ISSN1000-9825 Journal of Software 软件学报 2000,11(6):809~815

面向常识的时间推理*

徐晋晖[1] 毛希平[1] 刘桂霞[2] 石纯一[1]

[1](清华大学计算机科学与技术系 北京 100084)

[2](吉林大学计算机科学系 长春 130002)

E-mail: xujinhui@263.net

摘要 常识和时间推理是人工智能研究的两个主要课题.Allen等人提出的时间推理缺少时间点、时区和时距的统一表示;过分考虑计算,缺少规则推理;求解算法难以应用于多Agent环境并且没有考虑常识不一致性.该文提出一种时间信息表示网络,分析了约束之间的推导规则,给出了常识时间问题的多Agent合作满足弱路径一致性的求解方法.该文的工作改进了Meiri,Wetprasit和Sattar等人的工作,为时间推理结合常识特性和适应多Agent合作环境提供了可行的方案.

关键词 常识,时间推理,时间点,时区,时距,定量约束,定性约束.

中图法分类号 TP18

80年代初,Allen[1]提出基于时区的方法,Vilain与Kautz[2]提出基于时间点的方法.进入90年代,Dechter,Meiri和Pearl[3]提出了用约束满足来研究时间推理;Meiri[4]提出定性和定量约束结合的方法;Navarrete与Marinp[5]提出时间点和时距的定性约束的方法;Wetprasit与Sattar[6]提出时间点和时距的定性与定量约束结合的方法;Schwlb与Dechter[7]基于Meiri模型研究了不确定约束的处理方法,使时间推理得到了较快的发展.

针对常识知识的研究,已有方法尚存在以下不足之处:

(1) 常识时间信息的描述通常有时间点、时区和时距3种,现有方法缺少一种可以表示这3种时间变量的约束网络.

(2) 将时间推理完全视为约束满足问题,求解方法变为一种纯粹计算问题,忽略了约束之间的规则特性.

(3) 求解算法是集中式的,不能适应多Agent合作环境.

(4) 过分强调一致性,这与常识中存在的不一致性不协调.

针对以上问题,我们提出一种基于时间点、时区和时距的时间信息表示网络PIDN(Point,Interval and Duration's Network),给出了各种时间变量的允许约束形式;分析了各种约束之间的推导特性,为问题求解提供了约束之间的转换规则;描述了常识时间信息在CBK(capability,belief,knowledge)Agent描述下的存储规范,给出了常识时间问题的多Agent合作求解方法,属于任意时间算法,并且不受一致性限定.

1 时间变量及其约束

1.1 3种时间变量

常识中可用事件描述主体的一个行为过程,而用命题描述客观世界的一种状态,为了方便将事件和命题统称为事件,用变量E或E_i来表示.事件常含有时间属性,可用3种时间变量来描述.

* 本文研究得到国家自然科学基金(Nos.69773026,69733020)、教育部高等学校重点实验室访问学者基金(吉林大学"符号计算与知识工程教育部重点实验室"和清华大学研究生院博士学位论文基金资助.作者徐晋晖,1966年生,博士生,讲师,主要研究领域为多Agent系统,常识推理.毛希平,女,1969年生,博士,讲师,主要研究领域为并行处理.刘桂霞,女,1963年生,讲师,主要研究领域为模糊理论,神经网络.石纯一,1935年生,教授,博士生导师,主要研究领域为人工智能应用基础.

本文通讯联系人:徐晋晖,北京100084,清华大学计算机科学与技术系

本文1999-04-12收到原稿,1999-06-21收到修改稿

定义 1. 时间点描述事件开始和结束时刻,分别表示为 Begin(E),End(E)以及问题世界的开始时刻 t_0(讨论问题的参照点).

时区是描述事件成立的时间区间,表示为 Interval(E)或[Begin(E),End(E)].

时距是描述事件成立的时间长度或任意两个时间点之间的距离,表示为 Length(E)或 Length(t_i,t_j),t_i 和 t_j 是两个时间点.

1.2 时间变量的允许约束

定义 2. 时间定量约束 $C=(C_1,...,C_m)=C_1\vee...\vee C_m$,$C_i=[a_i,b_i]$,$a_i$,$b_i$ 分别是一个时间点,且 $a_i\leqslant b_i$.

时间定性约束 $R=(R_1,...,R_k)=(R_1\vee...\vee R_k)$,$R_i$ 是一种基本关系,如简单的前后关系.

约束的析取反映了时间变量约束的不确定性.

1.2.1 时间点

时间点的定量约束 $C(T)$限定了时间点变量的取值域.

例如,“我有时 7 点~8 点起床,有时 8 点半~9 点起床”,表示为(Begin(我起床),is,([7 点,8 点],[8 点 30 分,9 点])).

两个时间点之间的定性约束 PP 限定了时间点之间的可能关系,用 $R(T_i,T_j)$代表.基本关系集合是{<,=,>}.

例如,“我起床的开始时间比你起床的开始时间不晚”,表示为(Begin(我起床),(<,=),Begin(你起床)).

1.2.2 时 区

时区之间的定性约束 II 限定了时区之间的可能关系,用 $R(I_i,I_j)$代表.基本关系集合是由 Allen 定义的 13 种基本关系{$b,m,s,d,f,o,bi,mi,si,di,fi,oi,=$}.

例如,“我起床比你早”,表示为(Interval(我起床),(b),Interval(你起床)).

1.2.3 时 距

一个时距的定量约束 $C(D)$限定了时距的取值域.

例如,“我起床的开始时间比你早 2 个小时”,表示为(Length(Begin(你起床),Begin(我起床)),is,([2 小时,2 小时]));“我起床用了 30 分钟”,表示为(Length(我起床),is,([30 分钟,30 分钟])).

时距之间的定性约束 DD 限定了时距之间的可能关系,用 $R(D_i,D_j)$代表.基本关系集合是{<,=,>}.

例如,“我在动物园的时间比你少或相等”,表示为(Length(我在动物园),(<,=),Length(你在动物园)).

广义时距描述了两个时距长度的差,用 ED 表示.

广义时距的定量约束限定了两个时距的差,用 $C(E_\mathrm{Length}(D_i,D_j))$或 $C(ED)$代表.

例如,“我在动物园的时间比你少 30~40 分钟”,表示为($E_$length(Length(我在动物园),Length(你在动物园)),is,([30 分,40 分])).

1.2.4 时间点与时区

时间点与时区之间、时区与时间点之间的定性约束 PI(point and interval)或 IP(interval and point)限定了时间点与时区之间的可能关系.时间点与时区之间的基本关系集合是{b,s,d,f,a},而时区与时间点之间的基本关系集合是{bi,si,di,fi,ai}.

2 时间约束网络及存储规范

2.1 时间约束网络 PIDN(Point,Interval and Duration's Network)

定义 3. PIDN 的结构为 $\Sigma_{PID}=\langle N_P,N_D,N_I,Rel(P,D),Rel(P,I),Rel(I,P)\rangle$,其中:

N_P 是一个时间点网络,$P=\{x_1,...,x_n\}$是时间点集合,取值域是$\{C_1,...,C_n\}$,C_i 是定量约束,$Rel(P)=\{R_{i,j}\in 2^T\mid 1\leqslant i,j\leqslant n\}$,描述变量 x_i 和 x_j 之间的二元定性约束,$T=\{<,=,>\}$;

N_D 是一个时距网络,$D=\{D_{ij}\mid 1\leqslant i<j\leqslant n\}$是时距集合,取值域是$\{C_{12},...,C_{(n-1)n}\}$,$C_{ij}$是定量约束,$Rel(D)=\{R_{ij,km}\in 2^T+C(D_{ij},D_{km})\mid 1\leqslant i,j,k,m\leqslant n\}$,描述 D_{ij}和 D_{km}之间的定性约束和定量约束,$T=\{<,=,>\}$;

N_I 是一个时区网络,$I=\{I_{ij}|1\leqslant i,j\leqslant n\}$ 是时区集合,$Rel(I)=\{R_{ij,km}\in 2^T|1\leqslant i,j,k,m\leqslant n\}$,描述 I_{ij} 和 I_{km} 之间的定性约束,$T=\{b,m,s,d,f,o,bi,mi,si,di,fi,oi,=\}$;

$Rel(P,D)$ 是时间点和时距的三元约束,$Rel(P,D)=\{\Delta_{ij}\subseteq Q^3|1\leqslant i<j\leqslant n\}$,其中 $\Delta_{ij}=\{(x_i,x_j,D_{ij})\in Q^3|D_{ij}=|x_i-x_j|\}$,$D_{ij}$ 是时间点 x_i 和 x_j 之间的距离,Q 是有理数集(实数集);

$Rel(P,I)$ 是时间点和时区的定性约束,$Rel(P,I)=\{R_{k,ij}\in 2^T|1\leqslant k,i,j\leqslant n\}$,$T=\{b,s,d,f,a\}$;

$Rel(I,P)$ 是时区和时间点的定性约束,$Rel(I,P)=\{R_{ij,k}\in 2^T|1\leqslant k,i,j\leqslant n\}$,$T=\{bi,si,di,fi,ai\}$.

不难看出,PIDN 是所有其他时间约束网络的真扩充.已有的时间约束网络都可用 PIDN 来表示,但是广义时距的定量约束在已有时间约束网络中不能表示.

定义 4. PIND 的解是符合所有约束的一种变量赋值;如果 PIDN 至少存在一个解,那么是 PIDN 一致的.

定理 1. PIDN 的一致性判断问题是 NP 完全问题.

因为 PDN(时间点与时距网络)时间约束网络的一致性判断是 NP 完全问题[5],而 PIDN 是 PDN 的真扩充.

2.2 PIDN 在常识库中的存储规范

我们采用面向 Agent 的常识知识库 AOKB 来存放常识.常识 Agent 的基本形式是 CBK Agent,其中 C(capability)是能力,B(belief)是信念,K(knowledge)是推理机.在每个 Agent 的信念部分存储与 Agent 有关的事件时间属性.具体表示规范为:

时间信息三元组::=(时间点,is,定量约束)|(时距,is,定量约束)|
(广义时距,is,定量约束)|(时距,DD 定性约束,时距)|
(时间点,PP 定性约束,时间点)|(时区,II 定性约束,时区)|
(时间点,PI 定性约束,时区)|(时区,IP 定性约束,时间点)

时间点::=Begin(E)|End(E)|t_0

时区::=Interval(E)|Interval(时间点,时间点)

时距::=Length(时区)|Length(时间点,时间点)

广义时距::=E_Length(时距,时距)

定量约束::=(数值时区序列)

数值时区::=[数值,数值]

定性约束::=PP 定性约束|DD 定性约束|II 定性约束|PI 定性约束|IP 定性约束

3 时间约束之间的推导规则

定义 5. inf(C)和 sup(C)分别是定量约束 C 的下确界和上确界,[inf(C),sup(C)]描述了相应被约束变量的开阔域.

规则 1. 已知时间点的定量约束,推出时间点之间的定性约束.

如果 $\sup(C(T_i))<\inf(C(T_j))$,那么 $R(T_i,T_j)=$“<”;

如果 $\sup(C(T_j))<\inf(C(T_i))$,那么 $R(T_i,T_j)=$“>”;

如果 $\inf(C(T_i))=\sup(C(T_i))=\inf(C(T_j))=\sup(C(T_j))$,那么 $R(T_i,T_j)=$“=”.

规则 2. 已知时距的定量约束,推出时距之间的定性约束.

如果 $\sup(C(D_i))<\inf(C(D_j))$,那么 $R(D_i,D_j)=$“<”;

如果 $\sup(C(D_j))<\inf(C(D_i))$,那么 $R(D_i,D_j)=$“>”;

如果 $\inf(C(D_i))=\sup(C(D_i))=\inf(C(D_j))=\sup(C(D_j))$,那么 $R(D_i,D_j)=$“=”.

规则 3. 已知时间点之间的定性约束,推出时区之间的定性约束.

如果“<”$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$,那么“$b$”$\in R(I_i,I_j)$;

如果“>”$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$,那么“$bi$”$\in R(I_i,I_j)$;

如果“=”$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$且“=”$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$,那么“=”$\in R(I_i,I_j)$;

如果"="$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$，那么"$m$"$\in R(I_i,I_j)$；

如果"="$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$，那么"$m_i$"$\in R(I_i,I_j)$；

如果">"$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$且"<"$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$，那么"$d$"$\in R(I_i,I_j)$；

如果"<"$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$且">"$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$，那么"$di$"$\in R(I_i,I_j)$；

如果"="$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$且"<"$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$，那么"$s$"$\in R(I_i,I_j)$；

如果"="$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$且">"$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$，那么"$si$"$\in R(I_i,I_j)$；

如果">"$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$且"="$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$，那么"$f$"$\in R(I_i,I_j)$；

如果"<"$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$且"="$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$，那么"$fi$"$\in R(I_i,I_j)$；

如果"<"$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$且">"$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$且"<"$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$，那么"$o$"$\in R(I_i,I_j)$；

如果">"$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{Begin}(I_j))$且"<"$\in R(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$且">"$\in R(\mathrm{End}(I_i),\mathrm{End}(I_j))$，那么"$oi$"$\in R(I_i,I_j)$；

规则 4. 已知时间点的定量约束，推出时区之间的定性约束.

如果 $\sup(C(\mathrm{End}(I_i)))<\inf(C(\mathrm{Begin}(I_j)))$，那么 $R(I_i,I_j)=(b,ai)$；

如果 $\inf(C(\mathrm{Begin}(I_i)))<\sup(C(\mathrm{End}(I_j)))$，那么 $R(I_i,I_j)=(a,bi)$；

如果 $\inf(C(\mathrm{Begin}(I_i)))>\inf(C(\mathrm{Begin}(I_j)))$且 $\sup(C(\mathrm{End}(I_i)))<\sup(C(\mathrm{End}(I_j)))$，那么 d,s,f 属于 $R(I_i,I_j)$是可能的；增加条件 $\inf(C(\mathrm{Begin}(I_i)))>\inf(C(\mathrm{End}(I_j)))$，那么 o 属于 $R(I_i,I_j)$也是可能的；

如果 $\inf(C(\mathrm{Begin}(I_i)))<\inf(C(\mathrm{Begin}(I_j)))$且 $\sup(C(\mathrm{End}(I_i)))>\sup(C(\mathrm{End}(I_j)))$，那么 di,si,fi 属于 $R(I_i,I_j)$是可能的；增加条件 $\inf(C(\mathrm{End}(I_i)))<\inf(C(\mathrm{Begin}(I_j)))$，那么 oi 属于 $R(I_i,I_j)$也是可能的.

规则 5. 已知时距之间的定性约束，推出时区之间的定性约束.

如果"<"$\in R(\mathrm{Length}(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{End}(I_i)),\mathrm{Length}(\mathrm{Begin}(I_j),\mathrm{End}(I_j)))$，那么 $d\notin R(I_i,I_j)$；

如果">"$\in R(\mathrm{Length}(\mathrm{Begin}(I_i),\mathrm{End}(I_i)),\mathrm{Length}(\mathrm{Begin}(I_j),\mathrm{End}(I_j)))$，那么 $di\notin R(I_i,I_j)$.

规则 6. 已知广义时距的定量约束，推出时距之间的定性约束.

如果 $\inf(C(E\_\mathrm{Length}(D_i,D_j)))>0$，那么"="$\notin R(D_i,D_j)$，否则"="$\in R(D_i,D_j)$.

规则 7. 已知两个变量 x_i,x_j 之间的定性约束 $R(x_i,x_j)$，可以确定 $R(x_j,x_i)$.

许多基本的逆关系可以通过关系定义确定，这里不再列出.

规则 8. 已知时区的时间端点，推出时间点与时区的定性约束.

如果 T_i 是时区 I_i 的开始时间，那么 $R(T_i,I_i)=(s)$或 $R(I_i,T_i)=(si)$；

如果 T_i 是时区 I_i 的结束时间，那么 $R(T_i,I_i)=(f)$或 $R(I_i,T_i)=(fi)$.

规则 9. 已知两个时间点的定量和定性约束，推出时距的定量约束，或已知时间点的定量约束和时距的定量约束，推出与该时间点定性约束已知的另外的时间点的定量约束.

例如，$C(T_i)=([2,4])$，$C(\mathrm{Length}(T_i,T_j))=([4,6])$，$R(T_i,T_j)=(<)$，那么 $C(T_j)=([6,10])$.

规则 10. 已知定量和定性约束，可以序化定量约束，表示为 $O(C)$.

如果 C 是 $C(T_i)$形式，那么 $O(C)=C$；

如果 C 是 $C(\mathrm{Length}(T_i,T_j))$形式，那么当">"$\in R(T_i,T_j)$时，$O(C)=C$；当"<"$\in R(T_i,T_j)$时，$O(C)=(-C_1,\ldots,-C_m)$. 即对每一个时区取负，然后再重新排序；

如果 C 是 $C(E_\mathrm{Length}(D_i,D_j))$形式，与上相同.

4　时间约束的计算

定义 6. 交运算是在给定一个(或两个)变量多个约束的情况下，求一个可以覆盖多个约束的约束，表示为"$\oplus$". 组合运算是给定变量 x_i,x_k 和 x_k,x_j 的约束，求 x_i 和 x_j 之间的约束，表示为"$\otimes$". 组合结果有意义的组合方是允许的.

4.1 定量计算

定量约束的交集是 $C'\oplus C''=\{x|x\in C',x\in C''\}$. 即如果 $C'=(I_1,\ldots,I_l)$, $C''=(J_1,\ldots,J_m)$, 那么 $C'\oplus C''=(K_1,\ldots,K_n)n\leqslant l+m$. 这里,对所有 k_i,有 I_i 和 J_j 满足 $K_k=I_i\cap J_j$,其中 $I_i\cap J_j$ 是两个区域的交集运算.

例如,已知时间点 T_i 的一个定量约束 $C'=([2,4],[6,8])$,通过约束传播又求得另一约束 $C''=([3,4],[6,9])$,那么通过交集运算可以确定 $C(T_i)=([3,4],[6,8])$.

序化定量约束的组合是 $C'\otimes C''=\{z|\exists\ x\in C',\exists\ y\in C'',x+y=z\}$,即如果 $C'=(I_1,\ldots,I_l)$, $C''=(J_1,\ldots,J_m)$,那么 $C'\oplus C''=(K_1,\ldots,K_n)$, $n\leqslant l*m$,这里对所有 k,有 $I_i=[a,b]$ 和 $J_j=[c,d]$ 满足 $K_k=[a+c,b+d]$.

例如,有 $C(T_i)=([2,4])$, $O(C(\mathrm{Length}(T_i,T_j)))=([4,6])$,计算得 $C(T_j)=([6,10])$.

可知允许的定量组合运算有 4 种情形,分别为:

由 $C(T_i)$ 和 $C(T_j)$ 组合得 $C(\mathrm{Length}(T_i,T_j))$;由 $C(T_i)$ 和 $C(\mathrm{Length}(T_i,T_j))$ 组合得 $C(T_j)$;由 $C(\mathrm{Length}(T_i,T_k))$ 和 $C(\mathrm{Length}(T_k,T_j))$ 组合得 $C(\mathrm{Length}(T_i,T_j))$;由 $C(D_i)$ 和 $C(E\_\mathrm{Length}(D_i,D_j))$ 组合得 $C(D_j)$.

4.2 定性计算

定性约束的交集是 $R'\oplus R''$,有 $R'\oplus R''=R'\cap R''$.

定性约束的组合是 $R'\otimes R''=\{r'_i\otimes r''_j|r'_i\in R',r''_j\in R''\}$,其中 $r'_i\otimes r''_j$ 是两个基本关系的组合运算,具体定义与 Allen[1], Vilain 和 Kautz[2], Meiri[5] 相同.

可知允许的定性组合运算有 9 种情形,分别为

由 $R(T_i,T_k)$ 和 $R(T_k,T_j)$ 组合得 $R(T_i,T_j)$;由 $R(D_i,D_k)$ 和 $R(D_k,D_j)$ 组合得 $R(D_i,D_j)$;由 $R(I_i,I_k)$ 和 $R(I_k,I_j)$ 组合得 $R(I_i,I_j)$;由 $R(T_i,I_k)$ 和 $R(I_k,T_j)$ 组合得 $R(T_i,T_j)$;由 $R(I_i,T_k)$ 和 $R(T_k,I_j)$ 组合得 $R(I_i,I_j)$;由 $R(T_i,I_k)$ 和 $R(I_k,I_j)$ 组合得 $R(T_i,I_j)$;由 $R(T_i,I_k)$ 和 $R(I_k,I_j)$ 组合得 $R(T_i,I_j)$;由 $R(I_i,T_k)$ 和 $R(T_k,T_j)$ 组合得 $R(I_i,T_j)$;由 $R(I_i,I_k)$ 和 $R(I_k,T_j)$ 组合得 $R(I_i,T_j)$.

5 问题类型及求解方法

5.1 问题类型

现有的时间推理以约束满足问题方法为基础,判断时间约束网络的一致性,构造一致情景和求解最小网络. 在常识时间推理中,因为不一致是常识的基本特征,不同的 Agent 之间允许存在矛盾的时间信息,所以,如何给出常识意义上的解是主要任务.

常识中有关时间的问题可以分为求两个时间变量之间的定性约束和一个时间变量的取值域这样两个方面. 表示规范为

时间问题三元组::=?(时间变量 1,*,时间变量 2)|?(时间变量 1,is,*)

时间变量::=时间点|时区|时距|广义时距

问题的已知条件由常识库中保存的常识时间信息和用户给定的有关时间信息组成.

例如,"我 9 点开始游动物园,几点能游完?"这里,"9 点开始游动物园"是用户给定的信息,表示为(Begin(游动物园),is,([9 时,9 时]));而"游动物园平均所需时间"的信息存放在动物园 Agent 中,表示为(Length(游动物园),is,([2 时,3 时]));需求解的问题是"?(End(游动物园),is,*)".

5.2 求解方法

常识时间问题的解是一个符合常识的时间约束,由于求解所需的时间信息可能存在多个Agent中,故 Agent 要求合作求解. PIDN 的一致性判断是 NP 完全问题,而实际上算法的复杂度也是指数级的,需给出任意时间算法.

算法 PIDNA (基于 PIDN 的时间问题求解算法).

步骤 1. 如果当前 Agent 存有对应提问的时间约束信息,则将结果返回并结束;

步骤 2. 如果根据规则 1~10,利用已知的时间约束信息,能推导出所需的结果,则将结果返回并结束;

步骤 3. 如果根据允许组合情形,利用已知的时间约束信息,能组合计算出所需的结果,则将结果返回并

结束;

步骤 4. 如果计算时间用完,则返回"不知道". 否则利用问题和已知的时间约束信息情况,根据允许组合情形确定所需的提问和相关 Agent,向相关 Agent 发出提问. 这里可能会向多个 Agent 提问(由于存在一个 Agent 难以回答这样的问题,通过提问其他 Agent 获得有关信息,实现了 Agent 之间的合作).

步骤 4.1. 一旦有结果返回,与已有的时间约束信息进行组合运算;

步骤 4.2. 如果有多个结果需进行交集运算,交集非空,则结果保留;否则进行矛盾处理,将处理的结果保留;

步骤 4.3. 如果计算时间用完,那么将现有结果返回.

5.3 分　析

算法 PIDNA 满足任意时间算法. 任意时间算法是指算法可以随时结束,而结束时,结果不比上次的结果差. 因为算法 PIDNA 每次进行交集运算得到的结果比上次的结果更精确,并且可以在给定时间内结束,故满足任意时间算法.

定义 7. 如果求解的两个时间变量之间的约束比所有路经组合运算得到的结果都精确,那么这两个时间变量是路径一致的;如果至少比一条路经组合运算的结果精确,那么是弱路径一致的.

不难看出,用算法 PIDNA 求得的结果满足弱路径一致. 因为在规定时间内求得的结果要么是一条路经的结果,要么是几条路经结果的交集,只有在交集非空的情况下,才可能是所有路经结果的交集,而这是很难达到的.

6 结　语

本文讨论了面向常识的时间推理,给出了时间点、时区和时距的时间约束表示网络 PIDN,是已有时间约束网络的真扩充. 给出的算法 PIDNA 是推理和计算相结合的多 Agent 合作求解方法,且满足任意时间算法;根据常识的允许不一致性存在特征,求解的结果满足弱路经一致性.

本文的工作是结合常识特性对 Meiri,Wetprasit 和 Sattar 等人的时间推理方法的一种改进,为时间推理结合常识特性和适应多 Agent 合作环境提供了可行的方案.

参考文献

1 Allen J. Maintaining knowledge about temporal intervals. Communication of the ACM, 1983,26(11):832～843

2 Vilain M, Kautz H. Constraint propagation algorithms for temporal reasoning. In: Kehler T, Rosenschein S *et al* eds. Proceedings of the 5th National Conference on Artificial Intelligence. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1986. 377～382

3 Dechter R, Meiri I, Pearl J. Temporal constraint networks. Artificial Intelligence, 1991,49(1):61～95

4 Meiri I. Combining qualitative and quantitative constraints in temporal reasoning. Artificial Intelligence, 1996,87(2):343～385

5 Navarrete I, Marin R. Qualitative temporal reasoning with points and durations. In: Pollack M E ed. Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1997. 1454～1459

6 Wetprasit R, Sattar A. Temporal reasonning with qualitative and quantitative information about points and durations. In: Mostow J, Rich C eds. Proceedings of the 15th National Conference on Artificial Intelligence. Cambridge, MA: AAAI Press, 1998. 656～663

7 Schwlb E, Dechter R. Processing disjunctions in temporal constraint networks. Artificial Intelligence, 1997,93(1):29～61

Commonsense Oriented Temporal Reasoning

XU Jin-hui[1] MAO Xi-ping[1] LIU Gui-xia[2] SHI Chun-yi[1]

[1](*Department of Computer Science and Technology Tsinghua University Beijing* 100084)

[2](*Department of Computer Science Jilin University Changchun* 130002)

Abstract Commonsense and temporal reasoning are two main research topics in artificial intelligence. Temporal reasoning proposed by Allen and others lacks a unified representative network about time point, interval and duration, overemphasizes computation while lacking rule inference, is difficult to apply in multiagent setting, and does not consider inconsistency in common sense. In this paper, the authors present a unified representative network about time information, analyze the inference rules among constraints, and propose the multiagent cooperative method satisfying weak path consistency to solve commonsense temporal task. The work of this paper improves the work of Meiri as well as that of Wetprasit and Sattar, provides viable scheme for temporal reasoning to combine commonsense property and to fit the cooperative multiagent setting.

Key words Commonsense, temporal reasoning, time point, interval, duration, quantitative constraint, qualitative constraint.