навбатида (11) ёрдамида $\mathbf{y}(\mathbf{x}, \mathbf{s}_n)$ ни топамиз. Топилган $\mathbf{y}(\pi, \mathbf{s}_n)$ нинг қийматини (2) га қўйиш ва

$$\frac{y'(\pi)}{y(\pi)} = H$$

нисбат орқали H нинг қиймати топилади. Ушбу нисбатнинг мавжудлиги [1] да етарлича ўрганилган.

Ушбу алгоритм бўйича Matlab дастурида (1)-(2) тескари масаланинг параметрларини тўлиқ аниқловчи ҳисоблаш дастури тузилган ва аниқ мисолларда таққослашлар ўтказилган.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати:

1. Левитан Б.М. Саркснян И.С. Операторы Штурма – Лиувилля и Дирака.Москва (МГУ). 1984 г;
2. Аптекарев А.И. «Сходимость аппроксимаций Паде и совместных аппроксимаций для некоторого класса целых функций». Автореферат. 1983;
3. Абдуназаров Р. О численной решение обратной спектральной задачи для оператора Дирака..Журнал “Вопросы вычислительной и прикладной математики”. Выпуск 95. Ташкент 1993. Стр. 10-20.

О МОДЕЛИ НЕГЛАДКОЙ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НЕТОЧНОСТИ НАЧАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Отакулов С.
доктор физ-мат. наук, профессор,
Джизакский политехнический институт
Хайдаров Т.Т.
Джизакский политехнический институт

Аннотация: *В работе рассматривается математическая модель одной негладкой задачи оптимального управления. При предположении неточности начальных данных динамической системы для задачи минимизации негладкого функционала изучены условия оптимальности.*

Ключевые слова: *система управления, неточность данных, негладкий функционал, условия оптимальности.*

1. Введение. Математическая теория экстремальных задач имеет широкие приложения к прикладным задачам управления и оптимизации, возникающих в разнообразных сферах науки, техники, экономики и производства. Современные исследования по разработке новых эффективных методов оптимизации неразрывно связаны развитием других разделов математики, такие как, функциональный анализ, выпуклый и негладкий анализ, теория дифференциальных уравнений, теория динамических систем и теория дифференциальных включений [1–3, 5–7].

Вопросы принятия решения в экономическом планировании и организации производства, при проектировании технических устройств и управления технологическими процессами приводят к новым задачам оптимизации. Негладкие задачи оптимизации составляют широкий класс математических моделей таких задач [1,2]. В этих задачах как обычно критерий качества управления задается негладким терминальным функционалом.

Одним из подходов, используемых при принятии решения в условиях неполноты информации о начальных данных системы и внешних воздействий, является принцип минимакса [3], который предполагает получения гарантированного значения критерия качества управления. Это обычно приводит к задачам оптимизации негладкой функции типа максимума или минимума [1]. В исследованиях негладких задач оптимизации широко используются методы многозначного, негладкого и выпуклого анализа [2,4,5].

В данной работе рассматривается динамическая система управления с дискретным параметром и неполной информацией о начальном состоянии. В качестве критерия оценки качества управления рассматривается терминальный функционал типа функции минимума.

2. Постановка задачи. Рассмотрим динамическую систему управления с параметром вида

$$\dot{x} = A(t,y)x + b(t,u,y), t \in T = [t_0, t_1], \quad u \in V, \ y \in Y, \tag{1}$$

где $x - n$-вектор состояния, $u - m$-вектор управления, $y - k$-мерный параметр, который принимает дискретные значения, т.е. $Y = \{y_1, y_2, ..., y_q\}$, $A(t,y) - n \times n$-матрица, $b(t,u,y) \in R^n$; V – компактное подмножество пространства R^m.

Будем считать, что начальное состоянии системы неточная, т.е. $x(t_0) \in D(y)$, где $D(y)$ – выпуклое компактное подмножество R^n. Относительно правой части уравнения (1) будем предполагать, что выполнены следующие условия:

1) элементы матрицы $A(t,y)$ суммируемы по $t \in T$ при каждом $y \in Y$;

2) отображение $(t,u,y) \to b(t,u,y)$ измеримо по $t \in T$ и непрерывно по $u \in V$, при каждом $y \in Y$, причем $\|b(t,u,y)\| \le \beta(t)$, $\beta(\cdot) \in L_1(T)$.

Допустимыми управлениями для системы (1) будем считать каждую измеримую ограниченную m-вектор-функцию $u = u(t)$, $t \in T$, принимающие почти всюду на T значения из множества V. Обозначим через U_T – множество допустимых управлений.

При заданных условиях для каждого допустимого управления $u \in U_T$ и параметра $y \in Y$ существует единственное абсолютно непрерывное решение $x = x(t,u,x_0,y)$ уравнения (1), удовлетворяющее начальному условию $x(t_0) = x_0$. Обозначим через $H_T(u,y)$–множество всех абсолютно непрерывных решений уравнения (1) с начальным условием $x(t_0) \in D(y)$. Пусть качество управления динамической системой (1) оценивается негладким терминальным функционалом

$$J(u,x_0) = \inf_{l \in L} \sum_{y \in Y} (P(y)x(t_1,u,x_0,y), l),$$

где $P(y) - s \times n$-матрица, $L-$ограниченное множество из R^s. Поскольку начальное состояние системы (1) задано неточно, целью управления является достижение наилучшего результата при наиболее неблагоприятных воздействиях неточной информации о начальном состоянии системы. Иначе говоря, для системы (1) рассмотрим следующую минимаксную задачу:

$$J(u) \equiv \max_{x(\cdot) \in H_T(u,y), y \in Y} \inf_{l \in L} \sum_{y \in Y} (P(y)x(t_1), l) \to \min, u \in U_T. \tag{2}$$

3. Методы и результаты исследования. Рассмотрим множество достижимости системы управления (1), состоящее из концов всех траекторий $x(\cdot) \in H_T(u,y)$ в момент времени $t_1 > t_0$, т.е. следующее множество:

$$X_T(t_1,u,y) = \{\xi \in R^n \mid \xi = x(t_1), x(\cdot) \in H_T(u,y)\}.$$

В силу результатов работы [8] множество $X_T(t_1,u,y)$ является выпуклым компактом из R^n.

Используя известную из выпуклого анализа [4] теорему о минимаксе, нетрудно получить, что справедливо равенство

$$\max_{x(\cdot)\in H_T(u,y),y\in Y}\inf_{l\in L}\sum_{y\in Y}(P(y)x(t_1),l)=\inf_{l\in coL}\sum_{y\in Y}\max_{x(\cdot)\in H_T(u,y),y\in Y}(P(y)x(t_1),l)\,\forall u\in U_T\,.$$

Следовательно, минимаксную задачу (2) можно записать в следующем виде:

$$\inf_{l\in coL}\sum_{y\in Y}C(P(y)X(t_1,u,y),l)\to\min, u\in U_T\,, \qquad (3)$$

где $C(PX,l)=\sup_{\xi\in X}(P\xi,l)$ – опорная функция множества PX, coL – выпуклая оболочка множества L.

Таким образом, минимаксная задача (2) сведена к задаче повторной минимизации (3). Из вида данной задачи ясно, что она является задачей управления терминальным состоянием ансамбля траекторий динамической системы (1) с неточно заданным начальным состоянием.

Воспользовавшись формулой Коши для абсолютно непрерывного решения уравнения (1) легко убедиться, что справедливо представление:

$$X_T(t_1,u,y)=F_y(t_1,t_0)D(y)+\int_{t_0}^{t_1}F_y(t_1,\tau)b(\tau,u(\tau),y)d\tau\,, \qquad (4)$$

где $F_y(t,\tau)$ – фундаментальная матрица решений уравнения $\dot{x}=A(t,y)x$, т.е. $\frac{\partial F_y(t,\tau)}{\partial t}=A(t,y)F_y(t,\tau)$, $t\in T,\tau\in T$, $F_y(\tau,\tau)=E$, E – единичная $n\times n$ -матрица.

Рассмотрим функцию $\psi(t,y,l)=F'_y(t_1,t)P'(y)l$. Учитывая представление (4), для опорной функции $C(P(y)X(t_1,u,y),l))$ множества $P(y)X(t_1,u,y)$ сможем записать в следующую формулу:

$$C(P(y)X_T(t_1,u,y),l)=C(D(y),\psi(t_0,y,l)+\int_{t_0}^{t_1}(b(t,u(t),y),\psi(t,y,l)dt\,.$$

Рассмотрим функционалы:

$$\gamma(l)=\sum_{y\in Y}C(D(y),\psi(t_0,y),l)+\int_{t_0}^{t_1}\min_{v\in V}\sum_{y\in Y}C(b(t,v,y),\psi(t,y,l))dt, l\in coL\,.$$

Теорема. Для оптимальности управления $u^0(\cdot)$ в задаче (2) необходимо и достаточно существование точки глобального минимума $l^0\in coL$ функции $\gamma(l), l\in coL$, и выполнение условия

$$\min_{v\in V}\sum_{y\in Y}(b(t,v,y),\psi(t,y,l^0)))=\sum_{y\in Y}(b(t,u^0(t),y),\psi(t,y,l^0)) \text{ п.в. на } T\,. \qquad (5)$$

Заключение. В работе изучена одна задача управления ансамблем траекторий системы (1), сформулированной в виде негладкой задачи управления минимаксного типа. Для этой задачи получены необходимые и достаточные условия оптимальности.

Они дают теоретическое обоснование метода построения решения задачи (2) с помощью решения конечномерных задач вида (5) и $\gamma(l)\to\min, l\in coL$. Полученные результаты развивают исследования [8,9].

Литература:

1. Демьянов В.Ф., Рубинов А.М. Основы негладкого анализа и квазидифференциальное исчисление. – М.: Наука, 1990.– 432 с.
2. Кларк Ф. Оптимизация и негладкий анализ. – М.: Наука,1988. – 280 с.
3. Кейн В.Н. Оптимизация систем управления по минимаксному критерию. – М.: Наука, 1985. – 248 с.

4. Пшеничный Б.Н. Выпуклый анализ и экстремальные задачи. –М.: Наука, 1980. – 320 с.
5. Половинкин Е.С. Многозначный анализ и дифференциальные включения. –М.: Физматлит, 2015.–524 с.
6. Отакулов С. Задачи управления ансамблем траекторий дифференциальных включений. Монография. Lambert Academic Publishing, 2019. –144 с.
7. Otakulov S., Rahimov B. Sh. About the property of controllability an ensamble of trajectories of differential inclusion. International Enjineering Journal for Research & Development(IEJRD). Vol.5, issue 4, 2020. pp.1-9.
8. Otakulov S.,Haydarov T.T. The nonsmooth control problem for dinamic system with parameter under conditions of incomplete initial date. International Conference On Innovation Perspectives, Psychology and Social Studiees(ICIPPCS-2020), may 11-12 2020. International Enjineering Journal for Research & Development(IEJRD).pp.211-214. DOI: **https://doi.org/10.17605/OSF.10/BN39W**
9. Otakulov S., Haydarov T.T., Sobirova G. D. The minimax optimal control problem for dynamic system with parameter and under conditions of indeterminacy. International Conference on Digital Society, Innovations &Integrations of Life in New Centuru, Januar 2021. International Enjineering Journal for Research & Development(IEJRD), ICDSIIL-21 Issue. pp. 279-282. DOI: 10.17605/OSF.10/HCNB3.

ЕВКЛИД ФОРМУЛАСИНИНГ ГЕОМЕТРИЯСИ

Файзуллаев Мусобек Турсункул ўғли
ЎзМУ Жиззах филиали “Факультетлараро” кафедраси стажёр-ўқитувчиси
Мусурмонов Жавоҳир Алмамат ўғли
ЎзМУ Жиззах филиали (КФУ) талабаси

Аннотация: *Мазкур мақолада таълим жараёнида иқтидорли ўқувчилар билан ишлашда қўшимча материал сифатида келтириб ўтиш мумкин бўлган маълумотлар берилган бўлиб, ўқитувчилар ва келгусида математика фани ўкитувчиси бўлишни истаган талабалар ўқиш ва касбий фаолиятида фойдаланиши мумкин.*

Калит сўзлар: *Евклид формуласи, Пифагор учликлари, рационал нуқтали координаталар, рационал сонлар.*

Давлатимиз умумтаълим мактабларида сўнги йилларда аниқ фанларни чуқурлаштириб ўргатишга катта ахамият берилмоқда. Бунга мисол сифатида Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стротегиясда “Информатика, математика, кимё, биология, каби муҳим ва талаб юқори бўган фанларни чуқурлаштирилган тарзда ўрганиш” муҳим вазифалар сифатида белгилангани мисол сифатида келтиришимиз мумкин[1].

Умумтаълим мактабларида дарс самарадорлигини ошириш мақсадида улкан ишлар олиб борилмокда. Бугунги ахборотлашган жамият шароитида таълим олиш, юқори тезликда маълумотларга эга бўлиш, бундан бир неча йил олдинги вақтларга қараганда бирмунча онсонлашди. Бугунги кун ўқувчилари замонавий ахборот технологияларидан фойдаланишда ўзларидан олдинги авлод вакилларига нисбатан кўпроқ ва самаралироқ фойдаланишмоқда. Ўқувчилар ўзларини қизиқтирган саволларга бир зумда жавоб топишмоқдалар. Бу ҳолат албатта ижобий ҳолат хисобланади. Шу билан бирга ўқитувчиларнинг ўз устида кўпроқ ишлашига ундайди.

Ушбу мақолада биз 8 – синф геометрия курсида ўтиладиган “Пифагор теоремаси” мавзусини ўтиш жараёнида, тўгаракларда, ноананавий дарсларни олиб бориш жараёнида ўқитувчиларга қўшимча материал сифатида фойдаланиши мумкин бўлган маълумотлар келтириб ўтмоқчимиз.