

Giải thuật mô phỏng tối luyện cho bài toán điều độ xe

Phan Thị Mai Hà

Tóm tắt—Khi hoạt động xây dựng ngày càng tăng cao, các công ty cung cấp bê tông tươi sẽ mở rộng qui mô sản xuất nhằm đáp ứng nhu cầu của khách hàng. Càng nhiều khách hàng thì việc các xe đến lấy bê tông phải xếp hàng là không tránh khỏi. Những khách hàng là các công ty xây dựng lại có nhiều công trình khác nhau ở cùng một thời điểm trong khi thời gian hoạt động cho việc vận chuyển bê tông tươi chỉ là ban đêm. Khách hàng phải điều độ đội xe vận chuyển bê tông tươi trong đêm đến các công trình sao cho hiệu quả (quay đầu xe vài vòng) với ràng buộc về thời gian chuyển bê tông từ công ty sản xuất đến các công trình cũng như thời gian chờ để lấy bê tông ở công ty. Việc điều độ đội xe của các khách hàng xây dựng sẽ được mô hình hóa nhằm tối thiểu tổng chi phí vận chuyển (cố định, biến đổi) với việc ước lượng thời gian chờ đợi và quay đầu xe vài lần trong đêm. Mô hình bài toán logistics này là dạng NP hard nên sẽ được đề xuất 2 giải thuật để tìm lời giải gần tối ưu: giải thuật kinh nghiệm và giải thuật mô phỏng tối luyện. Kết quả giải bài toán điều độ đội xe từ 2 giải thuật sẽ được so sánh và phân tích.

Từ khóa—Điều độ, đội xe bồn, giải thuật mô phỏng tối luyện (simulated annealing – SA), mô hình logistics.

1 GIỚI THIỆU

Kinh tế càng phát triển sẽ kéo theo nhu cầu xây dựng tăng cao. Quản lý hoạt động xây dựng ngày càng phức tạp khi đồng thời có nhiều công trình và phải hoàn thành các dự án trong điều kiện ràng buộc về thời gian và nguồn lực. Áp lực không chỉ là quản lý đúng tiến độ dự án mà còn là điều độ nhân lực và nguồn lực một cách hiệu quả. Nếu công việc xây dựng tại công trình phụ thuộc vào nhân lực, máy móc của công ty và nguồn vốn để chuẩn bị đủ vật liệu xây dựng thì công việc đổ bê tông thường có liên quan đến công ty cung cấp bê tông tươi và đội xe bồn. Hoạt động đổ bê tông ở các công trình nhà ở hoặc chung cư hay nhà máy thường sử dụng bê tông trộn sẵn của các công ty

bê tông tươi. Các công ty xây dựng thường đưa xe bồn chuyên dụng đến lấy bê tông của những công ty này và chuyên đến các công trình vào ban đêm do giới hạn giờ lưu thông.

Một công ty xây dựng có thể có nhiều công trình đồng thời, mỗi công trình được coi như một nhiệm vụ và mỗi nhiệm vụ có thể cần đổ một đến vài xe bê tông một đêm. Nếu thiếu xe thì các công ty xây dựng phải đi thuê thêm, thế nên việc xác định số lượng xe tối ưu cần sử dụng trong một ca làm việc (đêm) là rất cần thiết. Công ty muốn tận dụng tối đa lượng xe sẵn có bằng cách ước lượng thời gian di chuyển, thời gian chờ lấy và thời gian chờ đổ bê tông tại công trường để cân nhắc việc quay đầu xe trong một ca làm việc. Quyết định liên quan đến điều độ đội xe bồn là quyết định về số lượng xe sử dụng trong một ca, quyết định quay đầu xe bao nhiêu lần trong một ca làm việc và mỗi xe sẽ thực hiện những nhiệm vụ nào (đưa bê tông đến công trường nào).

Hiện tại những quyết định về điều độ xe bồn vận chuyển bê tông tươi của các công ty xây dựng chỉ làm theo kinh nghiệm mà chưa áp dụng mô hình tối ưu để hỗ trợ. Nghiên cứu này sẽ xây dựng mô hình và đề xuất giải pháp hỗ trợ cho việc điều độ đội xe.

2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Có rất nhiều bài toán điều độ trên thực tế và được nhiều nhà nghiên cứu phân loại đồng thời đề xuất các giải thuật để giải bài toán như Baker (1974); Blazewicz và cộng sự (1996); Pinedo (1995); Tanaev và cộng sự (1994)... . Những bài toán cơ bản là điều độ nhiều việc trên các máy khác nhau và biểu diễn bằng sơ đồ Gantt. Những việc này có thể có qui trình thực hiện khác nhau như Graham và cộng sự đã giới thiệu vào năm 1979. Mục tiêu của bài toán điều độ thường là tối thiểu thời gian hoàn thành tất cả các nhiệm vụ.

Các bài toán điều độ mở rộng thành các mô hình toán có hàm mục tiêu và các ràng buộc có biến nguyên hoặc nhị phân. Vấn đề thay đổi công việc qua nhiều trạm được thể hiện bằng những bài toán luân chuyển (transshipment problems) và giải bằng

Bài nhận ngày 22 tháng 07 năm 2017, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 07 tháng 11 năm 2017.

Phan Thị Mai Hà là giảng viên Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM (Email: ptmaiha@hcmut.edu.vn)

phương pháp mạng lần đầu tiên bởi Dantzig (1971). Bài toán phân việc cũng vẫn còn được nghiên cứu tiếp do tính phức tạp khi giải.

Hầu hết các bài toán điều độ đều là NP-hard và có rất nhiều các tác giả vẫn đang tiếp tục nghiên cứu lời giải hiệu quả cho từng trường hợp ứng dụng (Nowicki và Smutnicki, 1996; Shakhlevich và cộng sự, 1999; Sitters, 2011;...). Bài toán vận tải có xem xét khoảng thời gian đến và đi được coi như một bài toán điều độ phức tạp (Khaled Al-Hamad và cộng sự, 2012). Chen và cộng sự (2013) đã sử dụng giải thuật Genetic Algorithm (GA) để điều độ số lượng xe đến đưa hàng ở cảng container tùy theo thời gian đến lấy hàng của tàu biển để giảm tắc nghẽn ở cảng.

Bài toán điều độ thường được đưa ra dưới dạng sản xuất tích hợp với giao nhận hàng hóa. Ullrich (2013) đã giới thiệu mô hình kết hợp điều độ máy song song và điều độ đội xe giao hàng với năng lực khác nhau ở các thời điểm sao cho thời gian hoàn thành là nhỏ nhất. Hai bài toán nhỏ đã được giải bằng giải thuật GA và cho lời giải tốt với kích thước bài toán lên đến 50 việc, 5 máy và 10 xe. Khi trung tâm phân phối nhận đơn hàng thì nhà máy phải điều độ sản xuất đồng thời quyết định đường đi giao hàng đến các nhà bán lẻ để kịp quay về trong ca làm việc và có chú ý đến khoảng thời gian giao hàng riêng cho từng khách trong nghiên cứu của Low và cộng sự (2013). Kết quả cho thấy lời giải từ GA tuy chưa được tốt nhưng tiết kiệm được rất nhiều thời gian để giải 2 bài toán liên quan sản xuất và phân phối hàng hóa đồng thời. Giải thuật hybrid GA cũng được sử dụng trong mô hình sản xuất theo dòng chảy (flow shop) có tái nhập lại trong khoảng thời gian cụ thể ở đây chuyển sản xuất ô cứng (Chamnanlor và cộng sự, 2014).

Trong lĩnh vực dịch vụ, bài toán điều độ xe với khoảng thời gian ghé trạm cho lấy và giao hàng bị giới hạn thì cũng được quan tâm (Wang và cộng sự, 2015). Schneider và cộng sự (2014) lại điều độ việc sạc cho xe điện với năng lực sạc ở các trạm khác nhau và thời gian giới hạn chạy xe tùy theo bình điện của xe bằng giải thuật Tabu search. Mô hình thăm khám bệnh đồng thời nhiều bệnh nhân trong cùng một khoảng thời gian nào đó khi bị giới hạn nguồn lực cũng được Sohaib và cộng sự (2016) dùng mô phỏng tôi luyện (simulated annealing – SA) để tìm lời giải.

Trong nghiên cứu này cũng xem xét một vấn đề thực tế về việc nhận và chuyển bê tông tươi đến các công trường xây dựng. Bài toán này sẽ được mô hình với điều kiện thực tế và đề xuất phương

án điều độ xe trong phần kế tiếp.

3 MÔ HÌNH HÓA BÀI TOÁN ĐIỀU ĐỘ

Các công ty xây dựng phải điều độ đội xe bồn của mình bằng cách xác định thời điểm đưa xe tới lấy bê tông tươi cũng như việc vận chuyển bê tông cho các công trình nhằm tối thiểu hóa chi phí vận hành đội xe bao gồm cả chi phí do chờ lấy ở công ty và chờ đổ bê tông tươi ở công trình. Đội xe thông thường được điều đến công ty để lấy bê tông, nếu có nhiều xe đến lấy đồng thời mà chỉ có vài trụ đổ bê tông vào thùng xe thì các xe phải chờ. Thời gian chờ phụ thuộc vào số lượng xe đến công ty vào thời điểm đó và số xe đang chờ trước thời điểm đó. Khi lấy xong bê tông, các xe sẽ đưa đến các công trình, thời gian di chuyển phụ thuộc khoảng cách giữa công ty và công trình, thời gian kẹt xe xem như không có vì thời gian vận chuyển là ban đêm. Khi đến công trường, các xe sẽ lại xếp hàng để đổ bê tông theo chỉ định của nhà thầu xây dựng. Thời gian hoàn thành công việc cũng bất định tùy thuộc vị trí đổ bê tông và số lượng xe bồn đang có ở công trường. Khi thực hiện xong thì xe có thể quay về công ty để thực hiện việc nhận bê tông và đưa bê tông tới công trình (giống hoặc khác chuyển trước) thêm lần nữa. Việc này tiếp diễn cho đến khi hết thời gian hoạt động trong một ca làm việc của xe bồn.

Mô hình hỗ trợ điều độ đội xe bồn được thể hiện dưới đây.

3.1 Các chỉ số, tham số và biến của bài toán

Chỉ số

i, j : là chỉ số về nhiệm vụ đổ bê tông tại các công trình i, j với B và F là nhiệm vụ bắt đầu và kết thúc, có địa điểm chính là nhà xe của công ty xây dựng.

t, s : chỉ số về đơn vị thời gian (với đơn vị thời gian có thể là 5 phút, 15 phút hoặc 30 phút). t_{max} là số đơn vị thời gian trễ nhất (ứng với đơn vị 30 phút thì ca làm 8 tiếng thì $t_{max} = 16$) mà xe bồn phải rời khỏi công trình sau khi đổ bê tông (có cân nhắc đủ thời gian quay lại bãi chứa xe trước giờ cấm xe tải).

Tham số

b_i^l : đơn vị thời gian sớm nhất cho việc chuyển bê tông đến công trình i .

b_i^u : đơn vị thời gian trễ nhất cho việc chuyển bê tông đến công trình i .

d_i : số chuyển xe bồn chờ bê tông cần chuyển đến công trình i

μ_t : khả năng phục vụ tối đa tại công ty bê tông tươi trong một đơn vị thời gian t

e : biến động về năng lực phục vụ tại công ty bê tông tươi (yếu tố mùa vụ, thời điểm trong ca làm việc, rủi ro,...)

u_{ijt} : Thời gian di chuyển của xe bồn sau khi đổ bê tông ở công trình i thì quay lại công ty bê tông để lấy bê tông tươi cho công trình j tại đơn vị thời gian t . Thời gian này được tính bằng số lượng đơn vị thời gian.

u_{it} : Thời gian di chuyển của xe bồn chờ bê tông từ công ty đến công trình i tại đơn vị thời gian t . Thời gian này được tính bằng số lượng đơn vị thời gian.

s_{it}^L : thời điểm mà xe bồn hoàn thành xong việc đổ bê tông cho công trình i nếu xe đến công trình vào thời điểm t , và được biểu diễn bằng giá trị $t + WT_{it}^L$

s_{it}^U : thời điểm mà xe bồn hoàn thành xong việc lấy bê tông cho công trình i nếu xe đến công ty vào thời điểm t , và được biểu diễn bằng giá trị $t + WT_{it}^U$

a_{it} : thời điểm đến của xe bồn ở công trình i giả sử rằng xe đó đã đến công ty bê tông là t , và được biểu diễn bằng giá trị $t + WT_{it}^U + u_{is_{it}^U}$

f : chi phí cố định của việc sử dụng một xe bồn trong một ca làm việc (ca đêm), tương đương với chi phí thuê xe nếu thiếu hoặc chi phí khấu hao của xe mà công ty sở hữu

o : chi phí vận hành xe bồn trong một đơn vị thời gian (ví dụ chi phí chạy trên đường) – có thể là chi phí xăng xe

w : chi phí vận hành xe bồn khi phải chờ đợi trong một đơn vị thời gian (có thể xe vẫn phải nổ máy quay thùng xe hoặc là hao phí do vẫn trả lương tài xế

WT_{it}^U : thời gian trung bình ở trong hệ thống của một xe bồn đến công ty ở khoảng thời gian đơn vị t để có thể lấy bê tông phục vụ cho công trình i .

WT_{it}^L : thời gian trung bình ở trong hệ thống của một xe bồn đến công trình i ở khoảng thời gian đơn vị t hoàn thành việc đổ bê tông.

Tập hợp

G : tập các công trình phải đổ bê tông trong một ca làm việc cụ thể

G_1 : tập các công trình phải đổ bê tông trong một ca làm việc cụ thể và nhiệm vụ đầu tiên B – điểm xuất phát của xe là nhà xe.

G_2 : tập các công trình phải đổ bê tông trong một ca làm việc cụ thể và nhiệm vụ cuối cùng F – điểm kết thúc của xe cần quay về là nhà xe.

T : tập các đơn vị thời gian trong một ca làm việc, $T = \{1, 2, 3, \dots, t_{max}\}$

T_{ij}^0 : tập các đơn vị thời gian mà biến X_{ijt} không thể lớn hơn 0, ví dụ $X_{ijt} = 0$ với

$t < a_{it} + WT_{a_{it}}^L$ trong khi

$\{t' = \min(t' \geq u_{0it'})\}$ và $t' \geq b_i^l - WT_{t'}^U + u_{is_{it}^U}$

Biến quyết định

X_{ijt} : số lượng xe bồn bắt đầu thực hiện nhiệm vụ đổ bê tông cho công trình j sau khi hoàn thành công việc ở công trình i tại đơn vị thời gian t

Q : số lượng xe bồn mà công ty cần sử dụng trong một ca làm việc (có thể cả đội xe riêng lẫn thuê thêm)

Biến phụ thuộc

λ_{it}^U : số lượng xe bồn công ty lấy bê tông phục vụ cho công trình i tại đơn vị thời gian t

λ_{it}^L : số lượng xe bồn đến đổ bê tông cho công trình i tại đơn vị thời gian t

3.2 Mô hình toán

Minimize

$$fQ + \sum_{i \in G_1} \sum_{j \in G_2} \sum_{t \in T + \{0\}} \left[ou_{ijt} X_{ij(t-u_{jt})} \right] + \sum_{i \in G} \sum_{t \in T} \left[wWT_{it}^L \lambda_{it}^L \right] + \sum_{i \in G} \sum_{t \in T} \left[wWT_{it}^U + ou_{is_{it}^U} \right] \lambda_{it}^U \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{j \in G_2} \sum_{t \in T + \{0\}} X_{Bjt} \leq Q \quad (2)$$

$$\sum_{i \in G_1} \sum_{t \in T} X_{iFt} \leq Q \quad (3)$$

$$\sum_{t \in T} \lambda_{it}^L \geq d_i \quad \text{với } i \in G(k) \quad (4)$$

$$b_i^l \lambda_{it}^L \leq t \lambda_{it}^L \leq b_i^u \lambda_{it}^L \quad \text{với } i \in G \text{ and } t \in T \quad (5)$$

$$(b_i^l - a_{it}) \lambda_{it}^U \leq t \lambda_{it}^U \leq (b_i^u - a_{it}) \lambda_{it}^U \quad \text{với } i \in G \text{ and } t \in T \quad (6)$$

$$\sum_{i \in G_1(k), t \geq u_{jt}} X_{ij(t-u_{jt})} = \lambda_{jt}^U \quad \text{với } j \in G \quad (7)$$

$$t \leq t_{\max} + 1 - WT_{jt}^U - u_{jjs_{jt}^U} - WT_{ja_{jt}}^L$$

$$\lambda_{it}^U = \lambda_{ia_{it}}^L$$

$$\text{với } i \in G \quad (8)$$

$$t \leq t_{\max} + 1 - WT_{it}^U - u_{iis_{it}^U} - WT_{ia_{it}}^L$$

$$\lambda_{it}^L = \sum_{s=s_{it}^L(t-1)}^{s_{it}^L} \sum_{j \in G_2} X_{ijs} - \sum_{j \in G_2} X_{ijs_{it}^L(t-1)} \quad (9)$$

$$\text{với } a_{it'} \leq t \leq t_{\max} + 1 - WT_{it}^L$$

$$\text{with } t' = \min(t' \geq u_{0it'}) \text{ and } i \in G$$

$$X_{ijt} = 0 \quad \text{với } i \in G, j \in G_2, t \in T_{ij}^0 \quad (10)$$

$$X_{ijt}, \lambda_{it}^U, \lambda_{it}^L \geq 0 \quad \text{với mọi } i, j, t \quad (11)$$

$$Q \geq 0. \quad (12)$$

Mô hình hướng đến việc điều độ đội xe để tối thiểu tổng chi phí vận hành của S xe bao gồm: chi phí cố định (tương ứng thuê xe trong một ca làm việc), chi phí vận chuyển và chi phí chờ đợi của xe bồn kể cả ở công trình hay ở công ty bê tông tươi. Nếu biến quyết định $X_{ijt} = 1$ có nghĩa là có một xe bồn đến công ty ở khoảng đơn vị thời gian t để lấy bê tông cho công trình j sau khi hoàn thành xong việc đổ bê tông cho công trình i tại thời điểm $(t - u_{ij})$. Như vậy chi phí vận chuyển sẽ là $ou_{ijt} X_{ij(t-u_{ij})}$. Chi phí chờ của xe bồn ở công ty và

ở công trình liên quan đến chi phí chờ đơn vị w và thời gian chờ trung bình WT cũng như số lượng xe phải chờ λ . Chi phí rời công trình i để quay lại công ty bê tông để phục vụ cho công trình j được ước lượng là $ou_{iis_{it}^U} \lambda_{it}^U$.

Các phương trình (2) và (3) thể hiện tương quan giữa các công việc bắt đầu và kết thúc để đảm bảo xe bồn sẽ bắt đầu đi từ nhà xe và quay về nhà xe kịp trong một ca làm việc và nhỏ hơn hay bằng lượng xe sử dụng. Phương trình (4) đảm bảo lượng xe bê tông đến đổ cho các công trình không nhỏ hơn nhu cầu. Phương trình (5) đưa ra ràng buộc về thời gian đến đổ bê tông cho công trình phải nằm trong thời gian yêu cầu, và vì thế cũng phải đến lấy bê tông vào thời điểm trước đó một khoảng thời gian a_{it} = thời gian chờ lấy bê tông cũng như di chuyển sang công trình (phương trình 6).

Phương trình (7) tính tổng lượng xe hoàn thành công việc ở các công trình i và thực hiện nhiệm vụ cho công trình j tại thời điểm t và có đảm bảo điều kiện xe phải hoàn thành xong nhiệm vụ j rồi quay về bãi xe kịp trong ca làm việc. Cũng với điều kiện về thời gian như vậy thì lượng xe lấy bê tông sẽ bằng lượng xe đến đổ bê tông cho công trình i trong phương trình (8). Phương trình (9) liên quan đến những xe bồn tại công trình và chuyển các xe này cho công trình khác. Thời gian chờ của xe được ước lượng khi xe cuối cùng tới

công trình nhưng một số xe tới trước đó có thể đang đổ bê tông và rời đi sớm hơn. Như vậy thời gian hoàn thành cho mọi xe tải trong nhóm là s_{it} cho việc đổ bê tông.

Phương trình (10) gán điều kiện cho biến quyết định khi thời gian chuyển tiếp công trình khác không đủ trong ca làm việc và các trường hợp khác. Phương trình (11) và (12) là điều kiện không âm của các biến quyết định.

4 GIẢI THUẬT

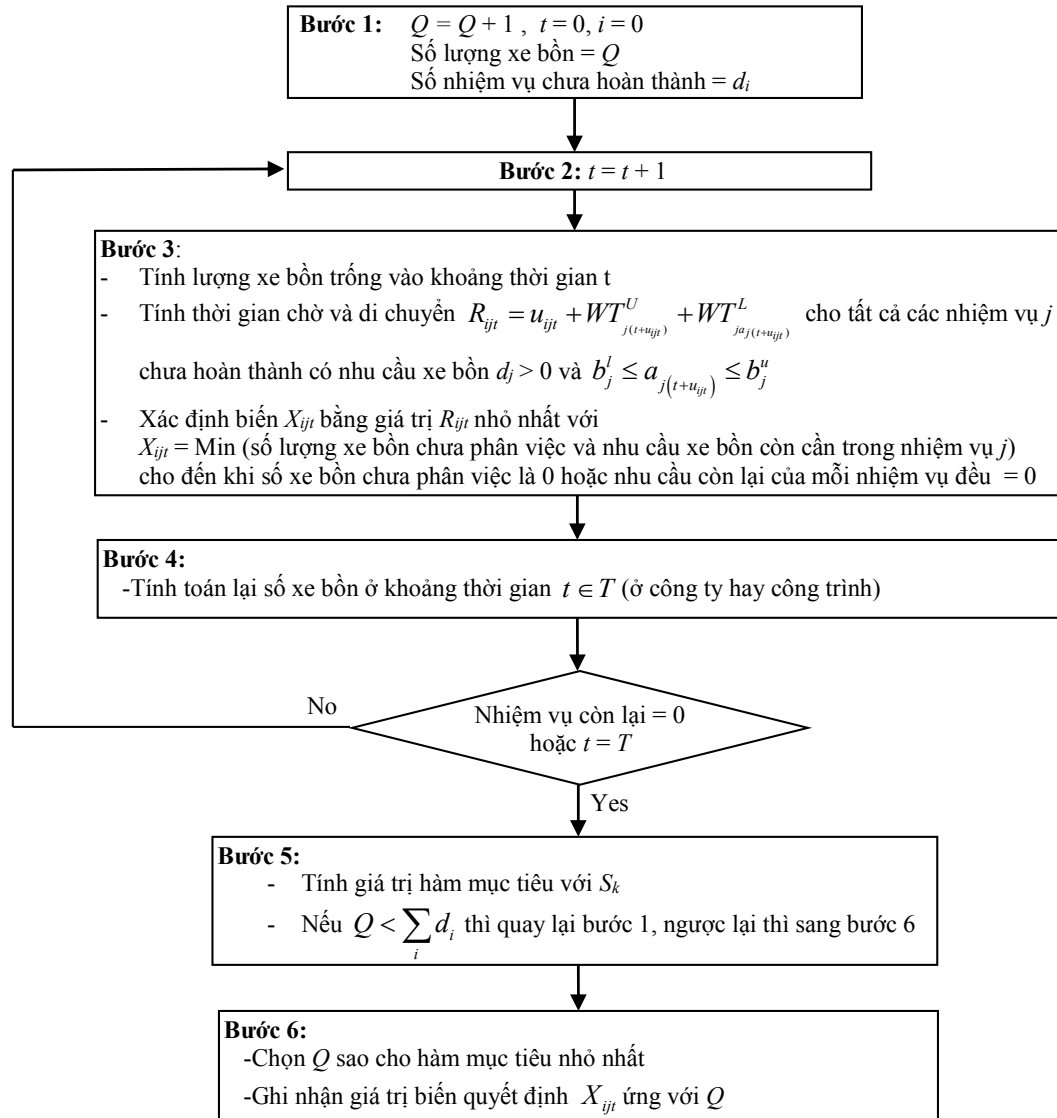
Mô hình bài toán điều độ đội xe bồn chờ bê tông đến các công trình có biến quyết định là lượng xe quay đầu ở các thời điểm. Những thời điểm trong bài toán lại thay đổi và phụ thuộc vào các thời điểm khác nên thời điểm vừa là chỉ số của biến lại ảnh hưởng đến biến phụ thuộc hay khoảng thời gian trong các phương trình của mô hình. Bài toán điều độ có khoảng thời gian vừa là chỉ số lại vừa là tham số thuộc dạng NP-hard nên phải dùng các giải thuật để cho ra lời giải gần tối ưu. Với mô hình toán này, giải thuật kinh nghiệm và SA được sử dụng để tìm lời giải vì tính phổ biến và hiệu quả của chúng.

4.1 Giải thuật kinh nghiệm

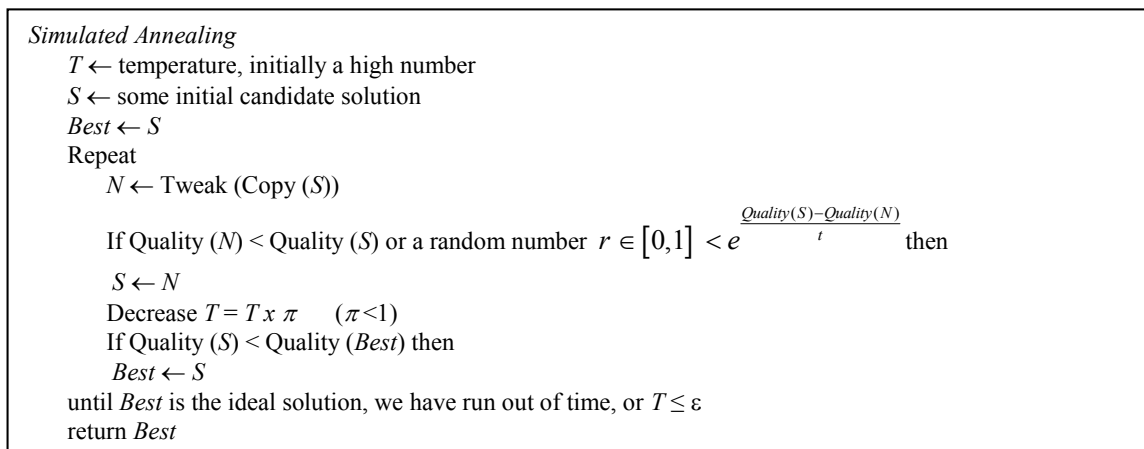
Giải thuật kinh nghiệm dựa trên ý tưởng phân công nhiệm vụ kế tiếp của các xe bồn dựa vào thời gian chờ và thời gian chờ bê tông nhỏ nhất bằng đội xe xác định trước. Số xe trong đội xe được thử nghiệm lời giải sẽ tăng dần. Lời giải của bài toán sẽ được chọn trong các lời giải khác nhau số xe trong đội xe để sao cho tổng chi phí (hàm mục tiêu) nhỏ nhất. Qui trình tính toán được trình bày trong Hình 1 và bắt đầu với $S_k = 0$.

4.2 Giải thuật mô phỏng tối luyện

Giải thuật mô phỏng tối luyện (simulated annealing – SA) là phương pháp dùng thống kê để tìm lời giải tối ưu. Giải thuật này được sử dụng lần đầu tiên bởi Metropolis và cộng sự (1953) rồi được giới thiệu rộng rãi bởi Kirkpatrick và cộng sự (1983). Đó chính là qui trình đi tìm lời giải cục bộ và khả năng phát triển không gian lời giải bằng thống kê, có khả năng tránh đưa ra nghiệm tối ưu cục bộ. Phương pháp này đã được sử dụng rất nhiều và đã chứng tỏ được hiệu quả. Giải thuật SA được trình bày trong Hình 2 (Luke, 2011).



Hình 1. Giải thuật kinh nghiệm cho tìm lời giải bài toán điều độ xe bồn



Hình 2. Giải thuật mô phỏng tối luyện (SA) cho bài toán điều độ xe bồn

Trong bài toán này, ma trận 2-way chính là lời giải của giải thuật SA – phát lời giải cho bài toán điều độ. Ma trận thể hiện mối quan hệ giữa các nhiệm vụ bằng các giá trị ưu tiên cho nhiệm vụ kế tiếp (Bảng 1). Trong mỗi hàng, nhiệm vụ với giá trị cao nhất sẽ được chọn là nhiệm vụ kế tiếp (cho xe bồn quay đầu để thực hiện cho công trình kế). Trong bảng 1 thì B chính là nhiệm vụ đầu tiên và xe bồn sẽ ưu tiên thực hiện nhiệm vụ tại công trình 4 trước vì có giá trị trong hàng là lớn nhất 0,4. Sau khi có đủ xe thực hiện nhiệm vụ 4, những xe còn lại (trong Q) sẽ làm nhiệm vụ 2 với giá trị trong ma trận là 0,3... Những xe hoàn thành nhiệm vụ 4 có thể quay đầu để bắt đầu nhiệm vụ 1 hoặc 2 vì giá trị như nhau là 0,35. Khi xác định được thứ tự các nhiệm vụ thì sử dụng các phương trình trong mô hình toán ước tính các thời điểm đến, thời gian chờ hay hoàn thành của các xe bồn nhằm tính toán hàm mục tiêu hay tính khả thi của lời giải. Lời giải từ giải thuật SA được kết hợp với giá trị Q khác nhau sẽ được so sánh để tìm giá trị nhỏ nhất của hàm mục tiêu chính là lời giải từ giải thuật.

BẢNG 1. MỘT VÍ DỤ VỀ LỜI GIẢI TỪ SA CHO 4 NHIỆM VỤ CẦN ĐIỀU ĐỘ XE BỒN

Nhiệm vụ	1	2	3	4
B	0.20	0.30	0.10	0.40
1	0.40	0.25	0.15	0.20
2	0.10	0.30	0.20	0.40
3	0.05	0.45	0.25	0.25
4	0.35	0.35	0.20	0.10

BẢNG 2. THAM SỐ CHO 7 NHIỆM VỤ

Nhiệm vụ i	1	2	3	4	5	6	7
d_i	2	3	1	4	3	2	1
b_i'	1	2	2	1	2	1	1
b_i''	15	12	12	14	13	11	12

Lời giải đầu tiên S của giải thuật SA được phát ra với những giá trị ngẫu nhiên từ 0 đến 1 trong mỗi ô của ma trận sao cho tổng giá trị theo hàng phải bằng 1.

Quy trình SA để tìm lời giải ngẫu nhiên kế tiếp theo cấu trúc có thể thực hiện bằng cách đổi chỗ các giá trị của các ô trong ma trận cùng hàng để đưa ra không gian lời giải. Lời giải SA Best là lời giải gần tối ưu.

4.3 Ví dụ cho bài toán điều độ

Phần này trình bày một ví dụ được đưa ra để thực nghiệm mô hình toán cũng như lời giải cho bài toán điều độ đội xe bồn. Những thông tin về các nhiệm vụ cho từng công trình, chi phí, thời gian di chuyển hay thời gian chờ ước tính (trên thực tế thì do ước tính của các nhà quản lý liên quan). Bảng 2, 3 và 4 là một số các thông số liên quan đến bài toán ví dụ gồm 7 nhiệm vụ. Trong ca làm việc 8h ta chia nhỏ đơn vị thời gian thành 30 phút/đơn vị nên $T = 16$.

BẢNG 3. THỜI GIAN U_{LT} CỦA BÀI TOÁN VÍ DỤ

Từ nhiệm vụ i	Đến nhiệm vụ j	Khoảng đơn vị thời gian						
		0	1	2	...	13	14	15
0	0	0	0	0	...	0	0	0
	1	1	1	3	...	1	1	1

	6	2	2	2	...	2	2	1
	7	1	3	1	...	2	1	1
1	0	1	1	1	...	1	1	1
	1	1	1	2	...	2	1	1

7	0	10	10	10	...	10	10	10
	1	2	1	1	...	1	1	1

	7

BẢNG 4. CHI PHÍ LIÊN QUAN

Loại chi phí	Đơn vị	Giá trị
Chi phí cố định f	\$/ca	20
Chi phí vận tải o	\$/đơn vị thời gian	3.1

BẢNG 5. ĐẶC ĐIỂM MỘT SỐ BÀI VÍ DỤ

Stt	Số nhiệm vụ	Khoảng đơn vị thời gian	Nhu cầu tối đa của xe bồn ở một công trình
1	5	10	3
2	5	15	3
3	5	10	3
4	5	10	4
5	5	15	4
6	5	10	3
7	11	30	4
8	11	40	4
9	20	30	5
10	30	40	4

4.4 So sánh kết quả bài toán từ 2 giải thuật

Hai giải thuật được trình bày trong phần 4.1 và 4.2 được lập trình bằng ngôn ngữ Java. Những thông số đầu vào được phát ngẫu nhiên dựa trên một số chỉ số cơ bản tác động lên độ lớn bài toán như số nhiệm vụ, số khoảng đơn vị thời gian, số lượng nhu cầu tối đa (số xe bồn) trong một nhiệm vụ. Bảng 5 trình bày đặc điểm của 10 bài toán thử nghiệm giải thuật. Bảng 6 là kết quả giải 10 bài toán bằng 2 giải thuật.

BẢNG 6. KẾT QUẢ TỪ 2 GIẢI THUẬT CỦA NHỮNG BÀI TOÁN VÍ DỤ

Stt	Giải thuật kinh nghiệm		SA	
	Hàm mục tiêu (\$)	Thời gian máy (giây)	Hàm mục tiêu (\$)	Thời gian máy (giây)
1	61.10	0.21	62.12	0.19
2	84.84	0.29	71.52	0.24
3	109.00	0.38	105.37	0.29
4	71.44	0.32	77.78	0.30
5	115.40	0.31	120.31	0.32
6	100.37	0.37	92.78	0.43
7	160.99	2.08	152.98	2.65
8	199.64	2.91	188.83	2.55
9	341.54	41.05	344.02	21.47
10	693.34	234.81	692.06	38.36

Kết quả cho thấy lời giải từ giải thuật kinh nghiệm đôi khi có thể tốt hơn từ SA. Ở đây tác giả sử dụng $T = 10$ và mức độ làm lạnh (cooling level) = 0.98 của giải thuật SA có thể chưa phù hợp với bài toán nhỏ. Giải thuật kinh nghiệm sử dụng chỉ số có cân nhắc thời gian chuyên chờ và thời gian chờ khi điều độ nhiệm vụ tiếp theo. Vì vậy có thể tính toán lời giải nhanh hơn. Giải thuật SA đưa ra lời giải tốt trong thời gian nhanh hơn với những bài toán lớn (ví dụ 9 và 10).

5 KẾT LUẬN

Bài toán điều độ xe bồn chở bê tông tươi của các công ty là dạng bài toán cân nhắc việc quay đầu xe trong một ca làm việc (bài toán vận tải quãng ngắn).

Bài toán điều độ bị ảnh hưởng bởi thời gian chuyên chờ giữa công ty bê tông tươi đến các công trình và quay lại. Thời gian chờ đợi để lấy bê tông cũng như đổ bê tông tại các công trình cũng được tính đến. Thời gian chờ đợi cũng coi như chi phí do lãnh phí nên cũng phải đưa vào hàm mục tiêu. Thời gian chờ dài hay ngắn sẽ bị tác động bởi thời điểm đến lấy hay đổ bê tông trong một ca làm việc (đầu giờ thường đông hơn cuối giờ). Khi xem xét các yếu tố đó trong mô hình toán nhằm quyết định số lượng xe bồn khi hoàn thành xong một nhiệm vụ sẽ bắt đầu nhiệm vụ kế tiếp nào để có chi phí tối thiểu thì bài toán trở thành dạng NP-hard. Hai

giải thuật đã được đề xuất để giải, chính là giải thuật kinh nghiệm và mô phỏng tối luyện. Một số bài toán ví dụ đã được đề xuất để đánh giá hiệu quả của hai giải thuật. Với những bài toán nhỏ, giải thuật kinh nghiệm cho lời giải tốt hơn. Nhưng với bài toán lớn thì kết quả không chênh lệch nhiều trong khi giải thuật SA cho kết quả nhanh hơn rất nhiều.

REFERENCES

- [1]. K. R. Baker, "Introduction to sequencing and scheduling," John Wiley & Sons, New York, 1974.
- [2]. J. Blazewicz, K. H. Ecker, E. Pesch, G. Schmidt, and J. Weglarz, "Scheduling computer and manufacturing processes," Springer Verlag, Berlin, 1996.
- [3]. M. Pinedo, "Scheduling: theory, algorithms and systems," Prentice Hall, Englewood Cliffs N.J., 1995.
- [4]. V. S. Tanaev, V. S. Gordon, and Y. M. Shafransky, "Scheduling theory. single-stage systems," vol. 1. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1994.
- [5]. R. L. Graham, E. L. Lawler, J. K. Lenstra, and A. H. G. Rinnooy Kan, "Optimization and approximation in deterministic sequencing and scheduling: a survey," *Annals of Discrete Mathematics*, vol. 5, pp. 287-326, 1979.
- [6]. G. B. Dantzig, "Application of the simplex method to a transportation problem." In T.C. Koopmans, editor, *Activity analysis of production and allocation*, pp. 359-373, 1951.
- [7]. E. Nowicki, and C. Smutnicki, "A fast tabu search algorithm for the job shop problem," *Management Science*, vol. 42, no. 6, pp. 797-813, 1996.
- [8]. N. V. Shakhlevich, Yu. N. Sotskov, and F. Werner, "Shop scheduling problems with fixed and non-fixed machine orders of jobs," *Annals of Operations Research*, vol. 92, pp. 281-304, 1999.
- [9]. R. A. Sitters, "Two NP-hardness results for preemptive minisum scheduling for unreleased parallel machines," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2081, pp. 396-405, 2011.
- [10]. A. -H. Khaled, A. -I. Mohamed, and A. -E. Eiman, "A genetic algorithm for ship routing and scheduling problem with time window," *American Journal of Operations Research*, vol. 2, pp. 417-429, 2012.
- [11]. G. Chen, K. Govindan, and Z. Yang, "Managing truck arrivals with time windows to alleviate gate congestion at container terminals," *International Journal of Production Economics*, vol. 141, no. 1, pp. 179-188, 2013.
- [12]. C. A. Ullrich, "Integrated machine scheduling and vehicle routing with time windows," *European Journal of Operational Research*, vol. 227, no. 1, pp. 152-165, 2013.
- [13]. C. Low, R. K. Li, and C. M. Chang, "Integrated scheduling of production and delivery with time windows," *International Journal of Production Research*, vol. 51, no. 3, pp. 897-909, 2013.
- [14]. C. Chamnanlor, K. Sethanan, C. F. Chien, M. Gen, "Re-entrant flow shop scheduling problem with time windows using hybrid genetic algorithm based on auto-tuning strategy," *International Journal of Production Research*, vol. 52, no.9, pp. 2612-2629, 2014.

- [15]. C. Wang, D. Mu, F. Zhao, and J. W. Sutherland, "A parallel simulated annealing method for the vehicle routing problem with simultaneous pickup-delivery and time windows," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 83, pp. 111-122, 2015.
- [16]. M. Schneider, A. Stenger, and D. Goetze, "The electric vehicle-routing problem with time windows and recharging stations," *Transportation Science*, vol. 48, no. 4, pp. 500-520, 2014.
- [17]. A. Sohaib, D.-C. Dang, and A. Moukrim, "Heuristic solutions for the vehicle routing problem with time windows and synchronized visits," *Optimization Letters*, vol. 10, no. 3, pp. 511-525, 2016.
- [18]. N. Metropolis, A. W. Rosenbluth, M. N. Rosenbluth, A. H. Teller, and E. Teller, "Equation of state calculations by fast computing machines," *The journal of chemical physics*, vol. 21, no. 6, pp. 1087-1092, 1953.
- [19]. S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt Jr., and M. P. Vecchi, "Optimization by simulated annealing", *Science*, vol. 220, pp. 671-680, 1983.
- [20]. S. Luke, "Essentials of metaheuristics: a set of undergraduate lecture notes", 2011. <http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics>

Phan Thị Mai Hà nhận bằng Cử nhân Quản lý Công nghiệp của Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM năm 2000, bằng Thạc sỹ ngành Kỹ thuật Công nghiệp của Học viện Công nghệ Châu Á (AIT, Thái Lan) năm 2001 và bằng Tiến sỹ ngành Kỹ thuật Công nghiệp của Trường Đại học Quốc gia Pusan (Hàn quốc) năm 2015. Bà là giảng viên của Bộ môn Kỹ thuật Hệ thống Công nghiệp, Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM từ năm 2002 đến nay. Bà tham gia các dự án thiết kế cảng xanh của Hàn quốc trong giai đoạn 2011 – 2015 khi học và nghiên cứu ở Logistics Systems Lab, Trường Đại học Quốc gia Pusan, Hàn quốc. Hiện tại bà định hướng nghiên cứu về tối ưu hóa các mô hình vận tải và kho bãi trong logistics cũng như phân tích thiết kế hệ thống logistics. TS. Hà cũng là Reviewer cho các tạp chí quốc tế như: International Journal of Shipping and Transport Logistics, Flexible Services and Manufacturing và Transportation Research Part B.

A simulated annealing algorithm for vehicle scheduling problem

Abstract - As the construction activity has been growing, the companies that supply fresh concrete expand their production scale to meet their customers' needs. The more customers, the longer queue tank trucks have to wait to pick up the fresh concrete. The customers are construction companies that have different construction works at the same time while the transportation time is only at night. They have to schedule efficiently the fleet of fresh concrete tank trucks during the night (turning the tank trucks a few turns) with constraints on the time window for the transfer of fresh concrete from the concrete company to the construction site as well as constraints on the waiting time for loading fresh concrete in the company. The scheduling for the fleet of construction company's tank trucks will be modeled to minimize total transportation costs (fixed, variable) with estimated waiting times and tank truck's turns several times during the night. The model of logistics problem is NP hard; Therefore, two algorithms are proposed to find the nearly optimal solution: heuristics and simulated annealing algorithm. The results will be compared and analyzed.

Keywords - Scheduling, fleet of tank truck, simulated annealing algorithm, mathematic model, logistics.