

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МЕДИЦИНСКОЙ  
ДИАГНОСТИКЕ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА  
СТРУКТУРИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ**

**Поворознюк Анатолий Иванович**

**к.т.н., доц.**

**проф. каф. вычислительной техники и программирования  
Национального технического университета «Харьковский  
политехнический институт»**

Харьков – 2011

## **Актуальные задачи оптимизации при проектировании СППРМ:**

2

1) Анализ биосигналов и медицинских изображений с целью выделения информативных структурных элементов на фоне помех (анализ во временной, спектральной, вейвлет, фазовой области).

Параметры структурных элементов служат для вычисления диагностических признаков.

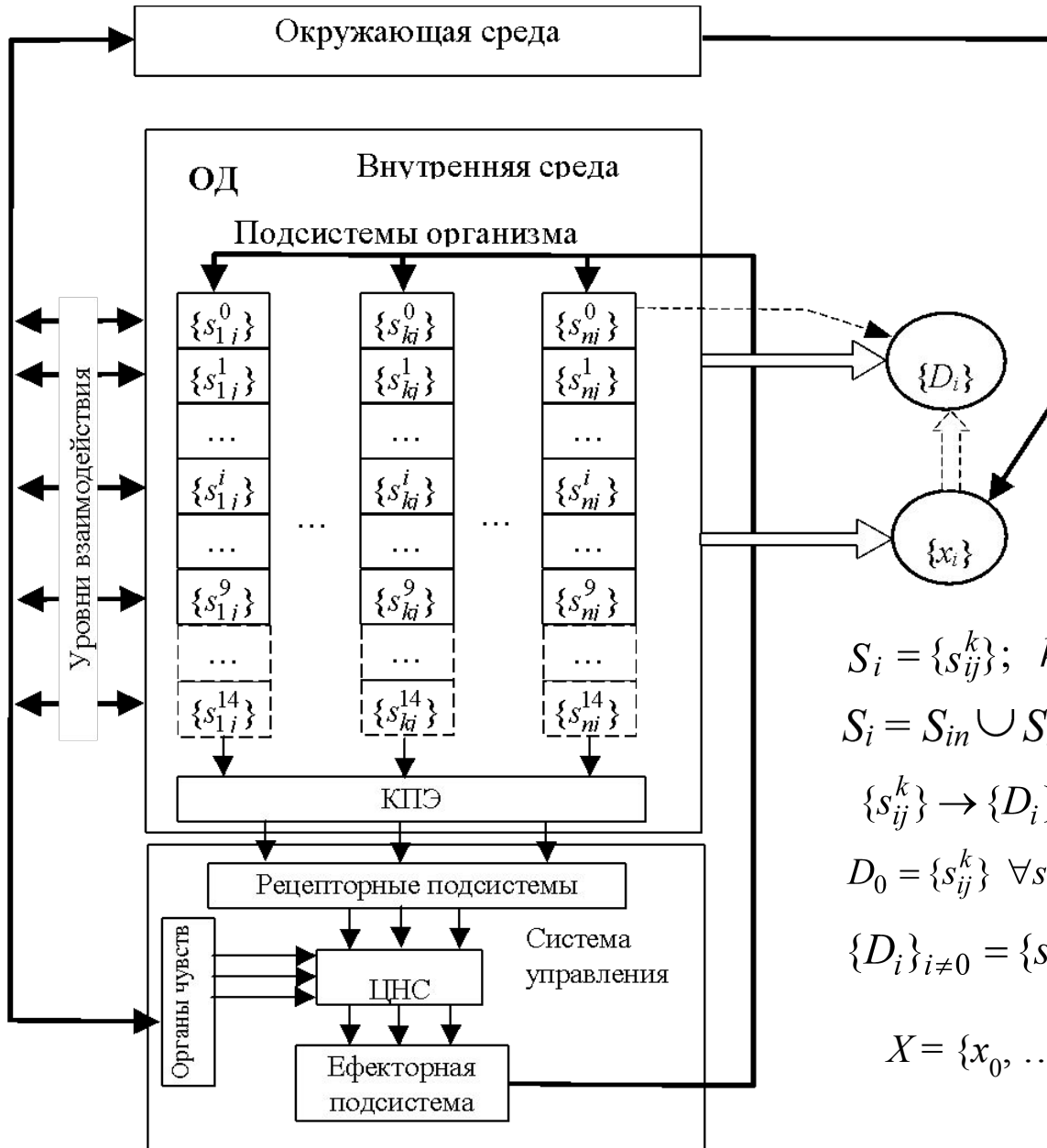
2) Оценка информативности диагностических признаков и формирование множества информативных признаков. («рекомендации ... сводятся к использованию "джентльменского" набора анализов: дисперсионного, регрессионного, корреляционного, метода главных компонент. Однако применение большинства этих методов не вполне корректно, что объясняется, в частности, различной природой получаемых в процессе обследования данных» - В. М. Ахутин, В. В. Шаповалов, М. О. Иоффе //Медицинская техника №2 – 2002. Множество признаков должно удовлетворять критериям независимости и информационной полноты.

3) Синтез диагностических решающих правил (детерминистические - структуры симптомокомплексов, вероятностные, и т.д.) – модель ОД – «черный ящик», нет учета сложной итерационной процедуры постановки диагноза (от предварительного до уточненного).

3

**Уровни взаимодействия организма и внешней среды  
(Весненко А.И., Попов А.А., Проненко М.И. // Кибернетика и  
системный анализ. - 2002. - № 6. ) :**

- 0-й уровень генетического генератора полевого взаимодействия вещества, энергии, информации внутренней и внешней среды человека;
- 1-й уровень квантово-биофизический и биохимический системосоздающий;
- 2-й электромагнитный системоорганизующий уровень электромагнитного поля сердечно-сосудистой и других систем;
- 3-й – биоатомарный уровень;
- 4-й – биомолекулярный уровень;
- 5-й – клеточный уровень;
- 6-й – тканевый уровень;
- 7-й – органный уровень;
- 8-й – биосистемный уровень;
- 9-й – организменный уровень;
- 10-й – уровень тонкого эфирного тела;
- 11-й – уровень астрального (эмоционального) тела;
- 12-й – уровень ментального тела;
- 13-й – уровень каузального тела;
- 14-й – зона контакта и интерфейса с природной и антропо-экологической средой.



$$S_i = \{s_{ij}^k\}; \quad k = \overline{0,14}; \quad i = \overline{1, n_k}; \quad j = \overline{1, n_i} \quad (1)$$

$$S_i = S_{in} \cup S_{ig} \cup S_{ip}.$$

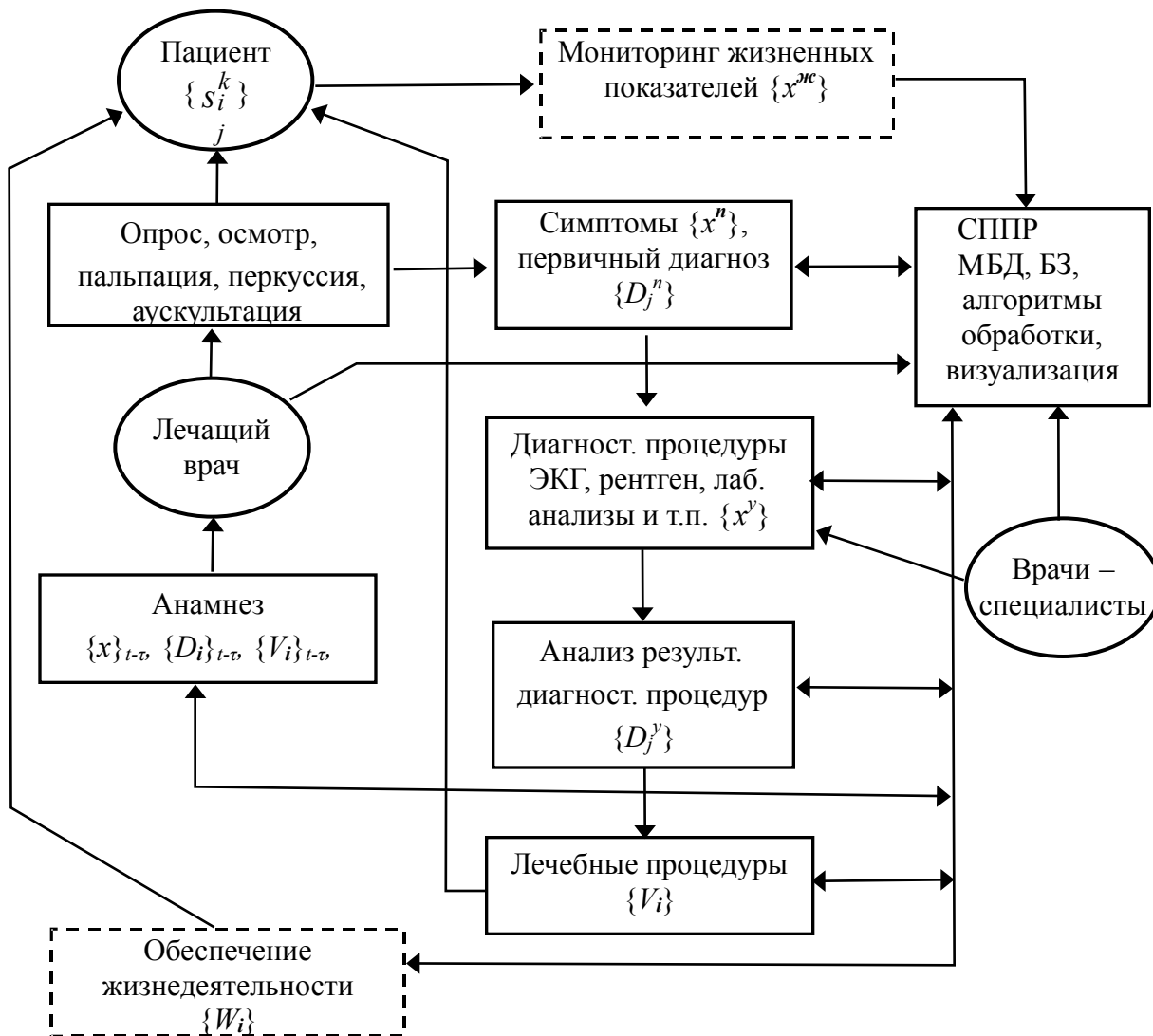
$$\{s_{ij}^k\} \rightarrow \{D_i\} \quad (2)$$

$$D_0 = \{s_{ij}^k\} \quad \forall s_{ij}^k \in (S_{in} \cap S_{ig})$$

$$\{D_i\}_{i \neq 0} = \{s_{ij}^k\} \quad \exists s_{ij}^k \in S_{ip} \quad (3)$$

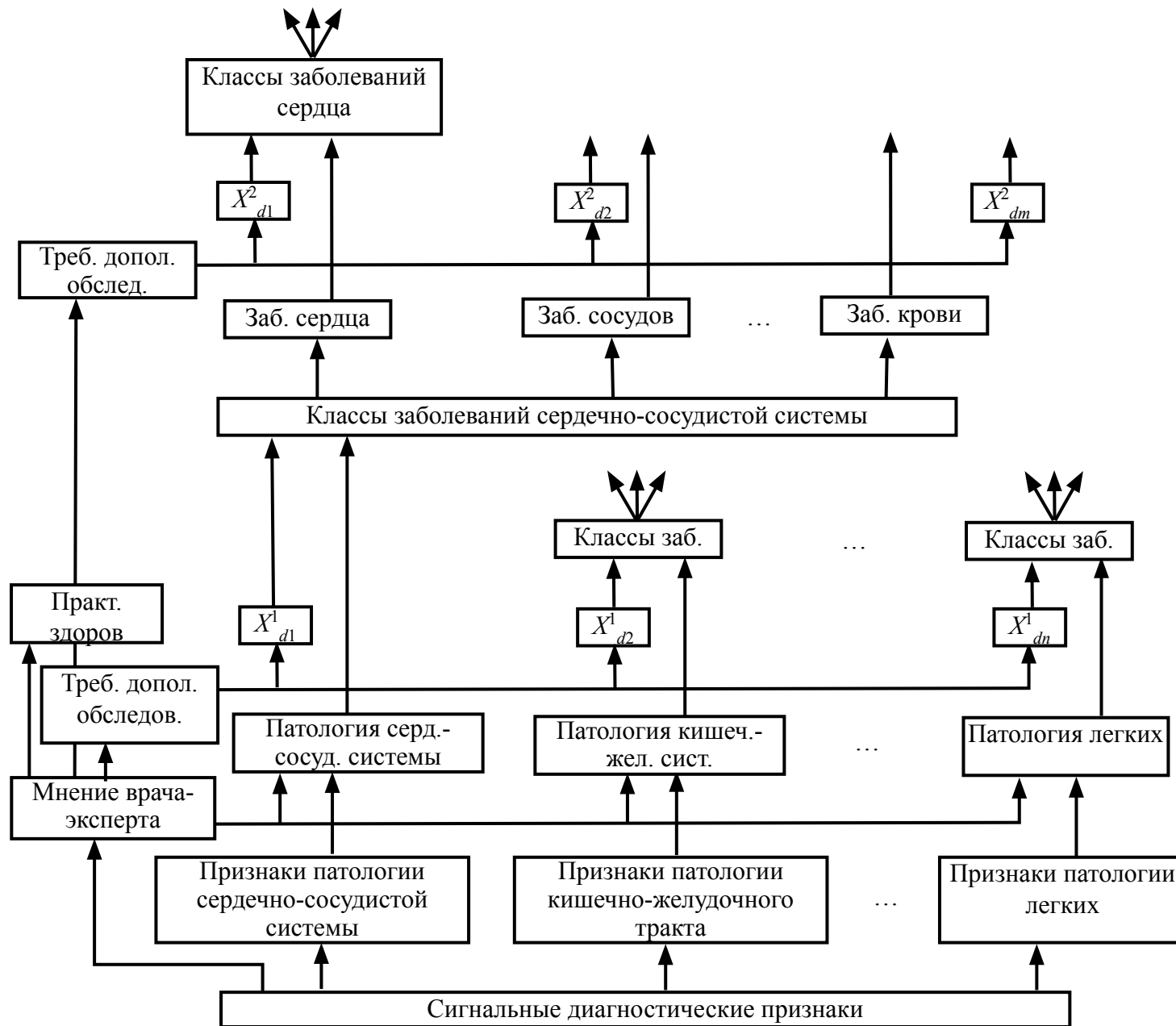
$$X = \{x_0, \dots, x_i, \dots, x_m\} \quad (4)$$

# Обобщенный алгоритм оказания медицинской помощи

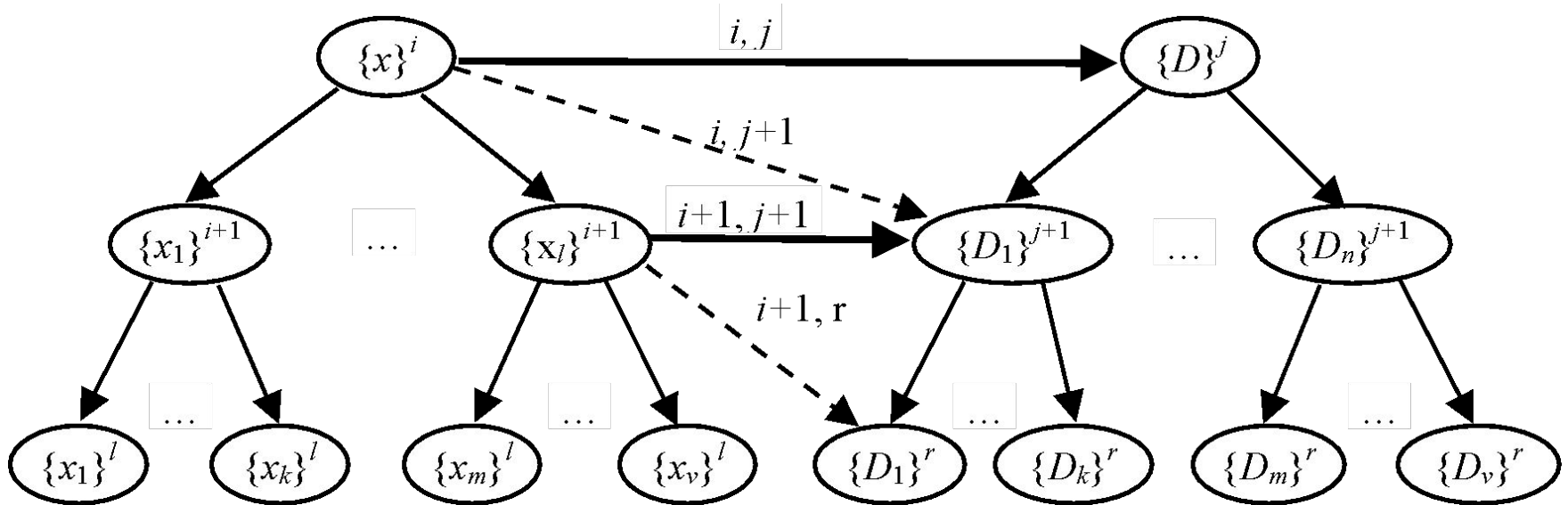


# Модель ОД на уровне органов и систем

6



## Взаимодействие иерархий признаки/диагнозы



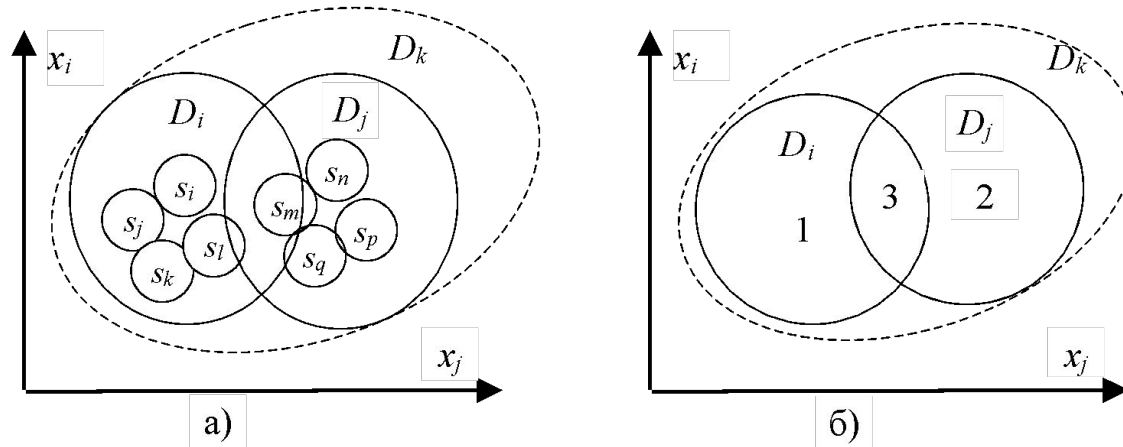
$$Y'_{i0} \rightarrow Y'_{i1} \rightarrow \dots \rightarrow Y'_{ij} \rightarrow \dots \rightarrow Y'_{in} = Y_i$$

где  $Y'_{ij}$  – слабое решение  $i$ -го уровня иерархии диагнозов на  $j$ -м шаге итерационной процедуры;

$Y_i$  – сильное решение  $i$ -го уровня иерархии диагнозов.

$$Y_0 \rightarrow Y_1 \rightarrow \dots \rightarrow Y_i \rightarrow \dots \rightarrow Y_m$$

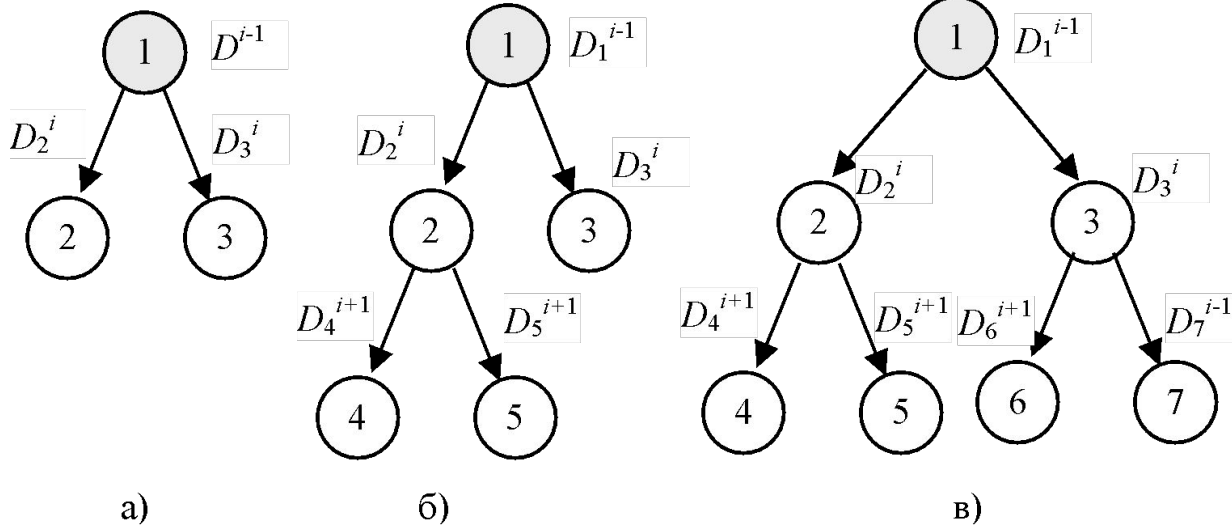
**Иллюстрация расположения эллипсоидов рассеяния классов в пространстве признаков**



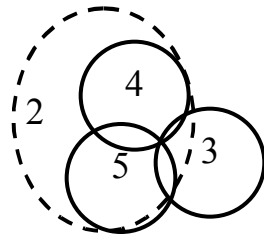
$$D_k = D_i \cup D_j$$



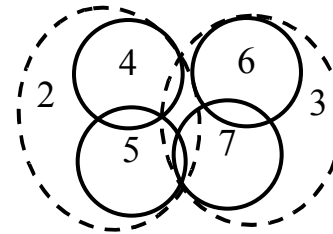
# Расщепление слабых решений



основное дерево решений



б

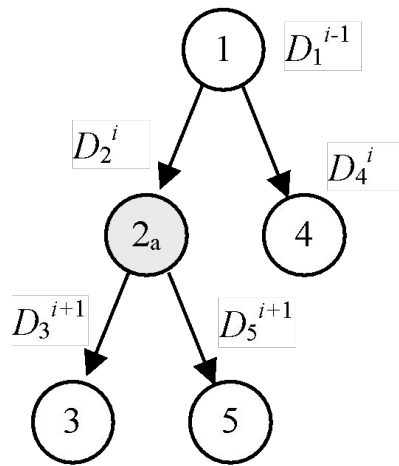


в

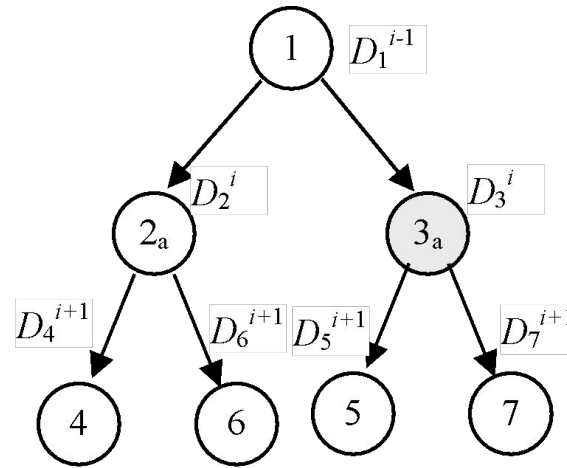
$$Y' \in \Omega_{ij} = \operatorname{argmin} \{R_{\{3,4\}}, R_{\{3,5\}}\}. \quad Y' \in \Omega_{ij} = \operatorname{argmin} \{R_{\{4,6\}}, R_{\{4,7\}}, R_{\{5,6\}}, R_{\{5,7\}}\}.$$

Расположение эллипсоидов рассеяния иерархических структур

## Альтернативное дерево решений



a)

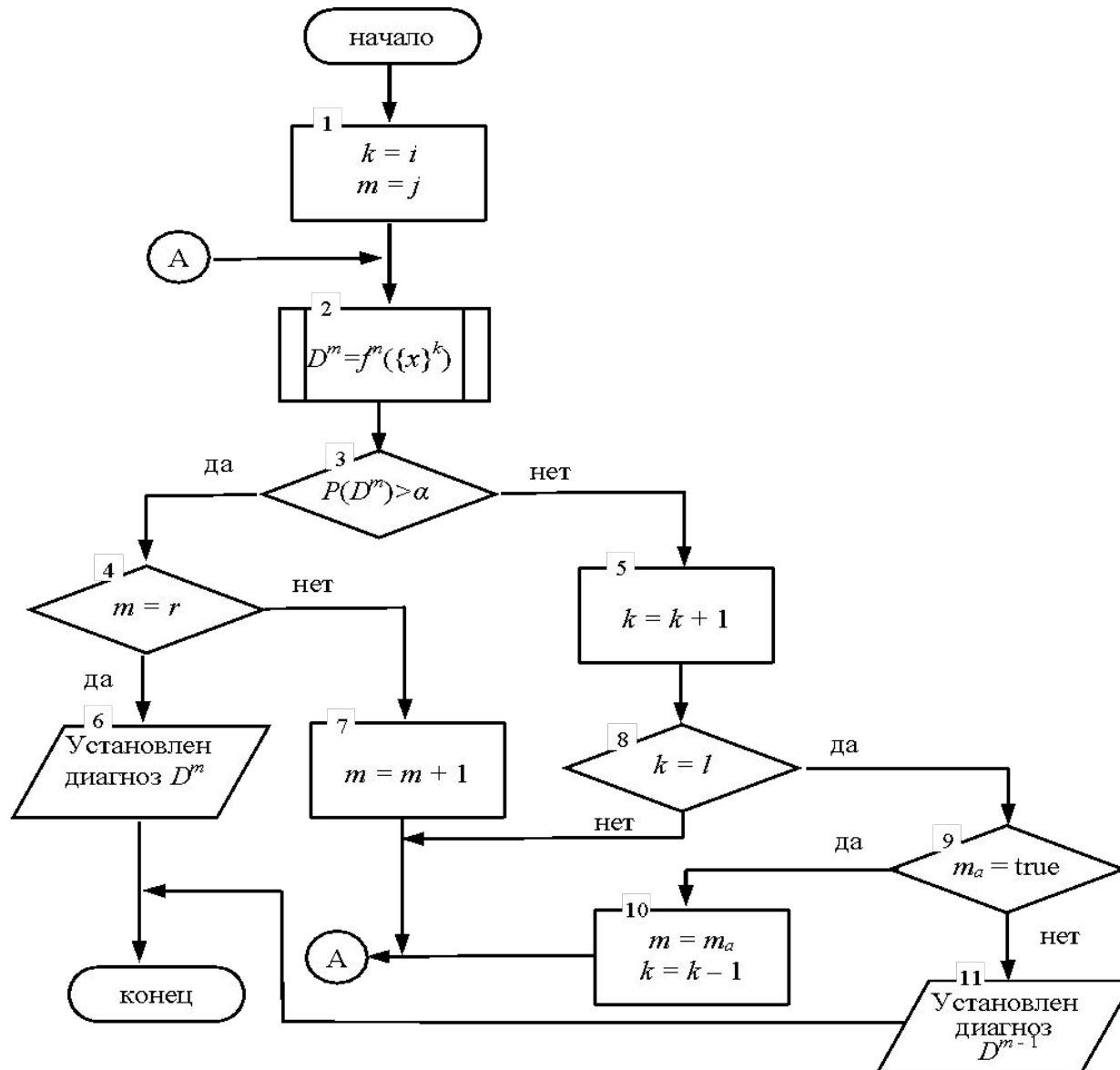


б)

Число дополнительных матриц условных вероятностей  $N_{\text{д}} = N/2 - 1$ .

Вероятность сильных решений  $P_0 = 1 - \gamma$      $\gamma = \alpha + \beta$

# Обобщенный алгоритм постановки диагноза с использованием иерархий признаки – диагнозы



$$C = \{S, F\} \quad (5)$$

Расширенная  $C'$  модель

$$C' = \{S, F, E, \varepsilon_\sigma, \varepsilon_\Delta\} \quad (6)$$

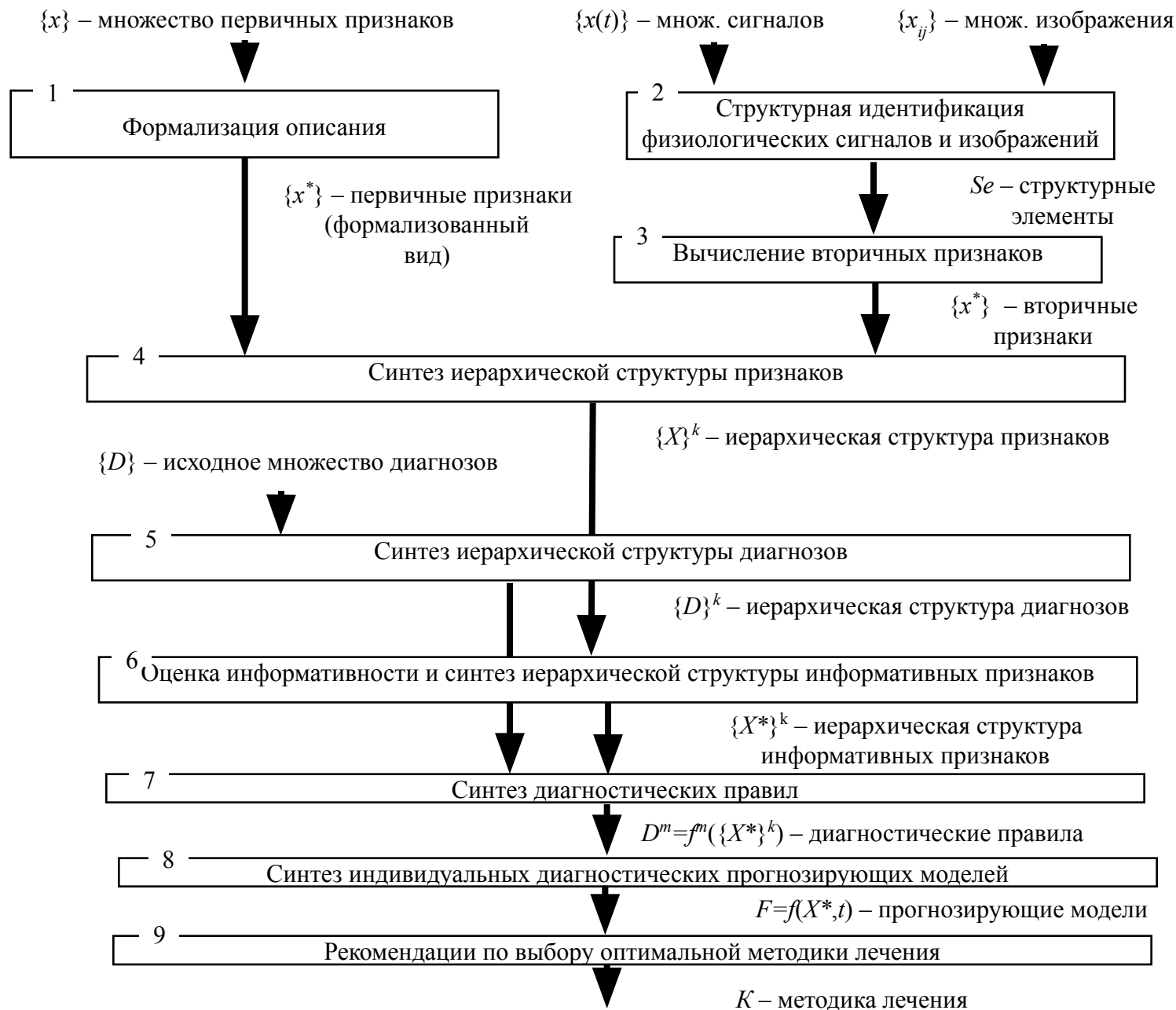
Реконфигурация структур

$$X \xrightarrow{Q_1} S_1 \xrightarrow{Q_2} S_2 \xrightarrow{Q_3} \boxtimes \xrightarrow{Q_n} S_n \quad (7)$$

$$F1: X \rightarrow S_x \quad F2: D \rightarrow S_D \quad (8)$$

$$F3: S_x \rightarrow S_y \rightarrow S_z \quad (9)$$

# Этапы преобразования информации в СПИМ



Применение расширенных  
структурированных моделей вида  
 $C' = \{S, F, E, \varepsilon_\sigma, \varepsilon_\Delta\}$

Модель структурного элемента БКС

$$C' = \{S, F, E, \varepsilon_\Delta\}$$

$S$  – граф неточечного преобразования фрагмента БКС в пространство параметров  $Y(P)$ ;

$F$  – вычислительные процедуры преобразования Хока;

$E$  – априорная информация о структуре БКС (временная маска)

$\varepsilon_\Delta$  – неопределенность квантования пространства параметров.

Модель диагностируемых состояний

$$C' = \{S, F, E\}$$

$S$  – граф диагностируемых состояний (бинарное дерево решений);

$F$  – вычислительные процедуры кластеризации;

$E$  – априорная информация о симптомокомплексах.

Модель диагностических признаков

$$C' = \{S, F, E, \varepsilon_\sigma, \varepsilon_\Delta\}$$

$S = \{S_x, S_y, S_z\}$  – графы диагностических признаков;

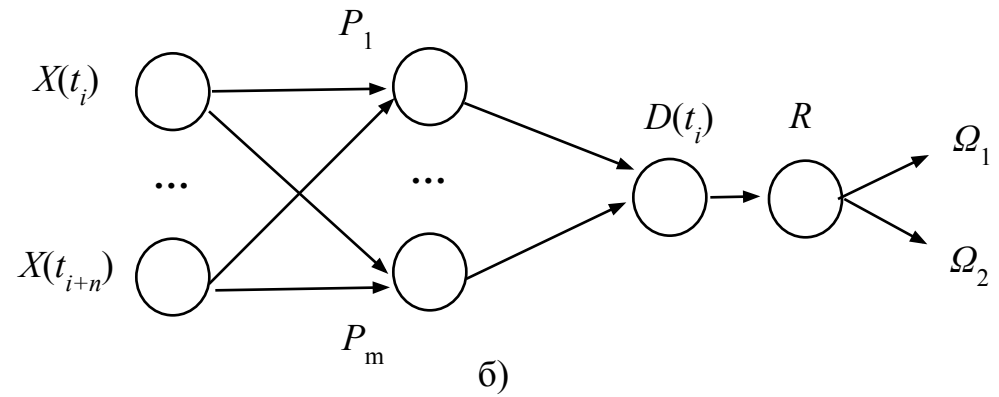
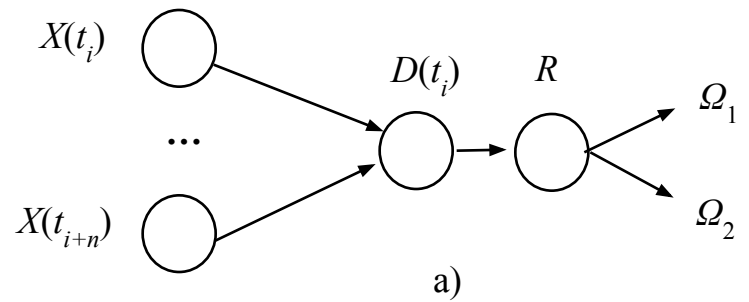
$F$  – вычислительные процедуры синтеза  $S$ ;

$E$  – априорная информация о симптомокомплексах;

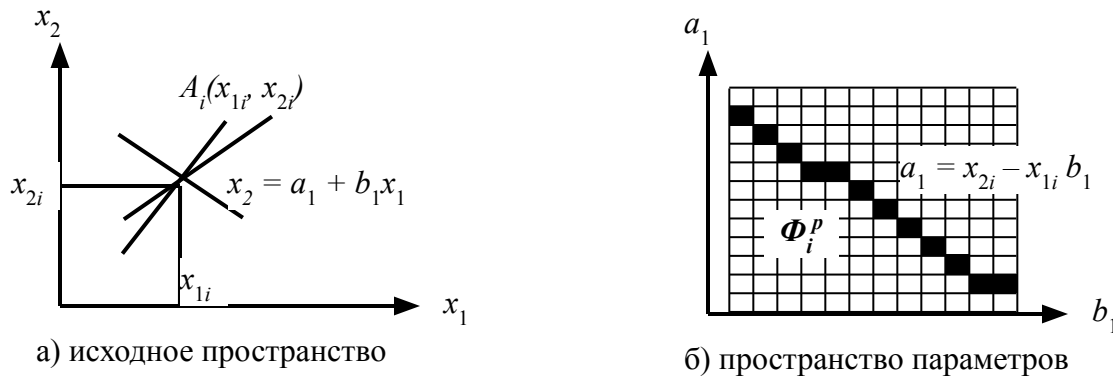
$\varepsilon_\Delta$  – неопределенность квантования числовых признаков;

$\varepsilon_\sigma$  – неопределенность, обусловленная ограниченностью обучающей выборки.

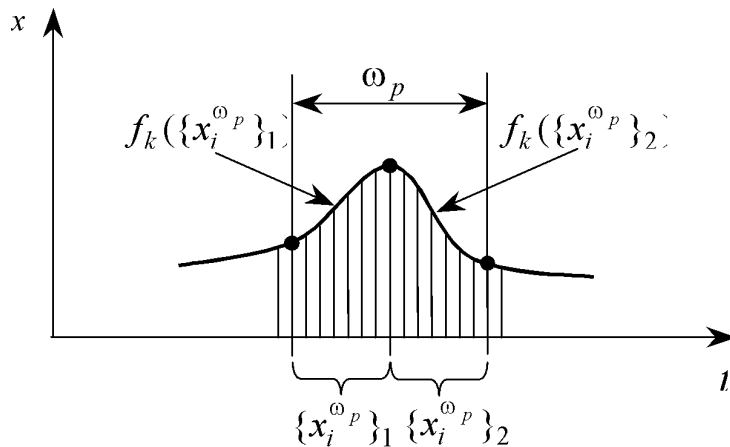
# Структурная идентификация биологических квазипериодических сигналов (БКС) – на примере ЭКГ



Представление  $C'$  модели выделения структурного элемента:  
а) при контурном анализе; б) в предлагаемом методе



Преобразование Хока (поиск прямых линий)



$$X(t) \rightarrow Y(P) \rightarrow Y(P, t) \quad (10)$$

где:  $X(t)$  – исходное пространство;  
 $Y(P)$  – пространство параметров;  
 $Y(P, t)$  – расширенное пространство параметров (с временной привязкой).

Описание прототипа (эталонного структурного элемента)



## Расстояние в пространстве параметров

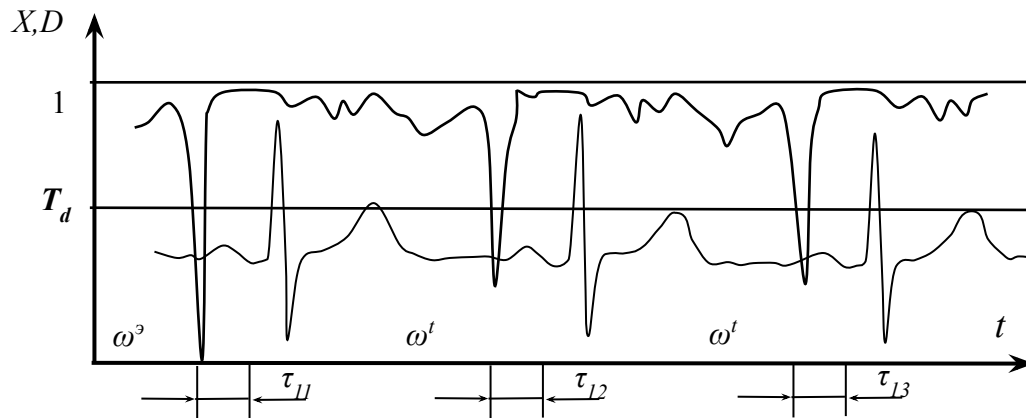
17

$$D(\omega_s, \omega_i) = \sqrt{1 - \frac{1}{1 + \alpha \sum_{j=1}^{N_y} (p_j^{\omega_s} - p_j^{\omega_i})^2}} \quad (11)$$

где  $p_j^{\omega_s}$ ,  $p_j^{\omega_i}$  – признаки объектов  $\omega_s$  и  $\omega_i$  (координаты в пространстве  $Y(P)$ );

$\alpha > 0$  – весовой коэффициент, задающий скорость затухания потенциальной функции;

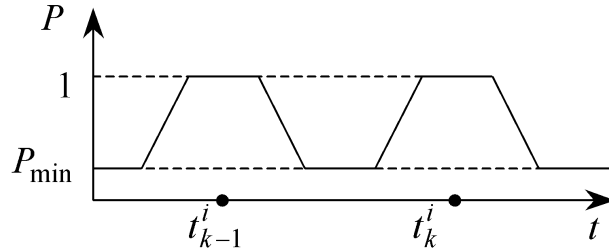
$N_y$  – мерность пространства  $Y(P)$ .



$$D_{min}(t_i) < T \quad (12)$$

Идентификация структурных элементов при анализе профиля расстояний  $D(t)$

## Учет временной маски



Вероятностная функция для  $i$ -го типа  
структурного элемента БКС

## Решающее правило

$$\omega_t \in \begin{cases} \Omega_1, & \text{если } \theta(\omega_t, T_d) = T_d - M_\xi > 0; \\ \Omega_2, & \text{если } \theta(\omega_t, T_d) = T_d - M_\xi \leq 0; \end{cases} \quad (13)$$

## Вычисление адаптивного порога

$$N(t+1) = \begin{cases} k_2 M_\xi(t) + (1 - k_2) N(t), & \text{если } M_\xi(t) < T_d(t) \\ N(t), & \text{если } M_\xi(t) \geq T_d(t) \end{cases} \quad (14)$$

$$S(t+1) = \begin{cases} S(t), & \text{если } M_\xi(t) < T_d(t) \\ k_2 M_\xi(t) + (1 - k_2) S(t), & \text{если } M_\xi(t) \geq T_d(t) \end{cases} \quad (15)$$

$$T_d(t) = N(t) + k_1 [S(t) - N(t)] \quad (16)$$

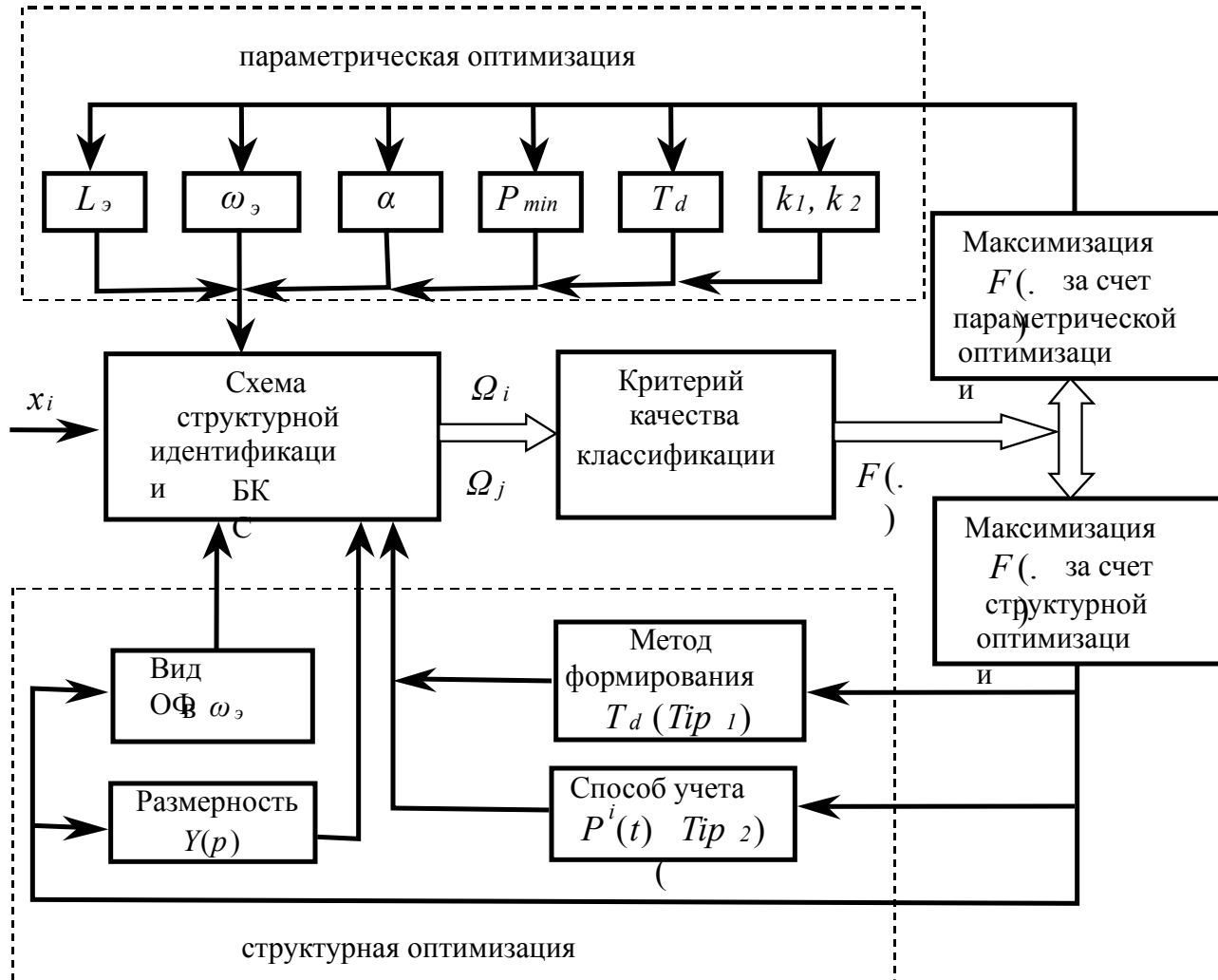


Схема оптимизации при структурной идентификации БКС

## Примеры медицинских изображений и особенности их обработки

20



а) рентгеновский снимок

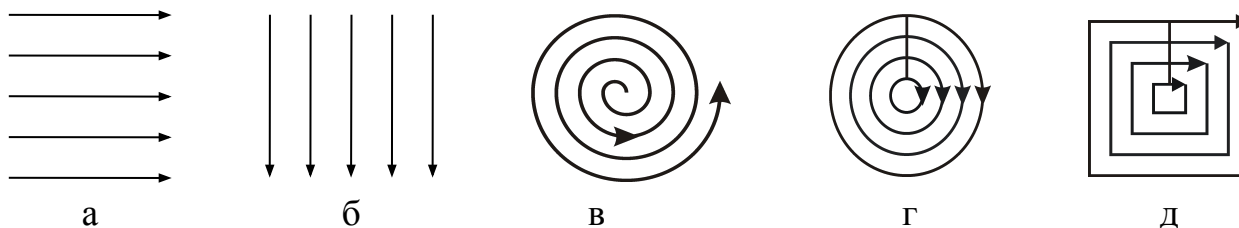


б) срез томограммы

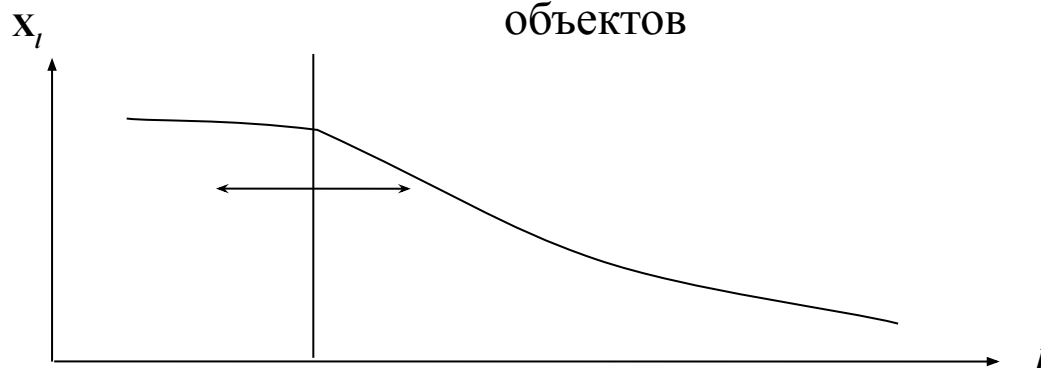
## Адаптация метода структурной идентификации БКС для обработки двумерных изображений

21

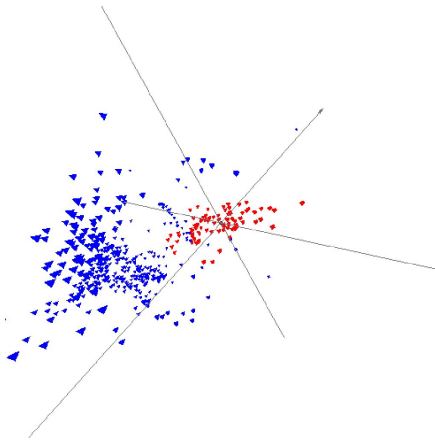
$$X_l = X_{ij} \quad (i=1, \overline{N}, j=1, \overline{M}) \quad (17)$$



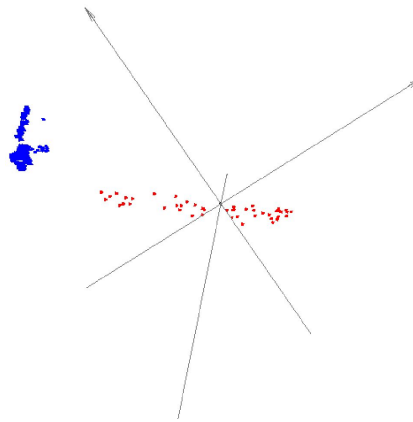
Примеры пространственных разверток двумерных  
объектов



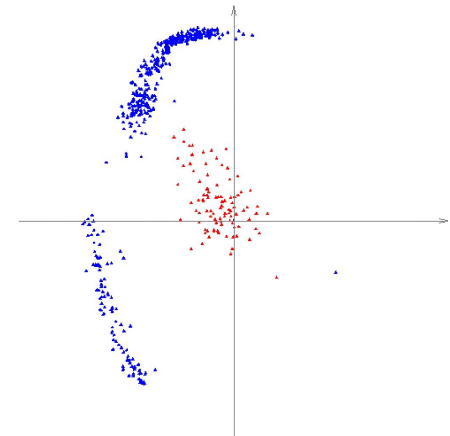
Унимодальная функция описания эталона при  
спиральной развертке и ее изменения при повороте  
объекта



1 – зубцов P;



2 – комплексов QRS;



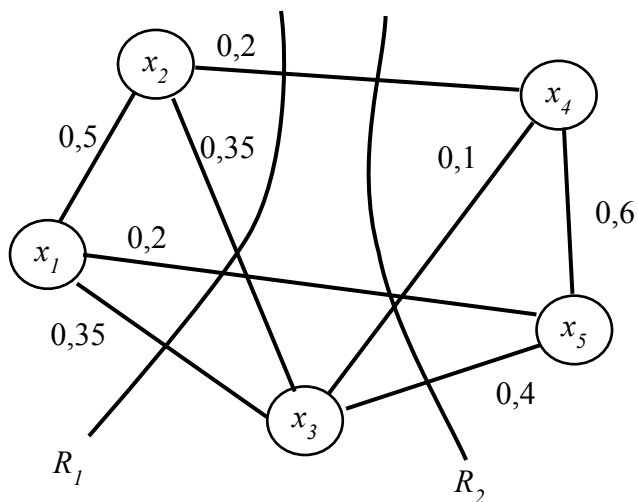
3 – зубцов T.

Расположение объектов стандартного отведения V2 в пространстве признаков  $Y$  при структурной идентификации

# Кластеризация признаков/диагнозов и построение иерархических структур

$$F1: X \rightarrow S_x \quad F2: D \rightarrow S_D$$

метод корреляционных плеяд



Пример разбивки графа ( $R_1=1,1$  – по методу корреляционных плеяд  $r_{пор} = 0,35$  ;  
 $R_2 = 0,9$  – используя минимальный разрез)

## Формализация задачи иерархической кластеризации в терминах потоковой модели

24

$G = \{N, V\}$ ,  $s$  – начальная вершина (исток),  $t$  – конечная вершина (сток).

а) параметры дуги  $V_{ij}$ :

- $L_{ij}$  – нижняя пропускная способность дуги;
- $U_{ij}$  – верхняя пропускная способность дуги;
- $f_{ij}$  – поток по дуге  $L_{ij} \leq f_{ij} \leq U_{ij}$ ;
- $C_{ij}$  – стоимость прохождения единицы потока из узла  $i$  в узел  $j$ .

б) условие сохранения потока

$$\sum_{j \in N_j} f_{ij} = \sum_{j \in N_j} f_{ji} \quad (18)$$

в) теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе (Форд и Филкерсон):

$$\begin{aligned} f_{ij} &= U_{ij} \text{ для } V_{ij} \in (N_s, N_t), \\ f_{ij} &= 0 \text{ для } V_{ij} \in (N_t, N_s), \\ f_{ij}^{max} &= \sum f_{ij} \text{ для } V_{ij} \in R_{min}. \end{aligned} \quad (19)$$



прямая задача

$$\sum_{(i,j \in S)} c_{ij} f_{ij} \rightarrow \min$$

двойственная задача

$$\sum_{(i,j \in S)} U_{ij} \cdot \alpha_{ij} - L_{ij} \cdot \delta_{ij} \rightarrow \min \quad (20)$$

ограничения

$$f_{ij} \leq U_{ij} \quad f_{ij} \geq L_{ij} \quad \forall V_{ij} \in V$$

$$\pi_i - \pi_j + \alpha_{ij} - \delta_{ij} \geq C_{ij} \quad \forall V_{ij} \in V$$

$$\sum_{j \in N_j} f_{ij} = \sum_{j \in N_j} f_{ji}$$

$$\alpha_{ij} \geq 0 \quad \forall V_{ij} \in V \quad (21)$$

$$f_{ij} \geq 0 \quad \forall V_{ij} \in V$$

$$\delta_{ij} \geq 0 \quad \forall V_{ij} \in V$$

$$C_{ij}^* = C_{ij} + \pi_i - \pi_j \quad (22)$$

Условия оптимальности

$$\begin{aligned} \text{к1: } f_{ij} = U_{ij}, \text{ если } C_{ij}^* \leq 0, & \quad \text{к2: } f_{ij} = L_{ij}, \text{ если } C_{ij}^* \geq 0, \\ \text{к3: } L_{ij} \leq f_{ij} \leq U_{ij} \text{ если } C_{ij}^* = 0. & \quad \text{к4: } \sum_{j \in N_j} f_{ij} = \sum_{j \in N_j} f_{ji} \end{aligned} \quad (23)$$

Корректирующие действия:

- 1) Модификация потоков  $f_{ij}$ .
- 2) Модификация приведенных стоимостей  $C_{ij}^*$ .

1. Параметры дуг:  $L_{ij} = 0$ ;  $U_{ij} = r_{ij}$ ;  $C_{ij} = e_{ij}$ ;
2. Предварительная разбивка  $G$  на два подграфа  $G_s$  и  $G_t$  методом корреляционных плед
3. Определение начальной и конечной вершин ( $s$  и  $t$ )

$$N_i = \max_j \sum V_{ij} \tag{24}$$

$$s = N_i \forall i, j \in N_s \quad t = N_i \forall i, j \in N_t$$

4. Возвратная дуга с параметрами:  $L_{ts} = 0$ ;  $U_{ts} = \infty$ ;  $C_{ts} = 0$ .

5. Задаются начальные значения переменных

$$f_{ij} = 0, \quad \pi_i = 0 \quad \forall V_{ij} \in V \tag{25}$$

6. Определение  $f_{ij}$

7. Поиск минимального разреза  $R_{min}$

Неопределенность системы диагнозов

$$H(D) = -\sum_{i=1}^n P(D_i) \cdot \log_2 P(D_i) \quad (26)$$

Количество внесенной информации.

$$I_D(X) = \sum_{j=1}^p I_D(x_j) \leq H(D) \quad (27)$$

Информативность признака  $x_j$  относительно системы диагнозов  $D$

$$I_D(x_j) = \sum_{i=1}^n P(D_i) \cdot I_{D_i}(x_j) \quad (28)$$

Информативность признака  $x_j$  относительно диагноза  $D_i$

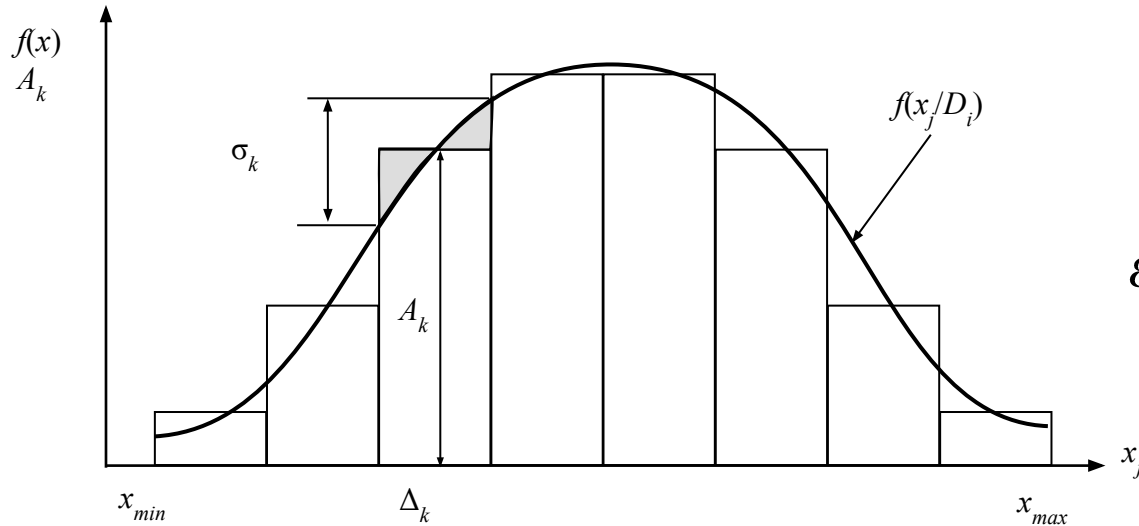
$$I_{D_i}(x_j) = \int_{x_{min}}^{x_{max}} f(x_j / D_i) I_{D_i}(x_j) dx_j = \sum_{k=1}^m P(x_{jk} / D_i) \log_2 \frac{P(x_{jk} / D_i)}{P(x_{jk})} \quad (29)$$

Информативность реализации признака  $x$

$$I_{D_i}(x_{jk}) = \log_2 \frac{f(x_{jk} / D_i)}{f(x_{jk})} = \log_2 \frac{P(x_{jk} / D_i)}{P(x_{jk})} \quad (30)$$

$$I_{D_i}^*(x_{jk}) = f(x_{jk} / D_i) \log_2 \frac{f(x_{jk} / D_i)}{f(x_{jk})} = P(x_{jk} / D_i) \log_2 \frac{P(x_{jk} / D_i)}{P(x_{jk})}$$

# Вычисление интегральной ошибки аппроксимации теоретического закона распределения гистограммой.



$$A_k = \frac{\Delta N_k}{\Delta_k N} \tag{31}$$

$$\varepsilon_k = \sigma_k / \sqrt{N_k} \tag{32}$$

Аппроксимация  $f(x)$  гистограммой

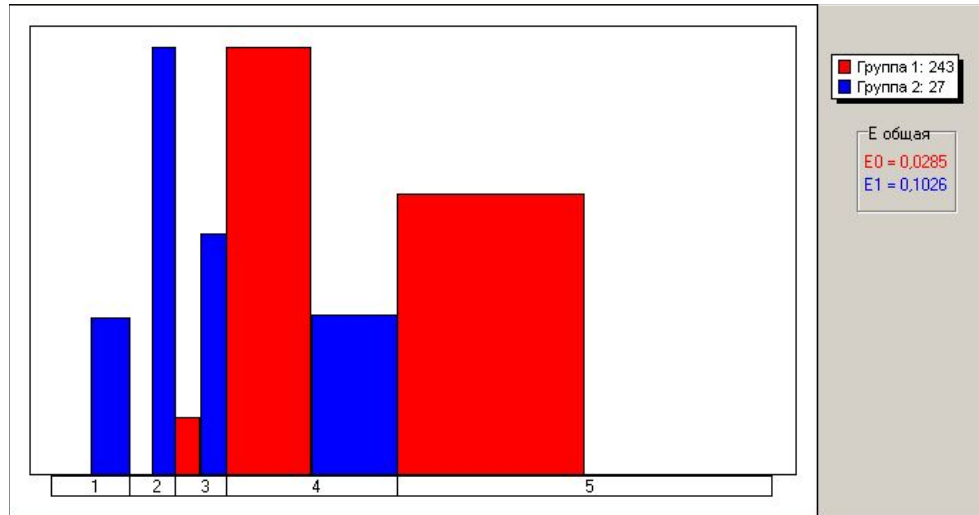
$$f^*(x_{k+1}) = A_k + \Delta_k \frac{A_{k+1} - A_k}{\Delta_{k+1} + \Delta_k}, \tag{33}$$

$$\sigma_k = \frac{1}{\sqrt{6}} \sqrt{[f^*(x_{k+1}) - A_k]^2 + [A_k - f^*(x_k)]^2} \tag{34}$$

$$f^*(x_k) = A_k - \Delta_k \frac{A_k - A_{k-1}}{\Delta_k + \Delta_{k-1}}$$

$$\varepsilon_k = \frac{\Delta_k}{\sqrt{6N_k}} \sqrt{\left(\frac{A_{k+1} - A_k}{\Delta_{k+1} + \Delta_k}\right)^2 + \left(\frac{A_k - A_{k-1}}{\Delta_k + \Delta_{k-1}}\right)^2} \tag{35}$$

- 1) Значения каждого численного признака  $x$  ранжируются и для каждого  $x$  определяется динамический диапазон изменения  $[x_{max}, x_{min}]$ .
- 2) Выбирается начальное значение  $m = [N/N_{min}]$  ( $N_{min}$  – минимальное значение точек, которое может содержать интервал,  $[.]$  – целая часть) и динамический диапазон  $[x_{max}, x_{min}]$  разбивается на  $m$  интервалов, каждый из которых содержит  $N_{min}$  точек.
- 3) В каждом из интервалов  $\Delta_k$  подсчитываются априорные вероятности  $P(x_{jk})$  и  $P(x_{jk}/D_i)$  и соответствующие им амплитуды гистограмм по (31).
- 4) Определяется  $x_0$  - точка пересечения  $P(x_{jk}/D_0)$  и  $P(x_{jk}/D_1)$ , для чего в окрестности интервала, где модуль отклонения  $P(x_{jk}/D_0)$  от  $P(x_{jk}/D_1)$  минимален, выполняется полиномиальная аппроксимация соответствующих гистограмм.
- 5) Начиная от  $x_0$ , в обе стороны откладываются по одному интервалу  $\Delta_{-1}$  и  $\Delta_1$ , каждый из которых содержит  $N_{min}$  точек, и подсчитывается  $\epsilon_k$  по (35).
- 6) Интервалы монотонно "расширяются" до тех пор, пока не будет достигнут минимум  $\epsilon_k$  и фиксируются значения  $N_k$  и их границы  $z_{-1}$  и  $z_2$ , которые являются начальными точками следующих интервалов  $\Delta_{-2}$  и  $\Delta_2$ .
- 7) В качестве начального значения минимального количества точек  $N$  для следующих интервалов выбирается значения  $N_k$  и п.6 повторяется. Критерием останова является достижение границ  $x_{max}$  и  $x_{min}$ .



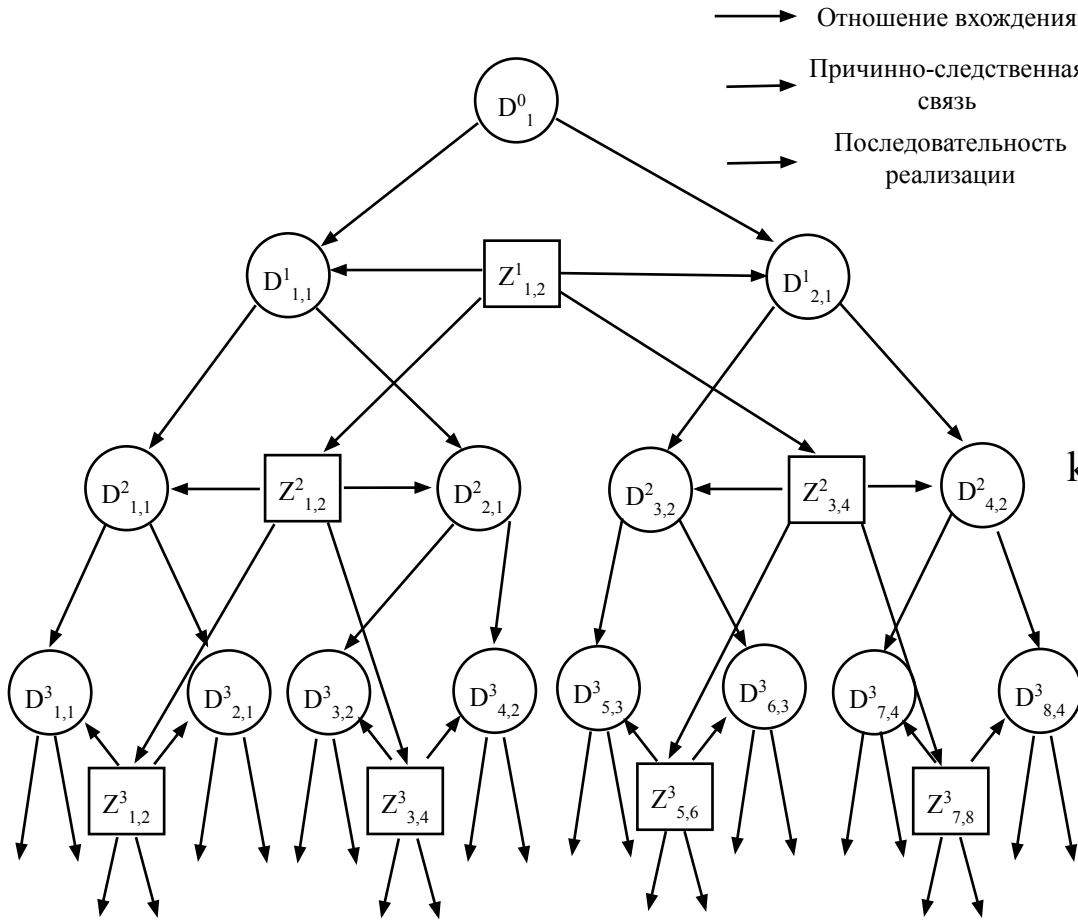
Результаты разбивки диагностического признака  $N_b$  на интервалы при дифференциальной диагностике состояний: Класс 3 ( $D_1$ ) и Класс 4 ( $D_3, D_4$ ).

### Параметры гистограмм

№	Начало	Конец	$\Delta_k$	Класс 3			Класс 4		
				$G_k$	$\varepsilon_k$	$P(X_i/D)$	$G_k$	$\varepsilon_k$	$P(X_i/D)$
1	108,00	118,09	10,09	0,0000	0,0000	0,0000	1,6885	0,4565	0,1852
2	118,09	124,00	5,91	0,0000	0,0000	0,0000	4,6124	0,2080	0,2222
3	124,00	130,55	6,55	0,2312	0,0739	0,0165	2,6011	0,1966	0,1852
4	130,55	152,31	21,76	1,7051	0,0473	0,4033	1,7225	0,1064	0,4074
5	152,31	200,00	47,69	1,1194	0,0233	0,5802	0,0000	0,0000	0,0000

Ширина диапазона:  $A = 92,00$ . Средняя ошибка Класса 3:  $\bar{\varepsilon} = 0,0285$ .

Средняя ошибка Класса 4:  $\bar{\varepsilon} = 0,1026$ .



$$k_{un}(x_j, D) = \frac{I_D(x_j)}{H(D)} \quad (36)$$

$$k_{\partial y}(x_j, D) = \frac{k_{un}(x_j, D)}{r_t(x_j)} \quad (37)$$

$$k_{\text{дц}}(y_i) \geq k_{\text{дц}}(y_j) \geq \dots \geq k_{\text{дц}}(y_q) \quad (38)$$

Типы взаимодействий элементов иерархических структур  $S_D$  и  $S_z$

Вероятностная логика (последовательный анализ)

$$\Theta = \prod_i \frac{P(x_{ik} / D_q)}{P(x_{ik} / D_l)} \quad (39)$$

$$\Theta > A \qquad \Theta < B$$

Матрица условных вероятностей  $P$  размерности  $n * m$  с элементами  $p_{ij} = p(x_i / D_j)$

Матрица экспертных оценок  $S$  размерности  $n * m$  с элементами  $s_{ij} \in \{e_3, e_2, e_1, e_0\}$

$e_3$  – вес патогномонических

$e_2$  – вес специфических

$e_1$  – вес неспецифических симптомов

$e_0$  – вес показателей, не входящих в симптомокомплекс данного заболевания .

$$e_3 \geq e_2 \geq e_1 \geq e_0 \quad (40)$$

Матрица  $H$  (комбинированного решающего правила)

$$h_{ij} = s_{ij} \times p_{ij} \quad i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, m} \quad (41)$$



## Определение экспертных оценок при взаимодействии иерархических структур 33

а) повышение уровня иерархии признаков (объединение столбцов матрицы  $S$ )

$$x_i^k = f(\{X\}_i^{k-1}) \quad (42)$$

$$x_i^k = \sum_j a_j x_j^{k-1} \quad \forall j \in \{X\}_i^{k-1} \quad (43)$$

$$s_{ij}^{21} = \sum_j a_{lj} s_{ij}^{11} \quad , \quad \forall j \in \{X\}_l^1 \quad i = \overline{1, N_D^1} \quad l = \overline{1, N_x^2} \quad (44)$$

б) повышение уровня иерархии диагнозов (объединение строк матрицы  $S$ )

$$s_{ij}^{k,2} = \Psi_i(s_{ij}^{k,1}) \quad , \quad \forall i \in \{D\}_l^1 \quad j = \overline{1, N_x^k} \quad l = \overline{1, N_D^2} \quad (45)$$

$\Psi_i(s_{ij}^{k,1})$  - функция объединения симптомокомплексов диагнозов, входящих в один кластер (min, max и др.)

**Учет неопределенности статистических оценок в  
решающем правиле**

$$\begin{aligned} P(x_{ik}/D_l) &= G(x_{ik} / D_l) \pm \delta_{ik}^l \\ P(x_{ik} / D_q) &= G(x_{ik} / D_q) \pm \delta_{ik}^q \end{aligned} \tag{46}$$

$\delta_{ik}^q, \delta_{ik}^l$  - доверительные интервалы

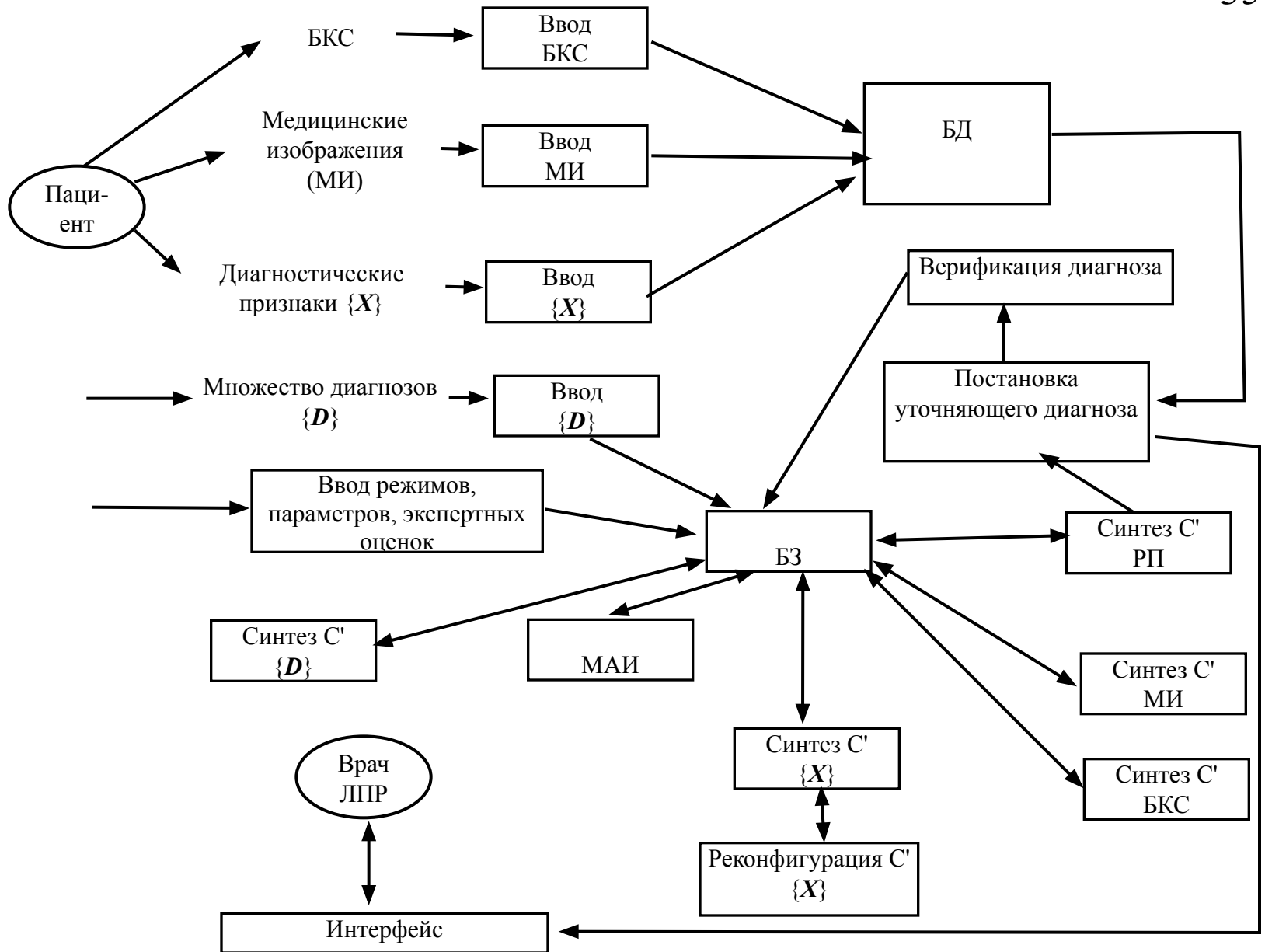
Комбинированное решающее правило

$$\Theta_H = \prod_i \frac{S_{ikq} G_H(x_{ik} / D_q)}{S_{ikl} G_B(x_{ik} / D_l)} \quad \Theta_B = \prod_i \frac{S_{ikq} G_B(x_{ik} / D_q)}{S_{ikl} G_H(x_{ik} / D_l)} \tag{47}$$

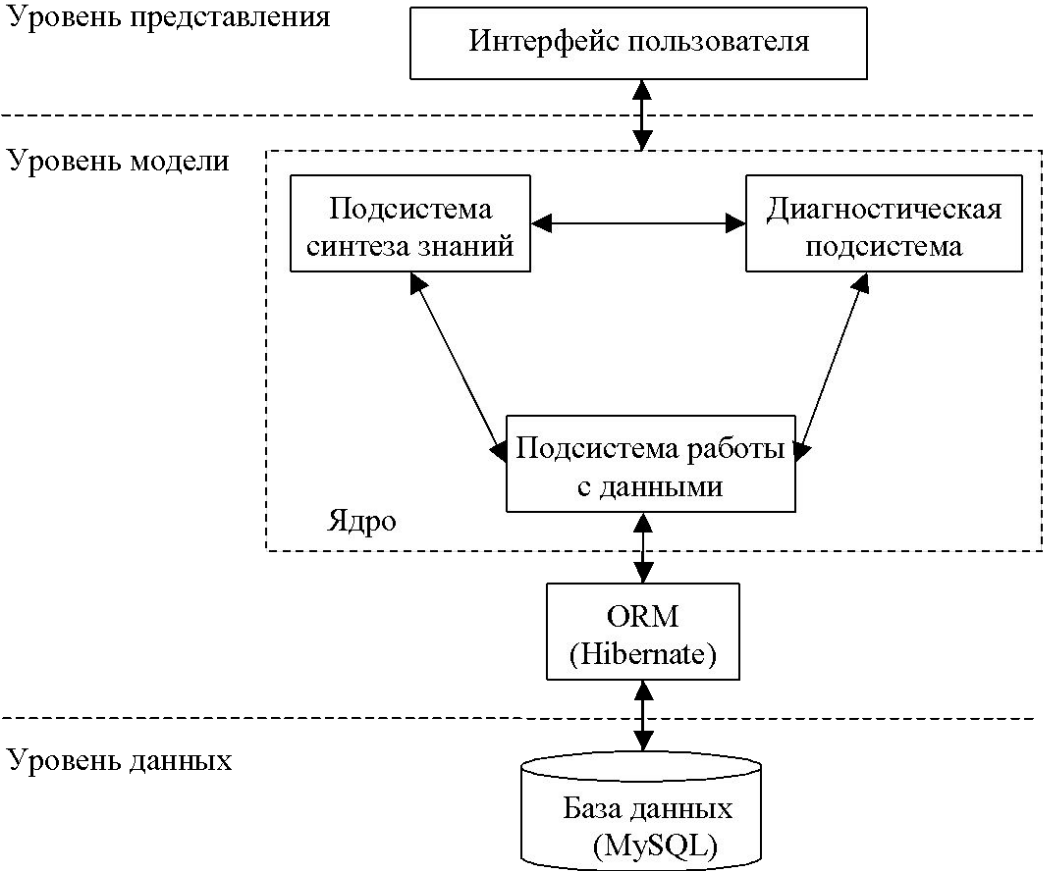
Пессимистическая оценка

$$\Theta_H > A \quad \Theta_B < B \tag{48}$$

# Структурная схема ПО СППРМ



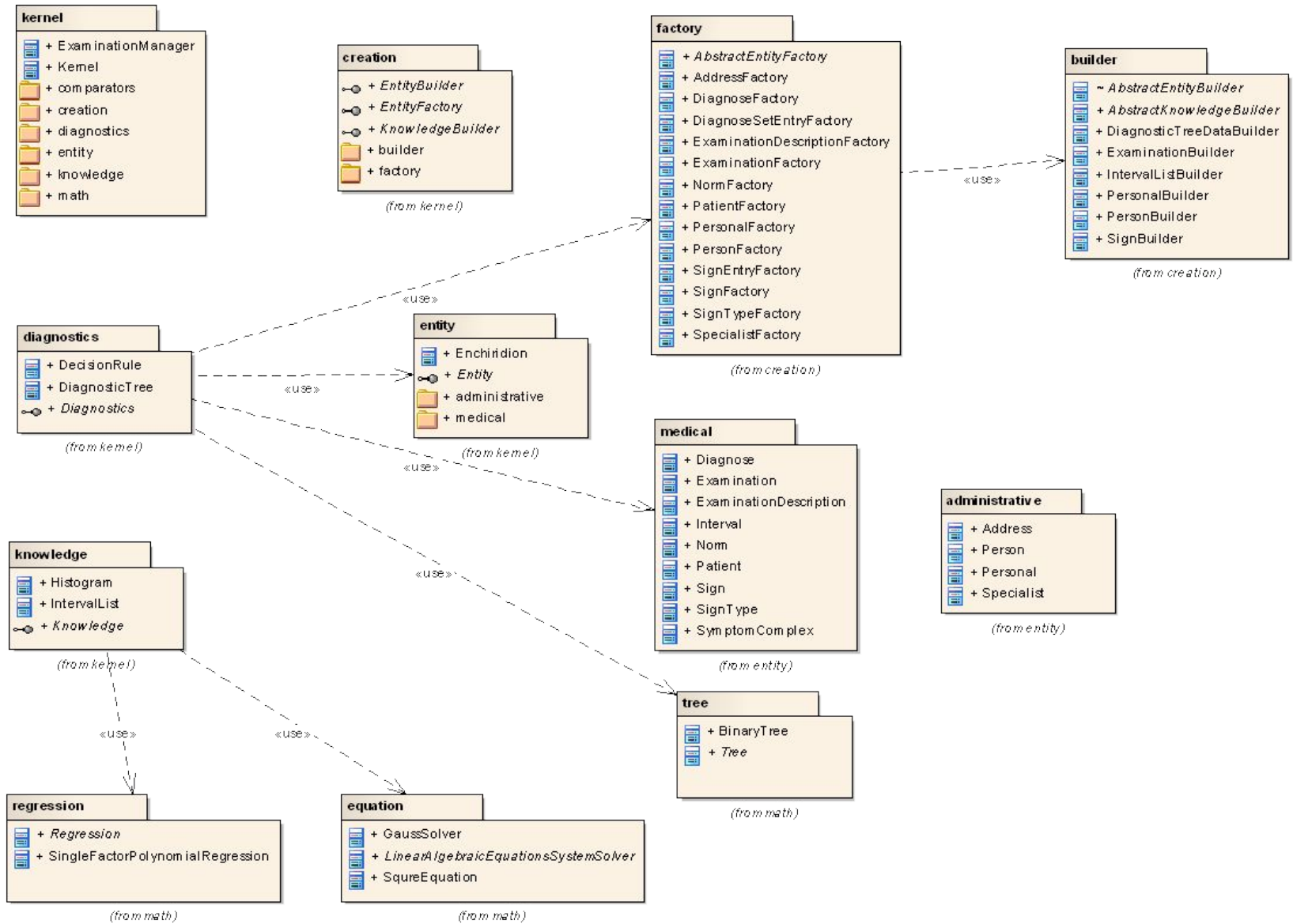
# Структурная схема подсистемы постановки диагноза



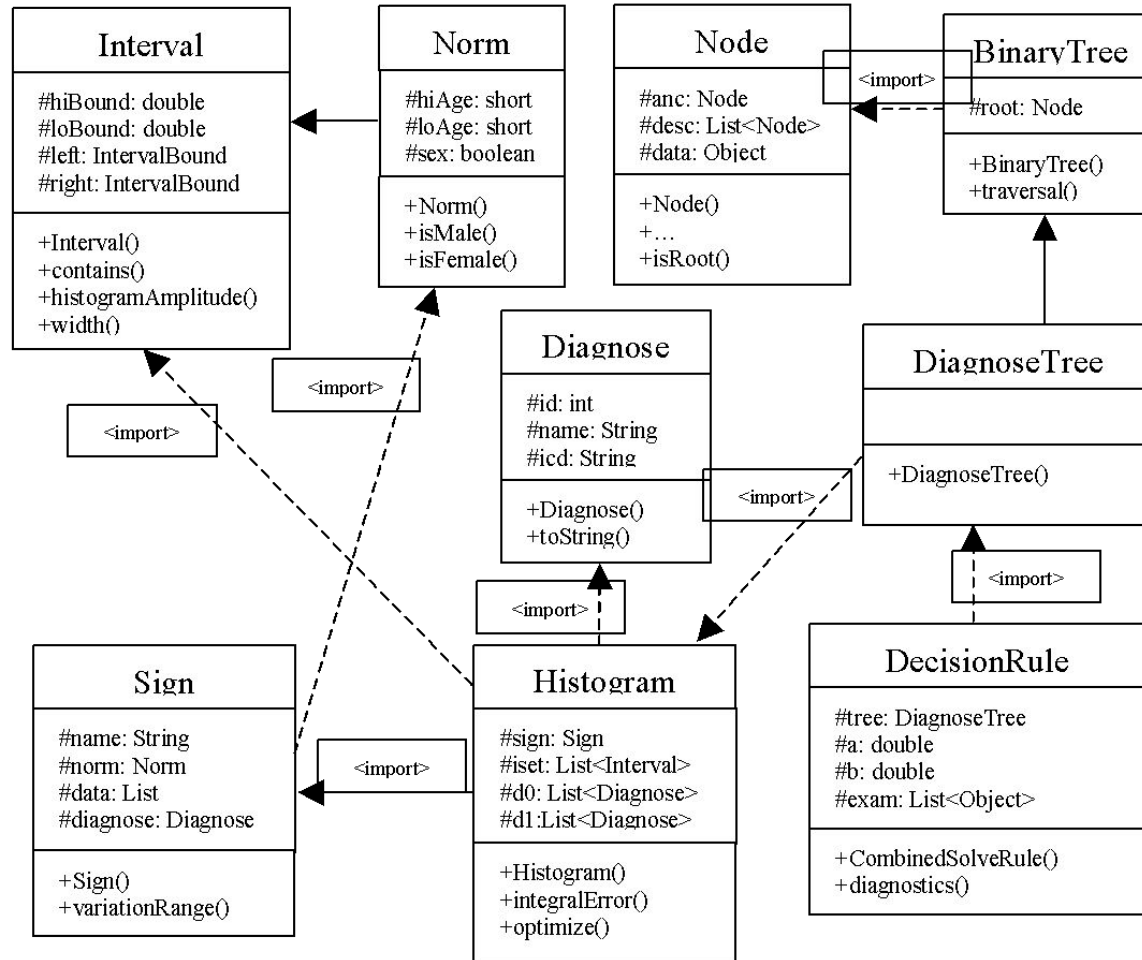
# Структура ядра системы



# Структура пакетов



## Упрощенная диаграмма классов, которые принимают участие в диагностике.



## Тестовая проверка и результаты экспериментов

Процентный показатель количества распознанных комплексов *QRS* при разных шагах квантования пространства признаков

№ отведения	Шаг квантования											
	1		10		50		100		200		250	
	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_2$
1	75	0	75	0	85	0	100	0	80	80	100	100*
2	30	0	55	0	85	0	92	0	100	0	100	100*
3	76	0	50	0	90	0	90	0	100	0	100	100*
4	45	0	84	0	75	0	100	0	100	0	100	100*
5	100	0	50	0	100	0	95	0	100	0	10	0
6	50	0	50	0	90	0	100	0	100	100*	100	100*
7	100	0	100	0	100	0	100	0	100	70	100	100*
8	25	0	50	0	80	0	100	0	100	75	35	0
9	25	0	65	0	75	0	100	0	100	85	35	0
10	80	0	65	0	93	0	75	0	100	90	20	0
11	95	0	95	0	100	0	100	0	100	0	15	0
12	25	0	50	0	55	0	55	0	100	0	100	100*
$\mu$	60.5	0	65.8	0	85.7	0	92.3	0	98.3	83.3**	67.9	100**

### Статистические характеристики временных затрат

Статистическая характеристика	Шаг квантования					
	1	10	50	100	200	250
Математическое ожидание, $\mu_t$ , сек.	8,917	2,247	1,438	1,133	0,866	0,225
Среднеквадратическое отклонение, $\sigma_t$	0,715	0,276	0,179	0,061	0,126	0,141



Результаты структурной идентификации информативных фрагментов электрокардиограммы при использовании различных видов опорных функций

Вид опорной функции	Значения критерия при структурной идентификации			
	Зубцов <i>P</i>	Зубцов <i>T</i>	Комплекса <i>QRS</i>	Среднее
Отрезок прямой	0,694	0,720	0,420	0,612
Парабола	0,713	0,732	0,428	0,624
Дуга окружности	0,711	0,730	–	–
Дуга эллипса	0,711	0,730	–	–

Отведение		Структурный эл-т			Отведение		Структурный эл-т		
		<i>P</i>	<i>QRS</i>	<i>T</i>			<i>P</i>	<i>QRS</i>	<i>T</i>
стандартное I	<i>F</i>	3,80	0	0,36	Грудное V1	<i>F</i>	2,71	0	0,18
	<i>F<sup>эв</sup></i>	12,66	0,18	0,9		<i>F<sup>эв</sup></i>	8,14	0	4,52
стандартное II	<i>F</i>	3,62	0	1,08	Грудное V2	<i>F</i>	2,89	0	0
	<i>F<sup>эв</sup></i>	12,30	0	6,87		<i>F<sup>эв</sup></i>	9,22	0	0,36
стандартное III	<i>F</i>	2,53	0	0,72	Грудное V3	<i>F</i>	0	0	0
	<i>F<sup>эв</sup></i>	8,32	0,36	8,67		<i>F<sup>эв</sup></i>	6,51	0	0
однополюсное aVL	<i>F</i>	3,07	0	0	Грудное V4	<i>F</i>	0	0	0
	<i>F<sup>эв</sup></i>	11,03	0	2,71		<i>F<sup>эв</sup></i>	5,06	0	0,18
однополюсное aVR	<i>F</i>	6,14	0	0,9	Грудное V5	<i>F</i>	3,98	0	0,90
	<i>F<sup>эв</sup></i>	14,47	0	5,06		<i>F<sup>эв</sup></i>	12,48	0,54	8,32
однополюсное aVF	<i>F</i>	1,99	0,18	0,36	Грудное V6	<i>F</i>	0	0	0
	<i>F<sup>эв</sup></i>	8,68	0,18	4,16		<i>F<sup>эв</sup></i>	4,16	0	0

$$F = \frac{\alpha^{\Omega} + \beta^{\Omega}}{L^{\Omega_1}} \times 100\%$$

$$F = 3\% \quad F^{\text{эв}} = 10\%$$

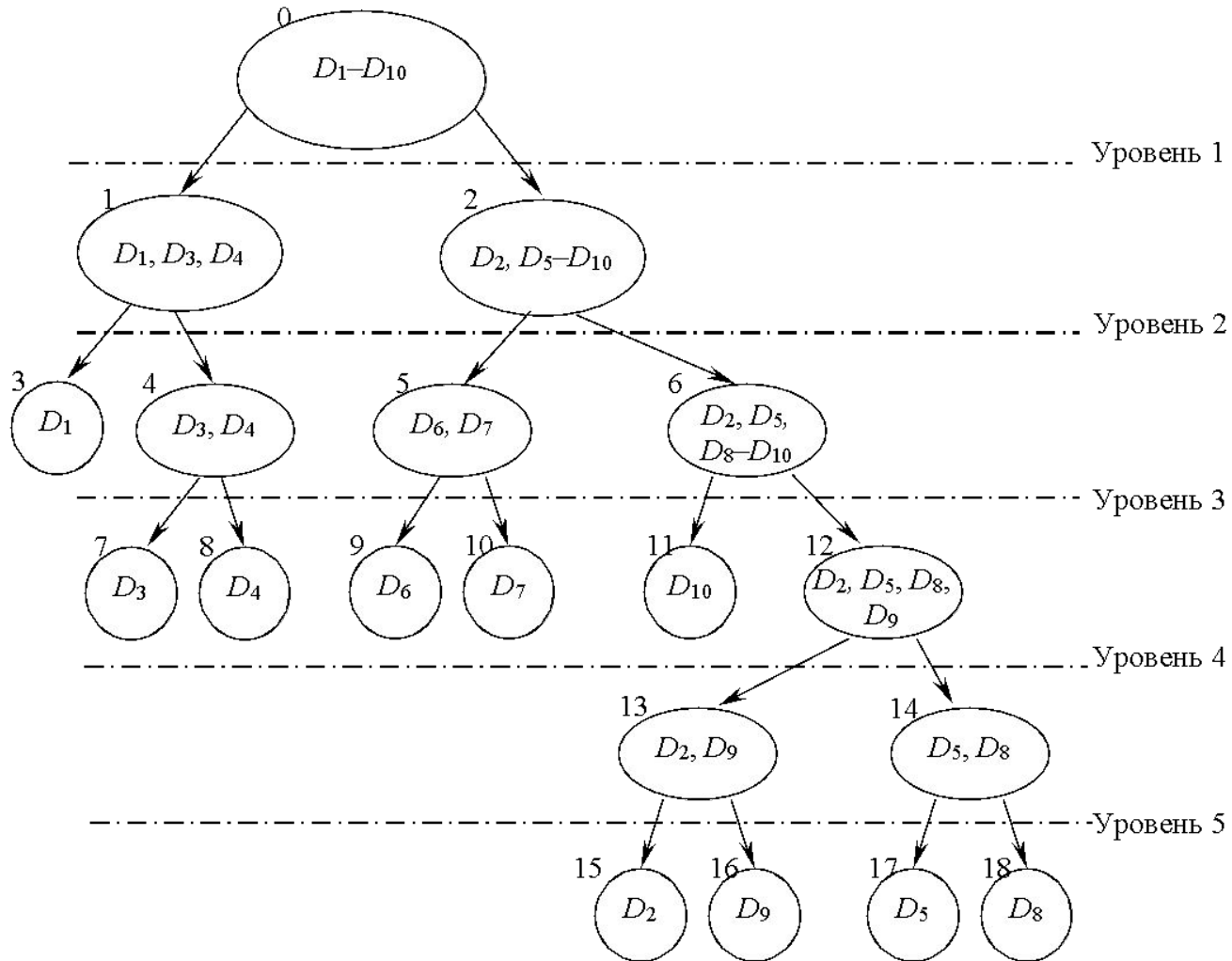
Апробация метода синтеза иерархических структур  
диагностических признаков и диагнозов

Группы анализируемых диагнозов

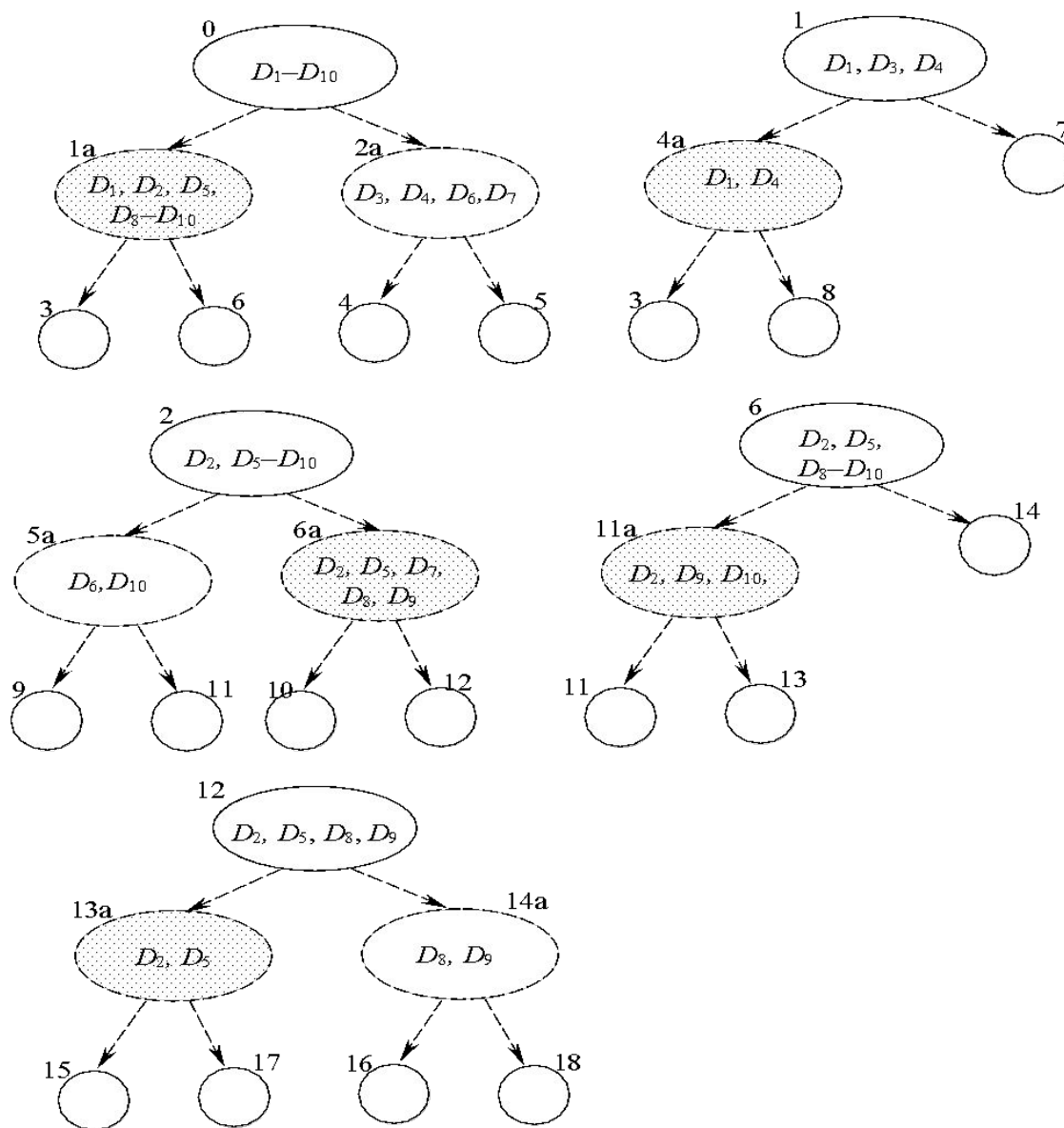
№ п/п	Код диагноза по МКБ 10	Название диагноза	Код диагноза	Кол. человек в группе
1	–	Здоров	<i>D</i> <sub>1</sub>	243
2	D64.9	Анемия неуточненная	<i>D</i> <sub>2</sub>	29
3	I42.9	Кардиомиопатия	<i>D</i> <sub>3</sub>	10
4	I25.9	Хроническая ИБС неуточненная (ИБС кардиосклероз)	<i>D</i> <sub>4</sub>	17
5	L95.9	Неуточненные геморрагические состояния (аллергический геморрагический васкулит)	<i>D</i> <sub>5</sub>	24
6	K81.1	Хронический холецистит	<i>D</i> <sub>6</sub>	21
7	J18.9	Пневмония неуточненная	<i>D</i> <sub>7</sub>	16
8	B27.9	Инфекционный мононуклеоз неуточненный	<i>D</i> <sub>8</sub>	28
9	C91.1	Хронический лимфоидный лейкоз	<i>D</i> <sub>9</sub>	26
10	N18.9	Почечная недостаточность неуточненная	<i>D</i> <sub>10</sub>	20
Всего				434

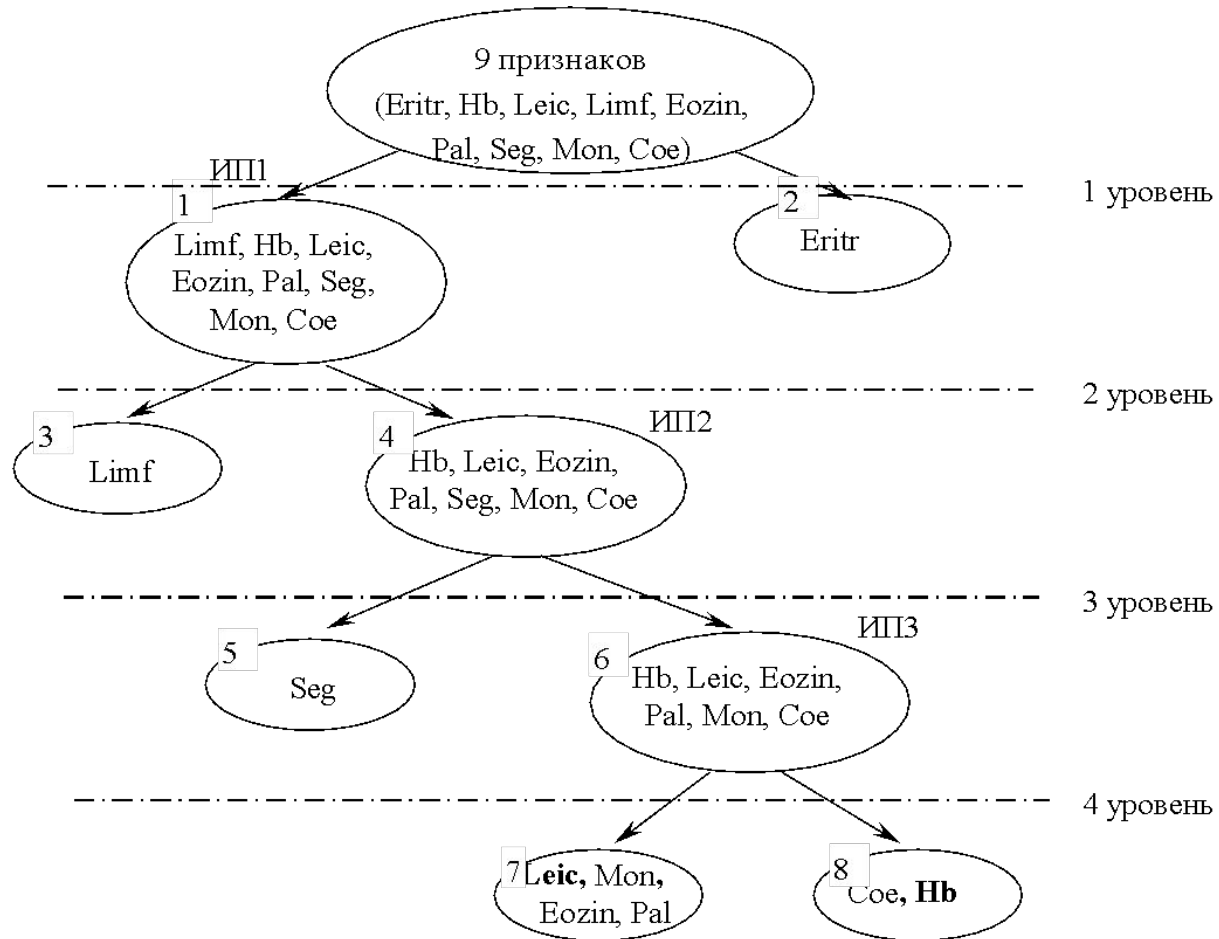
## Показатели общего клинического анализа крови

Индекс	Аббревиатура	Показатель	Единица измерения	Норма-коридор м/ж
1	Eritr	Эритроциты	кл x 10 <sup>12</sup> /л	4,0-5,0 / 3,9-4,7
2	Hb	Гемоглобин	г/л	130-160 / 120-140
3	Leic	Лейкоциты	кл x 10 <sup>9</sup> /л	4,0-9,0
4	Limf	Лимфоциты	%	19,0-37,0
5	Eozin	Эозинофилы	%	1,0-5,0
6	Pal	Нейтрофилы палочкоядерные	%	1,0-6,0
7	Seg	Нейтрофилы сегментоядерные	%	47,0-72,0
8	Mon	Моноциты	%	3,0-11,0
9	Coe	Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)	мм/час	1-10 / 2-15

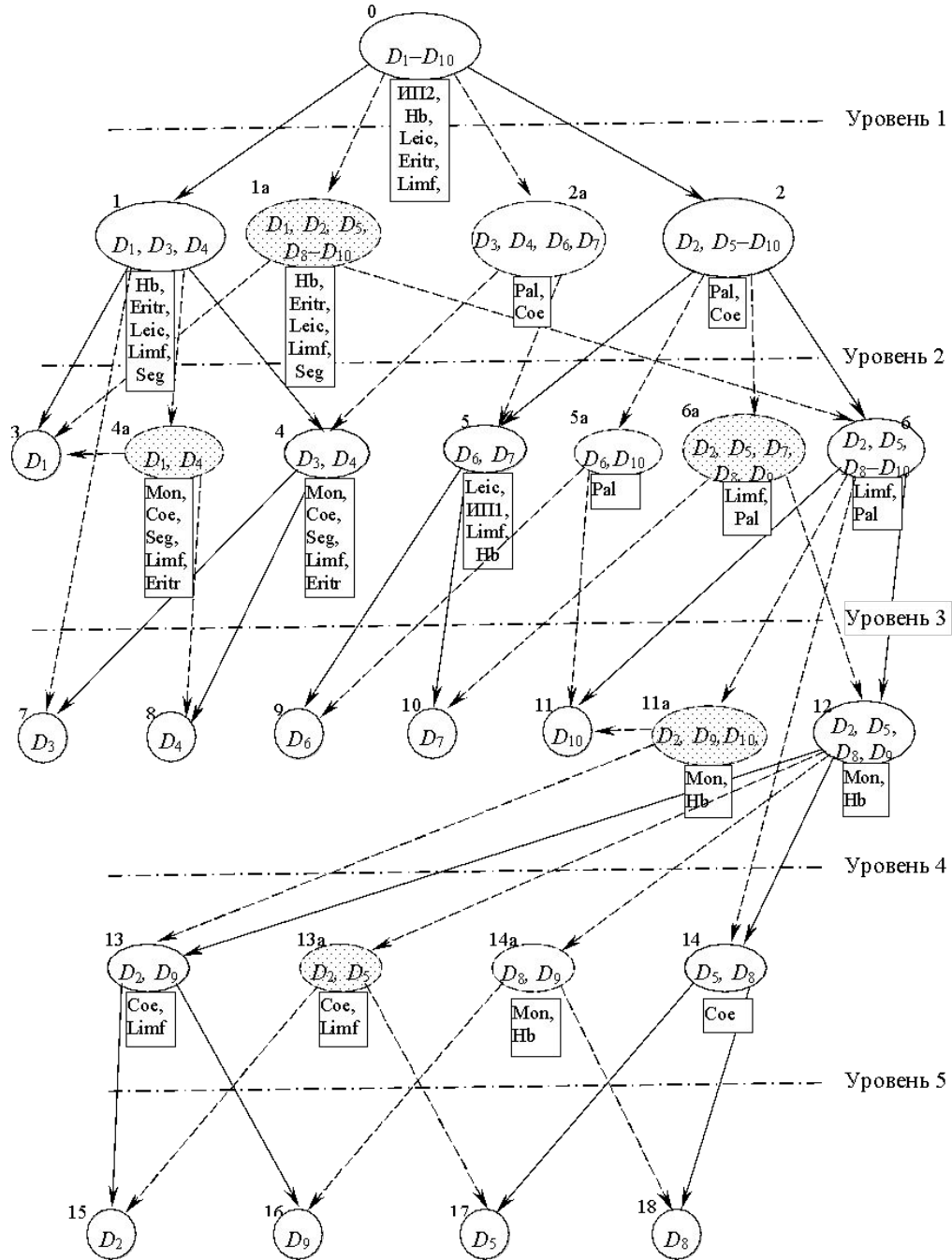


Иерархическая структура диагностируемых состояний  
(основное дерево решений)





Иерархическая структура диагностических признаков







## Показатели качества классификации

	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$D_7$	$D_8$	$D_9$	$D_{10}$	Среднее
$\Psi$ класт. %	97,53	75,86	40,00	29,41	91,67	85,71	62,50	85,71	88,46	95,0	88,48
$\Psi$ %	97	63	52	69	98,4	97,3	77	98,4	89	90	89,9
$\Psi^*$ %	98,5	67	62	69	98,4	97,3	79	98,4	93	95	92,8
$M_{D_i}$ кол.	2,2	6,68	7,82	6,42	5,39	3,67	4,58	5,39	5,75	3,73	3,61

$\Psi$  класт. – достоверность классификации методом кластерного анализа (неправильно установлен диагноз 50 пациентам ),

$\Psi$  – предлагаемым методом с использованием основного дерева (6 – неправильно установлен диагноз, 5 – отказ от постановки диагноза, 30 – установлен предварительный диагноз) ,

$\Psi^*$  – с использованием основного и альтернативного дерева (6 – неправильно установлен диагноз, 3 – отказ от постановки диагноза, 22 – установлен предварительный диагноз) ,

$M_{D_i}$  – среднее число анализируемых признаков.

## ВЫВОДЫ

1) Разработана концептуальная модель ОД – многоуровневой системы связей подсистем организма человека друг с другом и факторами окружающей среды и на ее основе разработана расширенная структурированная модель ОД, которая учитывает не только функциональный и структурный базис, но и экспертные оценки и неопределенности статистических оценок функционального базиса, а также формализованы этапы преобразования информации при построении СППРМ.

2) Разработаны структурированные модели ОД на этапах структурной идентификации БКС и медицинских изображений, при синтезе иерархических структур диагностических признаков и диагнозов.

3) Разработан метод синтеза комбинированного РП с расщеплением недостоверных решений при взаимодействии иерархических структур диагностических признаков и диагнозов. Разработанное РП позволяет выполнять последовательный анализ диагностических признаков до достижения заданного уровня достоверности диагноза, при этом выполняется "пессимистический" прогноз, обусловленный неопределенностью априорных условных вероятностей при учете экспертных оценок структур симптомокомплексов.

4) Разработана структура и создано ПО СППРМ. Выполнена проверка адекватности разработанных информационных технологий при обработке реальных биомедицинских данных.

Спасибо за внимание!

Организационный комитет приглашает принять участие в работе одиннадцатой международной конференции

**"Проблемы информатики и моделирования (ПИМ-2011)",**  
которая состоится в сентябре 2011 г. (г. Ялта).

[www.pim.net.ua](http://www.pim.net.ua) .