

不完备信息条件下基于置信规则库的能力满足评估方法-笔记

作者：王小燕，孙建彬，招轻松，常雷雷，邹志刚。
发表：系统工程与电子技术
时间：2019.08.22

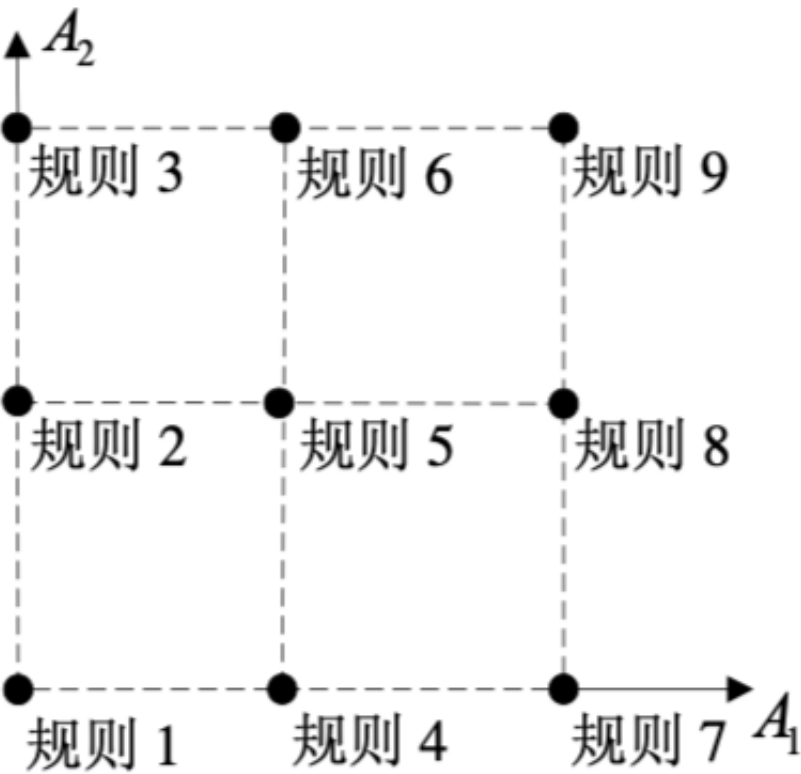
1. 研究目的

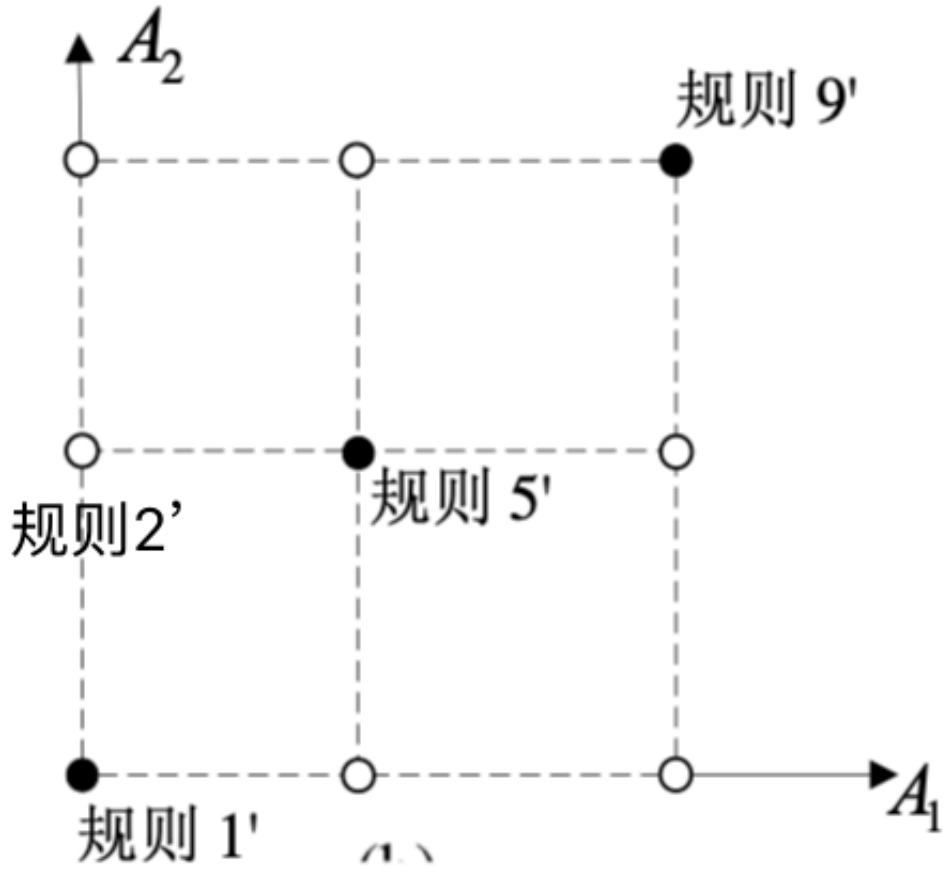
在信息不完备的条件下构造一个结构完备的置信规则库，并将其用于武器转呗体系能力需求满足度的评估。 研究方法的主要思路是，提出合取式BRB和析取式BRB的关联性关系，通过不完备的合取式BRB生成完备的析取式BRB，并利用自组织映射定量分析关联原理来衡量两种BRB的相关性。

2. 方法步骤

2.1 合取式与析取式的关联性

假设某条规则只有两个前提属性，分别为 A_1 和 A_2 ,取值分别为 a_1, b_1, c_1 和 a_2, b_2, c_2 。那么合取式和析取式可以表示如下：





第一张图是合取式BRB，图中每一个黑点都是一条规则，两个前提属性各有三个参考值，所有总共的规则有9条；第二张图是析取式BRB，因为析取式的特点--它的规则数等于前提属性最多参考值的个数，所以只有三条规则，空心圆点表示黑点的映射规则，例如，规则2'可以通过规则1'或规则5'映射得到。因此，对于具有相同的前件的析取式和合取式BRB，析取式BRB的规则可以用合取式BRB的映射规则来表示。于是，论文提出如下定义，

定义1: 一个交集置信规则库与一个并集置信规则库相关联，那么两者至少一个属性有相同的参考值，即 $(A_1^k = A_1^{k'}) \vee \dots \vee (A_M^k = A_M^{k'})$

通过上定义确定了合取式与析取式的关联性判定方法，例如，规则1'相关联的规则有规则1，2，3，4和7。

2.2 合取式BRB规则权重

通过上一步知道了合取式和析取式的关系--一个析取式可以与多个合取式BRB规则相关联，论文借鉴自组织映射方法，使用欧式距离来衡量相关性，距离越大，关联越小，析取式BRB规则权重越小，反之，权重越大。计算第 k' 填析取式规则与相关联的合取式规则中第 k 条的距离为

$$w_{D,k} = \sqrt{\sum_{m=1}^M (A_m^k - A_m^{k'})^2}$$

第 k 条相关联析取式规则权重为：

$$w_k = \frac{w_D - w_{D,k}}{\sum_{i=1}^S (w_D - w_{D,i})}$$

$$w_D = \max(w_{D,k})$$

其中， w_D 表示第k条析取式规则与其第k'条合取式规则的距离最大值。 w_k 表示第k条合取式规则的权重，权重越大说明两个规则间的关联越强，关联最弱的权重为0，所有权重之和为1。

2.3构建流程

- 第一步：建立合取式置信规则库，这一步可以构建不完整的BRB。
- 第二步：通过第一步的合取式置信规则库，确定析取式置信规则库的结构--前提属性值和属性参考值，但该合取式BRB的后件仍然不知道到信度分布。
- 第三步：确定合取式规则相关联的析取式规则。
- 第四步：用2.2的公式计算合取式规则的权重。
- 第五步：用ER算法对合取式规则进行聚合，生成析取式规则后件的置信分布，比如，2.1最后的例子里，规则1'相关联的合取式规则有规则1，2，3，4和7，那么对规则1，2，3，4和7进行ER算法合成，得到规则1'带有置信分布的评价结果。重复第四步和第五步，直到得到完整的析取式置信规则库。
- 第六步：计算析取式规则的权重 $\theta_{k'}$
 - 对各个析取式规则的合取式规则权重进行求和，

$$\theta_{k'} = \sum_{r=1}^{R_{k'}} \theta_r$$

- 生成析取式规则权重，

$$\theta_{k'} = \frac{\theta_{k'}}{\sum_{k'=1}^{K'} \theta_{k'}}$$

通过上述步骤就得到了一个规则完整的析取式置信规则库。

3 实验结果

对10个随机测试案例，比较传统BRB，析取式BRB和不完整的析取式BRB的评价结果。结果如下表，

表 4 10 个测试案例得到的结果
Table 4 Results from 10 test cases

输入	属性		交集 BRB	并集 BRB1	并集 BRB2
	C12	C13	结论	结论	结论
1	75	10	83.7330	66.8370	67.2000
2	65	5	46.9560	57.0150	55.1670
3	40	11	71.0340	61.4280	61.8480
4	25	7	35.4210	53.4510	50.5140
5	69	13	86.6100	67.7580	67.5210
6	29	6	35.2410	52.8180	50.0310
7	54	9	72.1410	62.1150	62.8320
8	32	12	62.4060	60.7020	59.5260
9	70	15	88.9650	69.2940	68.1810
10	66	10	80.0760	65.6520	66.9240
MAE	—	—	0	13.6845	12.9027
MAPE	—	—	0	0.2344	0.2141

结果中可以看到，析取式BRB的结果和传统的BRB方法的评估结果差别还是蛮大的，除了输入8之外，结果评价基本相差10以上，评测指标平均绝对误差（MAE）也超过10。评价效果似乎并不理想。但不完备的析取式BRB的评价结果基本与完备的析取式规则相差不多，误差也十分的接近，说该方法在处理不完备规则时能够起到很好的作用，唯一的不足就是与传统的BRB相比，精度可能不能满足需求。