

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA KHOA HỌC - KỸ THUẬT MÁY TÍNH



## MÔ HÌNH HÓA TOÁN HỌC (CO2011)

---

Đề bài tập lớn

# "Đặc tả Smart Contract bằng Linear Logic"

---

GVHD: Nguyễn An Khương  
Huỳnh Tường Nguyên  
Trần Văn Hoài  
Lê Hồng Trang  
Trần Tuấn Anh

SV thực hiện:	Nguyễn Lê Chí Bảo	1610179
	Nguyễn Đức Duy	1610468
	Nguyễn Ngọc Hoàng	1611160
	Đường Quang Huy	1611244
	Bùi Anh Nhật	1612377



## Mục lục

<b>1</b>	<b>Bài toán 1</b>	<b>2</b>
1.1	Lịch sử của hợp đồng thông minh (smart contracts)	2
1.2	Ứng dụng của hợp đồng thông minh	2
1.2.1	Ứng dụng vào bảo hiểm	2
1.2.2	Ứng dụng trong chuỗi cung ứng(logistic)	2
1.2.3	Ứng dụng trong việc vay thế chấp	3
1.2.4	Ứng dụng trong hợp đồng việc làm	3
1.2.5	Ứng dụng trong bảo vệ nội dung bản quyền	3
1.2.6	Ứng dụng trong bầu cử	3
1.2.7	Ứng dụng trong lĩnh vực tài chính thương mại	3
1.2.8	Ứng dụng trong lĩnh vực y tế, chăm sóc sức khỏe	3
1.2.9	Ứng dụng trong bất động sản	4
1.2.10	Hợp đồng thông minh trong thời đại IoT	4
1.3	Lịch sử của "Linear Logic"	4
1.4	Ứng dụng của "Linear Logic"	4
1.5	Chi tiết và ví dụ hàm tuyến tính	5
1.6	Chi tiết và ví dụ về phép hội tuyến tính - nhân (linear conjunction - times)	5
1.7	Chi tiết và ví dụ về phép hội tuyến tính ("additive conjunction" hoặc "with")	5
1.8	Chi tiết và ví dụ về phép tuyển tuyến tính - cộng (linear disjunction - plus)	6
1.9	Chi tiết và ví dụ về phép tuyển tuyến tính ("par")	6
1.10	Chi tiết và ví dụ về phép toán $\perp$	6
1.11	Chi tiết và ví dụ về phép toán $\top$	6
1.12	Chi tiết và ví dụ về phép toán $!$	7
1.13	Chi tiết và ví dụ về phép toán $?$	7
<b>2</b>	<b>Bài toán 2</b>	<b>7</b>
2.1	Mô tả ngữ cảnh bằng lời	7
2.2	Các điều khoản với ngữ cảnh được mô tả	8
<b>3</b>	<b>Bài toán 3: Sử dụng các kiến thức về linear logic để đặc tả ngữ cảnh trong Bài tập 2</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Bài toán 4: Sử dụng mã giả để lập trình smart contract minh họa cho ngữ cảnh được đưa ra trong Bài tập 2</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Bài toán 5: Sử dụng Solidity hoặc Go để lập trình smart contract minh họa cho ngữ cảnh trong Bài tập 2</b>	<b>12</b>
	<b>Tài liệu</b>	<b>19</b>

# 1 Bài toán 1

## 1.1 Lịch sử của hợp đồng thông minh (smart contracts)

Cụm từ "smart contracts" (hợp đồng thông minh) được đặt ra bởi nhà khoa học máy tính và mật mã học Nick Szabo năm 1994 và đã được nghiên cứu qua nhiều năm. Nguyên lý hoạt động của nó được Szabo mô tả năm 1996 trong bài báo có tiêu đề "Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets" trên tạp chí Extropy [Sza96], rất lâu trước khi công nghệ blockchain ra đời. Theo ý tưởng của Szabo, smart contracts là những giao thức kỹ thuật số cho việc chuyển dịch thông tin, sử dụng các giải thuật toán học để thực thi các giao dịch một cách tự động một khi các điều khoản được thỏa và dùng để kiểm soát hoàn toàn quá trình này. Định nghĩa đã đi trước thời đại đến hơn 10 năm này vẫn còn đúng cho đến ngày nay. Tuy nhiên vào năm 1996, ý tưởng này vẫn chưa được đón nhận vì các công nghệ cần thiết để vận hành chưa ra đời, cụ thể là sổ cái phân tán (distributed ledger).

Vào năm 2008, Bitcoin, đồng tiền kỹ thuật số hoàn chỉnh đầu tiên, đã được tạo ra dựa trên cơ sở của công nghệ blockchain. Blockchain của Bitcoin không cho phép các điều kiện, để kết thúc 1 giao dịch, được quy định trên một khối (block) mới vì nó chỉ chứa các thông tin giao dịch. Dù sao đi nữa, sự xuất hiện của blockchain đã trở thành nguồn động lực để phát triển smart contracts. Năm 2013, nền tảng blockchain Ethereum đã giúp cho việc đưa smart contracts vào thực tế. Ngày nay, mặc dù thị trường đã cung cấp nhiều nền tảng cho phép sử dụng smart contracts nhưng Ethereum vẫn được sử dụng nhiều nhất.

## 1.2 Ứng dụng của hợp đồng thông minh

Đây chỉ là một số trong số rất nhiều ứng dụng của hợp đồng thông minh.

### 1.2.1 Ứng dụng vào bảo hiểm

Smart contract giúp cải thiện trải nghiệm của người dùng cũng như giảm thiểu những sai sót và chi phí trong quá trình giao dịch bảo hiểm. Blockchain cũng như Smart contract tăng tốc quá trình xử lý yêu cầu/ trao trả bảo hiểm, tránh được những lỗi sai sót so với làm bằng tay.

Smart contract cũng giúp tự động hóa việc chuyển tiền đến người sử dụng bảo hiểm và cũng đảm bảo được hợp đồng là hợp lệ. Ví dụ như một người sửa xe của anh ấy chỉ nhận được tiền bảo hiểm nếu anh ta sửa xe tại cửa hàng được chứng nhận và phải có sự xác nhận bởi người thợ sửa xe đó. Một ví dụ khác, smart contract có thể ghi lại các thông tin về thời tiết lên blockchain, sau đó nó đọc thông tin này và trả tiền bồi thường cho chuyến bay của những hành khách mà bị hủy hay bị hoãn do thời tiết xấu. Nó cũng có thể kết hợp với công nghệ IoT và các cảm biến để theo dõi sự hư tổn của các thiết bị trong nhà để có thể tự động đền bù hoặc hỗ trợ chủ nhân gọi nhà gọi người sửa chữa đến.

### 1.2.2 Ứng dụng trong chuỗi cung ứng(logistic)

Smart contract giúp giảm chi phí lưu trữ đồng thời cải thiện việc quản lý chuỗi cung ứng tốt hơn, cho phép lưu lại mọi thông tin, thao tác dù là rất nhỏ theo chiều đi của sản phẩm. Nó giúp tăng tính bảo mật, an toàn và rõ ràng trong chuỗi cung ứng. Một khi dữ liệu đã được xác thực và lưu lại thì không thể thay đổi hay đánh cắp nhờ các kết nối thông minh và một số điều kiện mã hóa kèm theo để xác nhận giao dịch là hợp lệ. Doanh nghiệp sẽ nhận được nhiều hơn sự tin

tưởng của khách hàng khi cho họ theo dõi quá trình giao dịch, từ đó tăng thêm lợi thế cạnh tranh cho công ty của mình. Bên cạnh đó, smart contract giúp người quản lý dễ dàng theo dõi và khắc phục lỗi do có sự lưu trữ dữ liệu theo phân cấp thời gian.

### 1.2.3 Ứng dụng trong việc vay thế chấp

Smart contract giúp tăng thêm tính bảo mật cho người sử dụng để vay mượn tiền, cung cấp chức năng cho phép người cho vay đặt ra các yêu cầu với người vay tiền như là thời gian vay mượn, số tiền cho vay, lãi suất bao nhiêu phần trăm, v.v. Hợp đồng thông minh này có thể tự động và đảm bảo người mượn phải trả đúng thời hạn, nếu không hệ thống sẽ tự động lấy tài sản mà người vay đã thế chấp để bù vào những phần bị trễ hạn cho người cho vay.

### 1.2.4 Ứng dụng trong hợp đồng việc làm

Loại hình hợp đồng thông minh này giúp cho doanh nghiệp có thể giảm sai sót, chi phí cũng như thời gian trong việc phát lương cho người lao động. Nó cũng đảm bảo người lao động chấp hành tất cả những điều khoản đã đề ra trong hợp đồng, bởi vì hợp đồng thông minh này sử dụng công nghệ Blockchain, không thể bị chỉnh sửa hay lấy cắp. Đồng thời, smart contract cũng sẽ bảo vệ quyền lợi của người lao động, tránh tình trạng bị thiếu lương, mất lương.

### 1.2.5 Ứng dụng trong bảo vệ nội dung bản quyền

Smart contract ghi lại hoạt động có liên quan đến bản quyền sản phẩm, theo dõi các hoạt động của sản phẩm của mình trên internet, từ đó có thể giúp cho tác giả hay người tạo ra sản phẩm biết được những hành vi vi phạm bản quyền.

### 1.2.6 Ứng dụng trong bầu cử

Sử dụng hợp đồng thông minh giúp việc bầu cử trở nên công khai nhưng vô cùng bảo mật, an toàn, tránh được sự can thiệp vào kết quả bầu cử. Người bầu cử có thể sử dụng internet để bầu mà không cần phải xếp hàng dài chờ đợi ở các địa điểm bầu cử nhưng vẫn bảo đảm được tính đúng đắn của lá phiếu cũng như tính riêng tư với lựa chọn của họ. Điều này khuyến khích người dân tham gia vào các quyết định có ảnh hưởng đến sự phát triển của xã hội, làm tăng sự tin tưởng của người dân với chính quyền.

### 1.2.7 Ứng dụng trong lĩnh vực tài chính thương mại

Hợp đồng thông minh có thể cho phép việc chuyển giao hàng hóa quốc tế thông qua thư tín dụng nhanh và thanh toán thương mại, đồng thời cho phép thanh khoản tài sản tài chính lớn hơn. Nó cũng có thể cải thiện hiệu quả tài chính cho người mua, nhà cung cấp và tổ chức.

### 1.2.8 Ứng dụng trong lĩnh vực y tế, chăm sóc sức khỏe

Trong tương lai, có thể hồ sơ y tế cá nhân sẽ được mã hóa và được lưu trữ trên blockchain với quyền truy cập duy nhất cho một cá nhân cụ thể. Các biên lai cho việc chi trả viện phí, dịch vụ chăm sóc sức khỏe, thuốc thang cũng sẽ được lưu trữ trên blockchain mà từ đó các hợp đồng thông minh có thể tự động kiểm tra và thực hiện việc hoàn phí theo các quy định của bảo hiểm y tế, tai nạn. Nó cũng có thể giúp tự động thực hiện các hỗ trợ tài chính đối với các cá nhân hiến máu, hiến tạng, hay tình nguyện làm các đối tượng nghiên cứu, tham gia các thử nghiệm y học.

### 1.2.9 Ứng dụng trong bất động sản

Với hợp đồng thông minh, chúng ta sẽ không phải mất phí cho các bên trung gian (môi giới) khi muốn thuê/cho thuê, bán/mua nhà, căn hộ,... Nó sẽ bắt các bên tham gia phải thực hiện đúng các yêu cầu trước thời hạn để thực hiện giao dịch (người thuê phải trả tiền, người cho thuê phải giao mã khóa vào nhà; tiền và khóa được hợp đồng giữ lại chờ khi đến hạn sẽ thực hiện giao dịch). Nếu một trong hai không thực hiện yêu cầu thì hợp đồng bị hủy và những gì hợp đồng đang giữ sẽ được trả cho người gửi tương ứng. Nó cũng giúp người cho thuê tự động quản lý vấn đề tiền thuê nhà (nếu quá hạn mà hợp đồng chưa nhận được tiền thuê, mã khóa nhà sẽ bị thay đổi).

### 1.2.10 Hợp đồng thông minh trong thời đại IoT

Mạng lưới "vật kết nối Internet" sẽ mang lại cho mọi thiết bị trong cuộc sống hàng ngày khả năng kết nối với Internet, và do đó là khả năng kết nối đến hệ thống blockchain. Từ đó áp dụng hợp đồng thông minh vào blockchain, chúng ta sẽ biến gần như mọi giao dịch, trao đổi hàng ngày thành hoàn toàn tự động nhưng vẫn đảm bảo được tính chính xác của các giao dịch. Các cảm biến ở mọi nơi, hệ thống định vị vị trí,... giúp hợp đồng thông minh dễ dàng xác định được vị trí của gói hàng, kiểm tra được gói hàng đã đến vị trí của người nhận hay chưa, từ đó tự thực hiện các giao dịch hợp lý.

## 1.3 Lịch sử của "Linear Logic"

Linear logic (LL) (tạm dịch: logic tuyến tính) được giới thiệu bởi Jean-Yves Girard (1947 - ) năm 1987. Linear logic (LL) có liên quan chặt chẽ với nhiều logic được xây dựng trước nó. Giáo sư Toán học Joachim Lambek (12/5/1922 – 6/23/2014) đã phát triển nên phép tính Lambek (Lambek calculus), một logic phi giao hoán (noncommutative logic) nhằm để phân tích cấu trúc câu của ngôn ngữ tự nhiên, vài thập kỷ trước khi Girard xây dựng nên LL. Relevance logic và direct logic, đều xuất hiện trước LL tương đối lâu, cũng đã được nghiên cứu khá nhiều khi LL xuất hiện. Một cách đơn giản, có thể nói LL đứng dưới relevance và direct logic, đứng trên Lambek calculus, dựa trên sự bao gồm hay loại trừ một số "quy tắc cấu trúc" ("structural rules") được gọi là làm suy yếu (weakening), làm gọn lại (contraction), và trao đổi (exchange). Direct logic liên quan chặt chẽ với Affine logic (cũng do Girard giới thiệu), là một LL có thêm quy tắc trao đổi không hạn chế (unrestricted exchange rule).

LL phát sinh từ việc nghiên cứu ngữ nghĩa của phép kéo theo (implication) trong intuitionistic logic (tạm dịch: logic trực giác). Girard đã đưa ra hai ngữ nghĩa riêng biệt trong bài viết giới thiệu LL của ông, và việc khám phá các ngữ nghĩa căn bản cho LL vẫn tiếp tục. Lý thuyết chứng minh LL (LL proof) cũng được đưa ra bởi Girard với sự giới thiệu một chuỗi phép tính (sequent calculus) cho LL, và một ký hiệu thay thế dành cho các chứng minh LL được gọi là lưới chứng minh (proof net). Nhiều vấn đề liên quan đến lưới chứng minh hiện nay vẫn đang được nghiên cứu.

## 1.4 Ứng dụng của "Linear Logic"

Linear Logic có khá nhiều ứng dụng và liên quan mật thiết đến một số vấn đề trong tính toán như lập trình hàm, lập trình logic, lập trình tương tranh, lập trình hướng đối tượng cũng như các vấn đề về logic không đơn điệu trong lập kế hoạch AI và nhiều ứng dụng khác.

Một trong các mảng ứng dụng được phát triển mạnh mẽ chính là lập trình hàm (Functional programming). Curry-Howard isomorphism (tính đẳng cấu) nêu rằng có sự tương đồng giữa những chứng minh (proof) của logic học chủ nghĩa trực quan (intuitionistic logic) và sự tính toán trong ngôn ngữ lập trình hàm. Một chứng minh có thể trở thành một hàm hiệu quả khi có đầy đủ giả thiết và đưa ra được kết luận. Đây chính là ứng dụng được phát triển mạnh mẽ của linear logic và lập trình hàm.

Linear logic cho phép kiểm soát hiệu quả hơn ngữ cảnh và có thể tạo được cả mô hình dữ liệu production lẫn consumption. Điều này mở ra rất nhiều khả năng trong các ứng dụng như lập trình hướng đối tượng (OOP), cơ sở dữ liệu, xử lý ngôn ngữ tự nhiên.

Ngoài ra, linear logic còn được ứng dụng trong nhiều mảng khác nhau như trong Petri Nets, State-Oriented Programming, Chemical Abstract Machine, v.v.

## 1.5 Chi tiết và ví dụ hàm tuyến tính

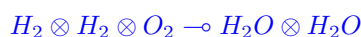
Trong logic cổ điển và logic trực quan, nếu có  $A$  và  $A \rightarrow B$  thì có  $B$  nhưng  $A$  vẫn còn. Điều này chỉ đúng trong toán học nhưng không đúng trong thực tế. Vì thế ta cần một phép implication khác phù hợp hơn. Linear logic đã đưa ra phép linear implication  $\multimap$ . Biểu thức  $A \multimap B$  được hiểu là "chi tiêu A để được B", khi đó biểu thức  $A \rightarrow B = (!A) \multimap B$ .

**Ví dụ 1.5.1:** Cho A là "tiêu 5000 đồng" và B là "có 1 chai nước suối" thì  $A \multimap B$  biểu diễn cho "nếu ta tiêu 5000 đồng thì ta sẽ có 1 chai nước suối nhưng đồng thời ta cũng mất 5000 đồng".

## 1.6 Chi tiết và ví dụ về phép hội tuyến tính - nhân (linear conjunction - times)

Trong linear logic phép hội tuyến tính được kí hiệu là  $\otimes$ . Giống với phép  $\wedge$ , phép  $\otimes$  có nghĩa là có cả 2.

**Ví dụ 1.6.1:** Ta có phương trình hóa học quen thuộc  $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$  thì trong linear logic phương trình được biểu diễn là:



Có 2  $H_2$  và 1  $O_2$  thì ra có 2  $H_2O$  nhưng sẽ không còn nhưng chất trước phản ứng nữa.

## 1.7 Chi tiết và ví dụ về phép hội tuyến tính ("additive conjunction" hoặc "with")

Phép hội tuyến tính "with" là một phép có trong linear logic nhưng không có trong logic cổ điển và được kí hiệu là  $\&$ . Khác với phép  $\wedge$  và phép  $\otimes$ , phép  $\&$  có nghĩa là chọn 1 trong 2 và cho phép chọn là cái này hoặc cái kia.

**Ví dụ 1.7.1:** Cho A là "có 5000 đồng", B là "có 1 chai nước suối" và C là "có 1 cây bút bi". Ta sẽ có biểu thức  $A \multimap B \& C$  nghĩa là "với 5000 đồng ta có thể có 1 chai nước hoặc 1 cây bút bi, nhưng chỉ 1 trong hai, chai nước hoặc cây bút bi và ta có quyền được chọn".

## 1.8 Chi tiết và ví dụ về phép tuyển tuyến tính - cộng (linear disjunction - plus)

Trong linear logic, phép đối ngẫu của phép  $\otimes$  là phép tuyển tuyến tính - cộng được kí hiệu là  $\oplus$ . Giống với phép  $\vee$  trong logic cổ điển, phép  $\oplus$  có nghĩa là hoặc cái này hoặc cái kia.

**Ví dụ 1.8.1:** Trong 1 cuộc thi bốc thăm trúng thưởng thì chắc chắn được 1 trong 2 loại phiếu thăm và phần thưởng tương ứng khi bốc được là "1 chai nước" hay "1 cây bút bi". Cho A là "hành động rút thăm", B là "trúng 1 chai nước suối" và C là "trúng 1 cây bút bi". Khi đó, thì biểu thức  $A \multimap B \oplus C$  nghĩa là "khi bốc thăm thì sẽ trúng 1 chai nước hoặc 1 cây bút bi nhưng không biết là cái nào".

## 1.9 Chi tiết và ví dụ về phép tuyển tuyến tính ("par")

Đối ngẫu với phép  $\otimes$  là phép tuyển tuyến tính  $\wp$ . Phép  $\wp$  tương đối khó hiểu. Biểu thức  $A \wp B$  có thể được biểu diễn dưới dạng khác là  $A^\perp \multimap B$  hay  $B^\perp \multimap A$ . Nó có nghĩa là "phải lựa chọn giữa A và B, không được chọn cả 2".

**Ví dụ 1.9.1:** Ta xét biểu sau:

$$\text{bullet} \otimes \text{ShootAt}(\text{bullet}, \text{target}) \multimap \text{HIT}(\text{bullet}, \text{target}) \wp \text{MISS}(\text{bullet}, \text{target})$$

Theo như ngữ cảnh, khi có 1 viên đạn và bắn viên đạn đó thì viên đạn chỉ có thể trúng hoặc không trúng mục tiêu, không thể có chuyện vừa dính vừa không mục tiêu.

## 1.10 Chi tiết và ví dụ về phép toán $\perp$

Trong linear logic, phép phủ định tuyến tính  $\perp$  giống như trong logic cổ điển.  $A^\perp$  là phủ định tuyến tính của A, tương tự như phép negation  $\neg$  trong logic cổ điển.

**Ví dụ 1.10.1:** Ta xét các biểu thức sau:

$$\begin{aligned} (\text{pen})^\perp & (1) \\ (!\text{bottle})^\perp & (2) \end{aligned}$$

Biểu thức (1) nghĩa là "không có cây bút" và biểu thức 2 nghĩa là "không có vô hạn chai nước". Biểu thức (2) cũng có thể hiểu là có một vài chai nước và có thể được biểu diễn là  $?\text{bottle}$ .

## 1.11 Chi tiết và ví dụ về phép toán $\top$

Phép toán  $\top$  trong linear logic là một hằng.  $\top$  có thể được dẫn ra từ bất cứ gì ( $A \vdash \top$ ,  $B \vdash \top$ , v.v).

**Ví dụ 1.11.1:** Ta xét các biểu thức sau với A' là "có 10000 đồng", B là "có 1 chai nước suối" và C là "có 1 cây bút bi". Xét biểu thức:

$$A' \multimap (B \otimes C)$$

Biểu thức trên có nghĩa là nếu có 10000 đồng và ta tiêu nó thì ta có thể có được cả 1 chai nước và 1 cây bút bi. Nhưng nếu ta chỉ muốn mua 1 chai nước suối mà không mua cây bút bi thì ta có thể biểu diễn bằng cách:

$$A' \multimap (B \otimes \top)$$

Phép  $\top$  ở đây được sử dụng để loại bỏ đi lựa chọn mà ta không mong muốn.

## 1.12 Chi tiết và ví dụ về phép toán !

Phép  $!$  có tên gọi trong tiếng anh là "of course" hay "bang". Nó được sử dụng để mã hóa mệnh đề đúng, biểu thức  $!A$  có nghĩa là lặp lại  $A$  vô hạn lần. Khi đó biểu thức  $!A \multimap B$  sẽ giống với biểu thức  $A \Rightarrow B$  trong logic cổ điển vì bây giờ  $A$  tuy bị chi tiêu mất đi thì vẫn còn  $A$ .

**Ví dụ 1.12.1:** Cho  $A$  là "có 1 tờ tiền 5000 đồng" thì  $!A$  sẽ là "có vô hạn tờ tiền 5000 đồng". Ta cũng sẽ có biểu thức  $!A \multimap B$  (có vô hạn tờ 5000 đồng sẽ mua được vô hạn chai nước suối).

## 1.13 Chi tiết và ví dụ về phép toán ?

Trong linear logic cổ điển (với tính đối ngẫu de Morgan), ký tự đối ngẫu de Morgan của  $!$  được biểu diễn là  $?$  và được gọi là phép toán "why not". Gần giống với lượng từ "tồn tại  $\exists$ " và phép  $!$  giống với "với mọi  $\forall$  trong logic vị từ. Nếu  $!$  là có vô hạn thì  $?$  sẽ chỉ là có thể có. Biểu thức  $?A$  có nghĩa là có thể có  $A$ .

**Ví dụ 1.13.1:** Tiếp tục ví dụ 1.12.1 nhưng lần này ta xét biểu thức  $?A \multimap B$ . Biểu thức sẽ có nghĩa là "ta có 1 số tờ tiền 5000 đồng nhất định và ta có thể dùng nó để mua nước."

# 2 Bài toán 2

## 2.1 Mô tả ngữ cảnh bằng lời

Hiện nay, Game online đang trở thành thể loại game được mọi người yêu thích. Vì vậy, các tựa game luôn phát triển các tính năng sao cho phù hợp với thị hiếu của người chơi. Phần lớn các tựa game online, người chơi sẽ thường sở hữu các vật phẩm (item) có giá trị, được nhận trong quá trình chơi game. Nhưng có một số vật phẩm đó người chơi không sử dụng, và muốn bán lại cho những người chơi khác cần nó. Và kết quả thu được từ việc bán đó chính là tiền ảo trong game, tiền này giúp cho người chơi có thể mua các vật phẩm cần thiết cho bản thân. Tiền ảo này có thể được nạp từ tiền thật... Tuy nhiên, với đại đa số tâm lý người chơi, luôn muốn bán vật phẩm mình với giá cao nhất có thể. Vì vậy đã dẫn đến sự xuất hiện của hệ thống đấu giá sử dụng smart contract để đảm bảo giữa hai người chơi không tin tưởng lẫn nhau có thể giao dịch thành công.

Hệ thống đấu giá sẽ được mô tả như sau: Mỗi vật phẩm (item) thì sẽ có một mã định danh riêng biệt trên toàn server game (chỉ hệ thống mới biết được mã vật phẩm), được cấu tạo là một đoạn mã như sau: Mã vật phẩm + Mã ID người sở hữu. Khi người chơi đem vật phẩm của mình lên đấu giá, đầu tiên, hệ thống sẽ lấy vật phẩm của người chơi và lập tức thay đổi mã sản phẩm (xóa đi đoạn mã ID sở hữu). Lúc đó, vật phẩm sẽ trở thành vật phẩm không có người sở hữu, và được quyền đấu giá.



Khi vật phẩm được đấu giá, người đem vật phẩm đi đấu giá sẽ quy định giá khởi điểm của nó. Thời gian đấu giá sản phẩm sẽ do người đem vật phẩm đi đấu giá quy định, thường là theo số giờ (1 giờ, 2 giờ. . .) và được hủy việc đấu giá trong thời gian đấu giá. Lúc này, vật phẩm sẽ được đăng lên mục đấu giá để cho các người chơi đấu giá.

Hình thức đấu giá như sau, các người chơi sẽ tiến hành đấu giá sản phẩm với mức giá cao hơn so với người đấu giá cao nhất hiện tại (nếu trường hợp chưa có mức giá của người đấu giá cao nhất hiện tại, thì mặc định sẽ lấy giá khởi điểm mà chủ vật phẩm quy định). Khi người chơi đấu giá vật phẩm, thì số tiền người chơi sẽ mất đi một lượng bằng đúng với số tiền người đó đấu giá (số tiền người chơi đấu giá phải nhỏ hơn hoặc bằng số tiền mà người chơi đó có).

Khi có người đấu giá cao hơn người đấu giá cao nhất, hệ thống sẽ lập tức hoàn trả lại số tiền cho người đấu giá thấp hơn và cập nhật người đấu giá cao nhất, cứ như vậy cho đến khi hết thời gian đấu giá.

Khi hết thời gian đấu giá, có hai trường hợp xảy ra:

- Trường hợp 1: nếu vật phẩm không được ai đấu giá, thì lập tức hệ thống sẽ trả lại vật phẩm cho người sở hữu.
- Trường hợp 2: nếu có người đấu giá thành công, vật phẩm sẽ được hệ thống xử lý mã vật phẩm bằng cách thêm ID người đấu giá thành công vào vật phẩm và gửi về túi đồ của người đấu giá cao nhất, đồng thời người đem vật phẩm đi đấu giá sẽ nhận được tiền ngay lập tức.

## 2.2 Các điều khoản với ngữ cảnh được mô tả

Tham gia vào các điều khoản có các chủ thể sau:

- A: Người đem vật phẩm đi đấu giá
- B: Người tham gia đấu giá
- C: Người đấu giá cao nhất hiện tại

**Article 1:** Bên A đưa vật phẩm lên phòng đấu giá và đặt thời gian đấu giá  $t$ , với giá khởi điểm là  $x$ . Vật phẩm sẽ được smart contract giữ lại trong khoảng thời gian  $t$ .

**Article 2:** Trong khoảng thời gian đấu giá, bên A có quyền hủy việc đấu giá. Smart contract sẽ trả lại vật phẩm cho A. Nếu đã có C, thì sẽ hoàn tiền lại cho C.

**Article 3:** Bên B sẽ tiến hành đấu giá với giá là  $y$ , số tiền đấu giá sẽ được smart contract giữ lại.

**Article 4:** Khi B đấu giá thành công, thì smart contract sẽ hoàn tiền cho C, và B trở thành C.

**Article 5:** Số tiền đấu giá của B phải lớn hơn số tiền đấu giá của C tại thời điểm đó hoặc lớn hơn giá khởi điểm  $x$  (nếu chưa có ai đấu giá) mà smart contract thông báo.

**Article 6:** Số tiền đấu giá  $y$  không vượt quá số tiền hiện có của bên B.

**Article 7:** Hết thời gian  $t$ , vật phẩm không ai đấu giá, smart contract sẽ hoàn trả vật phẩm cho bên A.

**Article 8:** Hết thời gian  $t$ , nếu vật phẩm có người đấu giá, smart contract sẽ chuyển vật phẩm cho bên C, và chuyển tiền cho bên A.

### 3 Bài toán 3: Sử dụng các kiến thức về linear logic để đặc tả ngữ cảnh trong Bài tập 2

Các điều khoản được nêu ra ở mục 2.2 như sau:

- B phải đặt số tiền  $y$  không vượt quá số tiền hiện có để tham gia đấu giá vật phẩm

$$y \otimes \text{Check}(y, B) \multimap \text{bidder}$$

- Khi B tham gia đấu giá đầu tiên (Số tiền đấu giá của B là  $y$ , phải lớn hơn số tiền ban đầu là  $x$ ), smart contract sẽ cập nhật B thành C

$$B \otimes \text{Higher}(y, x) \multimap \text{Convert}(B, C)$$

- Khi B tham gia đấu giá (Giá tiền đấu giá của B là  $y_B$  phải lớn hơn giá tiền đấu giá của C là  $y_C$ ), smart contract tiến hành hoàn tiền cho C, và sau đó chuyển B thành C

$$B \otimes C \otimes \text{Higher}(y_B, y_C) \multimap (\text{Wallet}_C + y_C) \otimes \text{Convert}(B, C)$$

- Smart contract sẽ gửi vật phẩm cho C trong trường hợp đấu giá thành công

$$C \otimes \text{Item} \multimap \text{Send}(\text{Item}, C)$$

- Trường hợp việc đem vật phẩm đi đấu giá không thành công, smart contract sẽ trả vật phẩm lại cho A

$$A \otimes \text{Item} \multimap \text{Return}(\text{Item}, A)$$

- Nếu vật phẩm được đấu giá thành công thì smart contract sẽ tự động chuyển tiền cho A

$$(\text{Wallet}_A + y_C) \wp (C \otimes (\text{Wallet}_C + y_C))$$

- Trong khi chưa hết thời gian đấu giá times, bên A có quyền hủy hợp đồng. Nếu chưa có người đấu giá C, thì smart contract sẽ hoàn lại vật phẩm cho A

$$\text{Times}^\perp \otimes \text{Item} \otimes C^\perp \multimap \text{Return}(\text{Item}, A)$$

- Trong khi chưa hết thời gian đấu giá times, bên A có quyền hủy việc đấu giá vật phẩm. Nếu có người đấu giá C, thì smart contract sẽ hoàn lại vật phẩm cho A, đồng thời hoàn tiền lại cho C

$$\text{Times}^\perp \otimes \text{Item} \otimes C \multimap \text{Return}(\text{Item}, A) \otimes (\text{Wallet}_C + y_C)$$

- Hết thời gian đấu giá Times , nếu có người đấu giá thì smart contract sẽ chuyển vật phẩm cho C, và chuyển tiền cho A

$$Times \otimes Item \otimes C \multimap (Wallet_A + y_C) \otimes Send(Item, C)$$

- Hết thời gian đấu giá Times, nếu không có người đấu giá thì smart contract sẽ hoàn lại vật phẩm cho A

$$Times \otimes Item \otimes C^\perp \multimap Return(Item, A)$$

## 4 Bài toán 4: Sử dụng mã giả để lập trình smart contract minh họa cho ngữ cảnh được đưa ra trong Bài tập 2

Mã giả để lập trình smart contract minh họa cho ngữ cảnh được đưa ra ở mục 2.1. Trong bài tập lớn này, mặc định việc hệ thống xử lý mã item của sản phẩm là có sẵn.

---

**Giải thuật 1** Chọn người trả giá cao hơn và hoàn tiền cho người trả giá cao nhất trước đó

---

**Input:** highestBidder, highestBid, player, newBiddingValue, timestamp\_contract, ended

**Output:**

**if** *Converting system time to timestamp*  $\leq$  *timestamp\_contract* **and** *boolean(ended) = false*  
**then**

**if** *newBiddingValue*  $>$  *highestBid* **then**

**if** *exists(highestBidder)* **then**

            Transfer money(*highestBid*) to the *highestBidder*;

**end**

*highestBidder* = *player*;

*highestBid* = *newBiddingValue*;

**end**

**end**

---



---

### Giải thuật 2 Giao dịch khi phiên đấu giá kết thúc

---

**Input:** owner, highestBidder, highestBid, itemKey, timestamp\_contract, ended

**Output:**

```
if Converting system time to timestamp  $\geq$  timestamp_contract and boolean(ended) = false
then
    if exists(highestBidder) then
        Transfer money(highestBid) to owner;
        Transfer code(itemKey) to highestBidder;
        Cancel the possession of the owner to the key;
    end
    else
        Transfer code(itemKey) to owner;
    end
    boolean(ended) := true;
end
else
    if boolean(ended) = false then
        // We can assure that this case happens only when there is still time for auctioning.
        So just wait for the auction to end;
    end
    else
        // The Auction has been canceled or ended.
        Do nothing;
    end
end
end
```

---

---

### Giải thuật 3 Hủy đấu giá vật phẩm

---

**Input:** owner, highestBidder, highestBid, ended

**Output:**

```
if authorized(owner) and boolean(ended) = false then
    boolean(ended) := true;
    if exists(highestBidder) then
        Transfer money(highestBid) to highestBidder;
        Clear information of the highestBidder;
        Set back highestBid to the default value that the contract has initialized;
    end
end
end
```

---

## 5 Bài toán 5: Sử dụng Solidity hoặc Go để lập trình smart contract minh họa cho ngữ cảnh trong Bài tập 2

AuctionItem.sol

```
1 pragma solidity ^0.4.24;
2
3 import "../DateTime.sol";
4 contract AuctionItem
5 {
6     address public owner; // người đem vật phẩm đi đấu giá
7     uint public auctionEnd; // thời gian kết thúc
8     DateTime dt;
9
10    // Trạng thái hiện tại của quá trình đấu giá
11    address public highestBidder; // người đấu giá cao nhất
12    uint public highestBid; // giá đấu cao nhất
13    uint public defaultBid; // giá đấu khởi điểm
14
15    // Cho phép người đấu giá thấp hơn rút tiền lại
16    mapping(address => uint) pendingReturns;
17    // Mã vật phẩm
18    mapping(address => string) itemKey;
19
20    // Cho phép người đem vật phẩm đi đấu giá hủy bán đấu giá.
21    // Nếu cuộc bán đấu giá không bị hủy thì sẽ đượcگان gia trị true khi
22    // kết thúc phiên đấu giá nhằm không cho phép sự can thiệp sau thời hạn.
23    bool ended = false;
24
25    // Các sự kiện trong phiên đấu giá
26    /// Giá đấu tăng!
27    event HighestBidIncreased(address bidder, uint amount);
28    /// Kết thúc!
29    event AuctionEnded(address winner, uint amount);
30
31    /// Tạo một hợp đồng đấu giá thông minh với thời gian đấu giá là
32    /// '_biddingTime' giây, mức giá khởi điểm là '_defaultBid' wei
33    /// , vật phẩm có mã định danh '_itemKey'
34    /// người đem vật phẩm đi đấu giá có địa chỉ '_owner'.
35    /// Thời gian đấu giá có thể được điều chỉnh lại.
36    constructor(
37        uint _biddingTime,
38        address _owner,
39        uint _defaultBid,
40        string _itemKey,
41        address addrDatetime
42    ) public {
43        owner = _owner;
44        auctionEnd = now + _biddingTime;
45        highestBid = _defaultBid;
46        defaultBid = _defaultBid;
47        itemKey[owner] = _itemKey;
48        dt = DateTime(addrDatetime);
49    }
50
51    /// Thay đổi tình trạng hợp đồng bởi người đem vật phẩm đi đấu giá
52    modifier onlyBy(address account) {
53        require(
54            msg.sender == account,
55            "Không có quyền thực hiện."
56        );
57    }
```

```
57     -;
58   }
59
60   /// Huy phien dau gia hien tai!
61   function cancel() public onlyBy(owner){
62     require(
63       !ended,
64       "Phien da ket thuc! Khong the thay doi!"
65     );
66     ended = true;
67     // Tra tien lai cho nguoi dau gia
68     if (highestBid != defaultBid) {
69       // De nguoi choi tu rut tien
70       pendingReturns[highestBidder] += highestBid;
71       delete highestBidder;
72       highestBid = defaultBid;
73     }
74   }
75
76   /// Kich hoat lai phien dau gia!
77   function activeAgain() public onlyBy(owner) {
78     // Chi duoc kich hoat lai khi con thoi gian dau gia.
79     require(now <= auctionEnd, "Khong the kich hoat lai.");
80     ended = false;
81   }
82
83   /// Dat thoi gian ket thuc dau gia neu muon thoi gian dau gia keo dai hon.
84   function alterAuctionEndTime (
85     uint16 year,
86     uint8 month,
87     uint8 day,
88     uint8 hour,
89     uint8 minute,
90     uint8 second
91   ) public
92     onlyBy(owner) {
93     require(
94       !ended,
95       "Phien da ket thuc! Khong the thay doi!"
96     );
97     uint timeStamp =
98       dt.toTimestamp(year, month, day, hour, minute, second);
99     require(
100       timeStamp > auctionEnd,
101       "Thoi han moi khong lon hon thoi han ban dau!"
102     );
103     auctionEnd = timeStamp;
104   }
105
106   /// Dau gia voi so tien di kem giao dich nay.
107   /// Tien chi duoc hoan lai neu ban khong thang.
108   function bid() public payable {
109
110     // Huy giao dich neu qua han.
111     require(
112       now <= auctionEnd,
113       "Phien dau gia ket thuc!"
114     );
115
116     // Phien dau gia phai dang trong qua tr nh hoat dong
117     require(
118       !ended,
```

```
119         "Vat pham da bi huy ban dau gia!";
120     };
121
122     // Khong chap nhan muc gia thap hon muc gia dau hien tai.
123     require(
124         msg.value > highestBid,
125         "Da co gia dau cao hon!!"
126     );
127
128     // Nguoi choi phai dam bao co du tien.
129     require(
130         msg.value <= msg.sender.balance,
131         "Ban khong du tien de tham gia!"
132     );
133
134     if (highestBid != defaultBid) {
135         // Nguoi choi co gia dau thap hon co the tu rut tien lai
136         pendingReturns[highestBidder] += highestBid;
137     }
138     highestBidder = msg.sender;
139     highestBid = msg.value;
140     emit HighestBidIncreased(msg.sender, msg.value);
141 }
142
143 /// Rut tien trong truong hop co nguoi khac tra cao hon.
144 function withdraw() public returns (bool) {
145     uint amount = pendingReturns[msg.sender];
146     if (amount > 0) {
147         // Dat lai ve 0 de tranh truong hop gian lan rut nhieu lan.
148         pendingReturns[msg.sender] = 0;
149
150         // Neu rut tien khong thanh cong
151         if (!msg.sender.send(amount)) {
152             // Xem nhu chua rut.
153             pendingReturns[msg.sender] = amount;
154             return false;
155         }
156     }
157     return true;
158 }
159
160 /// Ket thuc phien dau gia, gui tien cho nguoi em vat p h m i u g i
161 ,
162 /// gui ma vat pham cho nguoi thang cuoc.
163 function auctionEnd() public {
164     // 1. Conditions
165     require(
166         now >= auctionEnd,
167         "Phien dau gia chua ket thuc."
168     );
169     require(
170         !ended,
171         "Phien dau gia khong hoat dong."
172     );
173
174     // 2. Effects
175     ended = true;
176     emit AuctionEnded(highestBidder, highestBid);
177
178     // 3. Interaction
179     // Neu co nguoi dau gia
180     if (highestBid != defaultBid) {
```

```
180         owner.transfer(highestBid);
181         itemKey[highestBidder] = itemKey[owner];
182         itemKey[owner] = "";
183     }
184     // else do nothing
185     // Thuc te thi he thong se tra lai vat pham chonguoi dem no di dau gia.
186 }
187 }
```

File "DateTime.sol" sử dụng lại từ code mẫu trong đề bài tập lớn.  
DateTime.sol

```
1
2 contract DateTime {
3
4     struct _DateTime {
5         uint16 year;
6         uint8 month;
7         uint8 day;
8         uint8 hour;
9         uint8 minute;
10        uint8 second;
11        uint8 weekday;
12    }
13
14    uint constant DAY_IN_SECONDS = 86400;
15    uint constant YEAR_IN_SECONDS = 31536000;
16    uint constant LEAP_YEAR_IN_SECONDS = 31622400;
17
18    uint constant HOUR_IN_SECONDS = 3600;
19    uint constant MINUTE_IN_SECONDS = 60;
20
21    uint16 constant ORIGIN_YEAR = 1970;
22
23    function isLeapYear(uint16 year) public pure returns (bool) {
24        if (year % 4 != 0) {
25            return false;
26        }
27        if (year % 100 != 0) {
28            return true;
29        }
30        if (year % 400 != 0) {
31            return false;
32        }
33        return true;
34    }
35
36    function leapYearsBefore(uint year) public pure returns (uint) {
37        year -= 1;
38        return year / 4 - year / 100 + year / 400;
39    }
40
41    function getDaysInMonth(uint8 month, uint16 year) public pure returns (uint8)
42    {
43        if (month == 1 || month == 3 || month == 5 || month == 7 || month == 8 ||
44            month == 10 || month == 12) {
45            return 31;
46        }
47        else if (month == 4 || month == 6 || month == 9 || month == 11) {
48            return 30;
49        }
50        else if (isLeapYear(year)) {
51            return 29;
52        }
53        return 28;
54    }
55}
```



```
49         return 29;
50     }
51     else {
52         return 28;
53     }
54 }
55
56 function parseTimestamp(uint timestamp) internal pure returns (_DateTime dt) {
57     uint secondsAccountedFor = 0;
58     uint buf;
59     uint8 i;
60
61     // Year
62     dt.year = getYear(timestamp);
63     buf = leapYearsBefore(dt.year) - leapYearsBefore(ORIGIN_YEAR);
64
65     secondsAccountedFor += LEAP_YEAR_IN_SECONDS * buf;
66     secondsAccountedFor += YEAR_IN_SECONDS * (dt.year - ORIGIN_YEAR - buf);
67
68     // Month
69     uint secondsInMonth;
70     for (i = 1; i <= 12; i++) {
71         secondsInMonth = DAY_IN_SECONDS * getDaysInMonth(i, dt.year);
72         if (secondsInMonth + secondsAccountedFor > timestamp) {
73             dt.month = i;
74             break;
75         }
76         secondsAccountedFor += secondsInMonth;
77     }
78
79     // Day
80     for (i = 1; i <= getDaysInMonth(dt.month, dt.year); i++) {
81         if (DAY_IN_SECONDS + secondsAccountedFor > timestamp) {
82             dt.day = i;
83             break;
84         }
85         secondsAccountedFor += DAY_IN_SECONDS;
86     }
87
88     // Hour
89     dt.hour = getHour(timestamp);
90
91     // Minute
92     dt.minute = getMinute(timestamp);
93
94     // Second
95     dt.second = getSecond(timestamp);
96
97     // Day of week .
98     dt.weekday = getWeekday(timestamp);
99 }
100
101 function getYear(uint timestamp) public pure returns (uint16) {
102     uint secondsAccountedFor = 0;
103     uint16 year;
104     uint numLeapYears;
105     // Year
106     year = uint16(ORIGIN_YEAR + timestamp / YEAR_IN_SECONDS);
107     numLeapYears = leapYearsBefore(year) - leapYearsBefore(ORIGIN_YEAR);
108     secondsAccountedFor += LEAP_YEAR_IN_SECONDS * numLeapYears;
109     secondsAccountedFor += YEAR_IN_SECONDS * (year - ORIGIN_YEAR -
numLeapYears);
```

```
110     while (secondsAccountedFor > timestamp) {
111         if (isLeapYear(uint16(year - 1))) {
112             secondsAccountedFor -= LEAP_YEAR_IN_SECONDS;
113         }
114         else {
115             secondsAccountedFor -= YEAR_IN_SECONDS;
116         }
117         year -= 1;
118     }
119     return year;
120 }
121
122 function getMonth(uint timestamp) public pure returns (uint8) {
123     return parseTimestamp(timestamp).month;
124 }
125
126 function getDay(uint timestamp) public pure returns (uint8) {
127     return parseTimestamp(timestamp).day;
128 }
129
130 function getHour(uint timestamp) public pure returns (uint8) {
131     return uint8((timestamp / 60 / 60) % 24);
132 }
133
134 function getMinute(uint timestamp) public pure returns (uint8) {
135     return uint8((timestamp / 60) % 60);
136 }
137
138 function getSecond(uint timestamp) public pure returns (uint8) {
139     return uint8(timestamp % 60);
140 }
141
142 function getWeekday(uint timestamp) public pure returns (uint8) {
143     return uint8 ((timestamp / DAY_IN_SECONDS + 4) % 7);
144 }
145
146 function toTimestamp(uint16 year, uint8 month, uint8 day) public pure returns
(uint timestamp) {
147     return toTimestamp(year, month, day, 0, 0, 0);
148 }
149
150 function toTimestamp (uint16 year, uint8 month, uint8 day, uint8 hour) public
pure returns (uint timestamp) {
151     return toTimestamp(year, month, day, hour, 0, 0);
152 }
153
154 function toTimestamp(uint16 year, uint8 month, uint8 day, uint8 hour, uint8
minute) public pure returns (uint timestamp) {
155     return toTimestamp(year, month, day, hour, minute, 0);
156 }
157
158 function toTimestamp(uint16 year, uint8 month, uint8 day, uint8 hour, uint8
minute, uint8 second) public pure returns (uint timestamp) {
159     uint16 i;
160
161     // Year
162     for (i = ORIGIN_YEAR; i < year; i++) {
163         if (isLeapYear(i)) {
164             timestamp += LEAP_YEAR_IN_SECONDS;
165         }
166         else {
167             timestamp += YEAR_IN_SECONDS;
```

```
168     }
169 }
170 // Month
171 uint8[12] memory monthDayCounts;
172 monthDayCounts[0] = 31;
173 if (isLeapYear(year)) {
174     monthDayCounts[1] = 29;
175 }
176 else {
177     monthDayCounts[1] = 28;
178 }
179 monthDayCounts[2] = 31;
180 monthDayCounts[3] = 30;
181 monthDayCounts[4] = 31;
182 monthDayCounts[5] = 30;
183 monthDayCounts[6] = 31;
184 monthDayCounts[7] = 31;
185 monthDayCounts[8] = 30;
186 monthDayCounts[9] = 31;
187 monthDayCounts[10] = 30;
188 monthDayCounts[11] = 31;
189 for (i = 1; i < month ; i ++) {
190     timestamp += DAY_IN_SECONDS * monthDayCounts[i - 1];
191 }
192 // Day
193 timestamp += DAY_IN_SECONDS * (day - 1);
194 // Hour
195 timestamp += HOUR_IN_SECONDS * (hour);
196 // Minute
197 timestamp += MINUTE_IN_SECONDS * (minute);
198 // Second
199 timestamp += second;
200 return timestamp;
201 }
202 }
```



## Tài liệu

- [Alex93] Vladimir Alexiev. *Applications of Linear Logic to Computation: An Overview*, 1993.
- [Sza96] Nick Szabo. *Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets..* Trên Extropy #16, 1996.
- [Lin96] Patrick Lincoln. *Computational Aspects of Linear Logic*. Nhà xuất bản MIT thuộc Viện Công nghệ Massachusetts (1996), trang 2.
- [Ser18] Sergiy Nosikov. *What are smart contracts?*  
<https://www.cryptoninjas.net/what-are-smart-contracts/>. Truy cập vào 01/6/2018.
- [1] Blockgeeks team. *Smart Contracts: The Blockchain Technology That Will Replace Lawyers*.  
<https://blockgeeks.com/guides/smart-contracts/>. Truy cập vào 01/6/2018.
- [2] Lester Coleman. *Smart Contracts: 12 Use Cases For Business And Beyond*.  
<https://www.ccn.com/smart-contracts-12-use-cases-for-business-and-beyond/>. Truy cập vào 01/6/2018.
- [3] Laura Cox. *5 Applications Of Smart Contracts*.  
<https://disruptionhub.com/smart-contract-uses/>. Truy cập vào 01/6/2018.
- [4] Ethereum. *Solidity documentation*.  
<https://solidity.readthedocs.io/en/latest/index.html>. Truy cập lần cuối vào 11/6/2018.