

GAKT: 数据生成增强的显式认知状态对齐知识追踪模型

GAKT: Data Generation-Augmented Knowledge Tracing Model with Explicit Cognitive State

Alignment

张文龙¹ 段超^{1*} 余忠涛¹ 李森垚¹ 万雪莲¹ 张明焱^{1*}

¹ 浙江师范大学教育学院

*duanchao@zjnu.edu.cn mingyanzhang@zjnu.edu.cn

【摘要】 知识追踪作为智能导学系统的核心组件，旨在依托学习者历史答题记录诊断认知状态、预测知识点掌握程度。然而，现有显式认知状态建模模型受限于原始数据质量，性能陷入瓶颈；部分数据增强方法未与显式认知状态对齐，融合深度不足，难以兼顾数据表征充分性与认知状态可解释性。针对上述问题，本文提出 GAKT (Generated Align Knowledge Tracing)，一种融合学习模式引导的数据生成与显式认知状态对齐的知识追踪模型，以高质量数据增强为认知状态建模提供支撑。在经典开源数据集上实验表明，GAKT 性能显著优于现有先进基线模型，验证了生成数据的高质量与模型的有效性。

【关键词】 知识追踪;数据生成;学习模式;智能导学系统

Abstract: As a core component of intelligent tutoring systems, knowledge tracing aims to diagnose learners' cognitive states and predict their knowledge mastery levels based on historical response records. However, existing explicit cognitive state modeling models are limited by raw data quality and hit a performance bottleneck. Moreover, some data augmentation methods are misaligned with explicit cognitive states, suffer from insufficient fusion depth, and fail to balance data representation adequacy and cognitive state interpretability. To address these issues, this paper proposes GAKT (Generated Align Knowledge Tracing), a knowledge tracing model integrating learning-pattern-guided data generation and explicit cognitive state alignment, which supports cognitive state modeling with high-quality data augmentation. Experiments on classic open-source datasets demonstrate that GAKT outperforms state-of-the-art baselines significantly, verifying the high quality of generated data and the model's effectiveness.

Keywords: Knowledge tracing, Data generation, Learning pattern, Intelligent tutoring system

1、引言

我们提出了 GAKT，一种数据生成增强的显式认知状态对齐知识追踪模型。具体来说，我们将学习模式引导的数据生成与显式认知状态对齐相结合，通过高质量数据增强为认知状态建模提供支撑。在经典知识追踪开源数据集上的大量实验结果表明，GAKT 表现出了极佳的性能，超过了最新的先进基线模型，证明生成了高质量的训练数据，验证了模型的有效性。我们的主要贡献表现在以下三个方面：（1）我们提出了一种新的基于数据增强的知识追踪模型 GAKT，该模型结合了 Transformer 和定制的模式增强器，从而有助于提取有价值的信息以生成高质量的训练数据。（2）我们巧妙的将学习模式引导的数据生成与显式认知状态对齐相结合，通过数据增强为认知状态建模提供支撑。

（3）我们使用经典的开源数据集验证了 GAKT 的有效性，我们的结果清楚的表明，GAKT 优于最新基线模型，达到了先进的性能。

2. GAKT 模型框架

GAKT 是一种基于编码-检索-对齐流程的知识追踪模型，前端通过数据增强生成伪序列与标签，利用融合 Rasch 模型的 Transformer 双编码器分别编码知识点难度和历史认知状态，输出初步用户状态；后端以理想认知状态为目标，通过优化后的稀疏注意力机制进行状态对齐，并结合 Rasch 损失与 InfoNCE 等多损失函数优化，最终经 MLP 输出预测结果，实现知识点属性、用户状态演化与理想状态匹配的统一建模。

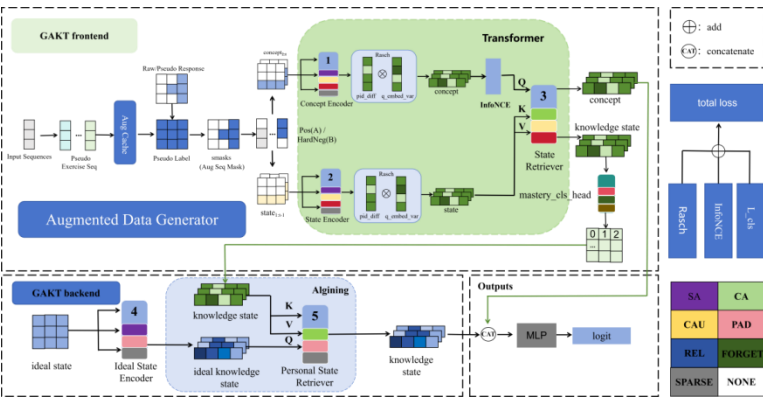


图 1. GAKT 模型框架图

3. 模型表现

我们将 GAKT 与 8 个基于 pyKT [1]实现的基线 DLKT 模型对比，结果如表 1 所示。GAKT 性能优于所有基线，AUC 和 ACC 分别比次优模型 AlignKT [2]高出 7.83%和 6.01%；相较于 FobiKT, GAKT 在 AUC 和 ACC 上分别提升 9.03%和 6.84%；相较于 DKVMN 和 DTransformer, GAKT 不仅显式建模认知状态，AUC 还分别高出 13.28%和 8.55%，ACC 分别高出 8.71%和 6.04%，验证了有效性；与 SimpleKT、StableKT 等模型相比，GAKT AUC 分别高出 9.68%和 9.09%，ACC 分别高出 7.31%和 6.94%，验证先进性。

表 1. 与基线模型的比较。最优结果以粗体显示，次优结果以下划线显示。*表示在 t 检验中与次优结果相比 p 值<0.05。

model	AUC	ACC
DKT	0.7552	0.7258
DKVMN	0.7479	0.7199
DTransformer	0.7805	0.738
AKT	0.7763	0.7315
FobiKT	0.7770	0.7325
SimpleKT	0.7724	0.7293
StableKT	0.7766	0.7318
AlignKT	0.7857	0.7382
GAKT	0.8472*	0.7826*

4. 结论

本文提出 GAKT 模型，融合学习模式引导的数据生成与显式认知状态对齐，通过高质量数据增强提升认知状态建模的表示能力与可解释性。实验表明，GAKT 在开源数据集上达到最优预测性能，验证了该方法在增强数据表示与显式状态对齐方面的有效性。未来将探索更多数据增强架构以适配更广泛的数据场景。

参考文献

- [1] Liu, Z., Liu, Q., Chen, J., Huang, S., & Luo, W. (2023). simpleKT: A simple but tough-to-beat baseline for knowledge tracing [Preprint]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.06881>
- [2] Xiao, J., You, C., & Chen, Z. (2025). AlignKT: Explicitly modeling knowledge state for knowledge tracing with ideal state alignment. *2025 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)* (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1109/ICME59968.2025.11209278>