

В. А. УШАКОВ

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург

РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНОЙ ДИНАМИКОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

В докладе рассматривается разработка динамической модели приема/передачи/обработки информации. Предложено на основе данных, полученных из разрабатываемой динамической модели, строить области достижимости. Области достижимости будут считаться в пространстве системотехнических параметров, которое формируется не на основе физических законов, а логикой обработки данных. Отмечено, что разрабатываемую динамическую модель можно модифицировать и представить в виде динамической модели процесса модернизации/планирования/функционирования.

Введение. В докладе представлены результаты исследований, связанных с разработкой методов и алгоритмов оперативного многокритериального оценивания и анализа показателей качества автоматизированной системы управления подвижными объектами на основе построения областей достижимости [1, 2]. Проблема определения и оценивания областей достижимости, является одной из фундаментальных проблем теории оптимального управления сложными техническими объектами [3]. Использование традиционных методов для оценки показателей качества систем управления сложными техническими объектами сталкивается с серьезными трудностями, обусловленными большой размерностью пространства состояний системы, многоцелевым характером ее функционирования, сложностью системы ограничений на управления, существенной нелинейностью элементов системы. Поэтому для решения задачи основного исследования предлагается применить оригинальный подход, основанный на использовании областей достижимости для оценки показателей качества систем управления подобными объектами и использовать в качестве информационной основы области достижимости, формируемые в пространстве значимых системотехнических показателей. То есть, в рамках данного научного исследования, выполняется попытка уйти от логико-динамического описания сложных объектов к многомерному геометрическому описанию; отвлечься от природы, от функциональных пространств, от кусочно-непрерывных управлений. Так как, выполняя работу с многомерными геометрическими образами, за которыми стоят управленческие процессы, а также выполняя замену управленческих процессов, протекающих во времени на области, которые во времени не изменяются, то мы получаем совершенно новое и уникальное решение задачи, стоящей перед нами. Используя многомерную геометрию, теорию проектных операторов, решаются те задачи, которые теория оптимального управления решить не смогла бы, так как в ней нет соответствующего математического аппарата. Но очевидным плюсом математики является то, что она работает в разных пространствах, и уходя из основного пространства в сопряженное пространство можно решать те же самые задачи, но совершенно оригинальным способом. Предлагаемый доклад посвящен получению исходных данных для решения основной задачи (построения областей достижимости в пространстве системотехнических параметров).

Содержательная постановка задачи. Рассмотрим самый простой космический пример. Вращается низкоорбитальный спутник вокруг Земли и спутники-ретрансляторы, которые находятся на орбите 36000 км. Спутники-ретрансляторы являются подвижными объектами, выполняющие информационный обмен между подсистемами автоматизированной системы управления и низкоорбитальными спутниками. Так как данная система находится в движении (процессы изменяются во времени), то необходимо разработать динамическую модель. Каждый спутник может решать пять основных задач:

- принимать информацию;
- передавать информацию во внешнюю среду;
- передавать информацию на другой спутник;
- обрабатывать информацию на самом спутнике;
- хранить информацию на самом спутнике.

Необходимо организовать процесс функционирования системы, чтобы за отведенное время получить максимальное количество информации (минимизировать потерю информации) при этом минимизировать время обработки информации.

Таким образом, в данном докладе решается задача планирования процесса приема/передачи/обработки/хранения/потери информации.

Будем считать на начальном этапе, что следующие параметры известны:

- объем информации, который необходимо передать;
- объем информации, который необходимо обработать;
- объем информации, который необходимо хранить.

В дальнейшем данные параметры будут вычисляться для каждого случая. Также, будем считать, что отсутствует требование операции прерывания, то есть операция прерывания происходит мгновенно (идеальный случай).

По условию задачи имеются следующие ограничения:

- ограничения пропускной способности при передаче информации по каждому из каналов связи;
- ограничения пропускной способности при организации вычислений;
- ограничения пропускной способности по объему хранимой информации.

Разработка динамической модели. За основу динамической модели приема/передачи/обработки информации был взят полимодельный комплекс из [4]. Некоторые константы для динамической модели уже рассчитаны в [5, 6], поэтому возьмем их оттуда.

В качестве программного обеспечения был выбран Mathworks Matlab, так как отлично подходит для проектирования и анализа систем и работы с вычислительной математикой, а встроенная графика обеспечивает визуализацию и лучшее понимание данных. Кроме того, Matlab содержит предопределенные функции в Optimization Toolbox для решения задачи линейного программирования и задачи «о назначениях» (целочисленного программирования), которые используются в разрабатываемой динамической модели.

Основными параметрами разрабатываемой динамической модели, на основе которых определяются все величины, являются:

- объем информации;
- штрафные коэффициенты по директивным срокам;
- производительность по приему/передачи информации;
- производительность по обработке информации;
- директивные сроки.

Далее на основе данной модели построена динамическая модель процесса модернизации/планирования/функционирования для задачи управления развитием производственных объектов [7, 8]. Также в докладе показано, как данную модель можно использовать для построения и исследования областей достижимости, которые рассчитываются в пространстве системотехнических параметров.

Заключение. Выполнена разработка динамической модели приема/передачи/обработки информации для последующего построения областей достижимости на основе метода, предложенного в [9, 10] и с использованием Ganja.js [11].

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90221 и в рамках бюджетной темы № 0073–2019–0004

ЛИТЕРАТУРА

1. Черноусько Ф.Л. Оценивание фазового состояния динамических систем. Метод эллипсоидов. М.: Наука, 1988. 320 с.
2. Губанов В.А., Захаров В.В., Коваленко А.Н. Введение в системный анализ / Под ред. Л.А. Петросяна. Л.: Издательство Ленинградского университета, 1988. 232 с.
3. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.
4. Москвин Б.В., Михайлов Е.П., Павлов А.Н., Соколов Б.В. Комбинированные модели управления структурной динамикой сложных технических объектов // Изв. ВУЗов. Приборостроение. 2020. Т. 63, № 11.

5. **Павлов Д.А.** Методика планирования операций информационного взаимодействия кластера малых космических аппаратов дистанционного зондирования земли // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2015. № 649. С. 37–47.
6. **Мануйлов Ю.С., Павлов А.Н., Осипенко С.А., Павлов Д.А.** Сравнительный анализ результатов планирования комплекса операций информационного взаимодействия сложных объектов в динамически изменяющихся условиях // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2015. № 647. С. 30–36.
7. **Захаров В.В.** Управление развитием производственных объектов // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ-2019): Труды (Москва, 17-20 июня 2019 г.) / Под общ. ред. Д.А. Новикова. М.: ИПУ РАН – 2019. С. 3114-3119. DOI: 10.25728/vspu.2019.3114
8. **Захаров В.В.** Динамическая интерпретация формального описания и решения задачи модернизации сложных объектов // Изв. ВУЗов. Приборостроение. 2019. Т. 62, № 10. С. 914–920. DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-10-914-920.
9. **Ушаков В.А.** Области достижимости и проектирующие операторы в задачах оптимального управления // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ-2019): Материалы конференции (Москва, 17-20 июня 2019 г.). М.: ИПУ РАН – 2019. С. 1037-1042. DOI: 10.25728/vspu.2019.1037.
10. **Ушаков В.А.** Подход к построению и аппроксимации областей достижимости на основе проективной геометрии // Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста: Труды 5-ой Международной научной конференции (Санкт-Петербург, 07-08 ноября 2019 г.). / Под ред. проф. Кораблевой О.Н. СПб.: Издательство «Астерион» – 2019. С. 480–483.
11. **Keninck S., Wieser E., Song U., Hadfield H.**: enkimute/ganja.js, <https://github.com/enkimute/ganja.js/tree/v1.0.167>. DOI: 10.5281/zenodo.3635774

V.A. Ushakov (St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg)

Development a Dynamic Model for Controlling the Structural Dynamics of an automated Control System for Moving Objects

The report discusses the development of a dynamic model for receiving/transmitting/processing information. It is proposed to build reachability areas on the basis of data obtained from the developed dynamic model. Reachability areas will be considered in the space of system-technical parameters, which is formed not on the basis of physical laws, but by the logic of data processing. It is noted that the developed dynamic model can be modified and presented as a dynamic model for the modernization/planning/operation process. Information on the development of a dynamic model for receiving/transmitting/processing information is given.