### А.Н. ЧЕРНОДУБ, И.В. МОКРОВ, М. В. КАРАВАЕВ, А.А. ЖДАНОВ

Институт Системного Программирования РАН, Москва

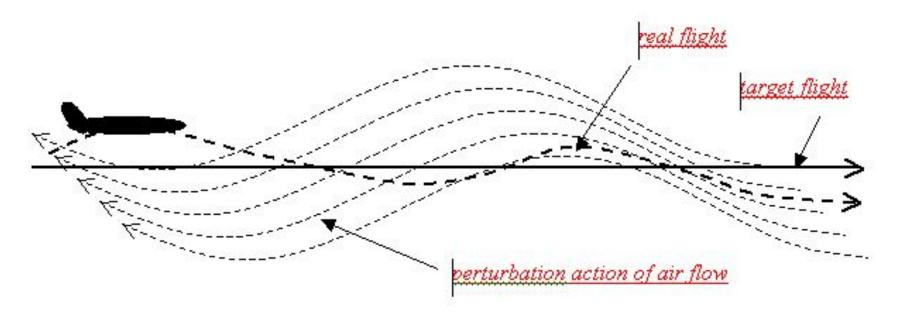
Web-site: <a href="http://www.aac-lab.com">http://www.aac-lab.com</a>

E-mail: <u>alexander.zhdanov@ispras.ru</u>

# Прототип аварийно-устойчивого автопилота на основе бионического метода «Автономного Адаптивного Управления»

Докладчик: А. Н. Чернодуб

#### Постановка задачи моделирования



- target flight целевая траектория полёта
- perturbation action of airflow восходящие и нисходящие потоки воздуха
- real flight скорректированная автопилотом траектория полёта

#### Принцип действия традиционных автопилотов

$$\delta = k_1 \Delta \phi + k_2 \frac{d\Delta \phi}{dt} + \dots$$

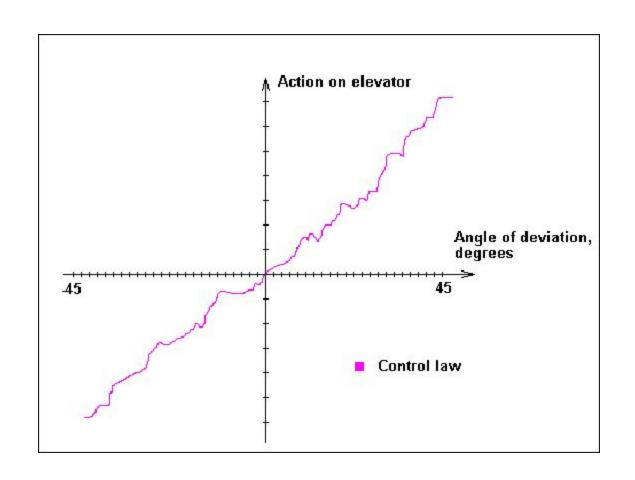
 $\delta$  - нужный угол отклонения руля высоты

 $\phi$  - текущий угол тангажа

 ${\it k}_{1}, {\it k}_{2}, ..., {\it k}_{n}$  - передаточные числа

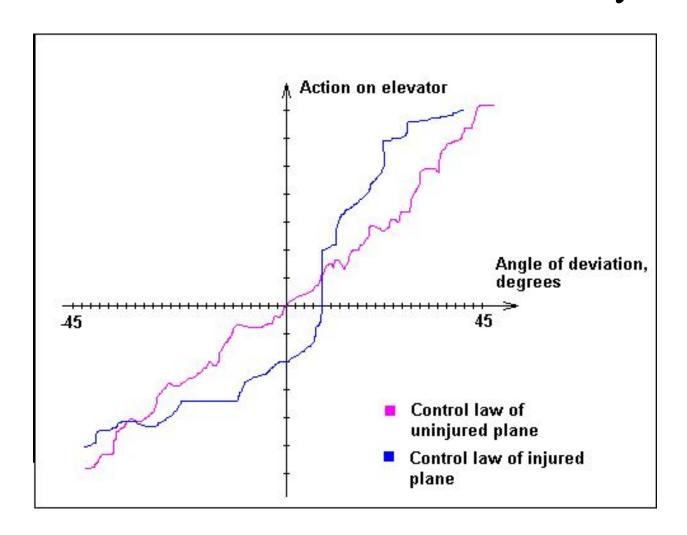


#### Вид закона управления ЛА



Слайд 3/11

### Фактическое изменение закона управления вследствие возникшей нештатной ситуации

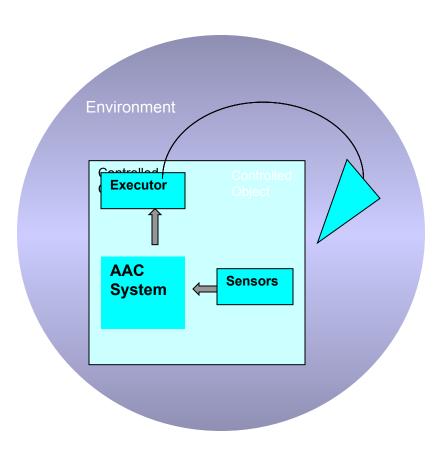


Слайд 4/11

### Метод Автономного Адаптивного Управления (AAУ)

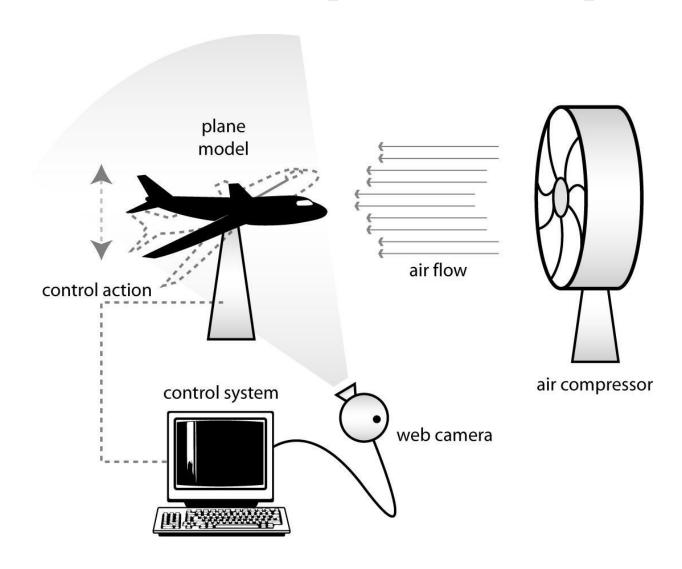
Управление объектом осуществляется без использования математической модели объекта.

Способ управления получается на основе знаний, эмпирически накопленных во время работы системы.



- большая независимость системы управления от свойств объекта управления (самолета)
- способность системы управления приспосабливаться к потенциально меняющимся свойствам объекта управления

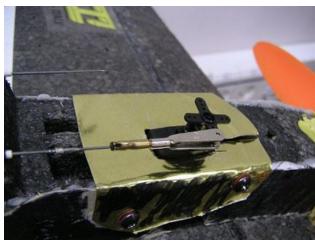
#### Стенд для моделирования эксперимента



Слайд 6/11

#### Стенд для моделирования эксперимента / 2



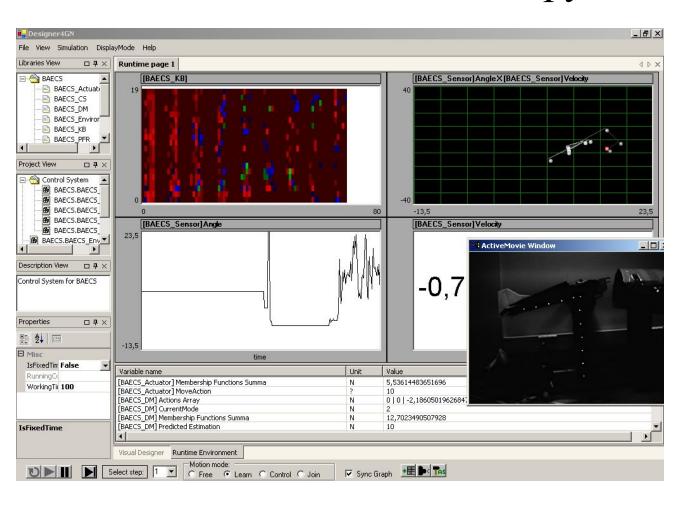






Слайд 7/11

#### Использование инструмента 4GN



- ускорение времени разработки
- наличие базовых библиотек компонентов управляющих систем
- визуальный интерфейс разработки
- удобство в отладке системы
- возможность работы с hardware

#### Управление неповрежденной моделью ЛА

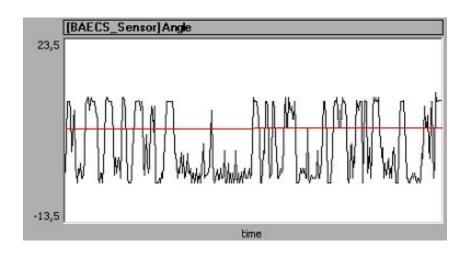


Рис. 1. Режим обучения и управления неповрежденной модели самолета

## Адаптация к изменившимся свойствам объекта управления

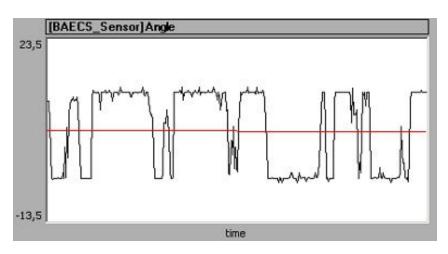


Рис. 2. Режим управления поврежденной модели самолета

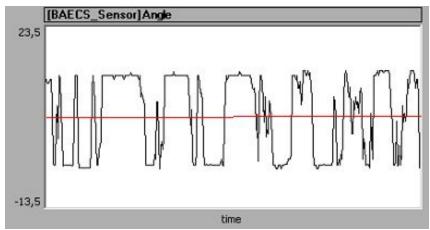


Рис. 3. Режим управления поврежденной модели до-обучившейся системой

#### Основные полученные результаты:

- 1. Разработана и изготовлена физическая модель самолёта и окружающей среды.
- 2. На основе метода автономного адаптивного управления разработана адаптивная система управления самолетом (адаптивный автопилот).
- 3. Исследована возможность применения метода ААУ к разработке прикладных адаптивных систем автопилотирования ЛА.
- 4. Смоделирована аварийная ситуация и показан процесс выработки нового стереотипа поведения, улучшающий качество управления.

#### Список литературы:

- 1. Савельев В. В., Основные элементы системы стабилизации самолет-автопилот. Законы управления автопилотов: Учеб. Пособие. Тул. политехн. ин-т. Тула: ТулПИ. 1990. 63 с
  - 2. Журнал "Signal Magazine" # 2, 1991, с. 19.
- 3. Жданов А.А. Метод автономного адаптивного управления // Известия Академии Наук. Теория и системы управления, 1999, № 5, с. 127-134.
- 4. Жданов А.А., Беляев Б.Б., Мамаев В.В., "PILOT" адаптивная система стабилизации углового движения космического аппарата. Использование принципа автономного адаптивного управления в системе угловой стабилизации космического аппарата "Спектр РГ": Сборник "Информационная бионика и моделирование" (п.ред. акад.Лупичева Л.Н.), Изд-во ГосИФТП, 1995, с.87-114. 27 стр.
- 5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976.
- 6. Jyh-Shing Roger Jang, Chuen-Tsai Sun, Eiji Mizutani. Neuro-fuzzy and soft computing. Prentice-Hall, 1997.
- 7. Жданов А.А. О методе автономного адаптивного управления (лекция). Сб. научн. тр. Всероссийской научн.-техн. конференции "Нейроинформатика-2004". М.: МИФИ.