

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ИНФОРМАЦИИ ВО ВРЕМЕНИ ПРИ ЕЕ ОБРАБОТКЕ В СППР

*Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины, Киев, Украина

Анотація. У статті досліджені можливі напрями вирішення питань забезпечення життєздатності у часі в системах обробки інформації з метою підтримки прийняття рішень під час швидкотипних умов техногенної небезпеки. На основі системного підходу досліджена функція часу у процесі розвитку системи або її відмови. Наведено можливий математичний апарат дослідження проблеми. Зроблені висновки щодо можливого застосування досліджуваного питання.

Ключові слова: модель, життєздатна система, інформація, вірогідність, СППР.

Аннотация. В статье исследованы возможные направления решения вопросов обеспечения жизнеспособности во времени в системах обработки информации для поддержки принятия решений в быстро изменяющихся условиях техногенной опасности. На основе системного подхода изучена функция времени в процессе развития системы или отказа в работе. Представлен возможный математический аппарат исследования проблемы. Сделаны выводы о возможном применении исследуемого вопроса.

Ключевые слова: модель, жизнеспособная система, информация, вероятность, СППР.

Abstract. The potential directions for the solution of the problems of maintenance of viability in time in systems of processing of the information in order to decision support under rapidly changing technological hazards are investigated in the paper. On the basis of a systematic approach the function of time under the development of the system or of its failure is regarded. The mathematical apparatus of research of a problem is presented. Conclusions about the possible use of the investigated question were made.

Keywords: model, viable system, information, probability, DSS (Decision Support System).

1. Введение

Технологические достижения последних лет позволяют говорить о достижении определенного уровня надежности, устойчивости, гарантоспособности и других показателей обеспечения достоверности информации в результате ее преобразования, хранения и передачи компьютерными средствами.

Актуальность исследуемой темы состоит в том, что возникновение критических ситуаций показывает совершенно иную картину: отказы систем управления и защиты ядерных реакторов и химических предприятий, невозможность использовать информационные технологии (ИТ) обработки информации для поддержки принятия решений (СППР) на пожарах через отсутствие механизмов адаптации алгоритмов к условиям развивающейся ситуации, несвоевременность и неточность принимаемых решений в разных сферах государственного управления при выходе параметров управляемой системы за пределы, установленные стандартами. Можно ли говорить в таком случае о том, что система надежна и выполняет свою миссию или что система жизнеспособна, то есть, адаптируется в соответствии с изменением ситуации?

Миссия системы определяется в границах времени. В таком случае надежность может быть определена как вероятность того, что система будет работать удовлетворительно в течение данного периода времени. Таким образом, жизнеспособность системы может быть представлена как функция времени и решена как задача моделирования вероятности развития определенной ситуации во времени.

Целью работы является исследование возможных направлений решения вопросов обеспечения жизнеспособности во времени в системах обработки информации для поддержки принятия решений в быстро изменяющихся условиях техногенной опасности.

Для раскрытия поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

– изложены основы системного подхода в решении задач обеспечения жизнеспособности технологий обработки информации;

– представлен математический аппарат исследования проблемы обеспечения жизнеспособности во времени информационно-аналитических технологий СППР.

Следует отметить, что цель обеспечения жизнеспособности систем получения, обработки и передачи информации рассматривается с момента появления первых образцов электронно-вычислительной техники. Особенно дискуссионным этот вопрос стал в 60-70 годы прошлого века, когда в СССР академик В.М. Глушков представил проект Общегосударственной автоматизированной системы учета и обработки информации (ОГАС) [1], а в Чили британский кибернетик Стаффорд Бир попытался внедрить свой проект «Киберсин» [2]. Однако по мере совершенствования технологий получения, обработки и передачи информации вопрос обеспечения жизнеспособности становится все более проблемным и актуальным.

2. Проблематика исследования

Любая сложная система состоит из множества компонентов. В самом простом случае каждый компонент можно описать с двух позиций: функционирования (действия) или ошибки (бездействия). Когда набор операционных компонентов и набор компонентов ошибки определены, можно обозначить статус системы. Проблема состоит в том, чтобы вычислить вероятность использования компонентов системы, обеспечивающих функционирование системы на некотором отрезке времени, не приводящее к возникновению ошибок. Решение задачи избежать ошибок во времени и позволит говорить о системе, как о жизнеспособной.

Согласно Стаффорду Бире, жизнеспособной является любая система, способная поддерживать свое самостоятельное существование в определенной среде. При этом одна из основных особенностей жизнеспособности – адаптация к изменяющимся условиям [2].

В «Энциклопедии кибернетики» представлена некоторая критика положений Ст. Бира в отношении сложных систем управления. В частности отмечено, что Ст. Бир считал предметом кибернетики только очень сложные вероятностные системы [3] и указывается, что термины «сложная система» и «большая система» не тождественны. Итак, логически подведена черта: строгое математическое определение сложных систем управления дать практически не возможно, но такую систему можно характеризовать в соответствии с требованиями к точности функционирования, динамической устойчивости, инвариантности относительно внешних возмущений и помех, нечувствительности к изменению параметров, надежности, живучести и т.д. [3].

Академик В.М. Глушков в работе [1] конкретизировал требования, предъявляемые к вычислительным системам управления, выделив семь принципов: автоматизация документооборота, одноразовый ввод данных, динамическая целостность, системное единство, типовость (универсальность и унификация), модульность. В этом же труде анализируется процесс восприятия информации человеком в виде определенных полей, что представляется с помощью математических функций $y = f(x, t)$, где t – время, x – точка, в которой измеряется поле, y – величина поля в этой точке. При измерении поля в фиксированной точке $x = a$ функция $f(x, t)$ вырождается в функцию времени $y(t) = f(a, t)$. В большинстве случаев все скалярные величины, входящие в соотношение $y = f(x, t)$, могут принимать непрерывный ряд значений. Вследствие этого информация, представляемая таким

образом, будет непрерывной [1]. В ином случае без необходимых преобразований точность информации становится ограниченной, в том числе и ограниченной во времени.

Поскольку человек воспринимает информацию в дискретном виде, любая информация может быть аппроксимирована дискретной информацией с установленной степенью точности. Современные требования к технологиям обработки информации породили понятие гарантоспособности, как гарантии достоверности информации во время ее преобразования. Гарантоспособность прежде всего связана с достоверностью получаемой из вычислительной системы информации и связана с нормальной (штатной) её работой, невзирая на наличие допустимых внутренних и внешних возмущений, то есть система имеет определенный запас устойчивости (стабильности) [4]. Однако следует учитывать, что достоверность получаемой информации напрямую зависит от времени свершения событий. Это особо актуально для систем обработки информации в условиях чрезвычайных ситуаций (техногенные катастрофы, лесные пожары, стихийные бедствия и т.п.), поэтому время нельзя рассматривать как несущественный фактор или некоторую абстрактность.

В связи с вышеизложенным можно выделить следующую проблему исследования: модели, методы и алгоритмы, используемые в системах обработки информации для СППР в условиях техногенных катастроф, ориентированы на решение какой-либо конкретной задачи и не имеют механизмов адаптации в случае изменения ситуации во времени. Такие системы не могут быть жизнеспособными без исследования функции времени для получения информации с максимальной степенью точности.

3. Основы системного подхода в решении поставленных задач

Как отмечается в работе Ст. Бира [2], модель жизнеспособной системы должна быть моделью организационной структуры любого жизнеспособного организма или автономной системы. Функционирование жизнеспособного организма можно описать в пространстве и во времени, исходя из чего можно сделать вывод, что параметр времени для модели жизнеспособной системы является базовым, поскольку организационная структура должна способствовать выполнению функций системы во времени.

Исследуемый вопрос затронут в монографии Н.П. Бусленко [5]. При анализе показателей, характеризующих свойства сложных систем, среди которых рассматриваются производительность, надежность, помехозащищенность, качество управления и т.д., отмечено, что «на практике часто делаются попытки (как правило, неудачные) использовать для оценки надежности сложных систем показатели, заимствованные из теории надежности «простых» систем. Такими показателями обычно служат «среднее время безотказной работы системы» (среднее время, в течение которого все элементы системы находятся в рабочем состоянии), «вероятность безотказной работы системы в течение заданного интервала времени»... Эти показатели учитывают лишь сам факт появления или отсутствия отказов в элементах системы и не дают никакого представления о влиянии отказов на конечный эффект функционирования системы» [5]. Далее в работе рассматриваются различные отклонения системы в период времени t , где время обозначается как некоторая статическая величина, при которой система изменила свои базовые показатели, исходя из чего можно сделать вывод, что функционирование системы рассматривается не как вектор развития событий, а как точка замены одних параметров другими.

Современные модели, методы и алгоритмы, используемые в системах обработки информации, максимально приближены к реальным системам, для которых они предназначены. Поиск показателей, позволяющих оценить их эффективность, привел к возникновению понятия гарантоспособности как синтетического понятия, которое объединяет следующие показатели:

- готовность, то есть готовность к правильному обслуживанию;
- безотказность, то есть непрерывность (постоянство) правильного обслуживания;

- функциональная безопасность, то есть отсутствие катастрофических последствий для пользователей и окружающей среды;
- целостность, то есть отсутствие некорректных изменений системы;
- обслуживаемость, способность подвергаться модификациям и ремонту либо автоматической замене отказавших компонентов системы, а также устойчивость работы.

Показатель гарантоспособности дополняется требованием безопасности системы, то есть возможности противостоять внешним угрозам и, прежде всего, несанкционированному проникновению в систему. Но параметр времени по-прежнему не учитывается в рамках работы [5].

В [6, 7] понятие гарантоспособности не используется, деятельность сложной системы исследуется по параметру надежности. При этом надежность исследуется не как некоторая эфемерная категория, а как показатель работы системы на определенном отрезке времени.

В современной работе украинских ученых [8] один из центральных вопросов посвящен моделированию информационных потоков во времени. Информационная динамика здесь рассматривается как процесс возникновения и исчезновения отдельных тематик во времени, исследуются фактор запаздывания и вероятность появления обновленной информации независимо от существенного изменения событий. Соответственно, на этой основе выдвигаются определенные теории построения информационных технологий для поддержки принятия решений в различных ситуациях [9].

Устройство или система могут быть описаны как совокупность подсистем или компонентов. Система работает успешно, если все ее компоненты работают успешно (без ошибок), но в некоторых случаях, когда совокупность компонентов подобрана неудачно, возможны сбои в работе.

Система – совокупность n опознаваемых компонентов, выполняющих некоторые функции. Существуют два операционных момента, которые позволяют определить возможность системы выполнить ее функции:

- успех: система исполняет свою функцию удовлетворительно для данного периода времени, где критерий для успеха ясно определен;
- отказ (неудача, ошибка): система не в состоянии выполнить функцию удовлетворительно на каком-то временном отрезке.

Исходя из представленного понимания надежности, можно логически вывести понятие жизнеспособности системы как вероятности того, что система выполнит свою функцию удовлетворительно (успешно) на отрезке времени $t + \Delta t$, с учетом возможного изменения влияния различных факторов за время Δt .

Для построения математической модели жизнеспособности системы во времени рассмотрим влияние компонентов системы по критерию «успех – отказ (неудача)».

Индикатор успеха для некоторого компонента – двоичная случайная переменная X_i , которая указывает статус исследуемого компонента. $X_i = 1$ подразумевает успешно работающий компонент системы, $X_i = 0$ подразумевает компонент, который стал причиной отказа системы. Вектор статуса системы – вектор составляющих индикаторов статуса:

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (1)$$

Имеется $2n$ возможности реализации вектора (1) во времени для описания жизнеспособной модели системы через статус успеха или отказа (неудачи):

$$X(t) = (X_1, X_2, \dots, X_n, t). \quad (2)$$

То есть, в определенный период времени система движется к получению успешного результата или отказа в работе.

Учитывая принятую структуру системы, можно попытаться определить, насколько вероятна ее жизнеспособность в условиях изменения времени. Жизнеспособность p_i является вероятностью того, что компоненты системы подобраны и действуют правильно на определенном отрезке времени. Вероятность отказа (неудачи) q_i является вероятностью того, что компоненты подобраны неправильно и в случае изменений система не сможет адаптироваться на определенном отрезке времени. Принимаем условие, что компоненты, воздействующие на систему, независимы. Тогда вероятность жизнеспособности системы можно представить следующим образом:

$$p_i(t) = P\{X_{i+\Delta t} = 1\},$$

$$q_i(t) = P\{X_{i+\Delta t} = 0\} = 1 - p_{i+\Delta t}. \quad (3)$$

По выражению (3) можно сделать вывод, что жизнеспособность системы – это ее надежность (возможность удовлетворительно выполнять все заложенные в систему функции) в любой точке временного интервала.

4. Математический подход к исследованию проблемы

Как уже отмечалось в п. 2 данной статьи, с целью удобства восприятия человеком любой информации она может быть представлена в дискретном виде. Рассмотрим пример некоторой сложной системы. Пусть данная сложная система S использует (и перерабатывает) несколько видов информации, в том числе информацию, изменяющуюся во времени, то есть

$$J(S, t) = \{J_1(S, t), J_2(S, t), \dots, J_r(S, t)\}. \quad (4)$$

Поскольку жизнеспособность системы может быть представлена как функция времени (и поступающей информации), то работу этой системы целесообразно представить как задачу моделирования вероятности развития определенной ситуации во времени.

Естественно, что общее решение этой задачи будет включать решение ряда частных задач, в частности, задач обработки каждого вида информации $J_k(S, t)$, $k = 1, \dots, r$ на отрезке времени $[t_1, t_2]$.

Пусть обрабатываемая информация $J'(S, t)$, $J'(S, t) = J_k(S, t)$, $k = 1, \dots, r$ имеет вид

$$J'(S, t) = \|i(S_l, t)\|_{l=1}^p, \quad (5)$$

где $i(S_l, t)$ – информация, получаемая от «датчика» (источника информации) S_l , $l = 1, \dots, p$. Можно считать, что датчики поставляют информацию непрерывно. В таком случае следует считать, что система S жизнеспособна в момент времени t , если все датчики (источники информации) S_l , $l = 1, \dots, p$ поставляют информацию, находящуюся в некоторой допустимой области O_l . В случае же наличия хотя бы одного датчика (источника информации) S_l' , информация от которого выходит за пределы соответствующей допустимой области, можно говорить об угрозе жизнеспособности системы.

Таким образом, жизнеспособной система S в момент времени t будет в том случае, если все источники информации о ее деятельности будут поставлять данные, не выходящие за пределы соответствующих допустимых областей.

Изучая динамику (то есть изменение во времени) показаний источников информации, можно сделать некоторые прогнозы относительно надежности системы, то есть ее жизнеспособности.

Итак, пусть допустимая область изменений показаний источника информации S_i представлена кругом (сферой) O_i с центром в некоторой точке M_i . Пусть радиус этого круга будет R_i . Если в некоторый момент времени t' информация, поставляемая источником S_i , будет соответствовать центру информационного круга O_i , то вероятность P_i жизнеспособности системы S , согласно источнику информации S_i , будет оцениваться единицей. Приближение информационных данных к границе допустимой области O_i будет определять уменьшение вероятности жизнеспособности системы S . На самой границе допустимой области эту вероятность примем за величину, равную нулю. Время t_i^0 , при котором $P(S_i, t) = 0$, назовем критическим по источнику S_i . Если взять во внимание всю совокупность источников информации о работе системы S , то критическим временем работы системы S естественно считать

$$t_{кр} = \min(t_1^0, t_2^0, \dots, t_p^0). \quad (6)$$

Исходя из записи (6), можно определить вероятность наступления критического состояния системы S , а именно:

$$P(S, t) = \min(P_1(S, t), P_2(S, t), \dots, P_p(S, t)). \quad (7)$$

Выражение (7) подтверждает выражение (3) и позволяет расширить понимание жизнеспособности системы как возможности удовлетворительно выполнять все заложенные в систему функции в любой точке временного интервала до достижения уровня критического состояния системы.

Практическое применение изложенного можно рассмотреть на следующем примере. С помощью программного обеспечения «Хмара» была смоделирована возможная авария на ГП «Горловский химический завод» с ее переходом на ПАТ «Концерн «Стирол», промышленные площадки которого с расположенными на них резервуарами аммиака находятся в 800 м от химического завода. Принято условие, что в результате аварии произошла утечка аммиака. Максимальное время локализации и ликвидации такой аварии – 1 ч. 40 мин. Это среднее время распространения токсического облака до легкого уровня поражения по разработанной модели. Информация для модели принята статическая, полученная на момент возникновения гипотетической аварии.

На основе разработанной модели гипотетической аварии была построена сетевая модель прибытия расчетов спасателей и выполнения работ по локализации и ликвидации события. Учитывая то, что ряд работ, которые находятся на путях сетевой модели, выполняются параллельно, общее время ликвидации аварии определяется критическим путем – путем максимального времени выполнения работ. Для разработанной модели это 97 минут. Но полученные данные с помощью (6, 7), с учетом ежеминутного обновления информации о течении аварии, позволяют сократить время локализации и ликвидации аварии на 5 мин. 30 с. С учетом того, что моделируемая авария происходит на химическом предприятии, ускорение процесса ликвидации негативных последствий в итоге позволяет сохранить жизнь и здоровье населения и значительно снизить ущерб, наносимый окружающей среде.

Для подтверждения расчетов был проведен эксперимент по передаче данных ежесекундно от эмулятора пульта, с помощью которого имитировались определенные действия

с некоторым объектом управления. Время отклика системы по передаче ежесекундного пакета информации составило 0,02–0,5 с. С учетом ежесекундного обновления время реагирования на гипотетическую аварию по разработанной модели можно сократить почти на 21 минуту.

5. Выводы

Рассмотренные в статье вопросы позволяют сделать некоторые выводы и обобщения, позволяющие подтвердить предположение о том, что параметр времени для модели жизнеспособной системы является базовым.

В частности, можно отметить следующее:

1) Точность информации имеет ограничение по времени, поскольку на отрезке времени $t + \Delta t$ происходит ее изменение на указанном промежутке. Система претерпевает изменения во времени, и отсутствие информации об этих изменениях может стать причиной кризиса системы.

2) Работу любой системы можно представить как задачу моделирования вероятности развития определенной ситуации во времени. При этом каждый вид информации будет обрабатываться дискретно, представляя картину развития ситуации в виде определенного состояния системы во временном интервале. Информация рассматривается в пределах некоторой допустимой области, выход за пределы которой означает использование не существенной и не относящейся к управлению данной системой информации.

3) Жизнеспособная система в момент времени будет в том случае, если все источники информации о ее деятельности будут поставлять данные, не выходящие за пределы соответствующих допустимых областей. То есть, в управлении системой не будет присутствовать информация, которая является устаревшей, неактуальной или не относящейся к данной системе, иными словами, использование которой для управления несет угрозу для жизнеспособности системы.

Все изложенное может быть использовано в моделях, методах и алгоритмах, разрабатываемых для СППР в условиях различных катастроф, чрезвычайных ситуаций, природных катаклизмов, где необходима быстрая адаптация имеющихся алгоритмов к изменяющимся условиям и высокая точность обработки информации для принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики / Глушков В.М. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 552 с.
2. Бир Ст. Мозг фирмы / Бир Ст. – М.: Либроком, 2009. – 416 с.
3. Энциклопедия кибернетики: в 2 т. / Под. ред. В.М. Глушкова и др. – К.: Главная редакция украинской советской энциклопедии, 1974. – 1228 с.
4. Теслер Г.С. Концепция построения гарантоспособных вычислительных систем / Г.С. Теслер // Математичні машини і системи. – 2006. – № 1. – С. 134 – 145.
5. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Бусленко Н.П. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1978. – 400 с.
6. Ansell J.I. Practical Methods for Reliability Data Analysis / J.I. Ansell, M.J. Phillips. – New York: Oxford University Press, 1994. – 256 p.
7. Brimley W. Spacecraft Systems; Safety / W. Brimley // Failure Tolerance Failure Management. Part of a set of course note for a course offered previously at the University of Toronto. – Toronto, 1999. – 112 p.
8. Додонов А.Г. Живучесть информационных систем / А.Г. Додонов, Д.В. Ландэ. – К.: Наукова думка, 2011. – 256 с.
9. Ландэ Д.В. Програмно-апаратний комплекс інформаційної підтримки прийняття рішень: наук.-метод. посіб. / Ландэ Д.В., Фурашев В.М., Григор'єв О.М. – К.: Інжиніринг, 2006. – 48 с.

Стаття надійшла до редакції 05.07.2014