第7卷第2期
1996年2月

软 件 学 报
JOURNAL OF SOFTWARE

Vol.7, No.2
Feb. 1996

时态逼近关系及时态逻辑的扩充*

钟绍春 刘大有

(吉林大学计算机系 吉林 130023)

摘要 本文提出了时态逼近关系,并给出了命题不确定性时态关系的一种分类,在 Shoham 的时态逻辑基础上,对命题和一阶两种情况,提出了能描述不确定性时态关系,基于时间点和(点对构成的)时间区间的时态逻辑(定性与定量相结合).此外,还给出了在非确定性时态关系下用于描述命题类型的一些命题时态性质.

关键词 不确定性时态关系,命题时态性质,时态逻辑.

在人工智能 AI(artificial intelligence)的研究及应用领域中,有许多方面都与时间有关,诸如在医疗诊断 ES 中,可能进行关于如下问题的推理:"细菌是何时侵入血液系统中的".时态推理已成为 AI 研究领域中的一个重要子领域,正象 Shoham(1987 年)所说的那样:时态推理就是研究与时间有关的推理问题的.时态推理的基础是时态信息的描述——时态逻辑的研究,即如何构造合式公式,描述命题时态信息.[1]

有代表性的时态推理研究成果主要有:1982 年,McDermott[2]提出了基于时间点的时态逻辑,描述规划和过程,并以集合论为基础,给出了公式的语义.McDermott 将命题分为两类:事实类和事件类,事实类描述为:$T(t,p)$,表示事实 p 在 t 时刻为真;事件类描述为:$OCC(t_1,t_2,e)$,表示事件 e 在时间区间 $\langle t_1,t_2\rangle$ 内出现.1984 年,Allen[1]提出了基于时间区间的时态逻辑,他把命题分为性质类,事件类和过程类,并提出了命题间的 13 种时态关系.1987 年,Shoham[3]对 McDermott 和 Allen 的时态逻辑进行了分析总结,同时指出:① McDermott和 Allen 的命题分类是不完备的,有时是冗余的,并且他们都未给出公式的清晰语义;② Allen 基于时间区间的时态逻辑,其推理算法的复杂性是指数级的.针对这些问题 Shoham 提出了基于时间点和抽象命题的时态逻辑,给出了公式的清晰语义,并提出了命题的 10 种时态性质.Shoham 的逻辑克服了 Allen 和 McDermott 的逻辑在语义方面和命题分类方面的不足.Shoham 的逻辑公式是由两类基本公式通过逻辑连接词和量词复合而成的:

① $t_1=t_2$,$t_1\leqslant t_2$,其中 t_1 和 t_2 是时间点;

② $TRUE(t_1,t_2,p)$,p 是抽象命题.

但迄今为止,有关时态逻辑的研究还都局限于命题的确定性时态关系.事实上,命题的

---

* 作者**钟绍春**,1965 年生,讲师,主要研究领域为人工智能与计算机软件.**刘大有**,1942 年生,教授,主要研究领域为人工智能与计算机软件.

本文通讯联系人:钟绍春,长春 130023,吉林大学计算机系

本文 1995-01-09 收到修改稿

不确定性时态关系，在 AI 的研究及应用领域中是普遍存在的. 诸如，在工程评估 ES 中，可能进行关于如下问题的推理："要保证工程进度和质量，装修工作在时间区间 I 内完成最好，过早或过迟于 I 对工程都是很不利的，且装修工作进行的时间区间越接近于 I 对工程就越有利". 显然，使用 Allen，McDermott，Shoham 的逻辑，均无法刻画这种时间逼近关系及由此引起的不确定性时态关系.

为了处理不确定性时态关系，我们引入了时态逼近关系概念，对命题的不确定性时态关系进行了分类，在 Shoham 逻辑基础上，提出了基于时间点和点对的能描述不确定性时态关系的时态逻辑，并给出了在非确定性时态关系下，命题的一些时态性质. 第 1 节讨论了时态关系分类，第 2 节给出了新的时态逻辑，第 3 节给出了命题的时态性质.

1 时态关系

时态逻辑的基础是命题时态关系的分类和描述. 时间概念有两种情况：某一时刻和某一段时间.

我们采用时间点和点对作为基本时态项，与命题相关联，

$TRUE(t_1,p)$ 表示命题 p 在时刻 t_1 为真；

$TRUE(\langle t_1,t_2\rangle,p)$ 表示命题 p 在时间区间 $\langle t_1,t_2\rangle$ 为真.

例如，"校门在早 7:30 开"，可描述为：$TRUE(7:30,p)$，其中 p 表示命题"校门开".

(1) 时态逼近关系

假定 p_1,p_2 为命题；t_1,t_2,t_3,t_4 为时间点；$\langle t_1,t_2\rangle,\langle t_3,t_4\rangle$ 为时间区间. 当无不确定性时态关系时，公式 $TRUE(t_1,p_1)$，$TRUE(\langle t_1,t_2\rangle,p_2)$，$t_1\langle t_2,t_1\rangle=t_2$，$\langle t_1,t_2\rangle bf\langle t_3,t_4\rangle$（$\langle t_1,t_2\rangle$ 在 $\langle t_3,t_4$ 之前））等的真值或为 0，或为 1. 但当存在不确定性时态关系时，情况就不同了. 例如：

p_1："某农作物在 t_1（或 $\langle t_1,t_2\rangle$）收获最好"，收获时间早于 t_1 或迟于 t_1，对收成都不利.

p_2："某患者在 t_3（或 $\langle t_3,t_4\rangle$）进行手术效果最好"，过早进行手术，或过迟进行手术皆影响手术效果.

那么，p_1,p_2 分别在任意时间 t 和任意时间区间 $\langle t'_1,t'_2\rangle$ 为真的程度应如何描述，即 $TRUE(t,p_1)$，$TRUE(\langle t'_1,t'_2\rangle,p_2)$ 的真值应如何计算？为刻画这种时态关系，我们引入了时态逼近概念.

定义 1. 有命题 p 在时间 t_1（或时间区间 $\langle t_1,t_2\rangle$）为真，在任一非 t_1 时间 t（或非 $\langle t_1,t_2\rangle$ 时间区间 $\langle t'_1,t'_2\rangle$）并非都一定为假（都一定为假仅仅是一特例）. 当 t 愈接近 t_1（或 $\langle t'_1,t'_2\rangle$ 愈接近 $\langle t_1,t_2\rangle$），p 为真的程度亦越大，则称 t 与 t_1（或 $\langle t'_1,t'_2\rangle$ 与 $\langle t_1,t_2\rangle$，或…）之间为时态逼近关系，记为 $(app,fapp)^*$. 其中 app（$approach$ 的缩写）为关系名，$fapp$ 为一函数，它度量了 t 与 t_1（或 $\langle t'_1,t'_2\rangle$ 与 $\langle t_1,t_2\rangle$，或 t 与 $\langle t_1,t_2\rangle$，或 $\langle t'_1,t'_2\rangle$ 与 t_1）之间距离的变化对命题 p 为真的影响程度. $(app,fapp)$ 分为如下 4 类：

- $(app_{PP},fapp_{PP})$，时间点逼近时间点；
- $(app_{PI},fapp_{PI})$，时间点逼近时间区间；

* app_{PP}，app_{PI}、app_{IP}，app_{II} 的总称是 app；$fapp_{PP}$，$fapp_{PI}$，$fapp_{IP}$，$fapp_{II}$ 的总称是 $fapp$.

• $(app_{IP}, fapp_{IP})$,时间区间逼近时间点;

• $(app_{II}, fapp_{II})$,时间区间逼近时间区间.

时间引起的不精确性分为两类:不确定性和模糊性.不确定性指命题为真的信度(既把握程度,命题本身是确定的,可能为真,也可能为假),模糊性指命题为真的程度(命题本身是模糊的).$fapp$ 的取值可为两者之一,视具体问题而定.本文中,我们以不确定性为例,讨论不确定性时态关系.

(2) 时态关系的分类

假定 $p_1, p_2 \in P$ 为抽象命题,D 为时间点集,W 为时间区间集,$W=D\times D$,R 为时态关系集,$R: D\times D \vee D\times W \vee W\times D \vee W\times W \rightarrow [0,1]$

命题 p_1 与 p_2 间的时态关系可分为如下 3 类:

〈1〉时间点——时间点的时态关系

对公式 $TRUE(t_1, p_1)$, $TRUE(t_2, p_2)$,命题 p_1 与 p_2 间可能存在的时态关系如下:

① $t_1<t_2$; ② $t_1=t_2$; ③ $t_2<t_1$; ④ $t_1(app_{PP}, fapp_{PP})t_2$; ⑤ $t_2(app_{PP}, fapp_{PP})t_1$

其中 $t_1, t_2 \in D$,为时间点;$<$, $=$, $(app_{PP}, fapp_{PP})$ 都是 D 上的二元关系;$fapp_{PP}$ 依据具体情况进行定义.

〈2〉时间点——时间区间的时态关系

假定公式:$TRUE(t_1, p_1)$, $TRUE(\langle t_2, t_3\rangle, p_2)$,命题 p_1 与 p_2 可能存在的时态关系如下:

① $t_1\ bf\ \langle t_2, t_3\rangle\ (\Leftrightarrow t_1<t_2)$

② $t_1\ af\ \langle t_2, t_3\rangle\ (\Leftrightarrow t_3<t_1)$

③ $t_1\ in\ \langle t_2, t_3\rangle\ (\Leftrightarrow t_2\leqslant t_1 \wedge t_1\leqslant t_3)$

④ $t_1\ st\ \langle t_2, t_3\rangle\ (\Leftrightarrow t_1=t_2)$

⑤ $t_1\ end\ \langle t_2, t_3\rangle\ (\Leftrightarrow t_1=t_3)$

⑥ $t_1(app_{PI}, fapp_{PI})\ \langle t_2, t_3\rangle$

⑦ $\langle t_2, t_3\rangle\ (app_{IP}, fapp_{IP})\ t_1$

①～⑦式中,$t_1, t_2, t_3 \in D$, $\langle t_2, t_3\rangle \in W$, $(app_{PI}, fapp_{PI})$是时态逼近关系.

〈3〉时态区间——时态区间的时态关系

假定公式:$TRUE(\langle t_1, t_2\rangle, p_1)$, $TRUE(\langle t_3, t_4\rangle), p_2)$,命题 p_1 与 p_2 可能存在的时态关系如下:

① $\langle t_1, t_2\rangle\ bf\ \langle t_3, t_4\rangle\ (\Leftrightarrow t_2<t_3)$

② $\langle t_1, t_2\rangle\ eq\ \langle t_3, t_4\rangle\ (\Leftrightarrow t_3=t_1 \wedge t_2=t_4)$

③ $\langle t_1, t_2\rangle\ in\ \langle t_3, t_4\rangle\ (\Leftrightarrow t_1\geqslant t_3 \wedge t_2\leqslant t_4)$

④ $\langle t_1, t_2\rangle\ st\ \langle t_3, t_4\rangle\ (\Leftrightarrow t_1=t_3)$

⑤ $\langle t_1, t_2\rangle\ end\ \langle t_3, t_4\rangle\ (\Leftrightarrow t_2=t_4)$

⑥ $\langle t_1, t_2\rangle\ mt\ \langle t_3, t_4\rangle\ (\Leftrightarrow t_2=t_3)$

⑦ $\langle t_1, t_2\rangle\ (app_{II}, fapp_{II})\ \langle t_3, t_4\rangle$

在以上 3 种情况中,我们引入了$(app, fapp)$时态逼近关系,描述了时间点逼近时间点,时间点逼近时间区间,时间区间逼近时间点和时间区间逼近时间区间等情况.较好地描述了不确定性时态关系.

2 能描述不确定性时态关系的时态逻辑

在 Shoham 的时态逻辑的基础上,针对命题和一阶谓词两种情况,我们引入了(app,$fapp$)关系,从语法和语义上,对命题情况和一阶情况时态逻辑做了扩充和改进.

(一)命题情况

1. 语法

给定 P:原子命题集;T:时间点集;V:时态变量集;$D=T\times T$:时间区间集;$TV=T\cup V$:"$<$","$=$":(app,$fapp$),是时态关系.命题时态逻辑的合式公式(wff)定义如下:

(1) 若 $tv_1\in TV$,$tv_2\in TV$,则 $tv_1=tv_2$,$tv_1<tv_2$,$tv_1(app,fapp)tv_2$ 是 wff;

(2) 若 $tv_1,tv_2,tv_3,tv_4\in TV$,则 $tv_1(app,fapp)\langle tv_3,tv_4\rangle$,$\langle tv_3,tv_4\rangle(app,fapp)tv_1$,$\langle tv_1,tv_2\rangle(app,fapp)\langle tv_3,tv_4\rangle$是 wff;

(3) 若 $tv_1\in TV$,$tv_2\in TV$,$a\in P$,则 $TRUE(tv_1,a)$,$TRUE(tv_1,tv_2,a)$是 wff;

(4) 若 φ_1,φ_2 是 wff,则 $\varphi_1\wedge\varphi_2$,$\sim\varphi_1$是 wff;

(5) 若 φ是 wff,$v\in V$,则$\forall v\varphi$是 wff.

2. 语义

语义由解释和赋值构成.解释为一六元组$\langle W,<,(app,fapp),=,Fapp,M\rangle$,其中 W 为非空时间点集;$=$,$<$,$(app,fapp)$是时态关系;$M=\langle M_1,M_2,M_3\rangle$;$Fapp$ 是所有 $fapp$ 函数集(即 $fapp$ 的定义域).

$M_1:T\rightarrow W$, $M_2:P\rightarrow 2^{W\times W}\cup 2^W$, $M_3:fapp\rightarrow Fapp$.

在下述归纳定义的条件下,一个解释 S 和变量赋值函数 $VA:V\rightarrow W$ 满足一个 $wff\varphi$(记成 $S\models\varphi[VA]$).其中:若 $tv\in TV$,则 $VAL(tv)=M_1(tv)$;若 $tv\in V$,则 $VAL(tv)=VA(tv)$.

$S\models(tv_1=tv_2)[VA]\Leftrightarrow VAL(tv_1)=VAL(tv_2)$

$S\models(tv_1<tv_2)[VA]\Leftrightarrow VAL(tv_1)<VAL(tv_2)$

$S\models(tv_1(app_{PP},fapp_{PP})tv_2)[VA]\Leftrightarrow VAL(tv_1)(app_{PP},M_3(fapp_{PP}))VAL(tv_2)$

$S\models(tv_1(app_{PI},fapp_{PI})\langle tv_3,tv_4\rangle)[VA]\Leftrightarrow VAL(tv_1)(app_{PI},M_3(fapp_{PI}))\langle VAL(tv_3),VAL(tv_4)\rangle$

$S\models(\langle tv_1,tv_2\rangle(app_{II},fapp_{II})\langle tv_3,tv_4\rangle)[VA]\Leftrightarrow\langle VAL(tv_1),VAL(tv_2)\rangle(app_{II},M_3(fapp_{II}))\langle VAL(tv_3),VAL(tv_4)\rangle$

$S\models TRUE(tv,p)[VA]\Leftrightarrow VAL(tv)\in M_2(p)$

$S\models TRUE(\langle tv_1,tv_2\rangle,p)[VA]\Leftrightarrow\langle VAL(tv_1),VAL(tv_2)\rangle\in M_2'(p)$

$S\models(\varphi_1\wedge\varphi_2)[VA]\Leftrightarrow S\models\varphi_1[VA]\wedge S\models\varphi_2[VA]$

$S\models\sim\varphi[VA]\Leftrightarrow S\not\models\varphi[VA]$

$S\models(\forall v)\varphi[VA]\Leftrightarrow S\models\varphi[VA']$,对所有 VA',VA'与 VA 除在变量 v 上可能不同外,其它所有变量赋值完全相同.

3. 公式求值函数

若不存在不确定性时态关系,给出公式语义解释后,公式真值很容易得出.当存在不确定性时态关系时,公式的真值不再是{0,1}元素之一,而是在区间[0,1]上取值.一个处理不

确定性时态关系的公式求值函数定义如下：

$F:\varphi\to[0,1]$，φ是经过语义解释后的公式，0 表示否定（或假），1 表示真，$Ce(\varphi)$表示对φ一无所知，$Ce(\varphi)$为单位元（见文献[4－6]）．F 定义如下：

$$F(T_1=T_2)=\begin{cases}1 & \text{若 } T_1=T_2,\\ 0 & \text{否则};\end{cases} \tag{1}$$

$$F(T_1<T_2)=\begin{cases}1 & \text{若 } T_1<T_2,\\ 0 & \text{否则};\end{cases} \tag{2}$$

$$F(T_1(app_{PP},M_3(fapp_{PP}))T_2)=\begin{cases}1 & \text{若 } T_1=T_2\\ M_3(fapp_{PP})(T_1,T_2) & \text{否则};\end{cases} \tag{3}$$

$$F(T_1(app_{PI},M_3(fapp_{PI}))\langle T_2,T_3\rangle)=\begin{cases}1 & \text{若 } T_1\leqslant T_3 \text{ 且 } T_2\leqslant T_1,\\ M_3(fapp_{PI})(T_1,T_2,T_3) & \text{否则};\end{cases} \tag{4}$$

$$F(\langle T_1,T_2\rangle(app_{IP},M_3(fapp_{IP}))T_3)=\begin{cases}1 & \text{若 } T_1\leqslant T_3 \text{ 且 } T_3\leqslant T_2,\\ M_3(fapp_{IP})(T_1,T_2,T_3) & \text{否则};\end{cases} \tag{5}$$

$$F(\langle T_1,T_2\rangle(app_{II},M_3(fapp_{II}))\langle T_3,T_4\rangle)=$$
$$\begin{cases}1 & \text{若 } T_1\geqslant T_3 \text{ 且 } T_1<T_4 \text{ 或 } T_2\leqslant T_4 \text{ 且 } T_2>T_3,\\ M_3(fapp_{II})(T_1,T_2,T_3,T_4) & \text{否则};\end{cases} \tag{6}$$

$$F(T\in M_2(p))=\begin{cases}1 & \text{若 } T\in M_2(p),\\ 0 & \text{否则};\end{cases} \tag{7}$$

$$F(\langle T_1,T_2\rangle\in M_2(p))=\begin{cases}1 & \text{若}\langle T_1,T_2\rangle\in M_2(p),\\ 0 & \text{否则};\end{cases} \tag{8}$$

$$F(\sim\varphi)=\begin{cases}Ce(\varphi)-\dfrac{F(\varphi)-Ce(\varphi)}{1-Ce(\varphi)}\cdot Ce(\varphi) & \text{当 } F(\varphi)\geqslant Ce(\varphi)\\ Ce(\varphi)+\dfrac{Ce(\varphi)-F(\varphi)}{Ce(\varphi)}\cdot(1-Ce(\varphi)) & \text{当 } F(\varphi)<Ce(\varphi)\end{cases} \tag{9}$$

$F(\varphi_1\wedge\varphi_2)$，$F(\varphi_1\vee\varphi_2)$ 和 $F(\varphi_1\to\varphi_2)$ 的计算略．

（二）一阶情形

1．语法

给定 TC：时间点符号集合；$D=TC\times TC$：时间区间集合；TV：时态变量集合；V：与 TV 不相交的变量集合；TF：时态函数符号集合；F：与 TF 不相交的函数集合；$Fapp$：描述时态逼近程度的函数符号集合；R：关系符号集合．

- 时态项归纳定义如下：

（1）所有 TC 集合的元素；

（2）所有 TV 集合的元素；

（3）若 $t_1,t_2,\cdots,t_n$ 是时态项，且 $f\in TF$ 是 n 元函数符号，则 $f(t_1,t_2,\cdots,t_n)$是时态项．

- 非时态项的定义与时态项的定义类似．
- 合式公式（$wffs$）定义如下：

（1）若 t_1,t_2 是时态项，则 $t_1=t_2$ 是 wff；

（2）若 t_1,t_2 是时态项，则 $t_1<t_2$ 是 wff；

（3）若 t_1,t_2 是时态项，则 $t_1(app_{PP},fapp_{PP})t_2$ 是 wff；

（4）若 t_1,t_2,t_3 是时态项，则 $t_1(app_{PI},fapp_{PI})\langle t_2,t_3\rangle$是 wff；

(5) 若 t_1,t_2,t_3 是时态项，则 $\langle t_1,t_2\rangle(app_{IP},fapp_{IP})t_3$ 是 wff；

(6) 若 t_1,t_2,t_3,t_4 是时态项，则 $\langle t_1,t_2\rangle(app_{II},fapp_{II})\langle t_3,t_4\rangle$ 是 wff；

(7) 若 t_a,t_b 是时态项，$t_1,t_2,\cdots,t_n$ 是非时态项，$r\in R$ 是 n 元关系符，则

$TRUE(\langle t_a,t_b\rangle,r(t_1,t_2,\cdots,t_n))$ 是 wff；

$TRUE(t_a,r(t_1,t_2,\cdots,t_n))$ 是 wff；

(8) 若 Φ_1,Φ_2 是 wff，则 $\Phi_1\wedge\Phi_2,\sim\Phi_1$ 是 $wffs$；

(9) 若 Φ 是 wff，且 $z\in TV\cup V$ 是变量，则 $\forall z\Phi$ 是 wff.

2. 语义

· 解释为一个元组：

$$\Psi=\langle TW,<,=,(app,fapp),W,TFN,FN,Fappf,RL,M\rangle,$$

其中 TW 是非空时间点论域；$<,=,(app,fapp)$ 是时态关系；W 是非空个体域，它与 TW 不相交；TFN 是 $\bigcup_k(TW^k\rightarrow TW)$ 上所有函数的集合 $(k\geqslant1)$；FN 是 $\bigcup_k(W^k\rightarrow W)$ 上所有函数的集合 $k\geqslant1)$；$Fappf\bigcup_k(TW^k\rightarrow[0,1])$ 上所有函数的集合 $(k\geqslant1)$；RL 是 W 上关系的集合；$M=\langle M_1,M_2,M_3,M_4,M_5,M_6\rangle$，如下：

M_1: $TC\rightarrow TW$

M_2: $C\rightarrow W$

M_3: $TF\rightarrow TFN$

M_4: $(TW\times TW\times F\rightarrow FN)\cup(TW\times F\rightarrow FN)$

M_5: $(TW\times TW\times R\rightarrow RL)\cup(TW\times R\rightarrow RL)$

M_6: $Fapp\rightarrow Fappf$

· 变量赋值为如下函数：

$VA=\langle VAT,VAV\rangle$

VAT: $VT\rightarrow TW$

VAV: $V\rightarrow W$

M 和 VA 合并，可得出一个依赖时间的关于任意项的函数 MVA 如下：

* 对任意时态项 x

① 若 $x\in CT$，则 $MVA(x)=M_1(x)$；

② 若 $x=f(t_1,t_2,\cdots,t_n)$，且 $x\in TF$，则

$MVA(x)=M_3(f)(MVA(t_1),MVA(t_2),\cdots,MVA(t_n))$

* 对任意非时态项 x

① 若 $x\in V$，则有 $MVA(x)=VAV(x)$；

② 若 $x\in C$，则对任意时态项 $w_1,w_2\in TW$，有

$MVA(w_1,x)=M_2(x)$

$MVA(w_1,w_2,x)=M_2(x)$

③ 若 $x=f(t_1,t_2,\cdots,t_n)$，且 $x\in F$，则对任意时态项 $w_1,w_2\in TW$，有：

$MVA(w_1,x))=M_4(w_1,f)(MVA(w_1,t_1),MVA(w_1,t_2),\cdots,MVA(w_1,t_n))$

$MVA(w_1,w_2,x)=M_4(w_1,f)(MVA(w_1,w_2,t_1),MVA(w_1,w_2,t_2),\cdots,$
$MVA(w_1,w_2,t_n))$

· 在如下归纳定义的条件下,解释 Ψ 和变量赋值 VA 满足 $wff\ \Phi$:

$\Psi \models t_1 = t_2[VA] \Leftrightarrow MVA(t_1) = MVA(t_2)$

$\Psi \models t_1 < t_2[VA] \Leftrightarrow MVA(t_1) < MVA(t_2)$

$\Psi \models t_1(app_{PP}, fapp_{PP})t_2[VA] \Leftrightarrow MVA(t_1)(app_{PP}, M_6(fapp_{PP}))MVA(t_2)$

$\Psi \models t_1(app_{PI}, fapp_{PI})\langle t_2, t_3\rangle[VA] \Leftrightarrow MVA(t_1)(app_{PI}, M_6(fapp_{PI}))\langle MVA(t_2), MVA(t_3)\rangle$

$\Psi \models \langle t_1, t_2\rangle(app_{IP}, fapp_{IP})t_3[VA] \Leftrightarrow \langle MVA(t_1), MVA(t_2)\rangle(app_{IP}, M_6(fapp_{IP}))MVA(t_3)$

$\Psi \models \langle t_1, t_2\rangle(app_{IP}, fapp_{IP})\langle t_3, t_4\rangle[VA] \Leftrightarrow \langle MVA(t_1), MVA(t_2)\rangle(app_{II}, M_6(fapp_{II}))\langle MVA(t_3), MVA(t_4)\rangle$

$\Psi \models TRUE(t_a, r(t_1, t_2, \cdots, t_n))[VA] \Leftrightarrow \langle MVA(MVA(t_a), t_1)), \cdots, MVA(MVA(t_a), t_n))\rangle \in M_5(MVA(t_a), r)$

$\Psi \models TRUE(t_a, t_b, r(t_1, t_2, \cdots, t_n))[VA] \Leftrightarrow \langle MVA(MVA(t_a), MVA(t_b), t_1)), \cdots, MVA(MVA(t_a), MVA(t_b), t_n))\rangle \in M_5(MVA(t_a), MVA(t_b), r)$

$\Psi \models (\Phi_1 \wedge \Phi_2)[VA] \Leftrightarrow \Psi \models \Phi_1[VA]$ 且 $\Psi \models \Phi_2[VA]$

$\Psi \models (\forall\ z\Phi)[VA] \Leftrightarrow \Psi \models \Phi[VA']$,对所有的 VA'(VA'除在变量 z 可能不同外,其它变量赋值与 VA 完全一致)成立.

· 解释 Ψ 是 $wff\ \Phi$ 的模型(记为 $\Psi \models \Phi$),若对所有的变量赋值 VA,都有 $\Psi \models \Phi$;句子(*sentence*)是不含自由变量的公式;公式是可满足的,若它有模型;公式是有效的,若它的非是不可满足的.

3　命题时态性质

我们在第 2 节中给出了能够描述不确定性时态关系的时态逻辑.但对命题的时态性质,命题的类型还不清楚,因此在本节我们将讨论这一问题.

定义 1. 均质性(向下传递性),命题类型 x,它在时间区间$\langle t_1, t_2\rangle$上成立的信度值为 C_0,则它在时间区间$\langle t_1, t_2\rangle$的所有子区间上成立的信度值均为 C_0,简记为 $\downarrow_x^A$,

$\downarrow_x^A \Leftrightarrow \forall\ t_1, t_2, t_3, t_4, t_1 \leqslant t_2$ 且 $t_3 \leqslant t_4$ 且 $t_1 \leqslant t_3$ 且 $t_4 \leqslant t_2$ 且

$F(TRUE(t_1, t_2, x)) = C_0 \supset F(TRUE(t_3, t_4, x)) = C_0$

定义 2. 向上传递(记为 $\uparrow_x^A$),命题类型 x 在时间区间$\langle t_1, t_2\rangle$的任何子区间上的信度值均为 C_0,则在时间区间$\langle t_1, t_2\rangle$上的信度值也为 C_0.

$\uparrow_x^A \Leftrightarrow \forall\ t_1, t_2\quad t_1 < t_2$ 且($\forall\ t_3, t_4\quad t_1 \leqslant t_3 \leqslant t_4 \leqslant t_2$ 且($t_1 \neq t_3$ 或 $t_2 \neq t_4$)且

$F(TRUE(t_3, t_4, x)) = C_0) \supset F(TRUE(t_1, t_2, x)) = C_0$

定义 3. 点单调性,命题类型 x,在时间区间$\langle t_1, t_2\rangle$区间上各点的信度值满足递增或递减.

定义 4. 命题类型 x 是点向下传递,记为 $\downarrow_x^P$,若($\forall\ t_1, t_2$) $t_1 < t_2$($\forall\ t_3, t_4$, $t_1 \leqslant t_3 \leqslant t_2 \wedge t_1 \leqslant t_4 \leqslant t_2 \wedge F(TRUE(t_1, t_2, x)) = C_0 \cup F(TRUE(t_3, x)) = F(TRUE(t_4, x)) = C_0$.

定义 5. 点向上传递,若命题类型 x,在$\forall\ t \in [t_1, t_2]$上有 $c(x) = C_0$,则命题类型 x 在$\langle t_1,$

$t_2\rangle$区间上有：$c(x)=C_0$，点向上传递记为$\uparrow_x^P$.

$\uparrow_x^P \Leftrightarrow (\forall\ t_1,t_2),t_1\leqslant t_2((\forall\ t)\ t\leqslant t_2 \wedge t_1\leqslant t \wedge F(TRUE(t,x))=C_0)\supset F(TRUE(t_1,t_2,x))=C_0$.

定义 6. 区间向下传递，简记为$\downarrow_x^I$，若命题类型x在时间区间$\langle t_1,t_2\rangle$上的信度值为C_0，则它在所有时间区间$\langle t_1,t_2\rangle$的非点子区间上的信度值均为C_0.

定义 7. 区间向上传递，记为$\uparrow_x^I$，若命题类型x在时间区间$\langle t_1,t_2\rangle$的所有非点子区间上的信度值均为C_0，则它在时间区间$\langle t_1,t_2\rangle$上的信度值也为C_0.

定理 1. 任意命题类型x，$\downarrow_x^A\supset\downarrow_x^I$，$\downarrow_x^A\supset\downarrow_x^P$.

定义 8. 命题类型x称为流体，若x既是向上传递的，也是向下传递的，记为$\updownarrow_x$.

定理 2. 对任意命题类型x，有：$\updownarrow_x\supset\downarrow_x^A$，$\updownarrow_x\supset\downarrow_x^I$，$\updownarrow_x\supset\downarrow_x^P$，$\updownarrow_x\supset\uparrow_x^A$.

定义 9. 命题类型x称为可粘合的，若x在时间区间$\langle t_1,t_2\rangle$，$\langle t_3,t_4\rangle$上信度值均为C_0，且$t_2=t_3$，则有x在时间区间$\langle t_1,t_4\rangle$上的信度值为C_0.

性质 1. 若命题类型x在时间区间$\langle t_1,t_2\rangle$，$\langle t_3,t_4\rangle$上是流体并且$t_2=t_3$，则有x在时间区间$\langle t_1,t_4\rangle$上为流体：$(\forall\ x\in P)\ \updownarrow_x(\langle t_1,t_2\rangle)\wedge\updownarrow_x(\langle t_3,t_4\rangle\wedge t_2=t_3)\supset\updownarrow_x(\langle t_1,t_4\rangle)$，其中$\updownarrow_x(\langle t_1,t_2\rangle)$表示$x$在$\langle t_1,t_2\rangle$上为流体.

定义 10. 命题类型x称为格式塔类型，记为$gestalt(x)$，若$(\forall\ t_1,t_2)\ t_1<t_2(\forall\ t_3,t_4,t_5,t_6)\ t_3<t_4\wedge t_5<t_6\wedge t_1\leqslant t_3<t_4\leqslant t_2\wedge(t_1\neq t_3\vee t_2\neq t_4)\wedge t_5\leqslant t_1<t_2\leqslant t_6\wedge(t_1\neq t_5\vee t_2\neq t_6)\wedge F(TRUE(t_1,t_2,x))=C_0\supset F(TRUE(t_3,t_4,x))=0\wedge F(TRUE(t_5,t_6,x))=0$.

定理 3. 对于任意命题类型x，有$\updownarrow_x(t_1,t_2)\supset\sim gestalt(x)$；$\downarrow_x(t_1,t_2)\supset\sim gestalt(x)$；$\uparrow_x(t_1,t_2)\cup\sim gestalt(x)$.

定义 11. 命题类型x称为是固体的，记为$solid(x)$，若：$(\forall\ t_1,t_2,t_3,t_4)\ t_1<t_2\wedge t_3<t_4\wedge t_1<t_3\wedge t_2>t_3\wedge t_2<t_4\wedge F(TRUE(t_1,t_2,x))=C_0\wedge C_0>0\supset F(TRUE(t_3,t_4,x))=0$.

以上，我们给出了区分命题类型的时态性质. 有了这些性质，我们可以根据实际情况对命题做多种分类.

4　结　论

本文在Shoham的时态逻辑基础上，引入了时态逼近关系，对命题情况做了扩充，对命题的时态性质做了讨论. 本文进一步工作将围绕不确定性时态关系的推理算法开展研究.

参考文献

1　Allen J F. Towards a general theory of action and time. Artificial Intelligence, 1984, **23**.

2　McDermott D. A temporal logic for reasoning about process and plans. Cognitive Sci., 1982, **6**: 101～155.

3　Shoham Y. Temporal logic in AI: semantical and ontological considerations. Artificial Intelligence, 1987, **33**: 89～104.

4　刘大有，钟绍春等. 具有两级不确定性的推理模型. 软件学报，1993，**4(3)**：45～52.

5　Zhang Chengqi. Cooperation under uncertainty in distributed expert systems. Artificial Intelligence, 1992, **56**: 21～69.

6　张成奇. 专家系统中不精确推理单位元研究. 计算机研究与发展，1991，**28(1)**：50～55.

TEMPORAL APPROACHING RELATIONS AND THE DEVELOPING OF TEMPORAL LOGIC

Zhong Shaochun　Liu Dayou

(*Department of Computer Science　Jilin University　Changchun*　130023)

Abstract　In this paper, the authors propose a temporal approaching relation and give a sort of temporal relations of propositions, based on Shoham's temporal logic, they propose a temporal logic which can describe uncertainty relation and is based on time－point and time－interval in proposition and first order case. Finally, they give some properties of temporal proposition under uncertainty relations.

Key words　Uncertainty temporal relation, temporal property of proposition, temporal logic.

本刊从1995年开始已在各期陆续刊登等待发表的文章题目和作者姓名，这些文章均是经我刊严格审查并通过的。因本刊每期登载文章量有限，在1996年本刊将继续提前把这些文章题目刊登出来，以飨读者。

文章题目：重叠规则与歧义性
作　　者：陆朝俊　孙永强　林凯

文章题目：SIMC：一种基于C扩展的SIMD的并行程序设计语言
作　　者：景晓军　方滨兴

文章题目：时态多媒体数据的生长过程及其处理算法
作　　者：唐常杰　杨文川　罗运江

文章题目：证据函数的限定化关系
作　　者：刘大有　李岳峰　唐海鹰

文章题目：一种面向对象的多媒体概念模型
作　　者：张霞　刘积仁　李华天

文章题目：多重循环的软件流水技术
作　　者：王雷　钱江　汤志忠

文章题目：逻辑框架的语法、语用及语义
作　　者：傅玉熙　宋哲炫　孙永强

文章题目：迭代函数及其可计算性
作　　者：阎志欣　黄盛萍

文章题目：带迭代算子的函数型程序设计
作　　者：阎志欣

文章题目：面向对象数据库的推理查询语言
作　　者：张成洪　施伯乐　胡运发

文章题目：一种吸引分岔知识网模型及其应用实例
作　　者：周昌乐

文章题目：无存储器冲突的并行快速排序算法
作　　者：管丽

文章题目：新一代几何造型系统数据结构的研究与实践
作　　者：陈玉健　杨长贵　田绿竹　孙家广

文章题目："云室效应"算法求解仓储系统的任务分配
作　　者：陈方泽　张钹

文章题目：彩色地图图象的聚色算法研究
作　　者：冯玉才　宋恩民

文章题目：GZSMS系统中基于Client/Server计算的系统控制机的设计与实现
作　　者：姚卿达　朱福民

文章题目：LNDBMS：一个高效的面向数据采集的数据库管理系统
作　　者：姚卿达　肖永桥　陈晓蘅

文章题目：并行FFT算法在三种计算模型上的设计和分析
作　　者：陈国良　李晓峰　黄伟民

文章题目：分类决策策略的自动获取
作　　者：王建伟　石纯一　王克宏

文章题目：流水——减少MPP系统广播延迟的有效方法
作　　者：刘宏伟　李晓明　崔光佑

文章题目：基于极大极小准则的Hopfield联想记忆学习算法
作　　者：梁学斌　吴立德

文章题目：反应块及其在类比推理中的应用
作　　者：李　红　徐立本　张世伟