

Петр А. Силин

Некоторые аспекты оценки эффективности функционирования систем

(вторая редакция,
исправленная
и дополненная)

Петр А. Силин
Некоторые аспекты
оценки эффективности
функционирования
систем. Вторая редакция,
исправленная и дополненная

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=51616648
ISBN 9785449840837

Аннотация

Предлагаемые к прочтению материалы посвящены таким вопросам, как оценка эффективности функционирования систем, оценка неопределенностей, возникающих в системе в процессе ее функционирования, оценка инерционных свойств объектов и систем. Материал изложен в легкодоступной форме и ориентирован на читателей, знакомых теоретически или на практике, в том числе и бытовой, с проблемами функционирования систем.

Содержание

Предисловие	5
Введение	7
Статья 1. Параметры систем. Пространство состояний	11
1.1. Параметры систем. Объекты	12
1.2. Пространство состояний	16
1.3. Движение в пространстве состояний	28
1.4. Ресурсы	83
1.5. Системный потенциал. Рельеф пространства состояний	110
1.6. Особые виды поведения объектов	115
1.7. Инерционность объектов. Движение объектов	123
Конец ознакомительного фрагмента.	168

**Некоторые аспекты
оценки эффективности
функционирования систем
Вторая редакция,
исправленная
и дополненная**

Петр А. Силин

© Петр А. Силин, 2020

ISBN 978-5-4498-4083-7

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

Предисловие

В относительно удаленном от настоящего времени как в хронологическом, так и социально-экономическом смысле, периоде существования автору предлагаемых материалов повезло познакомиться с рядом людей, общение с которыми поставило перед ним задачу оценки эффективности функционирования систем.

В те времена автор был молод, неоправданно оптимистичен, поэтому новую проблему считал вполне понятной и решаемой в ближайшие два-три года, в худшем случае пять лет.

В последующие двадцать лет, несмотря на кардинальные подвижки, случившиеся со страной, обществом, людьми и даже городом, проблема оценки эффективности являлась предметом постоянных размышлений и спорадических записей на первом попавшемся листе бумаге или подвернувшемся компьютере.

В конце концов, в результате долгих раздумий, автору удалось до некоторой степени осознать означенную проблему, что и нашло свое отражение в данных материалах.

За время приближения к пониманию вопроса автор неизбежно общался со многими людьми, которые играли ту или иную роль в его жизни: позитивную, негативную или нейтральную, значительную или не слишком. Но независимо

от характера общений, впечатления от них оказались полезны в том смысле, что явились одним из факторов влияния на ход размышлений, что помогло приблизиться к осознанию проблемы в том виде, как изложено в книге, а также приобрести необходимый заряд определенного нахальства, позволивший приступить к размышлениям по вопросам функционирования систем...

Поэтому всем жизненным спутникам автора материалов хочется выразить свою, большую или меньшую, признательность (в порядке прямой алфавитной сортировки): Андриевскому В. В. Арсеньеву Н. Ю., Безвиконному К. А., Дрибинскому Л. З., Козыреву А. Б., Миненко Ю. Г., родственникам (бывшим и настоящим, семье, кошкам и, в особенности, черепашкам), Харитонову В. С. и многим другим, кто захочет или сочтет возможным присоединиться к списку упомянутых.

Введение

С самого рождения и всю оставшуюся жизнь каждого из нас окружает множество непохожих друг на друга объектов – люди, машины, строения, группы людей, стада и толпы, кошки, рыбки, хомячки, деревья и прочие.

Все существующие объекты являются сущностями различной природы (биологические, включая самого человека, техногенные, физические) и степени сложности (от элементарных до сверхсложных).

Все объекты каким-то образом существуют во времени, взаимодействуют между собой, при этом срок и проявления жизнедеятельности различны, а взаимодействия разнообразны.

Но при множественности различий между объектами, их объединяет одно – все они являются системами.

В основу описания и анализа систем любого типа, как известно, положены так называемые **«Шесть принципов системного подхода»**.

Указанные принципы, в силу своей инвариантности относительно систем, присущи системам любого типа, что позволяет анализировать функционирование (существование) объектов различного рода исходя из общих предпосылок. Поэтому в рамках данных материалов не проводится различия между системами, если обратного не требуется.

Предлагаемый вниманию материал посвящен анализу некоторых общих проблем функционирования систем, таких как эффективность функционирования, неопределенности, возникающие в процессе жизнедеятельности систем, оценке возможностей систем по достижению целей и ряду других вопросов.

Предварительные результаты исследований по указанной проблеме на начальном этапе нашли свое отражение в публикации доклада (в рамках Научно-практической конференции Министерства производства средств связи 1989г) «Некоторые концептуальные вопросы решения проблемы оценки эффективности функционирования систем», в котором был сформулирован вариант критерия эффективности функционирования систем различного рода в терминах информационных потоков и неопределенностей как взаимоотношение скорости достижения системой цели и скорости исчерпания ее возможностей (нарастания неопределенности системы, скорости использования ресурсов). Но сразу появилось понимание (поддержанное и обостренное справедливыми замечаниями «по горячим следам» Харитонов Владимир Сергеевич), что невозможно полноценно провести оценку эффективности и неопределенности вне связи с параметрами анализируемой системы, тем более, что этот вывод проистекал из самого доклада.

Да и на интуитивном уровне это тоже вполне очевидно.

Дальнейшие исследования по данному вопросу привели

к уточнению аналитических формулировок критерия эффективности и установлению взаимосвязи параметров объектов и сформулированных критериев, что и нашло свое отражение в рамках данных материалов.

Хочется отметить, что автор не претендует на роль источника абсолютной истины и на всеобщность полученных выводов.

Но, думается, что вопросы, анализируемые в данной книге, не столь узки и специфичны, чтобы изложенные выводы и обобщения можно было считать не более, чем частным мнением автора по указанным проблемам.

В то же время автор полагает, что полученные материалы ни в коей мере не могут претендовать на исчерпывающий характер, являясь не более, чем предварительным приближением к разрешению проблемы.

Вследствие этого автор считает возможным придерживаться не только свободной манеры изложения материала с минимально необходимой его структуризацией, но и полагает допустимым ориентироваться на аксиоматичность предлагаемых в качестве исходных понятий и определений.

Завершая введение, автор отмечает:

— материал ориентирован на читателей, знакомых с системами, системным подходом, вопросами оценки неопределенности, проблемой оценки эффективности, элементами теории распознавания образов. Поэтому автор считает возможным не тратить время читателя и место в книге на изло-

жение указанных моментов. Но помня о тех читателях, которые не знакомы с указанными вопросами, автор будет придерживаться максимально простого изложения своих мыслей;

– данный опус является второй редакцией, исправленной и дополненной, книги **«Некоторые аспекты оценки эффективности функционирования систем»**

– всем желающим каким-либо образом отреагировать на содержимое книги, в качестве канала связи автор может предложить адрес <https://beta.ridero.ru>. Автор обещает, что письмо будет прочитано, рано или поздно, но не гарантирует, что на него будет отвечено.

Статья 1. Параметры систем. Пространство состояний

По мнению автора, можно утверждать, что любой объект любого рода можно описать набором значений характеристик, именуемых параметрами.

Также общеизвестно, что параметры сложных объектов, которые принято именовать макропараметрами, появляются на свет в результате объединения более простых объектов в сложный, в свою очередь более простые объекты описываются своими параметрами, которые в контексте данного анализа можно называть микропараметрами.

1.1. Параметры систем. Объекты

Рассматривая окружающий нас мир со всеми существующими в нем объектами, можно отметить для себя, что каждый материальный объект может быть описан тем или иным образом с применением некоторого набора характеристик или параметров.

При этом можно заметить, что, в зависимости от природы объектов, могут изменяться:

- количество используемых для описания параметров,
- типы параметров, свойства параметров (например, дискретность или непрерывность принимаемых значений, численный или качественный характер принимаемых значений и т.д.),
- протяженность интервалов значений, принимаемых каждым параметром,
- различность набора параметров при сравнении ситуаций изолированности объектов от внешнего мира и в случае существования взаимодействия анализируемого объекта с другими объектами (окружающим миром).

Такое многообразие, может быть приятное при других обстоятельствах, в нашем случае только мешает.

Поэтому автор считает возможным для облегчения анализа ввести в рассмотрение объект, используемый исключительно для изучения вопросов о параметрах систем.

Этот объект имеет N параметров, каждый параметр принимает значения в интервале значений, обозначение которого приведено в строке 1 таблицы 1 в разделе 1.10 (далее таблица 1), свойства и природа параметров во внимание не принимаются.

Таковой объект далее будем именовать аналитический объект или просто – **Объект**.

Введение аналитического объекта позволяет сделать еще один шаг и обратить внимание на ряд явлений, процессов и образований, в том числе и виртуальных, поведение и состояние которых также могут быть отражено набором параметров.

В качестве практического примера аналитического объекта могут быть приняты такие явления как материальные объекты, информационные потоки, информационные контенты, полевые структуры и пр.

В рамках понятия аналитического объекта не проводится дифференциация по нативному происхождению объекта или явления.

Учитывая сказанное, в контексте данных материалов к понятию **Объекта** могут быть причислены любые материальные объекты, явления и образования любой природы, если они могут быть представлены набором параметров.

Здесь необходимо, по мнению автора, сделать замечание того свойства, что отвлечение от свойств параметров не является большой натяжкой, так как избавиться от особен-

ностей параметров позволяет операция нормализации параметров, рассмотренная ниже в разделе 1.1.1.

1.1.1. Нормализация параметров.

Нормализация параметров, по мнению автора, позволяет избежать необходимости учета индивидуальных свойств параметров при анализе объектов. Нормализация параметров состоит в том, что каждое значение из интервала принимаемых параметром значений относится к минимальному значению из указанного интервала.

В результате применения нормализации ко всем параметрам объекта получим, что каждый параметр становится безразмерным и будет принимать значения внутри интервала от 1 до некоторого максимального значения $Y_{max, normal}$, определяемого выражением (п 1, промежуточное первое):

$$Y_{max,normal} = \frac{X_{max}}{X_{min}}$$

выражение п 1

Такой подход позволяет в дальнейшем обращаться с параметрами объектов и самими объектами совершенно формально, не обращая внимание на их реальную сущность.

В дальнейшем всегда, без специальных оговорок, будут подразумеваться только нормализованные параметры без специального уведомления.

1.1.2. Условные и безусловные параметры.

Параметры, являющиеся имманентными характеристиками объекта, будут именоваться безусловными параметрами.

Свойства, которые не присущи объекту с начала его существования, но в процессе его генезиса, в рамках той или иной задачи, проявляют свое существование и характеризуют объект с той или иной стороны, будут считаться параметрами, если это упрощает решение задачи, но условными или временными. В период, когда эти характеристики считаются параметрами, на них распространяются все «права и обязанности» настоящих параметров.

1.2. Пространство состояний

Определившись с описанием в виде набора нормализованных параметров, следует определиться с представлением наборов параметров и интервалов принимаемых ими значений для облегчения анализа объекта.

Вполне обычным является вариант матричного представления параметров и интервалов их значений. Этот способ, по мнению автора, достаточно очевиден и нагляден, но оперирует только с дискретными значениями параметров. К тому же операции с матрицами не вполне однозначны, хотя и интересны.

Другим широко распространенным вариантом является построение различного рода моделей (абстрактных, натуральных, имитационных), манипулирование с которыми позволяет проанализировать объект.

Этот метод также очевиден, распространен, дает наглядные результаты.

Но следует отметить, что не всегда удастся построить адекватную модель, к тому же автор полагает, что этот метод должен играть вспомогательную роль при анализе объекта — для подтверждения гипотез или иллюстрации ранее сделанных выводов, например.

Автор, в свою очередь, не отрицая применимости перечисленных методов, склоняется к другому способу отобра-

жения параметров. В основу положена система взаимно перпендикулярных координат. Количество осей совпадает с количеством параметров объекта. На каждой оси откладываются интервалы принимаемых значений параметров объекта и сами значения, в случае счетного количества дискретных значений, а в общем случае, непрерывные значения или бесконечное количество дискретных значений. По взаимному расположению значений параметров каждая ось является равномерной шкалой.

В результате этих манипуляций будет получена для объекта с N независимыми параметрами **N -мерная** система координат, именуемая, в дальнейшем, параметрическим пространством.

Текущее состояние объекта отображается точкой A (Xa , Ya) в параметрическом пространстве, координаты которой соответствуют значениям параметров (рисунок 1).

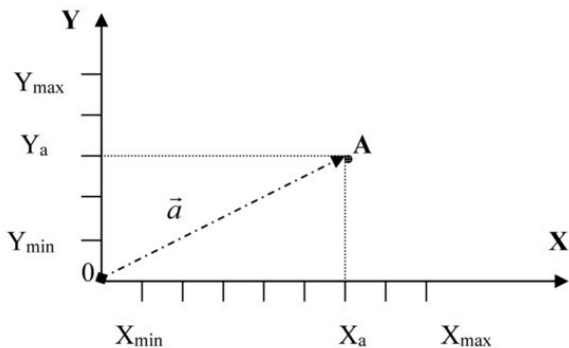


Рисунок 1

При большом желании анализирующего индивида можно отобразить положение точки в параметрическом пространстве в виде некоторого вектора $\{a\}$ (здесь и далее по тексту векторы обозначаются с помощью фигурных скобок), начинающегося в начале координат и заканчивающегося в точке A , как показано на рисунке 1. Для случая N параметров с текущими значениями X_i можно записать выражения (1) и (2):

$$|\vec{a}| = \sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i)^2}$$

выражение 1

$$|\vec{a}|^2 = \sum_{i=1}^N (X_i)^2$$

выражение 2

При переборе всех возможных значений параметров, определяемых интервалами значений, в параметрическом пространстве образуется некоторый объем возможных состояний объекта (именуемый в дальнейшем общий контент состояний), как показано на рисунке 2.

Совокупность параметрического пространства и контента состояний будем в дальнейшем называть пространством со-

стояний объекта.

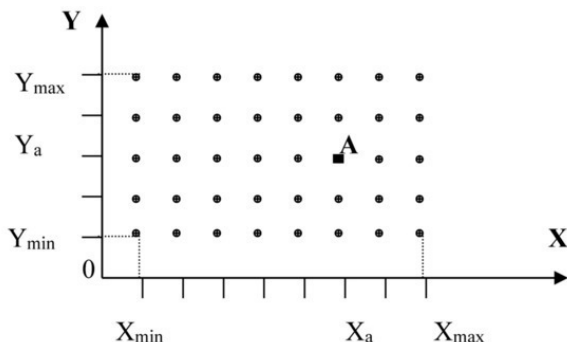


Рисунок 2

На рисунке 2 контент состояний изображен в виде отдельных точек. Это сделано исключительно в целях иллюстрации.

На самом деле контент состояний распадается на отдельные точки только в случае всех дискретных параметров (смотри рисунок 3.3).

Если все параметры непрерывны, то контент состояний непрерывен (смотри рисунок 3.1).

Если имеет место случай смешанных типов параметров, то контент распадается на относительно независимые непре-

рывные области (смотри рисунок 3.2).

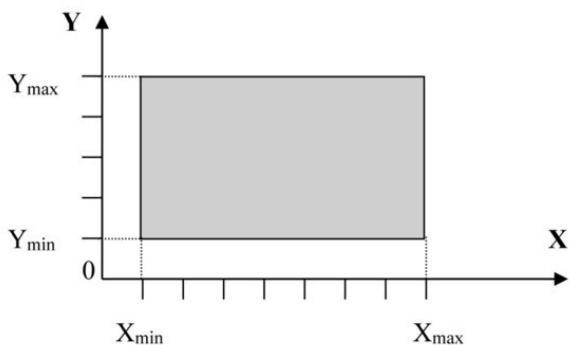


Рисунок 3.1 Непрерывный контент состояний

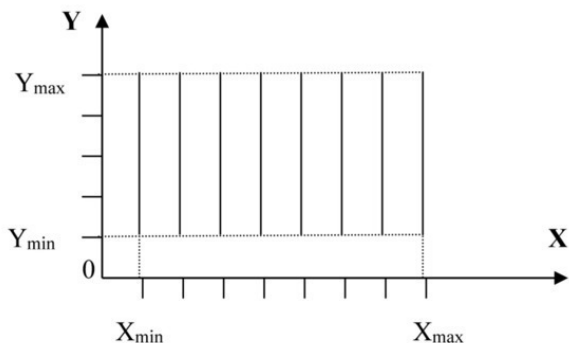


Рисунок 3.2 Непрерывно-дискретный контент состояний

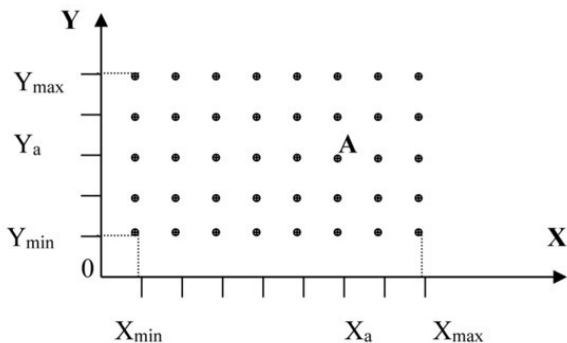


Рисунок 3.3 Дискретный контент состояний

Представляется вполне очевидным, что каждый объект имеет, в принципе, свое собственное пространство состояний, вне пределов которого он не существует как интересующий нас объект, или как цельная системная единица.

Если в процессе анализа объекта или его эксплуатации окажется, что при выходе одного или нескольких параметров за пределы соответствующих интервалов значений объект продолжает существовать и функционировать, то данный факт указывает, скорее всего, на неверное определение интервалов значений параметров.

Объединение всех объектов, включая исследователя, как известно, образует существующий мир, который также обла-

дает своим пространством состояний, которое можно именовать глобальным пространством состояний.

Пространство состояний каждого объекта является, очевидно, подмножеством глобального пространства состояний.

1.2.1. Классификация пространств состояний.

В процессе работы по анализу существования объектов в пространствах состояний будут выделяться следующие типы пространств состояний:

а) локальное пространство состояний. Локальное пространство состояний – пространство состояний отдельно взятого объекта, его собственное пространство состояний;

б) типовое пространство состояний. Под типовым пространством состояний понимается пространство всех возможных состояний объектов одного типа. Следует помнить, что объекты одного типа имеют одинаковое устройство пространства состояний – одинаковый набор параметров, но могут отличаться конкретными значениями параметров и интервалами их изменений. Объединение всех возможных интервалов изменения значений параметров объектов одного типа или, что тоже самое, объединение локальных пространств объектов одного типа порождает типовое пространство состояний;

в) глобальное пространство состояний. Под глобальным пространством состояний будет пониматься такое простран-

ство состояний, которое построено на параметрах всех возможных типов объектов и является локальным пространством состояний для макрообъекта, порожденного объединением всех возможных объектов в единую систему. В свою очередь будем различать:

в1) истинное глобальное пространство – пространство, построенное на параметрах всех возможных типов объектов и учитывающее все возможные реализации типов объектов. Такое пространство, вообще говоря, не реализуемо на практике и часто оказывается избыточным для практических задач;

в2) рабочее глобальное пространство – пространство, построенное на параметрах, рассматриваемых в контексте задачи, объектов, объединенных в макрообъект. Такое пространство имеет смысл в рамках конкретной задачи и поэтому имеет теоретическую ограниченность, хотя и более удобно, по сравнению с истинным глобальным пространством, в практическом применении;

г) обобщенное пространство состояний. Под обобщенным пространством состояний будет пониматься такое пространство состояний, которое построено на совокупности интервалов значений параметров всех объектов, без учета их взаимосвязей. Объединение всех интервалов значений всех параметров всех объектов или, что тоже самое, всех типовых пространств состояний, порождает пространство состояний, включающее все объекты, которые размещены в этом

пространстве в соответствии с текущими значениями своих параметров.

1.2.2. Классификация объектов.

В приличных работах почти всегда производят классификацию объектов, так или иначе являющихся предметом анализа.

В данной статье также будет проведена классификация системных объектов, но в пределах контекста концепции пространства состояний и типизации пространств состояний.

Объекты, имеющие одинаковый набор параметров в дальнейшем будут считаться объектами, относящимися к одному типу.

Совокупность типов образует семейство объектов.

Каждая конкретная реализация типа объектов образует собственно объект.

Объекты одного типа, имеющие одинаковые контенты состояний являются объектами одного вида.

Объекты разных типов, имеющие какое-либо количество одинаковых параметров, будут именоваться подобными объ-

ектами.

Заметим, что если подобные объекты поместить в одно пространство состояний (рабочее глобальное пространство, естественно), то контенты состояний таких объектов будут взаимно пересекаться.

1.2.3. Замечания об изображении объектов.

1.2.3.1. Объекты в пространстве состояний, в зависимости от требований рассматриваемого вопроса, будут изображаться либо в виде точки, иллюстрирующей конкретное состояние объекта, либо в виде вектора, отображая целевые устремления объектов, смещения объектов, информационные потоки.

1.2.3.2. Являясь обычным человеком, автор достаточно легко может представить себе и нарисовать систему координат размерности не более трех. При попытке вообразить большее количество измерений возникают определенные ментальные трудности. Поэтому для иллюстрации поведения объектов в пространстве состояний будет использоваться в основном двумерная система координат, реже – трехмерная.

Думается, что в этом нет большой ошибки либо натяжки, т.к. если изобразить состояние объекта в виде вектора, начинающегося в начале координат и заканчивающегося в точке A , и вектор $\{OA\}$ имеет N координат, то вполне позволительно свести $N-1$ координат в одну результирующую координату.

ту, а второе измерение образуется *N-ной* координатой, как показано в выражении (3):

$$|\vec{a}|^2 = \left\{ \sum_{i=1}^{N-1} (X_i)^2 \right\} + X_N^2$$

выражение 3

1.2.3.3. Заметим для читателя, что в дальнейшем для иллюстрации будет использоваться дискретный контент состояний, ибо, по мнению автора это будет наиболее выразительно с точки зрения иллюстративности.

1.3. Движение в пространстве состояний

Объект, подвергаемый изучению, не только существует в пространстве состояний, но и движется в нем. Движение в пространстве состояний несколько отличается от привычного для нас движения объектов в пространстве, ибо не всегда подразумевает физическое перемещение объекта в Евклидовом пространстве.

Движение объекта в пространстве состояний в общем случае отражает процесс изменения состояния объекта.

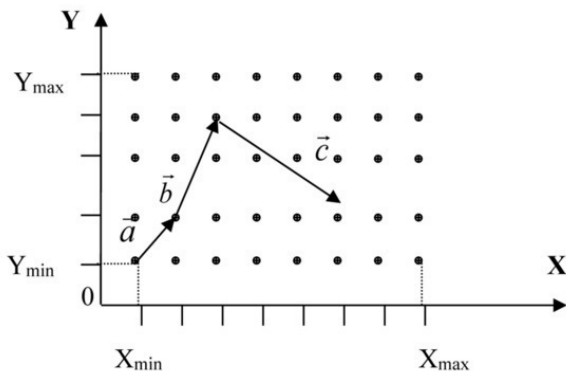


Рисунок 4. Движение в пространстве состояний

Движение в пространстве состояний может быть вызвано различными причинами – целенаправленным или случайным воздействием окружающего мира, воздействием системы управления объекта, различного рода трансформациями и модификациями самого объекта.

Но каковы бы не были причины, вызывающие движение рассматриваемого объекта в пространстве состояний, состояние рассматриваемого объекта, очевидно, изменяется в результате изменения текущих значений параметров объекта.

Таким образом, напрашивается вывод – чтобы вызвать смещение объекта в пространстве состояний, следует произвести соответствующее изменение значений параметров объекта, то есть необходимо воздействовать на параметры.

Полученный вывод позволит в дальнейшем, при помощи пространства состояний, свести анализ объектов к анализу параметров объектов.

Остальные аспекты пространства состояний объектов и движения объектов в указанном пространстве рассматриваются ниже.

1.3.1. Векторы смещения, цели, коррекции и новых устройств, минимальный уровень воздействия.

Как указывалось ранее, при воздействии на объект со стороны окружающей среды или системы его управления объ-

ект переходит в другое состояние. Между начальным и конечным состояниями в пространстве состояний образуется некоторое расстояние, которое будем именовать смещением. Величина смещения может быть исчислена с помощью вектора, который образуется как направленный отрезок между начальным и конечным состояниями объекта.

1.3.1.1. Одиночное воздействие

Обратимся к рисунку 5.

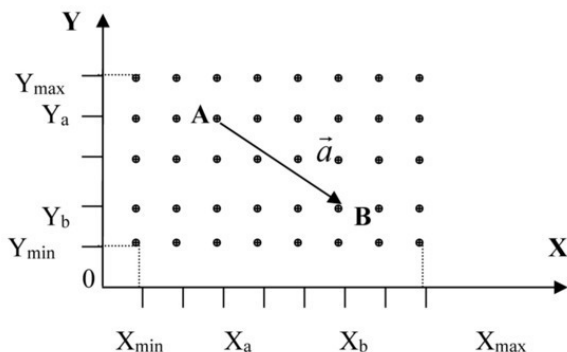


Рисунок 5. Вектор смещения

На рисунке изображено смещение объекта из состояния $A (X_a, Y_a)$ в состояние $B (X_b, Y_b)$ в результате одиночного воздействия.

При переходе объекта из одного состояния в другое соответствующим образом изменяются значения его параметров, впрочем, верно и обратное утверждение.

Величина смещения определяется длиной отрезка $[AB]$.

В свою очередь, при учете направления смещения, отрезок $[AB]$ становится вектором $\{a\}$, длина которого определяет величину смещения, а направление вектора $\{a\}$ определяет направление смещения рассматриваемого объекта в пространстве состояний.

Длина вектора $\{a\}$ определяется как сумма квадратов разниц начальных и конечных координат смещения по всем параметрам, т.е.:

$$|\vec{a}| = \sqrt{\sum_{i=1}^N [(X_b - X_a)_i]^2}$$

выражение 4.1

где X_b и X_a – соответственно конечные и начальные значения *i-того* параметра, количество которых составляет N .

Формула (4.1) позволяет определить величину смещения

объекта в пространстве состояний в общем случае.

Формула (4.2) позволяет определить направление смещения объекта в пространстве состояний в общем случае:

$$\cos(\vec{a})_i = \frac{\vec{a}_i}{|\vec{a}|} = \frac{(X_b - X_a)_i}{|\vec{a}|}$$

выражение 4.2

Как любой вектор, вектор смещения обладает определенными координатами. Как видно из рисунков 6, формул (1—4), правил сложения векторов (если начальное и конечное состояния изобразить в виде соответствующих векторов) координаты вектора смещения определяются как разность начальных и конечных значений соответствующих параметров, т.е. можно записать выражение (5) для вектора смещения:

$$\vec{a}\{(X_b - X_a)_1, (X_b - X_a)_2, (X_b - X_a)_3, \\ \dots, (X_b - X_a)_i, \dots, (X_b - X_a)_N\}$$

выражение 5

где X_b и X_a – соответственно конечные и начальные значения i -того параметра, количество которых составляет N .

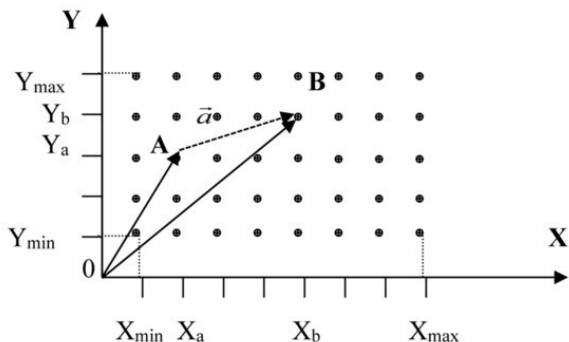


Рисунок 6.1 Вектор смещения в естественном положении

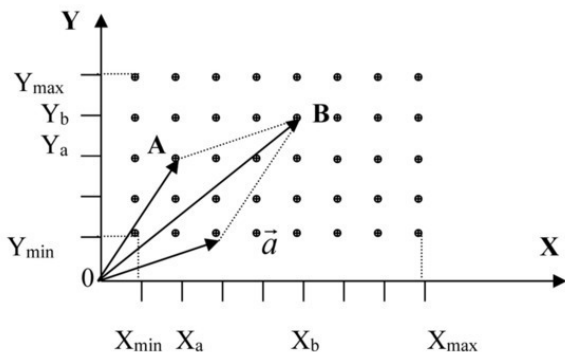


Рисунок 6.2 Вектор смещения после параллельного переноса

Рисунок 6.1 иллюстрирует ситуацию, при которой вектор смещения исходит из точки A , переводя объект в состояние B . Оба эти состояния представлены, в данном случае, векторами $\{OA\}$ и $\{OB\}$ соответственно, вектор смещения – это вектор $\{a\}$. Сложение по правилу треугольника векторов $\{OA\}$ и $\{a\}$ дает вектор $\{OB\}$. Координаты вектора смещения определяются выражением (5).

Рисунок 6.2. иллюстрирует ситуацию, при которой вектор смещения $\{a\}$ умозрительно перенесен в начало координат с сохранением длины и направления вектора (параллельный перенос). При таком переносе сохраняются и величины проекций вектора смещения на координатные оси, кото-

рые, будучи исчислены относительно начала системы координат, являются собственно координатами вектора смещения. Результатом сложения вектора $\{OA\}$ и вектора смещения $\{a\}$ по правилу параллелограмма дает все тот же вектор $\{OB\}$. Этот факт позволяет утверждать, что координаты вектора смещения, расположенного там, где ему полагается быть, и координаты вектора смещения, перенесенного в начало координат тождественны друг другу. Таким образом, координаты вектора смещения $\{a\}$, полученные в выражении (5), тождественны истинным координатам.

Заметим, что для нормализованных параметров этот вывод достигается, в общем-то, автоматически.

1.3.1.2. Множественные воздействия

При наличии нескольких источников воздействия на объект последний будет совершать движение в пространстве состояний, которое (движение) должно включать в себя ту или иную реализацию всех воздействий.

Рассмотрим два полярных случая:

- на рисунке 7.1 на объект, изначально находящийся в состоянии A , оказываются последовательные воздействия, т.е. каждое следующее воздействие инициируется после реализации смещения от предыдущего воздействия,

- на рисунке 7.2 на объект, находящийся в состоянии A оказывается несколько воздействий одновременно (для наглядности величина и количество воздействий совпадает

с предыдущим вариантом).

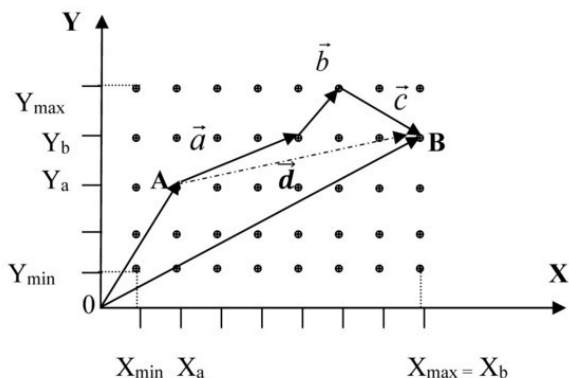


Рисунок 7.1 Вектор смещения, образующийся в результате ряда последовательных воздействий

Как видно из рисунка 7.1 на объект, находящийся в состоянии A , последовательно оказываются воздействия, приводящие к появлению векторов смещения $\{a\}$, $\{b\}$ и $\{c\}$ соответственно. В результате такого движения в пространстве состояний объект переходит в состояние B , вектор $\{OB\}$ является результатом сложения векторов по правилу треугольников исходного вектора $\{OA\}$ и совокупного вектора смещения $\{d\} = \{a\} + \{b\} + \{c\}$.

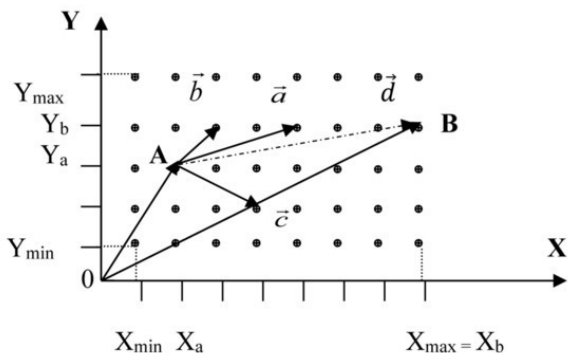


Рисунок 7.2 Вектор смещения, образующийся в результате одновременных воздействий

На рисунке 7.2 на объект оказывается сразу несколько воздействий, каждое из которых вызывает соответствующее смещение $\{a\}$, $\{b\}$ и $\{c\}$ соответственно. Можно убедиться, что если сложить векторы смещения по правилу параллелограмма, а потом результирующий вектор смещения $\{d\}$ сложить с вектором исходного состояния $\{OA\}$ либо по правилу треугольника, либо, предварительно параллельно сместив его в центр координат, сложить по правилу параллелограмма, мы получим вектор конечного состояния $\{OB\}$, который, при совпадении частных векторов смещения $\{a\}$, $\{b\}$ и $\{c\}$ в обоих случаях воздействия, тождественен вектору $\{OB\}$, полученного при последовательны воздействиях, см. рису-

Полученные результаты позволяют сделать тот вывод, что при движении объекта в пространстве состояний в результате множественного воздействия характер воздействия (параллельный, последовательный или смешанный) на объект не имеет значения для образования результирующего вектора смещения.

1.3.2. Управляющие воздействия

Управляющие воздействия, как и любые другие воздействия, вызывают смещение объекта в пространстве состояний на ту или иную величину, в зависимости от величины воздействия.

Единственным отличием управляющего воздействия от любого другого является то, что управляющее воздействие всегда, независимо от того является ли оно внешним или внутренним, целенаправленно (правда не всегда удастся эту цель достичь, да и система управления не всегда корректно определяет целевое состояние и/или вырабатывает управляющее воздействие).

Поэтому в представленных материалах автор не будет выделять особым образом, если того не требует существо вопроса, управляющие воздействия из всей совокупности воздействий.

1.3.3. *Корректирующие воздействия.*

Необходимость в коррекции состояния появляется тогда, когда объект при перемещении в пространстве состояний под действием управляющего воздействия не достигает целевого состояния. Обычно такая ситуация возникает при наличии неучтенных воздействий на объект или неучтенных свойств объекта, которые и приводят к появлению ошибки при движении объекта к какой-либо цели. При этом неучтенные факторы могут действовать равно в точке старта, в точке финиша, на этапе движения от состояния к состоянию.

На рисунке 8.1 целевое состояние обозначено литерой ***B***, а состояние, в которое на самом деле переместился объект, в дальнейшем будем называть реализованным состоянием, обозначено литерой ***B_I***. Между точками образуется смещение (вектор $\{B B_I\}$), собственно являющееся ошибочным смещением.

Для того, чтобы объект оказался все-таки в требуемом состоянии, на него необходимо оказать некоторое воздействие, в первом приближении равное ошибочному смещению, для компенсации последнего, т.е. оказать дополнительное управляющее воздействие на объект.

На рисунке 8.2 показан вектор корректирующего воздействия (вектор $\{B_I B\}$), который переместит объект в целевое состояние ***B***.

Очевидно, что такой подход позволяет считать корректирующее воздействие формой управляющего воздействия.

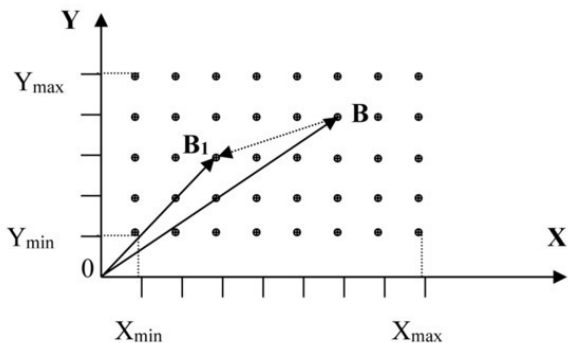


Рисунок 8.1 Смещение от целевого состояния

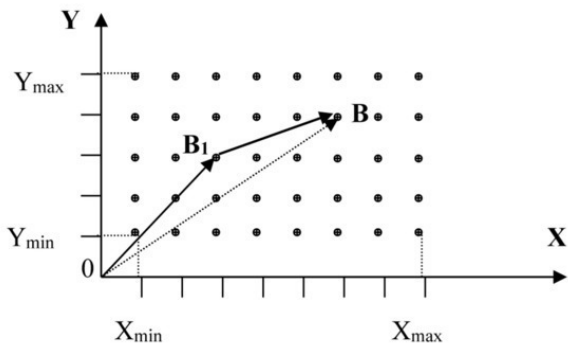


Рисунок 8.2 Корректирующее смещение к целевому состоянию

Теперь обратимся к рисунку 8.3. На этом рисунке вектор корректирующего воздействия $\{a\}$ (смещения) был параллельно перемещен в начало координат. При сложении по правилу параллелограммов результат воздействия будет тот же, но полученная конфигурация векторов позволяет нам воспринимать корректирующий вектор как некий добавочный объект (или корректирующий объект), параметры которого тождественны его координатам, а сам он, будучи присоединен к основному объекту, позволит последнему достичь желаемого состояния (практически агент влияния).

Заметим, что этот вопрос (влияние объектов друг на друга) будет рассмотрен позже и подробнее, сейчас же ограничимся только обозначением существования такого фактора.

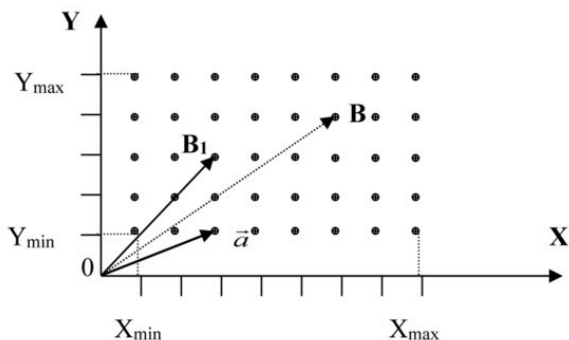


Рисунок 8.3 Образ корректирующего устройства

Таким образом, на настоящем этапе корректирующие воздействия можно рассматривать как частный случай управляющих воздействий, не забывая о возможности существования корректирующих объектов.

1.3.4. Вектор цели.

Как указывалось ранее, при оказании воздействия на объект, как со стороны его системы управления, так и со стороны сторонних объектов, означенный объект совершает движение в пространстве состояний.

Перед началом движения, если это разовый акт, либо перед каждым переходом в новое состояние при многоэтапном движении, объектом формируется направление перемещения и прогноз конечного состояния.

Прогнозируемое конечное состояние принято называть целью или задачей.

Между этими терминами, по мнению автора, существует определенное различие, заключающееся в том, что достижение цели осуществляется посредством решения задач. Из сказанного можно сделать тот вывод, что целью следует именовать то состояние, в которое в конечном итоге должен переместиться объект, а задачами следует именовать все промежуточные состояния, которые объект последовательно принимает на пути к целевому состоянию.

Заметим, что набор решаемых задач по пути к цели об-

разует траекторию движения объекта в пространстве состояний, либо алгоритм достижения цели.

Как ранее указывалось, движение в пространстве состояний может быть одноактным процессом и многоэтапным. В первом случае вектор цели непосредственно указывает на конечное состояние, во втором случае кроме основного вектора цели существуют промежуточные векторы, определяемые выбранным алгоритмом прохода по пространству состояний. Эти векторы локальных целей более правильно именовать векторами задач.

На рисунке 9 изображена эта ситуация. Вектор $\{AB\}$ является целевым вектором, а остальные векторы – векторы задач. Со всей очевидностью можно отметить, что вектор цели является суммой векторов задач.

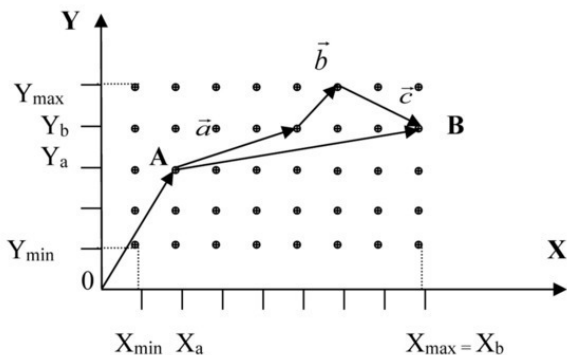


Рисунок 9 Вектор цели и векторы задач

Направление перемещения совпадает либо с вектором воздействия при одиночном воздействии, либо совпадающее с суперпозицией воздействий при множественном воздействии.

Прогноз конечного состояния определяется направлением предполагаемого смещения и силой воздействия.

Таким образом, вектор цели (вектор задачи) можно считать отображением воздействия на объект. Более того, векторы воздействия и векторы цели можно рассматривать как разные ипостаси (дуализм) одного и того же явления.

Поэтому, примем как очевидное, что с вектором цели можно производить такие же манипуляции, что и с вектором воздействия.

Следует отметить, забегая несколько вперед, что существуют объекты, которые можно считать разумными или, более скромно, самоуправляющимися. Основной отличительной особенностью таких объектов можно считать способность самостоятельно, исходя из оценки окружающей действительности, формировать для себя цели и определять задачи, способствующие достижению назначенных целей.

В дальнейшем, исходя из целей и задач, система управления такого объекта формирует воздействия на сам объект и, если требуется, индуцирует воздействие со стороны окружающей среды, которых (воздействий) должно хватить для решения задач и достижения цели.

Таким образом, можно наблюдать обратный дуализм между воздействием и целью, т.е. не воздействие определяет цель, а цель определяет воздействие.

Но, думается, указанная ситуация лишь подтверждает наличие взаимообусловленности цели объекта и воздействия на объект.

Более того, обычно на практике любой самоуправляющийся объект не только сам ставит перед собой цели, но и вынужден реализовывать сторонние воздействия, например: пинок товарища, если не успел увернуться, вполне четко и недвусмысленно определит направление предстоящего движения, либо суровый приказ жены/тещи, равно как и нытье детей, которые можно считать формой сторонне-

го воздействия, заставляет субъекта (по традиции разумные объекты принято именовать субъектами) воспринимать этот процесс как источник цели.

Отметим в конце данного раздела, что изложение вопроса вектора цели проводилось без учета факторов, приводящих к появлению ошибочных смещений, так как, по мнению автора, учет таковых воздействий не внесет принципиальных изменений в понимание вопроса.

И в заключение дадим определение вектора цели:

Вектор, проложенный в пространстве состояний объекта между текущим состоянием и прогнозируемой целью, будет в дальнейшем именоваться вектором цели.

1.3.5. Величина воздействия. Результат воздействия.

При оценке величины воздействия на объект следует исходить из того допущения, что воздействие в параметрическом пространстве состояний может быть отображено в виде некоторого вектора либо как некоторый объект, имеющий вполне конкретные значения координат.

При таком подходе модуль вектора может быть показателем величины воздействия, а направляющие косинусы могут определять направление воздействия в собственном пространстве состояний данного воздействия.

Как отмечалось ранее, объект также описывается набором параметров, определяющих его пространство состояний. При этом набор параметров воздействия может совпадать с набором параметров объекта воздействия, но может и не совпадать (полностью или частично).

При частичном несовпадении набор параметров воздействия может быть или подмножеством набора параметров объектов, или имеется ненулевое пересечение наборов параметров воздействия и объекта.

В этих случаях будет уместно говорить не просто о формальной величине воздействия, а о рабочей величине воздействия или о действующем воздействии (извините за некоторую тавтологию) на данный объект, так как воздействие может (но необязательно будет) производиться только по параметрам, имеющим общность или сродство (или, как говорят в биохимии, являющимися лигандными), именуемыми в дальнейшем общими параметрами (часто параметры, участвующие в организации воздействия, именуются в обычной жизни зоной, областью или группой контакта).

Если имеется ненулевое пересечение параметров воздействия и объекта, то можно говорить о проекции воздействия на объект и рассматривать уже проекцию полнопространственного воздействия в качестве действующего воздействия на анализируемый объект.

При полном несовпадении параметров воздействия и объекта невозможно говорить о наличии воздействия на анализируемый объект.

Для оценки величины воздействия на объект, при неполном совпадении контентов воздействия и объекта, следует исходить из того, что воздействие является разновидностью взаимодействия, поэтому воздействие полностью реализуется в тот момент, когда не только имеются наборы общих параметров, обеспечивающих принципиальную возможность воздействия, но и значения параметров анализируемого объекта и средства воздействия совпадут. Если воздействие и объект не имеют общих параметров, то взаимодействие не произойдет. Если, при наличии общих параметров, невозможно уравнивание значений общих параметров, то и в этом случае не произойдет взаимодействие.

Поэтому в качестве величины воздействия на объект представляется возможным принять модуль вектора, построенного на параметрах, по которым не только возможно воздействие на объект, но и имеется совпадение значений параметров. Возникающие при этом направляющие косинусы определяют направление воздействия на объект, т.е. целевой вектор (этот вектор существует в пространстве состояний объекта).

В результате воздействия на анализируемый объект по-

следний претерпит те или иные изменения, проявит ту или иную реакцию. Величина изменений, определяемых векторным образом, может оказаться не равной изначально рассчитанной величине воздействия, что позволяет рассматривать результаты воздействия в качестве отдельного фактора, требующего своей оценки.

Результат воздействия определяется не только величиной воздействия, но и поведенческой реакцией объекта в период существования воздействия.

При этом процесс взаимодействия объекта и воздействия может происходить в несколько этапов:

- подготовка к взаимодействию;
- период непосредственного воздействия;
- период после снятия воздействия.

До начала воздействия не все значения, как указывалось ранее, общих параметров объекта и субстрата (носителя, источника или переносчика) воздействия могут совпадать. Поэтому процессу полноценного воздействия может предшествовать, хотя бы в качестве попытки, процесс сближения значений параметров объекта и средства воздействия. Этот процесс представляет собой смещение объекта в пространстве состояний либо абсолютное, при сохранении состояния источника воздействия, либо относительное, при взаимном изменении состояния объекта и источника воздействия.

Величина и направление смещения, необходимого для достижения более полного контакта между источником воздействия и объектом, могут быть приняты в качестве первого слагаемого в оценку интегрального (обобщенного) результата воздействия.

В качестве замечания следует отметить, что сближение источника воздействия и объекта не могут происходить при полном неведении участников событий относительно друг друга. Это означает, что процесс сближения должен последовать за началом частичного взаимодействия либо участники должны иметь, оба или хотя бы один из участников, какую-либо информацию о своем партнере по контакту, что подразумевает, в свою очередь, существование на этапе, предваряющем рассматриваемое воздействие, прямого или опосредованного взаимодействия любого плана, в том числе и информационного.

Но на факте уравнивания значений параметров воздействия и объекта (что можно полагать подготовкой к взаимодействию) процесс воздействия не заканчивается.

За период существования непосредственного воздействия могут изменить свое значение не только параметры-рецепторы (следует отметить, при этом, что несогласованное изменение значений параметров-рецепторов может привести к прекращению взаимодействия или его изменению),

но и другие параметры объекта. В этом случае результат воздействия будет равен величине смещения объекта в параметрическом пространстве за период непосредственного воздействия. При этом смещение объекта может быть:

- пассивным, т.е. при отсутствии воздействия системы управления или отсутствии самой системы управления, либо при незначительности воздействия системы управления, влиянием которого на смещение объекта можно пренебречь. В этом случае величина смещения за период воздействия будет адекватна величине воздействия;

- активным, т.е. под значимым управлением собственной системы управления, что естественным образом корректирует направление и величину смещения объекта, являясь, по сути, еще одним воздействием на изначально пассивный объект. Под значимостью воздействия системы управления понимается то, что сила воздействия системы управления на объект в период непосредственного воздействия внешнего источника (или другого источника, не являющегося системой управления) не может быть не учтена;

- трансформационным. Такое движение имеет место, когда воздействие на объект становится разрушительным или синтезирующим, либо происходит вырождение или усложнение объекта. Разрушение или синтез в общем случае характеризуются прекращением существования изначально анализируемых объектов с потерей взаимодействия с источником воздействия и появлением новых объектов-наследни-

ков, имеющих собственные, присущие только им, наборы параметров и интервалы допустимых значений. Вырождение или усложнение объектов в общем виде сопровождается изменением набора параметров и интервалов допустимых значений параметров существующих анализируемых объектов без потери, скорее всего, взаимодействия с источником воздействия. Трансформационное движение является переходом в пространстве состояний, хотя и со своей спецификой в каждом случае. Если рассматривать движение трансформируемого объекта в собственном пространстве состояний, то движение вырождающегося или усложняющегося объекта сопровождается соответствующим изменением характеристик пространства состояний и контента состояний объекта. В то же время, разрушение или синтез объекта прежде всего сопровождается исчезновением собственного пространства состояний анализируемого объекта (аналогия с коллапсом) и появлением новых собственных пространств состояний со своими специфичными параметрами для вновь образуемых объектов со своими специфичными контентами состояний, в рамках которого они совершают то или иное инерционное после воздействия движение (либо испытывают новое воздействие). В рамках обобщенного пространства состояний (тяготеющего к глобальности) модификация объектов (усложнение или вырождение) выглядит как перемещение объекта из одной части обобщенного пространства в другую с возможным изменением набо-

ра параметров и интервалов доступных значений. Разрушение или синтез объектов в обобщенном пространстве состояний будут выглядеть несколько иным образом: непосредственное воздействие на исходный объект или объекты сохраняется до тех пор, пока существует хотя бы минимальная связь с параметрами реципиентами исходных объектов; существует определенная трудность в фиксации этого момента, так как в процессе трансформации объекты так или иначе изменяются, поэтому для упрощения анализа можно принять в качестве периода непосредственного воздействия (если оно не прекратилось раньше по индивидуальной или взаимной инициативе источника воздействия и объекта) период однозначной фиксации наблюдаемых объектов как исходных, т.е. до наступления момента дезинтеграции или начала слияния; дальнейшее изменение объектов, слияние или разрушение, является либо инерционным, либо имеет место случай непосредственного воздействия уже на объекты-наследники; в момент фиксации прекращения существования исходных объектов они в обобщенном пространстве состояний совершают моментальный (фазовый) переход в нулевую точку пространства состояний (происходит обнуление исходных объектов), а объекты-наследники совершают моментальный переход из нулевой точки в ту точку пространства, в которой начнется их существование и определяются их собственные наборы параметров и контенты состояний. Смещение модифицируемых объектов в период непосред-

ственного воздействия должно рассматриваться как результат воздействия, при потере взаимодействия объекта и источника воздействия величина смещения становится слагаемым в интегральную оценку результатов смещения. Совокупное векторное движение предшествующих объектов в нулевую точку и объектов-наследников к своему новому стартовому состоянию также должно быть присовокуплено в интегральный результат воздействия, так как это движение происходит уже после потери взаимодействия источника воздействия и объекта, ввиду того, что исходный объект в этот момент обнулится. В интегральный результат можно также отнести и инерционное движение наследников после их образования (или инерционную составляющую движения, если на наследников оказывается какое-либо дополнительное воздействие).

При снятии воздействия с объекта последний может или продолжить свободное (при отсутствии каких-либо воздействий) затухающее движение в параметрическом пространстве, или может произвести возвращение на исходные позиции или в направлении исходных позиций, поэтому, по всей видимости, величину инерционного (или коррекционного, или компенсирующего) смещения следует внести в качестве слагаемого в интегральный результат воздействия.

Следует отметить, что инерционное смещение, не сопровождающееся ускорением, может рассматриваться как про-

цесс, если этого требует решаемая задача, но в других случаях, для удобства анализа, описание такого движения следует преобразовать в набор статичных параметров – изменение координат (в частности, евклидовых или географических) можно преобразовать в статичные скорости по направлениям.

Если объект испытывает множественные воздействия, то общая величина воздействия, равно как и их общий результат, будет определяться векторным сложением отдельных воздействий и результатов.

Если удастся зафиксировать устойчивую связь между величиной воздействия и результатом воздействия в период непосредственного воздействия, то можно говорить о выявленной поведенческой функции объекта (6, 6.1):

$$\Delta s(\Delta T_0) = \left| \overrightarrow{a(\Delta T_0)} \right| = \sqrt{\sum_{i=1}^{N-M} (\Delta X_n(\Delta T_0))^2} \\ = \varphi(\{B_m\}_{m=1}^M, \Delta T_0)$$

выражение 6

$$\begin{aligned} \cos_i(\Delta s(\Delta T_0)) &= \frac{(\Delta s(\Delta T_0))_i}{\Delta s(\Delta T_0)} = \frac{\Delta X_i(\Delta T_0)}{\Delta s(\Delta T_0)} \\ &= \frac{\varphi_i(\{B_m\}_{m=1}^M, \Delta T_0)}{\Delta s(\Delta T_0)} \end{aligned}$$

выражение 6.1

Выражение (6) показывает, что величина смещения объекта (обозначенная в соответствии со строкой 2 таблицы 1) в пространстве состояний за период непосредственного воздействия (обозначенного в соответствии со строкой 3 таблицы 1, далее по тексту будет просто указываться номер строки таблицы 1 в формате см. к/1, где к – номер строки, 1 – номер таблицы) по всем параметрам, по которым не происходит взаимодействия ($N - M$), определяется всей совокупностью параметров M воздействия, по которой (совокупности параметров) происходит взаимодействие объекта и источника воздействия.

Это означает, что за период непосредственного воздействия, пока имеет место взаимный захват параметров-реципиентов объекта и соответствующих параметров источника воздействия, остальные параметры меняют свое состояние на величину, определяемой проекцией поведенческой функции на соответствующий параметр.

Величина направляющих косинусов смещения определя-

ется проекциями поведенческой функции на соответствующие параметры объекта.

Если существует обратная функция для выражения (6), то выражение (7) определяет величину воздействия для параметра, которое обеспечит за период непосредственного воздействия (см. 3/1) по всем параметрам ($N—M$) необходимое смещение (см. 4/1) объекта:

$$B_m(\Delta T_0) = \varphi_i^{-1}(\Delta X_i(\Delta T_0))$$

выражение 7

В заключение раздела автор полагает необходимым ввести несколько дополнительных показателей:

1. Абсолютное единичное воздействие. Это воздействие, модуль вектора которого, исчисленный по всем параметрам, равен единице.

2. Действующее единичное воздействие. Это воздействие, модуль вектора которого, исчисленный по тем параметрам, по которым осуществляется взаимодействие между источником воздействия и объектом, равен единице.

3. Единичное параметрическое воздействие. Это проек-

ция воздействия на параметр, по которому осуществляется воздействие, причем длина проекции равна единице шкалы измерения данного параметра. Очевидно, что если по всем M параметрам, поддерживающим взаимодействие, имеет место единичное параметрическое воздействие, то величина самого воздействия определяется выражением (8):

$$B = \sqrt{M}$$

выражение 8

В отличие от воздействий из предыдущих двух пунктов, которые могут быть получены в результате неограниченного количества комбинаций значений параметров, данный вид воздействия (8) имеет единственный вариант своего получения и, поэтому, в дальнейшем будет использоваться именно этот вариант, именуясь при этом либо обобщенное единичное параметрическое воздействие, либо единичное воздействие.

4. Инерционная временная характеристика (ударение на последний слог) параметра (постоянная времени парамет-

ра), см. 5/1. Это период времени, который необходим параметру объекта для изменения своего значения на единицу (по принятой для данного параметра шкалы измерения) при наличии единичного параметрического воздействия.

5. Постоянная времени объекта, см. 6/1. Это период времени, необходимый объекту для смещения в пространстве состояний на единичную длину при наличии единичного параметрического воздействия по всем параметрам объекта. Представляется вполне очевидным, что объект полностью перейдет в целевое состояние тогда, когда требуемое значение примет самый медленно перестраивающийся из параметров, то есть в качестве показателя можно принять максимальную величину из всех вариантов значений постоянной времени параметров (9):

$$\Delta\tau = \{\Delta\tau_n |_{n=1}^N\}_{max}$$

выражение 9

1.3.6. Минимально необходимая величина воздействия. Стартовое воздействие.

Под минимально необходимой величиной воздействия будет пониматься та величина воздействия, которая обеспе-

чивает решение поставленной задачи без учета иных воздействий.

Под стартовым воздействием будет пониматься величина воздействия, обеспечивающая начало движения объекта.

Необходимость оценки этого фактора вполне может вставать как перед источниками внешнего воздействия, так и перед системами управления объекта.

Расчет или оценка минимально необходимой величины воздействия производится на основании выражений (6) и (7).

Вопрос оценки минимально необходимого воздействия может иметь место для объектов любого рода, но со своими нюансами.

В случае объектов, имеющих хотя бы один дискретный параметр, как указывалось ранее и показано на рисунках 3.2 и 3.3, контент состояний объекта становится либо дискретно-непрерывным, либо дискретным, если все параметры являются дискретными.

При этом между отдельными состояниями, для полностью дискретного варианта контента, или изолированными областями непрерывных субконтентов (для дискретно-непре-

рывных контентов) появляются разрывы, протяженность которых определяется шагом дискретности параметров.

Следует отметить что, в результате проведения нормализации параметров, шаг дискретности для любого дискретного параметра численно равен единичному значению данного параметра.

Изменение значений дискретных параметров требует преодоления разрывов между значениями этих параметров. В интервалах между значениями параметров объект не может находиться, так как разрешенными значениями параметров для объектов с дискретными параметрами являются только эти значения.

Обычно переход по дискретному параметру осуществляется на одно деление шкалы или несколько делений шкалы параметра.

По различным причинам могут возникать случаи, когда величины воздействия чуть-чуть не хватает для достижения цели.

Если, при этом, требуется переход на одно деление шкалы параметра, то такой переход не состоится.

Если величина воздействия недостаточна для перехода в требуемое состояние, расстояние до которого больше единичного перехода, то переход будет осуществлен до ближайшего, гарантированного величиной воздействия, к цели значения параметра. При этом может иметь место остаточное воздействие, недостаточное для преодоления одного

дискретного интервала. Остаточное воздействие, если такое вообще будет иметь место, недостаточное для перехода в соседнее состояние, скорее всего не будет реализовано в рамках изменения значений данного параметра (но вполне может быть реализовано в других направлениях, если объект обладает системой управления и возможности системы управления позволяют перенаправить остаточное воздействие на изменение других параметров).

Из сказанного следует, что для дискретных объектов минимально необходимая величина воздействия должна гарантированно обеспечивать величину перехода, кратную шагу дискретности значений соответствующего параметра.

Стартовое воздействие для дискретных объектов – полностью или частично – это такое воздействие, которое обеспечивает переход на один шаг дискретности.

Для объектов, имеющих все непрерывные значения параметров (непрерывные объекты) задача становится тривиальной – минимально необходимое воздействие должно обеспечивать достижение цели без учета шагов дискретизации параметров, а стартовое воздействие должно отвечать условию (10):

$$dx_i = \varphi_i(\{B_m\}|_{m=1}^M, \Delta T_0 \rightarrow 0) \neq 0$$

выражение 10

Еще один случай, когда возникает необходимость оценки минимального воздействия или стартового воздействия, — это случай организации смены режима движения объекта. В этом случае отслеживается не текущее состояние объекта, а изменение таких характеристик движения как скорость или ускорение. Указанные характеристики могут быть получены из выражения (6) как первая для скорости или вторая для ускорения производные указанного выражения (если оно, конечно, вообще дифференцируемо).

1.3.6.1. Особенности поведения дискретных систем в окрестности значения параметра.

Существует еще один фактор, который вносит определенный нюанс в результаты воздействия. Это, выражаясь инженерным языком, конечная добротность систем.

Конечность добротности реально существующих дискретных систем приводит к тому, что значения параметров в пространстве состояний представляют собой не точки, а интервалы той или иной длины (чем ниже добротность си-

стемы, тем интервалы шире).

Наличие таких интервалов приводит к уменьшению расстояния между значениями параметра, но, в то же время, текущее значение параметра (до начала перестроения) может находиться в любой точке окрестности значения параметра, в том числе и на границе интервала, противоположной целевому значению, также и само перестроение может произойти в любую точку окрестности целевого значения параметра, в том числе и на границу интервала, противоположной исходному значению.

Если символом (см. 7/1) обозначить шаг дискретности, а символами r_s и r_f обозначить соответственно радиусы окрестностей стартового и целевого значения, то длина интервала перестроения L значения параметра для перехода на один шаг шкалы значений параметра будет отличаться от шага дискретности и будет располагаться в следующем интервале (11):

$$\Delta l - r_s - r_f \leq L \leq \Delta l + r_s + r_f$$

выражение 11

Соответствующим образом будет варьироваться и время T перестроения из одного значения параметра в другое (со-

седнее) (выражение 12) при формальном переобозначении через T_1 и T_2 соответственно времени преодоления левой и правой части выражения (11):

$$T_1 \leq T \leq T_2$$

выражение 12

либо будет верно выражение (12.1):

$$T = T_0 \pm \Delta T$$

выражение 12.1

Где T_0 – расчетное время перестроения на один шаг, а интервал времени (см. 8/1) порождается вариациями интерва-

лов перестроения.

Если полагать, что перестроение на интервалы, отличные от единичного, в дискретных системах производится скачком из стартового значения в целевое, минуя принятие промежуточных значений, то выкладки для единичного шага остаются справедливыми и в этом случае, когда T_0 – расчетное время перестроения на требуемый интервал.

Если перестроение осуществляется посредством последовательного принятия смежных значений, то задержки, отображенные в выражении (12) могут как накапливаться, так и взаимно компенсироваться.

В отрезок времени, определяемый выражением (12), данный параметр системы не имеет никакого значения. Это, следует отметить, равносильно тому, что в этот период объект имеет меньшее количество параметров.

Наличие конечного времени перехода (имеется ввиду отсутствие моментальности перестроения), из одного состояния в другое, следует отметить, может привести к невозможности перестроения объекта по причине увеличенного интервала перестроения параметра (что может привести к тому, что либо система управления, при необходимости быстрого или частого изменения значений параметра, не будет

успевать вырабатывать управляющее воздействие, либо объект не успеет его реализовать, либо каждый из них в той или иной степени могут не успеть выполнить требуемые операции за отведенное время).

Заметим, что при дальнейшем качественном анализе поведения объектов в пространстве состояний не будут учитываться нюансы, отмеченные в данном подразделе.

1.3.6.2. Конфликтное воздействие.

Данный вопрос сводится к тому, что по каким-то причинам система управления объектом выработала такое воздействие, что дискретный параметр, или несколько параметров, должен принять промежуточное значение.

Реализация такого воздействия объектом или управляемой системой может быть различной и определяется определенными для данной системы или объекта процедурами разрешения конфликтов.

Это может быть или игнорирование дробной части величины воздействия, или перенаправление избытка на перестроение других параметров, или объект начнет перестроение, но не сможет его закончить, что приведет к зависанию объекта с исключением (временным, до принудительного перевода объекта в значимое состояние) такого параметра из пространства состояний объекта.

Наличие зон торможения (интервал вокруг целевого зна-

чения параметра, вызванный конечностью добротности объекта) может позволить объекту совершить перестроение, если требуемое значение попадает в зону торможения. В этом случае происходит (если у объекта на это действие имеется соответствующий энергетический или другой, соответствующий случаю, ресурс) «захват» значения параметра и, возможно, перестроение параметра до значения, которому принадлежит данная зона торможения.

Возможное поведение объекта, которое сводится к выбору результирующего значения параметра (значений нескольких параметров), при отсутствии системы управления, определяется не в последнюю очередь системным потенциалом состояния по тому принципу, что из всех возможных состояний при необходимости выбора и в условиях бездействия системы управления, система выберет состояние с более низким системным потенциалом.

Заметим, что свойство объектов – в неуправляемом движении стремится к снижению системного потенциала – является имманентным свойством любого объекта.

1.3.7. Возможность игнорирования промежуточных состояний.

При движении в пространстве состояний из исходного состояния в конечное состояние объект последовательно переходит от одного промежуточного состояния к другому.

Возникает вопрос: обязательно ли объект переходит при каждом смещении от текущего состояния к следующему состоянию (вектор $\{a\}$ на рисунке 4), принимая по пути все необходимые промежуточные состояния между исходным и целевым состояниями, либо объект может скачком переходить из текущего состояния в целевое (векторы $\{b\}$ и $\{c\}$ на рисунке 4), минуя промежуточные состояния.

Решение этого вопроса определяется алгоритмом изменения параметров объекта, по которым происходит изменение состояния.

Если параметры должны изменяться либо плавно (для непрерывных параметров, например, регулятор типа верньера), либо последовательно принимая ряд значений (для параметров с дискретными значениями), то в этом случае объект будет перемещаться из исходного состояния в целевое через ряд смежных состояний.

Если же параметр в каждый следующий момент времени может принять любое доступное значение (например, изменение значений производится выбором той или иной кнопки из ряда кнопок, или переключение передачи в автомобиле), то в этом случае объект может перемещаться скачком в требуемое состояние из исходного, минуя промежуточные состояния.

Резюмируя сказанное в этом разделе, можно утверждать,

что необходимость прохода объекта через все промежуточные состояния параметрического пространства при движении к целевому состоянию не является имманентной, но определяется, с одной стороны, свойствами или особенностями объекта, его системы управления с другой стороны, и, к тому же, задачами, встающими перед объектом (т.е. наличием действительной потребности в непрерывной траектории или, наоборот, в отсутствии такой потребности).

1.3.8 Преодоление разрывов.

Разрывы в пространстве состояний появляются тогда, когда значения хотя бы одного параметра располагаются не в пределах одного интервала, а группируются в нескольких изолированных субинтервалах.

На рисунке 10 такая ситуация изображена для параметра X , где доступные значения разбиты на два отдельных интервала $[X_{\min}, X_1]$ и $[X_2, X_{\max}]$.

В результате весь контент состояний разбивается на соответствующее количество субконтентов.

Расстояния между субинтервалами значений для каждого параметра различны, более того могут быть различны расстояния между субинтервалами внутри отдельно взятого параметра, если таковых субинтервалов более двух.

Это приводит к тому, что расстояния между субконтентами в пределах пространства состояний не являются сколь-

ко-нибудь постоянной величиной, что заставляет объект решать задачу о величине воздействия для преодоления разрыва отдельно для каждого случая необходимости преодоления разрыва.

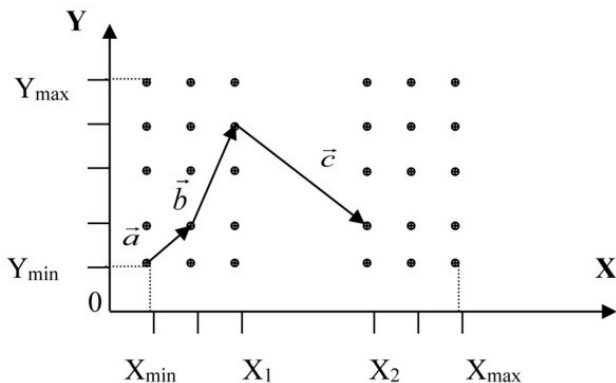


Рисунок 10. Движение в пространстве состояний с разрывами

В общем случае, в соответствии с рисунком 5, величина воздействия определяется модулем вектора $\{c\}$, который (модуль) определяется как величинами разрывов по каждому из параметров, которые претерпевают разрыв принимаемых значений при организации этого перехода, так и обычными изменениями значений остальных параметров, не имеющих разрывов в этом случае.

Если через интервал значений параметров (см. 9/1) обозначить параметры, имеющие разрыв на этапе данного перехода и количество таких параметров M , а через интервал значений параметров (см. 10/1) обозначить параметры, претерпевающие лишь обычное изменение значений при организации перехода между субконтентами и количество таких параметров составляет L , то можно записать выражение (13) для модуля вектора $\{\vec{c}\}$, используемого в качестве параметра выражения (7) для определения величины воздействия, которое необходимо приложить к объекту в данной области пространства состояний для его перехода в иной субконтент:

$$|\vec{c}| = \sqrt{\sum_{i=1}^M (\Delta X_i)^2 + \sum_{j=1}^L (\Delta Y_j)^2}$$

выражение 13

Заметим, что аналогично тому, как и в подразделе 1.3.5, при организации перехода из одного субконтента в другой величины выработанного воздействия по подобным причинам может не хватить для осуществления перескока.

Представляется вполне очевидным, что эти проблемы в данном случае должны разрешаться подобным же образом, поэтому здесь не будем заострять на этом внимание.

1.3.9. Вопрос о необходимости учета малых воздействий при анализе систем.

Малыми воздействиями, в контексте данных материалов, будут считаться такие воздействия, которые самостоятельно не могут обеспечить хотя бы единичный переход для дискретных параметров либо не в состоянии самостоятельно изменить характер движения.

Обычно на реальный объект осуществляется одновременно несколько воздействий разных величин и направлений, в результате чего объект совершает движение или изменяет характер движения в результате взаимодействия с суперпозицией воздействий.

Это означает, что даже малые воздействия так или иначе вносят свой вклад в решение задачи или в противодействие решению задачи.

В качестве замечания, следует отметить, что различные воздействия в общем случае могут иметь несовпадающие (полностью или частично) наборы параметров. При этом возможно частичное несовпадение наборов параметров отдельных воздействий и параметров-реципиентов объекта.

Но ничто не мешает вывести обобщенный набор параметров-реципиентов и параметров воздействий, присвоив

незадействованным параметрам соответствующих отдельных воздействий нулевые значения.

Также следует отметить, что вполне возможной может оказаться ситуация, когда вносимая тем или иным малым воздействием лепта оказывается излишней, так как не определяет, в данном случае, результаты решения задачи или отмены решения задачи, т.е. и без этого воздействия задача будет решена или, наоборот, будет исключено ее решение.

Обобщенный подход в разрешении вопроса об учете или исключении из учета малых воздействий состоит в апелляции к контексту конкретной ситуации.

Алгоритм включения в учет (исключения из учета) состоит в том, что все воздействия ранжируются по величине и производится их векторное суммирование от больших воздействий к меньшим.

Суммирование (соответственно и учет) производится до тех пор, пока суммирование величин воздействий способно внести изменения в состояние, направление или характер движения объекта. Те воздействия, учет которых не приведет к указанным изменениям, исключаются из учета.

Но следует отметить, что это исключение в любом случае является условным, так как любое новое воздействие может изменить состояние объекта таким образом, что возникнет необходимость учета ранее отброшенных воздействий (на-

пример, состояние объекта станет пограничным).

Такая дифференциация и учет воздействий существенным образом облегчают анализ существования объекта в условиях конкретной картины воздействий, позволяя, в целях упрощения анализа и облегчения прогнозирования результатов, рассматривать не все воздействия, исключив из анализа те малые воздействия, влиянием которых, по указанной выше причине, можно пренебречь.

Некоторые ситуации, изложенные ниже, могут, все же, внести нюанс в учет малых воздействий:

— В случае дискретных систем или непрерывно-дискретных систем из-за конечной величины добротности объектов вокруг каждого значения дискретного параметра образуется некоторая область (область или зона захвата, старта, финиша, разгона и т.п.), в пределах которой значение параметра неизменно. Наличие таких областей приводит к уменьшению расстояния между значениями параметров, что в случае решения задачи перехода может потребовать меньше усилий для организации перестроения. С другой стороны, сужение интервала между значениями может потребовать больших усилий для исключения возможности перестроения. Но это в том случае, если действующее значение параметра находится в той части окрестности, которая ближе к целевому значению (или к значению, которое можно полагать антице-

лью, если требуется избежать перестроения). Если же действующее значение находится в той части окрестности, которая дальше от цели (или антицели, если требуется избежать перестроения), то наличие таких зон захвата дает диаметрально противоположную картину необходимости учета малых воздействий.

– Для непрерывного контента, или для переходов в рамках непрерывного субконтента для случая непрерывно-дискретного субконтента, необходимо учитывать, в принципе, воздействие любой величины, т.к. переход в другое состояние, независимо от величины воздействия (если не учитывать инерционный аспект), состоится при любом уровне воздействия. При этом следует учитывать, что смещение, вносимое малым воздействием или совокупностью малых воздействий, может оказать влияние на результаты движения – либо будет иметь место смещение результирующего состояния относительно целевого, либо произойдет компенсация воздействий, а также может произойти изменение инерционности объекта по параметрам, где действуют совокупности малых воздействий. Кроме того, спрогнозированное смещение на целевое состояние может оказаться существенным с точки зрения условия решения задачи, но может быть и незначительным. Поэтому представляется вполне очевидным, что решение об учете малых воздействий должно приниматься исходя из существенности прогноза влияния совокупности этих воздействий на результаты решения.

– Случай терминального состояния. Объект в этом случае, образно выражаясь, находится на краю обрыва или перед ступенькой. По сути дела, терминальное состояние является вариантом дискретного параметра или нескольких параметров. Это значит, что можно говорить, в случае реальных систем, о наличии зоны старта для исходного значения параметра и зоны финиша для целевого значения параметра, испытывающего перепад. При этом зоны захвата расположены с одной стороны от значений параметра – со стороны области перепада. О влиянии таких зон на учет малых воздействий смотри выше. В случае существования непрерывного перепада следует, видимо, учитывать малые воздействия по тому же принципу, что и для непрерывных объектов.

— В случае систем любого рода вопрос о необходимости того или иного учета малых воздействий может встать при преодолении инерции (покоя или движения). В этом случае величина смещения, вызванная тем или иным воздействием, не столь существенна. На первый план, как основная характеристика изменения режима движения (покой является частным случаем движения), выходит ускорение движения. Формально-принудительным образом введенное выражение, связывающее ускорение, инерцию и воздействие, может выглядеть в виде (14):

$$B \sim I * a$$

выражение 14

где ***B*** – величина воздействия, ***I*** – мера инерции, ***a*** – ускорение, вызванное воздействием для данной меры инерции.

Данное выражение (14) очень сильно напоминает второй закон Ньютона, но это не страшно.

Второй закон Ньютона говорит о том, что постоянное воздействие сообщает объектам постоянное ускорение движения (возникающее скачком), не изменяющееся за весь период приложения силы. Постоянство ускорения обеспечивает линейный рост скорости и квадратичный рост пройденного расстояния под действием силы.

С другой стороны, второй закон Ньютона говорит о том, что функциональная зависимость силы и ускорения объекта одинаковы (при постоянной массе). Но масса может в процессе движения изменяться. Если масса будет изменяться в одной и той же функциональной зависимости, что и сила воздействия, то в этом случае при любой функциональной зависимости силы ускорение будет постоянным. При анали-

зе данного феномена период наблюдения, совпадающий с периодом существования воздействия, следует делить на интервалы, в пределах которых соотношение величины воздействия и меры инерции будет постоянно (другие варианты взаимного изменения воздействия и массы объекта требуют отдельного исследования).

В случае этого нюанса недоучет малых воздействий может привести к неправильной оценке меры инерции объекта и спектра ответа на воздействие.

Отметим, что второй закон Ньютона в своем каноническом виде применим для исследования только одного вида параметра – координаты евклидова пространства. Выражение (14) будет использоваться более широко – для исследования поведения параметров любого вида, образующих параметрическое пространство.

При этом воздействие, как векторный объект, в параметрическом пространстве распадается на субвоздействия по отдельным параметрам, это позволяет допустить, что и мера инерции, и скоростные характеристики также распадаются на частные, по видам параметров, векторы скоростей, ускорений и пройденных этапов.

1.3.10. Скорость движения.

При рассмотрении идеальных систем вполне допустимо

считать, что объект переходит из одного состояния в другое мгновенно, что позволяет не учитывать фактор времени при анализе объектов.

Если же обратиться к реальным объектам, а возможно это придется иногда делать, то становится очевидным, что переход объекта из одного состояния в другое совершается за конечный интервал времени.

Время перехода из одного состояния в другое формируется временами изменения значений параметров, и чем медленнее способен перестраиваться тот или иной параметр, тем дольше объект будет переходить из одного состояния в другое.

Полное перестроение объекта произойдет тогда, когда требуемое значение примет параметр, которому требуется для этого наибольшее время в рамках данного этапа движения – имеется в виду, что какой-либо параметр может перестраиваться быстро, но требуется настолько большое изменение значения, в результате чего эта операция будет закончена позже аналогичных операций по остальным параметрам.

Обозначим это время как T_{max} .

Вообще говоря, в различного вида системах, особенно технических, относительно легко определяются удельные времена изменения значений параметров, т.е. время, необходимое для изменения соответствующего параметра

на определенную величину (другое наименование такого временного параметра – постоянная времени соответствующего параметра).

Существование конечного времени перехода объекта из одного состояния в другое позволяет говорить о таком факторе, как скорость движения объекта в пространстве состояний, которую можно определить стандартным образом как отношение пройденного пути S , на рисунке 9 такое расстояние обозначено как $|AB|$, в пространстве состояний к затраченному на это перемещение времени.

Тогда можно определить выражение для скорости перемещения объекта в пространстве состояний между двумя состояниями V :

$$V = \frac{S}{T_{max}}$$

выражение 14.1

Если объект совершает многоэтапный переход в пространстве состояний или в процессе перемещения скорость

перемещения в каждый момент времени не была постоянной, то можно говорить о таком показателе, как средняя скорость движения объекта в пространстве состояний.

1.4. Ресурсы

В процессе своего генезиса любой объект, по мнению автора, выполняет две основные задачи и одну промежуточную:

- осуществляет движение в пространстве состояний по каким-либо параметрам;
- поддерживает стабильное состояние по каким-либо параметрам;
- осуществляет переход от движения к стабильному состоянию или обратно, либо изменяет режим движения.

Часто оказывается, что исполнение этих задач происходит не само собой, а за счет использования определенных свойств или параметров объекта.

Свойства либо параметры объекта, использующиеся в процессе решения тех или иных задач, в дальнейшем будут именоваться ресурсами или ресурсными параметрами. В свою очередь параметры, требующие использования ресурсов, будут именоваться ресурсозависимыми.

Использование тех или иных ресурсов в процессе решения задач сопровождается уменьшением (именно уменьшением) значений ресурсных параметров, если не производит-

ся постоянное восстановление ресурсов извне объекта. При включении таких параметров в пространство состояний в качестве координат окажется, что исполнение объектом стоящих перед ним задач приводит к смещению текущего состояния объекта относительно состояния, прогнозируемого без учета использования ресурсов.

Более того, если объект затрачивает ресурс для решения задач (движение к целевому состоянию, его удержание, старт к началу движения), то, вследствие изменения параметра ресурса и появления соответствующего смещения, объект, если не будет предпринято специальных усилий, не достигнет целевого состояния (определяемого вектором цели) в формальном смысле, а окажется в другом состоянии.

В качестве иллюстрации сказанного ниже приведен рисунок 11.

Для наглядности отображения движения в пространстве состояний за счет ресурса представляется допустимым принять тривиальную модель использования ресурсов – каждое изменение параметра, требующее затрат ресурса, на какую-либо величину (см. 9/1) сопровождается уменьшением ресурса на такую же величину (см. 10/1) в нормализованных значениях параметров (вообще говоря, каждый объект использует свои ресурсы по-своему и с присущей ему скоростью).

Обратимся к рисунку 11.

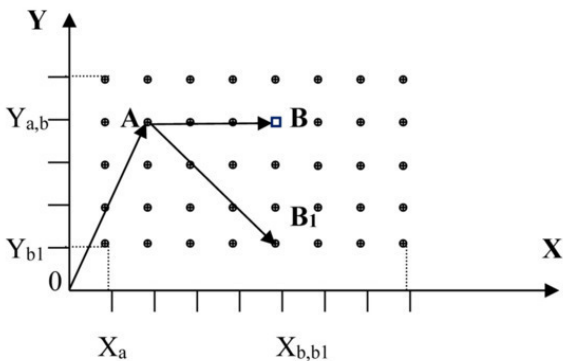


Рисунок 11. Движение с использованием ресурсов

На рисунке 11 координата Y сопоставлена параметру ресурса, через координату X обозначен параметр, изменение которого либо требует, либо сопровождается использованием ресурса.

При движении из точки A в точку B за счет использования ресурса и, соответственно, уменьшения текущего значения ресурсного параметра (если не организовано постоянное восполнение ресурса) происходит сдвиг объекта относительно целевого состояния и прибытие его, по исполнению поставленной задачи, не в точку B , а в точку B_1 .

Решение указанных выше типовых задач с использованием ресурсов имеет свои особенности.

При поддержке ресурсами движения объекта к целевому состоянию большое значение имеет соответствие (соотношение) скорости использования ресурса (если нет возможности постоянной и непрерывной системы восстановления ресурса) скорости прохождения запланированного этапа движения – скорость использования ресурсов (в нормализованных единицах) при решении задачи должна быть такой, чтобы их (ресурсов) хватило на решение задачи при установившейся скорости ее решения. Следует отметить, что возможность формализации такого соотношения в виде той или иной функциональной зависимости (к примеру, зависимость между потреблением горючего и скоростью движения в евклидовом пространстве) может позволить выбрать для объекта так называемый крейсерский режим движения – проще говоря, минимаксный режим, обеспечивающий максимальную скорость при минимальных затратах.

Поддержка стационарного состояния разбивается на две подзадачи – обеспечение возврата в требуемое состояние в случае отхода объекта от него и постоянное удержание требуемого состояния.

Первая подзадача разбивается на несколько фаз – движение по инерции после стороннего воздействия или под действием продолжающегося стороннего воздействия в направлении отхода от целевого состояния, торможение объекта,

удержание объекта в новом состоянии, разгон в направлении целевого состояния, установившееся движение в направлении целевого состояния, торможение при приближении к целевому состоянию. Все указанные фазы движения либо являются одной из типовых задач, либо (движение по инерции) не требуют ресурсов. Поэтому не будут рассматриваться отдельно.

Вторая подзадача заключается в создании такого притока ресурса (извне или из собственных запасов), который позволит объекту сохранять постоянное значение соответствующего параметра или ряда параметров без осцилляций (в идеальном варианте) в области целевого состояния. При решении этой задачи критическим становится скорость расходования ресурсов, обеспечивающей достаточность ресурса на планируемый период решения задачи, то есть на период удержания стационарного состояния.

Третья типовая задача в принципиальном плане сходна с первой типовой задачей – также осуществляется переход из одного состояния в другое. Поэтому сказанное ранее для первого типа справедливо и для третьего типа задач.

Нюанс состоит в том, что эти задачи играют вспомогательную роль, но затраты на эти эволюции (может быть и не запланированные) следует также прогнозировать при формировании значения ресурса на начало решения общей задачи.

1.4.1. Движение за счет ресурсов.

Движение в пространстве состояний за счет использования ресурсов происходит до тех пор, пока имеется в наличии ресурс. При исчерпании ресурса движение прекращается (быстрота прекращения движения определяется инерционностью объекта). В период движения имеют место следующие процессы:

- изменение значение ресурсного параметра во времени;
- изменение ресурсозависимого параметра во времени.

Эти два процесса протекают вполне согласованно на основе взаимосвязи между изменением ресурсозависимого параметра (см. 11/1) и ресурсного параметра (см. 12/1) в любой момент времени. Такая зависимость может быть определена как функция потребления и представлена в виде (15.1) и (15.2):

$$\Delta X_{r_j}(t) = \varphi(\Delta X_i(t))$$

выражение 15.1

$$\Delta X_i(t) = \varphi^{-1}(\Delta X_{r_j}(t))$$

выражение 15.2

Первый вариант зависимости показывает, как изменится значение ресурсного параметра при изменении ресурсозависимого параметра.

Второй вариант зависимости, который может и не существовать в реальности, показывает, как изменяется значение ресурсозависимого параметра при изменении ресурсного параметра. Понятно, что ресурсный параметр может тратиться не только на изменение рассматриваемого параметра, но может вполне использоваться на изменение других параметров или может изменяться в результате неуправляемых утечек.

Если в дальнейшем полагать, что на операцию по изменению ресурсозависимого параметра отводится время T_0 , то можно говорить о средней скорости изменения ресурсного параметра (16.2) и ресурсозависимого параметра (16.1) за период операции:

$$V_{0i} = \frac{\Delta X_{0i}}{T_0}$$

выражение 16.1

$$V_{0r_j} = \frac{\Delta X_{0r_j}}{T_0} = \frac{\varphi(\Delta X_{0i})}{T_0}$$

выражение 16.2

где дополнительный индекс «0» указывает на действия, совершенные за период времени, отведенный на операцию.

В принципе можно говорить о существовании, по аналогии с выражением (15), тем или иным образом выраженной зависимости между скоростью изменения ресурсозависимого параметра и скоростью потребления ресурса в любой момент времени (17):

$$V_{r_j}(t) = \psi(V_i(t))$$

выражение 17.1

$$V_i(t) = \psi^{-1}(V_{r_j}(t))$$

выражение 17.2

Выражения (15), (16) и (17) будут иметь однозначное соответствие при условии использования данного ресурса одним параметром и отсутствия утечек.

При исполнении указанных условий данные выражения позволяют не только спланировать запас ресурса, необходимого для исполнения задачи, но и определить тактику движения к цели, которая (тактика) позволит решить задачу без необходимости перерасхода ресурсов.

С точки зрения автора, более показательными, нежели моментальные значения использования ресурса и движения к цели, являются средние текущие скорости потребления ресурса и изменения ресурсозависимого параметра, которые определяются как отношение произошедшего изменения ресурса или зависимого параметра за период времени от начала операции до настоящего времени к указанному периоду времени (см. 8/1) можно представить выражениями (18.1) и (18.2):

$$V_i^{\text{cp}}(t) = \frac{\Delta X_i(\Delta T)}{\Delta T}$$

выражение 18.1

$$V_{r_j}^{\text{cp}}(t) = \frac{\Delta X_{r_j}(\Delta T)}{\Delta T}$$

выражение 18.2

Сравнение полученных с помощью данных выражений значений со значениями выражений (16) позволит сделать вывод о возможности решения задачи без перерасхода ресурсов. Это, со всей очевидностью, будет возможно, если одновременно выполняются соотношения (19), что означает, что движение к цели происходит не медленнее, чем запланировано, а расход ресурсов при этом происходит не быстрее, чем запланировано:

$$V_i^{\text{cp}}(t) \geq V_{0i}$$

выражение 19.1

$$V_{r_j}^{\text{cp}}(t) \leq V_{0r_j}$$

выражение 19.2

При невыполнении какого-либо условия (19) необходимо произвести коррекцию режима движения, т.е. определить среднюю скорость движения или расходования ресурса на остаточный участок движения (20):

$$V_i^{\text{ср,ост}}(t) = \frac{\Delta X_{0i} - \Delta X_i(\Delta T)}{T_0 - \Delta T}$$

выражение 20.1

$$V_{r_j}^{\text{ср,ост}}(t) = \frac{\Delta X_{0r_j} - \Delta X_{r_j}(\Delta T)}{T_0 - \Delta T}$$

выражение 20.2

При этом, следует учитывать, что эти скоростные показатели являются взаимозависимыми, т.е. если один из них определяется выражением (20), то второй должен определяться соответствующим выражением (17).

В тех случаях, когда обеспечивается постоянный приток

потребляемого ресурса (обычно извне), что позволяет не обращать внимания на ограниченность запаса, следует исходить не из зависимости между исчерпанием ресурса и скоростью перемещения в пространстве состояний (по соответствующему параметру), а из зависимости между интенсивностью потребления (поступления) ресурса и скоростью решения задачи.

Под интенсивностью I_{rj} потребления (поступления) той или иной сущности (в данном случае того или иного ресурса) можно понимать прохождение того или иного количества указанной сущности R_j в единицу времени через некоторую специально фиксированную точку, именуемую точкой потребления или точкой генерации сущности (21):

$$I_{rj}(t) = \frac{\sum_{\Delta T} R_j(t)}{\Delta T}$$

выражение 21

где числитель в дробной части выражения обозначает весь объем проходящей сущности через фиксированную точку

потребления (генерации) за данный период времени (см. 8/1).

Как видно из выражения (21) интенсивность потребления (поступления) аналогична средней скорости истощения ресурса для локализованного фиксированного источника. В случае наличия исключительно собственного фиксированного запаса ресурса объекта интенсивность потребления (поступления) совпадает с текущей средней скоростью истощения ресурса.

В противном случае (наличие внешнего источника ресурса) зависимость скорости решения задачи от интенсивности может быть отображена выражениями (22):

$$V_i(t) = \psi^{-1} \left(I_{r_j}(t) \right)$$

выражение 22.1

Может существовать и обратная зависимость (22.2), которая может рассматриваться как предъявление требований к потоку сущности, исходя из необходимости решения зада-

чи:

$$I_{r_j}(t) = \psi(V_i(t))$$

выражение 22.2

Так же, как и в случае ограниченного запаса ресурса, можно говорить о средней скорости решения задачи (выражение 16.1), о текущей средней скорости решения задачи (выражение 18.1), остаточной средней скорости решения задачи (выражение 20.1), об интенсивности (выражение 21) за период решения задачи, обозначение которого см. 8/1, об интенсивности за период решения задачи T_0 (выражение 23):

$$I_{0r_j} = \frac{\sum_{T_0} R_j(t)}{T_0}$$

Если значение интенсивности получено с помощью выражения (22.2), где в качестве скорости решения задачи используется планируемая средняя скорость прохождения этапа, то выражение (23) позволяет определить объем потребляемой сущности, необходимый для полного решения задачи.

В этом случае выражение (23) можно рассматривать как норматив интенсивности потребления сущности при решении данной задачи. Не превышение его потребления в процессе решения задачи при сохранении или превышении нормативной скорости решения задачи позволяет говорить об удачной тактике прохождения этапа.

Возможен, естественно, смешанный вариант обеспечения ресурсов – наличие в системе пополняемого извне встроенного запаса ресурсов. В этом случае, хотя встроенный запас ресурсов скорее всего играет роль буфера, рассматриваться будут выражения, предложенные для движения только за счет локального фиксированного запаса ресурса. При этом к интенсивности потока ресурса извне предъявляется требование быть не меньше, чем текущая средняя скорость исчерпания ресурса, с тем, чтобы локальный фиксированный запас (если он имеется) не уменьшался или его уменьшение не мешало бы решению задачи. При этом, скорее все-

го, будет утрачена жесткая связь между скоростями истощения ресурса и решения задачи, и, как и в случае с чистой интенсивностью (при полном отсутствии локального запаса), планируемая или расчетная средняя скорость истощения локального запаса является неким нормативом, который не стоит превышать в процессе движения.

1.4.2. Стабилизация за счет ресурсов.

Стабилизация параметров за счет использования ресурсов может быть организована по аналогии со случаем поддержки движения в пространстве состояний – как на основе фиксированного запаса ресурсов, так и на основе притока ресурсов извне.

В этом случае, если имеется возможность, должна быть получена функциональная зависимость (24), выраженная в той или иной форме, текущего значения ресурсозависимого параметра от скорости использования локального фиксированного ресурса или от интенсивности притока ресурса извне:

$$X_i(t) = \chi(V_{r_j}(t))$$

выражение 24.1

$$V_{r_j}(t) = \chi^{-1}(X_i(t))$$

выражение 24.2

$$X_i(t) = \mu(I_{r_j}(t))$$

выражение 24.3

$$I_{r_j}(t) = \mu^{-1}(X_i(t))$$

выражение 24.4

Выражения (24.2) и (24.4) могут рассматриваться как требования, предъявляемые условиями решения задачи к скорости исчерпания ресурса или интенсивности притока ресурса соответственно.

В случае локального источника ресурса вполне можно говорить о планируемой средней скорости исчерпания ресурса за время, отведенное на операцию. Также можно рассматривать текущую среднюю скорость исчерпания ресурса в сравнении с планируемым значением и делать вывод о корректности использования ресурсного источника.

В случае внешнего источника имеет смысл рассматривать исключительно отклонение текущего значения интенсивности от значения, определяемого выражением (24.4), если в качестве аргумента функции используется целевое значение состояния объекта.

1.4.3. Некоторые вопросы организации исчерпания ресурсов.

1.4.3.1. Необходимость предварительного резервирования ресурсов.

Обратимся к рисунку 11.

Объекту требуется переместиться из точки A в точку B вдоль параметра X на дистанцию $|X_b - X_a|$. Он начинает свое движение и в этот момент начинается использование ресурса. В соответствии с принятой иллюстративной моделью (сдвиг объекта на единицу значения параметра X приводит к уменьшению значения параметра ресурса на единицу) ресурс должен уменьшиться на такую же величину и составит величину равную $|Y_a - Y_{bI}|$. В результате объект окажется не в точке B , а в точке B_I пространства состояний.

Заметим, что совершенно не исключено, что объект будет удовлетворен достигнутым результатом, так как координаты прогнозируемой и результирующей точек на оси параметра X совпадают: машина вполне может приехать в нужный населенный пункт с пустыми баками для горючего.

Но если объект должен строго выполнить поставленную перед ним задачу, то передвижение в требуемое состояние следует осуществлять не в один, а в два этапа – на первом этапе объект производит, не покидая исходное состояние

по оси X , увеличение значения параметра ресурса (вектор $\{a\}$) на величину прогнозируемого смещения по оси X (вектор $\{b\}$), а после выполнения данной операции, перейдя попутно в точку A_1 , объект может начать движение (вектор $\{c\}$) с использование ресурса в точку B пространства состояний (смотри рисунок 12).

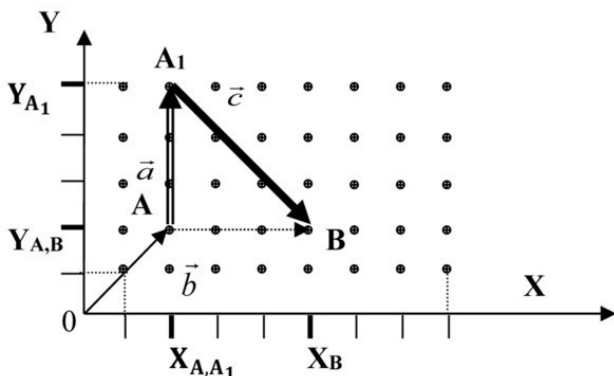


Рисунок 12 Движение с использованием ресурсов с предварительной подготовкой

Сказанное для обычных ресурсозависимых параметров справедливо и для стабилизируемых ресурсозависимых параметров – если объекту необходимо поддерживать стабильное значение параметра в период функционирования и отсутствует возможность постоянной подпитки извне, то необходимо обеспечить запас ресурса, что также приведет фор-

мально к соответствующему уводу объекта от цели в начальный период операции.

Сделаем несколько замечаний:

- если объект готов совершать движение со снижением значения параметра ресурса относительно исходного значения, то предварительное увеличение значения ресурса может быть меньшим, нежели может потребоваться в соответствии с прогнозируемыми тратами;

- если объекту необходимо закончить движение в точке цели с повышением ресурса относительно исходного значения, то предварительное увеличение значения параметра ресурса следует сделать больше, нежели может потребоваться в соответствии с прогнозируемыми тратами;

- текущее значение ресурса только определяет состояние объекта, ни коим образом не гарантируя полноценное (то есть абсолютно точное решение поставленных задач) затратное перемещение, так как в процессе движения к цели или ее удержания могут возникнуть дополнительные потребности в ресурсе;

- попытка вернуться в исходное состояние в условиях необходимости использования ресурса требует такой же подготовки, что и обычное перемещение в пространстве состояний;

- использованный ресурс может быть восстановлен за счет подпитки (использования ресурса) извне системы ли-

бо действиями самой системы, либо действиями другой системы с помощью информационных векторов (смотри ниже) или генераторов ресурсов. Тогда движение объекта за счет ресурсов не сопровождается отклонением объекта от намеченной цели и не требует предварительной подготовки по дополнительному резервированию ресурсов. При наличии стабилизируемых параметров постоянное поступление ресурсов обеспечивает неотклонение объекта от цели, хотя он при этом и не движется;

– следует отметить, в соответствии с терминологией пространства состояний и приведенным в начале данного параграфа понятием ресурса, ресурсом является только тот параметр, исчерпание которого, т.е. уменьшение значения, требуется для движения в пространстве состояний либо для стабилизации состояния. Вследствие этого не все то, что принято считать и называть ресурсами, будет рассматриваться в этом качестве в данных материалах, например:

=> широко используемый термин «информационный ресурс» ресурсом не является, так как в процессе использования информации она не тратится, хотя и используется. По мнению автора, так называемый «информационный ресурс» корректнее именовать «информационным банком» или «источником информации» либо «генератором информации», более того, имеющаяся в распоряжении объекта информация, образует информационный контент, который следует рассматривать как самостоятельный объект или под-

систему объекта;

=> не менее популярный термин «человеческие ресурсы» также, по мнению автора, не является приемлемым. Следует отметить, что существует значительное количество субъектов, которые готовы радостно для решения какой-либо задач губить человеческие жизни в количествах невероятных. Но, с точки зрения анализа объектов и систем, люди являются системообразующим элементом, поэтому, если при решении каких-либо задач происходит выбытие этого элемента, то это является вырождением систем и не иначе.

Но, чтобы не выглядеть совсем уж строгим, автор готов согласиться, что такие свойства объекта, как энергия или финансы могут вполне считаться ресурсами.

1.4.3.2. Многопользовательское потребление ресурсов.

При многопользовательском потреблении услугами ресурсного параметра могут пользоваться несколько ресурсозависимых параметров.

При этом каждый из таких параметров использует ресурс по-своему, т.е. существует своя функциональная зависимость, связывающая скорость (интенсивность) потребления ресурса и скорость движения по соответствующему параметру или величину стабилизируемого параметра.

Автор полагает вполне корректным отслеживать динамику изменения и потребления ресурса независимо по отдельным ресурсозависимым параметрам, определяя для каждо-

го параметра присущие ему прогнозируемую величину запаса ресурса (прогнозируемый расход ресурса), прогнозируемую среднюю скорость использования ресурса, текущую среднюю скорость использования ресурса и т. д.

На основании полученных величин можно определить аддитивно прогнозируемую величину запаса (расхода) общего многопользовательского ресурса.

Общая прогнозируемая величина расхода общего ресурса при знании времени операции позволит определить прогнозируемую среднюю скорость использования общего ресурса либо такой же результат может быть получен аддитивно из частных прогнозируемых средних скоростей используемых частей ресурса.

Также аддитивно могут быть получены и другие общие скоростные показатели и показатели интенсивностей, позволяющие оценивать корректность использования общего ресурса.

1.4.3.3. Множественное потребление ресурсов.

Под множественным потреблением ресурсов понимается случай, когда ресурсозависимый параметр для своей поддержки (движение или стабилизация) требует использования нескольких видов ресурса.

Этот случай не порождает каких-либо проблем, так как вопросы потребления и резервирования ресурсов будут рассматриваться независимо для каждого ресурса.

1.4.3.4. Дополнительные аспекты генезиса ресурсов. Текущее состояние ресурса

Текущее состояние ресурса в общем случае определяется текущим положением объекта в пространстве состояний, а точнее говоря – функциональной зависимостью между величиной смещения объекта в пространстве состояний и величиной изменения ресурса, процессами утечки и восполнения ресурса за период наблюдения, за который происходит смещение, и состоянием ресурса в момент начала наблюдения (или начала смещения объекта).

Если выражением (25.1) обозначить функциональную зависимость изменения данного ресурса (обозначение изменения см. 12/1) от величины смещения (см. 11/1) за период наблюдения (см. 8/1) следующим образом:

$$\Delta X_{r_j}(\Delta T) = \varphi(\Delta X_i(\Delta T))$$

выражение 25.1

а символами (см. 13/1) обозначить величины восполнения и утечки ресурса соответственно, происшедшие за времен-

ной период, требующийся объекту для совершения смещения (или период наблюдения), а через R_0 обозначить состояние ресурса в момент начала наблюдения, то в итоге можно записать выражение (25) для состояния ресурса по окончании смещения:

$$R(\Delta T) = R_0 - \varphi(\Delta X_i(\Delta T)) + R^+(\Delta T) - R^-(\Delta T)$$

выражение 25

Производя формальную замену интервала смещения на текущее смещение, а интервала времени на текущее время от начала наблюдения, можно получить выражение (26) для текущего состояния ресурса:

$$R(t) = R_0 - \varphi(\Delta X_i(t)) + R^+(t) - R^-(t)$$

выражение 26

1.5. Системный потенциал. Рельеф пространства состояний

Следует отметить, что в настоящий момент этот раздел имеет статус простого замечания.

В предложенной автором материалов концепции пространства состояний есть определенный недочет, состоящий в том, что все состояния контента в рамках предложенного взгляда представляются равно-статусными.

Но вполне оправданным будет, по мнению автора, придерживаться того, что для любого объекта не все доступные состояния равно-предпочтительны.

Более того, можно допустить, что какие-то состояния показаны объекту, какие-то противопоказаны, какие-то следует признать опасными и т. п.

Для характеристики различной предпочтительности доступных объекту состояний предлагается показатель, в дальнейшем именуемый системный потенциал.

Суть показателя состоит в том, что более качественному состоянию соотносится более высокий системный потенциал, а менее качественному состоянию – более низкий потенциал.

Оценку системного потенциала, в первом приближении, можно произвести через параметры объекта следующим образом:

– среди значений параметров выделяются группы, интервалы, субинтервалы и отдельные значения по следующим признакам:

а) позитивные – показаны в качестве возможного состояния объекта;

б) негативные – не рекомендуются в качестве возможного состояния объекта;

в) нейтральные.

– позитивные и негативные значения всех параметров, определяющих конкретное состояние объекта, складываются алгебраически (нейтральные не участвуют).

– полученный результат, который может оказаться положительным, отрицательным или нулевым числом, собственно и является системным потенциалом состояния объекта.

В результате проведенной операции над объектом, каждому состоянию объекта оказывается сопоставлен показатель – системный потенциал.

Если количество параметров объекта равно N , то данный показатель образует $(N+1)$ -ое измерение.

В этом расширенном пространстве сформируется опреде-

ленная картина, которую в дальнейшем будем называть рельефом пространства состояний.

Простейшая трактовка рельефа пространства состояний может быть такова:

- из всех возможных неуправляемых направлений движения объектом будет выбрано то, которое ведет к снижению потенциала, а если таких направлений несколько, то будет выбрано то, которому соответствует наибольший градиент снижения;

- если картина представляет из себя поверхность (с количеством измерений N) с нулевым градиентом, то такой рельеф соответствует изотропному пространству состояний, т.е. пространству с равно-статусными состояниями, в противном случае пространство состояний следует считать анизотропным;

- области разрывов и междискретные интервалы по какому-либо параметру можно рассматривать как потенциальные ямы по данному параметру.

На рисунке 12 представлено несколько примеров рельефа пространства (координата Y) состояний для монопараметрической системы (координата X).

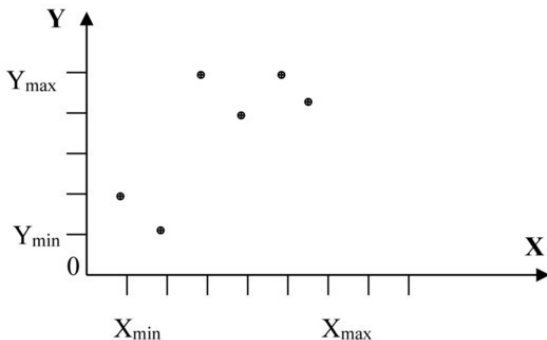


Рисунок 12.1 Рельеф пространства состояний дискретной системы

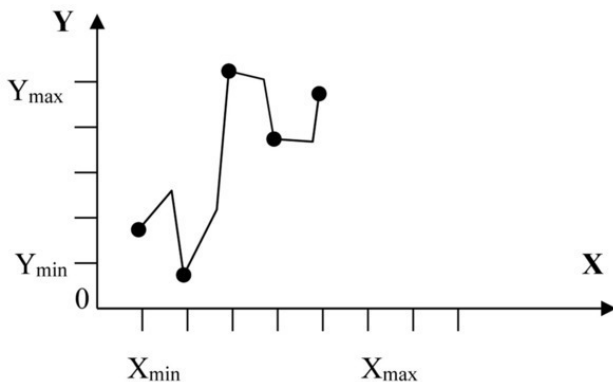


Рисунок 12.2 Рельеф пространства состояний непрерывной системы

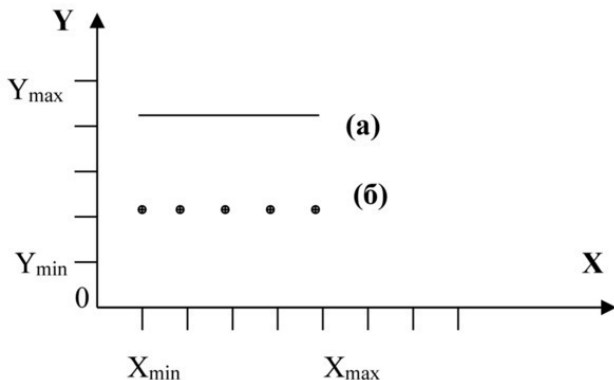


Рисунок 12.3 Рельеф изотропного пространства состояний: (а) непрерывного и (б) дискретного

В заключение автор должен констатировать, что он не готов с пеной у рта защищать и отстаивать предложенный способ оценки системного потенциала. Не исключено, что в дальнейшем способ претерпит изменения.

Но само понятие системного потенциала будет достаточно широко использоваться в дальнейшем.

1.6. Особые виды поведения объектов

1.6.1. Сброс, терминальное состояние.

Наблюдая за генезисом систем можно иногда наблюдать как объект, достигнув определенного состояния, мгновенно (сравнительно с системным временем наблюдателя) переходит в другое состояние с одновременным снижением значений ряда параметров, при неизменности других параметров.

В качестве примера можно привести следующие варианты:

- выстрел или взрыв;
- падение с крыши.

Под сбросом будем понимать, с одной стороны, разрыв в рельефе пространства состояний со ступенчатым снижением системного потенциала, а с другой стороны – неуправляемое движение объекта в этом разрыве.

На рисунке 13. изображен сброс (по направлению от точки **A** к точке **B**) с точки зрения системного потенциала.

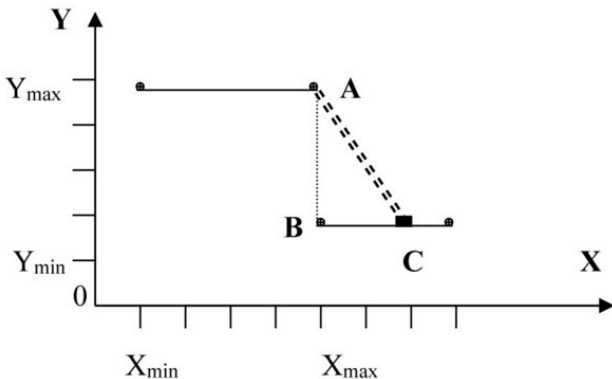


Рисунок 13. Сброс

Сброс может иметь место в системах с пространством состояний любого типа, но в дискретных, дискретно-непрерывных контентах и контентах с разрывами к обычным сбросам добавляются потенциальные ямы, которые в сущности те же сбросы, тем более если движение в междискретных интервалах или разрывах происходит со снижением системного потенциала или объект просто застревает в них.

При движении в области сброса объект, по определению, движется неуправляемо, его движение в этот отрезок времени является результатом только того воздействия, которое было на него оказано в последнем перед сбросом состоянии (то есть объект движется по инерции).

Очевидно, что для перехода системы в область сброса до-

статочно минимального воздействия, достаточного для вывода системы из области разгона.

В соответствии с понятием системного потенциала, движение в области сброса должно сопровождаться скачкообразным уменьшением значений позитивных параметров, вплоть до полного отключения некоторых параметров, и/или аналогичным ростом значений негативных параметров.

Последнее перед сбросом состояние (точка A на рисунке 13) в дальнейшем будем называть пограничным или терминальным, первое состояние после области сброса (точка B на рисунке 13) будем именовать соответственно пост-терминальным.

Параметр или группа параметров, по которому производится фиксация сброса (параметр X на рисунке 13), будут называться параметрами фиксации.

В качестве заключения отметим, что в реальных системах сброс может иметь ту или иную степень пологости (сдвоенная пунктирная линия AC на рисунке 13), в этом случае сброс может быть квалифицирован как таковой только при условии, если изменение параметров фиксации будет много меньше (не менее, чем на порядок), чем изменения параметров, формирующих сброс.

1.6.2. Трансформации и модификация систем. Вырождение систем и самовырождение систем

При наблюдении систем в генезисе можно отметить существование явления, при котором система, покинув некоторое состояние, принципиально не может в него возвратиться либо в процессе движения теряет часть своих свойств.

Возможен и иной процесс, при котором система начинает проявлять новые свойства.

Подобные явления модификации свойств объектов могут проявляться не только в связи с движением объекта в пространстве состояний, но и в случае существования объекта в стабильном состоянии, просто разворачиваясь во времени.

Причины, которые ведут к возникновению таковых ситуаций, могут быть, естественно, различны и, по мнению автора, группируются следующим образом:

– трансформация системы, приводящая равно как к изменению интервалов доступных значений параметров, так и к изменению набора параметров вообще. В эту группу могут быть зачислены явления широкого спектра:

а) развал системы приводит к сокращению числа параметров системы, вплоть до ее полного исчезновения. В свою очередь присоединение новых элементов приводит к появлению (в общем случае) новых параметров. Правда, если рассуждать строго, система с изменившимся набором параметров является уже совершенно другой системой,

б) самопроизвольное либо индуцированное уменьшение или увеличение интервалов доступных значений параметров. Такое происходит в случае естественного износа (инфляции) систем либо в случае автоматического развития (рост детей, например) либо прогрессивных мутаций, либо какого-либо воздействия со стороны окружающей среды.

Процесс самопроизвольного уменьшения числа параметров и/или уменьшение величины интервалов значений параметров принято называть вырождением, инфляцией системы.

Существуют виды систем, наиболее ярким примером является биологическая система, у которых переход в какое-либо состояние приводит к уменьшению интервалов значений параметров таким образом, что предыдущее состояние выбывает из пространства состояний. Системы такого типа называются системами с самовырождением или самовырождающимися системами.

– истощение невозобновляемых ресурсов. При движении в пространстве состояний при условии обязательного использования того или иного ресурса, как явствует из рисунка 11, каждый акт движения приводит к появлению корректирующего смещения вниз относительно целевого смещения. Любая попытка подняться к цели приводит к еще большему углублению вдоль оси параметра ресурса. В результате действия этого фактора объекту оказываются недоступны все состояния выше траектории и все пройденные состояния,

по которой вынужденно движется объект, что схематично проиллюстрировано на рисунке 14:

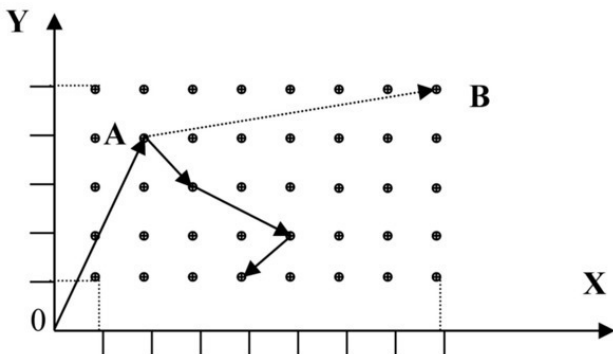


Рисунок 14 Движение с использованием ресурсов

— принципиальная однонаправленность генезиса систем, которая состоит в том, что системе в принципе запрещено возвращаться в исходное или предыдущее состояние, равно как и принимать определенные состояния путем выработки или установления наборов правил или запретов, хотя теоретически и технически, исходя из интервалов значений параметров, объект мог бы принять табуированное состояние. Наиболее яркими примерами могут служить либо движение пешки по доске (пешка не может, как известно, возвращаться), либо система запретов в обществе, либо старение людей.

— организация объекта такова, что пространство состояний содержит не все принципиально возможные состояния,

исходя из интервалов значений параметров самого объекта. Эту ситуацию легче проиллюстрировать, что и сделано на рисунках 15.1 и 15.2:

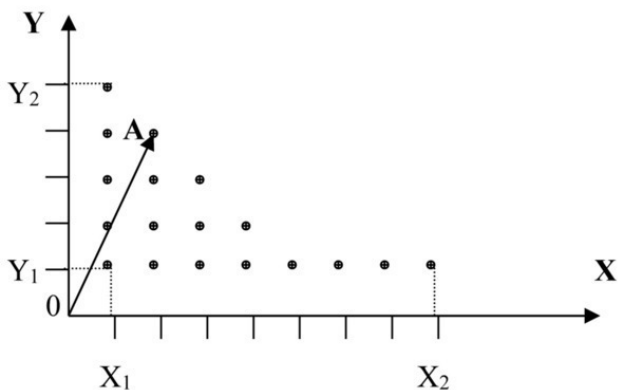


Рисунок 15.1 Пространство состояний – треугольник

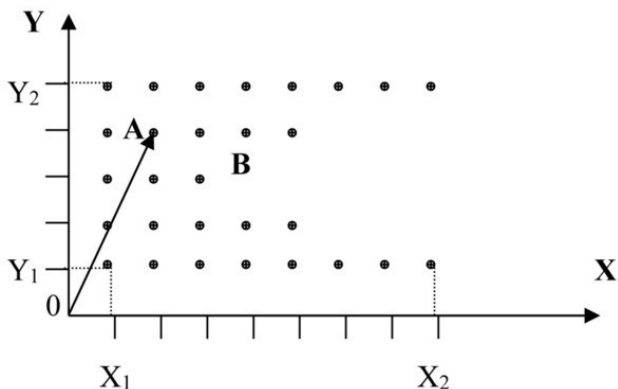


Рисунок 15.2 Пространство состояний – рукава

Как видно из представленных рисунков, если в пространстве состояний присутствуют вычеты, то в таком контенте объект не сможет принимать все теоретически доступные состояния.

Кроме того, рисунок 15.2. иллюстрирует вариант вырождения пространства – после того как объект пройдет точку **B**, являющуюся точкой разветвления, и попадет в один из рукавов (при условии их сужения), то каждое движение по рукаву будет оставлять объекту все меньше вариантов дальнейшего продвижения.

Следует отметить, что примеры на рисунках 15 не исчерпывают все возможные варианты пространств состояний с исключениями.

1.6.3. Замечание.

В качестве замечания к вопросам об особом поведении объектов следует отметить, что в реальных системах могут иметь место все рассмотренные в данном разделе факторы, затрудняющие существование систем.

Более того, автор не исключает возможности того, что в данном разделе приведены не все источники и факторы, которые могут приводить к ухудшению генезиса объектов.

1.7. Инерционность объектов.

Движение объектов

1.7.1. Инерционность объектов.

Все реальные объекты обладают таким свойством как инерционность.

Инерционность проявляется в том, что старт перехода в другое состояние и равно завершение перехода в требуемое или целевое состояние из предшествующего происходит не мгновенно, а требует конечного времени.

В случае, когда объект совершает то или иное движение, при изменении воздействия инерционность проявляется в задержке начала изменения направления вектора и/или модуля вектора движения, а в случае нахождения объекта в состоянии покоя до появления воздействия инерционность проявляется в задержке начала движения объекта в диктуемом направлении. Оба случая позволяют говорить о статической составляющей инерционности объектов.

Статическая составляющая инерционности объектов аналогична массе покоя в элементарной физике.

Динамическая составляющая инерционности проявляется в конечности ускорения движения при наличии постоян-

ного воздействия на объект (смотри выражение 13).

Это приводит к появлению либо зон разгона и торможения, либо конечных времен разгона и торможения.

Вне зависимости от генезиса объектов инерционность проявляется всегда, но сложность строения объектов оказывает влияние на характер инерционных процессов.

Простейшие пассивные объекты, у которых отсутствует система управления, проявляют естественную инерционность по параметрам, которая определяется тем, что при наличии целевого вектора (внешнего воздействия) требуется некоторое время для того, чтобы такое количество компонентов объекта приобрело целевой вектор (или такое количество элементов объекта в случае однородных систем) и начало движение в направлении цели, которого будет достаточно для того, чтобы началось перемещение объекта в требуемом направлении как единого целого в соответствующем пространстве состояний.

В случае необходимости совершить торможение, под инерционностью будет пониматься время, которое необходимо для того, чтобы достаточное количество элементов или компонентов объектов приобрели вектор торможения, обеспечивающее (имеется в виду количество) начало торможения объекта как единого целого.

В реальных условиях воздействие не производится на все компоненты или элементы объекта одновременно (синхронно, синфазно), первоначально воздействие производится на ряд элементов, наиболее по структуре своих параметров соответствующих структуре параметров воздействия или специально (или по воле случая) являющихся приемниками воздействия.

К тому же величина и направленность воздействия на различные элементы или компоненты объекта могут быть различны.

Передача воздействия на остальные элементы осуществляется посредством внутренних связей (воздействие передается по графу связей). Такая передача занимает некоторое время ввиду задержки сигнала внутри промежуточных элементов и задержки сигнала на стыках элементов.

Эти задержки и обуславливают инерционные свойства объектов.

Следует отметить, что структура объекта (его граф) может быть образована с использованием как жестких структурных связей, так и одновременно с применением слабых связей.

В случае объектов, организованных посредством жестких структурных связей (это объекты, в которых параметры, по которым образуются связи между элементами, имеют одинаковые значения в точках соединения элементов, при

этом синхронно и синфазно изменяющиеся в одних и тех же интервалах значений), передача воздействия по графу испытывает задержки только внутри составных элементов объекта.

В случае объектов, организованных посредством слабых связей (параметры элементов, образующих объект, в точках соединения этих элементов имеют значения, которые могут изменяться не синхронно и не синфазно), передача воздействия задерживается не только внутри самих элементов, но и на стыках между ними на время, необходимое для согласования значений контактных параметров. Инерционность таких систем выше, чем систем, образованных из тех же элементов того же количества, но соединенных жесткими связями. Примером таких систем могут служить либо объекты, образованные гибкими соединениями, либо системы, организованные посредством информационных потоков.

В случае объектов, проявляющих признаки параметрической неопределенности или других вариантов дополнительных степеней свободы, когда объект (или его компоненты) в ответ на воздействие стремятся перейти сразу в несколько состояний и/или в состояние, отличное от целевого, такое поведение равносильно появлению дополнительного вектора смещения от целевого вектора, преодоление которого тре-

бует дополнительного времени и, объективно, ведет к повышению инерционности объекта.

Следует отметить, что чем более полноценным является внутренний граф объекта (имеется ввиду как можно большее участие как можно большего количества параметров в соединении элементов объекта), тем меньшую инерционность проявляет объект. Предельным случаем являются полностью связанные объекты – это объекты, все элементы которых жестко связаны между собой по всем параметрам. Если элементы такого объекта однородны, то величина инерции пропорциональна количеству этих элементов.

Если имеет место случай неполного воздействия, то есть не все параметры страты воздействия взаимодействуют с параметрами-рецепторами объекта, то это равносильно снижению величины воздействия и изменению вектора цели. И хотя в этом случае система прореагирует медленнее, чем в случае полноценного контакта, но это не из-за повышения инерционности объекта, а из-за изменения величины воздействия.

Более сложные объекты, которые снабжены интегрированной некогнитивной системой управления, не теряя естественной инерционности по параметрам, приобретают дополнительную инерционность, обусловленную такими факторами как:

- естественная инерционность параметров системы управления;
- функциональная инерционность системы управления, заключающаяся в том, что системе управления, в задачи которой входит удержание значений регулируемых параметров в определенных пределах, требуется время на отслеживание текущего значения параметра, выработке решения о его соответствии требованиям, в случае несоответствия требуется дополнительное время для выработки управляющего решения и организации и производства управляющего действия.

Еще более сложные объекты снабжены когнитивной управляющей системой. В этом случае объект, именуемый уже субъектом, является участником процесса фиксации целей для самого себя. По мнению автора (мнение отражено в Эссе «Общественные системы. Элементы генезиса»), целью субъекта является некий промежуточный результат между требованиями окружающего мира и устремлениями самого субъекта. Поэтому к задержкам, присущим объектам с системой управления, добавляются когнитивные задержки, связанные с:

- обработкой информации не только о текущем состоянии личных параметров субъекта, но и о его положении в системе взаимоотношений;
- производством оценки качества последующего состояния субъекта при реализации исключительно требований

окружающего мира;

- производством оценки качества последующего состояния субъекта при реализации исключительно собственных устремлений;
- выработкой результирующего целевого состояния, учитывающего требования окружающего мира и собственных устремлений;
- выработкой алгоритма достижения цели и его конкретизация в управляющие команды;
- доведение управляющих команд до исполнительных органов;
- инерционность исполнительных органов в реализации управляющих команд не добавляет новых нюансов по сравнению с простыми системами с интегрированными системами управления.

В дальнейшем, при рассмотрении движения объектов в пространстве состояний будет пониматься обобщенная величина меры инерции I_0 , учитывающая в каждом конкретном случае, в соответствии со статьей 5, возможные влияния тех или иных особенностей объектов или способов определения инерционности.

1.7.2. Оценка движения объектов в пространстве состояний.

После того, как (объект) субъект тем или иным способом

обретет цель, он начинает двигаться к ней. Следует отметить, что появление цели у объекта может быть, как принципиальным фактором, так и результатом совокупности случайных событий.

Обретение цели субъектом является сложным и, в определенной степени, неоднозначным процессом:

- абсолютно пассивные объекты, лишённые собственной системы управления, приобретают целевую функцию как результат суперпозиции внешних воздействий;

- объекты, снабженные простой системой управления (без когнитивных функций) способны противодействовать внешним воздействиям с тем, чтобы препятствовать недопустимому изменению контролируемых параметров. Слишком сильное внешнее воздействие может преодолеть противодействие системы управления с угрозой разрушения объекта по указанным параметрам;

- объекты, снабженные когнитивными системами, являются участниками (т.е. субъектами) взаимоотношений. Система управления таких объектов решает проблемы не только удержания параметров системы в контролируемых пределах, но и вопросы фиксации параметров субъекта как единого целого в пространстве состояний, образуемом системой взаимоотношений данного субъекта и окружающего мира. Это означает, что назначение цели субъекту является результатом некоторого компромисса между целями, предлагаемыми окружающим миром, и целями, которые самостоя-

тельно назначает себе субъект.

Для характеристики движения обычно используются такие показатели как расстояние до цели, скорость перемещения к цели, прогнозируемое время достижения цели, средняя скорость движения в обобществленном пространстве состояний, точность достижения цели.

Дополнительно, если позволяет нелинейность выражений для скоростных показателей, могут применяться такие показатели как ускорение (первая производная), тенденция (вторая производная или ускорение ускорения).

Также производится оценка инерционных свойств объекта.

1.7.2.1. Расстояние.

При оценке показателей расстояния следует учитывать следующее:

А) общее расстояние до цели. Субъекту в пространстве состояний для достижения цели не всегда пригодно прямое направление от точки старта до точки финиша. Как правило, субъект вырабатывает некоторый алгоритм достижения цели, состоящий из ряда прямолинейных этапов, при этом концы отрезков именуются задачами или узловыми точками. Если таких этапов несколько (D), длина каждого этапа составляет величину L_d , то общее расстояние до цели может

быть определено выражением (27) как сумма этапов:

$$L = \sum_{d=1}^D L_d$$

выражение 27

В) следует отметить, что полноценный учет пройденного расстояния субъектом в пространстве состояний важен с точки зрения поведения ресурсозависимых параметров, так как, если в качестве пройденного расстояния принять расстояние между стартом и целью, определяемое длиной прямой, проложенной между ними, то будет неверной оценка конечного состояния ресурсозависимых параметров, да и состояние самих ресурсных параметров будет не совпадать с прогнозируемыми значениями;

С) если учесть, что каждый этап в пределах пространства состояний может быть выражен интервалом значений того или иного параметра (см. 14/1), то общее расстояние от старта до цели может быть выражено через интервалы значений параметров пространства состояний (если допустить, что ко-

личество параметров составляет K) выражением (28):

$$L = \sum_{d=1}^D \left[\sqrt{\sum_{k=1}^K (\Delta X_k)^2} \right]_d$$

выражение 28

D) расстояние, пройденное субъектом от начала старта до настоящего момента $L(t)$ с учетом алгоритма движения, характеризует текущую позицию субъекта в пространстве состояний. При этом каждый промежуточный этап до текущего состояния субъектом может быть пройден за свое время. Текущее значение пройденного расстояния может быть определено с помощью выражения (29):

$$\begin{aligned} L(t) &= L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_M + \delta X(\Delta t) = \\ &= \sum_{d=1}^M \sqrt{\sum_{k=1}^K (\Delta X_k)^2}_d + \delta X(\Delta t) \end{aligned}$$

выражение 29

где под символом (см. 15/1) понимается отрезок времени, прошедший от начала выполнения текущего этапа под номером $(M+1)$ до момента фиксации текущего значения пройденного расстояния, при том условии, что к моменту старта текущего этапа пройдено M этапов, а под символом (см. 16/1) понимается пройденный отрезок текущего этапа;

Е) остаточное расстояние $L(t)^{-}$, это расстояние, определяемое между текущей позицией субъекта и точкой финиша с учетом алгоритма движения, что может быть определено выражением (30):

$$L(t)^{-} = L - L(t) = \sum_{d=1}^D \left[\sqrt{\sum_{k=1}^K (\Delta X_k)^2} \right]_d - \left\{ \sum_{d=1}^M \left[\sqrt{\sum_{k=1}^K (\Delta X_k)^2} \right]_d + \delta X(\Delta t) \right\}$$

выражение 30

Ф) величина смещения от трассы. Этот показатель рассматривается в статье 3 в виде ошибки состояния. Этот показатель важен с той точки зрения, что перед объектом, в случае ухода с трассы, возникает необходимость либо вернуться на трассу из текущей точки, либо проложить измененную

трассу. Все это в совокупности может привести к появлению непрогнозируемых задержек на трассе, либо к изменению условий движения объекта в пространстве состояний. Все эти факторы, в свою очередь, могут негативно сказаться на эффективности объекта.

1.7.2.2. *Время.*

В качестве временных (ударение на последний слог) показателей в дальнейшем будут использоваться:

- прогнозируемое время операции T_0 . Для достижения цели (решения задачи) субъекту отводится некоторое время (иногда время решения задачи может совпадать с периодом жизнедеятельности объекта) либо собственной системой управления, либо вышестоящей системой управления (либо в результате их взаимодействия). Исходя из того, что общая дистанция подразделяется на несколько этапов, общее прогнозируемое время также может разбиваться на части, именуемые прогнозируемое время преодоления этапа T_o^d ;

- действительное время достижения цели T_u – это время, которое субъект действительно затрачивает (или затратил) на преодоление дистанции L (оценивается после решения поставленной задачи);

- текущее время T – время, прошедшее от начала старта по настоящий момент. Одновременно текущее время определяет остаток времени из отпущенного на проведение опе-

рации (прохождение этапа);

- прогнозируемое время достижения цели из текущей точки T_n , которое определяется как время, необходимое для преодоления остатка пути до цели, если бы субъект продолжал двигаться с текущей скоростью;

- разница между фактическим и прогнозируемым временем, обозначенная в соответствии со строкой 17 таблицы 1 (см. 17/1) достижения цели из текущей точки характеризует отклонение объекта от графика движения, вызванное различными причинами (инерция, эксцессы во время движения), поэтому время отклонение от графика движения имеет интегральный характер;

- период жизнедеятельности $T_{ж}$ для объектов, имеющих ограниченный срок существования, заканчивающийся разрушением или смертью, т.е. для одноразовых объектов, что верно и для биологических, объектов;

- период активности T_a . Этот временной промежуток имеет смысл, если на решение задачи объект (субъект) тратит не все прогнозируемое время операции, а только его часть.

1.7.2.3. Скорость.

В качестве скоростных параметров будут применяться следующие:

- прогнозируемая скорость движения к цели V_0 . Прогнозируемая скорость определяется как отношение длины ди-

станции L к прогнозируемому (планируемому) времени достижения цели (31):

$$V_0 = \frac{L}{T_0}$$

выражение 31

– ввиду того, что трасса может быть разбита на несколько участков, движение на каждом из которых (индекс участка обозначен буквой d) может осуществляться по своему графику, то можно ввести показатель прогнозируемой скорости движения по этапу V_o^d (32):

$$V_0^d = \frac{L^d}{T_0^d}$$

выражение 32

– средняя скорость достижения цели V_u – определяется отношением длины пути L к затраченному на преодоление этого пути времени T_u в виде выражения (33):

$$V_u = \frac{L}{T_u} = \frac{\sum_{d=1}^D \left[\sqrt{\sum_{k=1}^K (\Delta X_k)^2} \right]_d}{T_u}$$

выражение 33

– аналогично прогнозируемой скорости можно определить среднюю скорость движения по этапу (34). Значение

этого показателя фиксируется постфактум – по достижении цели (или по достижении конца этапа). Разница между фактической и прогнозируемой скоростью может являться показателем эффективности (на равных правах с временным (ударение на последнем слоге) показателем) решения объектом поставленной задачи:

$$V_{\text{ц}}^d = \frac{L^d}{T_{\text{ц}}^d}$$

выражение 34

– текущая скорость $V(t)$ определяется отношением дистанции, пройденной к настоящему моменту времени, к временному (ударение на предпоследний слог) интервалу T , затраченному на прохождение этого участка и может быть выражено соотношением (35):

$$V(t) = \frac{L(t)}{T} = \frac{\sum_{d=1}^{D_M} \left[\sqrt{\sum_{k=1}^K (\Delta X_k)^2} \right]_d + \delta X(\Delta t)}{T}$$

выражение 35

— эффективная скорость $V_{эфф}$ определяется как скорость, с которой должен двигаться объект, чтобы за оставшееся время достичь цели. Аналитическое выражение будет определено ниже по тексту.

В этом же разделе следует определить прогнозируемое время достижения цели, которое определяется как время, необходимое для преодоления остатка пути до цели, если бы субъект продолжал двигаться с текущей скоростью, что может быть представлено выражением (36):

$$T_n = \frac{L(t)^-}{V(t)} = \frac{\sum_{d=1}^D \left[\sqrt{\sum_{k=1}^K (\Delta X_k)^2} \right]_d - \left\{ \sum_{d=1}^{D_M} \sqrt{\sum_{k=1}^K (\Delta X_k)^2} + \delta X(\Delta t) \right\}_d}{\sum_{d=1}^{D_M} \left[\sqrt{\sum_{k=1}^K (\Delta X_k)^2} \right]_d + \delta X(\Delta t)} T =$$

$$= \left\{ \frac{\sum_{d=1}^D \left[\sqrt{\sum_{k=1}^K (\Delta X_k)^2} \right]_d}{\sum_{d=1}^{D_M} \left[\sqrt{\sum_{k=1}^K (\Delta X_k)^2} \right]_d + \delta X(\Delta t)} - 1 \right\} * T$$

выражение 36

Сравнение прогнозируемого времени достижения цели и остаточного времени из отведенного на операцию (прохождение этапа) позволяет системе управления принимать квалифицированное решение об изменении графика движения.

1.7.3. Движение объектов и систем с учетом инерционности.

Представляется очевидным, что инерционность объектов, какого бы происхождения они не были, оказывает определенное влияние на характер движения, на прогнозируемость достижения результатов.

Прежде, чем приступить к разработке аналитических конструкций, следует, по мнению автора, рассмотреть движение

инерционного объекта качественно.

При движении любого объекта (в том числе и субъекта, и сложных технических и общественных систем) в пространстве состояний, как указывалось, проявляются инерционные свойства, заключающиеся в том, что объект при воздействии (фиксации целевого состояния) любой этиологии (целевом или стохастическом) на него, как стороннем, так и со стороны собственной системы управления, не сразу изменяет вектор и величину скорости движения.

Это может приводить к следующим явлениям:

- если объект находился в покое, то начало движения оказывается отложенным, а достижение уровня скорости, требуемого для достижения цели (или промежуточной задачи) в заданное время происходит не скачкообразно, но постепенно. Постепенное наращивание скорости, в противовес скачкообразному, приводит к потере времени и возможному выходу из графика движения к цели;

- если же объект находился в движении, то после изменения как по модулю, так и по направлению управляющего (как стороннего, так и внутреннего, как стохастического, так и целевого) воздействия, начало реагирования (если реагирование вообще будет иметь место) на возникшее воздействие окажется отложенным на некоторое время, аналогичное запаздыванию на старте. В дальнейшем объект (в зависимости от характера воздействия, его позитивности или

негативности влияния на график движения, в зависимости от своего происхождения и своей сложности) может начать постепенно изменять величину скорости движения;

— если внешнее воздействие или собственное управляющее воздействие ошибочно направлено в сторону от трассы, то объект некоторое время будет продолжать по инерции двигаться по трассе (даже при очень сильном воздействии). Естественно, если позволяет быстрота реакции, то за период инерционного движения по трассе он может успеть скомпенсировать ошибочное воздействие. Но, в общем случае, реагирование на ошибочное воздействие начнется опять-таки с некоторой задержкой, что приведет к постепенному (ускоренному) уходу объекта с запланированной траектории. Начавшееся реагирование состоит в замедлении движения либо до нулевого значения (для организации возврата на трассу в том или ином месте, который можно рассматривать как начало нового этапа движения с аналогичными задержками и постепенными выходами в график движения), либо до такого значения, что бы система управления смогла с ходу совершить маневр по возврату на траекторию в той или иной точке, либо для организации новой траектории движения;

— если уход с трассы является необходимым (например, при преследовании другого объекта), то просто объект после оказания воздействия будет двигаться некоторое время по трассе по инерции (что аналогично задержке на старте) с постепенным в дальнейшем сходом с траектории. Следует

обратить внимание на том момент, что в этом случае изменяется не столько модуль скорости движения (хотя это не исключено), а изменяется вектор скорости движения. Изменение вектора скорости адекватно появлению дополнительно вектора скорости соответствующего направления и модуля;

— при необходимости совершить поворот в узловой точке может потребоваться подготовка и проведение маневра по изменению направления движения не в самой узловой точке, а заранее с тем, чтобы не выскочить за пределы трассы из-за инерции объекта. При подходе к месту совершения маневра может потребоваться произвести некоторое торможение с тем, чтобы система управления успела совершить маневр без покидания объектом запланированной траектории движения;

– при неудачном маневре в узловой точке может произойти выход объекта (субъекта) за пределы расчетной траектории (выход за пределы траектории, следует отметить, может произойти и под внешним воздействием, и в результате ошибки собственной системы управления), что может потребовать либо возврата на трассу (соответственно с дополнительными затратами времени и ресурсов), либо приведет к необходимости прокладывания нового курса из точки, в которой система управления сможет корректно перенацелить объект на достигаемую финишную точку данного этапа (либо вообще может произойти изменение цели). Точка кор-

рекции определяется из того условия, чтобы система управления к моменту достижения объектом этой точки успевала рассчитать новую траекторию до финиша этапа, определить условия маневра (а они должны измениться, если изменяется траектория движения) на финише этапа, и должна успеть провести сам маневр в точке коррекции. Не исключено, что может потребоваться остановка в точке коррекции. После проведения маневра объект должен ускориться до такого значения скорости, чтобы не потерять времени на прохождение этапа (а если была остановка в точке коррекции, то еще добавляется задержка в начале движения) и двигаться к финишу этапа (естественно возможны неоднократные сходы с трассы до достижения финиша этапа);

– при подходе к финишу также может потребоваться торможение до подхода к цели с тем, чтобы не проскочить ее. При неудачном торможении при подходе к цели может произойти проскакивание целевой точки, что потребует возврата в целевую точку, который (возврат) можно рассматривать как организацию дополнительного этапа, так как объекту предстоит сначала остановить свое движение, определить алгоритм возврата, что приведет к задержке возврата, начать двигаться, предварительно разогнавшись до расчетного (на этот случай) значения скорости движения, и закончить двигаться к целевой точке, постаравшись на этот раз удачно затормозить;

– система управления при первом же выходе за пределы

трассы может отказаться от возврата на нее в точке схода или в точке ближайшего по ходу достигаемого узлового пункта (например, система управления просто не заметила возникшей ошибки), продолжая реализовывать расчетный алгоритм. В результате это может привести к возникновению отклонения от цели, обнаруживаемого по окончании реализации алгоритма движения, что потребует применения выше означенной процедуры по возврату к цели (в данном случае – по исправлению отклонения).

Из рассмотренных ситуаций можно сделать вывод, что необходимость совершать маневры по смене направления вектора скорости движения и ее величины, разгоны и торможения, задержки в начале движения, задержки в реагировании на воздействия, изменяющие вектор и модуль скорости, возвраты к цели приводят к отклонению значения реальной средней скорости движения объекта (субъекта) по траектории к цели и/или отклонению временных (ударение на последнем слоге) затрат на прохождение трассы по сравнению с запланированными величинами.

Представляется очевидным, что инерционность объекта проявляется в момент необходимости изменения режима движения объекта, что позволяет сделать тот вывод, что инерционность объектов аналитически может быть оценена как совокупность задержек начала перехода к тому

или иному режиму и задержек, вызванных постепенностью (а не ступенчатым) переходом к запланированному режиму. Это проявление инерционности выше было обозначено как статическая составляющая инерционности.

Статическая составляющая наиболее просто и естественно учитывается как совокупное время задержки, необходимое для изменения режима движения.

После того или иного изменения режима движения в результате изменения воздействия или появления нового (дополнительного) воздействия, объект начинает ускоренное движение (если воздействие еще продолжает существовать), либо (если воздействие перестало существовать) совершает движение в форме, адекватной его специфике – совершает замедленное движение, переходит в состояние покоя или переходит к равномерному движению. Это проявление инерционности ранее было обозначено как динамическая составляющая.

Динамическая составляющая наиболее естественно учитывается как конечное ускорение или меры инерции (аналогичной массе в элементарной физике).

В статье 5 показано, что статическая составляющая и динамическая компонента инерционности могут вполне, при определенных условиях, быть представлены и в виде времени задержки, и в виде меры инерции. Поэтому в дальнейшем

инерционность будет представлена двояко – время задержки или мера инерции – в зависимости от удобства исполнения задачи.

В общем случае на объект кроме инерционности воздействуют и другие факторы, приводящие к изменению скорости движения или отклонению временного (ударение на последнем слоге) графика. Влияние этих факторов на скорость движения можно определить, как величину отличия реальной средней скорости движения от запланированной средней скорости. Если планируемое время достижения цели обозначить через T_0 , а совокупное отклонение от графика движения обозначить как (см. 18/1), то влияние этих факторов на скорость движения можно определить выражением (37):

$$\Delta V = |V_{cp}| - |V_0| = \frac{L}{|T_0 \pm \Delta t_3|} - |V_0|$$

выражение 37

Следует отметить, что влияние разнообразных факторов может привести как к росту средней скорости движения (соответственно к уменьшению затрат времени на достижение цели), так и к снижению средней скорости движения отно-

сительно запланированной величины (соответственно к увеличению затрат времени на достижение цели), поэтому в выражении (37) учитывается знак изменений как скорости, так и времени.

Как можно заметить из выражения (37), влияние инерционных факторов скрыто в совокупном параметре (см. 18/1), более того, влияние факторов времени на скорость хотя и вполне однозначно, но не линейно, что уменьшает наглядность.

Но совершенно необязательно при оценке влияния инерционности (как и других факторов) на движение объекта в пространстве состояний приводить показатели к виду скорости ввиду указанной однозначности взаимосвязи.

Вполне достаточно оперировать собственно временами задержек и уменьшения задержек, тем более, что отношения будут иметь аддитивной характер.

Исходя из сказанного, можно в дальнейшем для оценки влияния различных факторов на характер движения использовать, в основном, показатели времени, прибегая к скоростным показателям для повышения наглядности и для оценки эффективности.

Тогда влияние факторов можно отобразить выражением (38):

$$\Delta T' = \Delta t_{in} + \sum_Q \Delta t''$$

выражение 38

Данное выражение можно трактовать следующим образом – общее отклонение от графика движения, взятое со знаком, является алгебраической суммой отклонений от графика движения, вносимых различными факторами, с учетом инерционных факторов (выделенных в отдельное слагаемое ввиду того, что именно инерционность является предметом данного параграфа), также взятых со знаком.

Необходимо также отметить такой интересный нюанс, как то, что величину отклонения скорости от запланированной величины (или значения времени от запланированного графика движения) можно трактовать как ошибку функционирования, что позволит, при необходимости, оценивать влияние инерционности с помощью выражений, разработанных для оценки ошибок функционирования.

Для разработки аналитических выражений оценки влияния инерционности на движение объекта необходимо рассмотреть общий алгоритм движения объекта (объект, для

полноты представления, снабжен когнитивной системой управления).

Кроме того, сделано то допущение, что инерционность является имманентным свойством объекта, определяемым его текущим состоянием, фиксируемым на момент оценки инерционности. Это означает, что оценка инерционности будет производится в условиях отсутствия непосредственных взаимодействий с окружающим миром, которые накладывают отпечаток на характер движения, но могут быть представлены как суперпозиция с устремлениями самого субъекта. Если же внешний мир оказывает воздействие на систему управления и значения параметров таким образом, что это сказывается на инерционности объекта, то это противоречие, могущее иметь место, снимается тем, что инерционность, как указано выше, определяется именно текущим состоянием объекта.

Кроме того, статическая инерционность представлена в виде времен задержки, а динамическая составляющая – в виде ускорения, определяемого в соответствии с выражением (13) и статьей 5.

В общем случае в процессе движения объекта существенны следующие аспекты:

А) система управления получает информацию о текущем состоянии субъекта, производит анализ информации, формирует описание ситуации во внутренних терминах, если

описание подпадает под стереотип (или подобно существующему стереотипу), то система управления формирует команду управления самостоятельно, без привлечения когнитивной системы, одновременно отправляя в когнитивную систему описание ситуации и сформированной команды управления;

В) если ситуация не стандартна (отсутствует тождественный или подобный стереотип, или подобие невелико), то система управления передает описание когнитивной системе, которая формирует новый стереотип (который содержит в себе описание алгоритма реагирования на ситуацию) и передает его системе управления, которая формирует необходимые команды управления;

С) может вмешаться тот или иной биологический механизм, имеющий свою систему анализа ситуации, взять под контроль когнитивную систему и/или систему управления и способствовать выработке последней команд управления (не отменяя, впрочем, и выработки команд управления самостоятельно);

Д) выработанные команды управления при необходимости проходят этап декомпозиции по функциям органов управления и доводятся до исполнительных органов. На указанные процедуры требуется некоторое время, определяющее когнитивную составляющую задержки начала фактического движения (см. 19/1);

Е) исполнительные органы принимают команды управле-

ния и, при общем подходе, после некоторой задержки (см. 20/1), необходимой для трансформации управляющих воздействий в движение (составляющая задержки исполнения), начинают движение в пространстве состояний, при этом в движении должно начать участвовать определенное количество подсистем и элементов с тем, чтобы их совместное движение преодолело порог минимально необходимого воздействия, что собственно и определит начало движения объекта. Образующаяся при этом задержка по преодолению порога составляет величину (см. 21/1), при этом следует отметить, что задержка по преодолению порога в чистом виде является пассивной инерцией параметров;

При этом совокупная величина указанных задержек (39) образует величину задержки перехода к движению объекта на старте, при этом задержка начала движения аналогична инерции покоя простейших объектов. Данную задержку в дальнейшем можно именовать статической задержкой старта.

Следует отметить, что частные задержки в каждой отдельно взятой ситуации вполне могут иметь значения, не совпадающие со значениями этих же задержек в других ситуациях;

$$\Delta t_p^0 = \Delta t_k + \Delta t_y + \Delta t_n$$

выражение 39

Г) после начала движения происходит разгон объекта (субъекта) до расчетного значения скорости движения V_0 . Исходя из того, что вся дистанция подразделяется на этапы, а прохождение каждого этапа может осуществляться индивидуально (индивидуальность означает, что на каждый этап отводится лимит времени T_0^d , отвечающий условию (39.1)

$$T_0^d \leq \frac{L^d}{L} T_0$$

выражение 39.1

где T_0 – общее время, отведенное на операцию, а L –

длина трассы, L^d – длина данного этапа), может возникнуть необходимость рассмотрения каждого этапа в отдельности. Но, в дальнейшем, в зависимости от удобства рассмотрения и ввиду не принципиальности отличия всей трассы от одного этапа, не будет проводиться различия между движением объекта по очередному этапу или по всей трассе в целом (в настоящий момент имеется ввиду расчетная скорость для данного этапа V_o^d), а рассматриваемый участок будет обозначаться как L^I , а время операции для этой дистанции L^I будет обозначаться как T_o' .

Разгон до расчетной скорости осуществляется с некоторым ускорением $a_p(t)$, которое может изменяться во времени. Разгон до расчетной скорости (для данного этапа) происходит за некоторое время разгона (см. 22/1), что можно отобразить следующим выражением (40):

$$V_0 = V' + \int_{\Delta t_p} a_p(t) dt$$

выражение 40

Зависимость ускорения от времени делает вычисления несколько неудобными с инженерной точки зрения, но ес-

ли протяженности этапов выбрать предельно малыми, то и время, затрачиваемое на их прохождение, будет стремиться к нулю, что позволит принять все ускорения, имеющие место при разгонах и торможениях, постоянными величинами.

Это позволяет привести выражение (40) к хорошо многим известному с детства виду (41):

$$V_0 = V' + a_p * \Delta t_p$$

выражение 41

Если бы система могла принять расчетное значение скорости скачкообразно, то за время разгона она прошла бы расстояние, определяемое выражением (42):

$$L_p = V_0 * \Delta t_p$$

выражение 42

За это же время разгоняющаяся система пройдет меньшее расстояние, так как за весь период разгона скорость будет меньше расчетной. Пройденное расстояние определяется выражением (43):

$$L'_p = \int_{\Delta t_p} v(t) dt = V' * \Delta t_p + a_p * \frac{(\Delta t_p)^2}{2}$$

выражение 43

Различие в этих расстояниях определяют задержку (см. 23/1), именуемую в дальнейшем динамической задержкой разгона и необходимую для разгона (а не время разгона (см. 22/1) является задержкой). Время задержки при разгоне определяется выражением (44):

$$\Delta t_p' = \frac{V_0 * \Delta t_p - (V' * \Delta t_p + a_p * \frac{(\Delta t_p)^2}{2})}{V_0} =$$

$$= \Delta t_p - \frac{V' * \Delta t_p + a_p * \frac{(\Delta t_p)^2}{2}}{V_0}$$

выражение 44

Необходимо отметить, что разницу между расчетным расстоянием и реально пройденным при разгоне следует, для получения времени задержки при разгоне, делить именно на значение V_0 , так как недостаток расстояния объект должен пройти с расчетной скоростью;

G) сделанные выкладки позволяют определить совокупное время задержки объекта на старте (либо при начале движения после остановки в любой точке трассы) в виде выражения (45):

$$\Delta t_p^{\Sigma} = \Delta t_p^0 + \Delta t_p'$$

выражение 45

Н) по достижении расчетной скорости объект движется к концу этапа (узловая точка или конец дистанции), в конце которого его ожидает (в общем случае) торможение, которое необходимо для того, чтобы система управления могла корректно произвести маневр (при необходимости) либо остановиться без последствий в виде вылета с трассы.

И) по аналогии со стартом, объект не сразу начинает тормозить, но по прошествии некоторого времени, обозначение которого см. 24/1, и которое также складывается из времени, необходимого на оценку ситуации, из времени, необходимого для выработки управляющего воздействия, и времени, необходимого для преодоления порога движения. Но это время задержки начала торможения, в случае, если торможение производится с расчетной скорости, не является существенным, так как, пока система не тормозит, она движется в пространстве состояний по графику, т.е. со скоростью V_0 . Но начальная задержка перехода к торможению мо-

жет оказаться существенной, если торможение производится со скорости, превышающей расчетной значение. Поэтому в общем случае начальная задержка (иначе говоря, статическая задержка торможения) (см. 25/1);

Ж) торможение производится с некоторым ускорением $a_m(t)$, которое в общем случае не тождественно ускорению разгона. Для упрощения расчетов, опять-таки, принимается, что этапы между узловыми точками настолько малы, что в их пределах ускорение торможения также можно считать независимой от времени величиной. Торможение производится до некоторой величины V'' , которая в частности может быть равна нулю. Торможение происходит за некоторое время торможения (см. 26/1), что можно отобразить следующим выражением (46):

$$V'' = V_0 - \int_{\Delta t_T} a_T(t) dt$$

выражение 46

Учитывая замечание о допустимости независимости ускорения торможения от времени, можно выражение (46) преобразовать к виду (47):

$$V'' = V_0 - a_T * \Delta t_T$$

выражение 47

В том случае, заметим, если торможение производится до расчетной скорости, то выражение (47) преобразуется к виду (48):

$$V_0 = V''' - a_T * \Delta t_T$$

выражение 48

но это выражение будет использовано позже, при исследовании нерегулярностей, вносимых в движение различными факторами.

За период торможения (см. 27/1), двигаясь равнозамед-

ленно, объект проходит расстояние, определяемой выражением (49):

$$L'_T = \int_{\Delta t_T} v(t) dt = V_0 * \Delta t_T - a_T * \frac{(\Delta t_T)^2}{2}$$

выражение 49

при этом, двигаясь с расчетной скоростью, это расстояние объект прошел бы быстрее, что, собственно, и определяет задержку при движении в условиях торможения (динамическая задержка торможения), которую можно определить выражением (50):

$$\Delta t'_T = \Delta t_T - \frac{V_0 * \Delta t_T - a_T * \frac{(\Delta t_T)^2}{2}}{V_0} = \frac{a_T * \frac{(\Delta t_T)^2}{2}}{V_0}$$

выражение 50

К) сделанные выкладки позволяют определить совокупное время задержки объекта при торможении в виде выражения (51):

$$\Delta t_T^{\Sigma} = \Delta t_T^0 + \Delta t_T'$$

выражение 51

L) выражение (52) определяет общие задержки в движении, имеющие место всегда, даже при отсутствии конфликтов при движении, как то – вылет с трассы, сторонние замедления или ускорения и прочее:

$$\Delta t_3^{\Sigma} = \Delta t_P^{\Sigma} + \Delta t_T^{\Sigma}$$

выражение 52

При этом, если допустить, что движение по этапу происходит без эксцессов (вылеты за пределы трассы, перерыв в движении, незапланированные ускорения), то появляется

ся возможность определить эффективную скорость $V_{эфф}$ движения по дистанции с учетом неизбежных инерционных факторов, которая, естественно, отличаясь от расчетной, обеспечит, тем не менее, достижение финиша (либо конечного, либо промежуточного) в соответствии с отпущенным на операцию временем (53):

$$V_{эфф} = \frac{L'}{T_0' \pm \left| \Delta t_3^\Sigma \right|}$$

выражение 53

Полученное выражение определяет значение эффективной скорости на момент старта объекта и имеет смысл планируемого значения.

В процессе движения по трассе объект может испытывать различные возмущающие и управляющие воздействия, что будет сказываться на его средней скорости. Кроме того, за время движения по трассе может измениться длина трассы или отведенное на операцию время. Это требует более общего подхода к понятию эффективной скорости.

В более общем виде эффективная скорость может быть определена как скорость, необходимая объекту для достижения цели или прохождения остаточного отрезка трассы за остаточное время из текущей позиции на трассе.

Остаточное время образуется как разница между временем, отпущенным на операцию и временем, прошедшим с начала операции. Время, прошедшее с начала операции, включает в себя периоды стабильного движения по трассе, а также задержки на разгон со старта и совокупности задержек (и/или экономий времени) (см. 17/1), имевших место к настоящему моменту времени. Указанные задержки и/или экономии времени при движении по трассе выступают в виде общего отклонения от запланированного графика движения.

Анализ инерционности показывает, что при планировании движения из данной точки необходимо учесть затраты времени на инерционность при начальном разгоне из данной точки (правильнее говорить о модификации скорости при старте из текущей точки, так как может понадобиться не разгон, а торможение) и торможение в конечном пункте, поэтому выражение для эффективной скорости можно представить в виде (54):

$$V_{эфф} = \frac{L_{ост}}{T_{ост} \pm \left| \Delta t_3^\Sigma \right|}$$

выражение 54

при условии, что остаточное время превышает задержки на маневры, то есть выполняется условие (54.1):

$$T_{ост} > \left| \Delta t_3^\Sigma \right|$$

выражение 54.1

Смысл применения знака «плюс-минус» в (54) состоит в том, что если задержки положительны, то их совокупная величина вычитается из времени операции, приводя к необходимому росту эффективной скорости, если реализуется случай, при котором задержки отрицательны (т.е. приводят

к ускорению процесса или, иначе говоря, к экономии времени), то эффективная скорость может быть снижена путем прибавления совокупной величины задержек к остаточному времени операции.

Если отсчеты текущего состояния в процессе движения производятся неоднократно, то появляется возможность коррекции эффективной скорости с учетом негативных возмущений;

М) обычная практика перемещений объекта в пространстве состояний такова, что перечень отклонений от планируемого графика движения не обходится стартом в начале движения и торможением на финише, но осложняется различными эксцессами – ускорения и замедления на дистанции, сходы с дистанции, проскакивание узловых и финишной точек, необходимость совершения маневра. В каждом случае тем или иным образом, позитивно или негативно проявляется инерционность объекта. Автор полагает, что есть определенный интерес в рассмотрении этих процессов;

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.