

Bartłomiej GŁADYSZ, Krzysztof SANTAREK  
Politechnika Warszawska  
Wydział Inżynierii Produkcji  
Instytut Organizacji Systemów Produkcyjnych  
b.gladysz@wip.pw.edu.pl, k.santarek@wip.pw.edu.pl

## OCENA RFID PRZY WYKORZYSTANIU DYNAMIKI SYSTEMÓW NA PRZYKŁADZIE POLSKICH BIBLIOTEK

**Streszczenie.** W artykule zaprezentowano wykorzystanie dynamiki systemów do analizy efektów wdrożenia technologii, których zakres oddziaływania wykracza poza bezpośrednie miejsce wdrożenia technologii. Istnieje szereg technologii, których efekty wdrożenia pojawiają się w obszarach, w których ich się pierwotnie nie spodziewano. Wykorzystanie dynamiki systemów pozwala zrozumieć mechanizmy powodujące pojawianie się tychże efektów. Przedstawiono przykład i omówiono wyniki symulacji dla modelu dyfuzji F. Bass'a dla technologii identyfikacji radiowej w polskich bibliotekach.

**Słowa kluczowe:** ocena technologii, RFID, dynamika systemów, model dyfuzji Bass'a

## AN ASSESSMENT OF RFID USING SYSTEMS DYNAMICS ON EXAMPLE OF POLISH LIBRARIES

**Abstract.** Authors presented application of systems dynamics for an assessment of implementation of technology, which impacts extend direct point of application. There are many technologies, which implementation impacts areas, that were not initially assumed to be impacted. Application of systems dynamics enables better understanding of mechanisms driving such effects. An example of a simulation for the F.M. Bass diffusion model of radio frequency identification technology in Polish libraries was presented and discussed.

**Keywords:** technology assessment, RFID, systems dynamics, Bass diffusion model

## 1. Wstęp

Decyzje dotyczące celowości opracowania i wdrożenia nowej technologii są związane z oceną oddziaływania technologii nie tylko na organizację, jej procesy, pozycję konkurencyjną, i in., lecz również na środowisko, społeczeństwo. Takie oceny są ważne a niekiedy wręcz niezbędne w przypadku wielu technologii rozwijających się (tj. znajdujących się we wczesnych fazach rozwoju) i przełomowych (radykałnych), których kierunki rozwoju oraz oddziaływanie na otoczenie nie są jeszcze znane ani też przewidywane, i są dokonywane w skali globalnej, regionalnej, krajowej bądź konkretnej organizacji. Ocena skutków oddziaływania technologii wywodzi się z prognozowania techniki (kierunki, tempo i poziom rozwoju, możliwe korzyści i zagrożenia, itp.) i jest także przedmiotem zainteresowania wielu dyscyplin nauk społecznych, w tym filozofii, socjologii i in. W ocenach takich brane są pod uwagę m.in. kryteria etyczne, opinie społeczeństwa, wpływ techniki i technologii na środowisko społeczne i naturalne, i in.<sup>1</sup> W referacie przedstawiono wykorzystanie modeli dynamiki systemów do oceny skutków oddziaływania technologii RFID.

## 2. Ocena RFID

### 2.1. Technologie o szerokim zakresie oddziaływania

Ocena skutków oddziaływania technologii jest iteracyjnym, opartym na naukowych przesłankach procesem komunikowania się, którego celem jest uzyskanie opinii na temat szeroko rozumianych społecznych aspektów nauki i techniki. Taka ocena wynika z przekonania, iż nowe odkrycia i technologie są ważne dla społeczeństwa a nie tylko dla naukowców i inżynierów, a także, iż postęp naukowo-techniczny rodzi dylematy etyczne. Aby ocenić technologie nie wystarczy po prostu rozwiązać problemy i spełnić zakładane wymagania i ograniczenia techniczne, organizacyjne czy ekonomiczne, lecz także trzeba przewidywać i przeciwdziałać możliwym negatywnym konsekwencjom, jakie mogą się pojawić w wyniku przypadkowego czy też bezmyślnego wykorzystania i upowszechnienia nowej technologii<sup>2</sup>.

Brak oceny skutków oddziaływania technologii z uwzględnieniem uwag, opinii i oczekiwań osób i środowisk, które z różnych względów są nimi zainteresowane bądź też są (bądź też będą) przedmiotem oddziaływania tych technologii rodzi liczne problemy natury etycznej, społecznej a nawet politycznej. Bagatelizowanie tego problemu powoduje opóźnienia w realizacji przedsięwzięć, konieczność zmiany projektów, wzrost kosztów a także niepotrzebne konflikty

---

<sup>1</sup> Jantsch E.: *Technological Forecasting in Perspective*. OECD, Paris 1967.

<sup>2</sup> Decker M., Ladikas M. (ed.): *Bridges between Science, Society and Policy*. Springer, Berlin 2004; Sorenson K., Williams R. (ed.): *Shaping Technology, Guiding Policy*. Edward Elgar, Cheltenham (UK) 2002.

społeczne i polityczne. Warto podkreślić, iż ciągle pojawiają się technologie o potencjalnie znacznych, lecz niedostatecznie zbadanych oddziaływaniach na społeczeństwo, środowisko naturalne, i in. Wystarczy w tym miejscu wymienić nanotechnologie (jako przykład technologii nadal rozwijających się a więc podatnych jeszcze na korekty) oraz telefonię komórkową (technologia dojrzała, powszechnie stosowana, a więc już trudna do ewentualnych zmian) ze względu na jej udokumentowany wpływ na ludzi, biotechnologię i bioinżynierię (rodzące wątpliwości moralne a często gwałtowne protesty ze strony różnych środowisk).

## 2.2. Zastosowania i efekty wdrożeń RFID

„RFID to akronim od ‘Radio Frequency Identification’, co oznacza bezprzewodową technologię komunikacji stosowaną do identyfikacji unikalnie oznaczonych obiektów (również ludzi)”<sup>3</sup>. Z uwagi na możliwość zastąpienia kodów kreskowych technologia ta jest często nazywana „radiowymi kodami kreskowymi”, co jest zbytnim uproszczeniem, gdyż RFID umożliwia nowe sposoby realizacji procesów. Wg Kevina Ashtona, współzałożyciela Auto-ID Center w MIT i twórcy pojęcia „Internetu rzeczy”: „Nazywanie RFID radiowym kodem kreskowym jest jak nazywanie samochodu zmechanizowanym koniem”<sup>4</sup>. Więcej na temat zasad działania technologii RFID i infrastruktury można znaleźć m.in. w książce RFID Handbook<sup>5</sup>.

RFID jest technologią rozwijającą się, ale w niektórych sektorach staje się technologią kluczową, gdyż posiada duży potencjał konkurencyjny i jest dobrze znana. Wiele przedsiębiorstw na całym świecie, w tym również w Polsce zauważa zalety tej technologii. Autorzy książki „RFID od koncepcji do wdrożenia”<sup>6</sup> prezentują przypadki wdrożenia technologii RFID w Polsce w magazynie wyrobów gotowych, w terminalu przeładunkowym, w centrum logistycznym, na terenie bocznic kolejowych, w magazynie produktów świeżych, w muzeum i bibliotece. Obszary zastosowań technologii RFID są bardzo rozległe i obejmują wiele dziedzin życia i działalności człowieka (por. tabela 1).

---

<sup>3</sup> Odlanicka-Poczobutt M.: Systemy automatycznej identyfikacji w bibliotece akademickiej. Cz. II – case study, [w:] Biblioteka akademicka. Infrastruktura – uczelnia – otoczenie. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014, s. 307-319.

<sup>4</sup> Roberti M.: What Is RFID? “RFID Journal”, 12.09.2011.

<sup>5</sup> Finkenzeller K.: RFID Handbook. John Wiley & Sons, New York (NY) 2010.

<sup>6</sup> Gładysz B., Grabia M., Santarek K.: RFID od koncepcji do wdrożenia. Polska perspektywa. PWN, Warszawa 2017.

Tabela 1

## Obszary wdrożeń RFID

Model referencyjny <sup>7</sup>	RFID Journal <sup>8</sup>	IDTechEx Knowledgebase <sup>9</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrola dostępu oraz śledzenie osób prywatnych</li> <li>• Opieka zdrowotna – np. Śledzenie w czasie rzeczywistym pomp infuzyjnych</li> <li>• Śledzenie obiektów w łańcuchu dostaw</li> <li>• Programy lojalnościowe, członkowskie oraz płatności</li> <li>• Bezpieczeństwo, jakość i informacje o produkcie</li> <li>• Wytwarzanie, monitorowanie, remonty</li> <li>• Sport, wypoczynek, dom</li> <li>• inne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internet rzeczy</li> <li>• Lotnictwo</li> <li>• Odzież</li> <li>• Wojsko</li> <li>• Energetyka</li> <li>• Opieka zdrowotna</li> <li>• Logistyka</li> <li>• Wytwarzanie</li> <li>• Handel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Linie lotnicze i lotniska</li> <li>• Zwierzęta</li> <li>• Książki, biblioteki, archiwa</li> <li>• Finanse i bezpieczeństwo</li> <li>• Opieka zdrowotna</li> <li>• Logistyka, poczta</li> <li>• Pralnie</li> <li>• Sport, wypoczynek, rozrywka</li> <li>• Wytwarzanie</li> <li>• Wojsko</li> <li>• Rafinerie, kopalnie</li> <li>• Transport pasażerski i motoryzacja</li> <li>• Handel, dobra konsumenckie</li> </ul>

Zródło: Gładysz B., Grabia M., Santarek K.: RFID od koncepcji do wdrożenia. Polska perspektywa. PWN, Warszawa 2017.

Liczni autorzy opisują udane wdrożenia RFID i korzyści w wielu obszarach np. logistyce produkcji<sup>10</sup>, magazynowaniu<sup>11</sup>, zewnętrznym łańcuchu dostaw<sup>12</sup>.

Technologia RFID jest szeroko wykorzystywana w bibliotekach na całym świecie jako wsparcie procesów cyrkulacji zbiorów<sup>13</sup>. Technologia jest wykorzystywana do wsparcia procesu wypożyczania (stanowiska bibliotekarzy, kioski do samodzielnych wypożyczeń), zwrotów (stanowiska bibliotekarzy, kioski do samodzielnych zwrotów), skontrum (urządzenia mobilne), czy zabezpieczeń zbiorów wolnego dostępu (bramki)<sup>14</sup>.

Znane są liczne wdrożenia RFID w polskich bibliotekach<sup>15</sup>. Wdrożenia RFID w bibliotekach w latach 2012-2014 stanowiły ponad 35% wszystkich wdrożeń RFID w Polsce<sup>16</sup>.

Efekty wdrożenia technologii RFID mogą pojawiać się w obszarach, w których nie były one początkowo przewidywane. Przykładowo doświadczenia firm odzieżowych pokazują, że wdrożenie RFID do znakowania ubrań i wykorzystanie technologii na poziomie sklepów

<sup>7</sup> Gampl B., Robeck M., Clasen M.: The RFID Reference Model. "GIL Jahrestagung", 2008, p. 55-58.

<sup>8</sup> RFID Journal, <http://www.rfidjournal.com>, 12.11.2017.

<sup>9</sup> IDTechEx Knowledgebase, <http://www.idtechex.com/knowledgebase/en>, 12.11.2017.

<sup>10</sup> Zelbst P., Green K., Sower V., Reyes P.: Impact of RFID on manufacturing effectiveness and efficiency. "International Journal of Operations and Production Management", Vol. 32, No. 3, 2012, p. 329-350.

<sup>11</sup> Osyk B., Vijayaraman B., Srinivasan M., Dey A.: RFID adoption and implementation in warehousing. "Management Research Review", Vol. 35, No. 10, 2012, p. 904-926.

<sup>12</sup> Sarac A., Absi N., Dauxère-Pérès S.: A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management. "International Journal of Production Economics", Vol. 128, No. 1, 2010, p. 77-95.

<sup>13</sup> Ayre L.: RFID in libraries. ALA TechSource, Chicago (IL) 2012.

<sup>14</sup> Gładysz B., Wiśniewski P.: RFID UHF i HF w bibliotekach. „Biblioteka i Edukacja”, nr 7, 2015, s. 1-16.

<sup>15</sup> Gładysz B., Grabia M., Santarek K.: op.cit.; Odlanicka-Poczobutt M.: op.cit.

<sup>16</sup> Gładysz B.: Rynki RFID w Polsce. „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw”, nr 7, 2012, s. 32-41; Gładysz B.: Rynki RFID w Polsce (2014). „Ekonomika i Organizacja przedsiębiorstw”, nr 5, 2014, s. 45-54.

przyczynia się do wzrostu sprzedaży<sup>17</sup>, spadku kradzieży przez obsługę<sup>18</sup> podczas gdy pierwsze zastosowania i oczekiwane korzyści przewidywane były w obszarze logistyki.

RFID jest również technologią, która budzi szerokie dyskusje społeczne w szczególności w zakresie problemów związanych z bezpieczeństwem i prywatnością<sup>19</sup>.

### 3. Dynamika systemów

Metody modelowania wykorzystują uproszczone reprezentacje świata rzeczywistego, w tym jego struktury i dynamiki (zmiany stanu w czasie). Ta grupa metod wykorzystuje zarówno modele procesów (przepływu), proste równania jak również modele fizyczne oraz modele symulacyjne. Istotną kwestią jest to, jak dobrze modele odwzorowują fragment badanego świata rzeczywistego i czy badając takie modele (np. wykonując eksperymenty na modelach) uzyskamy wiarygodne i wartościowe informacje na temat modelowanego fragmentu świata rzeczywistego. Silną stroną modeli jest możliwość opisu sposobu zachowania się (a więc zmian) obiektu rzeczywistego i na tej podstawie wyciągania wniosków dotyczących przyszłości. Model nie zastępuje rzeczywistego obiektu badań, co oznacza, iż nie jest w stanie dostarczyć wszelkich informacji na temat obiektu rzeczywistego. Dlatego ważny jest kontekst budowy modeli określający cel ich budowy oraz rodzaj i zakres informacji, jakie możemy na tej podstawie z modelu uzyskać. W prognozowaniu rozwoju technologii szczególnie użyteczne są modele dynamiki systemów<sup>20</sup>. Ich twórcą był J. Forrester, profesor MIT<sup>21</sup>. W modelach dynamiki systemów przedmiotem badania są złożone systemy techniczne, społeczne, gospodarcze, przyrodnicze, i in. W modelach odwzorowywane są interakcje pomiędzy jego elementami, mające charakter sprzężeń zwrotnych. Interakcje te związane są z przepływem informacji, energii, materiałów (wyrobów), itp. Przepływom tym towarzyszą transformacje i opóźnienia.

Przesłanką podejmowania działań jest obserwacja otoczenia, w tym skutków wcześniejszych decyzji. Często takie działania są spóźnione, źle ukierunkowane bądź podlegają naciskom pod wpływem nieprzewidzianych reakcji innych osób, organizacji a nawet środowiska przyrodniczego. Sprawdzone podejście do rozwiązywania tego typu problemów oferuje myślenie systemowe, oznaczające zdolność widzenia świata i jego problemów

---

<sup>17</sup> Wong C., Guo Z. (ed.): Fashion Supply Chain Management Using Radio Frequency Identification (RFID) Technologies. Woddhead Publishing, 2014.

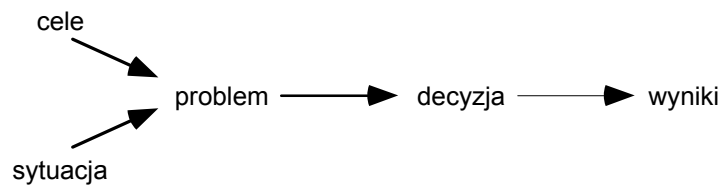
<sup>18</sup> Roberti M.: RFID Delivers Unexpected Benefits at American Apparel. "RFID Journal", 02.09.2011.

<sup>19</sup> Turri A., Smith R., Kopp S.: Privacy and RFID Technology: A Review of Regulatory Efforts. "Journal of Consumer Affairs", Vol. 51, No. 2, 2017, p. 329-354.

<sup>20</sup> Sterman J.: Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin-McGraw Hill, 2000.

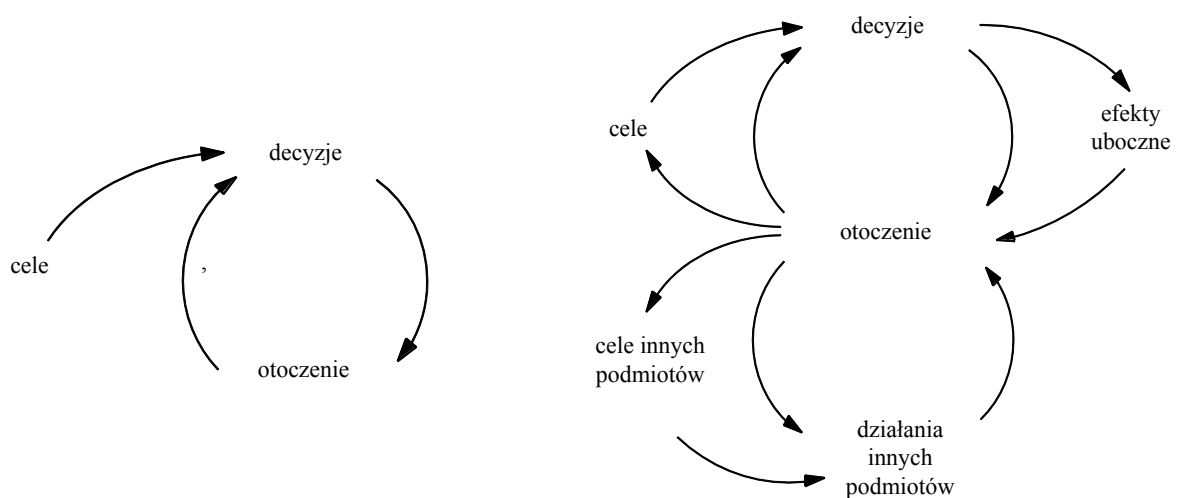
<sup>21</sup> Mansfield E.: Technical change and the rate of imitation. "Econometrica", Vol. 2, No. 4, 1961, p. 741-766.

holistycznie (całościowo) – jako złożonego systemu. Tradycyjne podejście do rozwiązywania problemów ilustruje rys. 1.



Rys. 1. Sekwencyjne podejście do rozwiązywania problemów – zorientowane na zdarzenia  
 Źródło: Sterman J.: Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin-McGraw Hill, 2000.

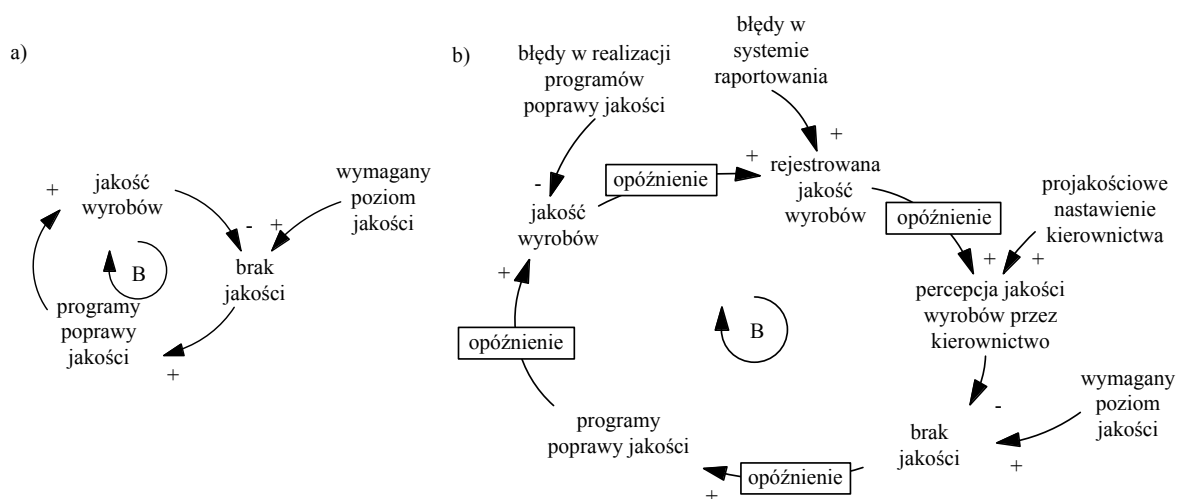
Wyniki działań prowadzą do powstania nowej sytuacji, która konfrontowana jest z celami, jakie organizacja chce realizować. Wynikiem tej konfrontacji może być pojawienie się (postawienie) nowego problemu, którego rozwiązanie ma ułatwić osiągnięcie celów w nowej sytuacji (rys. 2). Zbyt często jednak takie podejście zawodzi i uzyskane wyniki różnią się od oczekiwanych. Powodem tego, jest to, iż system (organizacja), który chcemy zmienić reaguje na próby oddziaływania nań. Istnieje zatem sprzężenie zwrotne: wyniki naszych decyzji wywołują nowe sytuacje wobec których zostaniemy postawieni w przyszłości (por. rys. 2). Decyzje często wpływają na (zmieniają) środowisko (otoczenie) a także wywołują efekty uboczne, wydłużają czasy reakcji, powodują zmiany celów oraz reakcje innych podmiotów (osób, organizacji, środowiska, itp.). Powyższe sprzężenia zwrotne prowadzą do nieoczekiwanych wyników oraz zmniejszają skuteczność i efektywność naszych działań (polityk, strategii, procedur, itp.). Nowa sytuacja zmienia nasze oceny problemu oraz decyzje, które podjęliśmy wcześniej. Innymi słowy: wczorajsze rozwiązania stają się dzisiejszymi problemami.



Rys. 2. Ilustracja sprzężenia zwrotnego powodującego powstawanie efektów ubocznych i zmniejszenia skuteczności działań

Źródło: Sterman J.: Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin-McGraw Hill, 2000.

Taki model może służyć do wyjaśniania a także prognozowania skutków wdrożenia nowych technologii, uwzględniając różne interakcje pomiędzy elementami tego systemu oraz szeroko rozumianym otoczeniem (gospodarczym, społecznym, przyrodniczym), w tym związane z występowaniem opóźnień. Jednym z pierwszych zastosowań dynamiki systemów, a być może najbardziej znanym, były analizy i rekomendacje Klubu Rzymskiego dotyczące globalnych problemów świata, w tym związanych z zagrożeniami środowiska, wyczerpywaniem się zasobów naturalnych, wzrostem liczby ludności, i in.<sup>22</sup> Powyższe modele stanowią zarazem przykład tzw. modeli pętli przyczynowych (inaczej diagramy przyczyn i skutków, ang. Causal Loop Diagram – CLP). W odróżnieniu od modeli ID (ang. Industrial Dynamics – ID, czyli dynamika przemysłowa) są to modele jakościowe<sup>23</sup>. CLP umożliwiają analizę jakościową zjawisk, w szczególności analizę złożonych łańcuchów przyczynowo-skutkowych a także, o ile istnieje taka potrzeba, budowę ilościowych modeli typu ID. Diagramy przyczynowo-skutkowe można stosować do analizy zjawisk, które znacznie trudniej poddają się kwantyfikacji (por. rys. 3).



Rys. 3. Diagramy przyczynowo-skutkowe ilustrujące funkcjonowanie programów poprawy jakości  
 Źródło: Na podstawie: Sterman J.: Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin-McGraw Hill, 2000.

Koncepcja dynamiki przemysłowej powstała na gruncie techniki (teoria sterowania<sup>24</sup>) i znalazła szerokie zastosowanie w naukach społecznych m.in. wyjaśniając mechanizmy podejmowania decyzji i zachowań ludzi a także wiele procesów ekonomicznych, społecznych, i in.<sup>25</sup> W przeciwieństwie do modeli pętli przyczynowych modele dynamiki przemysłowej odwzorowują fizyczne przepływy. Procesy realizowane w organizacji odwzorowywane są

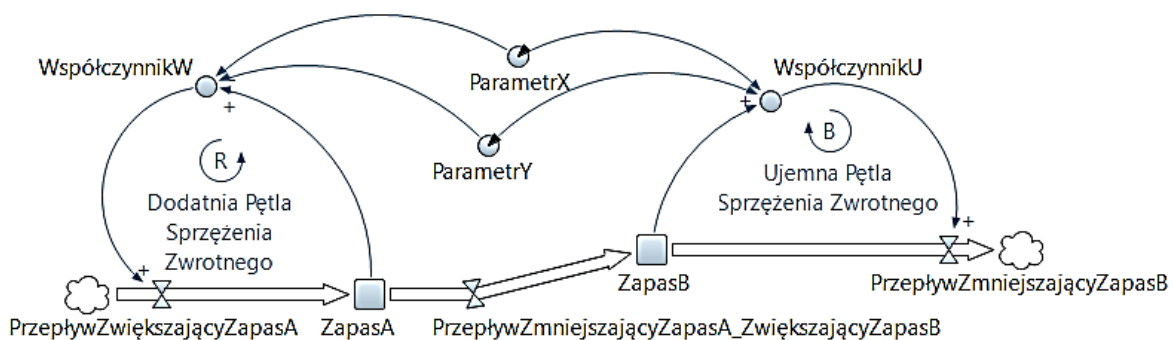
<sup>22</sup> Mesarovic M., Pestel E.: Ludzkość w punkcie zwrotnym. Drugi raport dla Klubu Rzymskiego. PWE, Warszawa 1977.

<sup>23</sup> Dla (prawie) każdego modelu ID można zbudować model CLP i odwrotnie.

<sup>24</sup> Forrester J.: Industrial Dynamics (przedruk). Pegasus Communications Inc., Waltham 1999.

<sup>25</sup> Senge P.: Piąta dyscyplina. Teoria i praktyka organizacji uczących się. Dom Wydawniczy ABC, Warszawa 1998.

przez sieć przepływu strumieni materiałowych (produkcja, zaopatrzenie, sprzedaż, itp.), informacyjnych oraz pieniędzy. Parametry charakteryzujące sieć są wielkościami zagregowanymi i reprezentują intensywności strumieni (przepływy) oraz zapasy (zasoby). Stan zapasów (zasobów) rozmieszczonych w różnych miejscach systemu określa stan systemu (organizacji). Strumienie (intensywności przepływu strumieni) określają z kolei szybkość zmian stanów systemu. Zmiany poziomu zapasów i intensywności strumieni określają zatem dynamikę systemu. Zapasy i strumienie mogą mieć różną interpretację (por. tabela 2). Modele te noszą także nazwę modeli typu zapas-przepływ (ang. stock-and-flow) (por. rys. 4).



Rys. 4. Model typu „stock-and-flow” wykonany w programie AnyLogic

Źródło: Na podstawie: Sterman J.: *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Irwin-McGraw Hill, 2000.

Modele dynamiki systemów Forrestera umożliwiają symulację, a więc i prognozowanie zjawisk. Są stosowane nie tylko w naukach ścisłych i technicznych, lecz również w naukach ekonomicznych, społecznych i w naukach o zarządzaniu. Wartość modeli symulacyjnych polega na tym, iż są one nie tylko opisem (fragmentu) rzeczywistości i umożliwiają zdobycie nowej wiedzy na jej temat lecz także są narzędziem badań, umożliwiającym zarówno prowadzenie badań teoretycznych, formułowanie teorii naukowych, hipotez, wyciąganie wniosków, testowanie hipotez, itp. Obszerne omówienie tego zagadnienia zamieszczono w pracy „Developing theory through simulation methods”<sup>26</sup>. Budowa modeli wymaga na wstępie przyjęcia pewnych założeń teoretycznych i opracowania modelu myślowego. W trakcie budowy modelu i jego weryfikacji nasz model myślowy, punkt widzenia problemu, koncepcja i narzędzia jego rozwiązania będą ewoluowały. Sprzężenie zwrotne od świata (systemu) rzeczywistego nie jest jedyną przesłanką nowych decyzji. Decyzje są wynikiem stosowania reguł decyzyjnych lub polityk w stosunku do informacji na temat świata realnego. Polityki z kolei są kształtowane przez struktury organizacyjne, strategie organizacji oraz normy kulturowe. Te z kolei wynikają z naszych modeli myślowych (por. rys. 5). Zmieniając strukturę naszych systemów zmieniamy zatem wzorce zachowań. Myślenie systemowe jest procesem,

<sup>26</sup> Davis J., Eisenhardt K., Bingham C.: *Developing theory through simulation methods*. “Academy of Management Review”, Vol. 32, No. 2, 2007, p. 480-499.



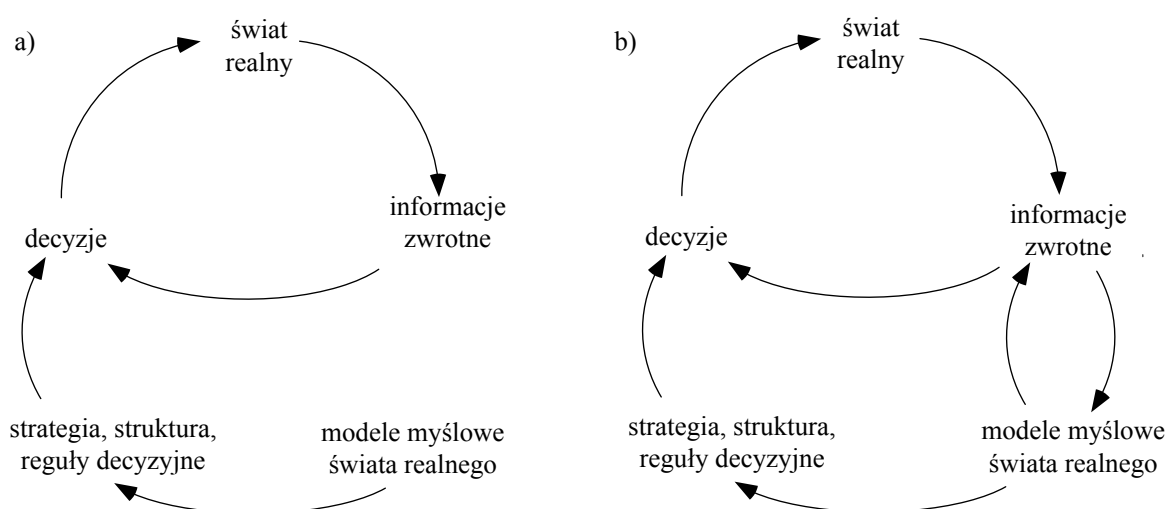
który można wyjaśnić posługując się właśnie modelem podwójnej pętli uczenia się. Jego istotą jest zastąpienie redukcjonistycznego, wąskiego, krótkowzrocznego i statycznego widzenia świata spojrzeniem całościowym, integralnym, długowzrocznym i dynamicznym, co związane jest z odpowiednią zmianą (korektą) naszych podejść (polityk, strategii) oraz samych organizacji. Modele takie (proces ich budowy) stymulują i wspomagają zatem procesy uczenia się, rozumienia problemu, odkrywania relacji pomiędzy jego elementami a otoczeniem. Stanowią samodzielne, silne narzędzia badań teoretycznych i zorientowanych na praktyczne zastosowania.

Tabela 2

Zastosowania dynamiki systemów

Obszar zastosowań	Zapasy	Strumienie
Matematyka, fizyka, technika	Całki, zmienne stanu systemu, zapasy	Pochodne, szybkość zmian, strumienie
Produkcja	Zapasy, bufory	Przepustowość
Ekonomia	Poziomy wielkości ekonomicznych	Szybkość zmian

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 5. Pojedyncza (a) i podwójna (b) pętla uczenia się

Źródło: Sterman J.: Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin-McGraw Hill, 2000.

## 4. Dyfuzja RFID w polskich bibliotekach

### 4.1. Model dyfuzji innowacji F. Bass'a

Jednym z często stosowanych w praktyce modeli dyfuzji innowacji jest model F. Bass'a<sup>27</sup>. Jest to model często stosowany między innymi w przypadku niewielkiej ilości danych o

<sup>27</sup> Bass F.: A new product growth for model consumer durables. "Management Science", Vol. 15, 1969, p. 215-227.

dotychczasowej sprzedaży<sup>28</sup>, co jest przypadkiem technologii RFID. Jest to model nawiązujący do teorii dyfuzji innowacji E.M. Rogersa<sup>29</sup>. Teoria ta opisuje w jaki sposób społeczności wprowadzają do użytku nowe rozwiązania.

Według modelu F. Bass'a proces nabywania nowych produktów jest wynikiem oddziaływania pomiędzy obecnymi (innowatorzy) i potencjalnymi (naśladowcy) użytkownikami (np. technologii RFID).

Zgodnie z teorią dyfuzji innowacji E.M. Rogersa naśladowcy wykazują zainteresowanie technologią RFID dopiero po jej wypróbowaniu przez innowatorów. Oznacza to, że zgodnie z modelem F. Bass'a dyfuzję innowacji (w tym przykładzie technologii RFID) można opisać za pomocą wzorów (1-2), gdzie:

- $L(t)$  – prawdopodobieństwo wdrożenia technologii RFID w czasie  $t$ ,
- $F(t)$  – dystrybuanta zmiennej losowej czasu nabycia (wdrożenia technologii RFID),
- $f(t)$  – funkcja gęstości czasu wdrożenia technologii RFID dla każdego z wdrażających,
- $p$  – współczynnik innowacyjności,
- $q$  – współczynnik naśladownictwa,
- $M$  – ostateczna liczba możliwych nabywców (potencjał rynku),
- $N(t)$  – skumulowana liczba dotychczasowych nabywców (firm, które wdrożyły RFID) w czasie  $t$ ,
- $n(t)$  – prognozowana wielkość sprzedaży (wdrożeń RFID) w czasie  $t$ .

Rozwiązanie równania (2) pozwala określić prognozowaną liczbę wdrożeń technologii RFID w czasie  $t$  (3).

$$L(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = p + \frac{q}{M} \cdot N(t) \quad (1)$$

$$n(t) = \frac{dN(t)}{dt} = p \cdot [M - N(t)] + \frac{q}{M} \cdot N(t) \cdot [M - N(t)] \quad (2)$$

$$n(t) = M \cdot f(t) = M \cdot \left[ \frac{p \cdot (p + q)^2 \cdot e^{-(p+q) \cdot t}}{(p + q \cdot e^{-(p+q) \cdot t})^2} \right] \quad (3)$$

Dla  $q$  równego 0 model redukuje się do czystych innowacji (rozkład wykładniczy)<sup>30</sup>, a dla  $p$  równego 0 do czystego naśladownictwa (rozkład logistyczny)<sup>31</sup>. Powstało wiele rozwiniętych modeli bazujących na podstawowym modelu F. Bass'a. Wśród nich należy zwrócić uwagę na:

<sup>28</sup> Dittmann P.: Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i ich zastosowanie. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2003.

<sup>29</sup> Rogers E.: Diffusion of innovations. Simon and Schuster, 2003; Rogers E.: New product adoption and diffusion. "Journal of Consumer Research", Vol. 2, 1976, p. 290-301.

<sup>30</sup> Na przykład: Fourt L., Woodlock J.: Early prediction of market success for grocery products. "Journal of Marketing", Vol. 25, 1960, p. 31-38.

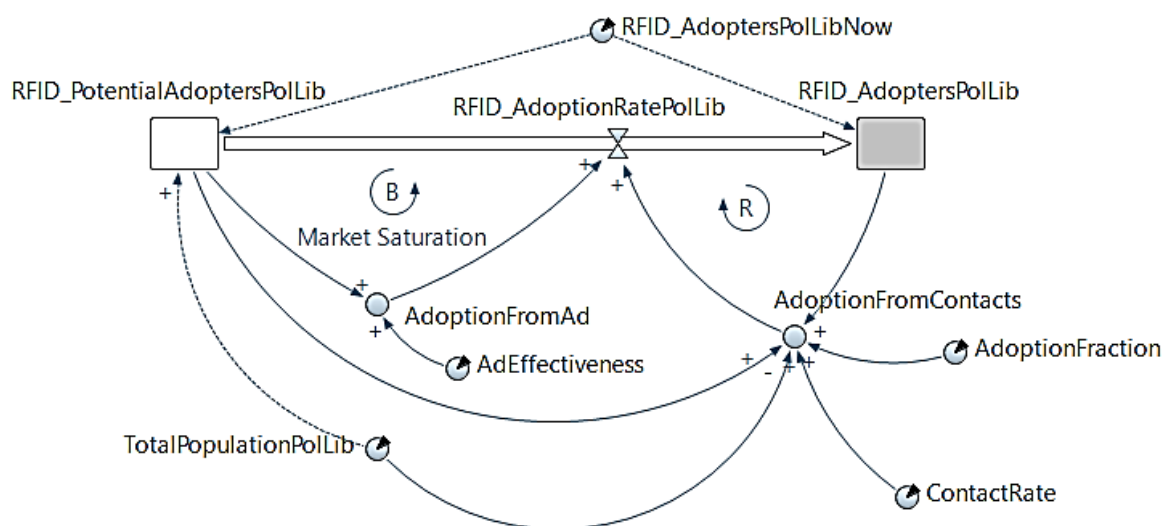
<sup>31</sup> Na przykład: Mansfield E.: op.cit.

- ogólny model F. Bass'a z ceną<sup>32</sup>, który uwzględnia zmiany ceny i innych zmiennych w czasie,
- model kolejnych generacji<sup>33</sup>, który uwzględnia rozwój technologii,
- model dynamiczny, który uwzględnia zmiany populacji potencjalnych użytkowników w czasie<sup>34</sup>.

Model F. Bass'a jest powszechnie stosowany, a liczba jego cytowań wg Google Scholar (stan na 7.04.2017) wynosi 7440.

#### 4.2. Model dyfuzji F. Bass'a dla RFID w polskich bibliotekach

Przygotowano model F. Bass'a przy wykorzystaniu koncepcji dynamiki systemów dla przykładu dyfuzji technologii RFID (por. rys. 6) w polskich bibliotekach. Model został opracowany przy wykorzystaniu pakietu modelowania AnyLogic<sup>35</sup>.



Rys. 6. Model dyfuzji innowacji F. Bass'a dla RFID w polskich bibliotekach  
Źródło: Opracowanie własne.

Modelowanie danych wejściowych zawsze stanowi o jakości uzyskiwanych wyników. Nierzadko jedyną możliwością jest odwołanie się ocen ekspertów. Poniższe rozważania i przyjęte parametry modelu F. Bass'a są wynikiem dyskusji z trzema ekspertami, z których każdy uczestniczył w ok. 15 wdrożeniach technologii RFID w polskich bibliotekach oraz kilkunastu konferencjach bibliotecznych będących jednym z głównych kanałów reklamy.

<sup>32</sup> Bass F., Krishnan T., Jain D.: Why the Bass Model Fits without Decision Variables. "Marketing Science", Vol. 13, No. 2, 1994, p. 203-223.

<sup>33</sup> Norton J., Bass F.: A Diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High-Technology Products. "Management Science", Vol. 33, No. 9, 1987, p. 1069-1086.

<sup>34</sup> Sharif M., Ramanathan K.: Binomial innovation diffusion models with dynamic potential adopter population. "Technology Forecasting and Social Changes", Vol. 20, 1981, p. 63-87.

<sup>35</sup> Borschev A.: The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic. AnyLogic North America, 2013.

Można założyć, że populacja polskich bibliotek jest w przybliżeniu stała. W 2015 roku było łącznie 8050 placówek bibliotecznych, czyli bibliotek i ich filii<sup>36</sup>. Liczba bibliotek (nie licząc ich filii) w Polsce od 2008 roku utrzymuje się na prawie niezmiennym poziomie i wynosi niewiele ponad 2600. Maleje z kolei liczba filii bibliotecznych, co autorzy raportu przypisują tendencji centralizacji<sup>37</sup>. Przyjmując założenie, że decyzje dotyczące wdrożenia technologii RFID zapadają na poziomie biblioteki, nie zaś filii, wielkość populacji potencjalnych użytkowników RFID przyjęto jako 2600 (TotalPopulationPolLib). Ilość kontaktów rocznie (ContactRatePolLib) została oszacowana na podstawie informacji o ilości konferencji bibliotecznych w Polsce oraz wielkości tychże konferencji<sup>38</sup>. Założono, że każda biblioteka wysyła swoich pracowników na przynajmniej jedną konferencję rocznie. W Polsce w 2017 roku odbywa się rocznie ok. 30 konferencji bibliotecznych, z czego ok. 10 konferencji dotyka tematyki, wśród której mogłoby znaleźć się wykorzystanie RFID w bibliotekach. Największą z nich i zaraz najlepiej pasującą do roli forum wymiany informacji o nowych technologiach jest Bałtycka Konferencja „Zarządzanie i Organizacja Bibliotek”, w której udział w latach 2015-2017 brało po ok. 100 uczestników rocznie. Parametr ContactRatePolLib przyjęto równy 20. Parametr skuteczności reklamy (AdEffectiveness) przyjęto na poziomie 0.01. Parametr opisujący skuteczność kontaktów między potencjalnymi użytkownikami, a obecnymi użytkownikami RFID (AdoptionRate) przyjęto jako 0.015. Liczbę polskich bibliotek obecnie stosujących RFID (RFID\_AdoptersPolLibNow) przyjęto jako 90 na podstawie badań prowadzonych przez autora od 2012 roku<sup>39</sup> oraz liczby przetargów publicznych dotyczących wdrożeń RFID w polskich bibliotekach. Specyfika przyjętego rynku powoduje, że to opinie ustne i kontakty potencjalnych nabywców technologii są głównym czynnikiem przyspieszającym dyfuzję.

Pierwsza przeprowadzona symulacja dotyczy przebiegu procesu dyfuzji dla stworzonego modelu i przyjętych parametrów w okresie najbliższych 10 lat. Z uwagi na rozmyty charakter eksperckich oszacowań części parametrów kolejne symulacje zostały przeprowadzone, aby sprawdzić wpływ wybranych oszacowanych parametrów (ContactRate) na oczekiwane wyniki procesu dyfuzji RFID.

Postać operatorowa modelu – układ równań wykorzystywany do symulacji opisujący proces dyfuzji innowacji jest zapisana w równaniach (4-8).

---

<sup>36</sup> Budyńska B., Jezierska M.: Stan bibliotek w Polsce objętych badaniem Głównego Urzędu Statystycznego – 2015 r., Biblioteka Narodowa, 2016, <http://www.bn.org.pl/zasoby-cyfrowe-i-linki/elektroniczne-publicacje-bn/biblioteki-w-polsce>, 15.11.2017.

<sup>37</sup> Ibidem.

<sup>38</sup> SBP: Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich, <http://www.sbp.pl/konferencje>, 31.03.2017.

<sup>39</sup> Gładysz B.: Rynki RFID w Polsce. „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw”, nr 7, 2012, s. 32-41; Gładysz B.: Rynki RFID w Polsce (2014). „Ekonomika i Organizacja przedsiębiorstw”, nr 5, 2014, s. 45-54..

Zapas:  $RFID\_PotentialAdoptersPolLib$

$$Wartość\ początkowa = TotalPopulationPolLib - RFID\_AdoptersPolLibNow \quad (4)$$

Zapas:  $RFID\_PotentialAdoptersPolLib$

$$Wartość\ początkowa = TotalPopulationPolLib - RFID\_AdoptersPolLibNow \quad (5)$$

Współczynnik:  $AdoptionFromAd$

$$AdoptionFromAd = AdEffectiveness * RFID\_PotentialAdoptersPolLib \quad (6)$$

Współczynnik:  $AdoptionFromContacts$

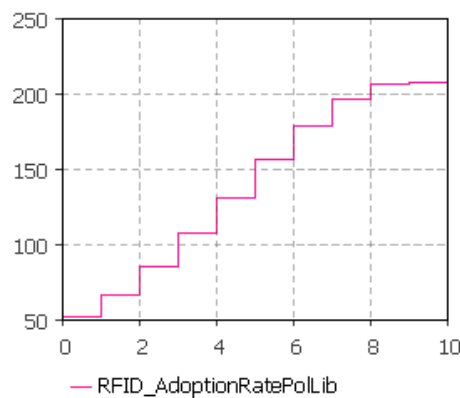
$$AdoptionFromContacts \quad (7)$$

$$= ContactRate * RFID\_AdoptersPolLib * AdoptionFraction \\ * RFID\_PotentialAdoptersPolLib / TotalPopulationPolLib$$

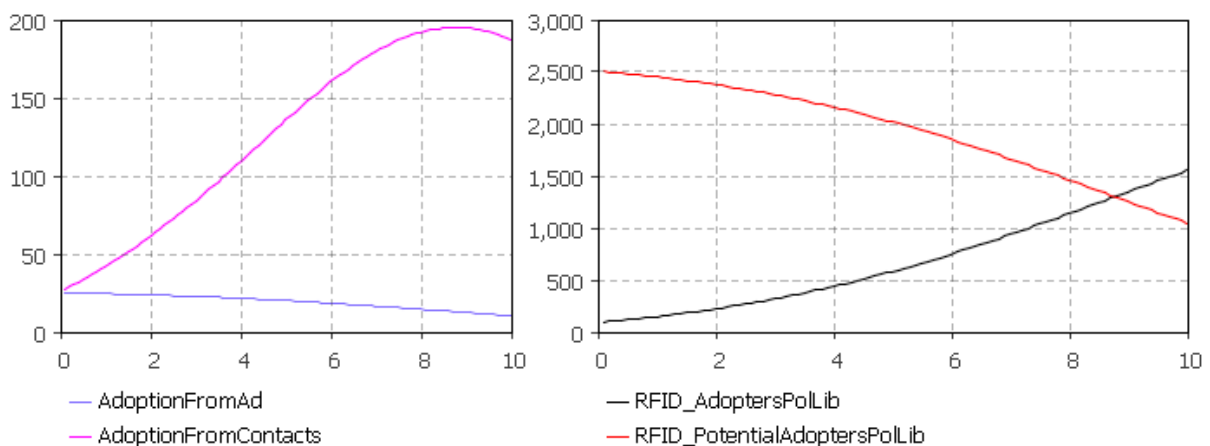
Przepływ:  $RFID\_AdoptionRatePolLib$

$$RFID\_AdoptionRatePolLib = AdoptionFromAd + AdoptionFromContacts \quad (8)$$

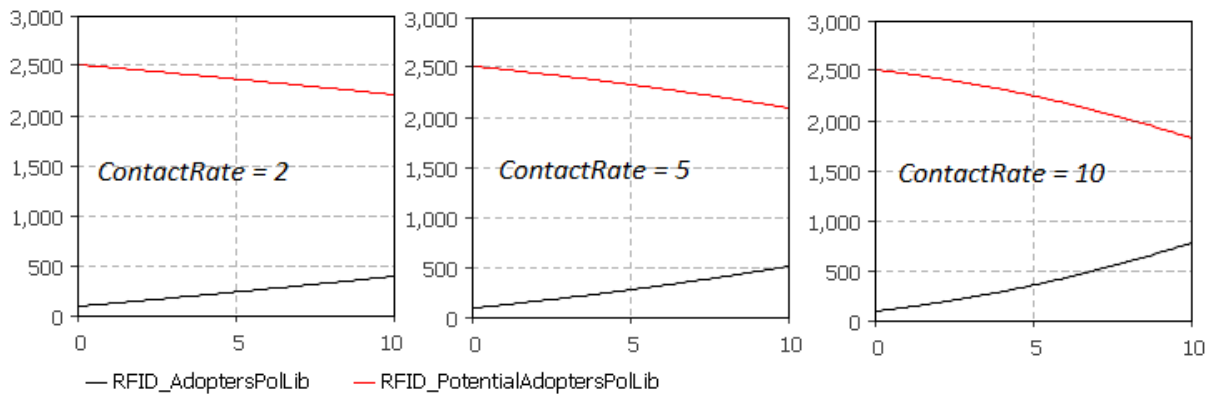
Wyniki przykładowych wstępnych symulacji ilości wdrożeń technologii RFID przedstawiają rys. 7-9.



Rys. 7. Szybkość wdrażania RFID w polskich bibliotekach w szt./rok  
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 8. Liczba wdrożeń systemów RFID w polskich bibliotekach jako wynik reklamy i opinii ustnych (lewa); Liczba polskich bibliotek używających RFID (prawa)  
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 9. Symulacje dla zmienionego parametru ContactRate

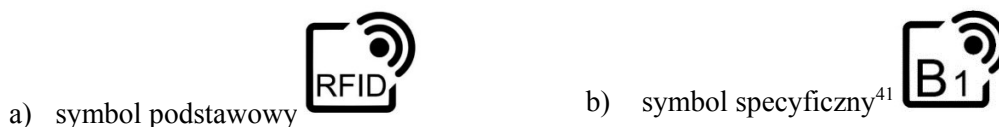
Źródło: Opracowanie własne.

## 5. Konkluzja

W ocenie technologii należy również brać pod uwagę kryteria jakościowe, niemierzalne. Technologia RFID i jej zastosowania są przedmiotem zainteresowania szerokich kręgów społeczeństwa. Jej upowszechnienie rodzi także wiele pytań i wątpliwości a nawet obaw dotyczących w pierwszej kolejności bezpieczeństwa informacji i ochrony danych osobowych. Sygnalizowane są także obawy związane z wpływem promieniowania elektromagnetycznego. Komunikacja radiowa stwarza potencjalne zagrożenia polegające na nieuprawnionym dostępie (odczytanie) do danych przesyłanych w ten sposób. Dotyczy to zwłaszcza tych zastosowań RFID, w których przesyłane są dane osobowe bądź dane, które umożliwiają identyfikację osoby. Jest to tym ważniejsze, iż takie zastosowania mogą być po pierwsze wszechobecne a po drugie praktycznie niewidoczne, a więc niemożliwe do identyfikacji (wykrycia). Już od pewnego czasu ryzyko takie i związane z tym obawy jest sygnalizowane przez wiele środowisk w różnych krajach. Reakcją na to są próby prawnych uregulowań obecnych i przyszłych zastosowań technologii RFID. Komisja Europejska w 2009 r. sformułowała zalecenia w sprawie wdrażania zasad ochrony prywatności i ochrony danych w zastosowaniach wspieranych identyfikacją radiową. Zalecenia wskazują, iż „państwa członkowskie i zainteresowane strony powinny dołożyć dalszych starań tak, aby, szczególnie w obecnej początkowej fazie wdrażania technologii RFID, zapewnić monitorowanie zastosowań technologii RFID i przestrzeganie praw i wolności jednostki”<sup>40</sup>. Ocena skutków oddziaływania technologii obejmuje także sektor handlu detalicznego i dotyczy produktów sprzedawanych zawierających identyfikatory RFID, o czym nabywcy mają prawo nie wiedzieć. W takim

<sup>40</sup> Komisja Europejska: Zalecenie Komisji z dnia 12.05.2009 r. w sprawie wdrażania zasad ochrony prywatności i ochrony danych w zastosowaniach wspieranych identyfikacją radiową (notyfikowana jako dokument nr C(2009) 3200 (2009/387/WE), 2009.

przypadku produkty bądź miejsca w których zainstalowane są znaczniki RFID bądź ich czytniki winny być specjalnie oznakowane (por. rys. 10).



Rys. 10. Przykłady symboli graficznych RFID wg normy ISO/IEC 29160:2012  
Źródło: ISO: ISO/IEC 29160:2012 RFID emblem.

Symbole takie mają być stosowane do znakowania nie tylko przedmiotów zawierających znaczniki RFID, lecz także obszarów będących w zasięgu czytników RFID. Dodatkowo zaleca się umieszczanie informacji określających zakres i cel systemu RFID a także dane kontaktowe operatora systemu, gdzie można uzyskać bliższe informacje.

Zalecenia Komisji Europejskiej zobowiązują nade wszystko państwa członkowskie do opracowania i wdrożenia zasad oceny oddziaływania technologii RFID w obecnych i przyszłych zastosowaniach, w tym do specjalnego oznakowania produktów zawierających znaczniki RFID. Ocena taka winna być w szczególności przeprowadzona pod kątem bezpieczeństwa danych osobowych. W odpowiedzi na Zalecenia Komisji organizacja GS1, zajmująca się m.in. opracowywaniem otwartych (publicznych) standardów identyfikacyjnych i komunikacyjnych, opracowała narzędzie ułatwiające dokonanie oceny oddziaływania RFID pod kątem ochrony prywatności i danych osobowych o nazwie GS1 EPC/RFID Privacy Impact Assessment Tool<sup>42</sup>.

Ocena skutków oddziaływania technologii RFID w kontekście ochrony prywatności i danych osobowych powinna być prowadzona w całym cyklu życia wyrobu, od projektowania (jakie informacje, w jakim celu i w jaki sposób mają być przesyłane, przechowywane i przetwarzane w systemie RFID), poprzez jego produkcję i eksploatację (użytkowanie) aż do utylizacji (zabezpieczenie przed nieuprawnionym odczytem danych ze znacznika RFID umieszczonego na wyrobie, który nie jest już użytkowany). Ocena tychże skutków jest zależna m.in. od stopnia upowszechnienia i szybkości wdrażania technologii RFID.

Niniejszy artykuł pokazuje możliwości wykorzystania modeli symulacyjnych dynamiki systemów do prognozowania rozwoju technologii RFID przy wykorzystaniu modelu dyfuzji innowacji F. Bass'a. Przeprowadzone symulacje pokazują, że dla przyjętych parametrów modelu nie należy spodziewać się nasycenia rynku w okresie najbliższych 10 lat. Dla żadnego ze scenariuszy w okresie 10 lat nie jest widoczny kształt krzywej typu S, gdzie liczba wdrożeń rośnie bardzo powoli w ostatnim analizowanym okresie. Wynika to z rozmiaru rynku oraz

<sup>41</sup> Oznaczający częstotliwość 860-960 MHz, protokół komunikacyjny zgodny ISO/IEC 18000-63:2015, strukturę danych zgodną z ISO17364:2013

<sup>42</sup> GS1: GS1 EPC Privacy Impact Assessment Tool, <http://www.gs1.org/pia>, 14.11.2017.

niskich parametrów związanych ze skutecznością reklamy, jak również skutecznością przekazywanych opinii ustnych.

Analogiczne eksperymenty symulacyjne można również prowadzić dla innych modeli dyfuzji innowacji. Przedmiotem dalszych badań będzie m.in. szacowanie parametrów modelu F. Bass'a dla technologii RFID w oparciu o podejścia prezentowane w literaturze<sup>43</sup>.

## Bibliografia

1. Ayre L.: RFID in libraries. ALA TechSource, Chicago (IL) 2012.
2. Bass F.: A new product growth for model consumer durables. "Management Science", Vol. 15, 1969.
3. Bass F., Krishnan T., Jain D.: Why the Bass Model Fits without Decision Variables. "Marketing Science", Vol. 13, No. 2, 1994.
4. Borschev A.: The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic. AnyLogic North America, 2013.
5. Davis J., Eisenhardt K., Bingham C.: Developing theory through simulation methods. "Academy of Management Review", Vol. 32, No. 2, 2007.
6. Decker M., Ladikas M. (ed.): Bridges between Science, Society and Policy. Springer, Berlin 2004.
7. Dittmann P.: Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i ich zastosowanie. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2003.
8. Finkenzeller K.: RFID Handbook. John Wiley & Sons, New York (NY) 2010.
9. Forrester J.: Industrial Dynamics (przedruk). Pegasus Communications Inc., Waltham 1999.
10. Fourt L., Woodlock J.: Early prediction of market success for grocery products. "Journal of Marketing", Vol. 25, 1960.
11. Gampl B., Robeck M., Clasen M.: The RFID Reference Model. "GIL Jahrestagung", 2008.
12. Gładysz B.: Rynki RFID w Polsce. „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw”, nr 7, 2012.
13. Gładysz B.: Rynki RFID w Polsce (2014). „Ekonomika i Organizacja przedsiębiorstw”, nr 5, 2014.
14. Gładysz B., Grabia M., Santarek K.: RFID od koncepcji do wdrożenia. Polska perspektywa. PWN, Warszawa 2017.
15. Gładysz B., Wiśniewski P.: RFID UHF i HF w bibliotekach. „Biblioteka i Edukacja”, nr 7, 2015.

---

<sup>43</sup> Mahajan V., Muller E., Bass F.: Diffusion of new products. Empirical generalizations and managerial uses. "Marketing Science", Vol. 14, No. 3, 1995, p. 79-88.



16. Hunt V., Puglia A., Puglia M.: RFID – a guide to radio frequency identification. John Wiley & Sons, Hoboken (NJ) 2007.
17. ISO: ISO/IEC 29160:2012 RFID emblem.
18. Jantsch E.: Technological Forecasting in Perspective. OECD, Paris 1967.
19. Komisja Europejska: Zalecenie Komisji z dnia 12.05.2009 r. w sprawie wdrażania zasad ochrony prywatności i ochrony danych w zastosowaniach wspieranych identyfikacją radiową (notyfikowana jako dokument nr C(2009) 3200 (2009/387/WE), 2009.
20. Mahajan V., Muller E., Bass F.: Diffusion of new products. Empirical generalizations and managerial uses. "Marketing Science", Vol. 14, No. 3, 1995.
21. Mansfield E.: Technical change and the rate of imitation. "Econometrica", Vol. 2, No. 4, 1961.
22. Mesarovic M., Pestel E.: Ludzkość w punkcie zwrotnym. Drugi raport dla Klubu Rzymskiego. PWE, Warszawa 1977.
23. Norton J., Bass F.: A Diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High-Technology Products. "Management Science", Vol. 33, No. 9, 1987.
24. Odlanicka-Poczobutt M.: Systemy automatycznej identyfikacji w bibliotece akademickiej. Cz. II – case study, [w:] Biblioteka akademicka. Infrastruktura – uczelnia – otoczenie. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014.
25. Osyk B., Vijayaraman B., Srinivasan M., Dey A.: RFID adoption and implementation in warehousing. "Management Research Review", Vol. 35, No. 10, 2012.
26. Roberti M.: RFID Delivers Unexpected Benefits at American Apparel. "RFID Journal", 02.09.2011.
27. Roberti M.: What Is RFID? "RFID Journal", 12.09.2011.
28. Rogers E.: Diffusion of innovations. Simon and Schuster, 2003.
29. Rogers E.: New product adoption and diffusion. "Journal of Consumer Research", Vol. 2, 1976.
30. Sarac A., Absi N., Dauzère-Pérès S.: A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management. "International Journal of Production Economics", Vol. 128, No. 1, 2010.
31. Senge P.: Piąta dyscyplina. Teoria i praktyka organizacji uczących się. Dom Wydawniczy ABC, Warszawa 1998.
32. Sharif M., Ramanathan K.: Binomial innovation diffusion models with dynamic potential adopter population. "Technology Forecasting and Social Changes", Vol. 20, 1981.
33. Sorenson K., Williams R. (ed.): Shaping Technology, Guiding Policy. Edward Elgar, Cheltenham (UK) 2002.
34. Sterman J.: Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin-McGraw Hill, 2000.
35. Turri A., Smith R., Kopp S.: Privacy and RFID Technology: A Review of Regulatory Efforts. "Journal of Consumer Affairs", Vol. 51, No. 2, 2017.

36. Wong C., Guo Z. (ed.): Fashion Supply Chain Management Using Radio Frequency Identification (RFID) Technologies. Woddhead Publishing, 2014.
37. Zelbst P., Green K., Sower V., Reyes P.: Impact of RFID on manufacturing effectiveness and efficiency. "International Journal of Operations and Production Management", Vol. 32, No. 3, 2012.
38. RFID Journal, <http://www.rfidjournal.com>, 12.11.2017.
39. IDTechEx Knowledgebase, <http://www.idtechex.com/knowledgebase/en>, 12.11.2017.
40. Budyńska B., Jezierska M.: Stan bibliotek w Polsce objętych badaniem Głównego Urzędu Statystycznego – 2015 r., Biblioteka Narodowa, 2016, <http://www.bn.org.pl/zasoby-cyfrowe-i-linki/elektroniczne-publicacje-bn/biblioteki-w-polsce>, 15.11.2017.
41. SBP: Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich, <http://www.sbp.pl/konferencje>, 31.03.2017.
42. GS1: GS1 EPC Privacy Impact Assessment Tool, <http://www.gs1.org/pia>, 14.11.2017.