Input:

R = {r1, r2, …, ri, …, rn}: 总时间[0, T]之内到达的所有 requests 的集合

$r_i = \{s_i,\ d_i^1,\ \cdots, d_i^m,\ f_i,\ t_i^{start},\ t_i^{end}\}$: a transfer request

$\mathbb{P}_{u,v} = \{P_1, P_2, \cdots, P_k\}$: 任意两个数据中心之间的 k-shortest paths

$c_{e,t}$: link $e \in E$ 在时间$t \in [0,\ T]$ 总容量

Output:

对于每一个 request，返回r_i的值，用于计算下式：

$$\max \sum_{r_i \in R} r_i$$

$$s.t.\ \text{constraints (1)~(9).}$$

⚠(slotnum = sn， reqnum = n，nodenum = N，pathnum = pn)

Determining transfer sources:

0-1 变量：$q_{i,k_i}^t = h_{i,k_i}^t * (slot)_i^t$ 表示在第i个 request 中，数据中心$k_i \in \{s_i, d_i^1, \cdots, d_i^m\}$在时间$t \in [0,\ T]$是否可以作为传输源。其中$\forall i,\ t \in [t_i^{start}, t_i^{end}]$: $(slot)_i^t = 1$，否则，$(slot)_i^t = 0$。

$$\forall i, t: h_{i,s_i}^t * (slot)_i^t = 1 \qquad (1)$$

$x_{i,k_i,d_i}^t A_{i,k_i,d_i}^t$ 表示第i个 request，在第t个时隙，源数据中心k_i向目的数据d_i中心传递的数据量。其中，常数矩阵$A_{sn*n*N*N}$用以表示第i个 request，在第t个时隙，网络中的结点哪些数据中心之间可以传输数据，数学表达式如下：

$$\forall i,\ A_{i,raw,col}^t = \begin{cases} 1,\ t \in [t_i^{start}, t_i^{end}],\ raw \in \{s_i, d_i^1, \cdots, d_i^m\},\ col \in \{d_i^1, \cdots, d_i^m\},\ raw \neq col \\ \qquad 0，其他 \end{cases}$$

$$\forall i, t, d_i: \sum_{t=t_i^{start}}^{t_i^{end}-1} \sum_{k_i, k_i \neq d_i} x_{i,k_i,d_i}^t A_{i,k_i,d_i}^t \geq f_i q_{i,d_i}^t \qquad (2)$$

$$\forall i, t, d_i, k_i, k_i \neq d_i: x_{i,k_i,d_i}^t A_{i,k_i,d_i}^t \leq f_i q_{i,k_i}^t \qquad (3)$$

对于每个 request 来说，所有的数据均来自同一个数据中心。

$$\forall i, d_i: \sum_{k_i, k_i \neq d_i} z_{i,k_i,d_i} A_{i,k_i,d_i} = 1 \qquad (4)$$

$$\forall i, d_i, k_i, k_i \neq d_i: x^t_{i,k_i,d_i} A^t_{i,k_i,d_i} \leq f_i z_{i,k_i,d_i} \tag{5}$$

Allocating available bandwidth resources:

$y^t_{i,k_i,d_i,P} B^t_{i,k_i,d_i,P}$表示第$i$个 request，在第$t$个时隙，源数据中心$k_i$向目的数据$d_i$中心在$P_{k_i,d_i}$上分配的带宽资源。其中，常数$\alpha$表示每个时隙的长度（sec），常数矩阵 B 的作用与 A 相同，都是为了表示某一个 request，数学表达式如下：

$$\forall i，B^t_{i,raw,col,P} = \begin{cases} 1，t \in [t^1_i, t^2_i]，raw \in \{s_i, d^1_i, \cdots, d^m_i\}，col \in \{d^1_i, \cdots, d^m_i\}，raw \neq col，P \in \mathbb{P}_{raw,col} \\ 0，其他 \end{cases}$$

$$\forall i, t, d_i, k_i, k_i \neq d_i: \sum_{P \in \mathbb{P}_{k_i,d_i}} \alpha y^t_{i,k_i,d_i,P} B^t_{i,k_i,d_i,P} \geq x^t_{i,k_i,d_i} A^t_{i,k_i,d_i} \tag{6}$$

$$\forall e, t: \sum_i \sum_{k_i} \sum_{d_i} \sum_{P \in \mathbb{P}_{k_i,d_i}} y^t_{i,k_i,d_i,P} B^t_{i,k_i,d_i,P} I(e \in P) \leq c_{e,t} \tag{7}$$

Guaranteeing deadline for each transfer request:

$$\forall i, d_i: \sum_{t = t^{start}_i}^{t^{end}_i} \sum_{k_i, k_i \neq d_i} x^t_{i,k_i,d_i} A^t_{i,k_i,d_i} \geq f_i \omega_{i,d_i} \tag{8}$$

0-1 变量r_i第i个 request 是否被接受。常数 m 表示 sinknum.

$$\forall i: \sum_{d_i} \omega_{i,d_i} = r_i m \tag{9}$$