

NBAJ: 面向 workflow 模型资源分配合理性判定的一种基于网络流的方法

1/29

第四节 中国业务过程管理大会
郭秦龙 闻立杰 金涛 陈俊 唐旺





主要内容

1

问题背景

2

相关定义

3

NBAJ算法

4

案例分析

5

总结与展望



主要内容

1

问题背景

2

相关定义

3

NBAJ算法

4

案例分析

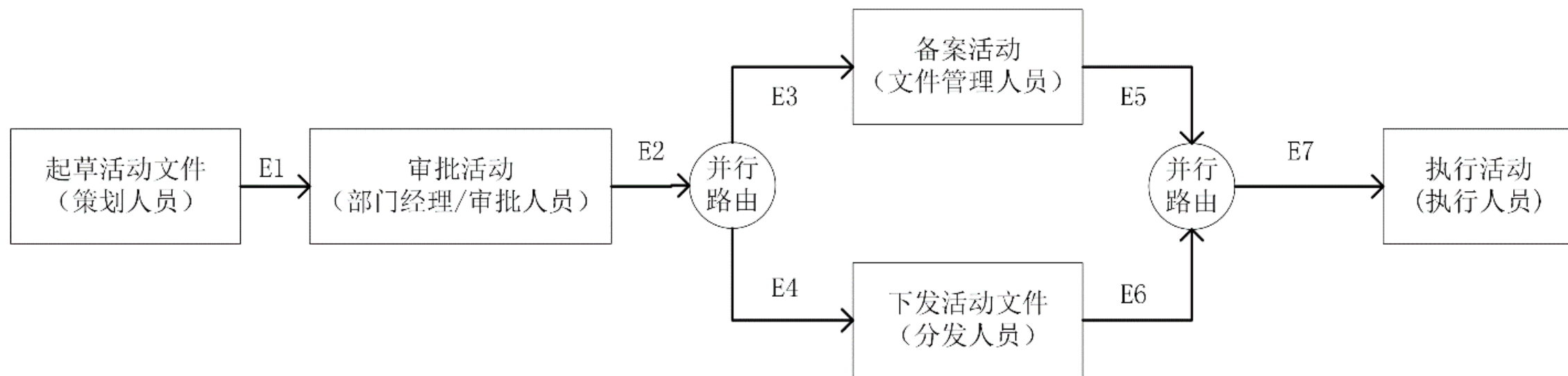
5

总结与展望



问题背景

- ▶ workflow 管理系统是通过将正确的任务在正确的时间分配给正确的人以正确的方式进行处理，来保证业务过程得以自动化执行的一类支持系统。
- ▶ workflow 管理系统中以流程模型作为模型执行的语言。





问题背景



需要在 workflow 执行中知道系统能否提供足够的资源



在 workflow 执行前对资源分配能否满足其 workflow 的执行需求进行判定的方法



资源之间通常也会存在一定的相互约束关系

NBAJ: 一种在 workflow 执行前，对资源分配能否满足其 workflow 的执行需求进行判定的方法

注：本文考虑角色资源



主要内容

1

问题背景

2

相关定义

3

NBAJ算法

4

案例分析

5

总结与展望



相关定义

- 工作流模型
- 资源约束
 - 人员-角色约束
 - 角色间约束
- 资源分配合理性判定问题
- 网络流模型



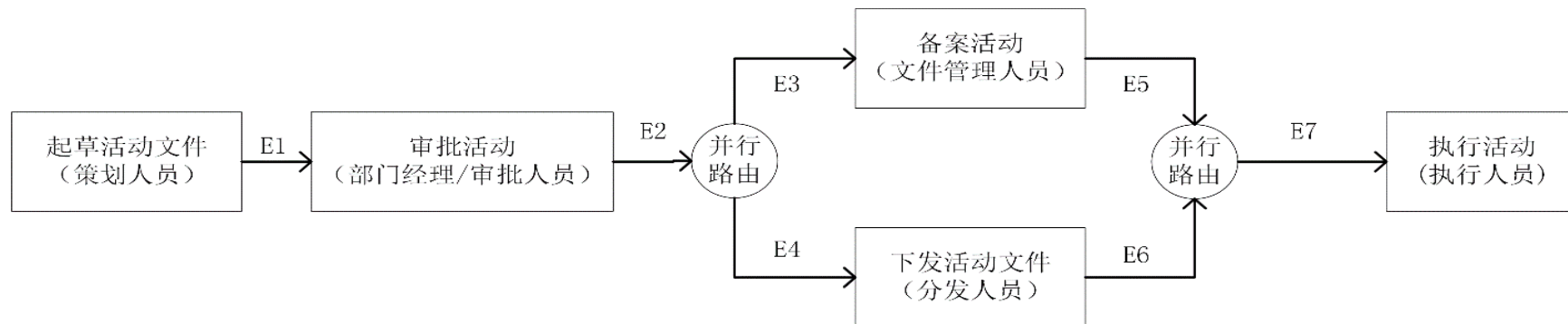
相关定义—— workflow 模型

8/29

workflow 模型

workflow 建模是描述业务过程的一种手段。一个 workflow 模型由一组活动节点（即任务）构成的有向图。

定义(workflow 模型). 一个 workflow 模型 W 是一个四元组 $W=(A,E,R,T)$, 其中 A 是活动节点集合, 代表了需要执行的活动; $E \subseteq A \times A$ 是边的集合, 代表了活动节点间执行的顺序关系; R 是需要的角色集合, 代表了所有活动节点需要的资源类型; T 是一个任务资源需求函数 $T:A \rightarrow 2^R$, 表达每个任务需要的角色集合。





相关定义——资源约束

- ▶ 资源约束是指在一个 workflow 模型执行前，workflow 系统为其所能提供的资源构成的一种约束。
- ▶ 针对角色资源：
 - ▶ 人员-角色之间的约束
 - ▶ 角色之间的约束。



相关定义——资源约束

人员-角色约束

表达人员可以充当的角色。

定义(人员-角色约束列表). 一个 workflow 模型中人员-角色约束是一个二元组 $C=(P,R)$, 其中 P 是资源约束中的人员, 代表模型中任务的具体执行者; R 是资源约束中的角色, 即 workflow 模型中具体任务执行所需要的角色。人员-角色约束列表 L 则是人员-角色约束 C 的一个有穷集合。

P	R	P	R
谢宇明	部门经理	刘宇	策划人员
李季	部门经理	武雪原	分发人员
李季	审批人员	武雪原	文件管理人员
杨晓帆	执行人员	张哲	分发人员
刘宇	执行人员	张哲	文件管理人员



相关定义——资源约束

角色间约束

角色之间的异或关系

角色之间的异或关系可以归纳为“各司其职”。“各司其职”是指，在一个 workflow 模型中，两个或多个角色不能同时由相同的一个人员来担任。即对于同一个人来说，这些角色存在异或关系。符号 \triangleleft 表达。

角色之间的与关系

角色之间的与关系可以归纳为“身兼数职”。“身兼数职”是指，在一个 workflow 模型中，两个或多个角色需要由同一位人员来担任。如在大多数企业中，总经理会兼任董事会中董事一职。符号 \triangleright 表达。

定义(角色间约束集合). 在一个资源分配合理性判定问题中，角色间的约束通过一个角色间约束集合 S 来表达。令 workflow 网络为 $W=(A,E,R,T)$ ，角色间约束集合 S 可以记作

$$S = \{(K, \Delta) \mid K \subset R, \Delta = \triangleleft \vee \triangleright\}$$

其中 K 是一个角色的集合， Δ 是表达这些运算间关系（异或/与）的符号。

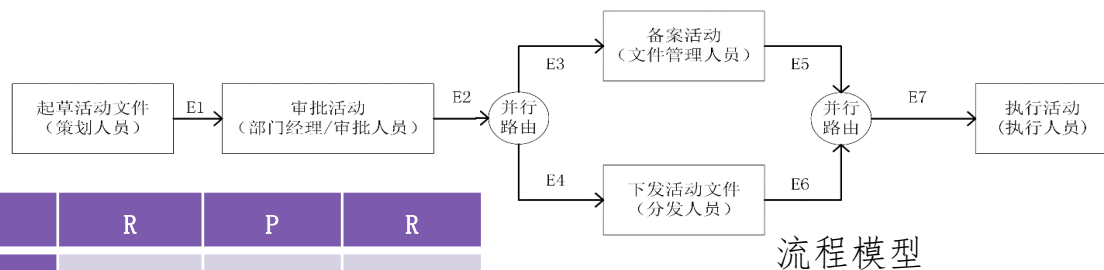
K	Δ
{文件管理人员, 分发人员}	\triangleright
{执行人员, 策划人员}	\triangleleft



相关定义——资源分配合理性判定问题

资源分配问题

定义4 (资源分配合理性判定问题). 给定一个工作流模型W, 一个人员-角色资源约束列表L和一个角色间资源约束集合S, 判定在资源约束L、S的限制下, 工作流模型W是否具备执行所需的资源, 即工作流模型W中所有的任务能否均有具体的人员来执行。



P	R	P	R
谢宇明	部门经理	刘宇	策划人员
李季	部门经理	武雪原	分发人员
李季	审批人员	武雪原	文件管理 人员
杨晓帆	执行人员	张哲	分发人员
刘宇	执行人员	张哲	文件管理 人员

人员-角色约束

K	Δ
{文件管理人员, 分发人员}	\triangleright
{执行人员, 策划人员}	\triangleleft

角色间约束





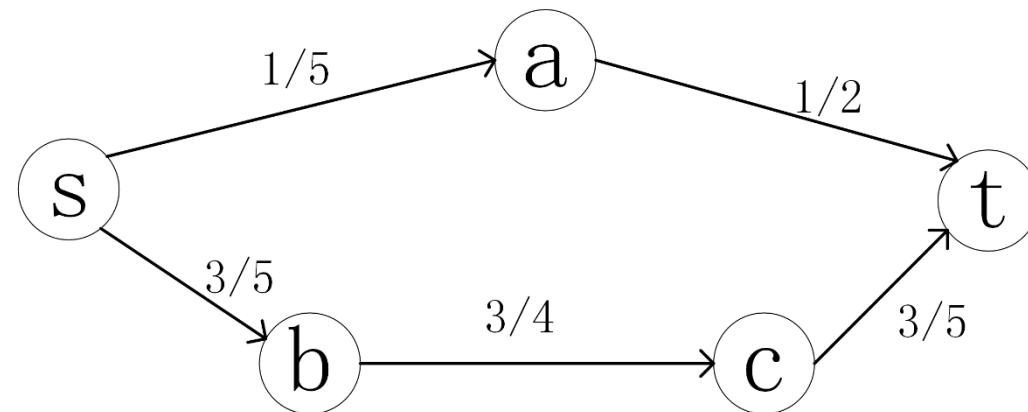
相关定义——网络流模型

网络流模型

定义（网络流模型）一个网络流模型是一个三元组 $G = (V, E, C)$ 。其中 V 是网络流模型中的节点集合，在节点集合中，有两个特殊的节点，分别是一个源点 s 和一个汇点 t ； E 是网络流模型中边的集合。 (V, E) 构成一个有向图。是网络流中一组非负的容量函数，表达网络流图中 u, v 两个节点之间可以流过的最大容量。

满流：汇点的每个入度边流量与容量相同。

$V: \{s, a, b, c, t\}$
 $E: \{(s, a), (a, t), (s, b), (b, c), (c, t)\}$
 $C: \{(s, a):5, (a, t):2, (s, b):5, (b, c):4, (c, t):5\}$





主要内容

1

问题背景

2

相关定义

3

NBAJ算法

4

案例分析

5

总结与展望



➤ 构造网络流模型

- 网络流模型中表达人员与角色的关系
- 网络流模型中表达任务与角色的关系
- 网络流模型中表达角色之间约束的关系

➤ 算法流程

- 正确性分析
- 复杂度分析

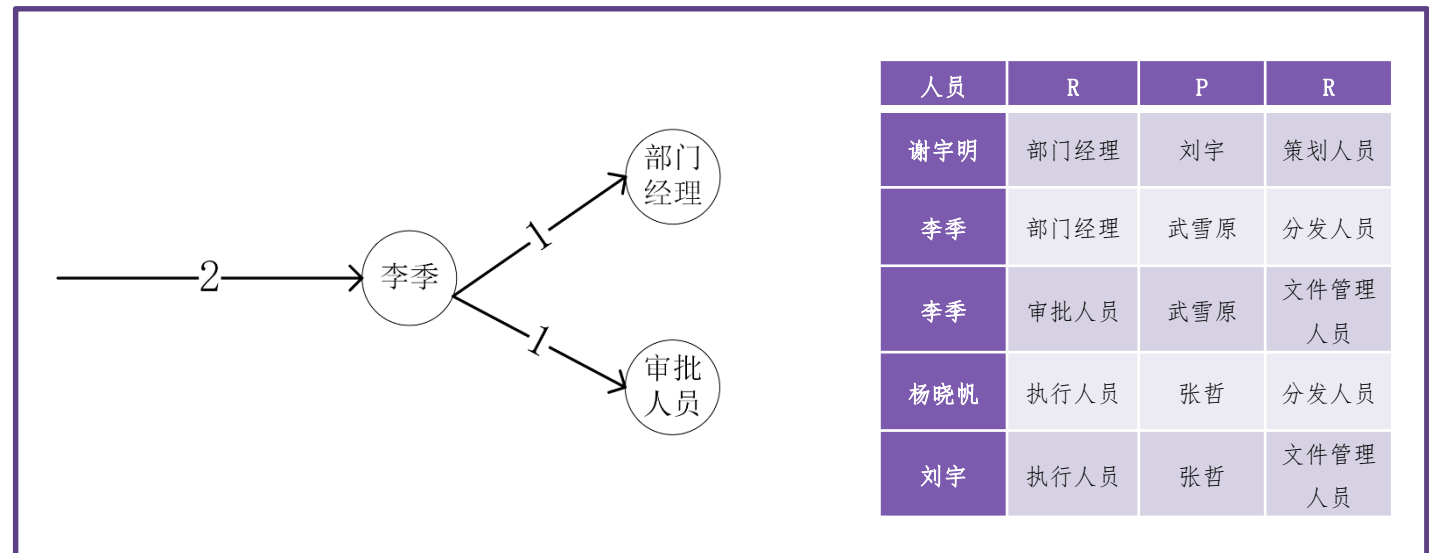
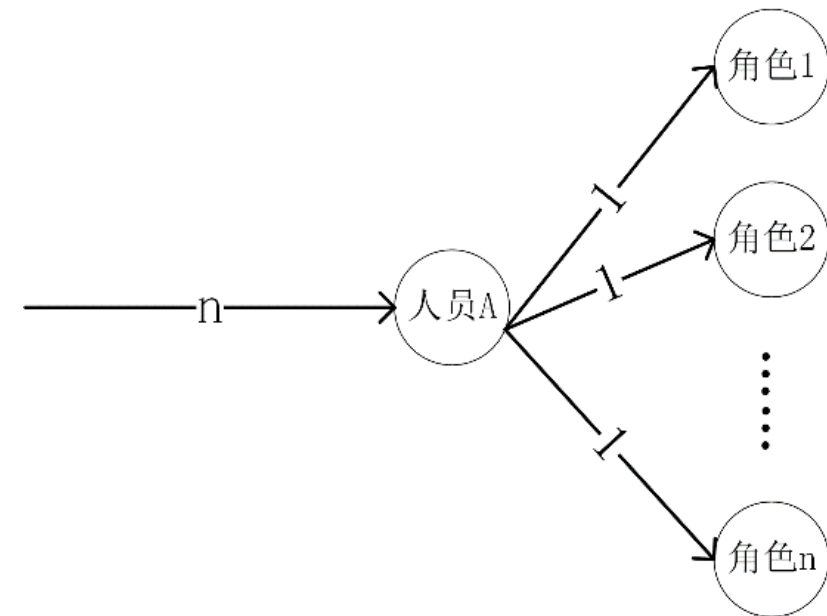


NBAJ算法——人员与角色的关系

16/29

分支结构

- 人员角色约束: workflow模型在执行中, 每个人员可分别充当特定的角色来完成任务。
- 设在一个资源约束中, 一个人员 A可以在 workflow模型中担任n种角色 (角色1, 角色2, ..., 角色n)。人员A的节点有一个入度边, 边上的容积为可以充当的角色种类数, 有n条出度边, 每条边上的容积为1。



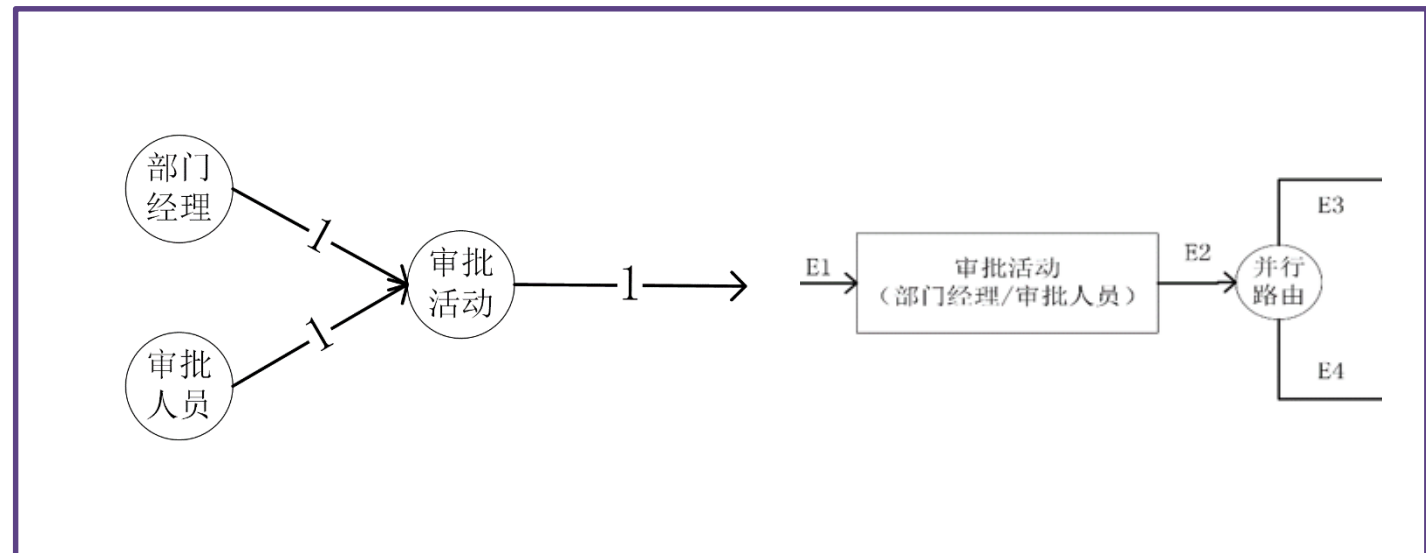
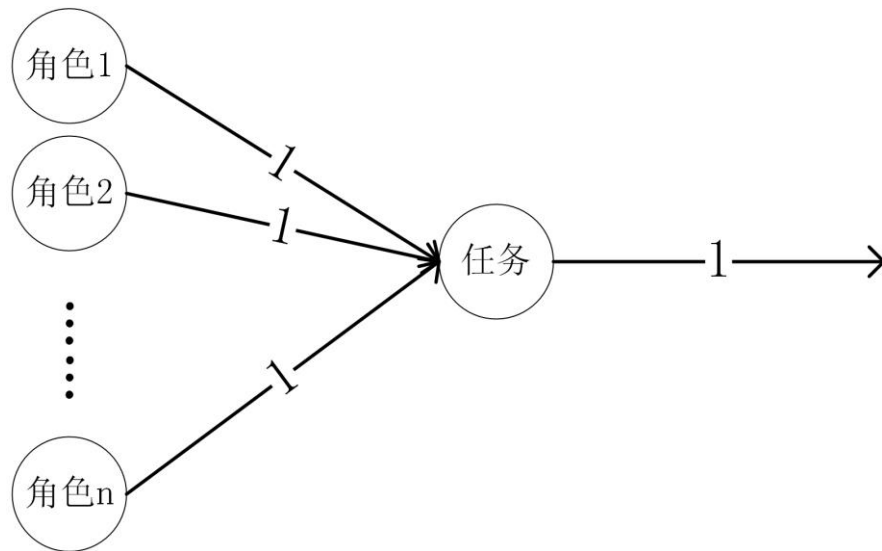


NBAJ算法——任务与角色的关系

17/29

合并结构

- 任务与角色之间约束: workflow模型在执行中, 每个任务需要从可执行角色列表选择一个角色来执行。
- 设在工作流模型中, 一个任务 A可以由n种角色 (角色1, 角色2, ..., 角色n) 中的任意一种来执行。图4中的合并结构表达了这种情形。人员A的节点有一个出度边, 边上的容积为1, 有n个入边, 分别由n个角色引来, 每条边上的容积也均为1。

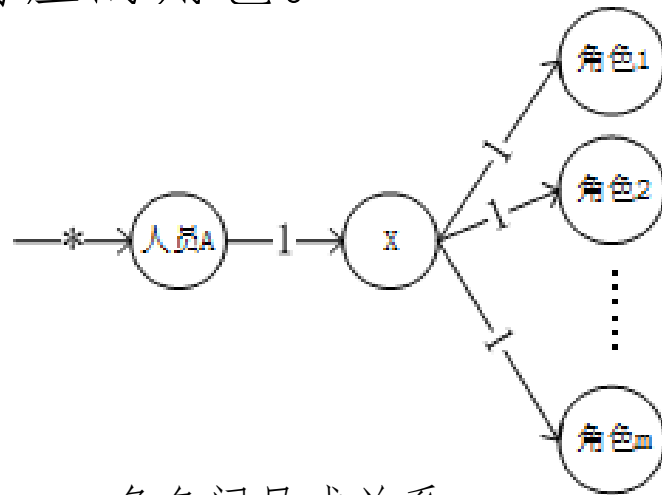




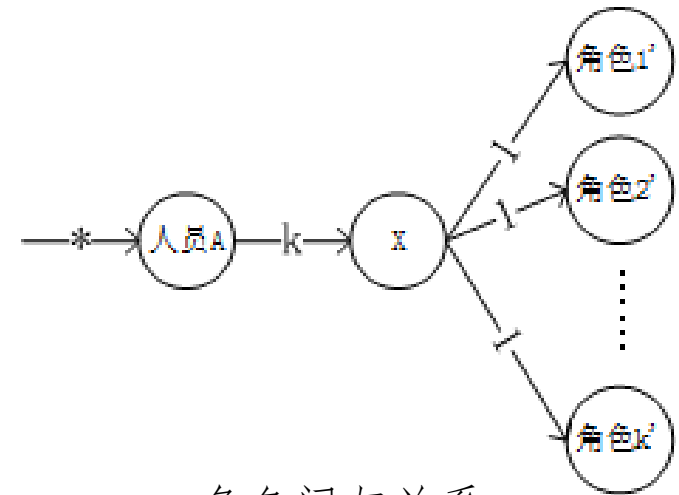
NBAJ算法——角色之间约束的关系

▶ 角色之间的约束

- ▶ 角色间异或关系，添加一个辅助节点X，其中人员A代表的节点出度为1，指向辅助节点X，容量为1；辅助节点有m条出边，每一条出边均指向一个对应的角色。
- ▶ 角色间与关系，添加一个辅助节点X，其中人员A代表的节点有且只有一个出边，指向辅助节点X，容量为k；辅助节点有k条出边，每一条出边均指向一个对应的角色。



角色间异或关系



角色间与关系



NBAJ算法——算法流程

构造模型

构造节点

- 每一个角色、人员、流程任务构造一个节点
- 根据角色间的约束关系构造辅助节点;辅助源点、汇点

构造边

- 根据人员-角色, 角色-人物之间的关系构建边
- 根据角色之间的约束通过辅助节点调整边

构造流量

- 构造汇点、源点, 节点间的流量
- 调整辅助节点的流量

合理性判断

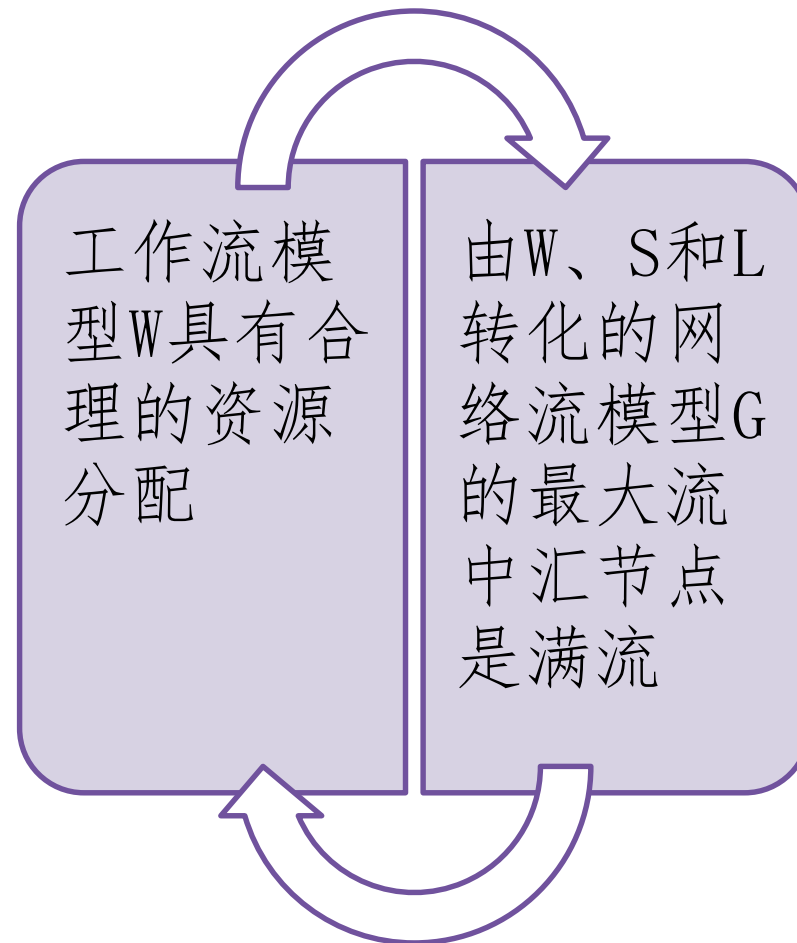
计算最大流

- 通过网络流算法计算最大流
- 通过判断是否满流来判断是否合理



NBAJ算法——正确性分析

- 在给定工作流模型 W 、人员-角色资源约束列表 L 和角色间资源约束集合 S 的情况下，设构造出来的网络流模型为 G :





NBAJ算法——复杂度分析

21/29

- ▶ 多项式时间复杂度算法
 - ▶ 算法分为两个部分
 - ▶ 构造网络流模型
 - ▶ 计算网络流模型的最大流
 - ▶ 网络流模型，人员-角色约束，角色间约束中的人员个数、角色个数、任务个数和约束个数
 - ▶ $O(|W(A)| + |W(R)| + |L(P)| + |L(R)| + |S|) + O((|W(A)| + |W(R)| + |L(P)| + |L(R)| + |S|)^5) = O((|W(A)| + |W(R)| + |L(P)| + |L(R)| + |S|)^5)$



主要内容

1

问题背景

2

相关定义

3

NBAJ算法

4

案例分析

5

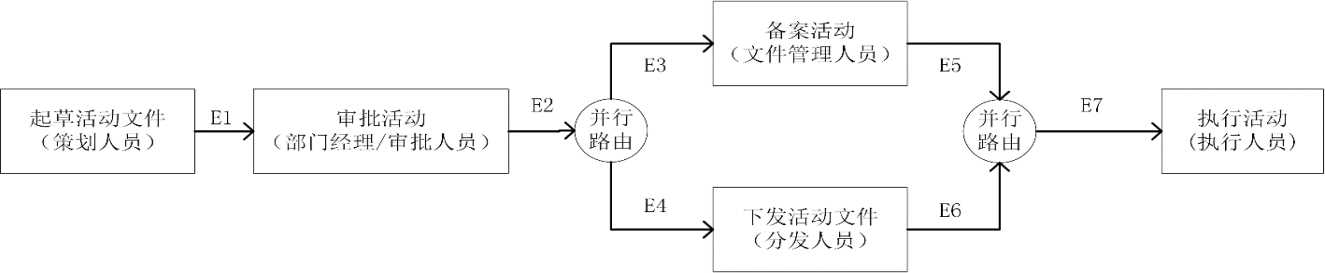
总结与展望



案例分析

案例1

手工案例



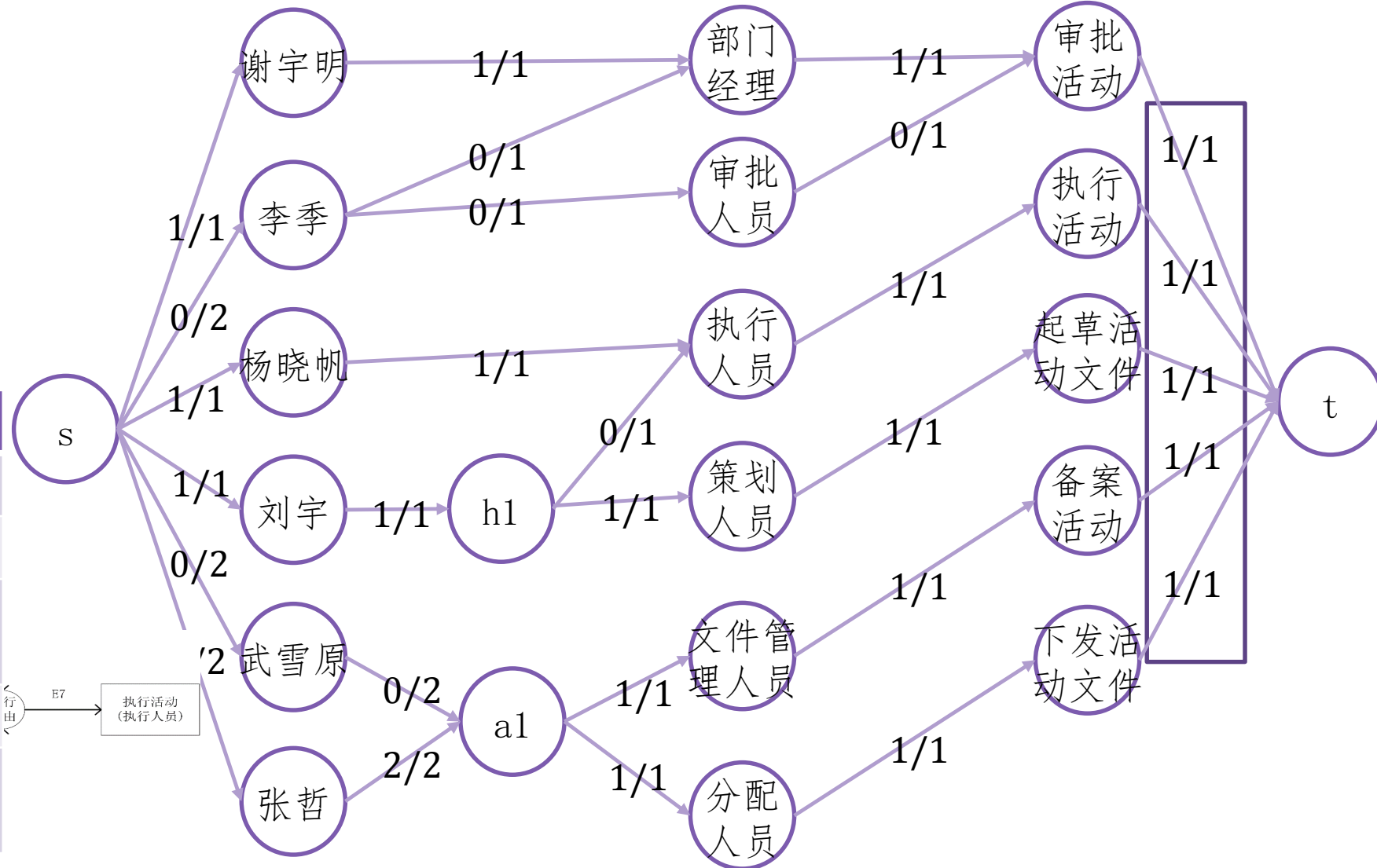
P	R	P	R
谢宇明	部门经理	刘宇	策划人员
李季	部门经理	武雪原	分发人员
李季	审批人员	武雪原	文件管理 人员
杨晓帆	执行人员	张哲	分发人员
刘宇	执行人员	张哲	文件管理 人员

K	Δ
{文件管理人员, 分发人员}	▷
{执行人员, 策划人员}	◁



案例分析

- 案例1
 - 手工案例
 - 满流=>合理分配



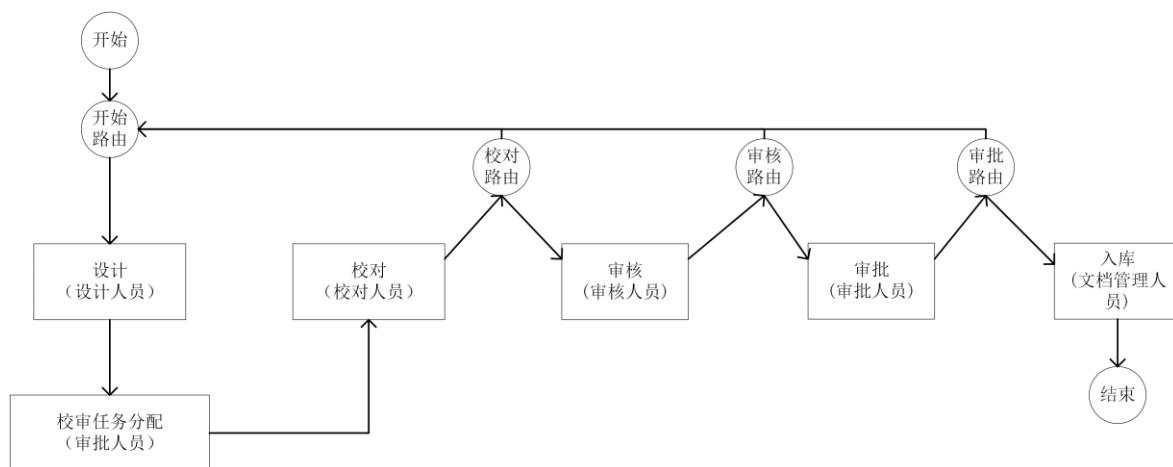
P	R	P	R
谢宇明	K		Δ 人员
李季	{文件管理人员, 分发人员}		\triangleright 人员
李季	{执行人员, 策划人员}		\triangleleft 管理
杨晓帆	执行人员	张哲	分发人员
刘宇	执行人员	张哲	文件管理 人员



案例分析

案例2

模型来自清软英泰公司



P	R
任稷校	设计人员
任稷校	校对人员
李吉	校对人员
刘复	审核人员
刘复	审批人员
施阜易	文档管理人员

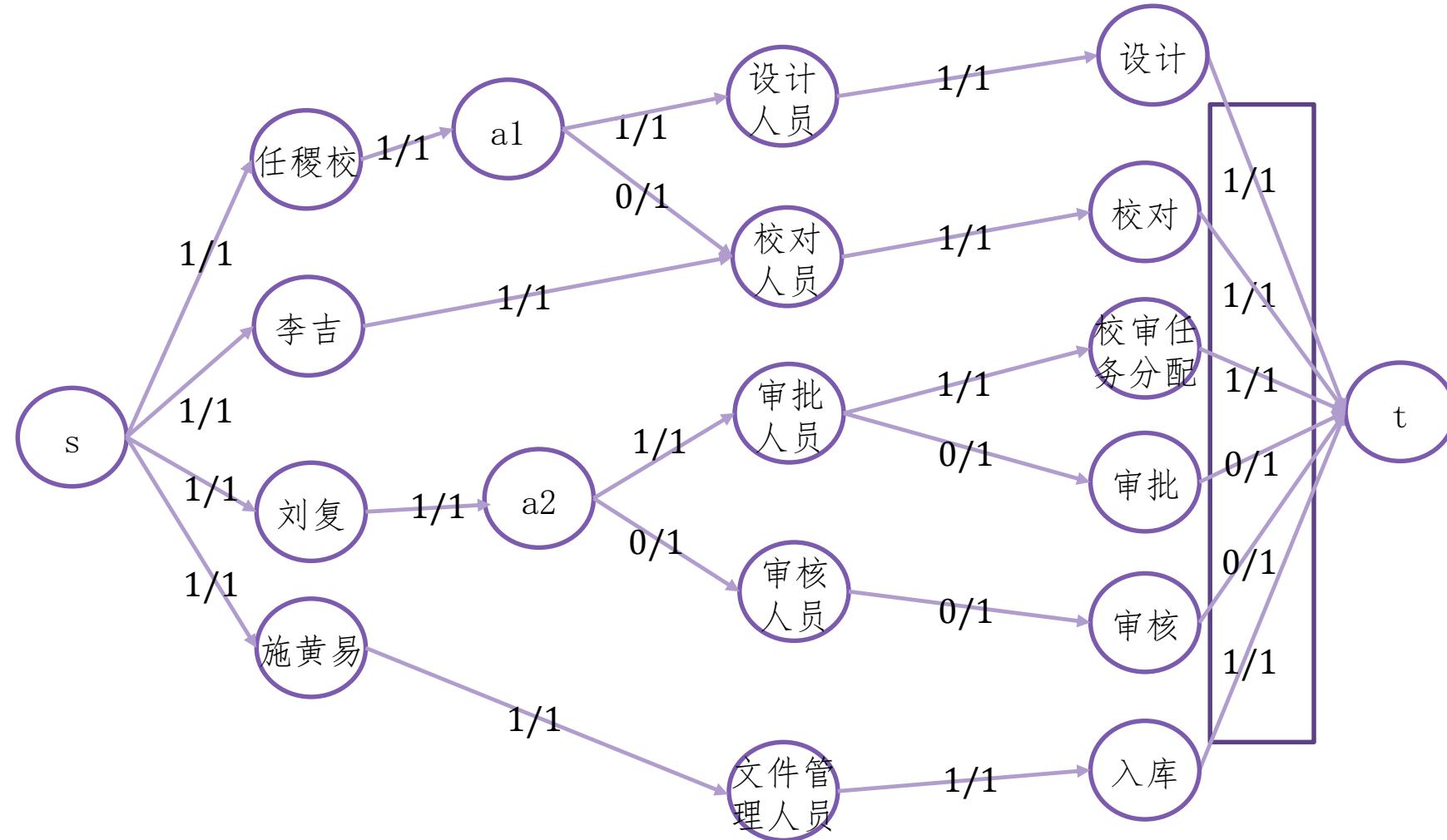
K	Δ
{设计人员, 校对人员}	\triangleleft
{审批人员, 审核人员}	\triangleleft



案例分析

案例2

- 模型来自清软英泰公司
- 非满流 \Rightarrow 资源分配不合理





主要内容

1

问题背景

2

相关定义

3

NBAJ算法

4

案例分析

5

总结与展望



总结与展望

- ▶ 为了解决解决工作流模型资源分配合理性判定的问题，本文提出了一个新的基于网络流模型的方法NBAJ。NBAJ将资源分配合理性判定中的三类元素（即人员、角色和任务）建模为一个网络流模型，然后利用网络流模型中的最大流算法，可以在多项式的时间复杂度内判定资源分配是否合理。
- ▶ 未来工作包括基于现有的建模方法，考虑约束规则对资源分配的影响，做出一个更加通用的资源分配合理性判定方法。



结束



谢谢
欢迎提问