

Этапы жизненного и творческого пути академика А.Б. Куржанского

М.И.Гусев

Институт Математики и механики им. Н.Н.Красовского УрО РАН

XVII Международная конференция Устойчивость и колебания
нелинейных систем управления (Конференция Пятницкого)
3-5 июня 2026 г. Москва, ИПУ РАН



**Александр Борисович
Куржанский
(1939-2025)**

А.Б.Куржанский родился в городе Шанхае (КНР) 19 октября 1939 года. В 1955 году он переехал с родителями из Китая в СССР и поступил в 9-й класс средней школы №1 в Свердловске. Окончив школу с медалью, он в 1957 году становится студентом энергетического факультета Уральского политехнического института (УПИ), который с отличием заканчивает в 1962 году по специальности «Электрические сети и системы». Первая его публикация была посвящена расчету оптимальных режимов энергосистем.



А.Б. Куржанский и П.И. Бартоломей

Из воспоминаний П.И.Бартоломея «В конце 1961 года зав. кафедрой А.Д.Арзамасцев предложил мне руководить курсовой, а затем и дипломной работой Александра Куржанского. Он сказал, что это совершенно незаурядный студент, который занимается с профессором Н.Н. Красовским, у него глубокая математическая подготовка».



Н.Н.Красовский

В те годы заведующий кафедрой высшей математики УПИ, профессор Н.Н.Красовский читал лекции по математике студентам энергетического факультета. Под впечатлением от этих лекций началось увлечение Александра Борисовича математикой, по рекомендации Н.Н.Красовского он начал изучение ее дополнительных разделов.

Во время учебы в УПИ А.Б.Куржанский одновременно посещает занятия на заочном отделении физико-математического факультета Уральского государственного университета им А.М.Горького (УрГУ), где сдает экзамены по всем основным курсам факультета. После окончания с отличием УПИ, он продолжил обучение в аспирантуре математико-механического факультета университета под руководством Н.Н.Красовского. Полученные им результаты, посвященные построению оптимальных решений в задачах управления с неопределенными возмущениями составили основу его кандидатской диссертации. Защитив диссертацию в 1965 году, А.Б.Куржанский остался работать на кафедре прикладной математики университета. В 1967 году А.Б.Куржанский был избран по конкурсу на должность старшего научного сотрудника отдела механики Свердловского отделения математического института имени В.А.Стеклова АН СССР (ныне Институт математики и механики Уральского отделения РАН).

Большой цикл научных работ А.Б.Куржанского в конце 60-х - начале 70-х годов был посвящен развитию методов решения задач управления при наличии функциональных ограничений в классах обычных и импульсных управлений. В этих исследованиях широко применялся операторный подход и аппарат выпуклого анализа, в частности, конструкции, вытекающие из теории двойственности для экстремальных задач. В ряде работ им были предложены методы решения задач управления для систем уравнений в распределениях высокого порядка сингулярности и систем с запаздыванием. Исследованы вопросы двойственности задач управления с фазовыми ограничениями и минимаксных априорных задач наблюдения. В задачах оптимального управления линейными системами при различных типах ограничений на фазовые координаты системы им были выявлены свойства оптимальных решений, вытекающие из совместного анализа прямой и двойственной экстремальных задач.

Упомянутые результаты были опубликованы в статьях

Куржанский А.Б. К аппроксимации линейных дифференциальных уравнений с запаздыванием // Дифференц.уравнения. 1967. Т.3, № 12. С.2094-2104.

Куржанский А.Б., Ю.С. Осипов К управлению линейной системой обобщенными воздействиями // Дифференц.уравнения. 1969. Т.5, № 8. С.1360-1370

и ряде других работ. Он также получил критерии управляемости и наблюдаемости для некоторых классов динамических систем в бесконечномерных пространствах.

Куржанский А.Б. К управляемости в банаховом пространстве // Дифференц. уравнения. 1969. Т.5, № 9. С.1715-1718.,
установил принцип двойственности для дифференциально-игровых задач управления и задач позиционного наблюдения

Куржанский А.Б. Дифференциальные игры наблюдения // Докл. АН СССР. 1972. Т.207, №3. С.527-530.

Полученные результаты вошли в докторскую диссертацию А.Б.Куржанского

«**Управление экстремально связанным движением и позиционное наблюдение**», защищенную в 1971 году.

В докторской диссертации Александром Борисовичем были заложены основы концепции позиционного наблюдения, что привело в дальнейшем к созданию известного направления в теории оценивания состояний и идентификации управляемых систем - теории гарантированного оценивания. Гарантированный (минимаксный) подход, основанный на представлении априорной информации о неизвестных параметрах (возмущениях) при помощи задания множеств, содержащих эти параметры, является альтернативой вероятностному подходу. Исследования по теории гарантированного оценивания были начаты в начале 60-х годов в работах Н.Н.Красовского. Эти исследования были посвящены задачам априорного оценивания, для которых операции оценивания призваны обеспечить гарантированный (минимаксный) результат. В работах А.Б.Куржанского получила развитие теория гарантированного апостериорного (позиционного) наблюдения, основанная на принципиально новом подходе. В рамках данной теории оценки состояний динамических систем с неопределенными возмущениями по данным наблюдений формируются апостериори по ходу процесса наблюдения в виде функций (вообще говоря, многозначных) от наблюдаемого сигнала. Ключевым здесь является понятие информационного множества, определяемого как множество всех возможных состояний системы, совместимых с результатами измерения и априорными ограничениями на возмущения и ошибки измерений.

Минимаксные задачи наблюдения. Гарантированное оценивание

Системы с неопределенными возмущениями

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u(t) + C(t)v(t), \quad t_0 \leq t \leq t_1,$$

$$y(t) = G(t)x(t) + F(t)\xi(t)$$

$u(t)$ – известное управление, $y(t)$ – наблюдаемый сигнал, $v(t)$, $\xi(t)$ – помехи

Априорная информация

$$x^0 \in X_0, \quad v \in V = \{v(t) \in Q(t), t \in [t_0, t_1], \text{ либо } \int_{t_0}^{t_1} \psi(t, v(t)) dt \leq \mu^2\},$$

$$\xi \in \Xi = \{\xi(t) \in R(t), t \in [t_0, t_1], \text{ либо } \int_{t_0}^{t_1} \psi_1(t, \xi(t)) dt \leq \nu^2\}.$$

Априорная операция наблюдения (программное наблюдение)

Среди операций $\eta(y) \in H$ найти такую η^0 , что

$$\begin{aligned} \sup_y \varphi(\eta^0(y) - x(t_1)) &= \min_{\eta} \sup_y \varphi(\eta(y) - x(t_1)) \\ &= \min_{\eta \in H} \sup \{ \varphi(\eta(y) - x(t_1)) : x^0 \in X_0, v \in V, \xi \in \Xi \}, \end{aligned}$$

φ – выпуклый функционал.

Были разработаны методы нахождения оптимальных априорных операций, установлен принцип двойности задач управления и наблюдения. Изучена связь с двойственностью в задачах математического программирования.

Куржанский А.Б. О двойственности задач оптимального управления и наблюдения // Прикл. матем. и мех. 1970. Т.34, № 3. С.429-439.

Апостериорная операция наблюдения (позиционное наблюдение)

Среди операций $\eta(y, y^*) \in H$ найти η^0 , для которой

$$\sup_y \varphi(\eta^0(y, y^*) - x(t_1)) = \min_{\eta \in H} \sup \{ \varphi(\eta(y, y^*) - x(t_1)) : (x^0, v, \xi) \in \mathcal{D}(y^*) \},$$

где $\mathcal{D}(y^*) = \{x^0 \in X_0, v \in V, \xi \in \Xi : (x^0, v, \xi) \text{ порождает } y^*\}$.

$X(t_1, y^*) = \{x(t_1) : (x^0, v, \xi) \in \mathcal{D}(y^*)\}$ – информационное множество, которое гарантированно содержит состояние системы.

Примерно в то же время в работах Ф. Швеппе, Д. Бертсекаса, Х. Витсенхаузена начал развиваться подход (setmembership approach), использующий аналогичные конструкции.

Информационные множества обладают полугрупповым свойством, что позволяет проводить их рекуррентные вычисления, интегрируя уравнения минимаксной фильтрации.

Куржанский А.Б., Кощеев А.С. Адаптивное оценивание эволюции многошаговых систем в условиях неопределенности // Изв. АН СССР. Техн.кибернетика. 1983. № 2. С.72-93

Минимаксная фильтрация

Совместные интегральные ограничения

$$\int_{t_0}^{t_1} (v^\top(t)R(t)v(t) + k^2\xi^\top(t)H(t)\xi(t))dt \leq \mu^2,$$

Уравнения фильтра

$$\dot{x}^0(t) = A(t)x^0(t) + B(t)u(t) + k^2P^{-1}(t)G^\top(t)H(t)[y^*(t) - G(t)x^0(t)]$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}P^{-1}(t) &= A(t)P^{-1}(t) + P^{-1}(t)A^\top(t) + C(t)R^{-1}C^\top(t) \\ &\quad - k^2P^{-1}(t)G^\top(t)H(t)G(t)P^{-1}(t) \end{aligned}$$

$$\frac{d}{dt}h^2(t) = (y^*(t) - G(t)x^0(t))^\top H(t)(y^*(t) - G(t)x^0(t))$$

Информационное множество $X(t, y^*)$ – эллипсоид с центром $x^0(t)$

$$X(t, y^*) = \mathcal{E}(x^0(t), P^{-1}(t)) = \{x : (x - x^0(t))^\top P(t)(x - x^0(t)) \leq \mu^2 - h^2(t)\}$$

Исследование свойств информационных множеств и минимаксных оценок, описание их динамики, изучение вопросов устойчивости, разработка вычислительных процедур для их построения, использование данных конструкций в задачах управления по неполным данным составили предмет исследований А.Б.Куржанского, в которых созданы основы теории апостериорного гарантированного наблюдения.

Куржанский А.Б. К теории позиционного наблюдения. // Общие соотношения // Изв. АН СССР, Техн.кибернетика. 1973. № 5. С.20-31.

Kurzhanski A.B., Tanaka M. Identification – Deterministic vs. Stochastic Models . Publ. Österr. Zeitschrift für Statistik und Informatik, V. 1, (19 Jg.), 1989, P. 30–56

Куржанский А.Б. Задача идентификации - теория гарантированных оценок // Автоматика и телемеханика. 1991. № 4. С.3-26.

А.Б.Куржанским были разработаны алгоритмы позиционного управления по неполным данным в условиях противодействия и помех, когда в качестве позиции рассматривается информационное состояние (множество) системы, исследованы вопросы сочетания процедур управления и наблюдения.

Куржанский А.Б. Задачи наблюдения и дифференциальные игры // Экстремальные стратегии в позиционных дифференциальных играх. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. С.138-188.

Рассмотренная ранее формализация задач оценивания не позволяла охватить случаи, когда действующие возмущения носят комбинированный характер - часть из них описывается при помощи ограничений на их величины, а другие носят случайный характер. Более общей является постановка задачи, в которой возмущения предполагаются случайными, но их характеристики (например, первые и вторые моменты случайных величин или функции распределения) известны неточно. Такие возмущения принято называть статистически неопределенными. Развитию методов оценивания для линейных статистически неопределенных систем посвящены работы

Кац И.Я., Куржанский А.Б. Минимаксное оценивание в многошаговых системах // Доклады АН СССР. 1975. Т.221, № 3. С. 535-538.

Кац И.Я., Куржанский А.Б. Минимаксная многошаговая фильтрация в статистически неопределенных ситуациях
Автоматика и телемеханика. 1978. № 11. С.79-87

давшие начало многим дальнейшим исследованиям в данной области. В 1977 году была издана монография

А.Б.Куржанский Управление и наблюдение в условиях неопределенности М. Наука. 1977, 392 с.,

которая стала первой книгой на русском языке, посвященной систематическому изложению теории гарантированного оценивания и ее приложению к задачам управления при неполной информации. Эта работа вызвало большой интерес у специалистов.

А. Б. Нурмадиной

УПРАВЛЕНИЕ
И НАБЛЮДЕНИЕ
В УСЛОВИЯХ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ



В 1976 году А.Б.Куржанский был удостоен Ленинской премии за цикл работ по математической теории управления (совместно с Н.Н.Красовским, Ю.С.Осиповым, А.И.Субботиным).



Лауреаты Ленинской премии 1976 г. Слева направо:
А.И. Субботин, Ю.С. Осипов, Н.Н. Красовский, А.Б.
Куржанский

С 1973 года А.Б.Куржанский возглавлял созданную в Институте лабораторию (позднее отдел) оптимального управления, состоящую из его учеников - выпускников математико-механического факультета УрГУ. Тематика исследований лаборатории была связана с решением ряда новых актуальных задач теории управления и наблюдения в условиях неопределенности.

В 1977 году он становится директором Института математики и механики УНЦ АН СССР, сменив на этом посту академика Н.Н.Красовского. Возглавляя институт с 1977 по 1983 год, он много сил отдал укреплению авторитета ведущих научных направлений Института, развитию его международных контактов, оснащению современной вычислительной техникой.

В 1981 году А.Б.Куржанский был избран членом-корреспондентом, а в 1990 году действительным членом Академии наук СССР.

В 1984 году А.Б.Куржанский был командирован Академией наук СССР в Австрию, в Международный институт прикладного системного анализа.

Лаксенбург, Австрия, 1984-1992

Международный институт прикладного системного анализа (IIASA) был основан в 1972 году представителями Советского Союза, США и 10 других стран Восточного и Западного блоков для проведения междисциплинарных исследований по широкому спектру экологических, социальных, технологических и экономических проблем. Первым директором Института был Х. Райфа, известный американский специалист по принятию решений, а его заместителем А.М.Летов.

В IIASA А.Б.Куржанский проработал с 1984 по 1992 год, он возглавлял методологическую программу «Системы и принятие решений». Деятельность Александра Борисовича на этом посту способствовала значительному укреплению авторитета программы и Института в целом. Им был создан в рамках программы новый научный проект «Динамические системы», к работе в проектах программы он сумел привлечь ведущих ученых Австрии, СССР, США, Франции, Японии и других стран. В этот период при его непосредственном участии было организовано несколько десятков научных конференций, издано большое количество научных статей и ряд монографий. В течении нескольких лет А.Б.Куржанский был одновременно заместителем директора Института, он удостоен звания Почетного Ученого (Honorary Scholar) Института.

Динамика областей достижимости и информационных множеств

В этот период были опубликованы работы А.Б.Куржанского и его учеников, посвященные созданию конструктивных методов описания динамики информационных множеств и множеств достижимости для нелинейных систем.

Изучалось поведение решений дифференциального включения

$$\dot{x} \in F(t, x), \quad t \in [t_0, t_1], \quad x^0 \in X^0, \quad (1)$$

при наличии фазового ограничения

$$x(t) \in Y(t), \quad t \in [t_0, t_1]. \quad (2)$$

Пусть $X(t, t_0, X^0)$ – семейство решений включения (1), удовлетворяющих ограничению (2), $X[t] = X(t, t_0, X^0)$ – сечение семейства в момент времени t . При отсутствии фазового ограничения ($Y(t) = \mathbb{R}^n$) $X[t]$ – множества достижимости, при соответствующем выборе ограничений $Y(t)$ – информационные множества.

Эволюционные уравнения, описывающие динамику множеств достижимости (без фазовых ограничений), были введены в работе

Панасюк А.И., Панасюк В.И. Об одном уравнении, порождаемом дифференциальным включением // Математические заметки. 1980. Т. 27, № 3. С. 429-437.

В работах

Куржанский А.Б, Филиппова Т. Ф. Об описании пучка выживающих траекторий управляемой системы // Дифференц. уравнения. 1987. Т. 23, № 8. С. 1303-1315.

Kurzhanski A.B, Filippova T.F. On the Theory of Trajectory Tubes - a Mathematical Formalism for Uncertain Dynamics, Viability and Control // Advances in Nonlinear Dynamics and Control: a Report from Russia / A.B.Kurzhanski ed., ser.PSCT 17, Boston: Birkhauser, 1993, P. 122-188.

было показано, что $X[t]$ является многозначным решением следующего эволюционного уравнения

$$\lim_{\sigma \rightarrow +0} \sigma^{-1} h \left(X[t + \sigma], \bigcup \{x + \sigma F(t, x) | x \in X[t]\} \cap Y(t + \sigma) \right) = 0, X[t_0] = X^0, \quad (3)$$

где $h(A, B)$ – хаусдорфово расстояние между множествами, доказана теорема о единственности решения уравнения (3). Доказано, что семейство траекторий можно получить в результате пересечения пучков решений дифференциальных включений с параметрами, но уже без фазовых ограничений. Найдены внешние по включению оценки для $X[t]$ в виде пересечений по множеству функциональных параметров сечений решений дифференциальных включений без фазовых ограничений. В линейном случае доказана теорема о точном описании областей достижимости.

В работах

Куржанский А.Б, Никонов О.И. К задаче синтеза стратегии управления. Эволюционные уравнения и многозначное интегрирование // Докл.АН СССР. 1990. Т.311, № 4. С.788-793

Куржанский А.Б, Никонов О.И. Эволюционные уравнения для пучков траекторий синтезированных систем управления // Докл.РАН. 1993. Т.333, № 5. С.578-581

был введен и исследован новый класс эволюционных уравнений (h_+ – уравнения), решениями которых являются многозначные отображения, связанные с дифференциальным включением

$$\dot{x} \in A(t)x + U(t, x) + f(t) \quad (4)$$

В терминах решений этих уравнений дано описание ряда множеств и многозначных отображений используемых в задачах управления

- ▶ трубок выживающих траекторий дифференциального включения;
- ▶ конфликтно достижимых областей управляемой системы;
- ▶ множеств разрешимости задачи о приведении траектории системы на целевое множество при наличии противодействия.

Полученные результаты в дальнейшем использованы при разработке методов эллипсоидального оценивания в задачах управления.

Из результатов данного периода отметим также развитие теории гарантированного оценивания для систем с распределенными параметрами и исследование связи с теорией обратных задач динамики. Особенность данных задач состоит в том, что оцениваемое состояние системы является элементом бесконечномерного пространства, что вносит принципиальные трудности в исследование. Так, традиционное понятие наблюдаемости оказалось неконструктивным и потребовало привлечения новых понятий наблюдаемости, формулируемых в терминах информационных множеств. Особенно важное значение приобретает проблема регуляризации задач наблюдения в связи с неустойчивостью решений относительно помех. Для систем параболического типа была предложена конструкция вспомогательной задачи гарантированного оценивания, минимаксная оценка в которой служит регуляризованным решением обратной задачи. Показано, что данное решение включает в себя ряд методов регуляризации, известных в теории некорректных задач.

Khapalov A. Yu., Kurzhanski A. B. An Observation Theory for Distributed-Parameter Systems // Journal of Mathematical Systems, Estimation and Control // 1991. V.1, no 3, P. 389–440.

Куржанский А.Б., Сивергина И. Ф. Метод гарантированных оценок и задачи регуляризации для эволюционных систем // Журн. вычисл. матем. и мат. физики. 1992. Т.32, № 11. С.1720-1733

С 1992 А.Б. Куржанский работал в МГУ на факультете вычислительной математики и кибернетики. Возглавив созданную им кафедру системного анализа, он за короткий промежуток времени сумел собрать команду высококлассных специалистов, разработать программы и организовать обучение студентов по ряду новых направлений теории управления и системного анализа – от механики и автоматизации до биологии и экологии, экономики и финансов. Кафедра стала одной из лучших на факультете, многие ее студенты и выпускники неоднократно отмечались наградами за научные достижения. Несмотря на большую занятость административной и научной работой, А.Б.Куржанский читал для студентов и аспирантов кафедры несколько спецкурсов по актуальным направлениям теории управления и системного анализа. В 1999 году А.Б.Куржанскому присвоено звание "Заслуженный профессор Московского государственного университета".



Коллектив кафедры системного анализа

Эллипсоидальные аппроксимации в задачах управления

Эллипсоиды являются удобным инструментом для оценки множеств достижимости (разрешимости) и информационных множеств благодаря своей простой структуре и вычислительной эффективности. Эллипсоиды использовались для оценки множеств достижимости в работах Ф.Швеппе, Д. Бертсекаса и И. Родеса в начале 1970-х годов.

Большой вклад в развитие методов эллипсоидального оценивания в задачах управления внесли работы Ф.Л. Черноусько и его научной школы, Б.Т.Поляка и его коллег и учеников.

Общепризнанными являются заслуги А.Б.Куржанского в развитии методов эллипсоидального исчисления и их приложений. Им была разработана техника эллипсоидальных аппроксимаций выпуклых множеств и на ее основе получены эволюционные уравнения для внешних и внутренних эллипсоидальных оценок решений многозначных эволюционных уравнений, возникающих в задачах гарантированного управления и оценивания. Принципиальной особенностью развиваемых методов является возможность получения точных двусторонних приближений решений путем пересечения внешних и объединения внутренних эллипсоидальных оценок по множествам управляющих параметров, от которых зависят оценки.

На слайде приведены примеры внешних эллипсоидальных оценок множеств достижимости для управляемой системы с эллипсоидальными ограничениями на управление и начальные условия.

$$\dot{x} = A(t)x + u(t) + f(t), \quad t_0 \leq t \leq t_1, \quad x \in \mathbb{R}^n$$

$$u(t) \in \mathcal{E}(p(t), P(t)), \quad x(t_0) \in \mathcal{E}(x_0, X_0)$$

$$\mathcal{E}(p, P) = \{x \in \mathbb{R}^n : (x - p)^\top P(x - p) \leq 1\}.$$

$$\dot{x}^* = A(t)x^*(t) + p(t) + f(t)$$

$$\dot{X}^+ = A(t)X^+(t) + X^+(t)A^\top(t) + \pi^{-1}(t)X^+(t) + \pi(t)P(t), \quad X^+(t_0) = X_0$$

$$X[t] \subset \mathcal{E}(x^*(t), X^+(t)), \quad X[t] = \bigcap_{\pi(\cdot)} \mathcal{E}(x^*(t), X^+(t))$$

Эволюция эллипсоидальных оценок описывается системами обыкновенных дифференциальных уравнений, в начальные условия и правые части которых входят свободные (управляющие) параметры. Каждый из параметризованного семейства эллипсоидов $\mathcal{E}(x^*(t), X^+(t))$ аппроксимирует сверху трубку траекторий $X[t]$, а их пересечение по множеству функциональных параметров дает саму трубку.

Внутренние оценки

$$\mathcal{E}(x^*(t), X^-(t)) \subset X[t], \quad X[t] = \bigcup_{H(\cdot)} \mathcal{E}(x^*(t), X^-(t))$$

$$\begin{aligned} \dot{X}^-(t) = & A(t)X^-(t) + X^-(t)A^\top(t) + H^{-1}(t)((H(t)X^-(t)H^\top(t))^{-\frac{1}{2}}(H(t)P(t)H^\top(t))^{-\frac{1}{2}} \\ & + (H(t)P(t)H^\top(t))^{-\frac{1}{2}}((H(t)X^-(t)H^\top(t))^{-\frac{1}{2}})H^{-1\top}(t), \quad X^-(t_0) = X_0, \end{aligned}$$

$$\dot{x}^* = A(t)x^*(t) + p(t) + f(t)$$

Каждый из параметризованного семейства эллипсоидов $\mathcal{E}(x^*(t), X^-(t))$ дает внутреннюю аппроксимацию трубки траекторий $X[t]$, а их объединение по множеству функциональных параметров дает саму трубку с точностью до замыкания. Семейства аппроксимирующих эллипсоидов описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями с параметрами в правой части.

В работах А.Б.Куржанского

- ▶ развито эллипсоидальное исчисление для получения внешних и внутренних аппроксимаций результатов операций над эллипсоидами
- ▶ предложены эллипсоидальные аппроксимации для множеств достижимости и разрешимости в отсутствие возмущений;
- ▶ развиты методы эллипсоидального оценивания множеств разрешимости при наличии противодействия и их применения для синтеза управлений в задачах целевого управления
- ▶ исследовано применение эллипсоидальных конструкций в задачах гарантированного оценивания.

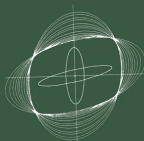
Результаты по эллипсоидальному исчислению и его приложениям были подытожены в монографии

Alexander Kurzhanski, Istvan Valyi Ellipsoidal Calculus for Estimation and Control. Boston: Birkhauser, 1997. 321p

Systems & Control: Foundations & Applications

Alexander Kurzhanski
István Vályi

Ellipsoidal Calculus for Estimation and Control



 IIASA

Birkhäuser

Исследования по эллипсоидальным аппроксимациям в задачах управления были продолжены в серии совместных работ А.Б.Куржанского с профессором университета в Беркли Правином Варайей.

Kurzhanski A.B., Varaiya P. Reachability Analysis for Uncertain Systems - the Ellipsoidal Technique // Dynamics of Continuous, Discrete and Impulsive Systems. Ser. B. 2002. V. 9. no 3. P. 347–367

Kurzhanski A.B., Varaiya P. On Ellipsoidal Techniques for Reachability Analysis. Part I: External Approximations // Optimization Methods and Software. 2002. V. 17. P. 177–206

Kurzhanski A.B., Varaiya P. On Ellipsoidal Techniques for Reachability Analysis. Part II: Internal approximations. Box-valued Constraints // Optimization Methods and Software. 2002. V. 17. P. 207–237

Kurzhanski A.B., Varaiya P. Ellipsoidal Techniques for Reachability under State Constraints // SIAM Journal on Control and Optimization, 2006, том 45, № 4, с. 1369-1394

Kurzhanski A.B., Varaiya P. Ellipsoidal Techniques for Reachability Analysis. In: Lynch, N., Krogh, B.H. (eds) Hybrid Systems: Computation and Control. . Lecture Notes in Computer Science, 2000, vol 1790. Springer, Berlin, Heidelberg

Важное место в работах Александра Борисовича занимало применение методов гамильтонова формализма для вычисления областей достижимости и синтезирующих управлений. Здесь использовалось то обстоятельство, что множества достижимости можно представить как множества уровня функции цены - решения уравнения Гамильтона–Якоби–Беллмана. Этот подход был применен при синтезе управлений движением при фазовых ограничениях, при наличии препятствий. Для нелинейных систем был использован принцип сравнения для приближенного построения синтезирующего управления. Были исследованы связи между задачами гарантированного оценивания и управления и методом динамического программирования. Для задачи синтеза управлений по результатам неполных наблюдений при наличии неизвестных помех, предложено решение, сочетающее конечномерную задачу гарантированного оценивания и бесконечномерную задачу управления в пространстве обобщенных состояний – функций цены первой задачи. Решение сформулировано в терминах гамильтонова формализма и опирается на соответствующий вариант принципа оптимальности метода динамического программирования. Теория гарантированного апостериорного оценивания послужила основой для разработки новых методов синтеза стратегий управления, когда в качестве состояний системы рассматриваются информационные множества.

Kurzhanski A.B., Varaiya P. On Some Nonstandard Dynamic Programming Problems of Control Theory// Variational Methods and Applications. Eds. Giannessi F., Maugeri A. N.Y.: Kluwer, 2004. P. 613–627

Kurzhanski A.B., Mitchell I.M., Varaiya P. Control Synthesis for State Constrained Systems and Obstacle Problems// NOLCOS-04, IFAC Proceedings Volumes, 2004. Vol. 37, Iss. 13. P. 657–662

Куржанский А.Б. Принцип сравнения для уравнений типа Гамильтона–Якоби в теории управления// Тр. ИММ УрО РАН. 2006. 12, № 1, С. 173–183.

Куржанский А.Б. О синтезе управлений по результатам измерений // Прикл. математика и механика. 2004. Т. 68. Вып. 4. С. 547–563.

Куржанский А.Б. О задачах синтеза управлений по реально доступной информации // Вестн. МГУ. Сер. 15. Вычислит. математика и кибернетика. 2005. Вып. спец. С. 113–122.

Теория и вычислительные методы решения задач программного управления и синтеза управлений по неполным данным изложены в монографии

Kurzhanski A.B., Varaiya P. Dynamics and Control of Trajectory Tubes. Theory and Computation. Birkhauser, 2014. 445 p.

Systems & Control: Foundations & Applications

Alexander B. Kurzhanski
Pravin Varaiya

Dynamics and Control of Trajectory Tubes

Theory and Computation

 Birkhäuser

Существенное продвижение в работах А.Б.Куржанского и его учеников получено в решении проблемы синтеза управлений для импульсных систем. Разработанная теория синтеза опирается на обобщения вариационных неравенств Гамильтона-Якоби-Беллмана. В рамках созданной теории допускается использование "быстрых" управлений, содержащих импульсы высших порядков.

Kurzhanski A.B., Daryin A.N. Dynamic Programming for Impulse Controls // Annual Reviews in Control. 2008. Vol. 32, no 2, P. 213–227.

Куржанский А.Б., Дарьин А.Н. Синтез управлений в классе обобщённых функций высших порядков // Дифференциальные уравнения. 2008. том 43, № 11, с. 1443–1453

Разработка теории синтеза импульсных управлений позволила в рамках единой формализации изучать также и задачи управления для гибридных систем, содержащих скачкообразные перестройки состояний.

Куржанский А.Б., Точилин П.А. Импульсные управления в моделях гибридных систем // Дифференциальные уравнения, 2009, том 45, № 5, с. 716–727

Последние результаты в по задачам импульсного синтеза содержатся в монографии

Kurzhanski A. B., Daryin A. N. Dynamic Programming for Impulse Feedback and Fast Controls. Springer-Verlag London Ltd., 2019. 275 p.

Alexander B. Kurzhanski
Alexander N. Daryin

Dynamic Programming for Impulse Feedback and Fast Controls

The Linear Systems Case



Заметное место в работах А.Б.Куржанского последних лет занимала актуальная тематика координированного целевого синтеза управления группой управляемых объектов, совершающих совместное движение к целевому множеству при наличии препятствий. Координация объектов достигалась их погружением в виртуальный эллипсоидальный контейнер, конфигурация которого могла меняться по ходу движения. Разрабатываемые подходы к решению опирались на развитые ранее теорию и методы синтеза управлений системами с многозначными траекториями и эллипсоидальных аппроксимаций.

Куржанский А. Б. О задаче группового управления в условиях препятствий // Тр. ИММ УрО РАН, 20, № 3, 2014, С. 166—179.

Куржанский А.Б. Гамильтонов формализм в задачах группового управления // Дифференциальные уравнения. 2019. том 55, № 4, С. 546—554

Обширной и многогранной была научно-организационная деятельность Александра Борисовича. Он входил в состав редколлегии многих ведущих отечественных и международных научных журналов, в качестве председателя и члена оргкомитетов и программных комитетов принимал активное участие в организации и проведении многих международных конференций высокого уровня. А.Б.Куржанский был членом бюро Отделения энергетики, машиностроения и процессов управления РАН, членом Национальных комитетов РАН по теоретической и прикладной механике и системному анализу при Президиуме РАН. В течение ряда лет он работал председателем экспертного совета ВАК по математике и механике.

На протяжении длительного периода времени, начиная с 1998 года, А.Б.Куржанский возглавлял Национальный комитет России по автоматическому управлению. Высокая научная репутация А.Б.Куржанского и международная известность позволили ему достойно представлять интересы российских ученых в Международной федерации автоматического управления. Он был избран в Руководящий совет федерации. Во многом благодаря его авторитету и энергии удалось провести в России несколько крупных международных конференций ИФАК, а также привлечь ведущих мировых специалистов к участию в ряде организуемых в нашей стране, конференций по теории управления.



18-й конгресс ИФАК, Милан, 2011. А.Б.Куржанский председательствует на пленарной сессии, посвященной пятидесятилетию первого конгресса ИФАК



Российские участники 20-го конгресса ИФАК, Тулуза, 2017 год



Р.Калман и А.Б.Куржанский, Гейнсвилл (Флорида)
2008 год



А.Б.Куржанский, Т.Башар, Н.Н.Красовский,
П.Кокотович, Екатеринбург, 2005 год

Велики заслуги А.Б.Куржанского в деле подготовки научных кадров. Он создал известную научную школу по теории управления, объединившую его учеников из Екатеринбурга и Москвы. Его увлеченность и эрудиция, глубина и оригинальность изложения материала всегда привлекали слушателей на его лекции и семинары. Александр Борисович выступал генератором идей, которыми он щедро делился с учениками, направляя их научный поиск. Среди учеников Александра Борисовича 8 докторов и 30 кандидатов наук, в их числе несколько заведующих кафедрами и профессоров ведущих вузов страны. При его участии созданы факультет и новая кафедра в Уральском федеральном университете, он удостоен званий почетного доктора УРФУ и заслуженного профессора МГУ.

А.Б.Куржанский был не только выдающимся ученым и педагогом, но и разносторонне образованным, интеллигентным человеком, которого отличали широта интересов и незаурядная эрудиция. Таким он навсегда останется в памяти своих коллег и учеников.

Спасибо за внимание!