



В.А. Васенин, С.А. Афонин,
А.А. Зензинов, К.В. Лунев, Д.А. Шачнев

**Механизмы системы «ИСТИНА» для
интеллектуального анализа
состояния и стимулирования хода
выполнения проектов в сфере науки
и высшего образования**

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Васенин В.А., Афонин С.А., Зензинов А.А., Лунев К.В., Шачнев Д.А. Механизмы системы «ИСТИНА» для интеллектуального анализа состояния и стимулирования хода выполнения проектов в сфере науки и высшего образования // Научный сервис в сети Интернет: труды XXI Всероссийской научной конференции (23-28 сентября 2019 г., г. Новороссийск). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2019. — С. 210-221. — URL: <http://keldysh.ru/abrau/2019/theses/48.pdf>
doi:[10.20948/abrau-2019-48](https://doi.org/10.20948/abrau-2019-48)

Размещена также [презентация к докладу](#)

Механизмы системы «ИСТИНА» для интеллектуального анализа состояния и стимулирования хода выполнения проектов в сфере науки и высшего образования

В.А. Васенин, С.А. Афонин, А.А. Зензинов, К.В. Лунев, Д.А. Шачнев

МГУ имени М.В.Ломоносова

Аннотация. В статье описаны методологические принципы построения и развития информационно-аналитической системы (платформы) «ИСТИНА» (Интеллектуальная Система Тематического Исследования НАукометрических данных), которая разработана и в течение нескольких лет успешно эксплуатируется в МГУ имени М.В. Ломоносова, в ряде других организаций Российской академии наук и Минздрава РФ. Представлены основные её подсистемы, которые востребованы практикой подготовки принятия управленческих решений в организациях науки и в высших учебных заведениях, а также интерфейсы, позволяющие в «дружественном режиме» взаимодействовать с внешними по отношению к ИАС «ИСТИНА» информационными системами. Перечислены задачи, которые решаются с использованием этих подсистем. Отмечены средства сопровождения и развития этого проекта. Отдельно представлены экспертно-аналитические функции и подходы к их реализации для анализа состояния хода выполнения поисковых исследований, проектов в сфере научно-технической и технологической деятельности, стимулирующие их исполнителей к более эффективной работе.

Ключевые слова: национальные проекты, интеллектуальный анализ, наукометрия, научно-исследовательские, опытно-конструкторские проекты, технологические работы, стимулирование деятельности, экспертиза, функциональные возможности, рейтинговые показатели.

Mechanisms of «ISTINA» system for intelligent state analysis and progress stimulation for projects in the sphere of science and higher education

V.A. Vasenin, S.A. Afonin, A.A. Zenzinov, K.V. Lunev, D.A. Shachnev,

Lomonosov Moscow State University

Abstract. The article describes the methodological principles of the design and the development of the ISTINA information analysis system (Intellectual System for Thematic Investigation of Scientometric Data), which was developed and successfully used for several years at Lomonosov Moscow State University and in a number of other organizations of the Russian Academy of Sciences and the Ministry of Health of the Russian Federation. Presented are its main subsystems that are in demand for the practice of preparing management decisions in science organizations and universities, as well as interfaces that allow interacting with information systems that are external to the IAS ISTINA in a «friendly mode». The tasks that are solved using these subsystems are listed. The means of support and development of this project are described. Separately presented are the expert-analytical functions and approaches to their implementation, for analyzing the progress status of exploratory research, the projects in the field of scientific, technical and technological activity, stimulating their performers to work more efficiently.

Keywords: national projects, intellectual analysis, scientometrics, research projects, development projects, technological projects, work stimulation, expertise, functionality, rating values.

1. Введение

Представленные в настоящей статье материалы посвящены описанию функциональных возможностей информационно-аналитической системы (ИАС) «ИСТИНА» (Интеллектуальная Система Тематического Исследования Наукометрических данных [1]). Такие возможности основаны на используемых в составе системы методах (моделях, алгоритмах) и программных механизмах их реализаций для интеллектуального анализа состояния выполнения поисковых исследований, опытно-конструкторских и технологических работ по проектам в сфере науки и высшего образования.

Необходимые для отмеченного выше анализа средства, с одной стороны должны удовлетворять предъявляемым к ним современным требованиям Национального проекта «Цифровая экономика РФ», с другой - обладать функциональными возможностями и свойствами, которые диктуют содержательно - целевые положения этого проекта. Во-первых, они должны характеризоваться элементами, которые принято именовать и соотносить их с современными прорывными направлениями и сквозными технологиями. Во-вторых, такие элементы должны стимулировать эффективную научно-техническую деятельность на этих направлениях, обеспечивая постоянный приток в эту сферу новых квалифицированных специалистов. В-третьих, обозначенные выше методы и механизмы должны предоставлять пользователям подобных наукометрических систем возможности (модели, алгоритмы, программные средства) перманентного и верифицируемого контроля (мониторинга) за деятельностью субъектов на всех уровнях, включая: отдельных работников; научные коллективы; структурные подразделения организаций (Центров, НИИ, вузов) и организации в целом.

Одной из важнейших задач, которую необходимо решить для достижения поставленной цели, является создание современной цифровой инфраструктуры

(платформы) национального масштаба для сбора, хранения и анализа данных научного и научно-технического содержания с целью их дальнейшего использования:

- для стимулирования ученых и представителей высшей школы к более эффективной исследовательской деятельности и работе по подготовке кадров на стратегических направлениях научных знаний;
- для экспертизы материалов, относящихся к темам и проектам стратегического характера, а также к экспертной оценке хода и результатов их выполнения.

Решение такой задачи, масштабной по объёму подлежащих анализу документов (материалов), содержащих разноплановые по форме их представления показатели традиционными способами, без привлечения средств автоматизации в составе целевой платформы не представляется возможным.

2. Базовые принципы и функциональные возможности ИАС «ИСТИНА»

Для более точного понимания методов и средств ИАС «ИСТИНА» (далее для краткости - Система), которые могут быть использованы для достижения поставленных выше целей и решения, сформулированных для их выполнения задач, рассмотрим базовые принципы её построения и функциональные возможности. Некоторые из них напрямую содержат факторы (элементы) и механизмы, которые могут быть использованы в качестве стимулирующих для отмеченных ранее субъектов к более эффективной их деятельности в рамках выполнения проектов научного и научно-технического содержания.

С позиции проектных решений, методологии разработки и развития, ИАС «ИСТИНА» изначально рассматривалась как система (платформа) национального масштаба [2]. Как следствие, она должна была соответствовать представленным выше целям и задачам. К числу основных механизмов достижения, поставленных перед ИАС «ИСТИНА» целей относятся:

- механизмы перманентного во времени, однократного сбора и двухэтапной верификации и редактирования данных;
- механизмы института ответственных за сопровождение информации в Системе от структурных подразделений организации (далее - ответственных);
- механизмы получения рейтинговых оценок, определяющих эффективность научно-технической и образовательной деятельности её субъектов на уровнях: персона-коллектив-организация;
- механизмы интеграции данных в Системе по основным направлениям и атрибутам, позволяющим анализировать научную и образовательную деятельность.

Наличие образовательной составляющей в рейтинговой оценке, которая используется в Системе, обусловлено важностью для науки работы по подготовке кадров специалистов для соответствующих областей знаний. Под

однократным сбором данных в контексте методологии Системы понимается ввод данных о результате деятельности одним пользователем с одновременной передачей этого результата (после его подтверждения ответственными) всем соавторам, которые участвовали в его получении. Под термином двухэтапная верификация результата, в первую очередь, понимается предварительная (на первом этапе) автоматическая его верификация во внешних по отношению к Системе базах данных, где он размещен, с одновременной «on-line» оценкой его подлинности по результатам анализа графов соавторства других формальных моделей и алгоритмов анализа [3]. На втором этапе верификации используется механизм подтверждения результата ответственным за сопровождение Системы от структурного подразделения организации, которую представляет заявитель результата. Таким образом реализуются крайне важные для библиометрии в целом механизмы «очистки» информации Системы от «дубликатов», существенно повышающих уровень её достоверности. Здесь сразу следует отметить то обстоятельство, что подготовка решений, направленных на стимулирование деятельности отдельных ученых и педагогов, не может быть реализована на основе анализа данных внешних библиометрических баз (WoS, Scopus, РИНЦ и других). Причина в объективно присутствующих в них ошибках и неточностях, наличия дубликатов и т.п., которые не могут обеспечить должный уровень доверенности и необходимого стимулирующего эффекта. Как следствие, неизбежны конфликтные ситуации, по результатам анализа таких данных. Об этом свидетельствует практика внедрения «Карта российской науки», результаты внедрения которой официально были признаны неудовлетворительными [4].

Интеграционные механизмы, которые обеспечивают систематизацию данных, необходимую для их единообразного описания в рамках принятой онтологии и хранения в базе данных Системы, заключаются в «привязке» (аффиляции) этих данных к основным атрибутам, характеризующим научную и педагогическую деятельность, включая сведения о персоне, о соавторах, о научном коллективе, структурном подразделении, о направлениях научной и педагогической деятельности, о повышении квалификации, о статусе результата в принятой системе оценок, об используемом научном оборудовании и т.п.

Основы методологии, на которой строится Система в кратком представлении определяют следующие принципы:

- Лейденские принципы [5] построения CRIS - систем («Current Research Information System»), по назначению и функциям, близких к ИАС «ИСТИНА»;
- принципы преимущественного однократного сбора данных «снизу-вверх»;
- дифференцированный по областям исследований набор индикаторов и формул расчётов рейтинговых показателей, характеризующих результаты деятельности (математика, физика, биология, философия, социология, экономика и т.п.);

- разграничение доступа к данным разной степени конфиденциальности различных групп пользователей.

К настоящему времени в Системе присутствуют следующие крупные подсистемы, реализующие интерактивные Web - приложения, поддерживающие модели и программные средства.

- Ядро Системы, «увязывающее» отношения (взаимосвязи) между базовыми понятиями наукометрии (тезаурус) с использованием механизмов среды разработки и сопровождения Системы и базы данных (СУБД ORACLE).
- Подсистема ввода, верификации и редактирования данных.
- Подсистема перманентного во времени вычисления и интерактивной, в режиме ограниченного доступа к данным, демонстрации показателей эффективности деятельности отдельных субъектов, присутствующих в Системе - рейтинговых показателей.
- Подсистема проведения конкурсных процедур различного назначения, включая
 - избрание/переизбрание на должность;
 - распределение поощрительных надбавок за активное участие в реализации тех или иных проектов и программ;
 - организацию новых научных подразделений и т.п..
- Подсистема сопровождения деятельности диссертационных советов в МГУ на всех этапах — от подачи до защиты работ на соискание ученых степеней.
- Подсистема контроля участия работников в эффективном использовании уникального научного оборудования в учебном процессе и поисковых исследованиях.
- Подсистема подготовки отчетных материалов по нормативным шаблонам в вышестоящие (исполнительные) органы управления наукой и высшим образованием.

В Системе реализованы интерфейсы, позволяющие в режиме «дружественного» взаимодействия пользователей с внешними по отношению к ИАС «ИСТИНА» системами в автоматизированном режиме обеспечить верификацию результатов деятельности, ввод данных по шаблонам документации отчетного характера в вышестоящие контролирующие органы. К таким внешним по отношению к ИАС «ИСТИНА» системам относятся:

- библиометрические системы WoS, Scopus;
- информационные системы Федеральных органов исполнительной власти;
- федеральная информационная система государственной научной аттестации;
- системы формирования отчетных материалов по формам Минобрнауки РФ;

- единая государственная информационная система учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения;
- федеральная система мониторинга результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы.

К числу задач, объективно востребованных практикой применения наукометрии в научных организациях РАН и учреждениях высшего образования, относятся перечисленные далее, которые успешно решаются в последние несколько лет в МГУ имени М.В. Ломоносова, а также в ряде других научных организациях и вузов с использованием механизмов ИАС «ИСТИНА»:

- автоматизация процедур конкурсного избрания/переизбрания работников в должности, которые предшествуют экспертизе;
- автоматизация процедур создания на конкурсной основе новых структурных подразделений, которая предшествует оценке заявок экспертной коллегией;
- автоматизация конкурсных процедур определения работников (научных и преподавателей) для представления на надбавки по результатам их деятельности;
- автоматизация конкурсных процедур определения эффективности заявок на закупки уникального оборудования научно-учебного назначения и оценки эффективности эксплуатации такого оборудования.
- автоматизация процедур сопровождения бизнес-процессов, связанных с принятием к защите диссертаций на соискание степени кандидата и доктора наук, с собственно защитой и оформлением последующих документов на утверждение.

3. Методы и средства сопровождения и развития проекта

Представляя собой прототип большой и сложно организованной (в плане архитектуры и технологической базы) системы, ИАС «ИСТИНА» для эффективной реализации проекта такого уровня критичности и масштабов требует необходимых методов и средств автоматизации процессов её сопровождения и процедур, направленных на развитие [6]. К их числу относятся перечисленные далее.

- Репозиторий исходного кода системы, процессы разработки и модификации системы поддерживаются с использованием средства GitLab, развернутого на ресурсах центра обработки данных МГУ.
- Каждый набор изменений перед вводом в эксплуатацию проходит рецензирование, что позволяет контролировать качество кода и организационные аспекты разработки.

- Приёмка каждого набора изменений сопровождается проведением предварительно согласованных тестовых испытаний, которые подтверждают базовую работоспособность системы.
- Развёрнута система поддержки пользователей на основе средства Redmine. В настоящее время поступает и обрабатывается исполнителями более 60 обращений от пользователей еженедельно.
- Мониторинг ошибок осуществляется с использованием средства FLAME собственной разработки и журнала ошибок Sentry.
- Ведётся постоянная работа по обновлению внешних программных модулей, используемых Системой. В 2017 и 2018 году, например, успешно выполнено обновление кода Системы для перехода на платформу Django с версии 1.4 до версии 1.8 и 1.11, соответственно.
- Еженедельно в эксплуатацию вводится 10-20 наборов изменений в коде системы.
- Действует регламент ввода изменений в эксплуатацию, согласно которому для каждого изменения обеспечивается
 - наличие постановки задачи с обоснованием необходимости внесения изменений;
 - рецензирование изменений;
 - покрытие модифицированного кода автоматизированным набором тестов;
 - соответствие кода требованиям к его оформлению;
 - актуальное состояние текста руководства программиста Системы.

4. Экспертно-аналитические функции и подходы к их реализации

Вопросы, которые связаны с выработкой подходов к мониторингу и с оценкой состояния дел по реализации Нац. проектов на основе использования современных прорывных технологий и систем на их основе, активно обсуждались на заседании Совета по науке и образованию при Президенте РФ от 27 ноября 2018 г.. Особое внимание на этом заседании было уделено Национальному проекту «Наука». В рамках Перечня поручений по итогам этого заседания Правительству РФ, Министерству науки и высшего образования (Минобрнауки РФ), ФБГУ «Российская академия наук» (РАН) поручено представить ряд предложений. В контексте целей настоящей статьи к их числу относятся следующие предложения:

- по единым критериям проведения экспертизы и оценки результатов фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований, осуществляемых за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета, предусмотрев, что такие критерии позволят сопоставлять эффективность расходования бюджетных ассигнований федерального бюджета и будут применяться к указанным исследованиям независимо

- от инструментов их финансирования и ведомственной принадлежности организаций, осуществляющих исследования;
- по единым требованиям к порядку формирования и утверждения государственного задания на проведение за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований, предусмотрев для органа, утверждающего такое государственное задание, возможность определять тематику указанных исследований с учетом единых критериев проведения экспертизы и оценки их результатов;
 - по организации проведения федеральным государственным бюджетным учреждением «Российская академия наук» экспертизы проектов документов стратегического планирования;
 - по созданию современной цифровой инфраструктуры для сбора, хранения и анализа научно-технической информации, а также для обмена такой информацией;
 - по дополнительным мерам, направленным на обеспечение открытости научных организаций и доступности научных данных, а также на популяризацию отечественной науки.

Одним из важнейших направлений в плане реализации перечисленных выше предложений являются модели, алгоритмы и программные средства интеллектуального анализа больших данных. Такой анализ необходим на всех этапах их жизненного цикла в Системе - от ввода и верификации до тематического, по требованиям пользователей разных уровней, анализа данных с целью принятия решений административного характера. Принятие таких решений на всех уровнях административно-управленческой иерархии должно опираться на верифицированные данные, адекватность которых должна поддерживаться возможностью их оперативной проверки, вплоть до вклада в результат отдельного ученого или педагога.

Выполнение отмеченных требований гарантируется соблюдением методологических принципов создания и разработки Системы. На этапе ввода, верификации и редактирования, при добавлении данных о публикации в Систему, например, один из авторов вносит её библиографическую ссылку, в которой содержатся инициалы его соавторов. Система должна включать механизмы, позволяющие оценить, относятся ли эти инициалы к одному из профессиональных профилей работников, зарегистрированных в ней, или необходимо создать новый профиль для автора объекта научной деятельности. Зарегистрированных профилей при этом может быть очень много. На начало 2019 года, например, в системе насчитывалось 45 профилей с инициалами «Егоров В.В.» и 89 профилей «Иванов А.В.». Поиск по точному совпадению фамилии не всегда будет работать корректно, так как для англоязычных статей возможны различные варианты написания фамилии — например, Alexandrov

или Aleksandrov, Lisitsyn или Lisitsin. Для разрешения подобной неоднозначности (дубликатов) при вводе используется анализ глобального графа соавторств в Системе. В случае, если в таком графе на небольшом расстоянии от добавляющего публикацию нашёлся профиль с похожими инициалами, то Система предлагает выбрать его. Разумеется, добавляющему показывается краткая информация о профиле автора — полное имя, места работы и соавторы, чтобы он мог убедиться в корректности выбора. Таким образом автоматизируется процесс разрешения упомянутой неоднозначности. Отметим, что подобные модели и алгоритмы активно используются в ИАС «ИСТИНА» и при разрешении неоднозначностей (появлении дубликатов) в других бизнес-процессах.

В Системе активно используется тематическая систематизация данных по заданным предметным областям (направлениям). Такая систематизация необходима для решения, например, следующих задач:

- поиск научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, экспертов по заданным предметным областям (направлениям), результатов выполнения работ по проектам;
- выявление связей между результатами деятельности, не заданными явно рубриками, классификаторами, например, с целью поиска переводов русскоязычных статей;
- расчет и сравнение рейтинговых показателей субъектов (персонала, коллективов исполнителей, структурных подразделений) по результатам выполнения ими научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по стратегически важным направлениям (критическим, прорывным технологиям и т.п.).

На этапе разработки одного из программных модулей успешно прошли тестовые испытания механизмы расчёта персонального рейтинга сотрудников научной организации в его привязке к сквозным (прорывным) технологиям (согласно классификатору НТИ) на примере квантовых технологий и генетики. В формулу расчёта рейтинга при этом включались результаты, соответствующие формальным целям Национального проекта «Наука». В первую очередь, рассматривались статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных (журналы и сборники Web of Science и Scopus), а также с повышенным весовым коэффициентом — статьи в журналах из первого и второго квартилей Web of Science.

Разработчиками ИАС «ИСТИНА» создан уникальный алгоритм и его программная реализация для определения семантической близости отдельных ключевых слов или их наборов на основании данных об их совместной встречаемости в результатах деятельности. Для улучшения качества определения таких семантических связей между объектами Системы используются методы машинного обучения. Для тех результатов деятельности,

где доступны не только ключевые слова, но и текст на естественном языке (например, аннотации статей), возможен анализ этого текста при помощи нейронных сетей, а именно - методов семейств doc2vec.

Перечисленные выше модели, алгоритмы и программные механизмы интеллектуального анализа данных позволяют по единым, хорошо формализованным критериям оценки проектов научного, научно-технического и технологического содержания получать в автоматическом режиме и формировать предварительные результаты экспертизы. Такой подход, в свою очередь, способен существенно облегчить процедуру оценки отдельным экспертам тематики проекта, хода его выполнения, а также уменьшить вероятность влияния на неё личностного фактора. При большом объеме подлежащих анализу проектов подобные механизмы очень важны.

5. Количественные показатели эффективности платформы

К настоящему времени в Системе зарегистрировано более 100 тысяч пользователей, в том числе, кроме МГУ ещё более 20 организаций, включая научные центры РАН и Минздрав РФ, университеты России. В её базе данных сведения о более чем 688 тысячах статей, 232 тысячах выступлений на конференциях, 85 тысячах учебных курсов 67 тысячах книг, 27 тысячах диссертаций, 17 тысячах НИР и о результатах других видов.

Ежедневно к Системе обращаются более 10 тысяч пользователей, из которых более тысячи — из стран ближнего (Казахстан, Беларусь, Украина и другие) и дальнего (США, Китай, Германия и другие) зарубежья.

Публикационная активность в МГУ по данным всех индексирующих центров, как российского РИНЦ, так и зарубежных, в среднем линейно растет. Это свидетельствует об эффективности и хороших перспективах решений, принятых в рамках платформы ИАС «ИСТИНА».

В присутствующей платформе есть все предпосылки для создания с использованием её механизмов еще одного российского центра индексирования различного рода публикаций, в том числе - зарубежных.

6. Заключение

Использование отмеченных выше моделей и механизмов, их программной реализации создаёт предпосылки для построения единого в масштабах России, надежно верифицированного информационного пространства для решения самых разных задач. На основе интеллектуального анализа данных этого пространства можно эффективно и в достаточно короткие сроки решать не только задачи, поставленные Национальными проектами «Цифровая экономика РФ» и «Наука», но и другие, которые могут оказаться востребованы на этом направлении в ближайшем будущем.

Литература

1. Интеллектуальная система тематического исследования научно-технической информации («ИСТИНА»). С.А. Афонин и др. Под ред. академика В.А. Садовниченко. — М.: Издательство Московского университета, 2014 г., 262 с.
2. В.А. Садовничий, В.А. Васенин. Интеллектуальная система тематического исследования наукометрических данных: предпосылки создания и методология разработки. Часть 1. // Программная инженерия. - 2018. - Том 9. - № 2. - С.51-58
3. В.А. Васенин, А.Э. Гаспарянц. Разрешение неоднозначности имен авторов: анализ публикаций. // Программная инженерия. - 2017. - Том.8. - № 6. - С.264-275
4. На скандальную «Карту российской науки потратили 450 миллионов рублей / Электронное периодическое издание «МК.ru», 2018. URL: <https://www.mk.ru/print/article/2004396/> (дата обращения: 09.04.2019)
5. Diana Hicks, Paul Wouters, Ludo Waltman, Sarah de Rijcke, Ismael Rafols. Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics. Nature, April 23, 2015 (vol.520), p.p. 429-431.
6. В.А. Васенин, М.А. Занчурин, А.С. Козицын, М.А. Кривчиков, Д.А. Шачнев. Архитектурно-технологические аспекты разработки и сопровождения больших информационно-аналитических систем в сфере науки и образования. // Программная инженерия. - 2017. - Том.8. - № 10. - С. 448-455

References

1. Intellektualnaya sistema tematicheskogo issledovaniya naukometricheskoy informatsii (“ISTINA”). Afonin S.A. et al. Under editorship of acad. Sadovnichy V.A. // Moscow, Moscow State University publishing, 2014, 262 pp.
2. Sadovnichy V.A., Vasenin V.A. Intellectual System of Thematic Investigation of Scientometrical Data: Background of Creation and Methodology of Development. Part 1. // Programmnaya Ingeneria, 2018, vol. 9, no. 2, pp. 51—58
3. Vasenin V.A., Gaspariants A.E. Author Name Disambiguation: Analysis of Publications. // Programmnaya Ingeneria, 2017, vol. 8, no. 6, pp. 264—275.
4. Na skandalnuyu “Kartu rossiyskoy nauki” potratili 450 millionov rubley / Electronnoye periodicheskoye izdanie “MK.ru”, 2018. URL: <https://www.mk.ru/print/article/2004396/> (access date: 09.04.2019)
5. Diana Hicks, Paul Wouters, Ludo Waltman, Sarah de Rijcke, Ismael Rafols. Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics. Nature, April 23, 2015 (vol.520), p.p. 429-431.
6. Vasenin V.A., Zanchurin M.A., Kozitsyn A.S., Krivchikov M.A., Shachnev D.A.

Architectural and Technological Aspects of the Development and Maintenance of Large Information Analysis Systems in the Area of Science and Education // Programmaya Ingeneria, 2017, vol. 8, no. 10, pp. 448—455.