

Jupyter-ноутбуки для PASCALABC.NET и их использование в учебном процессе

Михалкович С.С., Баглий А.П., Кобзарь Д.В., Пахомов А.А.

*Южный федеральный университет,
Институт математики, механики и компьютерных наук
E-mail: miks@sfedu.ru, abagly@sfedu.ru, dkobzar@sfedu.ru,
arpahomov@sfedu.ru*

PascalABC.NET – язык программирования нового поколения, нацеленный на обучение современному программированию [1], активно развивающийся в последнее пятилетие [2], [3]. В данной статье описывается создание и использование языкового ядра интерактивных Jupyter ноутбуков для языка PascalABC.NET, а также связанных с ними сервисов. Кроме того, иллюстрируются возможности интерактивного ноутбука PascalABC.NET с точки зрения учебного процесса.

Интерактивные Jupyter-ноутбуки – это среда разработки в браузере, позволяющая сочетать интерактивный код с поясняющим текстом на языке Markdown. Интерактивные ноутбуки первоначально создавались для выполнения кода на языке Python, но уже сейчас существуют для множества различных языков. Для внедрения нового языка достаточно подключить так называемое языковое ядро (Jupyter Kernel) для этого языка.

Интерактивные ноутбуки являются отличным средством обучения, поскольку интерактивный код сочетается с пояснениями, которые могут содержать картинки, гиперссылки, таблицы, формулы, гипертекст. Вывод результата программы осуществляется сразу после текста программы.

В настоящее время реализованы следующие подсистемы, позволяющие эффективно использовать Jupyter-ноутбуки PascalABC.NET:

- Комплекс утилит, осуществляющих компиляцию и запуск откомпилированного приложения как единую транзакцию. Здесь ограничивается время запусченной программы 5 секундами (на случай если приложение зависло) и ограничивается вывод 10000 символами.
- Комплекс утилит, реализующих ZMQ-сервер, постоянно находящийся в памяти во время работы ядра PascalABC.NET интерактивного ноутбука, и выполняющий те же функции, что и в предыдущем пункте. Основное отличие здесь – компиляция небольших программ осуществляется мгновенно за счет кеширования компилятора в памяти.

- Собственно ядро интерактивного Jupyter-ноутбука, запускающего компилятор PascalABC.NET с помощью утилит из первого или второго пункта.

Ядро интерактивного ноутбука для PascalABC.NET реализовано в двух вариантах:

1. Средствами библиотеки IPython. Данное ядро написано на Python и проще в установке, однако не поддерживает консольный ввод и графические команды.
2. Средствами языка C#. В этом ядре основная функциональность реализована на более низком уровне с использованием протоколов ZMQ-сервера и специфических низкоуровневых протоколов для обмена информацией между ядром и Jupyter ноутбуком. Такое ядро сложнее в реализации и поддержке, сложнее в установке, зато в нем реализованы интерактивный ввод и архитектура, позволяющая выполнять графические команды с возможностью отображения результатов в различных форматах: в виде png-изображения, в виде svg-файла и в виде команд Javascript, рисующих на HTML5 Canvas. Наиболее интересным является протокол, позволяющий приостанавливать выполнение программы при вводе, открывать ниже соответствующей ячейки ноутбука поле ввода и после ввода посылать сигнал на продолжение выполнения приложения и закрывающий поле ввода.

Отдельно отметим, что указанные Jupyter-ноутбуки удалось запустить на удаленном сервере в рамках приложения Jupyter Hub, что открывает возможности выполнения PascalABC.NET-программ без установки PascalABC.NET и Jupyter ноутбуков на локальный компьютер – в частности, при использовании ОС Linux, а также при проведении дистанционных занятий по программированию. Данная возможность является возвращением на новом уровне к Web-среде программирования PascalABC.NET, описанной в [4], [5].

Механизмы использования интерактивных Jupyter-ноутбуков в учебном процессе многообразны, из них можно выделить главные:

1. Реализация ноутбука, отображающего описание некоторой темы в курсе программирования с изложением теории (сочетающей формулы, таблицы и изображения на языке Markdown), и возможностью запустить и изменить код, иллюстрирующий теоретические положения.
2. Возможность перекрестных гипертекстовых ссылок между интерактивными ноутбуками и создания гипертекстовых оглавлений по группе связанных тем.
3. Ноутбуки, содержащие примеры кода по данной тематике с пояснениями на языке Markdown.

4. Ноутбуки с заданиями типа «Сделай по образцу»
5. Ноутбуки с заданиями типа «Исправь ошибки»
6. Ноутбуки с заданиями, которые необходимо выполнить и прислать преподавателю.

Из идей, которые пока не реализованы, следует прежде всего упомянуть возможность реализации системы Intellisense подсказок по коду (при нажатии на точку – отображение методов объекта и при нажатии на открывающую скобку – отображение параметров функции). Отметим, что интерфейс ядер Jupyter ноутбуков имеет возможности создания подсказок, поэтому достаточно реализовать соответствующую поддержку в компиляторе.

Другая пока не реализованная идея – создание в рамках Jupyter-документа простой системы тестирования, позволяющей автоматически проверять вывод программы, запущенной в ячейке ноутбука.

Таким образом, интерактивные ноутбуки PascalABC.NET расширяют методические возможности преподавания курсов по программированию и облегчают преподавателю выполнение ряда задач. Ряд технических сложностей, связанных с реализацией интерактивного Jupyter-ноутбука для PascalABC.NET, успешно преодолен, другие технические проблемы проанализированы в настоящей статье и сделаны выводы о возможной сложности их реализации.

Литература

1. Михалкович С.С., Абрамян М.Э. Основы программирования на языке PascalABC.NET. Скалярные типы данных, управляющие операторы, знакомство с массивами, процедуры и функции, работа с графикой / Учебник. Ростов-на-Дону - Таганрог: 2017. 248 с.
2. Бондарев И.В., Михалкович С.С. Система программирования PascalABC.NET: новые возможности 2015-16 гг. / Труды XXIII Научно-методической конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. С. 69–71.
3. Бондарев И.В., Михалкович С.С. Система программирования PascalABC.NET: 15 лет развития / XXV Научная конференция «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Материалы конференции. Ростов-на-Дону, 2018. С. 31–34.
4. Абрамян М.Э., Михалкович С.С. Веб-среда разработки и обучения / Открытые системы. СУБД. Москва, 2012. № 10. С. 56-59.
5. Белякова Ю.В., Бондарев И.В., Михалкович С.С. Использование Web-среды PascalABC.NET для дистанционного обучения программированию / Дистанционное и виртуальное обучение. Москва, 2012. № 3. С. 14-24.