

Probe Microscopy Application to Size Control and Analysis of Nanoparticle Dispersion

The application of scanning probe microscopy to study of the water concentrate of nanodiamonds is described. Descriptions of methods and sample preparation, as well as relevant research results are presented. The problems of automatic segmentation of images in accordance with the profilogram curvature to analyze the dispersion of the nanoparticles are considered.

Key words: probe microscopy, nanoparticles, dispersion control, segmentation of images.

УДК 621.7-51

С. А. Кожевников, аспирант, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул
А. Г. Якунин, доктор технических наук, профессор, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, Барнаул

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКОМАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ, ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Статья посвящена совершенствованию человеко-машинных интерфейсов. Предлагается методика оптимизации алгоритмов выполнения управляющих операций в мобильных и выносных модулях приборов контроля, информационно-измерительных и управляющих системах на примере задания уставок.

Ключевые слова: человеко-машинный интерфейс, приборы контроля, информационно-измерительные и управляющие системы.

Важными требованиями к человеко-машинному интерфейсу приборов контроля, информационно-измерительных и управляющих систем (например, различных мобильных и выносных модулей) являются минимизация времени выполнения управляющих воздействий (например, операции задания уставок) при одновременной минимизации затрат на техническую реализацию интерфейса. При этом для одних систем наибольшее значение имеет минимизация времени выполнения таких воздействий, а для других – минимизация количества управляющих элементов системы и/или их стоимости [1].

Цель настоящей работы – разработать методику, позволяющую оптимизировать алгоритм выполнения определенных управляющих операций (например, задания уставок) в мобильных и выносных модулях приборов контроля, информационно-измерительных и управляющих системах.

Суть предлагаемой методики заключается в том, что изучаемый функциональный блок (подсистема) заменяется адекватной имитационной моделью, описывающей реальную подсистему, и с ней проводятся эксперименты на компьютере с целью получения информации об этой подсистеме, анализа и оценки функционирования подсистемы.

Рассмотрим суть предлагаемой методики на примере исследования программно-технических реализаций (интерфейсов) задания уставок контролируемых параметров для модулей SCADA-систем. Будем считать, что в данном случае задача задания уставки сводится к выставлению на n -разрядном цифровом дисплее некоторого заданного числа с помощью ограниченного набора управляющих органов (ручек, кнопок, джойстиков и пр.).

При использовании алгоритмов, заключающихся в осуществлении последовательного выбора разрядов цифрового дисплея и изменении значения выбранного разряда, возможны следующие виды ошибок.

1. При перемещении курсора случайно пропущен нужный разряд.
2. При изменении значения в разряде случайно пропущено нужное значение.
3. Ошибочный выбор действия перемещения курсора (перемещение курсора в противоположном направлении или перемещение курсора вместо изменения значения разряда).
4. Ошибочный выбор действия изменения значения разряда (изменение значения в противоположном направлении или изменение значения разряда вместо перемещения курсора).

Для описания в модели действий оператора было предложено ограничиться следующими параметрами.

1. Время выбора действия – время, которое необходимо оператору на обдумывание следующего действия.
2. Минимальное время, в течение которого может быть кратковременно нажата кнопка.
3. Время задержки отпускания удерживаемой кнопки после установки нужного значения в разряде (время реакции). После того как нужное значение в разряде будет установлено, проходит интервал времени, пока оператор отреагирует и отпустит кнопку.
4. Вероятность P_1 ошибки первого вида.
5. Вероятность P_2 ошибки второго вида.
6. Вероятность P_3 ошибки третьего вида.
7. Вероятность P_4 ошибки четвертого вида.

Для реализации методики было разработано специализированное ПО для моделирования процесса задания уставок, состоящее из трех типов программ.

1-й тип. Программы-симуляторы. В таких программах реализуется некоторый алгоритм задания уставок. В каждую из программ включена подсистема, работающая по принципу KeyLogger и создающая логи, фиксирующие временную последовательность выполняемых оператором управляющих действий.

2-й тип. Анализатор логов, который позволяет анализировать логи, записанные программами-симуляторами. Экранная форма программы представлена на рис. 1. Суть анализа логов состоит в определении интервала значений параметров, характеризующих свойства операторов, путем вычисления их среднего значения и стандартного отклонения, а также для нахождения вероятностей ошибок всех четырех видов.

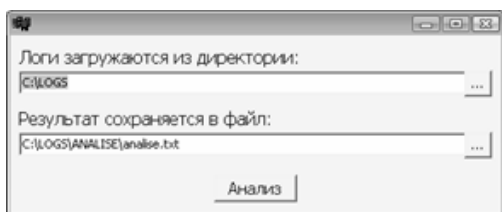


Рис. 1. Экранная форма программы для анализа логов

3-й тип. Программа моделирования алгоритмов, позволяющая моделировать процесс задания уставок по различным алгоритмам с различными значениями параметров. При моделировании используются данные, полученные анализатором логов. В качестве значений параметров, характеризующих свойства оператора, при моделировании используется случайная величина из интервала значений соответствующего параметра. Экранная форма представлена на рис. 2.

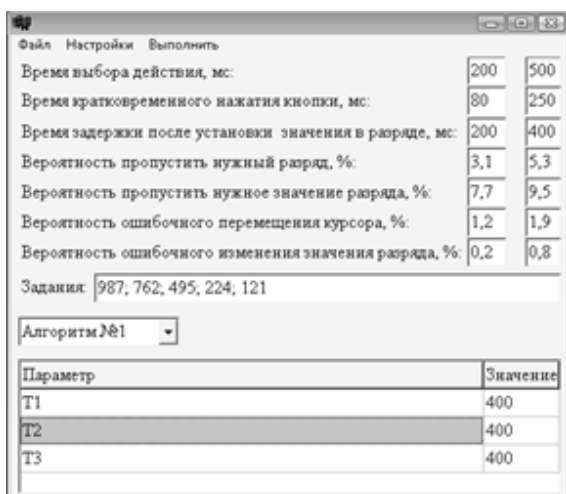


Рис. 2. Экранная форма программы для моделирования процесса задания уставки

Для исследования были выбраны следующие наиболее распространенные способы задания уставок, отличающиеся используемым алгоритмом.

1. Способ задания уставок, заключающийся в осуществлении последовательного выбора разрядов цифрового дисплея и изменении значения выбранного разряда. Для индикации выбранного для изменения разряда цифрового дисплея выбранный разряд выделяют курсором (мигающая цифра). Экранная форма программы-симулятора, реализующей данный способ, представлена на рис. 3. Две кнопки предназначены для выбора разряда цифрового дисплея; две другие кнопки – соответственно, для увеличения и уменьшения значения выбранного разряда цифрового дисплея на единицу.

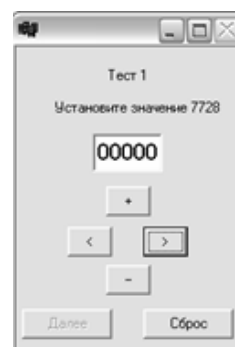


Рис. 3. Экранная форма программы-симулятора процесса задания уставок по алгоритму № 1

2. Экранная форма программы-симулятора для второго способа задания уставок представлена на рис. 4. Здесь две кнопки предназначены для выбора разряда цифрового дисплея; третья кнопка предназначена для увеличения значения выбранного разряда на единицу.

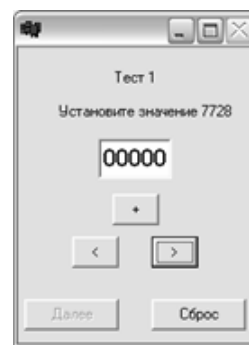


Рис. 4. Экранная форма программы-симулятора процесса задания уставок по алгоритму № 2

3. Для реализации этого алгоритма используются две кнопки. Первая кнопка предназначена для перемещения курсора на один разряд влево относительно выбранного разряда – в сторону старших разрядов с переходом после последнего разряда на младший разряд. Каждым нажатием второй кнопки значение выбранного разряда увеличивают на единицу в цикле от 0 до 9.

4. Экранная форма программы-симулятора, реализующей четвертый способ задания уставок, представлена на рис. 5. При кратковременном нажатии первой кнопки продолжительностью $T1$ мс курсор

перемещают на один разряд влево относительно выбранного разряда. А при удержании данной кнопки продолжительностью более $T2$ мс значение выбранного разряда через каждые $T3$ мс увеличивают на единицу в цикле от 0 до 9 и далее по кругу.



Рис. 5. Экранная форма программы-симулятора процесса задания уставок по алгоритму № 4

При кратковременном нажатии второй кнопки продолжительностью $T1$ мс курсор перемещают на один разряд вправо. А при удержании кнопки продолжительностью более $T2$ мс значение выбранного разряда через каждые $T3$ мс уменьшают на единицу. Здесь $T1$, $T2$ и $T3$ являются параметрами алгоритма.

Для нахождения параметров оператора был проведен натурный эксперимент с использованием программ-симуляторов. В этом эксперименте приняли участие десять студентов технической специальности. Каждому испытуемому предлагалось установить тридцать значений одних и тех же значений уставок (десять двухзначных, десять трехзначных и десять четырехзначных) с помощью описанных выше четырех программ-симуляторов. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели суммарного времени задания тридцати значений уставок для разных способов их задания (групп), с

Испытуемый	Способ 1	Способ 2	Способ 3	Способ 4
1	102,2	166,4	176,4	172,9
2	116,9	181,7	181,3	198,8
3	106,4	198,8	217,7	192,5
4	111,3	183,4	173,6	183,4
5	110,6	207,1	213,5	181,3
6	113,4	177,1	203,0	191,9
7	119,0	194,6	193,9	191,4
8	103,6	186,2	202,3	201,5
9	106,4	195,7	192,5	185,8
10	116,2	177,9	165,2	180,6
Суммарное значение времени по столбцу	1106,0	1868,9	1919,4	1880,1

Для выявления тенденции изменения признака (время задания уставки) при переходе от группы к группе воспользуемся S -критерием Джонкира [2].

Сформулируем гипотезы:

H_0 – тенденция возрастания значений признака при переходе от группы к группе в последовательности 1-2-4-3 является случайной.

H_1 – тенденция не является случайной.

Проведя расчеты эмпирического значения S -критерия [2], получаем: $S_{\text{эмп}} = 330$.

В соответствии с таблицей критических значений S -критерия [2], эмпирическое значение критерия, равное 330, попало в зону значимости, следовательно, мы можем опровергнуть гипотезу H_0 и принять гипотезу H_1 .

Проведенный анализ полученных в результате натурального эксперимента log-файлов программой «Анализатор логов» показал, что для модели оператора границы ее параметров лежат в следующих пределах:

- 1) время выбора действия оператором, мс (200; 500);
- 2) время перемещения курсора на 1 разряд, мс (80; 250);
- 3) время задержки после установки значения в разряде, мс (200; 400);
- 4) вероятность ошибки первого вида $P1$, % (3,1; 5,3);
- 5) вероятность ошибки второго вида $P2$, % (7,7; 9,5);
- 6) вероятность ошибки третьего вида $P3$, % (1,2; 1,9);
- 7) вероятность ошибки четвертого вида $P4$, % (0,2; 0,8).

Для проверки адекватности разработанной программы моделирования алгоритмов были проведены десять вычислительных экспериментов по установке тридцати значений уставок (по десять двухзначных, трехзначных и четырехзначных) по четырем выше-рассмотренным алгоритмам. В качестве входных данных в программе моделирования алгоритмов случайным образом выбирались значения параметров из интервалов их возможных изменений, полученных из натурального эксперимента. Результаты экспериментов численного моделирования представлены в табл. 2.

Для выявления тенденции изменения признака при переходе от группы к группе для данных, полученных в результате моделирования процесса задания уставок, также воспользуемся S -критерием Джонкира. Проведя аналогичные расчеты, получим: $S_{\text{эмп}} = 340$, откуда следует, что мы можем опровергнуть гипотезу H_0 и принять гипотезу H_1 .

Выводы

1. Анализ результатов натурального эксперимента и результатов вычислительных экспериментов на программе моделирования алгоритмов показал, что тенденция возрастания времени задания уставок при переходе от способа к способу в последовательности 1-2-4-3 не является случайной. Таким образом, разработанная программа моделирования алгоритмов задания уставок адекватна с погрешностью 15 %.

2. Анализ данных, полученных с помощью разработанного программного обеспечения, позволяет оптимизировать значения параметров алгоритмов, что приводит к увеличению их эффективности.

Согласно результатам натурального эксперимента, время реакции разных операторов на изменение значения в разряде составляет от 200 до 400 мс. Поэтому в алгоритме № 4 оптимальным периодом времени, через который происходит изменение значения выбранного разряда, является период около 400 мс. При меньшем периоде будет трудно установить

нужное значение выбранного разряда из-за большой скорости изменения значения разряда, а увеличение периода нецелесообразно, так как приводит к увеличению временных затрат на задание уставки. Все это позволяет сделать вывод, что оптимальными значениями параметров T_1 , T_2 и T_3 алгоритма № 4 являются значения 400 мс.

Таблица 2. Показатели времени задания тридцати значений, с

Испытание	Способ 1	Моделирование способа 1	Способ 2	Моделирование способа 2	Способ 3	Моделирование способа 3	Способ 4	Моделирование способа 4
1	102,2	118,1	166,4	198,7	176,4	206,3	172,9	212,2
2	116,9	127,0	181,7	202,1	181,3	245,3	198,8	206,6
3	106,4	120,2	198,8	226,7	217,7	237,6	192,5	212,4
4	111,3	133,4	183,4	213,1	173,6	217,4	183,4	223,4
5	110,6	122,9	207,1	208,8	213,5	219,5	181,3	207,3
6	113,4	141,3	177,1	209,7	203,0	204,9	191,9	221,5
7	119,0	123,8	194,6	212,8	193,9	211,1	191,4	211,9
8	103,6	118,7	186,2	210,6	202,3	210,6	201,5	207,8
9	106,4	130,9	195,7	221,9	192,5	229,3	185,8	220,5
10	116,2	133,4	177,9	223,5	165,2	223,5	180,6	212,0
Суммы	1106,0	1269,7	1868,9	2127,9	1919,4	2205,5	1880,1	2135,6
Отклонение	+15 %		+14 %		+15 %		+13 %	

3. Для малогабаритных приборов, для которых очень важно минимизировать количество управляющих элементов, наиболее оптимальным является алгоритм № 4, так как в нем в отличие от алгоритмов 1 и 2 используются всего две кнопки, а в отличие от алгоритма 3 время задания уставки при его применении оказывается меньше в среднем на 0,4 с.

Библиографические ссылки

1. Акчурич Э. А. Человекомашинное взаимодействие : учеб. пособие. – М. : Солон-Пресс, 2008. – 96 с.
2. Тарасов С. Г. Основы применения математических методов в психологии : учеб. пособие. – СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 1999. – 116 с.

S. A. Kozhevnikov, Postgraduate Student, Altai State Technical University after I. I. Polzunov

A. G. Yakunin, Doctor of Technical Science, Professor, Altai State Technical University after I. I. Polzunov

Development of Human Machine Interface Research Methods for Control Devices, Data Measuring and Control Systems

The article is devoted to improving human-machine interfaces. A methodology of algorithms optimization for operation control in mobile devices and remote control modules, data measuring and control systems by a setpoint example is proposed.

Key words: human-machine interface, control modules, data measuring systems, control systems.