

Модели взаимозависимости систем для риск-информированного анализа критичности и стойкости

Кириллов И.А.

НИЦ «Курчатовский институт»





Цель :

информировать промышленность и регулирующие органы об имеющемся **научном заделе по анализу критичности и стойкости** для

- разработки системы нормативных документов
- анализа и проектирования систем

для комплексного обеспечения безопасности объектов высокой ответственности

:

1. «Дилемма регулятора» -

как обеспечить **требуемый уровень безопасности** большого числа опасных производственных объектов при **снижении административных барьеров** ?

2. «Дилемма начальника караула» -

как распределить имеющиеся **ограниченные силы и средства** для **гарантированной защиты** объекта на большой территории ?





Вопросы, на которые сегодня **нет ответа** в рамках действующей нормативно-правовой и методической базы :

1. Какой ключевой фактор может превратить технический инцидент в каскадную (системную) аварию или межсистемную катастрофу ?
2. Почему управление риском не обеспечивает ожидаемого уровня безопасности структурно- и функционально сложных промышленных систем (ОПО 1 и 2 классов) ?
3. Анализ каких дополнительных аспектов функционирования ОПО может повысить уровень их безопасности и защищенности ?





11 сентября 2001 Нью Йорк



11 марта 2011 Фукусима



Социо-технические «системы-систем» –

многоуровневые, взаимозависимые, динамические, ...

Угрозы/опасности -

комбинированные, различной природы,



Недостаточная **стойкость** критически важных элементов **взаимозависимых** систем – ключевой фактор в эскалации катастроф

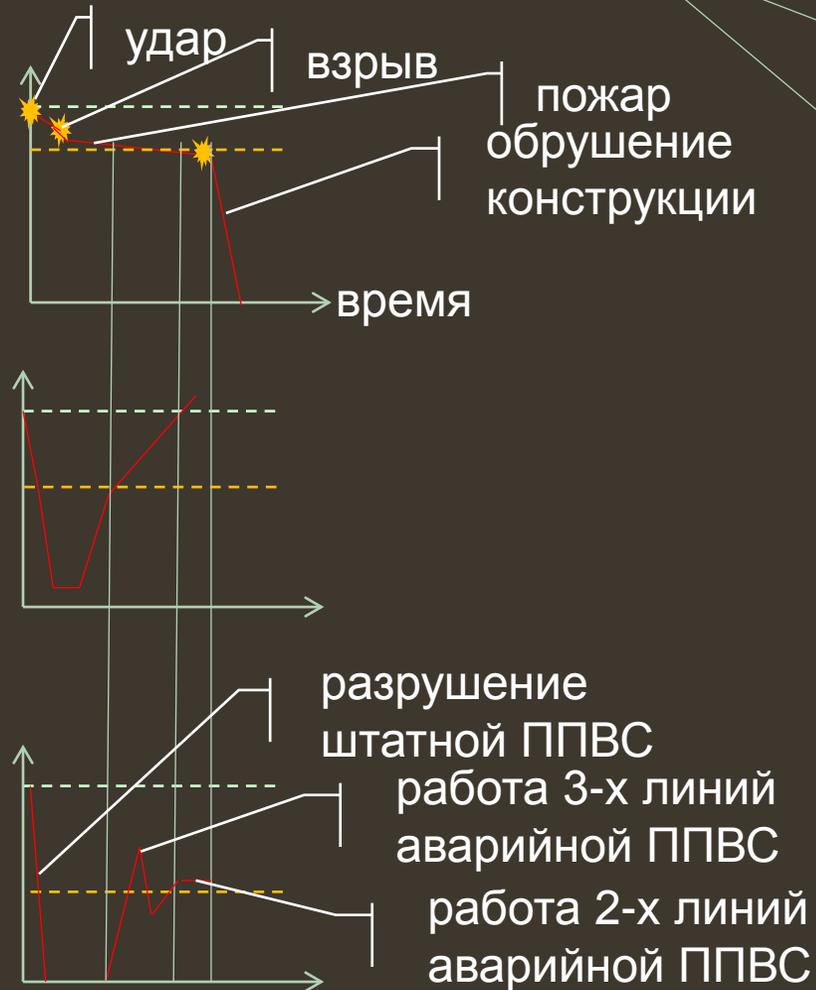


подсистема:

несущая конструкция

осознание ситуации

противопожарное водоснабжение

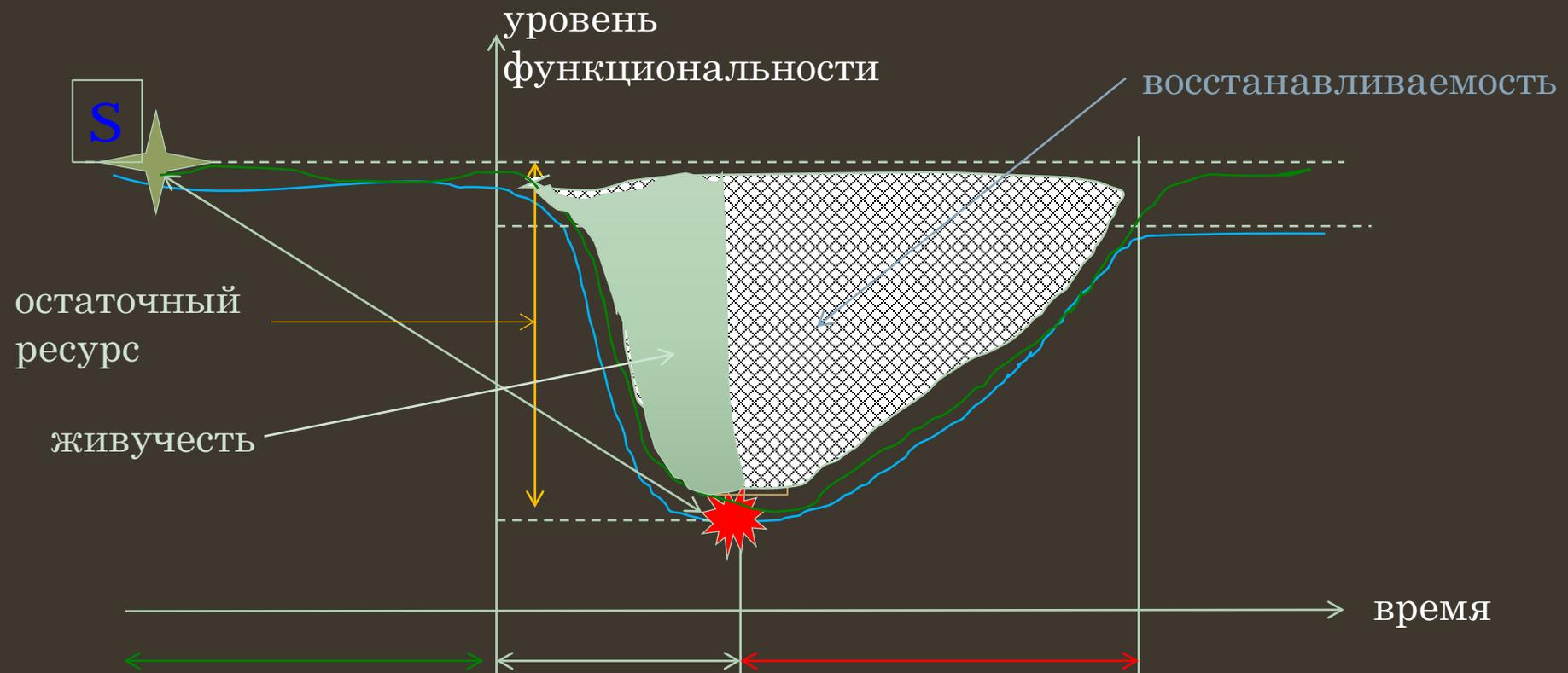


9/11 - недостаточно быстро восстановили требуемую производительность подачи воды для тушения пожара

3/11 - недостаточно быстро восстановили требуемую производительность подачи электроэнергии для системы охлаждения реактора



Взаимосвязь понятий надежность, риск, живучесть, стойкость



штатный режим деградация восстановление

надежность

риск

стойкость = живучесть + восстанавливаемость



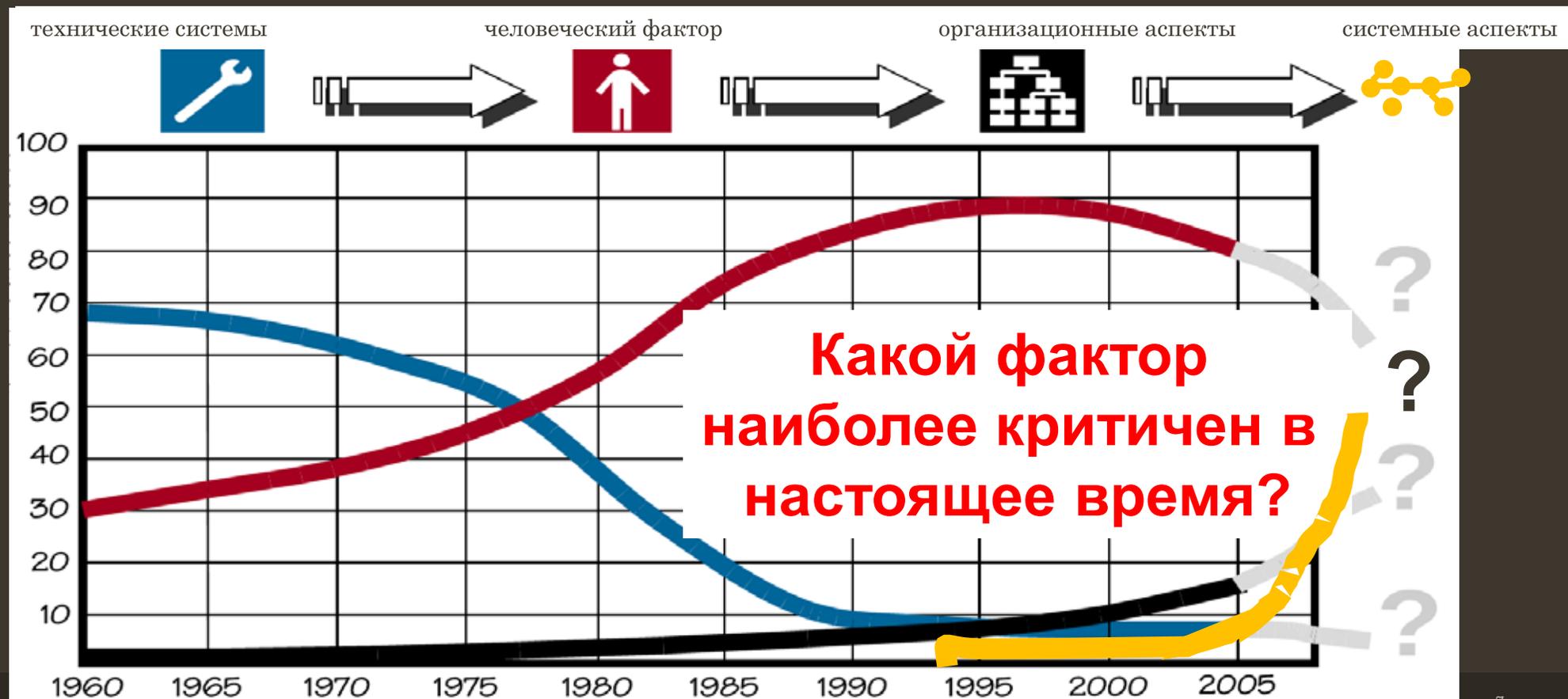
Комплексное обеспечение безопасности: ЭВОЛЮЦИЯ ОСНОВНЫХ **концептуальных подходов**

**I. эмпирические
правила**

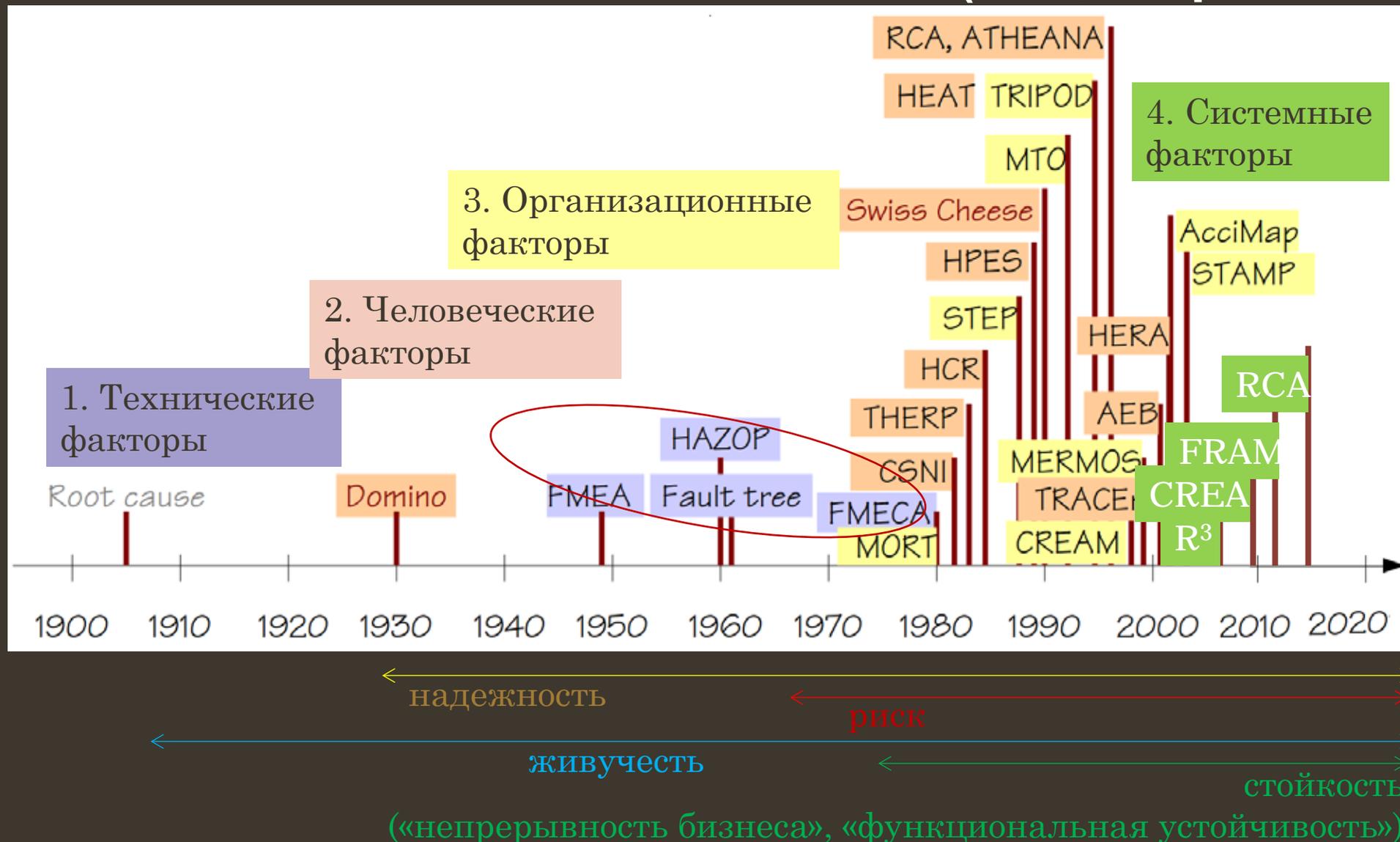
**II. анализ
надежности**

**III. анализ
риска**

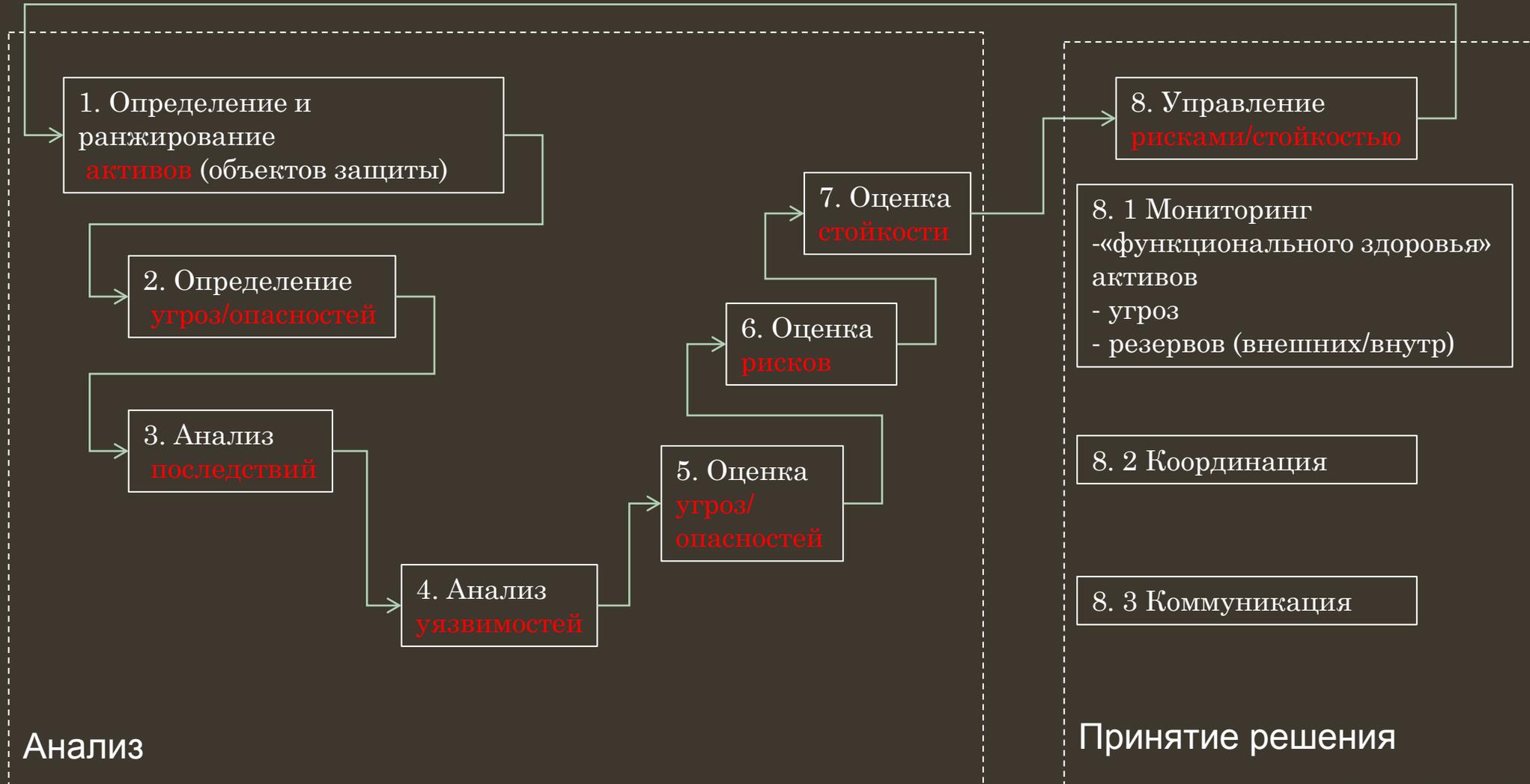
**IV. анализ
стойкости**



Четыре поколения методических инструментов нормативного обеспечения ПБ на ОПО (общемировой опыт)



Жизненный цикл риск-информированного управления стойкостью



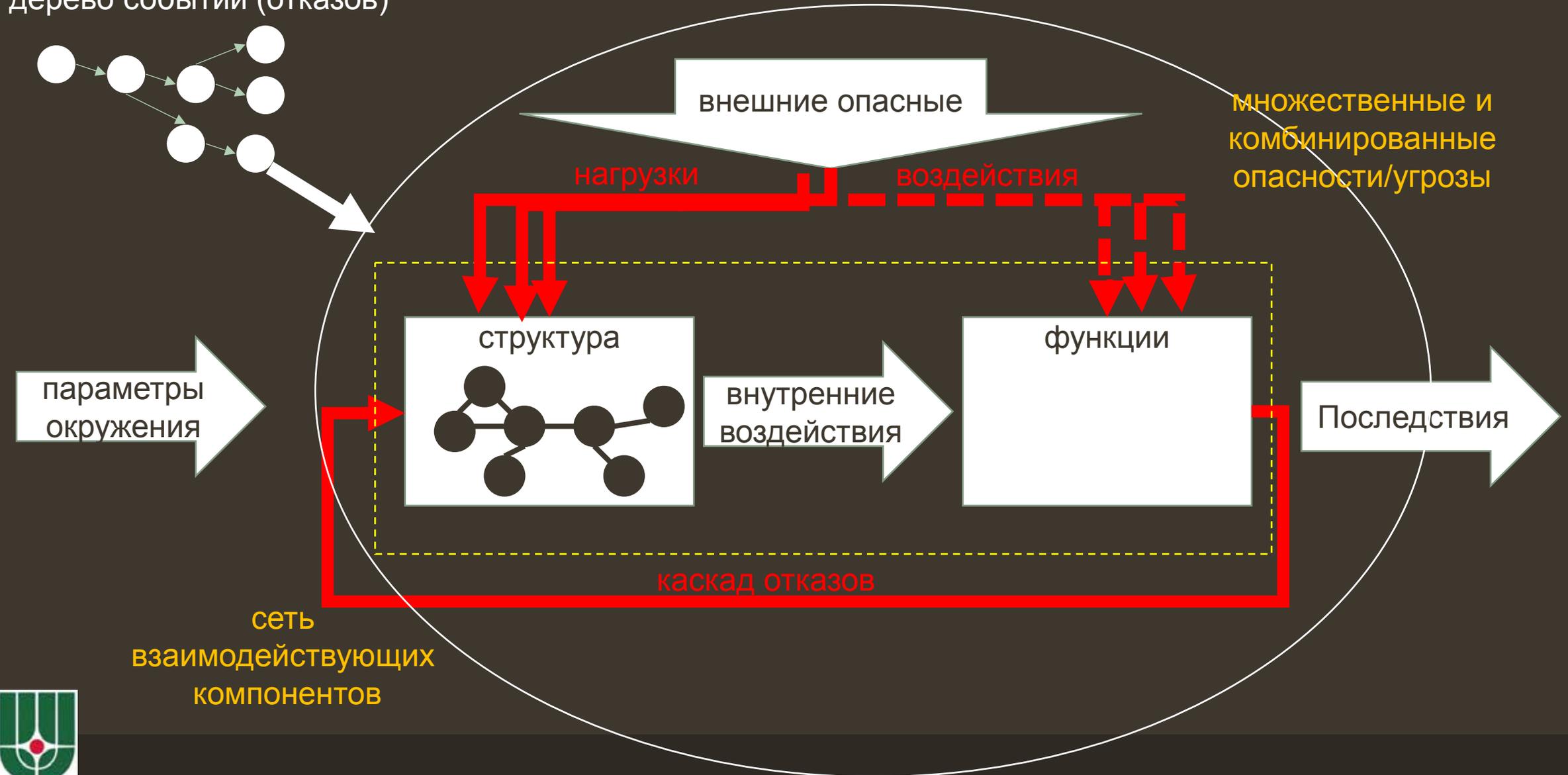
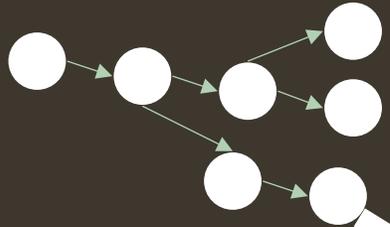
МОДЕЛИ
взаимозависимостей
в «СИСТЕМЕ-СИСТЕМ»

уязвимости
в «СИСТЕМЕ-СИСТЕМ»

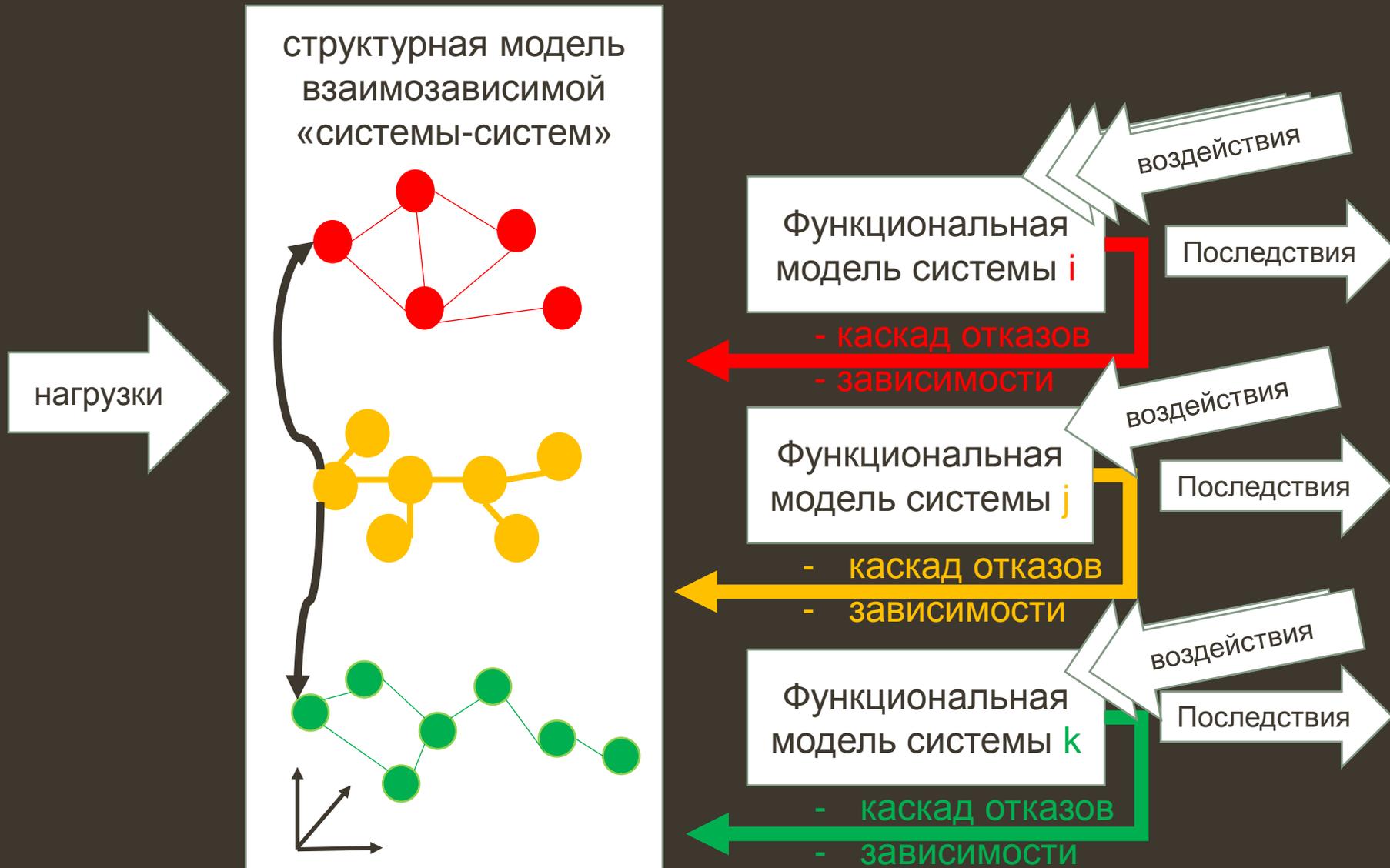
МОДЕЛИ ДИНАМИКИ
развития каскадной аварии

Расширенная модель аварии (катастрофы)

дерево событий (отказов)

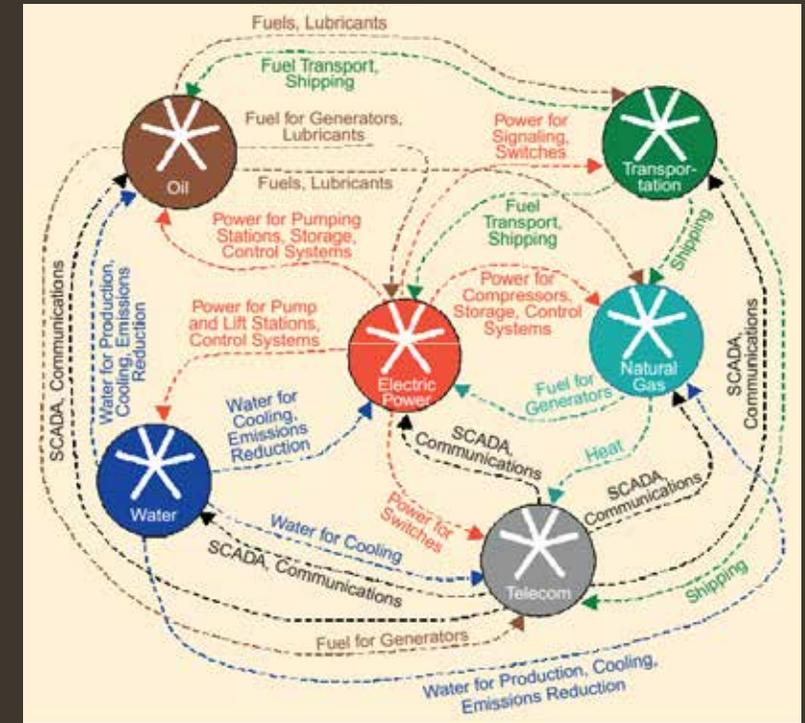


Сетевая модель взаимозависимой «системы-систем»



Основные типы взаимозависимостей

- географическая
- физическая
- информационная (кибер)
- логическая



(Rinaldi 2001)





-

?

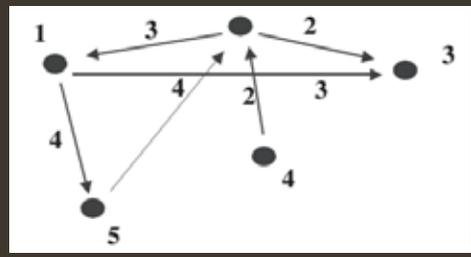
выбор критически важных компонентов с точки зрения –

ценности для производства (основной функции)

ОПО+ поставщики + потребители = направленный взвешенный граф “Р”

матрица уровней функц. взаимозависимостей - IDL_{ij}

0	0	3	0	4
3	0	2	0	0
0	0	0	0	0
0	2	0	0	0
0	4	0	0	0

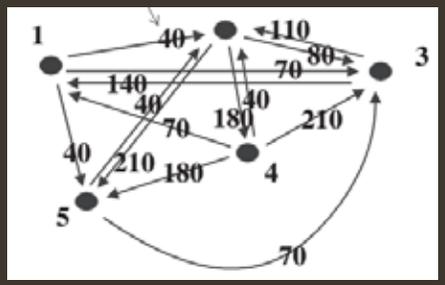


важности для безопасности

технология + системы защиты + эш. безопасности = направленный взвешенный граф «S»

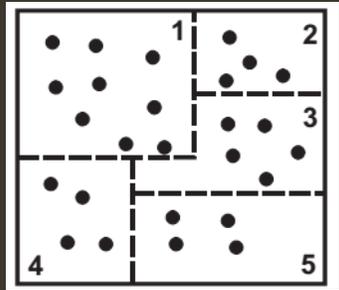
матрица индексов каскадной эскалации - CEL_{ij}

0	40	70	0	40
0	0	80	180	210
140	110	0	0	0
70	40	210	0	180
0	40	70	0	0



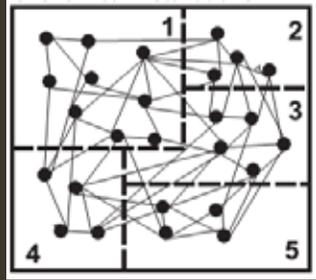
ранжирование по алгоритму Borda





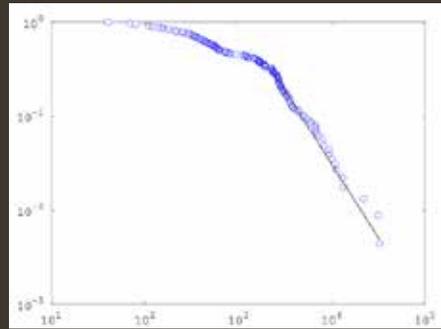
расчет индексов каскадной эскалации и определение критически важных компонентов

$$CI_i = \sum_{j(\neq i) \in G} CEL_{ij}$$



γ_{CI_i}

оценка степенной зависимости в распределении индексов каскадной эскалации

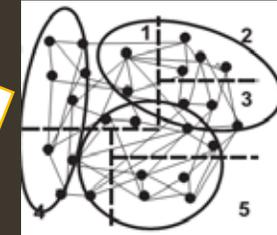


CI_i

?

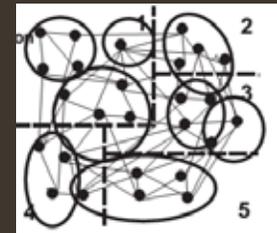
защита КВК

Вар 1



три «острова безопасности»

Вар 2



восемь «островов безопасности»

проверочная оценка степенной зависимости в распределении индексов каскадной эскалации



Выводы

1. Существующие классификации ОПО по классу опасности должны быть уточнены с учетом анализа критичности объектов – по функциональной ценности и важности для безопасности
2. Методики анализа критичности на основе матриц взаимозависимостей и матриц индексов каскадной эскалации могут использоваться для
 - выявления критически важных компонентов производственных и логистических систем,
 - выбора стратегии физической защиты «системы-систем»
3. ТП КБПЭ готова к сотрудничеству по
 - разработке норм и стандартов по анализу критичности ОПО в промышленности и энергетике
 - анализу и проектированию стойкости систем компл безопасности

