



Охтилев М.Ю. ОАО "СКБ Орион" ,
Плотников М.Ю. АО ЦТСС,
Павлов А.Н., Потрясаев С.А., Соколов Б.В Юсупов Р.М.
СПИИРАН

КОМПЛЕКСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ: ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ



## Содержание доклада

- 1. Актуальность и основные тенденции в области комплексного моделирования сложных объектов и процессов
- Методологические и методические основы комплексного моделирования сложных объектов и процессов
- з. Примеры решения прикладных задач



## Актуальность и основные тенденции в области комплексного моделирования сложных объектов и процессов

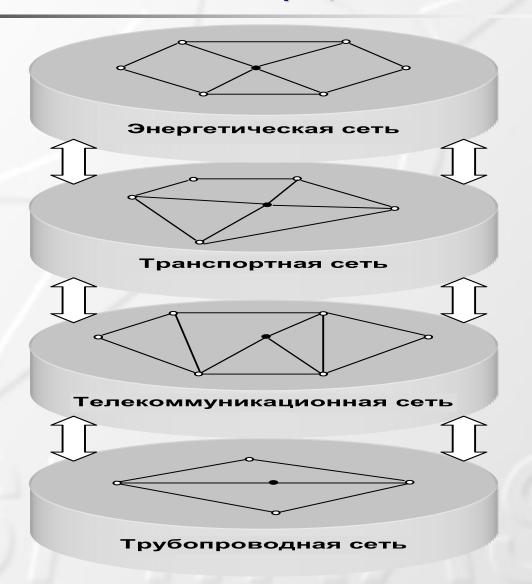


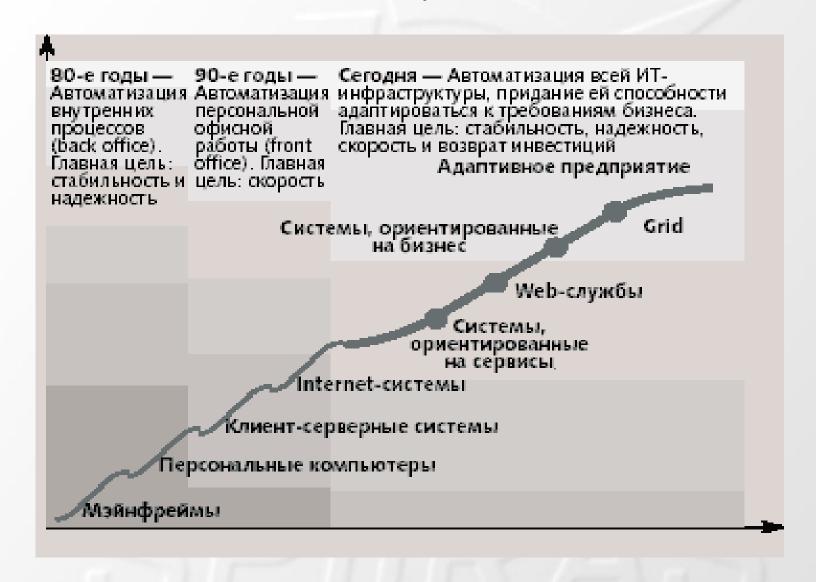
#### Особенности современных объектов комплексного моделирования:

- повышенная сложность и размерность, избыточность, многофункциональность, распределенность, унификация, однородность основных элементов, подсистем и связей;
- структурная динамика, нелинейность и непредсказуемость поведения; иерархическисетевая структура;
- неравновесность, неопределенность от вмешательства и выбора наблюдателя;
- постоянное изменение правил и технологий функционирования, изменение правил изменения технологий и самих правил функционирования;— наличие как контуров отрицательной, так и положительной обратной связи, приводящих к режимам самовозбуждения (режимам с обострением);
- наряду с детерминированным и стохастичным поведением, возможно хаотическое поведение;
- ни один элемент не обладает полной информацией о системе в целом; избирательная чувствительность на входные воздействия (динамическая робастность и адаптация)
- время реагирования на изменения, вызванные возмущающими воздействиями, оказывается больше, чем время проявления последствий этих изменений, чем интервал между этими изменениями;— абсолютную полноту и достоверность информации описания реального объекта получить принципиально невозможно в соответствии с пределом Бремерманна и теоремой Геделя..

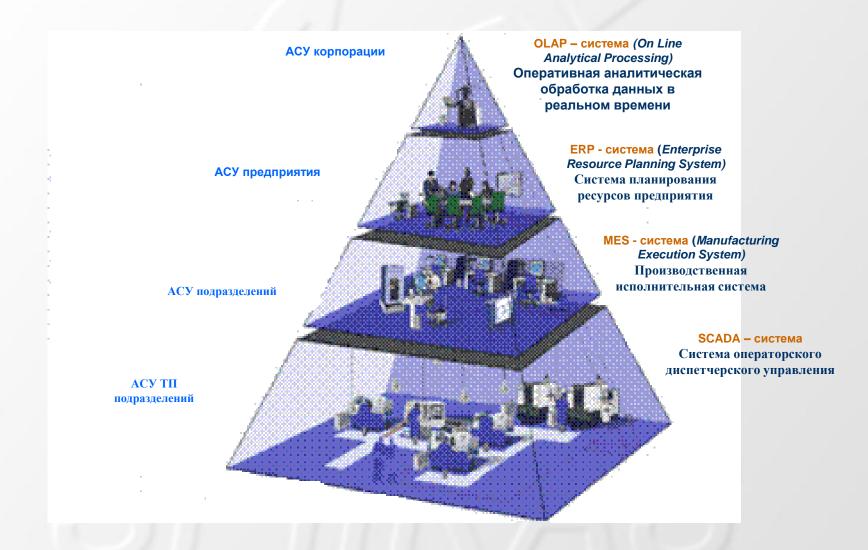


- Структурная сложность объектов
- Сложность функционирования объектов
- Сложность принятия решений и выбора сценариев поведения объектов
- Сложность модернизации и развития
- Сложность моделирования





## Обобщенная структура современной интегрированной **АСУ СОТО**

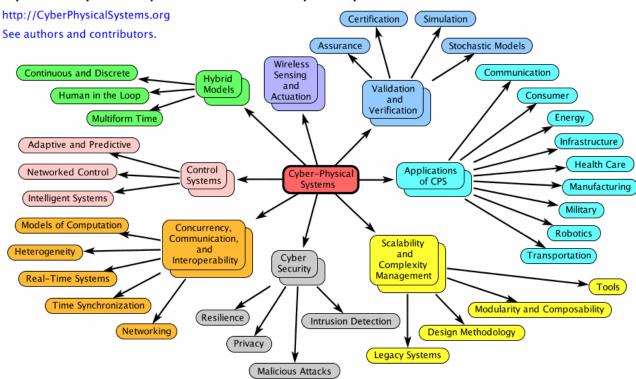


#### Перспективные ИИТ:

- извлечение знаний из данных;
- машинное обучение;
- **многоагентные системы**;
- повсеместные вычисления, коммуникации;
- интеллектуальные многомодальные интерфейсы;
- глобального позиционирования;
- беспроводные технологии локального позиционирования;
- стеганография и стеганоанализ;
- интеллектуальные сенсорные сети;
- мультимедиа-коммуникации и Интернет технологии;
- интеллектуальные геоинформационные технологии;
- интеллектуальные ИТ защиты компьютерных сетей;
- новые технологии компьютерного моделирования и супервычислений
- биометрия и телемедицина ....

#### Основные направления и факторы влияния ИТ на СУ Сл.О

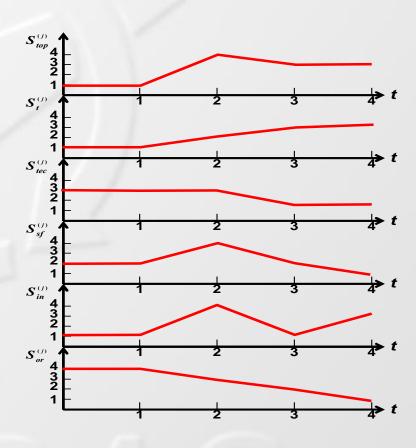
#### Cyber-Physical Systems - a Concept Map





■Кибер Физические системы (CPS) умные сетевые системы со встроенными датчиками, процессорами и приводами, которые предназначены для распознавания и взаимодействия с физическим миром (в том числе человека пользователей) и для поддержания в реальном времени, гарантированной производительность в критически важных приложениях безопасности. В CPS системах, совместное поведение "кибер" и "физических" элементов системы имеет решающее значение - вычислительная техника, управления, датчики и сети могут быть глубоко интегрированы в каждом компоненте, и действия компонентов и систем должны быть безопасными и совместимыми.

Макросостояния	<i>j</i> h level of CTS				
Варианты структур	$S_{\scriptscriptstyle 0}^{\scriptscriptstyle (j)}$	$S_{\scriptscriptstyle 1}^{\scriptscriptstyle (j)}$		$S_{\scriptscriptstyle K}^{\scriptscriptstyle (j)}$	
Топологическая структура $S_{top}^{\scriptscriptstyle (j)}$				0 0	
Техническая структура $S_{t}^{(j)}$				9	
$oldsymbol{S_{tec}^{(\prime)}}$	0-0-0				
Структура ПМО $S_{s\!f}^{\scriptscriptstyle (j)}$			:		
Структура ИО $^{S_{in}^{(f)}}$					
<b>©</b> рганизационная структура		500 500			



Диаграммы структурной динамики СТС. Графики изменения структурных состояний СТС

Сложный объект

Реактивное управление

Инцидент

В отличие от традиционно используемого реактивного управления СлО, ориентированного на оперативное реагирование и последующее недопущение инцидентов,

концепция системного моделирования



состояние

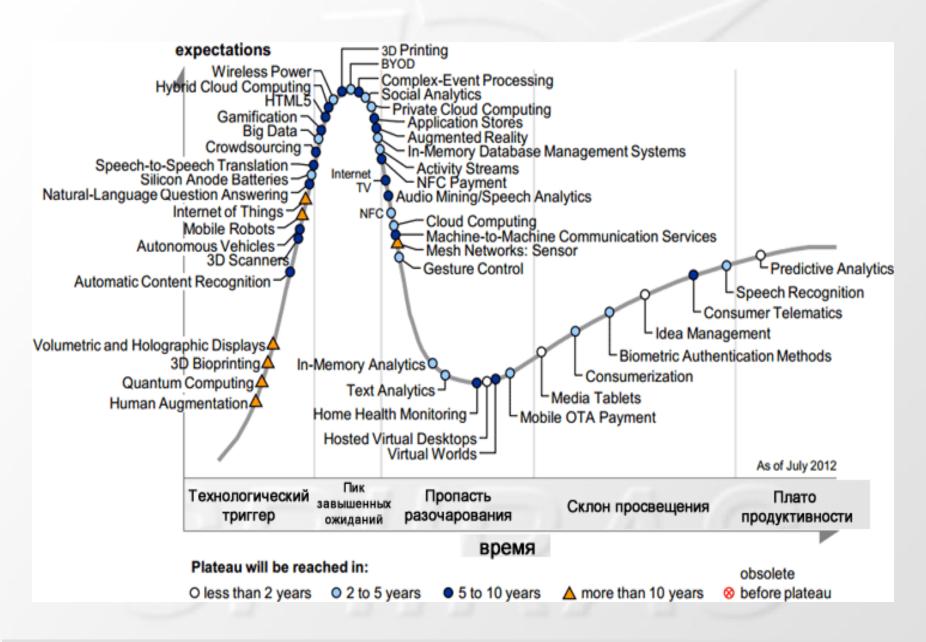
Проактивное управление

Сложный объект

Проактивное управление предполагает предотвращение возникновения инцидентов

за счет создания в соответствующей системе мониторинга и управления принципиально новых прогнозирующих и упреждающих возможностей при формировании и реализации управляющих воздействий, базирующихся на концепции системного (комплексного) моделирования.

#### Зрелость ИТ 2014 г.



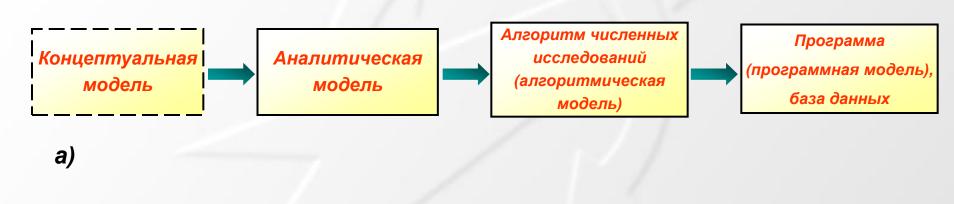


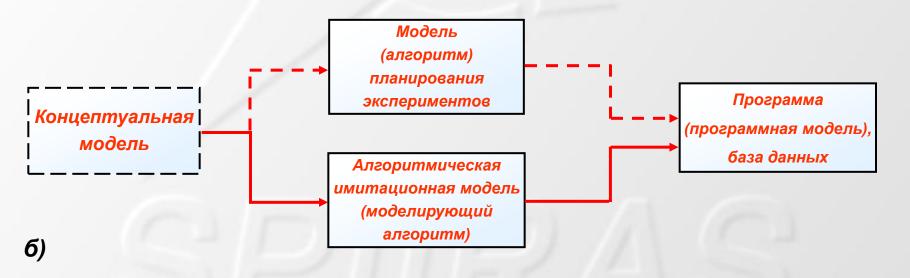
#### **Методы, наиболее часто используемые во внутрифирменном планировании**

Методы	Частота использо- вания	Процент
Имитационное моделирование	60	29
Линейное программирование	43	21
Сетевые методы (включая ПЕРТ и МКП)	28	14
Теория управления запасами	24	12
Нелинейное программирование	16	8
Динамическое программирование	8	4
Целочисленное программирование	7	3
Теория массового обслуживания	7	3
Прочие	12	6
	205	100

<del>Аспекты ——</del>	Основные аспекты синтеза структуры АСУ КСр							
МЬдели	Конструктивн ое задание множества вариантов структур	Возможность оптимизации структуры	Учет динамики функциониров ания АСУ	Учет динамики процесса развития АСУ	Учет возмущающ ихвоздейст вий			
Математическая модель дискретного программирования	+	-	E	I	_			
Аналитическая модель массового – обслуживания  Имитационная модель —		частично	частично	_	частично +			
		частично	+	<u>-</u>				
Дифференциальная (конечно- разностная) модель оптимального управления		частично	+		_			









## Имитационная система

- а) имитационных моделей (иерархии имитационных моделей), отражающих определенную проблемную область;
- б) аналитических моделей (иерархии аналитических моделей), дающих упрощенное (агрегированное) описание различных сторон моделируемых явлений;
- в) информационной подсистемы, включающей базу (банк) данных, а в перспективе базу знаний, основанную на идеях искусственного интеллекта;
- г) системы управления и сопряжения, обеспечивающей взаимодействие всех компонент системы и работу с пользователем (лицом, принимающем решения - ЛПР) в режиме интерактивного диалога.

## Имитационная система, обобщенная схема

#### ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА Банк вычислительных модулей Блок формирования сценариев моделирования Блок обработки, анализа и интерпретации Проблемно-ориенти-Стандартные морезультатов моделированные модули анадули аналитичерования, выработки литических и имитациских и имитаци-Банк рекомендаций по оронных моделей онных моделей данных ганизации дальней-(база шего моделирования знаний) Локальные системы управления и сопряжения Диалоговая система управления моделированием Система управления, сопряжения и интерпретации

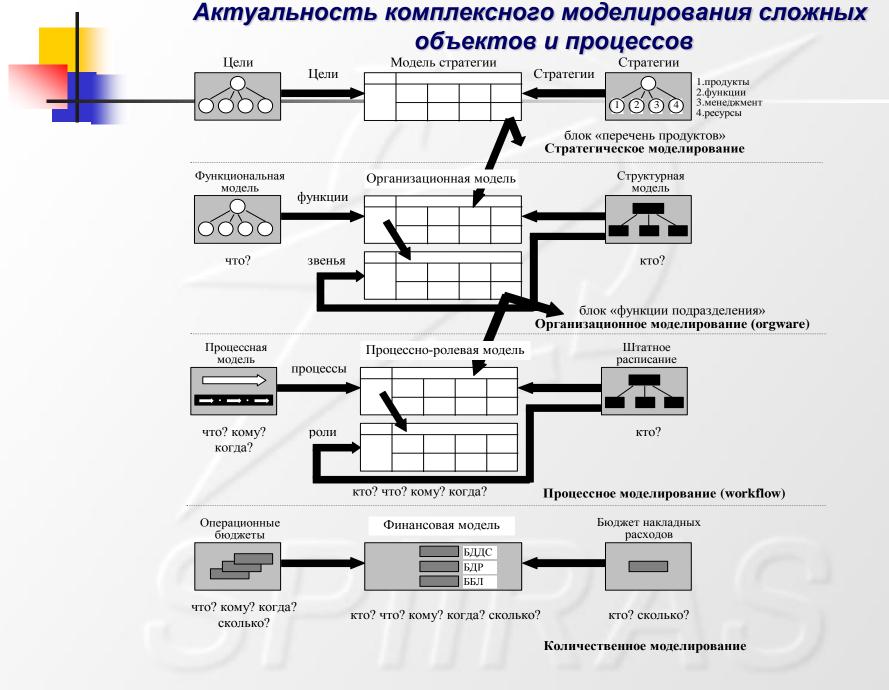
ЛПР



## Основополагающие работы по комплексному моделированию СлО

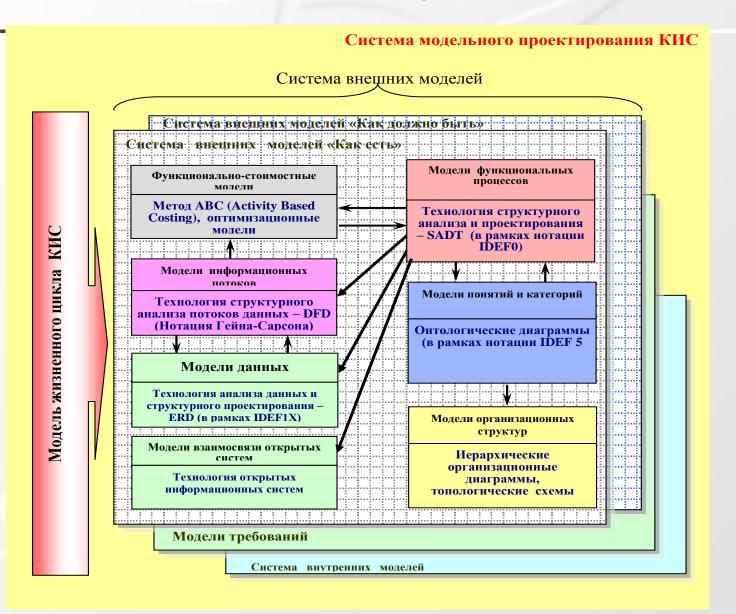
- 1. Полляк Ю. Г. Вероятностное моделирование на электронных вычислительных машинах. М.: Сов. радио, 1971. 399 с.
- 2. Методологические вопросы построения имитационных систем: Обзор /С.В. Емельянов, В.В. Калашников, В.И. Лутков и др. Под научн. ред. Д.М. Гвишиани, С.В. Емельянова. -М.: МЦНТИ, 1973. 87 с.
- 3. Краснощёков П.С., Морозов В.В., Федоров В.В. Декомпозиция в задачах проектирования // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. 1979. №2. С.7–18.
- 4. Пешель М. Моделирование сигналов и систем. М.: Мир, 1981. 303 с.
- 5. Имитационное моделирование производственных систем / А.А. Вавилов, Д.Х. Имаев, В.И. Плескунин и др. М.: Машиностроение; Берлин: Ферлаг Техник, 1983.
- 6. Надёжность и эффективность в технике: Справочник в 10-ти т. / Ред. совет: В.С. Авдуевский (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1988, т.3. Эффективность технических систем /Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова.
- 7. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. М.: Наука, 1982
- 8. Цвиркун А.Д., Акинфиев В.И. Структура многоуровневых и крупномасштабных систем (синтез и планирование развития). М.: Наука, 1993.
- 9. Технология системного моделирования / Е. Ф. Аврамчук, А. А. Вавилов, С. В. Емельянов и др.; Под общ. ред. С. В. Емельянова и др. М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1988. 520 с.
- 10. Павловский Ю.А. Имитационные модели и системы. М.: Фазис, 2000. 132 с.

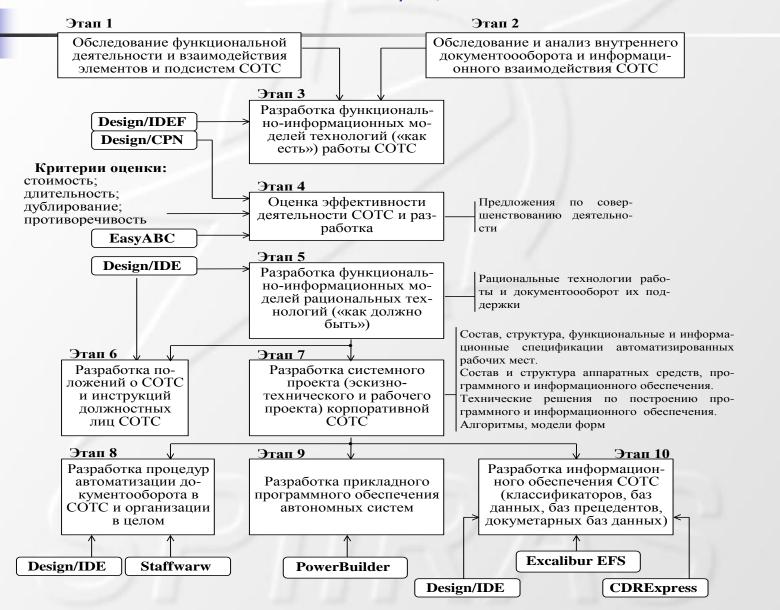
Модели УСД СТС  Сценарии- взаимодей- ствия моделей		$f_0^{(a)} \to \underset{\Delta^{(u)}}{\operatorname{extr}}$	$f_0^{(a)} \underset{\Delta^{(a)} \cap \Delta^{(u)}}{\longrightarrow} \operatorname{extr}_{a}$	$f_0^{(u)} \rightarrow \underset{\Delta^{(a)}}{\operatorname{extr}}$	$f_0^{(u)} \xrightarrow{\Delta^{(u)}} \operatorname{extr}$	$f_0^{(u)} \underset{\Delta^{(a)} \cap \Delta^{(u)}}{\longrightarrow} \underset{\alpha}{\text{extr}}$
AOM→AH→K	+	1				
ИОМ→АН→К				+	+	+
$AOM \rightarrow NOM \rightarrow AH \rightarrow K$		+	+			
$(AOM \subset NOM) \rightarrow AH \rightarrow K$			+			
(NOM⊂AOM)→AH→K			+		+	+
$ \begin{pmatrix} \mathbf{AOM}_1 \\                                    $	P			+	+	+



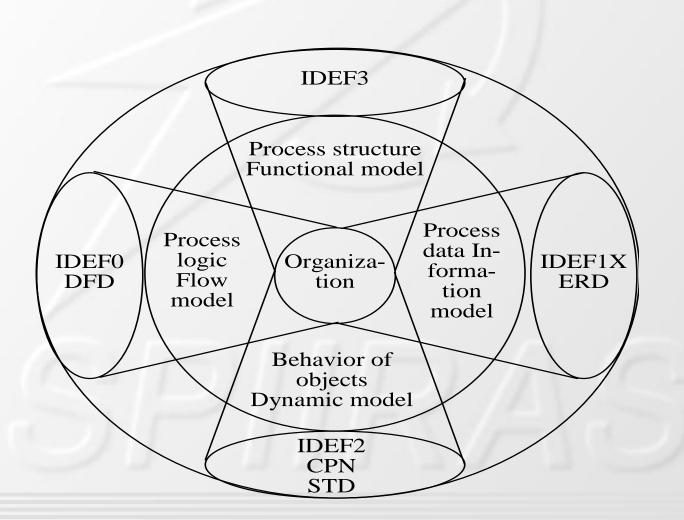
Метод вычислительного интеллекта и интеллектуальные системы на его основе	Комбинация							
	из двух методов	из трёх методов	из четырёх методов					
Системы нечёткого вывода Fzelips 6.04 Matlab	Нечёткие нейронные сети	Нечёткие нейронные вероятностные сети	Нечёткая вероятностная нейронная сеть с использованием генетического алгоритма (*)					
Нейронные сети Neurosolution 3.0	Системы нечёткого и вероятностного вывода Guru	Вероятностные нейронные сети с использованием генетического алгоритма (*)	/					
Вероятностные рассуждения. Экспертная система Prospector	Системы нечёткого вывода с использованием генетического алгоритма	Нечёткие нейронные сети с использованием генетического алгоритма Fungen 1.2	<del>-</del>					
Генетические алгоритмы Professional Version 1.2	Вероятностные нейронные сети Trajan 2.1 Matlab	Системы нечёткого вероятностного вывода с использованием генетического алгоритма (*)	-					
NeuroGenetic Optimezer	Нейронные сети с использованием генетических алгоритмов							
	Системы вероятностного вывода с использованием генетических алгоритмов							













## Комплексное моделирование. Определение

Под комплексным (системным) моделированием (КМ) сложных объектов (СлО) любой природы (естественных, искусственных, реально существующих и виртуальных и т.п.) будем понимать методологию и технологии полимодельного описания указанных объектов, а также комбинированного использования методов, алгоритмов и методик многокритериального анализа, синтеза и выбора наиболее предпочтительных управленческих решений, связанных с созданием, использованием и развитием рассматриваемых объектов в различных условиях динамически изменяющейся внешней и внутренней обстановок

### Основные проблемы комплексного моделирования СлО

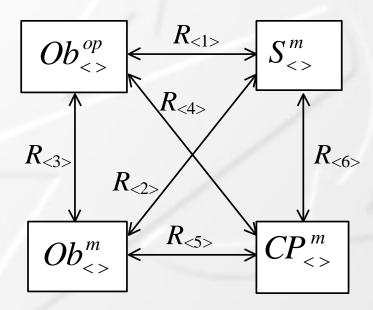
- проблема структурно-функционального синтеза облика полимодельного комплекса;
- проблема глубинного (интегративного) согласования используемых при комплексном моделировании СлО методов, моделей и алгоритмов;
- проблема параметрической и структурной адаптации полимодельного комплекса
- проблема верификации и валидации полимодельного комплекса;
- проблема автоматизации процесса комплексного моделирования СлО.



# Методологические и методические основы комплексного моделирования сложных объектов и процессов







#### Основополагающие подходы к решению проблемы:

Объектами исследования являются не только модели объектоворигиналов, но и развивающая ситуация, участниками которой являются объекты и субъекты моделирования, а также метамодели (модели моделей);

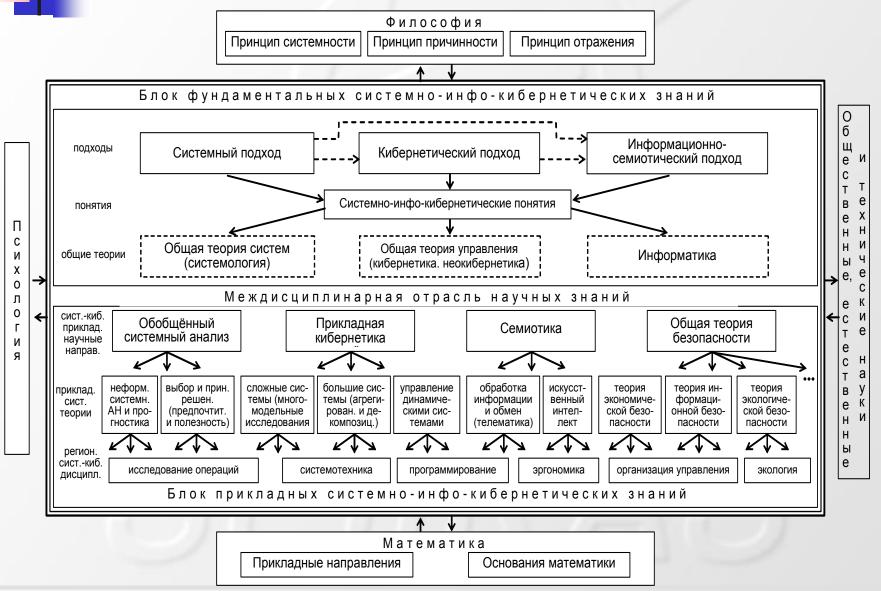
Процесс моделирования объектов исследования интерпретируется как процесс управления развивающейся ситуации в условиях неопределённости



## Методологические основы комплексного моделирования СлО

- **Концепции**: системного анализа и моделирования, теории систем и проактивного управления сложными динамическими системами с перестраиваемой структурой;
- •<u>Принципы:</u> программно-целевого управления, полимодельности и многокритериальности, внешнего дополнения и погружения, необходимого разнообразия и неокончательных решений
- •<u>Подходы</u>: интегративный, структурно-математический, категорийно-функторный;
- •Требования (к облику APM оценивания и управления качеством моделей и полимодельных комплексов): требования системного подхода к организации процессов управления, универсальности и проблемной ориентации, адекватности, гибкости, адаптивности и самоорганизации.

#### Методологические основы комплексного моделирования



#### Возможный перечень свойств моделей

- 1. Адекватность
- 2. Гибкость (адаптивность)
- 3. Интеллектуальность
- 4. Наблюдаемость
- 5. Надежность
- 6. Открытость и доступность
- 7. Развиваемость
- 8. Робастность
- 9. Сложность
- 10. Универсальность и проблемная ориентация
- 11. Управляемость
- 12. Устойчивость
- 13. Чувствительность
- 14. Эффективность машинной реализации



## Первоочередные задачи структурно-функционального синтеза полимодельных комплексов

- 1. Формирование понятийно-терминологического аппарата
- 2. Описания, классификация и выбор системы показателей и критериев, с помощью которых оцениваются свойства моделей и полимодельных комплексов
- 3. Разработка обобщенного описания различных классов моделей, позволяющего, во-первых, устанавливать взаимосвязи и соответствия между ними, и, во-вторых, сравнивать и упорядочивать их с использованием различных метрик
- 4. Разработка комбинированных методов оценивания показателей качества моделей, заданных с использованием числовых и нечисловых шкал
- 5. Разработка методов и алгоритмов решения задач многокритериального анализа, упорядочения и выбора предпочтительных моделей и полимодельных комплексов, управления их качеством, анализа и синтеза технологий комплексного моделирования



## Обобщенное описание моделей и полимодельных комплексов

$$r = \langle X_1, X_2, ..., X_n, R \rangle$$
  
 $R \subseteq X_1 \times X_2 \times ... \times X_n$ 

$$X_1, X_2, ..., X_n$$
  
 $B_1, B_2, ..., B_k$   
 $S_1, S_2, ..., S_p$ 

Схема образования математических структур



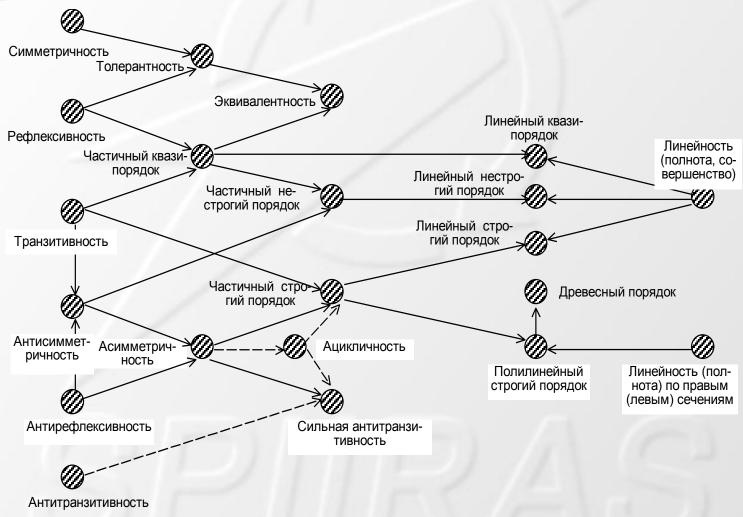


## Обобщенное описание моделей и полимодельных комплексов

dim X	Конструкция основной ступени шкалы множеств								
	χ×χ	$\frac{\chi \times \chi}{X \to X}$	χ×J	$\frac{\chi \times J}{X \to Y}$	$\chi \times \chi \times \chi$	$\frac{\chi \times \chi \times \chi}{X \times X \to X}$	$\chi \times \chi \times J$	$\frac{\chi \times \chi \times J}{X \times X \to Y}$	
1	$M_{11}$	$M_{12}$	$M_{13}$	$M_{14}$	$M_{15}$	$M_{16}$	<i>M</i> <sub>17</sub>	$M_{18}$	
m	$M_{21}$	M <sub>22</sub>	M	$M_{24}$	$M_{25}$	M	<i>M</i> <sub>27</sub>		
1	$M_{31}$	M <sub>32</sub>	$M_{33}$	$M_{34}$	$M_{35}$	M <sub>36</sub>	$M_{37}$		
m	$M_{41}$	$M_{42}$	<sup>M</sup> ⁴ <b>K</b> J			<b>Й</b> М <sub>46</sub>	$M_{47}$		
1	$M_{51}$	M <sub>52</sub>	$M_{53}$	<i>N</i> ELICT	<b>EM</b> 155	$M_{56}$	M <sub>57</sub>		
m	$M_6$	M <sub>62</sub>	M <sub>63</sub>	$M_{64}$	M <sub>65</sub>	M <sub>66</sub>	M <sub>67</sub>		
$\infty$	$M_{7}$	$M_{72}$	M <sub>73</sub>	$M_{74}$	M <sub>75</sub>	<i>M</i> <sub>76</sub>	M <sub>77</sub>	$M_{78}$	
		(			•••		<i></i>		
	1 m 1 m 1 m	$X$ $\chi \times \chi$ 1 $M_{11}$ m $M_{21}$ 1 $M_{31}$ m $M_{41}$ 1 $M_{51}$ m $M_{6}$ $\infty$ $M_{71}$	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$



## Обобщенное описание моделей и полимодельных комплексов





Пример 1. 
$$r_1 = <\chi, \widetilde{R}> \ \widetilde{R} \subseteq \chi imes \chi$$

# Пример 2. $\chi \times \chi \times g$ .

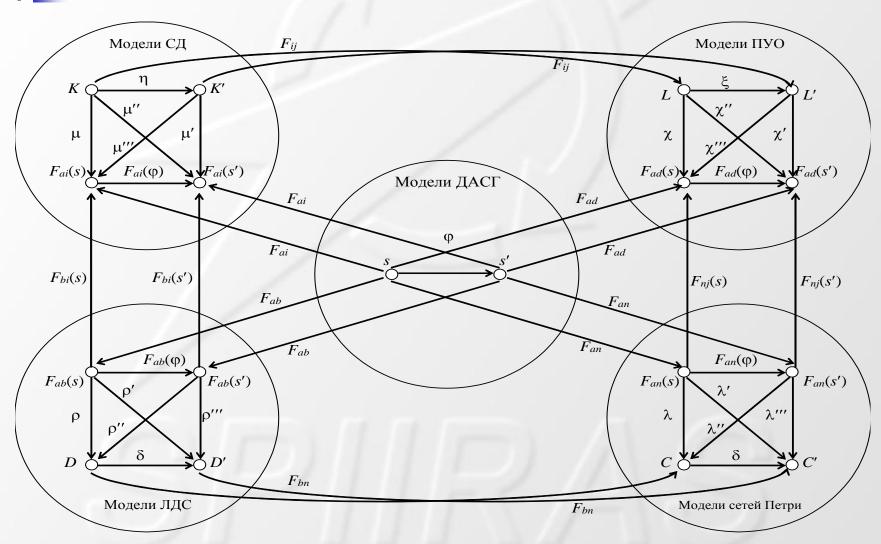
$$r2 = \langle R, Y, F \rangle$$
, где  $R \subseteq X \times X, F$ :  $R \rightarrow Y, Y = R1$ 

#### Пример 3.

$$\begin{split} \left\{ &Q^{(\xi)}(s, (\Omega, F, \lambda_{\mu}), \{\Delta_{\rho}^{(\xi)}\}_{\rho \in \Xi_{2}}, \{\Delta_{\eta}^{0(\xi)}\}_{\eta \in \Xi_{3}}, \{r_{i_{1}}^{\alpha(\xi)}(\omega)\}_{i_{1} \in \Gamma}, \{r_{i_{2}}^{\beta(\xi)}(\omega)\}_{i_{2} \in \Gamma_{1}}, \{W_{e}\}_{e \in \Phi_{1}}, \{W_{k}\}_{k \in \Phi_{2}}, \{F^{k(\xi)}(\omega)\}_{k \in \Gamma_{2}} \right\}_{\xi \in \Xi_{1}}, \end{split}$$

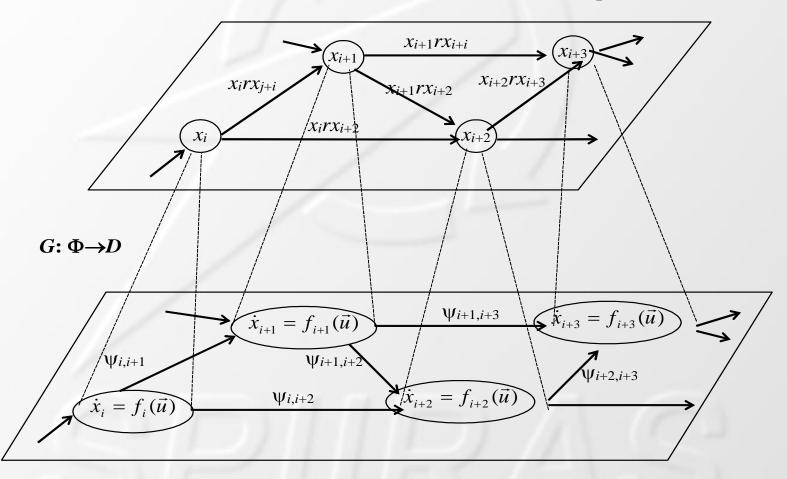
# 4

# Обобщенное описание моделей и полимодельных комплексов





#### Класс статических моделей комплексов операций



Класс динамических моделей выполнения комплексов операций)



$$\Delta = \left\{ \boldsymbol{u} \mid \dot{x}_i = \sum_{j=1}^m u_{ij}; \sum_{i=1}^n u_{ij}(t) \le 1; \sum_{j=1}^m u_{ij} \le 1; u_{ij}(t) \in \{0,1\}; \right.$$

$$t \in (t_0, t_f] = T; \ x_i(t_0) = 0; x_i(t_f) = a_i;$$

$$\sum_{j=1}^{m} u_{ij} \left[ \sum_{\alpha \in \Gamma_{1i}^{-}} (a_{\alpha} - x_{\alpha}(t)) + \prod_{\beta \in \Gamma_{i2}^{-}} (a_{\beta} - x_{\beta}(t)) \right] = 0; i = 1, ..., n; j = 1, ..., m$$

$$L^{ux} = L_1^{ux} (L_1^x)^q, \quad q \ge n-1$$

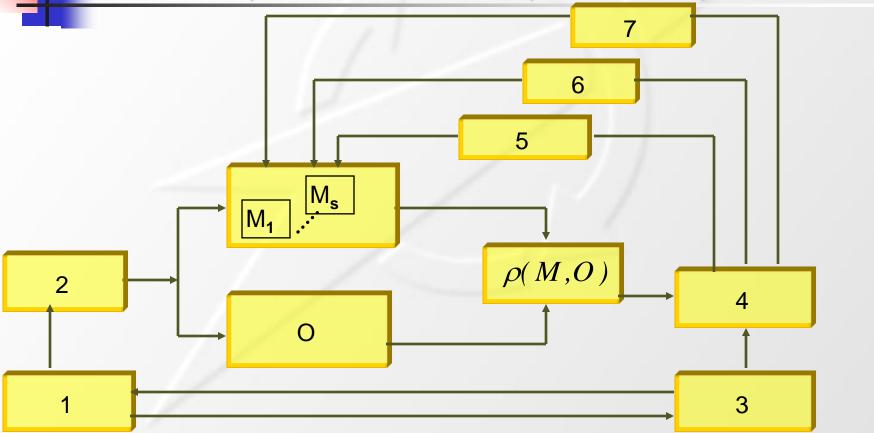
 $l_{i\,j}^{x} = \begin{cases} 1, & \text{если есть единичный путь из вершины } x_{i} \text{ в вершину } x_{j}; \\ 0, & \text{в противопол ожном случае.} \end{cases}$ 

 $l_{i\,j}^u = egin{cases} 1, & \text{если есть единичный путь из вершины } \mathbf{u}_i & \text{в вершину } \mathbf{x}_j; \\ 0, & \text{в противоположном случае.} \end{cases}$ 



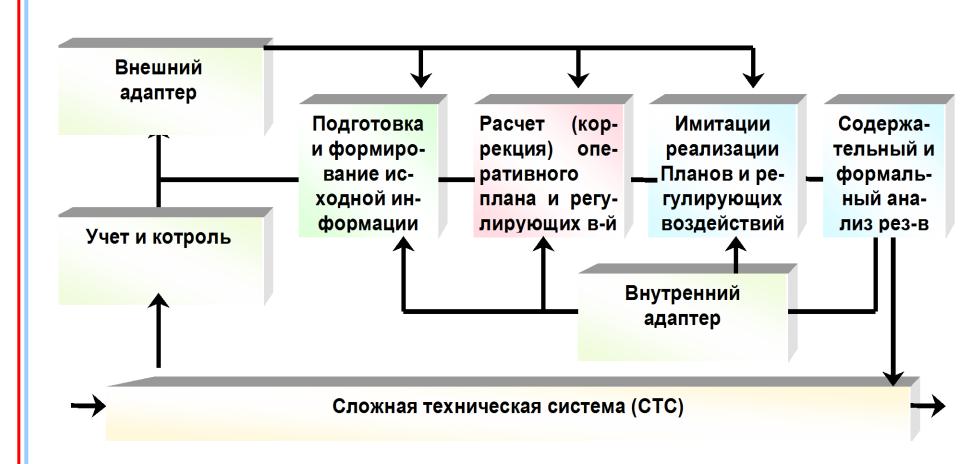
$$< x_i, x_j > \in Mor_{\Phi}(X, X);$$
 $r = < X, X, R >, R \subseteq X \times X;$ 
 $\overline{r} = < X, X, \overline{R} >, \overline{R} = R \cup R^2 \cup R^3;$ 

# Обобщенная технология оценивания и управления качеством (в т.ч. адекватностью) моделей первого класса



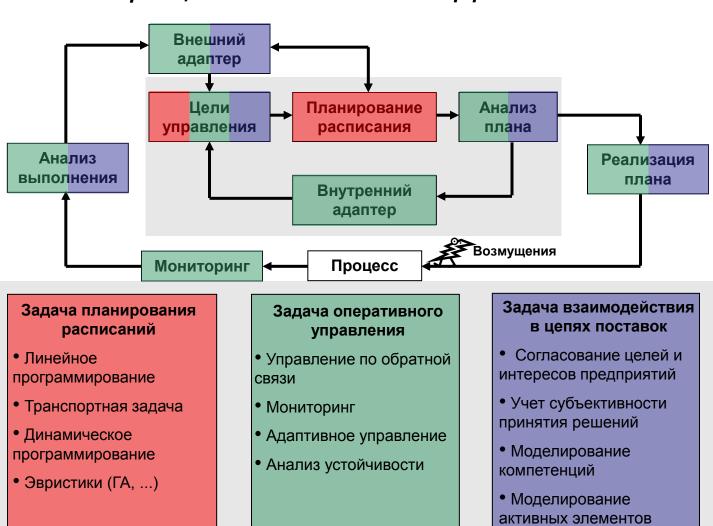
- 1 Формирование целей функционирования объекта;
- 2 Формирование входных сигналов;
- 3 Формирования целей моделирования;
- 4 Управление качеством модели;
- 5,6,7 управление параметрами, структурой, концептуальным описанием

# Обобщенная технология параметрической и структурной адаптации аналитико-имитационных моделей УСД СлО



Обобщенная технология параметрической и структурной адаптации аналитико-имитационных моделей УСД СТС

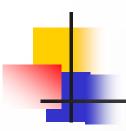
# Методические основы комплексного моделирования ЦП и КИС при оценивании и анализе их эффективности



Теория управления

MAC / KAC

Исследование операций



# Обобщенная технология параметрической и структурной адаптации аналитико-имитационных моделей СлО

$$AD(M_{\theta}^{(I)}, \overline{P}_{cs}) \rightarrow \min$$

$$t_{st}(\mathbf{w}, M_{\theta}^{(I)}) \leq \overline{t}_{st}$$

$$M_{\theta}^{(I)} \in \overline{\overline{M}}, \mathbf{w} \in W, M_{\theta}^{(I)} = \overline{\Phi}(M_{\theta}^{(I-1)}, \mathbf{w}, \overline{P}_{cs})$$

$$t_{st}(\mathbf{w}, M_{\theta}^{(I)}) \rightarrow \min$$

$$AD(M_{\theta}^{(I)}, \overline{P}_{cs}) \leq \varepsilon_{2}$$

$$M_{\theta}^{(I)} \in \overline{\overline{M}}, \mathbf{w} \in W, M_{\theta}^{(I)} = \overline{\Phi}(M_{\theta}^{(I-1)}, \mathbf{w}, \overline{P}_{cs})$$



#### Исходная постановка задачи

$$f(\vec{x}) \to \underset{\vec{x} \in \Delta_{\beta}}{\operatorname{extr}}$$

где  $\vec{x} = (x_1, x_2, ..., x_n)^T$ - вектор конструктивных параметров проектируемой системы;  $\Delta_{\beta}$  - множество допустимых значений вектора  $\vec{x}$ .

### Декомпозиция исходной постановки задачи

$$f(\vec{x}) \to \underset{\vec{x} \in \Delta_{\beta}}{\operatorname{extr}}$$

где 
$$\vec{x} = \|\vec{x}^{(1)^T} \vec{x}^{(2)^T} \dots \vec{x}^{(m)^T}\|^T$$
,  $\vec{x}^{(i)} = \|x_1^{(i)} x_2^{(i)} \dots x_{L_i}^{(i)}\|^T$ 

# 4

### Технологии комплексного моделирования

## Редукция исходной постановки задачи

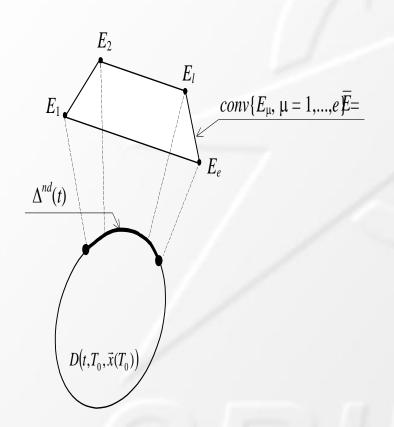
$$f(\vec{x}(\vec{\alpha})) \to \underset{\vec{\alpha} \in \{\vec{\alpha} \mid \vec{x}(\vec{\alpha}) \in \Delta_{\beta}\}}{\text{extr}},$$

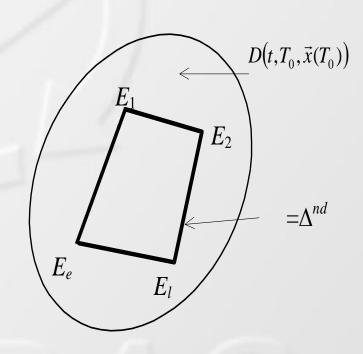
$$\sum_{i=1}^{m} \alpha_i f_i(\vec{x}^{(i)}) \to \underset{\vec{x}^{(i)} \in \Delta_{\beta}^{(i)}}{\operatorname{extr}},$$

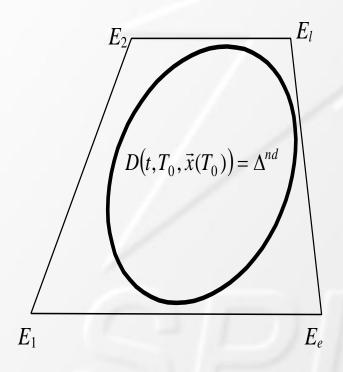
$$\alpha_i \geq 0, \ \sum_{i=1}^m \alpha_i = 1, \ \vec{\alpha} = \|\alpha_1, ..., \alpha_m\|^T.$$

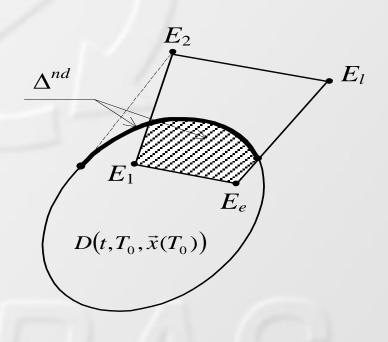












# Методологические и методические основы решения проблем квалиметрии моделей, используемых при интеграции данных,

#### информации и знаний

#### Формулировка проблемы:

разработка научных основ оценивания и управления качеством моделей, используемых при интеграции данных и знаний (Information Fusion Models)

Методологические основы квалиметрии моделей

Концепции: системного анализа и комплексного моделирования, теории управления, инженерии знаний, качествоведения

Принципы: необходимого разнообразия, внешнего дополнения, погружения, неокончательных решений

Требования, предъявляемые к моделям: адекватность, гибкость (адаптируемость), многофункциональность и унификация, простота, доступность, интеллектуальность, самоорганизация

Классы задач, решаемые при оценивании и управлении качеством моделей

#### Задачи анализа (А):

- классификация моделей;
- анализ адекватности, чувствительности, наблюдаемости, управляемости, достижимости, устойчивости моделей и метамоделей

#### Задачи наблюдения (В):

идентификация параметров, структур и наблюдение за состоянием развивающейся ситуации

#### Задачи выбора (С):

многокритериальное упорядочение, выбор моделей, управление качеством моделей и полимодельных комплексов

#### Основополагающие подходы к решению проблемы:

- объектами исследования являются не модели интеграции данных и знаний, а развивающая ситуация, участниками которой являются объекты и субъекты моделирования, а также метамодели (модели моделей);
- процесс моделирования объектов исследования интерпретируется как процесс управления развивающейся ситуации в условиях неопределённости

Методы формирования и сужения множества недоминируемых альтернатив (A,C)

Методы многокритериальной теории полезности (A,C)

Метод анализа иерархии (A,B,C)

Методы ранжирования многокритериальных альтернатив (C)

Методы вербального анализа ситуаций (B)

Методы построения и аппроксимации областей достижимости динамических систем (A,B,C)

Структурно-математическое и категорийно-функторное описание моделей и метамоделей (A,B,C)

Обобщённая метамодель оценивания и управления качеством моделей интеграции данных и знаний (A,B,C)

Полимодельные комплексы, построенные на основе вероятностных аналитико-имитационных моделей, на основе технологии инженерии знаний, нейронных сетей, нечётких и генетических моделей и алгоритмов (A,B,C)

#### Предполагаемые практические результаты

Разрабатываемые и используемые методы и модели решения

задач квалиметрии моделей (А.В.С)

- количественные и качественные оценки классов моделей;
- методики оценивания и управления качеством моделей;
- прототип программного обеспечения оценивания и управления качеством моделей;
- предложения по составу, структуре и принципам создания и использования интеллектуальных систем автоматизации процессов проектирования моделей.

#### Предполагаемый эффект от внедрения полученных результатов на практике

- повышение обоснованности и качества проектных решений по созданию программно-математического обеспечения информационных систем;
- снижение стоимости проектирования за счёт выявления ошибок в программно-математическом обеспечении на ранних стадиях его жизненного цикла

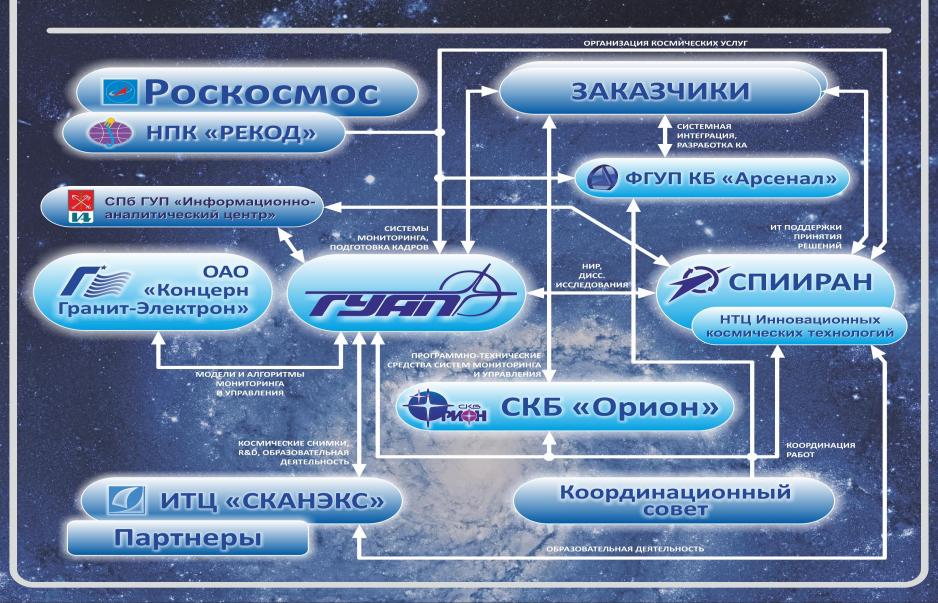
# Основные результаты решения задач комплексного моделирования процессов проактивного управления структурной динамикой СлО

Основные результаты	Пути практической реализации полученных результатов
Анализ существования решений в задачах УСД СТС	Проверка адекватности описания процессов управления СТС в моделях управления
Условия управляемости и достижимости в задачах УСД СТС	Проверка реализуемости технологий управления СТС на интервале управления, выявления основных факторов, влияющих на Ц и ИТВ СТС
Условия единственности оптимальных программ управления в задачах планирования применения СТС	Оценка возможности получения оптимальных планов применения СТС
Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах УСД СТС	Предварительный анализ структуры оптимальных программ управления СТС
Условия устойчивости и чувствительности в задачах УСД СТС	Оценивание устойчивости (чувствительности) УСД СТС к возмущающим воздействиям, к изменению состава и структуры исходных данных

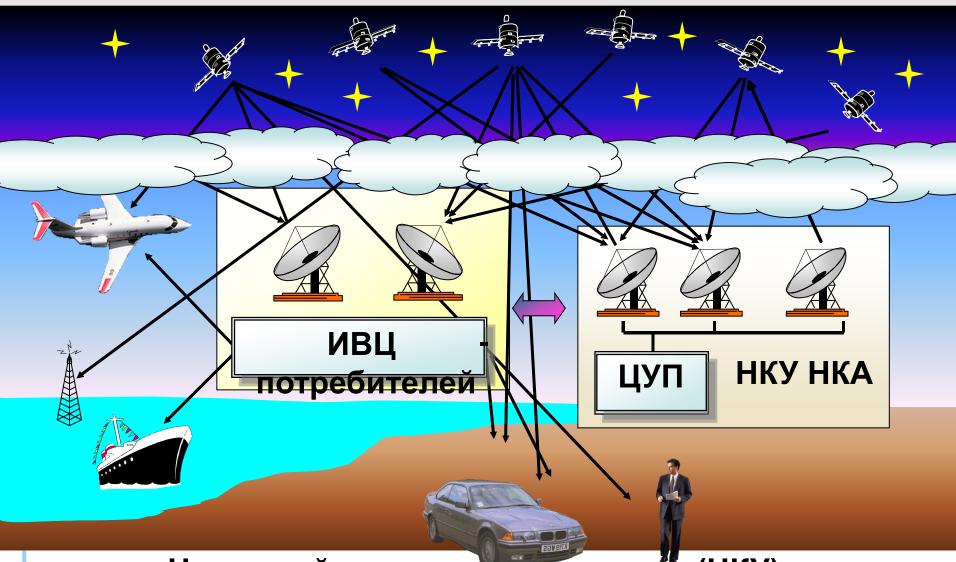


# Примеры решения прикладных задач

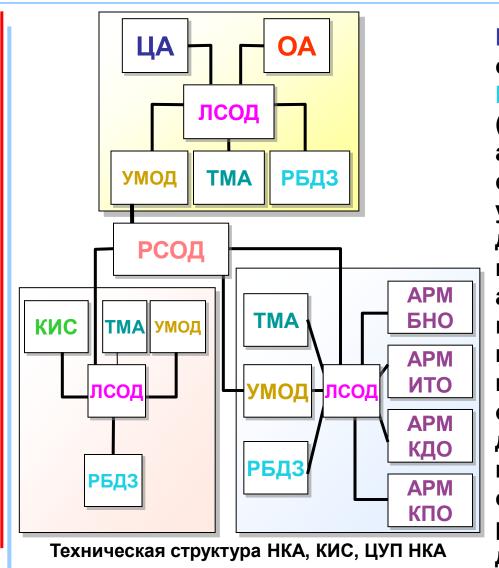
# СТРУКТУРА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ЦЕНТРА АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА



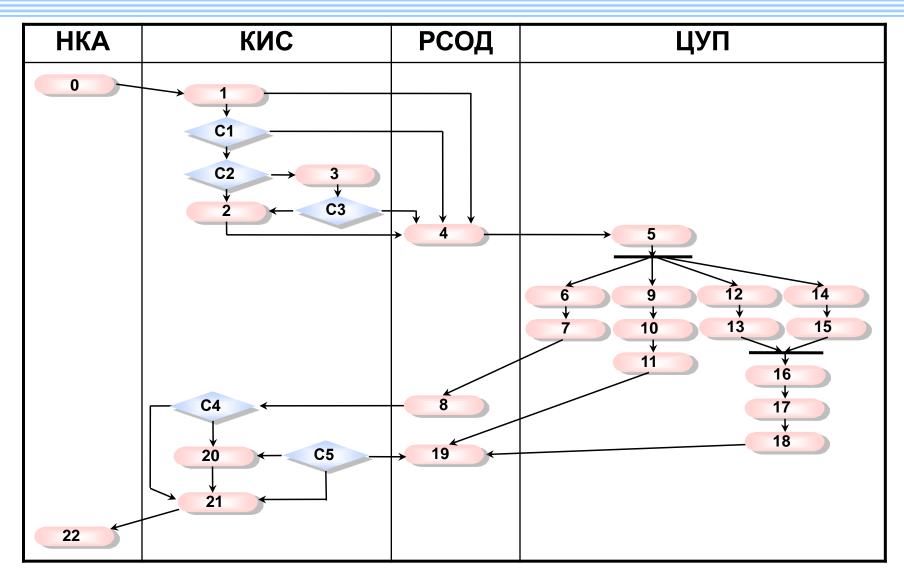




Наземный комплекс управления (НКУ) навигационными КА (НКА)

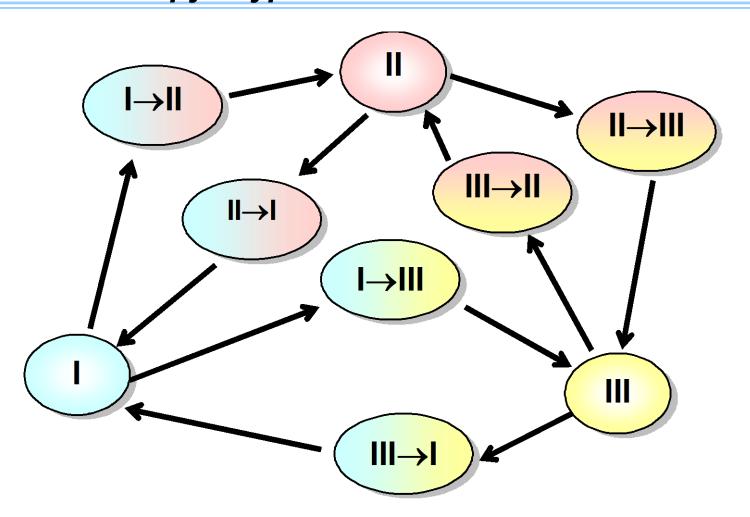


ЦА целевая аппаратура НКА; ОА обеспечивающая аппаратура НКА; РБДЗ распределенная база данных (знаний); ТМА типовой модуль автоматизации; ЛСОД локальная система обмена данными; УМОД унифицированный модуль обмена КИС данными: командноизмерительная **APM** система; автоматизированное рабочее место, БНО баллистическое навигационное обеспечение; ИТО информационно-телеметрическое обеспечение; КДО контрольнодиагностическое обеспечение; КПО командно-программное РСОД обеспечение; обмена распределенная сеть данными.



Структура технологии автоматизированного управления космическими средствами.

СПИИ РАН 58



Пример агрегированной диаграммы макросостояний ОрГ НКС.

# Варианты взаимодействия аналитико-имитационных моделей

Пример формализации и решения задач анализа и выбора технологий управления ОрС НКА

$$P_{H} = \frac{N_3}{N_1 N_2}$$

 $N_1$  число наземных точек, в которых проверяется точность навигационных определений;  $N_2$  общее число полных проверок (сеансов обсервации);  $N_3$  общее число точек (во всех сеансах обсервации), в которых точность место определения наземного потребителя оказалась выше заданного порога;

Р<sub>н</sub> вероятность обеспечения наземных потребителей навигационной информацией

# Варианты взаимодействия аналитико-имитационных моделей

### Исходная постановка задачи

$$P_{H} = P_{H}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}_{p}(t), \mathbf{v}(\mathbf{x}(t), \boldsymbol{\xi}(t)), \boldsymbol{\xi}) \rightarrow \max_{\mathbf{u} \in Q(\mathbf{x}(t), t)}$$

### Вариант декомпозиции задачи

Имитационная модель (1 уровень):  $P_{H} = P_{H} \big( \mathbf{x}(t,\lambda), \mathbf{u}(t,\lambda), \xi \big) \! o \max_{\lambda \in \Lambda}$ 

Аналитические модели (2 уровень)  $\sum_{j=1}^{7} \lambda_j J_j \Big( \mathbf{x}_j(t_f) \Big) \longrightarrow \max_{\mathbf{x}_j(t_f) \in D_j \big( t_f, t_0, \mathbf{x}_j(t_0) \big)}$ 

$$\sum_{j=1}^{7} \lambda_{j} = 1; \lambda_{j} \geq 0; \mathbf{x}_{1}(t_{f}) = ||\mathbf{x}^{(o)\mathsf{T}}(t_{f}), \mathbf{x}^{(k)\mathsf{T}}(t_{f})||^{T}, \\ \mathbf{x}_{2}(t_{f}) = ||\mathbf{x}^{(o)\mathsf{T}}(t_{f}), \mathbf{x}^{(p)\mathsf{T}}(t_{f})||^{T}, \dots, \mathbf{x}_{7}(t_{f}) = ||\mathbf{x}^{(o)\mathsf{T}}(t_{f}), \mathbf{x}^{(c)\mathsf{T}}(t_{f})||^{T}.$$

### Состав обобщенных исходных данных:

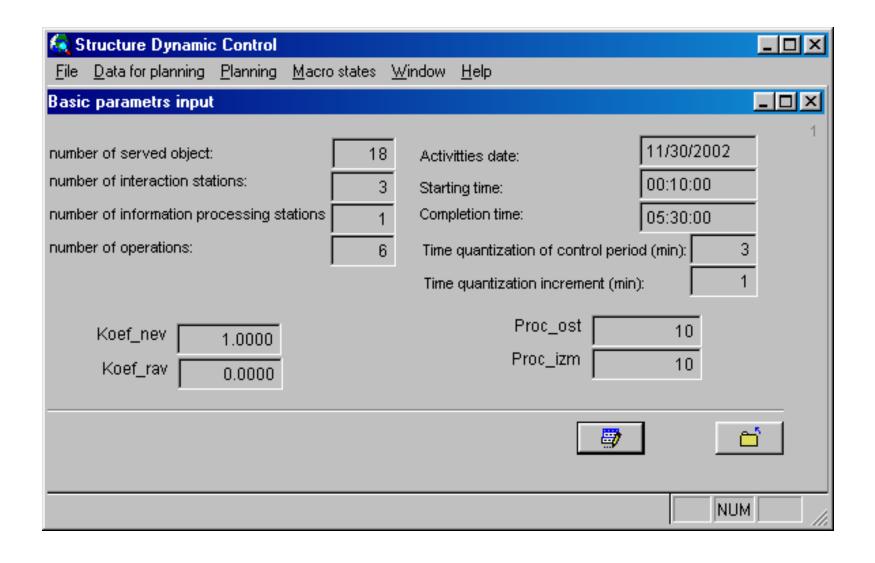
- •Варианты топологических структур навигационной космической системы (НКС);
- •Варианты технических структур НКС;
- •Варианты функциональных структур (технологий взаимодействия НКА с НКУ);
- •Варианты диаграмм многоструктурной динамики основных элементов и подсистем НКС;
- •Система показателей качества функционирования НКС.

СПИИ РАН 62

### Обобщенные этапы решения задачи:

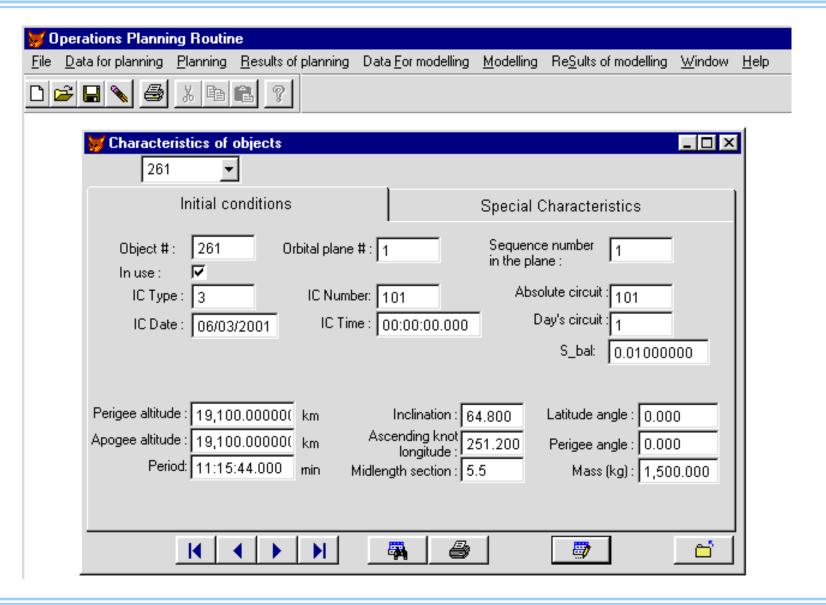
- 1. Расчет и проверка выполнения основных пространственно-временных ограничений;
- 2. Расчет эвристических программ УСД НКС;
- 3. Расчет оптимальных программ УСД НКС;
- 4. Имитация условий реализации программ УСД НКС;
- 5. Расчет и оптимизация показателей эффективности УСД НКС.

#### Пример формализации и решения задач анализа и выбора технологий управления ОрС НКА

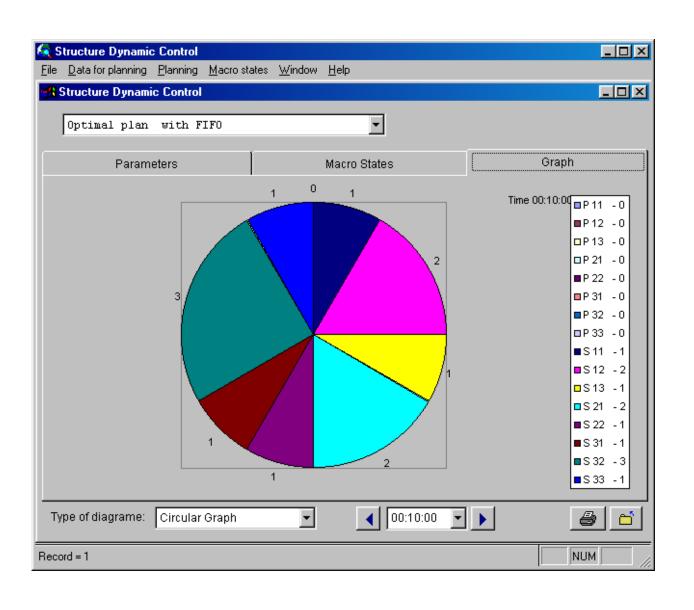


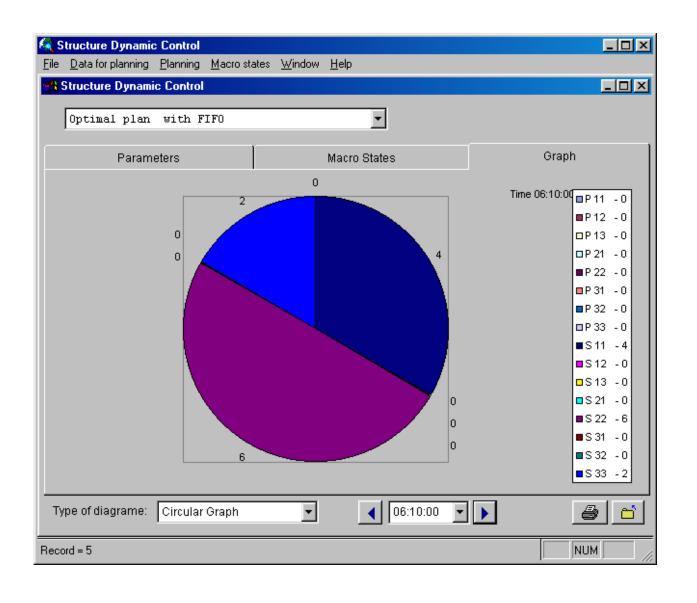
#### Пример формализации и решения

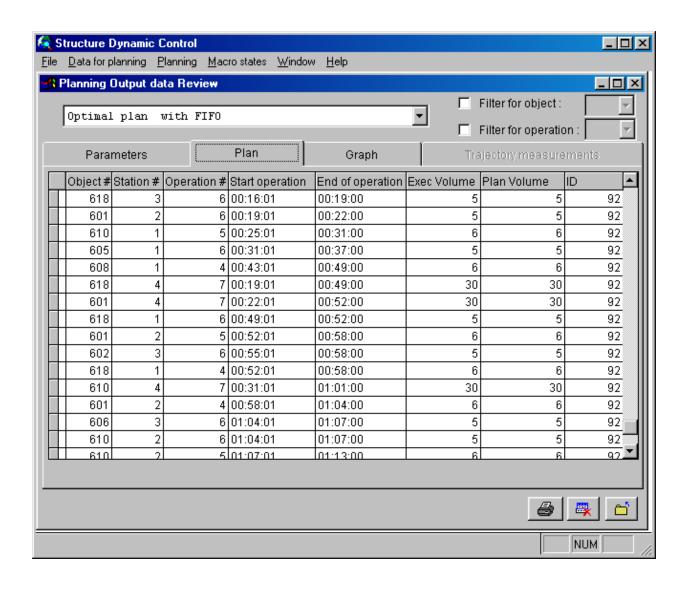
#### задач анализа и выбора технологий управления ОрС НКА

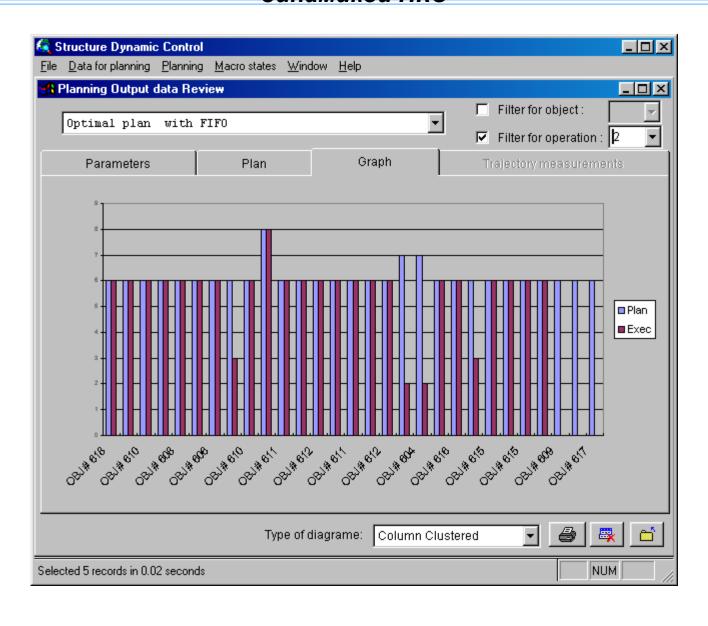


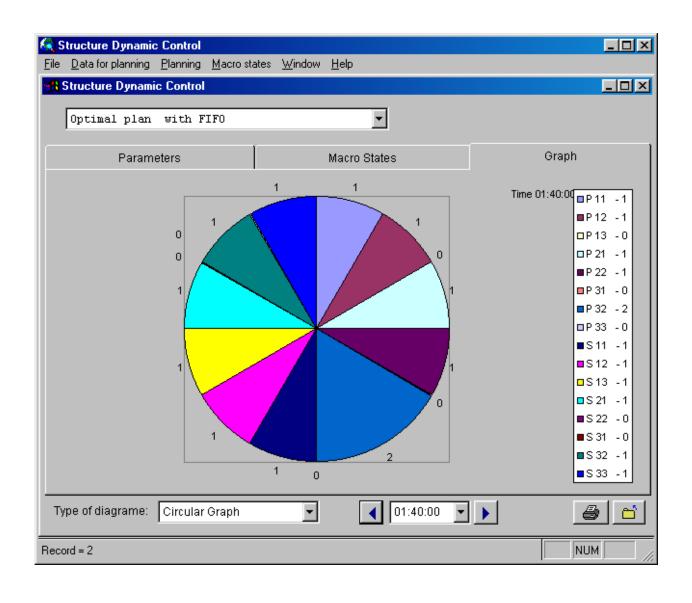
#### Пример формализации и решения задач анализа и выбора технологий управления ОрС НКА



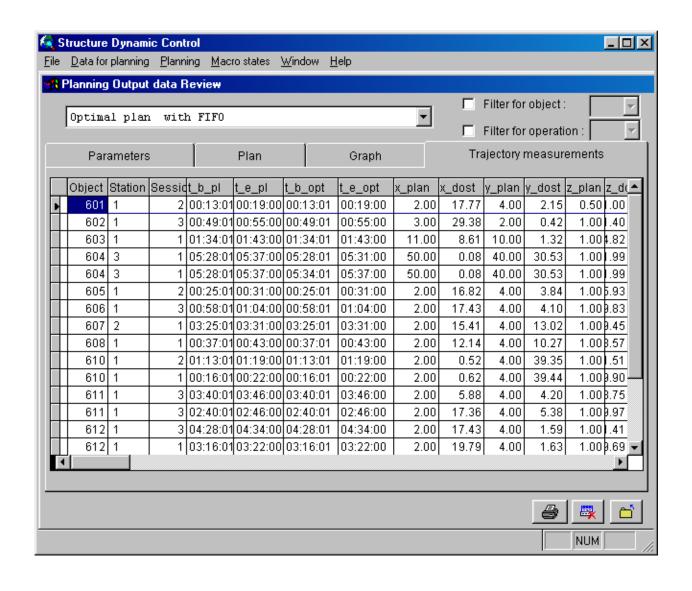






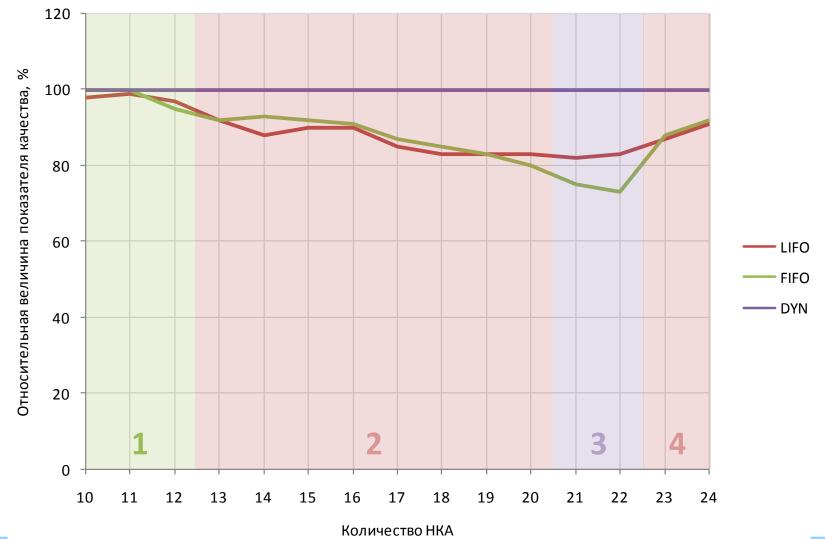


#### Пример формализации и решения задач анализа и выбора технологий управления ОрС НКА

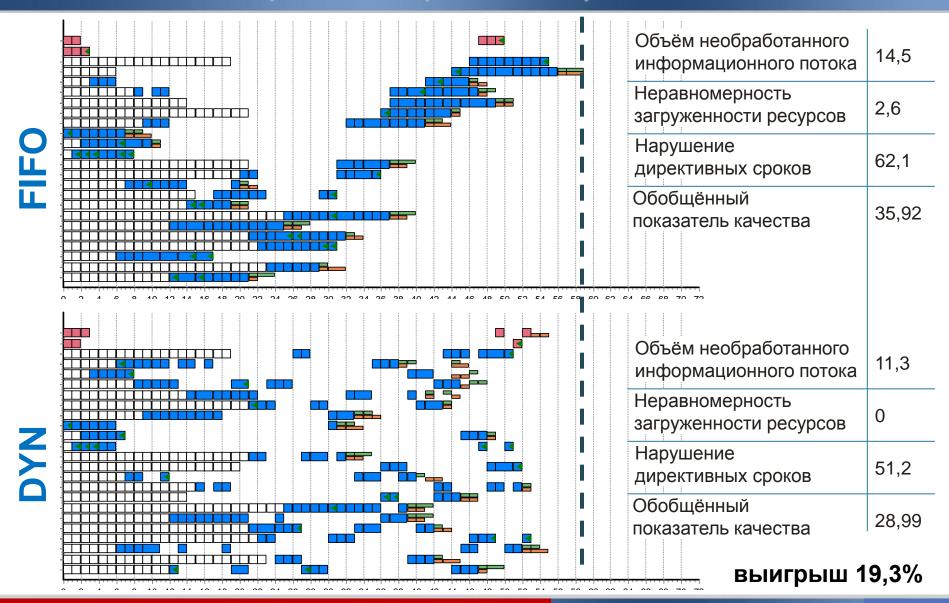


# Примеры решенных прикладных задач

# Обоснование выбора эвристики

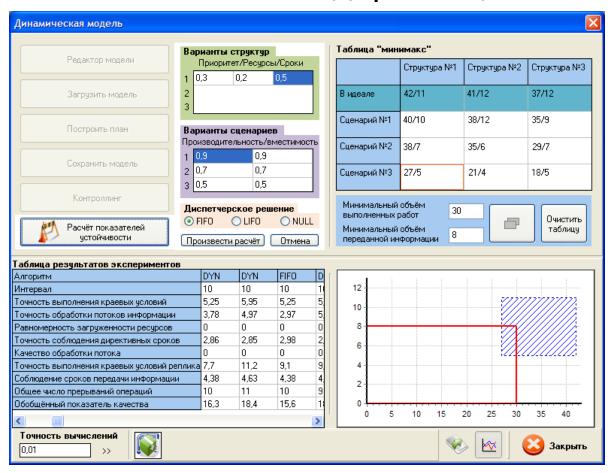


## Пример решения задачи. Комплексное планирование работы ЦУП ОГ НКА



### Примеры решенных прикладных задач

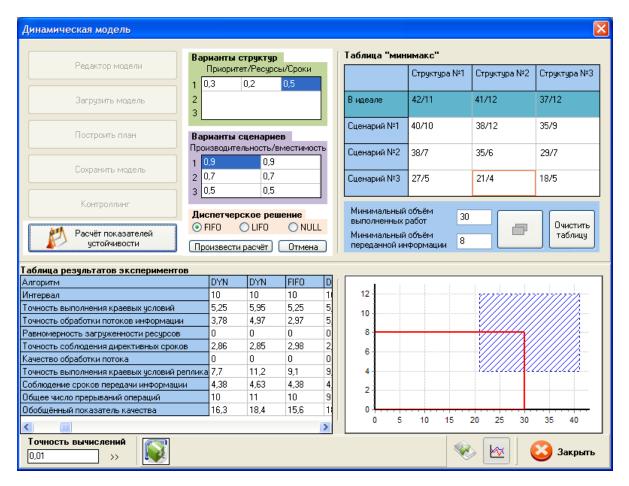
### Робастность планов модернизации



Операции равномерно распределены по унифицированным ресурсам

## Примеры решенных прикладных задач

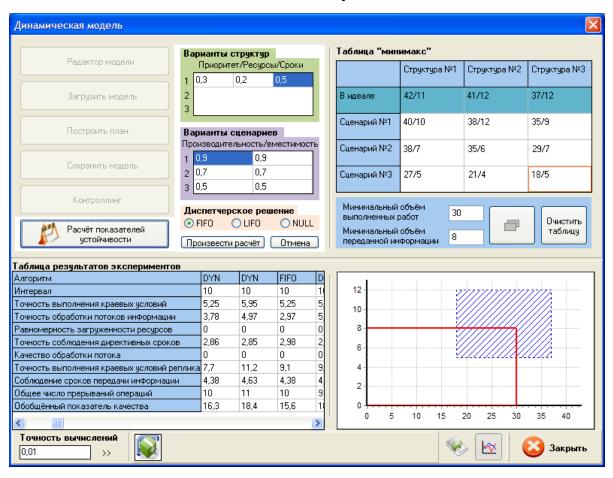
#### Робастность планов модернизации



Операции равномерно распределены по разнородным ресурсам

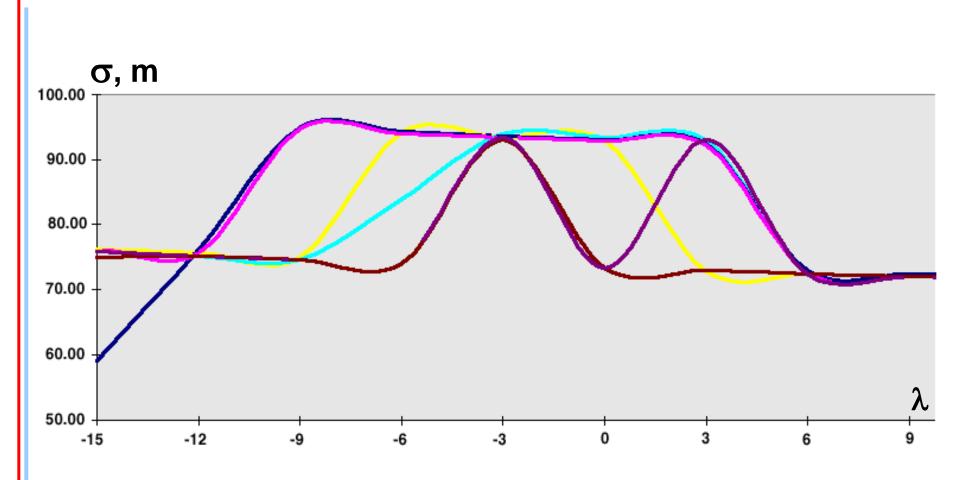
## Примеры решенных прикладных задач

### Робастность планов модернизации



Операции сконцентрированы на группе наиболее производительных ресурсов

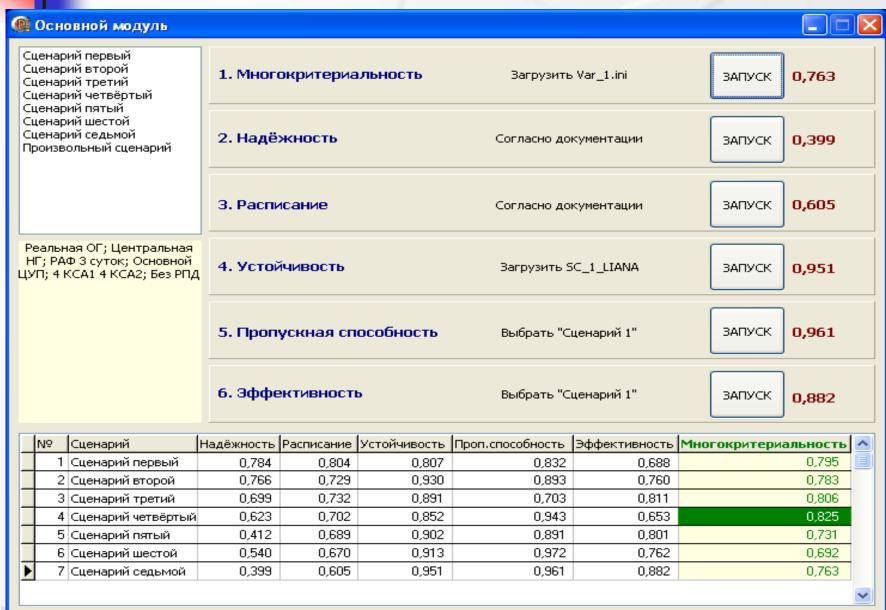
Пример формализации и решения задач анализа и выбора технологий управления ОрС НКА

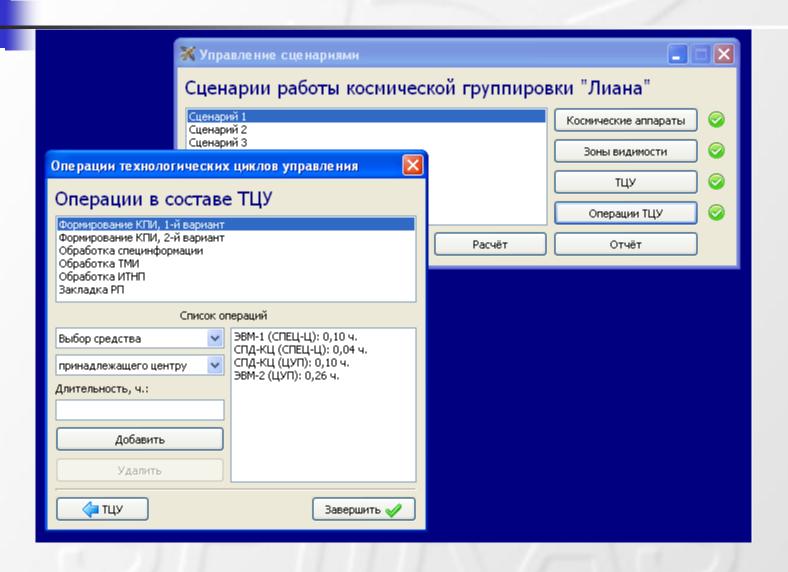


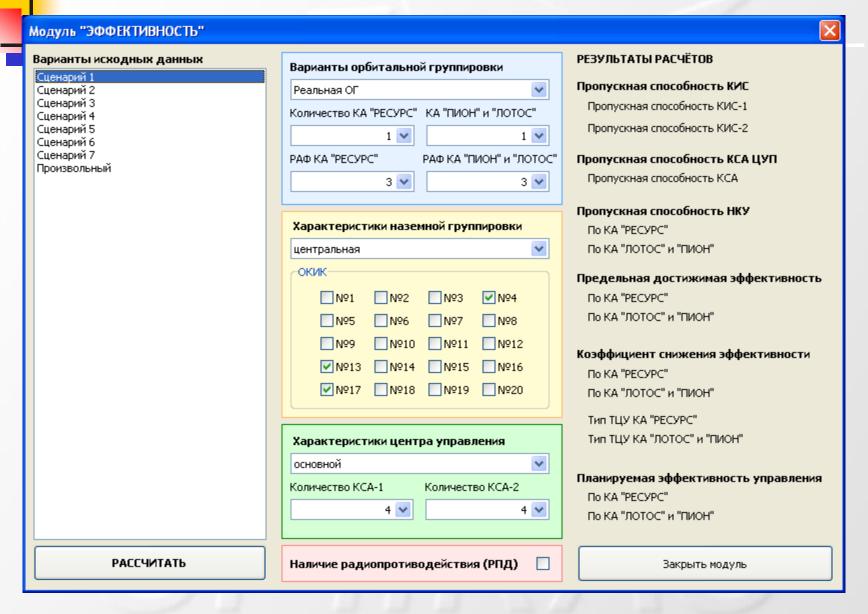
# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСЧЕТА И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АСУ КА В ШТАТНЫХ И ЗАДАННЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ

Программный модуль 1 «Многокритериаль- ность»	Программный модуль 2 «Надежность»	Программный модуль 3 «Расписание»	Программный модуль 4 «Устойчивость»	Программный модуль 5 «Пропускная способность»	Программный модуль 6 «Эффективность»	
Программный модуль	Программный	Программный	Программный	Программный	Программный	
многокритериального	модуль расчета и	модуль расчета	модуль расчета и	модуль расчета	модуль расчета	
анализа и	многокритериального	расписания	оптимизации	показателей	показателей	
упорядочения	анализа показателей	функционирования	показателей	пропускной	эффективности	
вариантов	структурной	НКУ КА, а также	робастности и	способности и	применения АСУ КА	
функционирования АСУ	надежности и	расчета показателей	динамической	ресурсоемкости АСУ	для стохастических	
КА при различных	устойчивости АСУ	пропускной	устойчивости	КА для	сценариев	
сценариях изменения	КА	способности и	программ	стохастических	изменения внешних	
обстановки и		ресурсоемкости АСУ	функционирования	сценариев	воздействий	
воздействий		КА для	АСУ КА для	изменения внешних		
		детерминированных	интервально	воздействий		
		сценариев	заданных сценариев			
		изменения внешних	изменения внешних			
		воздействий	воздействий			

<b>№</b> п/п	Наименование моделей	Реализованные модели в составе программных модулей									
	подсистем АСУ КА	Модуль «Надежность»		Модуль «Расписание »		Модуль «Устойчивость »		Модуль «Пропускная способность»		Модуль «Эффектив- ность»	
		AM	ИМ	AM	ИМ	AM	ИМ	AM	ММ	AM	ИМ
1.	АИМ тракта ТМИ	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-
2.	<b>АИМ</b> тракта ИТНП	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-
3.	АИМ тракта КПИ	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-
4.	АИМ тракта СпИ	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-
5.	АИМ ЦУП КА	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-
6.	АИМ ИП ОД	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-
7.	АИМ внешней среды	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-







Цель и задачи СЧ НИР.

Анализ существующих подходов к созданию программно-моделирующих комплексов для анализа и прогнозирования показателей надежности и живучести БА МКА и постановка задачи исследований

**Целью выполнения СЧ НИР** является создание методического обеспечения и экспериментального образца комплекса программ многокритериального оценивания, анализа, прогнозирования показателей надежности и живучести БА МКА, а также выработки соответствующих рекомендаций по повышению ее надежности и живучести на различных этапах жизненного цикла.

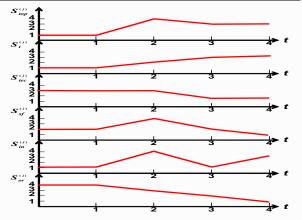
#### Основными задачами первого этапа выполнения СЧ НИР являются:

- •анализ существующего состояния исследований по построению программноаппаратных комплексов для разработки и испытаний программных средств оценки надежности БА МКА;
- •обоснование общей структуры и состава, а также структуры и состава российского сегмента экспериментального образца распределенного программно-аппаратного комплекса для разработки и испытаний методик и программных средств оценки надежности БА МКА;
- •разработка структур комплексов методик и алгоритмов для оценивания надежностных характеристик БА МКА на различных этапах жизненного цикла и управления структурной и функциональной реконфигурацией БА МКА.

В данной НИР предложено проблему комплексного моделирования, а также расчета, многокритериального оценивания и оптимизации показателей надежности и живучести в штатных и заданных условиях рассматривать не изолировано, а в рамках более общей проблемы управления структурной динамикой МКА на различных этапах жизненного цикла в рамках соответствующей АСУ МКА. Такая интерпретация позволяет реализовать принципиально новый подход к созданию комплекса программно-методического методического обеспечения для решения задач проектирования и управления эксплуатацией КА на базе новых информационных технологий интеллектуальных сервисориентированных архитектур. При этом осуществляется переход от расчетов показателей и характеристик БА МКА (в том числе показателей надежности и живучести), проводимых на базе отдельных программных продуктов, к анализу в рамках единой информационно-расчетной среды, позволяющей решать не только задачи анализа, но и многокритериального синтеза МКА с учетом возможных изменений структуры, вызванных внешними и внутренними факторами, на различных этапах жизненного цикла КА.

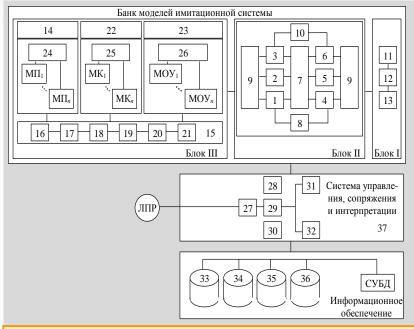
#### Структурная динамика АСУ КА

Макросостояния	<i>ј</i> уровень АСУ КА				
Варианты структур	$S_{\scriptscriptstyle 0}^{\scriptscriptstyle (j)}$	$S_{\scriptscriptstyle 1}^{\scriptscriptstyle (j)}$		$S_{\scriptscriptstyle K}^{\scriptscriptstyle (j)}$	
Топологическая структура $S_{top}^{\scriptscriptstyle (j)}$		***************************************		0 0	
Техническая структура $S_{\iota}^{\scriptscriptstyle (j)}$	p->>> >>>>- >>>>	80 80 80 80	:	830 A	
Технологическая структура $S_{tec}^{\scriptscriptstyle{(j)}}$			:	~~ ~~	
Структура ПМО $\mathit{S}_{sf}^{\scriptscriptstyle (j)}$			:	~~ } }	
Структура ИО $S_{in}^{\scriptscriptstyle (j)}$			:		
Организационная структура $S_{or}^{\scriptscriptstyle (j)}$				& & &	



## Структура методического обеспечения и экспериментального образца распределенного программно-аппаратного комплекса для анализа и прогнозирования показателей надежности и живучести БА МКА

## Обобщенная структура имитационной системы для решения задач анализа и прогнозирования показателей надежности и живучести БА МКА в рамках АСУ МКА



На рисунке показаны: модели функционирования КА, ОГ КА, орбитальной системы КА (1, 2, 3); модели функционирования ОКИК (4), подсистем НКУ, ПУ (5), НКУ (6); модели взаимодействия элементов и подсистем АСУ КА (7); модели функционирования ОБО (блок 8); модели воздействия внешней среды (9); модели имитации результатов целевого применения АСУ КА (10);

модели и алгоритмы оценки и анализа состояния движения, аппаратуры, ресурсов и обмена КА (11); модели и алгоритмы оценки и анализа состояния ОБО (12); модели и алгоритмы оценки и анализа ситуаций (13);

модели и алгоритмы планирования операций в АСУ КА (14); модели и алгоритмы управления структурами АСУ КА (15-21); модели и алгоритмы коррекции планов проведения в АСУ КА (22); модели и алгоритмы решения задач координации в АСУ КА (24), коррекции (25), оперативного управления (26); модели и алгоритмы оперативного управления АСУ КА (23)

общая диалоговая система управления СПМО (27); локальные системы управления и сопряжения (28); блоки обработки, анализа и интерпретации результатов планирования, управления, моделирования (30); формализации сценариев моделирования (31); параметрической и структурной адаптации СПМО (блок 32); выработки рекомендаций по организации процедур моделирования и принятия решений (блок 29);

базы данных о состоянии КА (33), АСУ КА (34), ОБО (35), об аналитических и имитационных моделях функционирования и принятия решений в АСУ КА (36).

Исходя из состава задач проектировании, испытаний и эксплуатации МКА, и в соответствии с ТЗ на СЧ НИР, в состав разрабатываемого комплекса должны быть включены методики и алгоритмы, предназначенные для решения следующих задач:

- •многокритериального оценивания, анализа и прогнозирования значений показателей надежности, структурно-топологических и структурнофункциональных показателей живучести БА с использованием логико-вероятностного, нечетко-возможностного, интервального и комбинированного подходов, базирующихся на технологиях системного моделирования;
- •обеспечения требуемого уровня показателей надежности БА МКА за счет структурной избыточности и оптимального разнотипного резервирования ее элементов и подсистем;
- •расчета показателей надежности и оценивания стойкости радиоэлектронной бортовой аппаратуры космических аппаратов к воздействию заряженных частиц космического пространства по одиночным сбоям и отказам в течение установленных сроков активного существования и с учетом ее реальной компоновки, физических и геометрических характеристик защитных корпусов внешних и внутренних элементов конструкции МКА;
- оценивания технического состояния элементов и подсистем БА МКА, расчета, анализа и прогнозирования показателей надежности и живучести БА МКА на основе анализа значений телеметрируемых параметров на этапе наземных испытаний и орбитального полета;
- •структурно-функциональной реконфигурации БС МКА в штатных и заданных условиях эксплуатации, гибкого перераспределения функций между бортовым и наземным комплексами управления МКА.

## Структура методического обеспечения и экспериментального образца российского сегмента распределенного программно-аппаратного комплекса



Предложен модульный вариант построения программно-математического обеспечения имитационной системы на базе сервис-ориентированной архитектуры.

При реализации используются программные компоненты с открытым исходным кодом, обеспечивающие строгое соблюдение стандартов межмашинного взаимодействия.

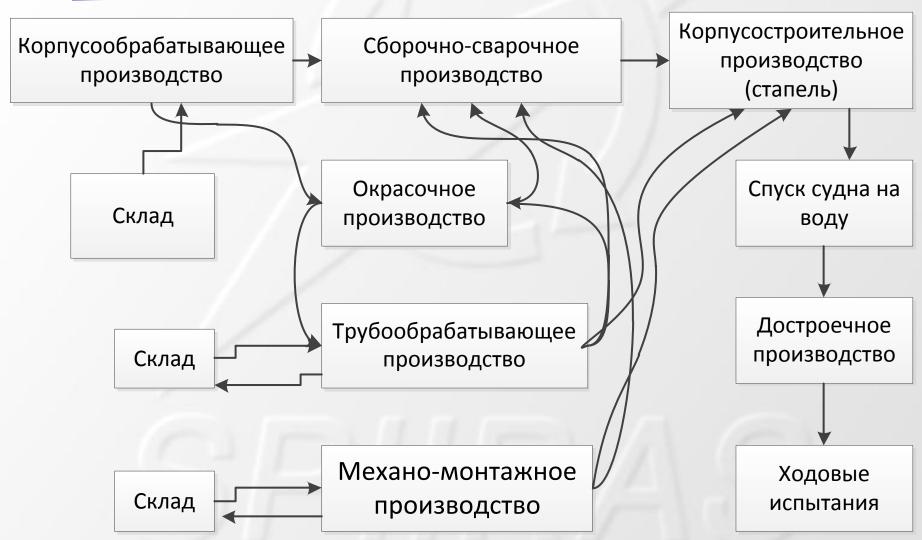
Модуль «Координация» предоставляет возможность описания логики (сценария) работы распределённой имитационной системы на высокоуровневом стандартизированном языке BPEL.

Администратор системы имеет возможность без программирования синтезировать новый сценарий расчётов интересующих показателей с использованием подключенных программных модулей исходя из поставленной цели исследования.

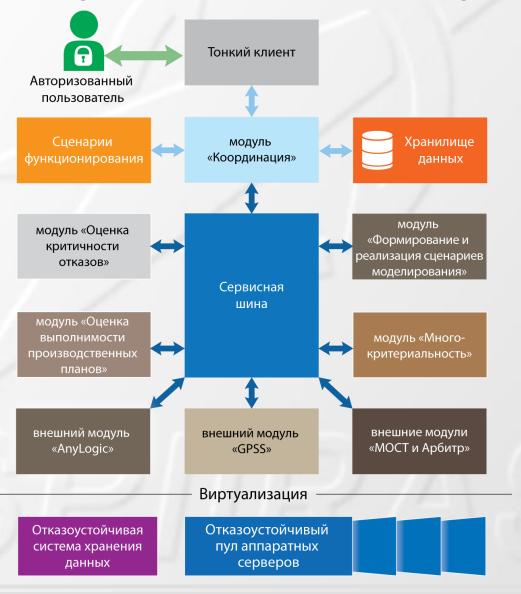
Переход к облачным вычислениям обеспечивает существенное повышение гибкости аппаратно-программной реализации. Создаваемый программный комплекс может быть распределен территориально и структурно, то есть выполняться на вычислительных мощностях, принадлежащих разным организациям, в том числе, находящихся в разных городах и странах. При этом синтезированная система с точки зрения конечного пользователя будет функционировать как единое целое.



## Производства и их связи

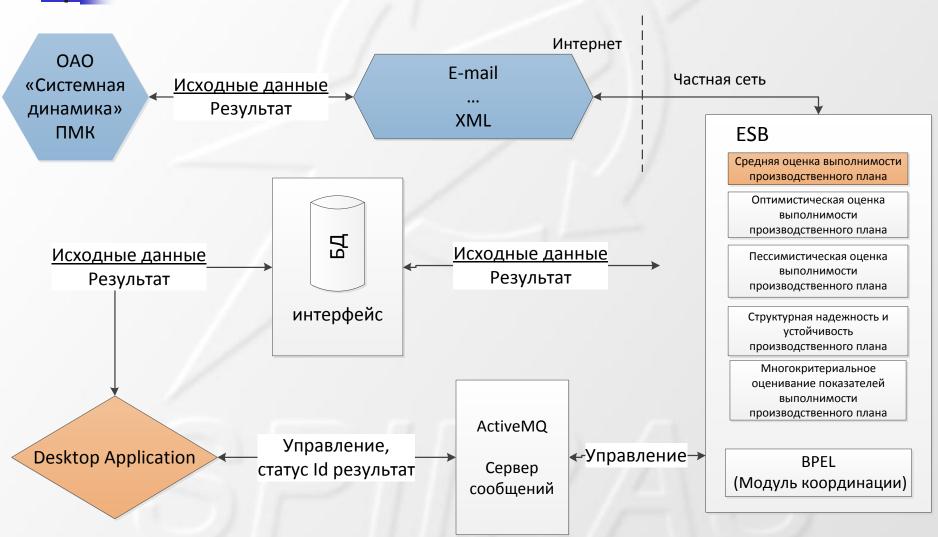


## Обобщенная архитектура создаваемого экспериментального образца

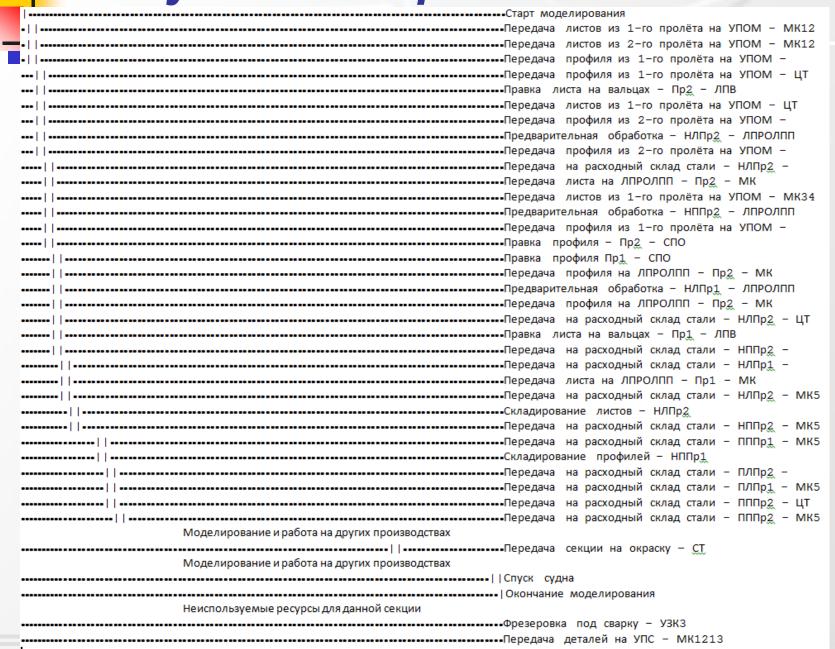




## Разрабатываемая технология комплексного моделирования ССП



## Результаты работы







## Интеллектуальная информационная технология и система мониторинга состояний сложных объектов в реальном времени

#### полученные результаты:





Технология реализована совместно с СКБ "ОРИОН" на объектах Федерального космического агентства и Войск воздушно-космической обороны.

## Основные достоинства разработанной интеллектуальной информационной технологии существенное сокращение

ущественное сокращение сроков и расходов на создание или модификацию систем мониторинга состояниями сложных объектов **№**озможность осуществлять мониторинг состояний в реальном масштабе времени с большим количеством измеряемых параметров **≻**повышение надежности и эффективности процессов управления объектами мониторинга **Увыявление неисправностей на** ранних стадиях их возникновения **≽**помощь в принятии решений по предупреждению аварий и катастроф **№**03можность интеграции существующих специализированных программных комплексов в единую систему мониторинга

#### Архитектура системы проактивного мониторинга состояния СлО

Концептуальное Поведенческое моделирование Генерация GUI моделирование Специализированные Автоматический синтез интерактивные подсистемы корректной метапрограммы МОНИТОР Система БД операционной среды Подсистема описания измеряемых и вычисляемых параметров Средства компонентных Подсистема описания групп параметров вычислений Подсистема описания моделей сегментации значений параметров Сетевые средства Подсистема описания динамических моделей изменения значений параметров Подсистема описания диалоговых панелей отображения Операционная система Подсистема многофункциональных запросов к БД Подсистема контроля функционирования объекта мониторинга Подсистема проверки условий и Языковые средства изменения хода анализа операционной среды Подсистема вызова автономных операций над данными Подсистема графического (мультимедийного) отображения Подсистема организации диалога с конечным пользователем

#### Характеристики программного комплекса

Количество одновременно анализируемых параметров до 1,6 ×10<sup>7</sup>

#### Диапазон значений анализируемых параметров:

- для целых чисел: от -2147483648 до +2147483647
- для чисел с плавающей точкой:
  - мантисса 15 значащих десятичных цифр
  - порядок от -307 до +308

Количество значений анализируемых параметров в одном сеансе анализа до 6 ×10<sup>10</sup>

Точность временной привязки анализируемых событий и явлений до 10<sup>-3</sup> секунды

#### Сложность унифицированных структурных вычислительных модулей:

- Матрицы ситуаций (до 512 ситуаций одновременно)
- Конечно автоматные модели
- Линейно ограниченные автоматы
- Уникальные модули произвольной мощности
- Универсальные пакеты прикладных программ

Количество одновременно используемых панелей отображения и рабочих оконограничено эргономическими возможностями средств отображения

#### Этапы работы пользователя программного комплекса

Проектирование данных и их структур

Параметры

Текстовые таблицы

Поддиапазоны значений параметров

Группы параметров

Макросы

Генераторы

. . .

Визуальное проектирование форм отображения

Мнемосхема контролируемого объекта

Информационные и управленческие связи на мнемосхеме

Органы управления различных типов

Сигнализирующие элементы

Тренды контролируемых процессов

Индикаторы

Логическое проектирование программ мониторинга и управления

Схемы мониторинга и управления

Алгоритмы мониторинга и управления

Математические модели мониторинга и управления

Схемы потоков данных

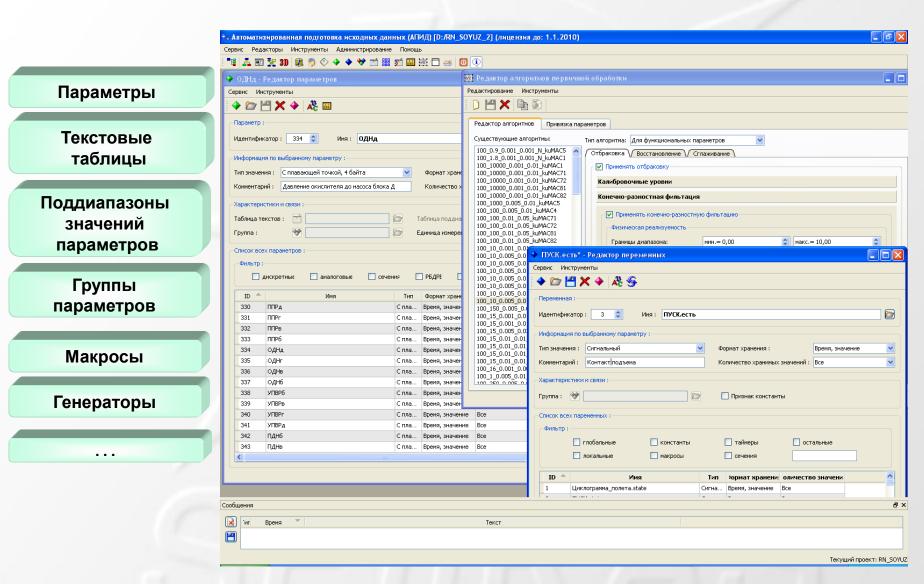
. . .

Главный принцип создания прикладной СМУ -

"Программирование без программирования":

Конечный пользователь – непрограммист разрабатывает программу СМУ на языке своих примитивов

#### Автоматизированное проектирование данных и структур



Мнемосхема контролируемого объекта

Информационные и управленческие связи на мнемосхеме

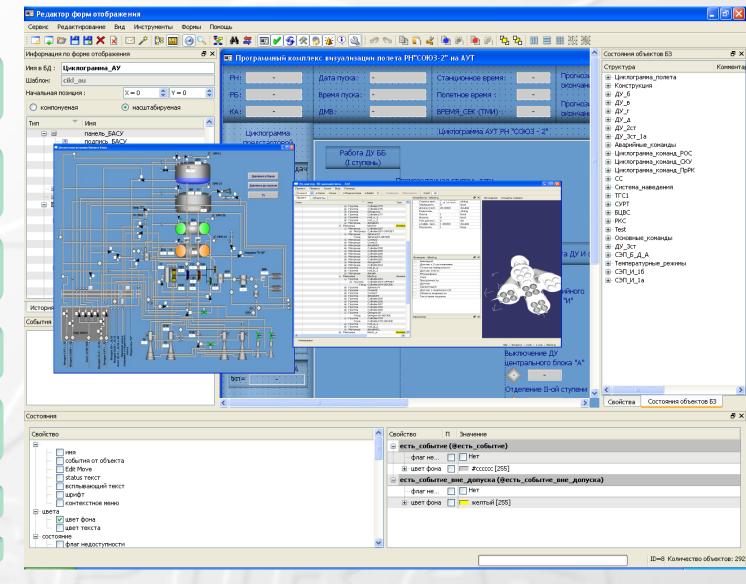
Органы управления различных типов

Сигнализирующие элементы

Тренды контролируемых процессов

Индикаторы

. . .



## Логическое проектирование программ мониторинга и

управления

- Автоматизированная подготовка исходных данных (АПИД) [D:/RN\_SOYUZ\_2] (лицензия до: 1.1.2010) - [Редактор базы знаний об объектах анализа]

Схемы мониторинга и управления

Алгоритмы мониторинга и управления

Математические модели мониторинга и управления

Схемы потоков данных

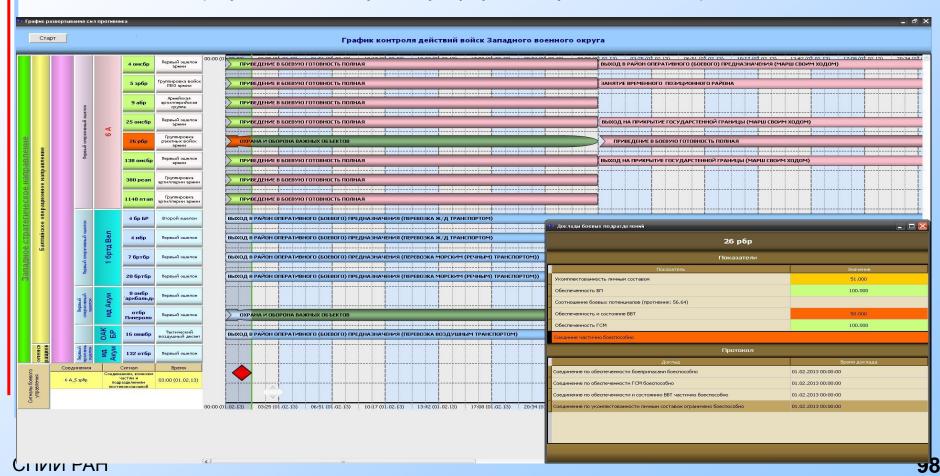
Сервис Редакторы Инструменты Администрирование Помощь Т5А - Редактор допусковых характеристых Tel 🚠 🖭 🛬 3D 🗸 🐧 ♦ ♦ ♦ ♦ 💝 🖆 🏭 💅 🖫 😹 🗋 🐼 🔘 🛈 😜 💾 🐙 🐧 📑 😾 🗸 🚽 🗁 💾 🗶 Шаг по аргументу: 1 👙 Менеджер проекто ₫× : 💾 🐉 💸 👫 👫 🗶 🧸 🖺 🖺 🚜 👙 🕿 RN\_S Проекты Сделать стартоі Циклограмма\_полета 😑 🗀 RN\_SOYUZ 8 ( 120,000 🗘 140,000 -17,000 🗘 -20,000 💲 Конструкция \$ ] 17,000 \$ 15,000 \$ 🖨 🕎 Формы 15,000 -20,000 🗘 -22,000 ду\_6 Циклограмма АУ 10 ( 160,000 🗘 180,000 14,000 🗘 16,000 -22,000 🗘 -24,000 🕻 ⊕ ДУ\_в Управление\_комп.. 11 ( 180,000 200,000 -24,000 🗘 -25,000 🕻 16,000 \$ 20,000 ДУ\_г Траектория РН 12 ( 200,000 \$ 220,000 20,000 \$ 21,000 \$ -25,000 🗘 -26,000 🗘 13 ( 220,000 \$ 240,000 -26,000 🗘 -25,000 🗘 21,000 \$ 23,000 \$ -25,000 🗘 -26,000 💲 14 ( 240,000 \$ 260,000 26,000 15 ( 260.000 \$ 290.000 C 1 26,000 C 29,000 C -26,000 \$ -25,000 \$ 3 4 1,00 График допусков <= ( [KП. t <= ( [K∏ ДФИС.t < <= ( [КП.е ]ФИС.t <= ДФИС.t <= (ДФИС < -15) | (ДФИС > 15) ( ДФИС.t > ( [КП.есть].t + 79.98 )) & (not([Вык. (ДФИС >= -15) & (ДФИС <= 15) ( ДФИС.t > [Выключение\_ДУ\_1ст.есть].t ) & ( (ДФИС < -15) | (ДФИС > 15)(ДФИС.t > [Выключение\_ДУ\_1ст.есть].t) &( (ДФИС >= -15) & (ДФИС <= 15) (ДФИС.t > [Отделение\_ЦБ\_от\_И.есть].t ) & (ni (ДФИС < -15) | (ДФИС > 15)(ДФИС.t > [Отделение ЦБ от И.есть].t) & (ni t = Пространственный угол 📲 Ірограммная угловая скор.. 3D мнемосхема Программная угловая скор. 3D\_компоновка OMPZ1 Программная угловая скор. ОМИХ1 Текущая угловая скорость. 🏋 Схемы Траектория\_РН ОМИҮ1 Текущая угловая скорость.. SISTEMENT OMMZ1 Температурные\_р. Текущая угловая скорость. D\_TЭTAФ Командный сигнал по кана. Таблица\_РОС - D\_ПСИФ Командный сигнал по кана. -D\_ФИФ Командный сигнал по кана. Отделение\_ХО - АЛПСИ Отделение\_ГО Оценка угла скольжения в. Отделение\_2ой\_с.. 🖃 🞯 состояния t = Времени параметра вызвавшего пер... ( АЛПСИ.t > ( [КП.есть].t + 48 )) & ( АЛПСИ.t modul(АЛПСИ) <= 3.4 - Отделение\_1ой\_с.. modul(АЛПСИ) > 3.4 ( АЛПСИ.t > ( КП.есть.t + 48 )) & ( АЛПСИ.t < Максимальные\_зн.. ⊟ АЛТЭТА Оценка угла атаки в райо. Исходные\_данные 🖮 🚱 состояния t = Времени параметра вызвавшего пер. Давления Д Лавленио Г Сообщения X Время Текущий проект: RN\_SOYUZ

## «Интеллектуальная информационная технология разработки и внедрения систем поддержки принятия решений (СППР) в АСУ объектами военно-государственного управления (ОВГУ)»

Разработанная распределенная СППР предназначена для повышения оперативности, обоснованности разрабатываемого решения командующим на операцию и ее планирования, комплексного моделирования и прогнозирования развития ситуаций, для уточнения принятого решения в ходе подготовки и ведения военных (боевых) действий за счет автоматизации ряда процедур реализации алгоритма работы органа управления.

На текущем этапе программа позволяет осуществлять рациональное распределение общевойсковой составляющей имеющейся группировки войск и формирование ее оперативного построения в зависимости от состава и ВХД противника.

(получила положительную оценку по результатам учений "Кавказ-2012")



#### Место разработанного СПИИРАН APM в общей структуре СППР АСУ ОВГУ



Система мониторинга и оперативного прогнозирования наводнений на базе интегрированного использования наземно-аэрокосмических данных

Автоматическое индивидуальное оповещение Заинтересованных лиц и организаций Постоянная актуализация данных и информации

#### СТРУКТУРА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ



Автоматическое моделирование распространения воды с использованием гидрологических моделей

Пост-обработка результатов и их сохранение в базе данных; Векторизация карты затопления

Визуализация и распространение результатов моделирования

#### СОСТАВ СИСТЕМЫ

- Подсистема обора, первичной обработки и передачи исходных данных
- Информационно-моделирующая подсистема
- Подсистема виЗувлиЗации и распространения результатов



Предоставление результатов моделирования во внешнее программное обеспечение по стандартным протоколам WMS, WCS



Персональное оповещение заинтересованных лиц и организаций с помощью мобильных устройств



Публикация краткосрочного прогноза на общедоступном геопортале

#### ПОТРЕБИТЕЛИ

Потенциальными потребителями результатов моделирования являются: гражданское население, исполнительные органы государственной власти, службы министерства по чрезвычайным ситуациям, организации, проектирующие и эксплуатирующие сложные гидротехнические комплексы.

#### РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ

- Прогнозируемые на 48 часов вперёд параметры затопления: ежечасные геопривязанные контуры и карта глубин, доступные по стандартным протоколам WMS, WCS.
- Перечень объектов, находящихся в зоне риска прогнозируемого затопления. Автоматическое уведомление заинтересованных лиц и организаций о текущей ситуации, связанной с наводнениями.
- Визуализация результатов моделирования в 2D и 3D режимах с использованием разработанного геопортала.

Результаты предоставляются в виде веб-сервиса, удалённо.

#### РАЗВЁРТЫВАНИЕ СИСТЕМЫ

На подготовительном этапе нами выполняется:

- создание или Уточнение цифровой модели рельефа;
- Установка автономных гидрологических датчиков;
- калибровка параметров модели.

Капитальных вложений в создание инфраструктуры системы от заказчика не требуется.

#### ПРЕИМУЩЕСТВА

автоматически.

Предлагаемая система ориентирована на предоставление высокоточного оперативного прогноза наводнения заинтересованным лицам и организациям.

От пользователя не требуется специальных навыков программирования и моделирования. На этапе эксплуатации система работает

ДОСТУПНОСТЬ. НАГЛЯДНОСТЬ. ОПЕРАТИВНОСТЬ. АВТОМАТИЗАЦИЯ.

Современная информационная система на базе интегрированной интеллектуальной платформы наземно-аэрокосмического мониторинга

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1.Проведенные исследования показали, что для обеспечения требуемого уровня показателей адекватности, достоверности и точности моделирования СлО необходимо базироваться на современной методологии и технологиях комплексного моделирования (КМ) указанных объектов.
- 2. Основное достоинство КМ состоит в том, что за счет полимодельного (многомодельного) описания каждой конкретной исследуемой предметной области и соответствующего согласования разнотипных моделей, методов и алгоритмов анализа и синтеза СлО на формализованном (глубинном) уровне описания удается, во-первых, взаимно компенсировать недостатки и ограничения, присущие каждому частному классу моделей, методов и алгоритмов, и, во-вторых, получить синергетический эффект от их интегративного использования, выражающийся в формировании новых знаний о СлО и его поведении.

- Юсупов Р.М., Заболотский В.П. Концептуальные и научнометодологические основы информатизации. – СПб.: Наука, 2009. — 542 с., 80 ил.
- Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. – М.: Наука, 2006, 410 с.
- Sokolov B. V., Yusupov R. M. Influence of Computer Science and Information Technologies on Progress in Theory and Control Systems for Complex Plants // Keynote Papers of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, Moscow, Russia, June 3–5, 2009. P. 54–69.
- Sokolov BV, Yusupov RM (2004) Conceptual foundations of quality estimation and analysis for models and multiple-model systems. J Comput Syst Sci Int 6:5–16
- Ivanov D, Sokolov B, Kaeschel J (2009a) A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations control with structure dynamics considerations. Eur J Oper Res. doi:10.1016/j.ejor.2009.01.002
- Ivanov D, Sokolov B (2010) Adaptive Supply Chain Management, Springer, 295 p.

- Плотников А.М., Рыжиков Ю.И. Первая всероссийская научно-практическая конференция ИММОД-2003. Итоги и перспективы // Вестник технологии судостроения. 2004. № 12. С. 69–73.
- Рыжиков Ю.И., Плотников А.М. Вторая всероссийская научно-практическая конференция ИММОД-2005. // Вестник технологии судостроения. 2006. № 14. С. 67–73.
- Рыжиков Ю.И., Плотников А.М. Третья всероссийская научно-практическая конференция ИММОД-2007. // Вестник технологии судостроения. 2008. № 16. С. 108-114.
- Материалы 1-й, 2-й, 3-ей, 4-ой Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика», т.т. 1-2 СПб.: ФГУП «ЦНИИ», 2003, 2005, 2007, 2009.
- Труды 5-й Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика», т.т. 1-2 СПб.: ОАО «ЦТСС», 2011 г.
- Аврамчук Е.Ф., Вавилов А.А., Емельянов С.В. и др. Технология системного моделирования / Под общ. ред. С.В.Емельянова. И.: Машиностроение, 1988.
- Власов С.А., Девятков В.В. Имитационное моделирование в России: прошлое, настоящее, будущее //Автоматизация в промышленности, 2005, №5. стр. 63-65.
- Захаров И.Г. Обоснование выбора. Теория практики.- СПб.: Судостроение, 2006.-328 с., ил.
- Краснощёков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. М.: Фазис, 2000. – 400 с.

- Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. М.: Мир, 1978.
- Бусленко Н.П. «Моделирование сложных систем», М., «Наука», 1968.
- Т. Нейлор «Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем». М.: Мир, 1975. – 500 стр.
- Р. Шеннон «Имитационное моделирование систем искусство и наука». М.: Мир, 1978. 418 стр.
- Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic. СПб.:, БХВ-Петербург, 2005.
- Ростовцев Ю.Г., Юсупов Р.М. Проблема обеспечения адекватности субъектно-объектного моделирования// Известия ВУЗов. Приборостроение. - № 7, 1991. — С.7-14.
- Рыжиков Ю.И., Плотников А.М., Четвертая всероссийская научно-практическая конференция ИММОД-2009. Репринт. СПб.
- Савин Г.И. Системное моделирование сложных процессов. М.: Фазис, 2000.

- Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование:
   Идеи. Методы. Примеры. М.: Физматлит, 2001. 320 с.
- Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Концептуальные основы оценивания и анализа качества моделей и полимодельных комплексов // Теория систем и управления, 2004, № 6. С. 5–16.
- Шеннон Р. Имитационное моделирование искусство и наука. М.: Мир, 1978. – 418 с.
- Юсупов Р.М. Элементы теории испытаний и контроля технических систем: / Под ред. Р.М. Юсупова. М.: Энергия, 1977. 189 с.
- Юсупов Р.М., Иванищев В.В., Костельцев В.И., Суворов А.И. Принципы квалиметрии моделей // IV СПб Международная конференция «Региональная информатика-95», тезисы докладов. СПб, 1995. С.90-91.
- 21st European Conference on Modelling and Simulation, June 4–6, Prague, Grech Republic, Proceedings, 2007, Prague 826 pp.
- <u>http://www.wintersim.org</u>
- http://www.scs.org
- http://www.liophant.org/scsc

## Контактная информация

### Соколов Борис Владимирович:

- Phone: +7 812 328-01-03;
- \* Fax: +7 812 328-44-50;
- E-mail: sokol@iias.spb.su;
- Web: <a href="http://www.spiiras.nw.ru">http://www.spiiras.nw.ru</a>

Web: http://litsam.ru

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ