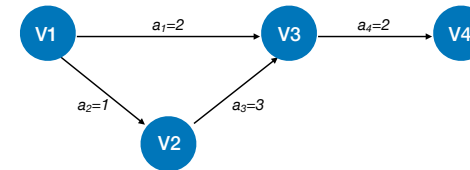


本节内容

关键路径

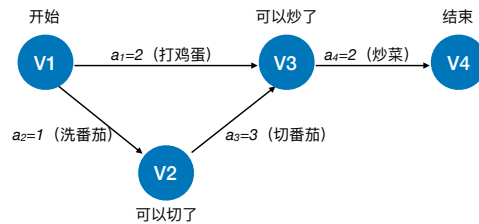
AOE网

在带权有向图中，以**顶点表示事件**，以**有向边表示活动**，以**边上的权值表示完成该活动的开销**（如完成活动所需的时间），称之为**用边表示活动的网络**，简称**AOE网** (Activity On Edge NetWork)



AOE网

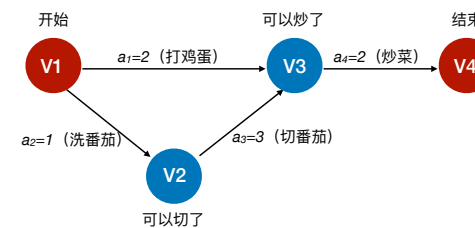
在带权有向图中，以**顶点表示事件**，以**有向边表示活动**，以**边上的权值表示完成该活动的开销**（如完成活动所需的时间），称之为**用边表示活动的网络**，简称**AOE网** (Activity On Edge NetWork)



AOE网具有以下两个性质：

- ① 只有在某顶点所代表的事件发生后，从该顶点出发的各条有向边所代表的活动才能开始；
 - ② 只有在进入某顶点的各条有向边所代表的活动都已结束时，该顶点所代表的事件才能发生。
- 另外，有些活动是可以并行进行的

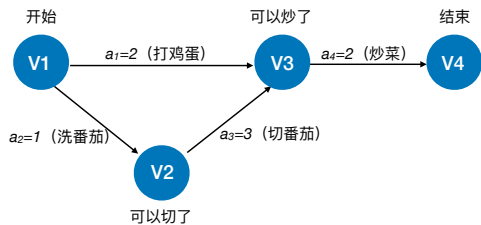
AOE网



在AOE网中**仅有一个**入度为0的顶点，称为**开始顶点（源点）**，它表示整个工程的开始；

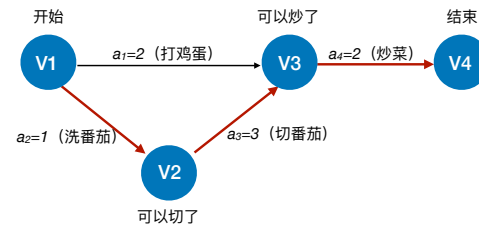
也仅有一个出度为0的顶点，称为**结束顶点（汇点）**，它表示整个工程的结束。

关键路径



从源点到汇点的有向路径可能有多条，所有路径中，具有最大路径长度的路径称为**关键路径**，而把关键路径上的活动称为**关键活动**

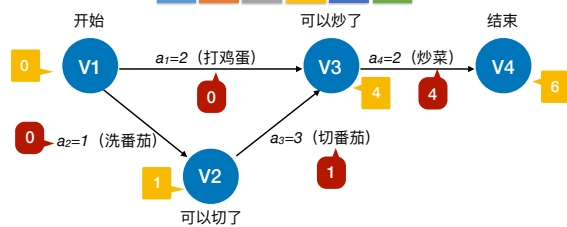
关键路径



从源点到汇点的有向路径可能有多条，所有路径中，具有最大路径长度的路径称为**关键路径**，而把关键路径上的活动称为**关键活动**

完成整个工程的最短时间就是关键路径的长度，若关键活动不能按时完成，则整个工程的完成时间就会延长

关键路径



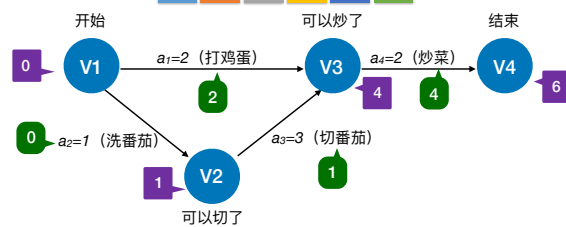
最快多久可以开始做?
最快多久可以开切?
最快多久可以开炒?
最快多久可以吃?

现在，马上!
1分钟
4分钟
6分钟



事件 v_k 的最早发生时间 $et(k)$ ——决定了所有从 v_k 开始的活动的最早开工时间
活动 a_i 的最早开始时间 $e(i)$ ——指该活动弧的起点所表示的事件的最早发生时间

关键路径



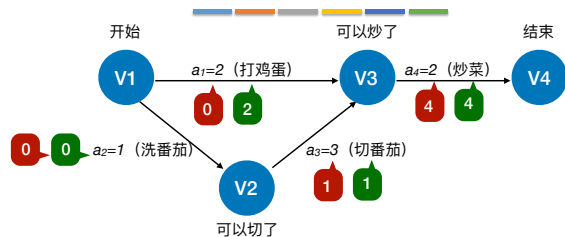
那，要是6分钟后吃不上我就会饿死

6分钟后要结束
4分钟后一定要开炒
1分钟后一定要开切
现在就要开始!



事件 v_k 的最迟发生时间 $lt(k)$ ——它是指在不推迟整个工程完成的前提下，该事件最迟必须发生的时间。
活动 a_i 的最迟开始时间 $l(i)$ ——它是指该活动弧的终点所表示事件的最迟发生时间与该活动所需时间之差。

关键路径



活动 a_i 的最早开始时间 $e(i)$ ——指该活动弧的起点所表示的事件的最早发生时间

活动 a_i 的最迟开始时间 $l(i)$ ——它是指该活动弧的终点所表示事件的最迟发生时间与该活动所需时间之差。

活动 a_i 的时间余量 $d(i)=l(i)-e(i)$ ，表示在不增加完成整个工程所需总时间的情况下，活动 a_i 可以拖延的时间

若一个活动的时余量为零，则说明该活动必须要如期完成， $d(i)=0$ 即 $l(i)=e(i)$ 的活动 a_i 是**关键活动**

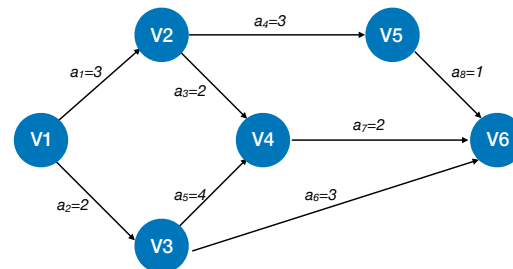
由**关键活动**组成的路径就是**关键路径**

王道考研/CSKAOYAN.COM

求关键路径的步骤

- ① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$
- ② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$
- ③ 求所有活动的最早发生时间 $e()$
- ④ 求所有活动的最迟发生时间 $l()$
- ⑤ 求所有活动的时余量 $d()$

$d(i)=0$ 的活动就是关键活动，由关键活动可得关键路径



王道考研/CSKAOYAN.COM

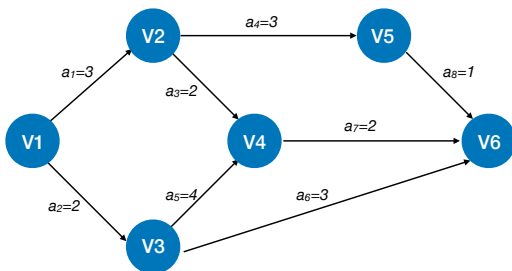
求所有事件的最早发生时间

- ① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$

按**拓扑排序**序列，依次求各个顶点的 $ve(k)$:

$ve(\text{源点}) = 0$

$ve(k) = \max\{ve(j) + \text{Weight}(v_j, v_k)\}$, v_j 为 v_k 的任意前驱



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最早发生时间

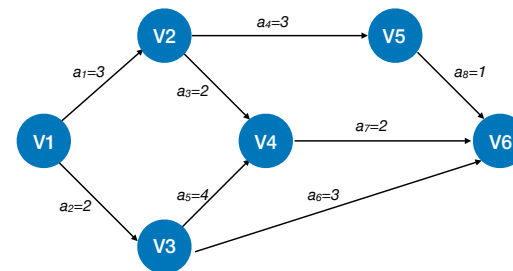
- ① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$

按**拓扑排序**序列，依次求各个顶点的 $ve(k)$:

$ve(\text{源点}) = 0$

$ve(k) = \max\{ve(j) + \text{Weight}(v_j, v_k)\}$, v_j 为 v_k 的任意前驱

拓扑序列: V1、V3、V2、V5、V4、V6



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最早发生时间

① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$

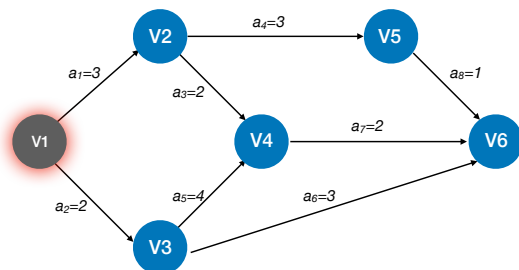
按**拓扑排序**序列, 依次求各个顶点的 $ve(k)$:

$ve(\text{源点}) = 0$

$ve(k) = \text{Max}\{ve(j) + \text{Weight}(v_j, v_k)\}$, v_j 为 v_k 的任意前驱

拓扑序列: V1、V3、V2、V5、V4、V6

$ve(1)=0$



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最早发生时间

① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$

按**拓扑排序**序列, 依次求各个顶点的 $ve(k)$:

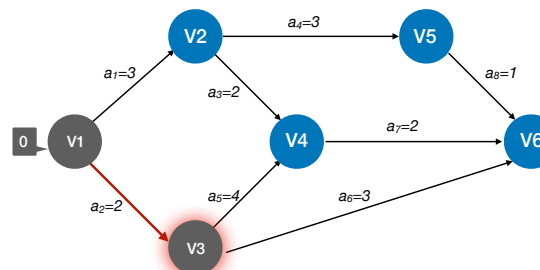
$ve(\text{源点}) = 0$

$ve(k) = \text{Max}\{ve(j) + \text{Weight}(v_j, v_k)\}$, v_j 为 v_k 的任意前驱

拓扑序列: V1、V3、V2、V5、V4、V6

$ve(1)=0$

$ve(3)=2$



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最早发生时间

① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$

按**拓扑排序**序列, 依次求各个顶点的 $ve(k)$:

$ve(\text{源点}) = 0$

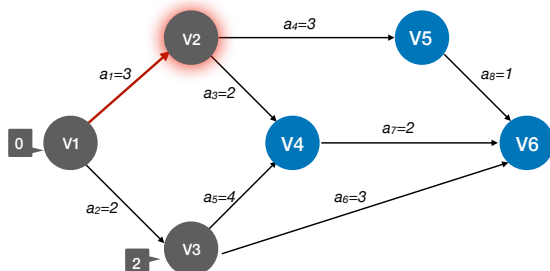
$ve(k) = \text{Max}\{ve(j) + \text{Weight}(v_j, v_k)\}$, v_j 为 v_k 的任意前驱

拓扑序列: V1、V3、V2、V5、V4、V6

$ve(1)=0$

$ve(3)=2$

$ve(2)=3$



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最早发生时间

① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$

按**拓扑排序**序列, 依次求各个顶点的 $ve(k)$:

$ve(\text{源点}) = 0$

$ve(k) = \text{Max}\{ve(j) + \text{Weight}(v_j, v_k)\}$, v_j 为 v_k 的任意前驱

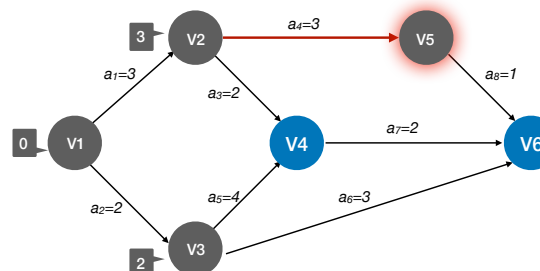
拓扑序列: V1、V3、V2、V5、V4、V6

$ve(1)=0$

$ve(3)=2$

$ve(2)=3$

$ve(5)=6$



王道考研/CSKAOYAN.COM

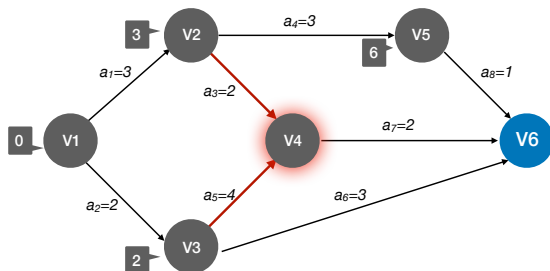
求所有事件的最早发生时间

① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$

按拓扑排序序列, 依次求各个顶点的 $ve(k)$:

$ve(\text{源点}) = 0$

$ve(k) = \max\{ve(j) + \text{Weight}(v_j, v_k)\}$, v_j 为 v_k 的任意前驱



拓扑序列: V1、V3、V2、V5、V4、V6

$ve(1)=0$

$ve(3)=2$

$ve(2)=3$

$ve(5)=6$

$ve(4)=\max\{ve(2)+2, ve(3)+4\}=6$

王道考研/CSKAOYAN.COM

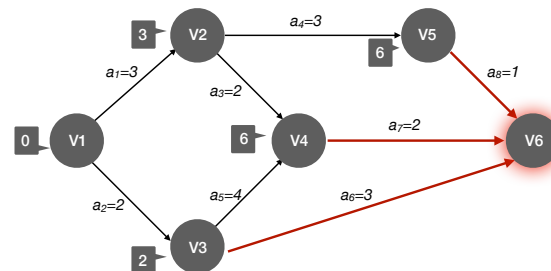
求所有事件的最早发生时间

① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$

按拓扑排序序列, 依次求各个顶点的 $ve(k)$:

$ve(\text{源点}) = 0$

$ve(k) = \max\{ve(j) + \text{Weight}(v_j, v_k)\}$, v_j 为 v_k 的任意前驱



拓扑序列: V1、V3、V2、V5、V4、V6

$ve(1)=0$

$ve(3)=2$

$ve(2)=3$

$ve(5)=6$

$ve(4)=\max\{ve(2)+2, ve(3)+4\}=6$

$ve(6)=\max\{ve(5)+1, ve(4)+2, ve(3)+3\}=8$

王道考研/CSKAOYAN.COM

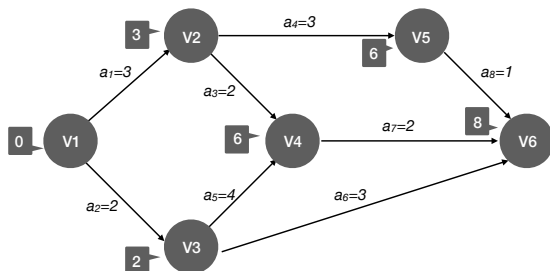
求所有事件的最早发生时间

① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$

按拓扑排序序列, 依次求各个顶点的 $ve(k)$:

$ve(\text{源点}) = 0$

$ve(k) = \max\{ve(j) + \text{Weight}(v_j, v_k)\}$, v_j 为 v_k 的任意前驱



拓扑序列: V1、V3、V2、V5、V4、V6

$ve(1)=0$

$ve(3)=2$

$ve(2)=3$

$ve(5)=6$

$ve(4)=\max\{ve(2)+2, ve(3)+4\}=6$

$ve(6)=\max\{ve(5)+1, ve(4)+2, ve(3)+3\}=8$

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
$ve(k)$	0	3	2	6	6	8

王道考研/CSKAOYAN.COM

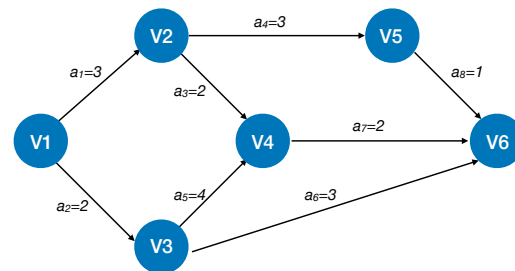
求所有事件的最迟发生时间

② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$

按逆拓扑排序序列, 依次求各个顶点的 $vl(k)$:

$vl(\text{汇点}) = ve(\text{汇点})$

$vl(k) = \min\{vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)\}$, v_j 为 v_k 的任意后继



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最迟发生时间

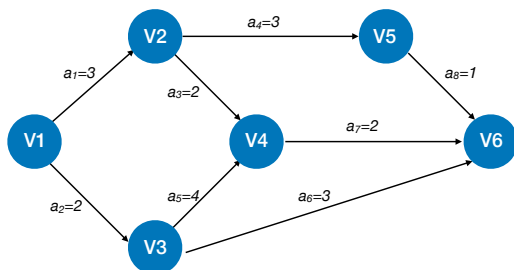
② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$

按逆拓扑排序序列，依次求各个顶点的 $vl(k)$:

$vl(\text{汇点}) = ve(\text{汇点})$

$vl(k) = \min\{vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)\}$, v_j 为 v_k 的任意后继

逆拓扑序列: V6、V5、V4、V2、V3、V1



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最迟发生时间

② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$

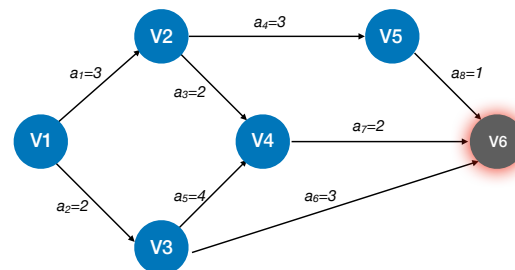
按逆拓扑排序序列，依次求各个顶点的 $vl(k)$:

$vl(\text{汇点}) = ve(\text{汇点})$

$vl(k) = \min\{vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)\}$, v_j 为 v_k 的任意后继

逆拓扑序列: V6、V5、V4、V2、V3、V1

$vl(6)=8$



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最迟发生时间

② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$

按逆拓扑排序序列，依次求各个顶点的 $vl(k)$:

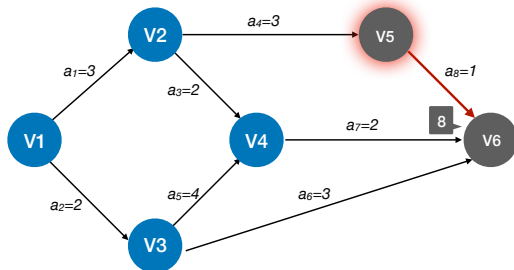
$vl(\text{汇点}) = ve(\text{汇点})$

$vl(k) = \min\{vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)\}$, v_j 为 v_k 的任意后继

逆拓扑序列: V6、V5、V4、V2、V3、V1

$vl(6)=8$

$vl(5)=7$



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最迟发生时间

② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$

按逆拓扑排序序列，依次求各个顶点的 $vl(k)$:

$vl(\text{汇点}) = ve(\text{汇点})$

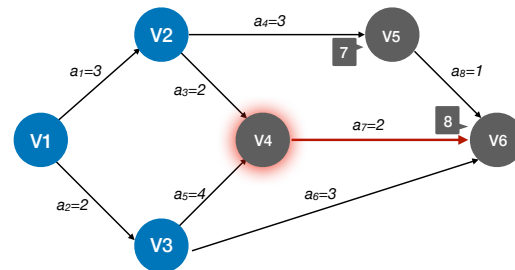
$vl(k) = \min\{vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)\}$, v_j 为 v_k 的任意后继

逆拓扑序列: V6、V5、V4、V2、V3、V1

$vl(6)=8$

$vl(5)=7$

$vl(4)=6$



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最迟发生时间

② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$

按逆拓扑排序序列，依次求各个顶点的 $vl(k)$:

$vl(\text{汇点}) = ve(\text{汇点})$

$vl(k) = \min\{vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)\}$, v_j 为 v_k 的任意后继

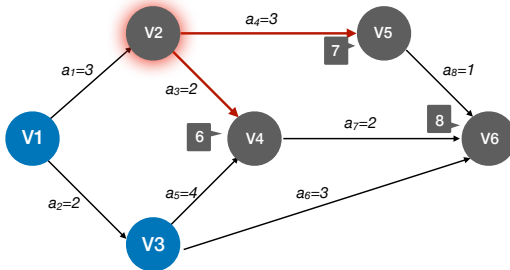
逆拓扑序列: V6、V5、V4、V2、V3、V1

$vl(6)=8$

$vl(5)=7$

$vl(4)=6$

$vl(2)=\min\{vl(5)-1, vl(4)-2\}=4$



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最迟发生时间

② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$

按逆拓扑排序序列，依次求各个顶点的 $vl(k)$:

$vl(\text{汇点}) = ve(\text{汇点})$

$vl(k) = \min\{vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)\}$, v_j 为 v_k 的任意后继

逆拓扑序列: V6、V5、V4、V2、V3、V1

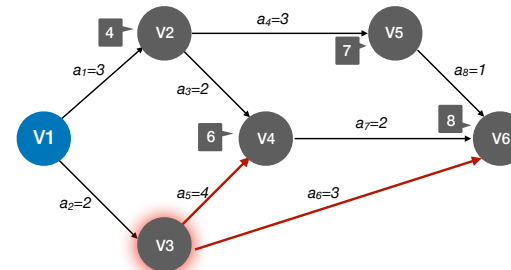
$vl(6)=8$

$vl(5)=7$

$vl(4)=6$

$vl(2)=\min\{vl(5)-1, vl(4)-2\}=4$

$vl(3)=\min\{vl(4)-4, vl(6)-3\}=2$



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最迟发生时间

② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$

按逆拓扑排序序列，依次求各个顶点的 $vl(k)$:

$vl(\text{汇点}) = ve(\text{汇点})$

$vl(k) = \min\{vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)\}$, v_j 为 v_k 的任意后继

逆拓扑序列: V6、V5、V4、V2、V3、V1

$vl(6)=8$

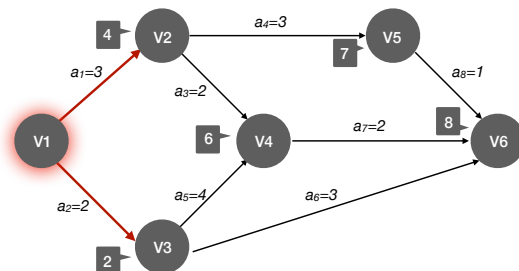
$vl(5)=7$

$vl(4)=6$

$vl(2)=\min\{vl(5)-1, vl(4)-2\}=4$

$vl(3)=\min\{vl(4)-4, vl(6)-3\}=2$

$vl(1)=0$



王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有事件的最迟发生时间

② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$

按逆拓扑排序序列，依次求各个顶点的 $vl(k)$:

$vl(\text{汇点}) = ve(\text{汇点})$

$vl(k) = \min\{vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)\}$, v_j 为 v_k 的任意后继

逆拓扑序列: V6、V5、V4、V2、V3、V1

$vl(6)=8$

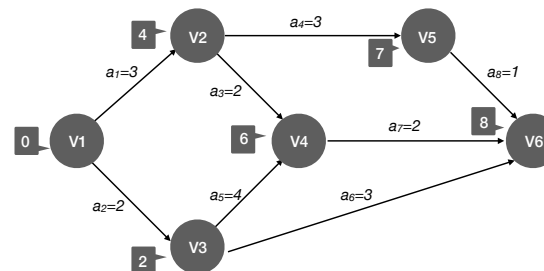
$vl(5)=7$

$vl(4)=6$

$vl(2)=\min\{vl(5)-1, vl(4)-2\}=4$

$vl(3)=\min\{vl(4)-4, vl(6)-3\}=2$

$vl(1)=0$



	V1	V2	V3	V4	V5	V6
$ve(k)$	0	3	2	6	6	8
$vl(k)$	0	4	2	6	7	8

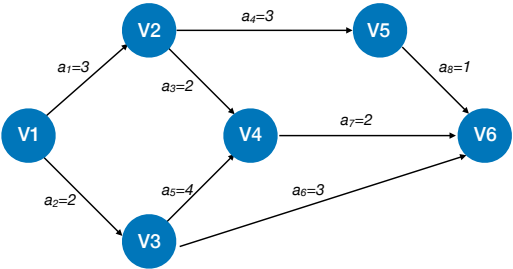
王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有活动的最早发生时间

③ 求所有活动的最早发生时间 $e(i)$

若边 $\langle v_k, v_j \rangle$ 表示活动 a_i , 则有 $e(i) = ve(k)$

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
$ve(k)$	0	3	2	6	6	8
$vl(k)$	0	4	2	6	7	8



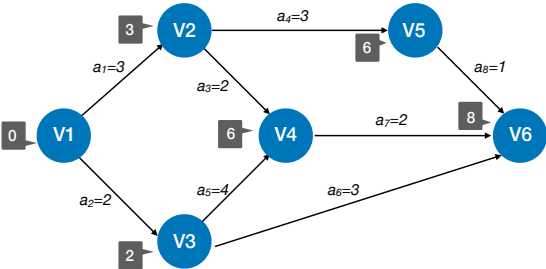
求所有活动的最早发生时间

③ 求所有活动的最早发生时间 $e(i)$

若边 $\langle v_k, v_j \rangle$ 表示活动 a_i , 则有 $e(i) = ve(k)$

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
$ve(k)$	0	3	2	6	6	8
$vl(k)$	0	4	2	6	7	8

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
$e(i)$	0	0	3	3	2	2	6	6

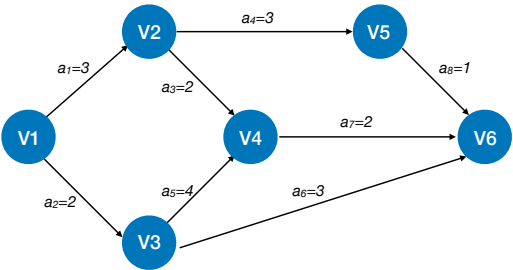


求所有活动的最迟发生时间

④ 求所有活动的最迟发生时间 $l(i)$

若边 $\langle v_k, v_j \rangle$ 表示活动 a_i , 则有 $l(i) = vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)$

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
$ve(k)$	0	3	2	6	6	8
$vl(k)$	0	4	2	6	7	8

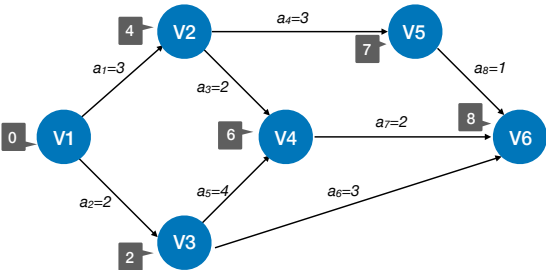


求所有活动的最迟发生时间

④ 求所有活动的最迟发生时间 $l(i)$

若边 $\langle v_k, v_j \rangle$ 表示活动 a_i , 则有 $l(i) = vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)$

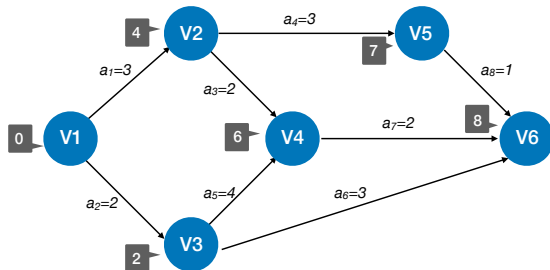
	V1	V2	V3	V4	V5	V6
$ve(k)$	0	3	2	6	6	8
$vl(k)$	0	4	2	6	7	8



求所有活动的最迟发生时间

④ 求所有活动的最迟发生时间 $l(i)$

若边 $\langle v_k, v_j \rangle$ 表示活动 a_i , 则有 $l(i) = vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)$



	V1	V2	V3	V4	V5	V6
$ve(k)$	0	3	2	6	6	8
$vl(k)$	0	4	2	6	7	8

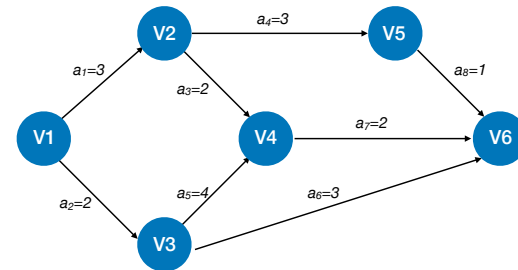
	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
$e(k)$	0	0	3	3	2	2	6	6
$l(k)$	1	0	4	4	2	5	6	7

王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有活动的时间余量

⑤ 求所有活动的时间余量 $d(i)$

$$d(i) = l(i) - e(i)$$



	V1	V2	V3	V4	V5	V6
$ve(k)$	0	3	2	6	6	8
$vl(k)$	0	4	2	6	7	8

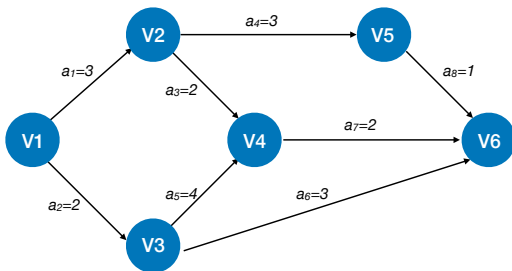
	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
$e(k)$	0	0	3	3	2	2	6	6
$l(k)$	1	0	4	4	2	5	6	7

王道考研/CSKAOYAN.COM

求所有活动的时间余量

⑤ 求所有活动的时间余量 $d(i)$

$$d(i) = l(i) - e(i)$$



	V1	V2	V3	V4	V5	V6
$ve(k)$	0	3	2	6	6	8
$vl(k)$	0	4	2	6	7	8

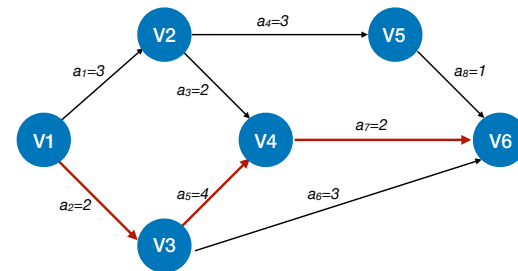
	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
$e(k)$	0	0	3	3	2	2	6	6
$l(k)$	1	0	4	4	2	5	6	7
$d(k)$	1	0	1	1	0	3	0	1

王道考研/CSKAOYAN.COM

求得关键活动、关键路径

- ① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$
- ② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$
- ③ 求所有活动的最早发生时间 $e()$
- ④ 求所有活动的最迟发生时间 $l()$
- ⑤ 求所有活动的时间余量 $d()$

$d(k)=0$ 的活动就是关键活动, 由关键活动可得关键路径



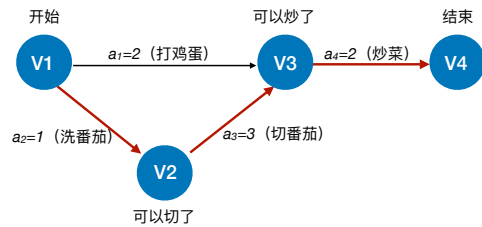
	V1	V2	V3	V4	V5	V6
$ve(k)$	0	3	2	6	6	8
$vl(k)$	0	4	2	6	7	8

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
$e(k)$	0	0	3	3	2	2	6	6
$l(k)$	1	0	4	4	2	5	6	7
$d(k)$	1	0	1	1	0	3	0	1

关键活动: a_2, a_5, a_7
关键路径: $V1 \rightarrow V3 \rightarrow V4 \rightarrow V6$

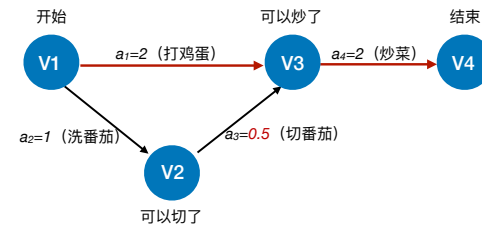
王道考研/CSKAOYAN.COM

关键活动、关键路径的特性



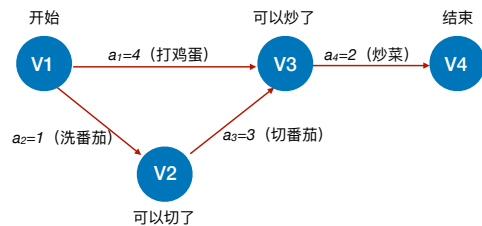
若关键活动耗时增加, 则整个工程的工期将增长
缩短关键活动的时间, 可以缩短整个工程的工期
当缩短到一定程度时, 关键活动可能会变成非关键活动

关键活动、关键路径的特性



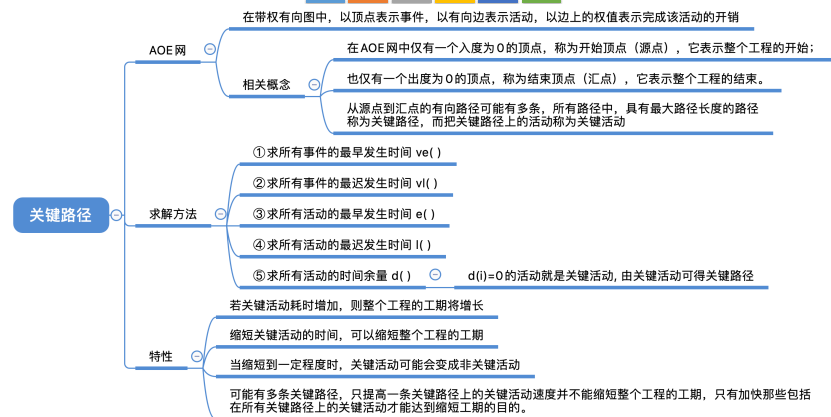
若关键活动耗时增加, 则整个工程的工期将增长
缩短关键活动的时间, 可以缩短整个工程的工期
当缩短到一定程度时, 关键活动可能会变成非关键活动

关键活动、关键路径的特性



可能有多条关键路径, 只提高一条关键路径上的关键活动速度并不能缩短整个工程的工期, 只有加快那些包括在所有关键路径上的关键活动才能达到缩短工期的目的。

知识点回顾与重要考点



知识点回顾与重要考点

- ① 求所有事件的最早发生时间 $ve()$
- ② 求所有事件的最迟发生时间 $vl()$
- ③ 求所有活动的最早发生时间 $e()$
- ④ 求所有活动的最迟发生时间 $l()$
- ⑤ 求所有活动的时间余量 $d()$

$d(i)=0$ 的活动就是关键活动, 由关键活动可得关键路径

①按**拓扑排序**序列, 依次求各个顶点的 $ve(k)$:
 $ve(\text{源点}) = 0$
 $ve(k) = \text{Max}\{ve(j) + \text{Weight}(v_j, v_k)\}$, v_j 为 v_k 的任意前驱

②按**逆拓扑排序**序列, 依次求各个顶点的 $vl(k)$:
 $vl(\text{汇点}) = ve(\text{汇点})$
 $vl(k) = \text{Min}\{vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)\}$, v_j 为 v_k 的任意后继

③若边 $\langle v_k, v_j \rangle$ 表示活动 a_i , 则有 $e(i) = ve(k)$

④若边 $\langle v_k, v_j \rangle$ 表示活动 a_i , 则有 $l(i) = vl(j) - \text{Weight}(v_k, v_j)$

⑤ $d(i) = l(i) - e(i)$