

CSR scheduling at HCMUT

Trang Hong Son¹ and Huynh Tuong Nguyen²

¹Hoa Sen University, Vietnam

²Industrial University of Ho Chi Minh City, Vietnam

**Email: son.tranghong@hoasen.edu.vn, huynhtuongnguyen@iuh.edu.vn*

1 Introduction

The call centre industry has occupied a significant place in customer relationship management over the last few decades, providing effective and responsive service for customers via telephone communications. Since employees are a major direct expense for about 60%–80% in most call centres, and the high employee turnover rates with an average of 33% per year and even exceeding 50% per year, workforce management plays an essential role in the success of call centre operations [1, 2].

Call arrival rates tend to vary by months, weeks, days and within different hours throughout a day. To cover the variable workloads with employees working in various and highly overlapping shifts while satisfying some constraints resulting from labour laws and regulations such as day-off/on requirements, weekend-related requirements and shift preferences, it makes the workforce scheduling problem complicated in call centres.

As the scale of call centers increased rapidly, how to realize the minimization of operation cost and the maximization of profits by scheduling efficiently and cost-effectively and also improve the productivity of call center are the fundamental problems which must be addressed urgently.

The workforce scheduling problem in call centres is defined as assigning a number of employees to various overlapping shifts during a specified planning horizon, considering some regulations and preferences, so as to minimize the labour cost. This is often difficult to solve to optimality due to its combinatorial structure.

2 Problem description

In a call center, many customer service representatives (CSR) take turns serving customers. To meet the desired service level, historical incoming calls have been analyzed to calculate the ideal number of CSRs in every time period. For example:

| Hour | Mon. | Tue. | Wed. | Thu. | Fri. | Sat. | Sun. |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| 8h-9h | 6 | 6 | 7 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| 9h-10h | 9 | 10 | 9 | 9 | 7 | 9 | 7 |
| 10h-11h | 9 | 7 | 9 | 8 | 8 | 9 | 6 |
| 11h-12h | 8 | 7 | 6 | 6 | 7 | 4 | 5 |
| 12h-13h | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 13h-14h | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 |
| 14h-15h | 7 | 7 | 6 | 5 | 6 | 4 | 4 |
| 15h-16h | 8 | 5 | 8 | 8 | 7 | 5 | 5 |
| 16h-17h | 8 | 9 | 7 | 7 | 6 | 5 | 6 |
| 17h-18h | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 18h-19h | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 19h-20h | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 20h-21h | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 |

Hình 1: The number of CSRs in every time period

- In practice, managers list shifts to define work hours. As an example:

- Shift C1: 8h-17h with a (lunch) break at 12h-13h.
- Shift C2: 9h-18h with a break at 12h-13h.
- Shift C3: 10h-19h with a break at 13h-14h.
- Shift C4: 11h-20h with a break at 16h-17h.
- Shift C5: 12h-21h with a break at 17h-18h.
- Shift C6: 8h-21h with a break at 12h-17h.

| Shift | 8h-9h | 9h-10h | 10h-11h | 11h-12h | 12h-13h | 13h-14h | 14h-15h | 15h-16h | 16h-17h | 17h-18h | 18h-19h | 19h-20h | 20h-21h |
|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| C1 | | | | | | | | | | | | | |
| C2 | | | | | | | | | | | | | |
| C3 | | | | | | | | | | | | | |
| C4 | | | | | | | | | | | | | |
| C5 | | | | | | | | | | | | | |
| C6 | | | | | | | | | | | | | |

Hình 2: An illustration for shifts

- What exactly is the decision we need to make:

(Q1) How many CSR is required in a day?

| CSR | Monday | Tuesday | Wednesday | Thursday | Friday | Saturday | Sunday |
|------|--------|---------|-----------|----------|--------|----------|--------|
| NV1 | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 |
| NV2 | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 |
| NV3 | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 | C2 |
| NV4 | C2 | C2 | C1 | C1 | C2 | C2 | C2 |
| NV5 | C2 | C2 | C2 | C2 | C3 | C2 | C3 |
| NV6 | C2 | C2 | C2 | C2 | C3 | C2 | C3 |
| NV7 | C3 | C3 | C3 | C2 | C4 | C3 | C4 |
| NV8 | C3 | C3 | C5 | C3 | C6 | C5 | C4 |
| NV9 | C3 | C3 | C5 | C3 | C6 | C5 | C6 |
| NV10 | C6 | C6 | C6 | C5 | C6 | C6 | C6 |
| NV11 | C6 | C6 | C6 | C5 | | C6 | C6 |
| NV12 | C6 | C6 | C6 | C6 | | C6 | |
| NV13 | | C6 | | C6 | | | |

Hình 3: Số lượng CSR cần theo từng ngày

(Q2) Nếu mỗi CSR chỉ làm việc 6 ngày trong tuần (1 ngày nghỉ) thì cần tối thiểu bao nhiêu CSR trong một tuần?

| CSR | Monday | Tuesday | Wednesday | Thursday | Friday | Saturday | Sunday |
|------|--------|---------|-----------|----------|--------|----------|--------|
| NV1 | | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 |
| NV2 | | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 | C1 |
| NV3 | C1 | | C1 | C1 | C1 | C1 | C2 |
| NV4 | C1 | C1 | | C1 | C2 | C2 | C2 |
| NV5 | C1 | C2 | | C2 | C3 | C2 | C3 |
| NV6 | C2 | C2 | C1 | | C3 | C2 | C3 |
| NV7 | C2 | C2 | C2 | C2 | | C3 | C4 |
| NV8 | C2 | C3 | C2 | C2 | | C5 | C4 |
| NV9 | C3 | C3 | C3 | C3 | | C5 | |
| NV10 | C3 | C3 | C5 | C3 | | C6 | C6 |
| NV11 | C3 | C6 | C5 | C5 | C4 | | C6 |
| NV12 | C6 | C6 | C6 | C5 | C6 | | C6 |
| NV13 | C6 | C6 | C6 | C6 | C6 | C6 | |
| NV14 | C6 | C6 | C6 | C6 | C6 | C6 | |

Hình 4: Số lượng CSR cần trong một tuần

(Q3) Sắp xếp lịch làm việc các CSR trong một tuần sao cho công bằng nhất có thể.

| CSR | Monday | Tuesday | Wednesday | Thursday | Friday | Saturday | Sunday |
|------|--------|---------|-----------|----------|--------|----------|--------|
| NV1 | C3 | | C1 | C2 | C6 | C1 | C6 |
| NV2 | C1 | C2 | | C3 | C6 | C6 | C2 |
| NV3 | C1 | C6 | C5 | C2 | C1 | | C3 |
| NV4 | C1 | C1 | C6 | C2 | | C5 | C3 |
| NV5 | C3 | C1 | C6 | C5 | | C2 | C1 |
| NV6 | C3 | C2 | C6 | C1 | C1 | C2 | |
| NV7 | C6 | C1 | C2 | | C3 | C2 | |
| NV8 | C2 | C3 | | C6 | C4 | C6 | C1 |
| NV9 | C2 | C6 | C3 | C1 | C6 | C1 | |
| NV10 | | C3 | C1 | C1 | C2 | C6 | C6 |
| NV11 | | C6 | C1 | C1 | C3 | C5 | C2 |
| NV12 | C2 | C3 | C5 | C6 | | C1 | C6 |
| NV13 | C6 | C6 | C2 | C3 | C1 | | C4 |
| NV14 | C6 | C2 | C1 | C5 | | C3 | C4 |

Hình 5: Lịch làm việc các CSR trong một tuần

(Q4) Liệu có cách sắp xếp lịch làm việc các CSR sao cho ngoài sự công bằng nhất có thể thì có thể rải đều ngày nghỉ trong cuối tuần giữa các CSR?

3 Model formulation

3.1 Sets and indices

- Data encoding:

| | | |
|----|----------|--|
| 1 | days = | [[6, 9, 9, 8, 3, 3, 7, 8, 8, 5, 3, 3, 2], # Monday |
| 2 | | [6, 10, 7, 7, 3, 4, 7, 5, 9, 5, 3, 4, 3], # Tuesday |
| 3 | | [7, 9, 9, 6, 3, 4, 6, 8, 7, 4, 3, 3, 3], # Wednesday |
| 4 | | [6, 9, 8, 6, 4, 4, 5, 8, 7, 5, 4, 3, 4], # Thursday |
| 5 | | [6, 7, 8, 7, 3, 5, 6, 7, 6, 5, 3, 3, 3], # Friday |
| 6 | | [6, 9, 9, 4, 3, 3, 4, 5, 5, 5, 3, 3, 2], # Saturday |
| 7 | | [5, 7, 6, 5, 4, 3, 4, 5, 6, 5, 3, 3, 3]] # Sunday |
| 8 | shifts = | [[1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0], # C1 |
| 9 | | [0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0], # C2 |
| 10 | | [0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0], # C3 |
| 11 | | [0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0], # C4 |
| 12 | | [0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1], # C5 |
| 13 | | [1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1]] # C6 |

- Let I , J , K , and T be the sets of CSRs, days in which the call center is open, shifts, and periods in a day.

- Let i , j , k , and t be the indices, where $i \in I$ denote the i^{th} CSR, $j \in J$ denote the j^{th} day, $k \in K$ denote the k^{th} shift, and $t \in T$ denote the t^{th} period.

3.2 Xác định số lượng tối thiểu CSR trong một ngày (Q1)

- Tham số:

- $s_{kt} = 1$ nếu ca k bao phủ khung thời gian t , ngược lại $= 0$.
- d_t là số lượng CSR cần tại khung thời gian t .

- Biến quyết định:

Nếu 1 người vì trực ca k để đủ cho 1 khung thời gian t và không cần thiết ở khung thời gian t' thì không sao, miễn đừng thiếu

Đã là dư người rồi thì dư ở khung thời gian nào cũng vậy, miễn là tối thiểu hóa số lượng dư, chứ ko cần ưu tiên dư ở đâu

- x_k là số lượng CSR cần cho ca k .

- Hàm mục tiêu:

$$\min\left(\sum_{k \in K} x_k\right) \quad (1)$$

- Ràng buộc:

- Tổng số CSR phải đáp ứng đủ số lượng yêu cầu tại mỗi khung thời gian:

$$\sum_{k \in K} (s_{kt} \times x_k) \geq d_t, \quad \forall t \in T \quad (2)$$

Với mỗi khung thời gian t trong ngày: số lượng CSR của các ca trực chứa khung thời gian t này phải \geq số CSR yêu cầu

output: số CSR cần trong ngày i là tối thiểu (1) và các giá trị x_k , cụ thể phải ra được bằng noSCR

3.3 Xác định số lượng tối thiểu CSR trong một tuần (Q2)

- Tham số:

- Từ (Q1) xác định nc_j là số lượng CSR cần cho ngày j . Lấy tổng x_k ở các ngày j
- nd là số ngày làm việc trong một tuần. 7 ngày
- ne là số slot trống mà CSR có thể nghỉ:

$$ne = (nd \times \max_{j \in J}(nc_j)) - \sum_{j \in J} nc_j \quad \text{nghỉ bằng noSCR} \quad (3)$$

- Biến quyết định:

- x là số lượng CSR cần thêm để đảm bảo các CSR được nghỉ ít nhất một ngày trong tuần.

- Hàm mục tiêu:

$$\min(x) \quad (4)$$

- Ràng buộc:

- Tổng số slot trống phải lớn hơn hoặc bằng tổng số CSR

Mục đích là tính tiền các element trong các cột (theo ngày), chia cắt nó để được 1 ngày nghỉ cho nhân viên

$$ne + (nd \times x) \geq 1 \times (x + \max_{j \in J}(nc_j)) \quad (5)$$

3.4 Sắp xếp lịch làm việc các CSR trong một tuần (Q3)

- Tham số:

- Từ (Q1) xác định nc_k là số lượng CSR cần cho ca k .
- Từ (Q2) xác định nc là số lượng CSR cần cho một tuần.
- nd là số ngày làm việc trong một tuần.
- $s_{kt} = 1$ nếu ca k bao phủ khung thời gian t , ngược lại $= 0$.
- d_{jt} là số lượng CSR cần tại khung thời gian t của ngày j .

- Biến quyết định:

- $x_{ijk} = 1$ nếu CSR i được phân công vào ngày j tại ca k , ngược lại $= 0$.

- Hàm mục tiêu:

$$\min\left(\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} x_{ijk}\right) \quad (6)$$

- Ràng buộc:

- Mỗi CSR chỉ được phân công vào một ca một ngày (trừ ngày nghỉ):

$$\sum_{k \in K} x_{ijk} \leq 1, \quad \forall i \in I, j \in J \quad (7)$$

- Mỗi CSR được nghỉ ít nhất một ngày trong tuần:

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K} x_{ijk} \leq (nd - 1), \quad \forall i \in I \quad (8)$$

- Tổng số CSR phải đáp ứng đủ số lượng yêu cầu tại mỗi khung thời gian trong một ngày:

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} (s_{kt} \times x_{ijk}) \geq d_{jt}, \quad \forall j \in J, t \in T \quad (9)$$

Công thức của sự công bằng :vv

- Các CSRs được **phân công đều** vào các ca: Đối với mỗi CSR i, trong 1 tuần sum j = J, số lần được phân công vào ca k phải "đều" được định nghĩa là ko quá bias theo công thức sau:

$$\left\lfloor \frac{nc_k}{nc} \right\rfloor \leq \sum_{j \in J} x_{ijk} \leq \left\lceil \frac{nc_k}{nc} \right\rceil, \quad \forall k \in K, i \in I \quad (10)$$

nghĩa là ví dụ khoảng chênh lệch giữa 1 người bất kì được m lần ca C1 và 1 người được n lần ca C1 thì |m - n| <= 1

3.5 Sắp xếp lịch làm việc các CSR có cân đối nghỉ cuối tuần (Q4)

Làm sao xác định tập khả dĩ lịch làm việc theo tuần để có sự công bằng về **số ngày nghỉ trùng** với lịch cuối tuần giữa các CSR.

4 Conclusion

Tài liệu

- [1] Aksin, O., Armony, M., Mehrotra, V.: The modern call-center: A multi-disciplinary perspective on operations management research, production and operations management. Special Issue on Service Operations in Honor of John Buzacott **16**, 655–688 (01 2007)
- [2] Gans, N., Koole, G., Mandelbaum, A.: Telephone call centers: Tutorial, review, and research prospects. Manufacturing Service Operations Management **5**, 79–141 (03 2003). <https://doi.org/10.1287/msom.5.2.79.16071>