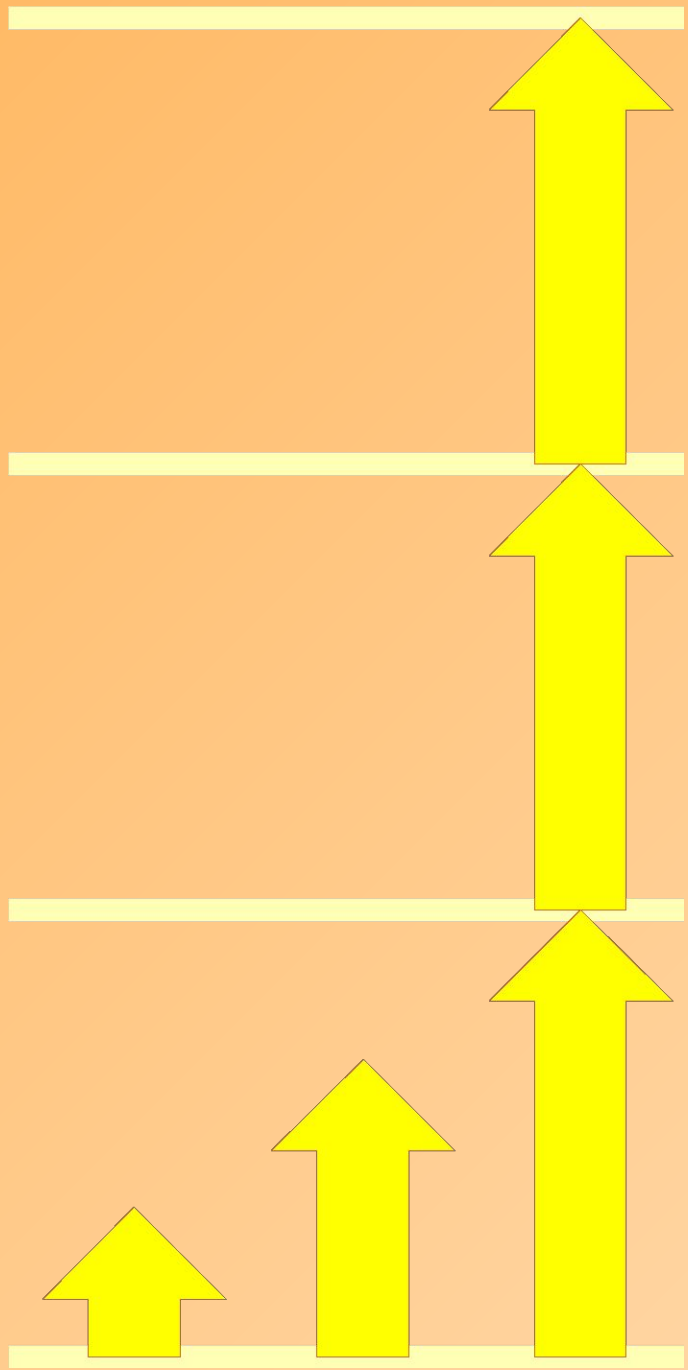


Университет города Переславля
им. А. К. Айламазяна

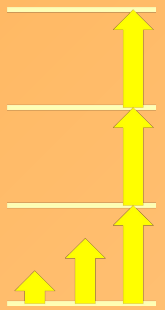
Метавычисления и их применение

(слайды к циклу лекций)

Абрамов С.М.
Парменова Л.В.

Литература и ссылки

- http://www.botik.ru/~abram/mca/
- http://www.botik.ru/~xsg/tsg_book
- ftp://ftp.botik.ru/rented/xsg/www/tsg_book
- Абрамов С.М. ``Метавычисления и их применение"//М., Наука-Физматлит, 1995, с. 127
- Позлевич Л.В., Федосова М.А. ``Метавычисления и их применение. Суперкомпиляция"//Выпускная работа на соискание степени бакалавра, Филиал Российского университета дружбы народов, Переславль--Залесский, с. 68



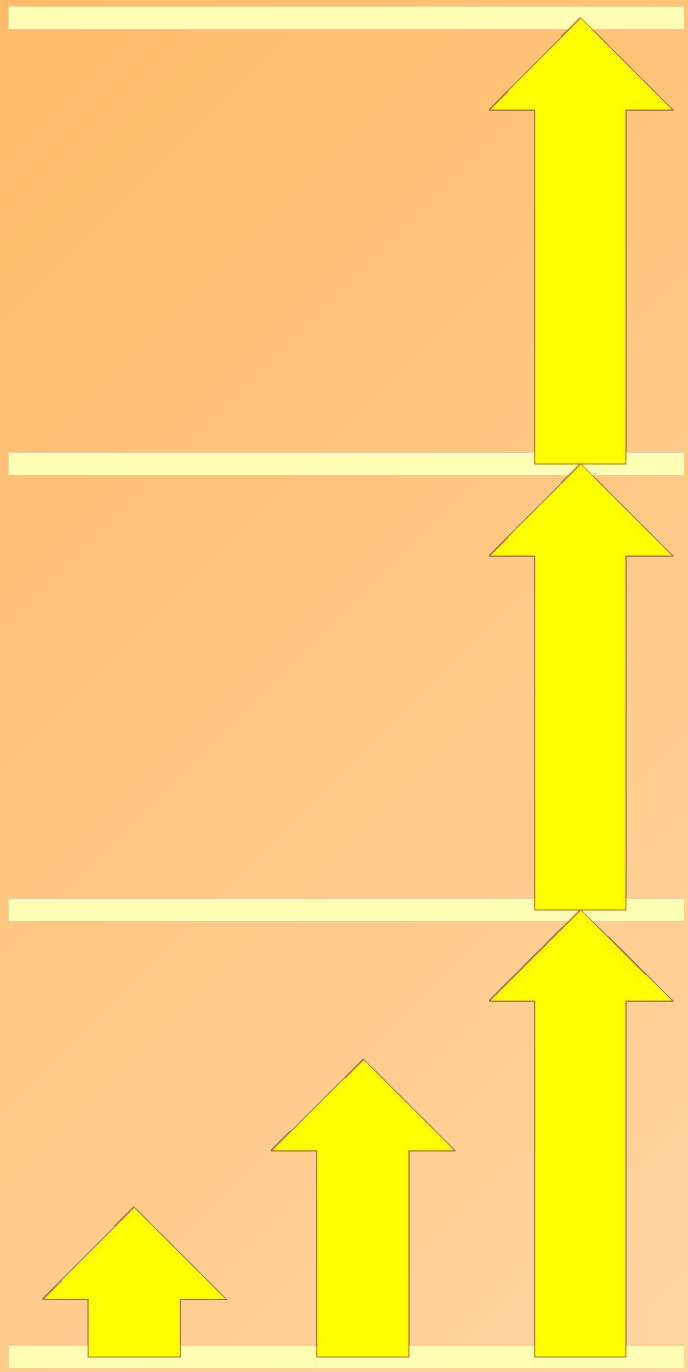
Литература и ссылки

- Абрамов С.М. Метавычисления и их применение//Диссертация на соискание степени доктора физико-математических наук, ИПС РАН, декабрь 1995. с. 287
- Sergei Abramov, Robert Glück, Semantics Modifiers: An Approach To Non-standard Semantics of Programming Languages'//FLOPS98 (ftp://ftp.botik.ru/pub/local/Sergei.Abramov/FLOPS98.zip)

Контрольные мероприятия

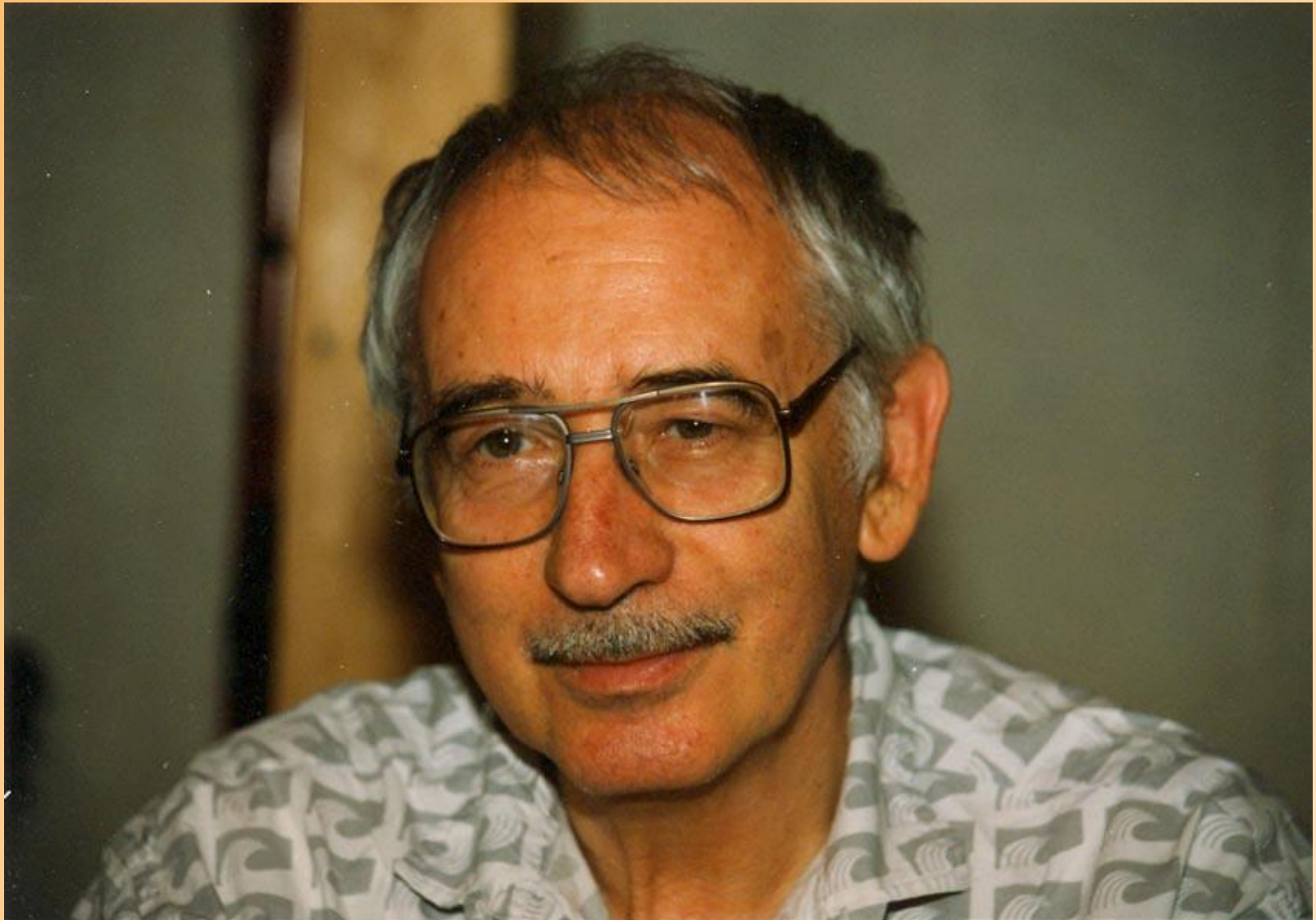
- Написание тестов
- Задачи
- Рубежный контроль (1)
- Зачет (дифференцированный)
- Рубежный контроль (2)
- Экзамен

- Ассистент(ы)
- Работа в botik.edu
- Посещаемость: старосты



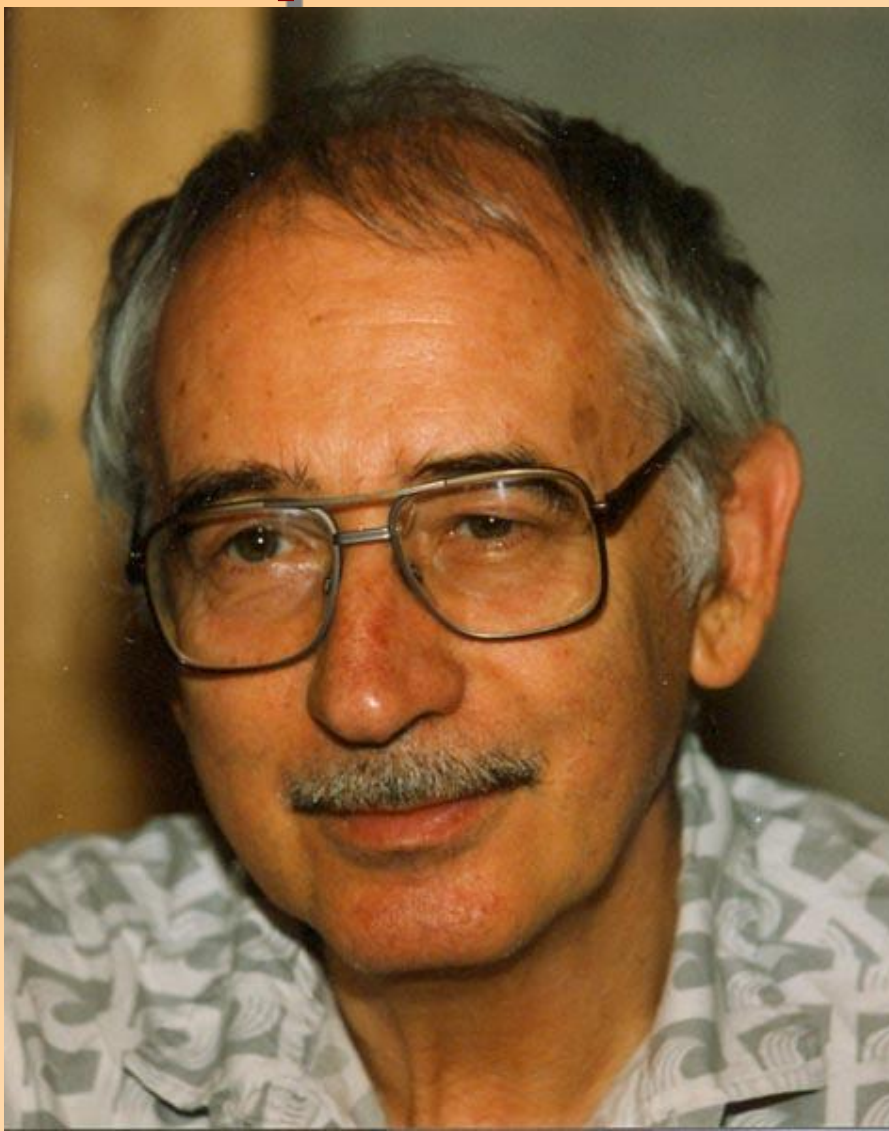
Глава 1. Введение

В. Ф. Турчин — основатель метавычислений



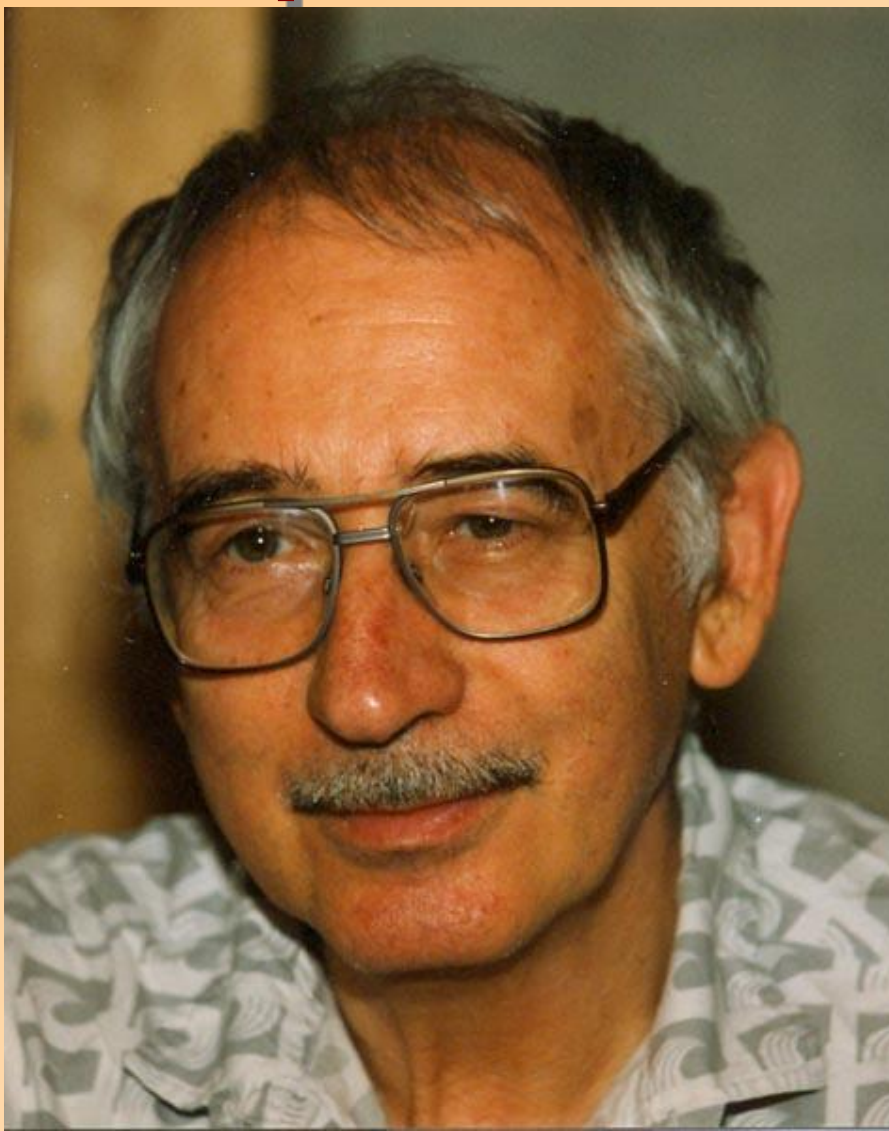
В. Ф. Турчин. Краткая биографическая справка

- **14.02.1931–07.04.2010**
- физик-ядерщик
- философ: «Феномен науки» — общая теория эволюции (обсуждается далее)
- классик в области теоретических основ информатики, основатель метавычислений, создатель языка рефал



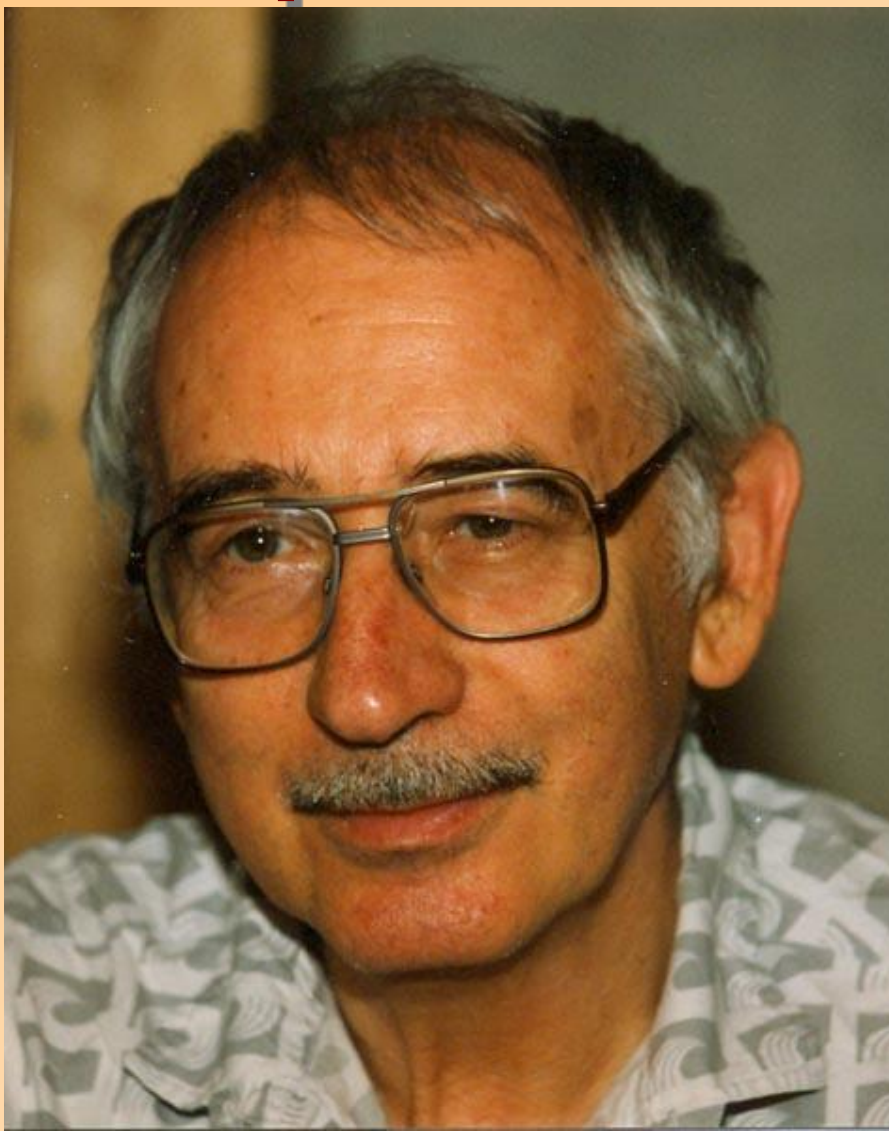
В. Ф. Турчин. Краткая биографическая справка

- наставник молодых: Колмогоровский интернат, рефал-мальчики, рефал-семинары
- популяризатор науки (журнал «Знание — сила», сборники «Физики шутят» и «Физики продолжают шутить»)



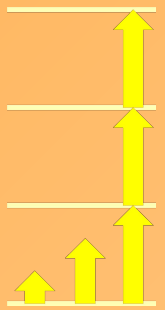
В. Ф. Турчин. Краткая биографическая справка

- ★ человек высокой совести, гражданин,
- ★ диссидент, правозащитник, лидер хельсинской группы в Москве
- ★ Книга В.Ф.Турчина «Инерция страха»
- ★ выдворение из СССР (1977)
- ★ персональная «железная занавесь»



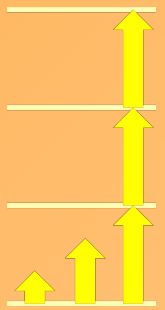
Теория метасистемных переходов (MST)

- «Общая теория эволюции» В.Ф.Турчина:
  - квант эволюции — метасистемный переход;
  - эволюция — цепочка метасистемных переходов
  - общие черты метасистем и метасистемных переходов
    - для метасистем объектами (анализа, преобразования, управления...) являются системы
    - часто метасистемы работают с множествами (объектов)
  - условия для метасистемного перехода
  - предпосылки неограниченной эволюции
  - системы с неограниченными возможностями развиваться
  - системы, обреченные жить без развития



Метавычисления: применение MST к программированию

- ★ Основная идея:
  - чтобы обеспечить эволюцию в мире программ, используем в программировании теорию эволюции В. Ф. Турчина;
  - результат этого: метавычисления.
- ★ Метапрограммы — конструктивные метасистемы над программами



Метавычисления: применение MST к программированию

- Общие черты метапрограмм заимствованы из MST — повторяют общие черты метасистем:
  - метапрограммы работают над программами: анализ, преобразование, (нестандартные) вычисления и т.п.
  - метапрограммы работают с множествами (с их представлениями)
  - можно реализовать условие «неограниченной цепочки метавычислений»: возможность совершения метасистемного перехода над метапрограммой — применение метапрограммы к метапрограмме

Простейшие примеры метасистемных переходов

- Программа **p** из языка **L** (**p**$\in P_L$) на данных **d**$\in$**D** дает результат **r**$\in$**D**: **p d** $*\square_L$ **r**
- Что такое **(L/R)-*интерпретатор*** **int** языка **L**, написанный на языке **R**? Мнение?

  int$\in P_R$: $\square$**p**$\in P_L$ $\square$**d**$\in$**D**
  int(p, d) $*\square_R$ **r** $\square$ **p d** $*\square_L$ **r**
- Что такое **(L1→L2/R)-*компилятор*** **comp** с языка **L1** на язык **L2**, написанный на языке **R**? Мнение?

  comp$\in P_R$: $\square$**p1**$\in P_{L1}$ **comp p1** $*\square_R$ **p2** $\in P_{L2}$
  $\square$**d**$\in$**D** **p1 d** $*\square_{L1}$ **r** $\square$ **p2 d** $*\square_{L2}$ **r**

Простейшие примеры метасистемных переходов

- Даже простейшие метапрограммы позволяют достичь серьезных результатов
- Назовем **(R→R/R)-*специализатором*** $s \in P_R$:

  $\forall p \in P_R \quad \forall d_1 \in D \quad s(p, d_1) *_R p_1 \in P_R :$

  $\forall d_2 \in D \quad p(d_1, d_2) *_R r \quad \Leftrightarrow \quad p_1 d_2 *_R r$
- Коротко (***основное свойство специализатора***):

  $\forall p \in P_R \quad \forall d_1, d_2 \in D \quad p(d_1, d_2) = s(p, d_1) d_2$
- Тривиальный и нетривиальный специализатор: как отличить? Touch stone будет на следующем слайде

Простейшие примеры метасистемных переходов

★ $p\ (d_1, d_2) = s(p, d_1)\ d_2$

★ $p_L\ d\ *_L\ r\ _R*\ int(p_L, d) =$

$s(int, p_L)\ d =$

$s(s, int)\ p_L\ d =$

$s(s, s)\ int\ p_L\ d$

генератор компиляторов

результат (L→R)-компиляции p_L

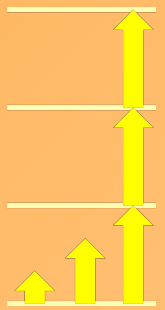
(L→R/R)-компилятор

★ ***Проекции Футамуры-Турчина***

★ Дистанция в ~15 лет между «это теоретически возможно (1971)» и «это сделано на практике (1985)». Touch stone для специализаторов.

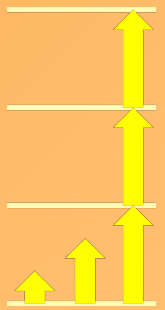
История проекций Футамуры-Турчина

- Футамура открыл первые две проекции
  - Y. Futamura: Partial Evaluation of Computation Process — An approach to a Compiler-Compiler, 1971
- Турчин независимо от Футамуры открыл (1972...) все три проекции, опубликовать не мог
  - Первое сообщение об этом: в работе академика Ершова
- Первая «неразборчивая» реализация: Neil D. Jones, DIKU, 1985
- Более совершенная реализация: С.А. Романенко, 1987
- Компьютерра «Турчин и другие...»
  - http://offline.computerra.ru/2001/402/10913/



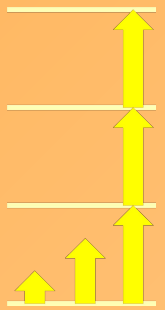
Другие примеры метасистемных переходов

- В нашем курсе мы рассмотрим более сложные метасистемы (многоуровневые метасистемы), более сложные примеры метасистемных переходов, более сложные проекции (например, для нестандартных семантик).



Метавычисления

- ***Метавычисления:*** раздел программирования, посвященный разработке методов анализа и преобразования программ за счет реализации конструктивных метасистем (метапрограмм) над программами.
- Программы в метавычислениях рассматриваются как ***объект*** анализа и/или преобразования.



Базовые идеи

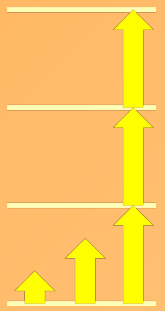
- ***применение теории метасистем и метасистемных переходов*** к программам
- ***процесс-ориентированный подход*** к построению методов анализа и преобразования программ
  - разработка метапрограмм **M**, которые «наблюдают» за ***процессами*** вычисления исходной программы **p** (на одиночных данных **d**, на классах данных ***C***) и управляют этими процессами.
- фиксация языка реализации **R**
  - на нем должны быть написаны все программы p, к которым будут применяться метапрограммы
- если некоторая метапрограмма M написана на R, то к ней применима она сама (самоприменимость) или другие метапрограммы (метасистемная лестница)

Цель исследований

- Реализация средств анализа программ и средств выполнения преобразований программ
  - эквивалентных преобразований (например, оптимизаций) и
  - построения новых программ, функции которых сложным образом определяются через функции исходных программ

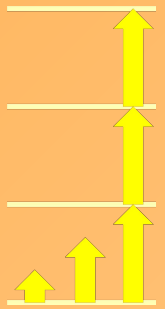
Мотивация

- В.Ф.Турчин “Феномен науки”:
- ***«Метод современной науки по своему существу есть не что иное, как построение формальных лингвистических моделей изучаемых явлений»...***
- ***«Очередной шаг развития лингвистического моделирования, то есть очередной метасистемный переход в эволюции науки — использование компьютеров в процессе построения формальных лингвистических моделей»...***
- ***«И это может быть сделано при помощи использования методов метавычислений»***
- Сегодняшние результаты убеждают, что данная роль метавычислений действительно может быть осуществлена на практике при условии дальнейшего развития методов метавычислений и методов их применения.



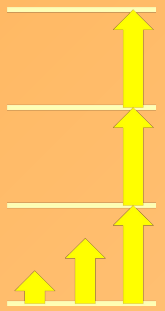
Мотивация

- В области программирования речь идет о создании мощных средств автоматического анализа и преобразований программ и методов применения этих средств
  - ***Автоматизация программирования***
  - ***Обеспечение надежности ПО***



Мотивация

- Стремление к скорейшему завершению создания теории суперкомпиляции и практической реализации суперкомпилятора привело к тому, что некоторые понятия и методы метавычислений, некоторые вопросы применения метавычислений в программировании были недостаточно полно развиты, исследованы, обоснованы и изложены.
  - ***До сих пор актуальная задача — закрыть данный пробел***



Мотивация

- Близкие технологии (частичные вычисления, дефорестация, расширенная дефорестация, обобщенные частичные вычисления и т. д.) упрощения суперкомпиляции и метавычислений
  - ***Исследователи, ранее занимающиеся данными направлениями, проявляют все больший интерес к метавычислениям***

Структура курса

[1] С.М.Абрамов «Метавычисления и их применения»

[2] Л.В. Парменова «Метавычисления и их применения. Суперкомпиляция»