

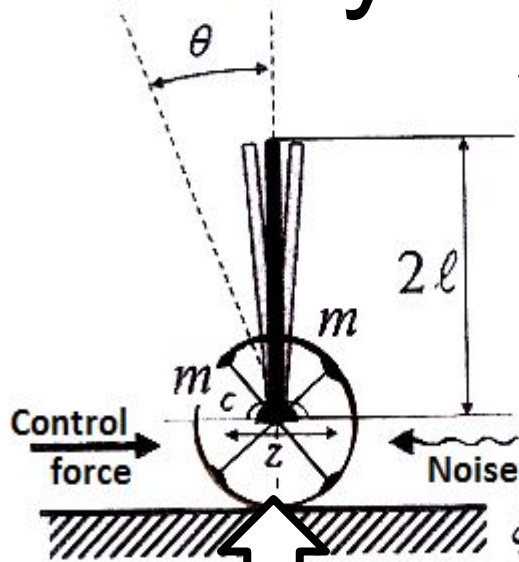
Термодинамический критерий робастного управления



Уравнение Ульянова (1976 г.)

Макет и модель динамически неустойчивого объекта управления

управления

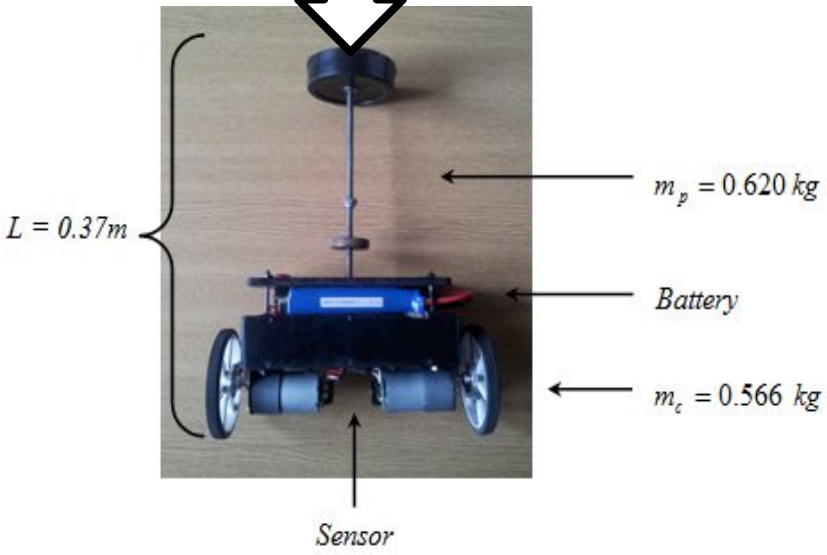


$$\ddot{\theta} = \frac{\left((u + \xi(t)) + \{a_1 z + a_3 z\} - ml\dot{\theta}^2 \sin \theta \right) - k\dot{\theta}}{l \left(\frac{4}{3} - \frac{m \cos^2 \theta}{m_c + m} \right)}$$

$$\ddot{z} = \frac{u + \xi(t) - \{a_1 z + a_2 z\} + ml(\dot{\theta}^2 \sin \theta - \ddot{\theta} \cos \theta)}{m_c + m}$$

$k\dot{\theta}$ - трение в оси крепления, $a_3 z$ - сила упругости,
 $a_1 \dot{z}$ - трение колес,
 $\xi(t)$ - шум, u - управляющее воздействие.

Макет



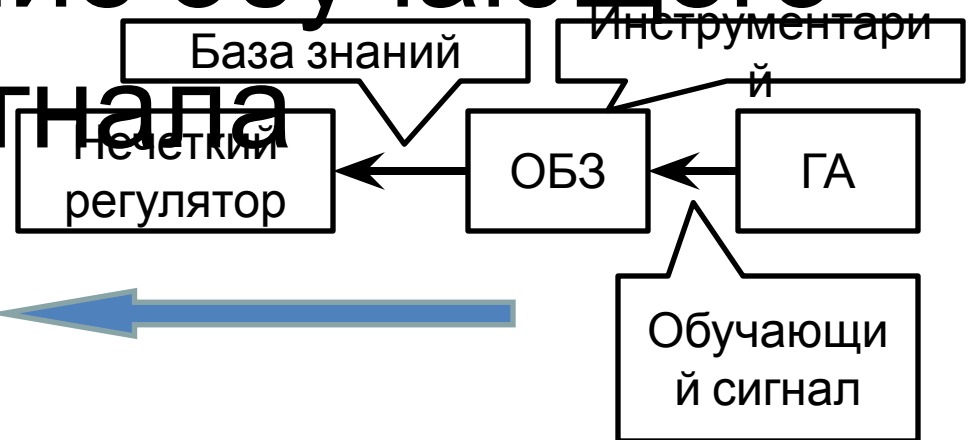
Для проведения экспериментов использовался макет перевернутого маятника.

Формирование обучающего сигнала

e	\dot{e}	$\int_0^t e dt$	k_p	k_i	k_d
-0.01	-0.01	-0.01	13.38	0.48	20.13
-0.02	-0.01	-0.04	13.38	0.48	20.13
-0.04	-0.01	-0.07	13.38	0.48	20.13
-0.05	-0.01	-0.12	13.38	0.48	20.13

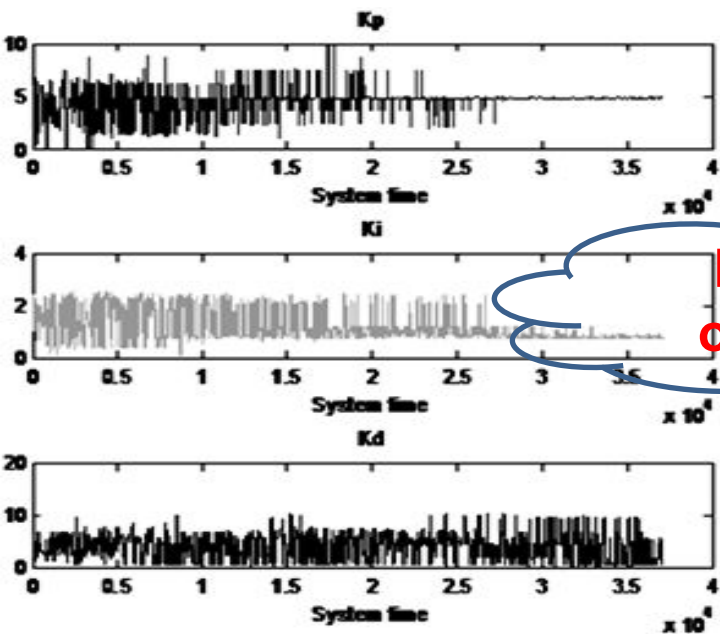
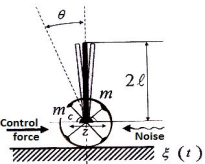
0.25	-0.02	7.67	14.20	0.30	16.26
0.18	-0.07	7.84	14.20	0.30	16.26

Сигнала



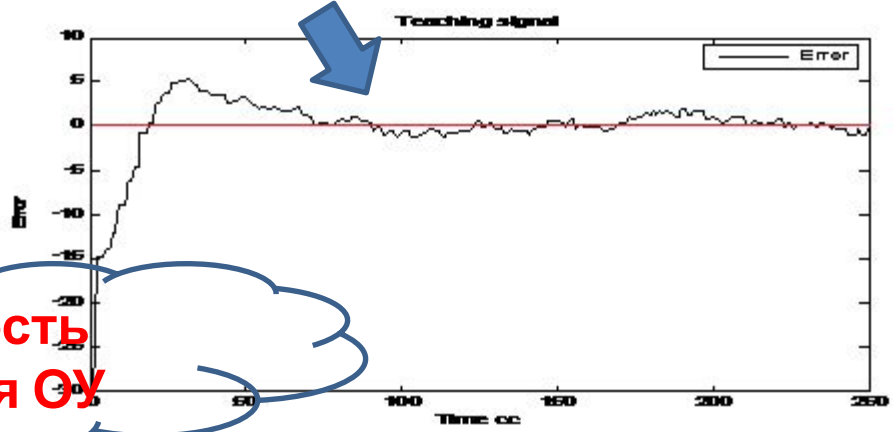
Два подхода для создания ОС:

1) Использование комп. модели



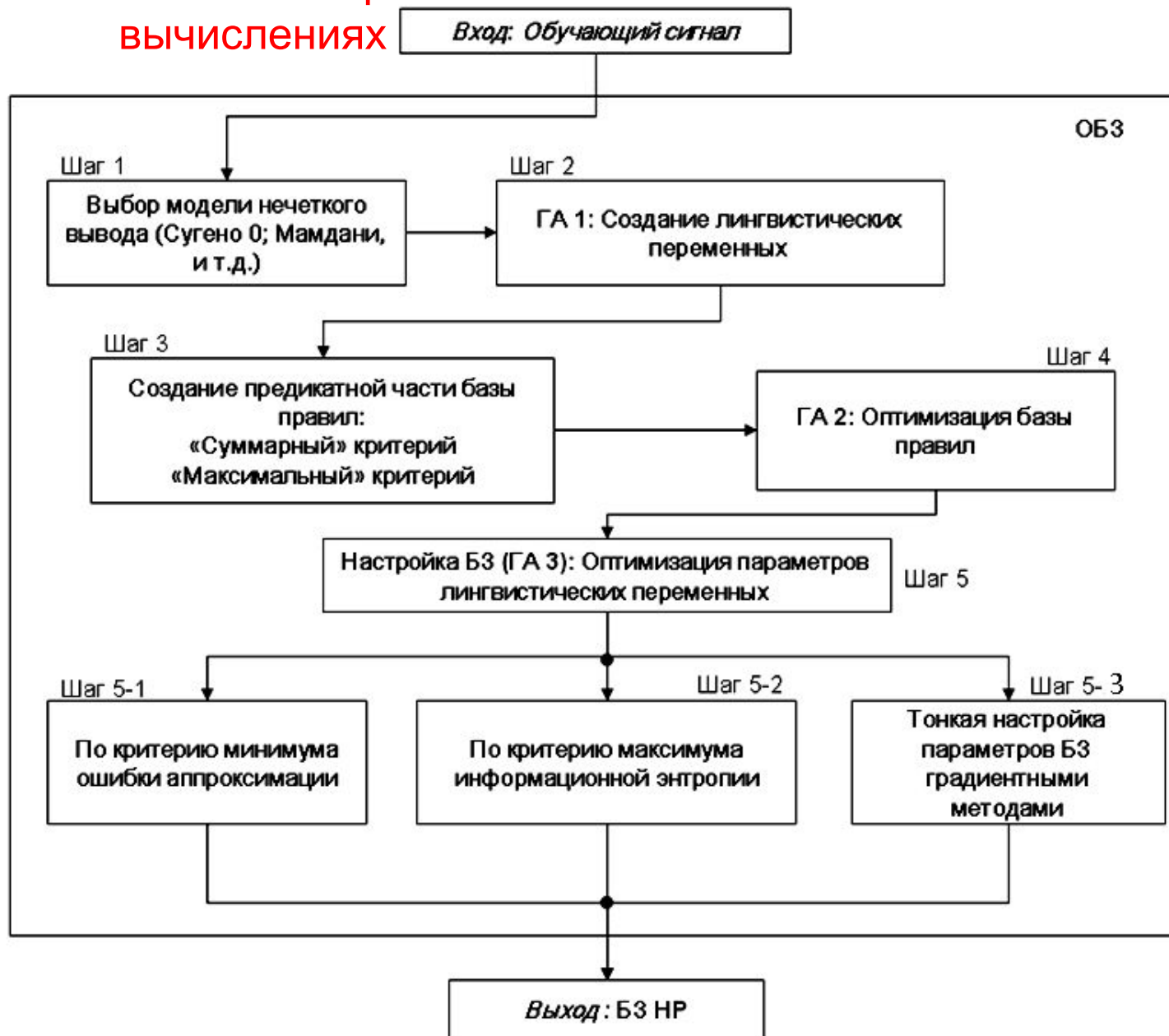
Неточность описания ОУ

2) Использование реального объекта



Основные шаги создания БЗ

Оптимизатор баз знаний на мягких
вычислениях

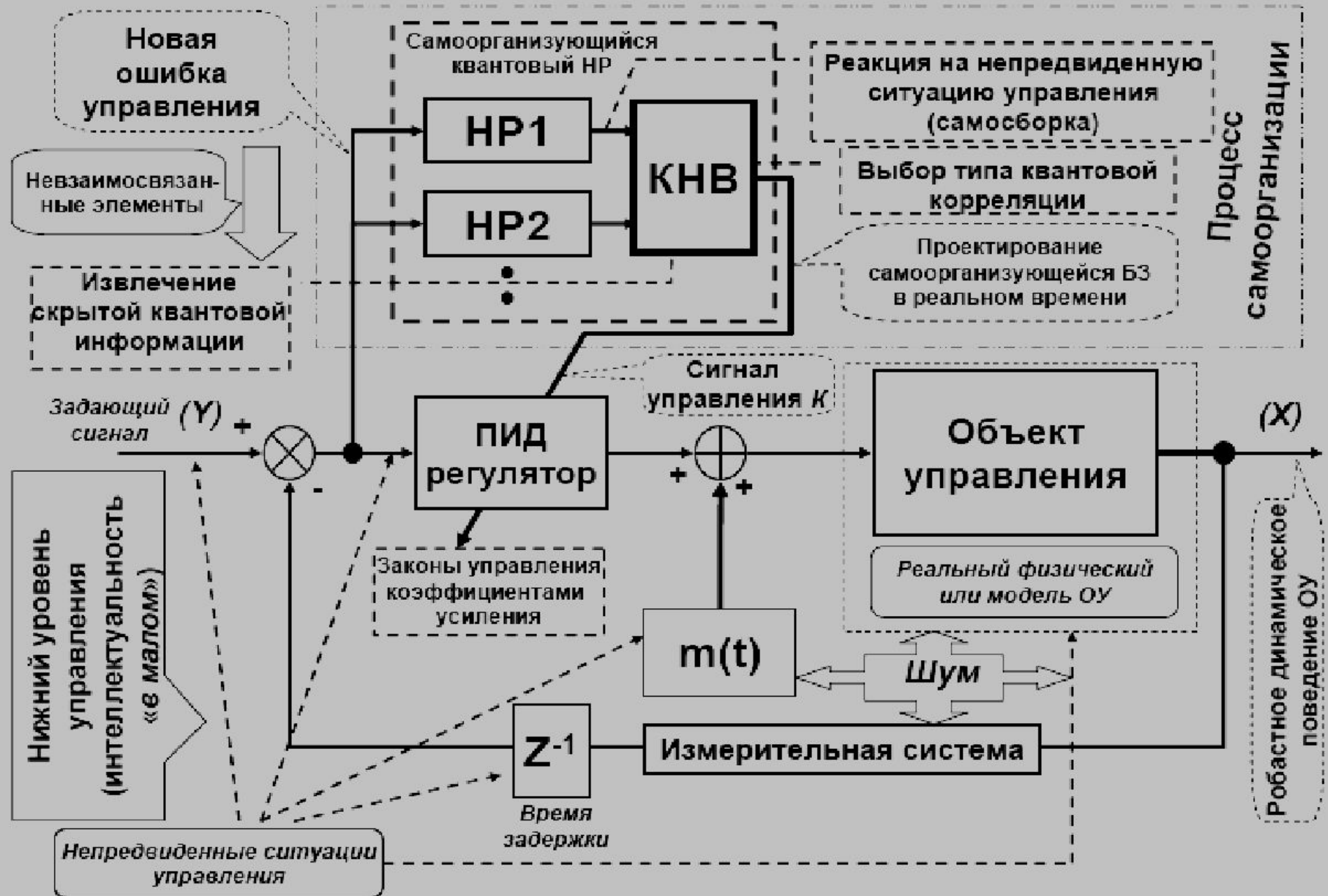


Функции пригодности многокритериального генетического

Тип ГА	Критерии	ФП алгоритма	Роль ФП
ГА₁: Оптимизация лингвистических переменных	Максимум совместной информационной энтропии.	$H^{(jj)}_{x_i x_k} = H\left(x_i \middle x_i = \mu^j_{x_i}, x_k = \mu^k_{x_k}\right) =$ $-\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\mu^j_{x_i}(x_i(t)) * \mu^k_{x_k}(x_k(t)) \right] \log \left[\mu^j_{x_i}(x_i(t)) * \mu^k_{x_k}(x_k(t)) \right]$ где * – выбранная операция нечеткой конъюнкции	Выбор оптимальной мощности термножеств лингвистических переменных компонент ОС
	Минимум информации о сигналах в отдельности	$H^j_{x_i} = -p^j_{x_i} \log(p^j_{x_i}) = -p\left(x_i \middle x_i = \mu^j_{x_i}\right) \log \left[p\left(x_i \middle x_i = \mu^j_{x_i}\right) \right] =$ $= -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu^j_{x_i}(x_i(t)) \log \left[\mu^j_{x_i}(x_i(t)) \right]$	Устранение избыточности ОС
ГА₂: Оптимизация базы правил	Минимум ошибки аппроксимации	$E = \sum_p E^p, \text{ где } E^p = 1/2(F(x_1^p, x_2^p, \dots, x_n^p) - d^p)^2$	Выбор оптимальных параметров правых частей правил
ГА₃: Настройка БЗ	Минимум ошибки аппроксимации или максимум совместной информационной энтропии	$E = \sum_p E^p$	«Тонкая» настройка параметров функций принадлежности

ТЕХНОЛОГИЯ КВАНТОВЫХ
ВЫЧИСЛЕНИЙ В
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ
УПРАВЛЕНИИ

Структура самоорганизующейся ИСУ



Модель квантового нечеткого вывода

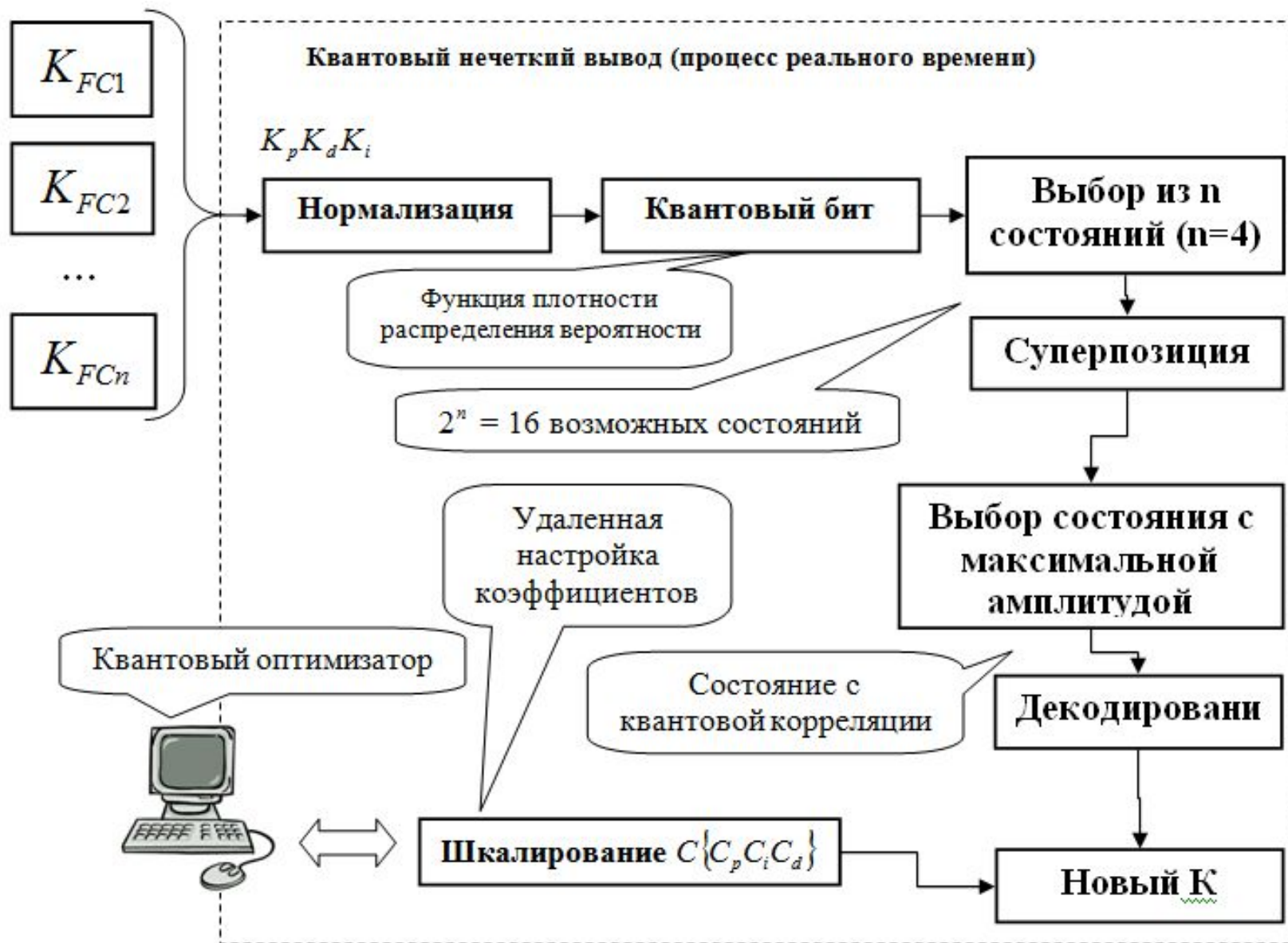
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Законы управления коэффициентами усиления} \\ \text{гибридного нечеткого ПИД-регулятора} \end{array} \right\} \bullet (\text{Выход}) =$

Самоорганизация робастной структуры БЗ

$\left[\begin{array}{l} \underbrace{(\text{Интерференция})[\max(\text{Амплитуды вероятностей})](\text{Суперпозиция})}_{\text{Квантовый случайный поиск}} \bullet \left(\begin{array}{l} \text{Квантовые} \\ \text{вычисления} \end{array} \right) \\ \bullet \left[\begin{array}{l} \text{Проблемная ориентация ОУ} \\ \underbrace{(\text{Тип и вид корреляции})}_{\text{Формирование качества и глубины представления знаний}} \\ (\text{Внешняя, внутренняя}) \bullet (\text{Классическая, квантовая, смешанная}) \end{array} \right] \bullet \left(\begin{array}{l} \text{Выбор типа и} \\ \text{вида квантовой} \\ \text{корреляции} \end{array} \right) \end{array} \right]$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{"Строительные" блоки} \\ \underbrace{[\text{Начальное состояние}]} \\ \text{Состояния выходных сигналов НР} \\ \text{на новую ошибку управления} \end{array} \right\} \bullet \left[\begin{array}{l} \left(\begin{array}{l} \text{Реакция продукционных правил} \\ \text{БЗ в НР на мягких вычислениях} \end{array} \right) \bullet \\ (\text{Вход}) \bullet \left(\begin{array}{l} \text{Ошибка управления} \\ \text{в непредвиденной ситуации} \end{array} \right) \end{array} \right]$

Алгоритм квантового нечеткого вывода



Квантовый бит. Формирование суперпозиции состояний

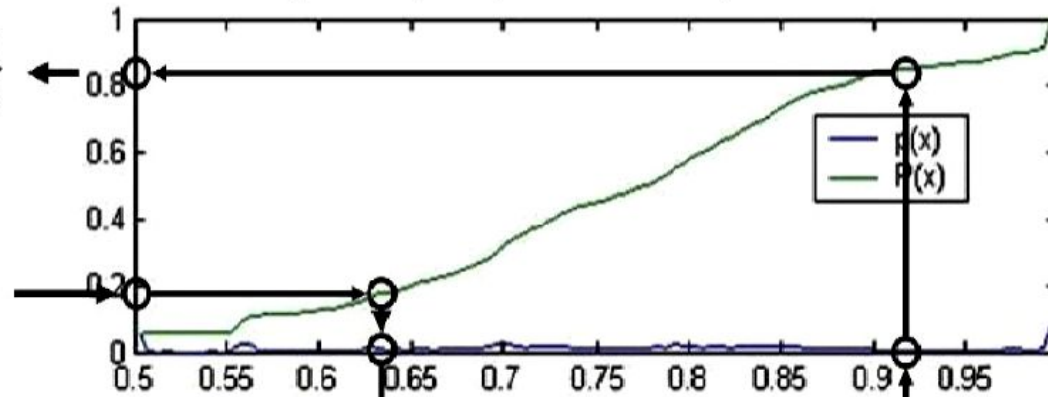
Функция распределения вероятности

$$(y_{I,P}^0)^2 = P\{|0\rangle_{1,P}\}$$



$$(y_{I,P}^1)^2 = P\{|1\rangle_{1,P}\}$$

$$P\{|0\rangle_{1,P}\} + P\{|1\rangle_{1,P}\} = 1$$

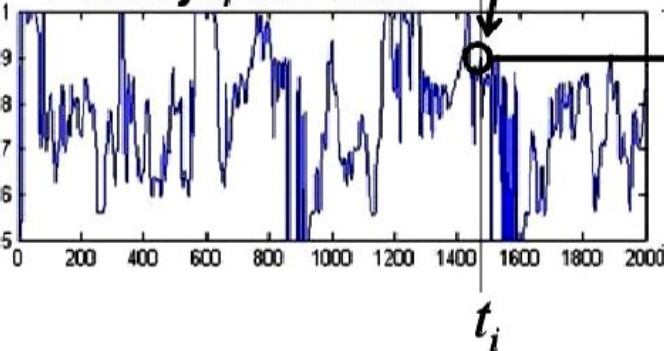


(нормализованные значения K)

нормализованный

Кр(d,i) сигнал

Закон управления



К сигнал из FC.pat

$|1\rangle_{1,P}$

Виртуальное состояние

$|0\rangle_{1,P}$

Реальное состояние

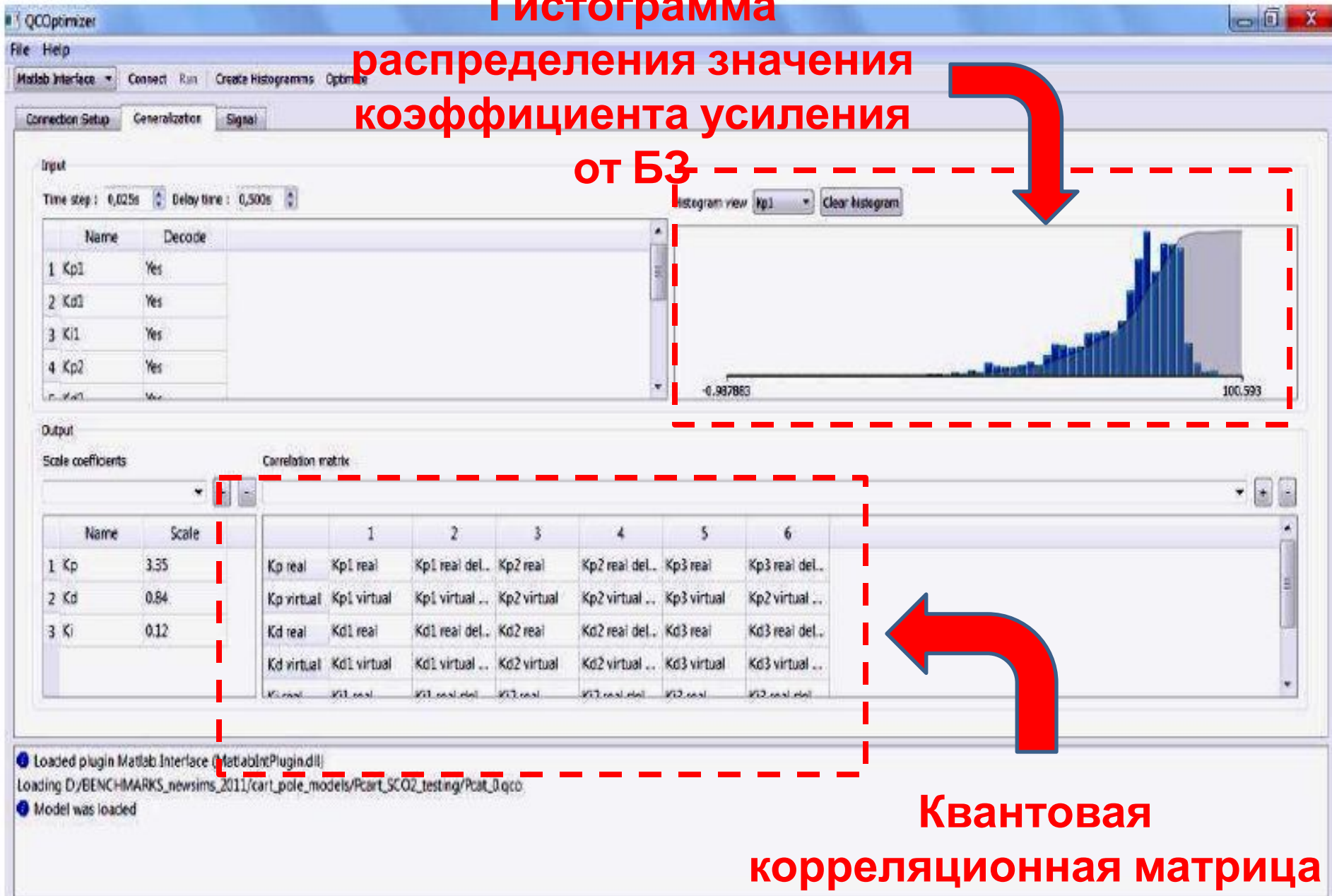
Квантовый бит :
квантовое состояние для $k_p(t)$

$$|k_P^{FC1}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (y_{1,P}^0 \cdot |0\rangle_{1,P} + y_{1,P}^1 \cdot |1\rangle_{1,P})$$

Основное меню квантового оптимизатора баз знаний

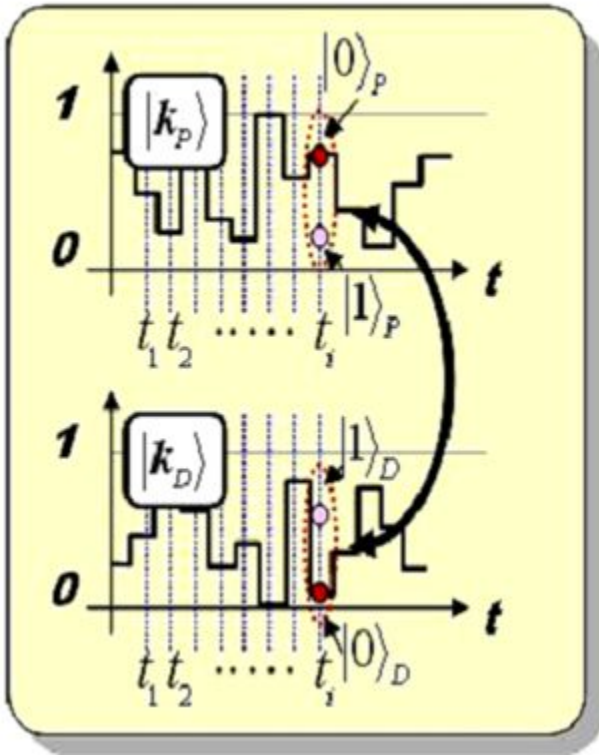
Гистограмма

распределения значения
коэффициента усиления
от БЗ

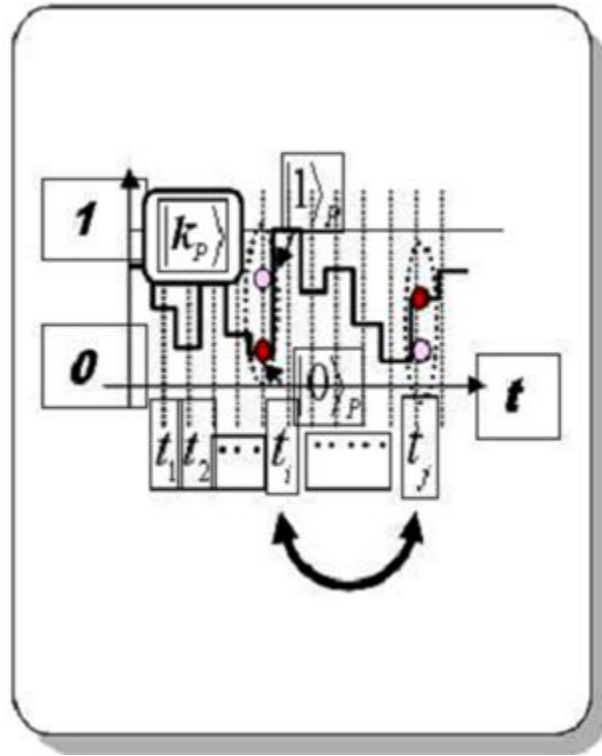


Квантовая
корреляционная матрица

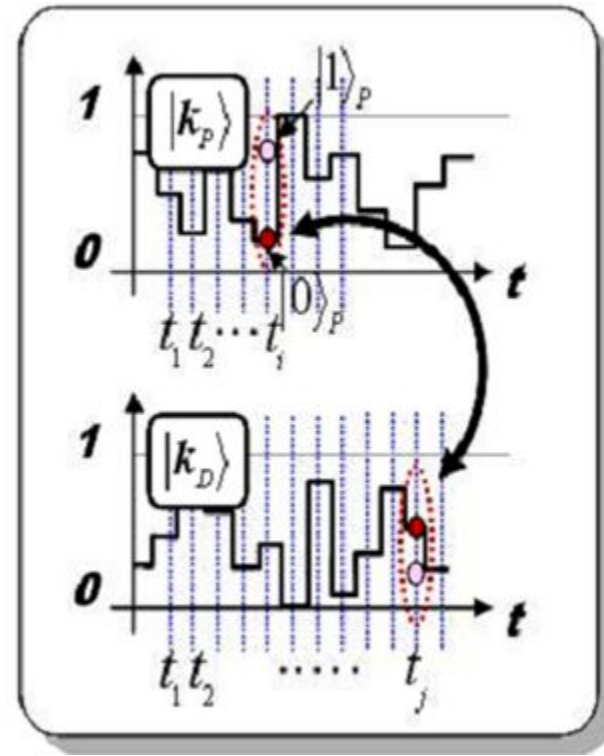
Типы корреляции



Пространственная

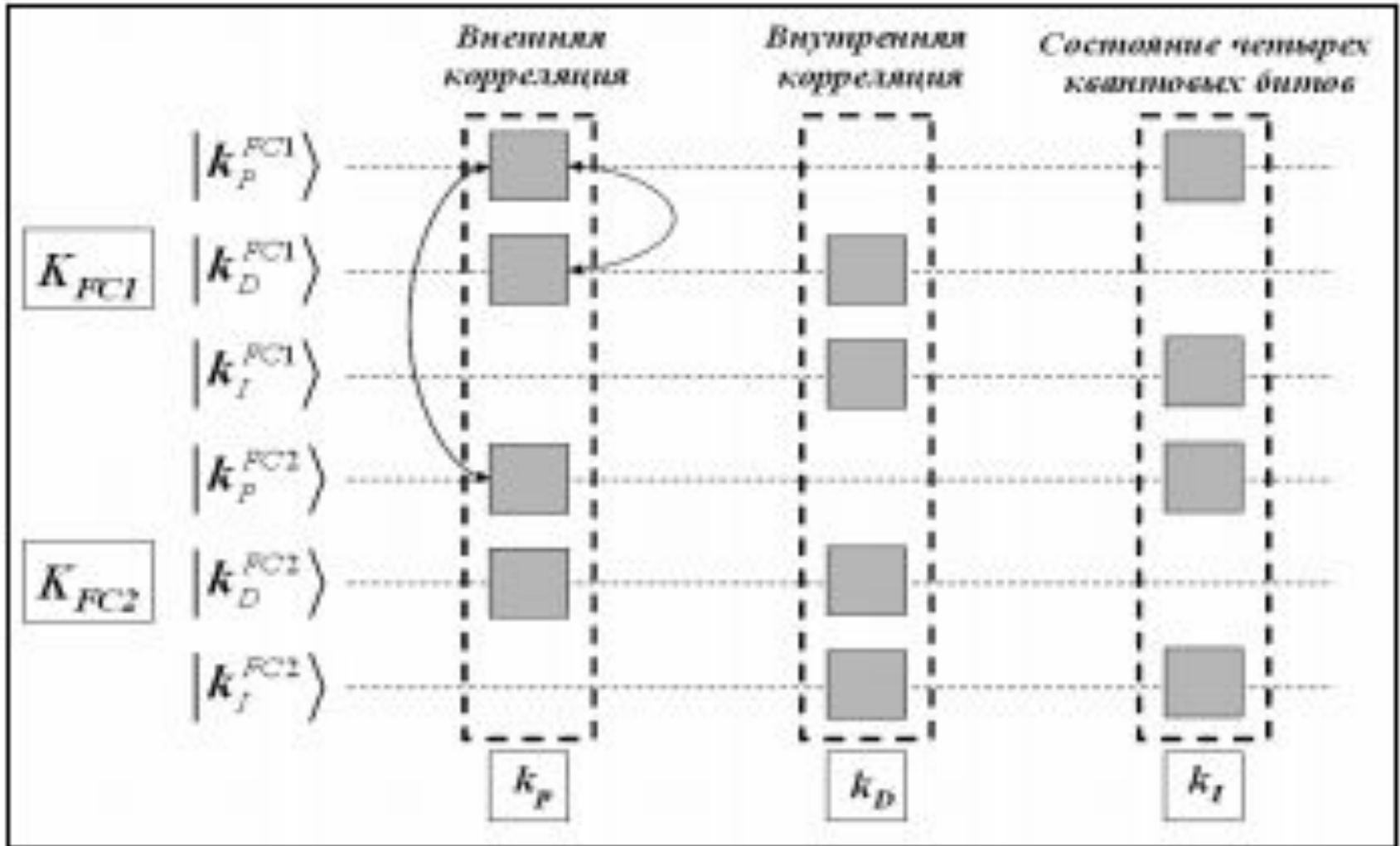


Временная



Пространственно -
временная

Виды корреляции



Пример вычисления коэффициента усиления

$$\begin{aligned}
 & |k_P^{FC1}\rangle \otimes |k_P^{FC2}\rangle \otimes |k_D^{FC1}\rangle \otimes |k_D^{FC2}\rangle \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left(y_{1,P}^0 \cdot |0\rangle_{1,P} + y_{1,P}^1 \cdot |1\rangle_{1,P} \right) \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} \left(y_{2,P}^0 \cdot |0\rangle_{2,P} + y_{2,P}^1 \cdot |1\rangle_{2,P} \right) \\
 &\quad \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} \left(y_{1,D}^0 \cdot |0\rangle_{1,D} + y_{1,D}^1 \cdot |1\rangle_{1,D} \right) \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} \left(y_{2,D}^0 \cdot |0\rangle_{2,D} + y_{2,D}^1 \cdot |1\rangle_{2,D} \right) \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2^n}} \left(\alpha_1 \cdot |0000\rangle + \alpha_2 \cdot |0001\rangle + \dots + \alpha_{2^{n-1}} \cdot |1110\rangle + \alpha_{2^n} \cdot |1111\rangle \right)
 \end{aligned}$$

(n = 4)

16 возможных состояний

$\alpha_1 = y_{1,P}^0 \cdot y_{2,P}^0 \cdot y_{1,D}^0 \cdot y_{2,D}^0$: амплитуда вероятности

