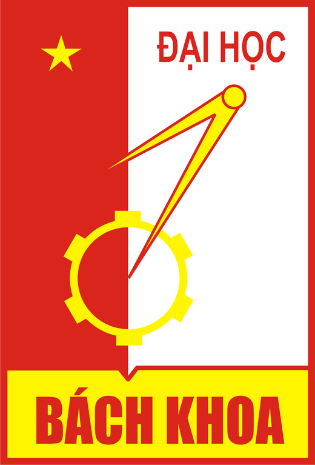
**ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

**TRƯỜNG ĐIỆN – ĐIỆN TỬ  
\*\*\*\*\* □&□ \*\*\*\*\***



**ĐỒ ÁN II**  
**ĐỀ TÀI:   
*Mô hình định giá quyền chọn***

***(Option Pricing Models)***

|  |  |
| --- | --- |
| ***Giảng viên hướng dẫn:*** | **TS. Tạ Thị Kim Huệ** |
| ***Họ và tên sinh viên:*** | ***Phạm Lân Hải*** |
| ***Mã số sinh viên:*** | ***20203880*** |
|  |  |

***Hà Nội, Tháng 10/2024***

**MỤC LỤC**

[**CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN ĐỀ TÀI** 2](#_Toc187353243)

[**1.1.** **Giới thiệu đề tài** 2](#_Toc187353244)

[**1.2.** **Các khái niệm, thuật ngữ** 3](#_Toc187353245)

[**1.3.** **Mô tả các kịch bản trong giao dịch quyền chọn (Option)** 4](#_Toc187353246)

[**1.4.** **Công việc** 5](#_Toc187353247)

[**1.5.** **Công cụ phần mềm** 6](#_Toc187353248)

[**CHƯƠNG 2: PHÂN TÍCH MÔ HÌNH** 7](#_Toc187353249)

[**2.1.** **Các mô hình định giá quyền chọn** 7](#_Toc187353250)

[**2.2.** **Mô hình Black-Scholes (Black-Scholes Option Pricing Model)** 8](#_Toc187353251)

[ **Các giả định của mô hình** 9](#_Toc187353252)

[ **Công thức Black-Scholes (The Black-Scholes Model Formula)** 10](#_Toc187353253)

[ **Giải thích công thức** 10](#_Toc187353254)

[ **Thuật toán:** 11](#_Toc187353255)

[**2.3.** **Mô hình nhị thức (Binomial Option Pricing Model)** 12](#_Toc187353256)

[ **Giả định cơ bản của mô hình** 12](#_Toc187353257)

[ **Thuật toán** 13](#_Toc187353258)

[ **Nguồn gốc, giải thích thuật toán** 15](#_Toc187353259)

[ **Mô hình nhị thức đối với các kiểu quyền chọn khác** 17](#_Toc187353260)

[**2.4.** **Mô phỏng Monte Carlo (Monte Carlo Simulation)** 19](#_Toc187353261)

[ **Nguyễn lý cơ bản** 19](#_Toc187353262)

[ **Quy trình thực hiện mô phỏng Monte Carlo** 20](#_Toc187353263)

[ **Mô phỏng Monte Carlo trong bài toán định giá quyền chọn** 21](#_Toc187353264)

[**CHƯƠNG 3: CÀI ĐẶT VÀ KẾT QUẢ** 23](#_Toc187353265)

[**3.1.** **Black-Scholes Option Pricing Model** 23](#_Toc187353266)

[ **Xây dựng thuật toán bằng Python** 23](#_Toc187353267)

[ **Xây dựng ứng dụng Black-Scholes Option Pricing Calculator** 24](#_Toc187353268)

[ **Xây dựng Black-Scholes Implied Volatility Surface** 27](#_Toc187353269)

[**3.2.** **Binomial Option Pricing Model** 34](#_Toc187353270)

[ **Xây dựng thuật toán bằng Python** 34](#_Toc187353271)

[ **Ứng dụng mô hình nhị thức cho quyền chọn rào chắn** 37](#_Toc187353272)

[ **Ứng dụng mô hình nhị thức cho quyền chọn kiểu Mỹ** 42](#_Toc187353273)

[**3.3.** **Monte Carlo Simulation** 45](#_Toc187353274)

[**3.4.** **Đánh giá và so sánh các mô hình** 50](#_Toc187353275)

[ **Mô hình Black-Scholes** 50](#_Toc187353276)

[ **Mô hình nhị thức (Binomial)** 50](#_Toc187353277)

[ **Mô phỏng Monte Carlo** 51](#_Toc187353278)

[**CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN** 53](#_Toc187353279)

[**4.1.** **Kết luận** 53](#_Toc187353280)

[**4.2.** **Khi nào nên sử dụng mô hình nào?** 53](#_Toc187353281)

[**TÀI LIỆU THAM KHẢO** 54](#_Toc187353282)

[**LỜI CẢM ƠN** 56](#_Toc187353283)

# **CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN ĐỀ TÀI**

* 1. **Giới thiệu đề tài**

Trong lĩnh vực tài chính, quyền chọn (options) là một công cụ phái sinh quan trọng, cho phép nhà đầu tư mua hoặc bán một tài sản cơ sở tại một mức giá định trước trong tương lai. Quyền chọn tạo nên sự linh hoạt lớn cho các nhà đầu tư, đồng thời cũng làm tăng độ phức tạp trong việc định giá các công cụ này. Việc định giá quyền chọn một cách chính xác không chỉ giúp nhà đầu tư đưa ra các quyết định giao dịch hiệu quả mà còn đóng vai trò then chốt trong quản lý rủi ro và xây dựng các chiến lược phòng hộ (hedging).

Vấn đề định giá quyền chọn (option pricing) là một trong những thách thức lớn nhất trong tài chính định lượng. Giá trị của quyền chọn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như giá tài sản cơ sở, thời gian đáo hạn, mức độ biến động (volatility), lãi suất, và loại quyền chọn (mua hoặc bán). Để giải quyết vấn đề này, các mô hình định giá quyền chọn đã được phát triển, nhằm mục tiêu đưa ra các công thức hoặc quy trình giúp xác định giá trị hợp lý của một quyền chọn trong những điều kiện thị trường khác nhau.

Option Pricing Model (Mô hình định giá quyền chọn) là một tập hợp các phương pháp và mô hình toán học được phát triển nhằm mục đích định giá các quyền chọn. Hai mô hình nổi bật nhất trong lĩnh vực này là **Black-Scholes-Merton (BSM)** và **Binomial Model** cả hai đều dựa trên các giả định về thị trường tài chính và các đặc tính của quyền chọn. Bên cạnh hai mô hình này, còn nhiều phương pháp khác, mỗi phương pháp đều có những ưu điểm và hạn chế riêng.

Đề tài nghiên cứu “Option Pricing Model” không chỉ mang tính học thuật mà còn có ý nghĩa thực tiễn cao trong quản lý tài chính và đầu tư. Việc hiểu và áp dụng các mô hình định giá quyền chọn cho phép nhà đầu tư dự đoán chính xác hơn giá trị hợp lý của các quyền chọn, từ đó đưa ra các chiến lược giao dịch hiệu quả. Đồng thời, các tổ chức tài chính và doanh nghiệp cũng có thể sử dụng những mô hình này để xây dựng chiến lược phòng hộ nhằm giảm thiểu rủi ro biến động giá của tài sản cơ sở.

Trong đề tài này, em sẽ tập trung vào việc phân tích và so sánh các mô hình định giá quyền chọn cho **European Option** (quyền chọn chỉ được thực hiện khi đến hạn hợp đồng) là chính, bao gồm các giả định cơ bản, quy trình tính toán, ưu và nhược điểm của từng mô hình. Ngoài ra, em cũng sẽ xây dựng ứng dụng các mô hình này để trực quan hóa các dữ liệu đầu vào, đầu ra nhằm mục đích đánh giá tính chính xác và hiệu quả của chúng. Qua đó, em hy vọng không chỉ làm rõ các khía cạnh lý thuyết mà còn mang lại những góc nhìn thực tế và ứng dụng hữu ích trong lĩnh vực tài chính.

* 1. **Các khái niệm, thuật ngữ**
* **Derivative** (Phái sinh): Phái sinh là một trong ba loại công cụ tài chính chính, là một dạng hợp đồng dựa trên giá trị của các tài sản cơ sở khác nhau như tài sản, chỉ số, lãi suất hay cổ phiếu (giấy tờ có giá). Có các loại phái sinh phổ biến như: hợp đồng kỳ hạn (Forward Contracts), hợp đồng tương lai (Futures Contracts), quyền chọn (options), hoán đổi (swaps).
* **Option** (Quyền chọn): là một dạng hợp đồng chứng khoán phái sinh cho phép người nắm giữ nó có quyền (không bắt buộc) mua hoặc bán một khối lượng hàng hóa cơ sở nhất định với một mức giá xác định vào một thời điểm đã định trước.
* **Call option** (Quyền chọn mua): Cho phép người mua sở hữu quyền (không bắt buộc) mua một loại tài sản cở sở ở một mức giá cố định đã thỏa thuận trước trong 1 khoảng thời gian xác định.
* **Put option** (Quyền chọn bán): Cho phép người mua sở hữu quyền (không bắt buộc) bán một loại tài sản cở sở ở một mức giá cố định đã thỏa thuận trước trong 1 khoảng thời gian xác định.
* **Call/Put Option Writer** (Người bán quyền chọn): Là người viết hay còn gọi là người bán các hợp đồng quyền chọn
* **Strike price** (Giá thực hiện): Strike price hay còn gọi là Exercise price là mức giá thiết lập trước mà tại đó hợp đồng phái sinh có thể mua hay bán khi thực hiện.
* **Option Premium** (Phí quyền chọn): Đây là số tiền mà người mua hợp đồng quyền chọn phải trả cho người bán để nhận được quyền chọn, hay nói cách khác là giá trị của hợp đồng quyền chọn.
* **Risk-free rate** (Lãi suất phi rủi ro): Lãi suất phi rủi ro là lãi suất mà nhà đầu tư có thể kiếm được từ một khoản đầu tư không có rủi ro về mặt tín dụng hoặc rủi ro vỡ nợ. Đây là mức lãi suất tối thiểu mà các nhà đầu tư kỳ vọng nhận được khi đầu tư vốn vào một tài sản an toàn tuyệt đối. Trong tài chính, lãi suất phi rủi ro thường được sử dụng làm cơ sở để định giá các tài sản tài chính khác và để đánh giá mức độ chênh lệch rủi ro (risk premium) của các khoản đầu tư.
* **Volatility** (Độ biến động): trong tài chính là thước đo mức độ thay đổi hoặc dao động của giá tài sản trong một khoảng thời gian nhất định.
* **Abitrage** (Chênh lệch giá): Là sự chênh lệch giá của một loại tài sản giữa các thị trường khác nhau tại 1 thời điểm
* **Net Present Value** (Giá trị hiện tại ròng): Là một chỉ số tài chính dùng để đánh giá tính khả thi và lợi ích kinh tế của một dự án đầu tư hoặc một khoản đầu tư. NPV được tính bằng cách lấy tổng giá trị hiện tại của các dòng tiền vào dự kiến (cash inflows) trừ đi tổng giá trị hiện tại của các dòng tiền ra (cash outflows) liên quan đến dự án hoặc khoản đầu tư đó.
  1. **Mô tả các kịch bản trong giao dịch quyền chọn (Option)**
* **Đối với Call Option buyers:**

Người mua Call Option sẽ có lợi nhuận từ việc bản thân giá của tài sản đó tăng cao hơn strike price (giá thực hiện) trước khi hết hạn hợp đồng.

*VD: A mua Call Option với giá $10 (Premium) cho quyền mua tài sản X với định giá là $100 (Strike price = 100) trong 6 tháng tới. Khi đến hạn hợp đồng, định giá của tài sản X đó tăng lên $150 (Underlying asset price = 150), A quyết định exercise (thực hiện) quyền mua và lãi $40 (150 – 100 – 10). Vậy với số vốn bỏ ra là $10, A đã lãi $40 (tức là lãi 400%).*

* ***Profitable when: Underlying asset price > Premium + Strike price***

***(Có lãi khi: giá trị của tài sản > giá hợp đồng quyền chọn + định giá tài sản thỏa thuận trên hợp đồng quyền chọn)***

Ngược lại trường hợp trên (Underlying asset price < Premium + Strike price), thì người giữ Call Option sẽ không thực hiện (exercise) hợp đồng quyền chọn và lỗ $10.

Call Option có thể mang lại nguồn lợi nhuận vô hạn vì ko có giới hạn cho sự tăng trưởng của tài sản, và trường hợp xấu nhất sẽ mất toàn bộ vốn là premium price ban đầu.

* **Đối với Put Option buyers:**

Người mua Put Option sẽ có lợi nhuận từ việc bản thân giá của tài sản đó giảm xuống thấp hơn strike price trước khi hết hạn hợp đồng.

*VD:* *A mua Put Option với giá $10 (Premium) cho quyền bán tài sản X với định giá là $100 (Strike price = 100) trong 6 tháng tới. Khi đến hạn hợp đồng, định giá của tài sản X đó giảm xuống $70 (Underlying asset price = 70), A quyết định thực hiện (exercise) quyền bán và lãi $20 (100 – 70 – 10).*

* ***Profitable when: Underlying asset price < Premium + Strike price***

***(Có lãi khi: giá trị của tài sản < giá hợp đồng quyền chọn + định giá tài sản thỏa thuận trên hợp đồng quyền chọn)***

Ngược lại trường hợp trên (Underlying asset price > Premium + Strike price), thì người giữ Put Option sẽ không thực hiện (exercise) hợp đồng quyền chọn và lỗ $10.

Put Option có thể đạt mức lợi nhuận cực đại khi giá trị của tài sản xuống 0, và trường hợp xấu nhất sẽ mất toàn bộ vốn là premium price ban đầu.

* **Đối với Call/Put Option writers (người viết/bán quyền chọn):**

Ngược lại với người mua Option, người bán Option sẽ kì vọng giá của tài sản đó đi theo hướng ngược lại. Vì vậy, Option writer có mức lợi nhuận bị giới hạn bằng premium price, và có nguy cơ lỗ không giới hạn

*VD:* *A viết/bán (write) Call Option với giá $10 (Premium) cho quyền mua tài sản X mà A đang sở hữu với định giá là $100 (Strike price = 100) trong 6 tháng tới. B mua lại hợp đồng này và trả A $10. Khi đến hạn hợp đồng, định giá của tài sản X đó giảm xuống $70 (Underlying asset price = 70), B quyết định không thực hiện (exercise) và A lãi $10 từ giá hợp đồng quyền chọn.*

* 1. **Công việc**

Sau khi tìm hiểu tổng quan các kịch bản của giao dịch Option trong thực tế, việc định giá cho các quyền chọn là 1 bài toán cần thiết trong lĩnh vực đầu tư tài chính. Các nhà đầu tư cần có một định giá cơ sở trên lý thuyến cho các quyền chọn để có những chiến lược đầu tư tối ưu.

Vì vậy công việc trong đề tài đồ án này của em là tìm hiểu, nghiên cứu các mô hình định giá quyền chọn thực tế và xây dựng một ứng dụng tính toán, định giá quyền chọn.

* 1. **Công cụ phần mềm**
* Ngôn ngữ lập trình: *Python*
* Môi trường phát triển (IDE): *Visual Studio Code, Jupyter Notebook*
* Các thư viện sử dụng: *numpy, pandas, scipy, matplotlib, plotly, seaborn, yfinance*
* Các công cụ phần mềm hỗ trợ khác: *Github*, *Anaconda*, *Streamlit* (là một open-source Python framework dành cho việc phát triển AI/ML và khoa học dữ liệu)

# **CHƯƠNG 2: PHÂN TÍCH MÔ HÌNH**

1. **Các mô hình định giá quyền chọn**

Sau khi tìm hiểu về bài toán định giá quyền chọn, em quyết định nghiên cứu về 3 mô hình: Black-Scholes, Binomial và mô phỏng Monte Carlo. Đây là các mô hình hiệu quả và phổ biến nhất trong bài toán định giá các tài sản phái sinh đặc biệt là quyền chọn.

* + **Mô hình Black-Scholes:**

Mô hình Black-Scholes (còn gọi là Black-Scholes-Merton) là một trong những mô hình nổi tiếng và được sử dụng rộng rãi nhất để định giá quyền chọn. Được phát triển bởi Fischer Black, Myron Scholes và Robert Merton vào năm 1973, mô hình này đưa ra một công thức toán học để tính giá trị lý thuyết của các quyền chọn kiểu châu Âu (European options) – quyền chọn chỉ được thực hiện vào ngày đáo hạn.

Mô hình dựa trên giả định rằng giá tài sản cơ sở (underlying asset) tuân theo chuyển động Brownian (Geometric Brownian Motion) với mức độ biến động (volatility) không đổi, và thị trường tài chính là hoàn hảo (không có chi phí giao dịch, không có cơ hội chênh lệch giá).

Mô hình Black-Scholes cho phép tính toán giá trị hợp lý của quyền chọn mua (call option) và quyền chọn bán (put option). Mô hình giúp các nhà đầu tư hiểu cách giá quyền chọn thay đổi khi các yếu tố như giá tài sản cơ sở, độ biến động, hoặc lãi suất thay đổi. Và ngoài ra, công thức Black-Scholes này là cơ sở cho nhiều chiến lược quản lý rủi ro và phòng hộ (hedging) trong thị trường tài chính.

* + **Mô hình định giá quyền chọn Nhị Thức:**

Mô hình định giá quyền chọn nhị thức (Binomial Option Pricing Model) là một phương pháp linh hoạt và dễ hiểu để định giá các quyền chọn tài chính. Được phát triển bởi Cox, Ross và Rubinstein vào năm 1979, mô hình này dựa trên cách tiếp cận rời rạc, trong đó giá của tài sản cơ sở được giả định thay đổi theo các bước tăng (up) hoặc giảm (down) trong một khoảng thời gian nhất định.

Mô hình sử dụng một cây nhị thức (binomial tree) để mô phỏng các bước giá có thể xảy ra của tài sản cơ sở từ hiện tại đến thời điểm đáo hạn của quyền chọn.

* + **Mô phỏng Monte Carlo:**

Mô phỏng Monte Carlo là một phương pháp toán học sử dụng mô phỏng ngẫu nhiên để giải quyết các bài toán phức tạp, đặc biệt hữu ích trong tài chính để định giá các công cụ phái sinh, phân tích rủi ro và tối ưu hóa danh mục đầu tư. Phương pháp này dựa trên việc tạo ra nhiều kịch bản khả dĩ cho các biến đầu vào thông qua các phép thử ngẫu nhiên và sau đó tính toán kết quả trung bình để đưa ra ước lượng.

Mô phỏng Monte Carlo áp dụng cho các hệ thống hoặc bài toán mà kết quả bị ảnh hưởng bởi các yếu tố ngẫu nhiên hoặc không chắc chắn. Trong bối cảnh định giá quyền chọn, phương pháp này mô phỏng nhiều đường giá của tài sản cơ sở (underlying asset) dựa trên giả định về chuyển động Brownian (Geometric Brownian Motion) và sử dụng các đường giá này để ước tính giá trị của quyền chọn.

1. **Mô hình Black-Scholes (Black-Scholes Option Pricing Model)**

Mô hình Black-Scholes là một trong những khái niệm quan trọng nhất trong lý thuyết tài chính hiện đại. Còn được gọi là mô hình Black-Scholes-Merton (BSM), phương trình toán học này ước tính giá trị lý thuyết của các công cụ phái sinh dựa trên các công cụ đầu tư khác, có tính đến tác động của thời gian và các yếu tố rủi ro khác.

Black-Scholes thừa nhận rằng các công cụ như cổ phiếu chứng khoán hoặc hợp đồng tương lai (futures contracts) sẽ có sự phân phối chuẩn về giá theo logic sau một bước đi ngẫu nhiên (**random walk theory** *hay Lý thuyết bước đi ngẫu nhiên cho rằng những thay đổi trong giá tài sản là ngẫu nhiên, tức là giá cổ phiếu biến động không thể đoán trước được, do đó giá trong quá khứ không thể được sử dụng để dự đoán chính xác giá ở tương lai*) với độ trôi (drift) và biến động (volatility) liên tục. Phương trình sử dụng giả định này và các yếu tố trong các biến quan trọng khác để tính ra giá của một quyền chọn mua kiểu Châu Âu.

Công thức mô hình Black-Scholes yêu cầu 6 biến số: độ biến động (volatility), giá trị của tài sản (underlying asset’s price), giá thực hiện (strike price), thời gian cho đến khi quyền chọn hết hạn (time till expiration), lãi suất phi rủi ro (risk-free interest rate) và loại quyền chọn (call/put).

Mô hình dự đoán rằng giá của các tài sản được giao dịch nhiều sẽ tuân theo chuyển động Brown (geometric Brownian motion) với độ trôi (drift) và biến động (volatility) liên tục. Nó kết hợp sự thay đổi giá không đổi của cổ phiếu, giá trị thời gian của tiền, giá thực hiện của quyền chọn và thời gian hết hạn của quyền chọn khi nó được áp dụng cho quyền chọn cổ phiếu.

* + **Các giả định của mô hình**

Mô hình Black-Scholes dựa trên một số giả định chính, giúp đơn giản hóa việc định giá quyền chọn:

1. Tài sản cơ sở không trả cổ tức: Giá tài sản không bị ảnh hưởng bởi việc chi trả cổ tức trong suốt thời gian quyền chọn.
2. Chuyển động giá tài sản cơ sở tuân theo quá trình Brownian: Giá tài sản cơ sở được giả định thay đổi theo một chuyển động ngẫu nhiên liên tục, với sự tăng trưởng trung bình liên tục và độ biến động không đổi.
3. Thị trường hoàn hảo: Không có chi phí giao dịch, không có thuế, và không có cơ hội kinh doanh chênh lệch giá (arbitrage).
4. Lãi suất phi rủi ro và độ biến động là không đổi: Lãi suất r và độ biến động σ không thay đổi trong suốt thời gian quyền chọn tồn tại.
5. Quyền chọn kiểu châu Âu (European option): Quyền chọn chỉ có thể được thực hiện vào ngày đáo hạn, không phải tại bất kỳ thời điểm nào trước đó.
   * **Công thức Black-Scholes (The Black-Scholes Model Formula)**

Công thức quyền chọn mua Black-Scholes được tính bằng cách nhân giá cổ phiếu với hàm phân phối xác suất chuẩn (cumulative standard normal probability distribution function). Giá trị hiện tại ròng (Net Present Value) của giá thực hiện (strike price) nhân với phân phối chuẩn chuẩn tích lũy sau đó được trừ khỏi giá trị kết quả của phép tính trước đó.

*C(S,t)* = *S.N*(*d*1​) – *K..N*(*d*2​)

*d1 =*

*d2 = d1 - σ*

***Where***

*C = Call option price ( Giá quyền chọn)*

*S = Current stock (underlying) price (Giá của tài sản hiện tại)*

*K = Strike price (Giá thực hiện)*

*r = Risk-free interest rate (Lãi suất phi rủi ro)*

*T = Expiration date (Ngày hết hạn quyền chọn)*

*t = Current date (Thời điểm hiện tại)*

*T – t = Thời gian còn hạn*

*N = A normal distribution (Phân phối chuẩn)*

*(σ) = standard deviation (Độ lệch chuẩn)*

* + **Giải thích công thức**

Quyền chọn mua (Call option):

*C* = *S0.N*(*d*1​) – *K..N*(*d*2​)

Quyền chọn bán (Put option):

*P* = *K..N*(-*d*2​) - *S0.N*(-*d*1​)

Các thành phần chính:

* + - ***S0****:* Giá hiện tại của tài sản cơ sở (đây là giá thị trường hiện tại của tài sản mà quyền chọn được dựa trên)
    - ***K*** *(strike price):* Giá thực hiện (đây là mức giá mà người sở hữu quyền chọn có quyền mua/bán tài sản cơ sở vào ngày đáo hạn)
    - ***T***: Thời gian đến ngày đáo hạn (Tính bằng năm, nếu thời gian đến đáo hạn là 6 tháng thì T – t = 0.5)
    - ***r***: Lãi suất phi rủi ro
    - **σ**: Độ biến động (biểu thị mức độ không chắc chắn hoặc dao động của giá tài sản cơ sở, thực tế σ thường được ước tính từ dữ liệu lịch sử)
    - ***N(d):*** Hàm phân phối chuẩn tích lũy (biểu thị xác suất mà biến ngẫu nhiên chuẩn hóa với trung bình 0 và độ lệch chuẩn 1 có giá trị <= d)
    - ***d1*** *và* ***d2***: Các biến trung gian (biểu thị giá trị kỳ vọng của việc tài sản cơ sở vượt qua giá thực hiện, có điều chỉnh theo độ biến động)

Ý nghĩa trực giác của công thức:

* + - Thành phần *S0.N*(*d*1​):

+) Biểu thị giá trị kỳ vọng của tài sản cơ sở nếu quyền chọn được thực hiện, có điều chỉnh theo xác suất N(d1)

+) N(d1) là xác suất quyền chọn sẽ được thực hiện (tức là tài sản cơ sở có giá trị cao hơn giá thực hiện K)

* + - Thành phần *K..N*(*d*2​):

+) Biểu thị giá trị kỳ vọng của khoản tiền trả K tại ngày đáo hạn, có điều chỉnh theo lãi suất phi rủi ro và xác suất thực hiện quyền chọn N(d2)

* + - Chênh lệch giữa 2 thành phần *S0.N*(*d*1​) và *K..N*(*d*2​):

+) Chênh lệch giữa *S0.N*(*d*1​) và *K..N*(*d*2​) chính là giá trị hiện tại của quyền chọn mua

* + **Thuật toán:**

Từ công thức mô hình Black-Scholes ở trên, ta có thể viết thuật toán Black-Scholes như sau:

***black\_scholes****(S, K, T, r, sigma, option\_type="call"):*

*d1 = (log(S / K) + (r + 0.5 \* sigma\*sigma) \* T) / (sigma \* sqrt(T))*

*d2 = d1 - sigma \* sqrt(T)*

***if*** *option\_type == "call":*

*price = S \* norm(d1) - K \* exp(-r \* T) \* norm(d2)*

***else if*** *option\_type == "put":*

*price = K \*.exp(-r \* T) \* norm(-d2) - S \* norm(-d1)*

***return*** *price*

Với thuật toán trên, ta có thể tính toán 1 trường hợp ví dụ cụ thể như sau:

*S = 100 (Giá tài sản cơ sở)*

*K = 105 (Giá thực hiện)*

*T = 1 (Thời gian đến đáo hạn 1 năm)*

*r = 0.05 (Lãi suất phi rủi ro 5%)*

*sigma = 0.2 (Độ biến động 20%)*

* + *Giá quyền chọn mua (Call): 8.02*

*Giá quyền chọn bán (Put): 7.07*

1. **Mô hình nhị thức (Binomial Option Pricing Model)**

Mô hình định giá quyền chọn nhị thức (Binomial Option Pricing Model) là một phương pháp phổ biến để định giá các quyền chọn tài chính. Mô hình này được phát triển dựa trên việc mô phỏng các chuyển động giá của tài sản cơ sở theo từng bước thời gian và được sử dụng rộng rãi nhờ tính minh bạc, linh hoạt và dễ áp dụng

* + **Giả định cơ bản của mô hình**

1. Thị trường hoàn hảo: Không có sự chênh lệch giá (arbitrage)
2. Chuyển động giá theo mô hình nhị thức: Trong mỗi bước thời gian, giá của tài sản cơ sở có thể:

Tăng theo một tỷ lệ u (up)

Giảm theo một tỷ lệ d (down)

1. Xác suất trung tính rủi ro: Mô hình sử dụng xác suất trung tính rủ ro *p,* không phải xác suất thực tế. Xác suất này được xác định bởi

*q =*

Trong đó: là khoảng thời gian giữa các bước; r lãi suất phi rủi ro

* + **Thuật toán**

Các bước thực hiện mô hình:

**Bước 1:** Xây dựng cây nhị thức

* + - Tạo một cây biểu diễn các mức giá của tài sản cơ sở ở từng bước thời gian
    - Giá tài sản ở bước n là: *Sn = S0 . uj . dn-j*

Trong đó:

**S0**: Giá tài sản hiện tại

**j:** Số lần giá tăng

**n – j**: Số lần giá giảm

**Bước 2**: Xác định giá trị quyền chọn tại thời điểm đáo hạn

* + - Tại các nút cuối cùng (thời gian đáo hạn), giá trị quyền chọn được tính toán dựa trên giá thực hiện (strike price) và giá tài sản cơ sở.

*VD:*

*Quyền chọn mua (call): V=max(Sn​−K,0)*

*Quyền chọn bán (put): V=max(K−Sn​,0)*

**Bước 3**: Lùi dần về thời điểm hiện tại

* + - Sử dụng phương pháp quy nạp ngược (backward induction), giá trị quyền chọn ở mỗi nút được tính bằng giá trị kỳ vọng chiết khấu của các nút ở bước tiếp theo:

*V = . [q.Pu + (1-q).Pd]*

Trong đó:

**Pu**: Giá trị quyền chọn tại nút tăng

**Pd**: Giá trị quyền chọn tại nút giảm

Ví dụ minh họa:

* + - **Đề bài**: Cho một quyền chọn bán kiểu châu Âu (European put option) còn 9 tháng là đến ngày đáo hạn. Quyền chọn cho stock X hiện đang có giá thị trường là $10, giá thực hiện là $12, lãi suất phi rủi ro là 5%. Giả sử mỗi 3 tháng, giá trị của tài sản X có thể tăng lên 20% hoặc giảm đi 20%. Định giá quyền chọn này
    - **Giải**:

*Giá tài sản hiện tại: S0 = 10*

*Giá thực hiện quyền bán: K = 12*

*Tỷ lệ tăng/giảm: u = 1.2/d = 0.8*

*Bước thời gian: t = 0.25 (3/12)*

*Lãi suất phi rủi ro: r = 0.05*

*q = = 0.531*

*1 – q = 0.469*

Từ đây ta có thể vẽ một cây nhị phân qua 3 bước thời gian: 3 tháng, 6 tháng, 9 tháng

A diagram of a mathematical equation

Description automatically generated

Tại ngày đáo hạn ta có:

*P(up,up,up) = max(K - 10.(1,2)3, 0) = max(12 – 17.28,0) = 0*

*P(up,up,down) = max(K – 10.(1,2)2.0,8 , 0) = 0.48*

*P(up,down,down) = max(12 – 7.68 , 0) = 4.32*

*P(down,down,down) = max(12 – 5.12 , 0) = 6.88*

Tại thời điểm 3 tháng trước ngày đáo hạn (t = 6):

P(up,up) = .(q.P(up,up,up) + (1-q).P(up,up,dn)) = 0.222

P(up,dn) = .(q.P(up,up,dn) + (1-q).P(up,dn,dn)) = 2.252

P(dn,dn) = .(q.P(up,dn,dn) + (1-q).P(dn,dn,dn)) = 5.452

Tại thời điểm 6 tháng trước ngày đáo hạn (t =3):

P(up) = .(q.P(up,up) + (1-q).P(up,dn)) = 1.1594

P(dn) = .(q.P(up,dn) + (1-q).P(dn,dn)) = 3.7059

Định giá quyền chọn tại ngày hôm nay (t = 0) là:

P = .(q.P(up) + (1-q).P(dn)) = 2.324

* + **Nguồn gốc, giải thích thuật toán**

Đầu tiên chúng ta cần xây dựng một risk-free portfolio (tổ hợp của stock và quyền chọn mà chúng cho chúng ta cùng 1 giá trị portfolio bất kể giá stock thay đổi như nào)

Tại thời điểm ban đầu, cho rằng cho ta mua “N” shares với giá là “S0”, và viết một call option với giá trị là “C” với strike price là “K”.

* + *V0 (Value of portfolio at the present) = N. S0 – C (if the call option is shorted, “C” should be an addition to the portfolio)*

Sau khoảng thời gian “t”, giá trị của portfolio của chúng ta có 2 trường hợp:

*Vtup (Value of portfolio when stock price up move) = N.S0.u – Pup*

*Vtdn (Value of portfolio when stock price down move) = N.S0.d – Pdn*

Ở đây, u / d là tỉ lệ tăng trưởng / giảm của stock price (u > 1; 0 <=d < 1).

*Pdn = max(0, S0.d – K),*

*Pup = max(0, S0.u – K).*

Vì đây là risk-free portfolio => *Vtu = Vtdn = N.S0.u – Pup = N.S0.d – Pdn*

* *N =* ***(1)***

Thay (1) lại vào phương trình của Vtup và Vtdn ta có:

*Vtup = . S0 . u - Pup = . u - Pup*

*Vtdn = . S0 . d – Pdn = . d – Pdn*

Từ đó, giá trị tại thời điểm ban đầu của portfolio có thể tìm được bằng cách discounting nó với risk-free rate: V0 = ) . Vtup = ) .

Mà ta có: V0 = N. S0 – C

* *V0 = N. S0 – C =) .* ***(2)***

Giải phương trình **(2)** theo C ta thu được:

*C = ) .* ***(\*)***

Đặt *q = => C = ) .*

Vậy, ta có thể hiểu “q” là xác suất ‘tăng giá’ của underlying assets (vì “q” đươc gán với Pup và “1-q” gán với Pdn). Nhìn chung, phương trình biểu diễn giá option tại thời điểm ban đầu, giá trị chiết khấu (discounted) của khoản hoàn trả (Payoff) khi hết hạn.

(\*) Biến đổi từ phương trình **(2)** -> **(\*)**:

**(2):** *N. S0 – C =) .*

* *C = N. S0 - ) .*
* *C = - ) .*
* *C = ) .*
* *C = ) .*
* *C = ) .* ***(\*)***
  + **Mô hình nhị thức đối với các kiểu quyền chọn khác**

1. **Barrier Option (Quyền chọn rào chắn):**

**Quyền chọn rào chắn** là loại quyền chọn mà giá trị khi đáo hạn của chúng phụ thuộc vào việc giá của tài sản cơ sở có chạm đến một mức nhất định, còn gọi là mức chặn, trong một khoảng thời gian xác định hay không.

**Kích hoạt có hiệu lực (knock-in option):** Option chỉ bắt đầu hiệu lực nếu giá tài sản cơ sở chạm đến mức chặn trong khoảng thời gian qui định. Nếu giá tài sản không bao giờ chạm đến mức chặn trong thời gian tồn tại của option, option đó vẫn không thể hiện được cho dù nó đáo hạn ở trạng thái lãi.

**Kích hoạt hết hiệu lực (knock-out option):** Option hết hiệu lực, hay ngừng tồn tại, nếu giá tài sản cơ sở chạm đến mức chặn khoảng thời gian qui định. Như vậy, option này có thể đáo hạn sớm mà không mang lại giá trị nếu giá tài sản cơ sở không đạt mức đã xác định.

Xét trong khoảng thời gian tồn tại của Option:

Miền thời gian liên tục: T = [0, t]

Miền thời gian rời rạc: T = {0 < t0 < t1 < … < tk < T}

Sự khác nhau cơ bản của Barrier Option và European Option:

European Put Payoff: *(K-S)+ = max(0, K – S)*

Barrier Put (Up-and-out) Payoff: *(K-S)+ I(max(St < H) in time t < T), H là barrier.*

Vậy chúng ta có:  *= (K- )I< H )* (i là time, j là node)

Gọi D là ngày đến hạn thực hiện -> có 2 trường hợp:

*(ti D) and >= H, then = 0*

*(ti D) or < H, khi đó*  Sẽ được tính toán bằng công thức risk-neutral discounted price như đối với European Option.

1. **American Option (Quyền chọn kiểu Mỹ)**

**Quyền chọc kiểu Mỹ (American Option)** là loại quyền chọn mà khách hàng mua quyền chọn có thể được thực hiện vào bất cứ thời điểm nào trong thời hạn hiệu lực của hợp đồng.

Lý thuyết: *(K – St)+ , t <= T*

Giá mà chúng ta phải trả khi đến ngày đáo hạn: *V1 = C + K . )*

1. **Mô phỏng Monte Carlo (Monte Carlo Simulation)**

**Monte Carlo Simulation (Mô phỏng Monte Carlo)** là một phương pháp toán học và thống kê sử dụng để mô phỏng và phân tích các hệ thống phức tạp hoặc các hiện tượng ngẫu nhiên. Nó được đặt theo tên của sòng bạc Monte Carlo ở Monaco, vì tính chất ngẫu nhiên của trò chơi may rủi tại đây phản ánh ý tưởng cốt lõi của phương pháp.

Mục đích của mô phỏng Monte Carlo:

* + - Dự đoán các kết quả có thể xảy ra của một quá trình ngẫu nhiên.
    - Đánh giá rủi ro và sự không chắc chắn trong các mô hình dự đoán.
    - Ra quyết định dựa trên các kịch bản và phân bố xác suất.

Ví dụ, có thể sử dụng mô phỏng Monte Carlo để:

* + - Dự báo giá cổ phiếu
    - Phân tích rủi ro tài chính
    - Đánh giá hiệu suất của hệ thống kỹ thuật (như sản xuất hoặc giao thông)
  + **Nguyễn lý cơ bản**

Mô phỏng Monte Carlo dựa trên ý tưởng:

1. Lặp lại các thử nghiệm ngẫu nhiên nhiều lần: Mỗi thử nghiệm đại diện cho một kịch bản có thể xảy ra
2. Sử dụng phân phối xác suất: Xác định các biến đầu vào không chắc chắn (như giá trị, thông số, hoặc các yếu tố ngẫu nhiên).
3. Tính toán và ghi lại kết quả: Với mỗi lần thử nghiệm, kết quả được ghi nhận và phân tích để tạo thành một tập hợp các kết quả.
4. Phân tích dữ liệu: Từ tập hợp kết quả, ta có thể tính toán các chỉ số quan trọng như trung bình, độ lệch chuẩn, xác suất xảy ra của các kết quả cụ thể.
   * **Quy trình thực hiện mô phỏng Monte Carlo**

**Bước 1**: Xác định vấn đề

* + - Xác định các yếu tố không chắc chắn và mục tiêu cần mô phỏng.
    - Ví dụ: *Dự đoán doanh thu bán hàng, biến động giá trị cổ phiếu.*

**Bước 2:** Xây dựng mô hình

* + - Xác định các mối quan hệ toán học giữa đầu vào và đầu ra.
    - Các biến đầu vào thường được gán theo một phân phối xác suất, chẳng hạn:

Phân phối chuẩn (Gaussian)

Phân phối đều (Uniform)

Phân phối tam giác (Triangular)

**Bước 3:** Tạo các mẫu ngẫu nhiên

* + - Sử dụng các công cụ như trình tạo số ngẫu nhiên (random number generator) để tạo các giá trị đầu vào ngẫu nhiên dựa trên phân phối xác suất.

**Bước 4:** Thực hiện mô phỏng

* + - Tính toán kết quả đầu ra cho từng tập giá trị đầu vào.
    - Lặp lại quá trình này hàng ngàn hoặc hàng triệu lần.

**Bước 5**: Phân tích kết quả

* + - Tạo biểu đồ (như histogram) để xem phân bố kết quả.
    - Xác định các chỉ số thống kê quan trọng như kỳ vọng, phương sai, độ lệch chuẩn, hoặc xác suất xảy ra của các kịch bản cụ thể.
  + **Mô phỏng Monte Carlo trong bài toán định giá quyền chọn**

Công thức giá quyền chọn phụ thuộc vào:

* + - **Tài sản cơ sở** (Underlying asset): Giá hiên tại S0
    - **Biến động giá** (Volatility): 𝜎
    - **Lãi suất không rủi ro** (Risk-free rate): 𝑟
    - **Thời gian đáo hạn**: 𝑇
    - **Giá thực hiện**: K

Mục tiêu là tính giá trị kỳ vọng chiết khấu của khoản thanh toán từ quyền chọn theo công thức:

*C =*

Trong đó:

*C: Giá quyền chọn*

*: Hệ số chiết khấu với lãi suất không rủi ro*

*E[payoff]: Kỳ vọng của khoản thanh toán trong tương lai.*

Khoản thanh toán (Payoff) được xác định như sau:

*Với call option: max(ST – K, 0), trong đó ST là giá tài sản tại thời điểm T*

*Với put option: max(K - ST, 0)*

Tiếp theo, ta thực hiện mô phỏng Monte Carlo theo các bước như sau:

**Bước 1:** Mô phỏng đường đi giá tài sản

Giá tài sản *ST* được mô hình hóa bằng quy trình ngẫu nhiên *Geometric Brownian Motion (GBM):*

*ST = S0 .*

*Z: Một số ngẫu nhiên từ phân phối chuẩn N(0,1)*

**Bước 2**: Tạo nhiều kịch bản giá

* + - Mô phỏng N đường đi ngẫu nhiên của giá tài sản *ST* tạo thời điểm đáo hạn T.
    - Tính toán khoản thanh toán (Payoff) cho từng kịch bản.

**Bước 3:** Tính giá trị trung bình và chiết khấu

* + - Lấy giá trị trung bình của tất cả khoản thanh toán:

*E[payoff] =*

* + - Sử dụng công thức chiết khấu để tính giá quyền chọn:

*C =*

# **CHƯƠNG 3: CÀI ĐẶT VÀ KẾT QUẢ**

**Tất cả source code, link ứng dụng dưới dây ở trong link GitHub:** <https://github.com/Haipham2002/Option_Pricing_Models>

1. **Black-Scholes Option Pricing Model**
   * **Xây dựng thuật toán bằng Python**

Ở đây, em xây dựng mô hình Black-Scholes bằng Python trên IDE Visual Studio Code. Các thư viện sử dụng bao gồm numpy (để sử dụng các hàm toán học cơ bản), scipy (scipy.stats để sử dụng các hàm xác suất thống kê)

**A screenshot of a computer program

Description automatically generated**

Cách cài đặt thư viện:

Gõ các lệnh sau lên terminal của môi trường cài dặt:

*pip install numpy*

*pip install scipy*

Kết quả sau khi chạy thuật toán:

Ở đây ta xét các tham số lần lượt: *Giá tài sản cơ sở là $100, giá thực hiện là $105, thời gian đáo hạn 1 năm, lãi suất phi rủi ro 5%, độ biến động 20%*

Kết quả thu được sau khi chạy chương trình:

A screen shot of a black screen

Description automatically generated

Nếu đây là quyền chọn mua thì giá quyền chọn sẽ là $8.02, nếu là quyền chọn bán thì giá quyền chọn là $7.90

* + **Xây dựng ứng dụng Black-Scholes Option Pricing Calculator**

Sau khi cài đặt, tính toán và thử nghiệm mô hình Black-Scholes bên trên thành công, em xây dựng tiếp ứng dụng máy tính định giá quyền chọn kiểu châu Ấu (European Option) cùng với các các biểu đồ nhiệt (heatmap) để trực quan hóa các kết quả đầu ra

**Ngôn ngữ lập trình**: *Python*

**Thư viện**: *numpy, matplotlib (vẽ biểu đồ), seaborn (làm mịn biểu đồ), scipy, streamlit (môi trường deploy ứng dụng, chia sử dữ liệu, thiết kế giao diện)*

**Giao diện người dùng**:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

A screenshot of a computer

Description automatically generated

A close-up of a chart

Description automatically generated

**Source code**:

Sử dụng các thư viện:

A screen shot of a computer screen

Description automatically generated

Mô hình Black-Scholes:

A screen shot of a computer code

Description automatically generated

Hàm main:

A computer screen shot of text

Description automatically generated

A screen shot of a computer program

Description automatically generated

A screen shot of a computer screen

Description automatically generated

* + **Xây dựng Black-Scholes Implied Volatility Surface**

Sau khi hoàn thành xây dựng ứng dụng mô hình định giá quyền chọn Black-Scholes, em sẽ tiếp tục cài đặt ứng dụng vẽ mặt phẳng biến động (Volatility Surface).

**Implied Volatility (Độ biến động hàm ý)** là một tham số phản ánh kỳ vọng của thị trường về mức độ biến động trong tương lai của giá tài sản cơ sở. Nó không được quan sát trực tiếp mà được suy ra từ giá của các quyền chọn thông qua mô hình định giá, như Black-Scholes. Implied Volatility thể hiện mức độ không chắc chắn hoặc rủi ro được thị trường gán cho tài sản trong suốt thời gian hiệu lực của quyền chọn. Mối quan hệ của Implied Volatility với giá quyền chọn:

**IV tăng:** Giá quyền chọn tăng, vì rủi ro kỳ vọng cao hơn.

**IV giảm:** Giá quyền chọn giảm, vì thị trường kỳ vọng ít biến động hơn

Vì vậy, Implied Volatility được ứng dụng để xác định giá quyền chọn, đánh giá rủi ro và xây dựng các chiến lược giao dịch quyền chọn

**Volatility Surface (Bề mặt độ biến động)** là một biểu đồ ba chiều biểu diễn sự biến đổi của Implied Volatility theo hai thông số chính:

**Strike price (K):** Giá thực hiện của quyền chọn

**Time to Maturity (T):** Thời gian còn lại đến ngày đáo hạn.

Volatility Surface thể hiện cách mà Implied Volatility không đồng nhất theo giá thực hiện và thời gian đáo hạn, thay vì là một giá trị cố định cho tất cả các quyền chọn.

Vì vậy, ý nghĩa của Volatility Surface rất quan trọng đặc biệt được ứng dụng để **hiệu chỉnh mô hình định giá** (cải thiện mô hình định giá quyền chọn, phản ánh tốt hơn thực tế thị trường), **phân tích rủi ro** (các đặc điểm của Volatility Surface cung cấp thông tin về hành vị thị trường, bao gồm rủi ro và tâm lý đầu tư), **tạo chiến lược giao dịch**.

**Source Code**

Các thư viện sử dụng:

A screen shot of a computer

Description automatically generated

Mô hình Black-Scholes cho quyền chọn mua:

A computer screen with text

Description automatically generated

Tính toán Implied Volatility:

A computer screen with text

Description automatically generated

Các tham số:

A screen shot of a computer program

Description automatically generated

Vẽ Volatility Surface:

A screen shot of a computer program

Description automatically generated

A screen shot of a computer program

Description automatically generated

A screen shot of a computer program

Description automatically generated

Kết quả:

A screenshot of a computer graphics

Description automatically generated

A graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

1. **Binomial Option Pricing Model**
   * **Xây dựng thuật toán bằng Python**

Ở đây, em xây dựng mô hình nhị thức bằng Python trên Jupyter Notebook. Các thư viện sử dụng bao gồm numpy (để sử dụng các hàm toán học cơ bản và làm việc với mảng)

Xây dựng hàm tính toán thời gian chạy chương trình:

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

Khởi tạo các giá trị ban đầu:

A screenshot of a computer code

Description automatically generated

Giải thuật cây nhị thức:

**Cách 1:** Tuần tự

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

Kết quả cách 1:

A black text on a white background

Description automatically generated

**Cách 2**: vectorize sử dụng numpy array

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

Kết quả cách 2:

A computer code with black text

Description automatically generated

So sánh 2 thuật toán:

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

Ta có thể thấy rõ, phương pháp 2 cho chúng ta thời gian tính toán, chạy chương trình nhanh hơn và hiệu quả hơn nhiều so với phương pháp 1.

* + **Ứng dụng mô hình nhị thức cho quyền chọn rào chắn**

Xây dựng hàm tính toán thời gian chạy chương trình:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Khởi tạo các giá trị ban đầu:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Giải thuật:

**Cách 1**: Làm tuần tự

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

**Cách 2**: vectorize sử dụng numpy array

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

Kết quả và so sánh 2 phương pháp:

A screenshot of a computer code

Description automatically generated

Ta có thể thấy rõ, phương pháp 2 cho chúng ta thời gian tính toán, chạy chương trình nhanh hơn và hiệu quả hơn nhiều so với phương pháp 1.

* + **Ứng dụng mô hình nhị thức cho quyền chọn kiểu Mỹ**

Xây dựng hàm tính toán thời gian chạy chương trình:

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

Khởi tạo các giá trị ban đầu:

A screenshot of a white box with black text

Description automatically generated

Giải thuật:

**Cách 1**: Làm tuần tự

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

**Cách 2:** Vectorize bằng numpy array

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

So sánh 2 phương pháp:

A screenshot of a computer code

Description automatically generated

Ta có thể thấy rõ, phương pháp 2 cho chúng ta thời gian tính toán, chạy chương trình nhanh hơn và hiệu quả hơn nhiều so với phương pháp 1.

1. **Monte Carlo Simulation**

Các thư viện hỗ trợ:

A white screen with black text

Description automatically generated

Import dữ liệu đầu vào:

A screen shot of a computer code

Description automatically generated

Mô phỏng Monte Carlo

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Định giá quyền chọn bằng Black-Scholes

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

Sự hội tụ:

A screenshot of a computer

Description automatically generated

1. **Đánh giá và so sánh các mô hình**
   * **Mô hình Black-Scholes**

**Ưu điểm:**

* + - **Công thức đóng (closed-form solution)**: Black-Scholes cung cấp một công thức toán học rõ ràng để tính giá quyền chọn.
    - **Tính toán nhanh và hiệu quả**: Mô hình có thể tính toán rất nhanh, phù hợp để định giá số lượng lớn quyền chọn
    - **Phổ biến và dễ sử dụng**: Mô hình được công nhận rộng rãi và dễ dàng tích hợp tỏng các công cụ tài chính. Hầu hết các phần mềm tài chính đều hỗ trợ mô hình này
    - **Ứng dụng rộng rãi**: Có thể được điều chỉnh để định giá các công cụ phái sinh khác như trái phiếu chuyển đổi, hàng hóa.

**Nhược điểm:**

* + - **Giả định không thực tế**:

Lãi suất và độ biến động không đổi: Trên thực tế, lãi suất và độ biến động thay đổi theo thời gian.

Tài sản không trả cổ tức: Mô hình cơ bản không phù hợp nếu tài sản cơ sở trả cổ tức, mặc dù có thể điều chỉnh để tính cổ tức.

Quyền chọn kiểu Châu Âu: Không áp dụng cho quyền chọn kiểu Mỹ (có thể thực hiện trước ngày đáo hạn).

* + - **Không xử lý tốt các điều kiện phức tạp**: Mô hình không thích hợp cho các quyền chọn phức tạp (exotic options) hoặc các điều kiện thị trường bất thường.
    - **Độ biến động hàm ý (Implied Volatility):** Mô hình giả định Implied Volatility là không đổi, nhưng thực tế biến động thường thay đổi.
  + **Mô hình nhị thức (Binomial)**

**Ưu điểm:**

* + - **Tính linh hoạt**: Có thể dễ dàng điều chỉnh để phù hợp với các quyền chọn kiểu Mỹ (có thể thực hiện sớm) hoặc các quyền chọn phức tạp khác. Xử lý các tài sản trả cổ tức dễ dàng hơn Black-Scholes.
    - **Mô phỏng quá trình theo từng bước**: Mô hình mô phỏng từng bước thay đổi giá tài sản cơ sở, giúp dễ dàng kiểm tra các kịch bản khác nhau.
    - **Trực quan hơn**: Cây nhị thức cung cấp cách nhìn trực quan về sự thay đổi giá quyền chọn theo thời gian.

**Nhược điểm:**

* + - **Tính toán chậm:** Khi số bước trong cây tăng lên để đạt độ chính xác cao, thời gian tính toán tăng đáng kể so với Black-Scholes.
    - **Kém chính xác khi thời gian dài**: Đối với các quyền chọn có thời gian dài hoặc số bước giới hạn, kết quả có thể kém chính xác.
    - **Phức tạp hơn với các điều kiện không tiêu chuẩn**: Dù linh hoạt, việc thêm các điều kiện không tiêu chuẩn (như độ biến động thay đổi) đòi hỏi điều chỉnh thủ công và phức tạp.
  + **Mô phỏng Monte Carlo**

**Ưu điểm:**

* + - **Độ linh hoạt cao**: Mô hình Monte Carlo có thể định giá hầu hết mọi loại quyền chọn, bao gồm quyền chọn phức tạp (exotic options) và quyền chọn kiểu Mỹ. Thích hợp cho các tài sản có độ biến động thay đổi hoặc các điều kiện phi tiêu chuẩn.
    - **Dễ mở rộng**: Có thể dễ dàng tích hợp các yếu tố phức tạp như lãi suất thay đổi, biến động thay đổi, hoặc nhiều tài sản cơ sở.
    - **Phù hợp cho các quyền chọn có nhiều yếu tố không chắc chắn**: Monte Carlo rất mạnh trong việc mô phỏng nhiều kịch bản với xác suất khác nhau.

**Nhược điểm:**

* + - **Tính toán chậm**: Cần số lượng lớn mô phỏng để đạt kết quả chính xác, dẫn đến thời gian tính toán lâu, đặc biệt khi áp dụng cho nhiều quyền chọn.
    - **Không cung cấp công thức đóng**: Monte Carlo không có kết quả giải tích rõ ràng, chỉ cung cấp giá trị xấp xỉ dựa trên mô phỏng.
    - **Đòi hỏi kỹ thuật cao**: Đòi hỏi người dùng phải có kiến thức về lập trình và kỹ thuật mô phỏng để triển khai.

# **CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN**

1. **Kết luận**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tiêu chí** | **Black-Scholes** | **Binomial** | **Monte Carlo** |
| Tốc độ tính toán | Nhanh | Trung bình | Chậm |
| Độ chính xác | Cao cho điều kiện lý tưởng | Trung bình, phụ thuộc số bước thời gian | Trung bình (tăng khi lượng dữ liệu mô phỏng lớn) |
| Tính linh hoạt | Thấp | Cao | Rất cao |
| Loại quyền chọn | Châu Âu | Châu Âu, Mỹ, phức tạp | Châu Âu, Mỹ, phức tạp |
| Yêu cầu tính toán | Thấp | Trung bình | Cao |
| Ứng dụng cho exotic options (quyền chọn phức tạp) | Hạn chế | Trung bình | Rất tốt |

1. **Khi nào nên sử dụng mô hình nào?**
   * **Black-scholes**
     + Thích hợp cho European Option với điều kiện thị trường ổn định.
   * **Binomial** 
     + Khi định giá American Option hoặc option với cổ tức
   * **Monte Carlo simulation**
     + Khi xử lý các option phức tạp hoặc có nhiều yếu tố ngẫu nhiên.
     + Phù hợp khi mô hình khác không đáp ứng được độ linh hoạt.

# **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] [The Black-Scholes Formula (FIN-40008 FINANCIAL INSTRUMENTS)](https://www.timworrall.com/fin-40008/bscholes.pdf?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTEAAR33k7M3BGrKR3EoJuwcaYt_U1UF_PAcbZGHgN5V8_7TrUTz5ohZsaWrK0g_aem_pL3r9JijV2BX2J4ML0ne1Q)

[2] [The Black-Scholes Model (IEOR E4706: Foundations of Financial Engineering)](https://www.columbia.edu/~mh2078/FoundationsFE/BlackScholes.pdf?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTEAAR3jmo4idKnUyICkLQSOPa7Qt3c5L141667ycV58jckkdodOWq4mUoDC30g_aem_lu3vrbZgBfIealSfl9H3gA)

[3] Fischer, Black, and Myron Scholes, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities." Journal of Political Economy*,* vol. 81, no. 3, 1974, pp. 637-654.

[4] Merton, Robert C. "Theory of Rational Option Pricing." The Bell Journal of Economics and Management Science, vol. 4, no. 1, 1973, pp. 141-183.

[5] The Nobel Prize. "[The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 1997: Robert C. Merton Myron Scholes](https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/1997/press-release/)”

[6] Cox, John C., Ross, Stephen, and Rubenstein, Mark. “[Option Pricing: A Simplified Approach.](https://onlinelibrary.wiley.com/action/getFTRLinkout?url=http%3A%2F%2Fscholar.google.com%2Fscholar_lookup%3Fhl%3Den%26publication_year%3D1978%26author%3DJohn%2BC.%2BCox%26author%3DStephen%2BRoss%26author%3DMark%2BRubinstein%26title%3D%25E2%2580%259COption%2BPricing%253A%2BA%2BSimplified%2BApproach.%25E2%2580%259D&doi=10.1111%2Fj.1540-6261.1979.tb00058.x&linkType=gs&linkLocation=Reference&linkSource=FULL_TEXT), University of California at Berkeley, September, 1978, Working paper No. 79.

[7] Rendleman, Jr., R. J., and Bartter, B. J. "[Two-State Option Pricing](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1540-6261.1979.tb00058.x), *Journal of Finance*, vol. 34, no. 5 (1979), pp. 1093-1110.

[8] Corporate Finance Institute. "[Option Pricing Models](https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/valuation/option-pricing-models/)

[9] R. S. Johnson. "[Derivatives Markets and Analysis](https://www.wiley.com/en-us/Derivatives+Markets+and+Analysis-p-9781118202692), Pages 244-256, 439-504. John Wiley & Sons, 2017

[10] Fischer, Black, and Myron Scholes, "[The Pricing of Options and Corporate Liabilities](https://www.jstor.org/stable/1831029), *Journal of Political Economy,* vol. 81, no. 3, 1974, pp. 637-654.

[11] John C. Hull. "[Options, Futures, and Other Derivatives](https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/options-futures-and-other-derivatives/P200000005938/9780136939917), Pages 235–237, 338–340. Pearson, 2022.

[12] Options Industry Council. "[Options Quotes & Calculators](https://www.optionseducation.org/options-quotes-calculators)

[13] Microsoft. "[Introduction to Monte Carlo Simulation in Excel](https://support.microsoft.com/en-us/office/introduction-to-monte-carlo-simulation-in-excel-64c0ba99-752a-4fa8-bbd3-4450d8db16f1)

[14] A.S. Shinde, K.C. Takale, “[Study of Black-Scholes Model and its Applications”](https://www.researchgate.net/publication/257725235_Study_of_Black-Scholes_Model_and_its_Applications)

# **LỜI CẢM ƠN**

Trong quá trình thực hiện đồ án này, bản thân em đã học được nhiều kiến thức, kinh nghiệm. Em xin được gửi lời cảm ơn chân thành tới cô Tạ Thị Kim Huệ vì sự hướng dẫn tận tình và sự hỗ trợ trong suốt học kỳ này. Những lời khuyên của cô đã giúp em hoàn thành bài báo cáo một cách tốt nhất cũng như học hỏi thêm nhiều kiến thức mới.

Em xin trân trọng cảm ơn cô!