

---

---

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

### INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS, COMPUTER TECHNIQUE

---

---

УДК 004.896

DOI: 10.17586/0021-3454-2022-65-8-545-553

#### ВЕРИФИКАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В. И. Поляков\*, Ф. Ф. Зиннатулин

*Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия*

\* *v\_i\_polyakov@mail.ru*

**Аннотация.** Предложен способ верификации вычислительного процесса информационной системы. Актуальность исследования определяется востребованностью надежных, корректно работающих информационных систем при недостаточной их верификации. Верификация вычислительного процесса ранее не применялась к информационным системам. Рассматриваются вычислительные процессы информационной системы, а также основные блоки информационной системы „Конференция“. Используемые графоаналитическая и программная модели проверяют основные точки верификации вычислительного процесса. Рассмотрено использование разработанной системы верификации вычислительного процесса для веб-ориентированной информационной системы „Конференция“.

**Ключевые слова:** *информационная система, вычислительный процесс, верификация, программная система, данные*

**Ссылка для цитирования:** *Поляков В. И., Зиннатулин Ф. Ф. Верификация вычислительного процесса информационной системы // Изв. вузов. Приборостроение. 2022. Т. 65, № 8. С. 545—553. DOI: 10.17586/0021-3454-2022-65-8-545-553.*

#### COMPUTING PROCESS VERIFICATION IN INFORMATION SYSTEM

V. I. Polyakov\*, F. F. Zinnatulin

*ITMO University, St. Petersburg, Russia*

\* *v\_i\_polyakov@mail.ru*

**Abstract.** A system of verification of the computing process in information system is proposed. The study relevance is determined by the demand for reliable, correctly functioning information systems and insufficient verification of such systems. Computing process verification has not been applied to information systems before. The computing processes in information system, as well as the main blocks of the information system "Conference" are considered. Applied graphical-analytic and software models check the main points of verification of the computing process. The use of the developed computing process verification system for the web-oriented information system "Conference" is considered.

**Keywords:** *information system, computing process, verification, software system, data*

**For citation:** *Polyakov V. I., Zinnatulin F. F. Computing process verification in information system. Journal of Instrument Engineering. 2022. Vol. 65, N 8. P. 545—553 (in Russian). DOI: 10.17586/0021-3454-2022-65-8-545-553.*

Информационная система (ИС) обрабатывает данные, получаемые от пользователей и базы данных, предоставляя информацию в удобной для пользователя форме отображения [1].

Информационная система может предоставлять информацию о дополнительных объектах, не хранимых в базе данных, и может обращаться к удаленным источникам информации в сети Интернет. В условиях общественно-экономической глобализации работа со значительными (до петабайт), быстро растущими объемами гетерогенных данных различной структурированности представляет собой существенную проблему [2]. ИС использует данные, получаемые от различных источников:

1) данные, вводимые пользователем с клавиатуры, как правило, понятны ему, однако требуют проверки корректности ввода;

2) данные, получаемые через подключенные к компьютеру устройства, как правило, требуют предварительной антивирусной проверки;

3) через удаленные ресурсы Интернета не всегда легко получить данные, поскольку могут возникать ошибки в передаче, а также есть вероятность наличия ошибки в загруженном файле;

4) данные, получаемые из электронных библиотек, как правило, могут содержать неподдерживаемый формат данных, либо могут возникать сложности с правами доступа;

5) данные, получаемые через источник документооборота компании, как правило, могут содержать непонятные пользователю или некорректно интерпретируемые пользователем символы.

С ИС могут взаимодействовать различные типы пользователей: разработчик ИС, администратор ИС, программист ИС, а также не подготовленный пользователь. Разработчик ИС настраивает соединение между средствами разработки и ИС, уровень владения знаниями об ИС у разработчика — профессионал. Администратор ИС использует только вспомогательное ПО для доступа к ИС, уровень владения знаниями об ИС у администратора — знаток. Программист ИС использует средства разработки и вспомогательное ПО для доступа к ИС, уровень владения — знаток. Пользователь, не знакомый с ИС, использует свои начальные знания об ИС, уровень владения — новичок.

ИС состоит из сопряженных друг с другом программных модулей, каждый из которых отвечает за функционирование ИС. Вообще проблема сопряжения различных технологий представления и обработки информации, основанных на принципиально различных по своей природе физических принципах, еще до конца не проработана [3]. Архитектура ИС включает: блок обработки данных, блок базы данных, блок отображения данных пользователю ИС, блок настроек ИС.

Блок обработки данных выполняет рассмотрение данных, которые собираются и вычисляются на основе входных данных. Блок базы данных ответствен за сохранение данных в типизированной форме. Блок отображения данных пользователю ИС отвечает за визуализацию формы и вида данных на экране пользователя. Блок настроек обеспечивает установку предварительных параметров для сохранения в базе данных или для отображения пользователю.

Проблема анализа качества аппаратного и программного обеспечения становится все более острой, особенно по мере расширения использования информационных технологий и нанотехнологий в приборостроении [4]. Увеличение объемов проектирования и разработки программного продукта, повышенные требования к его надежности и достоверности требуют все больше усилий для верификации программ на всех этапах жизненного цикла [5]. При верификации разного уровня представления модель более высокого уровня является метамоделью по отношению к модели низшего уровня представления [6].

Актуальность настоящей статьи обеспечивается неизученностью и недостаточной разработкой тематики верификации ИС и востребованностью надежных, корректно работающих ИС. Верификация вычислительного процесса не применялась ранее по отношению к масштабным ИС.

Цель настоящей статьи — верифицировать вычислительные процессы масштабных ИС.

Графоаналитическая модель использовалась как модель верификации вычислительного процесса САПР [4]. Применение графоаналитической модели для верификации вычислительного процесса САПР позволяет продемонстрировать весь процесс верификации, а структура определяет проектирование и разработку САПР. Однако система верификации вычислительных процессов пока не была разработана.

Рассмотрим работу ИС на уровне вычислительных процессов.

1. Вычислительные процессы обработки данных — выполнение математических, логических и функциональных операций над входными и уже обработанными данными.

2. Вычислительные процессы сохранения данных — операции соединения с базой данных, сохранения текущего соединения с базой данных, а также процесс успешно завершенной транзакции.

3. Вычислительные процессы вывода данных (сохраненных, а также обработанных данных в понятном для пользователя визуальном виде). Вывод включает в себя процессы передачи данных, а также визуализации на экране пользователя.

4. Вычислительные процессы отправки данных к физически удаленным источникам информации и получения от них — операции установления соединения с источником информации, сохранения соединения с источником информации, а также процесс получения статуса об успешном приеме информации.

Все перечисленные выше процессы должны быть верифицированы с помощью и графоаналитической, и программной моделей. Эти вычислительные процессы являются важными объектами программной составляющей ИС.

Для верификации данных вычислительных процессов необходимо спроектировать соответствующую систему, схема которой отражена на рис. 1.

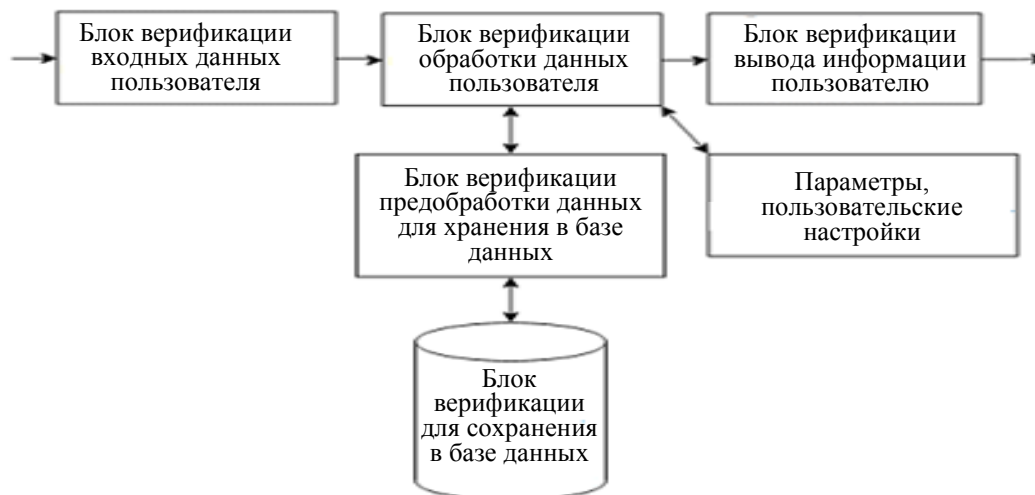


Рис. 1

Использование системы верификации обладает рядом преимуществ по сравнению с „ручным“ процессом:

- 1) нацеленность на определенный порядок верификации, что позволяет не пропускать важные этапы;
- 2) получение результата верификации в удобном для пользователя формате;
- 3) возможность обработки данных, хранимых в неотформатированном виде;
- 4) наличие базы данных для хранения результата промежуточных этапов верификации;
- 5) расширенный набор инструментов для получения корректного результата верификации вычислительного процесса.

Вычислительный процесс проходит через систему верификации в следующем порядке:

— блок верификации входных данных — выполняет первичное рассмотрение входных данных, проверяя тип получаемых переменных, значений;

— блок верификации обработки данных — выполняет проверку действия с переменными, значениями, вычисляет необходимые значения для вывода пользователю;

— блок верификации предобработки данных для хранения в базе данных — проверяет результат приведения переменных, значений к типам, используемым в базе;

— блок сохранения данных — проверяет, можно ли получить значение из базы данных после его сохранения;

— блок вывода данных пользователю — проверяет переменные, значения, полученные в результате вывода пользователю.

В системе верификации вычислительного процесса в ИС последовательно выполняется проверка:

- 1) входных данных для передачи в блок обработки данных;
- 2) обработки данных с использованием параметра пользовательской настройки;
- 3) предобработки данных для сохранения в базе данных;
- 4) сохранения данных в базе данных;
- 5) вывода данных пользователю.

Для определения функциональной структуры и системы процедур выработки решений в сложных предметных областях необходимо целостное модельное описание объектов и схем управления [7]. Операции математического и компьютерного моделирования очень часто связаны с решением задач, алгоритмы которых представляются в виде графов [8]. Графоаналитическая модель (ГАМ) верификации вычислительного процесса, проходящего через систему верификации, приведена на рис. 2. Каждый блок, кроме блоков „начало“ и „конец“, содержит одно арифметическое выражение [9]. Анализ программы на основе ГАМ осуществляется в несколько этапов [10].

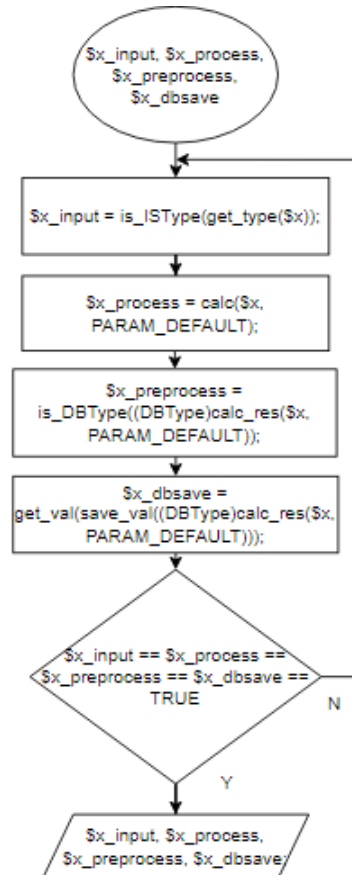


Рис. 2

Программная модель верификации вычислительного процесса представлена на рис. 3.

```
2 a:
3 function initValues(){
4     $x_input = 0;
5     $x_process = 0;
6     $x_preprocess = 0;
7     $x_dbsave = 0;
8 }
9
10 function setValues($x_input){
11     $x_input = is_IStype(get_type($x_input));
12     $x_process = calc($x_input, PARAM_DEFAULT);
13     $x_preprocess = is_DBType((DBType)calc_res($x_input, PARAM_DEFAULT));
14     $x_dbsave = get_val(save_val((DBType)calc_res($x_input, PARAM_DEFAULT)));
15 }
16
17 initValues($x_input);
18 setValues($x_input);
19
20 if($x_input == true){
21     if($x_process == true){
22         if($x_preprocess == true){
23             if($x_dbsave == true){
24                 print $x_input, $x_process, $x_preprocess, $x_dbsave;
25             }
26             else goto a;
27         }
28         else goto a;
29     }
30     else goto a;
31 }
32 else goto a;
```

Рис. 3

Реализация функций, используемых в верификации вычислительного процесса в ИС, проиллюстрирована на рис. 4 и 5.

```
9 function is_IStype($x){
10     $is_type = (ISStandartType);
11     $val_type = type($x);
12     if($is_type == $x){
13         return true;
14     }
15     else return false;
16 }
17
18 function calc($x, $y){
19     if($y == "PARAM_DEFAULT"){
20         $hash_val = hash("md5", $x);
21         return true;
22     }
23     else if($y == "SHA"){
24         $hash_val = hash("sha256", $x);
25         return true;
26     }
27     else{
28         $hash_val = hash("sha1", $x);
29         return true;
30     }
31     return false;
32 }
```

Рис. 4

```

34 function calc_res($x, $y){
35     if($y == "PARAM_DEFAULT"){
36         $hash_val = hash("md5", $x);
37         return $hash_val;
38     }
39     else if($y == "SHA"){
40         $hash_val = hash("sha256", $x);
41         return $hash_val;
42     }
43     else{
44         $hash_val = hash("sha1", $x);
45         return $hash_val;
46     }
47 }
48
49 function is_DBType($x){
50     $is_type = (DBType);
51     $val_type = type($x);
52     if($is_type == $val_type){
53         return true;
54     }
55     else{
56         return false;
57     }
58 }

```

Рис. 5

В качестве примера объекта верификации используем ИС „Конференция“. В настоящее время качественное информационное сопровождение любого мероприятия подразумевает разработку интернет-сайта мероприятия [11]. ИС „Конференция“ предназначена для организации и проведения различных конференций. Тематические разделы могут быть следующими: информатика, программная инженерия и компьютерная техника, оптические технологии, робототехника и другие. Данная ИС отображает вывод в веб-представлении. Таким образом, к веб-представлению можно получить доступ через ресурсы сети Интернет.

Рассмотрим основные блоки ИС „Конференция“.

1. Блок регистрации участников конференции — позволяет занести желающих в список, таким образом, зарегистрировав в конференции. Дальнейший этап регистрации состоит в подтверждении ссылки, высланной на e-mail пользователя.

2. Блок личного кабинета — позволяет предоставить пользователю дополнительные возможности кроме просмотра информации о конференции. В нем могут быть реализованы такие функциональные возможности, как изменение (редактирование) заявки, внесение сведений о пользователе, просмотр дополнительных данных.

3. Блок информации о конференции — позволяет просмотреть сведения: дату, время и место проведения, тематические разделы, а также необходимые файлы для участия в конференции.

4. Блок рассылки e-mail — позволяет указать адрес пользователя (e-mail), по которому будут высылаются информационные письма о конференции. Данные письма могут содержать информацию о текущей, а также последующих конференциях, статусе проверки материалов к текущей конференции.

5. Блок обратной связи — позволяет связаться с авторами сайта, а также службой информационной поддержки, которая обладает знаниями о текущей конференции. Как правило, этот блок состоит из полей „автор“, „e-mail“, а также „сообщение“.

Рассмотрим некую информационную систему, в которой циркулирует закрытая информация, предназначенная для ввода, хранения, обработки и уничтожения [12].

Верификация вычислительного процесса работы ИС „Конференция“:

- 1) Есть ли предложения по работе системы?
- 2) Получается ли зарегистрироваться в текущей конференции?
- 3) Можно ли зайти в личный кабинет?

- 4) Можно ли указать свой e-mail для отправки?
- 5) Получается ли отправить вопрос по обратной связи?

Графоаналитическая модель верификации вычислительного процесса представлена на рис. 6. Программная модель верификации вычислительного процесса представлена на рис. 7.

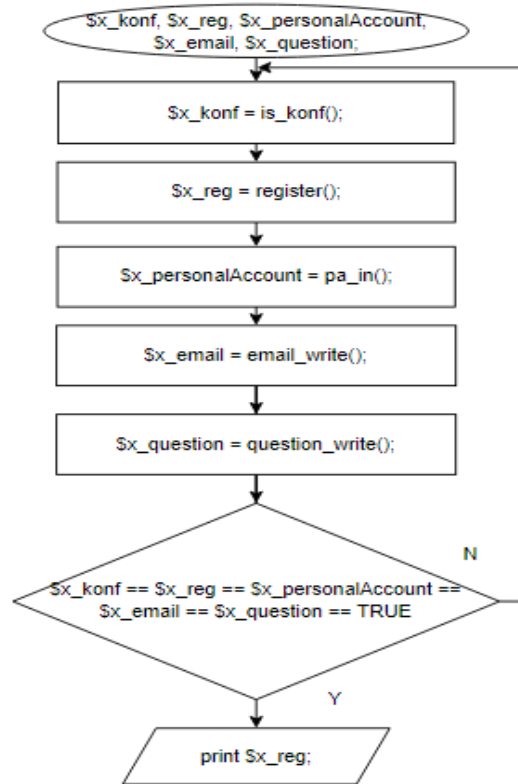


Рис. 6

```

3  a:
4  $x_konf = 0;
5  $x_reg = 0;
6  $x_personalAccount = 0;
7  $x_email = 0;
8  $x_question = 0;
9
10 function setValues($x){
11     $x_konf = is_konf();
12     $x_reg = register();
13     $x_personalAccount = pa_in();
14     $x_email = email_write();
15     $x_question = question_write();
16 }
17
18 setValues(1);
19
20 if($x_konf == true){
21     if($x_reg == true){
22         if($x_personalAccount == true){
23             if($x_email == true){
24                 if($x_question == true){
25                     print $x_reg;
26                 }
27                 else goto a;
28             }
29             else goto a;
30         }
31         else goto a;
32     }
33     else goto a;
34 }
35 else goto a;
    
```

Рис. 7

В статье исследованы вычислительные процессы информационной системы; рассмотрены процессы обработки, предобработки, сохранения и вывода данных. Описаны графоаналитические и программные модели. Разработана система верификации вычислительных процессов информационной системы „Конференция“. Выполнена верификация вычислительных процессов с помощью разработанной системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шнепс-Шнеппе М. А., Сухомлин В. А., Намиот Д. Е. О глобальных информационных системах // *International Journal of Open Information Technologies*. 2017. Т. 5, № 4. С. 55—62.
2. Зыков С. В. Теоретические и методологические основы построения корпоративных порталов // *Электронный журнал „Исследовано в России“*. 2005. № 8. С. 2278—2285 [Электронный ресурс]: <<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/220.pdf>>.
3. Петров А. Б. О характеристиках информационной системы // *Cloud of science*. 2020. Т. 7, № 3. С. 510—516.
4. Зыков А. Г., Безруков А. В., Немолочнов О. Ф., Поляков В. И., Андронов А. В. Графо-аналитические модели вычислительных процессов в САПР // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2011. № 4(74). С. 116—120.
5. Зыков А. Г., Голованев Я. С., Поляков В. И. Автоматизация верификации программ с использованием графоаналитических моделей вычислительного процесса // *Программные продукты и системы*. 2019. Т. 32, № 3. С. 398—402. DOI: 10.15827/0236-235X.127.398-402.
6. Немолочнов О. Ф., Зыков А. Г., Поляков В. И. и др. Верификация в исследовательских, учебных и промышленных системах // *Науч.-технич. вестн. СПбГУ ИТМО*. 2003. Вып. 11. Актуальные проблемы анализа и синтеза сложных технических систем. С. 146—151.
7. Кононенко А. А. Блок синтеза концептуальных схем и блок построения комплекта организационных процедур // *Управление большими системами*. 1998. № 1. С. 58—62.
8. Шатлов К. Г. Редактор графов и блок-схем // *Доклады ТУСУР*. 2007. № 1(15) [Электронный ресурс]: <<https://cyberleninka.ru/article/n/redaktor-grafov-i-blok-shem>>.
9. Латышева И. О., Мазин М. А. Среда визуальной разработки блок-схем // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2007. № 7(41). С. 4—11.
10. Зыков А. Г., Кочетков И. В., Поляков В. И., Чистиков Е. Г. Синтезирование программ на основе описания графоаналитической модели // *Программные продукты и системы*. 2017. Т. 30, № 4. С. 561—566.
11. Хабитуев Б. В., Хандаров Ф. В., Балакишев Э. Г., Нимаев С. А. Информационная система „Конференция“ // *Вестн. БГУ. Математика, информатика*. 2013. № 1. С. 21—25.
12. Дрюков Н. Ю., Гатчин Ю. А. Методы формирования информационного поля в информационной системе // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2007. № 6(40). С. 215—220.

## Сведения об авторах

**Владимир Иванович Поляков**

— канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО, факультет программной инженерии и компьютерной техники;  
E-mail: v\_i\_polyakov@mail.ru

**Фаиль Фидаэлевич Зиннатулин**

— аспирант; Университет ИТМО, факультет программной инженерии и компьютерной техники; E-mail: f\_f\_zinnatulin@mail.ru

Поступила в редакцию 20.04.22; одобрена после рецензирования 13.05.22; принята к публикации 21.06.22.

## REFERENCES

1. Sneps-Snepp M., Sukhomlin V., Namiot D. *International Journal of Open Information Technologies*, 2017, no. 4(5), pp. 55–62. (in Russ.)
2. Zykov S.V. *Elektronnyy zhurnal "Issledovano v Rossii"*, 2005, no. 8, pp. 2278–2285, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/220.pdf>. (in Russ.)
3. Petrov A.B. *Cloud of science*, 2020, no. 3(7), pp. 510–516. (in Russ.)
4. Zykov A.G., Bezrukov A.V., Nemolochnov O.F., Polyakov V.I., Andronov A.V. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2011, no. 4(74), pp. 116–120. (in Russ.)



5. Zikov A.G., Golovanev Ya.S., Polyakov V.I. *Software & Systems*, 2019, no. 3(32), pp. 398–402, DOI: 10.15827/0236-235X.127.398-402. (in Russ.)
6. Nemolochnov O.F., Zikov A.G., Polyakov V.I. et al. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2003, no. 11, pp. 146–151. (in Russ.)
7. Kononenko A.A. *Upravlenie Bol'shimi Sistemami*, 1998, no. 1, pp. 58–62. (in Russ.)
8. Shatlov K.G. *Proceedings of TUSUR University*, 2007, no. 1(15). (in Russ.)
9. Latysheva I.O., Mazin M.A. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2007, no. 41, pp. 4–11. (in Russ.)
10. Zikov A.G., Kochetkov I.V., Polyakov V.I., Chistikov E.G. *Software & Systems*, 2017, no. 4(30), pp. 561–566. (in Russ.)
11. Khabituev B.V., Khandarov F.V., Balakshiev E.G., Nimaev S.A. *BSU bulletin. Mathematics, Informatics*, 2013, no. 1, pp. 21–25. (in Russ.)
12. Dryukov N.Yu., Gatchin Yu.A. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2007, no. 40, pp. 215–220. (in Russ.)

**Data on authors**

- Vladimir I. Polyakov** — PhD, Associate Professor; ITMO University, Faculty of Software Engineering and Computer Systems; E-mail: v\_i\_polyakov@mail.ru
- Fail F. Zinnatulin** — Post-Graduate Student; ITMO University, Faculty of Software Engineering and Computer Systems; E-mail: f\_f\_zinnatulin@mail.ru

Received 20.04.22; approved after reviewing 13.05.22; accepted for publication 21.06.22.