

Литвинов Юрий Викторович

Методы и средства разработки графических предметно-ориентированных языков

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Специальность 05.13.11 — Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., проф. А.Н. Терехов

Контекст работы

- Визуальное моделирование повышает производительность труда и качество результата
- Предметно-ориентированное моделирование — рост производительности в 3-10 раз
- Существуют инструменты для разработки предметно-ориентированных решений, называемые DSM-платформами
- Они требуют больших трудозатрат и квалификации от своих пользователей

Цель работы

Уменьшение трудозатрат и требований к квалификации при создании визуальных предметно-ориентированных языков и инструментальных средств для их поддержки

Задачи работы

- Разработать методику создания предметно-ориентированных визуальных языков и инструментальных средств для них, использующую визуальные языки для их спецификации
- Разработать метод прототипирования визуального языка, позволяющий специфицировать его прямо в процессе создания на нём диаграммы
- Реализовать в рамках DSM-платформы QReal простую в использовании технологию для создания предметно-ориентированных языков, реализующую разработанные методики
- Провести апробацию технологии путём создания нескольких DSM-решений с её помощью

Графические (визуальные) языки

Графический язык — множество диаграмм, составленных из конечного множества графических элементов.

- Неграфовые
- Графовые
 - ▶ Используется формализм помеченных мультиграфов

$$G = (V, A, e, L, M)$$

$$e : A \rightarrow V \times V$$

$$M : V \cup A \rightarrow L$$

Метамоделирование

Уровни моделирования	Языковые средства	Пример
Предметная область	Нет	Каталог фильмов
Модель	Визуальный язык	Диаграмма классов <pre>classDiagram class Фильм { -Название : String -Год : int -Жанр : String } class Режиссёр { -Имя : String -Фамилия : String -Год рождения : int } Фильм "1" -- "*" Режиссёр : </pre>
Метамодель	Метаязык	Метамодель диаграммы <pre>classDiagram class Класс { -Имя : String } class Атрибут { -Имя : String -Тип : String } Класс "1" *-- "2" Ассоциация Ассоциация "1" -- "*" Атрибут : </pre>
Метаметамодель	Метаязык	Метамодель метаязыка <pre>classDiagram class Узел { -Имя : String } class Атрибут { -Имя : String -Тип : String } Узел "1" *-- "1" Роль Роль "2" -- "1" Связь Узел "1" -- "*" Атрибут : </pre>

Существующие модели жизненного цикла языка

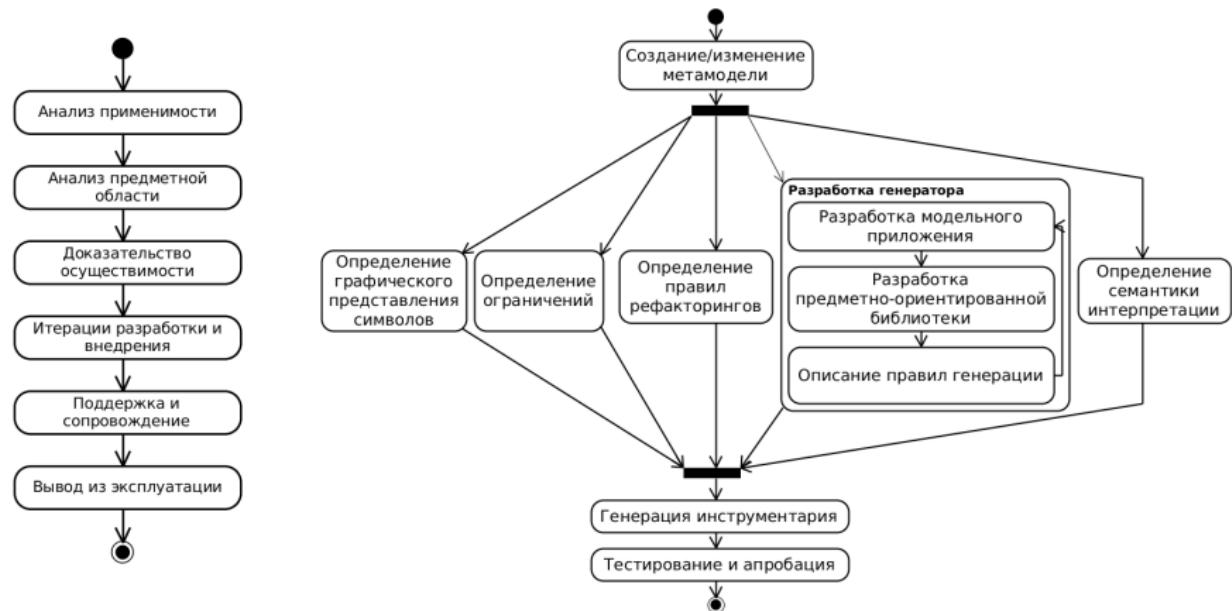
- M. Mernik et al., When and how to develop domain-specific languages
- D. Koznov, Process Model of DSM Solution Development and Evolution for Small and Medium-Sized Software Companies
- A. Repenning, et al., Agentsheets: A medium for creating domain-oriented visual languages

Существующие DSM-платформы

Наличие визуальных языков для задания инструментальных средств

Название	Метаредактор	Конкретный синтаксис	Ограничения	Трансформации	Интерпретация
MetaEdit+	Да	Да	Нет	—	—
Eclipse Modeling Project	Да	Да	Нет	Нет	Нет
Generic Modeling Environment	Да	Нет	Нет	Да	—
PSL/PSA	Нет	—	—	—	—
AToM ³	Да	Да	—	Да	Да
Microsoft Modeling SDK	Да	Нет	Нет	—	—
Pounamu	Да	Да	—	Нет	—
DOME	Да	Нет	—	Нет	—
MetaLanguage	Да	?	?	?	—
QReal	Да	Да	Да	Да	Да

«Классическая» методология разработки



«Метамоделирование на лету»

- Создание визуального языка прямо в процессе рисования диаграммы, без метаредактора
- Быстрое прототипирование языка с непосредственным участием будущего пользователя
- Доработка созданного средства в “классическом” метаредакторе



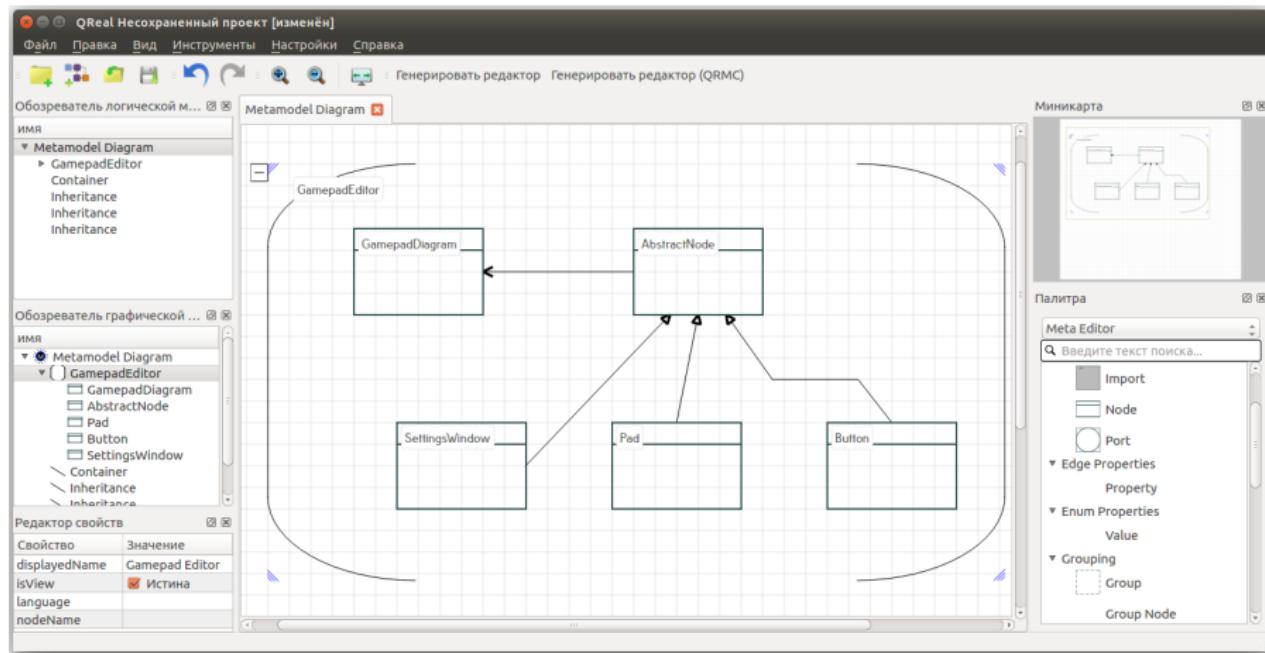
«Метамоделирование на лету», особенности

- Режим метамоделирования на лету скрывает от пользователя метамодель
 - ▶ Интерпретация метамодели
 - ▶ Пользовательский интерфейс, расширяющий обычный редактор диаграмм
 - ★ Добавление, удаление, редактирование внешнего вида элементов и их свойств
- Относительная бедность возможностей
 - ▶ Отсутствие возможности задания синтаксических и семантических ограничений
 - ▶ “Плоская” метамодель
 - ▶ Разумные умолчания

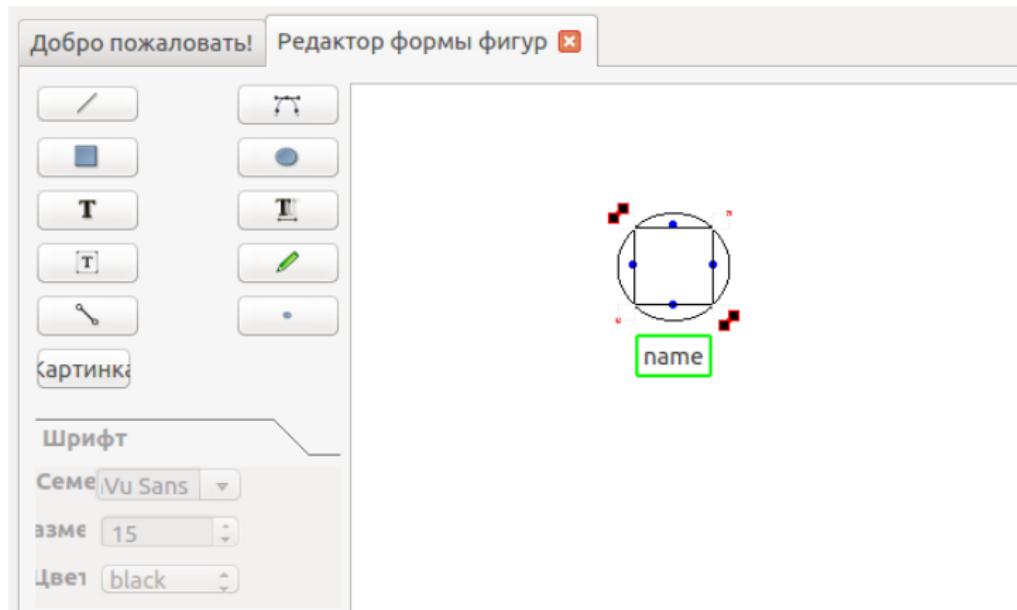
Реализация, компоненты системы QReal



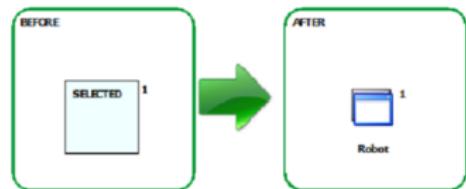
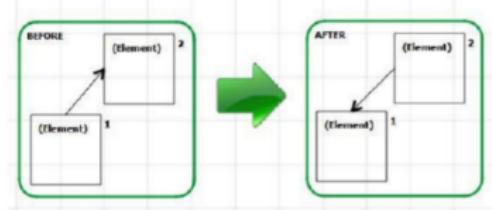
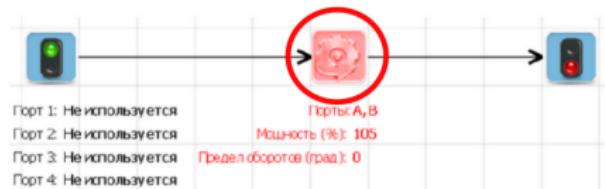
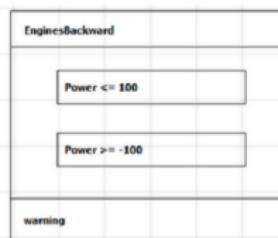
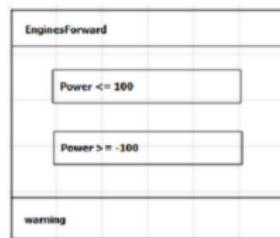
Метаредактор



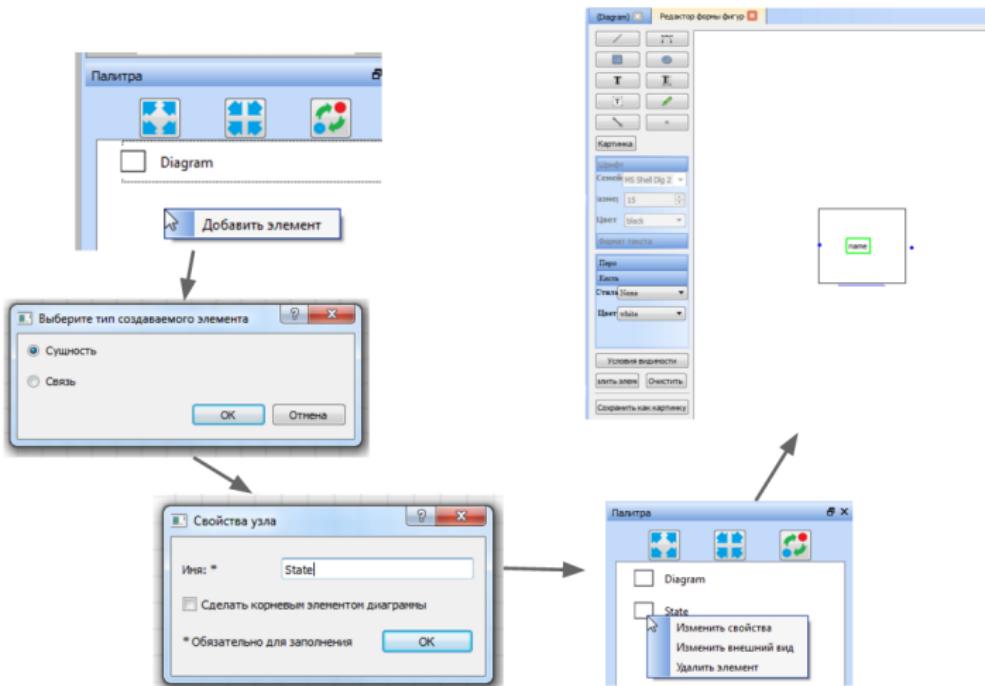
Редактор формы фигур



Редакторы ограничений и правил рефакторингов



Реализация: «метамоделирование на лету»

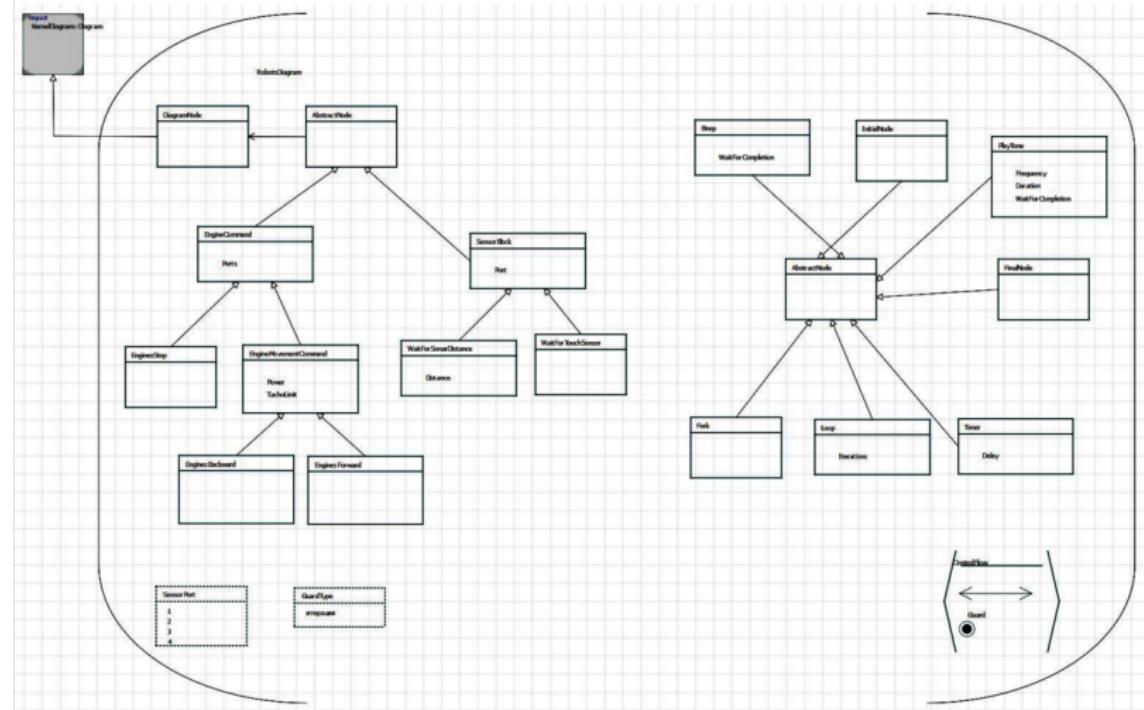


Применение: QReal:Robots, постановка задачи

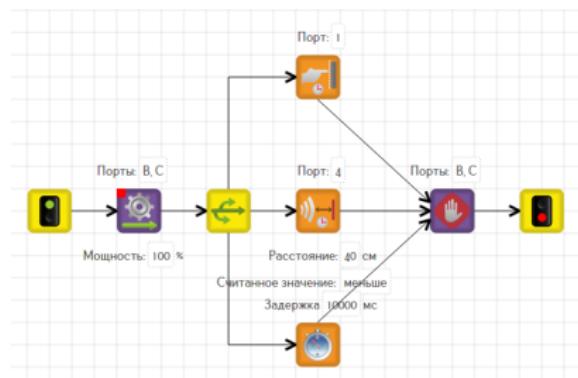
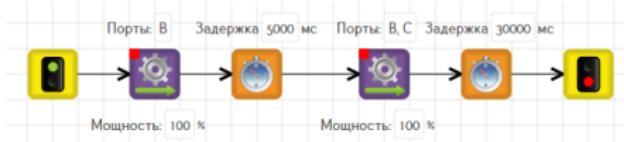
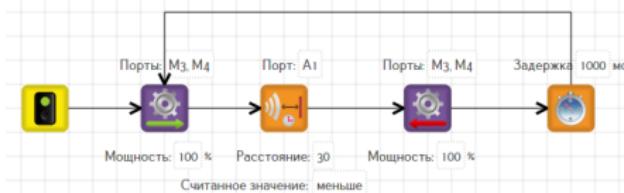
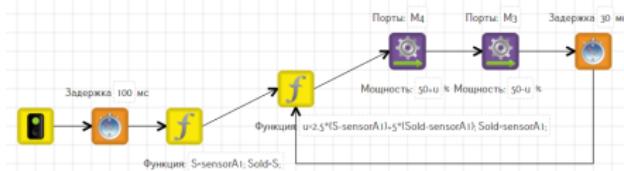
- Преподавание информатики с использованием исполнителя
- Робототехнические конструкторы
 - ▶ Lego Mindstorms NXT
 - ▶ Lego Mindstorms EV3
 - ▶ ТРИК
- Средства визуального программирования
 - ▶ NXT-G
 - ▶ Robolab
 - ▶ Microsoft Robotics Developer Studio



Применение: QReal:Robots, метамодель

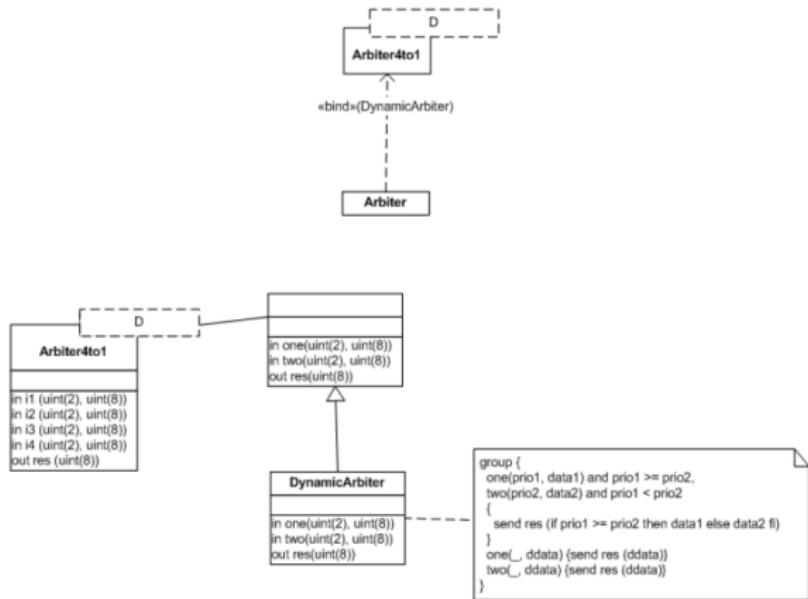
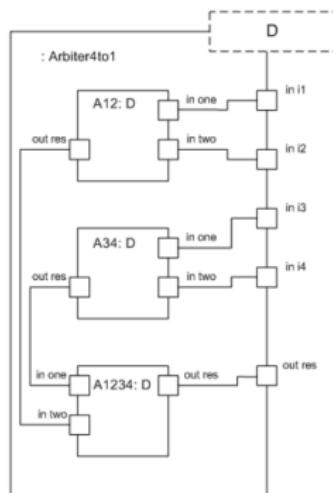


Применение: QReal:Robots, визуальный язык



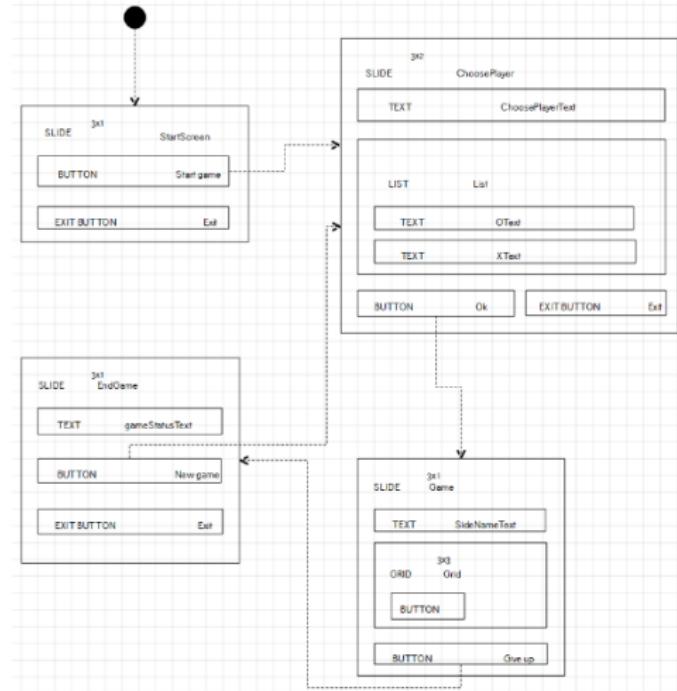
Применение: QReal:HaSCoL

Средство для разработки аппаратных систем (FPGA)



Применение: QReal:Ubiq

Средство для разработки мобильных приложений



Эксперимент

Сравнение скорости создания инструментов

Название DSM-платформы	Редактор	Генератор	Ограничения	Рефакторинги
MetaEdit+	20 минут	30 минут	—	—
Eclipse Modeling Project	2 часа	50 минут	17 минут	40 минут
QReal (метаредактор)	15 минут	15 минут	10 минут	15 минут
QReal (метамоделирование на лету)	5 минут	15 минут	—	—

Публикации

- Литвинов, Ю.В. Реализация визуальных средств программирования роботов для изучения информатики в школах [Текст] / Ю.В. Литвинов // Компьютерные инструменты в образовании. — 2013. — № 1. — С. 36–45.
- Литвинов, Ю.В. Средства быстрой разработки предметно-ориентированных решений в metaCASE-средстве QReal [Текст] / А.С. Кузенкова, А.О. Дерипаска, К.С. Таран, А.В. Подкопаев, Ю.В. Литвинов, Т.А. Брыксин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. — 2011. — № 4 (128). — С. 142–145.
- Литвинов, Ю.В. QReal: платформа визуального предметно-ориентированного моделирования [Текст] / А.Н. Терехов, Т.А. Брыксин, Ю.В. Литвинов // Программная инженерия. — 2013. — № 6. — С. 11–19.
- Y. Litvinov. QReal DSM platform-An Environment for Creation of Specific Visual IDEs [Text] / A. Kuzenkova, A. Deripaska, T. Bryksin, Y. Litvinov, V. Polyakov // ENASE 2013 — Proceedings of the 8th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering. — Setubal, Portugal : SciTePress, 2013. — P. 205–211.
- Архитектура среды визуального моделирования QReal [Текст] / А.Н. Терехов, Т.А. Брыксин, Ю.В. Литвинов, К.К. Смирнов, Г.А. Никандров [и др.] // Системное программирование. — 2009. — № 4. — С. 171–196.
- Поддержка жестов мышью в мета-CASE-системах [Текст] / М.С. Осечкина, Т.А. Брыксин, Ю.В. Литвинов, Я.А. Кириленко // Системное программирование. — 2010. — № 5. — С. 52–75.

Результаты

- Разработана методика для создания предметно-ориентированных визуальных языков с помощью визуального языка метамоделирования и других визуальных языков
- Предложен новый способ метамоделирования: «метамоделирование на лету», позволяющий доопределять и изменять визуальный язык в процессе его использования
- Предложенные методики реализованы в виде технологии на базе системы QReal
- Проведена апробация разработанных методик и технологии при создании инструментальных средств среды программирования роботов QReal:Robots и других предметно-ориентированных решений