

瓶颈定义

瓶颈一般指严重制约了系统产出的某种资源或设备。针对不同的应用要求和不同的生产经营方式,这些定义从不同角度描述了生产系统的瓶颈现象以及某个时期瓶颈所处的位置和状态。现有的生产系统瓶颈定义大致可归为以下三类[72]:

1)基于平均等待时间的定义

基于平均等待时间的定义,将生产系统中平均等待时间最长的机器界定为瓶颈。

$$B = \{i | W_i = \max(W_1, W_2, \dots, W_n)\}$$

W_i 是产品在第 i 个机器内的平均等待时间。根据 Little 法则:在一个稳定的排队系统中,平均顾客数量 L 等于顾客有效到达速率 X 与平均每个顾客在系统中花费的时间之乘积,即 $L = X \cdot W$, 因此该瓶颈定义也等同于基于平均排队长度的定义。这种方法适用于分析有容量无限的缓冲区(即等待时间可以无限长)的排队网络,而对于只包含有限个缓冲区以及没有缓冲区的系统,该方法并不适用。

2)基于平均利用率的定义

基于平均利用率的定义,将生产系统中平均利用率最高的机器界定为瓶颈。

$$B = \{i | \rho_i = \max(\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n)\}$$

ρ_i 是第 i 个机器的利用率。 $\rho_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$, 其中 λ_i 、 μ_i 分别是第 i 个机器的产品到达率和服务率。由于可能不止一台机器有类似的工作负荷,这些机器之间利用率的差别可能很小。虽然这个方法非常容易实现自动操作,但可能导致识别出多个瓶颈。

3)基于灵敏度的定义

基于灵敏度的定义瓶颈的方法就是找出自身的产出对整个系统的产出影响最大的机器,将机器自身参数扰动对系统整体生产率影响的灵敏度值最大的机器界定为瓶颈。

针对生产系统中的一条生产线,其生产率是由最后一个机器生产的平均数量决定的,它是一个关于所有机器和缓冲区参数的函数:

$$\overrightarrow{PR} = \overrightarrow{PR}(p_1, \dots, p_m, N_1, \dots, N_m)$$

其中, N_i 是第 i 个机器之前的缓冲区, p_i 是机器的生产率。此时系统的瓶颈为:

$$B = \left\{ i \mid \left| \frac{\partial \overrightarrow{PR}}{\partial p_i} \right| > \left| \frac{\partial \overrightarrow{PR}}{\partial p_j} \right|, \forall i \neq j \right\}$$

基于灵敏度的生产系统瓶颈定义,充分考虑了机器自身的产能变化对于系统整体产能的影响,通过计算各机器的灵敏度值并对比,可找出制约生产系统产能的唯一瓶颈。该方法唯一的缺陷是系统整体产能关于各机器参数的函数不易获取,因而给各机器灵敏度值的计算带来了困难

根据约束理论,任何系统都存在约束,要提高系统的产出,必须打破系统的约束;任何系统都可想象成一个由一连串木板构成的木桶,而木桶盛水量的多少只取决于最短的那块木板。同时考虑到人群的流动性,我们先计算出各节点的利用率,其利用率较高者我们认定为潜在瓶颈,再通过计算假设条件下,单位时间实际通过人数与节点单位时间允许通过人数的比值,比值 >1 的节点为实际瓶颈,并由此优化我们设计的疏散路线。具体计算构成如下:

定义利用率较阈值高的地方为潜在瓶颈(需要考虑单位时间疏散人数吗?), 具体来说:在计算出个区域至出口的最佳路径后,计算重合点(或者说是相距小于平均身距 0.45m 的范围内的点)、交叉点,按通过人群数量计算得到利用率。

$$\eta = \frac{N_{i(t)}}{N_0} \times 100\%$$

$N_{i(t)}$ ——0~t 时刻通过 i 点的总人数；

根据上式计算出潜在瓶颈，并由此优化疏散路线（即尽可能减少潜在瓶颈数量）。

当 $\eta > \eta_0$ 时为潜在瓶颈， η_0 由具体交通条件决定；

对于潜在瓶颈，认为通过能力低的节点为实际瓶颈，具体来说：

$$\frac{D_i}{M_i} > 1.0$$

D_i ——i 点单位时间到达人数，可以认为是理想状态下（即不考虑人群阻塞）单位时间经过 i 区域的人数，可以在我们计算得到各节点疏散的最佳路径后（优化后），与 i 节点相交的所有线路的单位疏散人数之和；

M_i ——i 点单位时间允许通过人数；

付婷.城市轨道交通车站集散能力瓶颈识别[D].北京:北京交通大学,2014.