

Bài tập lớn

Optimizing stock investment

Mathematical Modeling on May 8, 2016

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh

Faculty of Computer Science and Engineering
University of Technology - VNUHCM

Optimizing stock
investment

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Nội dung chính

- ➊ Đầu vào
- ➋ Math model 1
- ➌ Math model 2
- ➍ Math model 3 - Giải pháp đề xuất
- ➎ Math model 4 - Giải pháp đề xuất
- ➏ Evaluation & conclusion

Optimizing stock
investment

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Một số hằng số đầu vào

n

Số lượng cổ phiếu.

C_j

Giá đơn vị của cổ phiếu j ($j = 1, 2, \dots, n$).

τ

Số tháng cần ra quyết định.

$D_{j,t}$

Cổ tức được chia trong tháng t ($t = 0, 1, \dots, \tau$) ứng với cổ phiếu j ($j = 1, 2, \dots, n$).

Optimizing stock
investment

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Một số hằng số đầu vào

Q_j

Số lượng cổ phiếu j được giao dịch tối đa trong 1 tháng.

α

% lãi xuất ngân hàng mỗi tháng.

θ

Tiền nhàn rỗi đầu cơ ban đầu.

Optimizing stock
investment

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion



Decision variables

- $x_{i,j,t}$: biến nhị phân; $x_{i,j,t} = 1$ biểu diễn quyết định mua ($i = 0$) hoặc bán ($i = 1$) cổ phiếu thứ j tại tháng thứ t (tính từ thời điểm bắt đầu ra quyết định)
- $y_{i,j,t}$: biến nguyên, biểu diễn quyết định số lượng cổ phiếu j được mua vào ($i = 0$) hoặc bán ra ($i = 1$) tại tháng thứ t (tính từ thời điểm bắt đầu ra quyết định)



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Intermediate variables

- $q_{j,t}$: số lượng cổ phiếu j đang đầu tư ở tháng thứ t
($t = 0, 1, \dots, \tau$)

$$q_{j,t} = \sum_{m=0}^t y_{0,j,m} - \sum_{m=0}^t y_{1,j,m}$$



Intermediate variables

- $q_{j,t}$: số lượng cổ phiếu j đang đầu tư ở tháng thứ t
($t = 0, 1, \dots, \tau$)

$$q_{j,t} = \sum_{m=0}^t y_{0,j,m} - \sum_{m=0}^t y_{1,j,m}$$

- θ_t : lượng tiền có thể giao dịch ở tháng thứ t ($t = 0, 1, \dots, \tau$)

$$\begin{aligned}\theta_t &= \theta(\alpha + 1)^t - \sum_{j=1}^n \sum_{m=0}^{t-1} y_{0,j,m} C_j (\alpha + 1)^{t-m} \\ &+ \sum_{j=1}^n \sum_{m=1}^{t-1} y_{1,j,m} C_j (\alpha + 1)^{t-m-1} \\ &+ \sum_{j=1}^n \sum_{m=1}^{t-1} (q_{j,m-1} - y_{1,j,m}) D_{j,m} \cdot 10 (\alpha + 1)^{t-m-1}\end{aligned}$$



Tại thời điểm bắt đầu $t = 0$

- ① Không có cổ phiếu j nào được bán ra

$$x_{1,j,0} = 0 \quad \forall j \in [1, n] \quad (1)$$

- ② Lượng tiền có thể giao dịch chính là lượng tiền đầu tư ban đầu

$$\theta_0 = \theta \quad (2)$$

Ràng buộc này được đảm bảo từ công thức của θ_t



Tại tháng thứ $t > 0$

- ③ Số lượng cổ phiếu j bán ra không thể vượt quá số lượng cổ phiếu j đang có.

$$y_{1,j,t} - q_{j,t-1} \leq 0 \quad \forall j \in [1; n], t \in [1; \tau] \quad (3)$$

- ④ Giá trị của tất cả cổ phiếu mua vào không thể vượt quá số tiền có thể giao dịch.

$$\sum_{j=1}^n y_{0,j,t} C_j \leq \theta_t \quad \forall t \in [0; \tau] \quad (4)$$

- ⑤ Khối lượng cổ phiếu j bán ra hoặc mua vào không thể vượt quá khối lượng giao dịch tối đa tương ứng với cổ phiếu j đang có.

$$y_{i,j,t} \leq Q_j \quad \forall j \in [1; n], i \in [0; 1], t \in [0; \tau] \quad (5)$$



Tại tháng thứ $t > 0$

- ⑥ Không thể vừa mua vừa bán cùng một loại cổ phiếu.

$$x_{0,j,t} + x_{1,j,t} \leq 1 \quad \forall j \in [1; n], t \in [1; \tau] \quad (6)$$

- ⑦ Lượng cổ phiếu mua (hoặc bán) chỉ có nếu có quyết định mua (hoặc bán).

$$y_{i,j,t} \leq x_{i,j,t} Q_j \quad \forall i \in [0; 1], j \in [1; n], t \in [0; \tau] \quad (7)$$

Bất đẳng thức trên cũng đảm bảo ràng buộc 5.

- ⑧ Lượng tiền mặt hàng tháng phải không âm.

$$\theta_t \geq 0 \quad (8)$$

Ràng buộc này đã được đảm bảo bởi ràng buộc 4.



Ràng buộc về kiểu và giới hạn của các biến

⑨ $x_{i,j,t}$ là biến nhị phân

$$x_{i,j,t} \in \{0, 1\}, \forall i \in [0, 1], \forall j \in [1, n], \forall t \in [0, \tau] \quad (9)$$

⑩ $y_{i,j,t}$ có giá trị không âm

$$y_{i,j,t} \geq 0, \forall i \in [0, 1], \forall j \in [1, n], \forall t \in [0, \tau] \quad (10)$$

Math model 1 - Objective function

Ta cần tối ưu hoá lượng tiền sau tháng τ , đó cũng chính là lượng tiền có thể giao dịch ở tháng $\tau + 1$. Hàm mục tiêu :

$$z = \theta_{\tau+1} \quad (11)$$



$$f = ay + b \quad x = 1$$

$$f = cy + d \quad x = -1$$

$$f = e \quad x = 0$$

$$\forall a, b, c, d, f \quad (a \neq c \rightarrow \neg \exists m, n, k : y = mx + ny + k)$$

$$q_{j,1} = y_{j,0} + y_{j,1} \quad \text{nếu } x = 1$$

$$q_{j,1} = y_{j,0} - y_{j,1} \quad \text{nếu } x = -1$$

$$q_{j,1} = y_{j,0} \quad \text{nếu } x = 0$$

Mô hình 2 không biểu diễn được dưới dạng tuyến tính tuyến tính.





Decision variables

- $x_{j,t}$: biến nhị phân; $x_{j,t} = 0$ biểu diễn quyết định mua, $x_{j,t} = 1$ biểu diễn quyết định bán cổ phiếu thứ j tại tháng thứ t (tính từ thời điểm bắt đầu ra quyết định).
- $y_{i,j,t}$: biến nguyên, biểu diễn quyết định số lượng cổ phiếu j được mua vào ($i = 0$) hoặc bán ra ($i = 1$) tại tháng thứ t (tính từ thời điểm bắt đầu ra quyết định)

Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion



Intermediate variables

- $q_{j,t}$: số lượng cổ phiếu j đang đầu tư ở tháng thứ t ($t = 0, 1, \dots, \tau$) tương tự mô hình 1.
- θ_t : lượng tiền có thể giao dịch ở tháng thứ t ($t = 0, 1, \dots, \tau$) tương tự mô hình 1.

Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Mô hình 3 - Constraints

Tại thời điểm bắt đầu $t = 0$

- ❶ Không có cổ phiếu j nào được bán ra.

$$x_{j,0} = 0 \quad \forall j \in [1, n] \quad (12)$$





Tại tháng thứ $t > 0$

- ② Số lượng cổ phiếu j bán ra không thể vượt quá số lượng cổ phiếu j đang có.

$$y_{1,j,t} - q_{j,t-1} \leq 0 \quad \forall j \in [1; n], t \in [1; \tau] \quad (13)$$

- ③ Giá trị của tất cả cổ phiếu mua vào không thể vượt quá số tiền có thể giao dịch và lượng tiền mặt mỗi tháng không âm.

$$\sum_{j=1}^n y_{0,j,t} C_j \leq \theta_t \quad \forall t \in [0; \tau] \quad (14)$$



Tại tháng thứ $t > 0$

- ④ Lượng cổ phiếu mua (hoặc bán) chỉ có nếu có quyết định mua (hoặc bán) và số lượng cổ phiếu giao dịch không vượt quá số lượng tối đa.

$$y_{i,j,t} \leq x_{i,j,t} Q_j \quad \forall i \in [0; 1], j \in [1; n], t \in [0; \tau] \quad (15)$$



Ràng buộc về kiểu và giới hạn của các biến

⑤ $x_{j,t}$ là biến nhị phân

$$x_{i,j,t} \in \{0, 1\}, \forall i \in [0, 1], \forall j \in [1, n], \forall t \in [0, \tau] \quad (16)$$

⑥ $y_{i,j,t}$ có giá trị không âm

$$y_{i,j,t} \geq 0, \forall i \in [0, 1], \forall j \in [1, n], \forall t \in [0, \tau] \quad (17)$$

Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Math model 3 - Objective function

Ta cần tối ưu hoá lượng tiền sau tháng τ , đó cũng chính là lượng tiền có thể giao dịch ở tháng $\tau + 1$. Hàm mục tiêu :

$$z = \theta_{\tau+1} \quad (18)$$



Math model 4 - Bài toán tương đương

- Bài toán nói lỏng bỏ qua điều kiện **"không có quyết định vừa mua vừa bán một loại cổ phiếu trong một tháng"**.

Optimizing stock
investment

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Math model 4 - Bài toán tương đương

Optimizing stock
investment

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp để xuất

Math model 4 - Giải
pháp để xuất

Evaluation & conclusion

- Bài toán nói lỏng bỏ qua điều kiện **"không có quyết định vừa mua vừa bán một loại cổ phiếu trong một tháng"**.
- Giả sử bài toán nói lỏng trên tồn tại 1 đầu vào có đáp số mà trong đó có $y_{0,j,t} > 0$ và $y_{1,j,t} > 0$. Xét các trường hợp :
 - $y_{0,j,t} = y_{1,j,t} < y_{0,j,t} = 0 = y_{1,j,t}$
 - $y_{0,j,t} - y_{1,j,t} = \lambda > 0 < y_{0,j,t} = \lambda, y_{1,j,t} = 0$
 - $y_{1,j,t} - y_{0,j,t} = \lambda > 0 < y_{1,j,t} = \lambda, y_{0,j,t} = 0$

Math model 4 - Bài toán tương đương

Optimizing stock
investment

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

- Bài toán nói lỏng bỏ qua điều kiện **"không có quyết định vừa mua vừa bán một loại cổ phiếu trong một tháng"**.
- Giả sử bài toán nói lỏng trên tồn tại 1 đầu vào có đáp số mà trong đó có $y_{0,j,t} > 0$ và $y_{1,j,t} > 0$. Xét các trường hợp :
 - $y_{0,j,t} = y_{1,j,t} < y_{0,j,t} = 0 = y_{1,j,t}$
 - $y_{0,j,t} - y_{1,j,t} = \lambda > 0 < y_{0,j,t} = \lambda, y_{1,j,t} = 0$
 - $y_{1,j,t} - y_{0,j,t} = \lambda > 0 < y_{1,j,t} = \lambda, y_{0,j,t} = 0$
- \Rightarrow Bài toán nói lỏng trên không có đáp số nào mà tồn tại một tháng có cả quyết định mua và quyết định bán cùng một loại cổ phiếu. **Một mô hình của bài toán nói lỏng, là một mô hình thoả mãn bài toán ban đầu.**



Decision variables

- $y_{i,j,t}$: biến nguyên, biểu diễn quyết định số lượng cổ phiếu j được mua vào ($i = 0$) hoặc bán ra ($i = 1$) tại tháng thứ t (tính từ thời điểm bắt đầu ra quyết định)

Intermediate variables

- θ_t : lượng tiền có thể giao dịch ở tháng thứ t ($t = 0, 1, \dots, \tau$) tương tự mô hình 1.

Mô hình 4 - Constraints

Tại thời điểm bắt đầu $t = 0$

- ❶ Không có cổ phiếu j nào được bán ra.

$$y_{0,j,0} = 0 \quad \forall j \in [1, n] \quad (19)$$





Tại tháng thứ $t > 0$

- ② Số lượng cổ phiếu j bán ra không thể vượt quá số lượng cổ phiếu j đang có.

$$y_{1,j,t} - \sum_{n=0}^{t-1} y_{0,j,n} + \sum_{n=0}^{t-1} y_{1,j,n} \leq 0 \quad \forall j \in [1;n], t \in [1;\tau] \quad (20)$$

- ③ Giá trị của tất cả cổ phiếu mua vào không thể vượt quá số tiền có thể giao dịch.

$$\sum_{j=1}^n y_{0,j,t} C_j \leq \theta_t \quad \forall t \in [0;\tau] \quad (21)$$

Bất đẳng thức trên đảm bảo lượng tiền mỗi tháng không âm.



Ràng buộc về kiểu và giới hạn của các biến

④ $y_{i,j,t}$ có giá trị không âm

$$y_{i,j,t} \geq 0, \forall i \in [0, 1], \forall j \in [1, n], \forall t \in [0, \tau] \quad (22)$$

Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Math model 3 - Objective function

Ta cần tối ưu hoá lượng tiền sau tháng τ , đó cũng chính là lượng tiền có thể giao dịch ở tháng $\tau + 1$. Hàm mục tiêu :

$$z = \theta_{\tau+1} \quad (23)$$



Experimental results

Input 1

```
10          //Tháng hiện tại
100000      //Số tiền ban đầu
0.45        //Lãi xuất
T           //Thời gian đầu tư

DMP 32 800 5(15) + 9(15)
MCP 13.5 5000 5(6) + 11(9)
REE 25.5 2000 2(16)
TDC 9.6 10000 4(5)
SRC 25.7 1000 6(15)
KHP 12.3 20000 7(9) + 11(5)
CSM 30.4 15000 7(25)
```

Hình: Input 1



Ra quyết định trong 10 tháng

```
0s
122429

T10 M0 100000 5000 MCP 2642 KHP
T11 M1 3.4153
T12 M2 5824.43 -5000 MCP 228 REE -2642 KHP
T01 M3 100007 2000 REE
T02 M4 49227.6
T03 M5 53013.9 -2000 REE 5522 TDC
T04 M6 51002.7 -228 REE
T05 M7 59807.3 -5522 TDC
T06 M8 113088 2 KHP 3719 CSM
T07 M9 5.41528
T08 M10 9304.74 -2 KHP -3719 CSM
```

Hình: Output 1 : $T = 10$ tháng

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Ra quyết định trong 11 tháng

```
1s
122980

T10 M0 100000 5000 MCP 2642 KHP
T11 M1 3.4153
T12 M2 5824.43 -5000 MCP 228 REE -2642 KHP
T01 M3 100007 2000 REE
T02 M4 49227.6
T03 M5 53013.9 -2000 REE 5522 TDC
T04 M6 51002.7 -228 REE
T05 M7 59807.3 -5522 TDC
T06 M8 113088 2 KHP 3719 CSM
T07 M9 5.41528
T08 M10 9304.74 -2 KHP -3719 CSM
T09 M11 122429
```

Hình: Output 1 : $T = 11$ tháng

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Comparison



Với input như trên, thời gian thực thi của 2 mô hình thu được như sau :

Số tháng đầu tư	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Tổng
Thời gian mô hình 1	16	21	42	71	83	431	1895	974	5244	17111	22131	61438	109457
Thời gian mô hình 3	15	10	24	50	88	257	562	756	1402	2727	2697	4792	13380
Thời gian mô hình 4	1	2	2	2	0	8	19	70	198	19	966	143	1430

Hình: Thời gian thực thi của 2 mô hình với T chạy từ 14 tới 25

Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

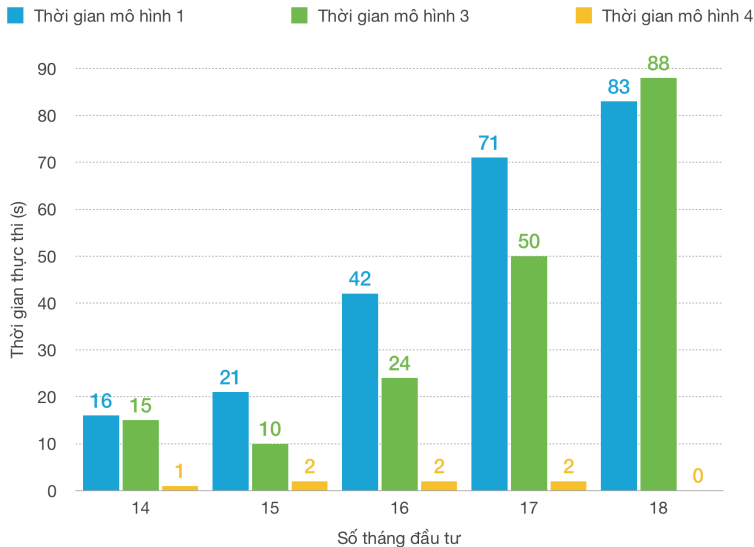
Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

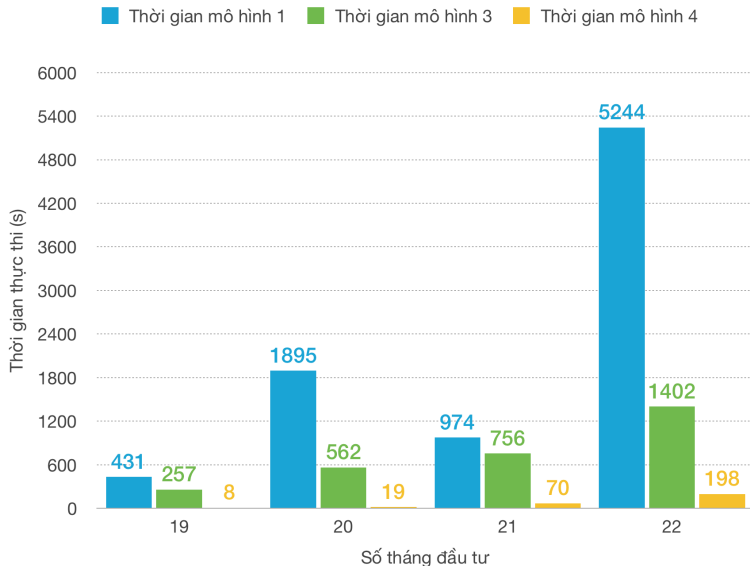
Comparison



Hình: Biểu đồ thời gian thực thi của 2 mô hình T chạy từ 14 - 18



Comparison



Hình: Biểu đồ thời gian thực thi của 2 mô hình T chạy từ 19 - 22

Optimizing stock investment

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

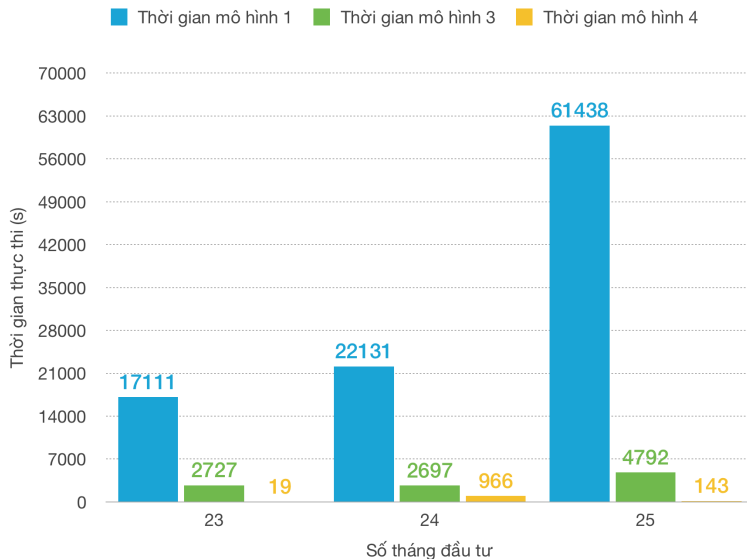
Math model 2

Math model 3 - Giải pháp đề xuất

Math model 4 - Giải pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Comparison



Optimizing stock investment

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải pháp đề xuất

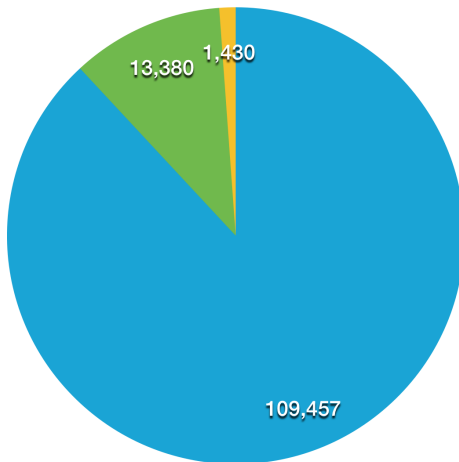
Math model 4 - Giải pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Hình: Biểu đồ thời gian thực thi của 2 mô hình T chạy từ 23 - 25

Comparison

● Thời gian mô hình 1 ● Thời gian mô hình 3 ● Thời gian mô hình 4



Hình: Tổng thời gian thực thi của 2 mô hình với T chạy từ 14 - 25

Optimizing stock
investment

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

- Mô hình 4 cho kết quả tốt hơn mô hình 3, mô hình 3 tốt hơn mô hình 1 - với cả một số input khác.



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion

Comparison

- Mô hình 4 cho kết quả tốt hơn mô hình 3, mô hình 3 tốt hơn mô hình 1 - với cả một số input khác.
- Với đầu vào gồm n cổ phiếu, thời gian ra quyết định là τ thì:
Mô hình 1 cần $4n(\tau + 1)$ biến
Mô hình 3 cần $3n(\tau + 1)$ biến
Mô hình 4 cần $2n(\tau + 1)$ biến



- Mô hình 4 cho kết quả tốt hơn mô hình 3, mô hình 3 tốt hơn mô hình 1 - với cả một số input khác.
- Với đầu vào gồm n cổ phiếu, thời gian ra quyết định là τ thì:
Mô hình 1 cần $4n(\tau + 1)$ biến
Mô hình 3 cần $3n(\tau + 1)$ biến
Mô hình 4 cần $2n(\tau + 1)$ biến
- Thủ tục Branch sử dụng giải bài toán MIP có độ phức tạp $O(2^n)$.





- Mô hình 4 cho kết quả tốt hơn mô hình 3, mô hình 3 tốt hơn mô hình 1 - với cả một số input khác.
- Với đầu vào gồm n cổ phiếu, thời gian ra quyết định là τ thì:
Mô hình 1 cần $4n(\tau + 1)$ biến
Mô hình 3 cần $3n(\tau + 1)$ biến
Mô hình 4 cần $2n(\tau + 1)$ biến
- Thủ tục Branch sử dụng giải bài toán MIP có độ phức tạp $O(2^n)$.
- Chi phí của bài toán tăng theo hàm mũ của n .

Conclusion

Cảm ơn thầy và các bạn đã lắng nghe.

Optimizing stock
investment

Hoàng Văn Nghĩa
Phạm Tiến Anh
Trần Thị Cẩm Giang
Trần Minh Mẫn
Nguyễn Văn Đại
Nguyễn Đình Ngọc Anh



Nội dung chính

Đầu vào

Math model 1

Math model 2

Math model 3 - Giải
pháp đề xuất

Math model 4 - Giải
pháp đề xuất

Evaluation & conclusion