

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：粗糙集在项目认知属性标定中的应用

作者：唐小娟 丁树良 俞宗火

第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：项目的认知属性标定是认知诊断的主要内容，也是一大难点之一。它是应用认知诊断首要解决的问题。《粗糙集理论在项目认知属性标定中的应用》将粗糙集理论用于解决认知诊断的项目认知属性标定做了理论与模拟研究的尝试，很有创新与实践意义。

回应：谢谢专家的肯定。

意见 2：通读全文，有几点不明白的地方：1. 作者采用粗糙集理论进行项目认知属性标定。文中在运用粗糙集理论时，将粗糙集理论与认知诊断中的基本理论进行对应，比如条件属性对应于 Q 矩阵，即认知诊断测验蓝图，再如在认知诊断中，V 为被试对各个项目的 ERP 和该类被试具体的知识状态 KS 等概念。现有一疑问，作者提出方法是否只能适应于建立有 Q 矩阵等这些概念的认知诊断当中，对于其它的认知诊断，比如采用多策略多成分潜在特质模型 (MLTM for MS) 模型进行认知诊断时，也需要对认知属性进行分析与标定，这时粗糙集理论是否还适应。

回应：审稿专家的意见非常中肯。采用粗糙集中的决策表进行认知诊断，其中决策表实际上是一个无需项目参数，只需项目属性的认知诊断模型。对决策表适当的构建，同样能处理多策略的问题，我们已经对这个问题做了模拟研究，并与已有的多策略方法进行比较，效果相当，且凸显出粗糙集做认知诊断所需样本量少和诊断时间短的优势。但是我们还没有研究多策略多成分潜在特质模型，所以不敢对专家提问贸然做肯定回复。我们会将专家的问题作为今后一个研究问题。这一点我们在讨论中也提及了。

意见 3：作者在“2.3 粗糙集进行项目属性标定的基本步骤”中指出，“第二步是由估出的被试知识状态和所有项目类型构建项目认知属性自动标定决策表”。这里项目类型是指什么，它与认知属性结构（收敛型、发散型等）是否有关系？其次，又如何获晓项目的类型呢？

回应：项目类型和认知属性结构有关，一旦给定认知属性结构可以写出所有项目类型。

给出认知属性及其层级关系，可以获得相应的可达矩阵 R；基于可达矩阵 R，项目类型可以由 Ding et al.(2008)，丁树良等人 (2009)，杨淑群等人 (2008) 的扩张算法计算出来。实际上 Tatsuoka (1995,2009)所说的简化 Q 矩阵(reduced Q matrix Q_r)的行对应属性，列对应所有项目的类型。Tatsuoka 的 Q_r 和丁树良等人说的潜在 Q 矩阵 Q_p 是相同的。如：具有 5 个属性的线型结构，所有项目类型为 10000, 11000, 11100, 11110, 11111。现在大部分有关认知诊断的文章虽说不考虑认知属性结构，但实际上采用的是独立结构类型。对于独立结构，粗糙集也能够处理。我们已在 2.3 中进行了补充说明，并用红色进行标记。

意见 4：在以 5 个认知属性的收敛型结构为例当中，第一步的 (1) 构建决策表。有同样的疑问，表 1 的决策表是在认知属性为收敛型的基础上建构的吗？若是，是否意味着在实际应用当中，我们首先要确定属性关系，请予以解释。

回应：请参见对第 2 个问题的回应。同时，2.3 中构建的决策表是以收敛型结构为例，其他

的结构也可以做，如后面的模拟是根据发散结构做出的结果，现在大多数讨论的独立结构情况也能够处理。文章中已经在 2.3 中进行相应地补充，并用红色进行标记。

意见 5: 从表 2 提取决策规则结果显示，规则八的被试知识状态有两种可能，规则八的被试知识状态有两种可能，这样一来就会给分类结果带来误差。疑问：当属性个数多，项目数多，属性关系复杂的时候，是否会出现某个规则会有几种知识状态的现象，当出现这种情况时，我们应当如何去确定被试的知识状态呢？是否如本文作者采用的人为指定的方法呢？

回应: 首先，当属性个数多，项目数多，属性关系松散的时候，目前的认知诊断模型的模式判准率都会下降，只不过在相同条件下，好的认知诊断模型对应的下降幅度小一些；

其次，就像其他认知诊断模型一样，如果测验蓝图设置不合理，无论属性个数和项目数多少，属性关系是否复杂，在分类过程中都会出现如下的混乱的情形：好几个知识状态对应同一个期望反应模式（Tatsuoka 称之为理想反应模式），或者说同一个期望反应模式可能对应若干个知识状态的混乱的情形。而被试的观察反应模式可以看成是带有随机误差的期望反应模式，因此这时候极有可能会出被试指向几种知识状态的情况，这也是为什么现在认知诊断不能百分百精确诊断的原因之一，而不仅仅是在粗糙集中会出现这种情况。当出现这种情况时，只能是很好地设计测验蓝图，尽量使待判被试指向一种知识状态，这一直是从事认知诊断研究的学者不断探索的重要内容；再者，粗糙集中的属性约简算法会影响提取的规则，继而影响分类，我们可以从优化约简算法层面去考虑提高判准率；最后，从本文给定的项目 4((1,1,1,0,0))和项目 5((1,1,0,1,0))来看,这两个项目实际上没有涉及到第五个认知属性，事实上，因为随机选题，所有的项目都没有涉及到第五个认知属性，所以难以分辨被试是否拥有它，因此，测验蓝图的设计是非常重要的。如果出现这一情况，软件会随机指派该规则中某种知识状态给被试。我们已经在文章进行了相应地补充（2.3 中第一步（3）），并用红色进行标记。

意见 6: “第三步根据决策表提取的决策规则，自动标定项目认知属性”。这部分作者又随机生成了 5 个项目。这 5 个项目与前文提到的随机产生 1 至 5 个项目设为 Q_t ，依次为：10000、11000、11100、10000、11010；之间是什么关系？为何在此又随机生成 5 个项目。

回应: 前面随机产生的项目是用于测验被试，获得被试的作答反应以估计被试的知识状态，后面随机产生的项目是待标定项目属性的项目。因为只有估计出被试的知识状态，让这些知识状态已知的被试对属性无知的项目作答，根据被试掌握了项目中所有属性，正确回答该项目的可能性才高，否则正确作答率低的理论假设，才有可能标识项目中未知属性。

意见 7: 文中还有对参考文献的参考说明不详等疑问，比如“一些学者将粗糙集应用于心理测量(郭昭麟, 2009; 刘丽铃, 2010; 余嘉元, 2008), ”应用于解决心理测量的什么问题呢？是否和本文要解决的问题有关，请作者予以明晰的说明

回应: 郭昭麟和刘丽铃采用粗糙集中属性约简方法对试题进行删减，从而选取较好的试题测量被试；余嘉元采用属性约简方法对人事干部胜任力评估数据进行分析。这些研究在一定程度上佐证了粗糙集应用于心理测量的可行性，但这些粗糙集的运用还没有涉及认知诊断。我们已在文章 2 中补充说明了这一问题，并用红色进行标记。

意见 8: 其它具体详见附件。

批注[b1]:作者采用粗糙集理论进行项目认知属性标定。文中在运用粗糙集理论时，将粗糙集理论与认知诊断中的基本理论进行对应，比如条件属性对应于 Q 矩阵，即认知诊断测验蓝图，再如在认知诊断中， V 为被试对各个项目的 ERP 和该类被试具体的知识状态 KS 等概

念。现有一疑问，当认知诊断不是如作者提到的有被试知识掌握状态、被试期望作答模式等这种时，例如采用多策略多成分潜在特质模型（MLTM for MS），这时，粗造集是否还有用武之地呢？

回应：已经在第一问中做了回应；

意见 9：批注[b2]:应用于解决心理测量的什么问题呢？是否和本文要解决的问题有关，请作者予以明晰的说明。

回应：已经在第六问中做了回应；

意见 10：批注[b3]:?

回应：已经在文中进行了相应地修改；

意见 11：批注[b4]:项目类型如何确定？

回应：已经在第二问中做了回应；

意见 12：批注[b5]:疑问：表 1 的决策表是在属性是收敛型的基础上建构的吗？如果是的话，那么是不是意味着在实际应用当中，我们要首先确定属性关系？请作者予以解释。

回应：已经在第三问中做了回应；

意见 13：批注[b6]:请说明该软件的出处，为何使用该软件进行约简和提取决策规则，以及该软件在计算中采用的参法是什么等。

回应：已经在文中做了相应地补充；

意见 14：批注[b7]:规则八的被试知识状态有两种可能，这样一来就会给分类结果带来误差。疑问：当属性个数多，项目数多，属性关系复杂的时候，是否会出现某个规则会有几种知识状态的现象，当出现这种情况时，我们应当如何去确定被试的知识状态呢？

回应：已经在第四问中做了回应；

意见 15：批注[b8]:疑问：规则关系除了优先级差异和并列关系外，是否还有其它的关系存在？为什么？

回应：依据认知属性结构存在的先后和并列关系，现阶段的研究只发现了优先级差异和并列关系，这也正是认知属性结构所具有的特性。

意见 16：批注[b9]:这部分是用目测的方法还是运用软件来进行处理的，请作者予以解释。

回应：分类过程还是在软件中进行，文中的叙述只是想说明如何根据决策规则和被试作答进行分类的。

意见 17：批注[b10]:这里就是规则八的知识状态，作者将其人为指定为 11111，这也是下文第七个被试在第五个认知属性的估计误差所在。如何解决这个问题呢？

回应：可以通过合理地设计测验蓝图或改进约简算法解决这个问题。本例只是想着重说明粗糙集做属性标定的方法，因此随机选取项目来分类，没有考虑过测验蓝图如何设计以及约简算法问题，在以后的研究中我们定会关注此问题。我们已经在第四问做了回应。

意见 18：批注[b11]:请作者对出现这样的结果进行解释。

回应：此数值是根据表 3 中估计的结果和属性边际标定准确率公式得到的，在文章 2.3 中第一步（3）已经补充，并用红色做标记。

意见 19:批注[b12]: 这 5 个项目与前文提到的随机产生 1 至 5 个项目设为 Q_t ，依次为：10000、11000、11100、10000、11010；之间是什么关系？为何在此又随机生成 5 个项目。

回应：已经在第五问中做了回应。

审稿人 2 意见：

意见：“粗糙集理论在项目认知属性标定中的应用”在回顾原有认知诊断属性标定方法的基础上，指出原有各种方法存在的局限，旨在开发一种新型的、适用于小规模课堂教学评估的属性标定方法，研究不仅具有较强的理论意义，更有较大的实践意义。文章结构清晰、语言表达通顺、研究设计合理，结构解释正确，但仍有几个方面需作者考虑进一步完善：

作者回应：谢谢专家的肯定。

意见：既然文章旨在开发一种摒弃原有方法局限性的、新型的、适用于小规模课堂教学评估的属性标定方法，教师应该是这种方法的操作者，则这种方法应该是教师易于理解、掌握和应用的方法，作者在文中大量叙述了这种方法的原理，这是有必要的，但更重要的，作者能否在文中挪用一部分篇幅来介绍教师如何实际使用这种方法，是用一线教师通俗易懂的叙述而不是专业的学术的叙述，因为本研究的目的是……的应用，且面向的是课堂。本人是认为这篇文章的出发点和研究目的很好，那么研究内容应该与目的相符，突出其实践性和应用性，当然模拟研究可以有，但更重要的是如果能加上一个简单易行的实践框架更好。

作者回应：已经按照专家的意见在附录中补充了操作过程。事实上，使用者可以不必了解原理，只要使用相应的粗糙集软件就可以。

意见：2.1 中“认知诊断是根据项目所涉及的知识与被试作答反应作答两方面的信息对被试进行分类。”，语句不通，望修改。望作者通读全文，使文章更具可读性。

作者回应：十分抱歉，这是作者的粗心造成的误会，我们已经在文章相应的位置进行了修正，并用红色进行了标记。

意见：从新的决策表（表 2）提取决策规则。新的决策表不包括项目 2，规则中为何含有 $attribute2=0$ 或 $attribute2=1$ 的规则？此处应该只有出规则二、三的 6 条规则。表 3 可证实是只需 6 条规则。不知对否？

作者回应：专家的说法很正确，我们已经在相应位置（2.3 中第一步（2））进行了相应地补充说明，并用红色进行了标记。

意见：表 9 中，表题为边际判准率，表格中为模式判准率，有误。

作者回应：很抱歉，这是作者的粗心造成的误会，我们已经在文章相应的位置进行了修正，并用红色进行了标记。

意见：图 1 是乱的，建议用专业画图软件画，这样线条就不会乱跑。

作者回应：非常感谢专家的意见，我们已经对所有的图形进行了修改。

意见：研究结果尚显单薄，建议丰富研究结果。

作者回应：很感谢专家的意见和建议，我们已经在文章中增加了图 5，6 详细地阐述结果。另我们进一步深入地研究了有关标定中的一些其他问题，而限于篇幅不能详尽叙述。

意见：最后一部分为“小结与讨论”，建议改成两部分，即 5.讨论，6.结论

作者回应：感谢专家提出的意见，我们已经进行了相应地修改。

审稿人 3 意见：

意见 1：个人认为，文章的选题很有创新价值，研究结果也较为可靠。

回应：谢谢专家的肯定。

意见：但是文章行文和遣词造句还需要进一步打磨。

回应：感谢专家提出的意见，我们已经对全文进行了认真地修改，修改地方达四十多处，并用红色字体进行了标记。

意见 2：在使用粗糙集进行项目属性标定步骤的说明中，作者提到“被试的估计与被试数量和项目参数是否已知无关”，这的确是使用粗糙集进行分类的一大优势。但是即便是考察同一种属性模式的题目，其测量学属性也就是文中所指的项目参数也可能是不同的，不用项目参数这一除属性模式之外进一步表征项目性质的数据，这可能会增加使用粗糙集进行标定的误差。请问作者对这一问题是如何看待的呢？

回应：感谢专家提出的意见，首先粗糙集是一个强大的数据分析工具。它能够表达和处理不完全、不精确、不确定的定量或定性信息；能够在保留关键信息的前提下对数据进行简化，大大降低知识的表达空间维数，并求得知识的最小表达；能够识别并评估数据之间的依赖关系，揭示出概念简单化的模式；能够从经验数据中获取易于证实的规则知识(吴今培&孙德山, 2006)。有人 (Duda, Hart & Stork, 2003) 认为，如果类别是用实体间的一般关系所刻划的，而非一些具体示例，那么基于规则来设计分类器的想法将很吸引人。基于规则的方法是人工智能算法不可或缺的一部分，但在模式识别中应用的不多。规则的最大优点是容易被解释，所以可应用于数据库中，在那里，信息常被编码成实体间的关系。

优点与缺点往往是共生的。粗糙集做认知诊断是基于规则，所以无需项目参数，这在估计过程中可以凸显许多优点，如无需估计参数、对被试量无要求、无需考虑模型拟合等等。然而，也正是无需项目参数，使得粗糙集方法缺少自然概率的概念的缺点，因为项目参数不同势必会带来作答反应的差异，所以考虑将粗糙集与概率结合，以提高分类率，是我们今后的一个研究课题。另外，由于是基于规则，所以规则就应该准确、完备，而准确完备的规则的获取，必须有科学的认知诊断测验蓝图为前提，这对于不熟悉修正的 Q 矩阵理论（丁树良等人，2009,2010,2011）的研究者，也是一个障碍。好在修正的 Q 矩阵理论的实施并不复杂，只要将可达矩阵作为认知诊断测验蓝图的一部分即可。

另外我们曾经将粗糙集与 DINA 模型进行了比较研究，两种模型所得结果比较一致。所以不必太担心由项目参数的差异造成对判准率的重大影响，且通过本文的模拟结果可以看到模式标定判准率都非常地高，再次印证了粗糙集有比较强的分类能力。

意见 3：在使用粗糙集进行项目属性标定原理的论证中，可以看到在构建决策表的过程中使用的是期望反应模式，而在具体分类时就直接用观察反应模式，二者之间是割裂的，因为期望反应模式毕竟只是一种理论假设，真实情境中的观察反应未必符合期望反应的假设，使

用理论假设的数据构建决策表，并将这一决策表用于真实的观察反应数据的分类是否合理呢？可否考虑在构建决策表的过程中就将一部分观察反应模式纳入其中，这样所构建的决策表更加接近观察反应，也就是真实数据呢？

回应：若被试掌握了项目的所有属性则判为答对该项目，被试在无任何猜测和失误的情况下，在所有项目上的作答结果构成期望反应模式，这是正确作答结果。而规则提取就是要从正确作答结果中提取规则，然后按照规则将被试进行分类。期望反应模式实际上是分类的训练样本，观察反应模式是测试样本，如果训练样本带有误差，对测试样本的分类准确率的负面影响太大。也就是说，若采用观察反应模式，由于被试在作答过程中一般都会有猜测与失误，从错误的作答中提取错误规则，很可能判错被试；再者，在决策表中，观察反应模式对应的被试的知识状态必须已知，而事实上该被试本身知识状态就是待估的，所以不可能将观察反应模式放入决策表中。

意见 4：在模拟研究中作者选定发散型的数据来实现新方法的属性标定。像这种初始的新方法运用的论证，为什么不使用属性之间完全的独立的结构呢，因为这一种结构是一种全集，包括本文所使用的发散结构，以及其他结构都是属性独立时数据的子集，如果是初始探索新方法的使用价值，使用属性独立的结构更具有普遍意义，个人建议，仅供参考。

回应：感谢专家提出的宝贵意见，专家意见很有道理。事实上关于认知诊断的研究，特别是模拟研究时，有两种做法：一种是使用独立结构，另一种是接受 Leighton, Gierl, Hunka (2004) 创建属性层级模型 (AHM) 的想法，认为任何认知过程都可以找到所有属性的一个共同的先决属性。于是他们将基本属性层级界定为线型、收敛型、发散型和无结构型，而不讨论独立型。我们在论文写作时，受到 Leighton 等人(2004)的影响比较大，在他们的理论指导下研究粗糙集用于认知诊断的问题。此时，从结构上来看，发散型可以涵盖线型、无结构型，而收敛结构仅仅比线型结构复杂一点点，因此本文只考虑了发散结构。

根据专家建议，我们对独立结构进行了初步研究，特别研究属性个数较多（如 10 个）的情况。一般地，属性结构越松散、属性个数越多则认知诊断分类的判准率越低，独立结构最松散，所以针对独立型结构的认知诊断分类结果和其他属性层级结构相比，要低一些，重要的是在独立型结构下，和其他认知诊断模型分类准确率相比较。Henson & Douglas (2005) 应用 DINA 模型研究过 8 个属性独立结构的情况，其模式判准率为 0.232，而采用粗糙集方法所得结果比 Henson 高，当属性个数为 10 个时判准率为 0.2613，考虑到属性个数越多，判准率一般会越低，所以，我们认为，独立结构条件下，采用粗糙集方法进行认知诊断，和使用其他认知诊断模型做认知诊断，其效果不至于太差。当然，要确认这一点，需要进一步的系统研究来验证。由于拙文行文大体成形，我们对文字的驾驭能力不高，所以除了做必要的修改之外，就基本上维持原貌，不敢做太大的变动，敬请审稿专家谅解。未来，我们将另文研究独立结构的情况。在文章末尾，我们增加了相关的内容。

意见 5：在模拟研究中，作者考虑了被试估计的准确率对属性标定的影响，请在方法部分具体说明如何设定被试估计的准确率这一变量的。

回应：感谢专家提出的意见，我们已经在 3.1 节相应的位置进行了补充。

第二轮

审稿人 1 意见：

意见 1：项目认知属性标定是认知诊断重要的基础工作。《粗糙集在项目认知属性标定中的应用》一文将粗糙集理论用于项目认知属性标定，以解决教师运用认知诊断进行课堂教学

评估。文中研究者清晰地剖析了粗糙集理论用于项目认知属性标定所涉及到的概念问题，并采用模拟研究进行探讨。这些对认知诊断的发展及实际应用都极其有意义。

回应：谢谢专家的肯定。

审稿人 2 意见：

意见 2：作者针对第一轮评审意见，作了认真细致的修改，态度诚恳，工作认真。

还有两点需要作者再次考虑修改：（1）图 1 还是乱的；

作者回应：很抱歉，我们没有叙述清楚，图 1 并不是乱的，我们在图上标记箭头用以表示粗糙集各部分与认知诊断各要素之间的联系。

意见 3：（2）讨论和小结能否换一下，5.讨论，6 结论。讨论为：基于研究结果的讨论，说明得到了什么没有得到什么，其原因如何？把讨论和结论分清楚，并且在讨论部分要以标题的形式呈现讨论的主旨，现在讨论部分略显单薄，建议 5 和 6 部分的内容进行整理糅合。结论部分可以简略点

回应：我们已经根据专家的要求把 5、6 部分进行糅合，并用红色字体进行标记。

审稿人 3 意见：

意见 1：作者将期望反应模式用于构建决策表，也就是提取规则，将观察反应模式用于实际分类。这在模拟研究中没有问题，但是作者是否思考过这种方法是否能够用于实际的数据中呢？因为所谓期望反应模式就是一种完全理想化的假设，假设被试的作答反应符合这种规律，但是实测数据中一定是不同的。传统的认知诊断方法可以通过模型与实际数据的拟合程度来表征实测数据是否比较理想的符合模型的理论假设。如果使用这种方法如何检验实测数据就一定符合期望反应模式背后的假设呢？

在传统的具有参数的认知诊断模型中，可以通过误差参数建立起真实的观察作答反应与假设的理想作答之间的桥梁，二者之间的不一致程度通过设置误差参数来度量。而在这种非参数的方法中如何解决这种矛盾呢？换句话说这种粗糙集方法是否能够用于真实测评情境中呢？从本文的研究中还没有看到这种方法用于现实情境的可行性。因为构建决策规则的数据是理想化的模拟数据，而是用粗糙集分类时是使用观察反应模式。在传统的认知诊断方法中二者之间可以衔接，但是在本文的研究中是割裂的。

回应：非常感谢专家的提问。对于这个问题，我们主要是从四个方面来考虑的：

首先，正如余嘉元（2008）所说，心理测量的研究对象具有一定的不确定性，造成这种不确定性的原因是多种多样的，如果是由于随机性引起的不确定性，那就可以用概率统计方法来处理；如果是由于模糊性引起的不确定性，那就可以用模糊集的方法来处理；如果是由于知识的颗粒性引起的不确定性，那就可以用粗糙集理论的方法来处理。不同的方法在处理不确定性时，解决问题的模式有所不同。专家提到的“二者之间的不一致程度通过设置误差参数来度量”，是概率统计方法中常用的模式，而粗糙集理论与方法则通常是通过规则的提取来做的。正如，概率统计方法中不需要通过规则提取一样，粗糙集方法也不需要设置参数误差来度量二者之间的不一致程度。或者换句话说，很难按照概率统计方法的思维来思考粗糙集方法解决问题的思路。

其次，现实情况与理想作答模式之间的差别，主要体现在现实情况可能更加复杂些。这种现实的复杂性，在概率统计方法中可能体现为误差，在粗糙集中则可能体现为一种现实情况对应多条规则。无论是采用概率统计方法还是采用粗糙集方法来对未知项目属性进行标定，都是以已知项目属性标定正确为前提的。将粗糙集方法运用于未知项目属性标定时，所有的规则实际上是穷尽了各种可能的情况，每个观察反应模式总会适合某种或多种规则。若

观察反应模式适合某一个规则时，则把未知项目判给该条规则对应的属性向量；若观察反应模式适于多个规则时，亦可因规则间存在优先级差异而对未知项目属性向量做出判断。

第三，在现实情况中，已知项目的属性标定有误是可能存在问题的。如果存在这种情况，这将是另外一个研究课题，我们将另文探讨如何采用粗糙集方法修正项目属性。而且，作为一个研究，总是有其逻辑起点的，就这个研究而言，我们只能假定已知项目的属性标定是不存在错误的。

最后，就理想与现实差异问题，实际上我们已经将粗糙集运用于实测数据，并将所得结果与 DIAN 模型所得结果进行了对比，效果相当，说明粗糙集同样可以运用于实测数据。由于应用于施测数据这部分涉及内容太多，限于文章篇幅，不便在这里展开，敬请谅解。

意见 2: 如果不考虑现实的测评情境，仅仅是理想化的向量运算关系，在本文的模拟研究中，在五维向量的运算中，而且向量并不是全集的情境下，用粗糙集法所得到的准确率看似很高，其实也不足为奇。最为关键的是这种理想化的模拟方式对于实际测评情境没有任何意义。因为人的实际作答反应并不是像机器那样符合 0, 1 的假设。作者所引入的粗糙集法所解决的问题，也仅仅是理想化的向量运算关系。

回应: 对于审稿专家的意见，我们想谈一谈我们的想法和做法。

对于关于潜在特质的新模型、新方法、新程序等等的检验，只要条件允许，目前至少有两条途径：模拟和实际使用，而且模拟研究在前，实际使用在后面。这是因为潜在特质不能直接观察，得不到潜在特质的“真值”，因此不通过模拟就无法评价对潜在特质的测量的准确性；所以模拟是必要的。如果对于模拟这样控制了许多条件的环境，提出的新模型、新方法、新程序等表现都不好，那么，将它们应用于条件不太明朗、更加复杂的真实环境，效果就更难想象。这是目前研究者遵循的逻辑。

我们曾经模拟过 3~8 个属性(即 3~8 维)的情况，甚至模拟过 10 个(10 维)和 11 个(11 维)属性的情况，均与同类的研究进行了比较，所得结果都比较理想。

实际应用当然必要，而且不用于实际，将研究的成果束之高阁，其价值就很难体现(除非高深的理论，比如一些抽象的数学成果，一时可能找不到应用，那另当别论)。其实，我们不仅仅做模拟，而且重视实际应用。2012 年，我们采用了某中学七年级上学期第二章整式的加减法的实测数据进行实证研究，测试内容包含整式和整式的加减两节。经过该中学数学教研组老师集体分析，得到整式的加减所包含的九个项目认知属性。我们将粗糙集分析的结果和 DINA 模型分析的结果进行了比较，发现两者方法效果相当，且在无项目参数条件下，粗糙集方法耗时少，特别是属性多的情况下，其他方法所耗时间与该方法没有可比性，这是该方法的一大亮点。

现有的认知诊断方法，均采用向量方式进行标示和计算。比如：用向量表示被试知识状态、表示项目属性、通过向量计算方法来计算被试的理想作答模式，这些内容在现有的认知诊断中都是必须做的。囿于我们的视野，我们目前还没看到采用其他方法表示这些概念的文献。在这篇文章中，我们针对客观题，使用的是 0-1 评分方式，也就是被试在项目上作答全对才给 1 分，否则给 0 分；据我们所知，目前认知诊断测验常常讨论这种情况，对于主观题，或者多级评分方式，目前的研究成果如果有，也不多。另外据我们所知，给定测验 Q 矩阵和学生 Q 矩阵，不论是 DINA 模型，还是规则空间模型(RSM)，这些非补偿模型的理想反应模式的计算均是通过向量运算获得(如可以参见丁树良等人，2009，心理学报(2))。

综上所述，专家所说的理想化的向量运算关系并非只是在粗糙集方法中使用，其他认知诊断方法均如此使用，且就目前国内外认知诊断的研究水平来看，均是采用这种“理想化”的向量运算方式。