

(2) 分支策略

分支时将约束条件加入子问题中，避免加入新的对偶。步骤如下所示：

1) 针对子节点或者根节点计算得到的最优解，判断其是否为原问题的整数解（整数决策变量需要取 0 或 1），如果不是，则按照船舶编号从小到大的次序，找到第一艘含有非整数解的船舶 v 。

2) 当 $\sum_{h_v \in H_v} DWX_{bj}^{h_v} \cdot s_{h_v}$ 不为整数时，其中 $DWX_{bj}^{h_v}$ 为当前节点下主问题中船舶 v 的方案列

的船舶 v 任务 j 的泊位分配参数， s_{h_v} 表示主问题中船舶 v 方案选择的决策变量，详见文件

“BandP Algorithm.pdf”中的“表 2 Dantzig-Wolfe 分解数学模型决策变量表”，记 $DWX_{bj}^{h_v}$ 中对应的 b 为常数 BN ，对船舶 v 进行分支，其中一支增加约束 $b \leq BN$ ，将此约束加入至子问题，具体实现方式为：对于船舶 v 而言，另 $b > BN$ 的 X_{bj} （船舶 v 任务 j 的泊位分配决策变量，由子问题获得）全部为 0，并且删除已经加入主问题的含有 $b > BN$ 的 $X_{bj} = 1$ 的列，视为此约束下的不可行列。同样地，对于船舶 v ，另一支增加约束 $b > BN$ ，将此约束加入至子问题，具体实现方式为：对于船舶 v 而言，另 $b \leq BN$ 的 X_{bj} 全部为 0，并且删除已经加入主问题的含有 $b \leq BN$ 的 $X_{bj} = 1$ 的列，视为此约束下的不可行列。

3) 当 $\sum_{h_v \in H_v} DWX_{bj}^{h_v} \cdot s_{h_v}$ 为整数时，当 $\sum_{h_v \in H_v} DWY_{qj}^{h_v} \cdot s_{h_v}$ 不为整数时，其中 $DWY_{qj}^{h_v}$ 为当前节

点下主问题中船舶 v 的方案列的船舶 v 任务 j 的岸桥分配参数， s_{h_v} 表示主问题中船舶 v 方案选择的决策变量，详见文件“BandP Algorithm.pdf”中的“表 2 Dantzig-Wolfe 分解数学模型决策变量表”，记 $DWY_{qj}^{h_v}$ 中对应的 q 为常数 QN ，对船舶 v 进行分支，其中一支增加约束 $q \leq QN$ ，将此约束加入至子问题，具体实现方式为：对于船舶 v 而言，另 $q > QN$ 的 Y_{qj} （船舶 v 任务 j 的岸桥分配决策变量，由子问题获得）全部为 0，并且删除已经加入主问题的含有 $q > QN$ 的 $Y_{qj} = 1$ 的列，视为此约束下的不可行列。同样地，对于船舶 v ，另一

支增加约束 $q > QN$ ，将此约束加入至子问题，具体实现方式为：对于船舶 v 而言，另 $q \leq QN$ 的 Y_{qj} 全部为 0，并且删除已经加入主问题的含有 $q \leq QN$ 的 $Y_{qj} = 1$ 的列，视为此约束下的不可行列。

4) 生成子节点：根据分支约束创建两个新节点，调整子问题，并将节点加入待探索集合。

说明：由于分支约束加入子问题，所以不用进行定价修正。