



**ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
РАКЕТНЫХ ВОЙСК СТРАТЕГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
имени Петра Великого**



**1**

# **Методы Data Mining в системах контроля состояния сложных технических систем**



**Начальник кафедры ВА РВСН им. Петра Великого  
Потюпкин Александр Юрьевич**

# Особенности элементов системы контроля

2



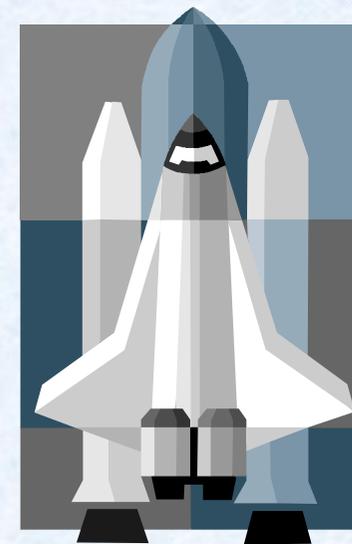
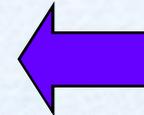
Результаты измерений

Анализатор



Средство контроля

Измерения



Объект контроля

- решение интеллектуальных задач контроля
- анализ ТТХ объекта контроля
- контроль работоспособности

- «жёсткая» программа измерений
- ограниченная пропускная способность

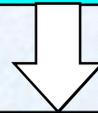
- тенденция к усложнению
- рост числа контролируемых параметров
- возрастание вероятности возникновения НШС

# Структура процесса контроля

3

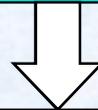
## Накопление и обобщение априорной информации об объекте контроля

- формирование алфавита классов технических состояний
- выбор модели объекта контроля (выбор словаря признаков контроля)
- описание алфавита классов моделями объекта контроля
- разработка решающих правил распознавания технических состояний



## Получение и обработка контрольно-диагностической информации об объекте контроля

- производство измерений
- предварительная и первичная обработка измерений
- вторичная обработка
  - определение оценок признаков контроля и идентификация модели объекта
  - анализ функционирования объекта контроля



## Применение правил принятия решения о техническом состоянии

- выбор варианта композиции априорной и апостериорной информации о технических состояниях объекта контроля
- принятие решения о техническом состоянии

# Виды измерительной информации

4

**Количественная**  
медленноменяющиеся

параметры –

*временной анализ*

быстроменяющиеся

параметры –

*спектральный анализ*

**Качественная**

сигнальная -

информация о событиях  
и времени их свершения

«программная» –

информация о режимах и

алгоритмах

функционирования

объекта

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Время	Датчик 1	Датчик 2	Датчик 3	Датчик 4	Датчик 5	Датчик 6	Датчик 7	Датчик 8	Датчик 9	Датчик 10	Датчик 11	Датчик 12	
2														
3														
4	1	0	0	25	13,50756	22,73486	4,768108	-0,26554	0	190,8419	0,308442	1,54221	вкл	
5	2	3,465736	27,37343	56	-23,3042	43,74431	6,613948	-6,25544	0	-148,824	0,71781	8,039469	вкл	
6	3	5,493061	14,47391	12	-11,8799	19,48838	4,414565	1,295414	1	-15,7711	0,251356	0,603255	вкл	
7	4	6,931472	9,680181	33	-21,5702	39,86814	6,314122	-6,3111	1	-231,956	0,63814	4,211723	вкл	
8	5	8,04719	46,49511	18	5,105919	7,074386	2,659772	2,356964	1	6,433397	0,06011	0,216397	вкл	
9	6	8,958797	27,34551	38	36,48647	74,91318	8,65524	6,216472	1	58,67694	1,404291	10,67261	вкл	
10	7	9,729551	8,841755	56	42,21853	89,24907	9,447172	9,444804	1	133,0312	1,740896	19,49803	вкл	
11	8	10,39721	6,242709	58	-8,439	12,92853	3,595627	3,231336	0	-47,3548	0,143707	1,667002	вкл	
12	9	10,98612	27,27573	60	-54,6678	121,6965	11,03161	-0,39748	1	-99,0348	2,53771	30,45252	выкл	
13	10	11,51293	47,19003	61,7	-51,7707	113,999	10,67703	3,343873	1	-113,604	2,344846	28,9354	выкл	
14	11	11,98948	23,7097	63,4	0,280589	0,217613	0,46649	-0,41665	1	4,275166	-0,00144	-0,01828	выкл	
15	12	12,42453	42,54732	65,1	54,93489	122,4103	11,06392	-0,75557	1	93,73331	2,555704	33,27527	выкл	
16	13	12,82475	20,89266	66,8	60,61745	137,7581	11,73704	-7,92684	1	226,5545	2,946807	39,36934	вкл	
17	14	13,19529	29,99324	68,5	9,366499	14,65186	3,827775	2,961437	0	17,90616	0,170825	2,340302	вкл	
18	15	13,54025	46,94148	70,2	-53,3301	118,1318	10,86885	1,373717	0	-100,92	2,448124	34,37166	вкл	
19	16	13,86294	50,03297	71,9	-68,8557	160,5196	12,66963	-12,6021	0	-206,282	3,540304	50,90957	вкл	
20	17	14,16607	53,87566	73,6	-20,252	36,96256	6,079684	-5,95423	0	-25,2087	0,579485	8,530019	вкл	
21	18	14,45186	22,88898	75,3	49,72185	108,6067	10,42146	5,659845	1	62,32312	2,211077	33,29882	вкл	
22	19	14,72219	35,74966	77	76,13026	181,0793	13,45657	-8,46764	1	101,1541	4,088532	62,9634	вкл	
23	20	14,97866	50,48608	78,7	32,11606	64,27864	8,017396	1,304335	1	70,97613	1,162201	18,29304	вкл	
24	21	15,23263	68,95315	80,4	44,0374	92,88388	9,659318	0,352355	1	50,257	1,851031	20,77880	вкл	

## Особенности проведения анализа

- Ограниченность выборки измерений
- Учет влияния случайных погрешностей и аномальных выбросов
- Высокие требования к синхронизации событий и процессов
- Возможность возникновения нештатных ситуаций
- Требования по оперативности анализа
- Необходимость учета динамики функционирования объекта контроля
- Использование концепции «динамического анализа»
- Ориентированность ПМО анализа на штатное функционирование объекта

# Особенности объекта контроля как сложной системы

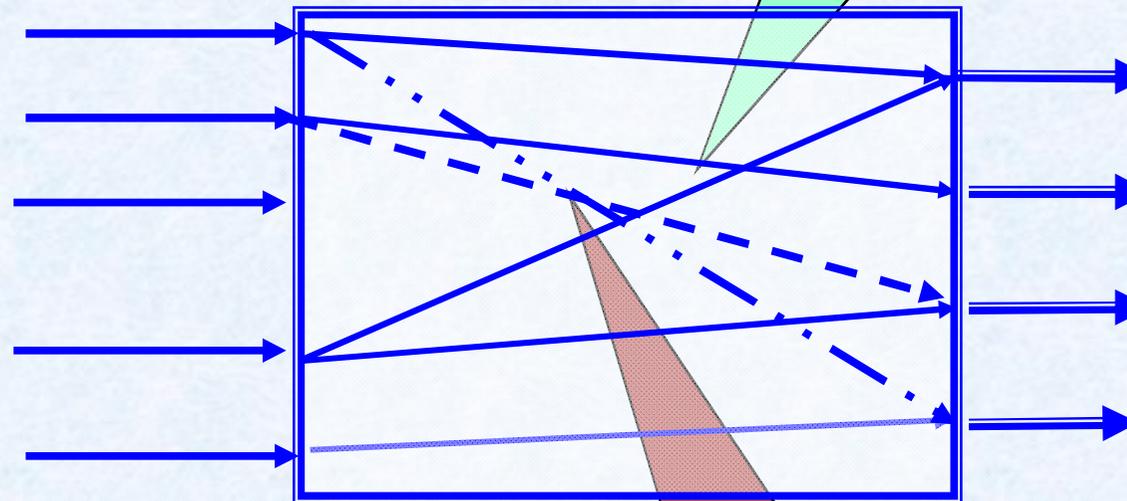
6

Сложная система обладает

- ❖ свойствами самоорганизации и саморазвития
- ❖ для наблюдателя всегда остаётся «вещью в себе»
- ❖ принципиально нелинейна
- ❖ её поведение непредсказуемо

Явные связи вход-выход –  
штатное  
функционирование

Входные параметры



Выходные параметры

Неявные связи  
вход-выход -НПС

## Применение методов Data Mining в задачах контроля состояния

- **Задача классификации** – определение класса объекта по его характеристикам – как задача определения одного из штатных технических состояний системы.
- **Задача регрессии** – определение по известным характеристикам объекта некоторых его параметров – как задача факторного анализа, классификации и прогнозирования.
- **Задача поиска ассоциативных правил** – нахождение частых зависимостей (ассоциаций) между объектами или событиями - как задача определения неявных зависимостей между параметрами системы, задача секвенционального анализа и прогнозирования.
- **Задача кластеризации** – поиск независимых групп (кластеров) и их характеристик во всем множестве анализируемых данных – как задача выделения и распознавания новых (нештатных) состояний, то есть задача идентификации.

# Динамика развития измерительных технологий

Поколение	Особенности
<b>I поколение - 60-е годы</b>	Цикличность управления и получения измерительной информации с помощью специальных устройств вычислительной техники Обработка информации отдельно на ЭВМ
<b>II поколение – 70-е годы</b>	Адресный сбор измерительной информации Включение ЭВМ в состав измерительных систем
<b>III поколение – 80-е годы</b>	Внедрение микропроцессоров и интеллектуальных измерительных приборов Появление специальных БИС со сложной обработкой данных
<b>IV поколение – с 90-х г. по н. вр.</b>	Наличие интеллектуальных датчиков Большая пространственная протяженность Развитое ПО вплоть до сред измерительного программирования Создание виртуальных измерительных систем

# Концепция хранилищ данных в задачах контроля состояния

9

