

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ

© 2022 Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, Ю. П. Преображенский

*Воронежский государственный технический университет (Воронеж, Россия)
Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)*

Различные практические задачи, связанные с оптимальным управлением, приходилось решать людям еще с древности. Систематизация различных математических методов позволила обеспечить решение соответствующих вопросов. В статье рассматриваются различные подходы, которые были предложены исследователями при рассмотрении проблем оптимального управления.

Ключевые слова: оптимальное управление, оптимизация, система, критерий, модель, метод, стратегия.

Во многих практическим образом ориентированных задачах исследователям приходится сталкиваться с тем, что необходимо осуществлять поиск оптимальных вариантов.

С точки зрения математического подхода те решения, которые рассматриваются как наилучшие (или оптимальные), направлены на рассмотрение задач, связанных с поиском максимума или минимума.

В определенных случаях рассмотрение проблем осуществляется на базе теории оптимального управления. Тогда при решении задач решение характеризуется тем, что у него некоторая протяженность относительно времени или пространства.

Если рассматривать аналогию в пространстве, то можно привести пример, соответствующий случаю, когда требуется проводить процессы прокладывания наилучших путей, если движение реализуется в рамках сильным образом пересечённой местности.

То есть, существуют возможности для того, чтобы был подобран соответствующий зрительный образ. С другой стороны, анализ может проводиться для любых систем [1].

Львович Яков Евсеевич – Воронежский государственный технический университет, доктор техн. наук, профессор, e-mail: office@vvt.ru.
Преображенский Юрий Петрович – Воронежский институт высоких технологий, доктор техн. наук, профессор, e-mail: app@vvt.ru.
Преображенский Юрий Петрович – Воронежский институт высоких технологий, канд. техн. наук, профессор, e-mail: petrovich@vvt.ru.

В них параметры будут непрерывным образом меняться в некоторых пределах. Но визуально представить более, чем пространство с размерностью 3 мы не можем.

В ходе рассмотрения описания системы на основе законов механики мы можем рассмотреть задачи, в которых требуется управление различными летательными аппаратами, транспортными средствами, человеческим телом. Управление должно осуществляться в производственных системах, технологических процессах и др.

Основная идея состоит в том, чтобы системы переводились из заданных состояний в те, которые указаны при постановке задачи.

Критерии оптимальности могут быть разными – наименьшее время, наибольшая скорость или комбинация каких-то требований. Выбор критерия оптимальности зависит от целей исследований, имеющихся ресурсов.

Наилучшая долговременная стратегия в ходе применения теории оптимального управления может быть найдена в тех случаях, когда при заданных воздействиях на систему можно указать характеристики ее мгновенной реакции.

Большой вклад в теорию оптимального управления был внесен отечественный ученый Л. Понтрягин, учениками его школы и последователями. Его учениками были профессиональные топологи.

Принцип максимума Понтрягина [2] весьма эффективным образом можно применять, когда рассматриваются простые «линейные» модели. Его эффективность будет снижаться по мере того, как модели будут усложняться и становиться нелинейными по своей структуре.

В некоторых задачах для достижения необходимых значений параметров, которые будут соответствовать ее оптимальному поведению, может потребоваться осуществлять последовательное их изменение с заданным шагом.

Если привести пример из области колебаний, то принцип максимума демонстрирует возможности для того, чтобы реализовать оптимальное поведение с точки зрения линейного приближения. Если на колеблющееся тело будет оказывать воздействие внешняя сила, тогда требуется осуществлять переход с одной стороны колебаний к другой ровно через полпериода. При этом в рамках каждого шага необходимо стремиться к применению максимально возможной силы.

Геометрическая теория управления, которая активным образом развивается в настоящее время, предоставляет возможности для того, чтобы применять различные правила, связанные с оптимальным поведением, которые будут дополнять принцип максимума.

Ее применения мы можем увидеть в сфере космической навигации, робототехнических приложениях. Весьма популярным является развитие квантовых систем.

В экономической сфере большой вклад в оптимизационные задачи, связанные с управлением ресурсами, внес Л. В. Канторович. Модели, относящиеся к реальным экономическим ситуациям, рассматривались на основе подходов линейного программирования [3].

В качестве развития линейного программирования исследователи рассматривают стохастическое программирование. В нем существуют возможности для того, чтобы в оптимизационных моделях учитывалась неопределенность.

Соответствующие неизвестные параметры можно наблюдать в реальных прикладных задачах. В этом существует отличие от детерминированных оптимизационных задач.

Распределения вероятностей по данным или оценкам считаются известными в моделях стохастического программирования. При этом сами модели похожи на то представление, которое соответствует линейному виду [4, 5].

Некоторое решение должно быть найдено, что является целью задачи, которое считается как допустимое по всем возможным значениям данных. Требуется максимизация по математическому ожиданию соответствующей функции решений, а также случайных переменных.

Достаточно активным образом исследователями осуществляется решение и рассмотрение особенностей двухэтапных линейных моделей линейного программирования.

В таких случаях то лицо, которое будет принимать решение, должно предпринимать соответствующее действие в рамках первого этапа.

Затем реализуется случайное событие. Оно будет оказывать влияние на результаты решения, которые связаны с первым этапом. Для второго этапа мы можем принять корректирующее решение.

Оно будет осуществлять компенсацию по любым эффектам, которые будут рассматриваться в виде нежелательных по результатам решения в первом этапе.

В качестве оптимального решения в указанной модели может считаться единственное решение по первому этапу, а также множество корректирующих решений, которые определяют какое из действий необходимо предпринимать в рамках второго этапа, если будет возникать соответствующий случайный результат.

В качестве случайных величин в задачах стохастического программирования рассматриваются или параметры в целевой функции или параметры, относящиеся к ограничениям (условиям) [6, 7].

Еще одним интересным направлением в теории оптимального управления считается теория игр. Большой вклад в ее развитие сделал математик Дж. Фон Нейман. Основная идея состоит в том, чтобы определить оптимальную стратегию, которая будет соответствовать игроку.

Требуется, чтобы были учтены действия и пожелания не только некоторого иг-

рока, но и других участников, которые связаны с реализацией конфликта. В таких случаях по целевой функции соответствующего игрока должен быть обеспечен максимум.

При рассмотрении пессимистического сценария игрок будет опираться на максимальную стратегию. Тогда будет осуществляться выбор по наименьшему ущербу среди всех возможных.

Таким образом, комплексное использование различных математических подходов дает возможности для того, чтобы решать широкий класс задач, связанных с оптимальным управлением сложными системами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев В. М. Оптимальное управление / В. М. Алексеев, В. М. Тихомиров, С. В. Фомин // 2-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2005.

2. Матвеев А. С. Задачи оптимального управления с запаздыванием общего вида и фазовыми ограничениями / А. С. Матвеев // Изв. АН СССР. – Сер. матем. 1988. – Т. 52. – № 6. – С. 1200-1229.

3. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Б. Банди // М.: Радио и связь. – 1988. – 128 с.

4. Сулоева Е. С. Математическое и программное обеспечение для определения по-

грешности при моделировании средства измерения / Е. С. Сулоева, Н. В. Романцова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 4 (35).

5. Казанцев А. М. Некоторые подходы к оценке процесса функционирования структурно-динамических систем мониторинга в условиях внешних воздействий / А. М. Казанцев, Р. А. Кочкаров, А. В. Тимошенко, А.А. Сычугов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 4 (35).

6. Мельникова Т. В. Моделирование обработки больших массивов данных в распределенных информационно-телекоммуникационных системах / Т. В. Мельникова, М. В. Питолин, Ю. П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2022. – Т. 10. – № 1 (36).

7. Бокова О. И. Формирование требований к защищенной информационно-телекоммуникационной инфраструктуре сети связи специального назначения / О. И. Бокова, С. В. Канавин, Н. С. Хохлов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2022. – Т. 10. – № 1 (36).

ECONOPHYSICS: ANALYSIS OF SOME CHARACTERISTICS

© 2022 Ya. E. Lvovich, A. P. Preobrazhenskiy, Yu. P. Preobrazhenskiy

*Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia)
Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)*

Various practical tasks related to optimal management have had to be solved by people since antiquity. The systematization of various mathematical methods made it possible to ensure the solution of relevant questions. The article discusses the various approaches that have been proposed by researchers when considering the problems of optimal management.

Keywords: optimal management, optimization, system, criterion, model, method, strategy.