МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В СРЕДЕ LABVIEW
4 ЧАСТЬ

Рекомендовано редакционно-издательским советом
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования «Самарский государственный
аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)»
в качестве методических указаний

Самара
Издательство СГАУ
2014

УДК 621.321

Составитель *А.Н. Муравьев*

Рецензент канд. техн. наук, доц. И. В. Лофицкий

Технология разработки виртуальных приборов в среде LabView. 4 часть: метод. указания / сост. *А.Н. Муравьев*. – Самара: Изд-во СГАУ, 2014. – 16 с.

Изложена методика создания виртуальных приборов в пакете LabView для реализации методов аппроксимации, интерполяции и регрессионного анализа данных.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности 201000 «Биотехнические системы и технологии» и выполняющих лабораторные работы по дисциплине «Системы автоматического проектирования радиоэлектронных медицинских аппаратов». Разработаны на кафедре радиотехники.

1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

При решении задач, связанных со вторичной обработкой данных эксперимента, обычно требуется решение задач аппроксимации, интерполяции и регрессионного анализа.

Эти задачи успешно решаются при помощи мощных инструментов пакета LabView. Для понимания методики создания виртуальных приборов этого класса необходимо разобраться в принципах регрессионного анализа.

Регрессионный анализ – метод моделирования измеряемых данных и исследования их свойств. Данные состоят из пар значений **зависимой переменной** (переменной отклика) и **независимой переменной** (объясняющей переменной). Регрессионная модель есть функция независимой переменной и параметров с добавленной случайной переменной. Параметры модели настраиваются таким образом, что модель наилучшим образом приближает данные. Критерием качества приближения (целевой функцией) обычно является среднеквадратичная ошибка: сумма квадратов разности значений модели и зависимой переменной для всех значений независимой переменной в качестве аргумента.

Регрессионный анализ – раздел математической статистики и машинного обучения. Предполагается, что зависимая переменная есть сумма значений некоторой модели и случайной величины. Относительно характера распределения этой величины делаются предположения, называемые гипотезой порождения данных. Для подтверждения или опровержения этой гипотезы выполняются статистические тесты, называемые анализом остатков. При этом предполагается, что независимая переменная не содержит ошибок. Регрессионный анализ используется для прогноза, анализа временных рядов, тестирования гипотез и выявления скрытых взаимосвязей в данных.

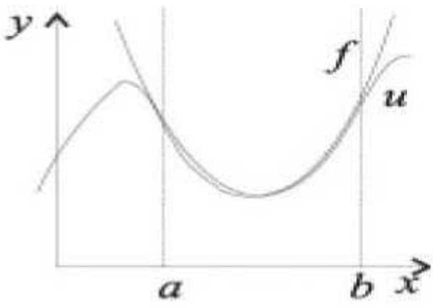
Между терминами "приближение функций", "аппроксимация", "интерполяция" и "регрессия" существует различие.

Приближение функций

Дана функция ***u*** дискретного или непрерывного аргумента. Требуется найти функцию ***f*** из некоторого параметрическую семейства, например, среди алгебраических полиномов заданной степени. Параметры функции *f* должны доставлять минимум некоторому функционалу, например,

$$\rho(u,f)=\left(\frac{1}{b-a}\int_a^b |f(x)-g(x)|^2 dx\right)^{\frac{1}{2}}.$$

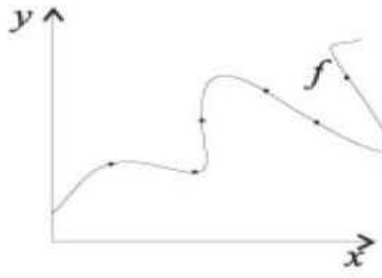
Термин *аппроксимация* – синоним термина "приближение функций". Чаще используется тогда, когда речь идет о заданной функции как о функции дискретного аргумента. Здесь также требуется отыскать такую функцию f, которая проходит наиболее близко ко всем точкам заданной функции. При этом вводится понятие *невязки* – расстояния между точками непрерывной функции f и соответствующими точками функции u дискретного аргумента.



Аппроксимация функций: непрерывная функция приближает непрерывную или дискретную функцию u

Интерполяция функций

Интерполяция функций – частный случай задачи приближения, когда требуется, чтобы в определенных точках, называемых *узлами интерполяции,* совпадали значения функции u и приближающей ее функции u. В более общем случае накладываются ограничения на значения некоторых производных функции f. То есть дана функция u дискретного аргумента. Требуется отыскать такую функцию f, которая проходит через все точки u. При этом метрика обычно не используется, однако часто вводится понятие "гладкости" искомой функции.



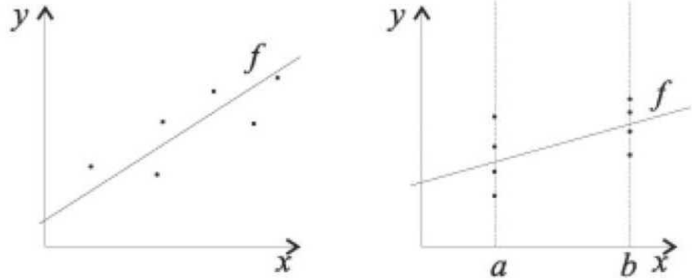
Интерполяция: функция f задана значениями узловых точек

Регрессия и классификация тесно связаны друг с другом. Термин *алгоритм* в классификации мог бы стать синонимом термина *модель* в регрессии, если бы алгоритм не оперировал с дискретным множеством ответов-классов, а модель – с непрерывно-определенной свободной переменной.

Определение регрессионного анализа

Выборка может быть не функцией, а отношением. Например, данные для построения регрессии могут быть такими:

$$\{(0,0),(0,1),(0,2),(1,1),(1,2),(1,3)\}$$



В такой выборке одному значению переменной x соответствует несколько значений переменной y.

Регрессия — зависимость математического ожидания (например, среднего значения) случайной величины от одной или нескольких других случайных величин (свободных переменных), то есть

$$\mathbb{E}(y|x) = f(x).$$

Регрессионным анализом называется поиск такой функции f, которая описывает эту зависимость. Регрессия может быть представлена в виде суммы неслучайной и случайной составляющих:

$$y = f(x) + \nu,$$

где f – функция регрессионной зависимости, а ν – аддитивная случайная величина с нулевым матожиданием. Предположение о характере распределения этой величины называется гипотезой порождения данных. Обычно предполагается, что величина ν имеет гауссовское распределение с нулевым средним и дисперсией σ_ν^2.

Задача нахождения регрессионной модели нескольких свободных переменных ставится следующим образом. Задана выборка – множество $\{x_1,\dots,x_N | x \in \mathbb{R}^M\}$ значений свободных переменных и множество $\{y_1,\dots,y_N | y \in \mathbb{R}\}$ соответствующих им значений зависимой переменной. Эти множества обозначаются как D, множество исходных данных $\{(x,y)_i\}$. Задана регрессионная модель — параметрическое семейство функций $f(w,x)$, зависящее от параметров $w \in \mathbb{R}$ и свободных переменных x. Требуется найти наиболее вероятные параметры $\overline{w}$:

$$\overline{w} = \arg\max_{w \in \mathbb{R}^W} p(y|x,w,f) = p(D|w,f).$$

Функция вероятности p зависит от гипотезы порождения данных и задается Байесовским выводом или методом наибольшего правдоподобия.

Линейная регрессия

Линейная регрессия предполагает, что функция f зависит от параметров w линейно. При этом линейная зависимость от свободной переменной x необязательна,

$$y = f(w,x)+\nu = \sum_{j=1}^{N} w_j g_j(x)+\nu.$$

В случае, когда функция $g \equiv \mathrm{id}$, линейная регрессия имеет вид

$$y = \sum_{j=1}^{N} w_j x_j + \nu = \langle w,x \rangle + \nu,$$

здесь x_j — компоненты вектора x.

Значения параметров в случае линейной регрессии находят с помощью метода наименьших квадратов. Использование этого метода обосновано предположением о гауссовском распределении случайной переменной.

Разности $y_i - f(x_i)$ между фактическими значениями зависимой переменной и восстановленными называются **регрессионными остатками** (residuals). В литературе используются также синонимы: *невязки* и *ошибки*. Одной из важных оценок критерия качества полученной зависимости является сумма квадратов остатков:

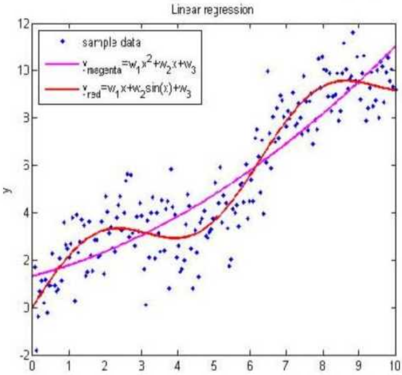
$$SSE = \| f(x_i) - y_i \|_2 = \sum_{i=1}^{N} (y_i - f(w,x_i))^2.$$

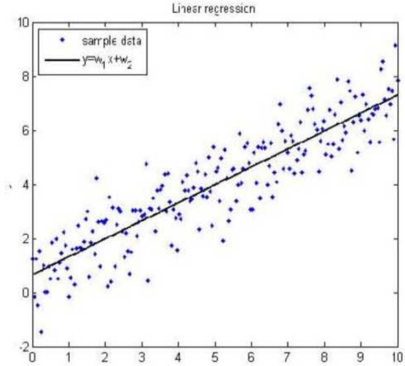
Здесь *SSE* — Sum of Squared Errors.

Дисперсия остатков вычисляется по формуле

$$\bar{\sigma}_\nu^2 = \frac{SSE}{N-2} = MSE.$$

Здесь *MSE* — Mean Square Error, среднеквадратичная ошибка.





На графиках представлены выборки, обозначенные точками, и регрессионные зависимости, обозначенные сплошными линиями. По оси абсцисс отложена свободная переменная, а по оси ординат – зависимая. Все три зависимости линейны относительно параметров.

Нелинейная регрессия

Нелинейные регрессионные модели – модели вида

$$y = f(w,x)+\nu,$$

которые не могут быть представлены в виде скалярного произведения

$$f(w,x) = (w,g(x)) = \sum_{i=1}^{n} w_i g_i(x),$$

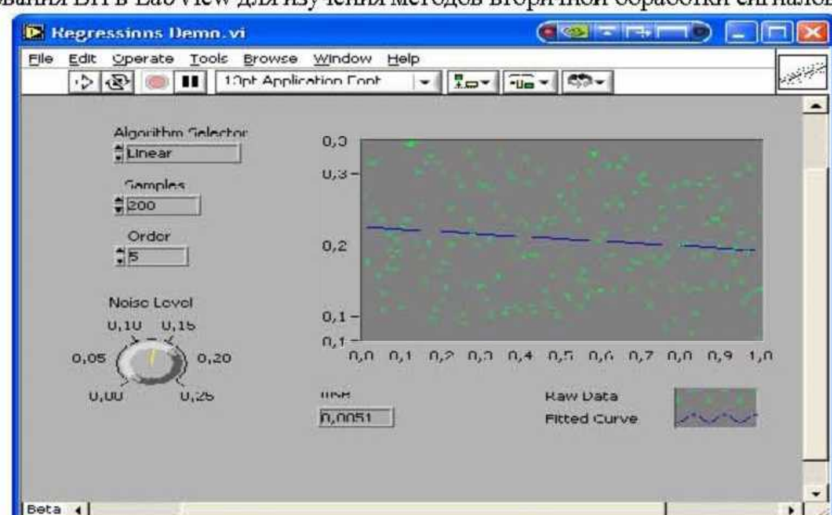
где $w = [w_1, \ldots, w_n]$ – параметры регрессионной модели, x – свободная переменная из пространства $\mathbb{R}^n$, y – зависимая переменная, ν – случайная величина и $g = [g_1, \ldots, g_n]$ – функция из некоторого заданного множества.

Значения параметров в случае нелинейной регрессии находят с помощью одного из методов градиентного спуска, например алгоритма Левенберга-Марквардта.

В следующем упражнении рассматривается реализация различных методов регрессии в пакете LabView.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В следующих упражнениях предлагается изучить технику программирования ВП в LabView для изучения методов вторичной обработки сигналов.



Упражнение 14. Использование регрессионного анализа и интерполяции экспериментальных данных.

Ваша цель – использовать и сравнить линейную, экспоненциальную и полиномиальную подгонку, чтобы получить наименьшее отклонение от экспериментальных точек.

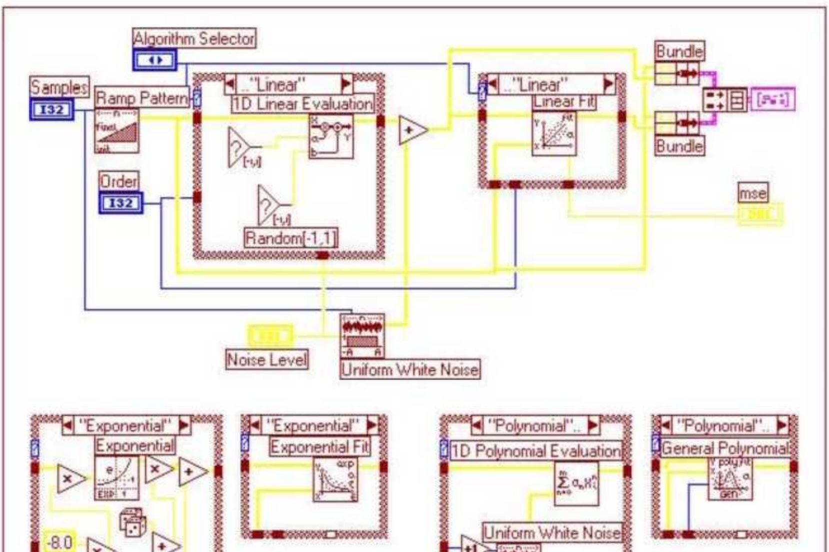
Передняя панель

1. Откройте **Regressions Demo.VI** из рабочего каталога (уточнить у преподавателя)/ Передняя панель и блок-схема уже сформированы, вам необходимо изучить этот VI и провести эксперимент.

Блок-схема

2. Изучите блок-схему:

Для изучения посмотрите описание виртуальных приборов, отдельных элементов блок-схемы и их терминалов в справочной системе **LabView** (**ПКМ >> Help**), или в свойствах виртуальных приборов, представленных как подсхема (**subVI**), используя **ПКМ >> VI Properties >> Documentations…** (подробнее см. упражнение 2. Документирование VI.).



Новыми для вас являются следующие элементы:

Примечание: пути к библиотекам могут не совпадать с указанными ниже.

A.  **Ramp Pattern.vi** из библиотеки **C:\...\LabVIEW\Vi.lib\Analisis\1siggen.llb** - эта функция генерирует массив, содержащий образец наклона.

B.  **General Polynomial Fit.vi** из библиотеки **C:\...\LabVIEW\Vi.lib\Analisis\1siggen.llb** - эта функция находит параметры полинома и полиномиальные коэффициенты, которые описывают полиномиальную кривую, лучше всего подходящую к представлению входных данных.

C.  **Exponential Fit.vi** из библиотеки **C:\...\LabVIEW\Vi.lib\Analisis\6fits.llb** - эта функция находит параметры экспоненты и экспоненциальные коэффициенты (амплитуду и затухание), которые описывают экспоненциальную кривую, лучше всего подходящую к представлению входных данных.

D.  **Linear Fit.vi** из библиотеки **C:\...\LabVIEW\Vi.lib\Analisis\1siggen.llb** - эта функция находит линейные параметры и линейные коэффициенты (наклон и сдвиг по оси Y), которые описывают прямую, лучше всего подходящую к представлению входных данных.

E.  **Exponential** из палитры **Functions>>Numeric>>Logarithmic** - эта функция вычисляет экспоненту от входного значения.

F.  **1D Linear Evaluation.vi** из библиотеки **C:\...\LabVIEW\Vi.lib\Analisis\1siggen.llb** - эта функция выполняет линейную оценку входного массива.

G.  **Random[-1,1].vi** из библиотеки **C:\...\LabVIEW\Vi.lib\Analisis\1siggen.llb** - эта функция предназначена специально для этого VI.

Н.  **1D Polynomial Evaluation.vi** из библиотеки **C:\...\Lab VIEW\Vi.lib\Analisis\lsiggen.llb** - эта функция выполняет полиномиальную оценку входного массива.

Более подробно ознакомиться с назначением этих элементов вы можете, выбрав Help>>Show Help или нажав клавиши Ctrl+H и наведя мышку на соответствующий элемент.

Выполнение эксперимента

1.Выберите **“Linear”** в Algorithm Selector (Выбор Алгоритма) и установите **Noise Level** (Уровень Шума) приблизительно равным 0.1. Выполните VI.

2. Поэкспериментируйте с различными значениями **Order** (Порядок) и уровня шума. Как изменяется **mse** (среднее квадратичное отклонение)?

3. Измените **Algorithm Selector** на **Exponential** и выполните VI. Поэкспериментируйте с различными значениями порядка и уровня шума.

4. Измените **Algorithm Selector** на **Polynomial** и выполните VI. Поэкспериментируйте с различными значениями порядка и уровня шума.

5. При полиномиальном **Algorithm Selector** измените порядок на 0 и выполните VI. Затем измените его на 1 и выполните VI. Объясните ваши наблюдения.

6. В зависимости от ваших наблюдений для каждого из алгоритмов (линейный, экспоненциальный, полиномиальный) ответьте, в каком из них влияние порядка наиболее эффективно? Почему?

7. Закройте VI, не сохраняя изменения.

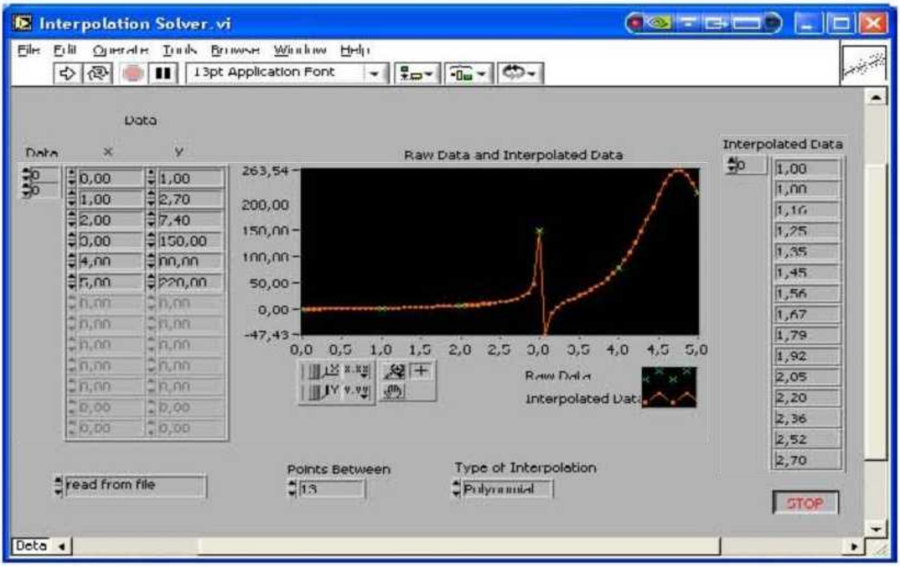
Упражнение 15. Интерполяция данных

Откройте для изучения VI **Interpolation Solver.vi** из рабочего каталога (уточнить у преподавателя). На его лицевой панели расположены:

- зона для ввода исходных данных в табличном виде **Data**;
- зона обработанных данных **Interpolated Data**;
- графический дисплей для отображения входных **Raw Data** и выходных **Interpolated Data данных**;
- селектор режимов: **data entry** (ввод исходных данных), **write to file** (запись исходных данных на диск), **read from file** (чтение исходных данных с диска);
- селектор выбора количества точек интерполяции между входными отсчетами (**points between**);
- селектор выбора типа интерполяции (**Type of Interpolation**): **Linear** – линейная, **Rational** – при помощи дробно-рациональной функции, **Spline** – бикубическая интерполяция сплайнами, **Polinomial** – интерполяция степенной функцией;
- кнопка остановки работы VI (**Stop**).

Рассмотрите блок-схему. Используя справочную систему (см. предыдущее упражнение), изучите самостоятельно назначение и функции следующих элементов схемы:

1. **Index Array**
2. **Interpolate 1D Array**
3. **Polynomial Interpolation**
4. **Spline Interpolation**
5. **Rational Interpolation**



Выполнение эксперимента.

1. Установите режим **data entry** (ввод исходных данных), количество точек (**points between**) 10, тип интерполяции (**Type of Interpolation**): **Linear** – линейная. Запустите VI.

2. Изменяйте тип интерполяции и наблюдайте результат. Какой тип интерполяции работает лучше? Остановите VI.

3. Измените количество точек. Запустите VI. Изменяйте тип интерполяции и наблюдайте результат. Какой тип интерполяции работает лучше? Остановите VI.

4. Введите произвольные данные в таблицу **X-Y**. Повторите п.2.

5. Исследуйте качество интерполяции на сигналах определенной формы. Например, сформируйте сигнал прямоугольной формы, сигнал треугольной формы и повторите п.2. Сделайте вывод о том, какой вид интерполяции лучше подходит для сигналов определенной формы.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для каких целей используются инструменты регрессионного анализа пакета LabView?
2. В чем заключается задача регрессионного анализа?
3. Как реализуется линейная регрессия инструментами пакета LabView?
4. Как реализуется экспоненциальная регрессия инструментами пакета LabView?
5. Как реализуется полиномиальная регрессия инструментами пакета LabView?
6. Объясните назначение элементов блок-схемы ВП из упражнения 14.
7. В чем заключается задача интерполяции данных?
8. Как реализуется интерполяция данных инструментами пакета LabView?
9. Объясните назначение элементов блок-схемы ВП из упражнения 15.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Разработать виртуальный прибор, который позволяет по выбору с лицевой панели вводить данные эксперимента и проводить линейную регрессию. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 14.
2. Разработать виртуальный прибор, который позволяет по выбору с лицевой панели вводить данные эксперимента и проводить экспоненциальную регрессию. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 14.
3. Разработать виртуальный прибор, который позволяет по выбору с лицевой панели вводить данные эксперимента и проводить полиномиальную регрессию. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 14.
4. Разработать виртуальный прибор, который позволяет вводить данные эксперимента из текстового файла и проводить экспоненциальную регрессию. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 14.
5. Разработать виртуальный прибор, который позволяет по выбору с лицевой панели вводить данные эксперимента и проводить линейную интерполяцию. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 15.
6. Разработать виртуальный прибор, который позволяет по выбору с лицевой панели вводить данные эксперимента и проводить интерполяцию сплайнами. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 15.
7. Разработать виртуальный прибор, который позволяет по выбору с лицевой панели вводить данные эксперимента и проводить интерполяцию

дробно-рациональной функцией и записывать результат в текстовый файл. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 15.

8. Разработать виртуальный прибор, который позволяет по выбору с лицевой панели вводить данные эксперимента и проводить линейную регрессию и записывать результат в текстовый файл. За основу взять виртуальный прибор из упражнения 15.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евдокимов, Ю.К. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора [Текст]: практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW / Ю.К. Евдокимов, В.Р. Линдваль, Г.И. Щербаков. –М.: ДМК-Пресс, 2007.

2. Жарков, Ф.П. Использование виртуальных инструментов LabView [Текст]/ Ф.П. Жарков, В.В. Каратаев, В.Ф. Никифоров. – М.: Радио и связь, 1999. – 268 с.

3. Тревис, Дж. LabVIEW для всех [Текст] / Джеффри Тревис; пер. с англ. Н.А. Клушин. – М.: ДМК -Пресс; ПриборКомплект, 2005. – 544 с.

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В СРЕДЕ LABVIEW
4 ЧАСТЬ

Методические указания

Составитель *Муравьев Александр Николаевич*

Редакторская обработка Т.К. Кретинина
Доверстка Т.Е. Половнева

Подписано в печать 21.04.2014. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 1,25.
Тираж 50 экз. Заказ . Арт. 54/2014.

Самарский государственный аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.