

костей. Далее гистограмма яркостей сглаживается методом скользящего окна. Если сглаженная гистограмма имеет более одного локального максимума, то пиксели со значениями яркости, большими или равными значению, соответствующему последнему локальному максимуму, помечаются черным цветом. Если в результате работы данного модуля формируется изображение с черными

областями, то принимается решение, что в вагоне присутствует груз (рис. 4).

Описанный подход позволяет определить наличие груза в вагоне с вероятностью 0.95...0.98. Такая вероятность может быть получена при условии использования верхней камеры, у которой скорость затвора не ниже 1/500 с, и отсутствии бликов и засветки камеры.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьяница А. А., Шишкин А. Г. Цифровая обработка видеоизображений. М.: Ай-Эс-Эс Пресс, 2009.

2. Вычисление оптического потока методом Лукаса-Канаде. URL: <https://habrahabr.ru/post/169055/> (дата обращения 15.08.2016).

3. Захаров Р. Метод классификации объектов различных классов на видеопотоке и на статичных изображениях / СГАУ им. акад. С. П. Королева. Самара, 2012.

4. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV. Computer Vision with the OpenCV Library. Publisher: O'Reilly Media. Final Release, 2008. 580 p.

5. Куракин А. Основы стереозрения. URL: <https://habrahabr.ru/post/130300/> (дата обращения 15.08.2016).

6. Калиниченко А. В., Свешникова Н. В., Юрин Д. В. Эпиполярная геометрия и оценка ее достоверности по результатам восстановления трехмерной сцены алгоритмами факторизации. URL: [http://graphicon.ru/html/2006/wr22\\_85\\_KalinichenkoSveshnikovaYurin.pdf](http://graphicon.ru/html/2006/wr22_85_KalinichenkoSveshnikovaYurin.pdf).

S. A. Kulakov, G. V. Razumovskiy  
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

## THE USE OF IMAGE ANALYSIS TECHNIQUES FOR DETECTING THE PRESENCE OF CARGO RAILCAR

*A sequence of video streams analysis methods for the isolation of the carriages of the train, determine their type and the presence in them of the cargo. The proposed approach is based on the use of motion detection, algorithm Lucas-Canade, the histogram of oriented gradients and building image depth map.*

**Image analysis, depth map, rectification, optical flow, HOG, SVM**

УДК 004.82, 004.89

И. И. Холод

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Сбор измерительной информации с распределенных измерительных средств в режиме реального времени

*Описывается подход к сбору измерительной информации в реальном режиме времени с территориально распределенных измерительных пунктов, выполняющий предварительную оценку качества измеряемой информации и передающий в центр обработки только информацию максимального качества. Данный подход обеспечивает сокращение объема передаваемой информации по средствам передачи данных, что позволяет снизить время на доставку информации и требования к пропускной способности каналов связи.*

**Сбор данных, большие данные, интеллектуальный анализ данных, Интернет вещей, распределенные системы**

Технический прогресс последних десятилетий способствовал резкому повышению требований к оперативности принимаемых решений. Ос-

новой для них всегда является актуальная информация об объекте управления, получаемая от различных измерительных средств (ИС). От скоро-

сти, полноты и достоверности, с которой будет собрана, обработана и представлена измерительная информация (ИИ) лицу (системе), принимающему решения, в конечном счете, зависит эффективность управления.

Решение перечисленных задач за последние десятилетия существенно усложнилось в связи с появлением разнородных ИС и средств передачи данных (СПД). Большинство современных систем анализируют данные, полученные от различного рода датчиков, фото- и видеорегистраторов, систем контроля и т. п. Подобные источники генерируют потоки информации в реальном режиме времени, которые в том числе передаются по СПД с низкой пропускной способностью: спутниковым каналам связи, радиорелейным линиям, каналам сотовой связи.

Данная проблема является актуальной для систем анализа испытаний летательных объектов (ЛО). Для анализа их работы ИС собирают различные данные: телеметрическую информацию, траекторную информацию и др. Для этого используются разные типы измерительных устройств: радиолокационные, оптические, телеметрические и др. Все они устанавливаются на измерительные пункты (ИП), расположенные по трассе испытаний ЛО, которая может иметь протяженность в несколько сотен километров. Информация, формируемая всеми ИС, относится к классу больших данных (которые часто определяются тремя V: Volume, Variety и Velocity) [1], так как ИС формируют большие объемы информации (data volume) включая телеметрию и видеоинформацию (до нескольких терабайт за десятки минут испытаний); данные формируются в различных форматах (data variety) включая фото- и видеоизображения, телеметрию и др.; измерения выполняются с высокой частотой (data velocity), в результате чего генерация данных происходит с высокой скоростью (в режиме реального времени).

При этом возникают следующие проблемы сбора и обработки информации, затрудняющие принятие решений в режиме реального времени:

- необходимость наведения ИС на объект испытаний;
- территориальная удаленность ИП друг от друга и от места сбора информации;
- информация, получаемая на разных ИП, в значительной мере дублируется, так как зоны видимости ИП ЛО имеют пересечение;

– необходимость использования каналов связи с низкой пропускной способностью.

В результате возникают проблемы как с вычислительными, так и с сетевыми ресурсами, которые требуют постоянного наращивания в связи с ростом объемов передаваемой информации. В связи с этим требуются новые подходы к обработке данных, которые обеспечили бы доставку необходимой информации от ИС до центра обработки ИИ в режиме реального времени по доступным каналам передачи данных.

В последнее время все большую популярность набирает технология «туманных вычислений» (fog computing) [2]. Она, в отличие от облачных вычислений (cloud computing) [3] с централизованной обработкой данных, предполагает перенос части вычислений от центрального кластера в СПД, «ближе» к источнику информации. Такой подход становится более актуальным в связи с интеллектуализацией любого устройства (наличия у него вычислительного процессора и памяти, что позволяет выполнять обработку информации непосредственно на нем).

Существующие в настоящее время технологии сбора и обработки информации, такие, как ETL (Extraction, Transformation, Loading) [4] и методы потоковой обработки (stream processing) [5], предполагают небольшое (до 10) число источников с заранее известной структурой, не меняющейся во времени. Они не позволяют динамически адаптироваться ни к изменению запросов потребителей, ни к изменению наблюдаемых объектов.

В данной статье описывается предлагаемый подход к формированию информационных потоков от ИС на стороне источника на основании классификационных правил, формируемых методами интеллектуального анализа. Данный подход позволяет сократить объем передаваемой информации и тем самым снизить требования к СПД и время доставки информации. Минимизация времени доставки информации и снижение требований к пропускной способности каналов связи позволит использовать данный подход в системах с мобильными источниками информации и/или расположенными в труднодоступной местности, связь с которыми может осуществляться только по «узким» каналам.

**Описание проблемы.** ИИ о ЛО принимается несколькими ИП, оборудованными различными ИС и расположенными по трассе полета ЛО. Зоны видимости ЛО для каждого ИП разные, но имеют существенные пересечения. В связи с этим

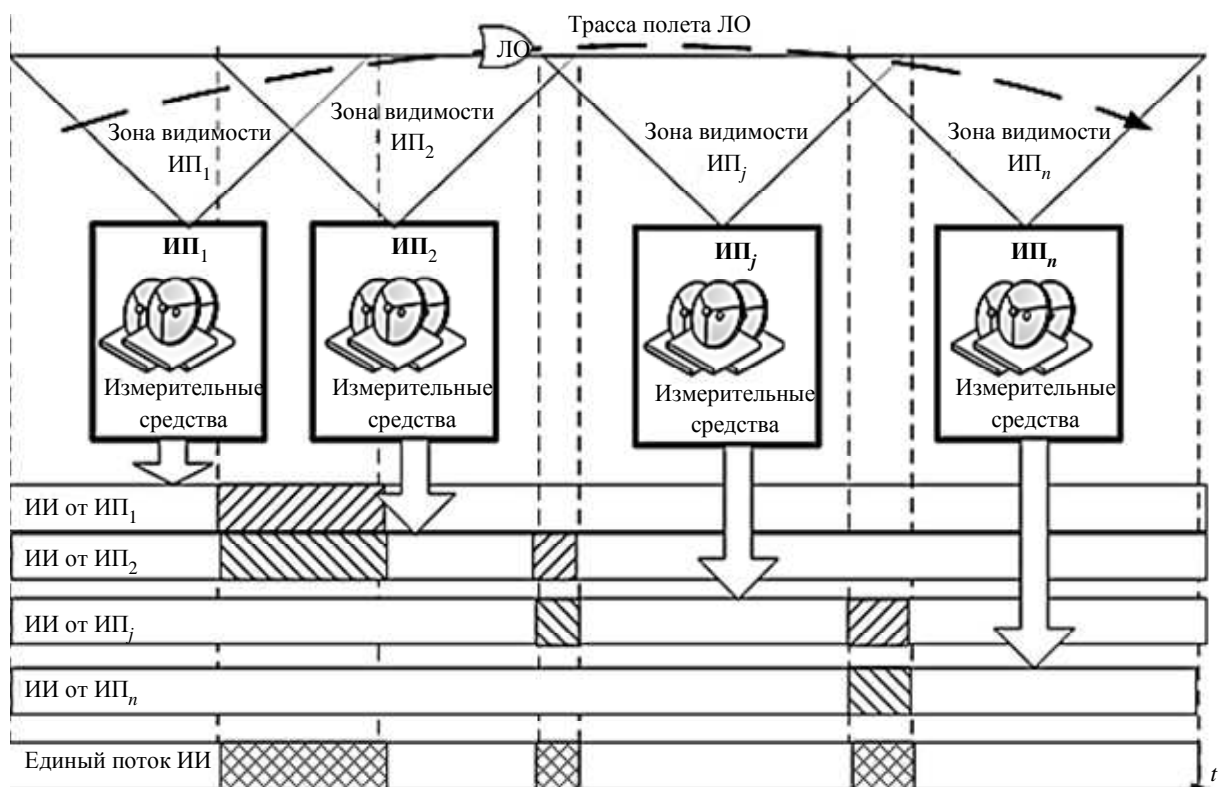


Рис. 1

от всех ИП поступает дублирующаяся информация разного качества (в зависимости от качества приема ИИ от ЛО). Рис. 1 иллюстрирует описанную проблему. На нем заштрихованные области в потоках ИИ обозначают дублируемые данные, по которым необходимо принимать решения о выборе.

Для формирования единого потока ИИ (поступающего в пункт управления) в режиме реального времени осуществляется следующий порядок действий для ИИ, поступающей в каждый момент времени  $t$ :

- получение ИИ от ИС на каждом ИП;
- передача ИИ от ИП в центр обработки ИИ;
- сбор всей ИИ от всех ИП в центре обработки ИИ;
- оценка качества потока, полученного от каждого ИП;
- выбор лучшей ИИ и ее передача в рамках единого потока ИИ.

Недостатками такого подхода являются:

- высокий сетевой трафик в СПД между ИП и центром обработки ИИ в связи с передачей от ИП всей ИИ, даже той, которая в итоге не будет передана в рамках единого потока ИИ;
- большое количество вычислений в центре обработки ИИ, связанных с оценкой качества каждого из пришедших потоков и их объединения (количество вычислений напрямую зависит от числа ИП и ИС на них).

Ситуация усугубляется следующими факторами:

- ИИ должна быть доставлена в виде единого потока ИИ в реальном режиме времени для обеспечения оперативного управления ЛО;
- ИИ от ИП поступает на всем протяжении наблюдения (даже если ЛО вышел из зоны видимости ИП);
- ЛО может быть несколько, и потоки ИИ множатся в зависимости от числа ЛО;
- каналы связи с ИП могут иметь низкую пропускную способность.

Таким образом, для достижения доставки ИИ в реальном режиме времени до пункта управления приходится ограничивать ИИ, передаваемую с ИП в центр обработки ИИ, что не всегда приемлемо.

**Описание предлагаемого подхода.** Для оптимизации загрузки каналов СПД и увеличения объема передаваемой полезной информации в режиме реального времени предлагается подход сбора ИИ с предварительным выбором потока. Данный подход предполагает следующие ключевые принципы:

- 1) обработка и фильтрация ИИ осуществляется максимально близко к ИС, например на ИП;
- 2) по СПД в режиме реального времени на пункт управления передается только информация, необходимая для контроля и управления ЛО;

3) ИИ от разных ИС объединяется как можно раньше: от ИС, размещенных на одном ИП, – на самом ИП, от разных ИП – в центре обработки ИИ.

Реализация указанных принципов позволяет:

- повысить быстродействие обработки информации за счет локализации, обработки в местах ее получения и сбора;
- снизить объем передаваемой ИИ за счет фильтрации и передачи только необходимых для управления данных;
- оперативно передавать ИИ от ИС в пункт управления без промежуточного хранения.

Следует отметить, что передача информации, необходимой только для визуализации в реальном режиме времени, не отменяет передачу полной информации в центр обработки ИИ для ее последующей обработки.

Для реализации данного подхода на каждом ИП должен быть установлен АРМ сопряжения (рис. 2), который обеспечивает:

- взаимодействие с каждым из ИС, расположенных на ИП;
- сбор и хранение ИИ, полученной от них;
- взаимодействие с АРМ сбора, расположенным в центре обработки ИИ.

В центре обработки ИИ должен располагаться АРМ сбора, обеспечивающий:

- получение предварительной информации от ИП;

– управление информационными потоками на основе полученной информации;

– прием информационного потока от выбранного ИП и формирование единого потока ИИ.

АРМ сопряжения может работать в двух режимах:

- в режиме выдачи потока ИИ, в котором он передает всю ИИ на АРМ сбора в центр обработки ИИ;
- в режиме передачи оценки потока ИИ, в котором в центр сбора ИИ передается только оценка качества потока ИИ.

Рассмотрим последовательность действий для получения ИИ при реализации такого подхода в каждый момент времени  $t$ . Исходно, поток ИИ передает только тот ИП, в чью зону видимости ЛО попадает первым. Остальные ИП передают только оценки качества ИИ.

Далее, в каждый момент времени  $t$ , сбор ИИ выполняется в следующей последовательности:

1. АРМ сопряжения, установленный на каждом ИП, получает от ИС поток ИИ.
2. На каждом ИП по доступной информации оценивается качество потока ( $Q_j(t)$  – оценка качества потока для ИП $_j$ ).
3. Оценка качества потока с каждого ИП передается на АРМ сбора, установленный в центре обработки ИИ.
4. В центре обработки ИИ, получив от каждого ИП оценки качества потоков, АРМ сбора ана-

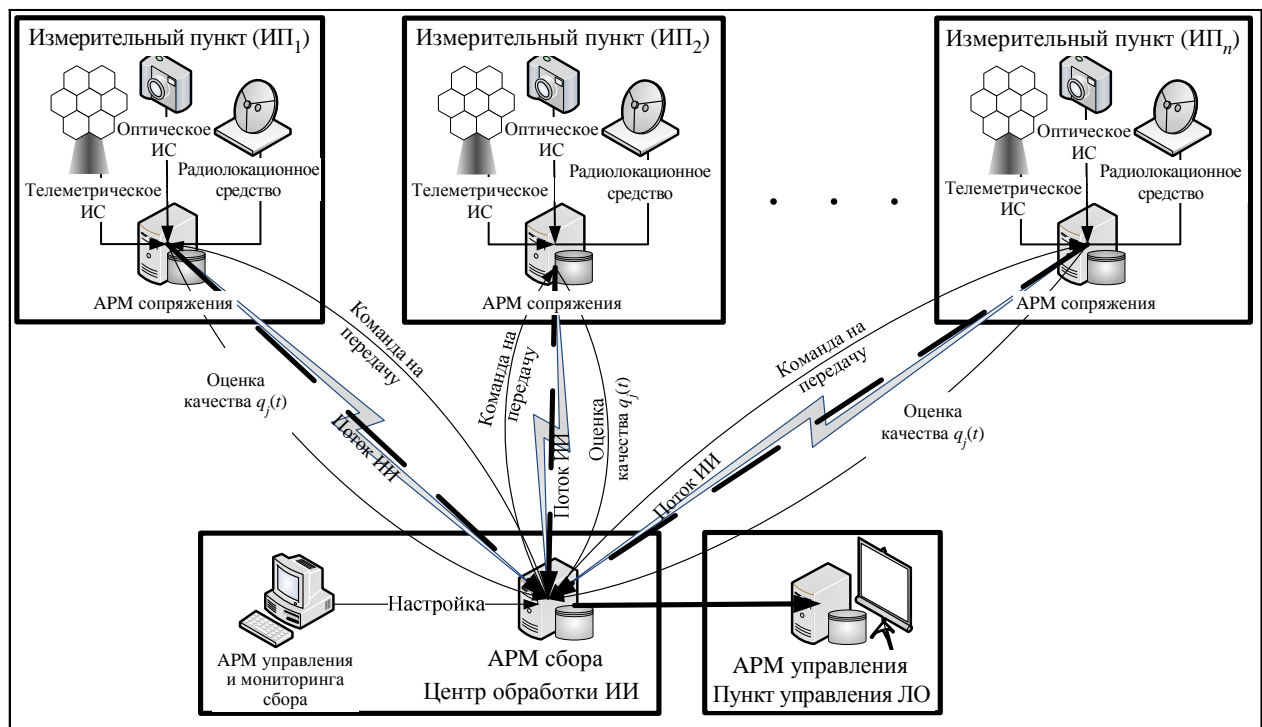


Рис. 2

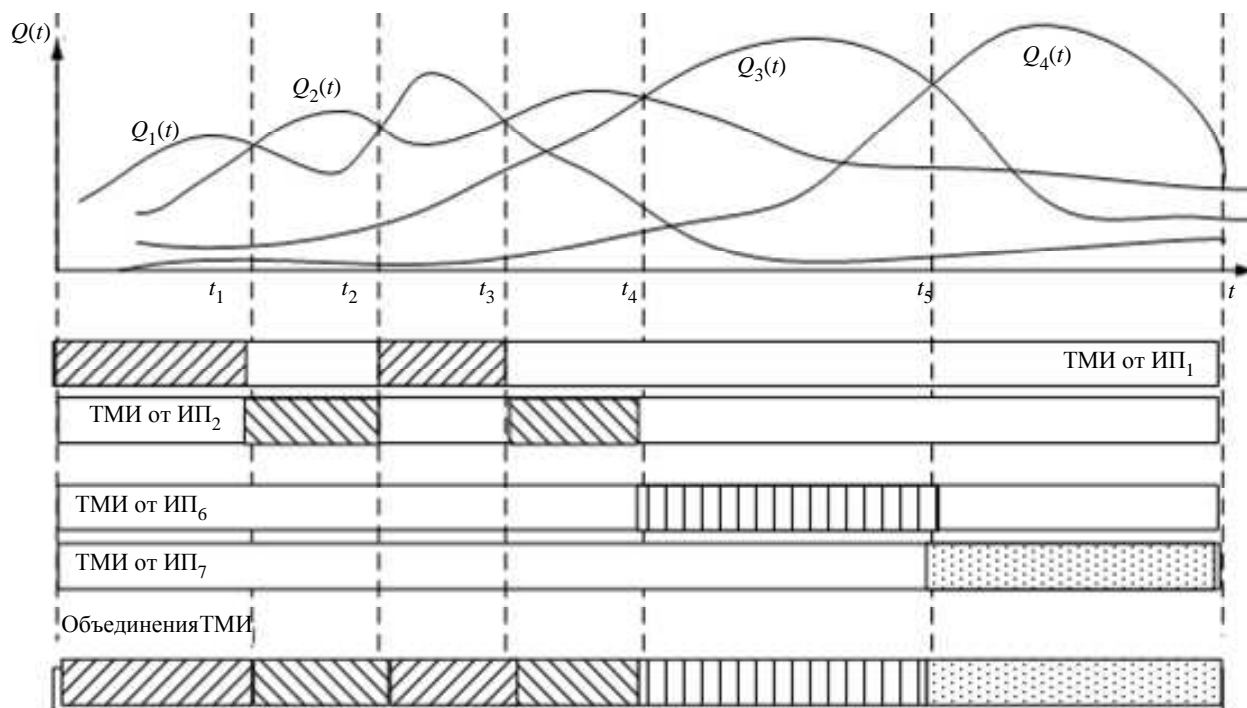


Рис. 3

лизирует их и принимает решение о необходимости переключения режимов на ИП.

5. Если принимается решение о переключении режимов на ИП:

а) АРМ сбора, установленный в центре обработки ИИ:

- отправляет выбранному ИП команду на переключение в режим выдачи потока ИИ;

- отправляет ИП, ранее работавшему в режиме выдачи потока ИИ, команду на переключение в режим выдачи оценки качества ИИ;

б) АРМ сопряжения, установленный на выбранном ИП:

- получает команду на переключение режима;
- переключает режим.

6. Действия 1–5 повторяются до момента окончания получения потока ИИ от ИС.

На шаге 4 АРМ сбора должен на основе анализа оценок качества потоков ИИ принять решение о переключении ИП в другой режим. Данное решение может приниматься исходя из прогноза изменения оценок качества потоков информации. Это возможно в связи с тем, что изменение такой оценки во времени, как правило, происходит монотонно (рис. 3). Соответственно аппроксимируя изменение оценки качества потока ИИ, можно заранее определить момент времени переключения режимов на ИП с целью получения потока ИИ от ИП с лучшей оценкой.

Для улучшения прогноза и качества принятия решений о переключении выдачи потока ИИ можно использовать классификационные правила вида:

Если  $(\cap_j(\min(f_j) < f_j^i(t) < \max(f_j)))$  то  $\{p^i\}$ , где  $f_j^i(t)$  –  $i$ -й параметр потока ИИ от  $j$ -го ИП в момент времени  $t$ ;  $\min(f_j)$  – минимально допустимое значение  $i$ -го параметра;  $\max(f_j)$  – максимально допустимое значение  $i$ -го параметра;  $p^j$  – вероятность получения качественного потока ИИ от  $j$ -го ИП.

Данное правило в каждый момент времени  $t$  на основании определенного набора параметров  $f_i$  и заданных для них граничных условий определяет, переключать или не переключать режим выдачи потока на  $j$ -м ИП. Для ИП с максимальным значением  $p^j$  принимается решение о его переключении в режим выдачи потока ИИ. Параметрами, на основании которых принимается решение, могут быть: угловые координаты ЛО, координаты ИП, оценка качества информационного потока и другие параметры, причем как заранее известные о ИП и ИС на нем (и хранящиеся в БД), так и поступающие в процессе испытаний.

Для улучшения качества классификационных правил предлагается формировать их методами интеллектуального анализа. Кроме того, данные правила могут корректироваться в режиме реального времени на основании получаемых данных от ИП и информации о принятых ими решениях. Если ИП прислал поток ИИ, не являющийся лучшим (что можно узнать, сравнив присланные оценоч-

ные параметры), то происходит корректировка правил с учетом полученной информации и его рассылка на ИП для дальнейшего использования.

**Реализация предлагаемого подхода.** Для реализации описанного подхода предлагается этапы сбора ИИ распределить между всеми узлами, участвующими во взаимодействии. На ИС должны решаться задачи извлечения ИИ (Extraction) – получения ИИ непосредственно с ИС по соответствующим протоколам и интерфейсам.

Задачи преобразования ИИ (Transformation) должны решаться как на ИП, так и в центре обработки ИИ. На АРМ сопряжения, установленном на каждом ИП, в части преобразования ИИ должны решаться задачи:

- объединения ИИ от разных ИС, устранение дублирования и повышение качества ИИ;
- фильтрация объединенной ИИ для извлечения информации, необходимой для последующей визуализации.

В центре обработки ИИ должна решаться задача объединения ИИ, полученной от разных ИП, в единый поток ИИ.

Для связывания перечисленных процессов в единую технологическую цепочку предлагается использовать ETL-технологии (ETL – Extract Transform Load). На АРМ сопряжения, установленном на каждом ИП, будут выполняться модули:

- первичной обработки на ИП, который будет принимать поток ИИ от ИС, записывать его в локальную БД, оценивать качество потока и пересылать его в центр обработки ИИ;
- отправки потока ИИ, который будет или принимать команду на переключение режима и осуществлять выдачу потока ИИ или оценки качества потока ИИ в центр обработки ИИ.

Необходимо заметить, что процессы приема ИИ от ИС и записи в БД, выдачи потока ИИ или

оценки качества, приема команды и переключения режима должны выполняться параллельно на АРМ сопряжения.

На АРМ сбора, установленном в центре обработки ИИ, будут выполняться следующие модули:

- получения оценки потока, который будет собирать оценки от ИП и выбирать лучший поток;
- запроса потока с ИП, который будет в зависимости от выбранного потока отправлять команды на переключение режимов на соответствующие ИП;
- получения потока ИИ, который будет принимать поток от выбранного ИП и конкатенировать его с ранее полученным;
- обработки основного потока, который будет осуществлять обработку лучшего потока, в том числе записывая его в БД.

Перечисленные модули также должны выполняться параллельно, чтобы обеспечить минимальную задержку по времени.

В статье предложен подход сбора ИИ об испытываемых ЛО от территориально распределенных ИП и ИС, который предполагает предварительную оценку качества потоков ИИ от каждого ИП и на ее основе выбор ИП, передающего поток ИИ. Анализ оценок качества потоков ИИ и принятие решения о его выборе предлагается выполнять на основании классификационных правил, которые могут строиться методами интеллектуального анализа как заранее (по исторической информации), так и корректироваться «на лету» (по информации, поступающей в процессе проведения испытаний).

Предлагаемый подход обеспечивает сокращение объема передаваемой информации по СПД, что позволяет снизить время на доставку информации и требования к пропускной способности каналов связи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Laney D. 3-D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety. Stamford: META Group Inc, 2001.
2. Ingersoll G. Introducing apache mahout. Scalable, commercial friendly machine learning for building Intelligent. applications. IBM, 2009. URL: <http://www.ibm.com/developerworks/library/j-mahout/j-mahout-pdf.pdf>.
3. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. Computer Security Division Information Technology Laboratory National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, 2011.
4. Kimball R., Caserta J. The Data Warehouse ETL Toolkit. Wiley Press, 2004.
5. Aggrawal C. C. Data Streams: Models and Algorithms. Springer, 2007.
6. Vapnik V., Chapelle O. Bounds on error expectation for support vector machines // Neural Computation. 2000. Vol. 12, № 9. P. 2013–2036.

I. I. Kholod

*Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»*

## MEASUREMENT INFORMATION GATHERING WITH DISTRIBUTED MEASURING TOOLS IN REAL TIME

*Describes an approach to the collection of measurement data in real time from geographically distributed measurement points, performing a preliminary assessment of the quality of the measured data and transmits to the processing center only a maximum of quality information. This approach provides a reduction in transmitted information by means of data transmission, thus reducing the time for the delivery of information and bandwidth requirements to communication channels.*

**Data collection, Big data, data mining, Internet of Things, distributed systems**

---

УДК 744.4

В. П. Большаков, А. В. Чагина

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

Н. Г. Рущенко

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО)*

## Информационно-методическое сопровождение студенческих олимпиад по инженерной и компьютерной графике

*На примере подготовки и проведения 17-й региональной олимпиады студентов вузов Санкт-Петербурга по инженерной и компьютерной графике рассматривается содержание разработанной информационно-методической поддержки олимпиады. Предлагаемое информационно-методическое обеспечение направлено на повышение уровня правильности выполнения олимпиадных заданий и углубление освоения предметной области.*

### Конструкторская документация, твердотельное моделирование, инженерная и компьютерная графика, таблицы оценок, студенческие предметные олимпиады

1. Положительные аспекты проведения студенческих предметных олимпиад разных уровней – от университетского до международного – не вызывают сомнений. В [1] рассматриваются 22 положительные функции предметных олимпиад, которые сгруппированы в 6 основных.

В период 1999–2015 гг. проведено 14 всероссийских студенческих олимпиад (ВСО) по начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графике [2]. В соответствии с положением на всех ВСО, начиная с 2007 г., функционировали 3 секции:

- «Начертательная геометрия» (НГ) – задание состоит в решении четырех задач по начертательной геометрии.

- «Инженерная графика» (ИГ) – задание состоит в выполнении чертежей деталей (чаще всего четырех) по чертежу общего вида (сборочному чертежу) с помощью любой САПР или вручную.

- «Компьютерная графика» (КГ) – задание состоит в выполнении твердотельных моделей нескольких деталей и модели сборочной единицы, состоящей из созданных моделей деталей, с возможным применением моделей стандартных изделий.

Тринадцать региональных олимпиад студентов вузов Санкт-Петербурга по инженерной и компьютерной графике (ИКГ) в 2000–2012 гг. были проведены в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете (СПбГЭТУ