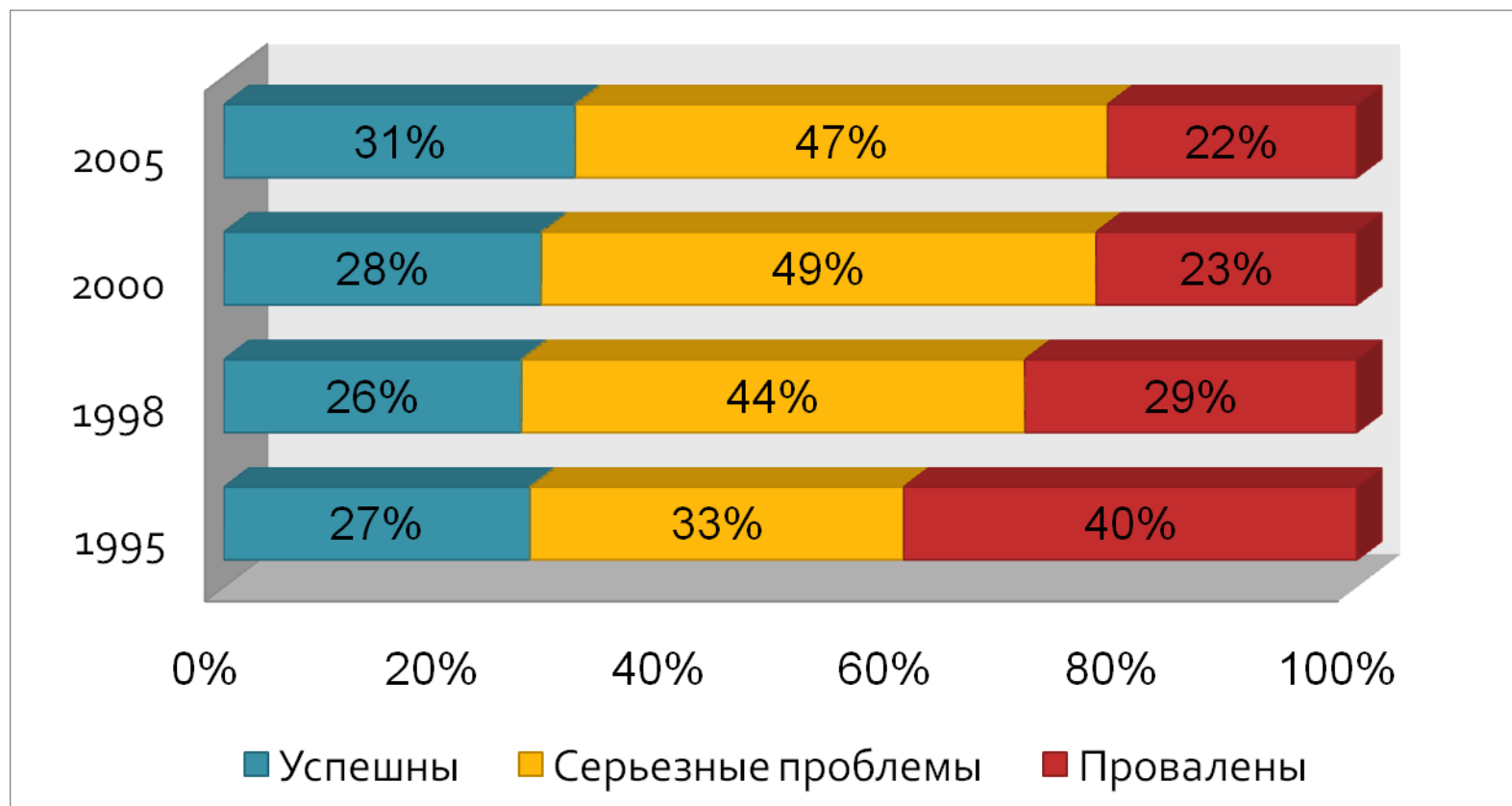


# **МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТНО- ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

# Актуальность



Успешность IT проектов по данным компании  
The Standish Group International

# Актуальность



# Способы мониторинга качества

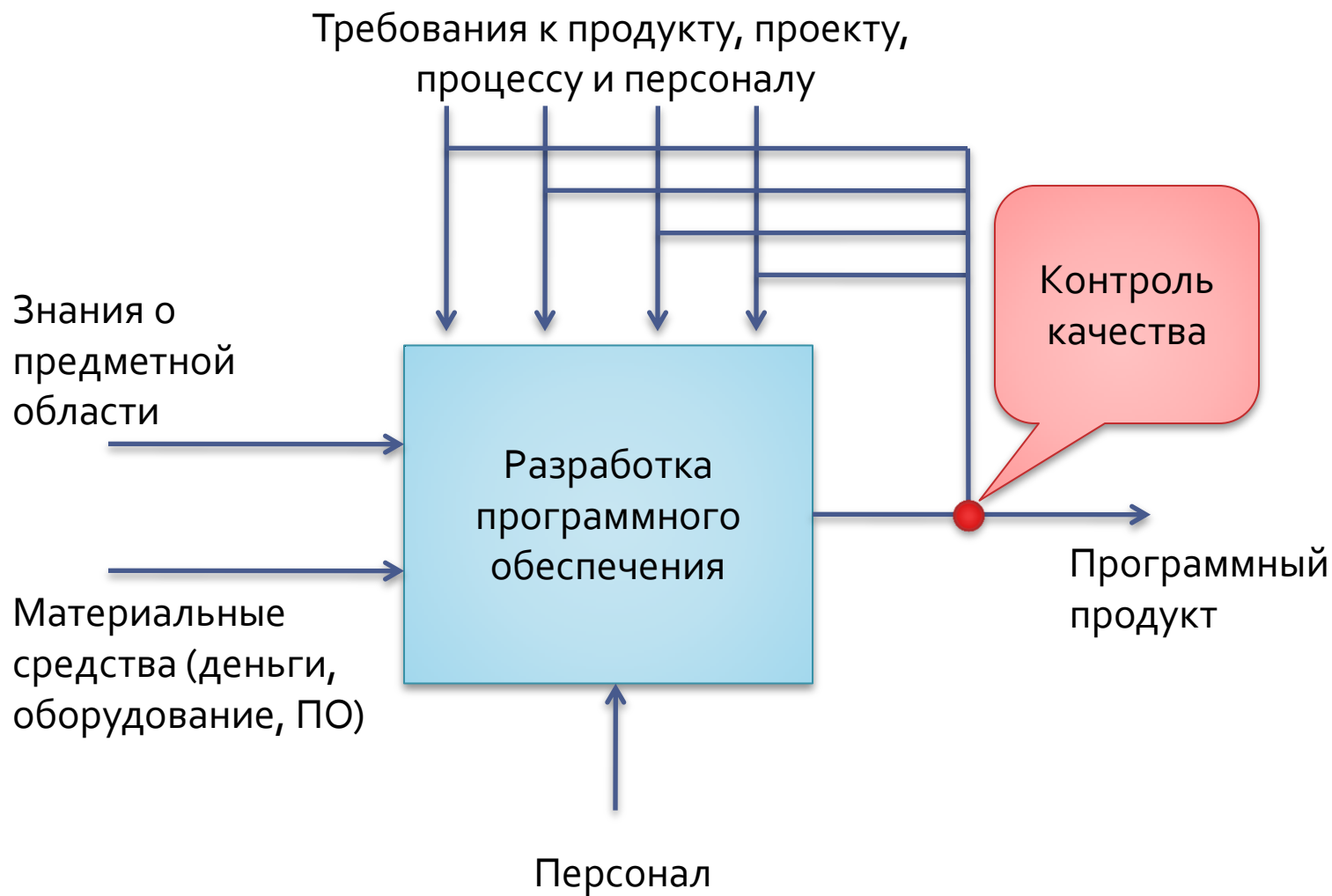
Привлечение  
внешних  
консультантов

- Высокая стоимость до 30-40%
- Разглашение информации

Использование  
информации о  
метриках

- Необходимость присутствия эксперта
- Наличие исторически собранной информации

# Процесс разработки ПО



# Методы мониторинга качества

Оценка сложности  
реализации

Анализ метрических  
показателей

Анализ взаимных  
зависимостей

- Ориентированы на предварительную оценку трудозатрат
- Требуют большого количества собранной исторической информации
- Требуют специальных навыков и знаний
- Требуют значительного времени для получения результата

# Автоматизированный мониторинг характеристик качества проекта ООПП

Для исследования выбраны:

- Проекты, в которых применяется объектно-ориентированный подход в разработке
- Этап технического проектирования
- Пять наиболее важных показателей внутреннего качества проекта

# Характеристики проектной модели

Сложность реализации (**complexity**,  $CPLX(X)$ )

№	Название термина	Определение термина
1	Проект не реализуем	Затраты на реализацию модели сравнимы или больше, чем экономический эффект от продукта
2	Проект трудно реализуем	Затраты на конструирование проекта более чем в два раза превышают затраты на построение проектной модели.
3	Проект реализуем	Затраты на конструирование проекта сопоставимы с затратами на построение проектной модели.
4	Проект легко реализуем	Затраты на конструирование проекта меньше затрат на построение проектной модели.



# Характеристики проектной модели

Сложность изменения (**volatility**,  $VLTL(X)$ )

№	Название термина	Определение термина
1	Проект не изменяем	Затраты на модернизацию программного продукта равны или больше, чем реализация нового продукта с модернизированной функциональностью
2	Проект трудно изменяем	При модернизации программного продукта меняется больше старого кода, чем добавляется нового
3	Проект изменяем	При модернизации программного продукта добавляется больше нового кода, чем изменяется старого
4	Проект легко изменяем	При модернизации программного продукта добавляется только новый код

# Характеристики проектной модели

Сложность сопровождения (**maintenance**,  $MNTN(X)$ )

№	Название термина	Определение термина
1	Проект не сопровождаем	Затраты на сопровождение равны или превышают годовой экономический эффект программного продукта
2	Проект трудно сопровождаем	Затраты на сопровождение меньше годового экономического эффекта продукта
3	Проект сопровождаем	Затраты на сопровождение составляют не более 30% от годового экономического эффекта продукта
4	Проект легко сопровождаем	Затраты на сопровождение составляют не более 10% от годового экономического эффекта продукта

# Характеристики проектной модели

Подверженность ошибкам (**weakness**,  $WCK(X)$ )

№	Название термина	Определение термина
1	Проект подвержен критическому количеству ошибок	Для проекта характерна сильная уязвимость, исправление всех ошибок будет сравнимо по времени и по стоимости с разработкой проекта
2	Проект будет содержать большое количество ошибок	Стоимость исправления всех ошибок в программном продукте составляет менее 50% от стоимости разработки проекта
3	Проект будет содержать среднее количество ошибок	Стоимость исправления всех ошибок в программном продукте составляет менее 20% от стоимости разработки проекта
4	Проект мало подвержен ошибкам	Стоимость исправления всех ошибок в программном продукте составляет менее 10% от стоимости разработки проекта

# Характеристики проектной модели

Возможность повторного использования (**recycling**,  $RCCL(X)$ )

№	Название термина	Определение термина
1	Проект непригоден к повторному использованию	Затраты на изменение проектной модели под новый проект превышают затраты на создания новой модели
2	Проект трудно повторно использовать	Затраты на изменение проектной модели под новый проект меньше затрат на создания новой модели
3	Проект можно повторно использовать	Затраты на изменение проектной модели под новый проект составляют не более 50% затрат на создание новой модели
4	Проект нужно повторно использовать	Затраты на изменение проектной модели под новый проект составляют не более 10% затрат на создание новой модели

# Автоматизированный мониторинг качественных характеристик ООПП

- Унифицировать расчет метрических показателей для различных этапов процесса разработки
- Связать точные количественные значения метрических показателей с характеристиками качества

# Анализируемые элементы проекта

Диаграммы UML

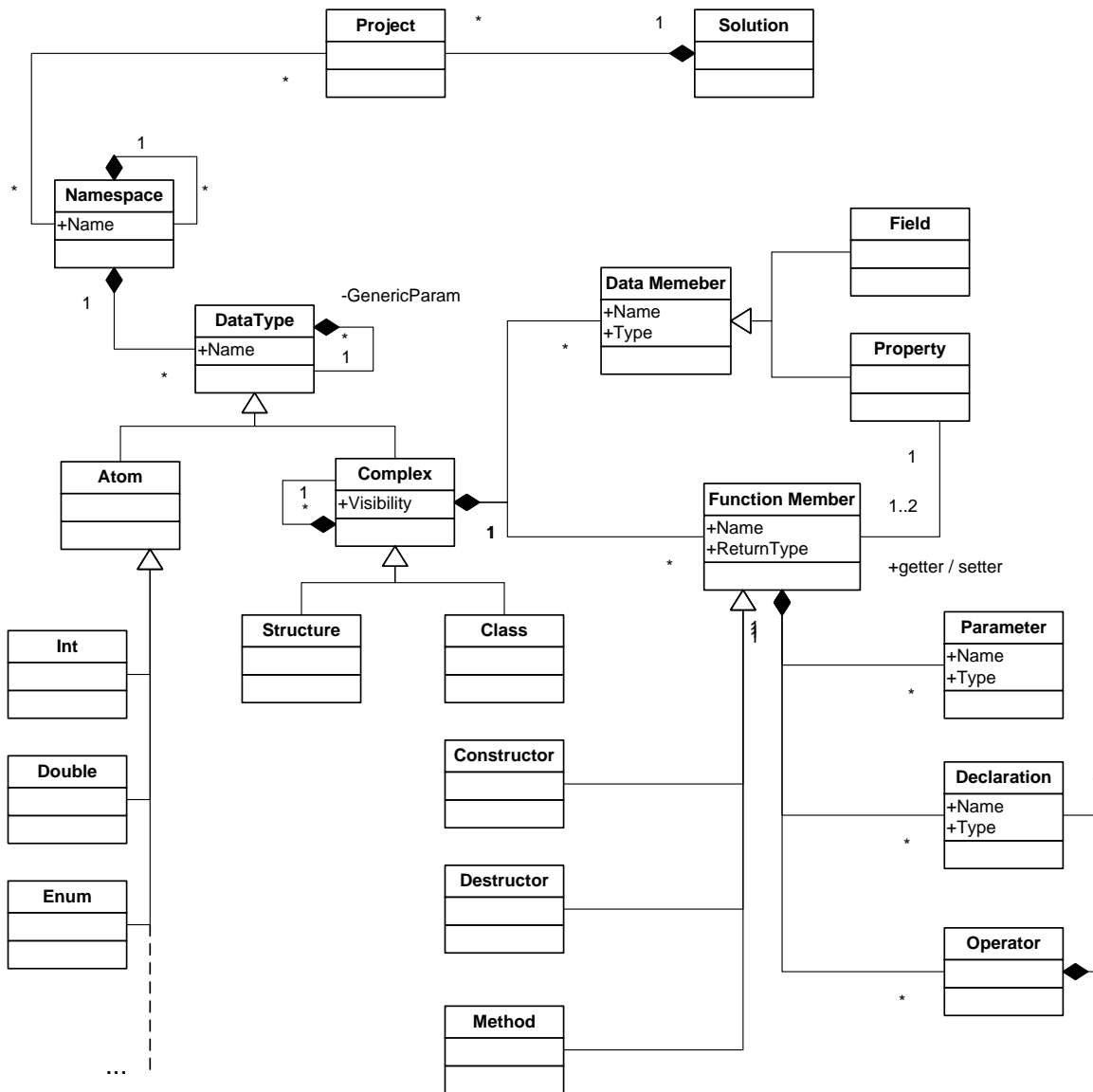
Исходный код на  
императивном языке

Исполняемые  
бинарные файлы



Модель проекта

# Метамодель проекта ООП

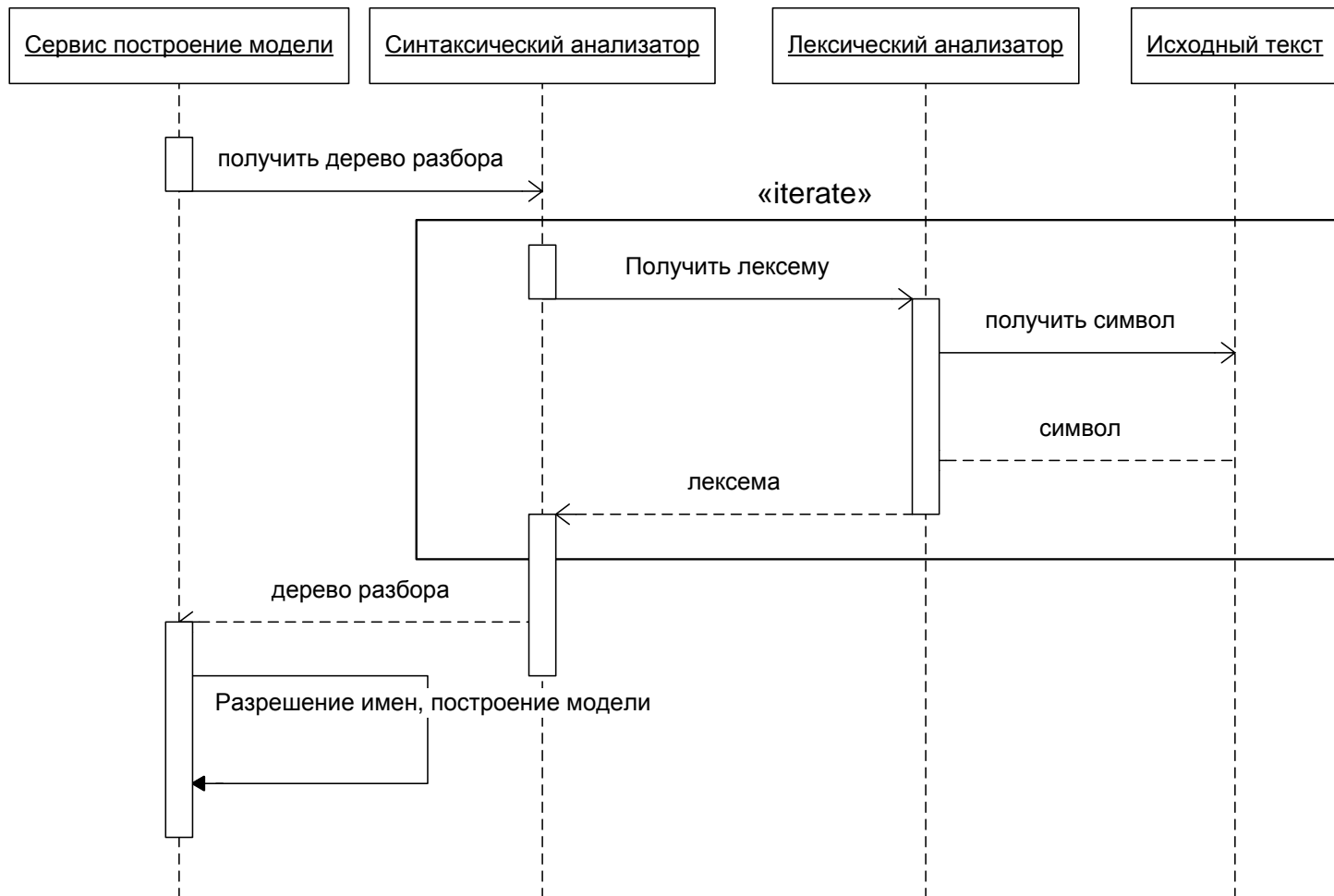


# Построение модели проекта ООПП на основе диаграмм UML





# Построение модели проекта ООПП на основе программного кода



# Построение модели проекта ООПП на основе исполняемых файлов



# Применение проектной модели

- Совмещение данных о проекте из различных элементов
- Сохранение данных для текущего состояния проекта с целью использовать их в дальнейшем
- Простое вычисление метрических показателей с использованием SQL и LINQ
- Возможность применения с начала технического проектирования

# Метод анализа характеристик качества проектной модели

- Задача определения характеристик качества на основе метрических показателей проектной модели **сводится** к задаче нечеткой классификации в  $N$ -мерном пространстве.
- Поскольку характеристики качества выражены в виде лингвистических переменных решение задачи может осуществляться с использованием правил нечеткой логики

# Метод анализа характеристик качества проектной модели

- Метод предполагает использование правил с MISO структурой:

$P_i$ : Если  $x_1$  есть  $A_{i1}$  И ... И  $x_j$  есть  $A_{ij}$  И ... И  $x_m$  есть  $A_{im}$  ТО  $y$  есть  $B_i, i = 1, \dots, n$

- Значения входных переменных являются четкими нормализованными значениями метрик
- Все термы входных и выходных переменных представлены гауссовыми функциями  $y = e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^2}$
- Значения параметров термов изначально не определены и поэтому база правил не может решать поставленную задачу сразу.

# Метод анализа характеристик качества проектной модели

- Нечеткая импликация – нечеткое произведение
- Т-норма – нечеткое произведение
- Аккумулялирование активизированных заключений правил не проводится
- Метод дефаззификации – средний центр

# Метод анализа характеристик качества проектной модели

- Нечеткую продукционную модель можно отобразить следующим образом:

$$y' = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \prod_{j=1}^m \exp \left[ - \left( \frac{x'_j - a_{ij}}{b_{ij}} \right)^2 \right]}{\prod_{j=1}^m \exp \left[ - \left( \frac{x'_j - a_{ij}}{b_{ij}} \right)^2 \right]}$$

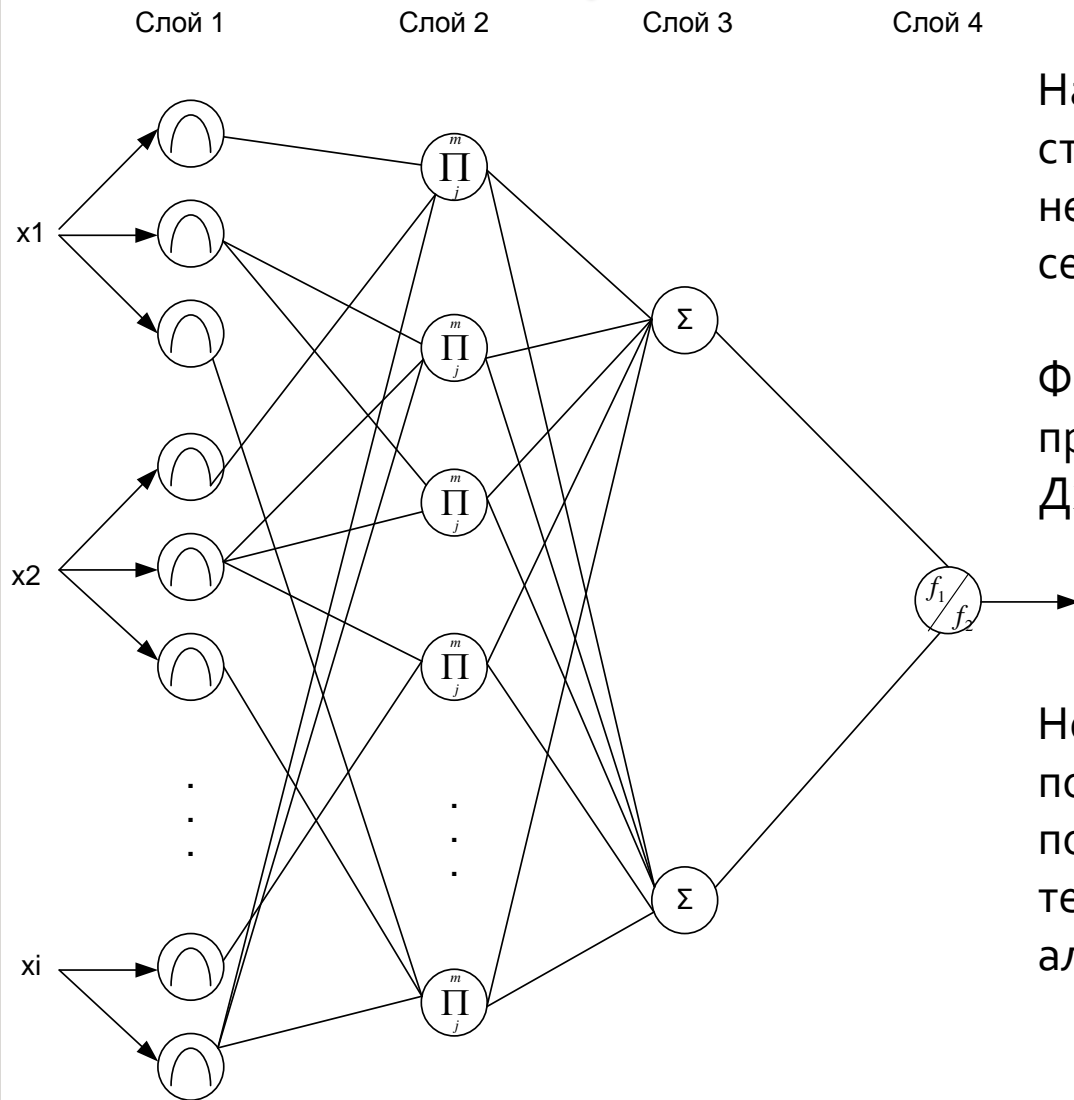
где

$y'$  - деффазифицированный результат работы сети

$c_i$  - центры соответствующих термов заключений

$a_{ij}, b_{ij}$  - центры и ширины термов посылок

# Метод анализа характеристик качества проектной модели



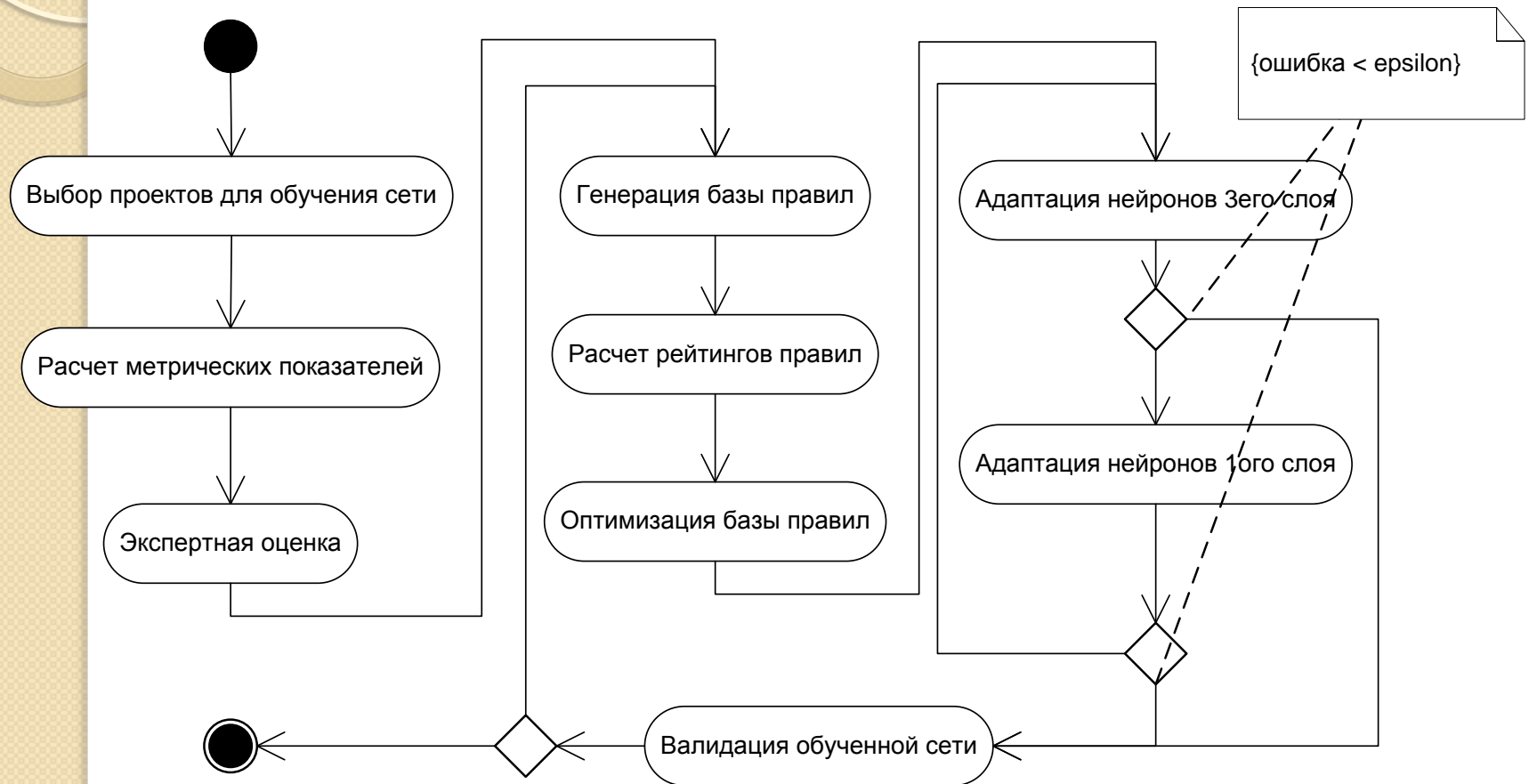
На основе базы правил строится нечеткая нейронная продукционная сеть .

Форма сети впервые предложена Л.Х. Вангом и Дж.М. Менделем

Нечеткая нейронная сеть позволит проводить подстройку значений термов с использованием алгоритмов обучения



# Настройка и обучение нейронной сети



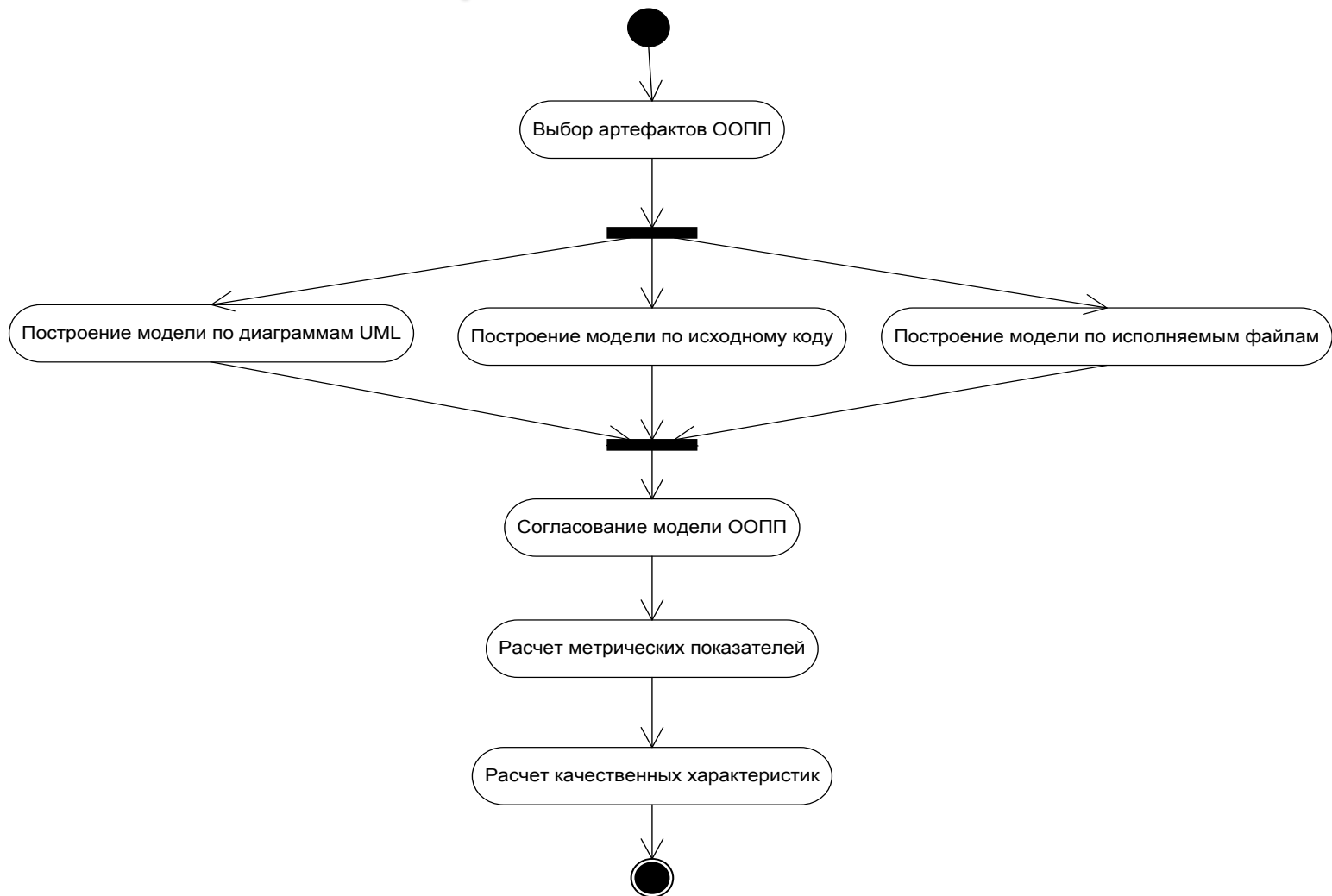
# Обучение нейронной сети методом обратного распространения ошибки

$$c_i^{(t+1)} = c_i^{(t)} - \eta \frac{(y^{r(k)} - y^{(k)}) \prod_{j=1}^m \exp \left[ - \left( \frac{x_j^{(k)} - a_{ij}}{b_{ij}} \right)^2 \right]}{\sum_{l=1}^n \prod_{j=1}^m \exp \left[ - \left( \frac{x_j^{(k)} - a_{lj}}{b_{lj}} \right)^2 \right]},$$

$$a_{ij}^{(t+1)} = a_{ij}^{(t)} - \eta \frac{\partial E^{(k)}}{\partial a_i^{(t)}} = a_{ij}^{(t)} - \eta \frac{2(x_j'^{(k)} - a_{ij}^{(t)})(y'^{(k)} - y^{(k)})(c_i - y^{(k)}) \prod_{l=1}^n \exp \left[ - \left( \frac{x_l'^{(k)} - a_{il}^{(t)}}{b_{il}} \right)^2 \right]}{b_{ij}^2 \sum_{h=1}^n \prod_{l=1}^m \exp \left[ - \left( \frac{x_l'^{(k)} - a_{hl}^{(t)}}{b_{hl}} \right)^2 \right]}$$

$$b_{ij}^{(t+1)} = b_{ij}^{(t)} - \eta \frac{\partial E^{(k)}}{\partial b_i^{(t)}} = b_{ij}^{(t)} - \eta \frac{2(x_j'^{(k)} - a_{ij}^{(t)})^2 (y'^{(k)} - y^{(k)})(c_i - y^{(k)}) \prod_{l=1}^m \exp \left[ - \left( \frac{x_l'^{(k)} - a_{il}^{(t)}}{b_{il}} \right)^2 \right]}{b_{ij}^2 \sum_{h=1}^n \prod_{l=1}^m \exp \left[ - \left( \frac{x_l'^{(k)} - a_{hl}^{(t)}}{b_{hl}} \right)^2 \right]}$$

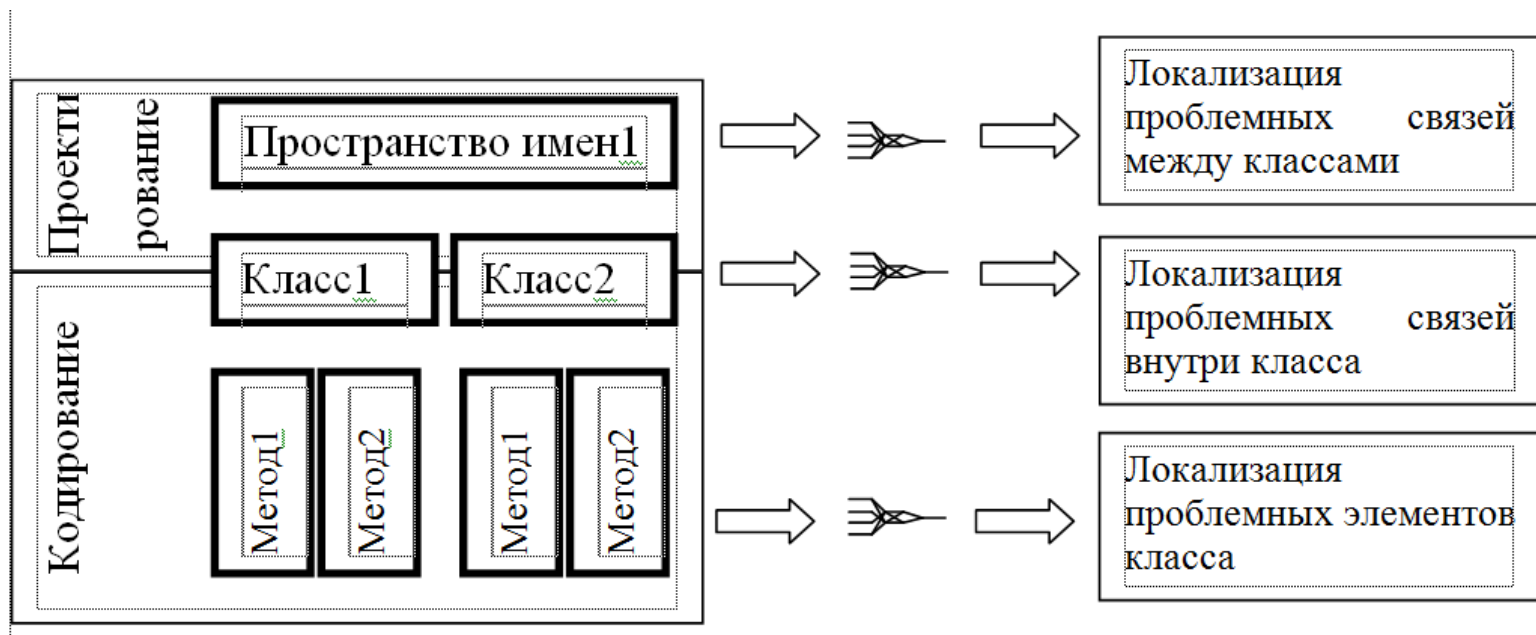
# Алгоритм оценки характеристик качества проекта ООПП



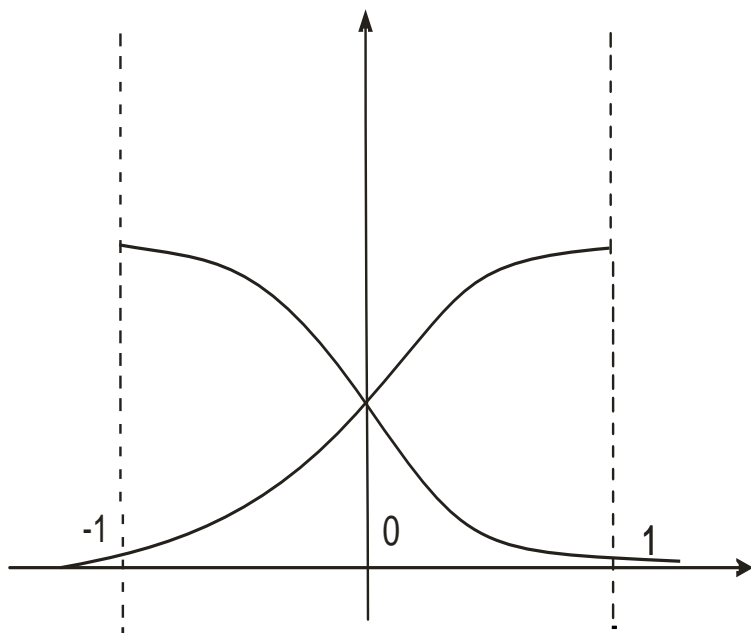
# Применение метода. Локализация проблемных элементов модели

- Входными параметрами для разных видов задач локализации являются метрики, относящиеся к соответствующему уровню модели.
- Выходными значениями будут являться признаки плохого кода, указывающие на возможность применения того или иного вида рефакторинга.

# Локализация проблемных элементов модели

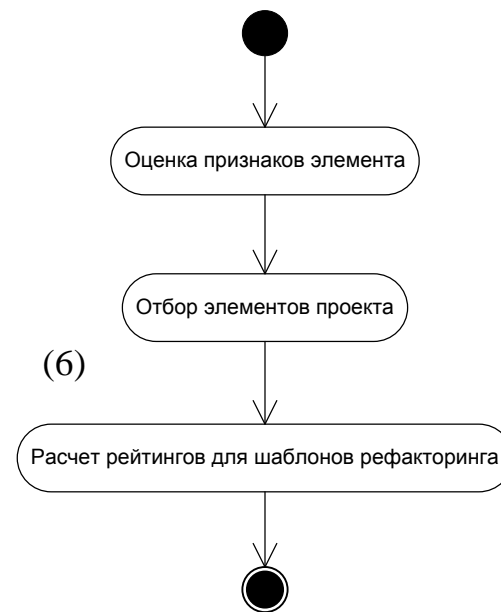


# Локализация проблемных элементов модели



Форма термов заключения

$$r_i^{\text{эл}} = \sum_{j=1}^N \mu_{j1}(WM_j(X^{\text{эл}}))$$



Алгоритм работы советующей подсистемы

# Применения метода. Определение компетенций разработчиков

- Оценивать компетенции персонала предлагается на основе оценки изменений в проекте, которые совершает каждый участник команды разработки.
- Каждая компетенция будет представлена нечеткой переменной с двумя термами {достаточно, недостаточно}

# Определение компетенций

$$C_m = F(\{I_m(X_i, X_{i-1})\})$$

где

$X_i$  – элементы проекта с номером версии  $i$

$C_m$  – вектор компетенций участника команды разработки  $m$ .

$I_m(X_i, X_{i-1})$  – вектор факторов влияния на проект  $i$  изменения произведенного разработчиком  $m$



# Определение компетенций

- Функция  $C_m$  может быть вычислена как вектор усредненных значений факторов влияния
- Значение переменной компетенции можно вычислить, фаззифицировав усредненное значение фактора влияния.

$$C_m = \left\{ \mu_D \left( \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N} \right), \mu_{HD} \left( \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N} \right) \right\}$$

# Фактор влияния

Простой фактор влияния

$$Y_i = \{y'_{ki}\} = \{WM_k(\{M_j(X_i)\})\}$$

где

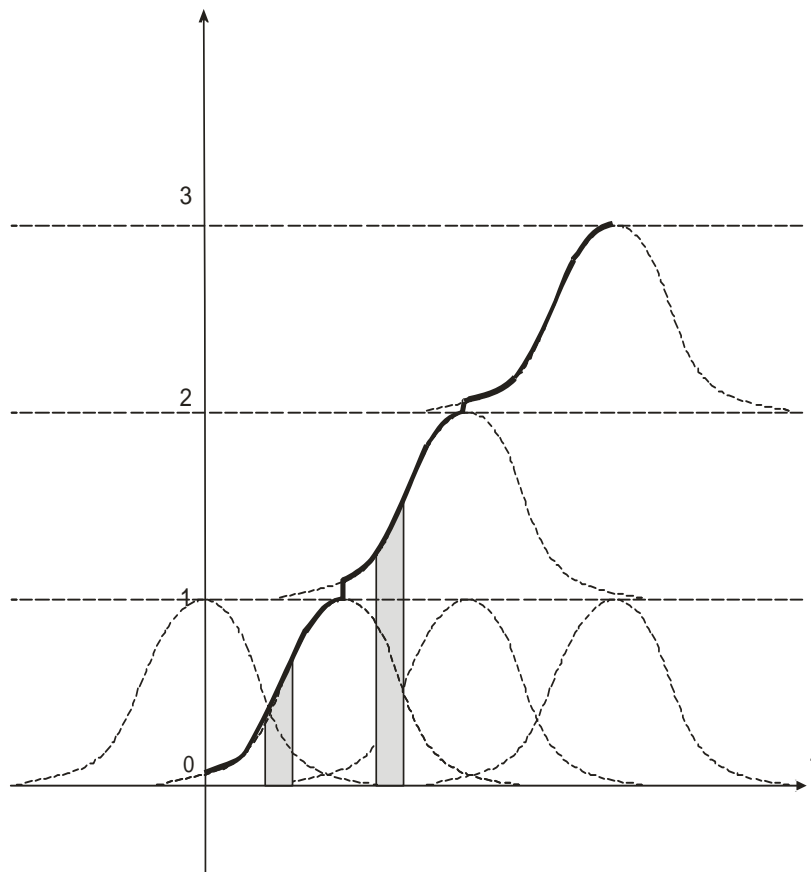
$X_i$  – элементы проекта с номером версии  $i$

$\{M_j(X_i)\}$  – вектор метрических показателей для версии проекта с номером  $i$

$WM_k$  – оператор применения вычислений нейронной сети Ванга-Менделя для характеристики  $k$

$$I_k = y_{ki} - y_{ki-1}$$

# Фактор влияния



$$HD(y) = \begin{cases} i-1 + \mu_i(y), & y \leq c_i \\ i + \mu_i(y), & y > c_i \end{cases}$$

$$I_k = \frac{\int_0^{y_{ki-1}} HD(y) dy}{\int_0^{y_{ki}} HD(y) dy}.$$

# Советующая подсистема для управления персоналом

- Вычисленные значения компетенций участников команды разработки используются для построения системы поддержки принятия решений
- Термы компетенции и необходимые действия по управлению командой связываются продукционными правилами:

**ЕСЛИ** С<sub>1</sub> есть Достаточно **И** ... **И**  
С<sub>2</sub> есть Недостаточно **И** ...  
**ТО** Действие есть {действие}

- Формирование правил осуществляет менеджер, поскольку эти правила отражают текущую политику управления кадрами на конкретном предприятии