

*Международная конференция «Современные проблемы математики, информатики и биоинформатики», посвященная 100-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР Алексея Андреевича Ляпунова*



# **ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ**



## **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НЕЙРОТОКСИКОЗОВ**

Иванов А.Г.<sup>1</sup>, Дьякович М.П.<sup>1</sup>, Бахвалов С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ангарский филиал Учреждения Российской академии медицинских наук Восточно-Сибирского научного центра экологии человека Сибирского отделения РАМН – НИИ медицины труда и экологии человека;

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РГНФ, проект № 10-06-12121в.*

# Профессиональные нейроинтоксикации: сущность, актуальность

Применение веществ с нейротропным эффектом в технологических процессах ряда предприятий химической отрасли является ключевым и, преимущественно, неустранимым фактором развития риска нейроинтоксикаций профессионального генеза у работающих. Экспонирование производственным нейротоксикантам на протяжении времени от 6 лет, или разово, но с многократным превышением ПДК вредного вещества в рабочей зоне, запускает в организме работающего цепь труднообратимых процессов, в итоге приводящих к формированию психоорганического синдрома, сопровождающегося значительными личностными нарушениями. Заболевание значимо социально и экономически.



дихлорэтан,  
винилхлорид

хлористый аллил,  
эпихлоргидрин

пары  
металлической ртути





# Профессиональные нейроинтоксикации: сущность, актуальность

## Диагностическая трудность:

- Латентность проявления клинических форм (до 15 лет);
- Отсутствие однозначных патогномичных признаков в клинической картине;

## Терапевтическая трудность:

- Трудность вывода из организма депонированных нейротоксикантов;
- Невозможность полного восстановления здоровья даже в отдаленном постконтактном периоде

## Специфика диагностики:

1. Необходимость сбора и консолидации количественно-качественных диагностических данных из ряда источников;
2. Использование в дифференциально-диагностической процедуре врачебного знания на уровне оценки и применения прецедентов, аналогий, решающих правил.
3. Извлечение знания путем статистического\* анализа массивов диагностических данных;
4. Развитие проблемно-ориентированного опыта в процессе классифицирования прецедентов.

---

\* - на постановочном этапе применялся дискриминантный анализ

# Дифференциальная диагностика профессиональных нейроинтоксикаций

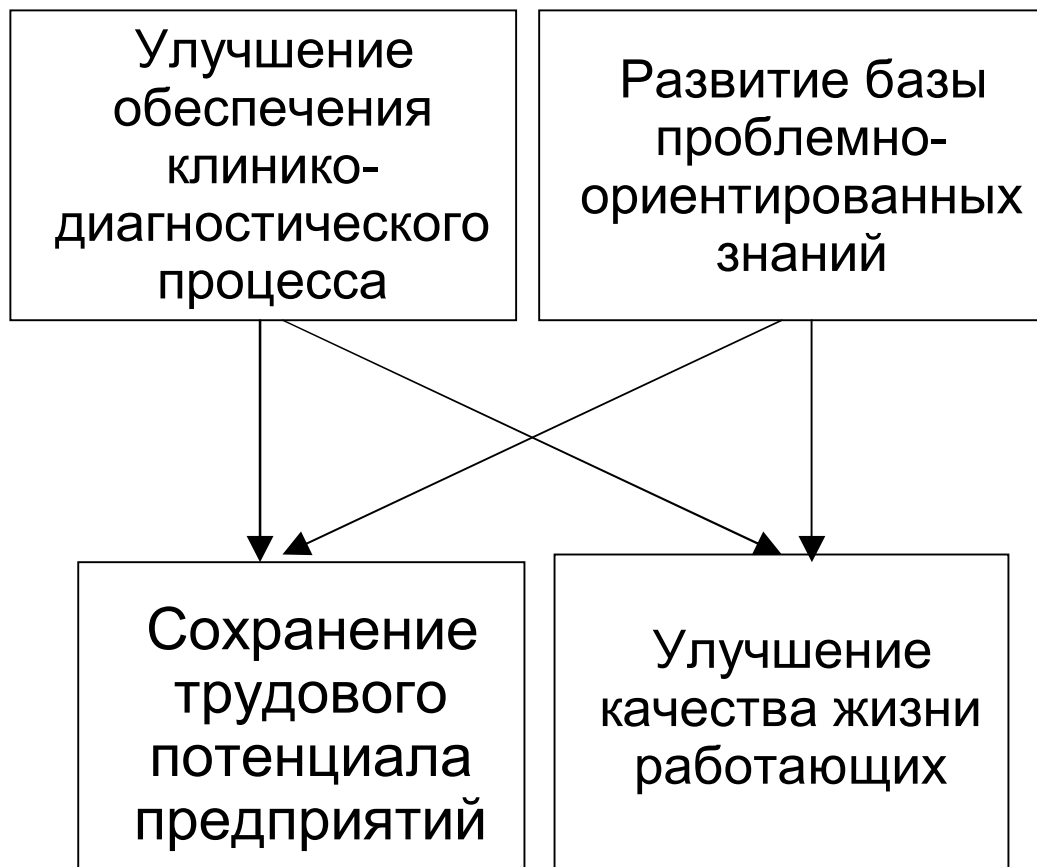
Технология поддержки принятия решения



Цели:



Задачи:



1. Организация единого информационного пространства обработки клиничко-диагностических и гигиенических данных;
2. Обеспечение диагностов-профпатологов инструментом интеллектуальной поддержки принятия решения



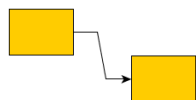
## Концептуальные требования к технологии

1. Регулируемая интеграция в существующую EHS-инфраструктуру\* и единое информационное пространство профпатологической клиники;
2. Спиральный жизненный цикл с прототипированием артефактов;
3. Представление интеллектуального сервиса поддержки диагностики в форме экспертной системы, размещаемой в единой среде обмена и хранения данных;
4. Разграничение прав доступа пользователей к функциям и данным, защита персональных данных обследуемых;

Разработанная на основе этих требований системная концепция предусматривает поддержку принятия решений в рамках распределенной информационно-аналитической системы (ИАС).

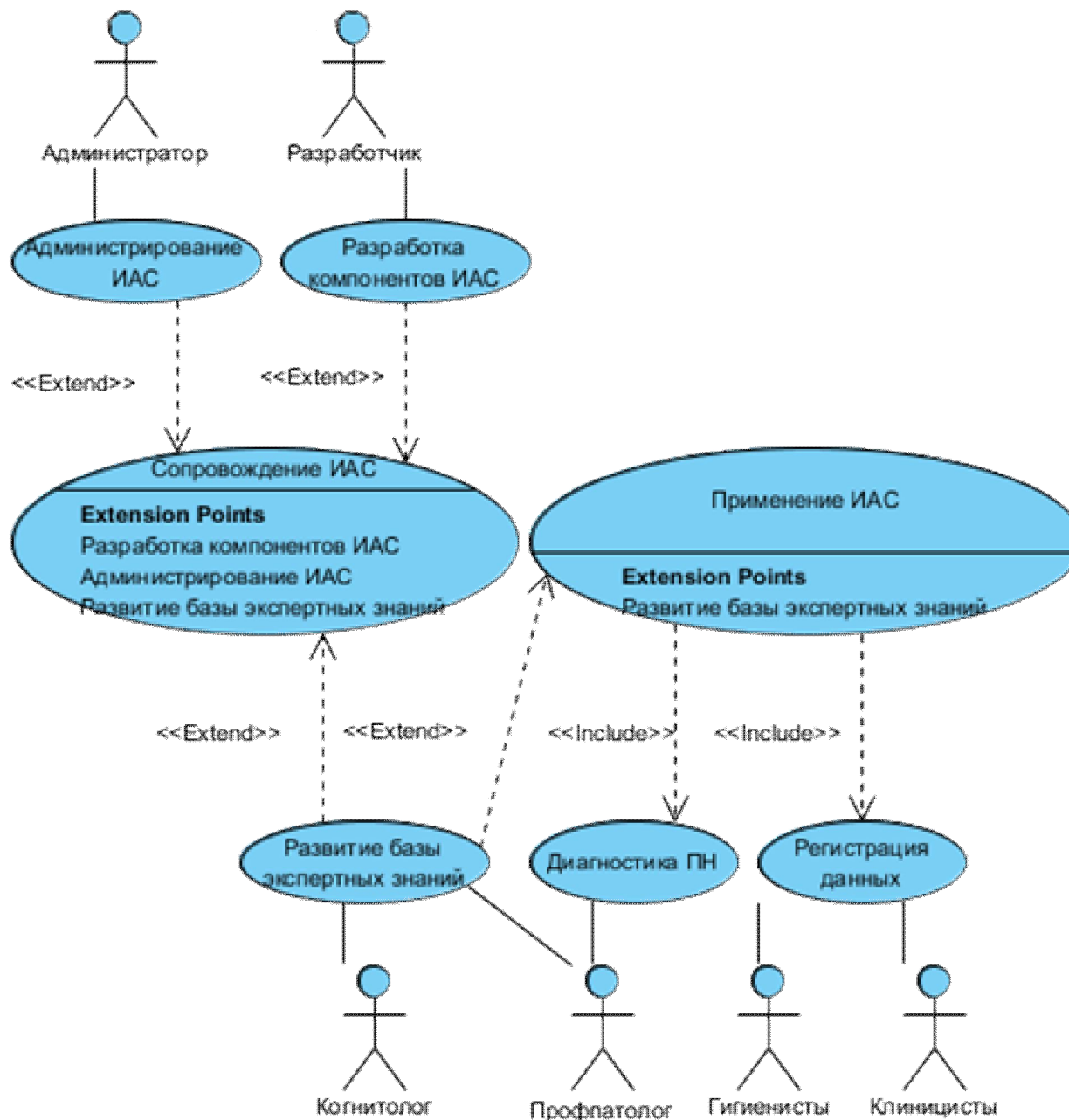
---

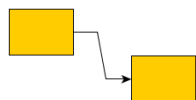
\* EHS – Environment, Health and Safety – комплекс систем охраны и медицины труда, производственно-гигиенического контроля



# Системная концепция

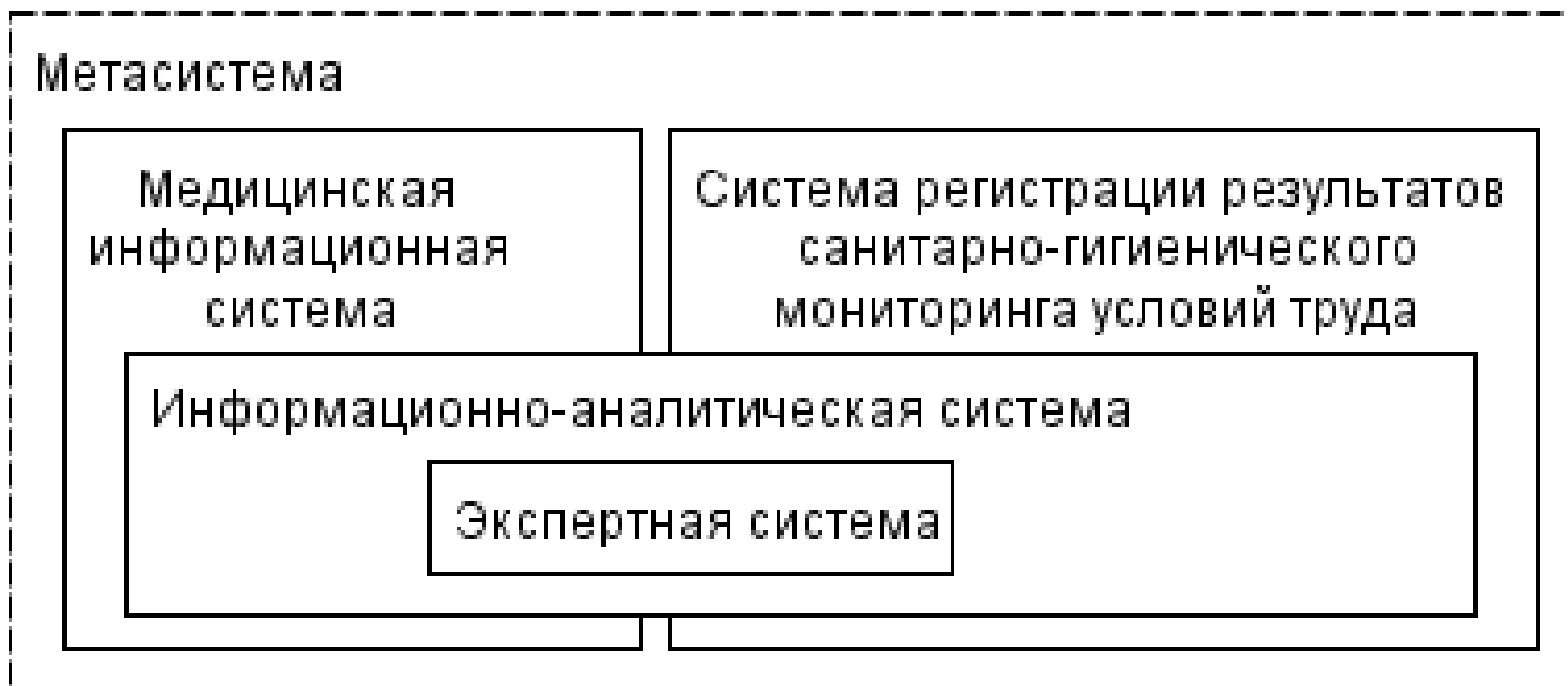
ИАС предоставляет пользователям доступ к приложениям регистрации данных и экспертной системе «ONTIS» («Occupational NeuroinToxications Identification System»).

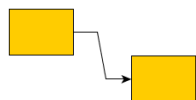




## Системная концепция

Общий принцип интеграции ИАС:

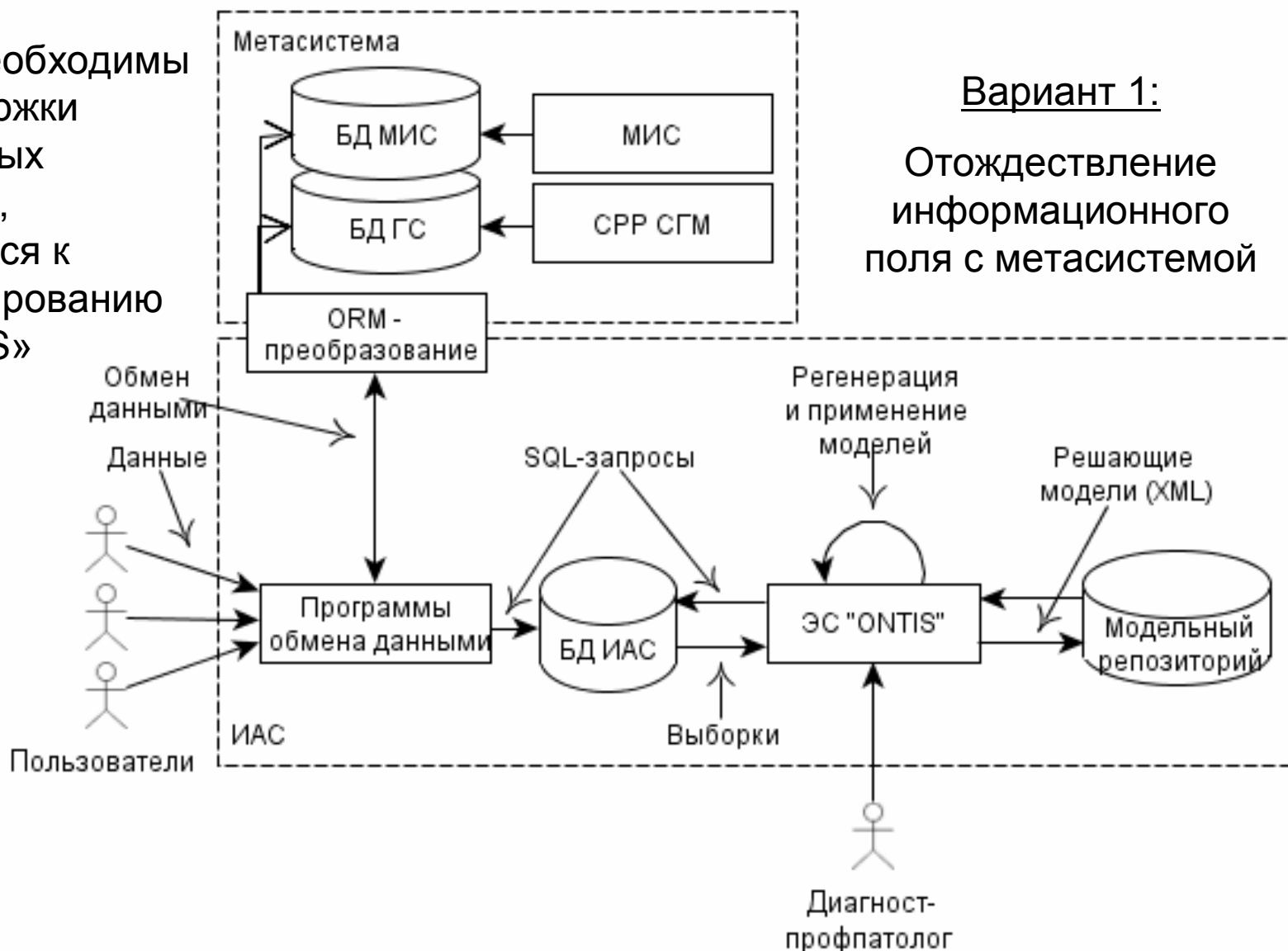




# Системная концепция

Конфигурируемость интеграции ИАС показана в двух предельных вариантах

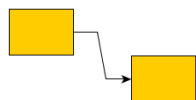
БД ИАС необходимы для поддержки специальных сущностей, относящихся к функционированию ЭС «ONTIS»



## Вариант 1:

Отождествление информационного поля с метасистемой



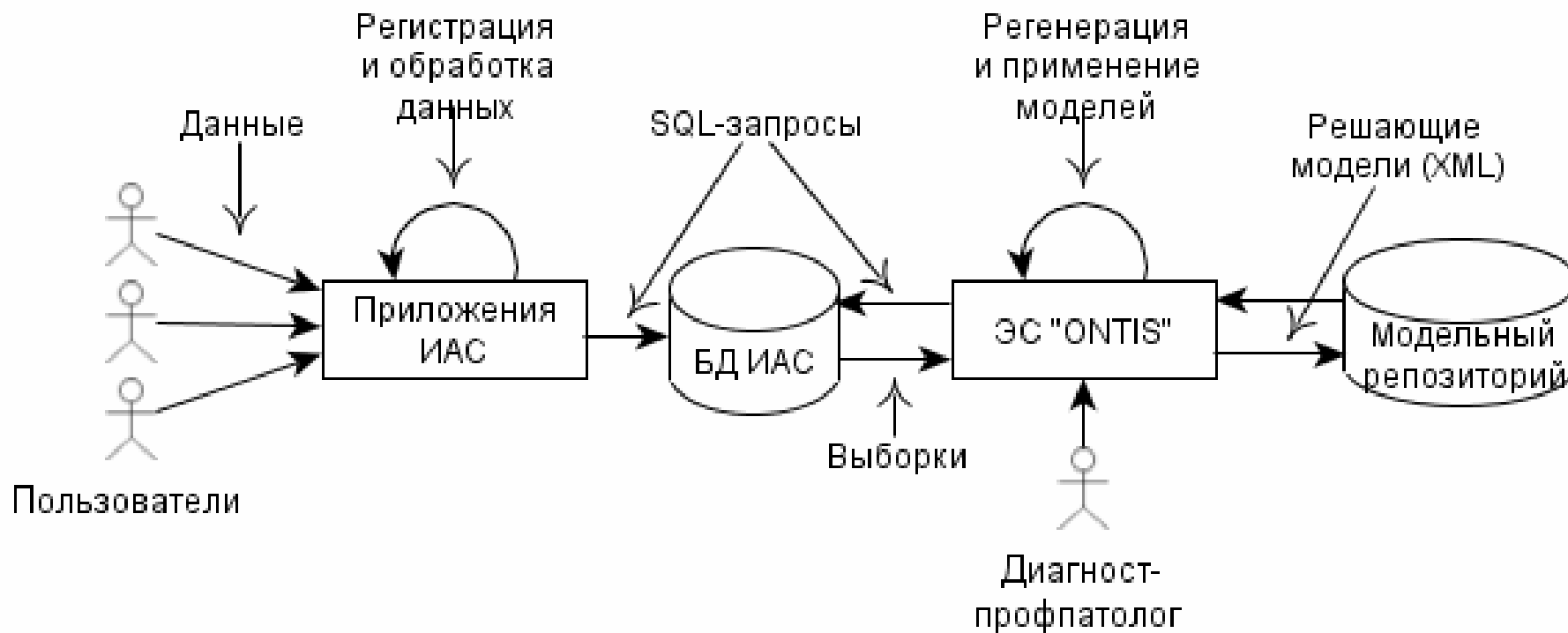


# Системная концепция

Конфигурируемость интеграции ИАС показана в двух предельных вариантах

## Вариант 2:

Полная реализация обмена и хранения данных внутренними средствами ИАС



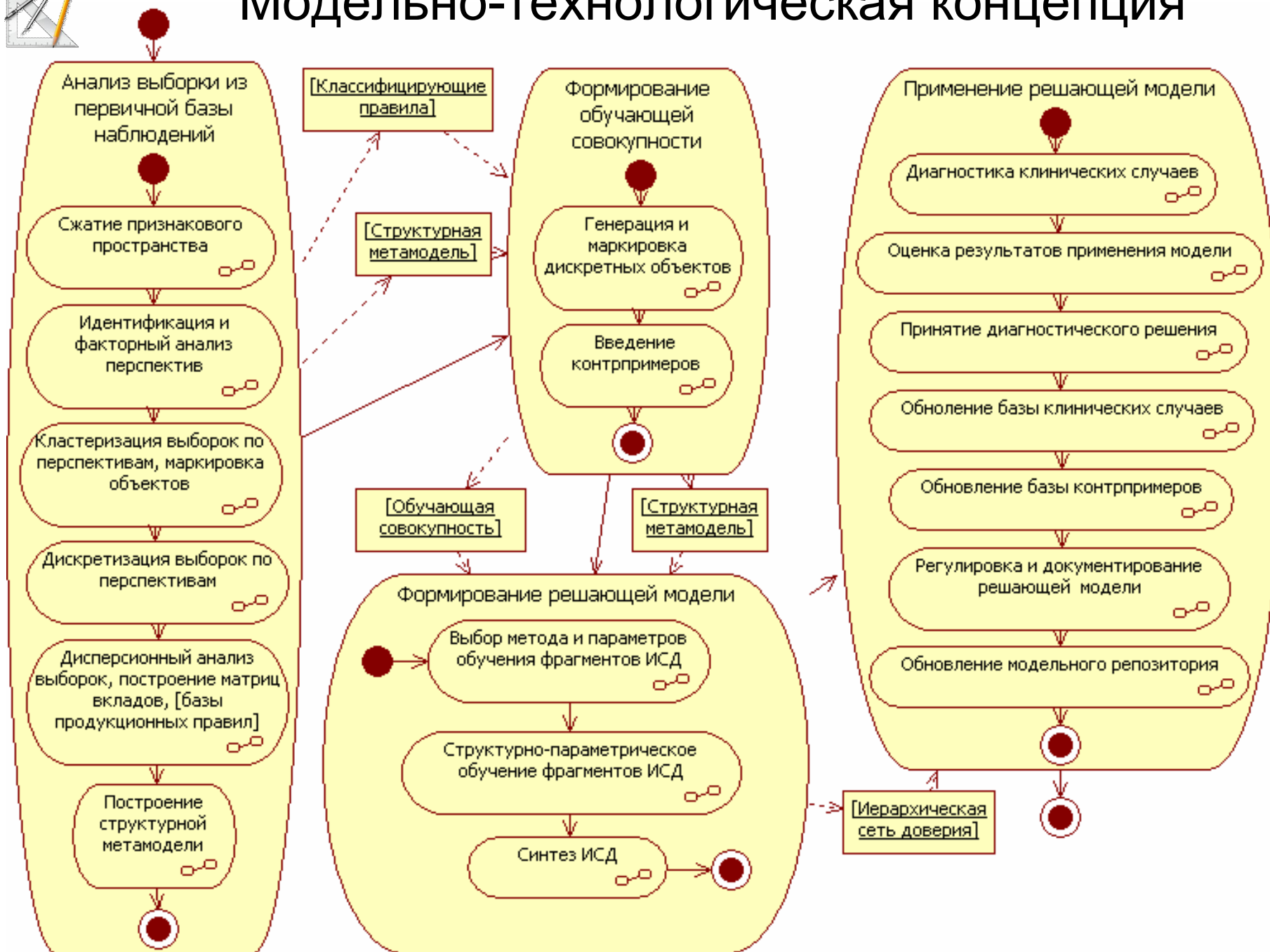


# Требования к модели экспертной системы

1. Апробированные и зарекомендованные практикой модели и алгоритмы в основе математического обеспечения;
2. Прозрачность модельной структуры, естественная интерпретируемость вырабатываемых рекомендаций;
3. Накопление и уточнение опыта в процессе практического использования;
4. Обеспечение возможностей анализа наблюдений в динамике, и обнаружения новых диагностических аспектов;

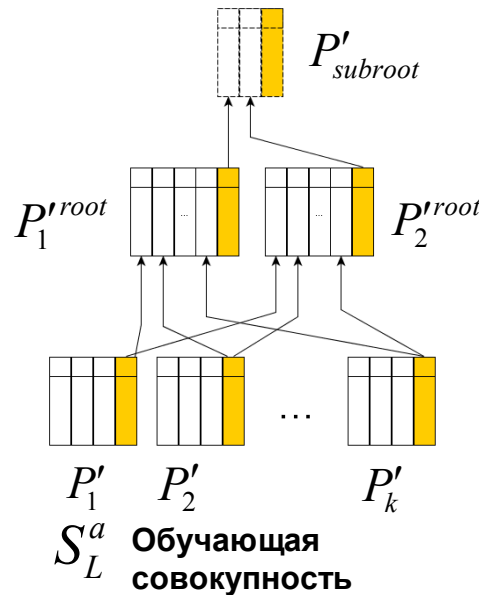


# Модельно-технологическая концепция





# Модельно-технологическая концепция



$$N(P'_i) = \begin{cases} \tilde{A}_{g(i)}^{M-M'}, g(i) = const & \text{M - количество проанализированных признаков, - M' двухпризнаковых сочетаний} \\ \prod_{j=1}^{M-M'} g(i, j), g(i, j) \neq const & g(i, j) - \text{число градаций фактора j в перспективе i} \end{cases}$$

$$N(S_L^a) = \sum_{i=1}^K N(P'_i) + \sum_{i1=1}^{K1} N(P_{i1}^{root}) + N(P'_{subroot})$$

*K и K1 – кол-во перспектив 1 и 2 уровней.*

**Маркировочная модель:**

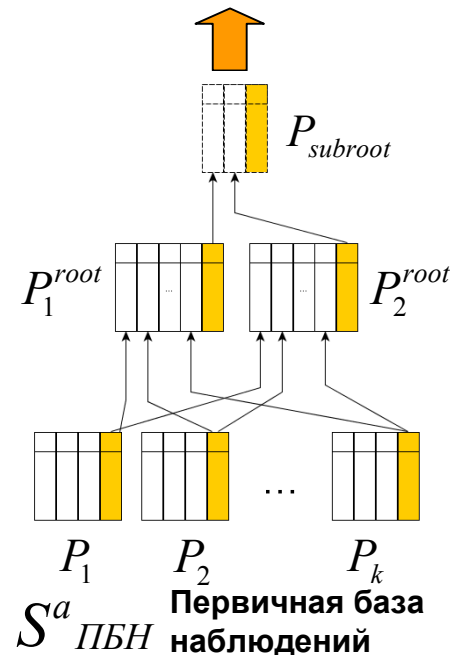
$$C = (c_{i,j})_{i=1,j=1}^{n,M-M'} = \{0..n\}, n = \max(g(i, j))$$

$\eta_j^2$  – сила влияния фактора j на результат

$$C' \supset (c'_{i,j})_{i=1,j=1}^{n,m=M-M'} ; c'_{i,j} = c_{i,j} \cdot \eta_j^2,$$

$$\zeta_i = \sum_{j=1}^{M-M'} c'(subseq(b_i, j), j)$$

“subseq” - функция адресации к оценке градации j объекта  $b_i$



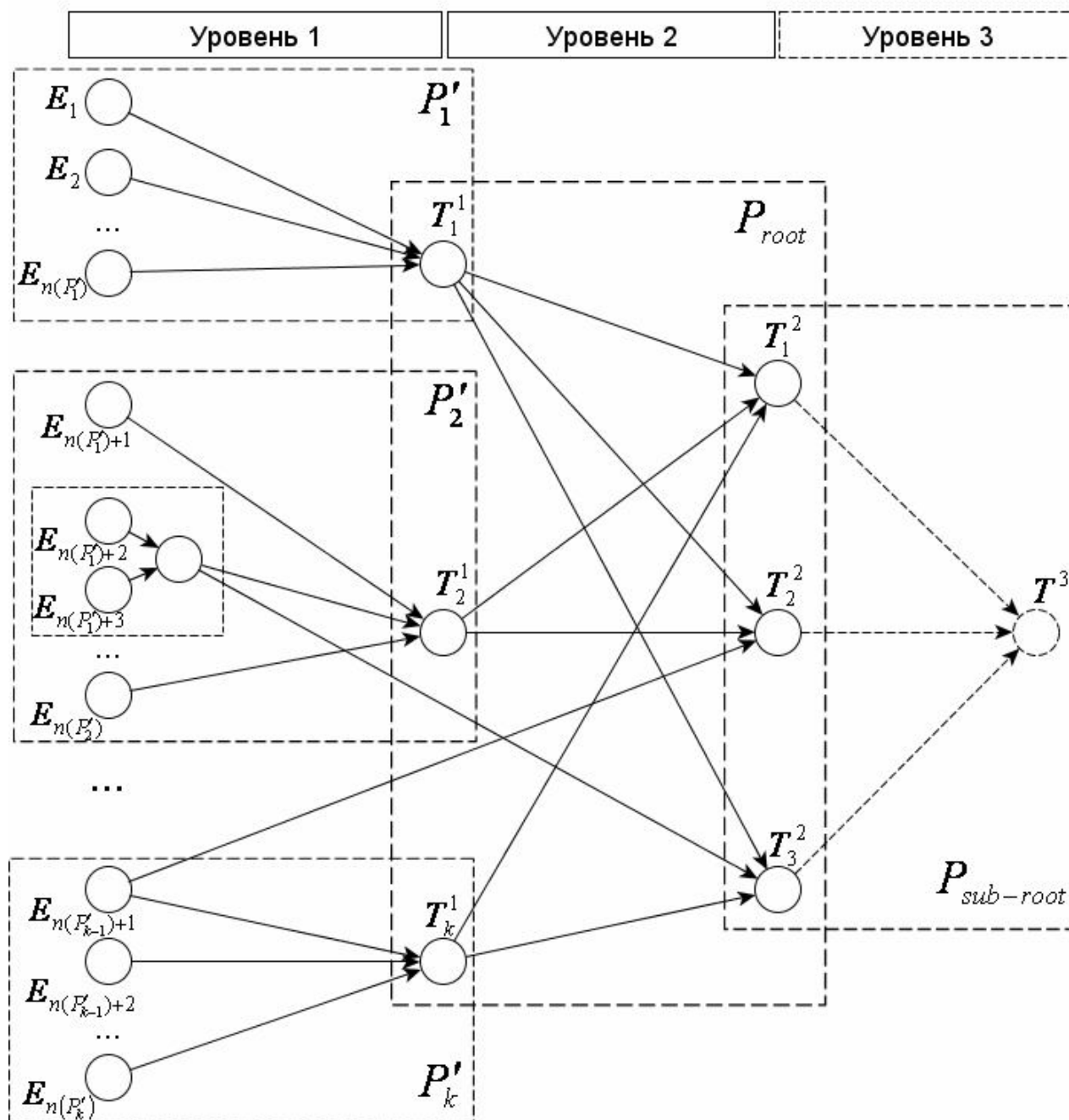
Маркировка объектов завершается сопоставлением  $\zeta$  на классификационной шкале, интервалы которой могут быть неравномерными, определяются в соответствии с выбранным критерием информативности.



# Модельно-технологическая концепция

Решающая модель ЭС –  
иерархическая сеть  
доверия Байеса

1 уровень составляют классификаторы, обученные для диагностики в отдельных исследовательских областях. Уровень 2 охватывает «корневые» перспективы и реализует набор целевых диагностических аспектов, которые могут быть сопоставлены в рамках классификатора 3 уровня.

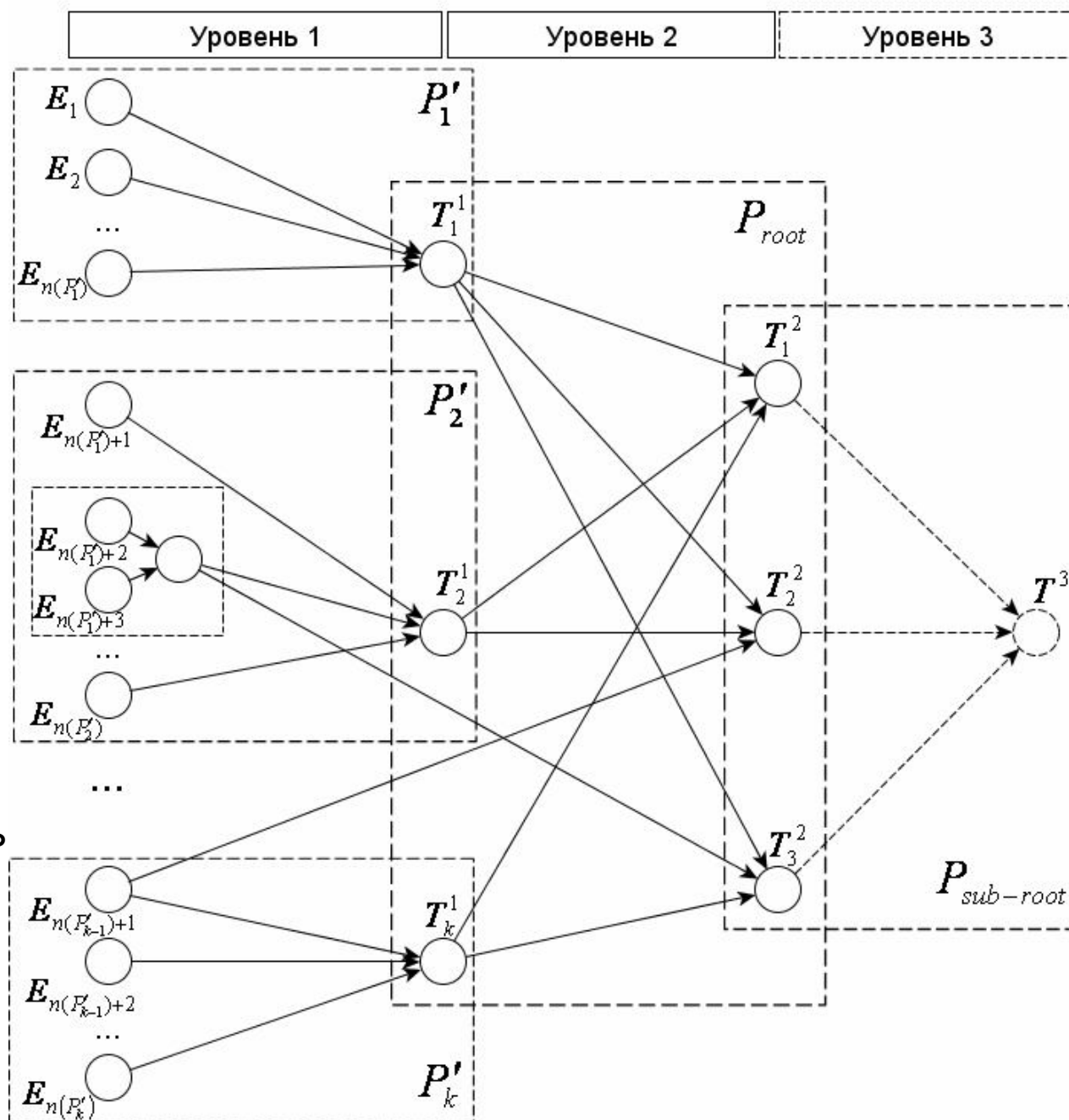




# Модельно-технологическая концепция

Решающая модель ЭС –  
иерархическая сеть  
доверия Байеса

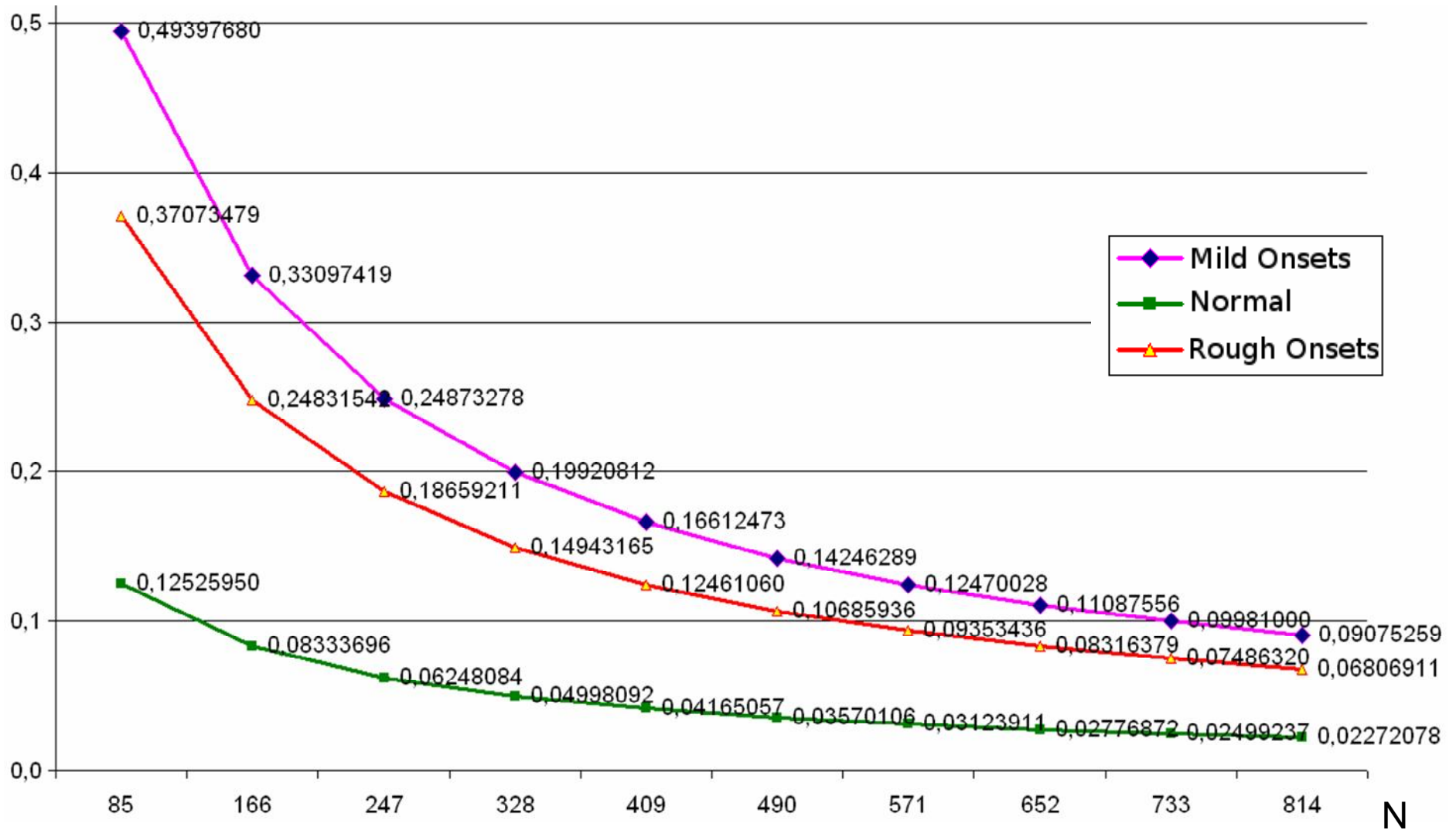
Обучение фрагментов выполнялось на основе «жадного» алгоритма (Greedy Thick Thinning, GTT) с применением равномерной эквивалентной метрики Байеса-Дирихле (BDeu), с предопределением структуры. Значение эквивалентного размера выборки (Equivalent Sample Size) выбиралось равным, либо с единым коэффициентом кратности реальному размеру для всех перспектив.





# Модельно-технологическая концепция

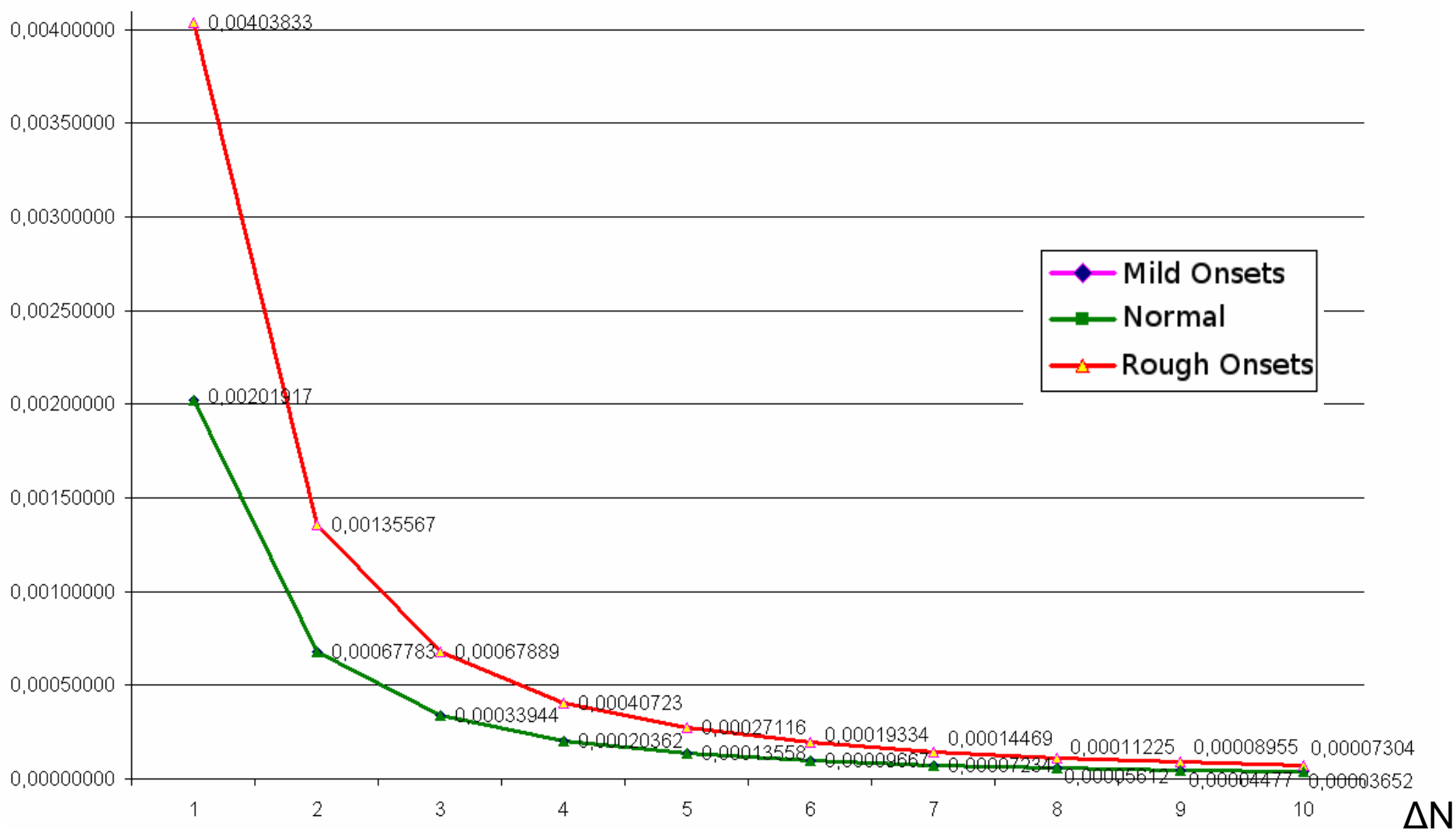
CP (Conditional Probability)





# Модельно-технологическая концепция

CP (Conditional Probability)

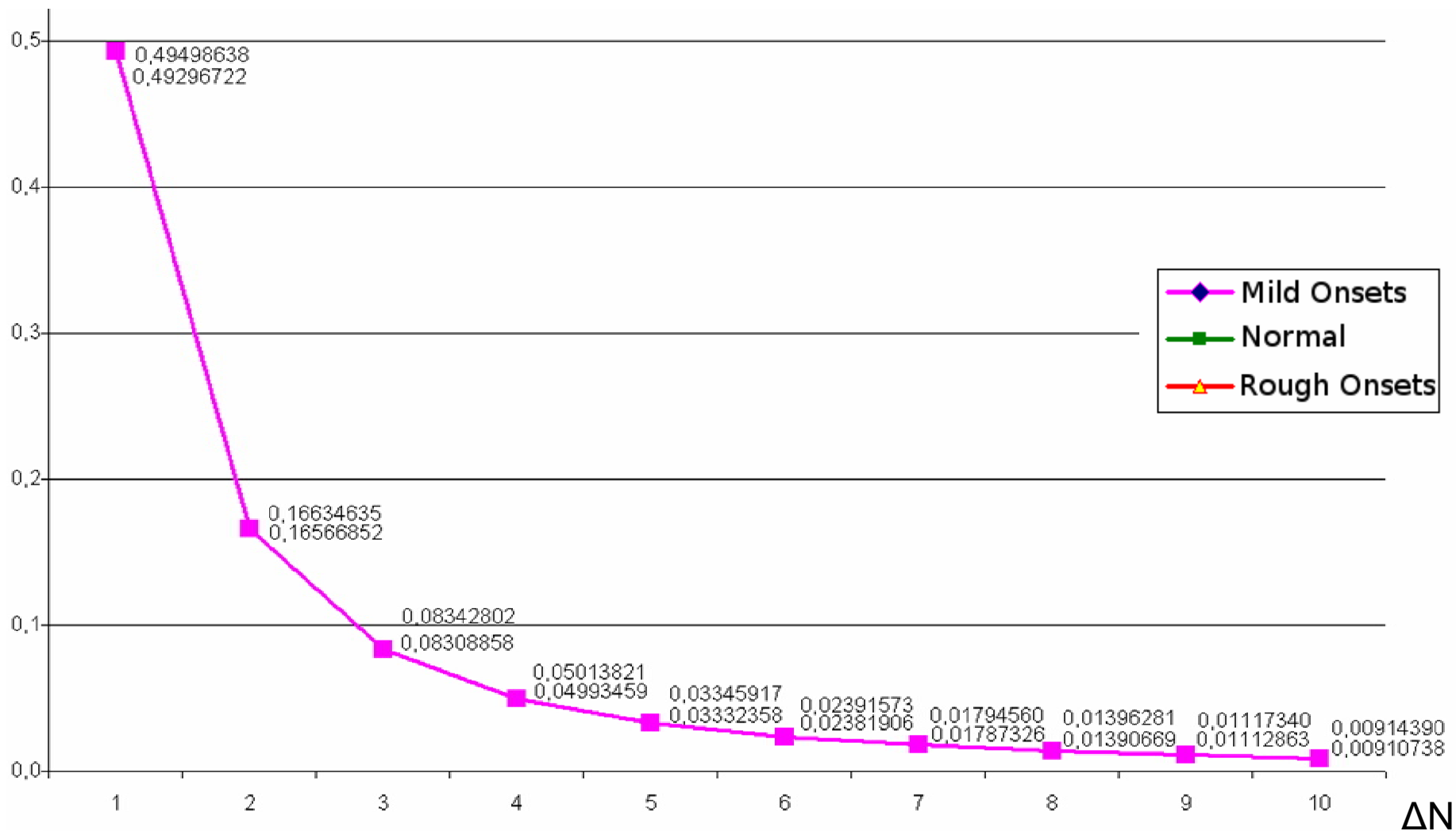






# Модельно-технологическая концепция

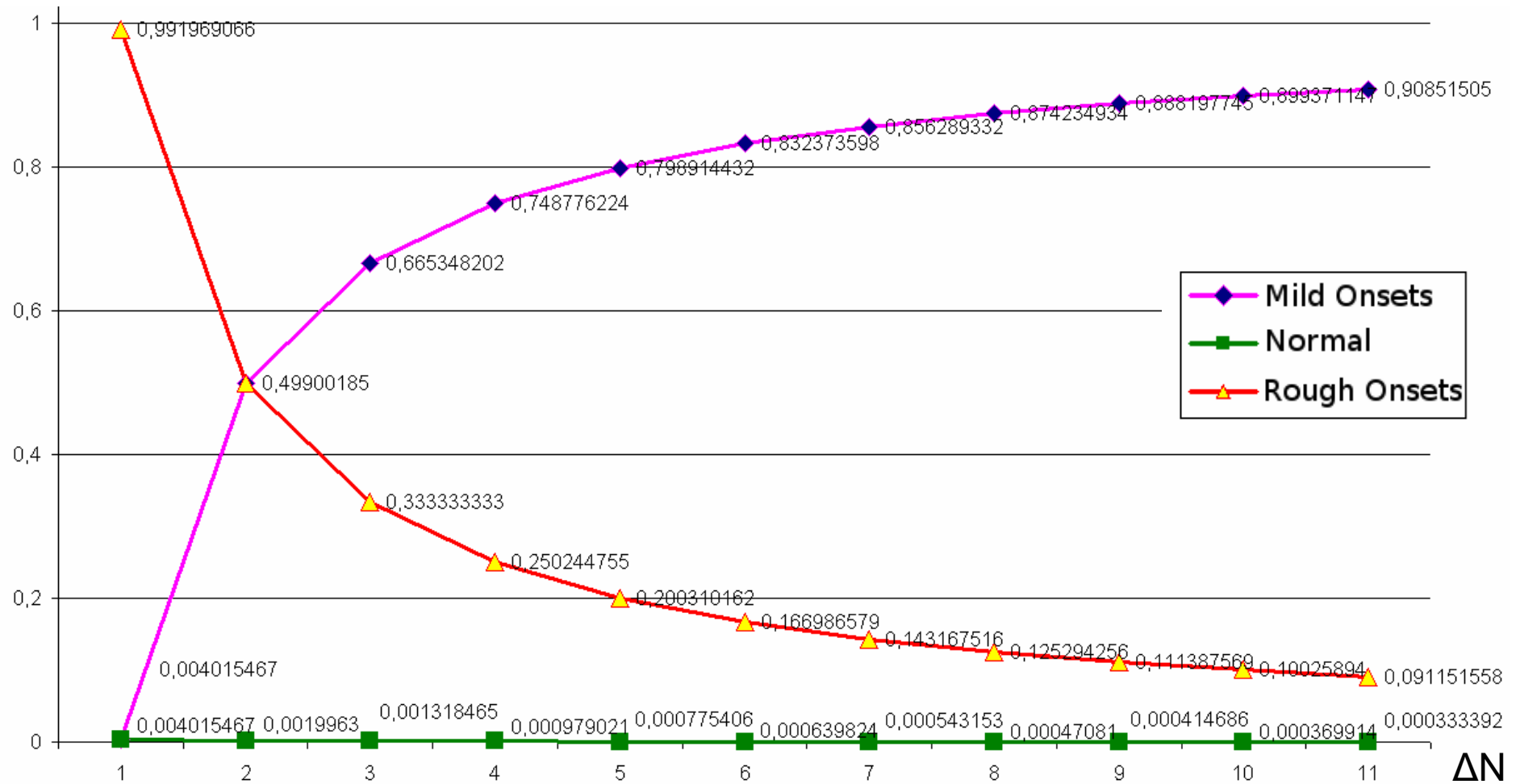
CP (Conditional Probability)





# Модельно-технологическая концепция

CP (Conditional Probability)





# Требования к реализации технологии

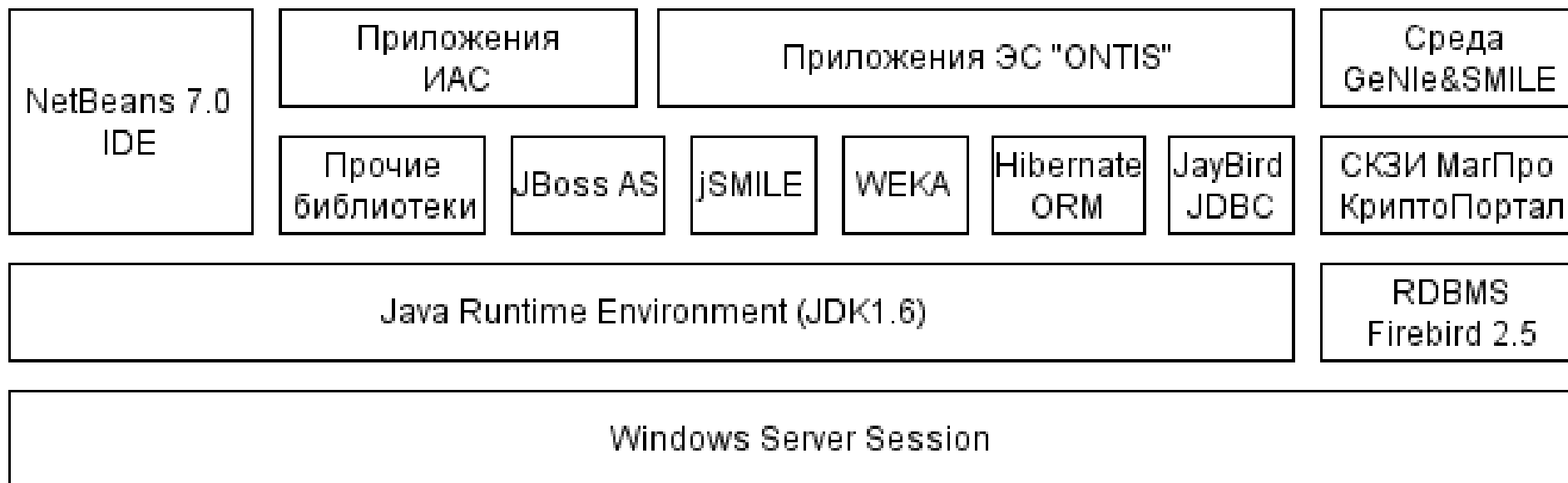
1. Единая стандартная программно-технологическая основа;
2. Вовлечение актуальных и перспективных технологий и подходов;
3. Распределенная архитектура, совместимая с принципами SOA\*;
4. Комплексование базовых программных средств;
5. Обеспечение минимальной стоимости владения лицензиями базовых программных средств;
6. Кросс-платформенность программной системы.

---

\* SOA – Service-oriented architecture – сервис-ориентированная архитектура



# Реализационный подход



\* Все приведенные на слайде логотипы принадлежат их уважаемым владельцам

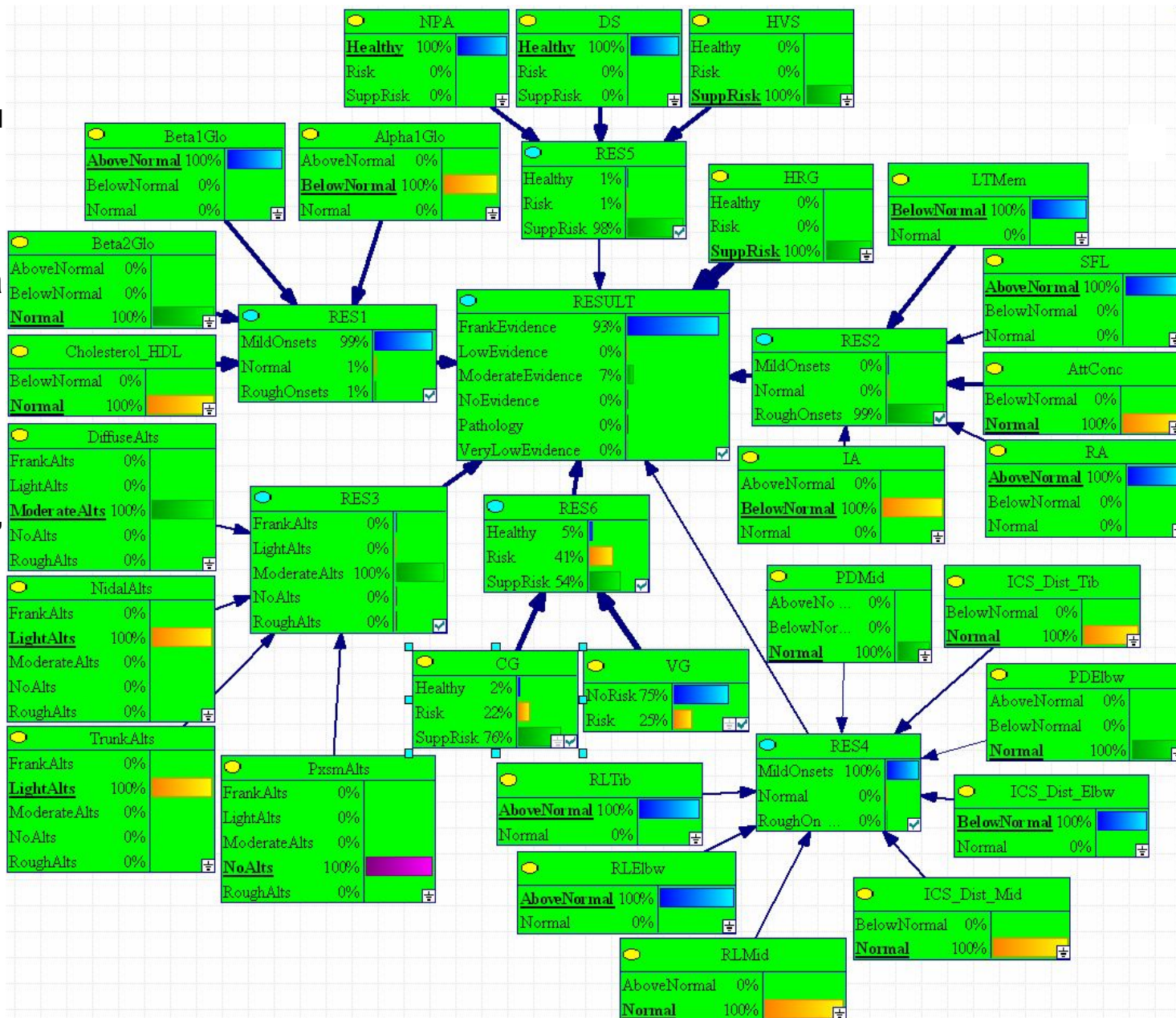


# Реализационный подход

Подход апробирован на модели диагностики ртутного нейротоксикоза.

ИСД синтезирована из фрагментов, оценивающих показатели биохимии, психологии, электрофизиологии, патологии, профессионального риска.

Созданная модель позволяет сделать выводы о степени выраженности заболевания.





# Реализационный подход

Testing diagnosis - Exp6.xscl

Case library Case: Здоровый 3.3 Save... Entropy/cost ratio: 1 Max: 10

Ranked Targets	Probability
RES4:Normal	0.999
RES3:NoAlts	0.999
RES2:Normal	0.994
RES1:Normal	0.988
RES5:Healthy	0.977
RES6:Healthy	0.918
<b>RESULT:NoEvidence</b>	<b>0.879</b>
RESULT:VeryLowEvidence	0.120
RES6:SuppRisk	0.041
RES6:Risk	0.041
RES5:Risk	0.011
RES5:SuppRisk	0.011
RES1:MildOnsets	0.006
RES1:RoughOnsets	0.006

Ranked O...	Diagnostic Value
-------------	------------------

Other observations

<b>RESULT:NoEvidence</b>	<b>0.879</b>
--------------------------	--------------

Evidence	State
Alpha1Glo	Normal
AttConc	Normal
Beta1Glo	Normal
Beta2Glo	Normal
CG	Healthy
Cholesterol_...	Normal
DS	Healthy
DiffuseAlts	NoAlts
HRG	Healthy
HVS	Healthy
IA	Normal
ICS_Dist_EI...	Normal
ICS_Dist_Mid	Normal
ICS_Dist_Tib	Normal
LTMem	Normal
NPA	Healthy
NidalAlts	NoAlts
PDElbw	Normal
PDMid	Normal
PxsmAlts	NoAlts
RA	Normal
RLElbw	Normal
RLMid	Normal
RLTib	Normal
SFL	Normal
TrunkAlts	NoAlts
VG	NoRisk

Update Options Restart Decimals: 3 Close



# Реализационный подход

Testing diagnosis - Exp6.xscl

Case library Case: Рискосанный Р.Р. Save... Entropy/cost ratio: 1 Max: 10

Ranked Targets	Probability
RES4:Normal	0.999
RES3:NoAlts	0.999
RES2:Normal	0.994
RES1:Normal	0.988
RES5:Healthy	0.977
RES6:Healthy	0.918
<b>RESULT:LowEvidence</b>	<b>0.879</b>
RESULT:ModerateEvidence	0.120
RES6:Risk	0.041
RES6:SuppRisk	0.041
RES5:Risk	0.011
RES5:SuppRisk	0.011
RES1:MildOnsets	0.006
RES1:RoughOnsets	0.006

Other observations

Evidence	State
Alpha1Glo	Normal
AttConc	Normal
Beta1Glo	Normal
Beta2Glo	Normal
CG	Healthy
Cholesterol_HDL	Normal
DS	Healthy
DiffuseAlts	NoAlts
<b>HRG</b>	<b>Risk</b>
HVS	Healthy
IA	Normal
ICS_Dist_Elbw	Normal
ICS_Dist_Mid	Normal
ICS_Dist_Tib	Normal
LTMem	Normal
NPA	Healthy
NidalAlts	NoAlts
PDElbw	Normal
PDMid	Normal
PxsmAlts	NoAlts
RA	Normal
RLElbw	Normal
RLMid	Normal
RLTib	Normal
SFL	Normal
TrunkAlts	NoAlts
VG	NoRisk

Update Options Restart Decimals: 3 Close



# Реализационный подход

Testing diagnosis - Exp6.xscl

Case library Case: Биохимический Б.Х. Save... Entropy/cost ratio: 1 Max: 10

Ranked Targets	Probability
RES4:Normal	0.999
RES3:NoAlts	0.999
RES2:Normal	0.994
RES1:RoughOnsets	0.988
RES5:Healthy	0.977
<b>RESULT:ModerateEvidence</b>	<b>0.949</b>
RES6:Healthy	0.918
RESULT:FrankEvidence	0.045
RES6:Risk	0.041
RES6:SuppRisk	0.041
RES5:Risk	0.011
RES5:SuppRisk	0.011
RES1:Normal	0.006
RES1:MildOnsets	0.006

Other observations

**RESULT:ModerateEvidence 0.949**

Evidence	State
Alpha1Glo	BelowNormal
AttConc	Normal
Beta1Glo	AboveNormal
Beta2Glo	Normal
CG	Healthy
Cholesterol_HDL	BelowNormal
DS	Healthy
DiffuseAlts	NoAlts
HRG	Risk
HVS	Healthy
IA	Normal
ICS_Dist_Elbw	Normal
ICS_Dist_Mid	Normal
ICS_Dist_Tib	Normal
LTMem	Normal
NPA	Healthy
NidalAlts	NoAlts
PDElbw	Normal
PDMid	Normal
PxsmAlts	NoAlts
RA	Normal
RLElbw	Normal
RLMid	Normal
RLTib	Normal
SFL	Normal
TrunkAlts	NoAlts
VG	NoRisk

Update Options Restart Decimals: 3 Close





# Реализационный подход

Testing diagnosis - Exp6.xscl

Case library Case: Save... Entropy/cost ratio: 1 Max: 10

Ranked Targets	Probability
RES4:Normal	0.999
RES3:FrankAlts	0.999
RES2:RoughOnsets	0.994
RES1:Normal	0.988
RES5:SuppRisk	0.977
<b>RESULT: ModerateEvidence</b>	<b>0.977</b>
RES6:Risk	0.918
RES6:Healthy	0.041
RES6:SuppRisk	0.041
RESULT:FrankEvidence	0.023
RES5:Healthy	0.011
RES5:Risk	0.011
RES1:RoughOnsets	0.006
RES1:MildOnsets	0.006
RES2:Normal	0.003
RES2:MildOnsets	0.003
RES4:RoughOnsets	< 0.001
RES4:MildOnsets	> 0.001

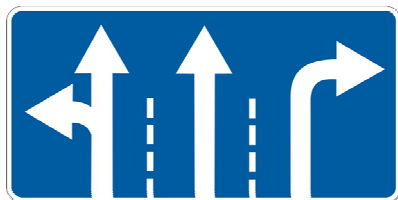
Diagnostic Value

Other observations

Evidence	State
Скрининговый блок	Blue
Соматический блок	Blue
Производственный гигиенический риск	Blue
Электронейромиография (ЭНМГ)	Magenta
Электронцефалография (ЭЭГ)	Blue
Психологический блок	Cyan
Биохимический блок	Magenta

RESULT: ModerateEvidence 0.977

Update Options Restart Decimals: 3 Close



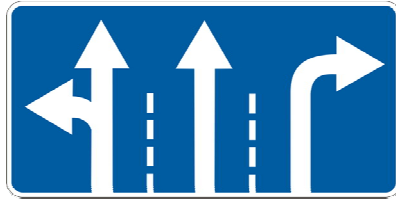
# Заключение

**Достоинства** предложенного подхода:

- комплексная информационная поддержка идентификации ПН;
- сквозная модельная прозрачность ЭС;
- наглядность, интерпретируемость и комментируемость выработки рекомендаций;
- способность к приобретению нового опыта,
- управление банком решающих моделей,
- отсутствие расходов на приобретение лицензий базовых программных средств и открытый исходных код существенной их части.

**Ограничения** подхода:

- существенная зависимость качества исходной решающей модели и трудоемкости процесса ее выработки от информационных свойств первичной базы наблюдений
- сравнительно большой объем вычислений при генерации и использовании решающих моделей.



# Заключение

## Основные направления дальнейшей работы:

- оценка применимости подхода к решению других задач профпатологической диагностики
- оценка значимости подходов к расширению формализма БСД элементами диаграмм влияния (influence diagrams)
- формулирование и реализация баз классификационных правил декларативного компонента;
- оценка применимости альтернативных интерфейсов языка PROLOG на платформе Java2;
- создание дополнительных приложений анализа и добычи данных для извлечения новых знаний об особенностях патогенеза ПН;
- выработка подходов к автоматизированному планированию развития системы.



# Благодарности

Автор выражает благодарность:

Научному руководителю Дьякович Марине Пинхасовне, ведущему научному сотруднику НИИ медицины труда и экологии человека СО РАМН, д.б.н., профессору

Научному руководителю Бахвалову Сергею Владимировичу, зам. зав. кафедрой автоматизированных систем Национального исследовательского Иркутского Государственного Технического Университета, к.т.н., доценту

Сотрудникам Клиники НИИ медицины труда и экологии человека, оказывающим автору помощь в исследовании

РГНФ, при поддержке которого выполняется данное исследование (проект № 10-06-12121в)



Спасибо за внимание!