AMAIDs 的研究与应用

The Research and Application of AMAIDs

石　黎　(湖北经济学院计算机科学与技术学院　武汉 430205)
林　仙　(云南省国家税务局　昆明 650051)

摘要:AMAIDs 是在 MAIDs 和 AIDs 的基础上发展而来。本文首先研究了 MAIDs 和 AIDs 表示求解博弈,然后在此基础上提出 AMAIDs,它是将 MAIDs 和 AIDs 两者相融合得到了一种能有效的表示非对称博弈的模型,并使用一个实例来说明 AMAIDs 的应用。

关键词:AMAIDs　非对称博弈　MAIDs　AIDs

1　引言

非对称博弈是一种普遍存在的博弈现象,现实中大量的博弈都呈现出非对称的特性,如何表示和求解非对称博弈就是一个急迫需要解决的问题了。MAIDs 对于对称博弈来说是一种很有效的表示方法,但是非对称博弈的表示问题在 MAIDs 中却是一个难以解决的问题;而对于非对称单 – agent 决策问题来说,AIDs 能对它进行有效的表示和求解,所以我们将 MAIDs 和 AIDs 两者相融合得到了一种能有效的表示非对称博弈的模型:非对称多 – agent 影响图(Asymmetric Multi – agent Influence Diagrams, AMAIDs)。

AMAIDs 是在多 – agent 影响图(Multi – agent Influence Diagrams, MAIDs[1]和非对称影响图(Asymmetric Influence Diagrams, AIDs)[2]的基础上发展而来的,它继承了 MAIDs 在表示博弈时所具有的优点同时又具备了有效的表示非对称博弈的特点。对于 AMAIDs 的求解,我们首先采用 AIDs 中分解非对称问题的方法将待求解的 AMAIDs 分解成多个 MAIDs,然后我们用求解 MAIDs 的方法分别对分解得到的各个 MAIDs 进行求解,最后综合各个 MAIDs 求解得到的结果以得出我们最终的结果。

2　用 MAIDs 来表示和求解博弈

Koller 和 Milch[1]给出的多 agents 影响图(MAIDs)是对贝叶斯网(BNs)和影响图(IDs)[4]的扩展,它能够表示涉及多 agents 的决策问题。实际上从结构上来说,一个 MAID 可以简单的看作是一个影响图,但此时影响图中的决策节点和效用节点不再是属于一个 agent 的而是属于多个 agent 的,所以 MAIDs 中的每个决策节点和效用节点都是和某一个 agent 相关联的。MAIDs 定义了非合作博弈的语义:一个 MAID 可以转换成一棵等价的博弈树。MAIDs 能够以自然的表示形式来描述复杂的博弈并将变量级的相互作用结构清晰的表示出来,而且,一般来说,MAID 比起博弈树来说是一种更加压缩的表示形式。就像贝叶斯网能够具体的表示出概率变量之间的相互依赖关系一样,MAIDs 能够具体的表示出决策变量之间的依赖关系,从而给出了策略相关性的概念,策略相关性的概念使我们能够定义一个称为相关图的数据结构——一个刻画 MAID 中的决策变量间的依赖关系的有向图。利用相关图能够很自然的将一个复杂的博弈分解成多个相互作用的片段并且在保证得到整个博弈的全局均衡的条件下求解各个子博弈,对于每个子博弈的求解方法是首先将它转换成一棵博弈树,然后再利用标准的博弈求解方法[4]对其进行求解。该算法比标准的博弈论求解算法更加有效,包括一些在博弈树上直接进行求解的比较有效的算法。

3　用 AIDs 来表示和求解非对称单 – agent 决策问题

Nielsen 和 Jensen[2]提出了 AIDs 来表示和求解非对称决策问题。AIDs 建立在影响图 IDs 的基础之上,

他将决策问题的非对称性定性的在图形结构中表示出来，因此我们可以从 AIDs 中直接获得决策问题的非对称信息。简单的说，一个 AID 就是一个带标记的有向图，它用一个约束弧集和一个标记集来表示决策问题的非对称性，约束弧集是信息弧集的一个子集，一条约束弧(X,D)由节点 X 指向一个决策节点 D 并用虚线来表示，该弧表示 D 的可选行动集将根据 X 取值的不同而不同。另外，标记集与一个所有节点和信息弧的子集相关联，一个标记定义了在什么样的条件下与之相关联的节点或信息弧才会在决策场景中出现。AIDs 的求解采用了"分而治之"的方法，将一个初始的非对称决策问题分解成多个对称的子问题，也就是将一个非对称影响图分解成多个影响图，然后再利用已有的求解影响图的方法[5]来分别求解各个分解得到的影响图，最后通过合并每个影响图的结果最终得到决策问题的最优解。

4 AMAIDs 的提出与应用

4.1 AMAIDs

在 MAIDs 中，作者指出了 MAIDs 和博弈树可相互转换的关系，对对称的博弈来说，采用 MAID 表示方法能比用博弈树在很大的程度上节省空间，可以说 MAIDs 是博弈的一种压缩的表示方法，但对于非对称博弈来说，情况就刚好相反了，此时，由于博弈树本身就具有非对称的特点所以它表示非对称博弈就会非常自然而简洁，而 MAIDs 表示将会比博弈树表示占用更大的空间，用 MAIDs 来表示一个简单的非对称博弈就有可能导致表示的爆炸。因此，需要对原有的 MAIDs 进行扩展使之能够同样以一种压缩的方式来表示非对称博弈，即兼有博弈树和 MAIDs 两者的优点。我们将 AIDs 表示非对称决策问题的方法引入到 MAIDs 中，两者融合得到了能够有效表示非对称博弈的 AMAIDs。

一个非对称多 – agent 影响图(AMAIDs)是一个带标记的有向图，与多 – agent 影响图 MAIDS 对比，AMAIDs 除了具有 MAIDs 的结构特点外，在模型中加入了约束弧和标记机制来表示博弈的非对称性；与非对称影响图 AIDs 相比，AMAIDs 除了具有 AIDs 中的用约束弧和标记来表示决策问题的非对称性的机制，还将 AIDs 中的单 – agent 决策问题扩展成允许有多个 agents 的博弈情况。可见，AMAIDs 是一种既能够表示多 – agent 决策问题又能表示非对称决策问题的图形表示模型，它融合了 MAIDs 和 AIDs 并同时继承了它们各自的优点。我们对 AMAIDs 的求解：首先采用 AIDs 中分解非对称影响图的方法将待求解的非对称多 – agent 影响图分解成多个多 – agent 影响图；然后利用 MAIDs 中求解多 – agent 影响图的方法为每一个分解得到的多 – agent 影响图求解出一个均衡；最后合并求解结果，找到初始问题的均衡解。下面我们通过一个简单的例子来看 AMAIDs 是如何表示和求解非对称博弈的。

4.2 应用实例

问题陈述：一个西方国家的某公司与其工会之间将就工资问题进行一场至多持续两个周期的谈判。首先假设工作是固定的，工会向公司提出工资价目然后由公司来决定是否雇用工会成员，如果不被公司雇用，工会保留工资为 0。公司的盈利以 F 表示，它是公司的私人信息，也就是说只有公司知道 F 的值，而工会不知道 F 的值，设讨价还价的谈判至多持续两个周期。在第一个周期，工会根据对公司类型的先验信念开出一个工资价目 W1，假如公司接受这个开价，那么博弈宣布结束，工会盈利为 W1 而公司的盈利为(F – W1)。倘若公司拒绝工会提出的 W1，那么博弈进入第二个周期，在这个周期内，工会根据上一周期博弈的结果调整对公司类型的信念并给出另一个工资开价 W2，如果公司接受 W2，(考虑贴现)局中人盈利为：工会 δW2，公司 δ(P – W2)。如果公司拒绝工会的第二次开价，那么博弈结束，此时两者的盈利都等于 0. 在现实生活中，公司的类型 F 以及工会的开价 W 可以有许多种可能，甚至可以在一个连续的区间上取值，这样的博弈表示起来比较困难，为了将其离散化和讨论的方便，这里就只考虑一种它的最简形式：公司的类型只有两种：Ph 和 Pl；工会的工资开价也只有两个：Wl 和 Wh。

博弈树表示：如图 1 所示。

博弈树的每一个叶节点表示一种博弈的结局，每个结局对应着一个所有局中人的盈利向量。可以看出，在这个博弈树中，一共有一个随机节点和四个决策节点，每个节点都有两个取值，那么所有节点的笛卡儿积应含有 25 =32 个元素，但在博弈树中，我们总共只有 20 个叶节点，可见该博弈树所表示的博弈是一个非对称博弈。

AMAIDs 表示：如图 2 所示，我们将公司在第一周期的决策用节点 D 来表示，与图 2 的 MAID 相比，图 3

中的AMAID包含了两个标记并且它们都是D=R,即是

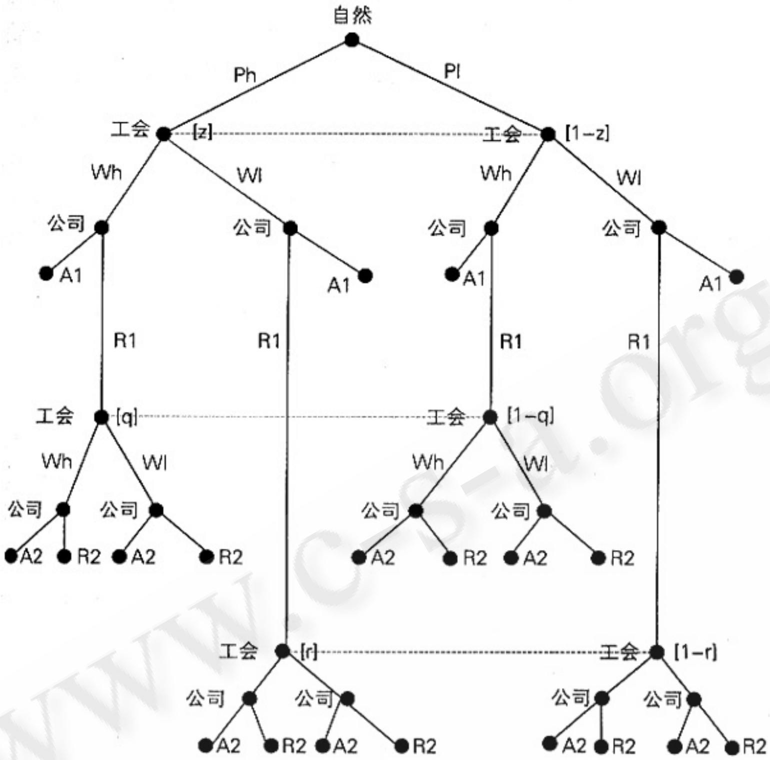


图 1

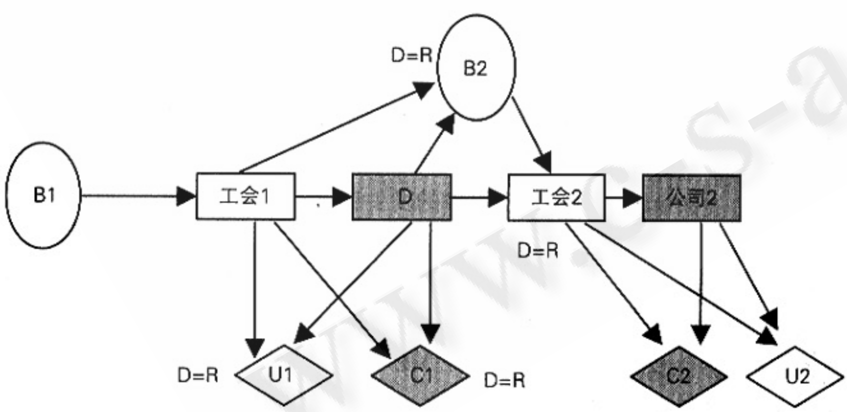


图 2

在第一周期的博弈中,公司拒绝了工会提出的工资开价W1,两个标记分别与随机节点B2和决策节点“工会2”相关联,也就是说,如果公司在第一周期就接受了工会的工资开价W1的话,那么就没有必要形成信念B2,同时“工会2”及其后继的决策节点都不再需要决策,其后继的随机节点也不再进行后验信念的修改。

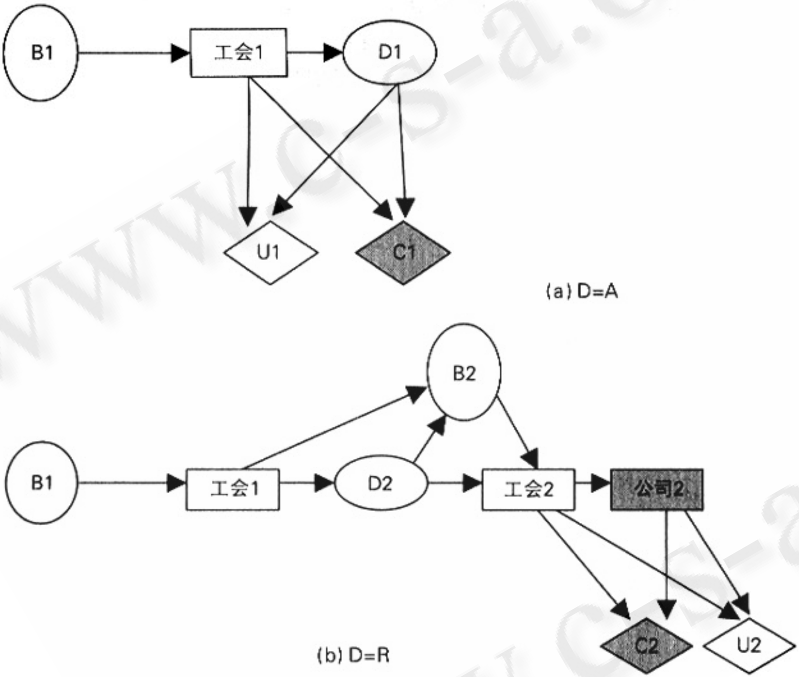
在现实的博弈中,问题往往要复杂的多,AMAIDs的优越性也将更明显。AMAIDs的另一个优点是将一个较大的非对称博弈分解成多个对称博弈来求解,有效的提高了博弈求解的效率。下面我们将图2的AMAIDs分解成多个MAIDs的集合,分解后得到如图3所示的结果。图3(a)所示的MAID中,决策节点D被一个随机节点D1所代替,并且该节点只有一个取值,即D1=A,D1以概率1取到它的这个唯一值;在(b)所示的MAID中,决策节点D同样被一个只有一个取值的随机节点D2所代替,D2以概率1取D2=R。对(a)和(b)所示的两个MAIDs,利用[2]中给出的方法分别进行求解可以得到两个均衡解,比较两者选出其中的最优者就得到了整个非对称博弈的解。

5 结论

鉴于MAIDs只能有效的表示对称的多-agent决策问题,AIDs只能表示非对称的单-agent决策问题,本文在MAIDs和AIDs的基础上提出了AMAIDs,融合了这两者的优点同时克服了它们各自的缺点,是一种有效的表示非对称的多-agent决策问题的方法。在今后的研究中,我们将着力于寻找更有效的求解AMAIDs的方法以及博弈的多-均衡解处理问题等相关问题。

参考文献

1 D. Koller and B. Milch. Multi-agent influence diagrams for repre senting and solving games. In IJCAI, pages 1027-1034, 2001.



(a) D=A

(b) D=R

图 3

2 Nielsen, T. D. and F. V. Jensen (1999). Representing and solving asymmetric Bayesian decision problems. Technical report, Department of Computer Science, Fredrik Bajers 7C, 9220 Aalborg, Denmank. R－99－5010.

3 施锡铨、博弈论[M]，上海 上海财经大学出版社,2000 年。

4 R. D. McKelvey and A. Mclennan. Computation of equilibrium in finite games. In Handbook of Computational Economics, volume1, pages 87－142. Elsevier Science, Amsterdam, 1996.

5 F. Jensen, F. V. Jensen, and S. L. Dittmer. From influence diagrams to junction trees. In Proc. 10th UAI, pages 367－373,1994.