

リアル・オプション

柔軟性評価への道

大槻 聡幸, 竹澤 伸哉

1. はじめに

企業財務や企業戦略に関する分野で、value-based management[2]というアプローチがある。企業の究極のゴールは株主が実現できる企業価値を最大化することであるが、その過程において、評価方法それ自体を意思決定のためのツールとしようという考え方である。その場合に、企業を多くのプロジェクトのポートフォリオと考えて、それぞれのプロジェクトより発生するキャッシュ・フローの現在価値(NPV)をベースに個々の投資計画を策定したり、企業戦略を決定したりすることが考えられる。

しかしながら、企業活動においては、いくつもの選択肢があり、それぞれがオプション的性格を持っている場合が多い。負債サイドでは発行された債券の中には、LYON[11]のように、償還権(callable, puttable)付転換社債のようなものも存在する。同様に資産サイドをみても、いろいろな「柔軟性」がみられる。例えば、プロジェクトを延期する、拡大する、縮小する、廃止するなどのオプションは、それぞれ経済価値を有し、企業価値に影響を与えるのみならず、そのオプションを定量的に評価することは、意思決定のツールとなり得る。このようなバランス・シートの両サイドに内在するオプション価格の評価には、ファイナンス理論でcontingent claims analysis (CCA) と総称する手法が有効である。リアル・オプション (real option) とは、このような手法で評価される実物資産に対するオプションのことであり、ファイナンシャル・オプションの評価方法として定着している方法も、もちろん活用されるが、リアル・オプション独自の問題点及び今後解決されるべき問題点も多く存在する。

いずれにしても、CCAの立場から考えれば、企業

とはあらゆるオプションのポートフォリオであると云えなくもない。本稿ではCCAの基本的概念、リアル・オプションの種類、使用され得るオプション価格モデル、リアル・オプション特有の問題などを文献紹介をかねて解説する。

2. CCA

ファイナンスの理論は確率微分方程式を使用して展開されるのが標準になっている[13]。問題の直観的把握が容易であり、その展開から得られる偏微分方程式は問題に応じた初期条件、境界条件が与えられれば、差分法により代数的に解けるところが実務に役立terる上で魅力的である[23]。また必要に応じて、確率ダイナミック・プログラミング (SDP)の手法が利用できることも利点である。

典型的な「条件付請求権」、または「状態依存型請求権」とでも訳されるべきcontingent claim (CC)の価格決定式の求め方はおよそ以下の通りである。詳細については、Hull [5] Appendix 12Bなどを参照されたい。幾つかの仮定が必要となるが、その中でも重要な仮定は、

- 仮定1 市場に裁定機会は存在しない
- 仮定2 市場では少なくともCCを含む $n+1$ の証券が取り引きされ、その価格 $f_j (1 \leq j \leq n+1)$ は n 状態変数と時間 t に依存する
- 仮定3 状態変数 $\theta_i (1 \leq i \leq n)$ は拡散過程に従うものとする。即ち

$$d\theta_i = m_i \theta_i dt + s_i \theta_i dz_i \quad (2-1)$$

z_i をウィナー過程、パラメータ m_i と s_i は θ_i のドリフト・レートとボラティリティである。

伊藤の補題により、

$$df_j = \mu_j f_j dt + \sum_i \sigma_{ij} f_j dz_i \quad (2-2)$$

$$\mu_j f_j = \frac{\partial f_j}{\partial t} + \sum_i \frac{\partial f_j}{\partial \theta_i} m_i \theta_i +$$

$$\frac{1}{2} \sum_{i,k} \rho_{ik} s_i s_k \theta_i \theta_k \frac{\partial^2 f_j}{\partial \theta_i \partial \theta_k} \quad (2-3)$$

$$\sigma_{ij} f_j = \frac{\partial f_j}{\partial \theta_i} s_i \theta_i \quad (2-4)$$

仮定2、3により瞬時的には無リスクのポートフォリオ $\Pi = \sum_j k_j f_j$

$$\sum_j k_j \sigma_{ij} f_j = 0 \quad (2-5)$$

を構築することができ、仮定1により、その収益率は無リスク・レート r に等しくなる。

$$\sum_j k_j \mu_j f_j = r \sum_j k_j f_j \quad (2-6)$$

以上の展開より次の2式が得られる。

$$\mu_j - r = \sum_i \lambda_i \sigma_{ij} \quad (2-7)$$

$$\frac{\partial f_j}{\partial t} + \sum_i \theta_i \frac{\partial f_j}{\partial \theta_i} (m_i - \lambda_i s_i) + \frac{1}{2} \sum_{i,k} \rho_{ik} s_i s_k \theta_i \theta_k \frac{\partial^2 f_j}{\partial \theta_i \partial \theta_k} = r f_j \quad (2-8)$$

ただし、 ρ_{ik} は dz_i と dz_k ($1 \leq i, k \leq n$) の相関係数である。このようなポートフォリオは一般にいくらかも考え得る。この中から一つのポートフォリオを特定するのが初期条件、境界条件である。しかるべきCCの特徴が初期条件、境界条件として設定されれば、その価格は(2-8)式によって決定される。

CCの価格、 f_j が期間中満たすべき偏微分方程式(2-3)と、(2-8)を比較すると、(2-3)式における μ_j と m_i をそれぞれ r 、 $m_i - \lambda_i s_i$ で置き換えたものが(2-8)式にほかならない。状態変数 θ_i ($1 \leq i \leq n$) と、時間 t のみに依存する λ_i をその状態変数に関するリスクの市場価格と解釈すると、CCの価格はそれぞれの状態変数のドリフト・レートをリスク $\lambda_i s_i$ で調整後、「リスク中立経済の仮定」の下で算出できることになる。この方法は risk-neutral valuation と称され、ファイナンスの分野では最も重要な手法の一つである[13, pp. 334-347]。状態変数のボラティリティ s_i 、変数間の相関係数 ρ_{ij} に関しては調整の必要はない。

以上、エッセンスだけを述べてきたCCAの方法論が、アカデミアの世界だけでなく実務家の方々にも使用されるようになった理由としては、少なくとも以下の5点が挙げられる。

- ① 上記仮定1～3を含む諸仮定がそれほど強くない。
- ② 評価式の入力として必要な変数及びパラメータの数はそれほど多くなく、直接計測できるか推定で

きる。特にドリフト・レート m_j を直接推定する必要はない。

- ③ 豊富な経験に裏付けられた偏微分方程式の数値計算の方法が利用できる。
- ④ 評価式にはかなりの一般性があり、多様な分野の評価問題に応用できる。
- ⑤ 他の方法論と比較して問題が少ない。特に割引率を外生的に与える必要はない。

状態変数が多い市場参加者(投資家)によって取り引きされており、且つ一時点において供給が限定されている株式、債権、国際商品である金、銀などの場合には、リスクの調整は比較的容易である。即ち $m_i - \lambda_i s_i = r$ となる。状態変数が市場で直接取引されていないものの価格を代表しているような場合には、市場の均衡の仮定が必要となる。具体的には(a)市場均衡モデルとして(2-7)式を利用するか、(b) $m_i - \lambda_i s_i = r - \delta$ (δ はドリフト・レートの均衡値からの乖離)とするかである[12]。この調整は簡単ではなく種々の代案を試みることで、感応度分析も必要となってくる。(b)の方法は、状態変数が実物資産の価値のように所有者にとって所有することから派生する「便利収益」などを有する場合が典型的な例となる。リアル・オプションの原資産にはこのようなものが多く、新しい仮定を設けて評価する必要が生じてくる。CCAの企業の資産、負債の評価への応用例は[13]を参照されたい。そこでも触れられているプロジェクトの“柔軟性”の評価がリアル・オプションの中心課題である。

3. 個別のリアル・オプション

Capital Budgeting (CB) の分野で投資プロジェクトの採否判定基準としてNPVに基く基準が伝統的に使用されてきた。投資プロジェクトに関して資金の支出と、資金の回収の差を期間ごとに一定の割引率で割引いたものの和がゼロ以上のプロジェクトのみを採用すべきとするのが最も単純なNPV法である。この方法によって投資プロジェクトを評価するには、ある一定の時点でのみプロジェクトの実行が可能であり、採否決定に関して、採否を一定期間延長するといった余地はないと仮定されている。もし採否決定の延長が選択肢として可能であれば、その選択肢によって発生する経済価値も本来考慮されてしかるべきである。またプロジェクトの採用が決まったとしてもプロジェクトをと

りまく環境には将来に関して不確実性要因が多くあり、将来のいずれかの時点でプロジェクトの拡大、縮小、一時中止、廃止の選択肢もありうる。そのような場合には、それらの選択肢およびコストも含めて検討することが合理的であり、そうすることの経済価値も現時点におけるプロジェクトの評価基準に加算されるべきである。このような諸々の選択が可能であるならば、それらがもたらすプロジェクトの柔軟性の評価基準を整理し、その価値の定量的評価をする方法が必要となってくる。ここでCCAのアプローチの有効性がでてくる。CBの分野における上記のようなオプション（選択肢）はファイナンシャル・オプションと区別され、リアル・オプションと称されている。投資プロジェクトも大きくなると時間的、空間的広がりを持つようになり、オプションの集合を評価する手法の開発が必要不可欠となってくる。

近年リアル・オプションの概念は、戦略的計画と管理の分野にも取り入れられるようになり、プロジェクトの集合を検討する際、プロジェクト間に存在する“シナジー効果”、企業の成長への貢献などの定量的把握への努力も進められている様子である[17]。さらに企業の競争戦略の分野との関係では、リアル・オプションのアプローチとゲーム理論的アプローチの融合が試みられており[18]、新しい展開が期待される。以下では個別プロジェクトに内在する典型的なリアル・オプションを紹介しその評価方法について解説する。

(1) Option to Defer Investment

天然資源開発のようなプロジェクトにおいては[14][15]、そのプロジェクトの成否はその資源の市場価格に大きく依存する。資源の所有者との開発権に関するリース契約には通常開発を開始する時期に関して猶予事項が規定されている。リースの満期日を T_1 、 t 時点におけるプロジェクトの価値を V_t 、投資額を I とすると、 T_1 時点における投資機会の価値は $\max(V_{T_1} - I, 0)$ となり、プロジェクトは、 V_t を原資産の価値、 I を権利行使価格とするアメリカン・コールオプションと定義できる。現時点ですぐに開発を開始すればこのオプション価値は失われてしまうのでプロジェクトの機会費用の一部となる。このようなオプションは天然資源の開発のみならず、不動産関連開発事業にもよくみられる[16][22]。

(2) Option to Expand

上記(1)のケースで V_t をプロジェクトのベース・ス

ケールと想定し、市場の状況が良くなった場合にはプロジェクトを拡大するオプションがあれば開発者にとって有利である。例えば、追加支出 I_1 でプロジェクトが $k\%$ 拡大できれば、この投資機会の満期日 T_2 における価値は $V_{T_2} + \max\left(\frac{k}{100} V_{T_2} - I_1, 0\right)$ となる。この場合このプロジェクトは権利行使価格を I_1 とするアメリカン・コールオプション付のプロジェクトと規定できる。

(3) Option to Contract

反面市況が悪くなった場合オペレーションの規模をベース・スケールと比較して $k\%$ 縮小し支出を I_2 だけ節約できるようなオプションがあれば、満期日におけるオプションの価値は $\max\left(I_2 - \frac{k}{100} V_{T_2}, 0\right)$ となり、このプロジェクトは権利行使価格を I_2 とするプットオプション付プロジェクトと規定できる。

(4) Option to Abandon

市況が悪くなった場合その他の理由でプロジェクトを廃止するオプションがあれば、その価値も含めてプロジェクトは評価できる。廃止した場合の残存価値を S とすると、プロジェクトは権利行使価格 S のアメリカン・プットオプション付のものとなり、その満期日における価値は $V_{T_2} + \max(S - V_{T_2}, 0)$ となり $\max(V_{T_2}, S_{T_2})$ とも表現できる。このようなオプションは資本装備率の高いプロジェクトに顕著にみられる。

(5) Time-to-build Option

多くの投資プロジェクトにおける投資資金の支出はある一時点ですべて支払われるのではなく、いくつかのステージに分けて支払われる。したがってプロジェクト実施の中途においてプロジェクトを放棄するオプションがあれば、そこにオプション価値が発生する。インフラ整備のような初期段階のステージはその後実行されるステージの経済価値に依存し後者もオプションと考えられる場合には前者はコンパウンド・オプション（原資産がオプションであるオプション）[1]と規定できる。製薬会社などにおける R&D、不確実性が高く、資本集約的な長期プロジェクト、大規模な建設プロジェクトなどによく見受けられるケースである。

(6) Option to Switch

製造業部門において製品需要、製品価格の変化に応じてアウトプット・ミックスを変更できる場合、または同一製品を異なったインプットより製造できる場合、前者を製品の柔軟性、後者をプロセスの柔軟性と称し、これら柔軟性に関してオプション価値が発生する。

プロセスの柔軟性は単に生産技術の選択のみならず、下請け業者の選定、グローバルに展開した生産拠点間のスイッチも考えられる。製品の柔軟性は製品の差別化が顕著な自動車、電器、製薬などの分野に多く必要とされる。設備投資の額は高くても柔軟性を維持するオプションを所有するほうが有利である場合が多い。

これらオプション（上記(1)~(6)）について、2節の一般式(2-8)がどのような形式（変数、時間、初期条件、境界条件など）になるかに関しては、参考文献リストを含め Trigeorgis [18, pp. 2-3, pp. 203-226]を参照されたい。リアル・オプションはその性格からしてアメリカン・オプションでありキャッシュ・フローを伴う場合も多く、陽に数式表現で表しうる解が求められることは希で、その価値は(2-8)の数値解析に依存する以外に方法はない。

4. 複数のリアル・オプション

個々のリアル・オプションの価値を評価するには3.で見た通りリスク・プレミアムについての修正は必要であるが、フィナンシャル・オプションの評価モデルが使用できる。しかしながら一般的に典型的なプロジェクトには複数のオプションを内在しており、オプション間に依存関係が通常存在する。このような場合にプロジェクトの評価をする手法として Kulatilaka [9]はCCAを拡張してSDPの応用を提案している。以下その要点を紹介してみよう。

(1) 状態変数のモデルとしては(2-1)式を採用する。

(2) オペレーションのモードを定義する。モードとは(i) 投資を実行するか延期するか、(ii) 燃料としてガスを使用するか、石油を使用するか、(iii) 操業を継続するか、中止するか、廃止するか、などの選択肢を表す。

(3) モードの数を M とし、それぞれに利益関数 $\Pi^m (1 \leq m \leq M)$ を定義する。 Π^m は θ_i に依存するので $\Pi^m = \Pi^m(\theta_i)$ 、またモード j からモード k に変わるコストを C_{jk} で表す。但し、 $C_{mm} = 0$ 。

(4) 状態変数も時間 t も離散化すると、純利益の現在価値 $F(\theta_i, m, t)$ は次の方程式で表される。

$$\begin{aligned} F(\theta_i = \theta^k, m, t) \\ = \max_t ([\pi(\theta^k, \ell, t) - c_{m,\ell}] + \rho E_t [F(\theta_{t+\Delta t}, \ell)]) \quad (4-1) \\ m = 1, \dots, M, k = 1, \dots, S, t = 0, \dots, T-1. \end{aligned}$$

(5) これらの方程式の数値計算を行い、 $F(\theta_i, m, t)$ をすべての t, m について求める。

上記の数値計算で重要なのは以下の3点である。

- ① 状態変数を表す(2-1)式において m_i をリスク中立レートに変換する。
- ② (4-1)式の期待値 $E_t[\cdot]$ は、期間 $(t-1, t)$ における θ_i から θ_j へのリスク中立推移確率 p_{ij} で加重して求める。
- ③ (4-1)式の ρ は無リスク割引レートを使用する。この方法は一言で言えばリスク中立の経済世界を想定し、それぞれの選択肢と外的環境の確率的变化に応じたキャッシュ・フローの確実同値額を求め、それを無リスクレートで割り引いていることになる。この点が割り引き率をリスク・プレミアムで調整する伝統的なDCFとも、 ρ を外生的に与えた場合のSDPの方法とも異なる。後者のアプローチとCCAとの比較は[3], [6]を参照されたい。

特定のオプションは、収益関数 $\Pi^m = \Pi^m(\theta_i)$ 、及びスイッチング・コスト c_{ij} (権利行使価格) などによって規定させる。

ここでの問題の設定の仕方ならびに数値計算を理解するための参考文献としては[4], [10]が挙げられる。

Kulatilaka [8]はこの手法による数値計算例を次のような想定の下で報告している。

- (1) mode $1 \leq m \leq 5$
 1. waiting to invest
 2. production (initial scale)
 3. shutdown (initial project)
 4. expanded scale
 5. shutdown (expanded project)
 - (2) 状態変数はアウトプットの価格 $d\theta = m\theta dt + s\theta dz \quad \theta_0 = 1.0$
 - (3) 無リスクレートは5%、ボラティリティは30%、プロジェクトの寿命は10年
 - (4) 時間と状態の離散化は $T=100, S=100$
- 幾つかの数値計算結果の中で、最も重要な点は以下の点である。モード2を基準として、
- (1) モード1, 3, 4のいずれか一つが選択できる。
 - (2) モード1, 3, 4の中いずれか二つが選択できる。

(3) モード 1, 3, 4 のすべてが選択できる。この3通りの場合を想定してプロジェクト価値を計算すると、表1に見られるごとく(1)の計算結果は単純なNPVとは異なる。(2)の計算結果は(1)より得られた結果の和とはならない。(3)の計算結果は(1)の和でもなく、また(1)と(2)の和でもない。即ちオプションの価値に加法性が成立しないことになる。また、この論文のタイトルにも示されているように、詳細に検討するとオプション間の相互依存関係に代替性(モード1と3、1と4)と補完性(モード3と4)が見られる。

表-1

NPV (モード2を現時点で実施)	0
(1)	
モード1	0.51
モード3	0.17
モード4	1.98
(2)	
モード1と3	0.52
モード1と4	2.38
モード3と4	2.20
(3)	
モード1、3と4	2.46

出所) 文献[8] 128 ページ

プロジェクトの経済性は原材料の価格、製品の価格などの変動に大きく依存する。このような場合には複数の価格を代表する状態変数及びその確率過程(2-1)を定義する必要がある。CCAの枠組みを使用せず、プロジェクトの価値最大化をSDPのみを使用して試みるためには、ドリフト・レート m_i に関する知識と適当な割引率 ρ を外生的に与えることが必要となる。他方、CCAの枠組を利用すれば、問題は $m_i=r$, $\rho=r$ と“単純化”できる。この二つのアプローチを比較するには、数値事例も付いている Kamrad and Ernst [6]が参考になる。またFMS (flexible manufacturing systems)を中心に、同じ問題を検討したものに Kulatilaka [7]がある。

複数のオプションが異時点間に存在すると、上記の計算例が示すごとく、一般的には加法性が成立しない。CCAとSDPを組み合わせるアプローチは定量的にこれらのオプション価値を評価できるのでプロジェクト評価の分野では今後普及していくものと期待される。

[8]と同様の数値計算事例は[20]にも報告されており、非加法性についてももう少し詳細の検討が加えられている。計算方法としては対数変換をベースにした格子モデルが使用されている[19]。

ここでの数値計算の結果をまとめると、非加法性は次の要素に依存する。

- (1) 時間軸上でそれぞれのオプションはどの順番で並んでいるか
- (2) 同じタイプのオプションの集合か、異なったタイプのオプションの集合か
- (3) それぞれのオプションの権利行使日はお互いに接近しているか離れているかどうか
- (4) ヨーロピアン・オプションかアメリカン・オプションか
- (5) オプションは現在“イン・ザ・マネー”か“アウト・オブ・ザ・マネー”か

最後に集計量としてのオプション価値は状態変数のボラティリティに強く依存し、ボラティリティが高いほどオプション価値は大きくなる。経営戦略の指針としては、不確実性の高い時代には柔軟性を高め、より創造的で能動的な経営が必要となるということになる。

5. おわりに

リアル・オプションはCBの分野で単純なNPVによるプロジェクト評価に見られる欠点を是正する試みから発展してきた。より積極的に見れば、定性的には理解されていた「柔軟性」の持つ経済価値を定量的に把握することにある。ファイナンシャル・オプションもリアル・オプションもルーツはCCAに求めることができる。ただし異なった対応を必要とする点も幾つかある。

第一に、状態変数が充分「市場化」されていない財の価格であることもあり、無裁定機会の仮定だけではなく市場の均衡に関する仮定が必要となる。

第二に、単一のオプションでも何らかのキャッシュ・フローを伴うアメリカン・オプションであることが多く、数値計算により評価が必要となる。また応々にして状態変数は複数の場合が多い。

第三に、一つのプロジェクトにも複数のオプションが内在しており、オプションを含む逐次的決定問題の基本的性格として加法性が成立せず、数理計画的アプローチも必要となってくる。ここでORに関心ある方々の貢献が期待されている。

応用分野としては、資源開発、製造業（FMS など）、サービス産業（金融、不動産、リース事業など）、行政による規制、補助金の評価などほとんど無限の可能性があらう。

特に日本においても、ベンチャー・ビジネスの必要性が認識されている今日、リアル・オプションに基づく評価方式はビジネスの評価、またその経営戦略の有力なツールとなるであろう。一事業一企業のような形態の「プロジェクト・ファイナンス」においては、すべての事業活動がリアル及びファイナンシャル・オプションの集合と云っても過言ではない。CCA はファイナンシャル・サイドとリアル・サイドを統合する枠組としても最も役に立つ考え方である。

謝辞：原稿の整理、清打をして頂いた穴沢留美子さんに謝意を表します。

参考文献

- [1] Carr, Peter, "The Valuation of Sequential Exchange Opportunities (pp. 1235-1256)," *Journal of Finance*, Vol. 43, No. 5, December 1988.
- [2] Copeland T., T. Koller and J. Murrin, 1994. VALUATION Measuring and Managing the Value of Companies (second edition), John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Dixit, A.K. and R.S. Pindyck, 1994. Investment Under Uncertainty, Princeton University Press
- [4] Elliott, R.J., L. Aggoun and J.B. Moore, 1995. Hidden Markov Models: Estimation and Control, Springer-Verlag
- [5] Hull John C., 1993. Options, Futures, and Other Derivative Securities (second edition), Prentice-Hall International
- [6] Kamrad, B. and R. Ernst, 1995. "Multiproduct Manufacturing with Stochastic Input Prices and Output Yield Uncertainty," *Real Options in Capital Investment*, ed. L. Trigeorgis. Praeger
- [7] Kulatilaka, N., "Valuing the Flexibility of Flexible Manufacturing Systems (pp. 250-257)," *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 35, No. 4, November 1988
- [8] Kulatilaka, Nalin, 1995. "Operating Flexibilities in Capital Budgeting: Substitutability and Complementarity in Real Options," *Real Options in Capital Investment*, ed. L. Trigeorgis. Praeger
- [9] Kulatilaka, Nalin, 1995. "The Value of Flexibility: A General Model of Real Options," *Real Options in Capital Investment*, ed. L. Trigeorgis. Praeger
- [10] Kushner, H.J. and P.G. Dupuis, 1992. Numerical Methods for Stochastic Control Problems in Continuous Time, Springer-Verlag
- [11] McConnell, J.J. and E.S. Schwartz, 1990. "LYON Taming (pp. 497-513)," *The Handbook of Financial Engineering: New Financial Product Innovations, Applications, and Analyses*, ed. Smith, Jr. W. and C.W. Smithson, Harper Business
- [12] McDonald, R. and D.R. Siegel, "Option Pricing When the Underlying Asset Earns a Below-Equilibrium Rate of Return: A Note (pp. 261-265)," *The Journal of Finance*, VOL. XXXIX, No. 1, March 1984
- [13] Merton Robert C., 1993. Continuous-Time Finance, "Part IV: Contingent-Claims Analysis in the Theory of Corporate Finance and Financial Intermediation (pp. 355-471)" in Blackwell Publishers
- [14] Morck, R., E. Schwartz and D. Stangeland, "The Valuation of Forestry Resources under Stochastic Prices and Inventories (pp. 473-487)," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 24, No. 4, December 1989
- [15] Paddock, J.L., D.R. Siegel and J.L. Smith, "Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases (pp. 479-508)," *Quarterly Journal of Economics*, August 1988
- [16] Quigg, L., "Empirical Testing of Real Option-Pricing Models (pp. 621-640)," *The Journal of Finance*, Vol. XLVIII, No. 2, June 1993
- [17] Trigeorgis, L. and Eero Kasanen, "An Integrated Options-Based Strategic Planning and Control Model (pp. 16-28)," *Managerial Finance*, Volume 17, Number 2/3 1991, UnCover
- [18] Trigeorgis, L., 1996. Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation, The MIT Press
- [19] Trigeorgis, L., "A Log-Transformed Binomial Numerical Analysis Method for Valuing Complex Multi-Option Investments (pp. 309-326)," *Journal of Financial And Quantitative Analysis*, Vol. 26, No. 3, September 1991. University of Washington
- [20] Trigeorgis, L., "The Nature of Option Interactions and the Valuation of Investments with Multiple Real Options (pp. 1-20)," *Journal of Financial And Quantitative Analysis*, Vol. 28, No. 1, March 1993. University of Washington
- [21] Trigeorgis, L. (ed.), 1995. Real Options in Capital Investment: Models, Strategies, and Applications, Praeger
- [22] Williams, J.T., "Real Estate Development as an Option (pp. 191-208)," *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 1991, Kluwer Academic Publishers
- [23] Wilmott P., J. Dewynne and S. Howison, 1995. Option Pricing: Mathematical models and computation, Oxford Financial Press