

Maciej Ciołek

Analiza prognozy rentowności dla projektu Lockheed Tristar : aplikacja metody Monte Carlo w szacowaniu wartości NPV

Ekonomiczne Problemy Usług nr 39, 9-18

2009

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MACIEJ CIOŁEK

Wyższa Szkoła Bankowa w Poznaniu

ANALIZA PRÓGU RENTOWNOŚCI DLA PROJEKTU LOCKHEED TRISTAR: APLIKACJA METODY MONTE CARLO W SZACOWANIU WARTOŚCI NPV

W 1973 roku Uwe Reinhardt opublikował swoją słynną pracę dotyczącą analizy rentowności projektu Tristar, na który to firma Lockheed chciała uzyskać gwarancje rządowe, umożliwiające pozyskanie dodatkowego kredytu bankowego w wysokości 250 milionów dolarów, celem dokończenia fazy inwestycyjnej projektu¹. Niniejsza publikacja była jedną z pierwszych, które pokazywały praktyczną implikację oceny rentowności inwestycji przy pomocy metody NPV, w której użyto stopy dyskontowej odzwierciedlającej ryzyko projektu. Problem poruszony przez Reinhardta dotyczył sytuacji, jaka zaistniała w 1971 roku podczas realizowania przez firmę Lockheed projektu Tristar, który miał być w zamierzeniach dużym pasażerskim samolotem, przewidzianym do obsługi połączeń lotniczych międzykontynentalnych². W omawianym okresie firma ta napotkała problem braku środków na ukończenie inwestycji, który wiązał się między innymi z „kryzysem płynności” w Ministerstwie Obrony. Lockheed stanął zatem przed koniecznością szybkiego pozyskania 250 milionów dolarów kredytu bankowego, który umożliwiłby terminowe ukończenie fazy inwestycyjnej. Jedynym sposobem pozyskania tak dużych środków w krótkim okresie czasu było uzyskanie gwarancji rządowych na wspomniany wcześniej kredyt. Władze spółki przedstawiły w ciągu kilku tygodni podstawowe założenia projektu, a także kalkulacje opłacalności inwestycji. Wiele zaprezentowanych w opracowaniu założeń budziło zastrzeżenia członków Kongresu, którzy uznawali je za zbyt optymistyczne. Znaczną część tych błędów w założeniach do prognoz Reinhardt opisał w swojej pracy i poddał krytyce z punktu widzenia informacji, jakie były dostępne w momencie sporządzania kalkulacji, a więc w roku 1971. Jednakże głównym mankamentem, na którym skupił swoją uwagę autor omawianej pracy, było to, iż Lockheed w swoich kalkulacjach nie dyskontował w żaden sposób przyszłych przepływów pieniężnych generowanych przez projekt. Próg rentowności ustalono bez chociażby uwzględnienia zmiany wartości pieniądza w czasie. Reinhardt dokonał w swojej pracy rewizji założeń projektu w oparciu o informacje, jakie były dostępne

¹ U.E. Reinhardt: *Break-Even Analysis for Lockheed's Tri Star: An Application of Financial Theory*. „Journal of Finance” 1973, vol. 28, s. 821–838.

² Lockheed konkurował wtedy ze swoim Tristar z firmą McDonnell Douglas i ich samolotem DC-10 oraz europejskim konsorcjum, z samolotem A-300B Airbus.

w momencie sporządzania opracowania dla Kongresu przez firmę Lockheed, a następnie ponownie dokonał analizy prognozy rentowności przy pomocy wartości NPV, w której zastosował stopę dyskontową odzwierciedlającą ryzyko projektu. Wyniki przeprowadzonych obliczeń jednoznacznie wskazywały, iż projekt Tristar firmowany przez spółkę Lockheed był nierentowny. Autor ukazał w pracy praktyczne zastosowanie naukowego podejścia do rozwiązania problemu rentowności inwestycji wykorzystując formułę wartości bieżącej netto. Jednakże w swojej pracy napotkał problem, który do dnia dzisiejszego nie został przez naukę jednoznacznie rozwiązany. Reinhardt nie wskazał wielkości stopy dyskontowej uwzględniającej ryzyko, która byłaby odpowiednia dla projektu Tristar. W jej miejsce zastosował kilka różnych wartości dyskonta, za pomocą których ustalał wielkości NPV. W pracy brak jest jednak jednoznacznej deklaracji autora co do właściwej stopy dyskontowej.

Praca Reinhardta prócz tego, że stanowi znakomity przykład praktycznego zastosowania NPV do ustalania wielkości prognozy rentowności, pokazuje również, jak dużym problemem jest oszacowanie odpowiedniej stopy dyskontowej, co jest obecnie głównym zarzutem stawianym metodzie wartości bieżącej netto³. Na podstawie publikacji autora można również docenić wagę tego problemu, która objawia się w bardzo dużych różnicach wielkości prognoz rentowności przy zastosowaniu różnych stóp dyskonta. W niniejszej pracy podjęta zostanie próba odpowiedzi na pytanie, czy możliwe było oszacowanie wielkości prognozy rentowności dla projektu Tristar bez znajomości odpowiedniej wartości stopy dyskonta uwzględniającej ryzyko.

Metoda Monte Carlo w szacowaniu wartości NPV

Coraz powszechniej stosowaną metodą szacowania wielkości NPV, wobec kalkulacji uwzględniającej premię za ryzyko w stopie dyskonta, jest metoda Monte Carlo, gdzie ryzyko odzwierciedlone zostało w rozkładzie zmiennych wynikowych lub wartościach oczekiwanych, a dyskonto odbywa się przy zastosowaniu stopy wolnej od ryzyka. Przy kalkulacji wielkości NPV tą metodą kluczowe znaczenie ma poprawne oszacowanie rozkładów zmiennych deterministycznych, które będą we właściwy sposób oddawały ryzyko wystąpienia danej wartości w określonym przedziale. Oznaczać to będzie pewną modyfikację założeń poczynionych przez Reinhardta, który używając metody kalkulacyjnej musiał zdecydować się na zastosowanie pojedynczych wartości zmiennych deterministycznych. W wielu przypadkach autor musiał wybierać rozwiązania kompromisowe, które prowadziły do sporych uproszczeń już na etapie założeń do modelu. Wydaje się zatem, iż modyfikacja założeń poczynionych przez Reinhardta, która dostosowuje je do wymagań metody Monte Carlo, w żaden sposób nie pogorszy wiarygodności modelu, a wręcz przeciwnie, może przyczynić się do jego większej dokładności.

³ A. Damodaran: *Equity Risk Premiums (ERP): Determinants, Estimation and Implications*. September 2008, Stern School of Business, s. 2; W. Rogowski: *Rachunek efektywności inwestycji*. Wolters Kluwer business, Kraków 2008, s. 168.

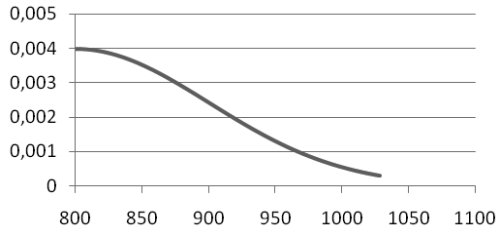
Ustalanie wielkości NPV metodą Monte Carlo, a co za tym idzie prognozy rentowności dla projektu Tristar, odbywać się będzie w ramach następujących działań. W pierwszej kolejności zostaną określone zmienne istotne dla modelu oraz oszacowane ich rozkłady wartości. W kolejnym kroku ustalone zostaną rozkłady wartości przepływów pieniężnych w kolejnych okresach cyklu życia projektu Tristar. W następnym etapie oszacowane zostaną rozkłady wartości oczekiwanych przepływów pieniężnych w kolejnych okresach cyklu życia inwestycji Lockheed. Następnie ustalone zostaną maksymalne wartości oczekiwanych przepływów pieniężnych, które w ostatnim etapie zostaną zdyskontowane przy pomocy stopy wolnej od ryzyka. Podstawowe założenia poczynione przez Reinhardta odnośnie kształtowania się wielkości nakładów początkowych, modelu kosztów produkcji oraz przychodów ze sprzedaży zostaną zachowane.

Koszty fazy przedprodukcyjnej projektu

Projekt Tristar wymagał dość dużych nakładów na etapie badań oraz na etapie inwestycji w majątek produkcyjny, co wynikało z jego dość rewolucyjnej, w stosunku do starszych modeli Lockheed, konstrukcji. Spółka, mimo iż nie miała we wstępnej fazie projektu problemów z jego terminową realizacją, trzymała informacje o ponoszonych kosztach w tajemnicy przed światem zewnętrznym, co powodowało pewne trudności w ocenie rentowności projektu. Reinhardt załączył do swojej pracy specjalny dodatek *Appendix B*, w którym zbiera i porządkuje informacje o poniesionych przez Lockheed kosztach w ramach fazy inwestycyjnej, jakie były publikowane na konferencjach prasowych oraz w czasie prezentacji założeń finansowych przed Kongresem. Autor dochodzi do wniosku, że koszty fazy przedprodukcyjnej projektu wynosiły przynajmniej 800 milionów dolarów, a prawdopodobnie sięgnęły nawet kwoty 1 miliarda dolarów. Oczywiście ustalenia poczynione przez Reinhardta należy przyjąć wobec braku możliwości ich weryfikacji, co zresztą nie jest przedmiotem niniejszej pracy. Autor w swoich analizach wykorzystał kompromisową wartość 900 milionów dolarów, a więc środek założonego przedziału występowania kosztów fazy przedprodukcyjnej. W metodzie Monte Carlo jest możliwe przyjęcie bardziej szczegółowych założeń kształtowania się tej zmiennej deterministycznej, korzystając z informacji dostarczonych w pracy. Określając przedział występowania kosztów fazy projektowej i inwestycji w aktywa produkcyjne Reinhardt precyzuje, że koszty wyniosły przynajmniej 800 milionów dolarów⁴. Można zatem zakładać, że autor był pewien, iż kwota nie jest niższa. Górną granicę przedziału kosztów przedprodukcyjnych, a więc poziom 1 miliarda dolarów, określił jako prawdopodobną. Racjonalne wydaje się zatem założenie, iż wartość ta wydawała się autorowi mniej wiarygodna aniżeli kwota 800 milionów dolarów. Wobec powyższych założeń przyjęto, iż w szacowaniu wartości NPV metodą Monte Carlo wartość kosztów fazy przedprodukcyjnej będzie nie niższa niż 800 milionów dolarów. Dodatkowo

⁴ U.E. Reinhardt: *op.cit.*, s. 823.

przyjęto, iż rozkład tej zmiennej będzie rozkładem normalnym jednostronnym, z odchyleniem standardowym wynoszącym 100 milionów dolarów.



Rys. 1. Rozkład wartości nakładów przedprodukcyjnych na program Tristar (w mln USD)

Źródło: opracowanie własne.

W ten sposób możliwe jest odwzorowanie poglądów autora, który z pewnością wypowiada się o kwocie 800 milionów dolarów, natomiast kwotę 1 miliarda określa jako prawdopodobną.

Kolejnym ważnym parametrem modelu jest czas trwania okresu przedprodukcyjnego. Reinhardt w swojej pracy zakłada, iż prace na projektem Tristar rozpoczęły się na wiosnę 1968 roku i zgodnie z przyjętymi założeniami miały się zakończyć w listopadzie 1971 roku, a więc po 42 miesiącach. Pisząc o tym zagadnieniu w 1973 roku, autor wiedział, że okres fazy badań i inwestycji w majątek produkcyjny wydłużył się do 48 miesięcy i pierwszy Tristar opuścił fabrykę dopiero w kwietniu 1972 roku. Było to spowodowane opóźnieniem w dostawie silników do samolotu Lockheeda, które firma Rolls Royce projektowała na potrzeby spółki. Reinhardt słusznie założył, że w momencie prezentacji wyliczeń dla Kongresu, a więc na wiosnę 1971 roku, Lockheed nie mógł przewidzieć wspomnianych wcześniej opóźnień, stąd też przyjął do swoich kalkulacji okres 42 miesięcy jako właściwy dla wiedzy posiadanej na początku roku 1971. Założył również, wobec braku informacji na ten temat ze strony Lockheeda, że wydatki na badania i inwestycje w majątek produkcyjny były ponoszone proporcjonalnie, a więc w jednakowej wielkości każdego z 42 miesięcy tej fazy projektu. Do szacowania wielkości NPV metodą Monte Carlo założenie to zostanie również przyjęte w całości. Jak wspomniano we wcześniejszej części pracy, Lockheed trzymał w tajemnicy przed światem zewnętrznym informacje o nakładach w fazie przedprodukcyjnej oraz strukturze tych nakładów. W związku z tym przyjęte przez autora rozwiązanie wydaje się być jedynym racjonalnym w perspektywie informacji dostępnych w 1971 roku.

Koszty produkcji samolotu Tristar

Prognozując przyszłe koszty produkcji samolotu Tristar, Reinhardt bazował na wcześniejszych badaniach prowadzonych w tej dziedzinie⁵ i skorzystał ze znanego już w tamtym okresie czasu efektu uczenia się, co sprawnie opisuje tak zwana krzywa uczenia. Zaobserwowano, że koszty produkcji maleją o mniej więcej stałą wyrażoną procentowo wielkość, za każdym razem gdy produkcja się podwaja. Reinhardt wykorzystał w swoim modelu następującą formułę,

$$Y_Q = Y_1 Q^{-b}$$

gdzie Q wyraża liczbę wyprodukowanych samolotów, Y_Q określa przeciętny koszt jednostkowy bazujący na skumulowanej wartości kosztów, Y_1 określa koszt pierwszego egzemplarza samolotu, a parametr b wyraża się następującym wzorem $b = -\log(\gamma)/\log(2)$.

Kluczową sprawą było ustalenie wielkości parametru uczenia się γ , który stanowi podstawę do wyznaczania kosztów produkcji przy danym wolumenie przy pomocy wyżej zaprezentowanej formuły. Reinhardt skorzystał z danych opublikowanych w magazynie *Barron's*, które dotyczyły kosztów produkcji w przemyśle lotniczym⁶. Ustalił wartość parametru $b = 0,369188$, co wyraża tzw. efekt uczenia się na poziomie 77,8%. Zgodnie z badaniami prowadzonymi między innymi w przemyśle lotniczym poziom efektu uczenia się między 75 a 78% jest typowy⁷. Zaprezentowany wyżej model szacowania kosztów produkcji kolejnych jednostek samolotów nie uwzględnia kosztów amortyzacji, co automatycznie powoduje możliwość uznania go za negatywny przepływ pieniężny. Takie założenie poczynił w swoich analizach również Reinhardt. Dla potrzeb niniejszej pracy przyjęto tę samą formułę określania kosztów produkcji kolejnych jednostek Tristara. Na potrzeby szacowania wielkości NPV metodą Monte Carlo przyjęto, iż współczynnik uczenia się będzie oscylował w granicach typowych dla przemysłu lotniczego, a więc między 75 a 78% ze średnią na poziomie przyjętym przez Reinhardta, a więc 77,4%. Założenie to wydaje się racjonalne z dwóch względów. Po pierwsze dane opublikowane w magazynie *Barron's*, z których korzystał autor, były uzyskane za pomocą pewnych założeń co do parametrów charakteryzujących projekt Tristar. Nie można zatem uzyskanej wielkości traktować jako pewnej. Po drugie sama definicja krzywej uczenia się zakłada możliwość niewielkich zmian parametru γ , który powinien oscylować w ramach wartości typowych dla danej branży.

⁵ H.R. Biederman: *International trade and cooperation in Aerospace Products*. Development Planning Report No. 80, Lockheed Aircraft Corporation, Burbank, kwiecień 1968, cyt. za U.E. Reinhardt: *op.cit.*; W.J. Fabrycky, P.E. Torgerson: *Operations Economy: Industrial Applications of Operations Research*. Englewood Cliffs, 1966, cyt. za U.E. Reinhardt: *op.cit.*

⁶ M. Gordon: *Hitched to the Tristar – Disaster at Lockheed would cut a wide swathe*. *Barron's*, 15 marca 1971, strony 5–14, cyt. za U.E. Reinhardt: *op.cit.*

⁷ H.R. Biederman: *op.cit.*, s. 79, cyt. za U.E. Reinhardt: *op.cit.*

Jedyną zasadniczą zmianą w założeniach, jaką poczyniono, jest ilość miesięcznie produkowanych przez Lockheeda samolotów. W swojej pracy Reinhardt ustalił, iż spółka zamierzała wyprodukować między listopadem 1971 roku a końcem 1977 roku około 220 egzemplarzy, co daje przeciętną 3 sztuk na miesiąc⁸. Ustalił również, iż w oryginalnym dokumencie przedstawionym przez Lockheeda w Kongresie zakładano pewne fluktuacje w wielkościach rocznej produkcji Tristarów, jednakże wobec przyjętej metodyki liczenia NPV autor zdecydował się na stałą wielkość produkcji na poziomie 3 sztuk. Przy szacowaniu wartości NPV metodą Monte Carlo możliwe jest uwzględnienie fluktuacji w wielkościach miesięcznej produkcji Tristarów poprzez zastosowanie rozkładu normalnego tej zmiennej. Założono również, że zmienna ta będzie miała charakter dyskretny i może przyjmować wartości 2,3 lub 4. Występowanie wielkości produkcji na poziomie 3 sztuk miesięcznie określono w odległości jednego odchylenia standardowego od średniej, co oznacza, iż taka miesięczna wielkość produkcji będzie występowała z prawdopodobieństwem wynoszącym 68,27%. Natomiast wolumeny produkcji na poziomie 2 i 4 sztuk miesięcznie będą występowały z prawdopodobieństwem wynoszącym 15,87%. Założenie to wydaje się być racjonalne wobec faktu istnienia samych fluktuacji, o czym informuje w swojej pracy Reinhardt, a także wobec braku informacji o ponadnormatywnych rozmiarach fluktuacji. Można zatem stwierdzić, iż rozkład normalny najlepiej oddaje „normalne” fluktuacje w zakresie wielkości produkcji.

Przychody ze sprzedaży samolotów Tristar

Założenia odnośnie możliwych do wygenerowania przez projekt Lockheeda przychodów Reinhardt oparł o sprawozdanie przygotowane przez spółkę na potrzeby pozyskania gwarancji rządowych. Oryginalnie ustalona cena jednego Tristara wynosiła 14,7 miliona dolarów, jednakże w późniejszym okresie została podwyższona i w zależności od wersji wyposażenia samolotu oscylowała w roku 1971 na poziomie od 15 do 16 milionów dolarów⁹. W dalszej części pracy autor, zmuszony przyjętą metodyką liczenia NPV, zdecydował się na przyjęcie średniej ceny na poziomie 15,5 miliona dolarów, jednakże jak przyznał wartość ta była nieco zawyżona w jego opinii. W związku z powyższym na potrzeby szacowania NPV metodą Monte Carlo przyjęto za środek przedziału cenę 15,4 miliona dolarów, zgodnie z sugestią autora, że średnia wartość ceny jest nieco zawyżona. Przyjęto również, iż rozkład ceny Tristara będzie miał charakter normalny, a odchylenie standardowe wyniesie 0,3 miliona dolarów. Powyższe rozwiązania wydają się racjonalne wobec podanych przez Reinhardta informacji.

Dodatkowo należy wprowadzić założenia odnośnie możliwości sprzedażowych samolotu. W połowie 1971 roku, kiedy zarząd spółki Lockheed prezentował swoje opracowanie dotyczące projektu przed Kongresem, ujawnił, że obecnie firma ma zamówienia jedynie

⁸ U.E. Reinhardt: *op.cit.*, s. 831.

⁹ *Ibidem*, s. 829.

na 103 egzemplarze oraz 75 tak zwanych *second buys*, które umożliwiały wycofanie się klienta z zakupu w dowolnym momencie, bez ponoszenia przez niego konsekwencji. Wobec powyższych faktów należy uznać, iż w lipcu 1971 roku spółka miała potwierdzone zamówienia na jedynie 103 samoloty Tristar. Pozostałe 75 opcji zakupu odrzutowców Lockheeda trudno uznać za pewne i potwierdzone. W związku z powyższym racjonalne wydaje się założenie, że wspomniane wcześniej 75 tak zwanych *second buys* można zapisać w modelu jako zakontraktowaną sprzedaż samolotów Tristar, która jednakże obarczona jest pewnym ryzykiem związanym z możliwością rezygnacji części odbiorców z zakupu. Przyjęto, iż ryzyko to wynosi około 20%, stąd też przepływy pieniężne generowane przez prawdopodobną sprzedaż 75 sztuk samolotów Tristar na podstawie opcji zakupu zredukowano o współczynnik ryzyka, a więc $(1-0,2)$. Ustalając wskaźnik ryzyka związany z niepotwierdzonymi sprzedażami wzięto pod uwagę, iż trudno byłoby uznać za racjonalny przypadek, gdzie połowa lub mniej niż połowa nabywców, którzy zawarli opcje kupna samolotów Lockheeda, zrezygnowałaby z transakcji. Wzięto również pod uwagę iż część odbiorców uiściła przedpłaty w związku z zamówieniami, o których mowa będzie poniżej. Wobec powyższych ustaleń wydaje się, iż poziom około 20% to maksymalna stopa transakcji opcyjnych, z których odbiorcy mogą zrezygnować.

Należy również wziąć pod uwagę, iż Lockheed nie zamierzał poprzestać na zamówieniach, które zgromadził do momentu prezentacji projektu w Kongresie. W przedstawionym raporcie stwierdzono, że Lockheed zamierza uzyskać 35–40% udział w rynku zamówień na międzykontynentalne samoloty pasażerskie, który spółka szacowała na poziomie 775 samolotów. Łatwo zatem policzyć, iż Lockheed zakładał całkowitą sprzedaż na poziomie między 270 a 310 samolotów Tristar. Reinhardt w swojej pracy wykazał, iż założenia te są nazbyt optymistyczne i nie znajdują potwierdzenia w tempie rozwoju rynku lotniczego. Mimo tego autor założył, co wydaje się być jak najbardziej słuszne, iż Lockheed będzie w stanie sprzedać więcej samolotów Tristar niż zakontraktowane w połowie 1971 roku 178 sztuk. Wobec czego w modelu szacowania wartości NPV należy uwzględnić możliwość takiej sprzedaży. Ponieważ produkcja wykraczająca ponad 178 samolotów nie jest zakontraktowana, należy założyć, iż istnieje prawdopodobieństwo, że nie zostanie ona zrealizowana w takiej wielkości jak wynika to z przedstawionego w Kongresie raportu, a więc w liczbie 270–310 sztuk. Wskazują na to nie tylko przedstawione przez Reinhardta dowody na to, iż Lockheed mocno przeszacował zapotrzebowanie rynkowe na samoloty międzykontynentalne, ale również konieczność konkurowania Tristara z samolotami DJ-10 (McDonnell Douglas) i Airbusem (europejskie konsorcjum spółek), które w 1971 roku były oceniane przez rynek bardzo wysoko. Wobec powyższych faktów, znanych w chwili prezentacji założeń projektu przed Kongresem, trudno oceniać szansę na osiągnięcie sprzedaży przekraczającej 178 sztuk i sięgającej aż 310 sztuk na więcej niż 50%, choć wydaje się, iż nawet ta wartość wobec znacznego przeszacowania popytu rynkowego może być nieco zbyt optymistyczna. W modelu szacowania wielkości NPV metodą Monte Carlo przyjęto zatem, iż wszelkie przepływy pieniężne wynikające z produkcji i sprzedaży samolotów Tristar ponad

178 sztuk będą korygowane wskaźnikiem (1–0,5) ze względu na ryzyko związane z ich możliwym występowaniem.

Reinhardt w swojej pracy skupił się na jeszcze jednym aspekcie związanym z przychodami projektu Tristar. Zgodnie z danymi przedstawionymi w kongresie w 1971 roku, Lockheed otrzymał od swoich klientów około 260 milionów dolarów zaliczek, które wpłynęły na konto spółki przed lipcem 1971 roku, a więc jeszcze w fazie przedprodukcyjnej projektu. Ponieważ żadne informacje na temat terminów poszczególnych wpłat oraz ich wysokości nie zostały przedstawione, autor uznał za racjonalne, by nie uwzględniać tych wpłat w przepływach pieniężnych fazy badań i inwestycji w środki produkcji. W przyjętym przez Reinhardta modelu zaliczki zatem nie występują, stąd też kwoty przyszłych przychodów nie są pomniejszane o uiszczone wcześniej środki finansowe. Takie samo założenie przyjęto szacując NPV metodą Monte Carlo.

Założenia dodatkowe do modelu

W oryginalnej pracy dotyczącej projektu Tristar autor poczynił dwa założenia, które będą wykorzystane również w niniejszej pracy. Pierwsze z nich dotyczy inflacji, która w opinii Reinhardta będzie w jednakowy sposób wpływać na przychody generowane przez projekt jak i na koszty produkcji samolotów. W związku z tym jej oddziaływanie na strumień pieniężne będzie neutralne. Drugie założenie dotyczy opodatkowania dochodów projektu¹⁰. Autor założył, zgodnie z obowiązującym w tym czasie systemem podatkowym, że koszty ponoszone w fazie początkowej projektu będą zmniejszać podstawę opodatkowania przyszłych dochodów generowanych w fazie produkcyjnej. W związku z tym Reinhardt uznał, że racjonalne będzie opodatkowanie skalkulowanej wartości bieżącej netto. Identyczne założenie przyjęto przy ustalaniu wartości NPV przy pomocy metody Monte Carlo.

Dodatkowo do szacowania wartości bieżącej netto metodą Monte Carlo zastosowano stopę wolną od ryzyka wynoszącą 5% w skali roku, która jest równa stopie zwrotu z obligacji rządowych z 1971 roku. W przyjętej metodzie zastosowano liczbę 10 tysięcy iteracji oraz 30 przedziałów wartości wynikowych.

Wyniki uzyskane metodą Monte Carlo

Na podstawie przeprowadzonych symulacji określono, że poziom produkcji i sprzedaży w projekcie Tristar, przy którym wartość NPV jest dodatnia, wynosi 7 sztuk miesięcznie, co daje łączną liczbę 504 egzemplarzy dla całego zakładanego okresu życia inwestycji. Jest to wartość dalece większa od prezentowanej w Kongresie wielkości 50 samolotów, która w roku 1972 została przez Lockheeda zweryfikowana do poziomu 275 egzempla-

¹⁰ Stawka podatku dochodowego od przedsiębiorstw wynosiła w Stanach Zjednoczonych w 1971 r. 50%.

rzy¹¹. Wyniki uzyskane przez Reinhardta kształtują się następująco, w zależności od przyjętej wartości stopy dyskontowej: dla $k = 0\%$ *break even point* wynosi 278 samolotów, dla $k = 5\%$ wolumen sprzedaży osiąga wielkość 360 egzemplarzy, dla $k = 10\%$ jest to wartość 510 sztuk, a dla $k = 15\%$ sięga ponad 1000 samolotów.

Jak widać z powyższych danych uzyskany wynik jest prawie identyczny z rezultatem osiągniętym przez Reinhardta, przy rocznym dyskoncie na poziomie 10%. Należy jednak zwrócić uwagę, iż duży wpływ na uzyskaną wielkość ma przyjęcie przez autora założenia, że koszty fazy przedprodukcyjnej wynoszą 900 milionów dolarów, mimo iż przyznaje on w swojej pracy dużo większe prawdopodobieństwo kwocie 800 milionów dolarów aniżeli wielkości 1 miliarda dolarów. Najistotniejsze jest jednak, że niezależnie od przyjętego podejścia w szacowaniu wielkości NPV, uzyskane wyniki prowadzą do identycznych wniosków co do rentowności projektu Tristar, które jak pokazały lata późniejsze, były jak najbardziej prawidłowe.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy pracy Reinhardta oraz wykonanych ponownie kalkulacji wielkości *break even point* dla projektu Tristar metodą Monte Carlo, przy wykorzystaniu wielkości NPV, można stwierdzić, iż jest możliwe poprawne oszacowanie prognozy rentowności bez znajomości stopy dyskontowej uwzględniającej premię za ryzyko. Uzyskany wynik należy uznać za zbliżony z wynikami przedstawionymi w oryginalnej pracy. Ponadto przeprowadzone doświadczenie skłania do wyciągnięcia kilku interesujących wniosków.

W pierwszej kolejności należy stwierdzić, iż niezależnie od przyjętej metodyki ustalania wartości NPV kluczowe znaczenie dla uzyskanych wyników mają poprawnie sformułowane założenia odnośnie wielkości zmiennych deterministycznych. Na podstawie niniejszego doświadczenia można również stwierdzić, iż metoda stochastyczna (Monte Carlo) przyjęta do szacowania wartości bieżącej netto inwestycji może być interesującą alternatywą wobec kalkulowania wielkości NPV przy zastosowaniu stopy dyskontowej uwzględniającej ryzyko, której praktyczna implikacja napotyka znaczne problemy, czego dowodzi chociażby praca Reinhardta. Ostatnim wnioskiem, jaki nasuwa się z przeprowadzonych analiz, jest fakt, iż stosowanie metody kalkulacyjnej w szacowaniu wartości bieżącej netto prowadzi do wielu uproszczeń na etapie założeń do modelu, które wynikają z konieczności uśredniania wartości zmiennych deterministycznych.

¹¹ „Time Magazine” z 21 sierpnia 1972 r., s. 62, cyt. za U.E. Reinhardt: *op.cit.*

**BREAK EVEN ANALYSIS FOR LOCKHEED'S TRISTAR:
AN APPLICATION OF MONTE CARLO METHOD FOR CALCULATING NPV**

Summary

Implication of Monte Carlo method for calculating the NPV and the break even point of project can be an interesting alternative towards the NVP calculated with the discount rate which includes the risk of an investment. In this article author took an attempt of recalculating the break even of Lockheed's Tristar project, which needed an immediate Congressional loan guarantee for \$250 million of additional bank credit required for the completion of that program. The results are very similar to Reinhardt's, the author of original work published in 1973, who calculated the break even point for this project from the 1971 perspective using the NPV.