

**В.В. ЖЕБЕЛЬ,**

ведущий специалист ФГБНУ «Дирекция НТП» Минобрнауки России, г. Москва, Россия, zhebel@isa.ru

**А.В. КОМАРОВ,**

к.т.н., заместитель руководителя отдела ФГБНУ «Дирекция НТП» Минобрнауки России, г. Москва, Россия, abkom@fcntp.ru

**К.А. КОМАРОВ,**

ведущий специалист ФГБНУ «Дирекция НТП» Минобрнауки России, г. Москва, Россия, kirill.080789@gmail.com

**К.В. ШУРТАКОВ,**

руководитель отдела ФГБНУ «Дирекция НТП» Минобрнауки России, г. Москва, Россия, shurtakov@fcntp.ru

## ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ НАУЧНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ\*

УДК 338.28, 378.4

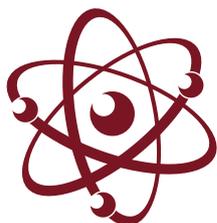
Жебель В.В., Комаров А.В., Комаров К.А., Шуртаков К.В. Программное средство для комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов (ФГБНУ «Дирекция НТП» Минобрнауки России, ул. Пресненский Вал, д. 19, стр. 1, г. Москва, Россия, 123557)

**Аннотация.** В статье описано программное средство для комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов, используемое для экспертной оценки проектов Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям научно-технологического развития России на 2014–2020 годы». Программное средство разработано на основе клиент-серверных технологий и реализовано в виде Web-системы в сети Интернет. Функционал программного средства реализует модель комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов. Представлена схема бизнес-процесса использования программного средства как исполнителями проектов для самостоятельной оценки уровня технологической готовности проекта, так и для его экспертной оценки. Программное средство может быть использовано для создания информационной системы или может быть интегрировано в существующие инструментальные системы распределенного доступа, в которых проводятся количественные оценки технологической готовности проектов.

**Ключевые слова:** программное средство, научно-технологический проект, уровень готовности технологии, индекс технологической готовности, TPRL, TRL, УГТ, модель данных.

DOI 10.22394/2410-132X-2017-4-1-58-68

**Цитирование публикации:** Жебель В.В., Комаров А.В., Комаров К.А., Шуртаков К.В. (2018) Программное средство для комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов // Экономика науки. Т. 4. № 1. С. 58–68.



### ВВЕДЕНИЕ

С момента своего появления 9-ти уровневая шкала TRL (Technology Readiness Level) рассматривалась как система измеримых показателей, поддерживающая оценку зрелости конкретной технологии, а также последовательную оценку зрелости конкретной технологии с технологиями других типов [1] (в оригинале:

© В.В. Жебель, А.В. Комаров, К.А. Комаров, К.В. Шуртаков, 2018 г.

\* Публикация выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России за счёт средств субсидии на выполнение государственного задания № 074-00522-18-02.

Technology Readiness Levels are a systematic metric/measurement system that supports assessments of the maturity of a particular technology and the consistent comparison of maturity between different types of technology). Пример подобной шкалы TRL, используемой в современной практике NASA [2], приведен в табл. 1.

Как нетрудно заметить, сама по себе шкала TRL не содержит никаких количественных значений, кроме номера уровня TRL. Проблема количественного оценивания уровней TRL была решена созданием целого класса инструментальных средств (калькуляторов) ([5], [3], [4]), которые на основе ответов пользователей на ряд вопросов в формате «Да/Нет», получали количественные оценки уровня TRL. Вопросы в них имели отношение не только к шкале готовности TRL, но и касались таких уровней

готовности, как MRL (Manufacturing Readiness Levels) и PRL (Programmatics Readiness Levels), причем в некоторых случаях анкетированные могли вводить и численные значения, которые, на их взгляд, наилучшим образом характеризовали процент завершенности работ, относящихся к конкретному вопросу. Эти калькуляторы были разработаны в среде Microsoft Excel, в силу чего получили широкое распространение, т.к. количество установленных копий этого программного продукта в мире весьма значительно, а знание MS Excel позволяет легко модифицировать калькулятор для использования в конкретной технологической сфере.

Оригинальный алгоритм количественной оценки уровня TRL (графический вид), разработанный William Nolte [5], используемый в этих инструментальных средствах приведен на рис. 1.

Таблица 1

### Характеристика уровней TRL

TRL	Definition
1	Basic principles observed and reported
2	Technology concept and/or application formulated
3	Analytical and experimental critical function and/or characteristic proof-of-concept
4	Component and/or breadboard validation in laboratory environment
5	Component and/or breadboard validation in relevant environment
6	System/subsystem model or prototype demonstration in a relevant environment (Ground or Space)
7	System prototype demonstration in a space environment
8	Actual system completed and "flight qualified" through test and demonstration (Ground or Flight)
9	Actual system "flight proven" through successful mission operations

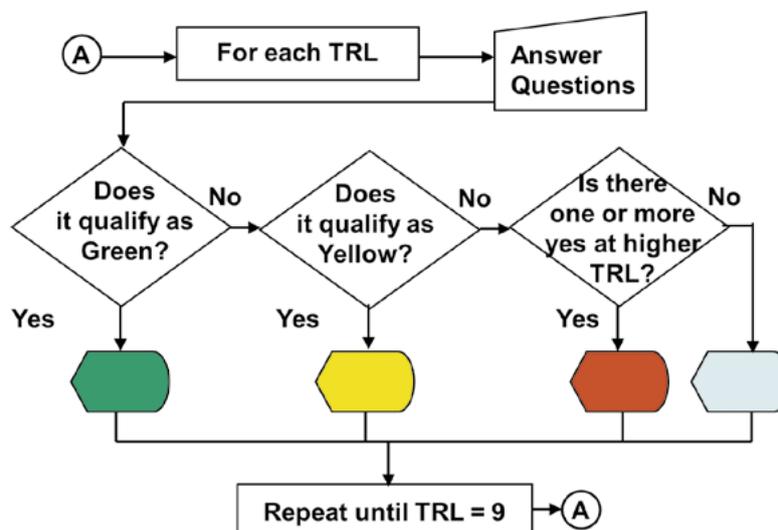


Рис. 1. Алгоритм оценки уровня TRL

В графическом представлении алгоритма использованы зеленый, желтый, красный и голубой цвета, их обозначения приведены в *табл. 2*.

Алгоритм, приведенный на *рис. 1*, описывает циклическую процедуру ответов на вопросы анкет, относящихся к разным уровням TRL от 1-го до 9-го уровня.

Анализируя подобные калькуляторы, можно увидеть их основные недостатки, ограничивающие их применение в современной практике комплексной научно-технологической оценки инновационных проектов:

- они предназначены только для оценивания одной технологии и не позволяют оценить технологическую готовность комплексного проекта;
- они являются индивидуальными инструментальными средствами и не обладают возможностями для коллективной (распределенной) работы;
- они не предназначены для проведения экспертной оценки достигнутых результатов с точки зрения оценки качества результатов и сведений, их подтверждающих;
- они предназначены для решения узкоотраслевых задач, т.е. не являются универсальными;
- несмотря на то, что пользователь может ввести при расчете численное значение процента завершения для некоторых работ, как показано в [6], результаты расчета не только уровня готовности TRL, но также уровня готовности производства (MRL) и программ (PRL) напрямую не зависят от процента выполнения работ.

Частично эти недостатки были устранены в модифицированных калькуляторах TRL, таких, например, как в калькуляторе, представленном

в [7], а также в отечественном калькуляторе TR повышенной точности [8]. Отечественный калькулятор TR лег в основу т.н. устройства с сетевым доступом для расчета и мониторинга готовности технологий, созданного базе портала Microsoft Sharepoint Server, обеспечивающего коллективную работу с заполненными файлами MS Excel, содержащими калькуляторы, созданные на базе одинакового шаблона, для различных технологий.

Известны также инструментальные решения оценки уровней готовности технологии, разработанные на основе Интернет-технологий, в частности, это такие системы как CCSI Technology Readiness Levels Likelihood Model [9] и система оценки TRL [10], созданная средствами корпоративного портала Alfresco. Однако и эти системы не смогли устранить все указанные выше недостатки. Они являются системами ограниченного доступа, адаптированы для оценки технологий в конкретных отраслях и не предназначены для проведения экспертных оценок проектов напрямую.

Как было показано в работе [11], в которой описана методология TPRL (Technology Project Readiness Level), для полноценного описания проекта необходимо использовать не только шкалы TRL и MRL, но и такие ценности проекта, как:

- Инженерная готовность (ERL);
- Организационная готовность (ORL);
- Преимущества и риски (BRL);
- Рыночная готовность и коммерциализация (CRL).

Развитием данной методологии послужила разработка модели комплексной оценки технологической готовности [12], обладающей следующими чертами:

Таблица 2

### Цвета, используемые в калькуляторе TRL

Цвет	Описание
Голубой	Данные для этого уровня (а также для уровня выше) не введены
Красный	Некоторые данные для этого уровня (а также для уровня выше) были введены, но их недостаточно, чтобы сделать вывод о достижимости данного уровня
Желтый	Остаются еще вопросы, на которые не были получены ответы для данного уровня (а также уровня ниже), но их важность не влияют на вывод о достижимости данного уровня
Зеленый	Уровень достигнут

- модель использует адаптированную 9-ти уровневую шкалу оценки TRL;
- модель имеет универсальную структуру, что означает, что в зависимости от информационного наполнения, программное средство может настраиваться на оценку проектов в различных технических дисциплинах и разделах науки;
- модель максимально полно и точно учитывает современные технологии и стандарты разработки с учетом жизненного цикла инновационного проекта (ГОСТ Р серии 1, ГОСТ серии 2, ГОСТ серии 3, ГОСТ 4, ГОСТ 14, ГОСТ 15, ГОСТ 17, ГОСТ 19, ГОСТ 20, ГОСТ 24, ГОСТ 27, ГОСТ 28, ГОСТ 29, ГОСТ 40, ГОСТ 50, и т.п.);
- модель имеет встроенную систему подтверждения определения уровня технологической готовности, выстроенную на основе т.н. маркеров;
- модель содержит инструменты для самостоятельной оценки, проводимой разработчиками (далее самооценка) и экспертной оценки, осуществляемой независимой третьей стороной, причем эти инструменты используют единую информационную базу и механизмы работы с ней;
- модель включает критерии и показатели для оценки уровня технологической готовности, содержание которых максимально формализовано, что позволяет исключить неоднозначное понимание характеристик различных уровней технологической готовности;
- модель проводит комплексную оценку уровня технологической готовности с учетом характеристик различных уровней готовности, входящих в TPRL [11];
- расчет численных показателей модели основан на экспертной оценке качества подтверждающей информации о результатах проектах, представленной в документации по проекту;
- модель позволяет организовать мониторинг результативности и хода выполнения проектов в рамках текущего уровня технологической готовности проекта на малых временных интервалах или же рейтингования проектов при принятии решений на предоставление им поддержки.

Перечисленные выше характеристики модели комплексной оценки технологической готовности проектов не только устраняют все недостатки, присущие используемым для количественной оценки уровня TRL инструментальным средствам, но и создают новые возможности для оценки проектов, и именно поэтому программная реализация модели привела к созданию программного средства для комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов.

### **1. Технические и архитектурные особенности программного средства**

Программное средство реализовано в форме Web-приложения, размещенного в сети Интернет, доступ к которому осуществляется по протоколу HTTP. Структура программного средства представлена на *рис. 2*.

Сервер IIS (Internet Information Server) обеспечивает размещение программной части Web-сервера программного средства и доступ к ней в сети Интернет.

Web-сервер реализует функциональность программного средства.

Сервер БД реализует инфологическую модель модели комплексной оценки технологической готовности проекта, основными структурными элементами которой являются следующие информационные элементы [12]:

- уровень технологической готовности (TRL);
- показатели уровня технологической готовности (A);
- характеристики показателя уровня технологической готовности (H);
- результат для определения характеристики показателя уровня технологической готовности (R);
- свидетельства, подтверждающие достижение результата (F);
- документы (D), содержащие свидетельства.

В качестве основной технологии для разработки Web-сервера была использована технология ASP.Net MVC, которая обладает следующими отличительными возможностями:

- использование .Net Framework значительно ускоряет процесс разработки и повышает

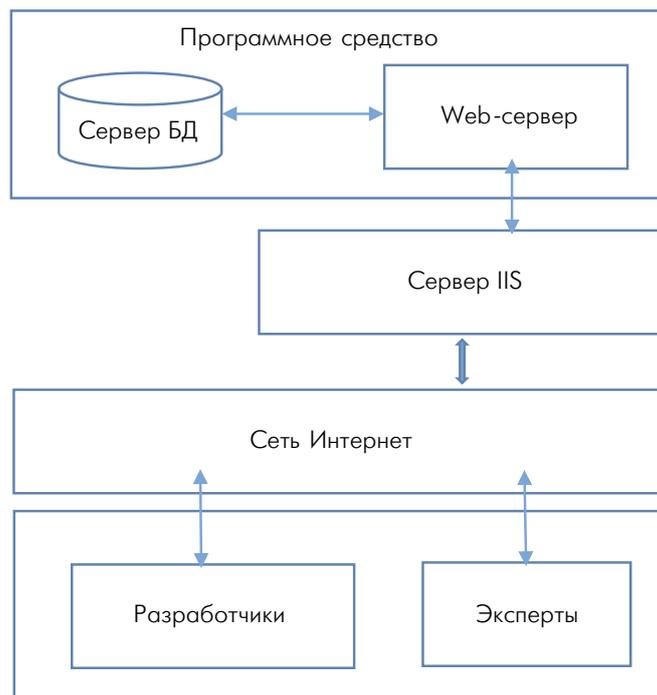


Рис. 2. Схема программного средства

надёжность ресурса, используемая в рамках .Net Framework среда CLR зарекомендовала себя с точки зрения защиты памяти;

- исходный код ресурса проходит компиляцию, что значительно повышает конечную производительность ресурса в сравнении с интерпретируемыми языками и технологиями;
- ASP.Net MVC обладает встроенной поддержкой AJAX;
- данная технология позволяет структурно разделить данные, управляющий код и отображения (или представления), что значительно упрощает процесс модернизации системы, а также позволяет добиться эффекта «чистого кода».

Интерфейс взаимодействия с сервером БД создан на основе ADO.Net Entity Framework, который является ORM (object-relational mapping) решением в рамках .Net Framework.

Для реализации представлений (внешнего вида динамически формируемых страниц), нами были использованы следующие технологии:

- движок представлений Razor, который предоставляет компактный и гибкий синтаксис шаблонов страницы представления ресурса;

- JavaScript библиотека JQuery, фокусирующаяся на взаимодействии JavaScript и HTML и значительно уменьшающая время разработки адаптивной интерактивной вёрстки;
- свободно распространяемый пакет инструментов Twitter Bootstrap, значительно упрощающий процесс проектирования и реализации адаптивного веб-интерфейса ресурса;
- AJAX для реализации асинхронного взаимодействия веб-интерфейса и сервера. В качестве формата разметки данных при этом был использован JavaScript Object Notation (JSON).

Сервер БД разработан в среде СУБД MS SQL Server, позволяющей создавать высокопроизводительные масштабируемые БД в высоконагруженных распределенных системах и обладающей такими отличительными чертами, как:

- поддержка БД практически неограниченного размера;
- повышенная эффективность работы в семействе операционных систем Windows;
- чрезвычайно высокие показатели скорости обработки транзакций;

- встроенные возможности построения кластеров БД;
- дружественная среда разработки;
- наличие процедурного расширения языка SQL – Transact-SQL;
- расширенные возможности интеграции с приложениями, использующими в качестве технологической платформы .Net Framework.

Структура БД, содержащая таблицы и отражающая связи между ними, представлена на *рис. 3*.

## 2. Основная функциональность программного средства

Основная функциональность программного средства определяется возможностями модели комплексной оценки технологического уровня проектов по проведению самооценки и экспертной оценки технологического уровня проекта, обобщенная модель бизнес-процессов которых показана на *рис. 4*.

Первым шагом рассматриваемого бизнес-процесса является создание исполнителем проекта в БД нового проекта (блок **И1** на *рис. 2*), который может содержать в своем

составе несколько технологий, в отношении которых нужно провести оценку, т.е. в рамках программного средства любой проект рассматривается как комплексный проект, содержащий несколько технологий.

Расчет значения TRL такого проекта осуществляется на основе подхода, аналогичному подходу, изложенному в [13]. Создавая проект, состоящий из нескольких технологий, исполнитель для каждой из них должен определить ее важность (вклад) с точки зрения проекта в целом в соответствии с *табл. 3*.

Как именно рассчитывается значение уровня технологической готовности для проекта, состоящего из нескольких технологий, покажем далее.

Забегая вперед, отметим, что одним из полей таблицы Checks (см. *рис. 2*), содержащей информацию о проверке уровня TRL для выбранной технологии, является поле Created, содержащее дату проведения проверки. Это дает возможность для создания системы мониторинга динамики уровня технологической готовности проекта как каждой входящей в проект технологии, так и проекта в целом

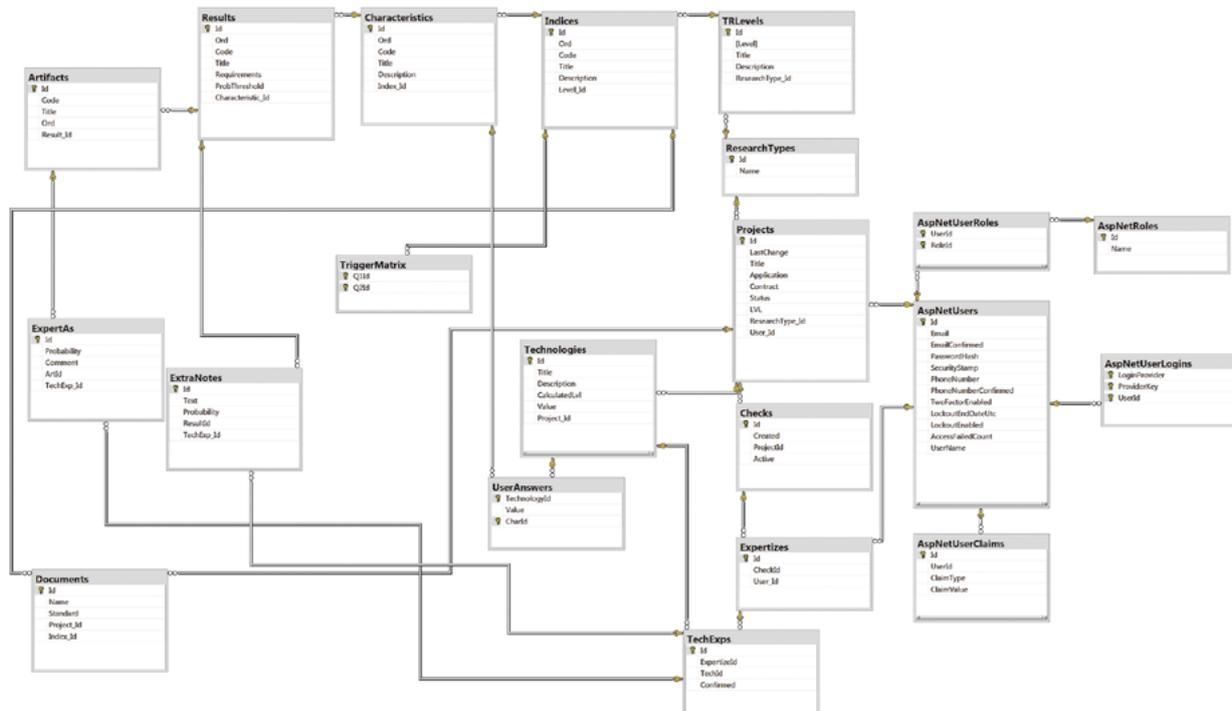
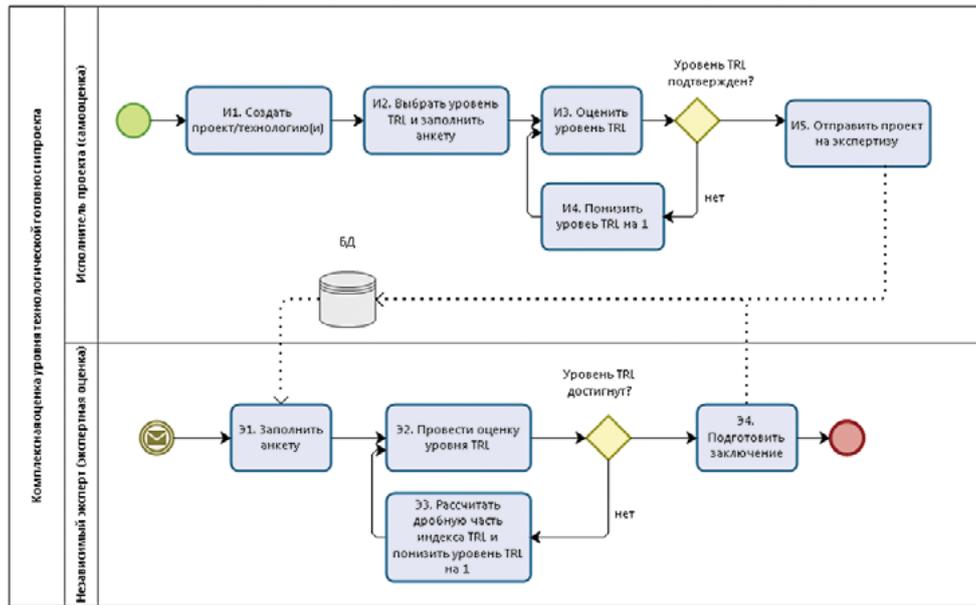


Рис. 3. Схема БД программного средства



**Рис. 4. Модель бизнес-процессов, реализуемых при самооценке и экспертной оценке технологического уровня проектов**

во время его выполнения в рамках программного средства.

Блок **И2** аккумулирует процедуры, связанные с заполнением анкеты в отношении характеристик показателей выбранного исполнителем проекта уровнем TRL, достижение которого он собирается подтвердить. Фрагмент анкеты для самооценки проекта показан на *рис. 5*.

В блоке И3 в соответствии с правилами определения показателей уровня TRL, определенными в модели комплексной оценки технологического уровня проекта, производится расчет их численных значений. Напомним, что для того, чтобы можно было

утверждать, что определенный уровень TRL достигнут, необходимо, чтобы значение каждого из них было равно 1. Если же значение хоть одного из показателей выбранного уровня TRL окажется равным 0, то программное средство предложит исполнителю проекта понизить подтверждаемый уровень TRL на 1 (блок **И4**). В этом случае исполнитель должен будет ответить на вопросы анкеты для нового подтверждаемого им уровня TRL (блок И3). Как только уровень TRL будет подтвержден, программное средство сформирует исполнителю рекомендации по составу документов с описанием результатов проекта, а также к формам их представления, заданными на

*Таблица 3*

### Коэффициенты важности технологии

Коэффициент важности (С)		Значение
Значимость	Значение	
Высокая	3	Технология определяет основную функциональность продукта и не может быть заменена с сохранением его работоспособности
Средняя	2	Технология играет решающую роль в функциональности продукта, однако существуют решения, которые могут быть использованы вместо нее для обеспечения работоспособности продукта
Низкая	1	Технология повышает производительность, эффективность и т.д. и т.п., однако существуют альтернативные решения, одно из которых может быть использовано как ее замена

Уровни технологической готовности

Мои проекты  
Заявки  
Заявки на проверке  
Пользователи  
Анкеты  
Реестр проектов

### Анкета для проверки 2 уровня TRL

Пожалуйста, ответьте на следующие вопросы, чтобы проверить, что технология соответствует заявленному уровню.

Сформулированы предполагаемые критические преимущества продукта для потребителя и наиболее перспективные области его применения ?

Характеристика

Поиск и анализ информации по открытым источникам НИТИнф аналогов технологий, продуктов/услуг, производимых/оказываемых на основе существующих аналогов технологий, их владельцев и производителей

Проведен подробный анализ НТД/НИТИнф на аналогичные решения, в т.ч. в смежных областях ?  Да  Нет

Выбраны и описаны численно критические элементы технологии, обеспечивающие решение, востребованное потенциальным потребителем ?  Да  Нет

Определены численные целевые значения критических элементов технологии ?  Да  Нет

Построены аналитические/эмпирические модели, проведены численные оценки (моделирование), результаты показали возможность реализации ?  Да  Нет

Рис. 5. Фрагмент анкеты для самооценки проекта

этапе первоначальной настройки программного средства в рамках комплексной модели оценки технологической готовности проектов, которые он должен представить для подтверждения уровня TRL. Результаты оценки будут помещены в БД, а пользователи системы с функциональной ролью «эксперт» получат сообщения, что в БД появилась новая оценка уровня TRL.

Оценивая качество результатов, представленных в документах по проекту, эксперт отвечает на вопросы анкеты (блок Э1), фрагмент которой представлен на рис. 6.

Нажимая на одну из кнопок – «Полностью подтверждено», «Подтверждено не полностью», «Не подтверждено» – в качестве одного из ответов, эксперт тем самым задает значения вероятностной характеристики, характеризующей качество свидетельства, представленного

в материалах проекта для доказательства получения определенного результата. Отметим, что, если в качестве ответа выбраны варианты «Подтверждено не полностью» или «Не подтверждено», эксперт должен будет дать комментарии, почему он сделал такой выбор.

После заполнения экспертом анкеты происходит автоматическая оценка достижимости уровня TRL, указанного исполнителем проекта (рис. 7).

Если уровень не достигается (с учетом проверки с использованием матрицы маркеров, настраиваемой на этапе первоначальной настройки программного средства (рис. 8)), то определяется дробная часть индекса технологической готовности (см. [12]), значение оцениваемого уровня понижается автоматически на 1, а процедура экспертной оценки повторяется до тех пор, пока один из уровней TRL не

Построены аналитические/эмпирические модели, проведены численные оценки (моделирование), результаты показали возможность реализации ?

Результат	Свидетельства	Требования
Описание моделей (аналитических/эмпирических)/алгоритмов, используемых для проверки критических элементов технологии/продукта	<ul style="list-style-type: none"> <li>Описание моделей и алгоритмов для проведения проверки физических методов и характеристик</li> </ul> <p>Полностью подтверждено</p> <p>Подтверждено не полностью</p> <p>Не подтверждено</p> <p>Дополнительные свидетельства:</p> <p>Добавить свидетельство</p>	1.Д.б. представлено в отчете по НИР 2.М.б. представлены в публикациях

Рис. 6. Фрагмент анкеты для экспертной оценки проекта

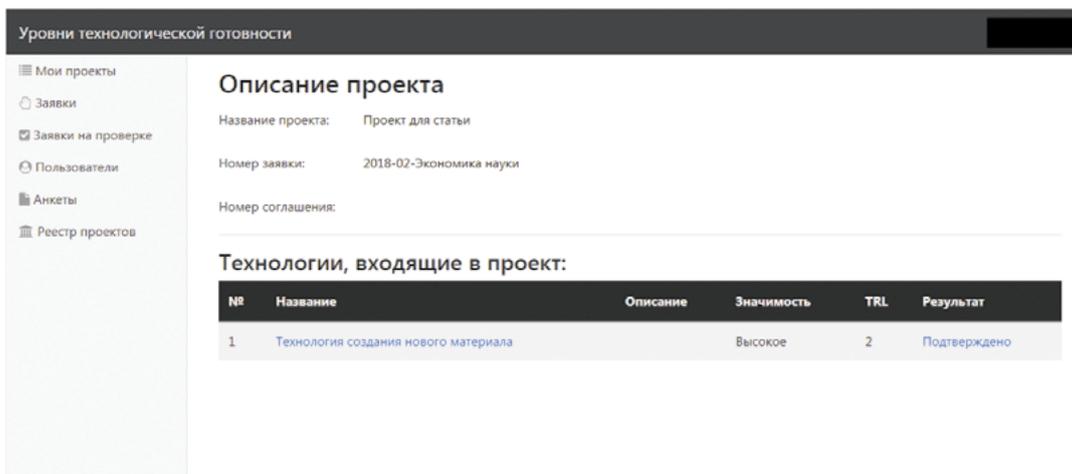


Рис. 7. Страница с результатами автоматической оценки достижимости уровня TRL

будет подтвержден, после чего будет сформировано экспертное заключение. По окончании процедуры экспертного оценивания значение уровня TRL, подтвержденное экспертом, будет доступно для исполнителя проекта. Очевидно, что подтвержденное экспертом значение уровня TRL может оказаться ниже того значения, которое получил исполнитель проекта во время проведения процедуры самооценки.

Покажем теперь, каким образом рассчитывается численное значение уровня TRL. Предполагая, что каждая  $i$ -я технология проекта характеризуется коэффициентом важности  $C_i$ , для расчета уровня TRL комплексного проекта по значениям  $TRL_i$  в программном средстве используется формула:

$$TRL = \frac{\sum TRL_i \times C_i}{\sum C_i} \quad (1)$$

Если, например, в проекте указаны 3 технологии, текущая оценка уровня TRL каждой из них равна 1, 3 и 4, а коэффициенты важности 3, 2 и 1 соответственно, то итоговая оценка уровня TRL такого проекта будет равна:

$$TRL = \frac{1 \times 3 + 3 \times 2 + 4 \times 1}{3 + 2 + 1} = 2.17 \quad (2)$$

Выражение (1) демонстрирует значимость для окончательной оценки уровня TRL комплексного проекта коэффициента важности каждой из входящих в проект технологий.



Рис. 8. Режим настройки матрицы маркеров программного средства

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье описано программное средство для количественной оценки уровня технологической готовности инновационных научно-технологических проектов, основная функциональность которого основана на преимуществах, предоставляемых моделью для комплексной оценки технологической готовности проектов.

Использование данного программного средства во время подготовки проекта к конкурсным процедурам и в ходе выполнения проекта позволит проводить обоснованные

оценки уровня технологической готовности проектов, выполняющихся в различных программах поддержки, реализуемых различными институтами поддержки, для принятия обоснованных управленческих решений.

Решения, принятые при разработке программного средства, позволяют, как создавать на его основе полноценные информационные системы, так и интегрировать его в существующие информационные системы, предназначенные для обработки информации о научно-технологических проектах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Mankins J.C.* (1995) Technology readiness levels / Advanced Concepts Office of Space Access and 1995. <https://www.colorado.edu/ASEN/asen3036/TECHNOLOGYREADINESSLEVELS.pdf>.
2. *Hirshorn S., Sharon J.* (2016) Final Report of the NASA Technology Readiness Assessment (TRA) Study Team / NASA. 63 p.
3. TRL Worksheet – NASA ESTO (2017) / NASA. [https://esto.nasa.gov/files/TRL\\_Worksheet\\_11-30-10.xls](https://esto.nasa.gov/files/TRL_Worksheet_11-30-10.xls).
4. TRL/CRL Calculator (2018) / NYSEDA Portal. <https://portal.nyserda.ny.gov/servlet/servlet.FileDownload?file=00P0000004FyRNEAO>.
5. *William L., Nolte P.E.* (2003) CQE Sensors Directorate Air Force Research / Technology Readiness Level Calculator NDIA Systems Engineering Conference. 20.10.2003.
6. *Дмитренко И.П., Гуляева Е.М.* (2015) Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития современного общества (материалы XVI международной научно-практической конференции) / Устройство с сетевым доступом для расчета и мониторинга готовности технологий. Москва. С. 38–51.
7. *Altunok T., Cakmak T.* (2010) A technology readiness levels (TRLs) calculator software for systems engineering and technology management tool // Journal Advances in Engineering Software. V. 41. № 5. P. 769–778.
8. *Дмитренко И.П., Криворученко В.С.* (2015) Калькулятор готовности технологий (TR) / Материалы IV Международной научно-практической конференции «Общество, наука, инновации». Москва.
9. *Engel D.W., Dalton A.C., Sivaramakrishnan C., Lansing C.* (2013) CCSI Technology Readiness Levels Likelihood Model (TRL-LM) User's Guide / Pacific Northwest National Laboratory. [https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical\\_reports/PNNL-22374.pdf](https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-22374.pdf).
10. *Engel D.W., Dalton A.C.* (2014) TRL Computer System User's Guide / Pacific Northwest National Laboratory. [https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical\\_reports/PNNL-23149.pdf](https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-23149.pdf).
11. *Петров А.Н., Сартори А.В., Филимонов А.В.* (2016) Комплексная оценка состояния научно-технических проектов через уровень готовности технологий // Экономика науки. Т. 2. № 4. С. 244–260.
12. *Комаров А.В., Петров А.Н., Сартори А.В.* (2018) Модель комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов // Экономика науки. Т. 4. № 1. С. 47–57.
13. *Hicks B., Larsson A., Culley S., Larsson T.* (2009) A Methodology for Evaluating Technology Readiness During Product Development / International Conference of Engineering Design. Stanford, USA. V. 3. P. 157–168.

## REFERENCES

1. *Mankins J.C.* (1995) Technology readiness levels / Advanced Concepts Office of Space Access and 1995. <https://www.colorado.edu/ASEN/asen3036/TECHNOLOGYREADINESSLEVELS.pdf>.
2. *Hirshorn S., Sharon J.* (2016) Final Report of the NASA Technology Readiness Assessment (TRA) Study Team / NASA. 63 p.
3. TRL Worksheet – NASA ESTO (2017) / NASA. [https://esto.nasa.gov/files/TRL\\_Worksheet\\_11-30-10.xls](https://esto.nasa.gov/files/TRL_Worksheet_11-30-10.xls).

4. TRL/CRL Calculator (2018) / NYSERDA Portal. <https://portal.nysesda.ny.gov/servlet/servlet.FileDownload?file=00P10000004FyRNEA0>.
5. William L., Nolte P.E. (2003) CQE Sensors Directorate Air Force Research / Technology Readiness Level Calculator NDIA Systems Engineering Conference. 20.10.2003.
6. Dmitrienko I.P., Gulyaeva E.M. (2015) Integration of science and practice as a mechanism for the effective development of modern society (Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference) / Device with network access for calculating and monitoring of technology readiness. Moscow. C. 38–51.
7. Altunok T., Cakmak T. (2010) A technology readiness levels (TRLs) calculator software for systems engineering and technology management tool // Journal Advances in Engineering Software. V. 41. № 5. P. 769–778.
8. Dmitrienko I.P., Krivoruchko V.S. (2015) Technology Readiness Calculator (TR) / Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference: Society, Science, Innovations. Moscow.
9. Engel D.W., Dalton A.C., Sivaramakrishnan C., Lansing C. (2013) CCSI Technology Readiness Levels Likelihood Model (TRL-LM) User's Guide / Pacific Northwest National Laboratory. [https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical\\_reports/PNNL-22374.pdf](https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-22374.pdf).
10. Engel D.W., Dalton A.C. (2014) TRL Computer System User's Guide / Pacific Northwest National Laboratory. [https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical\\_reports/PNNL-23149.pdf](https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-23149.pdf).
11. Petrov A.N., Sartory A.V., Filimonov A.V. (2016) Comprehensive assessment of the status scientific and technical projects using Technology Project Readiness Level // The Economics of Science. V. 2. № 4. P. 244–260.
12. Komarov A.V., Petrov A.N., Sartory A.V. (2018) The model of integrated assessment of technological readiness of innovative scientific and technological projects // The Economics of Science. V. 4. № 1. C. 47–57.
13. Hicks B., Larsson A., Culley S., Larsson T. (2009) A Methodology for Evaluating Technology Readiness During Product Development / International Conference of Engineering Design. Stanford, USA. V. 3. P. 157–168.

#### UDC 338.28, 378.4

Jebel' V.V., Komarov A.V., Komarov K.A., Shurtakov K.V. **Software for integrated assessment of technological readiness of innovative scientific and technological projects** (Directorate of State Scientific and Technical Programmes, Presnensky Val Street, 19, building 1, Moscow, Russia, 123557)

**Abstract.** The article describes a software tool for the integrated assessment of technological readiness of innovative scientific and technological projects used for expert evaluation of the projects of the Federal Target Program «Research and Development in Priority Areas of Russia's Scientific and Technological Development for 2014–2020». The software is developed on the basis of client-server technologies and implemented as a Web-system in the Internet. The functionality of the software implements a model of integrated assessment of technological readiness of innovative scientific and technological projects. The scheme of the business process of using the software as by the executors of projects for an independent assessment of the level of technological readiness of the project, and for its expert evaluation is presented. The software can be used to create an information system or can be integrated into existing distributed access tool systems in which quantitative assessments of the technological readiness of projects are carried out.

**Keywords:** software, scientific and technological project, level of technological readiness, index of technological readiness, TPRL, TRL, LTR, data model.