

4. *Ian Foster*, «Designing and Building Parallel Programs», 1995.
5. *Barton P. Miller and others*, «The Parady Parallel Performance Measurement Tools» Computer Sciences Department, University of Wisconsin-Madison.
6. <http://www.cs.wisc.edu/paradyn/>.
7. *Бертекас, Галлагер*. Сети передачи данных. – 1989.

УДК 658.512.2.011.57

В.Ф. Гузик, А.В. Дагаев, А.В. Тарасенко

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИК СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Введение. Системный анализ (СА) за последние десятилетия получил широкое развитие и утверждение как отдельной синтетической междисциплинарной научной дисциплины. В повседневной жизни человек постоянно реализует определенные этапы СА, так, например, элементарный анализ цен товаров относится к первому этапу системного анализа. Следует отметить, что СА нашел применение в экономических, информационных, технических, лингвистических, социальных и многих других типов задач. Любой тип системного анализа включает этап анализа системы, разработки модели системы, этап принятия решений и реализации анализа. В качестве системы может выступать явление, образ, набор объектов с определенными характеристиками, реальные устройства и т.д. Главным моментом при анализе системы является определение целей системного анализа, которые бывают трудно формализуемы и расплывчаты, и умение системного аналитика обозначить «контуры» системы и отделить ее от окружающей среды, что необходимо для четкого представления объектов, с которыми в дальнейшем придется работать [1, 2].

Методики проведения СА. Методики или другими словами этапы системного анализа могут быть реализованы поразному [3, 4], причем их состав и последовательность зависит от поставленной задачи. На сегодняшний день существует большое количество методик применения системного анализа, так, например, методики Квейда, Оптнера и Голубкова делают акцент на разработке и исследовании альтернатив принятия решений, т.е. на конечных этапах системного анализа. Черняк уделяет внимание агрегированию и структуризации целей, Янг – процессу реализации принятого решения, Антонов – моделированию и методам обработки информации [5].

Можно отметить, что в последнее время этапы анализа стали включать в себя разработку информационной системы (ИС), что позволяет улучшить качество и скорость выполнения системного анализа. Информационные системы позволяют автоматизировать ручной труд, выполнять сложные расчеты, накапливать и синтезировать данные, в ряде случаев проектировать и разрабатывать другие информационные системы. Хотя ИС имеют ряд неоспоримых достоинств, их разработка часто осложняется реализацией сложных математических, физических и других видов моделей, поэтому продолжительность разработки ИС может измеряться месяцами и годами.

Представим методику проведения СА, включающего разработку ИС:

1. Анализ системы.
2. Определение целей СА, этапов проведения СА.

3. Формирование критериев необходимых при разработке модели системы, ИС.
4. Разработка альтернативных вариантов решения задачи СА.
5. Построение модели системы по интересующим нас признакам, анализ модели.
6. Разработка ИС.
7. Реализация выбора и принятия решений, внедрение результатов анализа.

Следует отметить, что разработка ИС может отсутствовать среди представленных этапов, что обусловлено целями СА и требованиями заказчика. В этом случае останавливаются на построении и внедрении модели системы, но проведение расчетов без применения вычислительной техники и реализации модели на определенном языке программирования становится сложным и трудоемким, поэтому в некоторые элементы ИС все же будут использоваться.

Проведение анализа и разработка математических моделей. Рассмотрим реализацию задачи системного анализа по представленной выше методике. Перед системным аналитиком в данном случае стояла задача определения возможности продления срока службы некоторых подсистем энергоблоков атомных станций (АС).

На первом этапе был составлен перечень оборудования, из рабочих журналов собрана информация о моментах (или периодах) отказа оборудования, построена плотность распределения наработки до отказа, определены все компоненты оборудования и стратегии их обслуживания, выявлены информационные связи между компонентами оборудования. Продолжительность данного этапа составила несколько месяцев.

На втором этапе были определены цели СА, намечены этапы проведения СА, определены сроки его выполнения. Продолжительность данного этапа составила несколько недель. Следует отметить, что для определения возможности продления срока службы было необходимо найти логическую функцию работоспособности многокомпонентного оборудования, характеристики надежности и рассчитать ресурс оборудования.

На третьем этапе потребовалось определить требования к разрабатываемой модели и ИС. Было определено, что математическая модель должна учитывать определенную стратегию обслуживания оборудования и выдавать количественные показатели характеристик надежности: коэффициент готовности, вероятность безотказной работы, вероятность несрабатывания на требование и др. Входными характеристиками, которые должна принимать математическая модель являлись: промежуток времени, на котором требуется знать характеристики надежности; законы распределения времени восстановления и отказа; параметры законов распределения, или моменты отказов однотипного оборудования и др. Основные требования к разрабатываемой ИС были следующие: наличие удобного пользовательского интерфейса; графическое отображение результатов расчета характеристик надежности; возможность сохранения результатов в файл; отображение в реальном времени последовательности проведения расчета; возможность задания входных данных и параметров расчета математических моделей.

На четвертом этапе было определено, что модель может быть реализована в виде аналитических зависимостей, в виде имитации и с применением готовых ИС. Известно, что имитационные модели позволяют проанализировать состояние системы в конкретный момент времени и дают усредненное состояние показателей надежности. Более качественными являются аналитические модели, они позволяют в символической форме учитывать интересующие показатели и видеть их поведе-

ние во времени. При анализе ИС нахождения параметров надежности было сделано заключение, что они являются узконаправленными, специфичными и не подходят для реализации поставленной задачи.

На пятом этапе была построена имитационная и аналитические модели анализа параметров надежности. При разработке имитационной модели уже частично был реализован шестой этап, поскольку имитация подразумевает программную реализацию моделируемого процесса. Для анализа была разработана имитационная программная модель, которая позволяла узнать характеристики надежности в конкретный момент времени. При разработке имитационной модели был использован язык Delphi, имитация описывалась деревьями возможных состояний системы, которая посредством реализации случайных чисел, в дальнейшем, реализовывалась программно. Кроме того были разработаны математические аналитические модели для различных стратегий обслуживания систем в неасимптотической постановке задачи. Данные модели в обобщенной форме имели следующий вид:

$$\hat{E}(t) = P_0(t) + \int_0^t G(y, T) \hat{E}(t-y) dy,$$

где $\hat{E}(t)$ – коэффициент готовности системы; $P_0 = H(T-t)((1-F_\xi(t)))$ – вероятность безотказной работы; t – текущий момент времени.

Приведенное выше рекуррентное уравнение относится к классу уравнений Вольтера второго рода [6]. Так, например, для модели профилактического обслуживания системы с учетом встроенного контроля, компоненты в данном уравнении будут следующими:

$H(T-t)$ – функция Хэвисайда, где T – период профилактики;

$F_\xi(t)$ – функция распределения наработки до отказа;

$$G(x, T) = (1 - F_\xi(T)) f_{\eta_{m,r}}(t-T) + \int_0^{t-T} f_\xi(x) f_{\eta_{f,r}}(t-x) dx$$
 – ядро уравнения,

где $f_\xi(t)$ – плотность распределения времени наработки до отказа;

$f_{\eta_{f,r}}(t-x)$ – плотность распределения времени восстановления системы.

При разработке моделей использовался аппарат теории надежности, математической статистики, теории вероятностей, математического анализа. В разработке математических моделей применялось прямое и обратное преобразование Лапласа и были реализованы следующие этапы: описание стратегии функционирования оборудования; запись стратегии обслуживания и структуры системы в символьной форме – моментов времени восстановления и отказа, интервалов работоспособности и др.; составление диаграммы перехода системы из одного состояния в другое; запись уравнения восстановления через формулу вероятности попадания на работоспособный интервал; вывод уравнения восстановления, используя прямое преобразование Лапласа; выполнение обратного преобразования Лапласа и получение уравнения восстановления в интегральной (или интегро-дифференциальной) форме; получение результатов в асимптотической постановке как частного случая неасимптотического решения. Правильность вывода неасимптотической модели была подтверждена асимптотическими уравнениями.

Можно заметить, что применение моделей позволяет прогнозировать поведение системы, анализировать ее состояние, создавать условия работы, которые недопустимы в реальных условиях. Несмотря на привлекательность аналитических моделей, их применимость ограничена структурой системы, для которых они разработаны. Так, например, изменение структуры системы для представленного вы-

ше уравнения восстановления приведет к изменению уравнения плотности времени наработки до отказа системы. Имитационные модели более мобильны, в них гораздо проще изменить структуру системы, путем добавления объекта или состояния системы, однако для получения точных результатов требуется провести большое число итераций генерации состояния системы в конкретный момент времени.

На шестом этапе выполнялась разработка информационной системы. Была разработана программная реализация аналитической модели. Сложность ее разработки была обусловлена тем, что пришлось применять численные методы для реализации рекуррентного уравнения, например метод последовательных приближений. Для расчета одномерных интегралов применялся метод трапеций. Расчеты, проведенные на имитационной и аналитической модели, дали схожий результат. При разработке ИС были реализованы технологии OLE. Например, расчет значения функции распределения проводился с использованием встроенных математических функций Excel. В ИС было реализовано несколько стратегий обслуживания системы. Был разработан графический интерфейс ИС, ее структура представлена на рис. 1.

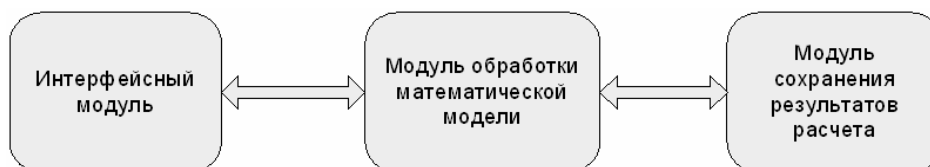


Рис. 1. Упрощенная структура ИС

На вход в ИС поступает информация, аналогичная данным, поступающим в разработанную математическую модель. ИС позволяет графически просматривать поведение характеристик надежности во времени, сохранять информацию в текстовый и Excel-ий файл. Графический интерфейс ИС представлен на рис. 2.

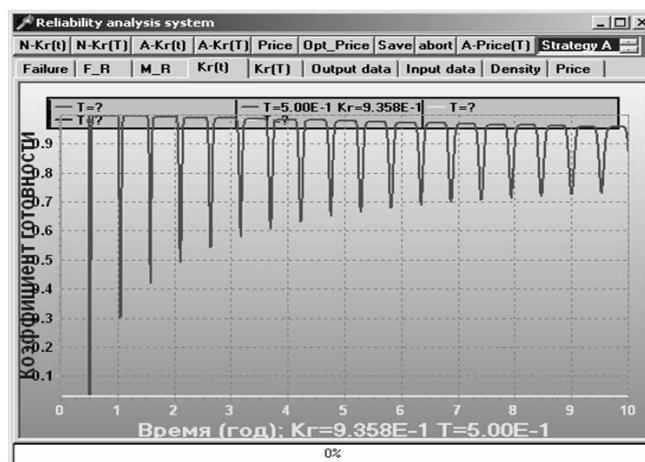


Рис. 2. Экранная форма ИС

Система позволяет задавать входные параметры моделирования, такие как: период профилактики, расчетное время, шаг разбиения исследуемого интервала (точность), метод расчета показателя надежности. В рассматриваемой ИС была реализована методика оптимизации периода профилактики системы с примени-

ем метода половинного деления. Входными параметрами оптимизации являлся шаг оптимизации и начальная точка приближения. Также была реализована методика расчета стоимости обслуживания системы с определенной стратегией обслуживания.

На седьмом этапе были рассчитаны показатели надежности элементов и подсистем, результаты показали, что ресурс части оборудования еще не достиг предела, а другой части уже истек. Таким образом, на основании проведенного анализа заказчику СА было предложено решение замены части работающего оборудования, что в итоге позволило повысить уровень безопасности использования АС. Представленная ИС применялась при вероятностном анализе безопасности оборудования Билибинской и других АС. Хотя замена и профилактика оборудования часто привязана к перегрузке топлива, ИС позволила оптимизировать профилактику части подсистем АС.

Заключение. Как показывает практика, проведение системного анализа включает в себя большую совокупность разноплановых работ, требует наличие большого опыта и знаний от системного аналитика при работе с математическими методами, моделями систем, программными средствами, с методами анализа и принятия решений. В зависимости от цели системного анализа, представленных для СА ресурсов и сроков выполнения работ его реализация возможна в определенной последовательности, характерной только для данного типа СА. Вследствие многоаспектности СА и применимости его практически в любой сфере деятельности человека, подобрать стандартные процедуры, методы и этапы его проведения очень сложно, что в общем является также особым видом СА.

В ходе проделанной работы была предложена методика проведения СА, представлен пример ее реализации. Показано, что разработка математических моделей и их реализация в ИС является необходимыми компонентами СА.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Системный анализ и принятие решений. Словарь-справочник. – М: Высшая школа, 2005. – 616 с.
2. Орловский П.Н. Системный Анализ (основные понятия, принципы, методология). Том 1 / Учебное пособие. – Киев: Минобразования Украины, 1996. – 360 с.
3. Антонов А.В. Проектирование систем. – Обнинск: Изд-во ИАТЭ, 1996. – 157 с.
4. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
5. Антонов А.В. Системный анализ / Учебник для вузов. – М: Высшая школа, 2006. – 470 с.
6. Дагаев А.В., Антонов А.В., Чепурко В.А. Модель анализа надежности подсистем ЯЭУ со встроенным контролем // Ядерная энергетика. Известия вузов. – Обнинск: Изд-во ИАТЭ, 2001, №2. – С. 3-9.

УДК 519.007

А.Н. Шабельников, В.А. Шабельников

ПОИСК АНОМАЛИЙ В ТЕХНИЧЕСКИХ БАЗАХ ДАННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ*

Введение. Базы данных временных рядов (БДВР) отличаются от статических БД тем, что содержат записи, в которых некоторые из атрибутов ассоциируются с временными метками. В качестве таких записей могут выступать данные монито-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты № 07-01-00075 и № 07-07-00010