

Raport Badawczy
Research Report

RB/63/2010

**O problemie
oceny efektywności
systemów informatycznych**

P. Pyzel

Instytut Badań Systemowych
Polska Akademia Nauk

Systems Research Institute
Polish Academy of Sciences



O PROBLEMIE OCENY EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH

Przemysław Pyzel

Studia doktoranckie IBS PAN

Artykuł zawiera analizę pojęcia efektywności oraz opis wybranych metod oceny efektywności systemów informatycznych.

Key words: skuteczność, efektywność, system informatyczny, ROI

Wstęp

Działające we współczesnym społeczeństwie podmioty (nie tylko przedsiębiorstwa) przywiązują coraz większą wagę do sprawnego działania, do którego niezbędne są skuteczne systemy informacyjne. Coraz większą rolę w systemach informacyjnych zajmują wiedza i systemy informatyczne. Optymalna funkcjonalność, wysoka szybkość, dobra intuicyjność, zgodność z przepisami prawa, to tylko kilka spośród szerokiego spektrum aspektów składających się na skuteczność systemów informatycznych. Kiedy odpowiednio zestawimy skuteczność (efekty) oraz koszty tych systemów, będziemy mogli mówić o ich efektywności.

1. Pojęcie efektywności

Słowo *efektywność* pochodzi od łacińskich słów *effectivus* oznaczającego „skuteczny”, *effectus* - „osiągnięcie, wynik”, oraz *efficere* - „wykonać, dokonać; sporządzić” [Kopaliński 2000]. Potocznie *efektywny* oznacza: pozwalający na osiągnięcie celu, wywołujący określony dodatni, zamierzony efekt. Efektywne działanie często uwarunkowane jest równoczesnym występowaniem pewnych ujemnych, niekorzystnych efektów. Niekorzystne efekty związane są z wykładanymi środkami, zużywającymi się zasobami lub ponoszonymi stratami. W literaturze *efektywność* najczęściej określa się jako skuteczność i/lub relację efektów korzystnych do niekorzystnych. Relacja ta bywa wyrażana jako iloraz lub różnica tych wielkości. W [Słowniku Języka Polskiego 1978] *efektywność* określona jest jako pozytywny wynik, wydajność, skuteczność, sprawność. *Efektywny* zaś oznacza: dający pozytywne wyniki, skuteczny, wydajny, istotny, rzeczywisty w znaczeniu np. efektywnej pracy maszyny, czyli pracy, jaką ma-

szyna w rzeczywistości wykonała, lub np. efektywnej wartości pieniądza, czyli wartości nabywczej pieniądza. Według [Wielkiej Encyklopedii Powszechnej PWN 1995], *efektywność ekonomiczna* to „relacja określonego efektu do danego czynnika produkcji lub zespołu czynników produkcji”. Może ona być wyrażana za pomocą różnych miar, w zależności od tego co się przyjmie za efekt, a co jako nakład. Mogą one wyrażać stosunek uzyskanych efektów do poniesionych nakładów, lub też być relacją przewidywaną na przyszłość, wyrażającą stosunek spodziewanych efektów do zamierzonych nakładów. Na relacje dotyczące przyszłości można wpływać dobierając środki pozwalające na dokonanie najbardziej racjonalnego wyboru. *Efektywność ekonomiczna* rośnie przy zwiększaniu efektów przy danych nakładach i przy zmniejszaniu nakładów przy danych efektach.

Nauką zajmującą się sprawnością działania jest prakseologia. Ogólnie, rozważa ona działanie z punktu widzenia skuteczności, w oderwaniu zarówno od szczególnych warunków pracy w danej dziedzinie (specjalności), jak też od jakichkolwiek ocen natury emocjonalnej. Głównym zadaniem prakseologii jest uświadamianie, sformułowanie, uzasadnienie i systematyzacja zaleceń ogólnych i przestróg dotyczących sprawności działań. Charakteryzując jakiś rodzaj działania jako sprawniejszy lub mniej sprawny, jako mniej lub bardziej praktyczny, ocenia się w pewien sposób ten rodzaj działania. Ocenę tę nazwać można oceną użytkową, utylitarną, w przeciwieństwie do ocen emocjonalnych, wyrażających stosunek uczuciowy do tego, co poddaje się ocenie.

Ocena efektywności wiąże się z pytaniami o skuteczność i ekonomiczność działania. Działania skuteczne to takie, które prowadzą do przyjętego celu. Działania ekonomiczne przejawiają się w dwóch aspektach: wydajności i oszczędności. Bardziej wydajne to takie, które z tych samych zasobów, dają więcej. Bardziej oszczędne to takie, które do osiągnięcia tych samych celów zużyły mniej zasobów. „Ideal sprawności osiągnie ten, kto będzie dość energiczny, a zarazem dość gospodarny, dość dbały o swoje zasoby, kto ich zatem zużyje aż tyle, ile potrzeba i tylko tyle ile potrzeba, aby powstało to, co postanowił spowodować” [Kotarbiński, 1972].

W przypadku podmiotów gospodarczych ostatecznym celem (najbardziej pożądanym efektem/skutkiem) podejmowania wszelkich działań/inicjatyw (również informatycznych) jest wzrost bogactwa właściciela (właścicieli, akcjonariuszy), czy to przez zwiększenie zysków z działalności firmy, czy też poprzez wzrost wartości firmy. W przypadku innych podmiotów (nie nastawionych na przynoszenie zysku) celem ostatecznym jest osiągnięcie zadowalającej jakości celów, do których powołano podmiot, przy jak najniższych kosztach. Ważnymi sposobami podnoszenia efektywności są: podniesie-

nie jakości produktów (usług), lepsze dobranie wielkości zasobów i lepsze nimi gospodarowanie, zmniejszenie kosztów, lepsze wykorzystanie czasu (np. skrócenie czasu wykonania produktu/procesu, działanie w bardziej odpowiednim czasie, działanie równoległe/wielowątkowe), lepsza praca personelu, innowacyjne technologicznie wsparcie trudnych i czasochłonnych procesów.

Pojęcie efektywności nie musi ograniczać się jedynie do aspektów ekonomicznych. Na przykład coraz większego znaczenia nabiera modna ostatnio ekologia. W takim przypadku efektywny oznaczać będzie przede wszystkim ekologiczny, a dopiero w drugiej kolejności efektywny ekonomicznie.

Oceniając efektywność w informatyce konieczne staje się uwzględnienie następujących wielkości charakteryzujących systemy informatyczne (przedsięwzięcie informatyczne): koszty, efekty, czas, ryzyko. Istnieje wiele metod badania efektywności systemów informatycznych. Pośród nich wymienić należy: tradycyjne metody finansowe, metoda TCO (Total Cost of Ownership), metoda informatycznej karty wyników ITSC (Information Technology Scorecard), metoda wartości uzyskanej EV (Earned Value), metoda całkowitego wpływu ekonomicznego TEI (Total Economic Impact TEI), metoda opcji rzeczywistych ROV (Real Option Valuation), metoda ekonomiki informacji IE (Information Economics), metoda oczekiwanej wartości informacji EVI (Expected Value of Information), metoda AIE Applied Information Economics. Poniżej zaprezentowane zostaną wybrane z nich.

2. Tradycyjne metody finansowe

W praktyce większość ocen efektywności ekonomicznej systemów informatycznych (SI) dokonywana jest na podstawie wymiernych kosztów i korzyści (zysków), przy wykorzystaniu następujących wskaźników finansowych:

- **PV** (*Present Value*) – wartość bieżąca przyszłych przepływów pieniężnych (wartość zaktualizowana),

$$PV = \frac{CF_i}{(1+k)^i} \quad (1)$$

- **NPV** (*Net Present Value*) - zdyskontowana wartość aktualna inwestycji (wartość zaktualizowana netto),

$$NPV = \sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1+k)^i} - CF_0 \quad (2)$$

- **IRR** (*Internal Rate of Return*) - wewnętrzna stopa zwrotu dla okresu, w którym skumulowane zyski osiągną wartość poniesionych nakładów.

$$0 = \sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1 + IRR)^i} - CF_0 \quad (3)$$

- **ROI** (*Return of Investment*) - zwrot z inwestycji (księgowa stopa dochodu) (dla rachunku zysków i strat),

$$ROI = \frac{\sum_{i=1}^N E_q}{CF_0} \quad (4)$$

- **CF ROI** (*Cash Flow Return of Investment*) – zwrot z inwestycji (dla przepływów pieniężnych),

$$CFROI = \frac{\sum_{i=1}^N CF_i}{CF_0} \quad (5)$$

gdzie:

i – numer kolejnego okresu rozpatrywania wskaźnika,

N – łączna ilość okresów, w których badamy wskaźnik,

E_q – zysk netto (różnica między przychodami a kosztami),

CF_0 - suma poniesionych nakładów,

CF_i – przepływ gotówkowy generowany przez projekt w i -tym okresie,

k – oczekiwana stopa zwrotu;

IRR – stopa zwrotu, dla której NPV jest równe zero.

Z pewnym uproszczeniem (pomijając reinwestowanie wolnej gotówki i efekt tarczy podatkowej) można przyjąć, że inwestycja będzie opłacalna, jeśli NPV jest dodatnie; inwestycja będzie neutralna finansowo, jeśli NPV jest równe 0, zaś jeśli NPV pozostaje ujemne dla wszystkich okresów, w których z inwestycją wiążą się jakieś przepływy finansowe, to nie zwróci się ona nigdy. Generalnie, im wyższe jest NPV tym bardziej opłacalna jest analizowana inwestycja.

Okres zwrotu, zwany również punktem rentowności (*break-even point*) to okres, w którym przychody z inwestycji przewyższą koszty, czyli moment, w którym należy przyjąć, że inwestycja się zwróciła. Jeżeli wewnętrzna stopa zwrotu IRR daje oprocentowanie wyższe niż nominalne oprocentowanie jakiegoś układu odniesienia, np. obligacji skarbowych, to świadczy o tym, że inwestycja jest bardziej opłacalna, niż inwestycje w te obligacje. Im wyższe IRR tym bardziej opłacalna jest inwestycja. Wskaźnik ROI mówi o tym, z jaką nadwyżką (procentowo) zwrócą się na dany moment (okres) zainwestowane środki.

Do badań dotychczasowej efektywności ekonomicznej („jaka była lub jest obecnie efektywność?”) potrzebne są nominalne dane finansowe, natomiast dla prognozowania efektywności w przyszłości konieczne jest uzupełnienie danych o wysokość stopy procentowej oraz o rozkład prawdopodobieństw wystąpienia poszczególnych kosztów czy efektów. Najprostszym sposobem uwzględnienia ryzyka przy przewidywaniu przyszłych przepływów finansowych jest stworzenie kilku scenariuszy, zakładających inny przebieg inwestycji, przynajmniej trzech: optymistycznego, pesymistycznego i najbardziej prawdopodobnego. W każdym z nich otrzyma się pewne wartości badanych wskaźników NPV, IRR, ROI i okres zwrotu. Jeżeli każdemu scenariuszowi przypisze się prawdopodobieństwo, to będzie można wyliczyć wartość oczekiwaną danego wskaźnika. Drugim sposobem oszacowania ryzyka jest badanie wrażliwości. Wykorzystując model finansowy przeprowadzić można symulacje i zbadać wpływ wystąpienia (bądź niewystąpienia) różnych zdarzeń na badaną inwestycję. Najbardziej wiarygodnym sposobem oszacowania ryzyka jest potraktowanie parametrów modelu jak zmiennych losowych. Przeprowadzenie symulacji z uwzględnieniem rozkładów prawdopodobieństw parametrów pozwala na zidentyfikowanie i kontrolę ryzyk mających największy wpływ na finansowy wynik projektu.

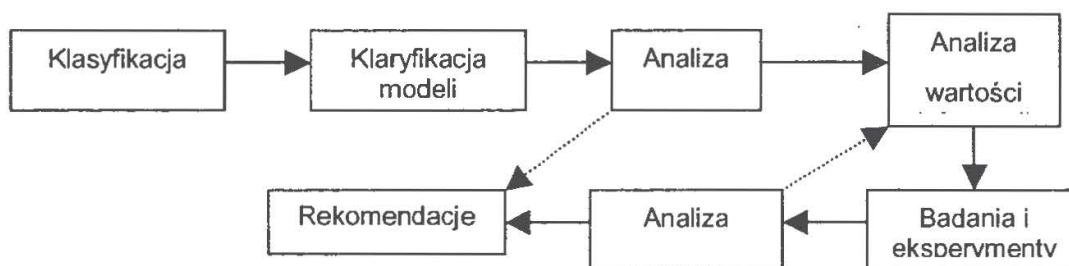
Ponieważ efekty działania systemów informatycznych mogą dotyczyć wielu dziedzin wydaje się słuszne aby do ich oceny stosować podejście wieloaspektowe. Ocena efektywności ekonomicznej nie jest jednoznaczną oceną całego systemu, może być natomiast elementem doradczym.

3. Metoda Applied Information Economics

Metoda Applied Information Economics (AIE) stworzona została w 1996 roku przez Douglasa Hubbarda. Oparta jest ona na bayesowskim algorytmie obliczania wartości informacji. W AIE podkreśla się rolę ekonomicznej wartości informacji. Metoda AIE składa się z następujących etapów (rys. 1):

1. Klasyfikacja i opis badanych obiektów i procesów,

2. Klaryfikacja modelu decyzyjnego,
3. Analiza a priori,
4. Analiza wartości informacji,
5. Badania i eksperymenty,
6. Analiza a posteriori,
7. Rekomendacje.



Rysunek 1. Procedura badawcza Applied Information Economics.

Źródło: [Syska, Krzykowski, 2003]

Klasyfikacja i opis

W etapie tym zbierana jest informacja na temat możliwych decyzji inwestycyjnych, dokonuje się wstępnej selekcji i analizy systemów informatycznych lub innych dowolnych usprawnień informacyjnych mających zostać wdrożonych w przedsiębiorstwie.

Systemy informatyczne klasyfikuje się do jednej z czterech grup:

1. akceptacja bez dalszych analiz,
2. odrzucenie bez dalszych analiz,
3. skrócona analiza ryzyko/zwrot,
4. pełna analiza ryzyko/zwrot.

Zaklasyfikowanie danego przedsięwzięcia do grupy akceptacja bez dalszych analiz skutkuje wydaniem pozytywnej rekomendacji dotyczącej tej określonej inwestycji. Do dalszego etapu badania przechodzą tylko projekty znajdujące się w klasach pełnej i skróconej analizy ryzyko/zwrot.

Klaryfikacja modelu decyzyjnego

Proces klaryfikacji poprzedza etap konstruowania modelu bazowego, odzwierciedlającego funkcjonowanie przedsiębiorstwa lub wybranego jego obszaru. Podczas tego etapu tłumaczy się pojęcia z zakresu szeroko rozumianej efektywności na zmienne obserwowalne w ujęciu ilościowym z wahaniami losowymi (tab. 1). Zachodzi w nim zamiana tradycyjnie niemierzalnych aktywów przedsiębiorstwa na zmienne, których wahania posiadają wpływ na wyniki ekonomiczne firmy.

Analiza a priori

Na tym etapie badania konstruuje się modele finansowe całego przedsiębiorstwa lub wybranego jego obszaru. Dokonuje się analizy symulacyjnej istotnych zmiennych wynikowych modelu.

W praktyce najczęściej przygotowuje się dwie grupy modeli. Są to modele bazowe i modele zmian. Modele bazowe dotyczą scenariusza firmy bez dokonania inwestycji. Modele zmian zawierają nowe rozkłady prawdopodobieństw interesujących nas zmiennych. Do modeli zmian wprowadza się ponadto rozkłady kosztów związanych z użytkowaniem systemów informatycznych oraz wielkości nakładów początkowych (TCO - Total Cost of Ownership). W celu kalkulacji efektów ekonomicznych stosuje się integrację obu modeli i symulację Monte Carlo. Po przeprowadzeniu obliczeń uzyskuje się rozkłady prawdopodobieństw zmiennych opisujących rentowność badanych przedsięwzięć: NPV, IRR, CF ROI, ROI. Rzetelnie przeprowadzona analiza a priori wykazuje zwykle dużą niepewność rozkładów zmiennych modelu zmian. Rozkłady zmiennych wynikowych (ROI, NPV) posiadają często duże odchylenia standardowe. W związku z powyższym często konieczne jest oszacowanie potencjalnych korzyści wynikających z przeprowadzenia dodatkowych badań, podnoszących precyzję oszacowań i tym samym pozwalających podjąć lepszą decyzję. Jeżeli wyniki analizy a priori wykazują dodatnią rentowność przedsięwzięcia przy akceptowanym poziomie ryzyka, analiza Applied Information Economics może zostać zakończona na tym etapie.

Analiza wartości informacji

W celu przeprowadzenia pomiaru prowadzącego do uzyskania wiedzy na temat potencjalnych zysków wynikających z aplikacji metod powiązanych, konstruuje się macierze wypłat, po czym oblicza się współczynniki oczekiwanej wartości informacji (Expected Value of Information - EVI) i wskaźnik rentowności informacji (Information Profitability Ratio - IPR). W zależności od wskaźników symulacji prowadzących do obliczenia tych wskaźników podejmuje się

decyzję o pogłębieniu analiz dla sprecyzowania rozkładów prawdopodobieństw wystąpienia określonych stanów natury.

System informatyczny	Zakres modelu	Kluczowe zmienne
System klasy ERP (wielomodułowy)	Całe przedsiębiorstwo	<ul style="list-style-type: none"> • Szereg zmiennych odzwierciedlających efekty ekonomiczne oddziaływania systemu. Najczęściej: • koszt jednostkowy produkcji, • poziom zapasów, • czas dostaw itd.
System klasy CRM	Podsystem sprzedaży	<ul style="list-style-type: none"> • wielkość sprzedaży poszczególnych produktów • sprzedaż na pracownika itd.
Aplikacja automatyzująca obieg dokumentów w firmie	Wybiórczy model obejmujący czasy dostępu i obiegu dokumentów	<ul style="list-style-type: none"> • czas cyklu obiegu dokumentów dla procesu zamówienia, zakupu itd., • czas pracowników poświęcony na odszukiwanie danych.
Specjalistyczna aplikacja służąca optymalizowaniu procesu wykroju tkanin	Model porównawczy kosztów wykroju tkanin	<ul style="list-style-type: none"> • koszty błędów w wykroju, • czas wykroju • zużycie materiałów w procesie wykroju itd.

Tabela 1. Przykłady modeli stosowanych w analizie rentowności IT.

Źródło: E. Syska, G. Krzykowski, *APPLIED INFORMATION ECONOMICS. METODA OCENY RENTOWNOŚCI SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH* (artykuł opublikowany w materiałach konferencyjnych XVI Górskiej Szkoły PTI 2003 oraz konferencji Human-Computer Interaction, Sopot 2003.)

Badania i eksperymenty

Dla poprawienia rozkładów prawdopodobieństw uzyskanych na etapie analizy a priori można zastosować szczegółowe badania. W większości z nich stosuje się metody statystyczne adekwatne do analizowanych problemów. Na przykład: pomiary aktualnych kosztów informatyki ujęte w postaci klasyfikacji TCO (Total Cost of Ownership - poziomu pełnych kosztów utrzymania,

użytkowania i rozbudowy istniejących systemów informatycznych firmy), pomiary aktualnych kosztów procesów biznesowych przedsiębiorstwa z wykorzystaniem metod modelowania i symulacji procesów, pomiary wielkości korzyści wnoszonych przez systemy informatyczne z wykorzystaniem algorytmu EVI, eksperymenty prowadzone na próbie losowej (złożonej z pracowników, klientów lub produktów), analizy szeregów czasowych kształtowania się wybranych zmiennych przedsiębiorstwa w przeszłości w celu wykazania nieefektywności i sposobów jej uniknięcia, badania opinii (pracowników lub klientów), modelowanie i optymalizacja procesów biznesowych, klasyfikacja i dyskryminacja wielowymiarowa.

Analiza a posteriori

Przedostatni etap AIE jest analogiczny do analizy a priori z tą różnicą, że dotyczy on modeli zmian zawierających na wejściu rozkłady prawdopodobieństw zawierające wyniki przeprowadzonych badań i eksperymentów. Dzięki nowym informacjom rozkłady zmiennych wynikowych NPV, ROI, IRR różnią się od tych otrzymanych w analizie a priori i pozwalają obliczyć ostateczną wartość oczekiwaną NPV.

Rekomendacje

Badanie Applied Information Economics kończy się odpowiednimi rekomendacjami dotyczącymi poszczególnych inwestycji. Końcowy raport zawiera: rekomendacje dotyczące zaakceptowania lub odrzucenia inwestycji informatycznej, propozycje modyfikacji projektu inwestycyjnego, propozycje dywersyfikacji ryzyka inwestycyjnego.

Wnioski

W artykule zaprezentowano jedynie niektóre metody oceny systemów informatycznych (przedsięwzięć informatycznych). Metody poprawne teoretycznie powinny być zgodne z następującymi zasadami [Rogowski 2004]: przyrostowości, uniwersalności, porównywalności, kompleksowości, jednoznaczności, obiektywności, spójności. Dotychczas nie udało się wypracować jednej uniwersalnej metody oceny przedsięwzięć informatycznych, trudno jest też wskazać jedną, obiektywnie najlepszą metodę. Przy badaniu efektywności systemów informatycznych każdy przypadek trzeba rozpatrywać indywidualnie stosując odpowiednio dobraną metodę. Wskazuje to na konieczność umiejętnego doboru odpowiedniej metody do danego badania, ewentualnie uzupełnionego drugą metodą. Na przykład badanie metodą finansową można uzupełnić badaniem metodą ekonomiki informacji [Dyczkowski 2009].

Zmiany, które zachodzą w podmiocie, w którym wdrożono system informatyczny, mogą być tak znaczące, że badanie tylko samej efektywności systemu informatycznego może stracić sens. Bardziej celowe może okazać się wtedy porównanie efektywności całego podmiotu przed i po wdrożeniu systemu.

Literatura

- [1] Beynon-Davies Paul (1999): *Inżynieria systemów informacyjnych*, WNT, Warszawa.
- [2] Chabik, J.(2005): Informatyka – czy to się opłaca?, *Computer World*, nr 2.
- [3] Dudycz H, Dyczkowski M. (2006): *Efektywność przedsięwzięć informatycznych. Podstawy metodyczne i przykłady zastosowań*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław.
- [4] Dyczkowski M. (2009): *Zastosowanie metody ekonomiki informacji do weryfikacji wyników oceny ekonomicznej wdrożenia modelu SAAS u wytwórcy oprogramowania dla sektora MSP*, W: Studia i materiały Polskiego Towarzystwa Zarządzania Wiedzą, t. 23, Bojar W., Budziński R., Straszak A., red., Polskie Towarzystwo Zarządzania Wiedzą, Bydgoszcz.
- [5] Kisielnicki J., Sroka H. (2001): *Systemy informacyjne biznesu*. 272 s. Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa.
- [6] Kopaliński W. (2000): *Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych z almanachem*, Bertelsmann Media, Klub Świat Książki, Warszawa.
- [7] Kotarbiński T. (1972): *Abecadło praktyczności*. Wiedza Powszechna, Warszawa.
- [8] Podsiad A. (2000): *Słownik Terminów i Pojęć Filozoficznych*. Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa.
- [9] Rogowski W. (2004): *Rachunek efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych*. Oficyna Ekonomiczna, Kraków.
- [10] Słownik Języka Polskiego, t. 1 (1978): Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- [11] Syska E. (wrzesień 2003): Szczęśliwi Ci, którzy potrafią liczyć, *Computer-world*, dostępny również pod adresem: <http://it-portal.pl/pl/baza-wiedzy/artykuly-o-it/3301-wszystko-jest-mierzalne.html>
- [12] Wielka Encyklopedia Powszechna PWN, t. 2 (1995): Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

