

THÔNG TIN VỀ LUẬN ÁN TIẾN SĨ

- Họ và tên nghiên cứu sinh: Lê Văn Vinh
- Giới tính: Nam
- Ngày sinh: 05/05/1982
- Nơi sinh: Nghệ An
- Quyết định công nhận nghiên cứu sinh số: 25/QĐ-CTSV, ngày 14 tháng 01 năm 2022 của Hiệu trưởng Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội.
- Các thay đổi trong quá trình đào tạo:
 - Quyết định số 2833/QĐ-ĐHCN ngày 03/12/2024 của Hiệu trưởng Trường Đại học Công nghệ về việc gia hạn thời gian học tập cho NCS khóa QHI-2021 đợt 2.
 - Quyết định số 3088/QĐ-ĐHCN ngày 31 tháng 12 năm 2024 của Hiệu trưởng Trường Đại học Công nghệ về việc điều chỉnh cán bộ hướng dẫn cho NCS Lê Văn Vinh khóa QH-2021.
- Tên đề tài luận án: Nghiên cứu các kỹ thuật biểu diễn và chuyển đổi mô hình cho thiết kế hướng miền
- Ngành đào tạo: Kỹ thuật phần mềm
- Mã số: 9480103.01
- Cán bộ hướng dẫn khoa học: PGS. TS. Đặng Đức Hạnh

11. Tóm tắt các kết quả mới của luận án:

Luận án tập trung nghiên cứu các kỹ thuật biểu diễn và chuyển đổi mô hình cho thiết kế hướng miền (DDD), với mục tiêu thu hẹp khoảng cách giữa mô hình miền ở mức khái niệm và mô hình miền có khả năng thực thi. Đối tượng nghiên cứu của luận án là mô hình miền trong DDD và các kỹ thuật dựa trên ngôn ngữ chuyên biệt miền (DSL) nhằm biểu diễn, tích hợp và chuyển đổi mô hình miền theo hướng hỗ trợ thực thi, kiểm chứng hình thức và sinh tự động phần mềm.

Về phương pháp nghiên cứu, luận án áp dụng cách tiếp cận mô hình hóa dựa trên DSL kết hợp với thiết kế ngôn ngữ, kiểm chứng hình thức và phát triển lặp dựa trên mô hình miền. Các giải pháp đề xuất được hiện thực hóa thông qua công cụ hỗ trợ và được đánh giá bằng thực nghiệm trên các ca nghiên cứu điển hình, qua đó kiểm chứng tính khả thi và hiệu quả của các kỹ thuật đề xuất.

Các đóng góp chính và kết quả mới của luận án bao gồm:

- Đề xuất phương pháp và công cụ hỗ trợ biểu diễn mô hình miền trong DDD, cho phép đặc tả một cách tường minh và nhất quán các khía cạnh cấu trúc, hành vi và ràng buộc nghiệp vụ. Phương pháp này cho phép tăng khả năng diễn đạt của mô hình miền, đảm bảo sự thống nhất của các bên liên quan về yêu cầu phần mềm.
- Đề xuất kỹ thuật hợp nhất các DSL theo mỗi quan tâm chuyên biệt vào một mô hình miền hợp nhất có khả năng thực thi, được hiện thực hóa dưới dạng ngôn ngữ mô hình miền hợp nhất (UDML). Trên cơ sở đó, luận án xây dựng nền tảng ngữ nghĩa phục vụ kiểm chứng hình thức, nhằm đảm bảo tính nhất quán ngữ nghĩa của mô hình.
- Đề xuất kỹ thuật và công cụ hỗ trợ chuyển đổi mô hình để thao tác trên mô hình miền hợp nhất, cho phép sinh tự động các bản mẫu phần mềm có khả năng thực thi, đồng thời bảo toàn ngữ nghĩa miền và chất lượng chuyển đổi, phù hợp với các kịch bản ca sử dụng cụ thể trong các miền ứng dụng chuyên biệt.

Thông qua các kết quả đạt được, luận án đã giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật cốt lõi gồm: (i) biểu diễn thống nhất các mối quan tâm trong thiết kế hướng miền, bao gồm cấu trúc, hành vi, ràng buộc nghiệp vụ và chính sách bảo mật; (ii) tích hợp các DSL theo mỗi quan tâm vào một mô hình miền hợp nhất có khả năng thực thi; và (iii) xây dựng cơ chế chuyển đổi mô hình nhằm sinh tự động phần mềm từ mô hình miền, đồng thời bảo toàn ngữ nghĩa miền.

Về ý nghĩa khoa học, luận án đóng góp một cách tiếp cận có hệ thống cho việc kết hợp giữa mô hình miền, DSL và ngữ nghĩa hình thức trong DDD, qua đó làm rõ mối liên hệ giữa đặc tả miền và hiện thực hệ thống. Về ý nghĩa thực tiễn, các kỹ thuật và công cụ đề xuất cho phép gia tăng mức độ tự động hóa trong phát triển phần mềm, hỗ trợ sinh mã nguồn, kiểm tra tính tuân thủ giữa thiết kế và cài đặt, đồng thời nâng cao chất lượng và tính nhất quán của hệ thống phần mềm.

Các kết quả của luận án có khả năng ứng dụng trong phát triển các hệ thống phần mềm yêu cầu mô hình hóa miền phức tạp, đặc biệt trong các bối cảnh cần tích hợp nhiều mối quan tâm như hành vi và bảo mật. Đồng thời, các giải pháp đề xuất góp phần nâng cao hiệu quả phát triển, giảm chi phí và thời gian triển khai hệ thống, qua đó đáp ứng các mục tiêu kinh tế và kỹ thuật trong phát triển phần mềm hiện đại.

12. Khả năng ứng dụng trong thực tiễn:

Các kết quả của luận án có khả năng ứng dụng trực tiếp trong phát triển phần mềm theo DDD, đặc biệt đối với các hệ thống có miền nghiệp vụ phức tạp. Các kỹ thuật biểu diễn mô hình miền cho phép đặc tả đầy đủ, nhất quán các khía cạnh cấu trúc, hành vi và bảo mật, hỗ trợ hiệu quả quá trình phân tích và thiết kế. Ngôn ngữ UDML và kỹ thuật hợp nhất DSL cho phép xây dựng mô hình miền hợp nhất có khả năng thực thi, trong khi các kỹ thuật chuyển đổi mô hình hỗ trợ sinh tự động phần mềm, đảm bảo bảo toàn ngữ nghĩa và

nâng cao chất lượng hệ thống. Nhờ đó, các kết quả góp phần gia tăng mức độ tự động hóa, rút ngắn thời gian phát triển, giảm chi phí và hỗ trợ kiểm tra tính tuân thủ giữa thiết kế và cài đặt trong thực tiễn.

13. Những hướng nghiên cứu tiếp theo:

- Hoàn thiện công cụ UDML dưới dạng plugin, đồng thời xây dựng các cú pháp biểu diễn đồ họa cho đặc tả hành vi, bảo mật và các mẫu chú thích ràng buộc (CAP), qua đó nâng cao khả năng sử dụng và hỗ trợ người dùng.
- Tiếp tục hoàn thiện kỹ thuật biểu diễn mô hình miền bằng cách mở rộng CAP cho các miền ứng dụng thực tế, thông qua việc xây dựng thư viện các mẫu ràng buộc hỗ trợ biểu thức OCL phức tạp, góp phần nâng cao khả năng áp dụng, tính tích hợp, hiệu năng thực thi và khả năng bảo trì của mô hình miền.
- Mở rộng khung phương pháp cho các DSL chuyên biệt theo từng môi quan tâm, đồng thời hỗ trợ các cơ chế phân quyền động và phụ thuộc ngữ cảnh đa dạng hơn.
- Tích hợp các kỹ thuật AI/LLM vào quy trình mô hình hóa miền nhằm hỗ trợ giai đoạn khởi tạo mô hình, đặc biệt trong việc sinh nháp đặc tả và gợi ý các thành phần từ mô tả nghiệp vụ; các đặc tả này cần được chuẩn hóa trong các DSL và kiểm chứng bằng các cơ chế hình thức để đảm bảo tính đúng đắn và nhất quán.

14. Các công trình đã công bố có liên quan đến luận án:

1. Duc-Hanh Dang, Duc Minh Le, Van-Vinh Le. AGL: Incorporating behavioral aspects into domain-driven design. *Information and Software Technology*, 163, 107284, 2023. DOI: 10.1016/j.infsof.2023.107284. (WoS/Scopus, Q1)
2. Van-Vinh Le, Nghia-Trong Be, Duc-Hanh Dang. On Automatic Generation of Executable Domain Models for Domain-Driven Design. *Proc. 15th. Int. Conf. Knowledge and Systems Engineering (KSE)*, IEEE, 2023. DOI: 10.1109/kse59128.2023.10299453. (WoS/Scopus)
3. Van-Vinh Le, Duc-Hanh Dang. An Approach to Composing Concerns for an Executable Unified Domain Model. *Proc. 18th. Int. Conf. Computing and Communication Technologies (RIVF)*, pages 415–419, IEEE, 2024. DOI: 10.1109/RIVF64335.2024.11009109. (WoS/Scopus)
4. Le Van Vinh, Dang Duc Hanh. RM2UDM: A method for automatically generating functional prototypes from requirement models. *Proc 17th. Nat. Conf Fundamental and Applied Information Technology Research (FAIR)*, pages 734–741, 2024. ISBN: 978-604-357-304-6, DOI: 10.15625/vap.2024.0271.
5. Van-Vinh Le, Nhat-Hoang Nguyen, Duc-Quyen Nguyen, Duc-Hanh Dang. A Method for Composing Concerns into a Unified Domain Model in Domain-Driven Design. *Proc. 14th Int. Symp. on Information and Communication Technology (SOICT)*, Springer, 2025. (WoS/Scopus, accepted)

6. Van-Vinh Le, Duc-Hanh Dang. Constraint Annotation Patterns for Prototype Generation within Domain-Driven Design. *e-Informatica Software Engineering Journal*, 2025. ISSN: 2084-4840. (WoS/Scopus, Q3, submitted)
7. Van-Vinh Le, Nhat-Hoang Nguyen, Duc-Quyen Nguyen, Duc-Hanh Dang. A Semantic Framework and Tool Support for Unified Executable Domain Models in UDML: A Case Study on the RBAC Concern. *VNU Journal of Science: Computer Science and Communication Engineering*, Vol 42 No 1, pages 79-114, 2026. ISSN: 2615-9260, DOI: 10.25073/2588-1086/vnucsce.6743.

Ngày tháng năm 2026
Xác nhận của cán bộ hướng dẫn
(Kí và ghi rõ họ tên)

Ngày tháng năm 2026
Nghiên cứu sinh
(Kí và ghi rõ họ tên)

INFORMATION ON DOCTORAL THESIS

1. Full name : Le Van Vinh
2. Sex: Male
3. Date of birth: May 5, 1982
4. Place of birth: Nghe An
5. Admission decision number: 25/QĐ-CTSV, dated January 14, 2022, issued by the Rector of the University of Engineering and Technology, Vietnam National University, Hanoi.
6. Changes in academic process:
 - Decision No. 2833/QĐ-ĐHCN dated December 3, 2024, issued by the Rector of the University of Engineering and Technology on the extension of the study period for PhD candidates of cohort QHI-2021 (phase 2).
 - Decision No. 3088/QĐ-ĐHCN dated December 31, 2024, issued by the Rector of the University of Engineering and Technology on the adjustment of supervisors for PhD candidate Lê Văn Vinh, cohort QH-2021.
7. Official thesis title: An Investigation of Model Representation and Transformation Techniques for Domain-Driven Design
8. Major: Software Engineering
9. Code: 9480103.01
10. Supervisors: Prof. Dr. Đặng Đức Hạnh
11. Summary of the new findings of the thesis:

The dissertation focuses on model representation and transformation techniques within Domain-Driven Design (DDD), with the objective of narrowing the gap between conceptual domain models and executable domain models. The research investigates domain models in DDD and techniques based on Domain-Specific Languages (DSLs) for representing, integrating, and transforming domain models to support executability, formal verification, and automated software generation.

The dissertation adopts a DSL-based modeling approach combined with language engineering, formal verification, and iterative development driven by domain models. The

solutions are implemented as supporting tools and evaluated experimentally using representative case studies, thereby validating their feasibility and effectiveness.

The main contributions and novel results of the dissertation include:

- Proposing methods and tools for representing domain models in DDD, enabling the explicit and consistent specification of structural, behavioral, and business constraint aspects. This approach enhances the expressiveness of domain models and ensures a shared understanding among stakeholders regarding software requirements.
- Proposing a technique for integrating DSLs according to specialized concerns into an executable unified domain model, realized as the Unified Domain Modeling Language (UDML). On this basis, the dissertation establishes a semantic foundation to support formal verification, ensuring the semantic consistency of the unified domain model.
- Proposing techniques and tools for model transformation on the unified domain model, enabling the automated generation of executable software artifacts while preserving domain semantics and ensuring transformation quality, aligned with specific use-case scenarios in specialized application domains.

Based on these results, the dissertation addresses key scientific and technical challenges, including: (i) unified representation of concerns in DDD, encompassing structure, behavior, business constraints, and security policies; (ii) integration of concern-oriented DSLs into an executable unified domain model; and (iii) development of model transformation mechanisms for automated software generation from domain models while preserving domain semantics.

In terms of scientific significance, the dissertation contributes a systematic approach to integrating domain models, DSLs, and formal semantics in DDD, thereby clarifying the relationship between domain specifications and system implementation. In terms of practical significance, the proposed techniques and tools enhance automation in software development, support code generation and conformance checking between design and implementation, and improve the quality and consistency of software systems.

The results of the dissertation can be applied to software systems requiring complex domain modeling, particularly in contexts involving multiple concerns such as behavior and security. Furthermore, the proposed solutions contribute to improving development efficiency, reducing costs and development time, and meeting both economic and technical objectives in modern software engineering.

12. Practical applicability, if any:

The results of the dissertation can be directly applied to software development within DDD, particularly for systems with complex business domains. Domain model representation techniques enable the complete and consistent specification of structural, behavioral, and security aspects, thereby effectively supporting the analysis and design process. UDML and DSL integration techniques enable the construction of an executable unified domain model, while model transformation techniques support automated software generation, ensuring the preservation of domain semantics and improving system quality. As a result, these contributions enhance automation, reduce development time and costs, and support conformance checking between design and implementation in practice.

13. Further research directions, if any:

- Enhance the UDML tool as a plugin, while developing graphical syntax for representing behavioral specifications, security aspects, and CAP, thereby improving usability and user support.
- Further advance domain model representation techniques by extending CAP to real-world application domains through the construction of a library of constraint patterns supporting complex OCL expressions, thereby improving applicability, integration capability, execution performance, and maintainability of domain models.
- Extend the methodological framework to support concern-specific DSLs, while enabling more expressive, dynamic, and context-aware access control mechanisms.
- Integrate AI/LLM techniques into the domain modeling process to support the model initialization phase, particularly in generating draft specifications and suggesting model elements from business descriptions; these specifications should be formalized within DSLs and validated using formal verification mechanisms to ensure correctness and consistency.

14. Thesis-related publications:

1. Duc-Hanh Dang, Duc Minh Le, Van-Vinh Le. AGL: Incorporating behavioral aspects into domain-driven design. *Information and Software Technology*, 163, 107284, 2023. DOI: 10.1016/j.infsof.2023.107284. (WoS/Scopus, Q1)
2. Van-Vinh Le, Nghia-Trong Be, Duc-Hanh Dang. On Automatic Generation of Executable Domain Models for Domain-Driven Design. *Proc. 15th. Int. Conf. Knowledge and Systems Engineering (KSE)*, IEEE, 2023. DOI: 10.1109/kse59128.2023.10299453. (WoS/Scopus)
3. Van-Vinh Le, Duc-Hanh Dang. An Approach to Composing Concerns for an Executable Unified Domain Model. *Proc. 18th. Int. Conf. Computing and*

- Communication Technologies (RIVF)*, pages 415–419, IEEE, 2024.
DOI: 10.1109/RIVF64335.2024.11009109. (WoS/Scopus)
4. Le Van Vinh, Dang Duc Hanh. RM2UDM: A method for automatically generating functional prototypes from requirement models. *Proc 17th. Nat. Conf Fundamental and Applied Information Technology Research (FAIR)*, pages 734–741, 2024. ISBN: 978-604-357-304-6, DOI: 10.15625/vap.2024.0271.
 5. Van-Vinh Le, Nhat-Hoang Nguyen, Duc-Quyen Nguyen, Duc-Hanh Dang. A Method for Composing Concerns into a Unified Domain Model in Domain-Driven Design. *Proc. 14th Int. Symp. on Information and Communication Technology (SOICT)*, Springer, 2025. (WoS/Scopus, accepted)
 6. Van-Vinh Le, Duc-Hanh Dang. Constraint Annotation Patterns for Prototype Generation within Domain-Driven Design. *e-Informatica Software Engineering Journal*, 2025. ISSN: 2084-4840. (WoS/Scopus, Q3, submitted)
 7. Van-Vinh Le, Nhat-Hoang Nguyen, Duc-Quyen Nguyen, Duc-Hanh Dang. A Semantic Framework and Tool Support for Unified Executable Domain Models in UDML: A Case Study on the RBAC Concern. *VNU Journal of Science: Computer Science and Communication Engineering*, Vol 42 No 1, pages 79-114, 2026. ISSN: 2615-9260, DOI: 10.25073/2588-1086/vnucsce.6743.

Date:
Signature:
Full name:

Date:
Signature:
Full name: