

6. <https://fritzmorgen.livejournal.com/1428634.html>
7. **Наталья Еремина** 13. 08. 2017, 16:53 Россияне бросают семьи – газета.ru [Электронный ресурс] <https://www.gazeta.ru/business/2017/08/10/10826804.shtml>
8. Индикаторы качества жизни [Электронный ресурс] <https://center-yf.ru/data/stat/Indikatory-kachestva-zhizni.php>
9. Как влияют на здоровье домашние животные [Электронный ресурс] <http://petstime.ru/article/zdorovyy-pitomec-zdorovyy-i-vladelec>

УДК 005.6

doi:10.18720/SPBPU/2/id19-154

Татьяна Сергеевна Лебедева

Петр Евгеньевич Науменко

*Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого*

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА ЗАДАЧАХ ЭКОНОМИКИ КАЧЕСТВА (МОДЕЛЬ СОЛОУ-СВЕНА-РАМСИ)

Аннотация. Разнообразие языков программирования постоянно растет, и экономисты часто недоумевают, какой язык лучше всего подходит для их нужд. Вместо того, чтобы печатать тесты, исследователи должны полагаться на личные эксперименты или советы своих коллег. Например, по-прежнему считается, что Fortran является самым быстрым доступным языком или что C++ слишком сложно выучить. В этой статье мы сделаем первый шаг к исправлению этой печальной ситуации. Цель состоит в том, чтобы показать экономистам, которые просто знакомы с программированием, какой язык лучше подходит для их потребностей.

Ключевые слова: экономика качества, программирование, модель, экономический рост.

T. S. Lebedeva

P. E. Naumenko

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

COMPARISON OF DIFFERENT PROGRAMMING LANGUAGES ON QUALITY ECONOMICS PROBLEMS (SOLOW-SVEN-RAMSEY MODEL)

Summary. A variety of programming languages is constantly growing and economists are often puzzled by which language is best suited to their needs. Instead of typing tests, researchers should rely on personal experiments or the advice of their colleagues. For example, it is still believed that Fortran is the fastest available language, or that C++ is too difficult to learn. In this article we take the first step to correcting this unfortunate situation. The goal is to show economists who are just familiar with programming which language is better suited to their needs.

Keyword: economics of quality, programming, model, economic growth.

Как известно, показатель качества жизни складывается из трех основных составляющих: ВВП на душу населения, продолжительность жизни, уровень образования. Само понятие «экономики качества» довольно широко, но сегодня особое значение приобретает качество человеческого капитала, которое напрямую связано с качеством жизни в стране, в конкретном регионе. Радикальное улучшение качества жизни, как это отмечено в Стратегии 2030, достижимо при успешной, эффективной экономике. Наряду с «экономикой знаний» это подразумевает развитие «экономики качества», поскольку именно качество является сегодня ключевым фактором успеха на рынке. Речь идет о системном подходе к качеству процессов управления на всех уровнях, к межличностным отношениям, ко многим другим аспектам [1–3].

Программирование стало центральным инструментом в экономике. От решения задач динамического равновесия в макроэкономике или промышленной организации, до характеристики равновесий в теории игр или экономисты проводят значительное количество их времени на программирование и работу с довольно сложным программным обеспечением.

Методика тестирования

Для тестирования мы будем рассчитывать модель Солоу-Свена-Рамси – неоклассическую модель экономического роста, реализованную на различных языках программирования:

- C++ 11;
- Fortran 2008;
- Java;
- Python;
- Matlab;
- Mathematica.

И после сравним их по скорости работы на различных компиляторах.

Все тесты проводились на компьютере со следующей конфигурацией:

- процессор AMD A10;
- оперативная память 8GB;
- жесткий диск SSD 120 Gb.

Использование программирования для анализа подобных моделей экономической динамики позволяет сократить время необходимое для расчетов, и позволяет быстро сравнивать различные начальные параметры и условия.

Модель стохастического неоклассического роста

Модель Солоу-Свена является основой для других моделей с более высокой сложностью, например, для модели Солоу-Свена-Рамси [4, 5].

Формулировка задачи управления экономической системой звучит так:

Максимизировать функционал

$$J[k(\cdot)] = \int_0^t \exp(-\rho t) u \{ f[k(t)] - \lambda k(t) - k'(t) \} dt \quad (1)$$

где ρ, λ — коэффициенты на множестве траекторий $k(t) \in R(2)$, таких, что $k(0) = k_0, k(T) = k_T$, где k_0, k_T — заданные положительные постоянные.

Условие (1) можно опустить и в этом случае интегрант имеет вид

$$F'_k(t, k, k') = \exp(-\rho t) u \{ f(k) - \lambda k - k' \} \quad (3)$$

Экстремумы (1) ищут, с помощью уравнения Эйлера

$$\frac{d}{dt} [F'(t, k, k')] - F'_k(t, k, k') = 0 \quad (4)$$

Введя обозначение

$$C(t) = f[k(t)] - \lambda k(t) - k'(t) \quad (5)$$

Можно переписать (4) в виде

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{u'[C(t)]}{u''[C(t)]} \{ f'[k(t)] - (\lambda + \rho) \} \quad (6)$$

Уравнения (5) и (6) дают необходимые условия экстремума вариационной задачи. Если переменные удовлетворяют этой системе, то она называется Эйлеровой.

Учитывая относительную несклонность к риску Эрроу-Пратта

$$R_r = -C \frac{u''(C)}{u'(C)}$$

Полученную систему можно записать в виде

$$\begin{aligned} \frac{dk(t)}{dt} &= f[k(t)] - \lambda k(t) - C(t) \\ \frac{dC(t)}{dt} &= \frac{C(t)}{R[C(t)]} \{ f'[k(t)] - (\lambda + \rho) \} \end{aligned}$$

R – относительную несклонность к риску агентов, можно принять постоянной v . Тогда система примет вид.

$$\frac{dk(t)}{dt} = f[k(t)] - \lambda k(t) - C(t) = \Phi(k, C)$$

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{1}{v} \left\{ C(t) [f'(k(t)) - (\lambda + \rho)] \right\} = Q(k, C)$$

Для дальнейших исследований необходимо оценить анализ системы. Анализ требует построения поля направлений и определения точек равновесия системы.

Состояния равновесия определяются из системы

$$f(k) - \lambda k - C = 0;$$

$$C \left\{ f'(k) - (\lambda + \rho) \right\} = 0$$

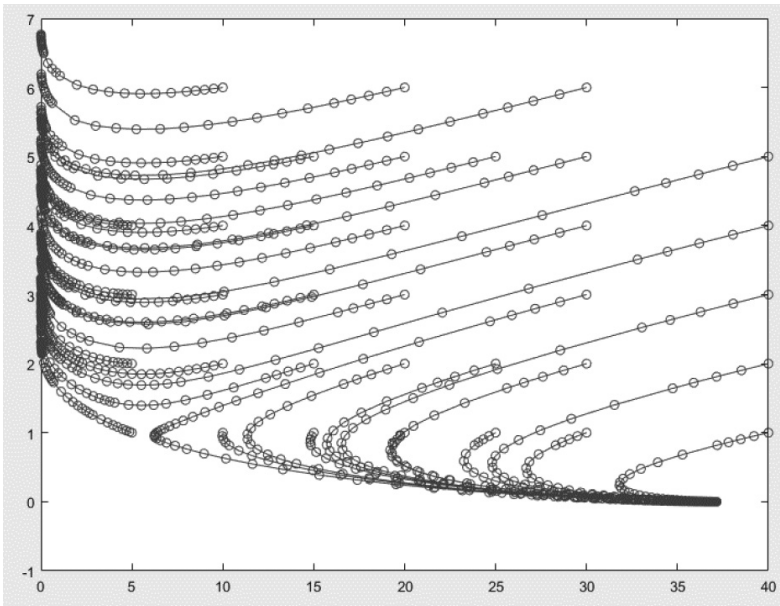


Рис. 1. Фазовый портрет модели Солоу-Свена-Рамси построенный с использованием пакета Matlab

Выбор языка программирования

Компилируемые языки. С момента создания Фортрана в 1957 году, были созданы сотни различных языков программирования.

Нет смысла выбирать языки такие как Perl или PHP, ни один из них не особо подходит или широко используется для научных исследований. Кроме того, многие языки являются близкими родственниками друг друга, и одного из членов семейства будет достаточно для сравнения.

Благодаря выбору языков в данной статье, мы охватываем широкий диапазон возможностей и, за исключением обсуждаемых языков функционального программирования, считаем, что мы рассмотрели все очевидные варианты численного вычисления.

Среди компилируемых языков мы тестируем C++, Fortran и Java.

C++ является наиболее используемым, вместе с C и Objective-C он составляет крупнейшее семейство языков программирования. Согласно индексу, TIOBE он занимает третье место по популярности [6].

Основным минусом является сложность вхождения. C++ является очень мощным языком разработки с высочайшей скоростью работы, что может быть полезно в приложениях экономики, но расплатой за это является его сложность. Если у вас нет опыта программирования на каком-либо другом языке программирования, то изучение и полное освоение данного языка займет от полугода. Более того, если вы хотите реализовать какой-либо пользовательский интерфейс, это потребует использования специальных Фреймворков, например, Qt, что так же занимает время для изучения.

Из плюсов данного языка можно отметить так же наличие различных статистических библиотек, например, как ALGLIB или Root, а также возможность применения методов машинного обучения.

Существует так же его ответвление C#, которое широко применяется в бизнес среде, как привлекательный язык программирова-

ния, для быстрой развертки приложений. Но к сожалению, из-за своих особенностей он является довольно медленным и сложным и не подходит для высокопроизводительных вычислений.

Фортран, самый старый язык из всех, но все еще сохраняет значимое присутствие в среде экономистов, благодаря миллионам строк кода, библиотек и готовых программ, написанных на нем за долгое время. Его последнее воплощение Fortran 2008 имеет все современные языковые средства, такие, как `coarrays`, поддержка параллельных вычислений и др.

Java является привлекательным выбором, так как благодаря виртуальной машине Java программы написанные на ней могут быть запущены практически на любом компьютере под управлением любой системы. В связи с растущей популярностью свободного программного обеспечения (Linux и производные), данный критерий может быть весьма важен, при выборе. Более того, Java имеет расширенные средства для работы с параллельными вычислениями на многопроцессорных системах, что так же может сильно влиять на скорость работы.

Скриптовые языки. Для сравнения были выбраны скриптовые языки R, Matlab, Mathematica, Python, Julia. R, Matlab, Mathematica являются достаточно известными в среде экономистов, поэтому не будем описывать все их преимущества.

Python – элегантный язык программирования, с крайне низким порогом вхождения и достаточно высокой скоростью работы, и работающий на любой машине. Имеет набор библиотек, которые могут быть очень полезны для любого экономиста:

- Matplotlib – функциональная библиотека для работы с графиками.

- SymPy – библиотека для работы с символьными вычислениями.

- Econometrics – библиотека включающая в себя различные функции эконометрики.

Julia – новый язык программирования, с синтаксисом Matlab, но крайне высокой скоростью работы. Плюсами ее применения являются:

- динамическая типизация;
- способность вызова кода на С или Fortran, что позволяет работать со старым кодом;
- позволяет интегрироваться с Python и также использовать часть его кода.

Результаты тестирования.

В ходе решения поставленной задачи были получены следующие результаты тестирования.

Таблица 1

Результаты тестирования

Язык	Компилятор	Время (в секундах)
C++	GCC-7.2	0,72
	VS2017 C++	1,3
	Clang 6.0	1,4
Fortran	GCC-7.2	0,81
Java	JDK 9.0.1	2,22
Python	CPython 3.6.3	243,3
	PyPy 5.8.0	32,4
R	3.4.2	321,3
Mathematica	11.2.0	350,1
Julia	0.2.1	2,33

Анализ результатов тестирования:

1. C++ и Fortan все еще заметно быстрее какого-либо другого языка программирования.
2. Julia обеспечивает отличную производительность. Скорость выполнения составляет всего от 2,64 до 2,70 раза медленнее, чем скорость выполнения лучших C++ компиляторов.
3. Python крайне медлен на данной задаче. Используя PyPy реализации, он работает около 44 раз медленнее, чем в C++. CPython интерпретатор, от 155 и до 269 раз медленнее, чем C++.

4. Matlab от 9 до 11 раз медленнее, чем C++.

5. R и Mathematica показали наихудшие результаты, в сравнении с остальными языками.

В данной работе был проведен анализ времени работы различных языков программирования при реализации алгоритма стохастической неоклассической модели роста. Результаты и анализ приведены выше.

Стоит упомянуть, что в данной работе не рассматривается язык 1С, очень популярный у экономистов, но не подходящий для реализации поставленной задачи.

Так же стоит уточнить, что в данной работе не рассматриваются аспекты применения языков программирования в плане наличия дополнительных библиотек для работы с различными экономическими задачами и готовыми алгоритмами, находящими применение в экономике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Окрепилов В. В.** Экономика качества как методологическая основа управления регионами / /Экономика и управление. 2013. № 1 (87). С. 8-14.

2. **Окрепилов В. В., Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Кузьмина С. Н.** Применение суперкомпьютерных технологий для моделирования социально-экономических систем // Экономика региона. 2015. № 2 (42). С. 301-312.

3. **Chernikova A., Golovkina S., Kuzmina S., Demenchenok T.** Supplier selection based on complex indicator of finished products quality // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 19. Сер. "Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport, EMMFT 2017" 2017. С. 012045.

4. **Тодаро М. П.** Экономическое развитие / пер. с англ. под редакцией С. М Яковлева, Л. З. Зевина М.: Экономический факультет МГУ, ЮНИТИ 1997.

5. **Кузнецов Ю. А Мичасова О. В.** Использование системы MatLab для численно-аналитического исследования задач теории экономическо-го роста. Журнал Прикладная Информатика, № 6, Синергия ПРЕСС. 2006.

6. Индекс ТЮВЕ Веб-страница <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>.