

# ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP DÒNG TIỀN XÁC SUẤT TRONG PHÂN TÍCH TÀI CHÍNH DỰ ÁN ĐẦU TƯ KHI XÉT ĐẾN YẾU TỐ BẤT ĐỊNH

Nguyễn Tuấn Anh<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>*Khoa Kinh tế & Quản lý Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

*Nhận ngày 12/05/2021, Sửa xong 15/06/2021, Chấp nhận đăng 16/06/2021*

---

## Tóm tắt

Hiện nay, khi phân tích tài chính dự án đầu tư xét đến các yếu tố bất định và rủi ro, các phương pháp truyền thống, như phân tích độ nhạy, phân tích kịch bản, cây quyết định và mô phỏng Monte Carlo, được sử dụng phổ biến. Tuy nhiên, các phương pháp nêu trên, phần nhiều dựa trên tính toán tất định (Deterministic calculation), đều thể hiện những nhược điểm khiến việc áp dụng có những hạn chế nhất định. Bài báo này, trước tiên, phân tích các ưu nhược điểm điển hình của các phương pháp phổ biến này, sau đó, giới thiệu nội dung của phương pháp dòng tiền xác suất (Probabilistic cash flow approach). Bài báo áp dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết, bao gồm tổng hợp và kế thừa nghiên cứu đã có từ sách, bài báo khoa học; kết với so sánh, phân tích (định tính và định lượng) và suy luận logic. Qua phân tích chi tiết cách thức áp dụng của phương pháp dòng tiền xác suất kết hợp với ví dụ minh họa khi tính toán giá trị hiện tại hiệu số thu chi NPV của dự án, bài báo thể hiện đây là phương pháp mang lại kết quả trực quan, yêu cầu không quá phức tạp về kiến thức toán học trong phân tích rủi ro, và thể hiện sự phù hợp trong việc áp dụng khi phân tích tài chính dự án xét đến các yếu tố bất định.

*Từ khóa:* dòng tiền xác suất; phân tích tài chính; dự án đầu tư; bất định; rủi ro.

APPLICATION OF PROBABILISTIC CASH FLOW APPROACH IN FINANCIAL APPRAISAL OF INVESTMENT PROJECTS IN UNCERTAINTY

## Abstract

When analyzing investment project appraisal in uncertainty and risks, traditional methods, such as sensitivity analysis, scenario analysis, decision trees, Monte Carlo simulation, are commonly used. However, the above methods, based on deterministic calculation, present disadvantages that show certain limitations in their applications. This paper, firstly, analyzes the typical advantages and disadvantages of the above methods and then introduces the application of the Probabilistic cash flow approach. The applied research methodologies include literature reviewing from previously published books/papers, comparing, qualitative and quantitative analyzing, and logical thinking. Through analyzing the application of the proposed approach in calculating the Probabilistic Net Present Value NPV by illustrating in an indicative example, the paper shows that the proposed approach is straightforward, requires minimum math knowledge in risk analysis, and demonstrates its suitability in the financial appraisal of investment projects in uncertainty.

*Keywords:* probabilistic cash flow; financial appraisal; investment project; uncertainty; risk.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15\(3V\)-16](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15(3V)-16) © 2021 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

---

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [anhnt3@nuce.edu.vn](mailto:anhnt3@nuce.edu.vn) (Anh, N. T.)

## 1. Giới thiệu

Phân tích hiệu quả dự án đầu tư luôn được gắn liền với phân tích rủi ro và bất định. Rủi ro của dự án đầu tư là một loạt các biến cố xảy ra ngẫu nhiên tác động tiêu cực hoặc tích cực lên hiệu quả đầu tư, sai lệch với tính toán dự kiến ban đầu [1]. Sự sai lệch này xuất phát từ các tình huống bất định (không chắc chắn) [1–3]. Sự bất định đến từ việc người phân tích thiếu thông tin và thiếu hiểu biết để dự báo giá trị các yếu tố đầu vào và đầu ra trong phân tích dự án. Hiện nay, khi phân tích tài chính dự án đầu tư xét đến các yếu tố bất định và rủi ro, các phương pháp truyền thống, như phân tích độ nhạy, phân tích kịch bản, cây ra quyết định và mô phỏng Monte Carlo, được sử dụng phổ biến [1, 4–8]. Tuy nhiên, các phương pháp nêu trên đều thể hiện những nhược điểm khiến việc áp dụng có những hạn chế nhất định. Cụ thể, hai phương pháp đầu (phân tích độ nhạy và phân tích kịch bản) dựa trên tính toán tất định (hay xác định) (Deterministic calculation), có nghĩa là các kết quả tính toán và phân tích được thể hiện bằng con số cụ thể, không đòi hỏi tính toán xác suất xảy ra các biến cố ngẫu nhiên [1, 7, 8]. Hai phương pháp sau (cây quyết định và mô phỏng), mặc dù gắn với tính toán dự báo xác suất xảy ra của các biến cố ngẫu nhiên, tuy nhiên độ phức tạp và thời gian tính toán thường yêu cầu lớn, và thiếu sự thể hiện mối liên hệ giữa các biến số bất định đầu vào [5–7, 9]. Bài báo này, trước hết, phân tích các đặc điểm, ưu nhược điểm của các phương pháp đánh giá hiệu quả tài chính dự án đầu tư xét đến yếu tố bất định phổ biến hiện nay (nêu trên) và chỉ ra yêu cầu cần phát triển một phương pháp khác phát huy các ưu điểm nổi bật và hạn chế nhược điểm của các phương pháp truyền thống đó. Phương pháp mà bài báo đề cập đó là phương pháp dòng tiền xác suất (Probabilistic cash flow approach) [7, 10–12]. Qua phân tích chi tiết cách thức áp dụng của phương pháp dòng tiền xác suất kết hợp với ví dụ minh họa khi tính toán giá trị hiện tại hiệu số thu chi NPV của dự án, bài báo thể hiện đây là phương pháp mang lại kết quả trực quan, yêu cầu không quá phức tạp về kiến thức toán học trong phân tích rủi ro và bất định, thêm vào đó, nó thể hiện sự phù hợp trong việc áp dụng khi phân tích tài chính dự án xét đến các yếu tố bất định.

Bài báo được kết cấu như sau. Mục 2 phân tích đặc điểm, ưu nhược điểm của các phương pháp sử dụng phổ biến hiện nay. Mục 3 nêu bản chất và cách thức áp dụng phương pháp dòng tiền xác suất. Mục 4, một ví dụ tính toán cụ thể được đề cập, phản ánh kết quả trực quan của chỉ tiêu đánh giá hiệu quả tài chính dự án (giá trị NPV) qua phương pháp dòng tiền xác suất. Tại mục 5, bài báo phân tích sâu thêm vào sự thay đổi giá trị kỳ vọng và phương sai của giá trị NPV khi thay đổi các yếu tố bất định đầu vào, sau đó thảo luận các quy luật biến thiên trong tính toán xác suất bất định của phương pháp dòng tiền xác suất. Bài báo kết thúc bằng các kết luận và đánh giá về sự phù hợp trong việc áp dụng phương pháp dòng tiền xác suất trong phân tích tài chính dự án đầu tư khi xét đến các yếu tố bất định, và đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo.

## 2. Các phương pháp phổ biến xét tới rủi ro và bất định

Hiện nay, khi phân tích tài chính dự án đầu tư xét đến các yếu tố bất định và rủi ro, các phương pháp truyền thống được sử dụng phổ biến có thể kể đến như: phân tích độ nhạy, phân tích kịch bản, cây quyết định và mô phỏng Monte Carlo [1, 4–8]. Đặc điểm của các phương pháp này như sau:

### - Phân tích độ nhạy của dự án (*Sensitivity analysis*)

Độ nhạy của dự án thể hiện qua mức độ thay đổi của các chỉ tiêu hiệu quả tài chính dự án như: Giá trị hiện tại dòng tiền hiệu số thu chi NPV; Suất thu lợi nội tại IRR; Tỷ số thu chi BCR... khi các yếu tố đầu vào thay đổi theo chiều hướng bất lợi so với tình trạng dự kiến ban đầu [1–4, 13]. Các yếu tố đầu vào ảnh hưởng tới chỉ tiêu hiệu quả tài chính dự án có rất nhiều, tuy nhiên các yếu tố chính có

thể kể đến như: doanh số, giá bán sản phẩm, doanh thu, chi phí nguyên vật liệu, giá nhân công, năng lượng... Trước tiên, các yếu tố này sẽ được lượng hóa thay đổi với một tỷ lệ % nào đó theo hướng bất lợi, ví dụ giảm các yếu tố lợi ích như giảm doanh thu, giá bán, doanh số; hay tăng các yếu tố chi phí như tăng chi phí cấu thành chi phí vận hành. Việc tính toán có thể tiến hành riêng rẽ cho từng yếu tố hoặc kết hợp một vài yếu tố. Sau đó, chỉ tiêu hiệu quả được tính toán lại và ghi nhận sự thay đổi. Nếu dự án vẫn thể hiện tính đáng giá ở chỉ tiêu hiệu quả đang xét thì nó được coi là có tính an toàn cao trước yếu tố bất định. Còn lại, độ nhạy dự án phản ánh qua sự thay đổi các chỉ tiêu hiệu quả càng nhỏ càng an toàn. Phương pháp phân tích độ nhạy được sử dụng rất phổ biến trong phân tích an toàn tài chính dự án đầu tư [1, 8, 14, 15].

- *Phân tích kịch bản (Scenario analysis)*

Điểm giống của phân tích kịch bản so với phân tích độ nhạy là cả hai phân tích này cùng đánh giá sự thay đổi của chỉ tiêu hiệu quả dự án khi thay đổi yếu tố đầu vào. Tuy nhiên, điểm khác biệt là phân tích kịch bản sẽ xem xét và đánh giá sự thay đổi của nhiều hoặc tất cả các yếu tố đầu vào qua việc xây dựng các kịch bản phát triển dự án [7, 8, 15]. Thông thường, người phân tích sẽ nêu 3 kịch bản: kịch bản cơ sở (trạng thái trung bình của biến số đầu vào hoặc dễ xảy ra nhất), kịch bản bi quan (trạng thái cực đoan khi thay đổi các biến số đầu vào) và kịch bản lạc quan (trạng thái thay đổi tích cực của biến số đầu vào). Chỉ tiêu hiệu quả tài chính của dự án sau đó được xem xét tính toán theo 3 kịch bản này. Việc phân tích kịch bản cho thấy các kết quả cả tích cực và tiêu cực khả năng sẽ xảy đến với dự án [8, 16].

- *Phân tích cây quyết định (Decision tree analysis)*

Phân tích cây quyết định được đánh giá là công cụ hiệu quả hỗ trợ việc ra quyết định đầu tư trong các tình huống bất định. Cây quyết định có kết cấu mô hình theo kiểu nhánh cây, thể hiện trực quan mỗi quyết định và các hệ quả tác động kéo theo từ quyết định đó [5, 6, 9]. Trong phương pháp này, mỗi điểm nút (gắn với trường hợp cụ thể của các yếu tố bất định) sẽ thể hiện xác suất khả năng xuất hiện và độ lớn giá trị chỉ tiêu hiệu quả dự án. Các nhánh cây hình thành nên các điểm nút tiếp theo thông thường được tính toán theo trung bình gia quyền của giá trị tại các nút và nhánh trước đó [5, 6, 15]. Rõ ràng, công cụ này cung cấp cho người phân tích và chủ thể quản lý một bức tranh trực quan về các hệ quả có thể xảy đến của những quyết định mà họ đang đối mặt. Từ đó, các biện pháp quản lý có thể được xây dựng để phòng ngừa và kiểm soát rủi ro gây nên từ các yếu tố bất định [14–16]. Cây quyết định có thể kết hợp với xác suất để mô tả các tình huống tiềm năng, tuy nhiên nó không nêu được sự lựa chọn theo hướng nào nên được thực hiện.

- *Mô phỏng Monte Carlo (Monte Carlo simulation)*

Phương pháp mô phỏng nói chung và phương pháp mô phỏng Monte Carlo nói riêng được sử dụng rất phổ biến khi các nhà phân tích tính toán xét đến rủi ro và yếu tố bất định của dự án đầu tư [6, 9, 17, 18]. Phương pháp này, trước tiên, chọn những đại lượng của các yếu tố đầu vào đại diện cho những biến ngẫu nhiên và xây dựng đồ thị phân phối xác suất cho những biến này. Tiếp theo, các hàm mục tiêu của hiệu quả đầu tư, ví dụ như NPV, IRR, BCR... , được mô hình hóa theo các phân phối xác suất của đại lượng được chọn [1, 5, 6]. Các công cụ phần mềm máy tính, ví dụ như Microsoft Excel, Crystal Ball, SPSS, MatLab... , được sử dụng để thực hiện quá trình (lên đến nhiều nghìn lần) của việc lấy những giá trị bất kỳ trên phân phối xác suất của biến ngẫu nhiên rồi tính toán hàm mục tiêu. Từ đó, phân phối xác suất của hàm mục tiêu được xác định đặc trưng bởi các thông số: giá trị kỳ vọng, phương sai, độ lệch chuẩn, min, max, hệ số phân tán. Tuy nhiên, quá trình mô phỏng này đòi

hỏi nhiều thời gian và chi phí, kết quả và quá trình tính toán không tường minh và không thể hiện mối liên hệ tương tác giữa các biến số ngẫu nhiên đầu vào [6, 7, 16].

Đặc điểm về ưu nhược điểm của các phương pháp trên được tổng hợp vào Bảng 1.

Bảng 1. So sánh các phương pháp phổ biến

	Ưu điểm	Nhược điểm
Phân tích độ nhạy	Tường minh trong tính toán. Dễ thực hiện. Không cần dự đoán xác suất. Nhận diện được nhân tố ảnh hưởng lớn tới hiệu quả/độ nhạy dự án.	Không mô tả mối liên hệ tương tác giữa các biến. Không gắn với xác suất tính toán.
Phân tích kịch bản	Tường minh trong tính toán. Dễ thực hiện. Không cần dự đoán xác suất. Xét thay đổi nhiều yếu tố và mối liên hệ tương tác.	Không thể hiện xác suất hệ quả của mỗi kịch bản. Sự liên hệ tương tác giữa các biến bị giới hạn theo kịch bản.
Cây quyết định	Mô hình trực quan các chuỗi hệ quả của quyết định. Xét đến xác suất xảy ra của các sự kiện gắn với quyết định. Hỗ trợ cho việc ra quyết định	Cần tính toán ước lượng xác suất. Cần nhiều thời gian và chi phí để mô hình hóa cây quyết định. Khó thể hiện mối liên hệ tương tác của các biến.
Mô phỏng Monte Carlo	Xét đến phân phối xác suất của biến số đầu vào và hàm mục tiêu. Xét được nhiều yếu tố bất định.	Quá trình mô phỏng không tường minh, khó hiểu với nhà quản lý. Cần tính toán ước lượng xác suất. Yêu cầu nhiều thời gian và chi phí để thực hiện mô phỏng. Khó thể hiện mối liên hệ tương tác của các biến.

Như vậy, phương pháp phân tích độ nhạy và phân tích kịch bản nêu trên đều có nhược điểm nổi bật đó là sự thiếu khả năng có thể xét đến phân phối xác suất của biến số đầu vào và/hoặc thể hiện phân phối xác suất của chỉ tiêu hiệu quả dự án đầu ra. Trong khi đó, phương pháp mô phỏng Monte Carlo thể hiện cách tính toán thiếu tính trực quan và không tường minh với các nhà quản lý. Thêm vào đó, việc thể hiện mối liên hệ tương tác giữa các biến cũng là vấn đề hạn chế, không được đề cập của các phương pháp nêu trên. Tuy nhiên, mối liên hệ tương tác giữa các biến lại được thể hiện qua trị số hiệp phương sai và hệ số tương quan như trong phương pháp dòng tiền xác suất sẽ trình bày tại Mục 3.

Bài báo này, sau đây, giới thiệu và áp dụng phương pháp dòng tiền xác suất trong tính toán giá trị NPV dự án đầu tư xét đến yếu tố bất định. Phương pháp này trước hết phát huy các ưu điểm đã trình bày nêu trên từ các phương pháp phổ biến; ngoài ra, phương pháp này còn hạn chế các nhược điểm, mang lại kết quả trực quan, yêu cầu không nhiều về kiến thức toán học trong phân tích rủi ro, và thể hiện sự phù hợp trong việc áp dụng trong phân tích tài chính dự án xét đến các yếu tố bất định.

### 3. Phương pháp dòng tiền xác suất

Khác với tính toán tất định hiệu quả dự án đầu tư (Deterministic calculation - biểu diễn kết quả chỉ tiêu NPV bằng con số cụ thể), phương pháp dòng tiền xác suất (Probabilistic cash flow) thực hiện tính toán xác suất bất định (Probabilistic calculation). Phương pháp này lấy ý tưởng từ các phép toán của hàm phân phối xác suất [19–22], và được phát triển bởi GS David Carmichael cùng nhóm cộng sự tại Đại học New South Wales, Úc (từ năm 2011) ứng dụng cho phân tích quyền chọn (Option Analysis) và phân tích chi phí vòng đời LCC (Life Cycle Costing) [17, 18, 23]. Tác giả bài báo (thành viên nhóm nghiên cứu của ông) tiếp tục phát triển phương pháp nhằm giúp áp dụng phù hợp với phân tích hiệu quả tài chính dự án đầu tư xét đến yếu tố bất định [10–12, 17, 18, 23]. Trong phương pháp dòng tiền xác suất, tính bất định của các chỉ tiêu được tính toán và thể hiện qua hai tham số:  $E[ ]$  là giá trị kỳ vọng (Expected value), và  $Var[ ]$  là phương sai (Variance). Trong một số trường hợp, ký hiệu  $SD[ ]$  được sử dụng, ám chỉ độ lệch chuẩn của biến số (Standard Deviation). Độ lệch chuẩn  $SD$  tính bằng căn bậc hai của phương sai, tức là  $SD[ ] = \sqrt{Var[ ]}$ .

Dòng tiền hiệu số thu chi tại mỗi thời đoạn  $t, t = 0, 1, 2, \dots, n$ , là hiệu số của dòng tiền thu  $B_t$  (dòng lợi ích) và dòng tiền chi  $C_t$  (dòng chi phí),  $X_t = B_t - C_t$ . Như vậy,  $E[X_t]$  và  $Var[X_t]$  tương ứng là giá trị kỳ vọng và phương sai của dòng tiền hiệu số thu chi tại thời đoạn  $t, X_t, t = 0, 1, 2, \dots, n$ .

$$E[X_t] = E[B_t] - E[C_t] \quad (1)$$

$$Var[X_t] = Var[B_t] + Var[C_t] - 2 \cdot Cov[B_t, C_t] \quad (2)$$

trong đó  $Cov[B_t, C_t]$  là hiệp phương sai (Covariance) của  $B_t$  và  $C_t$ . Ngoài ra, phương sai của dòng tiền hiệu số thu chi tại thời đoạn  $t, Var[X_t]$ , có thể được biểu diễn qua hệ số tương quan  $\rho_{BC}$  và phương sai từng biến,  $Var[B_t]$  và  $Var[C_t]$ , như sau:

$$Var[X_t] = Var[B_t] + Var[C_t] - 2\rho_{BC} \sqrt{Var[B_t]} \sqrt{Var[C_t]} \quad (3)$$

trong đó  $\rho_{BC}$  là hệ số tương quan giữa  $B_t$  và  $C_t$ .

Hệ số tương quan sẽ có giá trị trong khoảng  $-1$  đến  $+1$ . Với hệ số tương quan âm,  $B_t$  và  $C_t$  có mối quan hệ nghịch biến (Nghịch biến tuyệt đối khi giá trị hệ số tương quan bằng  $-1$ ). Ngược lại, với hệ số tương quan dương,  $B_t$  và  $C_t$  có mối quan hệ đồng biến (Đồng biến tuyệt đối khi giá trị hệ số tương quan bằng  $+1$ ). Thêm vào đó, với hệ số tương quan bằng  $0$ , hai biến  $B_t$  và  $C_t$  độc lập với nhau.

Ngoài ra, trong trường hợp tổng quát, giá trị  $B_t$  và  $C_t$  có thể tổng hợp từ nhiều khoản mục (thành phần) lợi ích và chi phí. Ví dụ như:  $B_t = a_{t1} \cdot Z_{t1} + a_{t2} \cdot Z_{t2} + \dots + a_{tm} \cdot Z_{tm}$ , trong đó  $Z_{tp}$  là khoản mục (thành phần) thứ  $p$  của dòng lợi ích tại thời đoạn  $t, t = 0, 1, 2, \dots, n, p = 1, 2, \dots, m$ .  $a_{tp}$  là hằng số. Diễn giải chi tiết của việc xác định  $E[B_t]$  và  $Var[B_t]$  được trình bày trong phần Phụ lục A.

Thêm vào đó, giá trị kỳ vọng  $E[ ]$  và phương sai  $Var[ ]$  có thể được dự tính theo nhiều cách khác nhau mà người phân tích cho là phù hợp. Tuy nhiên, một cách khá đơn giản và phổ biến để tính toán giá trị kỳ vọng và phương sai của biến số từ các dự tính ban đầu đó là dự toán 3 điểm (PERT) [7, 12, 17]. Trình bày tại Phụ lục B.

Chiết khấu dòng tiền hiệu số thu chi về hiện tại thu được chỉ tiêu giá trị hiện tại dòng tiền hiệu số thu chi NPV [1, 4, 7, 15, 16, 24, 25], với  $n$  là thời gian phân tích dự án và  $r$  là lãi suất chiết khấu.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{X_t}{(1+r)^t} \quad (4)$$

Khi xét đến giá trị kỳ vọng và phương sai của dòng tiền hiệu số thu chi,  $X_t$ , ta có giá trị kỳ vọng và phương sai của NPV,  $E[NPV]$  và  $Var[NPV]$ , như sau [7, 12, 17]:

$$E[NPV] = \sum_{t=0}^n \frac{E[X_t]}{(1+r)^t} \quad (5)$$

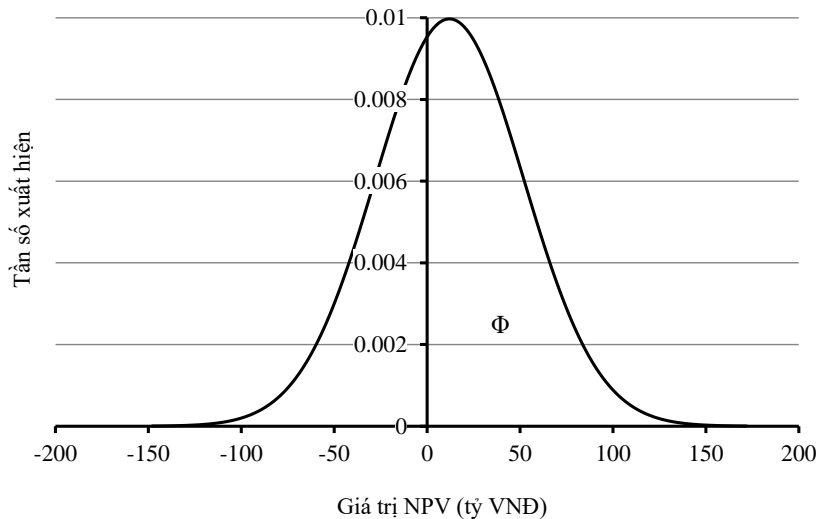
$$Var[NPV] = \sum_{t=0}^n \frac{Var[X_t]}{(1+r)^{2t}} + 2 \sum_{t=0}^{n-1} \sum_{k=t+1}^n \frac{Cov[X_t, X_k]}{(1+r)^{t+k}} \quad (6)$$

Tương tự, phương sai của giá trị hiện tại dòng tiền hiệu số thu chi,  $Var[NPV]$ , có thể được biểu diễn qua hệ số tương quan  $\rho_{tk}$  và phương sai từng biến,  $Var[X_t]$  và  $Var[X_k]$ , như sau:

$$Var[NPV] = \sum_{t=0}^n \frac{Var[X_t]}{(1+r)^{2t}} + 2 \sum_{t=0}^{n-1} \sum_{k=t+1}^n \frac{\rho_{tk} \sqrt{Var[X_t]} \sqrt{Var[X_k]}}{(1+r)^{t+k}} \quad (7)$$

trong đó  $\rho_{tk}$  là hệ số tương quan giữa  $X_t$  và  $X_k$ , trong đó  $k$  là thời đoạn liền sau  $t : k = t + 1$ .

Ngay khi tính toán giá trị kỳ vọng và phương sai của dòng tiền hiệu số thu chi tại thời đoạn  $t$ ,  $E[X_t]$  và  $Var[X_t]$ , người phân tích đã giả định hai tham số này sẽ đại diện cho một phân phối xác suất được chọn. Phân phối này có thể là bất cứ phân phối xác suất nào mà người phân tích cho rằng nó phù hợp với tính biến động của dòng tiền, tuy nhiên, phân phối thường (phân phối Gauss hay phân phối hình chuông) là phân phối được sử dụng rộng rãi [7, 10, 12, 22]. Các phép toán biến đổi tại các công thức nêu trên đều là cộng trừ tuyến tính các phân phối xác suất thường, do vậy kết quả phân phối xác suất của giá trị hiện tại dòng tiền hiệu số thu chi NPV cũng là phân phối thường, đặc trưng bởi giá trị kỳ vọng và phương sai,  $E[NPV]$  và  $Var[NPV]$ . Ví dụ hình chuông đặc trưng của phân phối thường (phân phối Gauss) được biểu diễn qua giá trị kỳ vọng và phương sai của NPV qua Hình 1.



Hình 1. Ví dụ giá trị NPV tính toán theo phương pháp dòng tiền xác suất

Trong Hình 1, phần diện tích nằm dưới đường cong hình chuông và bên phải trục tung ( $NPV = 0$ ), ký hiệu là  $\Phi$ , biểu diễn xác suất xảy ra của giá trị NPV dương ( $NPV \geq 0$ ). Ngược lại, phần diện tích nằm bên trái trục tung, với độ lớn là  $1 - \Phi$ , thể hiện xác suất xảy ra của NPV âm ( $NPV < 0$ ). Để tính



toán phần diện tích  $\Phi$  này, có 2 cách có thể áp dụng. Cách thứ nhất, sử dụng hàm số phân phối xác suất của phân phối tương ứng, trong trường hợp phân phối thường thể hiện qua công thức (8) dưới đây

$$\Phi = \int_0^{+\infty} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (8)$$

trong đó  $a$  và  $\sigma$  tương ứng là giá trị kỳ vọng và độ lệch chuẩn của biến số dòng tiền xác suất.

Cách thứ hai (cách tính gần đúng), chia nhỏ phần diện tích  $\Phi$  thành các hình chữ nhật nhỏ theo phương đứng và sau đó cộng gộp phần diện tích này. Chiều rộng của hình chữ nhật này theo phương trục hoành với độ lớn càng nhỏ thì sai số tính toán càng thấp. Chiều dài hình chữ nhật có độ lớn tương ứng theo tung độ của hàm mật độ xác suất Probability Density Function PDF (đường cong phân phối xác suất) [10, 12, 17].

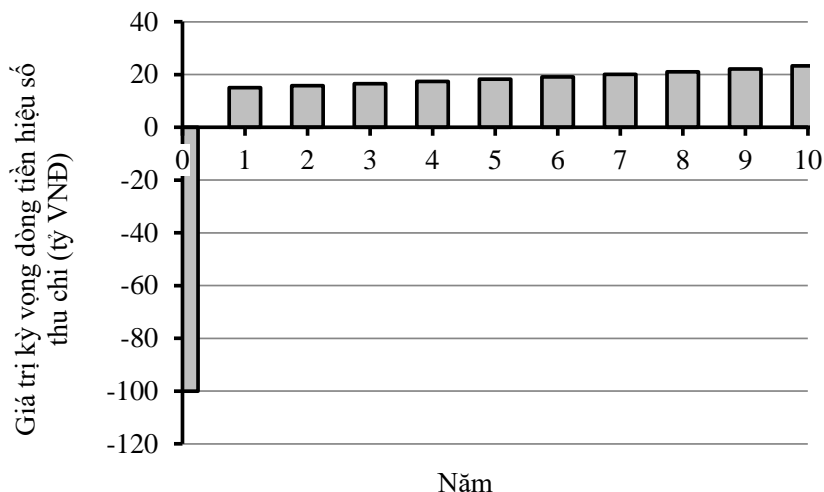
Đối với tính toán tất định (giá trị tính toán thể hiện bằng con số cụ thể), giá trị NPV mang lại kết quả trực quan, thể hiện kết luận về tính đáng giá của phương án đầu tư qua giá trị NPV dương hoặc âm. Dự án đầu tư được coi là đáng giá khi NPV lớn hơn hoặc bằng 0 [1, 4, 14–16, 26]. Đối với phương pháp dòng tiền xác suất, giá trị NPV (thể hiện trong Hình 1) mang hình dáng hàm mật độ xác suất của các tham số lựa chọn ban đầu. Nó thường bao gồm cả hai phần bên trái và bên phải trục tung (thể hiện NPV dương hoặc âm) với xác suất tương ứng. Tùy vào độ lớn của phần diện tích  $\Phi$  có thể kết luận về xác suất lớn hay nhỏ đảm bảo tính đáng giá của phương án đầu tư. Đặc biệt, nếu  $\Phi = 0,5$ , kết quả giá trị NPV thể hiện đúng bằng giá trị tính toán qua giá trị kỳ vọng trong trường hợp tính toán tất định. Giá trị  $\Phi$  càng lớn và gần 1 càng thể hiện xác suất cao đảm bảo tính đáng giá của phương án đầu tư.

#### 4. Ví dụ tính toán

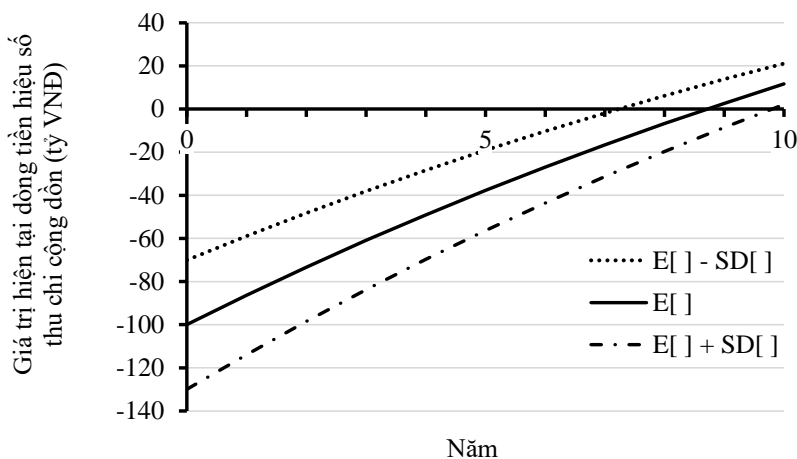
Bài báo diễn giải cách áp dụng phương pháp dòng tiền xác suất để tính toán cho ví dụ về một phương án đầu tư dưới đây. Chi phí đầu tư ban đầu có giá trị kỳ vọng là 100 (tỷ VNĐ), với độ lệch chuẩn dự tính bằng 30% của giá trị kỳ vọng. Như vậy,  $E[C_0] = 100$  tỷ VNĐ,  $\text{Var}[C_0] = (30)^2$  (tỷ VNĐ)<sup>2</sup>. Khoản chi phí năm đầu tiên có giá trị kỳ vọng là 5 (tỷ VNĐ), với độ lệch chuẩn dự tính bằng 25% của giá trị kỳ vọng:  $E[C_1] = 5$  (tỷ VNĐ),  $\text{Var}[C_1] = (1,25)^2$  (tỷ VNĐ)<sup>2</sup>. Khoản lợi ích năm đầu tiên có giá trị kỳ vọng là 20 (tỷ VNĐ), với độ lệch chuẩn dự tính bằng 20% của giá trị kỳ vọng:  $E[B_1] = 20$  (tỷ VNĐ),  $\text{Var}[B_1] = (4)^2$  (tỷ VNĐ)<sup>2</sup>. Khoản lợi ích và chi phí dự kiến tăng 5% mỗi năm. Dự án sẽ khai thác vận hành trong 10 năm. Lãi suất tối thiểu chấp nhận được là 10%/năm. Các giả định trên đây đều mang tính minh họa để nhằm mô tả các tham số dòng tiền của một dự án đầu tư phổ biến. Giả định này (tăng hoặc giảm các tham số) hoàn toàn có thể thay đổi theo từng trường hợp và tùy biến theo cách dự tính của người phân tích. Tuy nhiên, bản chất của phương pháp tính là không thay đổi.

Để so sánh với tính toán theo phương pháp dòng tiền xác suất, trước tiên, bài báo mô tả cách tính toán tất định (xác định) thông thường. Theo tính toán tất định, dòng tiền hiệu số thu chi của phương án đầu tư sẽ được tính toán với một giá trị cụ thể, thường lấy theo giá trị kỳ vọng (giá trị mà theo người phân tích dự báo là dễ xảy ra nhất) và không xét đến độ lệch chuẩn và phương sai. Do vậy, dòng tiền hiệu số thu chi của ví dụ nêu trên, tính toán theo giá trị kỳ vọng, sẽ có dạng điển hình như Hình 2.

Giá trị NPV được tính toán bằng cách tính cộng dồn giá trị chiết khấu dòng tiền hiệu số thu chi về hiện tại với lãi suất tối thiểu chấp nhận được [1, 4, 7, 15, 16]. Để biểu diễn trực quan về độ lệch chuẩn, Hình 3 mô tả giá trị hiện tại dòng tiền hiệu số thu chi cộng dồn cho 3 trường hợp: giá trị kỳ vọng và giá trị kỳ vọng trừ và cộng độ lệch chuẩn tính toán.



Hình 2. Giá trị kỳ vọng dòng tiền hiệu số thu chi



Hình 3. Giá trị hiện tại dòng tiền hiệu số thu chi cộng dồn

Đường liền nét (Hình 3) biểu diễn trường hợp giá trị cộng dồn theo giá trị kỳ vọng ( $E[X]$ ). Đường chấm và đứt nét biểu diễn trường hợp giá trị cộng dồn theo giá trị kỳ vọng trừ và cộng độ lệch chuẩn tính toán tương ứng:  $E[X] - SD[X]$  và  $E[X] + SD[X]$ . Như vậy, giá trị NPV (giá trị cộng dồn tại năm thứ 10) cho cả 3 trường hợp này tương ứng là 21,1; 11,6 và 2,1 (tỷ VNĐ). Đây là cách biểu diễn theo tính toán tất định: giá trị NPV mang lại các con số cụ thể theo các trường hợp đang xét tương ứng. Việc tính toán theo phương pháp phân tích độ nhạy và phân tích kịch bản cũng có cùng nguyên tắc này.

Với phương pháp dòng tiền xác suất, giá trị kỳ vọng và phương sai của dòng tiền hiệu số thu chi,  $E[X_t]$  và  $Var[X_t]$ , được tính toán theo công thức (1) và (2) và/hoặc (3). Tại đây, giả sử biến số  $B_t$  và  $C_t$  là đồng biến tuyệt đối, tức là khi lợi ích tăng/giảm đến cực đại hoặc cực tiểu thì chi phí cũng tăng/giảm tương ứng. Khi đó,  $\rho_{BC} = 1$ . Kết quả tính toán giá trị kỳ vọng và phương sai của dòng tiền hiệu số thu chi,  $E[X_t]$  và  $Var[X_t]$ , cho từng năm cụ thể được thể hiện tại Bảng 2. Ghi chú: đơn vị trong bảng tính của  $E[X]$  là tỷ VNĐ, và của  $Var[X]$  là tỷ VNĐ<sup>2</sup>.

Giá trị kỳ vọng và phương sai của NPV,  $E[NPV]$  và  $Var[NPV]$ , được tính toán theo công thức (5)



Bảng 2. Tính toán giá trị dòng tiền

	Năm										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$E[B_t]$	0	20,0	21,0	22,1	23,2	24,3	25,5	26,8	28,1	29,5	31,0
$\text{Var}[B_t]$	0	16,0	17,6	19,4	21,4	23,6	26,1	28,7	31,7	34,9	38,5
$E[C_t]$	100	5,0	5,3	5,5	5,8	6,1	6,4	6,7	7,0	7,4	7,8
$\text{Var}[C_t]$	900	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8
$E[X_t]$	-100	15,0	15,8	16,5	17,4	18,2	19,1	20,1	21,1	22,2	23,3
$\text{Var}[X_t]$	900	7,6	8,3	9,2	10,1	11,2	12,3	13,6	15,0	16,5	18,2

và (6) và/hoặc (7). Tại đây theo công thức (6) và (7), giả sử biến số  $X_t$  và  $X_k$  là đồng biến tuyệt đối, tức là khi dòng tiền hiệu số thu chi tại thời đoạn  $t$  tăng/giảm đến cực đại hoặc cực tiểu thì dòng tiền hiệu số thu chi tại thời đoạn  $k(k = t + 1)$  cũng tăng/giảm tương ứng. Khi đó,  $\rho_{tk} = 1$ . Sau khi chiết khấu về hiện tại, ta thu được giá trị kỳ vọng và phương sai của NPV:  $E[\text{NPV}] = 11,6$  (tỷ VNĐ) và  $\text{Var}[\text{NPV}] = (40,57 \text{ tỷ VNĐ})^2$ . Để nhận thấy, tính toán tất định sẽ trùng khớp với kết quả của tính toán dòng tiền xác suất với giá trị kỳ vọng, tức là  $\text{NPV} = 11,6$  (tỷ VNĐ).

Hàm phân phối xác suất của giá trị NPV đặc trưng bởi giá trị kỳ vọng và phương sai này,  $E[\text{NPV}] = 11,6$  (tỷ VNĐ) và  $\text{Var}[\text{NPV}] = (40,57 \text{ tỷ VNĐ})^2$ , sẽ có dạng theo Hình 1. Các phần mềm tính toán phân phối xác suất hiện nay, ví dụ như Microsoft Excel, Crystal Ball, MatLab. . . , đều có thể sử dụng để vẽ hàm phân phối xác suất này. Hình 1 là kết quả tính toán từ phần mềm văn phòng thông dụng Microsoft Excel 2016. Khi đó, diện tích  $\Phi$  bằng 0,52, tức là 52% xác suất NPV của phương án đầu tư sẽ có giá trị NPV dương.

## 5. Phân tích thảo luận

Bài báo tiếp tục đánh giá sự thay đổi của giá trị kỳ vọng và phương sai của NPV khi độ lệch chuẩn của các biến số đầu vào,  $B_t$  và  $C_t$ , thay đổi, dựa trên số liệu của ví dụ nêu tại mục 4. Việc đánh giá này cho thấy các quy luật biến thiên của hàm phân phối xác suất chỉ tiêu hiệu quả NPV khi các yếu tố đầu vào thay đổi. Các trường hợp phân tích dưới đây bao gồm:

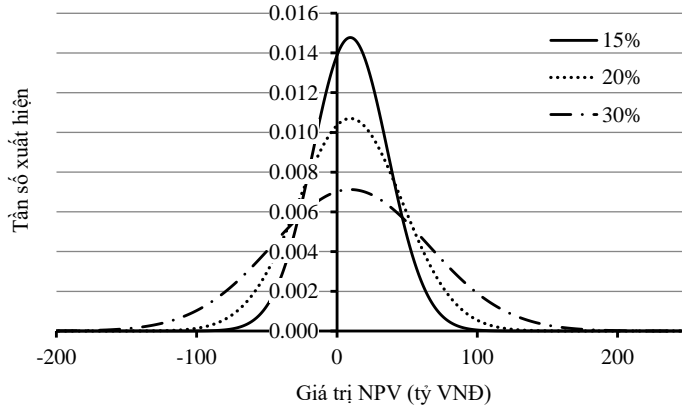
- Thay đổi độ lệch chuẩn của các biến số đầu vào;
- Thay đổi giá trị kỳ vọng của dòng lợi ích theo chiều hướng bất lợi;
- Đánh giá giá trị  $\Phi$  theo độ lệch chuẩn của biến số đầu vào.

### 5.1. Thay đổi độ lệch chuẩn của các biến số đầu vào

Trường hợp này giữ nguyên giá trị kỳ vọng của các biến số đầu vào,  $B_t$  và  $C_t$ . Tuy nhiên, độ lệch chuẩn (và phương sai) thay đổi theo 3 trạng thái: độ lệch chuẩn bằng 15%, 20% và 30% của giá trị kỳ vọng tương ứng. Kết quả phân phối xác suất của NPV thay đổi theo Hình 4.

Nhận thấy, khi giữ nguyên giá trị kỳ vọng của các biến số đầu vào,  $B_t$  và  $C_t$ , giá trị kỳ vọng của NPV không đổi:  $E[\text{NPV}] = 11,6$  (tỷ VNĐ), hoành độ nơi có tung độ đạt tần số xuất hiện lớn nhất (đỉnh của hình chuông).

Độ rộng hay độ mảnh của hình chuông biểu thị độ lớn hay nhỏ của giá trị độ lệch chuẩn và phương sai (hay còn gọi là độ phân tán của biến số ngẫu nhiên). Với độ lệch chuẩn của các biến số đầu vào nhỏ (15%), độ lệch chuẩn và phương sai của NPV có giá trị nhỏ, thể hiện qua hình dáng hình chuông

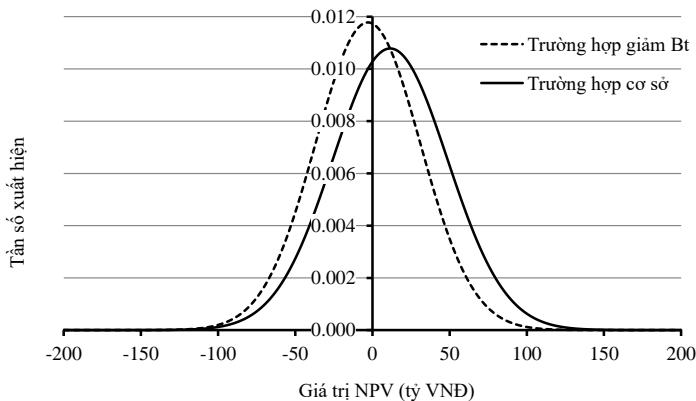


Hình 4. Giá trị NPV thay đổi theo độ lệch chuẩn của biến số (trường hợp cơ sở)

có dạng mảnh, tức là độ phân tán thấp (đường liền nét trong Hình 4). Ngược lại, với độ lệch chuẩn của các biến số đầu vào lớn hơn (30%), độ lệch chuẩn và phương sai của NPV có giá trị lớn, thể hiện qua hình dáng hình chuông có dạng rộng, độ phân tán cao (đường đứt nét trong Hình 4). Xen giữa là độ lệch chuẩn trung bình (20%) của biến số đầu vào, cho giá trị NPV với phân phối xác suất có hình dáng cân đối hơn (đường chấm trong Hình 4).

### 5.2. Thay đổi giá trị kỳ vọng của dòng lợi ích theo chiều hướng bất lợi

Để đánh giá sự thay đổi của giá trị NPV theo chiều hướng bất lợi, ta xét 2 trường hợp: Trường hợp 1 là trường hợp cơ sở với số liệu tương tự như ví dụ nêu trên. Trường hợp 2, giảm giá trị kỳ vọng của  $B_1$  còn 18 (tỷ VNĐ), tức là  $E[B_1] = 18$ , còn các thành phần và tham số khác của dòng tiền giữ nguyên. Độ lệch chuẩn của các biến số đầu vào lấy chung là 20% cho cả 2 trường hợp. Hình 5 thể hiện hàm phân phối xác suất của giá trị NPV thay đổi theo 2 trường hợp.



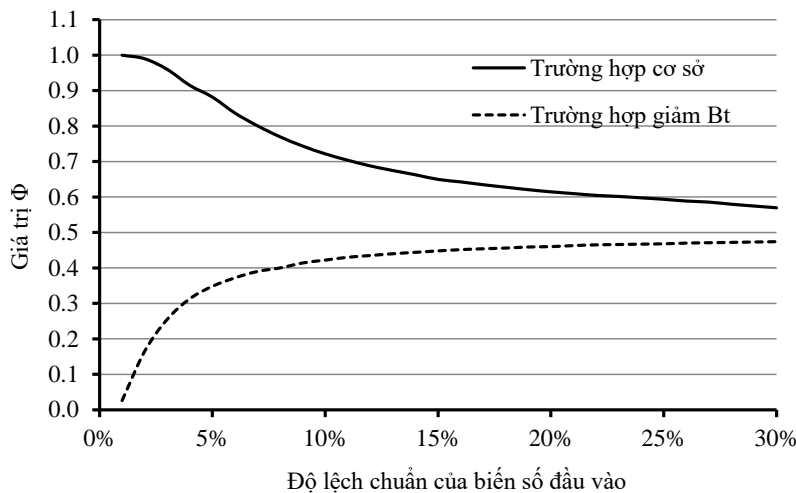
Hình 5. Giá trị NPV thay đổi theo 2 trường hợp

Đối với trường hợp giảm Bt (đường đứt nét Hình 5), giá trị kỳ vọng của NPV giảm thành  $-3,28$  (tỷ VNĐ), tức là  $E[NPV] = -3,28$ . Như vậy, hàm phân phối xác suất của giá trị NPV trong trường hợp này sẽ di chuyển sang bên trái của hàm phân phối xác suất NPV trong trường hợp cơ sở (lệch về phía NPV âm). Độ lệch chuẩn và phương sai (thể hiện qua hình dáng của hàm phân phối xác suất)

của NPV thay đổi không đáng kể. Kết quả là diện tích  $\Phi$  của trường hợp giảm  $B_t$  ( $\Phi_2 = 0,46$ ) nhỏ hơn phần diện tích này trong trường hợp cơ sở ( $\Phi_1 = 0,62$ ). Điều này cho thấy xác suất để NPV dương (thể hiện tính đáng giá của phương án đầu tư) của trường hợp giảm  $B_t$  nhỏ hơn của trường hợp cơ sở. Kết luận này phù hợp nhất quán với tính toán trong trường hợp tất định: giảm dòng lợi ích, giảm giá trị NPV, tương ứng giảm tính đáng giá của dự án.

### 5.3. Đánh giá giá trị $\Phi$ theo độ lệch chuẩn của biến số đầu vào

Như đã phân tích tại mục 3, giá trị  $\Phi$  phản ánh xác suất xảy ra của kết quả NPV dương. Giá trị  $\Phi$  có thể thay đổi tăng hoặc giảm theo độ lệch chuẩn của biến số đầu vào, kết quả được biểu diễn tại Hình 6.



Hình 6. Giá trị  $\Phi$  thay đổi theo độ lệch chuẩn của biến số

Ta thấy, đối với trường hợp cơ sở (trường hợp 1), khi đó  $E[NPV] = 11,6$  (tỷ VNĐ), giá trị  $\Phi$  giảm khi tăng độ lệch chuẩn của các biến số đầu vào. Tuy nhiên giá trị  $\Phi$  vẫn lớn hơn 0,5 (NPV biến thiên xoay quanh giá trị 11,6 và lớn hơn 0); điều này đảm bảo tính đáng giá của kết quả NPV tính toán.

Ngược lại, đối với trường hợp giảm dòng tiền lợi ích  $B_t$  (trường hợp 2), khi đó  $E[NPV] = -3,28$  (tỷ VNĐ), giá trị  $\Phi$  sẽ tăng khi tăng độ lệch chuẩn của các biến số đầu vào. Tuy nhiên, giá trị  $\Phi$  vẫn nhỏ hơn 0,5 (NPV biến thiên xoay quanh giá trị  $-3,28$  và thường nhỏ hơn 0; điều này khẳng định tính đáng giá của phương án đầu tư trường hợp 2 luôn có xác suất thấp hơn của trường hợp 1. Giá trị  $\Phi$  chịu ảnh hưởng lớn từ việc thay đổi các yếu tố bất định. Như vậy, giá trị  $\Phi$  phụ thuộc vào cả hai tham số, giá trị kỳ vọng và độ lệch chuẩn (hoặc phương sai) của các biến số đầu vào.

## 6. Kết luận

Qua việc đánh giá ưu nhược điểm của các phương pháp phổ biến hiện nay (phân tích độ nhạy, phân tích kịch bản, cây quyết định và mô phỏng Monte Carlo) trong đánh giá hiệu quả dự án xét đến yếu tố bất định, bài báo giới thiệu sự áp dụng phương pháp dòng tiền xác suất (Probabilistic cash flow approach). Phương pháp này trước hết khắc phục nhược điểm của phương pháp phân tích độ nhạy và kịch bản nêu trên bao gồm: xét đến phân phối xác suất của các biến số đầu vào, và biểu diễn phân phối xác suất của chỉ tiêu hiệu quả đầu tư đầu ra; thêm vào đó, hạn chế nhược điểm chung của phương

pháp nêu trên qua việc thể hiện mối liên hệ tương quan giữa các biến xác suất. Ngoài ra, phương pháp này còn mang lại kết quả trực quan, yêu cầu không quá phức tạp về kiến thức toán học trong phân tích rủi ro, thể hiện sự ưu việt hơn so với tính toán tất định và chứng tỏ sự phù hợp trong việc áp dụng khi phân tích tài chính dự án xét đến các yếu tố bất định. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp dòng tiền xác suất (tương tự như các phương pháp xét đến sự bất định và rủi ro) đó là yêu cầu phải tính toán lượng hóa xác suất của biến số đầu vào. Điều này đòi hỏi người phân tích phải am hiểu về biến số để đưa ra phân phối xác suất phù hợp. Ngoài ra, khối lượng tính toán sẽ tăng lên và phức tạp hơn khi các phép toán (tính chiết khấu hoặc tích lũy dòng tiền) giữa các biến xác suất là phi tuyến tính (ví dụ xét đến sự bất định của thời gian phân tích  $n$  và lãi suất chiết khấu  $r$ ). Có thể thấy, cách tính toán bất định của phương pháp dòng tiền xác suất hoàn toàn tường minh, có phạm vi áp dụng rất đa dạng với tất cả các loại dự án đầu tư nói chung và đầu tư xây dựng nói riêng, và có thể hiểu được bởi các kỹ sư, nhà quản lý biết vận dụng các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả tài chính (NPV, IRR, và BCR). Nó mang lại kết quả sau phân tích biểu diễn bằng hai tham số đó là: giá trị kỳ vọng và độ lệch chuẩn (hoặc phương sai). Điều này giúp nhà quản lý nắm bắt được xác suất tính toán và giá trị trung bình của chỉ tiêu hiệu quả tài chính (hoàn toàn ưu việt hơn cách tính toán tất định). Bài viết này làm đa dạng tài liệu tham khảo trong cùng lĩnh vực nghiên cứu và hứa hẹn cung cấp công cụ tính toán hữu hiệu cho các kỹ sư, người phân tích và nhà quản lý trong phân tích tính bất định các biến số ngẫu nhiên của chỉ tiêu hiệu quả dự án đầu tư hiện nay.

Trong phân tích đã trình bày, bài báo chỉ xét đến tính bất định của chỉ tiêu hiệu quả NPV và các biến số ngẫu nhiên đang chỉ giới hạn ở  $B_t$  và  $C_t$  trong phân phối xác suất thường (Gauss). Hướng nghiên cứu tiếp theo của bài báo có thể tập trung thể hiện các chỉ tiêu hiệu quả khác, như IRR hay BCR. Ngoài ra, việc tính toán mở rộng các biến số ngẫu nhiên (ví dụ như lãi suất  $r$  hay biến số thời gian  $t$ ) và áp dụng các phân phối xác suất khác (ví dụ như phân phối Gamma, Beta hay Bernoulli) cũng cần tiếp tục được đào sâu nghiên cứu.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Chơn, N. V. (2003). *Kinh tế đầu tư xây dựng*. NXB Xây dựng.
- [2] Tình, Đ. P. T. *Giáo trình lập và thẩm định dự án đầu tư*. NXB Giao thông vận tải.
- [3] Hùng, B. M., Hiền, P. T. T., Nhân, N. T. T. (2020). *Phân tích kinh tế - kỹ thuật các dự án đầu tư xây dựng*. NXB Xây dựng.
- [4] Khiên, D. V., Giang, H. V., Dung, V. T. K., Trang, N. T. N., Phiên, N. N. (2020). *Phân tích Kinh tế kỹ thuật trong đánh giá dự án đầu tư xây dựng công trình giao thông*. NXB Xây dựng.
- [5] Kodukula, P., Papudesu, C. (2006). *Project valuation using real options: a practitioner's guide*. J. Ross Publishing.
- [6] Guthrie, G. A. (2009). *Real options in theory and practice*. Oxford University Press, USA.
- [7] Carmichael, D. G. (2014). *Infrastructure Investment*. CRC Press.
- [8] Baker, H. K., English, P. (2011). *Capital Budgeting Valuation*. John Wiley & Sons, Inc.
- [9] Copeland, T., Antikarov, V. (2001). *Real options - A practitioner's guide*. Texere LLC.
- [10] Carmichael, D. G., Nguyen, T. A., Shen, X. (2019). [Single Treatment of PPP Road Project Options](#). *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(2):04018122.
- [11] Nguyen, T. A., Carmichael, D. G. (2018). Bound options in road infrastructure concession delivery. *The 22nd Annual International Real Options Conference, WHU Otto Beisheim School of Management*.
- [12] Nguyen, T. A. (2019). *Options and flexibility in PPP toll roads projects*. PhD thesis, University of New South Wales, Australia.
- [13] Thoa, L. M. (2017). *Lập và phân tích dự án đầu tư xây dựng*. NXB Xây dựng.
- [14] Ross, S., Westerfield, R. W., Jaffe, J. F. (2009). *Corporate finance*. McGraw Hill/Irwin.

- [15] Martland, C. D. (2012). *Toward more Sustainable Infrastructure: project evaluation for planners and engineers*. Wiley.
- [16] Newman, D. G., Lavelle, J. P., Eschenbach, T. G. (2009). *Engineering Economics Analysis*. Oxford University Press.
- [17] Carmichael, D. G., Hersh, A. M., Parasu, P. (2011). [Real options estimate using probabilistic present worth analysis](#). *The Engineering Economist*, 56(4):295–320.
- [18] Carmichael, D. G. (2016). [A cash flow view of real options](#). *The Engineering Economist*, 61(4):265–288.
- [19] Quỳ, T. Đ. (2007). *Giáo trình Xác suất thống kê*. NXB Bách Khoa, Hà Nội.
- [20] Văn, N. C., Ninh, T. T., Thứ, N. V. (2012). *Giáo trình xác suất và thống kê toán*. NXB Đại học Kinh tế quốc dân.
- [21] Ross, S. (2004). *Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. Elsevier Academic Press.
- [22] Benjamin, J. R., Cornell, C. A. (1970). *Probability, Statistics, and Decision For Civil Engineers*. Dover Publications.
- [23] Taheriattar, R. (2019). [Valuing Sustainability of Adaptable Infrastructure Using ROA-SEC: A Hybrid Approach](#). *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 7(1):67–79.
- [24] Tấn, T. V. (2016). Một số trường hợp phân tích dự án đầu tư kinh doanh bất động sản trên quan điểm lợi ích của nhà đầu tư. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 29:3–7.
- [25] Hương, N. L., Toàn, N. Q., Quỳnh, T. T. H. (2016). Sử dụng chỉ tiêu NPV, NAV, và NFV trong giám sát, đánh giá dự án đầu tư. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 29:8–12.
- [26] Tuấn-Anh, N. (2014). Phương pháp chiết khấu dòng tiền khi giữ cố định cơ cấu vốn của dự án so với cơ cấu vốn của doanh nghiệp. *Tạp chí Kinh tế Xây dựng*, 4:22–28.

## Phụ lục A.

Trong trường hợp tổng quát, giá trị  $B_t$  và  $C_t$  có thể tổng hợp từ nhiều khoản mục (thành phần) lợi ích và chi phí tương ứng. Ví dụ như:  $B_t = a_{t1}.Z_{t1} + a_{t2}.Z_{t2} + \dots + a_{tm}.Z_{tm}$ , tức là  $B_t = \sum_{p=1}^m a_{tp}.Z_{tp}$ , trong đó  $Z_{tp}$  là khoản mục (thành phần) thứ  $p$  của dòng lợi ích tại thời đoạn  $t$ ,  $t = 0, 1, 2, \dots, n$ ,  $p = 1, 2, \dots, m$ .  $a_{tp}$  là hằng số.

Giá trị  $E[B_t]$  và  $\text{Var}[B_t]$  khi đó trở thành:

$$E[B_t] = \sum_{p=1}^m a_{tp}.E[Z_{tp}]$$

$$\text{Var}[B_t] = \sum_{p=1}^m a_{tp}^2 \text{Var}[Z_{tp}] + 2 \sum_{p=1}^{m-1} \sum_{q=p+1}^m a_{tp}.a_{tq}. \text{Cov}[Z_{tp}, Z_{tq}]$$

Diễn giải tương tự áp dụng cho các khoản mục (thành phần) của giá trị  $E[C_t]$  và  $\text{Var}[C_t]$ .

## Phụ lục B.

Một cách khá đơn giản và phổ biến để tính toán giá trị kỳ vọng và phương sai của biến số đó là dự toán 3 điểm (PERT – Three Points of Estimates Technique): Trước tiên, 3 giá trị của biến số: trạng thái lạc quan (optimistic) (ký hiệu  $a$ ), trạng thái dễ xảy ra (most likely) (ký hiệu  $b$ ) và trạng thái bi quan (pessimistic) (ký hiệu  $c$ ) cần được dự tính. Như vậy, giá trị kỳ vọng sẽ có dạng  $E[ ] = (a + 4b + c)/6$  và phương sai  $\text{Var}[ ] = [(c - a)/6]^2$ .