

УДК 004.023

DOI 10.48612/ntp/52fm-ufuz-35ub

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПЕРИОДОВ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ МОНИТОРИНГЕ КРУПНЫХ ПОЖАРОВ

Р. Р. САБАНЧИНА¹, К. А. МИХАЙЛОВ¹, А. В. КУЗНЕЦОВ², Д. В. ТАРАКАНОВ¹

¹ Академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Москва;

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: agpsrai02@yandex.ru, mihkir.94@mail.ru, a.kuznetsov9@yandex.ru, den-pgs@yandex.ru

Борьба с крупными пожарами является приоритетной государственной задачей, требующей высокой эффективности управления силами и средствами. В условиях динамично развивающихся чрезвычайных ситуаций ключевым фактором успеха становится качественное информационное обеспечение руководителя тушения пожара, которое достигается за счет оперативного мониторинга. Однако, как показывают современные исследования, системы мониторинга, особенно на начальных этапах развертывания, характеризуются высокой уязвимостью к внешним и внутренним воздействиям и требуют определенного времени для достижения устойчивой, стабильной работы.

Несмотря на значительный вклад отечественных ученых в развитие организационно-управленческих аспектов мониторинга, вопросы количественной оценки и прогнозирования периодов адаптации организационных систем управления (ОСУ) в условиях реального времени остаются недостаточно изученными. Отсутствие четких критериев и методик для определения момента перехода системы в режим эффективного функционирования приводит к необоснованным управленческим решениям, дефициту или избытку ресурсов, а также снижает общую эффективность мероприятий по локализации и ликвидации пожара.

Предлагаемая в работе методика, основанная на комбинации экспоненциальных моделей качества мониторинга и регрессионного анализа, позволяет научно обоснованно оценивать продолжительность этапов адаптации, роста и насыщения ОСУ. Это создает основу для разработки систем поддержки принятия решений на основе многокритериального подхода и формирования нормативов для подготовки управленческого персонала. Таким образом, исследование направлено на решение актуальной научно-практической задачи повышения эффективности управления мониторингом крупных пожаров за счет внедрения инструментария оценки адаптационных периодов.

Ключевые слова: организационная система управления, мониторинг крупных пожаров, период адаптации, показатели адаптации, поддержка принятия решений.

METHODOLOGY FOR ESTIMATING ADAPTATION PERIODS OF THE ORGANIZATIONAL MANAGEMENT SYSTEM IN MONITORING LARGE FIRES

R. R. SABANCHINA¹, K. A. MIKHAILOV¹, A. V. KUZNETSOV², D. V. TARAKANOV¹

¹ Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«State Fire Academy of State Firefighting Service of the Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»

Russian Federation, Moscow

² Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: agpsrai02@yandex.ru, mihkir.94@mail.ru, a.kuznetsov9@yandex.ru, den-pgs@yandex.ru

Combating large-scale fires is a priority national task that requires highly efficient management of forces and resources. In the context of dynamically developing emergency situations, the key factor for success is the high-quality information support for the firefighting commander, which is achieved through operational monitoring. However, as recent studies have shown, monitoring systems, especially during the initial

stages of deployment, are highly vulnerable to external and internal influences and require some time to achieve stable and reliable operation.

Despite the significant contribution of domestic scientists to the development of organizational and managerial aspects of monitoring, the issues of quantitative assessment and forecasting of adaptation periods of organizational management systems (OMS) in real-time conditions remain insufficiently studied. The lack of clear criteria and methods for determining the moment when the system transitions to an effective functioning mode leads to unjustified managerial decisions, resource shortages or excesses, and reduces the overall effectiveness of fire localization and elimination measures.

The proposed methodology, based on a combination of exponential monitoring quality models and regression analysis, allows for a scientifically sound assessment of the duration of the adaptation, growth, and saturation stages of the OSU. This provides a foundation for the development of decision support systems based on a multi-criteria approach and the formation of standards for the training of management personnel. Thus, the study aims to address the pressing scientific and practical challenge of improving the efficiency of monitoring large fires by implementing tools for assessing adaptation periods.

Keywords: organizational management system, monitoring of large fires, adaptation period, adaptation indicators, decision support.

Введение

Борьба с пожарами в Российской Федерации является важной государственной задачей. Современные методы и тактические приемы, применяемые руководителями тушения пожара, предполагают качественное информационное обеспечение процедур принятия решений. В свою очередь источником информации на пожарах являются результаты мониторинга, а сама система мониторинга рассматривается как самоорганизующаяся система с внутренним управлением. Ее организационно-управленческая часть может рассматриваться как **организационная система управления (ОСУ)**, которая включает совокупность сил и средств мониторинга, органы управления, формальные процедуры, обеспечивающие сбор, обработку, анализ данных о динамике процессов развития и тушения пожара для эффективной координации действий по его локализации и ликвидации. При этом отдельной категорией управления необходимо рассматривать такие силы и средства мониторинга, как наземные группы разведки пожара, использующие беспилотные авиационные системы, оснащенные специальными средствами для сбора информации.

Отечественные исследователи, которые внесли значительный вклад в развитие организационно-управленческой составляющей системы мониторинга пожара это Н. Г. Топольский [2, 3, 8], С. Ю. Бутузов [5], А. В. Мокшанцев [8], А. И. Соковнин [6], А. В. Смирнов [6], Е. В. Степанов [7] и другие. Однако, в части процедур оценки периодов развития ОСУ при мониторинге пожара вопросы эффективного развертывания систем мониторинга в режиме реального времени изучены недостаточно.

Исследуя вопросы, связанные с ОСУ при мониторинге крупных пожаров, стоит отметить, что наибольший интерес связан в первую

очередь с этапом формирования системы мониторинга в режиме реального времени, поэтому модели управления стационарными средствами мониторинга пожара находятся за пределами данного исследования [4]. В свою очередь, процесс реализации мониторинга как самоорганизующейся системы с внутренним управлением наиболее уязвим к внешним и внутренним воздействиям на этапе адаптации, когда в системе еще не достигнут необходимый уровень технической, технологической и информационной поддержки сил и средств мониторинга [1].

Постановка цели исследования

Поэтому оценка периода адаптации организационной системы мониторинга крупных пожаров требует комплексного подхода, учитывающего технические, операционные и человеческие факторы. Адаптация в этом контексте подразумевает достижение стабильного функционирования системы, то есть, когда она начинает эффективно выполнять свои задачи в новых условиях. Здесь период адаптации – это время, за которое управляющие воздействия начинают существенно влиять на динамику показателей системы управления. Критерии оценки адаптации – это время достижения необходимого уровня целевого показателя функционирования системы управления. Показателем может служить период, за который система начинает обеспечивать заданный уровень вероятности безотказной работы средств мониторинга или необходимое значение эффективности использования ресурсов, в этом случае адаптация системы управления считается завершённой, когда ресурсы используются оптимально, без избыточного резервирования или дефицита.

Целью данной работы является разработка методики оценки периодов и показателей процесса адаптации организационной системы управления при мониторинге крупных пожаров.

Методы исследования

В качестве методов исследования в работе применен регрессионный анализ в части метода наименьших квадратов для расчета показателей степенной функции в моделях экспоненциального роста, построенных на дискретных данных временных рядов. В качестве исходных данных используются результаты имитационного моделирования и симуляции. Использование компьютерных моделей позволяет имитировать работу системы в различных сценариях и прогнозировать период адаптации. Например, динамические модели или модели на основе клеточных автоматов [8].

Опыт применения имитационных моделей показал, что для точной оценки периода адаптации конкретной системы рекомендуется комбинировать несколько методов и учитывать специфику развития пожара. Так для иллюстрации практического применения методики будут использованы численные динамические и аналитические стационарные решения системы уравнений мониторинга динамики пожара с использованием беспилотных средств [2].

Метрики и шкалы для оценки периодов адаптации

Время адаптации – период от момента возникновения необходимости адаптации до начала стабильной работы системы в новых условиях, измеряется в количественной шкале интервалов.

Коэффициент эффективности адаптации – процент времени использования потенциала системы: доля доступных ресурсов, задействованных в адаптации, измеряется в количественной шкале отношений. Используется для сопоставления фактического времени с регламентами либо с историческими данными по аналогичным пожарам.

Методика оценки продолжительности периодов адаптации ОСУ

В ОСУ с внутренним управлением оценка периодов адаптации должна рассматриваться в совокупности с постадаптационными периодами развития системы. Применение для описания процесса мониторинга экспоненциальных моделей [2] определяет как минимум три этапа развития системы: адаптация, рост (линейный рост), насыщение (нелинейный рост).

С позиций управления на стадии **адаптации** при мониторинге крупного пожара обычно силы и средства наращиваются и

формируется структура их взаимодействия. На стадии **роста** ОСУ активно развивается, формируются ресурсы внутреннего управления для преодоления условий увеличения количества сил и средств мониторинга. Стадия **насыщения характеризуется тем, что** темпы роста замедляются, ОСУ приближается к требуемому уровню управления, а мониторинг достигает устойчивости.

Таким образом, адаптация, рост и насыщение отражают естественный цикл развития ОСУ, где каждый этап требует специфических управленческих решений и подходов к управлению ресурсами и структурой их взаимодействия.

Содержание методики

1. Этап. Подготовительный

Формируются исходные данные обычно в виде массива точек – дискретной модели или временного ряда Z_i и t_i . На данном этапе обычно формируются нормализованные оценки по показателю качества функционирования ОСУ.

2. Этап. Основной

2.1. Критериальная функция для оценки адаптации ОСУ

Критериальная функция

$$Y_i = 1 - \exp(-a \cdot \tau_i^n) \quad (1.1)$$

Константы критериальной функции оцениваются по формулам:

$$a = \exp\left(\frac{A \cdot G - B \cdot C}{A \cdot D - B \cdot B}\right) \quad (1.2)$$

$$n = \frac{C \cdot D - B \cdot G}{A \cdot D - B \cdot B} \quad (1.3)$$

где $A = \sum_{i=1}^p X_i^2$; $B = \sum_{i=1}^p X_i$; $C = \sum_{i=1}^p X_i F_i$; $D = \sum_{i=1}^p 1_i$; $G = \sum_{i=1}^p F_i$; $F_i = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-Z(\tau_i)}\right)\right)$; $X_i = \ln(\tau_i)$; $i=1, \dots, p$.

2.2. Оценки периодов адаптации ОСУ при мониторинге

Определим координаты кризисных точек переходных процессов А, В, С

Для точки А – точка адаптации (формулы для определения координат кризисных точек получены Сабанчиной Р. Р.)

Ордината:

$$Y_a = 1 - \exp\left(-\left(1 - \frac{1}{n}\right)\right), \quad (1.4)$$

Абсцисса:

$$\tau_a = \left(\frac{n-1}{an}\right)^{1/n}, \text{ (мин)} \quad (1.5)$$

Для точки В – точка завершения роста
Ордината оценивается с использованием формулы (1.4) $Y_b = 1 - Y_a$,

Абсцисса по формуле:

$$\tau_b = \left(\frac{1}{a} \cdot \ln \frac{1}{1 - Y_b} \right)^{1/n} \text{ (мин)} \quad (1.6)$$

Для точки С – точка завершения насыщения. Ордината условно принимается $Y_c = 0,98$, а абсцисса определяется аналогично точке В, по формуле (1.6), то есть

$$\tau_c = \left(\frac{1}{a} \cdot \ln \frac{1}{1 - Y_c} \right)^{1/n} \text{ (мин)}$$

На основе полученных данных оценивается продолжительность периодов адаптации ОСУ при мониторинге пожара по формулам:

Период адаптации:

$$D_a = \tau_a - 0 \text{ (мин)} \quad (1.7)$$

Период роста:

$$D_b = \tau_b - \tau_a \text{ (мин)} \quad (1.8)$$

Период насыщения:

$$D_c = \tau_c - \tau_b \text{ (мин)} \quad (1.9)$$

3. Этап. Заключительный

Расчет адаптационных показателей организации мониторинга пожара.

Параметры, характеризующие процесс адаптации ОСУ мониторинга пожара, оцениваются по формулам:

Показатель адаптации:

$$K_a = \frac{\tau_a}{\tau_c} \quad (1.10)$$

Показатель роста:

$$K_b = \frac{\tau_b - \tau_a}{\tau_c} \quad (1.11)$$

Показатель насыщения:

$$K_c = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_c} \quad (1.12)$$

Соотношение значений адаптационных показателей позволяет судить об эффективности организации мониторинга.

Пример. Система уравнений, с помощью которой оцениваются параметры воздушного мониторинга крупного пожара с учетом

динамической характеристики (β) записывается следующим образом [2]:

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{\beta} \right) \frac{dP_0(\tau)}{d\tau} = -P_0(\tau) + \alpha P_1(\tau) \\ \dots \\ \left(\frac{1}{\beta} \right) \frac{dP_k(\tau)}{d\tau} = -P_k(\tau) - \alpha P_k(\tau) + P_{k-1}(\tau) + \alpha P_{k+1}(\tau) \\ \dots \\ \left(\frac{1}{\beta} \right) \frac{dP_m(\tau)}{d\tau} = -\alpha P_m(\tau) + P_{m-1}(\tau) \end{cases} \quad (2.1)$$

где $b = \frac{1}{t_p}$ и $a = \frac{t_p}{t_g}$, t_p – время работы сред-

ства мониторинга, мин; t_b – время восстановления средства мониторинга, мин. Система уравнений (2.1) при $m > 1$ сложно разрешима аналитически, поэтому может быть решена с применением численных процедур.

Пусть как в [2] $m=2$; $t_p=20$ (мин); $t_b=10$ (мин); $\alpha=t_p/t_b \rightarrow \alpha=2$; $\beta=1/t_p \rightarrow \beta=0,05$ и начальным условиям при $t_0=0 \rightarrow P_0(t_0)=1$; $P_1(t_0)=0$; $P_2(t_0)=0$ и шаг численного метода $\Delta t = 0,25$ (мин) и $t_k=40$ (мин).

Для данных условий система уравнений (2.1) будет записана следующим образом:

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{0,05} \right) \frac{dP_0(\tau)}{d\tau} = -P_0(\tau) + 2P_1(\tau); \\ \left(\frac{1}{0,05} \right) \frac{dP_1(\tau)}{d\tau} = -P_1(\tau) - 2P_1(\tau) + P_0(\tau) + 2P_2(\tau); \\ \left(\frac{1}{0,05} \right) \frac{dP_2(\tau)}{d\tau} = -2P_2(\tau) + P_1(\tau). \end{cases} \quad (2.2)$$

Стационарные оценки при организации мониторинга определим по формулам предложенным А. В. Кузнецовым [2]:

для состояния $k=0$:

$$P_0 = \frac{a^2}{a^2 + a + 1} = \frac{2^2}{2^2 + 2 + 1} = 0,571;$$

для состояния $k=1$:

$$P_1 = \frac{a}{a^2 + a + 1} = \frac{2}{2^2 + 2 + 1} = 0,286 ;$$

для состояния $k=2$:

$$P_2 = \frac{1}{a^2 + a + 1} = \frac{1}{2^2 + 2 + 1} = 0,143 .$$

Результаты сопоставления стационарного и нестационарного решений системы уравнений представлены на рис. 1.

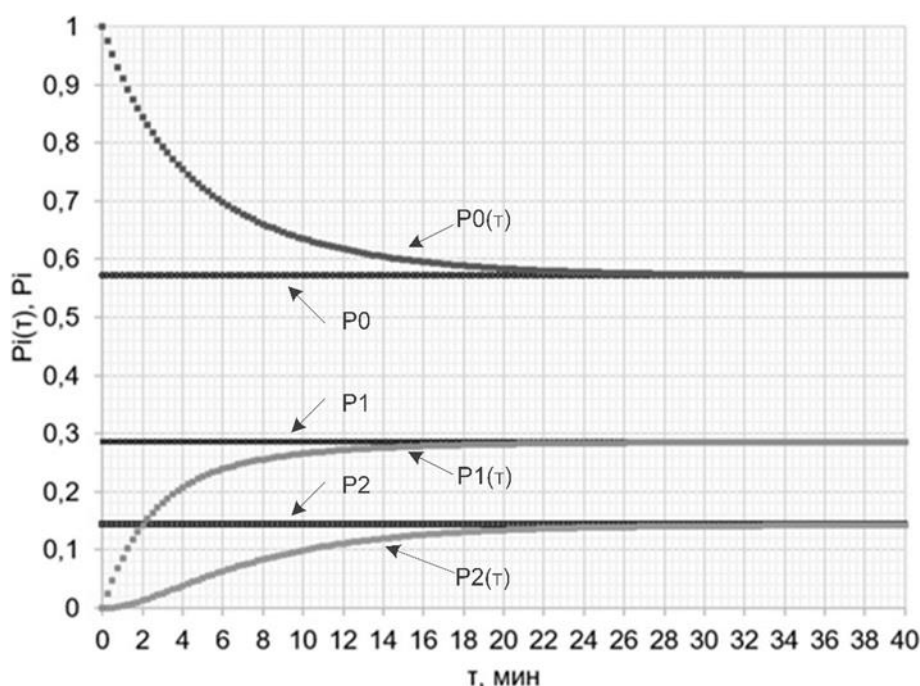


Рис. 1. Анализ стационарного и нестационарного решений системы уравнений (2.2)

Воспользуемся функцией $P_2(t)$ для оценки адаптации ОСУ при мониторинге пожара.

Этап 1. Подготовительный

Сформулируем массивы данных t_i и Z_i по формулам:

$$Z_i = \frac{P_2(t_i)}{P_2} \quad (2.3)$$

Результаты формирования массивов данных представлены в разделе 1 табл. 1.

Этап 2. Основной

2.1. Критериальная функция для оценки адаптации ОСУ

На основе данных t_i и Z_i по формулам (1.2) сформируем массивы данных X_i , F_i для определения констант a и n критериальной функции. По данным массивов X_i , F_i проведены расчеты констант A , B , C , D , G , результаты представлены в разделе 2 табл. 1. На основе полученных значений рассчитаны константы критериальной функции по формулам:

$$a = \exp\left(\frac{A \cdot G - B \cdot C}{A \cdot D - B \cdot G}\right) = \exp\left(\frac{1290,93 \cdot 103,39 - 426,31 \cdot 472,89}{1290,93 \cdot 158 - 426,31 \cdot 426,31}\right) = 0,047;$$

$$n = \frac{C \cdot D - B \cdot G}{A \cdot D - B \cdot G} = \frac{472,89 \cdot 158 - 426,31 \cdot 103,39}{1290,93 \cdot 158 - 426,31 \cdot 426,31} = 1,38.$$

Далее получен массив значений критериальной функции для каждого значения t_i по формуле:

$$Y_i = 1 - \exp(-0,047 \cdot t_i^{1,38}). \quad (2.4)$$

Сопоставление массивов Y_i и Z_i представлено на рис. 2.

По оценке критерия Пирсона $R^2=0,997$ можно сделать вывод, о том, что, анализируя данные из массива Y_i можно получить достоверные выводы относительно данных из массива Z_i , а, следовательно, и относительно исходной системы уравнений, описывающих динамику адаптации ОСУ в процессе мониторинга пожара.

2.2. Оценка периодов адаптации ОСУ при мониторинге

Определим координаты кризисных точек переходных процессов A , B , C

Для точки A

Ордината:

$$Y_a = 1 - \exp\left(-\left(1 - \frac{1}{n}\right)\right) = 1 - \exp\left(-\left(1 - \frac{1}{1,38}\right)\right) = 0,24,$$

Абсцисса:

$$\tau_a = \left(\frac{n-1}{an}\right)^{1/n} = \left(\frac{1,38-1}{0,047 \cdot 1,38}\right)^{1/1,38} = 3,6 \text{ (мин)}$$

Для точки В

Ордината: $Y_b = 1 - Y_a = 1 - 0,24 = 0,76$,

Абсцисса:

$$\tau_b = \left(\frac{1}{a} \cdot \ln \frac{1}{1 - Y_b} \right)^{\frac{1}{n}} =$$

$$= \left(\frac{1}{0,047} \cdot \ln \frac{1}{1 - 0,76} \right)^{1/1,38} = 11,9 \text{ (мин)}$$

Для точки С

Ордината: $Y_c = 0,98$

Абсцисса:

$$\tau_c = \left(\frac{1}{a} \cdot \ln \frac{1}{1 - Y_c} \right)^{\frac{1}{n}} =$$

$$= \left(\frac{1}{0,047} \cdot \ln \frac{1}{1 - 0,98} \right)^{1/1,38} = 24,6 \text{ (мин)}$$

На основе полученных данных оценим продолжительность периодов адаптации ОСУ при мониторинге пожара по формулам (1.7) – (1.9).

Период адаптации: $D_a = t_a - 0 = 3,6 \text{ (мин)}$

Период роста:

$D_b = t_b - t_a = 11,9 - 3,6 = 8,3 \text{ (мин)}$

Период насыщения:

$D_c = t_c - t_b = 24,6 - 11,9 = 12,7 \text{ (мин)}$

Результаты оценки периодов адаптации ОСУ с учетом динамики значений критериальной функции представлены на рис. 3.

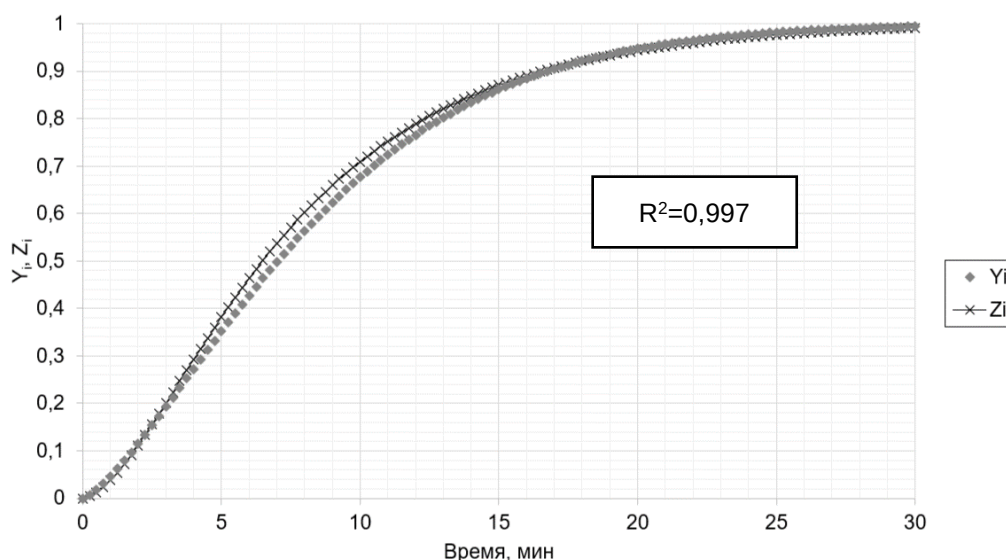


Рис. 2. Динамика значений массивов Z_i и Y_i

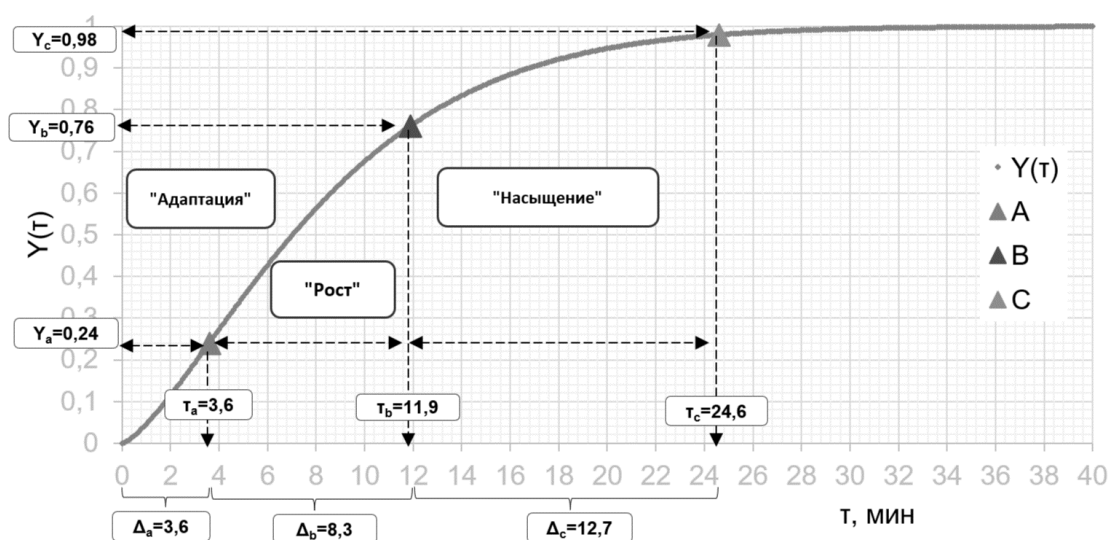


Рис. 3. Периоды адаптации ОСУ при мониторинге пожара

Этап 3. Заключительный

Расчет адаптационных показателей организации мониторинга пожара.

Параметры, характеризующие процесс адаптации ОСУ мониторинга пожара, оцениваются по формулам (1.10) – (1.12)

Показатель адаптации:

$$K_a = \frac{t_a}{t_c} = \frac{3,6}{24,6} = 0,14$$

Показатель роста:

$$K_b = \frac{t_b - t_a}{t_c} = \frac{11,9 - 3,6}{24,6} = 0,34$$

Показатель насыщения:

$$K_c = 1 - \frac{t_b}{t_c} = 1 - \frac{11,9}{24,6} = 0,52$$

Соотношение значений адаптационных показателей позволяет судить об эффективности организации мониторинга.

Обобщенные результаты оценки адаптационных показателей организации мониторинга представлены в разделе 3 таблицы.

Таким образом, на данном численном примере показано, что адаптационные и постадаптационные этапы в ОСУ не изолированы, а последовательно сменяют друг друга, и переход между ними часто сопровождается кризисными точками (А,В,С), требующими изменений в процедурах принятия решений при оптимальном управлении. Так на этапе адаптации для управления вреден дефицит ресурсов, а на этапе насыщения, наоборот, возникает проблема профицита ресурсной базы. В таких условиях успех организации мониторинга пожара зависит от осведомленности управленческого персонала и способности идентифицировать переходные моменты и своевременно адаптировать подходы к управлению, данная методика позволяет решать эти задачи.

Таблица. Результаты анализа адаптации организационной системы управления при мониторинге крупного пожара

Этап 1. Подготовительный	
Результаты предварительного анализа модели мониторинга	
Массив T_i	Массив Z_i
0;0,25;0,5;0,75;1;1,25;1,5;1,75;2;2,25;2,5;2,75;3; 3,25;3,5;3,75;4;4,25;4,5;4,75;5;5,25; 5,5;5,75;6;6,25;6,5;6,75;7;7,25;7,5;7,75;8;8,25;8,5;8,75;9;9,25;9,5; 9,75;10;10,25;10,5;10,75;11;11,25;11,5;11,75;12; 12,25;12,5;12,75;13;13,25;13,5;13,75;14;14,25;14,5;14,75;15;15,25;15,5; 15,75;16;16,25;16,5;16,75;17; 17,25;17,5;17,75;18;18,25;18,5;18,75;19;19,25;19,5;19,75;20;20,25;20,5; 20,75;21;21,25;21,5;21,75;22; 22,25;22,5;22,75;23;23,25;23,5;23,75;24;24,25;24,5;24,75;25;25,25;25,5; 25,75;26;26,25;26,5;26,75;27; 27,25;27,5;27,75;28;28,25;28,5;28,75;29;29,25;29,5;29,75;30;30,25;30,5; 30,75;31;31,25;31,5;31,75;32; 32,25;32,5;32,75;33;33,25;33,5;33,75;34;34,25;34,5;34,75;35;35,25;35,5; 35,75;36;36,25;36,5;36,75;37; 37,25;37,5;37,75;38;38,25;38,5;38,75;39;39,25;39,5;39,75;40.	0,0000;0,0044;0,0125;0,0238;0,0377;0,0538;0,0717;0,0910;0,1116;0,1330;0,1551; 0,1778;0,2007;0,2238;0,2469;0,2700;0,2929;0,3156;0,3380;0,3600;0,3816;0,4028; 0,4236;0,4438;0,4636;0,4828;0,5015;0,5197;0,5373;0,5544;0,5710;0,5870;0,6025; 0,6176;0,6321;0,6461;0,6596;0,6727;0,6853;0,6975;0,7092;0,7205;0,7314;0,7418; 0,7519;0,7617;0,7710;0,7800;0,7887;0,7970;0,8051;0,8128;0,8202;0,8274;0,8342; 0,8408;0,8472;0,8533;0,8592;0,8648;0,8702;0,8754;0,8804;0,8852;0,8899;0,8943; 0,8986;0,9027;0,9066;0,9104;0,9140;0,9175;0,9209;0,9241;0,9272;0,9302;0,9330; 0,9358;0,9384;0,9410;0,9434;0,9457;0,9480;0,9501;0,9522;0,9542;0,9561;0,9579; 0,9597;0,9614;0,9630;0,9646;0,9661;0,9675;0,9689;0,9702;0,9715;0,9727;0,9739; 0,9750;0,9761;0,9772;0,9782;0,9791;0,9800;0,9809;0,9818;0,9826;0,9834;0,9841; 0,9849;0,9856;0,9862;0,9869;0,9875;0,9881;0,9886;0,9892;0,9897;0,9902;0,9907; 0,9912;0,9916;0,9920;0,9925;0,9929;0,9932;0,9936;0,9939;0,9943;0,9946;0,9949; 0,9952;0,9955;0,9958;0,9960;0,9963;0,9965;0,9968;0,9970;0,9972;0,9974;0,9976; 0,9978;0,9980;0,9982;0,9983;0,9985;0,9986;0,9988;0,9989;0,9991;0,9992;0,9993; 0,9995;0,9996;0,9997;0,9998;0,9999;1,0000;1,0000

Этап 2. Основной				
2.1. Параметры критериальной функции мониторинга				
A	B	C	D	G
1290,93	426,31	472,89	158	103,39
n	a	R ²		
1,38	0,047	0,997		
2.2. Оценки периодов адаптации ОСУ при мониторинге				
Y _a		Y _b	Y _c	Y _{max}
0,24		0,76	0,98	1,00
T _a , мин		T _b , мин	T _c , мин	
3,6		11,9	24,6	
Δ _a , мин		Δ _b , мин	Δ _c , мин	ΣΔ, мин
3,6		8,3	12,7	24,6
Этап 3. Заключительный				
Адаптационные показатели организации мониторинга				
K _a		K _b	K _c	ΣK
0.14		0.34	0.52	1.00

Заключение

В исследовании, целью которого являлось создание методического инструментария оценки периодов процесса адаптации организационной системы управления при мониторинге крупных пожаров, получены следующие основные выводы:

1. Предложена методика оценки периодов адаптации ОСУ при мониторинге пожаров, которая построена на комбинации двух теоретических подходов к анализу временных рядов. При создании методики использованы: экспоненциальная модель качества мониторинга с учётом динамики среды и модель регрессионного анализа, коэффициенты которой определяются методом наименьших квадратов по дискретным данным.

2. На основе оценки продолжительности адаптационных и постадаптационных этапов развития ОСУ при мониторинге пожаров предложены показатели адаптации, роста и насыщения системы управления. Используя данные показатели в дальнейшем, будет предложена система поддержки принятия решений на основе многокритериальных моделей с постро-

ением множества Парето. Применение такой системы в процессе принятия управленческих решений позволит определить, на каком временном шаге ОСУ впервые попадает в приемлемую (парето-оптимальную) область по всем трем критериям.

3. Результаты исследования полезны в процессе обучения управленческого персонала при работе в условиях быстроменяющейся обстановки на пожаре, включая тренировки по повышению оперативности принятия управленческих решений. В этом случае продолжительность периода адаптации системы является критерием для формирования нормативов при выполнении специализированных упражнений.

4. Показан пример применения методики для оценки периодов адаптации и адаптационных показателей организации воздушного мониторинга крупного пожара. Данный пример иллюстрирует работоспособность предлагаемой методики и показывает возможность ее применения в процессе идентификации кризисных (переходных) точек в процессе развития ОСУ при мониторинге пожара.

Список литературы

- Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. 584 с.
- Технологии дистанционного мониторинга крупных пожаров с использованием беспилотных авиационных систем: монография / А. В. Кузнецов, Н. Г. Топольский, М. О. Баканов [и др.]. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. 127 с.

- Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Михайлов К. А. Теоретические основы поддержки управления пожарными подразделениями на основе мониторинга динамики пожара в здании: монография / Под общей редакцией д-ра техн. наук, профессора Н. Г. Топольского. М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. 320 с.

- Апарин А. А., Тараканов Д. В. Информационные ресурсы для планирования видеомониторинга действий по тушению техногенного пожара // Технологии техносферной безопасности. 2022. № 1 (95). С. 121–130.

5. Кузнецов А. В., Бутузов С. Ю., Тараканов Д. В. Алгоритм оценки важности задач организации мониторинга крупного пожара // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 2 (43). С. 27–33.

6. Методика оценки эффективности средств мониторинга при обнаружении очага пожара в зданиях текстильных производств / К. А. Михайлов, Д. В. Тараканов, А. И. Соковнин [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2025. № 2 (108). С. 130–142.

7. Степанов Е. В., Тараканов Д. В., Михайлов К. А. Задача моделирования мониторинга крупных пожаров с помощью беспилотных авиационных систем // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. М.: Академия Государственной противопожарной службы, 2024. № 13. С. 174–177.

8. Совершенствование информационного обеспечения групп разведки пожара при его мониторинге в здании с использованием инфракрасных технологий / Н. Г. Топольский, Д. В. Тараканов, К. А. Михайлов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2019. Т. 28. № 3. С. 89–97.

References

1. Novikov D. A. *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Theory of organizational systems management]. Moscow: MPSI, 2005. 584 p.

2. *Tekhnologii distantsionnogo monitoringa krupnykh pozharov s ispol'zovaniyem bespilotnykh aviatsionnykh sistem: monografiya* [Technologies for remote monitoring of large fires using unmanned aerial systems: monograph] / A. V. Kuznetsov, N. G. Topolsky, M. O. Bakanov [et al.]. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2020. 127 p.

3. Topol'skiy N. G., Tarakanov D. V., Mikhaylov K. A. *Teoreticheskiye osnovy podderzhki upravleniya pozharnymi podrazdeleniyami na osnove monitoringa dinamiki pozhara v zdanii: monografiya* [Theoretical foundations for supporting the management of fire departments based on

monitoring the dynamics of a fire in a building: monograph] / Pod obshchey redaktsiyey d-ra tekhn. nauk, professora N. G. Topol'skogo. M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2019. 320 p.

4. Aparin A. A., Tarakanov D. V. *Informatsionnyye resursy dlya planirovaniya videomonitoringa deystviy po tusheniyu tekhnogennogo pozhara* [Information resources for planning video monitoring of actions to extinguish a man-made fire.]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2022, issue 1 (95), pp. 121–130.

5. Kuznetsov A. V., Butuzov S. Yu., Tarakanov D. V. *Algoritm otsenki vazhnosti zadach organizatsii monitoringa krupnogo pozhara* [An algorithm for assessing the importance of tasks related to monitoring a major fire.]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2022, vol. 2 (43), pp. 27–33.

6. *Metodika otsenki effektivnosti sredstv monitoringa pri obnaruzhenii ochaga pozhara v zdaniyakh tekstil'nykh proizvodstv* [Methodology for assessing the effectiveness of monitoring systems in detecting fire sources in textile production buildings] / K. A. Mikhaylov, D. V. Tarakanov, A. I. Sokovnin [et al.]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2025, vol. 2 (108), pp. 130–142.

7. Stepanov Ye. V., Tarakanov D. V., Mikhaylov K. A. *Zadacha modelirovaniya monitoringa krupnykh pozharov s pomoshch'yu bespilotnykh aviatsionnykh sistem* [The task of modeling the monitoring of large-scale fires using unmanned aerial systems]. *Problemy tekhnosfernoy bezopasnosti: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchonykh i spetsialistov*. Moscow: Akademiya Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby, 2024, issue 13, pp. 174–177.

8. *Sovershenstvovaniye informatsionnogo obespecheniya grupp razvedki pozhara pri yego monitoringe v zdanii s ispol'zovaniyem infrakrasnykh tekhnologiy* [Improving the information support for fire reconnaissance teams during fire monitoring in a building using infrared technologies.] / N. G. Topol'skiy, D. V. Tarakanov, K. A. Mikhaylov [et al.]. *Pozharovzryvobezopasnost'/Fire and Explosion Safety*, 2019, vol. 28, issue 3, pp. 89–97.

Сабанчина Раиля Раиловна
Академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
адъюнкт адъюнктуры
E-mail: agpsrai02@yandex.ru

Sabanchina Raila Railovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«State Fire Academy of State Firefighting Service of the Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination
of Consequences of Natural Disasters»
Russian Federation, Moscow
adjunct of post-graduate courses
E-mail: agpsrai02@yandex.ru

Михайлов Кирилл Андреевич

Академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
кандидат технических наук
E-mail: mihkir.94@mail.ru

Mikhailov Kirill Andreevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«State Fire Academy of State Firefighting Service of the Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination
of Consequences of Natural Disasters»
Russian Federation, Moscow
candidate of technical sciences
E-mail: mihkir.94@mail.ru

Кузнецов Александр Валерьевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук
E-mail: a.kuznetsov9@yandex.ru

Kuznetsov Alexander Valerievich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of technical sciences
E-mail: a.kuznetsov9@yandex.ru

Тараканов Денис Вячеславович

Академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва
доктор технических наук, доцент
E-mail: den-pgs@yandex.ru

Tarakanov Denis Vyacheslavovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«State Fire Academy of State Firefighting Service of the Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination
of Consequences of Natural Disasters»
Russian Federation, Moscow
doctor of technical sciences, associate professor
E-mail: den-pgs@yandex.ru