

зом, что выполняет функцию сдвигового регистра [3]. Оцифрованный в АЦП сигнал поступает на вход ПЛИС, затем двоичный код изменяется в соответствии с необходимым углом поворота фазы. После этого сигнал переводится с помощью ЦАП в аналоговую форму.

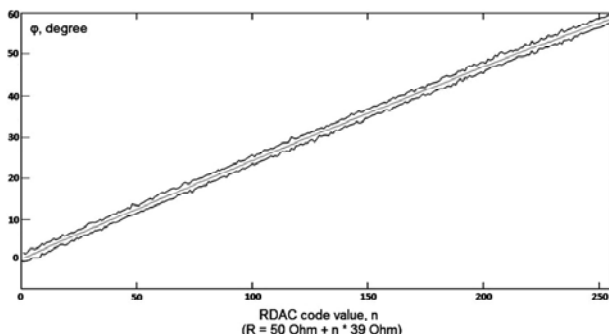


Рис. 2. Зависимость угла поворота фазы от входного кода ЦАП

В результате данной работы был создан макетный образец устройства, удовлетворяющий заданным техническим требованиям. Так, на рис. 2 представлена зависимость угла поворота фазы сигнала от значения кода, принимаемого цифровым потенциометром. Из массива данных, полученных после серии из 100 измерений, выбирались максимальные и минимальные значения изменения фазы, а также вычислялись средние значения. На основе этих данных строилось 3 графика. Очевидно, что установка фазы происходит линейно.

Литература

1. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники. – М.: Радио и связь, 1986. – 488 с.
2. Jung W.G. Op Amp Applications Handbook. Chapter 5: Analog Filters. – Oxford: Newnes, 2005. – 878 p.
3. Harris D.M. Digital design and computer architecture. – New York: Morgan Kaufmann, 2013. – 712 p.

УДК 004.588, 519.673

И.О. Аксененко, В.В. Романенко

Разработка интерактивных компьютерных тренажеров по дисциплине «Методы оптимизации»

Предлагаются описание интерфейса и апробация инструмента для создания и воспроизведения тренажеров по дисциплине «Методы оптимизации» в виде веб-приложения. Фреймворк протестирован на примере методов дихотомии и Ньютона–Рафсона.

Ключевые слова: дистанционное обучение, интеграция модулей в Moodle, методы оптимизации, интерактивный компьютерный тренажер, сети Петри, фреймворк для разработки тренажеров.

Актуальность задачи

Основой для любого технического направления является дисциплина «Методы оптимизации». Она является очень важной частью подготовки специалистов и инженеров в области информационных технологий, математических, технических, экономических и других специальностей. Алгоритмы, которые изучает данная дисциплина, являются основным инструментом в процессе принятия решений при исследовании операций, в задачах оптимального управления и многих других областях науки и техники. Многие специалисты за неимением знаний и навыков работы с методами оптимизации, пытаются решить профессиональные проблемы исключительно на интуитивном уровне. Нередко это оборачивается значительными финансовыми, трудовыми, а в критических ситуациях и людскими потерями со стороны лица, принимающего решение. Вместе с тем большой объем теоретического материала и нетривиальность практических задач и алгоритмов, которые охватывает дисциплина «Методы оптимизации», делают её весьма сложной для понимания. Особенно это касается дистанционно обучающихся студентов. Многим не удастся в должной мере вы-

работать у себя математическое и алгоритмическое мышление, для того чтобы самостоятельно понять и изучить предлагаемую информацию.

Развитие информационных технологий дает возможность совершенствовать дистанционный процесс обучения. Так, перспективным на сегодняшний момент стало создание виртуальных лабораторных работ и интеллектуальных обучающих тренажеров (ИОТ). Интерактивные компьютерные тренажеры позволяют упростить процесс обучения и повысить уровень успеваемости студентов.

Активно стали использоваться интернет-технологии в процессе создания и эксплуатации программного обеспечения. Интернет-технологии позволяют получить доступ к запрашиваемому ресурсу из любой точки мира за считанные секунды. Достаточно открыть браузер и перейти по адресу URL на сайт, где расположено необходимое приложение. Такой подход не требует установки программного обеспечения непосредственно на машину пользователя и избавляет его от множества технических проблем.

В источнике [2] описано создание фреймворка для разработки интерактивных компьютерных тре-

нажеров по дисциплине «Методы оптимизации». В этой статье представлено описание интерфейса этого фреймворка и апробация его на примере метода дихотомии и Ньютона–Рафсона.

Описание интерфейса и апробация фреймворка

Рассмотрим метод деления отрезка пополам (метод дихотомии), блок-схема которого представлена на рис. 1.

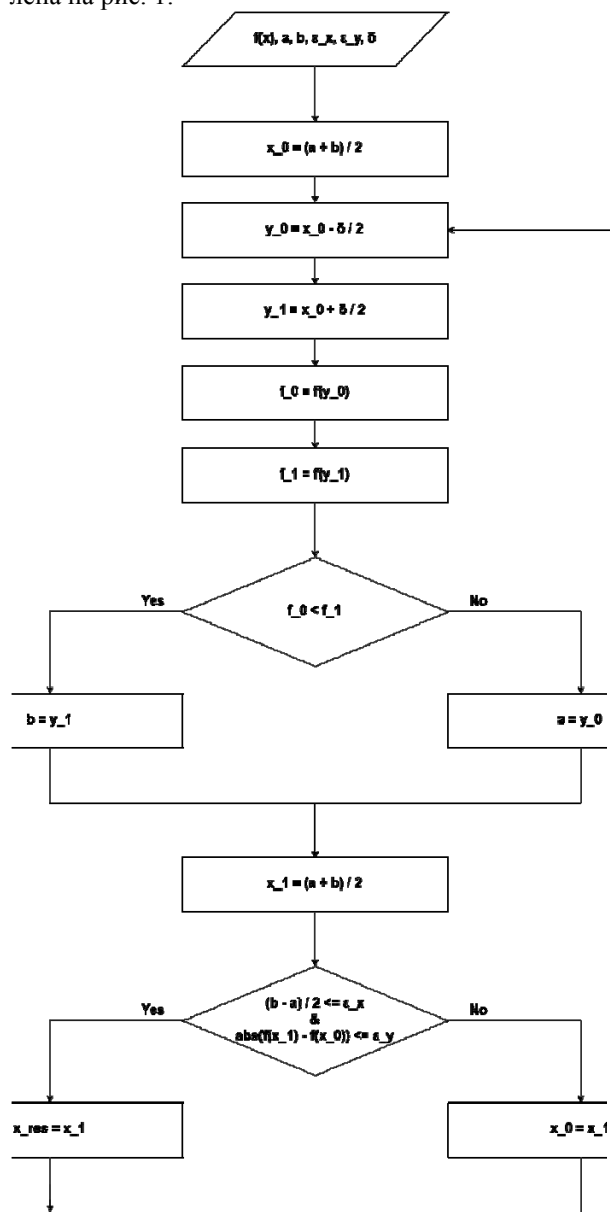


Рис. 1. Блок-схема метода дихотомии

Этот алгоритм можно смоделировать с помощью сети Петри [1], представленной на рис. 2.

Структура тренажера для метода дихотомии описывается XML-файлом, содержимое которого представлено на рис. 3. В источнике [2] описано подробное описание тегов входного XML-файла.

Создав XML-файл, представленный на рис. 3, и, поместив его в директорию Simulator_optimization_methods/doc/methods, пользователь, при загрузке приложения, увидит написанный метод в списке доступных методов фреймворка.

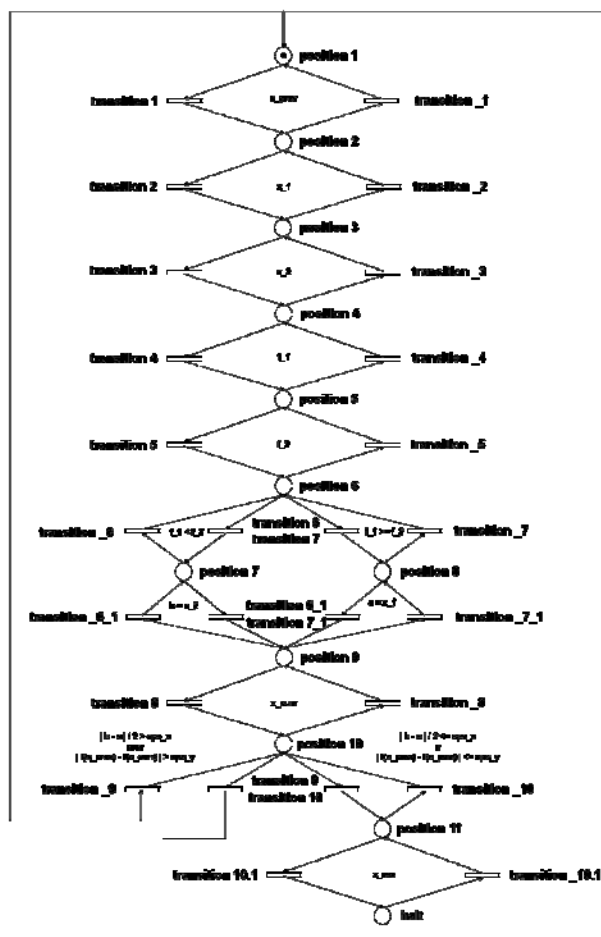


Рис. 2. Сеть Петри для метода дихотомии

```

<method name="Метод дихотомии">
  <parameters absolute_error="1E-4" relative_error="1E-5">
    <parameter name="f(x)" types="input/function" name_ctrl_elem="select"
      style_ctrl_elem="width: 106px;" value_ctrl_elem="sin(x)" draw="true">
      <information>Функция</information>
      <formul value="(2 * x^2 - 34 * x + 34) * exp(x-34)"/>
      <formul value="x^4"/>
      <formul value="sin(x)"/>
      <formul value="cos(x)"/>
      <graph function="f(x)=value" width="450" height="350" left_border="a"
        right_border="b" up_border="1" bottom_border="-1"
        count_split_points="100" style="solid" color="green" types="general"/>
    </parameter>
    <parameter name="a" types="input/calculate" name_ctrl_elem="input"
      type_ctrl_elem="text" style_ctrl_elem="width: 100px;"
      value_ctrl_elem="PI" error="absolute" draw="true"></parameter>
    <parameter name="b" types="input/calculate" name_ctrl_elem="input"
      type_ctrl_elem="text" style_ctrl_elem="width: 100px;"
      value_ctrl_elem="PI/2" error="absolute" draw="true"></parameter>
  </parameters>
  <positions>
    <position id="1" chips="1"/>
    <position id="2" chips="0"/>
    ...
    <position id="halt" chips="0"/>
  </positions>
  <transitions>
    <transition id="1" in="1" out="2" index_parameter="6"/>
    <transition id="2" in="2" out="3" index_parameter="7"/>
    ...
    <transition id="10.1" in="11" out="halt" index_parameter="16"/>
    <transition id="_1" in="2" out="1" index_parameter="6"/>
    <transition id="_2" in="3" out="2" index_parameter="7"/>
    ...
    <transition id="_10.1" in="halt" out="11" index_parameter="16"/>
  </transitions>
</method>

```

Рис. 3. Структура XML-файла для метода дихотомии

При загрузке приложения перед пользователем появляется форма, представленная на рис. 4. Здесь пользователь выбирает необходимый режим работы тренажера и метод оптимизации, необходимый для изучения.

Рис. 4. Форма установок тренажера

После заполнения формы, изображенной на рис. 4, необходимо нажать кнопку «Далее», после чего загрузится форма для ввода параметров выбранного метода (рис. 5). Здесь пользователь может ввести любые допустимые исходные данные для заданного метода оптимизации и приступить к процессу решения, нажав кнопку «Далее».

Рис. 5. Форма ввода начальных параметров

После запуска тренажера загрузится основная форма тренажера, на которой происходят вычисления. Форма определяет три области: «Алгоритм», «Аргументы» и «Графическая интерпретация».

В области «Алгоритм» отображено дерево данного метода оптимизации. Текущий шаг здесь обозначен выделением (указателем). Указатель перемещается по дереву в процессе вычисления.

В области «Аргументы» перечислены все вычисляемые аргументы данного метода оптимизации. В режиме демонстрации значения этих аргументов вычисляются автоматически и отображаются в соответствующих полях. В этом режиме поля для ввода недоступны. В режиме обучения и проверки становится доступно для ввода только то поле, аргумент которого необходимо вычислить на данном шаге. В режиме обучения поля необходимо заполнять поль-

зователю самостоятельно, но в случае, если пользователь испытывает затруднения, он может воспользоваться подсказкой и нужное поле заполнится автоматически. В режиме проверки подсказкой пользователь воспользоваться не сможет.

В области «Графическая интерпретация» отображены график целевой функции и необходимые параметры алгоритма. При изменении этих параметров в процессе вычислений, на графике автоматически происходят изменения. Этот процесс наглядно демонстрирует приближение к точке экстремума.

Управление представлено пятью кнопками: «На начало», «Далее», «Назад», «В конец», «Подсказка» с помощью которых осуществляется управление процессом решения. Назначение каждого элемента управления напрямую вытекает из соответствующего названия и должно быть интуитивно понятно пользователю.

Блок-схему, сеть Петри и вычисления для метода Ньютона-Рафсона интересующийся читать может посмотреть соответственно в приложениях Г, Д и З источника [2].

Достоинства и недостатки разработанного приложения

Разработанный инструмент обладает существенными преимуществами перед его аналогами. Основное преимущество разработанного инструмента – это его универсальность. Под универсальностью здесь понимается то, что разработанный инструмент является фреймворком, который способен создавать и воспроизводить любые тренажеры по дисциплине «Методы оптимизации». Такие тренажеры описываются простым и интуитивно понятным языком разметки XML. Это позволяет любому человеку, который не знаком с языками программирования, с легкостью создать и добавить новый тренажер в разработанный продукт.

В остальном разработанный инструмент повторяет функциональность локального ИКТ по «Методам оптимизации», разработанного на кафедре АСУ ТУСУРа [3]. Отличием от этого ИКТ является то, что инструмент разработан для использования в сети Internet, что дает массу преимуществ, среди которых можно выделить:

- 1) кроссплатформенность;
- 2) легкий доступ к ресурсу;
- 3) нет необходимости устанавливать приложение на рабочую станцию пользователя.

Кроме того, к достоинствам разработанного инструмента можно добавить следующее:

- 1) ввод любых допустимых исходных данных в аналитическом виде;
- 2) наличие компоненты графической интерпретации работы алгоритма;
- 3) три режима работы тренажера;
- 4) настраиваемый интерфейс пользователя;
- 5) вычисления сопровождаются графическим отображением функций и процесса приближения к решению.

К недостаткам разработанного инструмента можно отнести основные недостатки интернет-приложений:

1) интернет-приложение работает медленнее, чем такое же локальное приложение. Это обусловлено спецификой языков веб-программирования;

2) интернет-приложение невозможно использовать без подключения к сети Internet.

Литература

1. Калайда В.Т. Теория вычислительных процессов: метод. пособие для студентов специальности 230105

«Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем». – М., 2012. – 135 с.

2. Аксененко И.О. Обучающий тренажер по дисциплине «Методы оптимизации». – Томск, 2016. – 101 с. – Деп. В ТУСУР 20.06.2016, № 107005.

3. Мицель А.А. Мультимедийный электронный учебник «Вычислительная математика» / А.А. Мицель, В.В. Романенко, В.В. Клыков // Открытое образование. – 2003. – № 1. – С. 47–51.

УДК 004.94

В.М. Дмитриев, С.А. Панов, С.С. Алексеенко

Алгоритм и система поддержки автоматизированного эксперимента в рамках среды многоуровневого компьютерного моделирования

Описана система поддержки автоматизированных экспериментов, приводится архитектура многоуровневой компьютерной модели и описание шагов алгоритма автоматизированного эксперимента.

Ключевые слова: моделирование, автоматизация, компьютерное моделирование, автоматизированный эксперимент, метод компонентных цепей, система моделирования.

Начальным этапом разработки какой-либо сложной технической управляемой системы (СТУС) является этап её функционального проектирования. На данном этапе строится облик будущей системы. Функциональное проектирование основано на таком методе, как компьютерное моделирование. Данный метод позволяет строить и анализировать модели СТУС путем автоматизированных экспериментов [1]. Современные системы компьютерного моделирования обладают обширными функциональными возможностями. Главный недостаток данных систем заключается в отсутствии таких возможностей, как:

1) автоматическая параметризация многоуровневых компьютерных моделей (МКМ) СТУС с помощью данных, получаемых с реальных устройств и систем (например, с датчиков) посредством соединения по шине USB или RS232, а также дистанционная параметризация, осуществляемая посредством глобальной сети Интернет [2–5];

2) оперативная визуализация получаемых результатов экспериментов [6];

3) интерактивное документирование результатов анализа МКМ СТУС [7].

Разработка и внедрение системы, лишённой данных недостатков, позволит существенно повысить скорость и эффективность процесса компьютерного моделирования СТУС.

Метод многоуровневого компьютерного моделирования (метод МКМ)

На кафедре моделирования и системного анализа Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) разработана среда MAPC, основанная на методе многоуровневого компьютерного моделирования. Метод МКМ

позволяет представить многоуровневую компьютерную модель СТУС на трёх взаимосвязанных уровнях: визуальном, логическом и объектном (рис. 1).

На *визуальном уровне* формируется панель визуализации и интерактивного управления, содержащая различные органы управления СТУС (кнопки, регуляторы и т.д.) и графические средства отображения результатов работы СТУС (индикаторы, графики, осциллограммы и т.д.) [6].

На *логическом уровне* формируется функциональная модель алгоритма проведения автоматизированного эксперимента.

На *объектном уровне* формируется модель реальной СТУС (имитационная или математическая), а в некоторых случаях – средства связи с реальной СТУС [1].

Алгоритм автоматизированного эксперимента

Алгоритм автоматизированного эксперимента над МКМ СТУС может быть представлен в виде следующей последовательности действий (шагов) (рис. 2).

Шаг 1. Формирование задания на моделирование. Ставится задача, которая должна быть достигнута в процессе моделирования, а также условия достижения результатов моделирования.

Шаг 2. Предварительная параметризация МКМ СТУС. Выполняется первоначальная параметризация компонентов МКМ СТУС при помощи данных, получаемых из баз данных, ГИС и других систем.

Шаг 3. Проверка на адекватность. Выполняется проверка модели на соответствие с реальной СТУС.