

Artur Rot

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
e-mail: artur.rot@ue.wroc.pl

WYBRANE EKONOMICZNE I TECHNOLOGICZNE KRYTERIA ALOKACJI DANYCH I USŁUG W CHMURZE OBLICZENIOWEJ

SELECTED ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL CRITERIA FOR THE ALLOCATION OF DATA AND SERVICES IN CLOUD COMPUTING

DOI: 10.15611/ie.2016.2.05

JEL Classification: M15, O33

Streszczenie: *Cloud computing* to nowy paradygmat świadczenia usług informatycznych. Korzyści płynące z jego implementacji jest wiele, mogą one oscylować od redukcji kosztów do usprawnienia procesów zarządzania. Decyzja o wykorzystaniu tego modelu powinna być poprzedzona analizą biznesową, a w szczególności analizą kosztów utrzymania usług IT oraz ich wpływu na elastyczność dostarczania nowych rozwiązań informatycznych. Dla organizacji decyzja o migracji do chmury i o wyborze określonego jej modelu to wieloetapowy proces, który powinien uwzględniać nie tylko aspekty charakteryzujące usługę lub dane, których przeniesienie jest rozważane, ale również właściwości oferowane przez dany model chmury obliczeniowej. Decyzja ta warunkowana jest względami ekonomicznymi, ale także czynnikami technologicznymi właściwymi dla danego modelu chmury. Celem artykułu jest próba zdefiniowania kryteriów mających wpływ na decyzję o alokacji danych i usług w chmurze obliczeniowej, co może być pomocne w określeniu potencjalnych obszarów do zastosowania poszczególnych rozwiązań z zakresu przetwarzania w chmurze.

Słowa kluczowe: *cloud computing*, SaaS, PaaS, IaaS, bezpieczeństwo, wydajność, skalowalność.

Summary: Cloud computing is a new paradigm of IT service delivery. There are many benefits of its implementation which can oscillate from cost reduction to the improvement of management processes. The decision to use this model should be preceded by a business analysis, in particular the analysis of IT services maintenance costs and their impact on the flexibility of the delivery of new IT solutions. For organizations, the decision to migrate to the cloud and the choice of a particular model is a multi-step process that should take into account not only the aspects characterizing data or services which transfer is being considered, but also the properties offered by the cloud computing model. This decision is conditioned not only by economic criteria, but also technological factors specific for the cloud model. The aim of the

article is to define the criteria relevant to the decision of the allocation of data and services in cloud computing, which can be helpful in identifying potential areas for use of cloud computing solutions.

Keywords: cloud computing, SaaS, PaaS, IaaS, security, efficiency, scalability.

1. Wstęp

Cloud computing (CC) należy obecnie do najszybciej rozwijających się usług informatycznych, korzysta z takich rozwiązań lub rozwija takie jak: wirtualizacja (*virtualisation*), przetwarzanie sieciowe (*grid computing*), przetwarzanie autonomiczne (*autonomic computing*) i architektura zorientowana na usługi (*service-oriented architecture*). Istnieje wiele kryteriów decydujących o alokacji danych w chmurze. Głównym argumentem za wdrażaniem CC w organizacjach są najczęściej względy ekonomiczne. Rozwiązanie to ma wpływ na opłacalność ekonomiczną organizacji, gdyż poprawia efektywność kosztową, umożliwia tworzenie struktur wirtualnych w miejsce wysoce sformalizowanych, ułatwia wzmocnienie współpracy z partnerami, prowadzi do wzrostu elastyczności biznesowej, a także kreuje nowe formy zatrudnienia. Jednakże decyzja o alokacji przetwarzania danych w chmurze obliczeniowej i wyborze określonego jej modelu warunkowana jest nie tylko względami ekonomicznymi, ale także czynnikami technologicznymi właściwymi dla danego modelu chmury, o których będzie mowa w artykule. Rozwiązanie to może zapewnić dostęp do większych mocy obliczeniowych, zagwarantować wysoką wydajność przetwarzania danych przy zachowaniu wysokiego poziomu ich bezpieczeństwa. Celem niniejszego artykułu jest próba identyfikacji i analizy najważniejszych kryteriów alokacji danych i ich przetwarzania w CC. Jako jedno z kluczowych kryteriów wskazano bezpieczeństwo, które w chmurze zapewnione jest głównie dzięki centralizacji usług i danych oraz profesjonalizacji mechanizmów i narzędzi ochrony.

2. Definicja i podstawowe właściwości modelu *cloud computing*

Termin *cloud computing* jest pojęciem dość nowym, bywa określany w różny sposób, dlatego nie istnieje jedna, ogólnie przyjęta definicja, np. Vaquero przedstawia aż 22 definicje chmury [Vaquero i in. 2008]. Chmura obliczeniowa jest pojęciem, które zostało użyte po raz pierwszy w 1996 r. przez Gillett i Kapor [Gillett, Kapor 1996]. Chellapa już w 1997 r. przyjął, że CC to paradygmat przetwarzania, mówiący o tym, iż granice zarządzania informacjami wynikają z uzasadnienia ekonomicznego, a nie z ograniczeń technicznych [Chellapa 1997].

Najczęściej przytaczana definicja cloud computingu została zaproponowana przez amerykański National Institute of Standards and Technology (NIST). Zgodnie z nią [Badger i in. 2011] „cloud computing to model umożliwiający powszechny

i wygodny dostęp na żądanie za pomocą sieci do współdzielonej puli konfigurowalnych zasobów teleinformatycznych (np. serwerów, pamięci masowych, aplikacji, platform, sieci) oraz ich szybkie pozyskanie i wydanie przy minimalnym wysiłku i interakcji z dostawcą modelu”. W publikacji tej zdefiniowano przetwarzanie w chmurze przez określenie pięciu istotnych jej cech, trzech modeli usług oraz czterech modeli rozmieszczenia usług. Zgodnie z definicją [Mell, Grance 2011] chmura obliczeniowa to model umożliwiający powszechny, wygodny i możliwy na żądanie dostęp do zasobów, które mogą być dynamicznie przydzielane i zwalniane z jednoczesnym minimalnym zaangażowaniem związanym z ich obsługą techniczną. Model ten opisuje pięć głównych charakterystyk [Fronczak 2013]:

1. Szeroki dostęp (*broad network access*) – zasoby IT są dostępne przez istniejące mechanizmy, urządzenia (smartfony, laptopy, komputery) oraz aplikacje. Dostęp do danych i usług realizowany jest przez ustandaryzowane protokoły dostępne dla dowolnych platform klienta i odbywa się za pomocą dostępnych programów, takich jak przeglądarka internetowa.

2. Błyskawiczna elastyczność (*rapid elasticity*) – dynamiczne przydzielanie używanych zasobów IT, zależnie od zmieniających się wymagań. Zasoby powinny być do wykorzystania w dowolnej ilości i w dowolnym czasie.

3. Mierzalność usług (*measured service*) – model rozliczeniowy *pay per use* – systemy zarządzania chmurą obliczeniową automatycznie monitorują zużycie udostępnionych zasobów (pamięci masowych, mocy obliczeniowej, transferu danych). Daje to klientowi i usługodawcy możliwość uzyskania informacji o ilości wykorzystanych zasobów [Fulmański, Wojczyk 2014].

4. Samoobsługa na żądanie (*on-demand self-service*) – klient może jednostronnie skorzystać w sposób zautomatyzowany z oferowanych zasobów zgodnie z potrzebami, bez dodatkowej interakcji z dostawcą usługi.

5. Agregacja zasobów (*resource pooling*) – usługi w modelu chmury agregują zasoby w obrębie wspólnej infrastruktury, koncepcja ta, znana pod nazwą współdzielenia (*multi-tenancy*), rozdziela zasoby pośród wielu klientów, stosując separację i mechanizmy kontrolne w celu zapobiegania mieszaniu się danych.

Podsumowując powyższe właściwości chmury obliczeniowej, można stwierdzić, że jest ona modelem dystrybucji rozwiązań teleinformatycznych, które będąc dostępne dla odbiorców przez Internet, cechują się wysoką dostępnością, elastycznością oraz niezawodnością i są opłacane przy uwzględnieniu faktycznego zużycia z zasobów. Z usług CC można korzystać, posiadając jedynie elektroniczne urządzenie z dostępem do Internetu (laptop, smartfon, komputer stacjonarny).

3. Rodzaje usług przetwarzania w chmurze

W zależności od stopnia zaawansowania chmury obliczeniowej rozróżnia się obecnie trzy podstawowe rodzaje tej usługi [Łapiński, Wyżnikiewicz 2008]:

- Oprogramowanie jako usługa (*Software as a Service*, SaaS) – udostępnienie konkretnych funkcjonalności i oprogramowania, klient płaci za ich użycie, a dostęp do nich uzyskuje na żądanie [Rot 2008a]. W modelu tym, oprócz infrastruktury sprzętowej wraz z zawartym środowiskiem operacyjnym, użytkownik otrzymuje także dostęp do określonych aplikacji. Mogą to być proste programy (np. edytory tekstu, arkusze kalkulacyjne, aplikacje do przygotowania prezentacji multimedialnych), a także bardziej zaawansowane aplikacje, jak np. systemy do obsługi księgowości, systemy CRM, systemy HRM itp. W przeciwieństwie do modelu PaaS stosowane oprogramowanie należy do jego dostawcy, który odpowiada za jego aktualizację i funkcjonowanie.
- Platforma jako usługa (*Platform as a Service*, PaaS) – sprzedaż gotowego (często dostosowanego do potrzeb użytkownika) kompletu aplikacji, ujednoczonego środowiska pracy. Użytkownik, oprócz dostępu do infrastruktury, otrzymuje również dostęp do środowiska (także platformy programistycznej), w którym może instalować i uruchamiać aplikacje. W modelu tym instalowane rozwiązania i aplikacje są własnością usługobiorcy. Najbardziej znany przykład to Google Apps, gdzie użytkownik dostaje przestrzeń dyskową wraz z możliwością współpracy z innymi w ramach dokumentów tekstowych, arkuszy kalkulacyjnych, narzędzi do tworzenia prezentacji, kalendarzy itp.
- Infrastruktura jako usługa (*Infrastructure as a Service*, IaaS) – dostarczanie infrastruktury IT (sprzęt, oprogramowanie i serwis). Polega na korzystaniu ze sprzętu informatycznego, np. przestrzeń na wirtualnym dysku do przechowywania danych albo też wydierżawione miejsce na serwerach. Do modelu tego zalicza się także korzystanie z mocy obliczeniowej procesorów.
Nierzadko do powyższych rodzajów modeli dostarczania usług dodaje się jeszcze następujące [Kuc, Niemczyk 2013; Dziembek 2016]:
- Kolokacja (*collocation*) – najprostsza i najstarsza forma usług w chmurze, w której dostawca zapewnia pomieszczenie w centrum danych oraz niezbędne media (prąd, klimatyzacja, łącza internetowe, zabezpieczenia fizyczne, serwis), a ogół kwestii dotyczących zakupu, instalacji, konfiguracji i administracji sprzętem i oprogramowaniem znajduje się po stronie odbiorcy.
- Proces biznesowy jako usługa (*Business Proces as a Service*, BPaaS) – dostawca, stosując narzędzia IT w formie usługowej, przejmuje realizację określonych procesów biznesowych odbiorcy (np. księgowość), a odbiorca zachowuje kontrolę nad procesem przekazanym do realizacji dostawcy.
- Zarządzanie siecią jako usługa (*Network as a Service*, NaaS) – model biznesowy dla dostarczania usług sieciowych za pośrednictwem Internetu na zasadzie subskrypcji.
- Przechowywanie jako usługa (*Storage as a Service*, STaaS) – udostępnienie miejsca na serwerach usługodawcy, np. w celu zarządzania archiwami i kopiami zapasowymi systemów wspomagających zarządzanie (np. ERP).

- Baza danych jako usługa (*Database as a Service*, DBaaS) – środowisko bazodanowe oparte na chmurze, do przechowywania i zarządzania ustrukturyzowanymi danymi, zapewniające funkcjonalność podobną do tej, jaką można znaleźć w relacyjnych systemach zarządzania bazami danych, np.: SQL Server, MySQL i Oracle.
- Komunikacja jako usługa (*Communications as a Service*, CaaS) – platforma do komunikacji pomiędzy użytkownikami, dostawca udostępnia na bazie sieci Internet platformę telekomunikacyjną (poczta e-mail, połączenia głosowe, wideokonferencyjne, komunikatory itp.).
- Bezpieczeństwo jako usługa (*Security as a Service*, SECaaS) – usługa obejmująca funkcjonalności, takie jak np.: testy penetracyjne, ocen potencjalnych zagrożeń, testy odtworzeniowe kopii zapasowej, analiz konfiguracji urządzeń, określenie środków i przedsięwzięć z zakresu bezpieczeństwa, analiza dokumentacji w zakresie bezpieczeństwa IT.

Omówione powyżej modele CC są konsekwencją dynamicznej ewolucji tego modelu przetwarzania danych. Z pewnością w perspektywie kolejnych lat coraz więcej usług IT będzie można przekazywać zewnętrznym i wyspecjalizowanym podmiotom oferującym je w omawianym modelu przetwarzania danych.

4. Typologia modeli dostępu do usług przetwarzania w chmurze

W zależności od umiejscowienia serwerów i sposobu przetwarzania danych istnieje kilka typów modeli wdrożenia chmury obliczeniowej [IBM 2014; Pazowski 2014]:

- Chmura prywatna (*private cloud*) – rozwiązanie korzystające z infrastruktury i zasobów IT klienta. Wszelkie dane oraz usługi są oferowane w ramach jednej organizacji (choćby serwery nie muszą się znajdować fizycznie w pobliżu organizacji, mogą być rozlokowane w kilku odległych miejscach). Zasoby są wykorzystywane wyłącznie przez daną firmę i podmioty do tego upoważnione. Zaletą jest przetwarzanie danych we własnej infrastrukturze, a wadą poniesienie kosztów inwestycyjnych (jeśli firma nie ma infrastruktury zapewniającej sprawne funkcjonowanie systemu).
- Chmura publiczna (*public cloud*) – udostępnianie zasobów IT i pobieranie opłat za ich wykorzystanie. Klient nie ponosi nakładów inwestycyjnych z góry (ponosi koszty operacyjne związane z rzeczywistym wykorzystaniem zasobami), w związku z tym nie musi się obawiać niedoszacowania ani przeszacowania swoich potrzeb. Specyfikacja zasobów i konfiguracja infrastruktury jest niewidoczna dla klienta (często nie jest znana lokalizacja usługi), jest to jednak bez znaczenia, o jakości bowiem decyduje funkcjonalność i dostępność usługi. Wadą rozwiązania jest przekazanie zewnętrznemu podmiotowi właściwie pełnej kontroli nad zasobami IT organizacji.
- Chmura hybrydowa (*hybrid cloud*) – połączenie chmur prywatnych oraz publicznych. W praktyce część serwerów danej firmy może się znajdować wewnątrz fir-

my, natomiast same usługi są zwykle ładowane ze zdalnych urządzeń należących do koncernów informatycznych. Przesłanką implementacji tego modelu może być potrzeba dywersyfikacji lokacji danych ze względu na ich istotność – model publiczny może być zastosowany do udostępnienia aplikacji, za których pośrednictwem przetwarzane będą dane mniej istotne, model prywatny zaś obsługuje dane strategiczne lub wrażliwe z perspektywy bezpieczeństwa organizacji.

- Chmura współdzielona/społecznościowa (*community cloud*) – dzielenie pewnych usług chmury między kilka organizacji, które łączy wspólny cel lub wspólne obszary zainteresowań (np. misja, wymagania związane z bezpieczeństwem itd.). Fizycznie całość może być zarządzana wewnątrz i zewnątrz. Mówi się również, że jest to chmura spersonalizowana, tworzona niejako na zamówienie kilku zainteresowanych organizacji.

Wybór odpowiedniego dla organizacji modelu przetwarzania w chmurze właściwie sprowadza się do wyboru między stopniem kontroli zasobów informatycznych a stopniem efektywności ekonomicznej działania. Decyzja o migracji do chmury to wieloetapowy proces, który powinien uwzględniać czynniki ekonomiczne, aspekty charakteryzujące usługę lub dane, których przeniesienie jest rozważane oraz właściwości oferowane przez omówione powyżej modele chmury obliczeniowej.

5. Identyfikacja i analiza podstawowych kryteriów alokacji danych w chmurze

Wzrost zainteresowania i popularności rozwiązań opartych na modelu CC wynika z niewątpliwych korzyści, jakie niesie ze sobą decyzja o zastosowaniu tej technologii do zarządzania infrastrukturą IT. W stosunku do rozwiązań tradycyjnych model typu *cloud* oferuje wiele korzyści, które dla organizacji stanowią istotne kryterium w podejmowaniu decyzji o migracji danych i usług do chmury. Organizacje nie ponoszą kosztów na własną infrastrukturę informatyczną, korzystając z platform, infrastruktury i oprogramowania za pośrednictwem sieci. Model ten może dostarczyć wielu korzyści, takich jak: brak wydatków kapitałowych na infrastrukturę, elastyczność, skalowalność, optymalne wykorzystanie zasobów oraz płatność za ich faktyczne wykorzystanie. Decyzja o alokacji usług przetwarzania w chmurze może zapewnić prężność działania, której potrzebują przedsiębiorstwa, aby przetrwać i rozwijać się w obecnych warunkach ekonomicznych [Rot, Sobińska 2013]. Decyzja taka warunkowana jest nie tylko względami biznesowymi, ale także czynnikami technologicznymi właściwymi dla modelu chmury. Porównanie najważniejszych charakterystyk tradycyjnego modelu (*on-premise*) i modelu *cloud computing* (*on-demand*) zawarto w tab. 1.

Decyzja o alokacji danych i usług w chmurze oraz wyborze określonego modelu tego rozwiązania jest decyzją wieloaspektową, która powinna być poprzedzona dogłębną analizą kosztów i korzyści. Pożądane jest w takim przypadku przeprowadzenie analizy SWOT. Alokacja danych i usług w chmurze obliczeniowej zwiększa

Tabela 1. Porównanie najważniejszych charakterystyk tradycyjnego modelu przetwarzania danych oraz *cloud computing*

Kryterium porównawcze	Tradycyjny model IT (<i>on-premise</i>)	<i>Cloud computing</i> (<i>on-demand</i>)
Infrastruktura IT	Zlokalizowana w organizacji i zarządzana wewnętrznie	Zlokalizowana całkowicie lub częściowo poza organizacją
Inwestycja	Infrastruktura IT i oprogramowanie są nabywane dla najwyższego zapotrzebowania na moc obliczeniową; niedoszacowanie lub przeszacowanie zapotrzebowania na nią skutkuje utraconymi możliwościami lub zbędnie zamrożonym kapitałem	Usługi są dostosowane do faktycznego zapotrzebowania, zapewniając elastyczność zarządzania mocą obliczeniową
Koszt	Kosztowna inwestycja w aktywa stałe; konieczność ponoszenia kosztów aktualizowania i rozbudowy infrastruktury	Opłata za usługę, np. w cyklu miesięcznym, relatywnie niższe koszty pozyskania, utrzymania i rozwoju zasobów IT
Zasoby IT	Biznes uzależniony od posiadanych zasobów IT	Zasoby IT dostosowane do bieżących potrzeb biznesu
Skalowalność i elastyczność	Niższy poziom skalowalności i elastyczności systemu	Wysoka skalowalność (w górę i dół) i wydajność udostępnianych zasobów
Utrzymanie	Dedykowana kadra IT wymagana do utrzymania wewnętrznej infrastruktury	Brak konieczności zatrudniania specjalistów IT do obsługi infrastruktury
Aktualność technologii i oprogramowania	Wymagane kosztowne inwestycje infrastrukturalne i aktualizacje we własnym zakresie	Dostęp do najnowszych technologii i wersji oprogramowania
Ciągłość działania	Awaria systemu skutkuje brakiem dostępu do zasobów	Skutki awarii niwelowane są przez centrum zapasowe (dzięki np. redundacji zasobów) bez wpływu na bieżące procesy biznesowe
Bezpieczeństwo	Konieczność wewnętrznych mechanizmów zarządzania bezpieczeństwem informacji	Względnie niski poziom ryzyka naruszenia bezpieczeństwa danych

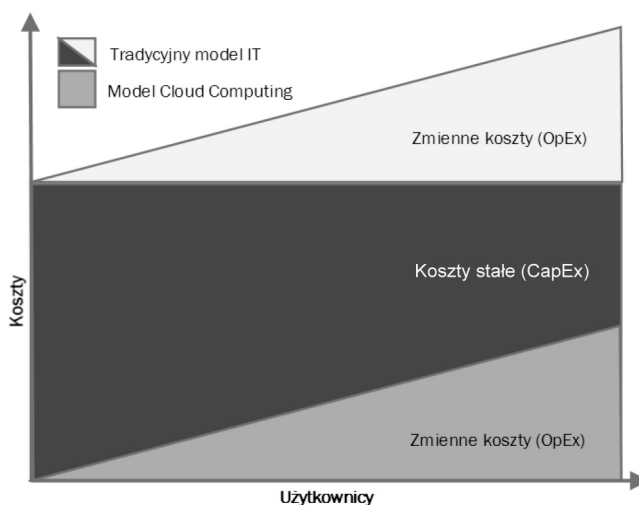
Źródło: opracowanie własne.

elastyczność i efektywność wykorzystania wymaganych zasobów obliczeniowych, dając przy tym możliwość dowolnego skalowania potrzeb obliczeniowych bez ponoszenia znacznych początkowych nakładów finansowych. Wśród podstawowych kryteriów alokacji danych i wyboru określonego modelu chmury można wymienić przede wszystkim te o charakterze ekonomicznym i technologicznym (które pośrednio przekładają się również na efekty mające wymiar ekonomiczny).

5.1. Wybrane kryteria ekonomiczne

Najczęściej podstawowym kryterium decydującym o wdrożeniu konkretnego modelu CC w przedsiębiorstwach są względy ekonomiczne. Implementacja tego rozwiązania nie wiąże się z wydatkami kapitałowymi na infrastrukturę, a płatność dotyczy faktycznie wykorzystanych zasobów. Organizacje nie ponoszą kosztów na własną infrastrukturę IT, korzystając z platform, infrastruktury i oprogramowania za pośrednictwem sieci. Inaczej zaczynają funkcjonować komputery – stają się one terminalami do prezentacji wyników przetwarzania danych, które odbywa się w centrach obliczeniowych [Rot, Sobińska 2013].

Najważniejsze oszczędności, które można osiągnąć w związku z implementacją chmury, to: oszczędność miejsca (brak konieczności ponoszenia kosztów utrzymania specjalistycznych pomieszczeń, efektywniejsze wykorzystanie powierzchni pod działalność operacyjną), oszczędność czasu (szybsze dostosowanie się do zmieniającej się sytuacji rynkowej, szybsze wyposażenie organizacji w zasoby IT, a przez to koncentracja na podstawowej działalności firmy), ale przede wszystkim optymalizacja kosztów (niższe koszty inwestycyjne i koszty operacyjne). Minimalizacja kosztów inwestycji w infrastrukturę IT to przede wszystkim brak kosztów początkowych instalacji i uruchomienia oprogramowania, ale też późniejszych wydatków inwestycyjnych (a przez to redukcja ryzyka inwestycyjnego w zakresie technologii IT). Korzystając z chmury, można uniknąć jednorazowych wydatków związanych m.in. z przygotowaniem niezbędnej infrastruktury serwerowni. Użytkując aplikacje w chmurze, można znacznie ograniczyć zapotrzebowanie na moc obliczeniową lub przestrzeń dyskową, co także wpływa na koszty ich zakupu.



Rys. 1. Koszty stałe (inwestycyjne) i zmienne (operacyjne) w modelu tradycyjnym i *cloud computing*

Źródło: opracowanie własne na podstawie [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cloud_computing_economics.svg].

Środki finansowe na zakup, modernizację oraz utrzymanie infrastruktury IT zalicza się do kategorii wydatków inwestycyjnych (CapEx). Wdrożenie chmury daje możliwość przeniesienia kosztów związanych z IT z części inwestycyjnej (CapEx) do kosztów operacyjnych (OpEx) [Pazowski 2014]. Porównanie kosztów inwestycyjnych oraz operacyjnych w modelu tradycyjnym oraz typu *cloud* zostało zobrazowane na rys. 1. Taka poprawa efektywności kosztowej to krótszy okres zwrotu z inwestycji przez redukcję lub likwidację kosztów infrastruktury komputerowej oraz obniżenie późniejszych kosztów operacyjnych. Oszczędności są związane również z niższymi jednostkowymi kosztami przetwarzania i składowania danych. W wielu organizacjach utylizacja sprzętu jest na bardzo niskim poziomie, co przekłada się na wysokość jednostkowych kosztów mocy obliczeniowej czy składowania danych, natomiast wirtualizacja pozwala w znacznie większym stopniu wykorzystać posiadane zasoby sprzętowe [Fulmański, Wojczyk 2014]. Informatyzacja organizacji powoduje, iż wzrasta liczba pracowników działu IT, natomiast chmura umożliwia zakup niezbędnych zasobów w postaci usług wraz z kompleksową obsługą, co przekłada się na niższe koszty utrzymania tych działów.

Dla wielu organizacji podstawowym kryterium decydującym o wdrożeniu modelu chmury może być także fakt wspierania przez to rozwiązanie procesów biznesowych, tworzenie nowych szans biznesowych, kreowanie przewagi konkurencyjnej i zwiększenie rentowności prowadzonej działalności [Nowicka 2013]. Wśród innych istotnych kryteriów ekonomicznych w literaturze wymienia się m.in. następujące czynniki [Bartczak 2015]:

- wspomaganie kreowania nowych struktur organizacyjnych, a w szczególności tworzenie struktur wirtualnych w miejsce mocno sformalizowanych,
- wzmocnienie współpracy z partnerami m.in. przez automatyzację i integrację procesów między organizacją a jej partnerami,
- nowe formy zatrudnienia, np. powstanie środowiska pracy dla telepracowników czy wirtualnych zespołów.

Jak już wskazano w niniejszym artykule, decyzja o alokacji przetwarzania danych w chmurze warunkowana jest nie tylko względami ekonomicznymi, ale także różnymi kryteriami o charakterze technologicznym.

5.2. Wybrane kryteria technologiczne

Do podstawowych kryteriów technologicznych umieszczenia własnych danych i usług w chmurze oraz decydujących o wyborze określonego jej modelu należą m.in. [Pałka, Zaskórski, Zaskórski 2013]:

- **Skalowalność** – organizacja decydująca się na korzystanie z CC uzyskuje automatycznie dostęp do zasobów IT o wręcz nieograniczonej skali. W razie potrzeby klient może dowolnie zwiększyć potencjał albo zrezygnować z części użytkowanych zasobów (od użytkownika zależy, jakimi zasobami IT będzie dysponował i w jakim okresie) [Łapiński, Wyżnikiewicz 2008].

- **Elastyczność rozwiązania** – łatwo obserwowana poprawa wykorzystania alokowanego potencjału rozwiązania informatycznego, jakim jest przetwarzanie w chmurze [Kuc, Niemczyk 2013].
- **Łatwość oraz szybkie tempo implementacji** – podejmując decyzje o wdrożeniu i wyborze określonego modelu przetwarzania danych w chmurze, organizacja otrzymuje dostęp do mocy obliczeniowej, powierzchni dyskowej, platformy programistycznej i oprogramowania. Instalacja aplikacji dla wielu użytkowników sprowadza się do zakupu, instalacji i ewentualnej konfiguracji oprogramowania w środowisku chmury (brak konieczności instalacji na komputerach użytkowników dodatkowego oprogramowania i jego aktualizacji lub rozszerzenia jego funkcjonalności). Zmiany w oprogramowaniu zainstalowanym w chmurze powodują dostępność zaktualizowanej aplikacji dla użytkowników [Marczak 2014]. Taka łatwość i szybkie tempo implementacji umożliwiają organizacji np. przyspieszenie wdrażania nowych usług.
- **Szybka migracja** – przetwarzanie w chmurze i związane z nią aplikacje mogą być obiektem błyskawicznej migracji na serwer zastępczy w razie czasowej dysfunkcji serwera bazowego.
- **Dostępność** – dzięki technologiom chmury organizacje uzyskują dostęp do danych w czasie rzeczywistym. Ta wartość dodana jest bodźcem do znaczących zmian w usługach, urządzeniach, zarządzaniu organizacją, tworzy także nowe rynki i modele biznesowe [Eunjeong 2013].
- **Wydajność przetwarzania** – stopień wykorzystania usług jest monitorowany, istnieje możliwość zwiększenia wydajności przetwarzania na żądanie, dzięki czemu firma jest w stanie od strony technologicznej sprostać skomplikowanym operacjom, które wymagają zwiększonych zasobów IT (procesory, pamięć itp.). Technologicznie operacje te są realizowane przez centra przetwarzania danych.
- **Łatwość użytkowania technologii** – usługi w chmurze cechują się łatwością ich użytkowania w praktyce, a użytkownicy szybko przyswajają odmienny od tradycyjnego sposób korzystania z oferowanych zasobów i usług. Prostota użytkowania zasobów IT wynika głównie z faktu, iż interfejs stanowi przeglądarka internetowa.
- **Hybrydyzacja** – możliwość wyboru niemal dowolnych usług i rozwiązań oraz ich łączenia [Pałka, Zaskórski, Zaskórski 2013].
- **Wirtualizacja** – technologia ta pozwala na współdzielenie mocy obliczeniowej serwerów, dzięki czemu odsetek niewykorzystanych zasobów obliczeniowych ulega obniżeniu [Kuc, Niemczyk 2013]. Wirtualizacja jako abstrakcja zasobów obejmuje wiele rozwiązań o różnych zastosowaniach, może ona dotyczyć serwerów, pamięci, aplikacji, stacji roboczych itp.
- **Niezawodność** – chmura obliczeniowa ze względu na swoją architekturę oraz używane mechanizmy zapewnia znacznie większy poziom niezawodności niż pojedynczy serwer (głównie dzięki zapasowym łączom, zduplikowanej bazie danych, rozproszeniu fizycznemu magazynów danych, mechanizmom wirtuali-

zacji) [Fulmański, Wojczyk 2014]. Od usługi przetwarzania w chmurze wymaga się także odporności na zmiany w konfiguracji usługi oraz zapewnienia odpowiednich parametrów do kontynuacji działalności biznesowej organizacji [Kuc, Niemczyk 2013].

- **Aktualność oprogramowania** – oprogramowanie dostępne w chmurze jest aktualizowane na bieżąco przez dostawcę konkretnej usługi (dotyczy systemów operacyjnych i aplikacji), co wpływa na zwiększenie bezpieczeństwa i zwiększa funkcjonalność użytkowanego oprogramowania.
- **Bezpieczeństwo** – nowoczesne technologie sprawiają, że tradycyjne podejście do bezpieczeństwa jest nieadekwatne do obecnej sytuacji. Rozwój IT, a w tym również CC, oprócz ogromnych korzyści, niesie ze sobą także nowe formy ryzyka. Są to nowe rodzaje zagrożeń związanych z tym, że dane w prosty sposób opuszczają dziś tradycyjne „granice organizacji” [Rot 2008]. Główne ryzyka dotyczące CC są związane z obszarami bezpieczeństwa danych i prywatności, dostępności systemu oraz ciągłości działania. Wśród tych czynników ryzyka bezpieczeństwo stanowi najistotniejszy obszar, ponieważ dane w tym wypadku przechowywane są poza siedzibą organizacji, a ich bezpieczeństwo jest priorytetem dla wielu przedsiębiorstw [Meena 2012]. Jednakże w praktyce CC może zapewnić wyższe bezpieczeństwo niż model tradycyjny. Firma, alokując dane w CC, ogranicza ryzyko utraty danych i zmniejsza możliwość wystąpienia awarii.

Jak pokazują wyniki badań, bezpieczeństwo jest jednym z najważniejszych kryteriów technologicznych wpływających na decyzję o wyborze rozwiązań typu *cloud*. Jest czynnikiem, który wzbudza największy niepokój firm i użytkowników indywidualnych rozważających wdrożenie tego modelu. W związku z powyższym kryterium to zostanie przeanalizowane szczegółowo w kolejnej części artykułu.

6. Bezpieczeństwo jako podstawowe kryterium alokacji danych w chmurze

Bezpieczeństwo usług i danych stanowi jedno z najistotniejszych kryteriów rozważanych przy podejmowaniu decyzji o migracji danych i usług IT w chmurze oraz przy wyborze konkretnego jej modelu. Jak pokazują badania *Netwrix 2015 Cloud Security Survey*, przeprowadzone wśród 611 firm z 24 branż, 65% firm widzi zagrożenia bezpieczeństwa przy migracji do chmury, a 40% boi się utraty fizycznej kontroli nad danymi w chmurze. Najwięcej obaw budzi nieautoryzowany dostęp (69%), a 43% obawia się przejmowania kont przez osoby niepowołane. Podobne wnioski można wysnuć, analizując badania przeprowadzane w Polsce. Według badań zrealizowanych przez firmę Comarch wśród 326 polskich przedsiębiorstw [Kapera 2014], główne obawy co do alokacji danych i usług w CC dotyczą właśnie bezpieczeństwa danych (50%), poufności danych (48%) oraz braku kontroli nad danymi (45%). W przypadku niektórych organizacji powyższe ograniczenia stają się istotnym czynnikiem powstrzymującym implementację omawianych rozwiązań. Zbliżo-

ne wnioski wynikają z analiz Instytutu Badań nad Gospodarką Rynkową w Polsce. Z badań, którymi została objęta próba 170 polskich firm, wynika, że przetwarzanie w chmurze jest jeszcze w fazie rozwojowej w Polsce i nie jest doceniane przez polskie organizacje. Polscy przedsiębiorcy mają różnego rodzaju obawy związane przy podejmowaniu decyzji o migracji oraz wyborze modelu przetwarzania danych w chmurze. Jako największe ryzyka związane z CC wymieniano: wyciek danych i nieuprawniony dostęp do nich (66%), oddanie kontroli nad zasobami IT firmie zewnętrznej (57%) i brak własnej kontroli nad przepływem danych (50%) [Łapiński, Wyżnikiewicz 2011].

Publiczna natura chmury stawia wyjątkowe wymagania w zakresie bezpieczeństwa, a w szczególności prywatności i poufności danych. Jednakże w chmurze obliczeniowej istnieje wiele narzędzi, które w odpowiedni sposób wykorzystują tę technologię i gwarantują ochronę o wiele pewniejszą niż rozwiązania bazujące na wewnętrznych centrach przetwarzania. Dostawcy usług stosują zazwyczaj najbardziej sprawdzone i niezawodne metody zabezpieczania danych, wykorzystując dobrze rozpoznane technologie, takie jak [Pałka, Zaskórski, Zaskórski 2013]:

- szyfrowanie danych (wdrażanie protokołów szyfrowania SSL, które zapewniają poufność i integralność transmisji danych),
- wirtualne sieci prywatne VPN (bezpieczne połączenia, przez które płynie ruch w ramach sieci prywatnej pomiędzy klientami za pośrednictwem sieci publicznej),
- firewalle (służące do zabezpieczania sieci i systemów przed intruzami),
- filtry pakietów danych (selektywne przepuszczanie lub blokowanie pakietów przechodzących przez interfejs sieciowy),
- systemy autentykacji (systemy weryfikujące zadeklarowaną tożsamość podmiotu biorącego udział w procesie komunikacji itp.),
- mechanizmy bezpieczeństwa fizycznego, związane z zabezpieczaniem budynków, w których zlokalizowany jest sprzęt udostępniający usługi CC.

W związku z powyższym przeniesienie systemów informatycznych zarządzania przedsiębiorstwem do chmury zmniejsza ich awaryjność i ogranicza ryzyko utraty danych oraz ma wiele innych pozytywnych właściwości [Łapiński, Wyżnikiewicz 2011]. Przedsiębiorstwo, migrując do CC, ogranicza ryzyko utraty danych, a tym samym zmniejsza możliwość wystąpienia awarii, aczkolwiek nie brakuje osób krytykujących rozwiązanie przetwarzania w chmurze za potencjalną utratę kontroli nad danymi wrażliwymi i strategicznymi dla danej organizacji. Zwiększenie bezpieczeństwa danych następuje dzięki centralizacji usług i danych oraz profesjonalizacji mechanizmów. Po wdrożeniu CC odpowiedzialność za bezpieczeństwo przechowywanych danych przechodzi na dostawcę, który odpowiada za stabilność działania infrastruktury, gdyż przechowywane informacje są kopiowane i znajdują się równolegle w kilku centrach przetwarzania, a w razie awarii któregokolwiek z nich, automatycznie uruchamiana jest kopia zapasowa (backup) [Bidgoli 2012]. Kolejnym czynnikiem zwiększającym bezpieczeństwo zasobów IT firmy jest dywersyfikacja przez dostawcę geograficznych lokalizacji centrów przetwarzania. Ponadto dostaw-

ca usług gwarantuje aktualizację oprogramowania, a w szczególności rozwiązań zwiększających bezpieczeństwo systemu, co ma przełożenie na mniejszą awaryjność zasobów IT nie tylko od strony fizycznej (fizyczne uszkodzenia, pożar, brak zasilania itp.), ale także informatycznej. CC zwiększa także odporność zasobów IT na ataki hakerskie i ogranicza występowanie sytuacji, w których może nastąpić wyciek danych.

Podsumowując, można stwierdzić, iż zestawienie poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez dostawcę usług chmury obliczeniowej i poziomu bezpieczeństwa w pojedynczej firmie wypada na korzyść chmury. Główna różnica między bezpieczeństwem tradycyjnej infrastruktury IT a chmurą tkwi w fakcie, że infrastruktura CC jest współdzielona między wieloma użytkownikami, a dodatkowe właściwości chmury, takie jak: konieczność ciągłej optymalizacji wydajności i dostępności, komplikują zarządzanie bezpieczeństwem w chmurze.

7. Zakończenie

Jak wskazano w artykule, istnieje wiele kryteriów, które mogą być podstawą decyzji o alokacji danych i usług przetwarzania w chmurze i wyborze jej konkretnego modelu. Decyzja o migracji powinna zostać poprzedzona szczegółową analizą biznesową, obejmującą m.in. analizę kosztów utrzymania usług IT oraz ich wpływu na elastyczność dostarczania nowych rozwiązań informatycznych. Jednym z najważniejszych kryteriów w podejmowaniu takiej decyzji jest argument dotyczący minimalizacji kosztów inwestycji w infrastrukturę IT, który wiąże się przede wszystkim z brakiem kosztów początkowych instalacji i uruchomienia oprogramowania, a także z brakiem późniejszych wydatków inwestycyjnych. Wdrożenie chmury obliczeniowej daje możliwość przeniesienia kosztów związanych z IT z części inwestycyjnej do kosztów operacyjnych. Poprawa efektywności kosztowej to krótszy okres zwrotu z inwestycji przez redukcję lub likwidację kosztów infrastruktury komputerowej oraz obniżenie późniejszych kosztów operacyjnych. Jednakże analiza ta powinna uwzględniać nie tylko aspekty ekonomiczne, ale także czynniki technologiczne właściwe dla danego modelu chmury. Wśród najważniejszych kryteriów technologicznych należy wymienić takie jak np. elastyczność i skalowalność rozwiązania, dostępność danych i usług, łatwość i szybkie tempo implementacji, wydajność przetwarzania, wirtualizacja, niezawodność i bezpieczeństwo. W opinii autora, wśród takich czynników technologicznych najważniejszą rolę odgrywa ten wymieniony jako ostatni. Jak wskazano w artykule, nieuzasadnione obawy o bezpieczeństwo są nieraz najważniejszym argumentem przeciw decyzji o alokacji danych i usług w chmurze. Organizacje często nie decydują się na ten krok, są bowiem przyzwyczajone do kontroli nad infrastrukturą IT i danymi, nie chcą oddać jej dostawcom chmury, co przekłada się w ich mniemaniu na większe poczucie bezpieczeństwa.

Literatura

- Badger L., Grance T., Patt-Corner R., Voas J., 2011, *Cloud Computing Synopsis and Recommendations*, NIST Special Publication 800-146, US Department of Commerce, <http://csrc.nist.gov/publications/drafts/800-146/Draft-NIST-SP800-146.pdf> (11.05.2016).
- Bartczak K., 2015, *Wykorzystywanie chmury obliczeniowej w przedsiębiorstwach*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, nr 878 Studia Informatica, nr 38, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Bigdoli H., 2012, *Successful introduction of cloud computing into your organization: A six-step conceptual model*, Journal of International Technology and Information Management, vol. 20, no. 1.
- Chellapa K., 1997, *Intermediaries in cloud computing: A new computing paradigm*, INFORMS Annual Meeting, Dallas, TX.
- Dziembek D., 2016, *Cloud computing – charakterystyka i obszary zastosowań w przedsiębiorstwach*, [w:] Knosala R. (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, t. 2, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją (PTZP), Opole.
- Eunjeong Ch., 2013, *How cloud computing is revolutionizing the future*, SERI Quarterly, vol. 6, no. 3.
- Fronczak M., 2013, *Zarządzanie ryzykiem w modelu cloud computing – wprowadzenie*, https://www.governica.com/wiadomosc/Zarządzanie_ryzykiem_w_modelu_cloud_computing_-_wprowadzenie (24.11.2016).
- Fulmański P., Wojczyk S., 2014, *Potencjalne korzyści i zagrożenia związane z chmurą obliczeniową*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Studia Informatica, nr 34, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Gillett S.E., Kapor M., 1996, *The Self-governing Internet: Coordination by Design, Coordination and Administration of the Internet*, Workshop at Kennedy School of Government, Harvard University. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cloud_computing_economics.svg.
- IBM SmartCloud, 2014, www-05.ibm.com/pl/cloud/ (30.09.2015).
- Kapera K., 2014, *Raport. Badanie Comarch Cloud*, www.comarch.pl/files_pl/file_8086/Cloud-Computing-20141.pdf (06.09.2016).
- Kuc M.E., Niemczyk W., 2013, *Rynek usług cloud computing – współczesne wyzwania, zagrożenia, trendy, perspektywy*, Zarządzanie i Finanse, nr 1/1, Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Łapiński K., Wyżnikiewicz B., 2011, *Raport: Cloud Computing – wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstw i gospodarkę Polski*, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową, Warszawa, www.ibngr.pl/Publikacje/Raporty-IBnGR/Cloud-Computing-elasticznosc-efektywnosc-bezpieczenstwo (04.10.2016).
- Marczak A., 2014, *Ekonomiczne aspekty wykorzystania chmury obliczeniowej w małych i średnich przedsiębiorstwach*, Zarządzanie. Teoria i praktyka, nr 9(1), Wydawnictwo Wyższej Szkoły Medycznej w Warszawie, Warszawa.
- Meena S., 2012, *Building a secure enterprise model for cloud computing environment*, Academy of Information and Management Sciences Journal, vol. 15, no. 1.
- Mell P., Grance T., 2011, *The NIST Definition of Cloud Computing*, NIST Special Publication 800-145, U.S. Dept. of Commerce, nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf (12.06.2016).
- Nowicka K., 2013, *Wartość w modelu cloud computing*, Kwartalnik Wyższej Szkoły Zarządzania i Prawa im. Heleny Chodkowskiej „Przedsiębiorstwo przyszłości”, nr 2(15), Warszawa, <http://www.praktycznateoria.pl/wartosc-w-modelu-cloud-computing/> (16.12.2016)
- Pałka D., Zaskórski W., Zaskórski P., 2013, *Cloud computing jako środowisko integracji usług informatycznych*, Zeszyty Naukowe Warszawskiej Wyższej Szkoły Informatyki, nr 9, r. 7, Wydawnictwo WWSI, Warszawa.

- Pazowski P., 2014, *Ekonomiczne aspekty wdrożenia modelu cloud computing*, Modern Management Review, vol. XIX, 21 (2/2014), Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- Rot A., 2008, *IT risk assessment: Quantitative and qualitative approach*, [w:] Lecture Notes in Engineering and Computer Science: WCECS2008 The World Congress on Engineering and Computer Science 2008 / Proceeding of International Conference on Systems Engineering and Engineering Management (ICSEEM'08), Ao S.I., Douglas C., Grundfest W.S., Schruben L., Burgstone J. (eds.), Newswood Limited, International Association of Engineers, San Francisco, CA.
- Rot A., 2008a, *Oprogramowanie dostarczane jako usługa – model SaaS. Stan obecny, perspektywy rozwoju oraz przykłady rozwiązań*, [w:] Nowicki A. (red.) Informatyka Ekonomiczna, nr 12, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław.
- Rot A., Sobińska M., 2013, *IT security threats in cloud computing sourcing model*, [w:] M. Ganzha, Maciaszek L., Paprzycki M. (red.), *Proceedings of the 2013 Federated Conference on Computer Science and Information*, PTI, Kraków, <https://fedcsis.org/proceedings/2013/pliki/fedcsis.pdf> (28.10.2016).
- Vaquero L.M., Roderer-Merino L., Caceres J., Lindner M., 2008, *A break in the clouds: Towards a cloud definition*, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, no. 39(1).