

**Д.И. СУНЦОВА,**

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: darysunt@gmail.com)

**В.А. ПАВЛОВ,**

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: viktor.pavlov.1998@list.ru)

**З.В. МАКАРЕНКО,**

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: 337857@niuitmo.ru)

**П.П. БАХОЛДИН,**

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: bakholdin@niuitmo.ru)

**А.С. ПОЛИЦИНСКИЙ,**

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: dojomen4ik@yandex.ru)

**А.С. КРЕМЛЕВ,**

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: kremlev\_artem@mail.ru)

**А.А. МАРГУН,**

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: alexeimargun@gmail.com)

## РАЗРАБОТКА TELEGRAM-БОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ГОТОВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ»

УДК: 338.28, 004.4

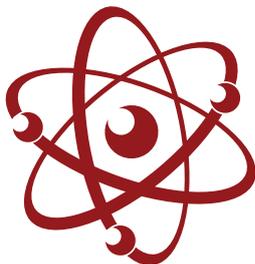
<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-22-30>

**Аннотация:** В статье предложен Telegram-бот для автоматизации процесса оценки уровня готовности технологии. Представлены блок-схемы, отражающие алгоритм работы бота, и изображения, демонстрирующие внешний вид его интерфейса. Для подтверждения корректной работы Telegram-бота взят случайный проект, выделены его основные характеристики, и на их основе двумя способами сделан вывод об уровне готовности технологии: путем экспертной оценки в соответствии с национальным стандартом и с помощью бота, запущенного на персональном компьютере с операционной системой Windows и на мобильном устройстве с операционной системой Android. При равных входных данных заключение об уровне готовности технологии, полученное на выходе алгоритма, совпадает с результатом экспертной оценки. Предлагается использовать Telegram-бот в качестве источника второго мнения об уровне технологической готовности проекта.

**Ключевые слова:** *Technology Readiness Level, калькулятор TRL, уровень готовности технологии, инновационный проект, экспертная оценка*

**Благодарность:** работа поддержана проектом «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем» (№ 620164).

**Для цитирования:** Сунцова Д.И., Павлов В.А., Макаренко З.В., Бахолдин П.П., Полицинский А.С., Кремлев А.С., Маргун А.А. Разработка Telegram-бота «Определение уровня готовности технологии». *Экономика науки.* 2022; 8(1):22-30. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-22-30>



© Д.И. Сунцова, В.А. Павлов,  
З.В. Макаренко, П.П. Бахолдин,  
А.С. Полицинский,  
А.С. Кремлев, А.А. Маргун,  
2022 г.

### ВВЕДЕНИЕ

Стратегия научно-технологического развития России [1] ставит задачу повышения конкурентоспособности как на государственном уровне, так и для частных компаний. Одним из средств обеспечения преимущества в сфере новых технологий служат инновационные проекты. Однако реализация технологических инноваций всегда сопряжена с рисками, поскольку невозможно с абсолютной точностью предсказать успешность результатов того или иного проекта. Чтобы оценить и минимизировать риски, разрабатываются различные программы, методики, бизнес-стратегии [2–8]. В частности, в работах [3–8] описываются подходы к применению предложенной NASA шкалы уровней готовности технологии TRL (Technology Readiness Level) [9].

Метрика TRL (в отечественной литературе может также обозначаться как УПТ-уровень готовности технологии) предназначена в первую очередь для оценки достигнутых результатов проекта, но может также применяться при планировании этапов разработки, необходимых ресурсов, контрольных точек с целью уменьшения стоимости работ, их продолжительности и риска незавершения в срок.

Для оценки уровня TRL разрабатываются автоматизированные средства – калькуляторы. Известны инструменты на базе программного продукта Microsoft Office Excel и на базе свободно распространяемого пакета программ OpenOffice, к которым относятся разработанный исследовательской лабораторией BBC США AFRL TRL, калькулятор NASA TRL (рисунк 1) [10], калькуляторы уровней готовности технологий повышенной точности [11, 12]. Указанные инструменты решают проблему автоматизации подсчета численных значений показателей готовности технологии и позволяют сохранять результаты опроса по указанному проекту, но обладают недружелюбным, интуитивно непонятным интерфейсом и требуют установки дополнительного программного обеспечения.

В калькуляторе, созданном IMATEC как веб-сайт (рисунк 2) [13], оценка TRL происходит поэтапно. Сначала пользователь загружает или создает на сайте свой проект, отмечая существующие стадии и документы. После этого появляется возможность провести оценку TRL проекта путем прохождения опроса, в котором без положительного ответа невозможен переход с более низкой стадии на более высокую, таким образом исключается присвоение заведомо ложновысокого уровня готовности технологии. Несмотря на свою простоту, предложенное решение недоступно для широкой аудитории из-за языкового барьера: сайт существует только на португальском языке, без знания которого многие инструкции неочевидны.

В варианте калькулятора, написанном на языке программирования C# и использующем базы данных Microsoft SQL Server [14], была достигнута большая точность определения TRL, однако указанный инструмент адаптирован для использования в программах оборонной промышленности и не является универсальным. Разрабатываются калькуляторы на основе клиент-серверных технологий [15] с целью проведения комплексной оценки

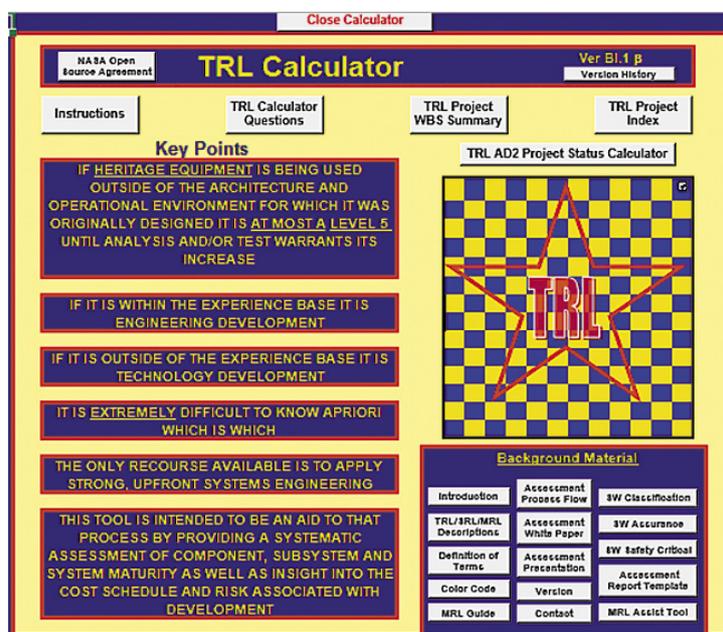


Рисунок 1. Вид стартового окна TRL Calculator Ver BI.1 beta

Источник: DAU Tools

## Criar Novo Produto

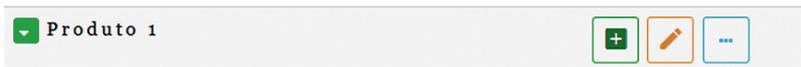


Рисунок 2. Интерфейс онлайн-калькулятора IMATEC

Источник: IMATEC lite

технологической готовности проекта в целом, включая каждую входящую в него технологию.

Низкий уровень осведомленности о существующих программных решениях по автоматизации оценки уровня TRL, а также недостатки этих калькуляторов являются причиной того, что на практике определение уровня технологической готовности проекта осуществляется обычно экспертным методом [16]. Так, стандарт [17] предлагает опросник, содержащий в общей сложности 274 показателя готовности технологии. От эксперта требуется дать оценку в процентах, насколько соответствует состояние рассматриваемой технологии каждому показателю, относящемуся к виду данной технологии и выбранной области анализа. Таким образом, несмотря на четко определенные методическим документом показатели, решение о соответствии или несоответствии технологии конкретному уровню готовности остается субъективным, поскольку опирается на слабо формализованные знания конкретных людей.

Административные сложности, связанные с формированием рабочей группы специалистов для проведения экспертизы [18], большие трудовые и временные затраты на проведение оценки уровня TRL вручную и недочеты существующих программных решений в этой области делают актуальной задачу разработки альтернативного инструмента для автоматизации проверки готовности технологии. В настоящей работе предлагается калькулятор TRL на базе мессенджера Telegram. Такая реализация алгоритма в отличие от существующих решений позволяет пользователям проводить оценку технологии в любой момент, когда это необходимо, без привязки к рабочему месту со специальным программным обеспечением. Ни один из существующих на данный момент

калькуляторов TRL не предполагает возможности полноценной работы с мобильного устройства, и эта проблема решается предлагаемой разработкой. Наконец, по сравнению с практикуемым экспертным подходом время, затраченное на определение уровня TRL, с помощью Telegram-бота будет существенно сокращено.

### ОПИСАНИЕ TELEGRAM-БОТА ДЛЯ ОЦЕНКИ TRL

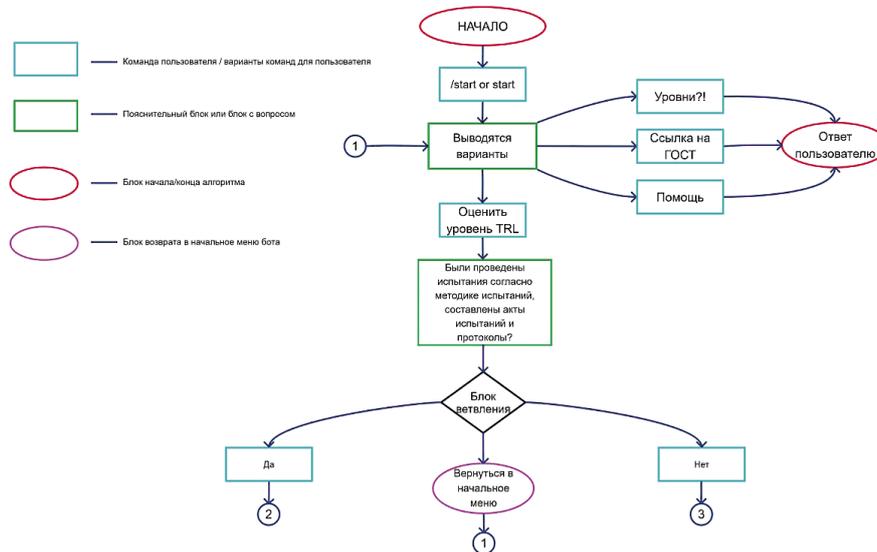
Алгоритм бота (рисунки 3–5) выполнен в соответствии со стандартами [19] и [20], которые устанавливают общие положения разработки концепции изделия и технологий в условиях проектного управления созданием продукта на начальной стадии его жизненного цикла. В отличие от основных аналогов логика приложения построена на системе «вопрос – ответ», а не на методе сравнения оценок. Метод сравнения оценок заключается во внесении пользователем данных о готовности этапов проекта или прохождении дополнительного опроса. Система «вопрос – ответ» подразумевает прохождение пользователем нескольких вопросов, ответы на которые служат основанием для вывода об уровне готовности технологии.

Согласно таблице А.1 стандарта [19], существует девять уровней готовности технологии. TRL-бот с помощью ключевых вопросов, задаваемых пользователю, оценивает, на каком уровне сейчас находится проект, а также дает подсказку о том, каких документов или испытаний не хватает для перехода на следующий уровень. При необходимости пользователь может получить ссылку на указанный ранее стандарт, нажав в главном меню на кнопку «Ссылка на ГОСТ». В случае если пользователю требуется информация о шкале

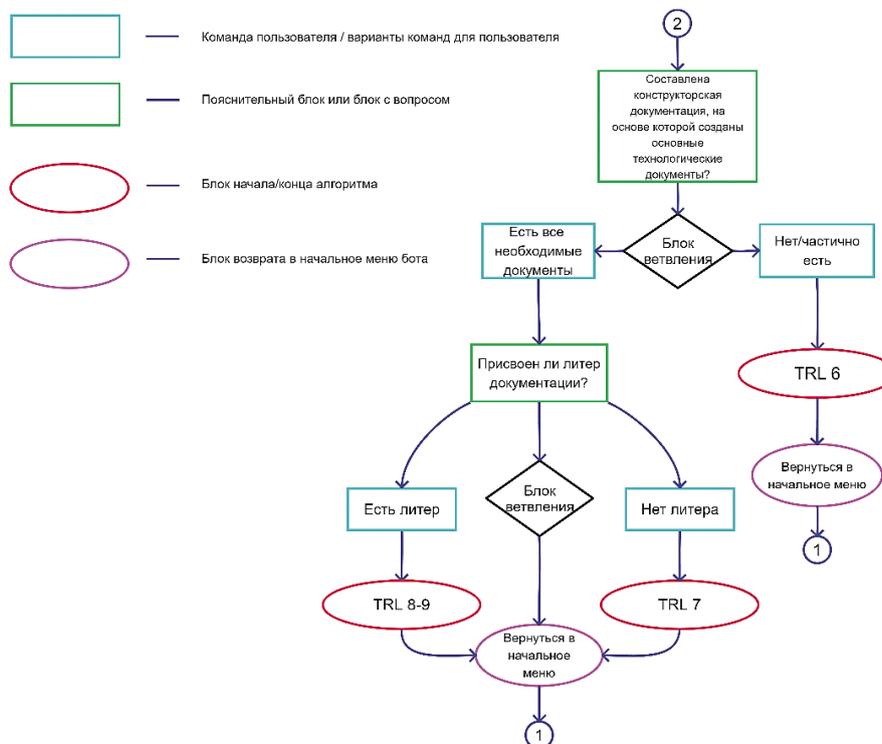
технологической готовности, ему достаточно нажать на кнопку «Уровни TRL?». Чтобы получить помощь по использованию бота, необходимо в главном меню нажать на кнопку «Помощь/инструкции». Для активации процесса оценивания готовности технологии по принципу «вопрос – ответ» нужно нажать на

кнопку «Оценить уровень TRL». При необходимости можно перейти в главное меню (рисунк 6), нажав на кнопку «Вернуться в начальное меню».

Ниже представлен пример использования бота (рисунк 7). Вопросы алгоритма направлены на то, чтобы установить факт проведения



Рисунк 3. Блок-схема главной ветви алгоритма TRL-бота



Рисунк 4. Блок-схема 2-ой ветви алгоритма работы TRL-бота

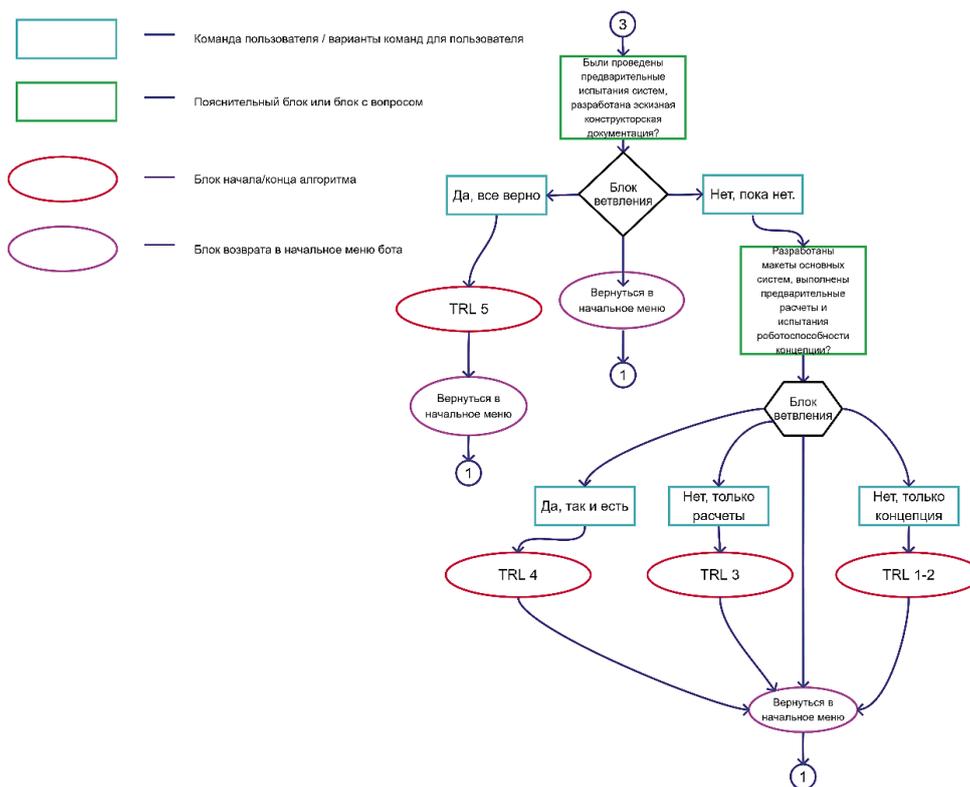


Рисунок 5. Блок-схема 3-й ветви алгоритма работы TRL-бота

Оценить уровень TRL
Уровни TRL ?
Ссылка на ГОСТ
Помощь/инструкции

Рисунок 6. Начальное меню TRL-бота

испытаний (или их отсутствия), условия проведения испытаний, наличие и состав сопроводительной документации. В представленном примере в первую очередь пользователю задается вопрос о проведении испытаний на сертифицированном оборудовании и наличии

актов и протоколов к ним. При отрицательном ответе уточняется факт проведения предварительных испытаний системы и наличие эскизной конструкторской документации. Если хотя бы одно из этих условий не соблюдено, пользователю задается вопрос о том,

Таблица 1

### Соответствие показателей для принятия решения ботом стандарту [19] на примере уровня TRL 4

Уровень TRL	Ключевые показатели для принятия решения ботом	Описание и примерный состав работ согласно стандарту [19]
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- разработаны макеты основных систем</li> <li>- выполнены предварительные расчеты</li> <li>- испытана работоспособность концепции</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрирована работоспособность на подробных макетах</li> <li>- применены трехмерные модели с высоким масштабом и точностью моделирования</li> <li>- подробно описана конструкция устройства на основе новой технологии</li> </ul>

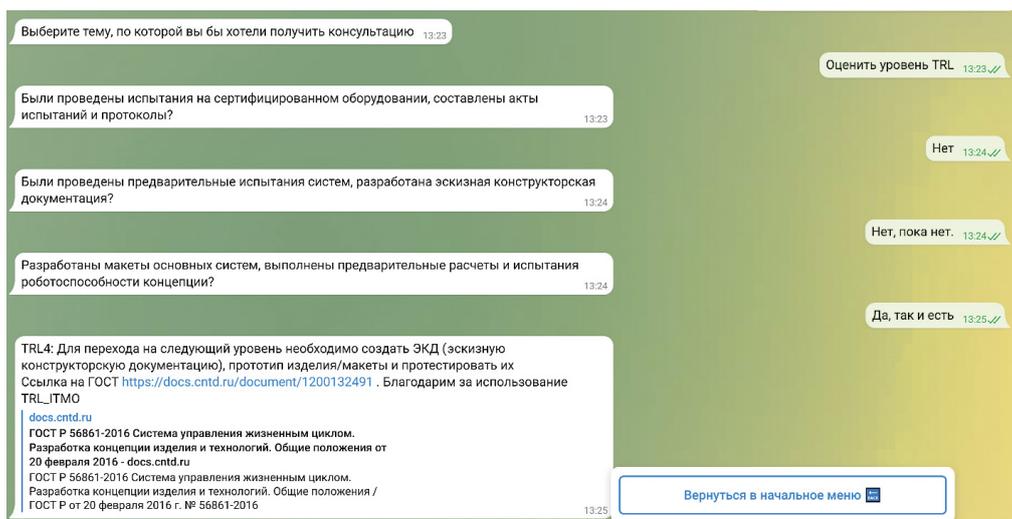


Рисунок 7. Обработка алгоритма TRL-бота

разработаны ли макеты основных систем, а также выполнены ли расчеты и испытания работоспособности концепции. При положительном ответе бот делает вывод о достижении технологией уровня TRL 4. Таким образом, ответив на три вопроса, пользователь получает представление о готовности проекта. Ключевые показатели, на основании которых бот принимает решение, соответствуют рекомендациям стандарта (таблица 1) [19].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный Telegram-бот решает задачу автоматизации определения TRL. Объективная оценка уровня технологической готовности инновационных проектов стратегически важна как для научно-исследовательских организаций, занимающихся их подготовкой, так и для заказчиков проектов, инвесторов и бенефициаров.

Бот представляет из себя простой, удобный и доступный способ провести проверку разрабатываемой технологии. Проверка проводится в соответствии с утвержденными в России стандартами и при этом избавлена от субъективности, так или иначе присущей любой оценке технологий экспертным методом. Быстрота принятия решений в ходе выполнения алгоритма, отсутствие потребности в специфических ресурсах или специальным образом подготовленных специалистах также являются неоспоримыми преимуществами Telegram-бота.

На данном этапе рекомендуется рассматривать предложенный алгоритм как источник второго мнения об уровне технологической готовности проекта. В перспективе планируется усовершенствовать алгоритм таким образом, чтобы претендовать на полную замену экспертной оценки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 01.12.2016 г. № 642 (2016) О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации / Официальный сайт Президента России. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>.
2. Бурков Е.А., Падерно П.И., Сатторов Ф.Э., Толкачева Е.А. (2021) Методологическая поддержка рабочей группы при решении задачи прогнозирования результатов классификационной экспертизы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 21(3):426–432.
3. Комаров А.В., Пихтарь А.Н., Гриневский И.В., Комаров К.А., Голицын Л.В. (2021) Концептуальная модель оценки технологической готовности научно-технологического проекта и его потенциала на ранних стадиях разработки // Экономика науки. 7(2):111–134.
4. Сартори А.В., Сушков П.В., Манцевич Н.М. (2019) Принципы бережливого управления

- исследованиями и разработками на основе методологии уровней готовности инновационного проекта // Экономика науки. 6(1–2):22–34.
5. *Сартори А.В., Гареев А.Р., Ильина Н.А., Манцевич Н.М.* (2020) Применение подхода уровней готовности для различных предметных направлений в бережливом НИОКР // Экономика науки. 6(1–2):118–134.
  6. *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.
  7. *Sauser B., Verma D., Ramirez-Márquez J., Gove R.* (2006) From TRL to SRL: The Concept of Systems Readiness Levels / Conference on Systems Engineering Research. Los Angeles, CA, USA.
  8. *Graettinger C.P., Caroline P. et al.* (2002) Using the Technology Readiness Levels Scale to Support Technology Management in the DOD's ATD/STO Environments / Carnegie Mellon University. 41 p.
  9. *Hirshorn S., Sharon J.* (2016) Final Report of the NASA Technology Readiness Assessment (TRA) Study Team / NASA. 63 p.
  10. Портал DAU Tools (2022) <https://www.dau.edu/cop/stm/lists/tools/allitems.aspx>.
  11. *Дмитренко И.П.* (2016) Вариант калькулятора уровней готовности технологий повышенной точности // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 12–1:103–107.
  12. *Дмитренко И.П.* (2017) Вариант калькулятора уровней готовности технологий повышенной точности на базе открытого программного продукта // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 1–1:64–66.
  13. *Xavier Jr A., Veloso A., Souza J., Kaled Cás P., Cappelletti C.* (2020) AEB Online Calculator for Assessing Technology Maturity: IMATEC // Journal of Aerospace Technology and Management. 12.
  14. *Altunok T., Cakmak T.* (2010) A technology readiness levels (TRLs) calculator software for systems engineering and technology management tool // Advances in Engineering Software. 41:769–778.
  15. *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. 4(1):58–68.
  16. *Бухарин С.Н., Гукасов В.М., Лазаренко Н.Е.* (2011) Теоретические и методические основы экспертизы фундаментальных и прикладных научно-технических проектов // Инноватика и экспертиза. 2(7):58–66.
  17. ГОСТ Р 58048–2017 (2017) Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий / Кодекс. <https://docs.cntd.ru/document/1200158331>.
  18. *Кравец А.Г., Дроботов А.С.* (2011) Применение имитационного моделирования для оценки качества бизнес-планов инновационных проектов // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2(72).
  19. ГОСТ Р 56861–2016 (2016) Система управления жизненным циклом. Разработка концепции изделия и технологий. Общие положения / Кодекс. <https://docs.cntd.ru/document/1200132491>.
  20. ГОСТ Р 56862–2016 (2016) Система управления жизненным циклом. Разработка концепции изделия и технологий. Термины и определения / Кодекс. <https://docs.cntd.ru/document/1200132492>.

## Информация об авторах

**Сунцова Дарья Игоревна** – инженер лаборатории киберфизических систем, Университет ИТМО; ORCID: 0000-0001-6219-3475 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: darysunt@gmail.com).

**Павлов Виктор Андреевич** – инженер лаборатории киберфизических систем, Университет ИТМО; ORCID: 0000-0001-6417-776X (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: viktor.pavlov.1998@list.ru).

**Макаренко Зинаида Владимировна** – инженер лаборатории киберфизических систем, Университет ИТМО; ORCID: 0000-0002-8220-3818 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: 337857@niuitmo.ru).

**Баходдин Петр Павлович** – инженер лаборатории киберфизических систем, Университет ИТМО; ORCID: 0000-0002-6373-0364 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: bakhholdin@niuitmo.ru).

**Полицинский Александр Сергеевич** – инженер лаборатории киберфизических систем, Университет ИТМО; ORCID: 0000-0002-9001-9949 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: dojomen4ik@yandex.ru).

**Кремлев Артем Сергеевич** – ординарный доцент факультета систем управления и робототехники, Университет ИТМО; Scopus Author ID: 8670923900, ORCID: 0000-0002-7024-3126 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: kremlev\_artem@mail.ru).

**Маргун Алексей Анатольевич** – ординарный доцент факультета систем управления и робототехники, Университет ИТМО; Scopus Author ID: 55521791600, ORCID: 0000-0002-5333-0594 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: alexeimargun@gmail.com).

**D.I. SUNTSOVA,**

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: darysunt@gmail.com)

**V.A. PAVLOV,**

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: viktor.pavlov.1998@list.ru)

**Z.V. MAKARENKO,**

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: 337857@niuitmo.ru)

**P.P. BAKHOLDIN,**

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: bakholdin@niuitmo.ru)

**A.S. POLITSINSKY,**

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: dojomen4ik@yandex.ru)

**A.S. KREMLEV,**

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: kremlev\_artem@mail.ru)

**A.A. MARGUN,**

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: alexeimargun@gmail.com)

## DEVELOPMENT OF A TELEGRAM BOT TO DETERMINE THE LEVEL OF TECHNOLOGICAL READINESS

UDC: 338.28, 004.4

<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-22-30>

**Abstract:** The article proposes a Telegram bot to automate the process of assessing the readiness level of the technology. Flowcharts reflecting the algorithm of the bot, and images demonstrating the appearance of its interface are presented. To confirm the correct operation of the Telegram bot, a random project was taken, its main characteristics were highlighted, and based on them, a conclusion about the technology readiness level was made in two ways: by expert evaluation in accordance with the national standard and using a bot running on a personal computer with the Windows operating system and on a mobile device with the Android operating system. With equal input data, the conclusion about the readiness level of the technology obtained at the output of the algorithm coincides with the result of the expert assessment. It is proposed to use the Telegram bot as a source of an additional opinion about the level of technological readiness of the project.

**Keywords:** *Technology Readiness Level, TRL calculator, innovative project, expert assessment*

**Acknowledgements:** The research is supported by the project «Artificial Intelligence Methods for Cyber-Physical Systems» (No. 620164).

**For citation:** Suntsova D.I., Pavlov V.A., Makarenko Z.V., Bakholdin P.P., Politsinsky A.S., Kremlev A.S., Margun A.A. Development of a Telegram Bot to Determine the Level of Technological Readiness. *The Economics of Science*. 2022; 8(1):22-30. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-22-30>

## REFERENCES

1. Decree of the President of the Russian Federation dated 01.12.2016 No. 642 (2016) Strategy for the Scientific and Technological Development of the Russian Federation / Official website of the President of Russia. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>. (In Russ.)
2. Burkov E.A., Paderno P.I., Sattorov F.E., Talkacheva E.A. (2021) Methodological Support of the Working Group in Solving the Problem of Predicting the Results of a Classification Examination // *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*. 21(3):426–432. (In Russ.)
3. Komarov A.V., Pikhtar A.N., Grinevsky I.V., Komarov K.A., Golitsyn L.V. (2021) A Conceptual Model for Assessing the Technological Readiness of a R&D Project and its Potential at the Early Stages of Development // *The Economics of Science*. 7(2):111–134. (In Russ.)
4. Sartori A.V., Sushkov P.V., Mantsevich N.M. (2020) The Principles of Lean Research and Development Management Based on the Methodology of the Innovation Project Readiness Levels // *The Economics of Science*. 6(1–2):22–34. (In Russ.)
5. Sartori A.V., Gareev A.R., Ilyina N.A., Mantsevich N.M. (2020) Application of the Approach of Readiness Levels for Various Subject Areas in Lean R&D // *The Economics of Science*. 6(1–2):118–134. (In Russ.)
6. 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.

7. *Sausser B., Verma D., Ramirez-Márquez J., Gove R.* (2006) From TRL to SRL: The Concept of Systems Readiness Levels / Conference on Systems Engineering Research. Los Angeles, CA, USA.
8. *Graettinger C.P., Caroline P. et al.* (2002) Using the Technology Readiness Levels Scale to Support Technology Management in the DOD's ATD/STO Environments / Carnegie Mellon University. 41 p.
9. *Hirshorn S., Sharon J.* (2016) Final Report of the NASA Technology Readiness Assessment (TRA) Study Team / NASA. 63 p.
10. DAU Tools (2022) <https://www.dau.edu/cop/stm/lists/tools/allitems.aspx>.
11. *Dmitrenko I.P.* (2016) A Variant of the Calculator of Readiness Levels of High-Precision Technologies // Actual Problems of the Humanities and Natural Sciences. 12–1:103–107. (In Russ.)
12. *Dmitrenko I.P.* (2017) A Variant of the Calculator of Readiness Levels of High-Precision Technologies Based on an Open Software Product // Actual Problems of the Humanities and Natural Sciences. 1–1:64–66. (In Russ.)
13. *Xavier Jr A., Veloso A., Souza J., Kaled Cás P., Cappelletti C.* (2020) AEB Online Calculator for Assessing Technology Maturity: IMATEC // Journal of Aerospace Technology and Management. 12.
14. *Altunok T., Cakmak T.* (2010) A technology readiness levels (TRLs) calculator software for systems engineering and technology management tool // Advances in Engineering Software. 41:769–778.
15. *Jebel' V.V., Komarov A.V., Komarov K.A., Shurtakov K.V.* (2018) Software for Integrated Assessment of Technological Readiness of Innovative Scientific and Technological Projects // The Economics of Science. 4(1):58–68. (In Russ.)
16. *Bukharin S.N., Gukasov V.M., Lazarenko N.E.* (2011) Theoretical and Methodological Foundations Examination of Fundamental and Applied Scientific Technical Projects // Innovation and Expertise. 2(7):58–66. (In Russ.)
17. GOST R58048–2017 (2017) Technology transfer. Methodological guidelines for assessing the level of maturity of technologies / Kodeks. <https://docs.cntd.ru/document/1200158331>. (In Russ.)
18. *Kravets A.G., Drobotov A.S.* (2011) The Use of Simulation Modeling to Assess the Quality of Business Plans for Innovative Projects // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. 2(72). (In Russ.)
19. GOST R56861–2016 (2016) Life cycle management system. Development of the product concept and technologies. General provisions / Kodeks. <https://docs.cntd.ru/document/1200132491>. (In Russ.)
20. GOST R56862–2016 (2016) Life cycle management system. Product concept and technology development. Terms and definitions / Kodeks. <https://docs.cntd.ru/document/1200132492>. (In Russ.)

## Authors

**Darya I. Suntsova** – Engineer of the Cyber-Physical Systems Laboratory, ITMO University; ORCID: 0000-0001-6219-3475 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: [darysunt@gmail.com](mailto:darysunt@gmail.com)).

**Viktor A. Pavlov** – Engineer of the Cyber-Physical Systems Laboratory, ITMO University; ORCID: 0000-0001-6417-776X (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: [viktor.pavlov.1998@list.ru](mailto:viktor.pavlov.1998@list.ru)).

**Zinaida V. Makarenko** – Engineer of the Cyber-Physical Systems Laboratory, ITMO University; ORCID: 0000-0002-8220-3818 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: [337857@niuitmo.ru](mailto:337857@niuitmo.ru)).

**Petr P. Bakholdin** – Engineer of the Cyber-Physical Systems Laboratory, ITMO University; ORCID: 0000-0002-6373-0364 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: [bakholdin@niuitmo.ru](mailto:bakholdin@niuitmo.ru)).

**Alexander S. Politsinsky** – Engineer of the Cyber-Physical Systems Laboratory, ITMO University; ORCID: 0000-0002-9001-9949 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: [dojomen4ik@yandex.ru](mailto:dojomen4ik@yandex.ru)).

**Artem S. Kremlev** – Docent of the Faculty of Control Systems and Robotics, ITMO University; Scopus Author ID: 8670923900, ORCID: 0000-0002-7024-3126 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: [kremlev\\_artem@mail.ru](mailto:kremlev_artem@mail.ru)).

**Alexey A. Margun** – Docent of the Faculty of Control Systems and Robotics, ITMO University; Scopus Author ID: 55521791600, ORCID: 0000-0002-5333-0594 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: [alexeimargun@gmail.com](mailto:alexeimargun@gmail.com)).