

DF-KFP.072.01.2020

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgra Marcina Pawlaka
pt. „Zastosowanie dwukrotnej symulacji Monte Carlo
w wycenie opcji realnych”

1. Ranga i znaczenie tematu rozprawy

Jednym z najważniejszych zadań menedżera finansowego w przedsiębiorstwie jest ocena efektywności planowanych inwestycji. Ocena ta przebiega najczęściej w oparciu o paradygmat maksymalizacji wartości tworzonej przez projekt, która jest wyrażona w jednostkach pieniężnych. Opcje realne stanowią ważny obszar uzupełniający standardowe metody wartościowania projektów i stopniowo przenikają do *main streamu* wiedzy finansowej, zajmując w nim zasłużenie coraz ważniejszą pozycję. Zastosowanie opcji realnych w wycenie podkreśla rolę menedżerów zarządzających inwestycjami w przedsiębiorstwie, ponieważ to od ich decyzji, podejmowanych w czasie realizacji inwestycji, będzie zależała ostatecznie wartość inwestycji. Opcje realne są próbą ujęcia w początkowej wartości inwestycji możliwości reakcji zarządu na odstępstwa od założeń początkowych. Próba ujęcia w wartości inwestycji możliwości stojących przed menedżerami przenosi problem wartościowania inwestycji na o wiele wyższy poziom trudności. Przede wszystkim dlatego, że należy zawczasu wskazać na potencjalne możliwości, określić szanse ich wystąpienia oraz przygotować plan realizacji potencjalnych korzyści czy redukcji możliwych strat. W porównaniu z tradycyjnymi narzędziami oceny, stopień skomplikowania narzędzi analitycznych wykorzystywanych w analizie opcji realnych, jest niepomrotnie większy. Oznacza to, że w tym obszarze nie ma tematów łatwych. Choć intuicyjne zrozumienie tematu nie powinno nastroczać trudności laikom, to każda propozycja nowych rozwiązań aplikacyjnych wymaga umiejętności kojarzenia treści z obszaru rachunkowości, finansów, statystyki i ekonometrii. Rozprawa Pana Marcina Pawlaka jest propozycją rozwinięcia wątków aplikacyjnych związanych z tematem wyceny opcji oraz

próbą standaryzacji procesu wartościowania opcji. Uważam, że temat rozprawy oraz zakres prowadzonych badań w pełni odpowiada wymogom stawianym pracom doktorskim.

2. Opis przedmiotu recenzji

Rozprawa doktorska Pana Marcina Pawlaka jest obszernym opracowaniem mieszczącym się na 254 stronach. Zasadniczy tekst rozprawy, który mieści się na 190 stronach uzupełniają spisy, stosowne oświadczenia oraz pokaźna liczba załączników zawierających tabele ze szczegółowymi wynikami obliczeń.

Autor postawił sobie następujący cel badawczy, którym jest konstrukcja, weryfikacja i walidacja metody wyceny opcji realnych bazującej na finansowym modelu przedsięwzięcia i procedurze symulacji Monte Carlo.

Celowi głównemu towarzyszą cele cząstkowe:

1. Krytyczna analiza literatury pod kątem teorii opcji realnych i metod ich wyceny.
2. Identyfikacja problemów w zastosowaniu metod wyceny opcji realnych.
3. Zdefiniowanie założeń symulacyjnej metody porównawczej (w dalszej części recenzji określana jako „metoda SWP”) i określenie procedury wyceny opcji realnych bazującej na modelu finansowym przedsięwzięcia i symulacji Monte Carlo (w dalszej części recenzji określana jako „metoda MC”).
4. Weryfikacja i walidacja metody SWP.
5. Określenie różnic i podobieństw w wycenach opcji dokonywanych za pomocą metody SWP oraz modelu Blacka-Scholesa (w dalszej części recenzji określana jako „metoda BS”).
6. Identyfikacja problemów i korzyści związanych z zastosowaniem metody SWP w praktyce.

Autor postawił pojedynczą hipotezę, że wycena prostych opcji realnych za pomocą metody SWP i modelu BS prowadzi do takich samych wyników.

Dwa pierwsze rozdziały wprowadzają tematy teoretyczne na temat charakterystyki opcji realnych i ich wyceny. Autor nie poprzestaje na prezentacji wyłącznie treści teoretycznych, ale uzupełnia je swoimi komentarzami, przedstawia własne wnioski oraz omawia problemy towarzyszące wykorzystaniu opcji realnych w praktyce.

Metoda symulacyjnej metody porównawczej została opisana w rozdziale trzecim – warunki brzegowe, najważniejsze założenia teoretyczne oraz sformalizowany opis metody.

Czwarty rozdział ma charakter aplikacyjny. Autor prezentuje w nim dwa przykłady opcji realnych przypisanych do projektu inwestycyjnego. Autor tworzy dwa modele finansowe, które służą wartościowaniu opcji realnych, a następnie przeprowadza autorską procedurę weryfikacji i walidacji uzyskanych wyników.

3. Zalety pracy doktorskiej

Zalety pracy odnoszą się do proponowanych przez Autora rozwiązań aplikacyjnych zagadnień merytorycznych, sposobu ujęcia wątków teoretycznych i konstrukcji pracy.

1. W polskojęzycznej literaturze na temat opcji realnych niewiele pozycji zajmuje się wyceną opcji realnych przy pomocy symulacji Monte Carlo. Wykorzystanie metody Monte Carlo daje analitykowi finansowemu możliwość wartościowania opcji o niemalże dowolnej charakterystyce. Jako punkt odniesienia został wybrany model BS bodajże najpopularniejszy model wyceny. Na podstawie uzyskanych wyników autor wskazał na ograniczenia modelu BS i zalety autorskiego modelu.
2. Zagadnienia związane z opcjami realnymi, ich charakterystyką, warunkami stosowania (założeniami), i wyceną zostały zaprezentowane w sposób spójny i kompleksowy. W opisie znalazło się miejsce na rozważania nie tylko na temat zasadniczych różnic występujących pomiędzy opcjami realnymi i finansowymi, ale również tego jak owe różnice wpływają na wycenę opcji realnych (np. możliwość niszczenia wartości przez chęć utrzymywania opcji).
3. W pracy omówiono rzadko poruszany problem możliwego nieoptymalnego wykonania opcji z powodu braku racjonalności w zarządzaniu (np. z przyczyn behawioralnych).
4. Autor zaproponował metodę szacowania symulacyjnej wartości opcji (SWP), która założeń pozwala wskazać wartość opcji lub portfela opcji realnych przypisanych do projektu. W pracy posłużono się dwoma przykładami dla opcji realnej typu *call* i *put*. Dla każdego z przykładów opracowano model finansowy, który uwzględniał kilka czynników ryzyka.
5. Ważnym aspektem pracy doktorskiej jest temat szacowania ryzyka modelu finansowego służącego do określenia wartości opcji realnej. Temat ten jest rzadko poruszany w krajowym dyskursie naukowym, a ranga tego typu rozważań jest wciąż niedoceniana. Wnioskowanie na ten temat jest przeprowadzone w sposób kompleksowy, począwszy od problemów metodycznych związanych z budową

modelu, aż po prezentację procedury, która pozwala na określenie jego poprawności i skuteczności. Poglądy Autora ukształtowały się w wyniku analizy wielu pozycji literaturowych. Cennym wkładem Doktoranta jest przeprowadzenie walidacji zbudowanych autorskich modeli w zgodzie z wypracowaną przez niego procedurą (standardem).

6. Autor zarówno w części teoretycznej jak i aplikacyjnej przedstawia praktyczne problemy związane ze stosowaniem różnych metod wyceny opcji. Na podstawie własnych analiz określa wady i zalety poszczególnych podejść oraz przedstawia własne rekomendacje odnośnie stosowania poszczególnych metod.
7. Praca została dobrze skonstruowana. Ciąg rozdziałów jest logiczny i w typowy dla prac doktorskich sposób przebiega od tematów ogólnych i wprowadzających aż po tematy aplikacyjne. Tytuły poszczególnych części pracy dobrze oddają ich zawartość. Język pracy jest klarowny i przejrzysty.

Przedłożona do recenzji praca doktorska ma niezaprzeczone zalety, które pozwalają na określenie istotnego wkładu Autora w rozwój dziedziny finanse. Jednakże, w pracy można doszukać się mankamentów i usterek. Mają one różny charakter, począwszy od takich, które w opinii recenzenta wynikają z braku proporcji w układzie pracy, czy z pominięcia niektórych pobocznych wątków, po takie, które poważnie ograniczają stosowanie proponowanych przez Autora rozwiązań. Stanowią one treść kolejnej części recenzji.

4. Mankamenty pracy doktorskiej

4.1. Cel pracy i hipotezy badawcze

Cel pracy został sformułowany dosyć ogólnie i nie zawiera specyfiki rozważań Autora w pracy, przez co nie pozwala zidentyfikować jego wkładu w rozwój dziedziny. Pomimo zapewnień Autora, realizuje on cel inny niż wynikający z hipotezy postawionej we wstępie. Hipoteza ma charakter cząstkowy i dotyczy etapu weryfikacji i walidacji metody wyceny SWP z wykorzystaniem modelu BS. W kontekście prowadzonych badań, hipoteza powinna przyjąć raczej postać tezy i zostać tak przeformułowana aby odpowiadała celowi głównemu.

Cele cząstkowe opisują poszczególne etapy tworzenia autorskiego modelu wyceny opcji. Analiza literatury ujęta w pierwszym celu cząstkowym nie może, moim zdaniem, być

celem samym w sobie, ponieważ jest raczej sposobem osiągnięcia celu. Pozostałym celom częściowym należałoby przypisać tezy częściowe.

4.2. Uwagi odnośnie konstrukcji pracy i zakresu poruszanej tematyki

A. Sposób ustalania poziomu zmienności. Moim zdaniem w pracy zbyt pobieżnie potraktowano kwestie związane z szacowaniem parametru zmienności. Autor poświęca temu tematowi stosunkowo niewiele miejsca w części teoretycznej. W części aplikacyjnej przy omówieniu wyników wyceny opcji metodą BS powołuje się na metodę szacowania zmienności Copelanda-Antikarova, ale nie przedstawia wyników nawet szacunkowych obliczeń tego zasadniczego w wycenie przez co weryfikacja obliczeń Autora jest utrudniona.

B. Identyfikacja poziomu ryzyka w modelu finansowym. W tradycyjnych procedurach budżetowania kapitałów wielkość ekspozycji projektu na ryzyko rynkowe jest uwzględniona w stopie dyskontowej projektu. Autor nie wyjaśnia, w jaki sposób identyfikacja poszczególnych źródeł ryzyka (w tym czynników ryzyka rynkowego) w wycenie wartości projektu wpływa na dobór stopy dyskontowej. W swoich analizach zakłada niezmienny poziom stóp dyskonta pomimo tego, że profile ryzyka poszczególnych wariantów są różne oraz tego, że profile ryzyka każdego wariantu zmieniają się w czasie. Przykładowo, w wycenie opcji wzrostu przyjmuje założenie, że spółka jest w stanie wyeliminować wszystkie negatywne scenariusze wydarzeń w momencie wykonania opcji (więcej na ten temat w pkt. 4.3). Fakt taki na pewno nie pozostałby bez wpływu na oczekiwaną stopę zwrotu inwestorów.

C. Brak uwzględnienia możliwości wystąpienia wad konstrukcyjnych w opcji realnej. Podczas projektowania opcji realnej można w wyniku błędu przyjąć rozwiązanie, które zamiast zwiększać wartość projektu będzie mogło zmniejszyć jego wartość. Źródłem tego problemu może być mylne wskazanie kryterium decyzyjnego, po którym ma nastąpić lub nie nastąpić decyzja menedżerów. W przykładach podręcznikowych z reguły zakłada się, że możemy w momencie podjęcia decyzji wyznaczyć wartość aktywa bazowego i podjąć racjonalną decyzję poprzez proste porównanie z ceną wykonania opcji. Pominąwszy kwestie pewności pomiaru wartości aktywa bazowego należy stwierdzić, że w rzeczywistości kryterium decyzyjne rzadko bazuje na wartości, a zamiast tego skupia się na prognozowanych na moment podjęcia decyzji parametrach częściowych, takich jak: udział w rynku, poziom cen czy wielkość kosztów. Może się zdarzyć, że jako kryterium decyzyjne

wskazano parametr finansowy, który jest niedostatecznym probierzem zmian wartości aktywa bazowego lub jego graniczna wysokość została przyjęta na niewłaściwym poziomie.

Prowadzi to do wniosku, że możliwość podjęcia decyzji z niewłaściwie dobranym kryterium decyzyjnym może w niektórych sytuacjach niszczyć wartość projektu zamiast ją wyłącznie tworzyć. Czy możemy mówić w takiej sytuacji o opcji realnej? W sensie metodyki wyceny metodą SWP czy BS nie możemy, ponieważ opcja ma za zadanie wyłącznie tworzenie wartości. W takiej sytuacji należałoby inaczej zinterpretować wzajemne relacje pomiędzy elastycznością w działaniu a opcjami realnymi. Podejmowanie decyzji na podstawie źle skonstruowanej opcji daje możliwość zmiany parametrów projektu w przyszłości, czyli stwarza możliwość decyzyjną, ale nie powinno być identyfikowane jako opcja, a już na pewno skutki decyzji nie mogą być analizowane wyłącznie przy założeniu, że opcja może wyłącznie tworzyć wartość. Rozważania tego typu są istotne podczas interpretacji opcji zaniechania projektu inwestycyjnego zaprezentowanego w pkt. 4.3 pracy doktorskiej.

D. Zwiększenie listy kryteriów umożliwiających weryfikację wyników. W poprzednim punkcie pojawiła się już sugestia dotycząca konieczności weryfikacji racjonalności kryterium decyzyjnego, występującego w opcji.

Dodatkowo, chciałbym zwrócić uwagę na jeszcze jeden aspekt. Jednym z najważniejszych założeń przyjmowanych w kalkulacji wartości inwestycji metodami symulacyjnymi są założenia odnoszące się do wskazania zakresu zmiennych losowych oraz typu rozkładu tych wielkości. W przypadku wielu zmiennych nie mamy możliwości posłużenia się danymi rynkowymi, częściej określamy je metodami eksperckimi przyjmując pewne rozkłady *a priori*. Jednak prawdopodobieństwo przyjęcia niewłaściwego zakresu i rozkładu zmiennych jest bardzo duże. Na etapie weryfikacji modelu należy, moim zdaniem, koniecznie sprawdzić odporność modelu na zmianę nie tylko zakresu, ale również zmianę typu rozkładu, który opisuje zmienną.

4.3. Konstrukcja modeli zaprezentowanych w części aplikacyjnej

4.3.1. Uwagi do modelu opcją wzrostu (opcja call)

Niekompletna lista założeń i weryfikacja wniosków końcowych

W początkowym opisie modelu wzrostu (str. 125) pada sformułowanie, że w analizowanym projekcie nakłady są realizowane na dwóch etapach – pilotażowym i zasadniczym. Autor

podaje, że warunkiem realizacji inwestycji zasadniczej jest przeprowadzenie inwestycji na etapie pilotażowym. W dalszym ciągu Autor sugeruje, że jest to projekt sekwencyjny i poniesienie nakładu na etapie pilotażowym pozwala na realizację etapu drugiego, zasadniczego (opcja *call*). Realizacja projektu pilotażowego jednak niczego decydującego nie wyjaśnia, ponieważ oczekiwane stany natury nie zmieniają się, a projekt jest po prostu kontynuowany. Pojawia się jednak wspomniana mimochodem dodatkowa możliwość rezygnacji z projektu inwestycyjnego (opcja *put*) możliwa do wykonania przed poniesieniem pierwszej sekwencji nakładów lub po ich realizacji (rys. 4.1, rys. 4.2). Pomimo, że w modelu bazowym mówimy o opcji wzrostu okazuje się, że korzystamy z możliwości rezygnacji z projektu i przypisujemy projektowi bazowemu wartość zero¹, ponieważ na podstawie wartości średnich w modelu ustalono, że wartość jego kontynuacji to -9 mln².

Autor tworzy model rozszerzony, w którym pojawiają się dodatkowe cztery źródła ryzyka. Po przeprowadzeniu symulacji okazuje się, że zastosowane podczas symulacji wielkości finansowe oraz ich rozkłady negatywnie oddziałują na projekt. Średnia wartość projektu to -26,5 mln. Moim zdaniem, na tej podstawie należałoby podjąć decyzję o odrzuceniu projektu, sytuacja jest nawet gorsza niż w wariancie kalkulacji na podstawie średnich. Oczywiście podczas obliczeń pokazały się scenariusze, które generowały nadwyżki dodatnich wartości NPV, ale było ich tylko 39,47% ogółu wygenerowanych scenariuszy.

W dalszej części Autor skupia się na analizie wylosowanych scenariuszy, które generują wartość dodatnią, i wyznacza wartość opcji *call* na podstawie analizy różnic pomiędzy scenariuszami rozszerzonymi i bazowymi. Można się zgodzić, że wyłącznie scenariusze pozytywne będą zwiększały wartość projektu, ale przy jednym ważnym założeniu, mianowicie takim, że w momencie wykonania opcji *call*, czyli w momencie poniesienia drugiej transzy nakładu, będziemy znali wartość bieżącą przyszłych przepływów (!) i będziemy w stanie porzucić projekt inwestycyjny jeżeli jego NPV będzie ujemne.

¹ Ciekawe jest to, że postulowanych wymagań co do konstrukcji modelu służącego wycenie opcji realnej Autor twierdzi, że inwestycja początkowa jest nieuchronna.

² Wartości średnie dla niektórych kosztów zmiennych, które opisuje rozkład jednostajny, zostały podane nieprawidłowo.

Nota bene, takie właśnie założenie występuje w modelu BS, który posłużył do walidacji modelu. W modelu tym zakłada się, że w chwili wykonania opcji znamy wartość aktywa bazowego i stosownie do sytuacji opcja jest wykonywana lub nie. Stąd niemalże doskonałe dopasowanie pomiędzy wartościami opcji w modelu SWP i BS dla opcji wzrostu. Charakterystyka parametrów modelu BS nie została zaprezentowana, ale duże dopasowanie wyników estymacji świadczy pośrednio o poprawności wyników.

Podsumowując, w opisie inwestycji „z opcją wzrostu” zabrakło dwóch istotnych elementów: (1) w inwestycji tej, oprócz opcji *call*, występuje możliwość rezygnacji z projektu inwestycyjnego w okresie $t = 0$ (opcja *put* dla $t=0$)³, (2) pominięto ważne założenie o konieczności uzyskania wglądu w wartość przyszłych parametrów finansowych projektu w momencie wykonania opcji i podjęcia decyzji o rezygnacji z projektu (**opcja *put* dla $t=1$**) w przypadku wystąpienia negatywnych scenariuszy, których przeciętna wartość bez tej opcji obciążałaby projekt kwotą ok. –100,3 mln (stanowią one 60,53% ogółu scenariuszy). O tym ważnym założeniu Autor jednak nie wspomina. Co więcej, na str. 138 dysertacji sugeruje, że na podstawie analizy wartości samej opcji *call* należałoby podjąć decyzję o kontynuacji projektu. W głównej mierze, to uzyskanie pewności co do wartości projektu w momencie $t=1$ oraz opcja *put* decydują o realizacji projektu, a nie opcja *call*.

Brak dostatecznego uzasadnienia dla przyjętego rozkładu zmiennej

Przyjęcie założenia o rozkładzie dwumianowym dla nakładów inwestycyjnych w modelu, wymaga szerszego komentarza. Jeżeli zmiana planowanych wielkości nakładów wynika z potencjalnych błędów w procedurach budżetowania, to rozkład powinien być ciągły. A jeżeli różne scenariusze wynikają z konieczności wybrania różnych technologii, to powinien być zdefiniowany czynnik ryzyka, który będzie oddziaływał na wielkość nakładów i ewentualnie oddziaływał na pozostałe parametry projektu inwestycyjnego (np. tańsza maszyna ponieważ niższy poziom oczekiwanego popytu).

Zamieszczone w dalszej części pracy procedury weryfikacji i walidacji opcji *call* występującej w scenariuszu wzrostu są poprawne i kompleksowe. Opisane są jednak w sposób lakoniczny, pozbawiony w dużej mierze interpretacji ekonomicznej.

³ Występują niektóre cechy analogicznie do opcji *put*, ale definicja opcji odnosi się do przyszłych, a nie natychmiastowych działań, dlatego wspominam jedynie o możliwości rezygnacji z realizacji projektu. Sugerowałbym jednocześnie, aby na rys. 4.1 i 4.2 możliwość rezygnacji z inwestycji nie była określona jako „brak elastyczności” lub „elastyczność niewykorzystana”

się poniżej 18 zł i w konsekwencji projekt jest wygaszany, to generują większe dodatnie wartości NPV w wariantcie bazowym niż w rozszerzonym⁵. Warianty takie nie są brane pod uwagę w metodzie SWP, w której uwaga jest zwrócona wyłącznie na pozytywne efektów wprowadzenia kryterium decyzyjnego, a nie negatywnych.

Zestawienie skutków finansowych oddziaływania tych efektów powoduje, że po rozszerzeniu projektu jego wartość obniża się. Kryterium decyzyjne w opcji nie jest ustalone na optymalnym poziomie lub nie jest umiejscowione w odpowiednim okresie. Analizą takich efektów należałoby się dodatkowo zająć na etapie weryfikacji i walidacji modelu.

Uwagi do procesu walidacji opcji zaniechania modelem BS

Założone w modelu kryterium decyzyjne oddziałuje na projekt inwestycyjny poprzez złożenie różnych efektów wywołujących przeciwstawne skutki (tj. w zależności od scenariusza powodują zwiększenie lub zmniejszenie wartości projektu). Walidacja wpływu takiej możliwości decyzyjnej przy wykorzystaniu stosunkowo mało elastycznego modelu BS (wspomiane wcześniej założenia o błędzeniu losowym) musiała być skazana na niepowodzenie. Wykorzystanie podejścia analitycznego w procesie walidacji opcji zaniechania wiązałoby się najprawdopodobniej z koniecznością złożenia opcji barierowych o specyficznej charakterystyce. Daje to dodatkowy argument przemawiający za wyższością metody MC nad modelami analitycznymi.

Spis założeń co do sposobu przygotowania zmiennych wejściowych przyjętych w wycenie opcji metodą BS wymaga, w mojej ocenie, dodatkowego komentarza Autora. Okres 6-letni został potraktowany jako 1 okres, ale zmienność została obliczona na podstawie zmienności 6 roku. Zastanawiam się czy wybór takiego rozwiązania nie obciąża wyników przedstawionych analiz (reprezentatywność roku 6, przeskalowanie jednorocznej zmienności do okresu 6-letniego)?

Dodatkowo, w ocenie tego typu projektów wygodniej jest przyjąć założenie, że wolne przepływy pieniężne uzyskane z tytułu realizacji inwestycji są wypłacane jako dywidenda, ponieważ założenie takie pozwala pominąć problem reinwestycji środków. W wycenie metodą BS Autor przyjmuje że cena wykonania jest powiększona o wartość uzyskanych do momentu wykonania opcji wolnych przepływów pieniężnych, co otwiera dyskusję na temat założenia o sposobie reinwestycji wpływów i do momentu wykonania.

⁵ Należy pamiętać, że w wariantcie rozszerzonym występuje większy przeciętny nakład inwestycyjny o ok. 176 mln.

4.3.2. Uwagi do modelu wyceny opcji zaniechania inwestycji (opcja put)

Weryfikacja wyników końcowych

W pracy znajduje się drugi model, któremu została przypisana opcja zaniechania działalności. Opcja została tak zaprojektowana, że projekt zostanie zaniechany jeżeli w 6 roku trwania projektu cena sprzedaży wytwarzanych produktów obniży się poniżej 18 zł. Pozyskanie opcji wiąże się z 20% wzrostem wydatków inwestycyjnych⁴.

W mojej opinii, w recenzowanej pracy zabrakło uwag na temat zasad weryfikacji doboru samego kryterium decyzyjnego oraz jego granicznej wysokości. Jest to ważne ze względu na możliwość niekorzystnego wpływu na wartość inwestycji o którym pisałem w pkt. 4.2.

W wariancie bazowym nie występuje opcja zaniechania i średnia wartość inwestycji dla wszystkich scenariuszy jest równa 495 mln zł. W modelu rozszerzonym wartość projektu zmniejsza się o 22 mln zł, czyli do poziomu 473 mln zł, co przemawia za odstąpieniem od rozszerzenia projektu.

Wartość opcji liczono na podstawie różnic pomiędzy wartością tworzoną w wariancie rozszerzonym z wartością tworzoną dla tego samego zestawu zmiennych losowych w wariancie bazowym, a formalnie $(E(\text{MAX}(\text{NPV}_{\text{ROZ}} - \text{NPV}_{\text{BAZ}}; 0)))$. Z obliczeń Autora wynika, że pomimo tego, że wartość projektu zmniejszyła się, to opcja ma wartość równą +57 mln zł. Moim zdaniem dzieje się tak dlatego, że wyłączenie projektu w roku 6 przy jednostkowej cenie produktów niższej niż 18 zł i odzyskanie zainwestowanych środków wywołuje następujące efekty:

- Wyłącza z analizy scenariusze nie tworzące wartości, co jest spodziewanym efektem dla opcji zaniechania (opcji *put*). Faktycznie, porównanie rozkładów na rys. 20 i 21 pozwala na stwierdzenie, że liczba negatywnych scenariuszy zmniejszyła się z 18,1% ogółu scenariuszy w wariancie bazowym do 12,8% w wariancie rozszerzonym. Należy zauważyć, że wciąż występują scenariusze negatywne w których aktywa bazowe (tj. projekt) ma ujemną wartość. Na etapie doboru metody weryfikacji wyceny wymagałoby to przyjęcia założenia o arytmetycznym ruchu Browna, którego model BS nie zakłada.
- Jednocześnie pojawia się kolejny efekt znoszący pożądane skutki wywołane przez efekt pierwszy. Istnieją takie scenariusze dla których pomimo tego, że cena w roku 6 obniża

⁴ Po raz kolejny wielkość nakładów opisuje rozkład binarny (*vide* poprzedni pkt.)

5. Konkluzja

Jak już wspomniałem, rozprawa doktorska Pana Marcina Pawlaka jest kompleksowym, wartościowym i – w niektórych fragmentach – nowatorskim osiągnięciem badawczym. Na uznanie zasługuje wybór ciekawego tematu wyceny opcji realnych, sposobu jego ujęcia w warstwie teoretycznej i udanej próby stworzenia standardu weryfikacji i walidacji uzyskanych wyników. W ostatniej części recenzji zgłosiłem uwagi do przyjętych przez Autora rozwiązań, które, mam nadzieję, potraktuje jako zaproszenie do dyskusji nad przedmiotem jego zainteresowań. Uważam, że zalety przedłożonej do recenzji rozprawy przeważają nad jej wadami, a to skłania mnie do wydania oceny pozytywnej. Po rozważeniu wszystkich argumentów uważam, że praca spełnia wszelkie wymogi stawiane pracom doktorskim i powinna zostać dopuszczona do kolejnego etapu przewodu doktorskiego.

Tomasz Stawiński

