Predicting online grocery buying intention: a comparison of the theory of reasoned action and the theory of planned behavior. *Int. Journal of Information Management*, 24(6):539–550. ▷ 35
- Hartwick, J. i Barki, H. (1994). Explaining the role of user participation in information system use. *Manage. Sci.*, 40(4):440–465. ▷ 127, 128, 129
- Hastie, T., Tibshirani, R., i Friedman, J. (2001). *The elements of statistical learning: data mining, inference and prediction*. Springer-Verlag. ▷ 77
- Henseler, J. (2009). On the convergence of the partial least squares path modeling algorithm. *Computational Statistics*. ▷ 70, 71, 72, 73
- Henseler, J., Ringle, C. M., i Sinkovics, R. R. (2009). The use of partial least squares path modeling in international marketing. W *New Challenges to International Marketing*, zeszyt 20, s. 277–319. Emerald Group Publishing. ▷ 20, 70, 74, 78, 82
- Hensley, R. L. (1999). A review of operations management studies using scale development techniques. *Journal*

of Operations Management, 17(3):343–358. ▷ 43

Hippel, E. v. i Krogh, G. v. (2003). Open source software and the “private-collective” innovation model: Issues for organization science. *Organization Science*, 14(2):209–223. ▷ 203

Hirschheim, R. (2007). Introduction to the special issue on “quo vadis tam – issues and reflections on technology acceptance research”. *Journal of the AIS*, 8(4). ▷ 15

Holck, J., Larsen, M. H., i Pedersen, M. K. (2004). Identifying business barriers and enablers for the adoption of open source software. Technical report, Copenhagen Business School. Department of Informatics. ▷ 204

Hong, S., Thong, J. Y., i Tam, K. Y. (2006). Understanding continued information technology usage behavior: A comparison of three models in the context of mobile internet. *Decision Support Systems*, 42(3):1819–1834. ▷ 129, 130

Hong, W. i Zhu, K. (2006). Migrating to internet-based e-commerce: Factors affecting e-commerce adoption and migration at the firm level. *Information and Management*, 43(2):204–221. ▷ 140, 209

Hooper, D., Coughlan, J., i Mullen, M. R. (2008). Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *The Electronic Journal of Business Research Methods*, 6(1):53–60. ▷ 40

Hsieh, J. J. P.-A., Rai, A., i Keil, M. (2008). Understanding digital inequality: Comparing continued behavioral models of the socio-economically advantaged and disadvantaged. *MIS Quarterly*, 32(1):97–126. ▷ 156

Hsu, M.-H. i Chiu, C.-M. (2004). Internet self-efficacy and electronic service acceptance. *Decis. Support Syst.*, 38(3):369–381. ▷ 97

Huang, Z., Janz, B. D., i Frolick, M. N. (2008). A comprehensive examination of internet-edi adoption. *Inf. Sys. Manag.*, 25(3):273–286. ▷ 139

Hulland, J. (1999). Use of partial least squares (PLS) in strategic management research: A review of four recent studies. *Strategic Management Journal*, 20(2):195–204. ▷ 48, 75

Hulland, J., Yiu, H. C., i Shunying, L. (1996). Use of causal models in marketing research: A review. *Int. Journal of Research in Marketing*, 13(2):181–197. ▷ 26, 40

Hung, S.-Y. i Chang, C.-M. (2005). Wireless application protocol; technology acceptance model; theory of planned behavior; decomposed theory of planned behavior; information technology acceptance. *Computer Standards and Interfaces*, 27(4):359–370. ▷ 97

Hwang, H. i Takane, Y. (2004). Generalized structured component analysis. *Psychometrika*, 69(1):81–99. ▷ 20

- Hyduk i Glaser (2000). Jiving the four-step, waltzing around factor analysis, and other serious fun. *Structural Equation Modeling*, 7:1–35. ▷ [40](#)
- Iacovou, C., Benbasat, I., i Dexter, A. (1995). Electronic data interchange and small organizations: Adoption and impact of technology. *MIS Quarterly*, 19(4):465–485. ▷ [140](#), [143](#)
- Igbaria, M., Zinatelli, N., Cragg, P., i Cavaye, A. L. M. (1997). Personal computing acceptance factors in small firms: A structural equation model. *MIS Quarterly*, 21(3):279–305. ▷ [68](#), [79](#), [92](#), [93](#), [107](#), [108](#), [150](#), [233](#), [303](#), [304](#)
- Iivari, J. (2005). An empirical test of the DeLone-McLean model of information system success. *SIGMIS Database*, 36(2):8–27. ▷ [121](#), [122](#), [123](#), [126](#), [150](#)
- Ives, B., Olson, M. H., i Baroudi, J. J. (1983). The measurement of user information satisfaction. *Comm. of the ACM*, 26(10):785–793. ▷ [124](#), [125](#)
- Ives, B., Olson, M. H., i Baroudi, J. J. (1986). An empirical study of the impact of user involvement on system usage and information satisfaction. *Comm. of the ACM*, 29(3):232–238. ▷ [125](#), [126](#), [127](#)
- Jakobowicz, E. i Derquenne, C. (2007). A modified PLS path modeling algorithm handling reflective categorical variables and a new model building strategy. *Computational Statistics and Data Analysis*, 51(8):3666–3678. ▷ [19](#)
- James, J., Klein, G., i Crampton, S. (2000). A note on SERVQUAL reliability and validity in information system service quality measurement. *Decision Sciences*, 31(3):725–744. ▷ [133](#)
- Jarvis, C. B., Mackenzie, S. B., Podsakoff, P. M., Mick, D. G., i Bearden, W. O. (2003). A critical review of construct indicators and measurement model misspecification in marketing and consumer research. *Journal of Consumer Research*, 30(2):199–218. ▷ [65](#), [67](#), [68](#)
- Jedidi, K., Jagpal, H. S., i Desarbo, W. S. (1997a). Finite-mixture structural equation models for response-based segmentation and unobserved. *Marketing Science*, 16(1):1997, Vol. 16 Issue 1, p39. ▷ [61](#), [63](#)
- Jedidi, K., Jagpal, H. S., i DeSarbo, W. S. (1997b). Stemm: A general finite mixture structural equation model. *Journal of Classification*, 14(1):23–50. ▷ [64](#), [65](#), [81](#)
- Jiang, J. J., Klein, G., i Carr, C. L. (2002). Measuring information system service quality: SERVQUAL from the other side. *MIS Quarterly*, 26(2):145–166. ▷ [132](#), [133](#)
- Jones, M. A., Mothersbaugh, D. L., i Beatty, S. E. (2002). Why customers stay: Measuring the underlying dimensions of services switching costs and managing their differential strategic outcomes. *Journal of*

- Business Research*, 55(6):441–450. ▷ 131
- Jöreskog, K. i Sörbom, D. (2001). *Lisrel 8: User's Reference Guide*. SSI Scientific Software. ▷ 28, 29, 31, 32, 36, 39, 54, 60, 222
- Jullien, N. i Zimmermann, J.-B. (2009). FLOSS firms, users and communities: A viable match? <http://ssrn.com/abstract=1430842>. ▷ 203
- Kang, H. i Bradley, G. (2002). Measuring the performance of IT services: An assessment of SERVQUAL. *Int. Journal of Accounting Information Systems*, 3(3):151. ▷ 133
- Kapelman, L. A. (1995). Measuring user involvement: A diffusion of innovation perspective. *SIGMIS Database*, 26(2–3):65–86. ▷ 127
- Karahanna, E., Agarwal, R., i Angst, C. M. (2006). Reconceptualizing compatibility beliefs in technology acceptance research. *MIS Quarterly*, 30(4):781–804. ▷ 88, 303, 304
- Karahanna, E. i Straub, D. W. (1999). The psychological origins of perceived usefulness and ease-of-use. *Information and Management*, 35(4):237–250. ▷ 94
- Karahanna, E., Straub, D. W., i Chervany, N. L. (1999). Information technology adoption across time: A cross-sectional comparison of pre-adoption and post-adoption beliefs. *MIS Quarterly*, 23(2):183–213. ▷ 73, 74, 79, 150
- Katz, M. L. i Shapiro, C. (1985). Network externalities, competition and compatibility. *The American Economic Review*, 75(3):424–440. ▷ 146, 188
- Keen, P. G. W. (1980). MIS research: reference disciplines and a cumulative tradition. W McLean, E. R., red., *First Int. Conference on Information Systems*, s. 9–18, Philadelphia, PA. ▷ 14, 16, 135, 151, 153
- Keil, M., Tan, B. C. Y., Wei, K.-K., Saarinen, T., Tuunainen, V., i Wassenaar, A. (2000). A cross-cultural study on escalation of commitment behavior in software projects. *MIS Quarterly*, 24(2):299–325. ▷ 74, 78
- Khalifa, M. i Liu, V. (2004). The state of research on information system satisfaction. *Journal of Information Technology Theory and Application*, 5(4):37–50. ▷ 126
- Kim, S. S. i Malhotra, N. K. (2005). A longitudinal model of continued IS use: An integrative view of four mechanisms underlying postadoption phenomena. *Management Science*, 51(5):741–755. ▷ 83, 92, 98, 151
- King, J. L. i Lyytinen, K., red. (2006). *Information Systems: The State of the Field*. John Wiley and Sons. ▷ 153, 155

- King, W. R. i He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information and Management*, 43(6):740–755. ▷ 99, 100, 101
- Kirton, M. J. (2003). *Adaption-innovation: In the Context of Diversity and Change*. Routledge. ▷ 118
- Kishore, R. i McLean, E. (2007). Reconceptualizing innovation compatibility as organizational alignment in secondary IT adoption contexts: An investigation of software reuse infusion. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(4):756–775. ▷ 87, 88, 135
- Kisielnicki, J. i Sroka, H. (1999). *Systemy Informacyjne Biznesu*. Placet, Warszawa. ▷ 135
- Kline, R. B. (2004). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. The Guilford Press, New York, London, 2nd. edition. ▷ 19, 23, 24, 29, 31, 35, 36, 38, 39, 40, 44, 50, 55, 56, 57, 82
- Klopping, I. M. i McKinney, E. (2004). Extending the technology acceptance model and the task-technology fit model to consumer E-commerce. *Information Technology, Learning and Performance Journal*, 22(1):35–48. ▷ 110
- Ko, E., Kim, S. H., Kim, M., i Woo, J. Y. (2008). Organizational characteristics and the CRM adoption process. *Journal of Business Research*, 61(1):65–74. ▷ 141
- Kogut, B. M. i Metiu, A. (2001). Open-source software development and distributed innovation. *Oxford Review of Economic Policy*, 17(2). <http://ssrn.com/abstract=443461>. ▷ 203
- Koronacki, J. i Mielniczuk, J. (2006). *Statystyka dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych*. WNT, Warszawa. ▷ 77
- Kossowska, M. (2005). *Umysł niezmienny*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków. Adaptacja kwestionariusza Kirtona. ▷ 119
- Koźuh, B. (1999). *Metaanaliza*. Opolska Oficyna Wydawnicza, Opole. ▷ 99, 100
- Krishnamurthy, S. (2002). Cave or community? an empirical examination of 100 mature open source projects. *First Monday*, 7(6). http://firstmonday.org/issues/issue7_6/krishnamurthy/. ▷ 198
- Kroath-Hartman, G., Corbet, J., i McPherson, A. (2009). Linux kernel developmen. <http://www.linuxfoundation.org/publications/howwriteslinux.pdf>. ▷ 165, 171, 197, 198
- Kuan, H.-H. i Bock, G.-W. (2007). Trust transference in brick and click retailers: An investigation of the before-online-visit phase. *Information and Management*, 44(2):175–187. ▷ 98
- Kuan, K. K. Y. i Chau, P. Y. K. (2001). A perception-based model for EDI adoption in small businesses using a

technology-organization-environment framework. *Information and Management*, 38(8):507–521. ▷ 51, 140, 142

Kwan, S. K. i West, J. (2005). A conceptual model for enterprise adoption of open source software. W Bolin, S., red., *The Standards Edge: Open Season*, s. 274–301. Sheridan Books, Ann Arbor, Mich. ▷ 138, 162

Kwon, O., Choi, K., i Kim, M. (2007). User acceptance of context-aware services: self-efficacy, user innovativeness and perceived sensitivity on contextual pressure. *Behaviour and Information Technology*, 26(6):483–498. ▷ 118

Lai, V. S. i Li, H. (2005). Technology acceptance model for internet banking: An invariance analysis. *Information and Management*, 42(2):373–386. ▷ 61, 303, 305

Lakhani, K. R. i Wolf, R. G. (2005). Why hackers do what they do: Understanding motivation and effort in free/open source software projects. W Feller, J., Fitzgerald, B., Hissam, S., i Lakhani, K., red., *Perspectives on Free and Open Source Software*. MIT Press, Cambridge. <http://ssrn.com/paper=443040>. ▷ 200

Lech, P. (2007). *Metodyka ekonomicznej oceny przedsięwzięć informatycznych wspomagających zarządzanie organizacją*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk. ▷ 166, 184, 204, 206

Lee, B. T. i Barua, A. (1997). Discovery and representation of casual relationships in MIS research: A methodological framework. *MIS Quarterly*, 21(1):109–136. ▷ 16, 17

Lee, C.-C., Cheng, H. K., i Cheng, H.-H. (2007). An empirical study of mobile commerce in insurance industry: Task-technology fit and individual differences. *Decis. Support Syst.*, 43(1):95–110. ▷ 110

Lee, G. i Xia, W. (2006). Organizational size and IT innovation adoption: A meta-analysis. *Information and Management*, 43(8):975–985. ▷ 143

Lee, G. K. i Cole, R. E. (2003). From a firm-based to a community-based model of knowledge creation: The case of the linux kernel development. *Organization Science*, 14(6):633–649. ▷ 171

Lee, S. i Hershberger, S. (1990). A simple rule for generating equivalent models in covariance structure modeling. *Multivariate Behavioral Research*, 25(3):313–334. ▷ 29

Lee, S.-Y. T., Kim, H.-W., i Gupta, S. (2009). Measuring open source software success. *Omega*, 37(2):426–438. ▷ 123, 126, 133, 205

Lee, Y., Kozar, K. A., i Larsen, K. R. T. (2003). The technology acceptance model: Past, present and future. *Comm. of the AIS*, 12:752–780. ▷ 88, 99, 108

- Lee, Y.-C. (2008). The role of perceived resources in online learning adoption. *Computers and Education*, 50(4):1423–1438. ▷ 233
- Legris, P., Ingham, J., i Colletette, P. (2003). Why do people use information technology? a critical review of the technology acceptance model. *Information and Management*, 40(3):191–204. ▷ 99
- Lerner, J. i Tirole, J. (2001). The open source movement: Key research questions. *European Economic Review*, 45(4–6):819–826. ▷ 201
- Lerner, J. i Tirole, J. (2004). The economics of technology sharing: Open source and beyond. <http://opensource.mit.edu/papers/lernertirole3.pdf>. ▷ 197
- Lerner, J. i Tirole, J. (2005). The scope of open source licensing. *Journal of Law, Economics, and Organization*, 21(1):20–56. ▷ 178
- Lessig, L. (2005). *Wolna kultura. W jaki sposób wielkie media wykorzystują technologię i prawo, aby blokować kulturę i kontrolować kreatywność*. WSiP. <http://www.wolnakultura.org/>. ▷ 179
- Lewis, B. R., Templeton, G. F., i Byrd, T. A. (2005). A methodology for construct development in MIS research. *Eur. J. Inf. Syst.*, 14(4):388–400. ▷ 43
- Lian, J.-W. i Lin, T.-M. (2008). Effects of consumer characteristics on their acceptance of online shopping: Comparisons among different product types. *Computers in Human Behavior*, 24(1):48–65. ▷ 118, 243
- Liang, H., Saraf, N., Hu, Q., i Xue, Y. (2007). Assimilation of enterprise systems: the effect of institutional pressures and the mediating role of top management. *MIS Quarterly*, 31(1):59–87. ▷ 30, 144
- Liebowitz, S. J. i Margolis, S. E. (1994). Network externality: An uncommon tragedy. *Journal of Economic Perspectives*, 8(2):133–50. ▷ 185, 188, 190
- Lin, C. P. i Bhattacharjee, A. (2008). Learning online social support: An investigation of network information technology based on UTAUT. *Cyber Psychology and Behavior*, 11(3):268–272. ▷ 115
- Lin, J., Chan, H. C., i Wei, K. K. (2006). Understanding competing application usage with the theory of planned behavior: Research articles. *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, 57(10):1338–1349. ▷ 97
- Loehlin, J. C. (2004). *Latent Variable Models*. Lawrence Erlbaum, 4th edition. ▷ 18, 31, 37, 55
- Lucas, Henry C. Jr.; Swanson, E. B. i Zmud, R. (2007). Implementation, innovation, and related themes over the years in information systems research. *Journal of the AIS*, 8(4). ▷ 154
- Ma, Q. i Liu, L. (2005). The technology acceptance model: A meta-analysis of empirical findings. W Mahmood,

- A. M., red., *Advanced Topics in End User Computing*, zeszyt 4. Idea Group Inc. ▷ 90, 99
- MacKenzie, S. B., Podsakoff, P. M., i Jarvis, C. B. (2005). The problem of measurement model misspecification in behavioral and organizational research and some recommended solutions. *Journal of Applied Psychology*, 90(4):710–730. ▷ 67
- Malhotra, M. K. i Grover, V. (1998). An assessment of survey research in POM: From constructs to theory. *Journal of Operations Management*, 16(4):407–425. ▷ 43
- Malhotra, N. K., Kim, S. S., i Patil, A. (2006). Common method variance in is research: A comparison of alternative approaches and a reanalysis of past research. *Management Science*, 52(12):1865–1883. ▷ 49, 50, 58, 59
- Mann, R. J. (2006). The commercialization of open source software: Do property rights still matter? *Harvard Journal of Law and Technology*, 20(1). <http://ssrn.com/abstract=802805>. ▷ 184
- Marakas, G., Johnson, R., i Clay, P. F. (2007). The evolving nature of the computer self-efficacy construct: An empirical investigation of measurement construction, validity, reliability and stability over time. *Journal of the AIS*, 8(1):16–46. ▷ 116
- Marcoulides, G. A., Chin, W. W., i Saunders, C. (2009). A critical look at partial least squares modeling. *MIS Quarterly*, 33(1):171–175. ▷ 73
- Marcoulides, G. A. i Saunders, C. (2006). PLS: A silver bullet? *MIS Quarterly*, 30(2):211–211. ▷ 73, 74
- Mathieson, K. (1991). Predicting user intentions: Comparing the technology acceptance model with the theory of planned behavior. *Information Systems Research*, 2:173–191. ▷ 97
- Mathieson, K., Peacock, E., i Chin, W. W. (2001). Extending the technology acceptance model: The influence of perceived user resources. *SIGMIS Database*, 32(3):86–112. ▷ 43, 46, 51, 89, 90, 92, 94, 95, 103, 108, 113, 242
- McAleer, M. (1995). The significance of testing empirical non-nested models. *Journal of Econometrics*, 67(1):149–171. ▷ 40
- McDonald, R. i Ho, M.-H. (2002). Principles and practice in reporting statistical equation analyses. *Psychological Methods*, 7(1):64–82. ▷ 40
- McHaney, R., Hightower, R., i Pearson, J. (2002). A validation of the end-user computing satisfaction instrument in Taiwan. *Information and Management*, 39(6):503–511. ▷ 57
- McHaney, R., Hightower, R., i White, D. (1999). EUCS test retest reliability in representational model decision

- support systems. *Information and Management*, 36(2):109–119. ▷ [47](#), [125](#), [126](#)
- McKeen, J. D., Guimaraes, T., i Wetherbe, J. C. (1994). The relationship between user participation and user satisfaction: an investigation of four contingency factors. *MIS Quarterly*, 18(4):427–451. ▷ [127](#)
- McKinney, V., Yoon, K., i Zahedi, F. M. (2002). The measurement of web-customer satisfaction: An expectation and disconfirmation approach. *Information Systems Research*, 13(3):296–315. ▷ [130](#)
- Messerschmitt, D. G. i Szyperski, C. (2003). *Software Ecosystems: Understanding an Indispensable Technology and Industry*. MIT Press. ▷ [158](#), [159](#), [160](#), [165](#), [166](#), [169](#), [188](#), [192](#)
- Mingers, J. (2003). The paucity of multimethod research: A review of the information systems literature. *Information Systems Journal*, 13(3):233–249. ▷ [14](#)
- Mirani, R. i Lederer, A. L. (1998). An instrument for assessing the organizational benefits of IS projects. *Decision Sciences*, 29(4):803–838. ▷ [120](#), [123](#)
- Mockus, A., Fielding, R. T., i Herbsleb, J. D. (2002). Two case studies of open source software development: Apache and mozilla. *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.*, 11(3):309–346. <http://mockus.us/papers/mozilla.pdf>. ▷ [172](#), [197](#), [199](#)
- Moore, G. C. i Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information Systems Research*, 2(3):192–222. ▷ [87](#), [88](#), [107](#), [110](#), [118](#), [132](#), [150](#), [238](#), [303](#), [304](#), [305](#)
- Morrison, J. i George, J. F. (1995). Exploring the software engineering component in MIS research. *Communications of the ACM*, 38(7):80–91. ▷ [14](#)
- Mulaik, S. A. i Millsap, R. E. (2000). Doing the four-step right. *Structural Equation Modeling*, 7(1):36–73. ▷ [34](#)
- Mullany, M. J. (2006). *The use of analyst-user cognitive style differentials to predict aspects of user satisfaction with information systems*. rozprawa doktorska, AUT University. <http://hdl.handle.net/10292/338>. ▷ [119](#), [125](#)
- Mullany, M. J., Tan, F. B., i Gallupe, R. B. (2007). The impact of analyst-user cognitive style differences on user satisfaction. W *PACIS 2007 Proceedings*, Auckland, New Zealand. Paper 42. ▷ [119](#), [125](#)
- Nance, W. D. i Straub, D. W. (1996). An investigation of task-technology fit and information technology choices in knowledge work. *Journal of Information Technology Management*, 7(3/4):1–14. <http://jitm.ubalt.edu/VII3-4/article1.pdf>. ▷ [108](#)

- Nelson, M. L., Sen, R., i Subramaniam, C. (2006). Understanding open source software: A research classification framework. *Comm. of the AIS*, 2006(17):2–37. ▷ 207
- Nevo, S., Nevo, D., i Ein-Dor, P. (2009). Thirty years of IS research: Core artifacts and academic identity. *j-CAIS*, 25(24). ▷ 154, 155
- Newsted, P. R., Huff, S. L., i Munro, M. C. (1998). Survey instruments in information systems. *MIS Quarterly*, 22(4):553–554. ▷ 17, 18, 43
- Nguyen, N. i Leblanc, G. (2001). Corporate image and corporate reputation in customers' retention decisions in services. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 8(4):227–236. ▷ 240
- Niederman, F., Davis, A., Greiner, M. E., Wynn, D., i York, P. T. (2006a). Research agenda for studying open source II: View through the lens of referent discipline theories. *Comm. of the AIS*, 18:2–45. ▷ 7, 205, 207
- Niederman, F., Davis, A., Wynn, D., i York, P. T. (2006b). A research agenda for studying open source I: A multi-level framework. *Comm. of the AIS*, 18:2–38. ▷ 7, 207
- Nov, O. i Ye, C. (2008). Personality and technology acceptance: Personal innovativeness in IT, openness and resistance to change. W *Proc. of the 41th Annual Hawaii Int. Conference on System Sciences*, s. 448, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society. ▷ 118
- Nowicki, A. (2002). Podstawy systemów informacyjnych. W Nowicki, A., red., *Wstęp do systemów informacyjnych zarządzania*, s. 49–92. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej. ▷ 14, 15, 158, 166
- Nowicki, A., Jelonek, D., i Goliński, J., red. (2004). *Informatyka Ekonomiczna. Aspekty Naukowe i Dydaktyczne*. Sekcja Wydawnictwa Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa. ▷ 15
- Oczkowski, E. (2002). Discriminating between measurement scales using nonnested tests and 2SLS: Monte Carlo evidence. *Structural Equation Modeling*, 9:103–125. ▷ 40
- O'Leary-Kelly, S. W. i Vokurka, R. J. (1998). The empirical assessment of construct validity. *Journal of Operations Management*, 16(4):387–405. ▷ 16, 42, 43
- O'Mahony, S. (2003). Guarding the commons: how community managed software projects protect their work. *Research Policy*, 32(7):1179–1198. ▷ 179
- Oreg, S. i Nov, O. (2008). Exploring motivations for contributing to open source initiatives: The roles of contribution context and personal values. *Computers in Human Behavior*, 24(5):2055–2073. ▷ 201
- Orlikowski, W. J. i Baroudi, J. J. (1991). Studying information technology in organizations: Research approaches

- and assumptions. *Information Systems Research*, 2:1–28. ▷ 14, 15, 16, 17
- Orlikowski, W. J. i Iacono, C. S. (2001). Research commentary: Desperately seeking the “it” in “it” research—a call to theorizing the it artifact. *Information Systems Research*, 12(2):121–134. ▷ 154, 155, 156, 157
- Osińska, M. (2008). *Ekonometryczna analiza zależności przyczynowych*. Wydawnictwo UMK, Toruń. ▷ 26, 29, 37
- Ostaszewski, K., Bobrowski, K., Borucka, A., i Pisarska, A. (2002). Subiektywne normy a intencja używania substancji psychoaktywnych przez nastolatków. *Alkoholizm i Narkomania*, 3. http://www.ipin.edu.pl/ain/2002/3/t15n3_5.pdf. ▷ 89
- Pae, J. H. i Hyun, J. S. (2006). Technology advancement strategy on patronage decisions: The role of switching costs in high-technology markets. *Omega*, 34(1):19–27. ▷ 35, 130, 131, 132, 148, 150, 246
- Pagani, M. (2006). Determinants of adoption of high speed data services in the business market: Evidence for a combined technology acceptance model with task technology fit model. *Information and Management*, 43(7):847–860. ▷ 110
- Palvia, P., Leary, D., Mao, E., Midha, V., Pinjani, P., i Salam, A. (2004). Research methodologies in MIS: An update. *Comm. of the AIS*, 14(24). ▷ 14
- Palvia, P., Pinjani, P., i Sibley, E. H. (2007). A profile of information systems research published in Information and Management. *Information and Management*, 44(1):1–11. ▷ 153
- Palvia, P. C. i Palvia, S. C. (1999). An examination of the IT satisfaction of small-business users. *Information and Management*, 35(3):127–137. ▷ 126
- Parasurman, A., Zeithaml, A. V., i Berry, L. L. (1985). A conceptual model of service/quality and its implications for future research. *Journal of Marketing*, 49:99–104. ▷ 132, 133
- Parker, G. G. i Van Alstyne, M. W. (2005). Two-sided network effects: A theory of information product design. *Management Science*, 51(10):1494–1504. ▷ 189, 190, 191
- Perens, B. (2005). The emerging economic paradigm of open source. <http://perens.com/works/articles/Economic.html>. ▷ 7, 165, 186, 187, 189, 194, 196
- Petter, S., Straub, D. W., i Rai, A. (2007). Specifying formative constructs in information systems research. *MIS Quarterly*, 31(4):623–656. ▷ 67, 68, 69
- PingJr, R. A. (2004). On assuring valid measures for theoretical models using survey data. *Journal of Business*

Research, 57(2):125–141. ▷ 43, 47, 54

Pinsonneault, A. i Kraemer, K. L. (1993). Survey research methodology in management information systems: An assessment. *Journal of Management Information Systems*, 10(2):75. ▷ 17

Pisano, G. P. i Teece, D. J. (2007). How to capture value from innovation: Shaping intellectual property and industry architecture. *California Management Review*, 50(1):278–296. ▷ 187, 190

Podrecki, P., red. (2007). *Prawo internetu*. Wydawnictwo Prawnicze LexisNexis, Warszawa. ▷ 173

Podsakoff, P. M., Mackenzie, S. B., Lee, J.-Y., i Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *J. Appl. Psych.*, 88(5):879–903. ▷ 49, 58

Posey, C., Liu, Y., i Fuller, B. (2008). A meta-analytic review of more than a decade of research on general computer self-efficacy. W *AMCIS 2008 Proceedings*. <http://aisel.aisnet.org/amcis2008/261>. ▷ 116, 117

Premkumar, G. i Potter, M. (1995). Adoption of computer aided software engineering (CASE) technology: An innovation adoption perspective. *SIGMIS Database*, 26(2–3):105–124. ▷ 88

Premkumar, G., Ramamurthy, K., i Nilakanta, S. (1994). Implementation of electronic data interchange: an innovation diffusion perspective. *J. Manage. Inf. Syst.*, 11(2):157–186. ▷ 139

Przechlewski, T. (2006). Przegląd modeli adopcji i akceptacji technologii w organizacjach. *Prace i Materiały Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego*, 2:85–92. ▷ 151

Przechlewski, T. i Strzała, K. (2006a). Akceptacja oprogramowania otwartego w polskich organizacjach. W Niedzielska, E., Dudycz, H., i Dyczkowski, M., red., *Nowoczesne Technologie Informacyjne w Zarządzaniu*, zeszyt 1134 of *Prace Naukowe AE im. O. Langego*, s. 142–151, Wrocław. ▷ 140

Przechlewski, T. i Strzała, K. (2006b). Determinants of open source adoption in government environment. W Gronlund, A., Scholl, H. J., Andersen, K. V., i Wimmer, M., red., *Electronic Government*, zeszyt 18 of *Schriftenreihe Informatik*, s. 215–222, Linz. Trauner Verlag. ▷ 140

Purvis, R. L., Sambamurthy, V., i Zmud, R. W. (2001). The assimilation of knowledge platforms in organizations: An empirical investigation. *Organization Science*, 12(2):117–135. ▷ 139

Qureshi, I. i Compeau, D. (2009). Assessing between-group differences in information systems research: A comparison of covariance- and component-based SEM. *MIS Quarterly*, 33(1):197–214. ▷ 78

Rai, A., Lang, S. S., i Welker, R. B. (2002). Assessing the validity of IS success models: An empirical testand

- theoretical analysis. *Info. Sys. Research*, 13(1):50–69. ▷ 43
- Ramamurthy, K., Premkumar, G., i Crum, M. R. (1999). Organizational and interorganizational determinants of EDI diffusion and organizational performance: A causal model. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 9(4):253–285. ▷ 140
- Raymond, E. S. (2001). *The Cathedral and the Bazaar*. O'Reilly Media, Inc. <http://www.catb.org/~esr/writings/cathedral-bazaar/>. ▷ 7, 165, 193, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 229
- Riehle, D. (2007). The economic motivation of open source software: Stakeholder perspectives. *Computer*, 40(4):25–32. ▷ 196
- Ringle, C., Wende, S., i Will, S. (2005). Smartpls 2.0 (m3) beta. ▷ 72, 230
- Ringle, C. M. (2006). Segmentation for path models and unobserved heterogeneity: The finite mixture partial least squares approach. Technical Report 035, University of Hamburg. ▷ 80, 81
- Rochet, J.-C. i Tirole, J. (2003). Platform competition in two-sided markets. *Journal of the European Economic Association*, 1(4):990–1029. ▷ 189, 190
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations*. Free Press, 5th edition. ▷ 86, 87, 117, 135, 137, 239
- Rogowski, J. (1990). *Modele miękkie. Teoria i zastosowania w badaniach ekonomicznych*. Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego. Dział Wydawnictw Filii UW w Białymstoku. ▷ 20, 76
- Roldán, J. L. i Leal, A. (2003). A validation test of an adaptation of the DeLone and McLean's model in the spanish EIS field. W *Critical reflections on information systems: a systemic approach*, s. 66–84. Idea Group Publishing, Hershey, PA, USA. ▷ 122, 240
- Rosen, L. (2004). *Open Source Licensing*. Prentice Hall. ▷ 179
- Rossiter, J. (2002). The C-OAR-SE procedure for scale development in marketing. *Int. Journal of Research in Marketing*, 19:305–335. ▷ 68
- Rouse, A. C. i Corbitt, B. (2008). There's sem and "sem": A critique of the use of PLS regression in information systems research. W *19th Australasian Conference on Information Systems*. ▷ 20
- Rungtusanatham, M. J., Choi, T. Y., Hollingworth, D. G., Wu, Z., i Forza, C. (2003). Survey research in operations management: Historical analyses. *Journal of Operations Management*, 21(4):475–488. ▷ 17, 18
- Russo, F. (2008). *Causality and Causal Modelling in the Social Sciences. Measuring Variations*, zeszyt 5 of *Methodos Series*. Springer-Verlag. ▷ 29

- Saarinen, T. (1996). An expanded instrument for evaluating information system success. *Information and Management*, 31(2):103–118. ▷ 124
- Samuelson, P. (2004). Why reform the U.S. patent system? *Communications of the ACM*, 47(6):19–23. ▷ 183, 184
- Sanchez, G. i Trinchera, L. (2009). Dokumentacja pakietu plspm. ▷ 72
- Sarstedt, M. (2008). A review of recent approaches for capturing heterogeneity in partial least squares path modelling. *Journal of Modelling in Management*, 3(2):140–161. ▷ 79, 81
- Satorra, A. i Bentler, P. M. (2001). A scaled difference chi-square test statistic for moment structure analysis. *Psychometrika*, 66(4):507–514. ▷ 32
- Schaupp, L. C., Carter, L., i Hobbs, J. (2009). E-file adoption: A study of u.s. taxpayers' intentions. W *Proc. of the 42th Annual Hawaii Int. Conference on System Sciences*, s. 1–10. ▷ 115
- Schepers, J. i Wetzels, M. (2007). A meta-analysis of the technology acceptance model: Investigating subjective norm and moderation effects. *Information and Management*, 44(1):90–103. ▷ 99, 100, 101, 102
- Schwab, D. P. (2004). *Research Methods for Organizational Studies*. Lawrence Erlbaum, 2 edition. ▷ 43, 47
- Scotchmer, S. (2006). *Innovation and Incentives*. MIT Press. ▷ 173, 174, 180, 183, 184
- Seddon, P. B. (1997). A respecification and extension of the deLone and mcLean model of IS success. *Information Systems Research*, 8(3):240–253. ▷ 122, 123
- Seddon, P. B. i Kiew, M.-Y. (1996). A partial test and development of DeLone and McLean's model of IS success (revision of the ICIS 94 paper). *Australian Journal of Information Systems*, s. 90–109. <http://www.dis.unimelb.edu.au/staff/peter/publications.htm>. ▷ 122, 240
- Sedera, D. i Gable, G. G. (2004). A factor and structural equation analysis of the enterprise systems success measurement model. W *Proceedings of the International Conference on Information Systems, ICIS 2004, December 12-15, 2004, Washington, DC, USA*, s. 449–464. ▷ 123
- Segars, A. H. (1997). Assessing the unidimensionality of measurement: A paradigm and illustration within the context of information systems research. *Omega*, 25(1):107–121. ▷ 43, 44, 50, 52, 54, 55
- Segars, A. H. i Grover, V. (1993). Re-examining perceived ease of use and usefulness: a confirmatory factor analysis. *MIS Quarterly*, 17(1):517–525. ▷ 43
- Shah, S. K. (2006). Motivation, governance, and the viability of hybrid forms in open source software

- development. *Management Science*, 52(7):1000–1014. ▷ 200
- Sharp, H., Baddoo, N., Beecham, S., Hall, T., i Robinson, H. (2008a). Models of motivation in software engineering. *Information and Software Technology*, ArticlesInPress:20080629. ▷ 201
- Sharp, H., Baddoo, N., Beecham, S., Hall, T., i Robinson, H. (2008b). What do we know about developer motivation? *IEEE Software*, 25:92–94. ▷ 201
- Shy, O. (2001). *The Economics of Network Industries*. Cambridge University Press. ▷ 134, 158, 185, 186, 187, 188, 189
- Sidor, M. (2000). Servqual w badaniach jakości usług bibliotecznych. *Elektroniczny Biuletyn Informacyjny Bibliotekarzy*, 8(16). <http://www.oss.wroc.pl/biuletyn/ebib16/sidor.html>. ▷ 133
- Silva, L. (2007). Post-positivist review of technology acceptance model. *Journal of the AIS*, 8(4). ▷ 106, 107
- Skrondal, A. i Rabe-Hesketh, S. (2004). *Generalized latent variable modeling: multilevel, longitudinal, and structural equation models*. CRC Press. ▷ 20, 40, 41
- Słomka, A. (2005). Zastosowanie modelu TAM w badaniu akceptacji technologii OpenSource na przykładzie przeglądarki Firefox. praca magisterska, Uniwersytet Gdański, Wydział Zarządzania. ▷ 256, 257
- Słomka, A., Przechlewski, T., i Wrycza, S. (2007). Examining OSS success: Information technology acceptance by Firefox users. W Knapp, G., Wojtkowski, G., Zupancic, J., i Wrycza, S., red., *Advances in Information Systems Development: New Methods and Practice for the Networked Society*, s. 447–456. ▷ 5, 90, 92, 98, 256, 257, 262
- Sochacki, M. (2006). Google – jak znaleźć igłę w stogu siana. W *Pingwinaria*, Krynica. linux.gda.pl/zasoby/artykuly/Marcin_Sochacki/google_gfs.pdf. ▷ 196
- Sohn, S. Y. i Mok, M. S. (2008). A strategic analysis for successful open source software utilization based on a structural equation model. *The Journal of Systems & Software*, 81(6):1014–1024. ▷ 205
- Somers, T. M., Nelson, K., i Karimi, J. (2003). Confirmatory factor analysis of the end user computing satisfaction instrument: Replication within an ERP domain. *Decision Sciences*, 34(3):595–621. ▷ 56, 57, 125, 150
- Sommerville, I. (2004). *Software Engineering*. Addison-Wesley. ▷ 159, 161, 197
- Sorebo, O. i Eikebrokk, T. R. (2008). Explaining IS continuance in environments where usage is mandatory. *Computers in Human Behavior*, 24(5):2357–2371. ▷ 35, 107
- Sowe, S., Stamelos, I., i Angelis, L. (2006). Identifying knowledge brokers that yield software engineering

- knowledge in OSS projects. *Information and Software Technology*, 48(11):1025–1033. ▷ 201
- Sowe, S. K., Stamelos, I., i Angelis, L. (2008). Understanding knowledge sharing activities in free/open source software projects: An empirical study. *The Journal of Systems and Software*, 81(3). ▷ 201
- Spiller, D. i Wichmann, T. (2002). Basics of open source software markets and business models. <http://www.infonomics.nl/FLOSS>. ▷ 166, 167
- Spinellis, D. i Szyperski, C. (2004). How is open source affecting software development? *IEEE Software*, 21(1):28–33. ▷ 198
- Stallman, R. (1998). Why “free software” is better than “open source”. <http://www.gnu.org/philosophy/free-software-for-freedom.html>. ▷ 200
- Steenkamp, J.-B. E. i Baumgartner, H. (1998). Assessing measurement invariance in cross-national consumer research. *Journal of Consumer Research*, 25(1):78–90. ▷ 60, 61
- Stewart, K. A. i Segars, A. H. (2002). An empirical examination of the concern for information privacy instrument. *Information Systems Research*, 13(1):36–49. ▷ 46, 57
- Stiglitz, J. E. (2007). *Making Globalization Work*. Penguin Books. ▷ 183
- Stoneman, P. (2002). *The Economics of Technology Diffusion*. Blackwell Publishers. ▷ 134, 145
- Straub, D., Boudreau, M.-C., i Gefen, D. (2004). Validation guidelines for IS positivist research. *Comm. of the AIS*, 13:380–427. ▷ 17, 32, 42, 43, 45, 46, 51, 82
- Straub, D. i Burton-Jones, A. (2007). Veni, vidi, vici: Breaking the tam logjam. *Journal of the AIS*, 8(4). ▷ 106
- Straub, D., Limayem, M., i Karahanna, E. (1995). Measuring system usage: Implications for IS theory testing. *Management Science*, 41(8):1328–1342. ▷ 46, 103, 104
- Straub, D. W. (1989). Validating instruments in MIS research. *MIS Quarterly*, 13(2):146–169. ▷ 18, 43, 44
- Strzała, K. i Przechlewski, T. (2005). *Oprogramowanie otwarte w polskich organizacjach: ocena stopnia wykorzystania, korzyści i kosztów*. Wyższa Szkoła Zarządzania w Kwidzynie, Kwidzyn. <http://member.acm.org/~tprzechlewski/Proj/osss/>. ▷ 11, 141, 214, 233, 237
- Subieta, K. (1997). *Wprowadzenie do Inżynierii Oprogramowania*. Wydawnictwo PJWSTK, Warszawa. ▷ 161, 184
- Subramanian, A. i Nilakanta, S. (1994). Measurement : A blueprint for theory-building in MIS. *Information and Management*, 26(1):13–20. ▷ 43

- Sudoła, S., Szymczak, J., i Haffer, M., red. (2003). *Marketingowe testowanie produktów*. PWE, Warszawa. ▷ 129
- Sun, H. i Zhang, P. (2006). The role of moderating factors in user technology acceptance. *Int. Journal of Human-Computer Studies*, 64(2):53–78. ▷ 99
- Susarla, A., Barua, A., i Whinston, A. B. (2003). Understanding the service component of application service provision: An empirical analysis of satisfaction with ASP services. *MIS Quarterly*, 27(1). ▷ 129
- Swanson, E. B. (1994). Information systems innovation among organizations. *Management Science*, 40(9):1069–1092. ▷ 162, 209
- Szreder, M. (2010). *Metody i techniki sondażowych badań opinii*. PWE, Warszawa. ▷ 49, 248
- Sztemberg-Lewandowska, M. (2008). *Analiza czynnikowa w badaniach marketingowych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław. ▷ 8, 18, 37, 43
- Tanaka, J. S. (1993). Multi facet conceptions of fit in structural equation models. W Bollen, K. i Long, J. S., red., *Testing structural equation models*. Sage, Newbury Park, CA. ▷ 31, 37, 39
- Taylor, S. i Todd, P. A. (1995a). Assessing IT usage: The role of prior experience. *MIS Quarterly*, 19(4):561–570. ▷ 61
- Taylor, S. i Todd, P. A. (1995b). Understanding information technology usage: A test of competing models. *Information Systems Research*, 6(2):144–176. ▷ 35, 90, 91, 96, 97, 150, 238, 242, 243, 246
- Tenenhaus, M., Vinzi, V. E., Chatelin, Y.-M., i Lauro, C. (2005). PLS path modeling. *Computational Statistics and Data Analysis*, 48(1):159–205. ▷ 19, 20, 70, 71, 72, 76, 77
- Teo, H. H., Wei, K. K., i Benbasat, I. (2003). Predicting intention to adopt interorganizational linkages: An institutional perspective. *MIS Quarterly*, 27(1):1–31. ▷ 30, 57, 74, 143, 144
- Teo, T. S., Lin, S., i Lai, K.-H. (2009). Adopters and non-adopters of e-procurement in Singapore: An empirical study. *Omega*, 37(5):972–987. ▷ 140
- Teo, T. S. i Wong, P. K. (1998). An empirical study of the performance impact of computerization in the retail industry. *Omega*, 26(5):611–621. ▷ 122
- Thatcher, J., Zimmer, J., Gundlach, M., i McKnight, D. (2008). Internal and external dimensions of computer self-efficacy: An empirical examination. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 55(4):628–644. ▷ 116
- Thatcher, M. E. i Pingry, D. E. (2007). [software patents] the good, the bad, and the messy. *Communications of*

the ACM, 50(10):47–52. ▷ 184

Thompson, R. L., Higgins, C. A., i Howell, J. M. (1991). Personal computing: toward a conceptual model of utilization. *MIS Quarterly*, 15(1):125–143. ▷ 94

Thong, J. Y. (1999). An integrated model of information systems adoption in small businesses. *Journal of Management Information Systems*, 15(4):187–214. ▷ 119, 138, 139, 142, 143

Tirole, J. i Lerner, J. (2002). Some simple economics of open source. *Journal of Industrial Economics*, 50(2):97–234. ▷ 200, 201

Tornatzky, L. G. i Fleischer, M., red. (1990). *The Processes of Technological Innovation*. Lexington Books, Lexington. ▷ 139

Torvalds, L. B. i Ghosh, R. A. (1998). What motivates free software developers? *First Monday*, 3(3). http://firstmonday.org/issues/issue3_3/torvalds/index.html. ▷ 201

Trice, A. W. i Treacy, M. E. (1988). Utilization as a dependent variable in MIS research. *SIGMIS Database*, 19(3-4):33–41. ▷ 103, 106

Tung, L. L. i Rieck, O. (2005). Adoption of electronic government services among business organizations in singapore. *Journal of Strategic Information Systems*, 14(4):417–440. ▷ 140

Välimäki, M. (2005). *The Rise of Open Source Licensing. A Challenge to the Use of Intellectual Property in the Software Industry*. Turre Publishing, Helsinki. pub.turre.com. ▷ 168, 172, 173, 177, 178, 179, 180, 188

Välimäki, M. i Oksanen, V. (2005). The impact of free and open source licensing on operating system software markets. *Telematics and Informatics*, 22(1–2):97–110. ▷ 179, 180, 202

van der Linden, F., Lundell, B., i Marttiin, P. (2009). Commodification of industrial software: A case for open source. *IEEE Software*, 26(4):77–83. ▷ 196

van Dijk, J. A., Peters, O., i Ebbers, W. (2008). Explaining the acceptance and use of government internet services: A multivariate analysis of 2006 survey data in the Netherlands. *Government Information Quarterly*, 25(3):379–399. ▷ 115

van Dyke, T. P., Kappelman, L. A., i Prybutok, V. R. (1997). Measuring information systems service quality: Concerns on the use of the SERVQUAL questionnaire. *MIS Quarterly*, 21(2):195–208. ▷ 133

van Riel, A. C., de Mortanges, C. P., i Streukens, S. (2005). Marketing antecedents of industrial brand equity: An empirical investigation in specialty chemicals. *Industrial Marketing Management*, 34(8):841 – 847. ▷ 240,

- van Wendel de Joode, R., de Bruijn, J. A., i van Eeten, M. J. G. (2003). *Protecting the Virtual Commons : Self-Organizing Open Source and Free Software Communities and Innovative Intellectual Property Regimes*. Information Technology and Law. Cambridge University Press. <http://www.cambridge.org/catalogue/catalogue.asp?isbn=9067041599>. ▷ 171, 179, 198
- Varian, H. R. i Shapiro, C. (2003). Linux adoption in the public sector: An economic analysis. <http://www.sims.berkeley.edu/~hal/people/hal/papers.html>. ▷ 171, 203, 204
- Varian, H. R. i Shapiro, C. (2007). Potęga informacji. Strategiczny przewodnik po gospodarce sieciowej. ▷ 187, 188, 194
- Venkatesh, Viswanath; Davis, F. i Morris, M. G. (2007). Dead or alive? the development, trajectory and future of technology adoption research. *Journal of the AIS*, 8(4). ▷ 106
- Venkatesh, V., Brown, S. A., Maruping, L. M., i Bala, H. (2008). Predicting different conceptualizations of system use: The competing roles of behavioral intention, facilitating conditions, and behavioral expectation. *MIS Quarterly*, 32(3):483–502. ▷ 107
- Venkatesh, V. i Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2):186–204. ▷ 88, 89, 90, 92, 110, 111, 112, 150, 151, 303, 304, 305
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., i Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3):425–478. ▷ 43, 88, 89, 92, 102, 108, 112, 113, 114, 238, 239, 242, 260, 303, 304, 305
- Venkatraman, N. (1989). The concept of fit in strategy, research: toward verbal and statistical correspondence. *Academy of Management Review*, 14:423–444. ▷ 109
- Vessey, I., Ramesh, V., i Glass, R. L. (2002). Research in information systems: An empirical study of diversity in the discipline and its journals. *Journal of Management Information Systems*, 19(2):129–174. ▷ 14
- von Krogh, G. i Spaeth, S. (2007). The open source software phenomenon: Characteristics that promote research. *Journal of Strategic Information Systems*, 16(3):236–253. ▷ 207
- Wang, H.-C., Pallister, J. G., i Foxall, G. R. (2006). Innovativeness and involvement as determinants of website loyalty: III. theoretical and managerial contributions. *Technovation*, 26(12):1374–1383. ▷ 119
- Wang, Y. D. i Emurian, H. H. (2005). An overview of online trust: Concepts, elements, and implications.

Computers in Human Behavior, 21(1):105–125. ▷ 98

Wang, Y.-S. (2003). Assessment of learner satisfaction with asynchronous electronic learning systems. *Information and Management*, 41(1):75–86. ▷ 126

Wang, Y.-S. i Shih, Y.-W. (2009). Why do people use information kiosks? a validation of the unified theory of acceptance and use of technology. *Government Information Quarterly*, 26(1):158–165. ▷ 115

Wang, Y.-S., Wu, M.-C., i Wang, H.-Y. (2009). Investigating the determinants and age and gender differences in the acceptance of mobile learning. *British Journal of Educational Technology*, 40:92–118. ▷ 114

Waring, T. i Maddocks, P. (2005). Open source implementation in the UK public sector: Evidence from the field and implications for the future. *Int. Journal of Information Management*, 25(2):411–428. ▷ 8, 204

Watson, R. T. i Brancheau, J. C. (1991). Key issues in information systems management: an international perspective. *Inf. Manage.*, 20(3):213–223. ▷ 154

Webbink, M. H. (2005). A new paradigm for intellectual property rights in software. *Duke Law and Tech. Rev.*, 12. <http://www.law.duke.edu/journals/dltr/articles/2005dltr0012.html>. ▷ 183

Weber, S. (2004). *The Success of Open Source*. Harvard University Press. ▷ 7, 171, 197, 200, 201, 203

Weitzel, T., Beimborn, D., i König, W. (2006). A unified economic model of standard diffusion: The impact of standardization cost, network effects, and network topology. *MIS Quarterly*, 30(489–514):489–514. ▷ 148

West, J. (2003). How open is open enough? *Research Policy*, 32(7):1259–1285. ▷ 189, 190, 191, 201

West, J. (2007). Value capture and value networks in open source vendor strategies. W *Proc. of the 40th Annual Hawaii Int. Conference on System Sciences*. ▷ 191, 195

Wetzels, M., Odekerken-Schöder, G., i van Oppen, C. (2009). Using PLS modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration. *MIS Quarterly*, 33(1):177–195. ▷ 77

Whitten, D. i Wakefield, R. L. (2006). Measuring switching costs in IT outsourcing services. *Journal of Strategic Information Systems*, 15(3):219–248. ▷ 131, 147, 156

Widaman, K. F. i Thompson, J. (2003). On specifying the null model for incremental fit indices in structural equation modeling. *Psychological Methods*, 8:16–37. ▷ 31

Winter, S. J., Chudoba, K. M., i Gutek, B. A. (1997). Misplaced resources? factors associated with computer literacy among end-users. *Information and Management*, 32(1):29–42. ▷ 94

Wixom, B. H. i Watson, H. J. (2001). An empirical investigation of the factors affecting data warehousing success.

MIS Quarterly, 25(1):17–41. ▷ 73, 74, 75, 79, 157

Woszczynski, A. i Whitman, M. (2001). Common method variance in IS research: Should we be concerned? *W AMCIS 2001 Proceedings*. ▷ 49, 59

Wu, C.-G., Gerlach, J. H., i Young, C. E. (2007a). An empirical analysis of open source software developers' motivations and continuance intentions. *Information and Management*, 44(3):253–262. ▷ 201

Wu, J.-H., Chen, Y.-C., i Lin, L.-M. (2007b). Empirical evaluation of the revised end user computing acceptance model. *Computers in Human Behavior*, 23(1):162–174. ▷ 110

Wu, W. W., Lin, S.-H., Cheng, Y.-Y., Liou, C.-H., Wu, J.-Y., Lin, Y.-H., i Wu, F. H. (2006). Changes in MIS research status and themes from 1989 to 2000. *Int. J. Inf. Syst. Chang. Manage.*, 1(1):3–35. ▷ 154

Wu, Y.-L., Tao, Y.-H., i Yang, P.-C. (2007c). Using UTAUT to explore the behavior of 3g mobile communication users. *W Industrial Engineering and Engineering Management, 2007 IEEE International Conference on*, s. 199–203. ▷ 115

Wydawnictwo Naukowe PWN (bdw). Portal wiedzy PWN. <http://www.pwn.pl/>. ▷ 69

Yang, Z., Cai, S., Zhou, Z., i Zhou, N. (2005). Development and validation of an instrument to measure user perceived service quality of information presenting web portals. *Information and Management*, 42(4):575–589. ▷ 44

Yi, M. Y., Fiedler, K. D., i Park, J. S. (2006a). Understanding the role of individual innovativeness in the acceptance of IT-based innovations: Comparative analyses of models and measures. *Decision Sciences*, 37(3):393–426. ▷ 88, 118, 243

Yi, M. Y., Jackson, J. D., Park, J. S., i Probst, J. C. (2006b). Understanding information technology acceptance by individual professionals: toward an integrative view. *Information and Management*, 43(3):350–363. ▷ 51, 87, 118, 150, 243

Yousafzai, S. Y., Foxall, G. R., i Pallister, J. G. (2007a). Technology acceptance: a meta-analysis of the TAM: Part 1. *Journal of Modelling in Management*, 2. ▷ 91, 92, 99, 102

Yousafzai, S. Y., Foxall, G. R., i Pallister, J. G. (2007b). Technology acceptance: a meta-analysis of the TAM: Part 2. *Journal of Modelling in Management*, 2. ▷ 92, 99, 100, 101, 102

Zhu, H.-T. i Lee, S.-Y. (2001). A bayesian analysis of finite mixtures in the lisrel model. *Psychometrika*, 66(1):133–152. ▷ 65

- Zhu, K., Dong, S., Xu, S. X., i Kraemer, K. L. (2006a). Innovation diffusion in global contexts: Determinants of post-adoption digital transformation of european companies. *European Journal of Information Systems*, 15(6):601–616. ▷ [212](#), [263](#)
- Zhu, K. i Kraemer, K. L. (2005). Post-adoption variations in usage and value of e-business by organizations: Cross-country evidence from the retail industry. *Info. Sys. Research*, 16(1):61–84. ▷ [138](#), [140](#), [143](#)
- Zhu, K., Kraemer, K. L., i Dedrick, J. (2004). Information technology payoff in e-business environments: An international perspective on value creation of e-business in the financial services industry. *J. Manage. Inf. Syst.*, 21(1):17–54. ▷ [67](#), [139](#), [140](#)
- Zhu, K., Kraemer, K. L., Gurbaxani, V., i Xin Xu, S. (2006b). Migration to open-standard interorganizational systems: Network effects, switching costs, and path dependency. *MIS Quarterly*, 30:515–539. ▷ [57](#), [68](#), [138](#), [148](#)
- Zhu, K., Kraemer, K. L., i Xu, S. (2003). Electronic business adoption by european firms: a cross country assessment of the facilitators and inhibitors. *European Journal of Information Systems*, 12:251–268. ▷ [140](#), [142](#), [143](#)
- Zviran, M. i Erlich, Z. (2003). Measuring IS user satisfaction: Review and implications. *Comm. of the AIS*, 2003(12):81–103. ▷ [119](#), [120](#), [122](#), [125](#), [127](#)

Dodatek A

Skale pomiarowe czynników modeli TAM/UTAUT

Zestawienie proponowanych w pracach Igbari i innych (1997), Moore'a i Benbasata (1991), Bhattacharjee (2001), Karahanny i innych (2006), Venkatesha i Davisa (2000), Venkatesha i innych (2003), Davisa (1989), Davisa i innych (1989), Agarwala i Prasada (1998) oraz Lai i Li (2005) pozycji do skal pomiarowych czynników oczekiwanych osiągnięć/postrzeganej użyteczności, oczekiwanego wysiłku/łatwości używania oraz zamiaru wykorzystania/dalszego wykorzystania.

Performance expectancy/PU/RA

1. *I would find the system useful in my job* (Venkatesh i inni, 2003)
2. *Using the system enables me to accomplish tasks more quickly* (Venkatesh i inni, 2003; Moore i Benbasat, 1991)
3. *Using the system increases my productivity* (Venkatesh i inni, 2003), (Igbaria i inni, 1997; Bhattacharjee, 2001; Karahanna i inni, 2006; Venkatesh i Davis, 2000; Moore i Benbasat, 1991)
4. *If I use the system I will increase my chances of getting a rise* (Venkatesh i inni, 2003)
5. *Using the system improves my job performance* (Igbaria i inni, 1997; Bhattacharjee, 2001; Karahanna i inni, 2006; Venkatesh i Davis, 2000; Moore i Benbasat, 1991)
6. *Using X enhances my effectiveness on the job* (Igbaria i inni, 1997; Bhattacharjee, 2001; Karahanna i inni, 2006; Venkatesh i Davis, 2000; Moore i Benbasat, 1991)
7. *[Overall] I find X useful in my job* (Igbaria i inni, 1997; Bhattacharjee, 2001; Venkatesh i Davis, 2000)

8. *Using the system makes it easier to do my job* (Karahanna i inni, 2006)
9. *Using X gives me greater control over my work* (Davis, 1989; Moore i Benbasat, 1991)
10. *Using X improves the quality of work I do* (Moore i Benbasat, 1991)
11. *Using X makes it easier to do my job* (Moore i Benbasat, 1991)
12. *Overall, I find using X to be advantageous in my job* (Moore i Benbasat, 1991)

Pozycje 1–4 mierzą PE według Venkatesha i innych (2003). Pozycje 2, 3, 5, 6, 9–12 mierzą RA według Moore'a i Benbasata (1991) pozycje 2, 10, 11, 6, 9 tworzą krótką skalę RA według Moore'a i Benbasata (1991). Zwróćmy także uwagę, że pozycja 9 (*dzięki X lepiej panuję nad tym co robię*) jest podobna do 2 (*łatwo robię w X to co chcę*) i może powodować potencjalnie problemy z jednowymiarowością skal. Pomiar czynnika PU zwykle zawiera 3 pytania: *system X improves/enhances/increases preformance/effectiveness/productivity* identyfikujące pośrednio przewagę systemu X z lepszą efektywnością pracy.

EE/PEOU

1. *Learning to use X is easy for me* (Igbaria i inni, 1997; Karahanna i inni, 2006; Venkatesh i inni, 2003; Moore i Benbasat, 1991)
2. *I find it easy to get X to do what I want them to do* (Igbaria i inni, 1997; Karahanna i inni, 2006; Venkatesh i Davis, 2000; Davis, 1989; Moore i Benbasat, 1991)
3. *It is easy for me to become skillfull at using X* (Igbaria i inni, 1997; Karahanna i inni, 2006; Venkatesh i inni, 2003)
4. *[Overall] I find X easy to use* (Igbaria i inni, 1997; Karahanna i inni, 2006; Venkatesh i Davis, 2000; Venkatesh i inni, 2003; Moore i Benbasat, 1991)
5. *I find X to be flexible to interact with* (Karahanna i inni, 2006)
6. *My interaction with X is clear and understandable* (Karahanna i inni, 2006; Venkatesh i Davis, 2000)

7. *Interacting with the system does not require a lot of my mental effort* (Venkatesh i Davis, 2000; Davis, 1989)
8. *Using X requires a lot of mental effort* (Moore i Benbasat, 1991)
9. *X often behaves in unexpected ways*
10. *Using X is often frustrating* (Moore i Benbasat, 1991)
11. *I believe that X is cumbersome to use* (Moore i Benbasat, 1991)

Pozycje 1, 3, 4, 6 mierzą EE według Venkatesha i innych (2003) Pozycje 1, 2, 4 mierzą PEOU [krótka skala] według Moore'a i Benbasata (Moore i Benbasat, 1991). W świetle sposobu pomiaru czynniki EE z modelu UTAU oraz PEOU są identyczne.

BI

1. *Assuming I have access to X, I intend to use it* (Venkatesh i Davis, 2000)
2. *Given that I have access to X, I predict that I would use it* (Venkatesh i Davis, 2000)
3. *I intend to use X in the next n months* (Venkatesh i inni, 2003)
4. *I predict I would use X in the next n months* (Venkatesh i inni, 2003)
5. *I plan to use X in the next n months* (Venkatesh i inni, 2003)
6. *I will use X on a regular basis in the future* (Lai i Li, 2005)
7. *I will frequently use X in the future* (Lai i Li, 2005; Agarwal i Prasad, 1998)
8. *I will strongly recommend others to use X* (Lai i Li, 2005)
9. *I intend to increase my use of X in the future* (Agarwal i Prasad, 1998)

Pozycje 3–5 mierzą BI według Venkatesha i innych (2003) i odpowiadają rekomendacji Ajzena (1991) dotyczącej sposobu mierzenia tego czynnika.

CI

1. *I intend to continue using X rather than discontinue its use* (Bhattacharjee, 2001)
2. *My intentions are to continue using X than use any alternative means* (Bhattacharjee, 2001)
3. *If I could, I would like to discontinue my use of X* (Bhattacharjee, 2001)

Dodatek B

Krótki opis składni języka LISREL

Omówimy składnię języka LISREL/PRELIS na przykładzie programu służącego do weryfikacji modelu RA-SC omówionego w punkcie 4.2.1¹.

1. Wszystkie wiersze przed wierszem zawierającym DA stanowią *nagłówki* i są ignorowane. W nagłówku umieszcza się komentarz lub opis problemu. Klauzula DA rozpoczyna definiowanie danych wejściowych, a znaczenie poszczególnych argumentów jest następujące: NI – liczba zmiennych w zbiorze danych, NO – liczba obserwacji w zbiorze danych, MA – analizowana macierz (CM macierz kowariancji, KM macierz korelacji, itp.). Znak ! rozpoczyna komentarz (LISREL ignoruje ! i wszystkie następne znaki, aż do końca wiersza):

Model RA-SC; 8 czynników. Skale ostateczne (24 zmienne)

! t.przechlewski 2011, <http://member.acm.org/~tprzechlewski/sem/>

DA NI=26 NO=228 MA=CM

2. Klauzula KM określa, że zbiorem danych wejściowych jest macierz korelacji. Najwygodniej jest umieścić dane w oddzielnym pliku – wówczas argument FI=*nazwa-pliku* określa nazwę pliku z danymi:

KM FI=Model_TAMSC_00.mtx

3. Dla wygodny dobrze jest oznaczać zmienne etykietami, które można umieścić bezpośrednio w pliku programu LISREL albo w pliku zewnętrznym (jako pojedynczy wiersz oddzielonych odstępami

¹Systemem LISREL można posługiwać się także poprzez interfejs graficzny, konstruując myszą diagram ścieżkowy.

nazw). Drugi ze sposobów jest lepszy, bo zwykle wiele skryptów LISRELA wykorzystuje ten sam zbiór etykiet:

LA FI=Model_TAMSC_00.1b1

4. Klauzula SE określa zbiór zmiennych mierzalnych wykorzystywanych w modelu. Jeżeli zmiennych jest mniej niż NI, to polecenie SE winno kończyć się znakiem /. Zmienne mogą być identyfikowane przez kolejny numer ze zbioru danych (co jest niewygodnym rozwiązaniem – ale jedynym jeżeli nie zadeklarowano etykiet) lub przez zadeklarowaną w poleceniu LA etykietę. Zmienne endogeniczne *muszą* być wyliczane jako pierwsze. Znak C na końcu wiersza oznacza, że kolejny wiersz jest kontynuacją:

! kolejno: RPAT / REOU / RPAI / TC / SC / CI / RPAE / PIIT

SE; rp1 rp2 rp3 eu1 eu2 eu3 rai1 rai2 tc1 tc2 C

sc1 sc2 sc3 sc4 sc5 bi1 bi2 bi3 bi4 rae1 rae2 pi1 pi2 pi3 /

5. Klauzula MO rozpoczynająca *specyfikację modelu* służy do zadeklarowania liczby zmiennych mierzalnych i ukrytych oraz postaci różnych macierzy określający model równań strukturalnych (por. 1.1 w punkcie 1.2.2):

MO NY=19 NE=7 NX=5 NK=2 LX=FU,FI LX=FU,FI BE=FU,FI C

GA=FU,FI PH=SY,FR PS=DI,FR TD=DI,FR TE=DI,FR

Znaczenie poszczególnych opcji jest następujące: NY – liczba zmiennych endogenicznych, NX – liczba zmiennych egzogenicznych, NE – liczba czynników endogenicznych, NK – liczba czynników egzogenicznych. Oznaczenie macierzy jest następujące (po znaku równości podano wartość domyślną): LY=FU,FI (Λ_y), LX=FU,FI (Λ_x), BE=ZE,FI (**B**), GA=FU,FR (Γ), PH=SY,FR (Φ), PS=DI,FR (Ψ), TE=DI,FR (Θ_e), TD=DI,FR (Θ_δ). Symbole FU, SY oraz DI oznaczają odpowiednio macierz pełną, symetryczną i diagonalną. Symbol FI oznacza, że macierz zawiera elementy ustalone (i równe zero); natomiast FR, że zawiera elementy wolne (por. punkt 1.2.2).

W powyższym przykładzie macierze Λ_y , Λ_x , **B**, Γ są deklarowane jako ustalone w pełnej wielkości. Zaś Φ , Ψ , Θ_e , Θ_δ jako wolne. Macierz Φ jest symetryczna, pozostałe są diagonalne.

6. Klauzula LE/LK służy do określenia etykiet dla zmiennych ukrytych endogenicznych (η) oraz egzogenicznych (ξ). Zmienne ukryte mogą być identyfikowane przez kolejny numer, ale jest to rozwiązanie niewygodne:

LE ; RPAT EOU RPAI RPA TC SC BI

LK ; RPAE PIIT

7. Uwolnienie/ustalenie wybranych parametrów modelu równań strukturalnych – służą do tego odpowiednio klauzule FR/FI. Ponieważ macierze Λ_y , Λ_x , \mathbf{B} , Γ zostały uprzednio zadeklarowane jako ustalone, teraz należy uwolnić wybrane parametry.

Dla każdego czynnika uwalniamy wszystkie (za wyjątkiem pierwszej) ścieżki czynnik-miara. Zapis LY(2,1) oznacza drugą miarę dla pierwszego czynnika endogenicznego (czyli w tym przypadku będzie to RPAT→RP2):

FR LY(2,1) LY(3,1) LY(5,2) LY(6,2) LY(8,3) ! rpat / reou / rpai

! ** *** rpa to zmienna o numerze 5 (por. klauzulę LE)

FR LY(10,5) LY(12,6) LY(13,6) LY(14,6) LY(15,6) ! tc / sc

FR LY(17,7) LY(18,7) LY(19,7) ! / bi

FR LX(2,1) LX(4,2) LX(5,2) ! rpe / piit

Pierwsza ścieżka czynnik-miara dla każdego czynnika pozostaje ustalona. Aby przypisać skalę każdemu ukrytemu czynnikowi należy przypisać temu parametrowi wartość 1 (por. punkt 1.2.2)²:

VA 1 LY(1,1) LY(4,2) LY(7,3) LY(9,5) LY(11,6) LY(16,7)

VA 1 LX(1,1) LX(3,2)

8. Uwolnienie parametrów w części strukturalnej modelu równań strukturalnych. Zapis GA(7,1) oznacza element $\gamma_{7,1}$ macierzy Γ , w naszym przykładzie jest to relacja RPAE→CI:

²Jest to jeden z dwóch możliwych, zwyczajowych sposobów przypisania skali czynnikom ukrytym. Inny polega na uwolnieniu wszystkich ścieżek czynnik-miara i ustaleniu jako równych 1 elementów diagonalnych macierzy PH.

! Macierz GAMMA:

```
FR GA(7,1) GA(4,2) GA(5,2) GA(6,2) ! rpa->ci ; piit->rpa/tc/sc
FR GA(7,2) ! piit->bi
```

! Macierz BETA

```
FR BE(1,4) FR BE(2,4) FR BE(3,4) ! rpa->rpat/eou/rpai
```

```
FR BE(7,4) BE(7,6) BE(4,6) BE(6,5) ! rpa->bi; sc->bi/rpa; tc->sc
!FR BE(4,5) ! tc->rpa
```

9. Określenie formatu wydruku, metody estymacji oraz parametrów procedury optymalizacyjnej:
OU ME=ML ND=3 MI RS MR SC EF IT=500 AD=OFF

Znaczenie poszczególnych opcji jest następujące: ME – metoda estymacji (tutaj ME=ML oznacza, że wybrano metodę największej wiarygodności); IT – maksymalna liczba iteracji procedury optymalizacyjnej (domyślnie dziesięciokrotność liczby wolnych parametrów); AD – sprawdzanie dopuszczalności otrzymanego rozwiązania (w każdej m -tej iteracji; domyślnie włączona z wartością $m = 20$; OFF – wyłączona). Ponadto: MI – drukuj wartości indeksów modyfikacji (XM – nie drukuj wartości indeksów modyfikacji); RS – drukuj wartości reszt, standaryzowane wartości reszt oraz wartości macierzy $\hat{\Sigma}$; MR – drukuj różne dodatkowe wyniki diagnostyczne; SC – drukuje wartości standaryzowane; EF – drukuj wielkości efektów częściowych i całkowitych.

Skrypt programu PRELIS

PRELIS to program przetwarzający dane na postać, którą rozumie LISREL. Typowym zadaniem dla PRELISA jest wygenerowanie macierzy kowariancji.

1. Podobnie jak w przypadku LISRELA wszystkie wiersze przed wierszem zawierającym DA

są ignorowane. Określenie danych wejściowych zaczyna się od klauzuli DA, której składnia jest identyczna jak w programie LISREL:

Skrypt PRELIS generujący macierz kowariancji z danych RAW

```
DA NI=26 NO=228
```

2. Klauzula RAW określa, że zbiorem danych wejściowych jest zbiór typu RAW co oznacza, że dane są zawarte w pliku tekstowym. Każda obserwacja w takim pliku stanowi osobny wiersz, a każda kolumna zmienną. Kolumny oddzielone są odstępami (jeden lub więcej znaków spacji/tabulacji):

```
RAW FI=Model_TAMSC_00.txt
```

Ponieważ ten skrypt służy tylko do wygenerowania macierzy kowariancji, etykiety zmiennych nie są potrzebne. W bardziej zaawansowanych zastosowaniach mogą się przydać:

```
LA FI=Model_TAMSC_00.lbl
```

Generowanie macierzy (wykorzystywanej następnie w programie LISREL) o typie określonym opcją MA do pliku o nazwie określonej opcją SM:

```
OU MA=KM SM=Model_TAMSC_00.mtx
```

Uwaga: W skryptach programów LISREL/PRELIS poszczególne polecenia są oddzielone końcem wiersza lub znakiem ; (średnik).

Skorowidz

SI/TI, 7

ACI, 77

adaptacja, 136

Adobe Inc., 166, 168

adopcja, 136

AGFI, 34, 38, 55

AIC, 31, 39, 57

akceptacja, 104, 136

algorytm

— EM, 64, 80

— FIMIX-PLS, 79–81

— PLSPM, 71–72

— STEMM, 61

analiza

— czynnikowa, 50, 51, 54

— głównych składowych, 50–51

— macierzy MTMM, 42, 45, 46, 49, 50, 57–59

architektura, 159

ATT, zob. postawa

AVE, 54, 55, 75, 77, 218–221, 229–231, 235, 249, 259, 262,

zob. przeciętna wariancja wyodrębniona

BI, 114, 116, 258–262, 305, zob. zamiar

błąd

— aproksymacji, 35, zob. RMSEA

— estymacji, zob. RMSEA

— pomiaru, 23, 41

— systematyczny, 49

bootstrap, 55, 75, 77, 78

BZP, 233

CAIC, 39

CASE, 101, 139

centralizacja, 137

CFI, 38–40, 53

CI, 76, 77, 243, 248, 252–255, 305

CR, 48, 75, 218–221, 229, 230, 235, 250, 259, 262

CRM, 138, 141, 158

CTT, 41

czynnik

— PIIT, zob. skala PIIT

— wyższego rzędu, 55

DeLone’a-McLeana model, zob. model DeLone’a-McLeana

dobro informacyjne, 184

dopasowanie, 109

DOSTOSOW, 212, 215, 235

e-biznes, 123, 130, 140, 142

e-learning, 115, 126

E-S-QUAL, 133

Ebay, 202

ECT, zob. teoria oczekiwanej niezgodności

ECVI, 39

EDI, 92, 135, 140–142, 144, 209

EDT, zob. teoria oczekiwanej niezgodności

EE, 113, 114, 116, 304, 305

efekt

— metody, 50

— sieciowy, 134, 135, 146–148, 190

— skali, 134, 185, 186, 192

— zakresu, 187

— zewnętrzny, 146

empatia, 133

EN, 81

end-user, zob. użytkownik końcowy

ERP, 30, 92, 94, 101, 107, 126, 138, 141, 144, 149, 202

FC, 113, 116

Firefox, 7, 256

formalizacja, 141

gcc, 170, 179

GFI, 31, 37, 38, 40, 55, 217–219, 222, 224, 226, 227, 229,
248–250, 252, 258, 261, 262

GLS, 28

GoF, 77

Google, 98, 166, 185, 189, 195, 196, 202

heterogeniczność, zob. nieobserwowana różnorodność

IBM, 160, 163, 164, 198, 202

informatyka ekonomiczna, 14, 15, 82, 153

— a informatyka stosowana, 16

— problemy badawcze, 16, 153–156

— rola czynnika SI/TI, 154–158

infuzja, 55, 137, 139

inicjacja, 136

innowacyjność, 117, 118

Intel, 161, 189

intencja, zob. zamiar

internalizacja, 190

inwariancja, 59

IOS, 209

izomorfizm

— naśladowczy, 30, 143, 144, 212

— normatywny, 30, 144

— przymusowy, 143

jakość

— danych, 109, 121, 123

— informacji, 120

— systemu, 121, 123

— usług, 123, 133

— wyniku, 110

KAI, zob. skala Kirtona

kanały komunikacji, 86

klasyfikacja SI/TI

- Kwana i Westa, 162
- Swansona, 138, 144, 162, 209

kod

- wynikowy, 158
- źródłowy, 158, 161, 175–177, 188

komodyzacja SI/TI, 195–196, 202

kompatybilność, 88, 109, 139, 159, 161, 173, 179, 191, 192, 194

konserwacja, 161

kontrola behawioralna, zob. postrzegana kontrola behawioralna

KORZBZP, 214, 217, 218, 220–222, 226, 227, 229–231, 233, 234

KORZYŚCI, 217, 218, 220, 221, 224, 226, 230, 231, 235

korzyści skali, zob. efekt skali

koszt krańcowy, 186

koszty

- finansowe, 148
- transakcyjne, 145
- utopione, 191
- wyszukiwania informacji, 145
- zmiany, 131, 134, 147, 148

KOSZTY, 217, 218, 220, 221, 224, 230, 231

kryterium informacyjne Akaike, zob. AIC

licencja, 174

Linux, 7, 160, 161, 165, 170–172, 178, 179, 190, 193, 196, 197, 202

Lisrel, 208, 306–310

lojalność, 130

ładunki czynnikowe, 23

łatwość użytkowania, zob. postrzegana łatwość użytkowania

metoda

- badawcza, 17, 100
- CTCM, 49, 57, 58
- GSCA, 20
- MTMM, zob. analiza macierzy MTMM
- największej wiarygodności, 19, 28, 37
- podziału połówkowego, 47
- TCO, 120
- test-retest, 47, 68

miara

- τ -ekwiwalentna, 41
- formatywna, 94
- mocna, 106
- pokrewna, 41
- równoległa, 41
- słaba, 105

Microsoft, 106, 132, 147, 160, 161, 164, 166–169, 176, 186, 189, 193

model

- akceptacji technologii, 59, zob. model TAM
- bazowy, 31, 37
- DeLone’a-McLeana, 75, 119–123

- DiMaggio i Powella, 143
- ekwiwalentny, 29
- Lewina, 135, 137
- nierekursywny, 26
- niezależności, zob. model zerowy
- optymalny, 29
- pomiaru, 22
- refleksyjny, 22
- rekursywny, 26, 70
- Swansona, zob. klasyfikacja SI/TI Swansona
- TAM, 34, 35, 46, 92–207
- TAM2, 110, 112
- TOE, 139, 209
- TTE, 109, 149
- UTAUT, 112, 115
- wewnętrzny, 70
- zagnieżdżony, 28, 52
- zerowy, 31
- zewnętrzny, 70
- model TAM, 240
- modelowanie mieszanin, 61
- modelowanie miękkie, zob. PLSPM

naśladownictwo organizacyjne, zob. izomorfizm naśladowczy

NCT, 243, 248

NFI, 31, 36–40, 217–219, 222, 224, 226, 227, 229, 248–250, 252, 258, 261, 262

nienormowany indeks dopasowania, zob. NNFI

nieobserwowalna różnorodność, 61, 79

niezawodność, 110, 121, 132, 142, 162

niezmienniczość, 59

NNFI, 37, 39, 40

NNI, 53

Nokia, 202

normy subiektywne, 89, 91, 110, 111, 119

obserwowalność, 87

ocena wyniku, 112

oczekiwane osiągnięcia, 112, 114

oczekiwany wysiłek, 113, 114

OLTP, 162

Open Source Initiative, 177

oprogramowanie

– Open Source, 169–172, 177–180, 187, 193, 196

– definicja, 158–161

– infrastrukturalne, 159, 162, 194–196, 198

– organizacja produkcji, 186

– wady, 175, 176

osobowość, 117

outsourcing, 147

paradygmat badawczy, 17, 18

parametr

– ograniczony, 26

– ustalony, 26, 29, 31, 33

– wolny, 26

patent, 172, 180

PE, 112, 114, 116, 239, 240, 254, 260, 304

PEOU, 118, 205, 233, 238–242, 254, 257–262, 304, 305,

zob. postrzegana łatwość użytkowania

PGFI, 38

PIIT, 243, 244, 248, 255, zob. czynnik PIIT

platforma, 160, 189–191

PLSPM, 19

podejście hypod edukcyjne, 29

pomiar informacji, 120

postrzegana

— dobrowolność, 107

— istotność zachowania prywatności, 46, 57

— kontrola behawioralna, 89, 92, 95, 96

— łatwość użytkowania, 46, 90, 113

— użyteczność, 46, 90

— właściwość innowacji, 86

postrzegane

— korzyści, 141, 148, 209

— koszty, 141, 209

— koszty zmiany, 131

— zasoby, 94

— zgodność z obowiązującymi standardami, 141

pracownik wiedzy, 109

przeciętna wariancja wyodrębniona, 54

przenośność, 161

PU, 205, 233, 238–240, 254, 256–262, 303, 304, zob.

postrzegana użyteczność

punktualność, 110

RA, 238, 239, 303, 304

reguła

— *t*, 27

— Lee-Herschbergera, 29

relewantność, 110

REOU, 239, 241, 248, 253, 255

respondent, 100, 101, 108

RML, 28

RMR, 31, 40, 222, 224, 226

RMSEA, 34–36, 40, 53, 61, 217–219, 222, 224, 226, 227, 229, 248–250, 252, 258, 261, 262

RNI, 34, 61

RPA, 239, 245

RP AE, 239, 241, 243, 248

RP AI, 239, 241, 248, 253, 255

RP AT, 239, 241, 248, 253, 255

RPSQ, 241, 243, 251, 252, 255

RPU, 243

rutynizacja, 104, 109, 136

rynek dwustronny, 189

ryzyko, 138, 139, 148

rzetelność, 47, 118

samoskuteczność, 95, 96

satysfakcja, 121–125, 141

SATYSFAKCJA, 215, 217, 218, 220–222, 230, 231

SC, 242, 243, 248, 252

SERVQUAL, 132

SI, 113, 114

skala

- ACI, 118
- EUCS, 47, 125
- Kirtona, 119, 142
- PIIT, 118

skończona mieszanina, 63

spójność danych, 109

sprzyjające warunki, 96, 113

SQ, 240

SRMR, 40

styl poznawczy, 118

sukces SI, zob. model DeLone'a-McLeana

systemy

- biurowe, 100
- elektronicznej wymiany danych, 140
- komunikacyjne, 100
- ogólnego przeznaczenia, 100
- otwarte, 140
- wyspecjalizowane, 101

średniokwadratowy błąd aproksymacji, zob. RMSEA

tajemnica handlowa, 159, 164, 172, 177

teoria

- dyfuzji innowacji, 86, 87, 135
- instytucjonalna, zob. model DiMaggio i Powella
- kosztów transakcyjnych, 147
- Lewina, zob. model Lewina
- oczekiwanej niezgodności, 129

- planowanego działania, 34, 89, 92, 95, 96, 107, 113, 116, 117

- społecznego uczenia się, 112

- stylu poznawczego, 118

- uzasadnionego działania, 89, 91, 107, 113

- wymiany społecznej, 147

test

- χ^2 , 30, 32, 33, 35, 36, 52

- Harmana, 49

- mnożnika Lagrange'a, 33

- permutacyjny, 79

- Stone-Geissera, 76

- Walda, 33

TLI, 31, 37, zob. NNFI

TPB, zob. teoria planowanego działania

TRA, zob. teoria uzasadnionego działania

trafność, 42

- czynnikowa, 45, 50

- diagnostyczna, 44

- dyskryminacyjna, 44, 54, 58, 104, 118, 133

- kryterialna, 42, 44

- nomologiczna, 46, 118

- predykcyjna, 104

- prognostyczna, 44

- różnicowa, 219, 230, 249, 262

- teoretyczna, 42, 44, 45, 133

- treściowa, 42, 43

- zbieżna, 44, 54, 118

TRIPS, 182

TTF, zob. model TTF

uczestnictwo, zob. zaangażowanie

unormowany indeks dopasowania, zob. NFI

USE, 116, zob. wykorzystanie

użyteczność, zob. postrzegana użyteczność

użytkownik

— indywidualny, 85, 135, 148

— końcowy, 42, 47, 90, 93, 125, 160

VIF, 234

wielkość efektu, 99, 101, 102

wielkość próby, 28

Wintel, 160, 189, 190, 193, 211, 246

wizerunek, 110, 113

wpływ społeczny, 113

WSPARCIEZ, 229, 233, 234

współczynnik

— α , 47

— mieszkający, 64

— rzetelności łącznej, 48

współliniowość, 69

WYKORZYSTANIE, 212, 215, 222, 224, 226, 227, 235

wykorzystanie systemu, 10, 90, 93, 95, 112, 123, 138, 149, 162

— dobrowolne, 107, 109, 114

— sposób pomiaru, 101, 103–105

względna przewaga, 86, 88, 112, 139, 142, 238

zaangażowanie użytkownika, 125–127, 151, 207

zamiar, 89, 90, 96, 108

— dalszego wykorzystania, 105

— implementacji, 138, 144

— powtórnego zakupu, 105

zgodność, 86, 129

— wewnętrzna, 47, 48, 68

ZŁOZONOSC, 217–221, 230, 231

złożoność, 87, 113, 138

zmienna

— moderująca, 99

— ukryta, 22, 40

— zewnętrzna, 90