Piotr PAZOWSKI¹

EKONOMICZNE ASPEKTY WDROŻENIA MODELU CLOUD COMPUTING

W niniejszym artykule omówiono zagadnienia ekonomicznych aspektów implementacji modelu *cloud computing*. W pracy zaprezentowano definicje pojęcia *cloud computing* oraz główne cechy modelu w aspekcie perspektyw wykorzystania i funkcjonowania przedsiębiorstw po wdrożeniu rozwiązań opartych na chmurze obliczeniowej. Scharakteryzowano również główne modele usługowe przetwarzania w chmurze z uwzględnieniem porównania tych rozwiązań z tradycyjnym modelem w aspekcie podziału kontroli nad poszczególnymi elementami infrastruktury informatycznej. Opisano rodzaje modeli wdrożeniowych idei przetwarzania danych w chmurze obliczeniowej. Autor dokonuje porównania tradycyjnego modelu zarządzania infrastrukturą IT z modelem *cloud computing* z uwzględnieniem poziomu wykorzystania zasobów IT w czasie w warunkach funkcjonowania na rynku. Bazując na zestawieniu dwóch modeli, autor analizuje ekonomiczne aspekty decyzji migracji systemów informatyczno-informacyjnych do chmury. Ekonomia *cloud computing* analizowana jest z perspektywy kosztów operacyjnych i inwestycyjnych. Ukazano korzyści finansowe wynikające ze zmiany kwalifikacji kosztów inwestycyjnych na operacyjne po zmianie systemu na cloudowy. Tekst odnosi się także do podstawowych wskaźników, które kwantyfikują efektywność ekonomiczną projektów, a także prezentuje korzyści, jakie niesie ze sobą zmiana sposobu kwalifikowania usług typu cloud w odniesieniu do wyniku finansowego przedsiębiorstwa. Opisano całkowity koszt posiadania aktywów IT, koszt alternatywny i czas wejścia przedsiębiorstwa na rynek z nową aplikacją lub produktem po implementacji przetwarzania w chmurze. Tekst charakteryzuje również główne ryzyka strategiczne i operacyjne wdrożenia koncepcji cloudowych.

Słowa kluczowe: *cloud computing*, ekonomia chmury obliczeniowej, optymalizacja kosztów

1. WSTĘP

Przedsiębiorstwa starają się sprostać wyzwaniom współczesnego świata, stale poszukując skutecznych rozwiązań niezbędnych do funkcjonowania w konkurencyjnym środowisku, jakim jest rynek. *Cloud computing* stał się jednym z wiodących tematów rozważań nad nowymi technologiami, które umożliwiłyby obniżenie kosztów w przedsiębiorstwach, a także poprawiłyby ich efektywność działania. Rozwiązania charakterystyczne dla chmury obliczeniowej są naturalnym kierunkiem ewolucji nowoczesnych technologii. Ten wywodzący się historycznie z technologii klastrowej i wirtualizacji model przetwarzania danych i dostarczania usług teleinformatycznych² stał się platformą nowej generacji, która zapewnia zdolność do zwiększania wydajności lub dodania nowych możliwości bez po-

¹ Mgr Piotr Pazowski, Zakład Systemów Informatycznych Zarządzania, Uniwersytet Marii-Curie Skłodowskiej w Lublinie, Pl. M. Curie Skłodowskiej 5/1111, 20-031 Lublin, e-mail: p.pazowski@pollub.pl

² D. Sadowski, *Ryzyka biznesowe w przedsięwzięciach cloud computing*, <http://robertjesionek.files.wordpress.com/2012/05/wic499cej-za-mniej-raport.pdf>, s. 28 (data dostępu: 07.10.13).

trzeby inwestowania w nową infrastrukturę IT i personel do jej obsługi³. Model chmury obliczeniowej ewoluował na bazie przetwarzania w sieci *grid*, gdzie wiele systemów udostępnia usługi, korzystając z połączonych zasobów, z tą różnicą, że w chmurze obliczeniowej usługodawca podąża za potrzebami klienta, który zgłasza popyt na usługę.

2. DEFINICJA CLOUD COMPUTING

Pomimo powszechnego konsensusu, że *cloud computing* jest technologią umożliwiającą przetwarzanie danych i dostarczanie usług teleinformatycznych za pomocą sieci Internet, nie powstała jednolita definicja, której udałooby się uchwycić kompleksowość tego zagadnienia. Może być to spowodowane wielowarstwowością tej technologii, a także jej technicznymi i ekonomicznymi podstawami⁴, które pozwalają zrozumieć sposób działania modelu i możliwości jego wykorzystania. W uproszczeniu *cloud computing* może być rozumiane jako przechowywanie, przetwarzanie i wykorzystywanie danych za pomocą urządzeń z dostępem do sieci Internet. *Cloud computing* jest świadczeniem usług informatycznych za pośrednictwem infrastruktury sieciowej, podobnie jak usługi dostaw gazu, prądu, telefonii czy telewizji kablowej. Mierzalny charakter usługi (liczba zarchiwizowanych bajtów, czas korzystania itp.) pozwala usługobiorcy płacić za rzeczywiste korzystanie z dostarczanych zasobów IT. Odbiorca usług nie ma zazwyczaj technicznej wiedzy o tym, w jaki sposób odbywa się cały proces dostarczania usługi czy też gdzie fizycznie znajdują się elementy całej infrastruktury wytwórczej i przesyłowej. Całość tak rozproszonej, ale powiązanej ze sobą infrastruktury informatycznej nazywa się potocznie „chmurą”. Chmurą obliczeniową jest więc cały zbiór serwerów, pamięci masowych, oprogramowania, światłowodów itd., do którego odpłatnie uzyskuje się dostęp za pośrednictwem Internetu. Korzystanie z takiej infrastruktury nazywa się właśnie *cloud computing*, czyli po prostu „przetwarzaniem w chmurze”⁵.

Najczęściej cytowana jest jednak definicja podana przez amerykański Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii (NIST, *National Institute of Standards and Technology*): *cloud computing* to model umożliwiający powszechny i dogodny dostęp przez sieć Internet do współdzielonej puli konfigurowalnych zasobów obliczeniowych (np. sieci, serwery, pamięci masowe, aplikacje i usługi), które są dostępne „na życzenie”, mogą być szybko alokowane i zwalniane przy minimalnej interakcji użytkownika czy dostawcy usług.

2.1 Najważniejsze cechy modelu

Definicja przygotowana przez NIST pozwala wyodrębnić elementy składowe, które pozwalają wskazać charakterystyczne cechy pozwalające zakwalifikować dany model przetwarzania danych jako *cloud computing*. Podstawowe cechy modelu pozwalają określić korzyści, które przedsiębiorstwa mogą osiągnąć po migracji zasobów IT do chmury. Należą do nich:

Samooobsługa na żądanie. Usługobiorca jest w stanie samodzielnie i automatycznie zamówić i uzyskać dostęp do zasobów niezbędnych do przetwarzania danych (np. pojem-

³ N. Waluś, A. Matoga, *Cloud Computing*, AGH, [b.m.] 2008, s. 2.

⁴ E. Barak, J. P. Conley, S. Wilkie, *The Economics of Cloud Computing*, „Working Paper” 2011/11-W18, s. 3.

⁵ K. Łapiński, B. Wyrzykiewicz, *Cloud computing. Wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstw i gospodarkę Polski*, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową, Warszawa 2011, s. 5.

ność dyskowa, moc obliczeniowa, sieci, oprogramowanie). Automatyczne przydzielanie zasobów i zadań odbywa się poprzez łączność z samoobsługowym portalem usług bez ręcznej interakcji z dostawcą zasobów. Ta cecha modelu pozwala na korzystanie z zasobów w czasie rzeczywistym, to znaczy w chwili wystąpienia zapotrzebowania na dany produkt, a czynności związane z konfiguracją systemu zostają ograniczone do niezbędnego minimum. Z tą funkcjonalnością wiąże się kolejna właściwość modelu, jaką jest:

Skalowalność. Klient w zależności od potrzeb ma możliwość dowolnie zwiększyć potencjał lub zrezygnować z części użytkowanych zasobów IT. Zmiana wielkości i zakresu użytkowanych produktów może dotyczyć dowolnego czasu i odbywa się automatycznie na żądanie usługobiorcy. Ta funkcjonalność z punktu widzenia optymalizacji kosztów przedsiębiorstwa jest bardzo korzystna, gdyż umożliwia regulowanie opłat za usługi informatyczne w systemie „płać za to, co wykorzystałeś” (*pay-as-you-go*).

Dostępność. Dostęp do zasobów umieszczonych w chmurze realizowany jest poprzez sieć Internet i odbywa się za pomocą powszechnie dostępnych, wystandaryzowanych programów, takich jak przeglądarka internetowa, poprzez odpowiednio zabezpieczone logowanie. Pracownicy firm uzyskują w ten sposób dostęp do wynajmowanych zasobów informatycznych niezależnie od miejsca, w którym się znajdują, o ile dysponują urządzeniami do tego przystosowanymi (laptopy, tablety, smartfony). Zwiększa to mobilność przedsiębiorstw, a także pozwala bieżąco reagować na sygnały dochodzące z rynku (np. gwałtowny wzrost popytu), kiedy tylko wystąpi taka konieczność. Wdrożenie usługi *cloud computing* ogranicza zatem ryzyko utraty dodatkowych klientów i przychodów⁶.

Wspólne wykorzystanie zasobów. Dzięki technologii wirtualizacji, która umożliwia łączenie niejednorodnych zasobów w jeden wielki zbiór zasobów, możliwe jest ich bardziej selektywne wydzielanie klientom, co jednocześnie zwiększa poziom ich wykorzystania. Bez wirtualizacji nigdy nie powstałby *cloud computing*. Cała pula jest współużytkowana przez wielu klientów jednego dostawcy na zasadzie dynamicznego przydziału i zwalniana precyzyjnie określonych porcji zasobów wirtualnych⁷. Poziom wykorzystania puli jest proporcjonalny do zmian w popycie na zasoby przetwarzania po stronie usługobiorcy. Klient nie ma wiedzy o lokalizacji zasobów, z których korzysta, zapewnienie dostępności i bezpieczeństwa korzystania z zasobów należy do usługodawcy.

Wydajność. Z perspektywy odbiorcy usług *cloud computing* zasoby są udostępniane w sposób dopasowujący się do aktualnych potrzeb klienta, który może zwiększać bądź zmniejszać moce obliczeniowe automatycznie w zależności od zakresu potrzeb. Dostęp do niemal nieograniczonych zasobów IT pozwala firmom sprostać nawet najbardziej wymagającym operacjom, a także zwiększa ich potencjał operacyjny, przez co pozwala szybko reagować na zmieniające się warunki gospodarcze.

Mierzalność. *Cloud computing* jest usługą pozwalającą na precyzyjne określenie kosztów związanych z jej użytkowaniem. W zależności od zapisów umowy pomiędzy dostawcą a odbiorcą możliwe jest określenie płatności za czas użytkowania bądź za jednostkę udostępnionej mocy obliczeniowej lub pojemności dyskowej. Sprzyja to przewidywalności i przejrzystości kosztów danego rozwiązania. Dostawca dokonuje optymalizacji pracy posiadanych zasobów poprzez monitorowanie i mierzenie wykorzystania zasobów przez swoich klientów w celu jak najlepszego ich zagospodarowania.

⁶ *Ibidem*, s. 10.

⁷ D. Sadowski, *op. cit.*, s. 29.

Bezpieczeństwo. Dostawca chmury odpowiada za bezpieczeństwo, poprawność i stabilność działania infrastruktury, którą udostępnia swoim klientom. Technologia cloudowa przewiduje równoległe funkcjonowanie w kilku centrach przetwarzania, co w sytuacji awarii powoduje relokację zasobów i uruchamianie kopii zapasowych. Dla użytkownika cały proces jest niezauważalny, gdyż przez cały czas ma on dostęp do zakupionych zasobów. Ta funkcjonalność zmniejsza ryzyko utraty kluczowych danych i stanowi alternatywę dla tradycyjnych systemów bezpieczeństwa zasobów IT występujących w firmach.

3. RODZAJE MODELI USŁUGOWYCH CLOUD COMPUTING

Model usługowy określa zakres i rodzaj zasobów, które są dostarczane w trybie modelu *cloud computing*. W zależności od stopnia zaawansowania technologii chmury obliczeniowej wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje/poziomy tej usługi.

3.1 IaaS

Infrastruktura jako usługa (IaaS, *Infrastructure as a Service*) to najbardziej podstawowy model dystrybucji usług typu *cloud*, w którym klient uzyskuje za pośrednictwem sieci Internet dostęp do sprzętu informatycznego (*hardware*). W tym modelu oferowane są głównie moc obliczeniowa serwerów i procesorów o określonej specyfikacji technicznej, a także pojemność dyskowa przeznaczona do przechowywania danych. Klient może wykorzystać udostępniony wirtualny serwer do zainstalowania i skonfigurowania systemu operacyjnego i na przykład instalacji bazy danych, a następnie aplikacji. Umożliwia to w późniejszym czasie korzystanie z tych zasobów z dowolnych komputerów bez konieczności instalacji⁸. Do dostawców usług typu IaaS można zaliczyć między innymi Rackspace (moc obliczeniowa) i Amazon S3 (pojemność dyskowa).

3.2 PaaS

Platforma jako usługa (PaaS, *Platform as a Service*) – w tym modelu oferowana jest platforma programistyczna rozumiana jako infrastruktura do instalowania, uruchamiania lub rozwijania potrzebnych aplikacji. Usługobiorca uzyskuje dostęp do samej platformy bez możliwości ingerencji w system operacyjny, na jakim uruchomiona jest platforma, ani przestrzeni dyskowej, na której składowane są dane. Wiąże się to z mniejszą elastycznością ze względu na konieczność kompatybilności aplikacji ze środowiskiem, w którym działają⁹. Deweloperzy aplikacji wybierają język programowania i cechy platformy, jakich potrzebują, i szukają dostawcy, który spełnia ich wymagania. W modelu instalowane aplikacje są własnością usługobiorcy. Przykładowi dostawcy: Microsoft Azure, force.com.

3.3 SaaS

Oprogramowanie jako usługa (SaaS, *Software as a Service*) jest najbardziej rozbudowanym poziomem usług cloudowych. W tym modelu klientowi dostarczane jest gotowe

⁸ D. Leończuk, *Możliwości zastosowania technologii „cloud computnig” w logistyce*, http://www.logistyka.net.pl/bank-wiedzy/e-gospodarka/item/download/78697_8b9b26d6ed8060e08c2ebc72398169d3, s. 629 (data dostępu: 07.10.13).

⁹ J. Rosenberg, A. Mateos, *Chmura obliczeniowa. Rozwiązania dla biznesu*, Helion, Gliwice 2011, s. 4.

oprogramowanie, dzięki czemu może on korzystać z potrzebnych aplikacji przy użyciu dowolnego komputera, bez konieczności wcześniejszej ich instalacji. Nie wymaga to od usługobiorcy zapewnienia zgodności wykorzystywanych aplikacji ze środowiskiem w którym funkcjonują. Model SaaS oferuje zarówno proste programy, jak i na przykład edytor tekstu *online*, a także bardziej zaawansowane aplikacje, takie jak systemy do obsługi księgowości czy systemy zarządzania relacjami z klientami. W odróżnieniu do tradycyjnego modelu zarządzania infrastrukturą IT użytkownik nie kupuje oprogramowania, tylko je wynajmuje na określonych zasadach. Dostawca jest właścicielem oprogramowania i na nim spoczywa obowiązek jego zarządzania, aktualizacji i bezawaryjnego działania. Usługi SaaS: Microsoft Office 365, Google Apps.

3.4 Podział kontroli w modelach *cloud computing*

Firma, która wybiera wdrożenie w swojej infrastrukturze IT rozwiązań opartych na chmurze obliczeniowej, zazwyczaj decyduje się na wybór konkretnego modelu usługowego. Z tą decyzją wiąże się określenie podziału kontroli między usługobiorcą a usługodawcą wykorzystywanych zasobów IT. W tradycyjnym modelu zarządzania zasobami IT użytkownik samodzielnie kontroluje posiadane zasoby i jest całkowicie odpowiedzialny za ich obsługę. Jego autonomiczność w tym zakresie może być w pewnym stopniu ograniczona zależnością od dostawcy łączy internetowych. Implementacja rozwiązań cloudowych oznacza rezygnację z samowystarczalności i kontroli nad zasobami IT. Stopień ograniczenia kontroli zależy od wyboru konkretnego modelu usługowego. W modelu IaaS utrata kontroli nad składowymi infrastrukturą informatyczną jest najmniejsza, gdyż dotyczy tylko fizycznego sprzętu komputerowego. Model PaaS rozszerza kontrolę dostawcy o środowisko operacyjne. W modelu SaaS usługobiorca ma kontrolę jedynie nad swoimi danymi.

Tabela 1. Porównanie podziału kontroli w modelu tradycyjnym i w modelach *cloud computing*

Model tradycyjny (<i>on-premise</i>)	<i>Infrastructure-as-a-Service (IaaS)</i>	<i>Platform-as-a-Service (PaaS)</i>	<i>Software-as-a-Service (SaaS)</i>
Dane	Dane	Dane	Dane
Aplikacje	Aplikacje	Aplikacje	Aplikacje
Środowisko	Środowisko	Środowisko	Środowisko
Wirtualizacja	Wirtualizacja	Wirtualizacja	Wirtualizacja
Serwery	Serwery	Serwery	Serwery
Macierze/Dyski	Macierze/Dyski	Macierze/Dyski	Macierze/Dyski
Sieć	Sieć	Sieć	Sieć

Pod kontrolą użytkownika
Pod wspólną kontrolą
Zarządzane przez usługodawcę

Źródło: opracowanie własne na podstawie: <http://azurecloud.pl/opis-Azure.html> (data dostępu: 9.11.13)

4. RODZAJE MODELI WDROŻENIOWYCH *CLOUD COMPUTING*

Wybór sposobu wdrożenia modelu przetwarzania danych w chmurze obliczeniowej jest *de facto* wyborem stopnia kontroli nad zasobami informatycznymi firmy, gdyż określa, kto będzie dostawcą usługi (nie zaś – co jest przedmiotem usługi). Decyzja o rozpoczęciu działalności lub migracji do chmury na podstawie całkowitego wdrożenia modelu oznacza brak kosztów zakupu i utrzymania rozbudowanej infrastruktury informatycznej. Jest to często trudne do zaakceptowania przez przedsiębiorstwa, gdyż sfera działalności oparta na systemach informacyjno-informatycznych zostaje w dużym stopniu uzależniona od zewnętrznego dostawcy chmury. Organizacje zainteresowane rozwiązaniami cloudowymi mają do wyboru cztery podstawowe modele wdrożeniowe, dzięki którym mogą kontrolować zasoby IT w stopniu, który uznają za najbezpieczniejszy. Przeniesienie najważniejszych działań do chmury uzależnia funkcjonowanie przedsiębiorstwa od jakości usług wybranego usługodawcy¹⁰.

4.1 Model publiczny (*public cloud*)

Publiczny charakter modelu oznacza skierowanie przez usługodawcę oferty do ogółu społeczeństwa lub konkretnej branży. Powszechny charakter usługi oznacza w zasadzie nieograniczony dostęp (każdy ma możliwość zakupu i korzystania, współdzieląc pulę zasobów z innymi użytkownikami). Zaletą takiego rozwiązania jest brak konieczności ponoszenia kosztów inwestycyjnych przez klienta, który ponosi jedynie koszty operacyjne związane z rzeczywiście wykorzystanymi zasobami. Wadą natomiast jest przekazanie zewnętrznemu podmiotowi właściwie pełnej kontroli nad zasobami IT.

4.2 Model prywatny (*private cloud*)

W tym przypadku dana organizacja staje się dostawcą *cloud computing*, łącząc swoje wewnętrzne zasoby sprzętowe w jeden zbiór, który następnie będzie dynamicznie przydzielany w zależności od faktycznego zapotrzebowania ze strony użytkowników. Zasoby dostępne w ramach chmury prywatnej wykorzystywane są wyłącznie przez dane przedsiębiorstwo, a także przez podmioty do tego upoważnione. Podstawową zaletą jest przetwarzanie danych we własnej infrastrukturze, co zwiększa bezpieczeństwo danych. Poza tym aplikacje i środowisko są opracowywane pod konkretnego odbiorcę. Wadą tego rozwiązania jest poniesienie kosztów inwestycyjnych, jeśli firma nie ma odpowiedniego zaplecza, które zapewni sprawne funkcjonowanie całego systemu. Na model prywatny decydują się zazwyczaj większe przedsiębiorstwa dbające o bezpieczeństwo danych i zgłaszające potrzebę połączenia posiadanych zasobów, które charakteryzują się dużym rozproszeniem.

4.3 Model dedykowany

Model ten polega na wyodrębnieniu części funkcjonalności chmury podmiotowi zależnemu i przekazanie mu w ten sposób kompetencji do działania w pewnej wybranej przez organizację dziedzinie. Zalety to większy poziom bezpieczeństwa w porównaniu z chmurą publiczną i niższe koszty w porównaniu z chmurą prywatną.

¹⁰ D. Leończuk, *op. cit.*, s. 630.

4.4 Model hybrydowy

Model ten stanowi połączenie modelu prywatnego i publicznego. Decyzja o implementacji tego modelu podyktowana jest chęcią dywersyfikacji lokowania danych ze względu na ich ważność. Model publiczny wykorzystuje się do aplikacji, za których pośrednictwem przetwarza się dane mniej istotne, model prywatny zaś obsługuje dane strategiczne z punktu widzenia przedsiębiorstwa.

5. PORÓWNANIE TRADYCYJNEGO MODELU ZARZĄDZANIA ZASOBAMI IT Z MODELEM CLOUD COMPUTING

Tradycyjny model zarządzania zasobami IT jest powszechny w większości organizacji funkcjonujących na rynku i wykorzystujących do swojej działalności zasoby informacyjno-informatyczne. Polega on na posiadaniu własnej infrastruktury informatycznej, która jest zlokalizowana w przedsiębiorstwie w postaci sprzętu i oprogramowania. Zarządzanie tą architekturą odbywa się wewnętrznie. Początkowe nakłady finansowe na rozpoczęcie biznesu czy też wdrożenie nowego projektu wymagają początkowo wysokich nakładów inwestycyjnych. Zakupiony potencjał (sprzęt, oprogramowanie) przez pewien okres może być nie w pełni wykorzystany w sytuacji na przykład gwałtownego załamania popytu bądź rezygnacji kontrahenta ze współpracy. Użytkownik natomiast stale będzie ponosił koszty utrzymania zakupionego potencjału (zasilanie, chłodzenie, serwisowanie).

W dalszej perspektywie działalności firmy może się okazać, że zwiększony popyt na usługi firmy powoduje jej rozwój, w związku z czym pojawia się konieczność dalszych inwestycji, aby sprostać rosnącemu zainteresowaniu klientów. Rozwój firmy może przerosnąć prognozowane oczekiwania i podjęte inwestycje mogą nie zapewnić firmie pożądaną w danej sytuacji aktywności na rynku.

Rys. 1. Klasyczna rozbudowa IT – model tradycyjny

Źródło: <http://azurecloud.pl/opis-Azure.html> (data dostępu: 09.11.13)

Taka sytuacja uzależnia działania biznesowe od posiadanych zasobów, powodując w ten sposób niedoszacowanie lub przeszacowanie zapotrzebowania na moc obliczeniową, co może skutkować utraconymi możliwościami lub zbędnie zamrożonym kapitałem¹¹.

Konkurencyjność przedsiębiorstw w dużej mierze opiera się na zdolności szybkiego reagowania na sygnały dochodzące z rynku. Brak zdolności reagowania na szybki wzrost popytu, czyli możliwości obsługi w krótkim czasie większej liczby klientów, zwykle skutkuje ich utratą¹². Przedsiębiorstwo ponosi koszt utraconych korzyści, które podmiot mógłby uzyskać w sytuacji wystąpienia nieprzewidywalnego wzrostu popytu. Rozwiązaniem w takich sytuacjach może być adaptacja modelu *cloud computing*.

Przedsiębiorstwa będące w fazie inicjacji działalności rynkowej zwykle zmuszone są na poniesienie wysokich nakładów inwestycyjnych związanych z zakupem odpowiedniej infrastruktury IT. Zakup zaawansowanych zasobów informatycznych (sprzęt, specjalistyczne oprogramowanie), które często zapewniają przewagę konkurencyjną, jest dla przedsiębiorstw wchodzących na rynek zazwyczaj nieosiągalny ze względu na wysokie koszty. Początkowe inwestycje zwracają się też zwykle w późniejszym czasie. Opis ten charakteryzuje klasyczną rozbudowę potencjału IT (rys. 1). Przedsiębiorca, który rozpocznie swoją działalność i zdecyduje się na model chmurowy, w krótkim czasie zaczyna uzyskiwać konkretne korzyści ekonomiczne. Dostawcy usług *cloud computing* oferują w modelu publicznym bogatą gamę usług i produktów, które zazwyczaj ze względu na cenę osiągalne były tylko dla dużych firm o ugruntowanej pozycji na rynku. Finansowy próg wejścia na rynek w modelu *cloud computing* jest znacznie niższy w porównaniu z tradycyjnym modelem, dodatkowo firmy uzyskują tani dostęp do wyspecjalizowanych narzędzi, dzięki którym od początku swojej działalności mogą z powodzeniem konkurować na rynku. Elastyczność i skalowalność usług *cloud computing* pozwala precyzyjnie dopasować się do zmian zapotrzebowania na zasoby IT, ograniczając w ten sposób ryzyko niedoszacowania lub przeszacowania inwestycji (rys. 2).

Rys. 2. Rozbudowa IT za pomocą chmury obliczeniowej

Źródło: <http://azurecloud.pl/opis-Azure.html> (data dostępu: 09.11.13)

¹¹ K. Nowicka, *Wartość w modelu cloud computing*, http://www.chodkowska.edu.pl/app_cm3/files/96635.pdf, s. 37 (data dostępu: 07.10.13).

¹² K. Łapiński, B. Wyrzykiewicz, *op. cit.*, s. 9.

Model *cloud computing* pozwala na bieżące dostosowywanie się zasobów informatycznych do bieżących potrzeb biznesu¹³. Czas reakcji przedsiębiorstwa na zmiany w otoczeniu rynkowym ulega znacznej redukcji, pozwalając tym samym na aktywną i dynamiczną budowę planów rozwoju, rozwijania kompetencji czy wprowadzania nowych usług i produktów¹⁴.

6. EKONOMIA MODELU CLOUD COMPUTING

Wzrost zainteresowania i popularności rozwiązań opartych na modelu przetwarzania danych w chmurze obliczeniowej wynika z niewątpliwych korzyści, jakie niesie za sobą decyzja o zastosowaniu tej technologii do zarządzania infrastrukturą IT. Jedną z głównych zalet *cloud computing* jest możliwość optymalizacji kosztów. Przedsiębiorstwa decydujące się na migrację systemów IT do chmury podejmują ryzyko strategiczne i operacyjne, dlatego zainteresowane są analizą konkretnych korzyści ekonomicznych, by precyzyjnie ocenić, czy przejście na nowy model jest opłacalne.

6.1 Koszty inwestycyjne i koszty operacyjne w modelu *cloud computing*

Na całkowity koszt danego rozwiązania IT składają się: koszty sprzętu teleinformatycznego, koszty oprogramowania (aktualizacje i licencje) oraz koszty utrzymania, wsparcia i integracji. Koszty inwestycyjne (CapEx, *Capital Expenditures*) są to wydatki poniesione na rozwój produktu lub wdrożenie systemu. Koszt zakupu całej infrastruktury informatycznej, czyli sprzętu wraz z oprogramowaniem, kwalifikuje się jako koszty inwestycyjne. CapEx jest powszechnie spotykane w rachunku przepływów pieniężnych w pozycji „inwestycje w rzeczowy majątek i sprzęt”. Koszty operacyjne (OpEx, *Operational Expenditures*) stanowią wydatki na utrzymanie produktu, biznesu lub systemu. W rachunku zysków i strat koszty operacyjne są sumą wydatków poniesionych na działalność operacyjną w danym okresie (np. miesiąc lub rok). Można do nich zaliczyć na przykład koszty księgowe, opłaty licencyjne, reklamy, obsługę prawną, wydatki biurowe, koszty podróży itp. Przykładowo zakup drukarki kwalifikuje się jako CapEx, roczne wydatki na toner zaś to OpEx.

¹³ K. Nowicka, *Cloud computing – nowy model biznesowy wykorzystujący outsourcing IT przez Internet*, „Przedsiębiorstwo przyszłości” 10/1 (2012), s. 5.

¹⁴ http://www.opengroup.org/cloud/whitepapers/ccroi/disc1.htm#discuss_fvp (data dostępu: 07.10.13).

Rys. 3. Koszty w modelu tradycyjnym i cloud

Źródło: opracowanie własne na podstawie:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cloud_computing_economics.svg (data dostępu: 09.11.13)

Firma przechodząca na model „płać za to, co wykorzystałeś” redefiniuje swoje przepływy pieniężne. Przychody i wydatki rozliczane są na podstawie jednostek takich jak czas korzystania z usługi lub wielkość udostępnionej mocy obliczeniowej. Korzystanie z zasobów IT w chmurze kwalifikuje się jako koszty operacyjne (OpEx), tradycyjny model zarządzania IT zaś stanowi wydatki inwestycyjne (CapEx). Przejście z CapEx na OpEx jest o tyle istotne, że pozwala uniknąć problemów związanych z zaburzeniem płynności w związku z poniesieniem relatywnie dużych wydatków w krótkim czasie podczas wdrażania danego rozwiązania IT. Model *cloud computing* koncentruje się na maksymalizacji efektu dźwigni kapitału niezbędnego do pozyskania rozwiązań IT, minimalizując ryzyko ponoszenia kosztów na inwestycje i bieżące utrzymywanie infrastruktury IT. Zmniejszenie wydatków inwestycyjnych może pozytywnie wpływać na wartość wskaźnika zwrotu z aktywów (ROA, *Return on Assets*), który jest często stosowany w analizach ekonomiczno-finansowych przedsiębiorstw¹⁵. Wskaźnik stopy zwrotu z aktywów informuje, jaka jest rentowność wszystkich aktywów firmy w stosunku do wypracowanych

¹⁵ D. Sadowski, *op. cit.*, s. 32.

zysków. Zmniejszone wydatki na aktywa ogółem nie zwiększają sumy bilansowej, w związku z czym nie następuje spadek wskaźnika zwrotu z aktywów.

Dodatkowym atutem związanym z ewidencją finansową w modelu *cloud computing* jest fakt, że wydatki na środki trwałe pomniejszają podstawę opodatkowania jedynie poprzez odpisy amortyzacyjne, które mogą w zależności od przyjętej stopy amortyzacji być odliczane przez kilka lub kilkanaście okresów rozliczeniowych. Stanowi to dodatkowe obciążenie przyszłych budżetów IT. Wydatki na usługi typu *cloud computing* są kwalifikowane jako koszty ponoszone na zewnętrzne usługi informatyczne, w związku z czym zaliczają się do bieżącej działalności firmy i są w całości uwzględniane przy ustalaniu bieżącego wyniku finansowego¹⁶. Wynikająca z tego oszczędność środków może być przeznaczona na innego rodzaju inwestycje w bieżącą działalność firmy.

Jeśli firma ma wysoki średni ważony koszt kapitału, jest kandydatem do przejścia z modelu CapEx do OpEx, pod warunkiem że dobrze zapozna się z warunkami świadczenia usługi proponowanymi przez dostawcę chmury¹⁷. Przejście z modelu CapEx do OpEx jest decyzją strategiczną dla firmy i wiąże się z ryzykiem, dlatego właściwa ocena rozwiązań outsourcingowych (model publiczny, prywatny, hybrydowy) jest konieczna.

6.2 Koszt TCO w modelu *cloud computing*

Total Cost of Ownership (TCO) jest to całkowity koszt pozyskania, instalowania, użytkowania, utrzymywania i w końcu pozbycia się aktywów w firmie na przestrzeni określonego czasu. Funkcjonuje on głównie w kontekście inwestycji firmy w infrastrukturę informatyczną i teleinformatyczną. Służy do oceny bieżących i prognozowanych kosztów funkcjonowania zasobów IT, które są często znacznie zaniżone bądź w ogóle nieuwzględniane przez zarządzających firmami. Ewaluacja i kalkulacja kosztów powinny zawierać następujące elementy:

- eksploatacja serwerów i dysków pamięci masowych. Wydatki inwestycyjne poniesione na nabycie baz danych, aplikacji, środowisk testowych. Koszty operacyjne ponoszone na przestrzeń dyskową, energię i chłodzenie;
- eksploatacja baz danych, systemów bezpieczeństwa i wsparcia oprogramowania. Wydatki inwestycyjne poniesione na nabycie: systemów operacyjnych, programów antywirusowych;
- koszt pozyskania i utrzymania odpowiednich kompetencji ludzkich w zakresie administrowania architekturą IT¹⁸.

¹⁶ K. Łapiński, B. Wyrzynekiewicz, *op. cit.*, s. 13.

¹⁷ http://www.opengroup.org/cloud/whitepapers/ccroi/disc1.htm#discuss_fvp (data dostępu: 07.10.13).

¹⁸ S. Aggarwal, L. McCabe, *The Compelling TCO Case of Cloud Computing In SMB and Mid-Market Enterprises*, Hurwitz & Associates, Needham 2009, s. 6.

Rys. 4. Redukcja kosztów w modelu tradycyjnym i *cloud computing*

Źródło: <https://www.miketib.com/coreplus/20110401%20TOG%20Building%20Return%20on%20Investment%20from%20Cloud%20Computing%20%28WP%29.pdf>, s. 4. (data dostępu: 07.10.13)

Ilość i zakres kosztów, jakie musi ponosić przedsiębiorca, którego zasoby IT zarządzane są według tradycyjnego modelu, często przekraczają wszelkie prognozy i szacunki. Okazuje się bowiem, że zakup poszczególnych elementów infrastruktury często pociąga za sobą dalsze inwestycje, których nie przewidziano bądź bez których dalsze funkcjonowanie zasobów nie spełnia oczekiwań. Implementacja modelu *cloud computing* sprzyja ograniczaniu tych kosztów. Jak wcześniej zaznaczono, w zależności od modelu wdrożeniowego koszt posiadania, aktualizacji i eksploatacji leży po stronie usługodawcy, który jest właścicielem świadczonych produktów i usług. Usługobiorca tylko je wynajmuje, ponosząc transparentny koszt na podstawie jednostek takich jak: RAM, pojemność dyskowa, czas, przepustowość. Microsoft szacuje, że adaptacja rozwiązań *cloud computing* pozwala zredukować koszty TCO o 80%¹⁹. Pomimo tych optymistycznych danych, przedsiębiorca zawsze musi właściwie wynegocjować kontrakt, aby zadbać o następujące kwestie:

- model SLA (*Service Level Agreement*), czyli umowa pomiędzy usługodawcą a klientem polegająca na utrzymaniu i systematycznym poprawianiu poziomu jakości usług poprzez stały cykl obejmujący: uzgodnienia, monitorowanie usługi, raportowanie, przegląd osiągniętych wyników;
- model finansowy rozliczeń;

¹⁹ R. Haras, M. Yamartino, *The Economics of the Cloud*, Microsoft, [b.m.] 2010, s. 10.

- prawa własności intelektualnej;
- podwykonawstwo;
- kontrola zmian projektowych;
- mechanizmy skalowania usług (koszt dodania nowych funkcjonalności i modułów)²⁰;
- model KPI (*Key Performance Indicators*) – określenie kluczowych wskaźników efektywności, czyli finansowych i niefinansowych wskaźników, stosowanych jako mierniki w procesach pomiaru stopnia realizacji celów organizacji.

6.3 TTM i koszt alternatywny

Elastyczność i skalowalność usług świadczonych w modelu *cloud computing* oferuje przedsiębiorstwom szansę na zmniejszenie czasu określanego mianem TTM (*time-to-market*). TTM mierzy czas niezbędny do implementacji nowej aplikacji bądź wejście na rynek z nową usługą czy produktem. Na rynku usług informatycznych wysoki wskaźnik TTM wskazuje, że firmy świadczące usługi w tym segmencie sprawnie i szybko reagują na potrzeby biznesowe. Długość okresu pomiędzy inicjatywą biznesową a faktycznym uruchomieniem docelowego pomysłu zależy od kilku czynników, do których zaliczyć można: posiadanie odpowiedniego sprzętu i oprogramowania, czas pozyskania niezbędnego *know-how* i szybkość przeprowadzenia wdrożenia. W klasycznym ujęciu funkcjonowania zasobów IT uruchomienie na przykład nowego systemu zarządzania relacjami z klientami zajęłoby co najmniej tygodnie. *Cloud computing* umożliwia dostarczenie i wdrożenie odpowiednich aplikacji niemalże w czasie rzeczywistym – oczywiście przy założeniu znajomości zakresu funkcjonalności oferowanych przez usługodawcę. Praktyka rynkowa pokazuje, że najbardziej konkurencyjne są te przedsiębiorstwa, które potrafią dynamicznie reagować na zmiany zachodzące w otoczeniu rynkowym. Szybkość podejmowania decyzji i wdrażania nowych funkcjonalności pozwala na ograniczenie kosztów alternatywnych często nazywanych kosztami potencjalnie utraconych możliwości, wynikające z niepodjęcia określonych działań. Kosztem alternatywnym utrzymywania własnej infrastruktury IT są większe zyski, jakie firma mogłaby osiągnąć, gdyby zdecydowała się na migrację systemu informatycznego do chmury, a zaoszczędzone zasoby zainwestowałaby w rozwój na przykład kluczowej działalności firmy bądź zwiększenie jej efektywności. Znajomość koncepcji kosztów alternatywnych i reguły Pareto może ułatwić podjęcie decyzji o przeniesieniu własnej infrastruktury do modelu cloudowego. Zgodnie z regułą Pareto 80% czasu i zasobów IT firmy nie generuje realnej wartości firmy, a służy jedynie jej podtrzymaniu. Kosztem alternatywnym braku wdrożenia chmury są zatem korzyści wynikające z optymalnego wykorzystania tych 80%. Upraszczając – różnica między własną infrastrukturą a tą w chmurze może stanowić różnicę między firmą wydającą w 20% lub 80%²¹.

7. PODSUMOWANIE

Cloud computing stanowi niewątpliwie nowy wzór funkcjonowania infrastruktury IT. Model jest realną alternatywą dla przedsiębiorstw, które poszukują oszczędności i po-

²⁰ <https://www.texassecuritybank.com/commercial/tsbinstitute/presentations/SMB%20TCO%20Paper%20-%20General.pdf>, s. 8 (data dostępu: 07.10.13).

²¹ B. Kepes, *Cloudonomics the Economics of Cloud Computing*, Diversity Limited, [b.m.] 2011, s. 4.

prawy efektywności działania na konkurencyjnym rynku. Model przetwarzania danych w chmurze obliczeniowej oferuje korzyści w porównaniu z klasycznym modelem funkcjonowania zasobów IT. Decyzja o implementacji tego rozwiązania powinna być jednak poparta precyzyjną analizą ryzyka. Należy pamiętać, że wdrożenie *cloud computing* jest *de facto* przejściem z zarządzania wewnętrznymi zasobami IT na zarządzanie dostawcą usług cloudowych. Ekonomiczne aspekty wdrożenia modelu powinny być przeanalizowane na podstawie wskaźników określających efektywność inwestycji, gdyż *cloud computing* nie jest zawsze rozwiązaniem najbardziej opłacalnym. Każda firma powinna podejść do problemu indywidualnie, aby przeanalizować wszystkie argumenty za i przeciw.

LITERATURA

- [1] Aggarwal S., McCabe L., *The Compelling TCO Case of Cloud Computing In SMB and Mid-Market Enterprises*, Hurwitz & Associates, Needham 2009.
- [2] Bayrak E., Conley J.P., Wilkie S., *The Economics of Cloud Computing*, „Working Paper” 2011/11-W18.
- [3] Haras R., Yamartino M., *The Economics of the Cloud*, Microsoft, [b.m.] 2010.
- [4] Kepes B., *Cloudonomics the Economics of Cloud Computing*, Diversity Limited, [b.m.] 2011.
- [5] Leończuk D., *Możliwości zastosowania technologii „cloud computing” w logistyce*, <http://www.logistyka.net.pl/bank-wiedzy/e-gospodarka/item/85268-mozliwosci-zastosowania-technologiei-cloud-computing-w-logistyce> (data dostępu: 07.10.13).
- [6] Łapiński K., Wyrzykiewicz B., *Cloud computing. Wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstw i gospodarkę Polski*, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową, Warszawa 2011.
- [7] Nowicka K., *Cloud computing – nowy model biznesowy wykorzystujący outsourcing IT przez Internet*, „Przedsiębiorstwo przyszłości” 10/1 (2012).
- [8] Nowicka K., *Wartość w modelu cloud computing*, http://www.chodkowska.edu.pl/app_cm3/files/96635.pdf (data dostępu: 07.10.13).
- [9] Rosenberg J., Mateos A., *Chmura obliczeniowa. Rozwiązania dla biznesu*, Helion, Gliwice 2011.
- [10] Sadowski D., *Ryzyka biznesowe w przedsięwzięciach cloud computing*, <http://robertjesionek.files.wordpress.com/2012/05/wic499cej-za-mniej-raport.pdf>, s. 28-35 (data dostępu: 07.10.13).
- [11] Waluś N., Matoga A., *Cloud Computing*, AGH, [b.m.] 2008.
- [12] http://www.opengroup.org/cloud/whitepapers/ccroi/disc1.htm#discuss_fvp (data dostępu: 07.10.13).
- [13] <https://www.miketib.com/coreplus/20110401%20TOG%20Building%20Return%20on%20Investment%20from%20Cloud%20Computing%20%28WP%29.pdf> (data dostępu: 07.10.13).
- [14] <https://www.texassecuritybank.com/commercial/tsbinstitute/presentations/SMB%20TCO%20Paper%20-%20General.pdf> (data dostępu: 07.10.13).

ECONOMIC ASPECTS OF CLOUD COMPUTING IMPLEMENTATION

The text contains a discussion of the economic aspects of the implementation of the cloud computing model. This paper presents definitions of cloud computing and the main characteristics of the model in terms of prospects of utilization and performance of the deployment of solutions based on cloud computing. There are also characterized the major service models of cloud computing with regard to the comparison of these solutions with the traditional model in terms of the distribution of control over individual elements of IT infrastructure. The paper describes the types of implementing models of data processing in

cloud computing. The author compares the traditional model of the IT infrastructure management with the cloud computing model taking into account the level of utilization of IT resources in time, in market conditions. Based on the comparison of the two models, author analyses economic aspects of migration of IT systems to the cloud. Financial benefits are shown as a result from reclassification of the capital expenditure to the operating expenditure after migration to the cloud model. The text also refers to the basic indicators that quantify the economic viability of projects and also presents the benefits that entails a change in the eligibility of cloud services in the relation to the company's financial result. TCO of IT assets, opportunity cost and time-to-market is described in the view of cloud implementation. The text also discusses major strategic and operational risk of implementation of cloud concept.

Keywords: cloud computing, clouconomics, cost optimization

DOI: 10.7862/rz.2014.mmr.21

Tekst złożono w redakcji: maj 2014

Przyjęto do druku: czerwiec 2014