Лекция 9: Качество программного обеспечения

Юрий Литвинов
y.litvinov@spbu.ru

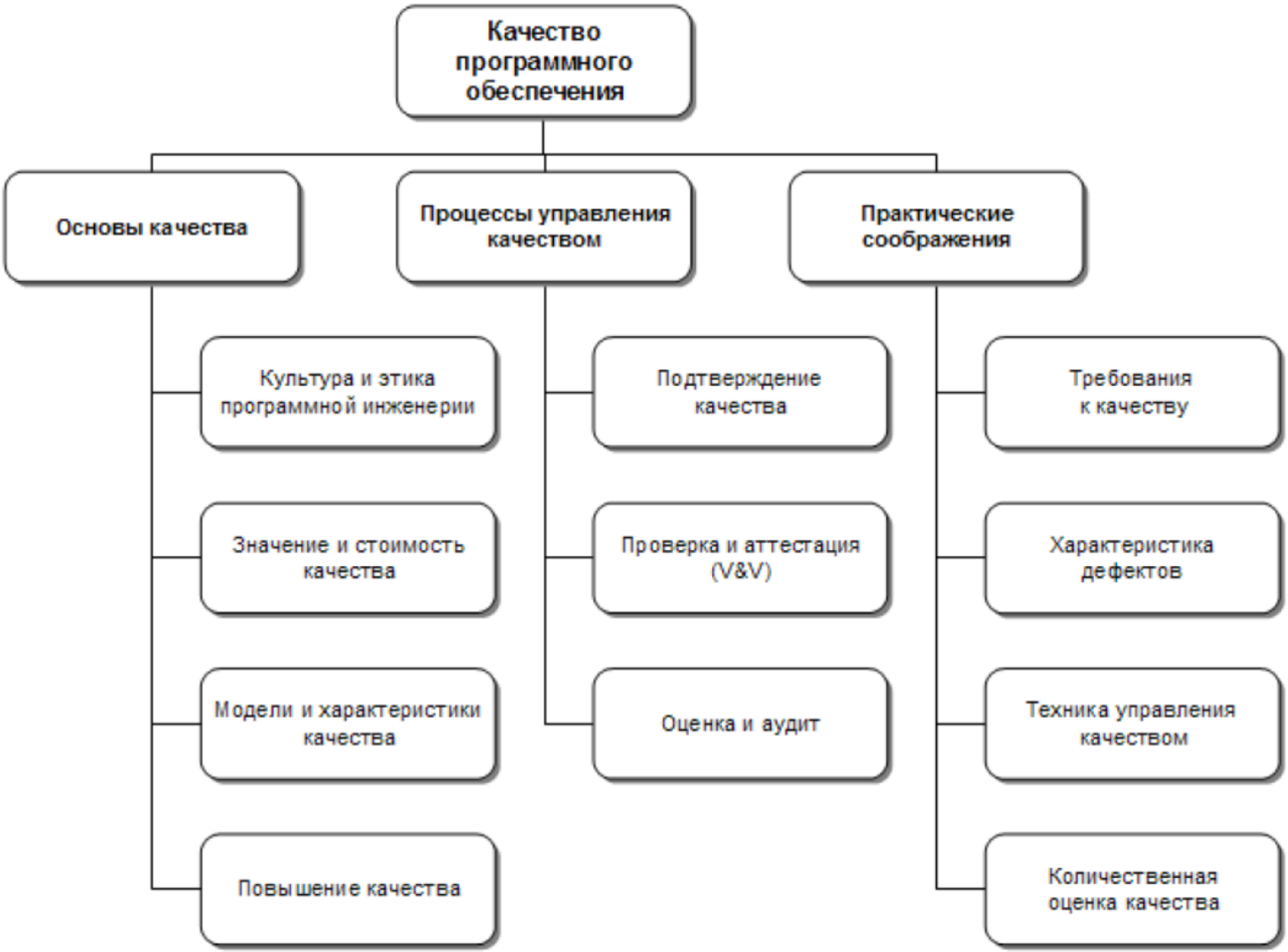
18.04.2023

Что такое качество ПО?

- Обывательский подход
  - Лёгкость в использовании, производительность, отсутствие ошибок, документация, кроссплатформенность и т.п.
- Профессиональный подход
  - Соответствие требованиям (Crosby, 1979)
  - Пригодность к использованию (Juran, Gryna, 1970)
- Жизненный подход
  - Соответствие всем требованиям, явным и неявным

Стоимость качества

- Решения о качестве принимаются на этапе работы с требованиями
- Обычно заказчик полагает качество максимальным
- Стоимость:
  - стоимость предупреждения дефектов (prevention cost)
  - стоимость оценки (appraisal cost)
  - стоимость внутренних сбоев (internal failure cost)
  - стоимость внешних сбоев (external failure cost)


Качество программного обеспечения
Основы качества
Процессы управления качеством
Практические соображения
Культура и этика программной инженерии
Значение и стоимость качества
Модели и характеристики качества
Повышение качества
Подтверждение качества
Проверка и аттестация (V&V)
Оценка и аудит
Требования к качеству
Характеристика дефектов
Техника управления качеством
Количественная оценка качества

Модель качества ПО

- Характеристики качества — отдельные точки зрения пользователя на качество
- Атрибуты характеристик качества — детализация разных аспектов характеристики
- Метрики качества
  - Метод измерения атрибута
  - Шкала измерения значений атрибута
  - Вес (иногда)

Характеристики качества ПО (ISO 25010:2011)

- Функциональность
- Надежность
- Удобство использования
- Эффективность
- Сопровождаемость
- Переносимость

Функциональность

- Функциональная полнота (suitability)
- Правильность (точность) (accuracy)
- Функциональная совместимость (интероперабельность) (interoperability)
- Защищенность (security)
- Соответствие стандартам и правилам (compliance)

Надежность

- Безотказность (maturity)
- Устойчивость к отказам (fault tolerance)
- Восстанавливаемость (recoverability)
- Пригодноспособность (dependability)
  - Готовность к использованию (availability)
  - Готовностью к непрерывному функционированию (reliability)
  - Безопасность для окружающей среды (safety)
  - Секретность и сохранность информации (confidentiality)
  - Устойчивость к самопроизвольному изменению (integrity)
  - Простота выполнения операций обслуживания (maintainability)

Удобство использования

- Понимаемость (understandability)
- Легкость изучения (learnability)
- Удобство работы (operability)
  - Оперативность
  - Согласованность
- Привлекательность (attractiveness)

Эффективность

- Временная эффективность, реактивность (time behaviour)
- Эффективность ресурсов (resource utilisation)

Сопровождаемость

- Анализируемость (analyzability)
- Изменяемость (changeability)
- Стабильность (stability)
- Тестируемость (testability)

Переносимость

- Адаптивность (adaptability)
- Настраиваемость, простота инсталляции (installability)
- Сосуществование (coexistence)
- Заменяемость (replaceability)

Метрики качества ПО

- Функциональность: метрики тестирования
- Надежность: метрики тестирования, динамические метрики
- Удобство использования: метрики эргономики
- Эффективность: динамические метрики
- Сопровождаемость: метрики кода
- Переносимость: метрики кода

Классификация метрик

- Метрики программного продукта
  - Внешние
    - Надежность
    - Функциональность
    - Сопровождение
    - Стоимость
  - Внутренние
    - Размер
    - Сложность
    - Стиль
- Метрики процесса
- Метрики использования

Классификация метрик

- Метрики программного продукта
- Метрики процесса
  - Общее время разработки и отдельно время для каждой стадии
  - Время модификации моделей
  - Время выполнения работ на процессе
  - Число найденных ошибок при инспектировании
  - Стоимость проверки качества
  - Стоимость процесса разработки
- Метрики использования

Классификация метрик

- Метрики программного продукта
- Метрики процесса
- Метрики использования
  - Точность и полнота реализации задач пользователя
  - Затраченные ресурсы на эффективное решение задач пользователя

Что можно измерять?

- Размер
  - Число классов, строк в программе, объём памяти, ...
- Переиспользуемость кода
  - Переиспользуемые классы, наследуемые классы, зависимости, ...
- Время
  - Отклика, общего функционирования системы, выполнения компонента, ...
- Усилия
  - Производительность труда, трудоемкость, ...
- Ошибки
  - Количество ошибок, число отказов, ...

Простые метрики

- Число строк кода (LOC/KLOC)
- Производительность = LOC / Затраты
- Удельная стоимость = Затраты / LOC
- Качество кода = Число ошибок / LOC
- Документированность = Число страниц документации / LOC

Ещё метрики

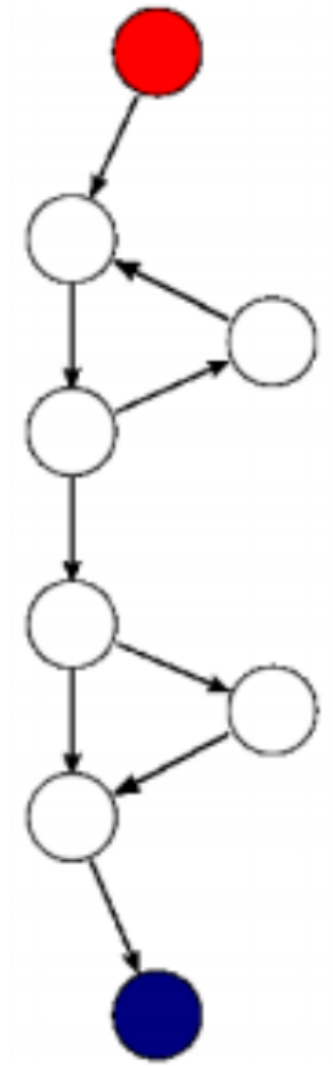
- Метрики Холстеда
- Метрики С. Чидамбера и К. Кемерера
- Метрики Ф. Абреу
- Метрики Л. Константейна и Э. Йордана
- Метрики Л. Отта и Б. Мехра
- Метрики Д. Биемена и Б. Кенга
- Метрики М. Лоренца и Д. Кидда
- Метрики Р. Байндера
- ...

Метрики Холстеда

- Number of Unique Operators (NUOprtr)
- Number of Unique Operands (NUOprnd)
- Number of Operators (Noprtr)
- Number of Operands (Noprnd)
- Halstead Program Volume (HPVol)
  $= (Noprtr + Noprnd) \times log_2(NUOprtr + NUOprnd)$
- Halstead Difficulty (HDiff) $= (\frac{NUOprtr}{2}) \times (\frac{Noprnd}{NUOprnd})$
- Halstead Effort (HEff) $= HDiff \times HPVol$

Цикломатическая сложность

- C = E–$N + 2P$
- E — число ребер
- N — число узлов
- P — число компонентов связности



Метрики С. Чидамбера и К. Кемерера

- Weighted Methods Per Class (WMC)
  - $WMC = \sum_{i=1}^{n} C_i$, где C_i — как-то посчитанная сложность метода i
- Depth of Inheritance Tree (DIT)
- Number of children (NOC)
- Coupling between object classes (CBO)
  - Количество вызовов методов или полей
- Response For a Class (RFC) $= |\{M\} \cup_i \{R_i\}|$
  - $\{R_i\}$ — множество методов, вызываемых методом i
  - $\{M\}$ — множество всех методов в классе
- Lack of Cohesion in Methods (LCOM)
  - NotRelated — количество пар методов без общих полей/свойств
  - Related — количество пар методов с общими полями/свойствами

$$LCOM = \begin{cases} NotRelated - Related, & \text{если } NotRelated > Related. \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Полезные модификации WMC

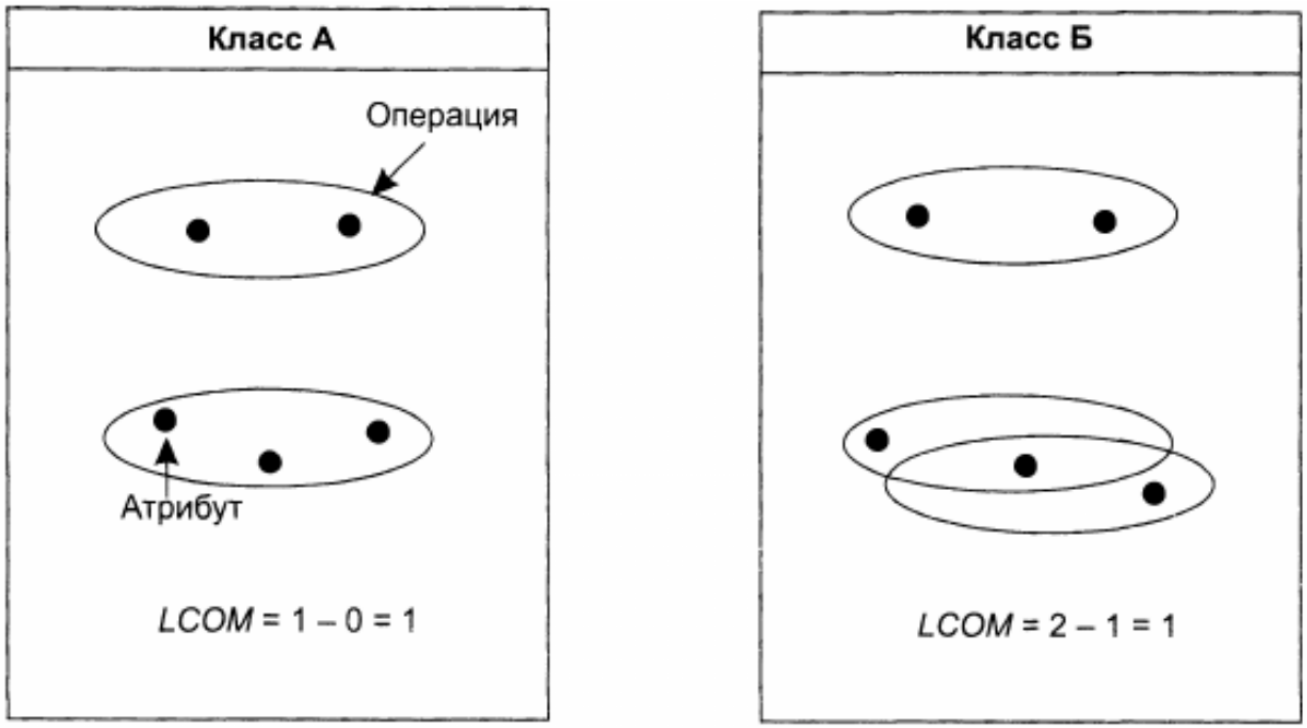
- WMC2 $= \sum_{i=1}^{n}$ количество параметров i-го метода
- ANAM (Average Number of Arguments per Method) $= \frac{WMC2}{WMC}$

SetInterval(min, max),
SetMethod(method),
SetPrecision(precision),
SetFunctionToIntegrate(function),
Integrate();

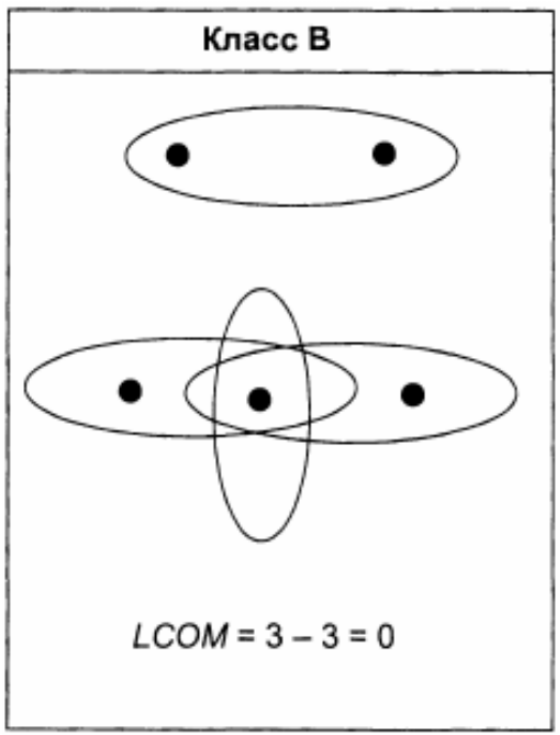
vs

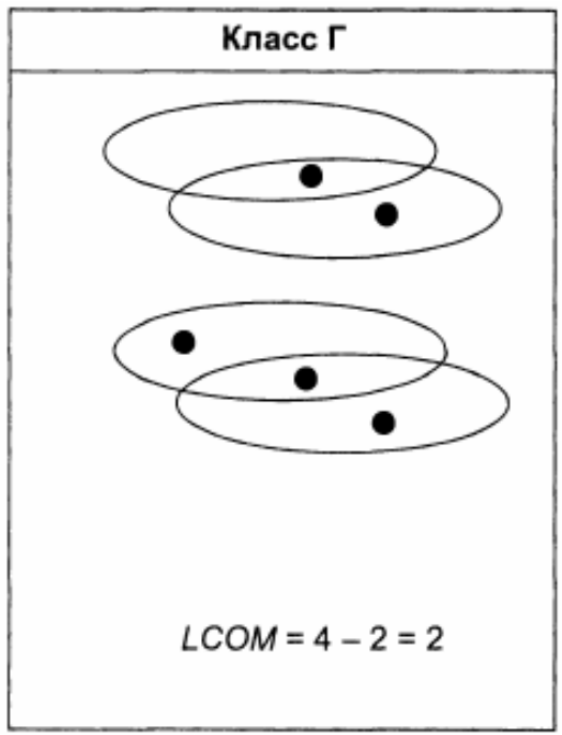
Integrate(function, min, max, method, precision);

LCOM: недостатки (1)



LCOM: недостатки (2)





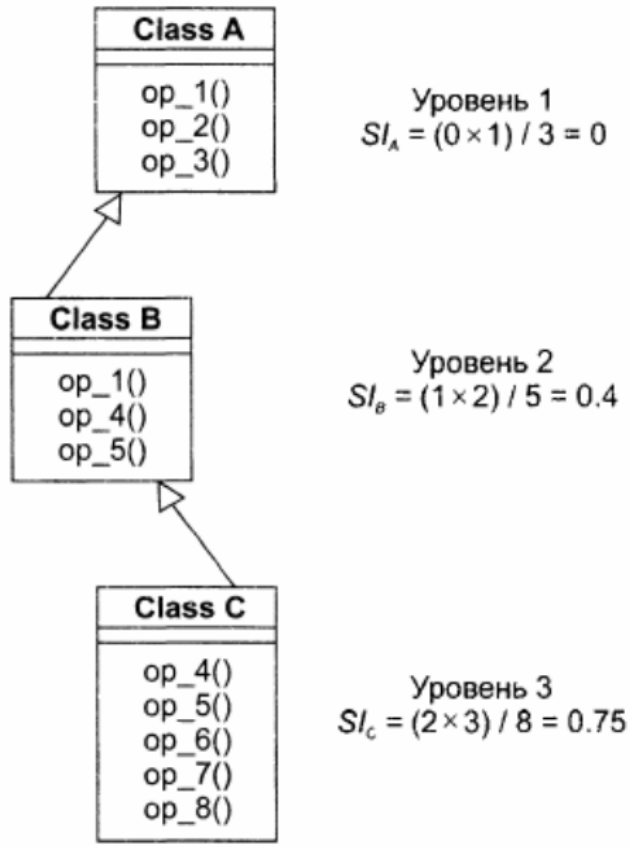
Модификация LCOM*

$$LCOM^* = \frac{\left(\frac{1}{a}\sum_{j=1}^{a} m(A_j)\right) - m}{1 - m}$$

- m — количество методов класса
- a — количество атрибутов класса
- $m(A_j)$ — количество методов, которые имеют доступ к атрибуту A

Метрики Лоренца и Кидда

- Метрики, ориентированные на классы
  - Class Size (CS, <= 20)
  - Number of Operations Overridden by a Subclass (NOO, <= 3)
  - Number of Operations Added by a Subclass (NOA, <= 4)
  - Specialization Index (SI, <= 0.15)
    $SI = (NOO \times \text{уровень}) / M_{\text{общ.}}$
- Метрики, ориентированные на операции
  - Average Operation Size (OS_{avg}, <=9)
  - Operation Complexity (OC)
  - Average Number of Parameters per operation (NP_{avg})



Набор метрик Фернандо Абреу (MOOD)

- Фактор закрытости метода (MHF)
- Фактор закрытости атрибута (AHF)
- Фактор наследования метода (MIF)
- Фактор наследования атрибута (AIF)
- Фактор полиморфизма (POF)
- Фактор сопряжения (COF)

Фактор закрытости метода (MHF)

$$MHF = \frac{\sum_{i=1}^{TC} M_h(C_i)}{\sum_{i=1}^{TC} M_a(C_i)}$$

- $M_h(C_i)$ — количество private-методов в классе C_i
- $M_a(C_i)$ — общее количество методов в классе C_i (без унаследованных)

Фактор закрытости свойства (AHF)

$$AHF = \frac{\sum_{i=1}^{TC} A_h(C_i)}{\sum_{i=1}^{TC} A_a(C_i)}$$

- $A_h(C_i)$ — количество private-атрибутов в классе C_i
- $A_a(C_i)$ — общее количество атрибутов в классе C_i

Фактор наследования метода (MIF)

$$MIF = \frac{\sum_{i=1}^{TC} M_i(C_i)}{\sum_{i=1}^{TC} M_a(C_i)}$$

- $M_i(C_i)$ — количество унаследованных и не переопределенных методов в классе C_i
- $M_a(C_i)$ — общее количество методов в классе C_i

Фактор наследования свойства (AIF)

$$AIF = \frac{\sum_{i=1}^{TC} A_i(C_i)}{\sum_{i=1}^{TC} A_a(C_i)}$$

- $A_i(C_i)$ — количество унаследованных и не переопределенных атрибутов в классе C_i
- $A_a(C_i)$ — общее количество атрибутов в классе C_i

Фактор полиморфизма (POF)

$$POF = \frac{\sum_{i=1}^{TC} M_o(C_i)}{\sum_{i=1}^{TC} M_n(C_i) \times DC(C_i)}$$

- $M_o(C_i)$ — количество унаследованных и переопределенных методов в C_i
- $M_n(C_i)$ — количество новых (не унаследованных и переопределенных) методов в C_i
- $DC(C_i)$ — количество потомков класса C_i

Фактор сопряжения (COF)

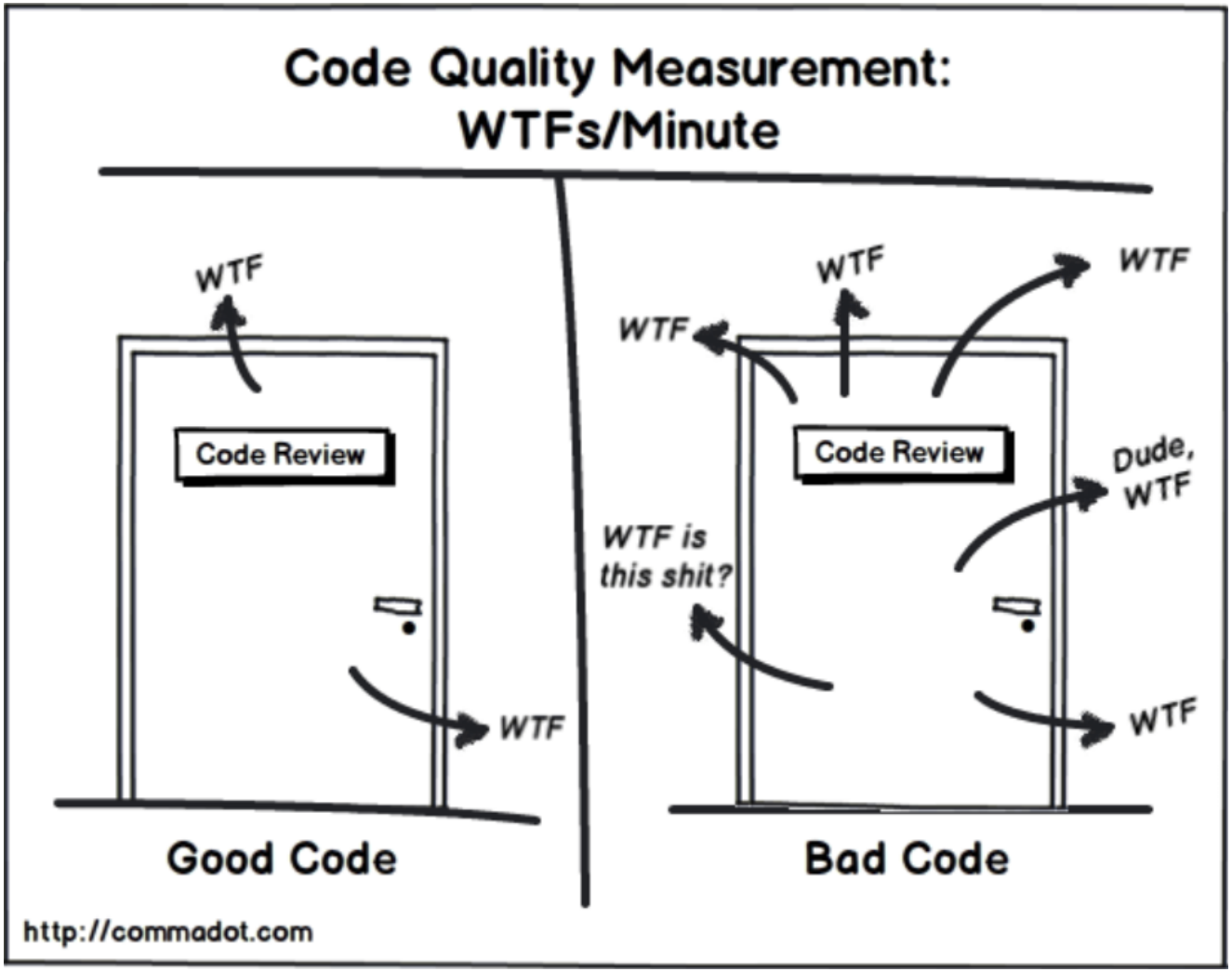
$$COF = \frac{\sum_{i=1}^{TC}\left(\sum_{j=1}^{TC} is\_client(C_i, C_j)\right)}{TC^2 - TC}$$

$$is\_client(C_c, C_s) = \begin{cases} 1, & \text{если } C_c => C_s \cap C_c \neq C_s \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

- C_c => C_s — класс-клиент содержит по меньшей мере одну не унаследованную ссылку на атрибут или метод класса-поставщика

Метрики для тестирования

- Недостаток связности в методах
- Процент публичных и защищенных методов
- Публичный доступ к атрибутам
- Количество корневых классов
- Количество детей, Высота дерева наследования
- Процентное количество не переопределенных запросов
- Процентное количество динамических запросов
- Скачок класса, Скачок системы

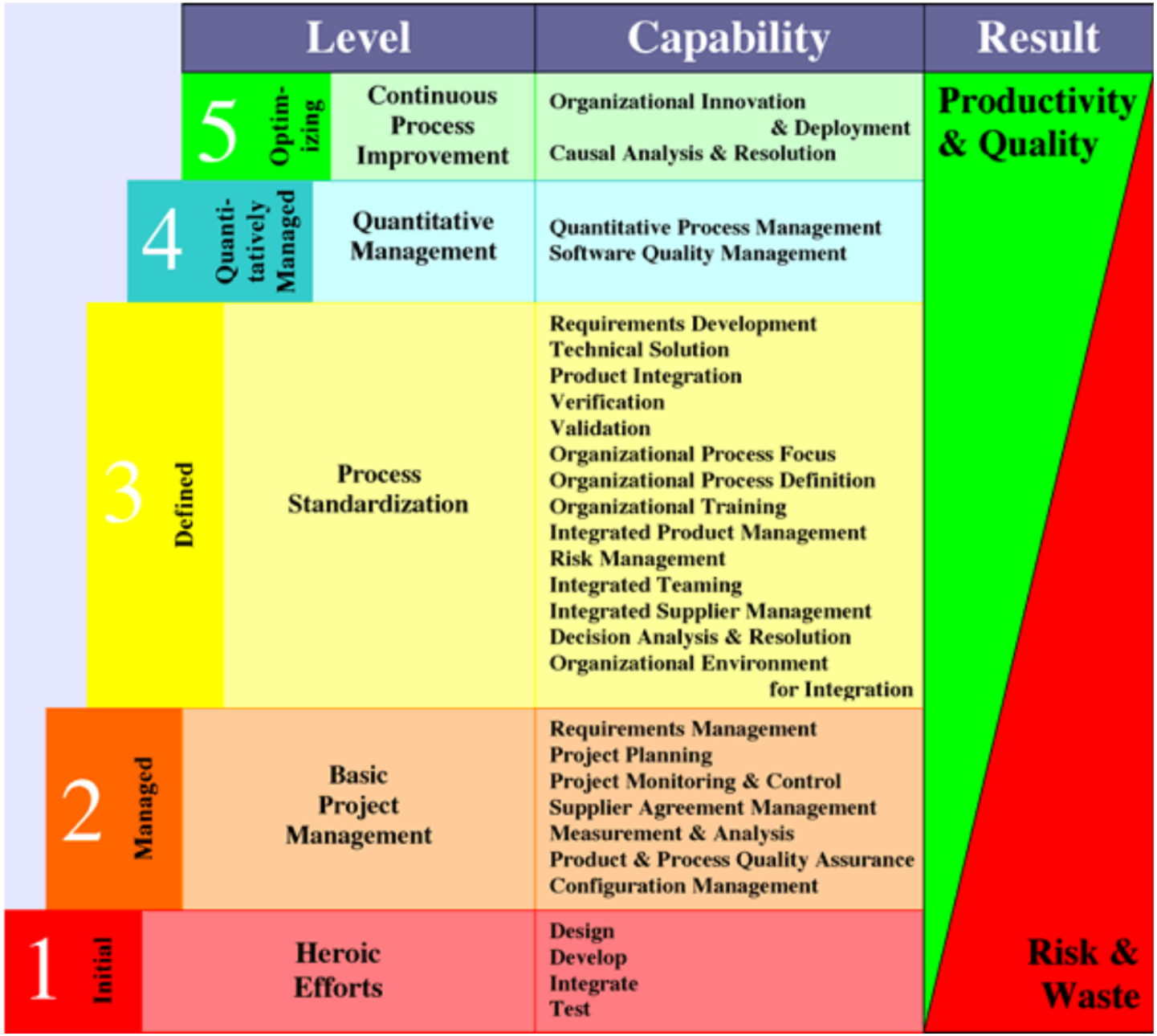

Code Quality Measurement:
WTFs/Minute
WTF
Code Review
WTF
Good Code
WTF
WTF
WTF
WTF
Code Review
Dude,
WTF
WTF is
this shit?
WTF
Bad Code
http://commadot.com

Аудит программного кода

- Сбор информации, накопление знаний, формирование эталонов
- Ручной
  - Экспертный
  - Расчётный
- Автоматический
  - https://plugins.jetbrains.com/plugin/93-metricsreloaded
  - http://metrics.sourceforge.net/
  - https://www.codacy.com/

Capability Maturity Model Integration (CMMI)

- Комплексная модель производительности и зрелости компании
- Пять уровней зрелости
- 22 области усовершенствования
  - Управление процессами
  - Управление проектами
  - Инженерные области
  - Служебные области
- Цели: общие и специфические
- Best Practices


Level
Capability
Result
5 Optim-izing
Continuous Process Improvement
Organizational Innovation & Deployment
Causal Analysis & Resolution
4 Quanti-tatively Managed
Quantitative Management
Quantitative Process Management
Software Quality Management
3 Defined
Process Standardization
Requirements Development
Technical Solution
Product Integration
Verification
Validation
Organizational Process Focus
Organizational Process Definition
Organizational Training
Integrated Product Management
Risk Management
Integrated Teaming
Integrated Supplier Management
Decision Analysis & Resolution
Organizational Environment for Integration
2 Managed
Basic Project Management
Requirements Management
Project Planning
Project Monitoring & Control
Supplier Agreement Management
Measurement & Analysis
Product & Process Quality Assurance
Configuration Management
1 Initial
Heroic Efforts
Design
Develop
Integrate
Test
Productivity & Quality
Risk & Waste