

文章编号:1001-9081(2007)03-0642-04

基于相似度和议题动态特性的协商策略

王黎明,牛东升

(郑州大学 信息工程学院,河南 郑州 450052)

(ndsh123@163.com)

摘要:针对现有协商策略机制在处理动态议题方面的不足,提出了一种新的提议生成策略机制。一方面,该机制通过对现有机制的重新整合简化了 META 策略的设计;另一方面,对新机制中引入的折中算法进行改进,使之有效适应了协商过程中的议题动态变化。实验表明,该策略机制在议题动态变化时既保证了协商成功时间,又保证了协商双方联合效用,在议题动态性方面表现了良好的适应能力。

关键词:协商;多 Agent 系统;多议题协商;策略机制;折中算法

中图分类号: TP301.6; TP182 **文献标识码:** A

Negotiation strategy based on similarity and issue dynamic property

WANG Li-ming, NIU Dong-sheng

(Information Engineering College, Zhengzhou University, Zhengzhou Henan 450052, China)

Abstract: To solve the problems of the existing proposal generating strategy mechanism in dynamic issues area, a new strategy mechanism was presented. In the strategy mechanism, the design of the META strategy was simplified by a new integration of existing strategy mechanism; and the existing trade-off algorithm was improved to be adapted to the issue dynamic changes in negotiation effectively. The experiments show that, facing issue dynamics problems, the proposed strategy mechanism guarantees the negotiation time as well as the joint gain, so it shows an excellent adaptability to issue dynamics in negotiation.

Key words: negotiation; multi-Agent system; multi-issue negotiation; strategy mechanism; trade-off algorithm

0 引言

双边系统的协商策略机制是目前 MAS (Multi-Agent System) 研究的重要方向。协商策略^[1]研究关注的一个重要方面,就是协商中的动态因素、不确定因素等,包括基于博弈论^[2]、基于启发式方法^[3]和基于争论^[4]的研究。

在基于启发式方法的研究中,针对议题动态性, Jennings 等^[5]指出,由于议题的动态变化导致协商问题空间的改变,在协商中允许议题动态变化给提议生成策略机制的设计带来了很大难度。为了解决这个问题, Faratin 等^[6,7]将议题集合操作机制 (Issue Set Manipulation Mechanism) 引入到提议生成策略机制中,并提出了一种建立在 META 策略上的折中机制,从而在协商过程中允许议题动态变化。

在协商中允许议题动态变化具有重要的现实意义。例如, Agent 可以通过对议题集合的改变而改变协商问题空间,从而从社会效益函数的局部最小搜索中跳出^[6];另外, Agent 可以通过对陷入僵局的协商附加新的议题而挽救协商,现实中比较常见的例子是商家通过赠送小礼品而挽救濒临失败的协商。本文研究双边多议题协商中,协商双方在信知不完全、协商时间有限的前提下,如何设计协商协议和策略机制,使得在协商过程中议题动态变化时,既保证 Agent 的联合效用不降低,又保证协商时间不延长。为此,本文首先提出了一个通用的双边多议题协商模型 (Bilateral Multi-Issue Negotiation Model, BLMINM),在该模型中给出了一个在议题动态变化时

无需重启协商的协商协议 (General Protocol, GP),然后基于多属性效用理论^[8]提出了一个新的双边多议题协商提议生成策略机制 (Proposal Generating Strategy Mechanism, PGSM),并利用协商各议题效用相关性对机制中引入的基于相似度^[9]的折中算法^[6,7]在议题动态性方面进行了有效改进。最后,结合具体的实验说明了该机制及其折中算法对议题动态变化的良好适应能力。

1 协商模型

一个好的协商模型应具有如下特性:1)能够有效地描述协商问题;2)能够支持学习;3)能够描述协商的动态特性;4)能够为 Agent 提供灵活的、可选择的协商协议;5)协商过程中所需要的计算资源是有限的。基于以上设计思想和目标,本文定义了双边多议题协商模型 BLMINM。该模型支持多种形式的协商、支持协商中的议题动态变化、支持协商过程中的学习。BLMINM 定义为:

$BLMINM = \langle G, T, J, V, P, PGSM, Protocol \rangle$

G 是参与协商的 Agent 集合。本文研究双边多议题协商,故 $G = \{a_1, a_2\}$ 。

T 是以顺序排列的自然数表示的协商回合,每一回合双方交换一次协商提议,即 $T = \{0, 1, 2, \dots, k\}$ 。 J 是协商问题, $J = \langle J_1, J_2, \dots, J_n \rangle$, 即 n 个协商议题的集合。在多议题协商中, Agent 在协商之初确定了协商问题,将问题 J 分为两部分 J_{core} 和 J_{-core} , 其中 J_{core} 是不允许变更的议题集合, J_{-core}

收稿日期:2006-09-20;修订日期:2006-11-27

作者简介:王黎明(1963-),男,河南浚县人,副教授,博士,主要研究方向:分布式人工智能、数据挖掘;牛东升(1983-),男,河南南阳人,硕士研究生,主要研究方向:分布式人工智能、数据挖掘。

是允许变更的议题集合,本文所研究的议题动态性,正是就 J_{core} 中的议题而言。时刻 t 的协商问题是 J^t , $J^t = J_{core} \cup J_c$, 其中 $J_c \subset J_{core}$ 。

V 是协商议题向量。 $\forall a_i \in G, \forall t \in T, 0 \leq t \leq k, V_{a_i}(t, J^t) = \langle v_{a_i}(t, J_1), v_{a_i}(t, J_2), \dots, v_{a_i}(t, J_n) \rangle$ 表示 a_i 在时刻 t 提出的提议的议题向量,其中, $v_{a_i}(t, J_m)$ 表示议题 J_m 上的取值。另外,本文用 $V_{a_i}^{res}$ 表示 a_i 的议题向量保留值, $V_{a_i}^{res}(J_m)$ 表示 $V_{a_i}^{res}$ 在议题 J_m 上的取值。

P 是协商提议。 $\forall a_i \in G, \forall t \in T, 0 \leq t \leq k, a_i$ 在时刻 t 的提议为:

$$P_{a_i}(t) \in V_{a_i}(t, J^t) \cup \text{newset}_{a_i}(t) \cup \{\text{accept}, \text{withdraw}, \text{quit}\}$$

其中, $\text{newset}_{a_i}(t)$ 表示 a_i 在时刻 t 的议题集合变更提议, accept 表示接受当前对方提议值; withdraw 表示拒绝当前对方提议,可能导致协商线程重新开始; quit 表示退出协商。

PGSM 是协商提议生成策略机制。本文提出的 PGSM 分为两层,上层是 META 策略,下层是 PG (Proposal Generating) 机制和 ISMM。PG 机制用来生成 $V_{a_i}(t, J^t)$, ISMM 用来生成 $\text{newset}_{a_i}(t)$, META 策略用来生成 $P_{a_i}(t)$ 。

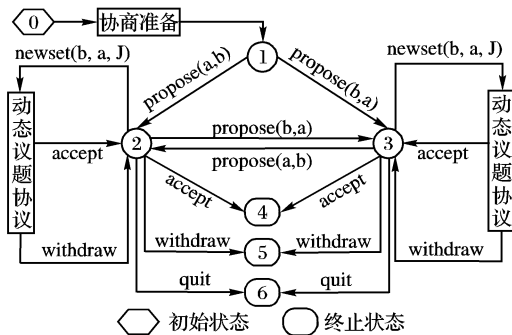


图1 经典合同网协议的扩展协议 GP

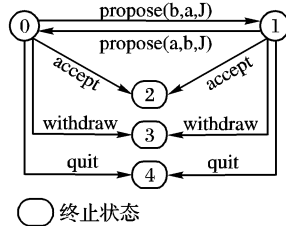


图2 动态议题协议

Protocol 是协商协议。本文提出了一个通用的协商协议 GP (如图 1 所示), 根据协商协议 GP, $a_i (a_i \in G)$ 发起的协商过程按照以下步骤进行:

- 1) 在协商准备阶段, a_i 提出协商问题并向其他 Agent 发送有关消息;
- 2) 状态 1 为协商开始状态, 此时由 a_i 发出第一个提议, 然后进入状态 2 或者 3;
- 3) 状态 2 与 3 是提议交换状态, 此时, Agent 利用 PGSM 生成提议并发送之;
- 4) 状态 4 是协商成功状态, 此状态由协商的某一方发送 accept 触发;
- 5) 状态 5 是协商失败状态, 此状态由协商的某一方发送 withdraw 触发, Agent 在希望重新开始协商或者终止当前协商时发送该消息;
- 6) 状态 6 是协商失败状态, 此状态由协商的某一方发送 quit 触发, Agent 在退出协商或者超时发送该消息;

协商协议 GP 是对经典合同网协议^[10]的扩展, GP 通过定义 newset 以及动态议题协议支持协商过程中变更议题的协商, 从而在协商过程中允许动态调整协商议题而无须重启协商。图 2 所示为图 1 中动态议题协议的具体内容, Agent 间采用与图 1 中协议相似的协议交换提议, 只是, 此时交换的是关于议题集合变更的提议。

2 策略机制

协商策略机制 PGSM 是在某一时刻的个体和环境信息等因子到协商提议 P 的映射。具体的个体和环境信息包括时间、占有资源、对方提议等因子。文献[6]给出的策略机制分为两层, 底层由响应机制、折中机制、ISMM 组成, 上层是 META 策略。然而, 由于协商中的动态因素、不确定因素的广泛存在以及 META 策略所面对的选择过多, 使得 META 策略的设计和实现很困难。

本文对文献[6]中的策略机制进行了改进, 将底层的响应机制和折中机制串行整合, 整合后的机制称为 PG 机制。通过整合, 每一个生成的提议都包含有响应和折中两种因素, META 策略无需在这两种策略间进行取舍, 在保证协商时间和协商双方联合效用的前提下简化了 META 策略的设计。

这样, 在时刻 t, a_i 按照以下算法进行提议生成:

输入 t ;
 $R_{a_i}(t)$; /* 资源占有量 */
 $P_{a_i}^{op}(t)$; /* 对方提议 */
 输出 $P_{a_i}(t)$; /* 己方提议 */
 步骤 1: 提议生成阶段。

首先更新 Agent 的信知, 然后分别用 PG 机制和 ISMM 生成提议:

1) PG 机制。首先调整响应机制中时间依赖、资源依赖、行为依赖等策略的权值, 然后进行加权整合, 利用加权整合后的响应机制生成中间提议, 最后用折中机制对中间提议进行优化, 生成最终提议 $V_{a_i}(t, J^t)$ (如图 3 所示)。

2) ISMM。利用 ISMM 生成议题集合变更提议 $\text{newset}_{a_i}(t)$ 。

步骤 2: META 策略选择阶段。Agent 调用 META 策略, 根据代价、收益、问题空间的特性、协商的进展情况等, 在下述提议间进行选择: $V_{a_i}(t, J^t)$ 、 $\text{newset}_{a_i}(t)$ 、 accept 、 quit 、 withdraw , 然后将所选择的提议赋给 $P_{a_i}(t)$ 。

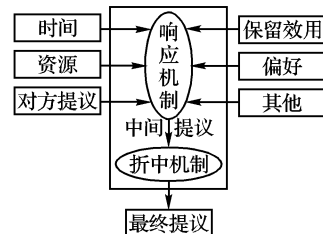


图3 提议生成策略机制 PG 机制

在 PGSM 中, PG 机制的设计和实现是本文工作的重点, 下面首先基于文献[6]中响应机制和折中机制的相关理论, 给出 PG 机制所涉及的各种内部策略定义, 最后给出 PG 机制的完整定义。

定义 1 时间依赖策略。时间依赖策略 A 是依据时间来决定议题取值的协商策略。 $\forall a_i \in G, \forall t \in T, 0 \leq t < k$, 对于 $v_{a_i}(t, J_m)$, 依据时间依赖策略, 有:

$$v_{ai}(t, J_m) = \begin{cases} v_{ai}^{res}(J_m) + \alpha_{ai}(t, J_m)(v_{ai}^{max}(J_m) - v_{ai}^{res}(J_m)), & \text{如果 } U_{ai}(J_m) \text{ 递减} \\ v_{ai}^{res}(J_m) + (1 - \alpha_{ai}(t, J_m))(v_{ai}^{max}(J_m) - v_{ai}^{res}(J_m)), & \text{如果 } U_{ai}(J_m) \text{ 递增} \end{cases}$$

其中, $v_{ai}^{max}(J_m)$ 表示 a_i 在 J_m 上所允许的最大取值, $U_{ai}(J_m)$ 表示 a_i 在 J_m 上的效用计分函数^[6], $\alpha_{ai}(t, J_m)$ 表示 a_i 在 J_m 上的时间依赖系数, 它满足以下约束: $0 \leq \alpha_{ai}(t, J_m) \leq 1$, $\alpha_{ai}(0, J_m) = \bar{\alpha}(J_m)$ ($\bar{\alpha}(J_m)$ 为常量), $\alpha_{ai}(k, J_m) = 1$. $\alpha_{ai}(t, J_m)$ 有多种函数形式, 本文取多项式形式: $\alpha_{ai}(t, J_m) = \bar{\alpha}(J_m) + (1 - \bar{\alpha}(J_m))(\min(t, k)/k)^{1/\beta}$ (β 为曲率常数)。

定义 2 资源依赖策略。资源依赖策略 B 是依据资源占有量来决定议题取值的协商策略。 $\forall a_i \in G, \forall t \in T, 0 \leq t < k$, 对于 $v_{ai}(t, J_m)$, 资源依赖策略计算公式与时间依赖策略相似, 只是其中 $\alpha_{ai}(t, J_m)$ 表示 a_i 在 J_m 上的资源依赖系数, 其函数形式为:

$$\alpha_{ai}(t, J_m) = \bar{\alpha}(J_m) + (1 - \bar{\alpha}(J_m))e^{-R_{ai}(t)}$$

其中, $R_{ai}(t)$ 表示 a_i 在时刻 t 的资源占有量。

定义 3 行为依赖策略。行为依赖策略 X 是依据对方提议来决定议题取值的协商策略。 $\forall a_i \in G, \forall t \in T, 0 \leq t < k$, 对于 $v_{ai}(t, J_m)$, 依据行为依赖策略, 有:

$$v_{ai}(t, J_m) = \begin{cases} \max(v_{ai}(t-1, J_m) + v_{ai}^{op}(t-1, J_m) - v_{ai}^{op}(t, J_m), v_{ai}^{res}(J_m)), & \text{如果 } (U_{ai}(J_m) \text{ 递减}) \wedge (t > 0) \\ \emptyset, & \text{如果 } (t = 0) \\ \min(v_{ai}(t-1, J_m) + v_{ai}^{op}(t-1, J_m) - v_{ai}^{op}(t, J_m), v_{ai}^{res}(J_m)), & \text{如果 } (U_{ai}(J_m) \text{ 递增}) \wedge (t > 0) \end{cases}$$

其中, $v_{ai}^{op}(t, J_m)$ 表示 a_i 的对方时刻 t 在 J_m 上的取值。接下来综合上述三个单因子依赖策略, 给出加权整合多因子的响应机制。

定义 4 响应机制。响应机制 A 是综合考虑时间、资源、对方行为以对外界做出有效响应的策略机制。 $\forall a_i \in G, \forall t \in T, 0 \leq t < k$, 对于 $v_{ai}(t, J')$, 依据响应机制, 有:

$$v_{ai}(t, J') = \Gamma_{[1]}^{ai}(t)A(t, J') + \Gamma_{[2]}^{ai}(t)B(R_{ai}(t), J') + \Gamma_{[3]}^{ai}(t)X(V_{ai}^{op}(t, J'), J')$$

其中, $V_{ai}^{op}(t, J')$ 表示 a_i 的对方在时刻 t 在 J' 上的提议。 Γ 为权值矩阵, 是协商参与者依据自己对各议题的偏好、环境感知、目标和意图等动态调整的二维策略权值矩阵:

$$\Gamma(a_i, t) = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \lambda_{13} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \lambda_{23} \\ \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{n1} & \lambda_{n2} & \lambda_{n3} \end{bmatrix}$$

响应机制 A 综合考虑时间、资源、对方行为三个因子, 并采用动态加权线性相加的方式对各因子进行整合, 从而对时间、资源、对方行为等的变化进行有效的响应。

在给出折中机制的形式化定义前, 先给出相似度理论中的相关定义^[6]:

定义 5 等价运算符 \leftrightarrow 。本文中定义为:

$$x \leftrightarrow y = 1 - |x - y|$$

该运算符用来描述两个值之间的相似程度。

定义 6 单议题相似度。对于给定的议题 J_m 的值域 D_j , 值 x 与 y 之间的相似度定义为:

$$Sim_{J_m}(x, y) = \sum_{1 \leq i \leq m} w_i \times (h_i(x) \leftrightarrow h_i(y))$$

其中, $h_i(x)$ 是第 i 个估值准则函数, w_i 是在第 i 个准则上的权值, $\sum_{1 \leq i \leq m} w_i = 1$ 。

定义 7 多议题相似度。对于定义在议题集合 J' 之上的提议 x 与 y , 值 x 与 y 之间的相似度定义为:

$$Sim(x, y) = \sum_{J_m \in J'} w_{J_m}^{op} \times Sim_{J_m}(x_{J_m}, y_{J_m})$$

其中, $\sum_{J_m \in J'} w_{J_m}^{op} = 1$, Sim_{J_m} 是定义在议题 J_m 上的相似度函数, 权重 $w_{J_m}^{op}$ 代表 Agent 对对方在议题 J_m 上的偏好程度的估值。

据此, 折中机制可形式化表述如下:

定义 8 折中机制。折中机制 Z 是在不降低效用的前提下对提议进行折中, 从而找到最有利于对方的提议的策略机制。 $\forall a_i \in G, \forall t \in T, 0 \leq t < k$, 对于 $v_{ai}(t, J_i)$, 可依照下式进行折中:

$$Z(V_{ai}(t, J'), V_{ai}^{op}(t, J')) = \arg \max_{V \in Eq(V_{ai}(t, J'))} (Sim(V, V_{ai}^{op}(t, J')))$$

其中, $Eq(V_{ai}(t, J'))$ 表示与中间提议 $V_{ai}(t, J')$ 有相同效用的提议集合。

折中机制通过对响应机制所生成的中间提议基于议题相关性和相似度进行效用优化, 在不降低己方效用的前提下, 使得优化后的提议具有更大的对方效用, 从而提高协商的成功率和协商双方的联合收益。

有了上面的响应机制、折中机制的相关描述, 可以给出下面的 PG 机制的完整定义:

定义 9 PG 机制。PG 机制是整合后的议题向量生成机制。 $\forall a_i \in G, \forall t \in T, 0 \leq t < k$, PG 可形式化表述为:

$$\begin{aligned} PG(t, R_{ai}(t), V_{ai}^{op}(t, J')) &= Z(A(t, R_{ai}(t), V_{ai}^{op}(t, J')), V_{ai}^{op}(t, J')) \\ &= Z(\Gamma_{[1]}^{ai}(t)A(t, J') + \Gamma_{[2]}^{ai}(t)B(R_{ai}(t), J') + \Gamma_{[3]}^{ai}(t)X(V_{ai}^{op}(t, J'), J'), V_{ai}^{op}(t, J')) \end{aligned}$$

PG 机制通过对响应机制和折中机制的串行整合, 使得所生成的提议具备了响应和折中两种特性, 从而在 META 策略中无须对响应和折中进行取舍, 简化了 META 策略的设计。

3 折中算法的改进

在折中机制中, Agent 对由响应机制生成的中间提议 \hat{y} 进行优化, 在保证己方效用不降低的前提下, 生成更有利于对方的提议, 这样做既增加了双方的联合效用, 又增加了协商的成功率。现有的折中算法^[6]利用对方的上一个提议作为折中参考值, 但并未考虑协商过程中议题的动态变化导致的参考值失效, 这就使得 Agent 不能在这种情况下进行有效的折中。为了解决这个问题, 本文在现有的折中算法^[6]里加入了一个议题集合预处理步骤, 在议题动态变化时, 构造反映对方协商意向的虚拟提议作为折中参考值, 使折中算法有效地适应了协商中的议题动态变化。

折中机制采用重复的爬山算法来搜索合同空间。搜索开始于对方的上一个提议 y^* , 终止于与 \hat{y} 有相同效用值且更接

近 Pareto 最优的某个提议 y^* 。在每一步搜索中,搜索与开始点有一定效用增量(即步长)的提议集合,根据相似度理论,将搜索到的最类似于对方提议的提议作为下一步搜索的开始点。搜索的步长采用固定步长, S 为预先设定的步数,每一步搜索的搜索空间大小为 N 。折中算法的部分实现如下所示:

```

输入  $y^*$ ;
     $V_i()$ ;          /* 己方效用计分函数 */
     $W$ ;              /* 对方偏好的估计值集合 */
输出  $y^+$ 

```

步骤 1: 如果当前议题数目大于 y^* 中议题数目,则:

$$y^* = y^* \& v, \neg \exists v'((v' \in D_j) \wedge (V(v') < V(v)))$$

其中, D_j 是所增加议题的值域, v 与 v' 都是定义在该值域上的具体取值;否则,去除 y^* 中当前议题集合中不存在的议题所对应的相应维。

步骤 2: $y[1] = y^*$;

for($i = 1; i \leq S; i++$)

针对 $y[i]$ 中的各个议题进行随机让步,计算出与 $y[i]$ 有效用增量 $\Delta E = (V(\hat{y}) - V(y^*)) / S$ 的 N 个提议,根据相似度理论,从中找到最类似于 y^* 的提议,将其赋给 $y[i + 1]$;

返回 $y^+ = y[S + 1]$ 。

其中,步骤 1 是本文为了让折中算法适应协商中的议题动态变化所作的改进。其核心思想在于:当议题集合发生变化时,构造一个能够代表对方协商意向的虚拟对方提议,为后续折中作参考。其构造规则有两条,分别应用于议题数目增加和减少的情况,其理论根据为:当议题数目增加时,选择所增加议题中最有利于对方的取值作为该议题的对方提议值,由于 Agent 是自私的,这样才能反映对方的协商意向;当议题数目减少时,直接去除相应议题的值,仍然可以反映对方的协商意向。另外,协商发起者在生成初始提议时,无法参照对方的提议,本文在此时仅利用响应机制生成提议。

4 实验

为了准确评估本文的策略机制和折中算法对议题动态变化的适应能力,需要比较它们在议题集合不发生变化和发生变化两种情况下,协商时间和协商双方的联合效用,如果发生变化相对于不发生变化,协商时间没有明显延长并且协商双方的联合效用没有明显下降,则表明本文的策略机制和折中算法很好地适应了协商中的议题动态变化。

为此,本文分别安排了以下四组实验:1) 四议题协商开始,在议题变化时间点处改变为五议题协商;2) 五议题协商开始,在议题变化时间点处改变为四议题协商;3) 五议题协商开始,中间没有变化;4) 四议题协商开始,中间没有变化。实验中,协商双方的响应机制简化为 Polynomial Boulware 策略,买方让步因子 β_b 取 0.7,卖方让步因子 β_s 取 0.5;协商双方在折中机制中可利用的对方偏好信息是不完全的,即 Agent 仅需知道对方的偏好排序,无须知道具体取值范围, $S = 20$, $N = 200$;协商时限 $T = 200$ (回合);议题变化时间点分别取 $\{10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100\}$ (回合),采用单一的估值准则函数计算相似度,估值准则函数定义为:

$$h(x) = \text{atan} \left[\left(\frac{2|x - \min|}{x - \min} \times \left| \frac{x - \min}{\max - \min} \right|^\alpha - 1 \right) \times \tan\left(\pi\left(\frac{1}{2} - \varepsilon\right)\right) \right] \times \frac{1}{\pi} + \frac{\pi}{2}$$

实验中, $\alpha = 1$, $\varepsilon = 0.1$ 。

4.1 协商成功时间对比

图 4 是四组实验的协商成功时间对比图,横坐标标记议题变化时间点,纵坐标标记协商成功时间,每一个数据点代表 100 次实验的平均值。

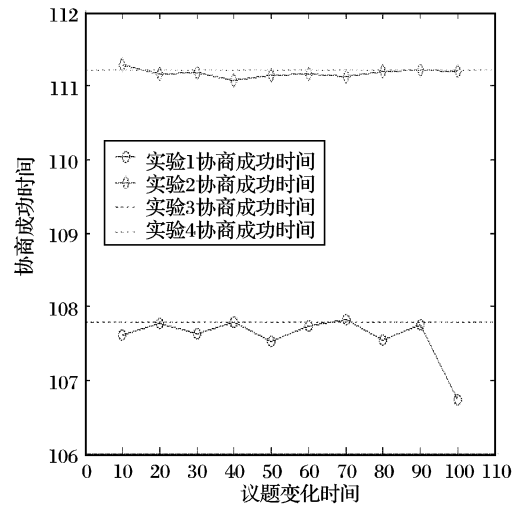


图 4 协商成功时间对比

从图 4 可以看到:在协商成功时间方面,实验 1 与实验 3 接近,实验 2 与实验 4 接近。即,在相同前提下,从协商开始就采用 n 个议题与协商过程中议题数目变化为 n 个的协商成功时间大致相同,并且,协商中发生议题集合变化与不发生变化的协商时间也接近。

由此可见,本文的策略机制和改进后的折中算法在议题动态变化时充分保证了协商成功时间,在时间方面对议题动态变化表现了良好的适应能力。

4.2 协商双方联合效用对比

图 5 为四组实验的协商双方效用对比图,横坐标标记议题变化时间点,纵坐标标记双方效用值,每一个数据点代表 100 次实验的平均值。

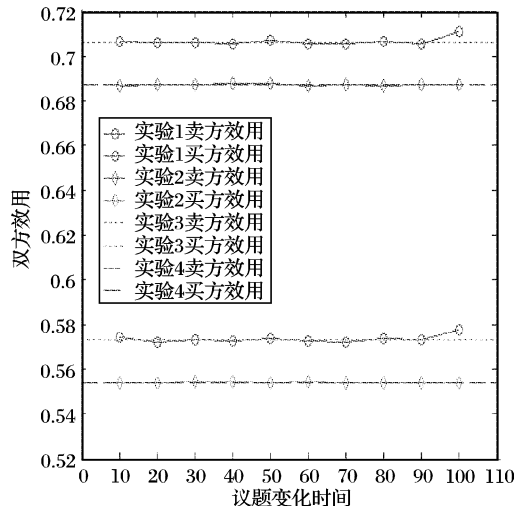


图 5 协商双方联合效用对比

从图 5 可以看到:在协商双方的效用方面,实验 1 与实验 3 接近,实验 2 与实验 4 接近。即,在相同前提下,从协商开始就采用 n 个议题与协商过程中议题数目变化为 n 个的协商双方的效用大致相同,并且,协商中发生议题集合变化与不发生变化的协商双方效用接近。另外,在各组实验中,都是卖方效用大于买方效用,这是由于 $\beta_s < \beta_b$,即卖方采用了更保守的让步策略。

检验分割算法的优劣非常合适。从 San Diego 市航空图的实验结果可以看出, 本文的算法能够把图像中的水、陆地以及陆地上的草坪、公路及各种建筑物有效地分割, 为下一步的对象识别或分类提供了很好的基础。



(a) 空间滤波后的分水岭算法 (b) 最终结果

图4 航空图像分割实验

表1 算法结果数量分析表

图像	图像大小	初始分割区域数	最终区域数	运行时间/s
人造图	512 × 512	100	42	2
房屋图	256 × 256	133	26	1
航空图	512 × 512	1406	541	41

4 结语

本文提出一种结合分水岭算法和层次聚类的多阶段图像分割算法。在层次聚类阶段, 使用 Bayesian 方法和 Markov 随机域得到两个作用相反部分。通过深入分析独立部分和空间部分在聚类过程中的作用, 引入一个新的带有启发式的参数, 该参数随着待合并区域的数目和大小的变化而变化, 从而来平衡两部分的作用以获得好的分割结果。推导出一个使用 DSM 的简单计算模型, 该算法只用几秒钟就可以正确地分割一幅普通图像, 即使那些复杂的航空图像, 也只需计算一百分之

钟。实验中通过将算法用于三种不同种类的图像, 发现它能够按照与人视觉相一致的方式合并许多区域, 因此该算法适用于许多应用到灰度图像分割的领域。

参考文献:

- [1] BEUCHER S, LANTUEJOL C. Use of Watershed in Contour Detection [A]. Proceedings of International Workshop on Image Processing, Real-Time Edge and Motion Detection/Estimation [C]. Rennes, France, 1979.
- [2] VINCENT L, SOILLE P. Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis of Machine Intelligence, 1991, 13(6): 583 - 598.
- [3] NAJMAN L, SCHMITT M. Geodesic Saliency of Watershed Contours and Hierarchical Segmentation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis of Machine Intelligence, 1991, 18(12): 1163 - 1173.
- [4] HILL PR, CANAGARAJAH CN, BULL DR. Image Segmentation Using a Texture Gradient Based Watershed Transform [J]. IEEE Transactions on Image Process, 2003, 12(12): 1200 - 1209.
- [5] O'CALLAGHAN RJ, BULL DR. Combined Morphological-Spectral Unsupervised Image Segmentation [J]. IEEE Transactions on Image Process, 2005, 14(1): 100 - 110.
- [6] LEE S, CRAWFORD MM. Unsupervised Multistage Image Classification Using Hierarchical Clustering with a Bayesian Similarity Measure [J]. IEEE Transactions on Image Process, 2005, 14(3): 400 - 410.
- [7] LIN YC, TSAI YP, HUNG YP, et al. Comparison Between Immersion-Based and Toboggan-Based Watershed Image Segmentation [J]. IEEE Transactions on Image Process, 2006, 15(3): 400 - 410.
- [8] POLLARD D, CLIFFORD H. Theorem for Markov Random Fields [EB/OL]. <http://www.stat.yale.edu/~pollard/251.spring04/Handouts/Hammersley-Clifford.pdf>, 2006.
- [9] SANDBERG O. Markov Random Fields and Gibbs Measures [EB/OL]. http://www.math.chalmers.se/~olleh/Markov_Sandberg.pdf, 2006.
- [10] SARKAR A, BISWAS MK, SHARMA KMS. A Simple Unsupervised MRF Model Based Image Segmentation Approach [J]. IEEE Transactions on Image Process, 2000, 9(5): 600 - 610.

(上接第 645 页)

由此可见, 本文的策略机制和改进后的折中算法在议题动态变化时充分保证了协商双方联合效用, 在效用方面对议题动态变化表现了良好的适应能力。

总之, 在议题动态变化时, 本文的策略机制和改进后的折中算法既未延长协商时间, 又未降低协商双方联合效用, 对议题动态变化表现了良好的适应能力。

参考文献:

- [1] ROSENSCHEIN JS, ZLOTKIN G. Rules of Encounter: Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers [M]. Cambridge, MA: MIT Press, 1994.
- [2] CONITZER V, SANDHOLM T. 2002 Complexity of mechanism design [A]. DARWICHE A, FRIEDMAN N, ed. Proceedings of the 18th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI-2002) [C]. 2002. 103 - 110.
- [3] FATIMA S, WOOLDRIDGE M, JENNINGS NR. An agenda based framework for multi-issues negotiation [J]. Artificial Intelligence Journal, 2004, 152(1): 1 - 45.
- [4] KRAUS S, SYCARA K, EVENCHIK A. Reaching agreements through argumentation: a logical model and implementation [J]. Artificial Intelligence, 1998, 104(1-2): 1 - 69.
- [5] JENNINGS NR, FARATIN P, LONUSCIO AR, et al. Automated Negotiation: Prospects, Methods and Challenges [J]. International Journal of Group Decision and Negotiation, 2001, 10(2): 103 - 110.
- [6] FARATIN P. Automated Service Negotiation Between Autonomous Computational Agents [D]. Department of Electronic Engineering, Queen Mary College, University of London, 2000.
- [7] FARATIN P, SIERRA C, JENNING N. Using Similarity Criteria to Make Negotiation Trade-Offs [J]. Journal of Artificial Intelligence, 2003, 142(2): 205 - 237.
- [8] KEENEY R, RAIFFA H. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade Offs [M]. John Wiley & Sons, 1976.
- [9] ZADEN LA. Similarity relations and fuzzy orderings [J]. Information Sciences, 1971, 3: 177 - 200.
- [10] SANDHOLM TW. Negotiation among self-interested computationally limited agents [D]. Amherst, MA: University of Massachusetts, 1996.
- [11] LI C, GIAMPAPA J, SYCARA K. Bilateral negotiation decisions with uncertain dynamic outside options [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 2006, 36, Part C: Special Issue on Game-theoretic Analysis and Stochastic Simulation of Negotiation Agents.
- [12] HU J, WELIMAN MP. Learning about other agents in a dynamic multiagent system [J]. Journal of Cognitive Systems Research, 2001, 2(1): 67 - 79.