arXiv:2601.01477v1 [cs.CL] 4 Jan 2026

如何在 PROLEG 中实现法律的机器可读化?

对《通用数据保护条例》第6条的调查

May MyoZin[1 [0000−0003−1315−7704]]、Sabine Wehnert[2 [0000−0002−5290−0321]]、Yuntao Kong[1 [0009−0001−2089−2363]]、Ha Thanh Nguyen[1, 3 [0000−0003−2794−7010]]、WacharaFungwacharakorn[1 [0000−0001−9294−3118]]、Jieying Xue[1 [0009−0000−8070−6609]]、Michał Araszkiewicz[4 [0000−0003−2524−3976]]、Randy Goebel[5 [0000−0002−0739−2946]]、Ken Satoh[1 [0000−0002−9309−4602]] 和 Nguyen Le Minh[6 [0000−0002−2265−1010]]

[1] 法学信息学中心，信息与系统研究机构（ROIS-DS），日本东京[2] 波鸿鲁尔大学，RC-Trust，德国波鸿[3] 大语言模型研究与开发中心，NII，日本东京[4] 雅盖隆大学：波兰克拉科夫[5] 阿尔伯塔大学：加拿大阿尔伯塔省埃德蒙顿[6] 日本先进科学技术研究所，日本石川

摘要。 要实现监管流程预期的积极社会影响，必须确保其应用既准确又高效。包括自然语言处理和机器辅助推理在内的现代人工智能技术，为应对这一挑战带来了巨大希望。我们提出了一个框架，用于解决监管应用工具面临的挑战。该框架基于自然语言处理领域当前最先进的方法（大语言模型，简称 LLM）以及法律推理形式化方法（法律表示系统 PROLEG）。作为示例，我们重点关注《欧盟通用数据保护条例》（GDPR）第6条。在我们的框架中，单个大语言模型提示可同时将法律文本转换为如果—那么规则及相应的 PROLEG 编码，随后由法律领域专家对其进行验证和完善。最终输出是一个可执行的 PROLEG 程序，可针对 GDPR 决策实例生成便于人类理解的解释。我们介绍了端到端转换流程，以处理监管文件的一个片段（《通用数据保护条例》第6条），其中包括提示框架，用于指导大语言模型将自然语言文本“编译”为如果—那么规则，再将经过审核的如果—那么规则进一步“编译”为 PROLEG。最后，我们给出一个实例，展示 PROLEG 执行过程。我们总结了这一方法的价值，并指出了观察到的局限性，同时提出建议，以进一步开发此类技术，用于捕获和部署监管框架。

关键词： 机器可读法律 · 《通用数据保护条例》 · PROLEG · 法律推理 · 大语言模型 · 人在回路工作流

1 引言

现代法律和监管文本（如欧盟《通用数据保护条例》（GDPR））是为便于人类解读而撰写的。其开放性语言、交叉引用和例外情况使其难以转化为形式化模型，更不用说软件了 [1]。随着组织寻求大规模实现合规自动化，这种以人为中心的起草方式成为瓶颈：它妨碍一致解读，拖慢审计进程，并提高证明合规性的成本。因此，将法律转换为结构化、机器可读的形式，是开展人工智能辅助法律分析、提供可解释的决策支持，以及实现稳健、可审计的合规自动化的前提。

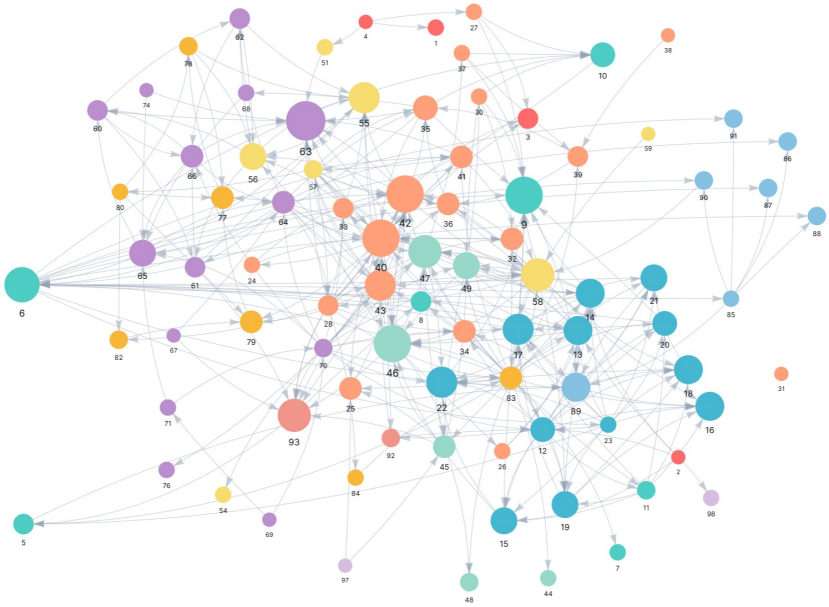

图 1. 《通用数据保护条例》条款之间的明确交叉引用网络。

本文提出了一种人在回路工作流，将自然语言法律条文转化为适用于自动推理和合规性检查的可执行规则。我们聚焦于《通用数据保护条例》第6条（处理的合法性），将其作为一项具有代表性且影响重大的法律条文；其中细致的条件和例外充分体现了形式化所面临的挑战。我们的方法结合大语言模型（LLM）实现可扩展的起草，并通过专家验证确保法律忠实度，同时采用基于逻辑的形式体系（PROLEG），以支持可靠且可检查的 推理。如图1所示，《通用数据保护条例》呈现出密集的条款间交叉引用网络。该图仅展示了明确的关联，但这种相互关联意味着，分析第6条时也需要考虑相关条款。

PROLEG知识表示语言 [14] 旨在促进律师与法律推理系统之间的互动。尽管它无法解决所有挑战——例如某些法律概念的表达能力有限，以及法律文本存在歧义——但它提供了一种精简而又足以支持推理的语言，从而使律师能够理解系统的行为。

我们的方法将一个固定的复合提示与专家审查相结合：该提示旨在从条文文本中同时生成如果—那么规则和初步PROLEG编码；专家审查则确保法理忠实度，并保留法律条文的语义结构。通过以专家验证和可执行形式体系为大语言模型生成的候选规则提供依据，该框架支持透明推理，并确保形式规则可追溯至权威文本。

本研究的贡献主要有三方面：

– 一套实用流程，将基于大语言模型的规则生成与专家审查相结合，以生成可由PROLEG执行的法律规则；– 对固定复合提示所生成的如果—那么规则和PROLEG表示的法理忠实度进行定性评估；以及– 一套精选规则集和《通用数据保护条例》条6的测试用例，并展示端到端推理行为，包括失效模式。

最后，我们考察初始复合提示方法的局限性，包括残余歧义以及将该方法迁移至新法律领域所面临的挑战，并阐述该流程管线如何推广至《通用数据保护条例》的其他条款及其他监管框架。

2 背景

本节介绍 PROLEG 逻辑框架的背景，并梳理法律知识形式化表示方面的相关研究，涵盖基于逻辑和规则的系统、本体与知识图谱方法，以及面向规范性文本的机器可读标准。

2.1 PROLEG

PROLEG（基于 Prolog 的法律推理支持系统的简称） [15] 是一种用于建模并支持法律推理的逻辑编程框架。它基于 Prolog 语言开发，专门用于以结构化且可执行的形式表示法律规则、例外和事实。

该系统最初旨在将日本法学中的预设终极事实理论（JUF理论）下的推理形式化。与标准逻辑编程不同，PROLEG 引入了能够捕捉法律论证细微之处的构造，例如例外、举证责任和规则层级；这些都是法律决策的核心要素。

在 PROLEG 中，法律被编码为逻辑规则（类似于霍恩子句），而案件的事实则单独表示。随后，推理过程通过将规则应用于事实来推导结论，同时考虑例外

和相互冲突的解释。这使 PROLEG 能够以透明且可解释的方式模拟法院和法律从业者的推理过程。

PROLEG 主要用于计算法律推理和人工智能与法律领域的研究，尤其用于分析大陆法系中的法律条文解释和案件推理。它提供可视化推理轨迹，确保所得结论既可解释又可复现，从而提高推理过程的透明度。尽管它并非通用编程语言，却在符号人工智能与法律知识表示之间发挥着重要桥梁作用，并为法律信息学这一更广泛的领域作出贡献。为作说明，我们考虑以下形式化应用案例。

一家金融机构基于个人的同意，收集了大量个人数据。该机构处理这些数据，尤其用于营销目的。后来，其中一人撤回了同意，并要求该机构停止使用这些数据。尽管同意已被撤回，该机构仍打算继续处理这些数据。

该应用案例已转换为 PROLEG 表述，涉及《通用数据保护条例》第 6 条。输出结果以框图形式展示于图 2 中。每个框图底部的项目表示对结论或条件的评估结果（o：成功，x：失败）。框图之间的实线箭头表示一般规则的结论—条件关系，而虚线箭头则表示一般规则结论的例外关系。推理最终得出整体失败标记（x），表明在撤回同意后继续处理数据属于违法行为。

2.2 基于逻辑和基于规则的方法

早期的工作重点是使用基于逻辑的系统来建模法律规则和推理。逻辑编程，尤其是 Prolog，已被用作这些系统的基础。一个突出的例子是 PROLEG 系统（基于 Prolog 的法律推理支持系统），该系统旨在实现日本民法的预设终极事实理论 [15]。该系统展示了如何将法律规则表示为霍恩子句，再利用 Prolog 技术进行处理，以支持法律推理，尤其是在存在不完整信息的情境中。

该领域也探索了非单调逻辑，例如可废止逻辑和道义逻辑，以捕捉法律推理中的更多细微之处，如规则的例外，以及义务、许可和禁止等概念。Jones等人的开创性工作 [5] 探讨了运用道义逻辑表示法律规范。研究者还提出了混合方法，例如 Dragoni等人[4], 的方法，该方法结合了多种自然语言处理（NLP）技术，包括基于框架、基于依存关系和基于逻辑的抽取，以从法律文本中提取机器可读规则。这种混合方法表明，有必要整合多种方法来应对法律语言的复杂性。同样，Norme in Rete（NIR）项目中针对规范性文本的研究引入了基于机器学习的条款分类器和基于规则的

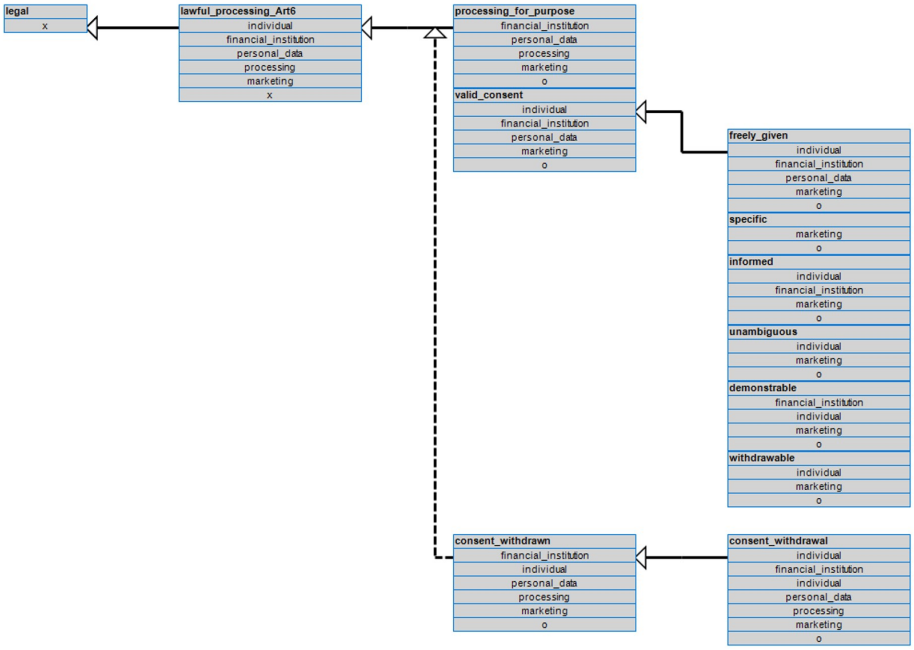

图2. PROLEG 框图示例。

论证提取器，这些工具在单条条款的层级上运行，自动识别条款类型及其论证，从而为法律文书补充结构化语义元数据 [2]。我们的工作同样聚焦于条款层级，但我们的目标是直接以条款文本本身作为推理流程的主要输入，而不是假设存在一个单独的预注释语义层。

在 PROLEG 的基础上，Nguyen 等人 [10]开发了一种交互式自然语言界面，使不熟悉 PROLEG 的法律从业者能够更便捷地使用该系统。该系统由三个主要模块组成：自然语言感知器、PROLEG 推理器和推理解释器，从而弥合形式逻辑表示与律师的自然语言输入之间的差距。随后，Nguyen 等人 [11] 提出了 Deep PROLEG 系统的流程管线，以解决在新领域适配中合成法律案件人工数据时遇到的可扩展性问题。

2.3 基于本体和知识图谱的方法

另一项重要的研究方向是利用本体对法律知识进行形式化表示。本体提供可共享的词汇和结构，用于描述法律领域中的概念及其关系。Casellas 等人 [3],详细介绍的法律本体工程方法，为构建和维护这些知识表示提供了系统化的

方法。与本文语境相关的是 Palmirani 等人 [13] 的研究，他们介绍了 PrOnto——一种采用 MeLOn 方法开发、面向《通用数据保护条例》的模块化隐私本体。该本体对数据、行为者、处理工作流程、目的、法律依据和道义规范进行形式化建模，以支持借助语义网技术开展自动化法律推理和合规性检查。Leone 等人 [7]系统地比较并分类了一组现有法律本体，考察其在通用、建模和语义维度上的特征。他们指出这些本体的优势、弱点和复用潜力，以指导用户选择并扩展适用于法律知识表示的本体。近年来，知识图谱作为基于本体的方法的延伸逐渐兴起，据称能够更灵活、可扩展地表示法律实体及其关系。Servantez 等人[16]进一步推进了这一研究方向，提出一种基于图的合同义务表示方法（义务逻辑图），支持将自然语言合同自动转换为代码；这进一步弥合了法律本体与可执行合同逻辑之间的差距。与此不同，我们的工作侧重于自然语言法律文本，而非形式化本体，旨在利用其丰富的语言特征和深厚的语境，更好地捕捉现实法律文书中的含义和推理。

2.4 机器可读标准

为确保互操作性和广泛采用，对法律文本的机器可读格式进行标准化至关重要。随着标准化工作的推进，已出现多种方法。例如，**Akoma Ntoso**（采用开放标准和本体、面向知识的非洲规范性文本管理架构）是一种重要的可扩展标记语言标准，用于表示议会文件、立法文件和司法文件 [12]。它提供了丰富的词汇表，用于标记法律文本的结构和语义。

在此基础上，**LegalRuleML** 作为另一种以机器可读格式表示法律规则的标准应运而生。Lam 等人[6] 展示了如何利用 LegalRuleML 将表示出的规则转换为模态可废止逻辑，从而实现推理，弥合法律规则表示与自动化推理之间的差距。最近，McLaughlin 等人 [9] 提出了 **X2RL**（可解释、可提取的类规则语言）等新型语义格式，用丰富的元数据字段扩充监管文件，并不仅关注结构，还关注内容和含义，旨在降低监管管理和合规成本。

基于逻辑的系统能让规范变得可执行，但需要手动编制规则并由专家使用；本体和图方法能够对结构建模，却无法进行可执行推理；机器可读标准则确保互操作性，但止步于推理之前。我们的工作通过大语言模型与专家协作的工作流程，直接将自然语言条款转化为经过验证、可由 PROLEG 执行的规则，从而弥合了这些差距。这种方法在保持轻量、兼容现有本体和标准的同时，实现了可追踪、可审计且可解释的推理。

3 方法论

本节将介绍我们的方法论，并详细说明提示设计。

3.1 方法概述

我们的目标是考察单个复合大语言模型提示词如何支持将法律文本转换为可由PROLEG执行的规则。为确保评估过程受到控制，本研究使用一个固定提示词，并将其应用于每个目标条款一次。该提示词的输出，即一组如果—那么规则和初步的PROLEG编码，构成专家分析的基础。

图3展示了概念工作流程，其中包含四个阶段，涉及自动生成和专家审查。尽管图中为清晰起见将这些阶段分开，但在本研究中，如果—那么规则和初步的PROLEG编码均由一个复合大语言模型提示词生成。

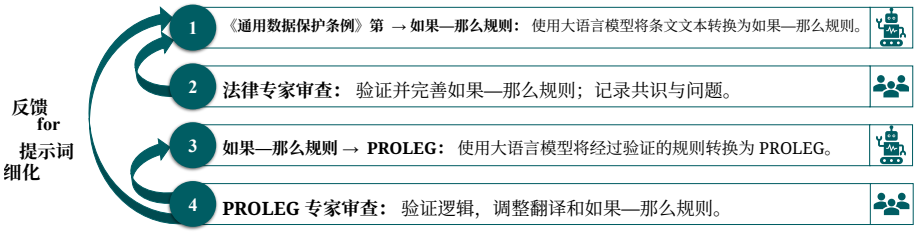

图3. GDPR到PROLEG转换流程概述 .

工作流程如下:

1. **生成如果—那么规则并进行初步 PROLEG 编码：**复合提示指示大语言模型解读选定的《通用数据保护条例》法律条文，提取其中的条件和例外，将其表述为结构化的如果—那么规则，并生成相应的 PROLEG 风格表示。这两种表示构成该法律条文的初步形式化表达。

2. **法律专家审查：**法律专家审查如果—那么规则，评估提取出的结构是否准确反映法律条文的规范性内容。审查重点包括信息在主规则和子规则之间的分配、例外的处理，以及具有法律意义的区别是否得到保留。

3. **PROLEG 专家审查：** PROLEG 专家会评估大语言模型生成的形式化内容在语法正确性和预期语义方面是否合格。他们会识别诸如谓词不匹配、逻辑漏洞或模型解读文本时引入的失真等问题。

4. **案例创建与执行：**案例创建团队会构建具有代表性的事实情景，定义必要的事实模式，并对这些事实进行编码。随后，在 PROLEG 环境中执行经过验证的规则集和编码后的事实，生成推理轨迹，以揭示形式化规则在具体案件中的表现。

这种设计使我们能够隔离并分析固定提示方案的典型模式及其优势和局限，同时明确区分大语言模型生成、专家评估和 PROLEG 执行。作为评估的一部分，我们系统地记录规则的结构或措辞以及其 PROLOG 对应内容中反复出现的问题。

3.2 提示设计

由于《通用数据保护条例》各条款之间存在内在的相互依存关系，且这些条款往往涉及多条及其对应的序言，因此对《通用数据保护条例》的解释本身十分复杂；因此，全面且系统的解释方法必须考虑这些交叉引用及其语境关系。本研究使用了定制版 ChatGPT-5，其中将 Chain-of-Instructions（COI）提示 [17] 嵌入为内部推理框架；该框架引导模型逐步完成法律解释和规则形式化的各个阶段。该提示分为五个内部指令阶段。前两个阶段要求模型识别所有相关序言和交叉引用条款，为所选《通用数据保护条例》法律条文提供解释或程序方面的语境。这确保后续的解释和形式化过程以具体语境为基础，并符合法律逻辑。第三阶段要求将这些解释材料综合为统一、详细的法律规则，明确纳入所有依存关系和解释细节。此阶段对于保持规范忠实度至关重要，因为遗漏或简化可能损害机器可读规则的表征效力。第四阶段将综合形成的规则转换为规范化的如果—那么结构。这种逻辑框架不仅确保语法清晰，也使规则符合基于逻辑的系统的表征要求。它明确区分结论、条件和例外，从而支持人类与机器推理的透明度。最后一个阶段是生成完整的 PROLOG 程序，其中包含实体、规则、例外、事实和查询。尽管我们的最终目标是生成 PROLEG 程序，但我们最初要求模型用 PROLOG 生成逻辑，因为当前的大语言模型对 PROLOG 更为熟悉。这种方法有助于提高准确性，之后我们便能系统地将生成的 PROLOG程序转换为 PROLEG。完整提示及针对《通用数据保护条例》第6条（处理的合法性）生成的相应初始输出，可在 GitHub 代码库[7]中查阅。

[7] https://github.com/JurisInformaticsCenter/GDPR-PROLEG-data

4 结果与分析

由法律专家对生成的如果—那么规则进行了定性评估。评估依据的标准是：生成的规则是否充分符合律师从以自然语言表述的《通用数据保护条例》条款中推导出的法律规范之结构和内容。值得注意的是，我们采用了结构相似性假设，即相较于由多条推导出的复杂表述，优先采用基于单条（或其部分内容）的规则表述。如果规范性材料的其他部分也相关，例如与生成规则的解释有关，则应将其作为配套子规则呈现，而非作为一般规则的组成部分。我们依据专业法学材料 [8]核验了生成规则的这种语义分层。若干种不忠实情况可能出现在如果—那么规则与原始规范性材料之间，包括结构混淆或其他结构变更，以及可能导致目标规则受到限制或被扩大的语义修改。本项目的一个研究问题是：在固定提示系统（如上文所定义）的前提下，探究生成内容中会出现哪些类型的不充分之处或其他问题。我们并未尝试建立一套完整的潜在问题分类体系。起初，我们仅采用结构性问题与语义问题这一区分。我们决定采用自下而上方法建立这类问题的类型学，即分析具体输出，并厘清已识别问题的性质。由此形成的问题示例目录将在以下两个小节中呈现：结构性问题（第4.1节）和语义问题（第4.2节）。

4.1 结构性问题

将信息分配给子规则的方式值得商榷：ChatGPT 为主规则生成了子规则目录，但在某些情况下，难以理解为何某项信息被纳入子规则，而另一项同样相关的信息却未被纳入。例如，在第6.1(a)条（同意）的背景下，ChatGPT 生成了说明同意是自由给予的（第7.4条），且同意应当可以撤回（第7.3条）的子规则，却遗漏了这样一项要求：同意应与其他声明区分开来，并以清晰的语言表达（第7.2条）。类似地，它创建了类似例外的子规则，指出儿童的同意须经父母授权（第8条），以及处理特殊类别数据须取得明确同意（第9.1(a)条），但没有涵盖其他需要明确同意的情形（第22(c)条、第49.1(a)条）。在另一项结果中，ChatGPT 生成了一条与第13条和第14条相关的子规则（用于表述第6.1(c)条），而在其他情况下则（正确地）没有这样做。

将信息分配给主规则存在疑问：在某些情况下，ChatGPT通过参考其他条款，丰富了从特定条款中提取的主规则的条件目录。例如，在第

6.1(a)条的输出中，它将可证明性要求（第7.1条）纳入规则主体，而不是将可撤回性要求（第7.3条）置于子规则中。同样，在表示第6.1(b)条（合同必要性）的生成主规则中，ChatGPT增加了一项条件，即数据处理应遵守第5条所概述的一般原则。然而，该条件适用于《通用数据保护条例》下的任何数据处理实例，因此应纳入涉及数据处理的每条规则的条件集合中。但这一点并未得到一致执行。我们的结论是，为了保持结构相似性，应避免出现此类结果。

生成预设条款： 在有关数据处理规则重构的某些实例中，ChatGPT重构了预设信息（“数据正在被处理”），如第6.1(c)条所示；而在其他实例中则没有这样做。一般而言，应避免这种做法，因为如果某项规则规定了数据处理合法性的条件，那么其适用性已经预设数据处理正在发生；因此，信息“数据正在被处理”已经隐含在任何提及处理的条件中。

4.2 语义问题

谓词简化： 所生成的、用于解释“自由给予”这一术语的子规则，简化了排除符合该要求情形的条件。生成的规则表述为：“如果同意以不必要的服务为条件，而这些服务并非合同履行所必需，那么该同意就不是自由给予的。”然而，事实上，这种条件性并不足以得出同意不是自由给予的结论。在某些情况下，尽管存在条件机制，同意仍可能是自由给予的。这是因为，这种机制的存在具有程度性，而非二元性：在所分析的案件中，该机制表现得越明显，其他条件不变，认为同意可能并非自由给予的论据就越有力。此外，条件机制的存在只是可能导致不符合该要求的诸多原因之一：ChatGPT遗漏了第7.4条中出现的“尤其包括”条款。

作为子规则的可疑释义或推理结果：在某些情况下，ChatGPT 没有在子规则中提供解释性或定义性信息，而是试图对主规则进行释义，或从主规则中得出推理。这一情况出现在第6.1(b)条的语境中。该规则的自然语言表述为：“处理对于履行数据主体作为一方当事人的合同而言是必要的，或为了应数据主体的请求在订立合同之前采取措施而进行处理是必要的”，而生成的子规则则表述为：“如果处理的目的对于履行合同或订立合同而言并非必要，则根据第6(1)(b)条，处理不合法。”尽管严格来说，这是一项有效的推理，但其中遗漏了重要信息：在订立合同之前处理数据，必须是应数据主体而非控制者的请求进行的。因此，如果我们打算从主规则中得出否定性结论（即明确何时不符合该条规定），那么还应说明，即使此类处理在订立合同之前确属必要，只要是由控制者发起的，仍然属于不合规。如果我们打算从

主规则中得出否定性结论（即明确何时不符合该条规定），那么还应说明，即使此类处理在订立合同之前确属必要，只要是由控制者发起的，仍然属于不合规。

添加相关源文本中未出现的信息：在针对第6.1(c)条生成的子规则3中，ChatGPT 表示：“如果法律义务源自非欧盟／非成员国法律，且没有欧盟法律授权。”短语“没有欧盟法律授权”并未出现在源文本中。第6.3条阐明了相关法律义务的来源，仅提及欧盟法律或成员国法律。此外，《通用数据保护条例》在不同语境中使用“授权”一词，指授权某个实体代表他人行事。

限制表达的语义范围：在生成代表第6.1(d)条的规则时，ChatGPT 将关键表达“重大利益”限定为“对生命或身体完整性至关重要的重大利益”。尽管由此得到的范围包含说明性示例，却遗漏了原始范围中的重要部分；例如，私有财产也可能被归类为“重大利益”。

5 方法论局限

尽管我们的目标是探索一套端到端转换流程管线，将自然语言法律条文转换为可执行的 PROLEG 规则，但我们有意将研究限定在单一的定制大语言模型配置和《通用数据保护条例》第6条。这一受限范围使我们能够在不引入模型间差异或更广泛监管环境所带来额外变异的情况下，分离并考察提示设计、模型行为和专家反馈的影响。因此，对本分析的解读最好将其视为概念验证，而非全面的实证评估。未来的工作将把该方法论扩展至多个大语言模型、更多《通用数据保护条例》条款以及规模更大、异质性更强的测试集，以系统评估稳健性和可推广性。

在这一受限情境下，方法论展示了在单个提示中将法律解释与逻辑形式化相结合的可行性，但仍须承认若干局限。即使使用相同的提示和完全相同的输入文本，当前方法仍容易受到模型行为的影响。对同一条款反复应用该方法时，不同运行中提取出的序言和交叉引用条款的数量及顺序偶尔会略有不同。尽管大语言模型能够始终识别最重要且直接相关的法律条文，但偶尔会遗漏那些虽未明确关联、却对完整法律解释仍至关重要的条文。例如，将该方法应用于第6条第1款第(a)项（基于同意处理的合法性）时，模型成功提取了直接相关且最为重要的

法律条文，例如第4(11)、7、8和9(2)(a)条，以及序言第32、33、42和43段等关键序言。然而，模型未能纳入两项重要条款，即第49(1)(a)和(f)条，以及第22(1)和(2)条；这些条款在基于明确同意进行数据传输，以及禁止自动化个人决策（包括用户画像）方面提供了必要的背景和实质性关联。这些遗漏表明，尽管模型能够有效识别核心定义和与同意相关的条款，但在捕捉跨情境依赖关系方面仍显不足；这类关系在句法上的关联不那么明显，语义上的联系却更为紧密，从而凸显了其对《通用数据保护条例》框架中更广泛法律关系进行建模的能力局限。

此外，方法论有意限定为在单一模型配置下执行一个带有内部指令链（CoI）的单一提示。尽管这一设计能够评估模型进行端到端综合法律文本形式化的能力，但未来研究可以探索多智能体或模块化架构，由专门的子模型分别处理解释、逻辑和表征任务。此类分布式系统有望增强可解释性、减轻推理漂移，并支持人类专家与计算智能体之间的反馈循环。

6 讨论

我们的定性评估结果展示了使用大语言模型重构法律规范的潜力及其当前局限。一方面，这些模型能够生成类似规则的表征，至少在表面上反映出法条的架构。另一方面，我们的分析揭示，模型生成的内容在结构和语义忠实度方面系统性地偏离了预期。这些偏差不仅体现为技术性错误，往往还涉及更深层的问题，例如信息分配、对基本规范区分的保留，以及对法律术语的解释。结构性问题表明，模型缺乏稳定的内部标准来区分一般规则与其子规则，导致内容在不同表征层之间分配不一致。同样，语义问题显示，模型倾向于过度概括、过度简化或作出无根据的推断，从而可能缩小或扭曲重构规范的适用范围。综合来看，这些发现表明，尽管当前的提示方法能够引出类似专家生成表征的规则，但并不能保证其法理适切性。观察到的不适切模式凸显了比较不同提示策略、进行模型校准，以及探索将语言生成与领域特定的法律约束相结合的混合系统的必要性。

7 结论与未来工作

我们考察了如何通过结合大语言模型与专家审查的人在回路工作流，将《通用数据保护条例》第6条转化为 PROLEG 中的机器可读形式

。我们展示了单链指令提示如何引导模型完成一系列任务：从识别相关条款和序言，到起草如果—那么规则，再到在演示系统中编译可执行的 PROLEG 代码和测试用例，以进行合规检查。我们的定性评估表明，这一基于大语言模型的编译过程能够恢复法律规范的大部分结构，同时也揭示出反复出现的结构和语义问题，例如主规则与子规则之间的内容分配不稳定、对预设条款的重构，以及改变关键谓词范围的简化或增补。我们有意将这一提示基础设定为静态方法，并观察这一选择所带来的结果；但未来的工作将改进提示设计，例如明确指示模型不要改写《通用数据保护条例》条款和序言的措辞，因为此类改写引入了额外的歧义。这些发现证实了 PROLEG 作为一种可检查目标形式系统的价值，也凸显了大语言模型作为规则候选生成器的适用性。这进一步表明，专家验证对于确保机器可读法律在法理上的可靠性至关重要。未来的工作将根据这些洞见完善提示设计，加强对基于大语言模型的规则和代码生成的指导，并将这一通用方法从第6条扩展到《通用数据保护条例》的其他部分以及更多法律体系。

致谢。本研究得到 ROIS-DS-JOINT (023RP2025)、信息与系统研究机构（ROIS）的“战略研究项目”资助、教育、文化、体育、科学及技术部的“旨在确保生成式人工智能模型透明性和可靠性的研发中心”项目，以及日本学术振兴会科学研究费（JSPS KAKENHI）资助，项目编号为 JP22H00543、JP25H00522、JP25H01112 和 JP25H01152。

参考文献

1. Araszkiewicz, M., Płeszka, K.（编）：《立法理论与实践中的逻辑》。施普林格（2015） 2. Biagioli, C., Francesconi, E., Passerini, A., Montemagni, S., Soria, C.：法律文书中的自动语义提取。载于：第十届国际人工智能与法律会议论文集，第133–140页（2005） 3. Casellas, N.：《法律本体工程：方法论、建模趋势与专业司法知识本体》，第3卷。施普林格科学与商业媒体（2011） 4. Dragoni, M., Villata, S., Rizzi, W., Governatori, G.：结合自然语言处理方法从法律文书中提取规则。载于：第一届法律文本挖掘与推理研讨会（MIREL 2016）（2016） 5. Jones, A.J., Sergot, M.：法律表示中的道义逻辑：迈向一种方法论。《人工智能与法律》**1**(1), 45–64（1992） 6. Lam, H.P., Hashmi, M.：实现基于 LegalRuleML 的推理。《逻辑编程理论与实践》**19**(1), 1–26（2019）

7. Leone, V., De Caro, L., Vaccaro, L.：法律本体综述：基于特征的比较分析。《人工智能与法律》**28**(2), 207–235 (2020) 8. Litwiński, P.（编）：ODO。合规。实用指南：附示例与判例。（数据保护。合规。实用指南：附示例与判例）。C.H. Beck (2025) 9. McLaughlin, P.A., Stover, W.：起草X2RL：一种语义化、机器可读的监管格式。MIT计算法报告 (2021) 10. Nguyen, H.T., Nishino, F., Fujita, M., Satoh, K.：PROLEG的交互式自然语言接口。载于：法律知识与信息系统，第294–297页。IOS出版社 (2022) 11. Nguyen, P.M., Nguyen, T.H., Zin, M., Satoh, K.：用于法律信息抽取与推理的数据增强流程管线。载于：第20届国际人工智能与法律会议（ICAIL 2025）论文集。第2页。ACM，美国伊利诺伊州芝加哥（2025年6月16日 3769200 12 20 2025 10 1145 3769126 – ）。https://doi.org/ . / . . Palmirani, M.：借助Akoma Ntoso进行立法变更管理。载于：面向语义网的立法XML：文档管理的原则、模型与标准，第101–130页。施普林格 (2011) 13. Palmirani, M., Martoni, M., Rossi, A., Bartolini, C., Robaldo, L.：PrOnto：用于法律推理的隐私本体。载于：电子政务与信息系统视角国际会议。第139–152页。施普林格 (2018) 14. Satoh, K.：PROLEG：实用法律推理系统，第277–283页。施普林格自然瑞士，Cham (2023)，https://doi.org/10.1007/978-3-031-35254-6_23 15. Satoh, K., Asai, K., Kogawa, T., Kubota, M., Nakamura, M., Nishigai, Y., Shi-rakawa, K., Takano, C.：Prolog技术实现日本民法典预设终极事实理论：PROLEG。载于：JSAI人工智能国际研讨会。第153–164页。施普林格 (2010) 16. Servantez, S., Lipka, N., Siu, A., Aggarwal, M., Krishnamurthy, B., Garimella, A., Hammond, K., Jain, R.：通过抽取义务逻辑图实现可计算合同。载于：第十九届国际人工智能与法律会议论文集。第267–276页 (2023) 17. Zin, M.M., Satoh, K., Borges, G.：利用大语言模型识别和抽取规范性陈述。载于：法律知识与信息系统，第215–225页。IOS出版社 (2024)