

Методики определения рационального времени подготовки специалистов в автоматизированных системах обучения

Багрецов С.А.*, Черная Т.Э., Карпенко К.А., Тарасов А.Г.*****

*Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского,
ул. Ждановская, 13, Санкт-Петербург, 197198, Россия*

**e-mail: sergeibagrecov@bk.ru*

***e-mail: kirill_karpenko_2@mail.ru*

****e-mail: Atol-77@mail.ru*

Статья поступила 03.12.2020

Аннотация

Рассматриваются методики определения рациональных периодов практического обучения специалистов, позволяющие учесть особенности последующей практической деятельности обучаемых и, в соответствии с её значимостью, определять критерии уровней обученности и ресурсные ограничения на реализацию последующих этапов обучения специалистов.

Ключевые слова: функция потерь, функция полезности, рациональное время обучения, нормативный коэффициент экономической эффективности.

Введение

Применение автоматизированных систем обучения (АСО) дает возможность неоднократно обращаться к учебному пособию с целью повышения знаний, повторно обращаться к пройденному материалу, наращиванию умений и навыков управления

аппаратурой [1]. Повышение продолжительности обучения ($t_{об}$), способствует качественному повышению знаний, навыков и умений, но и также - приводит к росту временных и ценностных затрат на обучение специалиста.

Очевидно, учитывая ресурсные ограничения на обучение специалиста существует некоторая оптимальная продолжительность его обучения, определяемая с одной стороны, допустимым уровнем затрат, а с другой - эффективностью дальнейшего применения специалистом приобретаемых знаний, интенсивностью роста навыков и умений, являющихся залогом высокой эффективности его будущей профессиональной деятельности. Решение этой задачи будем рассматривать для двух классов систем управления, эксплуатацией которых, после окончания обучения, будут заниматься обучающиеся специалисты [4, 15]. Первым направлением будут системы, в которых уровень потерь, связанных с ошибками специалистов (операторов), уже известен. Вторым направлением – являются системы, ошибки управления, в которых не будут иметь прямо выраженных аналитических связей с материальными затратами, из-за слабой их предсказуемости. К таким системам можно отнести заправки и подготовки ракет, управления сложными технологическими процессами, системы стартового оборудования, и т.п., для которых допущение ошибки будет значить непредвиденные последствия.

Для двух представленных видов деятельности специалистов (операторов), их уровень рационального предела допустимого времени обучения, является различное смысловое значение, что указывает на возможные различия и в методах их решения.

Методика определения рационального времени обучения для профессиональной деятельности операторов с известным уровнем потерь

В соответствии с вышеизложенным, будем считать, что потери, связанные с ошибками специалистов в их будущей профессиональной деятельности, прямо пропорциональны числу совершаемых ими ошибок. В свою очередь, они являются следствием недостатка знаний, навыков и умений в изучении конкретного курса (или системы курсов) в процессе обучения.

Будем также полагать, что рассматриваемый далее специалист прошел первичный курс обучения и закончил его в момент времени (t_1). От этого момента времени далее будем вести отсчет времени его обучения ($t_{об}$). [6] Тогда, принимая во внимание наиболее широко используемый экспоненциальный характер совершенствования профессиональных знаний каждого специалиста, приведенная функция потерь его предполагаемой профессиональной деятельности в зависимости от времени его последующего обучения может быть представлена следующим образом [2, 14]:

$$W(t_{об}) = NP_{ou}(t_1)C_{ou}e^{-\alpha_1 t_{об}} + E_{II}K_1(t_1)t_{об} \quad (1)$$

где N - число задач, решаемых оператором в течение цикла практической деятельности, содержание которых связано с применением знаний, навыков и умений, приобретаемых при изучении данного курса (или системы курсов); $P_{ou}(t_i)$ - вероятность совершения ошибки оператором в решении задач на момент времени t_i ; t_i - фиксированное время в процессе обучения, определяющее начало предъявления обучаемому новой порции учебного материала; $t_{об}$ - время обучения специалиста с момента t_1 ; C_{ou} - потери, связанные с одной ошибкой оператора, совершенной им в

процессе профессиональной деятельности; $K_i(t_i)$ - затраты, приходящиеся на единицу времени последующего этапа обучения (при изучении последующей порции предъявляемого материала или повторении старого); $\alpha_{(i)}$ – скорость (интенсивность) обучения, измеренная к моменту времени t_i ; E_u - нормативный коэффициент экономической эффективности [3, 18].

При построении численного параметра E_u стоит использовать нормативные документы, в которых оценки эффективности [5] применения в системе подготовки специалистов (операторов), автоматизированных средств обучения устанавливается нормативный коэффициент экономической эффективности, равный $E_u = 0,15$.

Допустив, что суммарный уровень ценовых затрат, отпускаемых на освоение курса (или совокупности курсов) в подготовке одного специалиста (оператора)[12], будет равным C^0 , тогда задача определения рационального времени его обучения будет представлена в формализованном виде с учетом особенностей его будущей профессиональной деятельности и выглядеть следующим образом:

$$W(t_{об}) \rightarrow \min_{t_{об}} \quad (2)$$

$$\text{если } K_1(t_1) t_{об} \leq C^0 - C(t_1); \quad C^0 - C(t_1) \geq 0,$$

где $C(t_1)$ - уровень ценовых затрат, затраченных на освоение курса на момент времени t_1 .

Для решения задачи (2) воспользуемся теоремой Куна-Таккера [7], в соответствии с которой рациональное время обучения может быть определено при решении системы вида:

$$\begin{cases} \nabla W(t_{об}) = NP_{ou}(t_1)C_{ou}\alpha_{(1)}e^{-\alpha_{(1)}t_{об}} + E_u K_1(t_1) + k' \{K_1(t_1)t_{об}^* - (C^0 - C_1(t_1))\} = 0 & (3) \\ k' \{K_1(t_1)t_{об}^* - (C^0 - C_1(t_1))\} = 0 & (4) \end{cases}$$

где $\nabla = \frac{\partial}{\partial t_{об}}$; $k' = \begin{cases} 0, & \text{если } K_1(t_1)t_{об}^* < (C^0 - C_1(t_1)); \\ 1, & \text{если } K_1(t_1)t_{об}^* \geq (C^0 - C_1(t_1)) \end{cases}$

k - неопределенный множитель Лагранжа; $t_{об}^*$ - переменная, являющаяся решением уравнения (3).

Используя метод Лагранжа для неопределенных множителей и принимая в силу формулу (1), то этой решение задачи можно выразить в следующем виде:

$$t_{об}^* = \begin{cases} \frac{1}{\alpha(t_1)} \ln \frac{E_u K_1(t_1)}{\alpha(t_1) NP_{ou}(t_1) C_{ou}}, & \text{если } K_1(t_1)t_{об}^* < C^0 - C_1(t_1); \\ \frac{C^0 - C_1(t_1)}{K_1(t_1)}, & \text{если } K_1(t_1)t_{об}^* \geq C^0 - C_1(t_1). \end{cases}$$

В череде случаев ограничению становятся не только временные, но и материальные ресурсы. Допустим, что уровень денежных ресурсов ограничен величиной $C^0 - C_1(t_1)$, а уровень временных ресурсов - величиной $t_k = T^0 - t_1$ [13]. В случае, когда время обучения и расход материальных средств взаимосвязаны между собой линейным соотношением $K_1(t_1)t_{об}$, то будут они приводиться к единой системе ограничений, например выраженной в денежных единицах. В таком случае будет выбрана величина, качестве ограничения (4), которая имеет минимальное значение, т.е. $C_{оп} = \min\{(C^0 - C_1(t_1)), K_1(t_1)(T^0 - t_1)\}$. Далее решение задачи сводится к виду (2).

Методика определения рационального времени обучения для профессиональной деятельности операторов с неизвестным уровнем потерь

Решение задачи для данного вида будущей профессиональной деятельности специалистов достигается на основе применения неформальных методов принятия решений [8, 16, 17]. Проанализируем их для двух случаев: когда неопределённая исходная информация имеет статистически значимые взаимные связи, и когда её исходная информация неточная.

Применяя неформальные методы принятия решений в первом случае выражается определением оптимального, т.е. минимаксного, комплекса из численно выражаемой функции полезности и ценности затрат на обучение для эффективности профессиональной деятельности специалиста (оператора) [9, 19, 20]. Функцией полезности отображен способ численного задания полезности итогов выбора того или иного значения показателя достойного качества обучения. Основы теории полезности описаны в работах [11]. Показателем эффективности подготовки специалиста в этом случае рассматривается вероятность своевременного и безошибочного решения задач, относящихся к его будущей профессиональной деятельности.

Определив функцию полезности полагается что, когда P_1 является предполагаемым результатом (полезность) решения о продолжении подготовки специалиста на момент t_1 очередного контроля уровня его знаний, умений и навыков, принимаемый с вероятностью θ , имея вероятность $(1-\theta)$ будет иметь обратное решение P_2 . В этом случае значение функции полезности будет равно:

$$W(P) = \theta W(P_1) + (1-\theta)W(P_2) \quad (5)$$

Обозначим через $W_{\max}(P)$ и $W_{\min}(P)$ соответственно максимальное и минимальное значения функции полезности (3). Это позволяет привести полученную функцию полезности (5) продолжения процесса обучения оператора к стандартному виду $V(P)$ с полезностью крайних исходов $V_{\min}(P) = 0$ и $V_{\max}(P) = 1$, т.е.:

$$V(P) = \frac{W(P) - W_{\min}(P)}{W_{\max}(P) - W_{\min}(P)} \quad (6)$$

Функция (6) является искомой функцией относительной полезности продолжения обучения специалиста для его будущей профессиональной деятельности. Строя функцию полезности затрат для подготовки обучаемого по выбранной дисциплине будет использоваться вероятностный подход, построенный на суждениях безразличия [5].

В работе считаются условия существования функции полезности, которая определена с точной строгостью до линейного преобразования. Указанные данные условия осуществляются, используя интервальные меры относительных полезностей сверяющих объектов. Интерпретационным содержанием объекта сравнения, в представленном случае является продолжение или завершение обучения специалиста (оператора) по заданному курсу или совокупности курсов. Тем самым, метод получения интервальной меры построен на основе гипотетической игры [11].

Представим, что имеем определенное конечное число результатов принимаемых решений о продлении подготовки специалиста (оператора), являющихся элементами множества θ . Выделим на этом множестве наиболее и

наименее желательные последствия. Например, $\theta_1 \in \theta$ и $\theta_r \in \theta$. В работе показано, что для рассматриваемого случая при $V(\theta) = V_1=1$, $V(\theta_r)=V_r=0$ интервальная мера равна:

$$\theta_j = \frac{V_j - V_r}{V_1 - V_r};$$

где $j \in \overline{\{2, (r-1)\}}$; θ_j - вероятность, являющаяся решением игры $(\theta_1, \theta_j, \theta_r)$, интерпретируемой следующим образом: «в результате участия в игре некто может получить выигрыш величиной V_1 с вероятностью θ_j либо оказаться в проигрыше V_r с вероятностью $(1-\theta_j)$ ».

Таким образом, ряд значений вероятностей θ_j , полученный в ходе игры, таблично задает функцию полезности. Пользуясь представленным подходом, следует установить, что более необходимым требовалось минимальное расходование возможной суммы C_{\min} на подготовку специалистов. Если очередной этап обучения закончился в момент t_1 , то $C_{\min}=C_1(t_1)$. Наименее необходимым при этом будет, максимальное расходование возможной суммы C_{\max} средств, выделенных на подготовку специалиста (оператора). Величину C_{\max} можно определить, исходя из соображений согласования полезности граничных значений интервалов $[W_{\min}, W_{\max}]$ и $[C_{\min}, C_{\max}]$. Величина W_{\max} в данном случае есть полезность профессиональной деятельности обучаемого, уровень полученных знаний и навыков которого обеспечивает безошибочное выполнение функциональных обязанностей с вероятностью равной $P \geq P^0$, где P^0 - требуемое значение вероятности. Согласование полезности граничных значений интервалов выполняется на основе экспертного опроса, в ходе которого выясняется, при каком уровне затрат на изучение данного

курса эксперт безразличен к выбору крайних вариантов организации процесса обучения, которые характеризуются следующими сочетаниями: (W_{\min}, C_{\min}) и (W_{\max}, C_{\max}) .

Для построения функции полезности экспертам, знакомым со спецификой профессиональной деятельности обучаемых [10], предлагается установить такие значения стоимостных затрат C_j для каждой вероятности $\theta \in [0,1]$, при которых они были бы безразличны к выбору одной из двух альтернатив:

а) принять вариант решений, в соответствии с которым с момента времени t_1 с вероятностью θ_j изучение курса обучаемым прекращается, а с вероятностью $(1-\theta_j)$ - обучение продолжается до требуемого уровня знаний, навыков и умений, при котором уровень затрат будет максимальным, т.е. C_{\max} ;

б) принять решение на продолжение обучения при предлагаемом уровне расхода материальных затрат, равном C_j , т.е. $C_j < C_{\max}$.

Осуществив таким образом перебор всех значений $\theta_j \in [0,1]$, получаем таблично заданную функцию полезности затрат на обучение $V_r(C)$.

Имея сведения о границах диапазонов изменений допустимых значений, целесообразно проводить повышение эффективности сочетания показателей $W(P)$ и $C(t_{об})$, по минимаксному критерию, с помощью которого возможно произвести выбор варианта обучения специалиста (оператора) с высоким значением самого худшего из приведенных показателей эффективности его профессиональной деятельности, т.е. $V_1(P)$ и $V_r(P)$.

В работе [11] показано, что если существует такая наихудшая система, для которой выполняется условие вида:

$$Z_1 \geq Z_2 \geq \dots \geq Z_n, \quad (7)$$

где Z_i ($i=\overline{1, n}$) - нормированный показатель качества работы системы, то эта система удовлетворяет минимаксному критерию.

Условие (7) называется условием равенства запасов в значениях показателей Z_i по сравнению с минимально допустимыми значениями $Z_{i\max}$. Условие равенства запасов определяет оптимальное в смысле минимаксного критерия сочетание показателей W и C , т.е. фактически определяет рациональное время t_{06}^* изучения курса обучаемым с момента времени t_1 . Оно реализуется в точке пересечения кривой согласования, удовлетворяющей условию $V_1(W) = V_2(C)$, и прямой:

$$C_3 = \frac{W}{W_{\max}} C_{\max} + C_{\min}, \quad \text{где } W = W_{\max} - W(P).$$

Заключение

В представленном материале, рассмотрены методики, дающие возможность спрогнозировать достаточно высокую степень точности необходимого количества практических занятий по профессиональным дисциплинам на необходимый срок обучения. Применения их предоставляет возможность фактически учитывать индивидуальные характеристики обучаемых, выполнять контроль за практической подготовкой, что позволяет своевременно, уже на начальном этапе, реформировать ход дидактического процесса в соответствии с обнаруженными недостатками. Методики позволяют учесть особенности последующей практической деятельности

обучаемых и в соответствии с её значимостью определять критерии уровней обученности и ресурсные ограничения на реализацию последующих этапов обучения специалистов. Кроме этого, в рамках рассмотренных методик прогноза возможно определение числа дополнительных практических занятий для «доучивания» (переподготовки) специалистов или восстановления уровня обученности в случае перерыва в занятиях.

Библиографический список

1. Козлов В.Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений. - М.: Изд-во «Проспект», 2014. - 176 с.
2. Шевцов Г.С. Линейная алгебра: теория и прикладные аспекты. - М.: Магистр, ИНФРА - М, 2014. – 544 с.
3. Багрецов С.А., Львов В.М., Петров В.Е. Методы и средства обеспечения гомеостатичности индивидуальной деятельности оператора в человеко-машинных комплексах. - СПб.: ИД «Петрополис», 2012. – 340 с.
4. Нестеров Ю.Г. Анализ характеристик замкнутой системы массового обслуживания с относительными приоритетами // Наука и образование. 2014. № 3. С. 242 - 254.
5. Нестеров Ю.Г. Декомпозиционный метод анализа замкнутых сетей массового обслуживания // Наука и образование. 2014. № 2. С. 263 - 276.
6. From ATM to IP/Ethernet: Three Strategies for Cost-Effective Network Convergence. White Paper. Tellabs, 2011. URL:

<https://ru.scribd.com/document/75157458/From-ATM-to-IP-Ethernet-Three-Strategies-for-Cost-Effective-Network-Convergence>

7. Ребрин О.И. Новые модели инженерного образования. – Екатеринбург: Издательский дом «Ажур», 2015. – 77 с.
8. Банникова Л.Н., Боронина Л.Н., Вишневецкий Ю.Р. Воспроизводство инженерных кадров: вызовы нового времени. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2015. – 364 с.
9. Crawley E. F., Malmqvist J., Östlund S. Rethinking Engineering Education. The CDIO Approach, 2014. DOI: [10.1007/978-3-319-05561-9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05561-9)
10. Сигова С.В., Серебряков А.Г., Лукша П.О. Формирование перечня востребованных компетенций: первый опыт России // Непрерывное образование: XXI век. 2013. Т. 1. № 1. С. 61 – 71.
11. Васильева З.А., Филимоненко И.В. Проблемы моделирования кадровой потребности региональной экономики // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. 2012. № 4. С. 46 - 56.
12. Wu Zhao, Hui Ma. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015. Innovation for growth and society // American Journal of Industrial and Business Management, 2017, vol. 7, no. 12. URL: [http:// dx. doi. org/10. 1787/sti_scoreboard-2015-en](http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2015-en)
13. Тайм-менеджмент: простые способы управления временем. URL: <http://psyfactor.org/lib/time-management-2.htm>

14. Motienko A., Basov O., Dorozhko I., Tarasov A. Proactive Robotic Systems For Effective Rescuing Sufferers. GmbH: Springer-Verlag, Lecture Notes In Computer Science, 2016, pp. 172 - 180. DOI: [10.1007/978-3-319-43955-6_21](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43955-6_21)
15. Осипов Н.А., Шавин А.С., Тарасов А.Г. Модели каналов передачи информации автоматизированных систем подготовки и пуска ракет космического назначения в среде Simulink // Труды МАИ. 2015. № 83. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=62255>
16. Осипов Н.А., Шавин А.С., Тарасов А.Г. Методика идентификации помех, действующих в канале передачи информации робототехнических систем // Труды МАИ. 2017. № 94. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=81085>
17. Бурлак Е.А., Набатчиков А.М. Полунатурный исследовательский стенд для оценивания характеристик деятельности человека-оператора при управлении дистанционно-пилотируемым летательным аппаратом. // Труды МАИ. 2013. № 68. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=41725>
18. Тарасов А.Г. Карпенко К.А. Направления совершенствования учебно-тренировочных средств для подготовки специалистов по эксплуатации ракетно-космической техники // Вестник Российского Нового университета. Серия: Сложные системы. 2020. № 1. С. 121 - 128.
19. Наумов А.В. Сай Кхин Аунг Тинт. Об адаптации обучающих и тестирующих систем переподготовки молодых специалистов на предприятиях аэрокосмического комплекса // Труды МАИ. 2011. № 42. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=24321>

Труды МАИ. Выпуск № 115

<http://trudymai.ru/>

20. Панарин С.И. Повышение эффективности обучения студентов аэрокосмических специальностей с помощью специализированного рейтинга //

Труды МАИ. 2011. № 44. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=25191>

Techniques for determining rational time for specialists training in automated training systems

Bagretsov S.A.*, **Chernaya T.E.**, **Karpenko K.A.****, **Tarasov A.G.*****

*Military space Academy named after A.F. Mozhaisky,
13, Zdanovskaya str., Saint Petersburg, 197198, Russia*

**e-mail: sergeibagrecov@bk.ru*

***e-mail: kirill_karpenko_2@mail.ru*

****e-mail: Atol-77@mail.ru*

Abstract

It is necessary to combine theoretical and practical drill in the process of specialists training. However, the balance between these two types of training may differ drastically for various sphere of activities. The material of the article allows determine the rational learning time with known and unknown level of losses associated with operator errors. The proposed techniques allow predicting with fairly high degree of accuracy the required number of practical classes in special disciplines for this of that training period to increase the specialists' level of training.

The proposed methods are based on the fundamental concepts and relationships of probability theory, utility theory, and fuzzy logic. The interval measure obtaining method is based on the concepts of a hypothetical game (pseudo-game). The interval boundary values usefulness is being coordinated based on the expert survey.

These methods allow determining the rational period of the training course studying by the student from the initial time instant, which ensures an optimal combination of the loss function indicators and costs in the sense of the minimax criterion. The obtained results

can be used while the educational process planning to ensure the necessary level of students' preparedness and minimize the learning process costs.

A rational combination of theoretical and practical stages of training allows prepare a specialist with professional knowledge, skills and abilities at a level guaranteeing the functional activities tasks fulfilling in any conditions of situation. The proposed scientific and methodological approach is advisable to be implemented while organizing the specialists training process when the necessary level of knowledge and skills is known for the correct functional duties performing with the required probability.

The proposed methods allow determining the specialists training period, which minimizes training the costs and the necessary level of a specialist training, which is defined as the probability of timely and error-free solution of problems related to his future professional activity. The technique allows accounting for specifics of the trainees' further practical work, and defining criteria of the professional training levels and resource constraints on performing sales professionals training.

Keywords: loss function, utility function, rational training time, statutory cost efficiency factor.

References

1. Kozlov V.N. *Sistemnyi analiz, optimizatsiya i prinyatie reshenii* (System analysis, optimization, and decision-making), Moscow, Izd-vo "Prospekt", 2014, 176 p.
2. Shevtsov G.S. *Lineinaya algebra: teoriya i prikladnye aspekty* (Linear algebra: theory and applied aspects), Moscow, Magistr, INFRA - M, 2014, 544 p.

3. Bagretsov S.A., L'vov V.M., Petrov V.E. *Metody i sredstva obespecheniya gomeostatichnosti individual'noi deyatel'nosti operatora v cheloveko-mashinnykh kompleksakh* (Methods and means of homeostasis ensuring of operator's individual activities in human-machine complexes), Saint Petersburg, ID "Petropolis", 2012, 340 p.
4. Nesterov Yu.G. *Nauka i obrazovanie*, 2014, no. 3, pp. 242 - 254.
5. Nesterov Yu.G. *Nauka i obrazovanie*, 2014, no. 2, pp. 263 - 276.
6. *From ATM to IP/Ethernet: Three Strategies for Cost-Effective Network Convergence*. White Paper. Tellabs, 2011. URL: <https://ru.scribd.com/document/75157458/From-ATM-to-IP-Ethernet-Three-Strategies-for-Cost-Effective-Network-Convergence>
7. Rebrin O.I. *Novye modeli inzhenernogo obrazovaniya* (New models of engineering education), Ekaterinburg, Izdatel'skii dom "Azhur", 2015, 77 p.
8. Bannikova L.N., Boronina L.N., Vishnevskii Yu.R. *Vosproizvodstvo inzhenernykh kadrov: vyzovy novogo vremeni* (Reproduction of engineering personnel: challenges of new times), Ekaterinburg, Izd-vo Ural'skogo universiteta, 2015, 364 p.
9. Crawley E. F., Malmqvist J., Östlund S. *Rethinking Engineering Education*. The CDIO Approach, 2014. DOI: [10.1007/978-3-319-05561-9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05561-9)
10. Sigova S.V., Serebryakov A.G., Luksha P.O. *Nepreryvnoe obrazovanie: XXI vek*, 2013, vol. 1, no. 1, pp. 61 – 71.
11. Vasil'eva Z.A., Filimonenko I.V. *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 2012, no. 4, pp. 46 - 56.
12. Wu Zhao, Hui Ma. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015. Innovation for growth and society, *American Journal of Industrial and Business*

Management, 2017, vol. 7, no. 12. URL: [http:// dx. doi. org/10. 1787/sti_scoreboard-2015-en](http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2015-en)

13. *Taim-menedzhment: prostye sposoby upravleniya vremenem.* URL:

<http://psyfactor.org/lib/time-management-2.htm>

14. Motienko A., Basov O., Dorozhko I., Tarasov A. *Proactive Robotic Systems For Effective Rescuing Sufferers.* GmbH: Springer-Verlag, Lecture Notes In Computer Science, 2016, pp. 172 - 180. DOI: [10.1007/978-3-319-43955-6_21](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43955-6_21)

15. Osipov N.A., Shavin A.S., Tarasov A.G. *Trudy MAI*, 2015, no. 83. URL:

<http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=62255>

16. Osipov N.A., Shavin A.S., Tarasov A.G. *Trudy MAI*, 2017, no. 94. URL:

<http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=81085>

17. Burlak E.A., Nabatchikov A.M. *Trudy MAI*, 2013, no. 68. URL:

<http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=41725>

18. Tarasov A.G. Karpenko K.A. *Vestnik Rossiiskogo Novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy*, 2020, no. 1, pp. 121 - 128.

19. Naumov A.V. Sai Kkhin Aung Tint. *Trudy MAI*, 2011, no. 42. URL:

<http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=24321>

20. Panarin S.I. *Trudy MAI*, 2011, no. 44. URL:

<http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=25191>