

Krzysztof S. TARGIEL
Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Katedra Badań Operacyjnych

WIELOSTANOWE OPCJE REALNE W DECYZJACH ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU¹

Streszczenie. Praca przedstawia możliwości wykorzystania wielostanowych opcji realnych do wyceny sytuacji pojawiających się w decyzjach rozwoju zrównoważonego. Podejście to próbuje uwzględnić w swoich rozważaniach nie tylko aspekt opłacalności finansowej projektu, ale także czynniki społeczne oraz środowiskowe. Czynniki te są uwzględniane nie tylko w kontekście zaplanowanych wartości, lecz także możliwości, które mogą się w trakcie realizacji przyszłych projektów pojawić.

Słowa kluczowe: opcje realne, modele z wieloma zmiennymi stanu

MULTI-STATE REAL OPTIONS IN THE DECISIONS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Summary. The paper presents possibilities of using multi-state real options for valuation situations arising in the decisions of sustainable development. This approach attempts to take into account in their deliberations not only the financial aspect of the project, but also social and environmental factors. These factors are reflected not only in the context of the planned values, but also features which may in the future arise.

Keywords: real options, multistate models

¹ Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki jako projekt badawczy nr NN 111 477740.

1. Wprowadzenie

Istotnym elementem pojawiającym się w kontekście decyzji rozwojowych jest rozwój zrównoważony, który łączy aspekty ekonomiczne, społeczne i środowiskowe. Dotyczy to także rozwoju poszczególnych jednostek terytorialnych – regionów. Rozwój regionalny to proces zmian stanu obecnego na lepszy, dotyczący umownie wydzielonego, względnie jednorodnego obszaru kraju, który prowadzi do wzrostu dobrobytu i poprawy standardu życia ludności, poprzez zwiększenie dostępu do dóbr i usług materialnych oraz duchowych: w zakresie kultury, wiedzy, sztuki, rozrywki.

Jednym ze sposobów przejścia od stanu obecnego do stanu pożądanego, jak się wydaje najskuteczniejszym, jest realizacja projektów rozwojowych. W dynamicznym otoczeniu społeczno-ekonomicznym istnieją jednak siły zarówno sprzyjające podejmowanym w trakcie projektu zmianom, ale też im przeciwnie. Wszystkie one oddziałują na proces zmiany stanu.

Wybór sposobu zmiany stanu, w omawiany sposób, co równoważne jest z wyborem odpowiedniego projektu, dokonywany jest zwykle na podstawie kryterium opłacalności. Tradycyjne podejście w ocenie opłacalności projektów inwestycyjnych bazuje na analizie zdyskontowanych przepływów pieniężnych. Podejście to prowadzi często do rezygnacji z realizacji projektów, które dzięki prawidłowemu zarządzaniu mogłyby stać się opłacalnymi. W trakcie życia projektu pojawiają bowiem się dodatkowe możliwości (realne opcje), które można wykorzystać, by podnieść wartość projektu. Takimi możliwościami, które mogą zmienić opłacalność przedsięwzięcia, są opcje opóźnienia rozpoczęcia projektu, rozpoczęcia kolejnych etapów, porzucenia projektu lub rozszerzenia jego zakresu.

W kontekście zrównoważonego rozwoju bazowanie jedynie na aspektach finansowych wydaje się być niedostateczne. Rozważane na trzech płaszczyznach: ekonomicznej, społecznej i środowiskowej decyzje rozwojowe powinny uwzględniać również wskaźniki, określające także te dwie pozostałe płaszczyzny określające stan regionu.

Celem pracy jest przedstawienie możliwości wykorzystania wielostanowych opcji realnych do wyceny sytuacji pojawiających się w decyzjach rozwoju zrównoważonego. Podejście to próbuje uwzględnić w swoich rozważaniach nie tylko aspekt opłacalności finansowej projektu, ale także czynniki społeczne oraz środowiskowe. Czynniki te są uwzględniane nie tylko w kontekście zaplanowanych wartości, lecz także możliwości, które mogą się w trakcie realizacji przyszłych projektów pojawić. Treść pracy stanowi propozycję rozwiązania problemu opracowywaną w ramach projektu badawczego „Wykorzystanie opcji realnych w zarządzaniu projektami” finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

2. Rozwój zrównoważony

Zrównoważony rozwój w dzisiejszym znaczeniu został zdefiniowany przez Światową Komisję ds. Środowiska i Rozwoju w dokumencie nazywanym Raportem Burdlanda², który mówił, iż zrównoważony rozwój „...oznacza zaspokajanie potrzeb teraźniejszości bez naruszenia zdolności przyszłych pokoleń do zaspokajania ich potrzeb”.

Rozumienie rozważanego pojęcia ewoluowało w kierunku podejścia „samoograniczającego”³, w którym rozważa się trzy płaszczyzny rozwoju:

- ekonomiczno-przestrzenną,
- społeczno-demograficzną,
- ekologiczną,

których zbiory zintegrowanych łądów pozwalają na trwały rozwój.

Elementy tego podejścia widoczne są w dokumentach Rady Europy określających strategię rozwoju. Mowa tutaj o Strategii Lizbońskiej obowiązującej do roku 2010. W szczególności dotyczy to jednak nowej strategii rozwoju Europy „Europa 2020”⁴. Przedstawia ona trzy podstawowe priorytety, którymi są:

- *smart growth* – rozwój gospodarki opartej na wiedzy i innowacjach,
- *inclusive growth* – rozwój nakierowany na tworzenie miejsc pracy oraz redukcję ubóstwa,
- *sustainable growth* – promowanie gospodarki zrównoważonej.

Priorytety te odpowiadają po części trzem płaszczyznom rozwoju: ekonomicznej, społecznej i środowiskowej (ekologicznej).

Powyższe priorytety powinny mieć swoje znaczenia w decyzjach rozwojowych. Dotyczy to zwłaszcza projektów rozwojowych regionów, w których wyborze znaczącą rolę badacze nadają władzom samorządowym⁵.

W kontekście proponowanej metody kluczowym elementem jest dobór wskaźników, określających rozwój regionu, na trzech wymaganych płaszczyznach. W literaturze

² World Commission on Environment and Development. Our Common Future. www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm, 31.07.2012.

³ Lorek E.: Nowe kierunki badań w zrównoważonym rozwoju. Teraźniejszość i przyszłość, [w:] *Ekonomia i Finanse. Współczesne wyzwania i kierunki rozwoju*. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach. Centrum Badań i Ekspertyz. Katowice 2010, s. 175.

⁴ Lorek E.: op.cit., s. 177.

⁵ Sobol A.: Rola władz lokalnych w realizacji zrównoważonego rozwoju [w:] *Ekonomia i Finanse. Współczesne wyzwania i kierunki rozwoju*. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach. Centrum Badań i Ekspertyz. Katowice 2010, s. 273-286.

przedmiotu⁶ są rozważane wskaźniki pomiaru atrakcyjności inwestycyjnej. Wśród rozważanych mierników znajdują się takie, które leżą w płaszczyźnie ekonomicznej oraz społecznej.

3. Wycena sytuacji opcyjnych

W literaturze przedmiotu pojawiają się cztery koncepcje opcji realnych. Można o nich mówić za pracą Rudnego⁷ jako: o sposobie oceny pojawiających się możliwości z wykorzystaniem metod znanych z inżynierii finansowej, wykorzystaniu podejścia opcyjnego do wyboru decyzji w warunkach niepewności, sposobie myślenia w zarządzaniu strategicznym kierującym się wykorzystaniem pojawiających się możliwości oraz o sposobie kształtowania organizacji w taki sposób, by mogła konsumować pojawiające się możliwości. Mówi się także o metodach wyceny opcji (ROV – *Real Option Valuation*) oraz metodach analizy opcyjnej (ROA – *Real Option Analysis*).

W obszarze wyceny opcji w trakcie zarządzania projektami Myers⁸, jako pierwszy, zauważył niedoszacowanie projektów za pomocą zdyskontowanych przepływów kapitałowych. Metody znane pod nazwą DCF (*Discounted Cash Flow Analysis*), wykorzystujące jako główny wskaźnik opłacalności bieżącą wartość netto NPV (*Net Present Value*), nie uwzględniają przyszłych zmian, także pozytywnych, w analizowanych przepływach kapitałowych. W trakcie życia projektu mogą bowiem zostać stworzone sytuacje, które są źródłem elastyczności menadżerskiej, tworząc przestrzeń dla decyzji dobranych do zmiennych warunków zewnętrznych. W trakcie życia projektu mogą istnieć możliwości (sytuacje opcyjne), takie jak możliwość rezygnacji z projektu, możliwość zmiany zakresu projektu, możliwość opóźnienia rozpoczęcia projektu. Powyższe sytuacje odpowiadają opisywanym w literaturze przez Trigeorgisa⁹ opcjom realnym:

- Opcji rezygnacji (*abandon option*).
- Opcji zmiany zakresu działania – opcji rozszerzenia (*option to expand*) i opcji zmniejszenia skali działania (*scope down option*).
- Opcji opóźnienia projektu (*option to defer*).

⁶ Machulec M.: Wskaźniki i mierniki pomiaru atrakcyjności inwestycyjnej jako narzędzie w planowaniu rozwoju lokalnego i regionalnego, [w:] Pyka J. (red.): Współczesne wyzwania i uwarunkowania rozwoju przemysłu i usług. Katowice 2010, s. 79-85.

⁷ Rudny W.: Opcje rzeczowe w procesie tworzenia wartości przedsiębiorstwa. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2009.

⁸ Myers S.C.: Interactions of Corporate Financing and Investment Decisions-Implications for Capital Budgeting. „The Journal of Finance”, Vol. 29, No. 1, 1974, p. 1-25.

⁹ Trigeorgis L.: Real Options and Interactions with Financial Flexibility. „Financial Management”, Vol. 22, No. 3, 1993, p. 202-224.

W kontekście planowania projektu istotnym problemem jest wycena powyższych sytuacji. Wykorzystywane są do tego celu metody wyceny opcji (ROV), które są dokonywane w następujących zasadniczych nurtach:

- wycena oparta na analizie stochastycznej, zarówno poprzez stochastyczne równania różniczkowe, podejście zapoczątkowane przez Blacka i Scholesa¹⁰, jak też warunkowych wartościach oczekiwanych w miarach martyngałowych¹¹,
- wykorzystanie symulacji Monte Carlo¹²,
- podejścia uproszczone oparte na metodzie Coxa Rossa i Rubinsteina, wykorzystujące drzewa dwumianowe¹³.

Najczęściej stosowanym podejściem jest wykorzystanie symulacji Monte Carlo, lecz wykorzystanie drzew dwumianowych wydaje się intuicyjnie prostsze, stąd też lepsze do wykorzystania w praktyce zarządzania projektami.

Wycena sytuacji opcyjnej zależy od pewnego parametru nazywanego zmienną stanu, opisującą zmienny parametr, którym może być wartość rynkowa rezultatów projektu, kurs wymiany waluty lub też innego aktywu, którego wartość wpływa na rezultaty projektu. Stosowane metody wyceny w drzewach dwumianowych wykorzystują jeden taki parametr¹⁴. W kontekście rozwoju zrównoważonego, w którym istotne są trzy płaszczyzny ekonomiczna, społeczna i środowiskowa, należy uwzględnić parametry ulokowane w tych trzech płaszczyznach, stąd konieczność stosowania opcji wielostanowych.

Zauważenie w projekcie pewnych możliwości rodzi także problem ich optymalnego wykorzystania. Problem taki jest rozwiązywany w metodzie drzew dwumianowych, korzystając z programowania dynamicznego, które daje optymalne momenty podjęcia decyzji, na przykład o rozpoczęciu projektu, rozpoczęcia kolejnych etapów, zakończenia projektu czy też zmiany jego zakresu. W przypadku wykorzystania do wyceny większej liczby zmiennych stanu, problem może się skomplikować. W przypadku gdy na podstawie zmiennych stanu daje się określić jedno kryterium finansowe, zadanie pozostaje klasycznym zadaniem programowania dynamicznego. Jednak, gdy wybrane zmienne stanu nie pozwalają na zdefiniowanie jednego kryterium, problem staje się wielokryterialnym zadaniem programowania dynamicznego. Znane są metody rozwiązania tego problemu podawane przez

¹⁰ Black F., Scholes M.: The Pricing of Options and Corporate Liabilities. „The Journal of Political Economy”, Vol. 81, No. 3, 1973, p. 637-654.

¹¹ Jakubowski J., Palczewski A., Rutkowski M., Stettner Ł.: Matematyka finansowa. WNT, Warszawa 2003.

¹² Boyle P.P.: Options: a Monte Carlo approach. „Journal of Financial Economics”, No. 4, 1977, p. 323-338.

¹³ Cox J.C., Ross S.A., Rubinstein M.: Option pricing: a simplified approach. „Journal of Financial Economics”, No. 7, 1979, p. 229-263.

¹⁴ Guthrie G.: Real Options in Theory and Practice. Oxford University Press, Oxford 2009.

Trzaskalika¹⁵, jednak nie były nigdy stosowane w wycenie opcji realnych. Na rys. 1 pokazano przykładowe drzewo dwumianowe, w którym jedna zmienna stanu ewoluje w ciągu dwóch etapów.

4. Opcje w decyzjach rozwojowych regionu

Zaproponujemy procedurę wyceny sytuacji opcyjnych, które mogą pojawić się w decyzjach zrównoważonego rozwoju. Jest to przystosowana metoda prezentowana w poprzednich pracach autora^{16,17}. Problem dotyczy projektu wieloetapowego. Dzięki faktowi, że czasu na realizację projektu jest więcej niż czasu, który realizacja zajmuje, pojawiają się w nim dodatkowe możliwości (opcje realne) wyboru odpowiedniego momentu rozpoczęcia kolejnych etapów. Decyzje co do ich rozpoczęcia będą dokonywane na podstawie obserwacji czynników ulokowanych w trzech płaszczyznach ekonomicznej, społecznej i środowiskowej. Proponowana procedura pozwala ocenić słuszność rozpoczęcia rozważanego projektu, a także określić najlepsze w sensie sprawności momenty rozpoczęcia kolejnych etapów.

Proponowana procedura wyceny sytuacji opcyjnej składa się z następujących kroków:

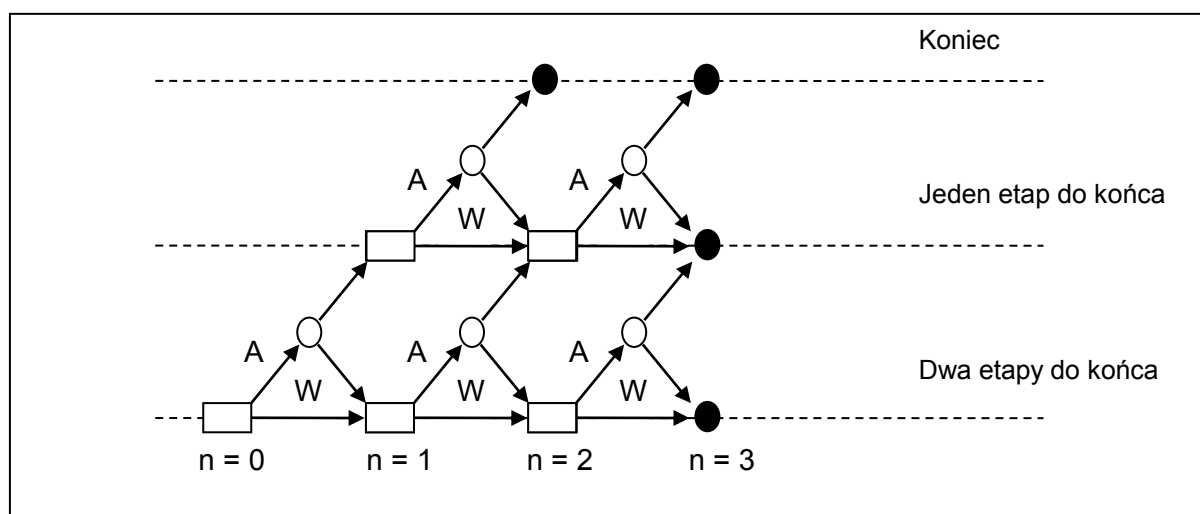
Krok 1. Budowa drzewa decyzyjnego (D-drzewa)

Na tym etapie rozpoznajemy możliwe stany projektu. Mogą to być jego fazy lub inaczej określone etapy. Rozpoznajemy możliwe decyzje, które możemy podjąć w danym rozważanym stanie. Podjęcie takich decyzji prowadzi do przejścia projektu z jednego do innego stanu. Należy zidentyfikować wszystkie możliwe przejścia. Rezultatem tego etapu jest utworzenie **D-drzewa**. Przykład takiego drzewa dla projektu dwuetapowego przedstawiono na rys. 1.

¹⁵ Trzaskalik T.: *Multiobjective Analysis in Dynamic Environment*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 1998.

¹⁶ Targiel K.: Wykorzystanie opcji realnych w projektach wieloetapowych, [w:] Pyka J. (red.): *Nowoczesność przemysłu i usług. Modele, metody i narzędzia zarządzania organizacjami*. Katowice 2010, s. 334-343.

¹⁷ Targiel K.: Wielostanowe opcje realne i ich wykorzystanie w zarządzaniu projektami, [w:] Pyka J. (red.): *Nowoczesność Przemysłu i Usług. Koncepcje, Metody i Narzędzia Współczesnego Zarządzania*. TNOiK, Oddział w Katowicach, Katowice 2011, s. 262-270.



Rys. 1. D-drzewo dla dwuetapowego projektu

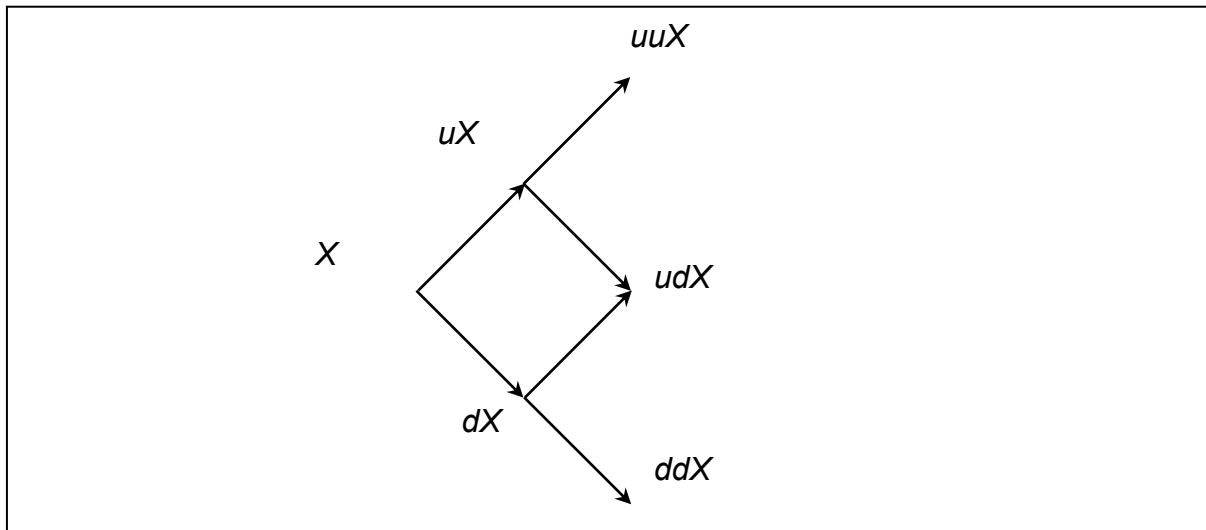
Fig. 1. D-tree for a two-stage project

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 1 przedstawia projekt, który składa się z dwóch etapów, na wykonanie których mamy trzy okresy. Każdy etap zajmuje jeden okres. Rozważamy sytuację, w której, w zależności od warunków rynkowych, decydent może podjąć decyzje o rozpoczęciu kolejnego etapu bądź też zaczekać na rozwój sytuacji. Ponieważ projekt musi skończyć się w ciągu trzech okresów czasu, w powyższej sytuacji manager posiada dodatkową elastyczność decyzyjną, może opóźnić rozpoczęcie kolejnego etapu w zależności od sytuacji rynkowej. Decydent stoi przed wyborem decyzji, reprezentowanym przez węzeł decyzyjny (pierwszy prostokąt), rozpocząć etap (*Act*) lub zaczekać na korzystniejszy rozwój sytuacji rynkowej (*Wait*). Rozpoczęcie etapu nie gwarantuje jego zakończenia, co reprezentuje węzeł losowy (oznaczony przez pusty okrąg), który opisuje fakt, iż jedynie z prawdopodobieństwem q decyzja kończy się pomyślnie w węźle końcowym (reprezentowanym przez wypełniony okrąg). Z prawdopodobieństwem $(1-q)$ etap może skończyć się jednak niepowodzeniem, to znaczy że etap ten mamy w dalszym ciągu jeszcze przed sobą. Decydent powraca do punktu wyjścia, ponownie stoi przed tą samą decyzją. Zakończenie się niepowodzeniem podejścia do pierwszego etapu, nie przesądza jeszcze o porażce całego projektu. Niepowodzenie w podejściu do drugiego etapu sprawia, iż projekt pozostaje w stanie, w którym mamy jeszcze przed sobą jeden etap do końca. Dopiero zakończenie drugiego etapu sprawia, iż cały projekt kończy się sukcesem.

Krok 2. Budowa drzewa ewolucji zmiennych stanu (X-drzewa)

W kroku tym należy zidentyfikować mierzalne wielkości, od których może zależeć rezultat projektu (zmiennie stanu). W kontekście rozwoju zrównoważonego będą to wskaźniki określające na przykład atrakcyjność inwestycyjną regionu w płaszczyznach ekonomicznej, społecznej oraz środowiskowej. Co ważne, metoda w obecnie proponowanej postaci nie uwzględnia korelacji pomiędzy tymi wskaźnikami, przyjmując że ona nie istnieje.

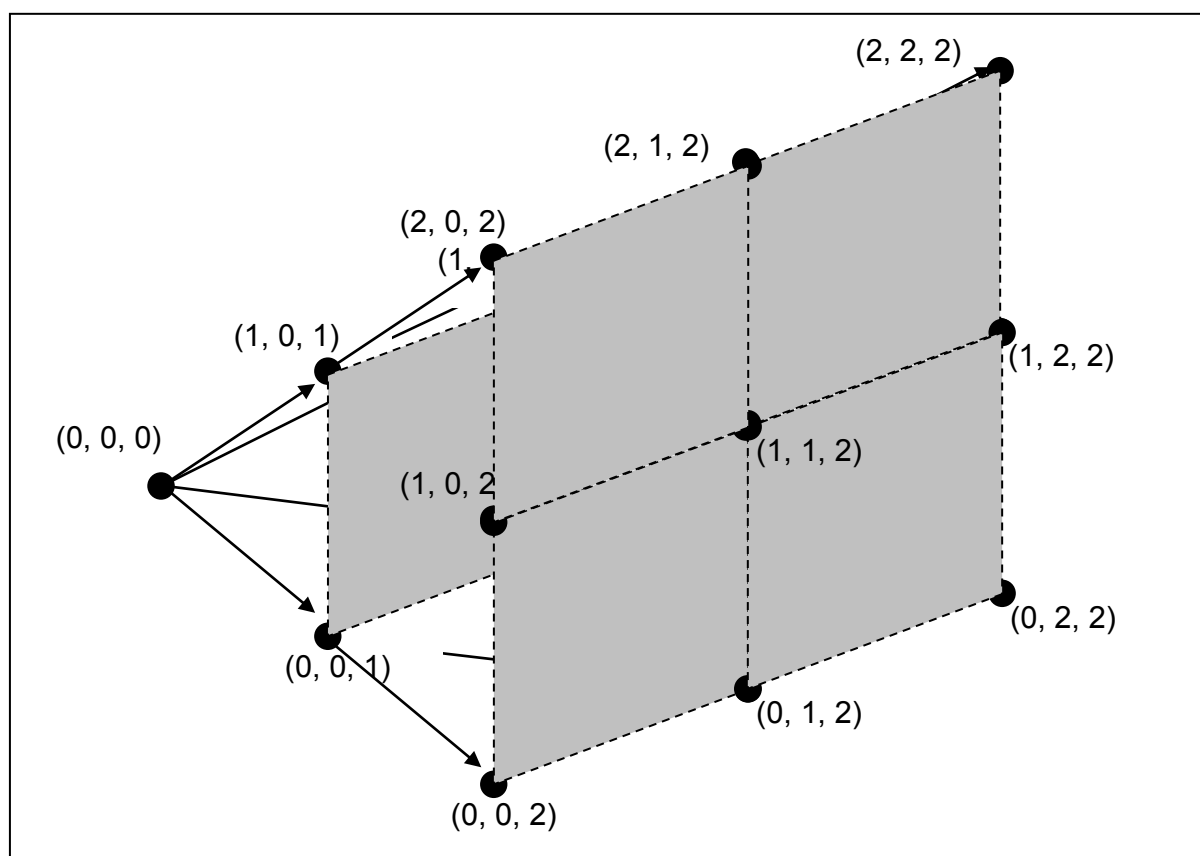


Rys. 2. Drzewo dwumianowe (X-drzewo) dla pojedynczej zmiennej stanu

Fig. 2. Binomial tree (X-tree) for a single state variable

Źródło: opracowanie własne.

Drzewo dwumianowe pełni rolę swoistego scenariusza możliwych zmian zmiennej stanu (X). Rozpatruje się tylko wzrost w stopniu u oraz spadek wartości w stopniu d . Istotne jest, by był spełniony warunek $d = 1/u$, dzięki któremu uzyskujemy drzewo dwumianowe. Opisuje ono ewolucję zmiennej stanu. Problem komplikuje się, gdy uwzględnimy kolejną zmienną stanu. Na rys. 2 pokazano X-drzewo dla dwóch zmiennych stanu po dwóch krokach (nie pokazano wszystkich przejść pomiędzy węzłami). O ile w pierwszym przypadku mogliśmy rozpatrywać dwie wartości zmiennej stanu, o tyle w tym musimy już rozpatrzyć cztery sytuacje: gdy obydwie wielkości wzrosły, gdy obydwie spadły oraz gdy jedna lub druga wzrosła przy spadku pozostałej. Do opisu węzłów drzewa są wykorzystywane wektory, które podają ilość wzrostów zmiennej pierwszej, ilość wzrostów drugiej zmiennej oraz numer kolejnego kroku.

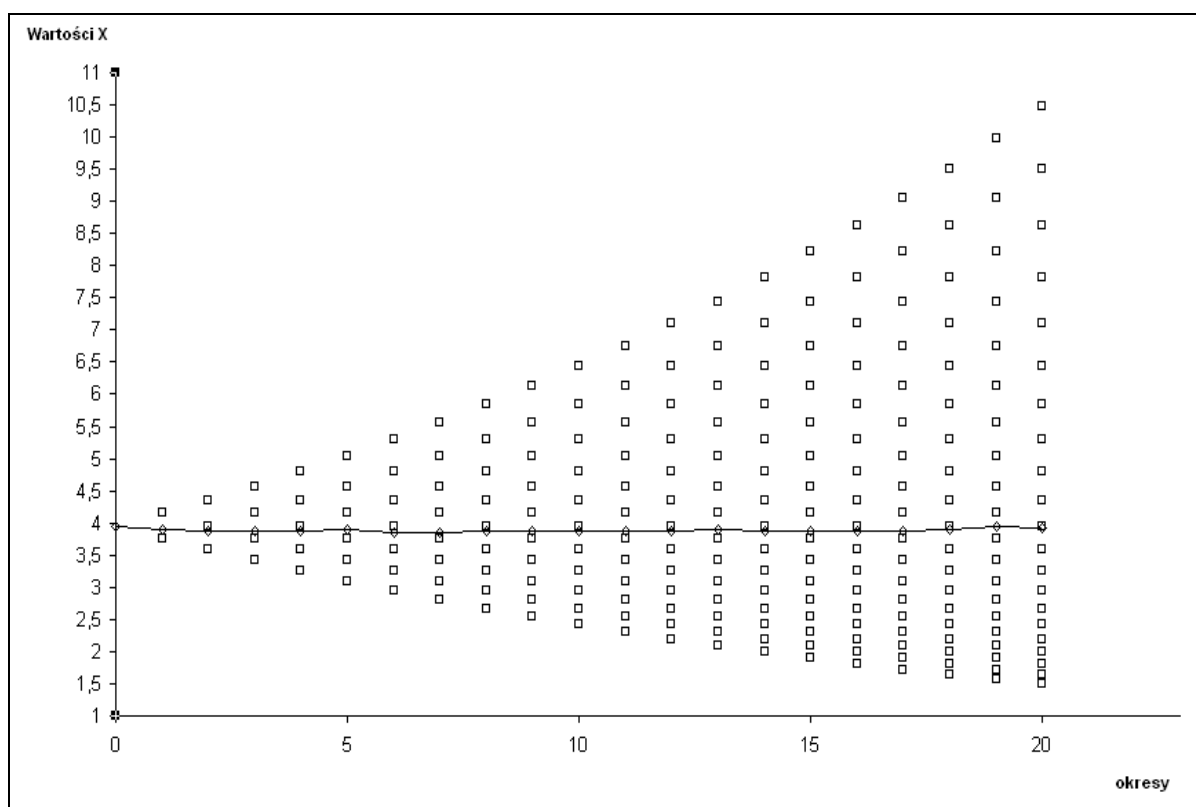


Rys. 3. Drzewo dwumianowe (X-drzewo) z dwoma zmiennymi stanu po dwóch krokach
 Fig. 3. Binomial tree (X-tree) of the two state variables, after two steps

Źródło: opracowanie własne.

Drzewo rozpoczyna się od znanej obecnej wartości zmiennej stanu. Na podstawie historii zmian tej wielkości można ustalić odpowiednie wartości u oraz d . Odbywa się to w procesie kalibracji¹⁸. Utworzone zostaje drzewo możliwych zmian zmiennej stanu, możliwych scenariuszy rozwoju sytuacji. Kalibracja polega na odpowiednim doborze ilości kroków oraz wyborze parametrów d i u , tak by jak najlepiej pokryć przyszłe wartości zmiennej stanu. Na rys. 4 przedstawiono słabo dopasowane drzewo dwumianowe (by nie utracić czytelności pokazano jedynie same węzły) do zmian kursu euro do złotych w styczniu 2011 roku (ciągła linia). Parametry oszacowano na podstawie zmian kursu euro do złotych w 2010 roku.

¹⁸ Guthrie G.: Real Options in Theory and Practice. Oxford University Press, Oxford 2009, p. 324.



Rys. 4. Kalibracja drzewa dwumianowego z jedną zmienną stanu do kursu EUR/PLN
 Fig. 4. Calibration of binomial tree with one state variable to the EUR/PLN exchange rate
 Źródło: opracowanie własne.

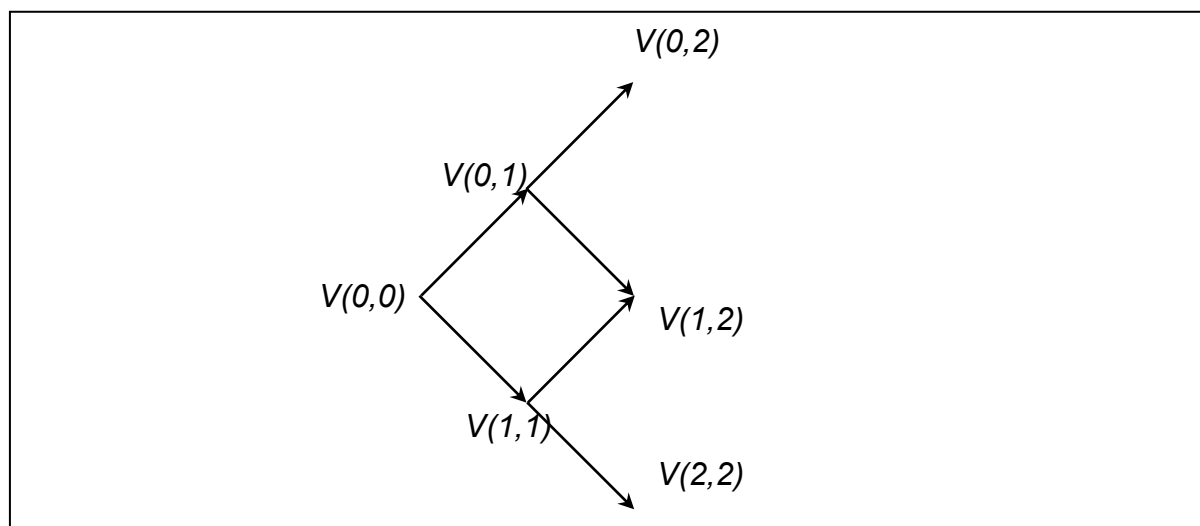
Krok 3. Budowa drzewa rezultatów projektu (V-drzewa)

Budowa **V-drzewa** rozpoczyna się od ustalenia rezultatów projektu w warunkach końcowych. Na ich podstawie, posuwając się od wartości końcowych, ustalamy wartość projektu w pozostałych węzłach. Drzewa są budowane dla każdego stanu projektu.

Z każdym węzłem jest związana zdyskontowana wartość projektu (V) związana z każdym krokiem oraz każdą wartością zmiennej stanu. Tworzą one drzewo o strukturze identycznej jak X-drzewo, co pokazano na rys. 5, na którym przedstawiono drzewo wartości projektu. Drzewa będą identyczne, gdy rozpatrzmy więcej zmiennych stanu. Drzewa takie należy jednak stworzyć dla każdego stanu projektu.

Obliczanie wartości odbywa się poprzez indukcję wsteczną. Znając wartość projektu po jego zakończeniu (jest ona najczęściej równa wartości zmiennej stanu lub za pomocą odpowiedniej formuły z tej zmiennej obliczana), wyliczamy wartości projektu w węzłach poprzedzających. W przypadku gdy mamy do czynienia z sytuacją decyzyjną, problem ma charakter zadania programowania dynamicznego, ponieważ musimy wybrać decyzję najlepszą.

W decyzjach zrównoważonego rozwoju rezultaty projektu będą zależały nie tylko od aspektów finansowych, ale brane będą także pod uwagę aspekty osiągnięcia celów społecznych oraz środowiskowych. Cele te mogą być określone poprzez odpowiednio dobrane wskaźniki.



Rys. 5. Drzewo dwumianowe wartości (V-drzewo) dla przypadku z jedną zmienną stanu

Fig. 5. Binomial tree of values (V-tree) for a single state variable

Źródło: opracowanie własne.

Krok 4. Określenie decyzji sprawnych

Rozważamy projekt, w którym w zależności od sytuacji rynkowej decydent może podjąć decyzje o przejściu projektu do innego stanu, bądź też zaczekać na rozwój sytuacji. Konieczne jest ustalenie momentów tych przejść. W przypadku jednej zmiennej stanu, korzystając z metod programowania dynamicznego, jest możliwe określenie decyzji optymalnych. Gdy rozważamy większą liczbę zmiennych stanu, stosując metody wielokryterialnego programowania dynamicznego, będziemy się także zadowalali decyzjami sprawnymi.

Decyzje sprawne to takie, dla których nie ma decyzji lepszych. Ponieważ poruszamy się w obszarze decyzji wielokryterialnych, mogą istnieć takie, które są nieporównywalne. Jedna decyzja może być lepiej oceniona na jednym kryterium, natomiast inna na kolejnym. Jeśli istnieje decyzja oceniana co najmniej tak samo jak inne we wszystkich kryteriach, lecz na żadnym z kryteriów nie gorzej od jakiejkolwiek innej decyzji, to jest to decyzja sprawna. Takich decyzji może być wiele.

Powyższa ogólna procedura powinna pozwolić na wycenę większości występujących w zarządzaniu projektami sytuacji opcyjnych. Jej stosowanie jest jednak uzależnione, ze względu na postępującą wraz z rozmiarami problemu złożoność obliczeniową, od skutecznej implementacji powyższej procedury w postaci programu komputerowego.

5. Przykład

Rozważmy problem budowy w pewnym regionie nowej elektrowni węglowej. Jej zbudowanie będzie dla władz gminy bardzo interesujące ze względu na dodatkowe wpływy do budżetu, dodatkowe miejsca pracy. Projekt zakłada możliwość (opcję realną) budowy dwóch bloków energetycznych (pierwszy etap), a następnie rozbudowy elektrowni o następne dwa (drugi etap). Decyzja o rozbudowie będzie podjęta w zależności od kształtowania się sytuacji w otoczeniu elektrowni. Rozważane są nowoczesne innowacyjne rozwiązania techniczne, które powinny pozwolić na znaczące obniżenie wpływu elektrowni na otoczenie. Są to jedniaki rozwiązania nowatorskie, których skuteczność nie została jeszcze nigdzie sprawdzona. Osiągnięcie odpowiednich wskaźników pozwoli dopiero na przejście do kolejnego etapu.

Rozważane będą trzy obszary w szeroko pojętym otoczeniu elektrowni:

- ekonomiczny – wpływ na opłacalność produkcji. Jest ona kształtowana poprzez ceny surowca. Wskaźnikiem (zmienną stanu) będzie tutaj cena 1 tony węgla,
- społeczny – lokalizacja elektrowni to dotychczas obszar o atrakcyjnej zabudowie jednorodzinnej. Wybudowanie obiektu przemysłowego zdegraduje teren, obniżając także wartość nieruchomości. Rodzi to opory społeczne. Miernikiem (zmienną stanu) może być tutaj liczba petycji kierowanych do gminy¹⁹.
- ekologiczny – budowa elektrowni spowoduje wzrost emitowanych zanieczyszczeń. Miernikiem (zmienną stanu) w tym obszarze może być liczba przekroczeń norm zanieczyszczeń w gminie.

Powyższe mierniki mogą zmieniać się niezależnie od podejmowanych decyzji. Zestawienie możliwych zmian pokazano w tabeli 1. Na podstawie obserwacji historycznych zmian można oszacować liczbowo wielkość wzrostu i wielkość spadku.

¹⁹ Węgrzyn L.: Petycja – narzędzie kontroli społecznej czy nie używany miernik niezadowolonych obywateli. „Przegląd Komunalny”, 150, nr 3, 2004.

Tabela 1

Tabela zmian zmiennych stanu

	Obszar ekonomiczny	Obszar społeczny	Obszar ekologiczny	Uwagi
Lp.	Cena 1 tony węgla [PLN]	Liczba petycji	Liczba dni z przekroczonymi normami zanieczyszczeń	
1	wzrost	wzrost	wzrost	Dodatkowa wartość projektu zerowa
2	wzrost	wzrost	spadek	
3	wzrost	spadek	wzrost	
4	wzrost	spadek	spadek	
5	spadek	wzrost	wzrost	
6	spadek	wzrost	spadek	
7	spadek	spadek	wzrost	
8	spadek	spadek	spadek	Znacząca dodatkowa wartość projektu

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 1 przedstawiono także dodatkowe wartości wprowadzane przez możliwość uruchomienia kolejnego etapu w dwóch skrajnych sytuacjach. Możliwość uruchomienia kolejnego etapu może dać dodatkowe wartości w przypadku korzystnego przebiegu zdarzeń. Jest to możliwe jedynie w przypadku uruchomienia pierwszego etapu projektu. Jego uruchomienie stwarza realną opcję.

Przedstawiana procedura umożliwi w konkretnym przypadku ilościową ocenę wartości możliwości przejścia do drugiego etapu rozbudowy elektrowni. Jest to pewna dodatkowa wartość, którą warto rozważyć przy podejmowaniu decyzji o rozpoczęciu budowy elektrowni (pierwszego etapu rozważanej sytuacji).

6. Podsumowanie

W pracy przedstawiono zarys metody wyceny projektów rozwojowych, w których występują sytuacje opcyjnie. Proponowana metoda uwzględnia zależność wyniku projektu od czynników ekonomicznych, społecznych i środowiskowych, nazywanych zmiennymi stanu. Bazuje na drzewach dwumianowych oraz wykorzystuje wielokryterialne programowanie dynamiczne. Jej stosowanie powinno pozwolić nie tylko na podjęcie właściwej decyzji co do realizacji projektu, ale także wspomóc podejmowanie decyzji w trakcie realizacji, uwzględniając zasady zrównoważonego rozwoju.

Bibliografia

1. Black F., Scholes M.: The Pricing of Options and Corporate Liabilities. „The Journal of Political Economy”, Vol. 81, No. 3, 1973.
2. Boyle P.P.: Options: a Monte Carlo approach. „Journal of Financial Economics”, No. 4, 1977.
3. Cox J.C., Ross S.A., Rubinstein M.: Option pricing: a simplified approach. „Journal of Financial Economics”, No. 7, 1979.
4. Guthrie G.: Real Options in Theory and Practice. Oxford University Press, Oxford 2009.
5. Jakubowski J., Palczewski A., Rutkowski M., Stettner Ł.: Matematyka finansowa. WNT, Warszawa 2003.
6. Lorek E.: Nowe kierunki badań w zrównoważonym rozwoju. Terazniejszość i przyszłość, [w:] *Ekonomia Finansów. Współczesne wyzwania i kierunki rozwoju*. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach. Centrum Badań i Ekspertyz. Katowice 2010.
7. Machulec M.: Wskaźniki i mierniki pomiaru atrakcyjności inwestycyjnej jako narzędzie w planowaniu rozwoju lokalnego i regionalnego, [w:] Pyka J. (red.): *Współczesne wyzwania i uwarunkowania rozwoju przemysłu i usług*. Katowice 2010.
8. Myers S.C.: Determinants of Corporate Borrowing. „Journal of Financial Economics”, Vol. 5, No. 2, 1977.
9. Myers S.C.: Interactions of Corporate Financing and Investment Decisions-Implications for Capital Budgeting. „The Journal of Finance”, Vol. 29, No. 1, 1974.
10. Rudny W.: Opcje rzeczowe w procesie tworzenia wartości przedsiębiorstwa. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2009.
11. Sobol A.: Rola władz lokalnych w realizacji zrównoważonego rozwoju, [w:] *Ekonomia Finansów. Współczesne wyzwania i kierunki rozwoju*. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach. Centrum Badań i Ekspertyz. Katowice 2010.
12. Trigeorgis L.: Real Options and Interactions with Financial Flexibility. „Financial Management”, Vol. 22, No. 3, 1993.
13. Targiel K.: Wykorzystanie opcji realnych w projektach wieloetapowych, [w:] Pyka J. (red.): *Nowoczesność przemysłu i usług. Modele, metody i narzędzia zarządzania organizacjami*. Katowice 2010.
14. Targiel K.: Wielostanowe opcje realne i ich wykorzystanie w zarządzaniu projektami, [w:] Pyka J. (red.): *Nowoczesność Przemysłu i Usług. Koncepcje, Metody i Narzędzia Współczesnego Zarządzania*. TNOiK, Oddział w Katowicach., Katowice 2011.
15. Trzaskalik T.: Multiobjective Analysis in Dynamic Environment. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 1998.

16. Węgrzyn L.: Petycja – narzędzie kontroli społecznej czy nieużywany miernik niezadowolenia obywateli. „Przegląd Komunalny”, 150, nr 3, 2004.
17. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm, 31.07.2012.