

УДК 004.8

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ

Юрчик П.Ф., Голубкова В.Б., Гусеница Д.О.

Как известно, компьютерные системы можно рассматривать как динамические, а в динамической системе имеется ряд динамических переменных, характеризующих состояние системы. При этом значения динамических переменных из исходного набора изменяются в любой последующий момент времени по определенным правилам.

При изучении свойств различных процессов в работе компьютерных информационных систем, следует отметить, что устойчивое равновесие (стабильная работа без сбоев) при непрерывном изменении параметров системы может стать неустойчивым (ошибка в функционировании системы). Анализ таких явлений приводит к необходимости разработки методов применения математической теории, которая описывает некоторые общие черты различных явлений скачкообразного изменения состояния динамической системы и взаимодействия различных событий в ответ на плавное изменение внешних условий.

В том случае, когда состояние системы задается набором из m величин, динамику процесса функционирования системы можно представить как движение точки в m -мерном фазовом пространстве.

Точки фазового пространства характеризуют состояние системы. Приложенный в этой точке вектор указывает скорость изменения состояния. В некоторых точках вектор может обращаться в ноль. Такие точки называются положениями равновесия (в которых состояние системы не меняется). Однако с течением времени в системе устанавливаются колебания. Таким образом, выходит, что равновесное состояние системы является неустойчивым.

Существует два класса динамических систем: консервативные (режим динамики определяется начальным состоянием) и диссипативные (режим динамики становится не зависящим от начального состояния). Множество точек в фазовом пространстве диссипативной динамической системы в установившемся режиме можно называть аттрактором.

Простейшими примерами аттракторов являются устойчивое состояние равновесия и предельный цикл, отвечающий за режим периодических колебаний системы.

Соответственно, состояние системы зависит от её параметров - динамических переменных, характеризующих состояние системы, при изменении которых, в свою очередь, происходит изменение её состояния. Такие параметры называют управляющими. Система может зависеть от одного или нескольких подобных параметров.

Задача управления информационной динамической системой состоит в том, чтобы, выбирая в каждый момент времени допустимый вектор из представляемого

набора, достичь заданной цели. В общем случае, достичь цели можно не при любых начальных условиях. Точки фазового пространства, из которых можно достичь цели (за любое время), называются областью достижимости.

Невозможно однозначно предсказать конечное состояние системы по исходным параметрам, потому что очень трудно задать абсолютно все параметры, а задать начальные значения параметров еще сложнее, при этом с течением времени исходные значения параметров изменяются.

Теория катастроф охватывает рассмотрение процессов, в которых плавное изменение параметров системы прерывается их скачкообразным изменением [1] (предсказуемым или заранее неизвестным), после чего система оказывается в другом режиме существования или разрушается. Этот скачок теория называет катастрофой, поскольку ударный характер нагрузки на замкнутую систему может её повредить, разрушить или быть неприемлемым по каким-то иным причинам. Режим, в котором оказывается система после т.н. катастрофы, может быть предсказуем - либо однозначно, либо в вероятностно-статистическом смысле, или непредсказуем.

Таким образом, можно считать, что катастрофами называются скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий (рисунок 1).



Рисунок 1 - Графическое представление катастрофы

Теория катастроф занимается изучением зависимости качественной природы решений уравнений от значений параметров, присутствующих в заданных уравнениях.

Рассмотрим решения $\Phi_1(t, x; ca)$, $\Phi_2(t, x; ca)$, ... системы n уравнений, определённой в пространстве R^N с координатами $x=(x_1, x_2, \dots, x_N)$,

$$F_i(\Phi_i; ca; t; d\Phi_i/dt; d^2\Phi_i/dt^2, \dots; x_l; d\Phi_i/dx_l, d^2\Phi_i/dx_l dx_m, \dots)=0$$

$$1 < i < n, \quad 1 < l, \quad m < N, \quad 1 < a < k,$$

переменные x_i и t можно считать соответственно пространственными и временными координатами.

Решения Φ_i описывают состояние некоторой системы, поэтому их называют переменными состояниями.

Уравнения $F_i=0$ зависят от k параметров sa , т. е. они могут качественно влиять на свойства решений Φ_i , поэтому параметры sa являются управляющими параметрами.

Следовательно, с учетом положений теории катастроф, состояние равновесия $\Phi_i(sa)$ потенциальной функции $U(\Phi_i; sa)$, изменяется при изменении управляющих параметров sa . Переменные состояния, от которых зависит функция $U(\Phi_i; sa)$ по существу являются обобщенными координатами рассматриваемой системы.

Теория катастроф предоставляет универсальный метод исследования скачкообразных переходов, разрывов, внезапных качественных изменений информационных систем. На данный момент существует ряд различных публикаций, в которых теория катастроф применяется к целому спектру биологических, медицинских, физических, экономических и научных задач (таких как исследования биотоков мозга и развитие теории элементарных частиц). Среди опубликованных работ по применению положений теории катастроф [2, 4] есть исследования устойчивости кораблей, моделирования деятельности организма человека и психических расстройств, поведения биржевых игроков, влияния алкоголя на водителей транспортных средств и т.д. В настоящее время явления устойчивости представляют интерес для научных работников и инженеров из самых разных областей науки и техники [3, 6], в таких процессах как, например, потеря работоспособности компьютерных систем при массированных запросах или моделировании сложных динамических процессов с применением различных информационных систем.

В качестве примера можно привести ситуацию, когда анализ частоты и свойств сбоев в информационной системе позволяет эксплуатирующему её предприятию увеличить эффективность её функционирования. Представим упрощённую модель, иллюстрирующую обратную связь, которая происходит в подобной ситуации (рисунок 2).

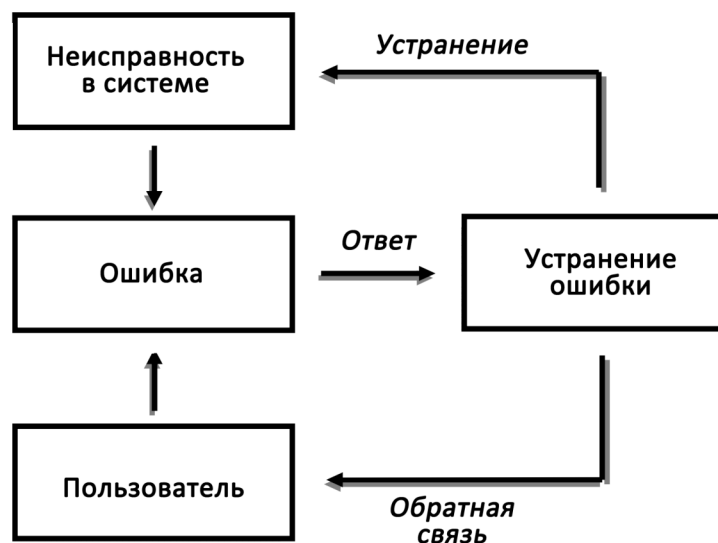


Рисунок 2 - Эффект неисправности в системе

Две ветви обратной связи, образующиеся после устранения ошибки, отражают влияние, которое она оказала на пользователей и структурный дефект системы, который и привёл к сбою. Устранение такой внутренней неисправности позволит устранить и сам источник ошибки. Однако игнорирование первопричины или применение недостаточных средств для улучшения работоспособности системы может привести к увеличению вероятности дальнейших сбоев. Подобное взаимодействие следует рассматривать как динамический процесс, который описывается нелинейной моделью.

Следует отметить, что взаимодействие между пользователем и системой сильно различается в зависимости от разных типов используемых в системе программных комплексов, выполняемых ими задач и степени подготовки эксплуатирующего персонала [5]. Соответственно, необходимо увеличивать эффективность взаимодействия пользователей и системы.

Понятие катастроф очень широко распространено даже за пределами научных и инженерных областей. Более того, математическое описание явления катастрофы подчиняется одним и тем же законам, независимо от области, в которой оно применяется, будь это физика, химия, строительство, проектирование или предсказание погоды. Математический аппарат теории катастроф обеспечивает инструменты, с помощью которых становится возможным адекватное описание данных явлений.

В настоящее время большая часть дискуссий между сторонниками и противниками теории катастроф сосредоточена на вопросах того, насколько универсальны могут быть её идеи для применения. Считается, что это зависит от того, насколько широко трактовать сам термин "теория катастроф".

В данном случае предполагается, что модели теории катастроф более всего пригодны как инструменты для моделирования многих ситуаций, где могут одновременно происходить плавное и резкое изменение параметров системы.

Список информационных источников

- [1] Арнольд В.И. Теория катастроф. -3-е изд., доп.-М.: Наука, 1990. -128 с.
- [2] Постон Т., Стюарт Й. Теория катастроф и её приложения. М.: Мир, 1980.
- [3] Джилмор Р. Теория катастроф для учёных и инженеров. М.: Мир, 1983.
- [4] Фишер П. Применение теории катастроф в современном мире, М.: Логос, 2005.
- [5] Николаев А.Б., Юрчик П.Ф., Голубкова В.Б. и др. The integrated information systems of the extended objects life cycle support. Information and telecommunication technologies in intelligent systems. Proceedings of Fourth International Conference Lugano, Schweiz, Juli, 2010.
- [6] Saunders, Peter Timothy. An Introduction to Catastrophe Theory. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2008.