

## **ЛАБОРАТОРИЯ № 2**

### ***Лаборатория моделей и алгоритмов обработки изображений***

Заведующий лабораторией – профессор, д.ф.-м.н. Миллер Борис Михайлович  
Тел.: (095) 209-47-81, E-mail: [bmiller@iitp.ru](mailto:bmiller@iitp.ru)

Ведущие ученые лаборатории:

С.н.с., к.ф.-м.н.	Милюкова О. П.	Н.с., к.ф.-м.н.	Степанян К. В.
С.н.с., к.т.н.	Просин А. В.	С.н.с., к.ф.-м.н.	Сушко Д. В.
С.н.с., к.т.н.	Рубанов Л. И.	С.н.с., к.т.н.	Чочиа П. А.

### **НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ:**

- математическое моделирование изображений и последовательностей изображений;
- исследование дискретно-непрерывных и гибридных систем;
- управление стохастическими и детерминированными дискретно-непрерывными системами;
- исследование систем передачи данных по каналам с флуктуирующими характеристиками;
- применение теории обобщенной оптимизации в задачах управления наблюдениями и обработки сигналов;
- методы решения некорректных задач, обработка изображений, фильтрация, улучшение и сжатие;
- интерпретация и анализ сцен;
- распознавание и идентификация видеоизображений;
- исследование человеко-машинных диалоговых систем.

### **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

В настоящее время в мире проводятся активные исследования в области опто-акустической томографии (ОАТ). Техническая реализация схем измерения ОАТ интенсивно разрабатывается и совершенствуется. Основные надежды связаны с применением ОАТ для ранней диагностики рака молочной железы. Однако вопрос о построении алгоритмов, обеспечивающих достаточно высокое качество изображения и удобных для реализации, оставался открытым. В рамках совместной с Институтом физико-химической биологии им. А. Н. Белозерского работы такие алгоритмы были построены, реализованы и исследованы. Как показали результаты численных экспериментов, качество построенных алгоритмов, оцениваемое в соответствии с общепринятыми в томографии критериями, лишь немного уступает используемому в радоновской томографии алгоритму свертки и обратной проекции, который *de facto* является эталоном. Тем самым эти алгоритмы пригодны для практического применения. (Д. В. Сушко).

Выполнено исследование проблемы управления потоком данных при неполной информации о состоянии сети. Задача сформулирована как задача оптимального стохастического управления, где в качестве критерия принята некоторая функция полезности, учитывающая потери, связанные с необходимостью перепосылки данных при потере информации, вызванной перегрузкой сети. Предполагалось, что состояние сети описывается управляемым марковским

процессом с конечным множеством состояний, а поток сообщений о потерянных пакетах (*поток потерь*) описывается считающим процессом, интенсивность которого зависит как от текущей скорости передачи данных, так и от ненаблюдаемого состояния соединения. Полученная задача относится к классу задач с одновременным управлением процессом и наблюдениями. В работе впервые получена характеристика оптимального управления с помощью принципа максимума и в важном для приложений случае получено явное выражение для оптимальной скорости потока данных. Сравнение с известными протоколами, управляющими передачей данных, TCP/IP (*Transmission Control Protocols/Internet Protocols*) убедительно доказывает, что использование модели сети и априорной информации позволяет добиться более высокой стабильности функционирования, что особенно важно в спутниковых и мобильных сетях передачи данных. (Б. М. Миллер, К.В. Степанян)

Завершено исследование проблемы оптимального стохастического сингулярного управления. Во многих приложениях теории управления таких как: управление летательными аппаратами, хемо- и радиотерапия, финансовая математика, телекоммуникации, управляющие воздействия приводят к быстрым, практически мгновенным изменениям состояния управляемой системы. Такие воздействия естественно описывать как *сингулярные управления-меры*. До последнего времени в стохастических системах для синтеза оптимальных импульсных управлений применялись методы типа динамического программирования, которые плохо приспособлены для решения задач более или менее высокой размерности, и поэтому исследования стохастических систем с сингулярными управлениями ограничивались весьма простыми линейными моделями размерности не выше двух. В работе впервые предложен метод анализа, основанный на идее управляемой сингулярной замены переменных, который позволил установить теоремы существования и вывести условия оптимальности в форме обобщенного принципа максимума для широкого класса нелинейных динамических систем, описываемых стохастическими дифференциальными уравнениями с мерой, афинными по управлению-мере. (Б. М. Миллер)

В рамках работы, выполняемой по соглашению о сотрудничестве с компанией MicroSpec Technologies Ltd., Carl Zeiss Group, Израиль, по теме "Исследование алгоритмов обнаружения дефектов на изображениях" исследованы методы обнаружения объектов (дефектов) на монохромных и цветных изображениях квазирегулярных объектов. На этапе работы с квазирегулярными изображениями, которые имеют выраженную линейную форму и/или имеют периодические структуры (*направления, вдоль которых наблюдается линейность или периодичность объектов называются направлениями регулярности*), было выполнено исследование алгоритмов совмещения. Проведено исследование алгоритмов совмещения таких квазирегулярных изображений для случая, когда направлениями регулярности являются горизонтальное и вертикальное направления. Показано, что при таких условиях можно существенно сократить объем вычислений, требуемый для поиска точки наилучшего совмещения, по сравнению с алгоритмом двумерной корреляции, что важно при практическом применении. Разработан алгоритм быстрого совмещения квазирегулярных изображений с вертикальным/горизонтальным направлениями регулярности. (П. А. Чочиа)

Проведены исследования специфических свойств амплитуды и фазы спектральных составляющих изображений, искаженных линейным интегральным оператором и представленных с помощью преобразования Фурье. Показано, что большинство математических моделей линейных искажений приводят к амплитудным изменениям без изменения фазовой составляющей, что порождает

## **Институт проблем передачи информации РАН**

задачу восстановления с неполными данными в спектральной области. Предложено использовать специфику спектральных характеристик искаженных изображений в задачах распознавания и классификации. В частности, неизменность фазы при линейных искажениях позволяет применять алгоритмы распознавания и классификации непосредственно к искаженным изображениям, без процедуры предварительного восстановления. (О. П. Милюкова)

Проведено исследование нового явления потерь в усилении антенн в радиолиниях, включающих статистически неровные поверхности. Теоретически и посредством компьютерного моделирования определены количественные соотношения потерь в усилении передающей и приемной антеннах со статистическими характеристиками нерегулярных поверхностей. (А. В. Просин)

Сформирована коллекция высококачественных цифровых изображений, относящихся к истории отечественной и мировой науки – портреты выдающихся ученых (в частности, всех членов Российской академии наук с 1724 г.), репортажные снимки из исследовательских лабораторий и с научных мероприятий. По состоянию на конец 2004 г. это собрание включает 9480 архивных черно-белых и цветных фотографий, рисунков, гравюр высокого разрешения; общий объем хранения превысил 17 Гбайт. Изображения хранятся в табличном пространстве СУБД Oracle 9i и снабжены атрибутами, которые позволяют средствами языка запросов SQL осуществлять поиск и отбор по различным критериям. С помощью этой инфраструктуры был проведен первичный анализ изменчивости по статистическим и теоретико-информационным параметрам, в частности, энтропии изображений. (Л. И. Рубанов)

*Сотрудники лаборатории в качестве приглашенных докладчиков участвовали в следующих конференциях:*

- Международный Конгресс по Нелинейному Анализу, Флорида, Орlando, США. Июль 2004 г.
- 9-я Международной конференции «Системный анализ и управление», Евпатория, Июнь – Июль 2004 г. .
- IV Международная конференция «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'05. Конференция будет проводиться ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, Российским национальным комитетом по автоматическому управлению, Российской академией наук в январе 2005 г.
- Network Optimization and Control, Workshop of EuroNgi Network of Excellence, Октябрь, 2004, ИНРИА София-Антиполис, Франция.

## **ГРАНТЫ:**

- **Российский фонд фундаментальных исследований (№ 03-07-90158):** "Разработка и создание многоуровневого информационного ресурса «История российской науки в лицах»" – совместно с Сектором № 2 ИППИ РАН).
- **Российский фонд фундаментальных исследований (№ 02-01-00361):** "Робастные методы оценивания и управления стохастическими процессами в гибридных функциональных динамических системах".
- **Национальный научный фонд США (CMS-0000458):** "Управление негладкими механическими и электромеханическими системами с использованием методов вэйвлет и импульсного управления: метод активных сингулярностей".
- **Программа фундаментальных научных исследований ОИТВС РАН "Новые физические и структурные решения в инфотелекоммуникациях. Алгоритмическое и программное обеспечение инфокоммуникационных сетей":**

«Исследование проблемы передачи данных по флуктуирующим каналам связи методами теории стохастического управления».

Сотрудники лаборатории также работают в рамках Соглашения о сотрудничестве с компанией MicroSpec Technologies Ltd., Carl Zeiss Group (Израиль) по теме "Исследование алгоритмов обнаружения дефектов на изображениях".

## **ПУБЛИКАЦИИ В 2004 г.**

### Опубликованные статьи

1. Миллер Б.М., Степанян К.В. Оптимизация потока передачи данных в TCP/IP методами теории стохастического управления // Информационные процессы. 2004. Т. 4. № 2. С. 133-140. <http://www.jip.ru/2004/133-140.pdf>
2. Попов Д.А., Сушко Д.В. Восстановление изображений в оптоакустической томографии. // Проблемы передачи информации. 2004. № 3. С. 81-107.
3. Miller B., Avrachenkov K., Stepanyan K., Miller G. Flow Control as Stochastic Optimal Control Problem with Incomplete Information // INRIA Research report. 2004. No. 5239. P. 1-26. <http://www.inria.fr/rrrt/rr-5239.html>

### Книги, принятые к публикации

1. Миллер Б.М., Рубинович Е.Я. Оптимизация динамических систем с импульсными управлениями. М.: Физматлит, Наука, 2005. 501 с.

### Тезисы докладов

1. Степанян К.В. О применении стохастической теории управления в системах, описываемых кусочно-детерминированными Марковскими процессами, для моделирования систем передачи данных с флуктуирующим каналом связи // Тезисы докладов 90-й Международной конференции «Системный анализ и управление». (Июль 2004 г., Евпатория, Украина).
2. Miller B.M., Avrachenkov K., Stepanyan K., Miller G. Stochastic Control Approach to Flow Control // EuroNgi Workshop on Network Optimization and Control. (2004, October 14-15, INRIA Sophia Antipolis).

### Доклады, принятые на конференции

1. Айзенберг И.Н., Бутаков К.А., Миллюкова О.П. Распознавание изображений искаженных линейным преобразованием на основе их спектральных характеристик // Conference on Education and Information Systems: Technologies and Application. EISTA 2005.
2. Bentsman J., Miller B., Rubinovitch E.Ya. Modeling and Control of Dynamical Systems with Active Singularities and Sensing in a Singular Motion Phase // IFAC World Congress, Prague, 2005.
3. Dufour F., Miller B. Stochastic Maximum Principle for Singular Controls // IFAC World Congress, Prague, 2005.
4. Miller B., Avrachenkov K., Stepanyan K., Miller G. Flow Control as Stochastic Optimal Control Problem with Incomplete Information // IEEE INFOCOM'05, Miami, March 13-17, 24th Annual Conference.
5. Miller B., Avrachenkov K., Stepanyan K., Miller G. Hidden Markov model based flow control in TCP/IP networks // Труды IV Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'05, Москва, январь 2005 г.