

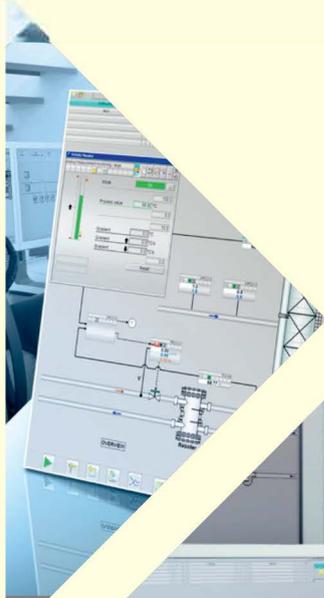
ISSN online 2658-6436

№ 2 (8)
2020

Научно-технический журнал

Автоматизация и моделирование

в проектировании и управлении



АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ



В проектировании и управлении

Издается с 2018 года

№ 2(08), 2020

Сетевое издание

Выходит 1 раз в квартал

Учредитель издания – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Брянский государственный технический университет» (БГТУ)

Председатель редакционного совета - **Сигов А.С.**, д-р. физ.-мат. наук, проф., академик РАН

Заместитель председателя редакционного совета – **Аверченков А.В.**, д-р. техн. наук, доц.

Заместитель председателя редакционного совета – **Федонин О.Н.**, д-р. техн. наук, проф.

Бобырь М.В., д-р. техн. наук, проф. (Курск)

Бочкарев П.Ю., д-р. техн. наук, проф. (Саратов)

Долгов Ю.А., д-р. техн. наук, проф. (Тирасполь)

Еременко В.Т., д-р. техн. наук, проф. (Орел)

Иващук О.А., д-р. техн. наук, проф. (Белгород)

Карпенко А.П., д-р. физ.-мат. наук, проф. (Москва)

Квятковская И.Ю., д-р. техн. наук, проф. (Астрахань)

Кравец А.Г., д-р. техн. наук, проф. (Волгоград)

Курейчик В.В., д-р. техн. наук, проф. (Таганрог)

Ланцов В.Н., д-р. техн. наук, проф. (Владимир)

Носков С.И., д-р. техн. наук, проф. (Иркутск)

Пестер А., д-р. техн. наук, проф. (Австрия)

Петрешин Д.И., д-р. техн. наук, проф. (Брянск)

Подвесовский А.Г., канд. техн. наук, доц. (Брянск)

Пылькин А.Н., д-р. техн. наук, проф. (Рязань)

Скрышников А.В., д-р. техн. наук, проф. (Воронеж)

Соснин П.И., д-р. техн. наук, проф. (Ульяновск)

Феофанов А.Н., д-р. техн. наук, проф. (Москва)

Хейфец М.Л., д-р. техн. наук, проф. (Белорусь)

Чепчуров М.С., д-р. техн. наук, проф. (Белгород)

Шептунов С.А., д-р. техн. наук, проф. (Москва)

Ярушкина Н.Г., д-р. техн. наук, проф. (Ульяновск)

Редколлегия

Главный редактор – **Аверченков В.И.** д-р. техн. наук, проф.

Зам. главного редактора – **Захарова А.А.** д-р. техн. наук, доц.

Зам. главного редактора – **Подвесовский А.Г.** канд. техн. наук, доц.

Ответственный секретарь – **Кузьменко А.А.** канд. биол. наук

Корректор – **Андросов К.Ю.**

Адрес редакции:

241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

тел.: (4832) 56-49-90

Адрес размещения: <https://aimpu.ru>

E-mail: aim-pu@mail.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-73848 от 05 октября 2018 года

ISSN online: 2658-6436

Журнал включен в специализированный референтный библиографический сервис **Crossref**

Журнал публикует основные результаты научных исследований по специальностям:

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

05.13.12 – Системы автоматизации проектирования

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении», допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции

AUTOMATION AND MODELING

SCIENTIFIC TECHNICAL
JOURNAL



in design and management

Issued since 2018

№ 2(08), 2020

Online edition

Published once a quarter

The founder of the publication—the Federal state budgetary educational
institution of higher education

«Bryansk State Technical University» (BSTU)

Chairman of Editorial Board – **Sigov A.S.**, D. Phys.-Mat., Professor, Academician of RAS

Deputy Chairman of Editorial Board – **Averchenkov A.V.**, D. Eng., Associate professor

Deputy Chairman of the editorial Board – **Fedonin O.N.**, D. Eng., Professor

M.Yu. Bobyr, D. Eng., Prof., (Kursk)

P.Yu. Bochkaryov, D. Eng., Prof., (Saratov)

Yu.A. Dolgov, D. Eng., Prof., (Tiraspol)

V.T. Yeremenko, D. Eng., Prof., (Orel)

O.A. Ivashchuk, D. Eng., Prof., (Belgorod)

A.P. Karpenko, D. Phys.-Mat., Prof., (Moscow)

I.Yu. Kvyatkovskaya, D. Eng., Prof., (Astrakhan)

A.G. Kravets, D. Eng., Prof., (Volgograd)

V.V. Kureichik, D. Eng., Prof., (Taganrog)

V.N. Lantsov, D. Eng., Prof., (Vladimir)

S.Yu. Noskov, D. Eng., Prof., (Irkutsk)

A. Pester, D. Eng., Prof., (Austria)

D.I. Petreshin, D. Eng., Prof., (Bryansk)

A.G. Podvesovskiy, Can. Eng., Assoc. Prof. (Bryansk)

A.N. Pylkin, D. Eng., Prof., (Bryansk)

A.V. Skrypnikov, D. Eng., Prof., (Voronezh)

P.I. Sosnin, D. Eng., Prof., (Ulyanovsk)

A.N. Feofanov, D. Eng., Prof., (Moscow)

M.L. Kheifets, D. Eng., Prof., (Minsk, Belarus)

M.S. Chepchurov, D. Eng., Prof., (Belgorod)

S.A. Sheptunov, D. Eng., Prof., (Moscow)

N.G. Yarushkina, D. Eng., Prof., (Ulyanovsk)

Editorial board

Editor-in-Chief – **Averchenkov V.I.** D. Eng., Prof.,

Deputy Editor-in Chief – **Zaharova A.A.** D. Eng., Assoc.
Prof.

Deputy Editor-in Chief – **Podvesovskiy A.G.** Can. Eng.,
Assoc. Prof.

Executive Secretary – **Kuzmenko A.A.** Can. Biol. Sc.

Corrector – **Androsov K.Yu.**

Address of edition 7, 50 Years of October Avenue,
Bryansk, Russia, 241035

Tel.: (4832) 56-49-90

Accommodation address: <https://aimpu.ru>

E-mail: aim-pu@mail.ru

The Journal is registered by the Federal
Service for Supervision in the Sphere of Telecom,
Information Technologies and Mass Communications
of Russian Federation (ROSKOMNADZOR). Registration
certificate Эл № ФС77-73848 of October 05, 2018

ISSN online: 2658-6436

Journal is included in a specialized consultant bibliographical service CrossRef

Reprinting, all kinds of material copying and reproduction of materials published in the journal “Automation and modeling
in design and management” is allowed only with the Editorial Board’s permission and a reference to the source of information

© Bryansk State Technical University, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Mathematical modeling, numerical methods and program complexes

Алешина С.А., Вьюгин И.В. Полиномиальный вариант задачи сумм-произведений 4
Джо К.О., Гергет О.М. Методы и алгоритмы сегментации изображений 11
Лаптев В.В., Гергет О.М., Данилов В.В. Исследование генеративно-сопоставительных сетей для синтеза новых медицинских данных 17
Шалимов П.Ю. Модели количественной шкалы оценки семантической информации 24

Aleshina S.A., Vyugin I.V. Polynomial version on the sum-product problem
Joe K.O., Gerget O.M. Methods and algorithms for image segmentation
Laptev V.V., Gerget O.M., Danilov V.V. Research of generative adversarial networks for the synthesis of new medical data
Shalimov P.Yu. Models of a quantitative scale for evaluating semantic information

Управление в социальных и экономических системах

Management in social and economic systems

Мерзлякова И.В., Феофанов А.Н. Моделирование и управление системой комплексной оценки рисков предприятия на основе требований стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в части риск-ориентированного мышления. Основные проблемы и пути их решения 33

Merzlyakova I.V., Feofanov A.N. Modelling and controlling the enterprise risks complex assessment system on the basis of Russian State Standard ISO 9001-2015 concerning risk-oriented thinking. General problems and ways of solving them

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, системы автоматизации проектирования

Automation and control of technological processes and production, automated design systems

Андреев В.В., Берберова М.А., Золотарев О.В., Чуенко В.В., Карпушин Е.В., Дьячков Д.В., Суворов А.В., Федосеева А.Ю., Фирсаков Г.Н. Оценка действий персонала при наиболее опасных авариях. Разработка программы мониторинга обеспечения безопасности АЭС 42
Берберова М.А., Чуенко В.В., Золотарев О.В., Трефилова О.Л., Грудев М.А. Аничкин В.В., Разина Е.В. Разработка программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций 50

Andreev V.V., Berberova M.A., Zolotarev O.V., Chuenko V.V., Karpushin E.V., Dyachkov D.V., Suvorov A.V., Fedoseeva A.Yu., Firsakov G.N. Assessment of personnel actions in the most dangerous accidents development of a NPP safety monitoring program
Berberova M.A., Chuenko V.V., Zolotarev O.V., Trefilova O.L., Grudev M.A. Anichkin V.V., Razina E.V. Development of the monitoring (control) program of the safety of nuclear power plants

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

УДК: 51

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-2-4-10

С.А. Алешина, И.В. Вьюгин

ПОЛИНОМИАЛЬНЫЙ ВАРИАНТ ЗАДАЧИ СУММ-ПРОИЗВЕДЕНИЙ

В работе рассматривается обобщение задачи сумм-произведений. Обобщённый принцип данной проблемы сформулирован в гипотезе Эрдёша-Семереди. Вместо суммы Минковского множеств рассматривается множество значений $f(x,y)$ однородного полинома f от двух переменных x и y , принадлежащих подгруппе мультипликативной группы G of F_p^ поля положительной характеристики. В работе получена нижняя оценка мощности такой полиномиальной суммы. Данная тема имеет прикладное значение в теории информации и динамике при расчете вероятностей событий, а также в различных методах кодирования и декодирования информации.*

Ключевые слова: задача сумм-произведений, поле вычетов, мультипликативная группа, подгруппа.

S.A. Aleshina, I.V. Vyugin

POLYNOMIAL VERSION ON THE SUM-PRODUCT PROBLEM

This work is about the generalization of sum-product problem. The general principle of it was formulated in the Erdos-Szemerédi's hypothesis. Instead of the Minkowski sum in this hypothesis, the set of values $f(x,y)$ of a homogeneous polynomial f in two variables, where x and y belong to subgroup G of F_p^ is considered. The lower bound on the cardinality of such set is obtained. This topic has an applied value in the theory of information and dynamics in calculating the probabilities of events, as well as in various methods of encoding and decoding information.*

Keywords: sum-product problem, residue field, multiplicative group, subgroup.

Introduction

This work touches upon questions of arithmetic combinatorics, which studies simultaneously additive and multiplicative operations on sets. One of the most fundamental questions is the problem of sum-product subsets. The detailed description of it can be found in the paper [1]. The problem below has numerous applications in several branches of mathematics, such as cryptography for codes and dynamical systems. The results associated with the problem of sum-product type in a field of positive characteristic enable us to solve the problem of estimating trigonometrical sums over subgroups, which is particularly important for number theory. These estimates make it possible to describe the distribution of the elements of a multiplicative subgroup in a field of positive characteristic.

Let A be a finite non-empty set of elements of a ring K (for example, a finite set of integers). Consider the sum and product of A with itself:

$$A + A := \{a + b : a, b \in A\} \tag{1}$$

$$A \cdot A := \{a \cdot b : a, b \in A\} \tag{2}$$

Obviously, the cardinality of both these sets is at least $|A|$, and in general the expectation is that it to be close to $|A|^2$. However, if A is closed under addition and multiplication (A is closed to a

subring), then the cardinality of both sets $A + A$ and $A \cdot A$ can be comparable to $|A|$. For the ring of integers, the Erdos - Szemerédi's hypothesis says that there exists a positive number ε for which the following inequality holds:

$$\max(|A + A|, |A \cdot A|) \gg |A|^{2-\varepsilon} \quad (3)$$

for any finite subset A of a ring. The inequality means that there exists a positive number C such that $\max(|A + A|, |A \cdot A|) > C|A|^{2-\varepsilon}$. This is the sum-product phenomenon: if the finite set A is not close to a real ring, then the sum $A + A$ or the product $A \cdot A$ must be considerably larger than A and close to $|A|^2$.

This phenomenon was not proved, however, there is Erdos - Szemerédi's theorem for finite set of integers which states:

$$\max(|A + A|, |A \cdot A|) \gg |A|^{1+c},$$

where c – positive constant.

Estimates for the constant c were constantly improved. If the set $A \subset R$, then best result was proved by Solymosi based on the Szemerédi-Trotter theorem:

$$\max(|A + A|, |A \cdot A|) \gg |A|^{4/3-\varepsilon}. \quad (4)$$

Remark: Consider the analogous problem of estimating the cardinality of the set $|A + A \cdot A|$. In the construction of this problem both additive and multiplicative operations are applied. It is known that $|A + A \cdot A| \gg |A|^{4/3}$.

In 1999 Tom Wolf (see [1]) raised the idea of looking for the phenomenon of sum-product type in finite fields F_p of prime order (such fields do not have non-trivial subrings). In particular, the inequality (3) holds if $A \subset F_p$ and A does not coincide with the entire field F_p , in the sense that $|A| \leq p^{1-\delta}$ for some $\delta > 0$ (it is reasonable that ε should depend on δ), which was subsequently resolved positively. Now the corresponding result is known as the theorem on estimates of sums of products for F_p (later he had new proofs and refinements).

It follows from the sum-product phenomenon that if the set $A \subset F_p$ of medium size $p^\delta < |A| < p^{1-\delta}$ has a multiplicative structure (for example, is a geometric progression or multiplicative subgroup), then it cannot have an additive structure: the sum $A + A$ is more larger than the original set A . Further, it is concluded that sets with multiplicative structure are uniformly distributed in the additive sense.

There are some modern results in the sum-product problem:

Theorem (Konyagin-Shkredov, Rudnev-Steven-Shkredov, 2016 - 2017)

Let $A \subset R$. Then

$$\max(|A + A|, |A \cdot A|) \gg |A|^{\frac{4}{3}+c},$$

where $|A|$ is infinite, $c > 0$ is an absolute constant.

Theorem (Roche-Newton-Rudnev-Shkredov, 2016, Askoy-Yazici-Murphy-Rudnev-Shkredov, 2017)

Let $A \subset F_p$, $|A| < p^{5/8}$. Then

$$\max(|A + A|, |A \cdot A|) \gg |A|^{1+1/5}.$$

Additive shifts of multiplicative subgroups

This problem is widely applicable in algebra, for example, in the study of additive shifts of multiplicative subgroups.

Garcia and J. Volochin 1988 [7], using some algebraic ideas, proved that for any multiplicative subgroup $G \subset F_p^*$, $G < \frac{(p-1)}{(p-1)^{\frac{1}{4}+1}}$ and any $\mu \neq 0$:

$$|G \cap (G + \mu)| \leq 4|G|^{\frac{2}{3}}. \quad (5)$$

D. Heath – Brown and S. Konyagin [4] simplified the proof of this fact and improved the constants in 2000 with the help of method of S. Stepanov [6], that is extremely popular in number theory. After that in 2012 I. Vyugin and I. Shkredov [3] generalize this fact for the number of additive shifts:

Let $G \subset F_p^*$ - multiplicative subgroup, $k \geq 1$ – an integer, $|G| > k \cdot 2^{2k+4}$. Let μ_1, \dots, μ_k - different non-zero residues and $Q = GQ$ – an invariant set such as:

$$0 \notin Q; |Q| < \left(\left(\frac{|G|}{k} \right)^{\frac{1}{2k}} - 1 \right)^{2k+1}; p \geq 4k|G| \left(|Q|^{\frac{1}{2k+1}} + 1 \right).$$

Then

$$\sum_{\lambda \in Q} |G \cap (G + \lambda\mu_1) \cap \dots \cap (G + \lambda\mu_k)| \leq 4(k+1) \left(|Q|^{\frac{1}{2k+1}} + 1 \right)^{k+1} |G|.$$

This theorem leads to the statement about the maximum of the cardinality of the intersection of k additive shifts of subgroup:

Let

$$32k \cdot 2^{20k \log(k+1)} \leq |G|, p \geq 4k|G| \left(|G|^{\frac{1}{2k+1}} + 1 \right).$$

Then

$$|G \cap (G + \mu_1) \cap \dots \cap (G + \mu_k)| \leq 4(k+1) \left(|G|^{\frac{1}{2k+1}} + 1 \right)^{k+1}.$$

In other words,

$$|G \cap (G + \mu_1) \cap \dots \cap (G + \mu_k)| \leq k|G|^{\frac{1}{2} + \alpha_k}.$$

If $1 \ll k|G| \ll kp^{1-\beta_k}$, where $\{\alpha_k\}, \{\beta_k\}$ – some sequences of positive numbers and $\alpha_k, \beta_k \rightarrow 0, k \rightarrow \infty$.

Also, in that work another additive characteristic of multiplicative subgroups is considered, namely, the cardinality of its sum and difference. The estimate (5) leads to

$$|G + G| \gg |G|^{\frac{4}{3}}.$$

For any G , for which $|G| \ll p^{\frac{3}{4}}$. Indeed, considering the cardinality of union of group G with some k elements of group G

$$|G \cup (G + \mu_1) \cup \dots \cup (G + \mu_k)|,$$

then it equals to

$$k|G| - |G \cap (G + \mu_1) \cap \dots \cap (G + \mu_k)| \geq k|G| - \frac{4n(n+1)|G|^{\frac{2}{3}}}{2}$$

from (5). If taking $k = C|G|^{\frac{1}{3}}$, where C – some constant, then the previous inequality will look like:

$$(C - 2C^2)|G|^{\frac{4}{3}} + 2C|G|.$$

The last part of the sum is linear, that can be omitted, so:

$$|G \cup (G + \mu_1) \cup \dots \cup (G + \mu_k)| \geq (C - 2C^2)|G|^{\frac{4}{3}},$$

that means that

$$|G + G| \gg |G|^{\frac{4}{3}},$$

since

$$|G \cup (G + \mu_1) \cup \dots \cup (G + \mu_k)| \leq |G + G|.$$

This result will be generalized for polynomials in Theorem 2(trivial bound).

D. Heath – Brown and S.Konyagin proved the inequality

$$|G \pm G| \gg |G|^{\frac{4}{3}}$$

for all subgroup G , for which $|G| \ll p^{\frac{2}{3}}$. Using the combinatorial idea, I. Vyugin and I. Shkredov made the previous inequality stronger:

$$|G \pm G| \gg \frac{|G|^{\frac{5}{3}}}{\log^{\frac{1}{2}}|G|}$$

for all subgroup G , for which $|G| \ll p^{\frac{1}{2}}$.

In this work the problem of the sum-product type for multiplicative subgroups is extended, and the lower bound of the number of solutions for the set $P(G, G)$ where G is a multiplicative subgroup, is obtained. The obtained estimate generalizes the earlier ones (see [1, 2]). These estimates are a corollary of author's result if the linear polynomial $P(x, y)$ is considered.

Preliminaries

Definition 1. Let us call the polynomial $P \in F_p[x, y]$ good if it is homogeneous with respect to x, y and $P(x, y) - 1$ is absolutely irreducible (it is irreducible over the algebraic closure of F_p).

Definition 2. For a prime number p and a natural number n , let us call a group G (n, p) -admitted if $G \subset F_p^*$ and $100n^3 < |G| < \frac{1}{3}p^{3/4}$.

Theorem 1 (I. Vyugin, S. Makarychev). For any natural number n there exist constants $C_1, C_2 > 0$ such that for any prime number p , for any (n, p) -admitted group G , for any good polynomial P of degree n , for any natural $h < C_2|G|^{3/2}$ and numbers $\alpha_1, \dots, \alpha_h \in F_p^*$ in different G -cosets, there are at most

$$C_1 h^{2/3} |G|^{2/3}$$

pairs (x, y) for which $P(x, y) = \alpha_k$ for some k . Later one of the constants in the last theorem was found exactly: $C_1 = 32n^5$.

Main results

Let us begin with the supporting statement:

Lemma. Let $P(x, y) \in F_p$ be a homogeneous polynomial of degree n such that the polynomial $P(x, y) - 1$ is irreducible over algebraic closure of F_p . Then the polynomial $Q(x, y) = P(x, y) - \alpha$, where α is a constant in F_p^* is irreducible over the closure of F_p .

Proof. For any α from F_p^* there must be denoted by the root of the n -th power from $\frac{1}{\alpha}$ in the algebraic closure of F_p . The polynomial $P(ax, ay) - 1$ is irreducible because if

$$P(ax, ay) - 1 = P_1(x, y)P_2(x, y),$$

then substituting into this equality x/a and y/a instead of x and y , then

$$P(x, y) - 1 = P_1\left(\frac{x}{a}, \frac{y}{a}\right)P_2\left(\frac{x}{a}, \frac{y}{a}\right),$$

i.e. $P(x, y) - 1$ is reducible, that contradicts to the assumption. So,

$$P(ax, ay) - 1 = a^n P(x, y) - 1 = \frac{P(x, y)}{\alpha} - 1$$

is irreducible. Multiplication by the constant α does not change irreducibility.

Theorem 2 (trivial bound). For any n there exist $C > 0$ such that for any prime number p (n, p) – admitted group G and a good polynomial P of degree n :

$$|P(G, G)| > C|G|^{4/3}$$

Here $P(G, G)$ is the set of all elements of F_p that can be obtained by substituting all possible elements of G as x, y .

Proof. Consider the equation $P(x, y) = \alpha$. There are two cases: $\alpha = 0$ and $\alpha \neq 0$.

1) For any $\alpha \neq 0$, the Theorem 1 can be applied (according to Lemma, $P(x, y) = \alpha$ is absolutely irreducible), taking $h = 1$ (that $P(x, y) = \alpha$ has at most $C_1|G|^{2/3}$ solutions for a constant C_1 depending only on the polynomial P).

2) If $\alpha = 0$, then the number of pairs for which $P(x, y) = 0$ is at most $2n|G|$.

a) If $P(x, *) = 0$ (P vanishes when y is substituted), then there are no more than n values of y (for example, the leading coefficient of x must vanish, and its degree in y is not greater than n). They give no more than $n|G|$ pairs for which the P vanishes.

b) If the polynomial does not vanish (the given y is substituted), then it turns into a nonzero polynomial in x of degree no greater than n . Therefore, this polynomial has no more than n roots. In total, this gives at most $|G|n$ pairs for which the polynomial vanishes. Now it is needful to estimate the number of values of good P on elements from the (n, p) –admitted group G .

As $|G| > 100n^3$ (see Definition 2), then

$$2n|G| < \frac{|G|^2}{50n^2}$$

As it was proved above, there are at most $2n|G|$ solutions

$$P(x, y) = 0$$

this means that there are smaller than one fiftieth of all possible pairs. Remaining at least $\frac{(50n^2-1)|G|^2}{50n^2}$ pairs must somehow be distributed among other values of P , but each of these values does not exceed $C_1|G|^{2/3}$ pairs. Hence, the number of values cannot be less than

$$\frac{\frac{(50n^2-1)|G|^2}{50n^2}}{(C_1|G|^{2/3})} = \left(\frac{50n^2-1}{50n^2 C_1}\right)|G|^{4/3} \quad (5)$$

As $C_1 = 32n^5$ (see the Theorem 1), then

$$C = \frac{50n^2-1}{1600n^7}$$

The goal of this paper is to improve the lower bound of the number of solutions of the set $P(G, G)$.

Theorem 3 (non-trivial bound). For any n there exist $C > 0$ such that for any prime number p (n, p) – admitted group G and a good polynomial P of degree n :

$$|P(G, G)| > C|G|^{3/2}$$

Proof. Suppose the contrary. Then there exists n , for which Theorem 3 is not correct. Then for any constant C there are the (n, p) –admitted group G and the good polynomial P such that

$$|P(G, G)| \leq C|G|^{3/2}$$

To obtain a contradiction, Theorem 1 must be applied. Thus, for n it needs to be chosen some

$C_1 C_2 > 0$ satisfying the condition of Theorem 3. After this let us choose $C > 0$ such that

$$C < C_2, C_1 C^{2/3} < \frac{50n^2-1}{50n^2}$$

Take any bad pair (P, G) for the chosen C . All possible values of $P(G, G)$ that are not more than $C|G|^{3/2}$ can be arranged in the form of the Young tableau in such a way that each row contains values from one G -coset, and in different rows - from different G -cosets. Thus, each line of the resulting diagram has no more than $|G|$ elements. Let us estimate from above the number of pairs (x, y) for which the value lies into one or another column.

If some column has h elements, then it can be noted that $h \leq |P(G, G)| \leq C|G|^{3/2} \leq C_2|G|^{3/2}$. Therefore, since all the elements of the column lie in different G -cosets, according to the Theorem 1, there exists at most $C_1 h^{2/3} |G|^{2/3}$ pairs (x, y) for which $P(x, y)$ lies into this column. The number of pairs for which $P(x, y) = 0$ is at most $2n|G|$ (see the proof of Theorem 2).

Now it can be denoted the column lengths for $h_1, h_2, \dots, h_{|G|}$ and estimate the total number of pairs:

$$|G|^2 < 2n|G| + \sum_{k=1}^{|G|} C_1 h_k^{2/3} |G|^{2/3}$$

On the other hand, by the inequality on the power averages:

$$\left(\frac{1}{|G|} \sum_{k=1}^{|G|} h_k^{2/3}\right)^{3/2} \leq \frac{1}{|G|} \sum_{k=1}^{|G|} h_k$$

The sum of all h_k is the total number of cells in the table, so it does not exceed $C|G|^{3/2}$, whence:

$$|G|^2 < 2n|G| + C_1 |G|^{2/3} |G| \left(\frac{C|G|^{3/2}}{|G|}\right)^{2/3} = 2n|G| + C_1 C^{2/3} |G|^2 < 2n|G| + \left(\frac{50n^2-1}{50n^2}\right) |G|^2$$

As $|G| > 100n^3$ (see Definition 2), it is a contradiction, and therefore, theorem is proved.

The constant

$$C = \min \left(\left(\frac{50n^2-1}{50n^2 C_1}\right)^{3/2}; C_2 \right) = \left(\frac{50n^2-1}{1600n^7}\right)^{3/2};$$

as C_2 was not found yet.

Conclusion

In this paper, the sum-product problem for multiplicative subgroups is expanded, and the lower bound for the number of solutions for the set $P(G, G)$ is obtained. The received estimate generalizes the ones previously obtained (see [1,2]). These estimates are a consequence of the obtained result assuming that the polynomial $P(x, y)$ is linear. The results that are considered in this paper, are intricately connected to another problems in additive combinatorics, namely, the additive energy of two sets and the structure of sumset problem, which allows to obtain the improved estimates for the cardinality of such sets.

Список литературы:

1. Tao, T. Структура и случайность - М: МЦНМО, 2013. - 360 с.
2. Corvaja, P. Greatest common divisor of $u-1, v-1$ in positive and rational points on curves over finite fields / P. Corvaja, U. Zannier // L. Eur. Math. Soc., 15, 1927- 1942, (2013). - Pp.345-356.

References:

1. Tao, T. Struktura i sluchajnost' - М: MCNMO, 2013. - 360 p.
2. Corvaja, P. Greatest common divisor of $u-1, v-1$ in positive and rational points on curves over finite fields / P. Corvaja, U. Zannier // L. Eur. Math. Soc., 15, 1927- 1942, (2013). - Pp.345-356.

3. Вьюгин, И.В. Об аддитивных сдвигах мультипликативных подгрупп / И.В. Вьюгин, И.Д. Шкредов // Матем. сб., 2012. - Т. 203, № 6. – С. 81–100.
3. V'yugin, I.V. Ob additivnyh sdvigah mul'tiplikativnyh podgrupp / I.V. V'yugin, I.D. SHkredov // Matem. sb., 2012. - T. 203, № 6. – Pp. 81–100.
4. Heath-Brown, D. R. New bounds for Gauss sums derived from k-th powers, and for Heilbronn's exponential sum / Heath-Brown, D. R. S. Konyagin // Q. J. Math., 51: 2 (2000). - Pp. 221-235.
4. Heath-Brown, D. R. New bounds for Gauss sums derived from k-th powers, and for Heilbronn's exponential sum / Heath-Brown, D. R. S. Konyagin // Q. J. Math., 51: 2 (2000). - Pp. 221-235.
5. Конагин, С. В. Оценки для тригонометрических сумм на подгруппы и для гауссовых сумм", IV интернац. конф. Современные проблемы теории чисел и ее приложения, Актуальные проблемы. Часть 3 (Тула, 2001). - Изд: Моск. ун-та. - 2002. - С. 86-114.
5. Konyagin, S. V. Ocenki dlya trigonometricheskikh summ na podgruppy i dlya gaussovykh summ", IV internac. konf. Sovremennye problemy teorii chisel i ee prilozheniya, Aktual'nye problemy. CHast' 3 (Tula, 2001). - Izd: Mosk. un-ta. - 2002. - Pp. 86-114.
6. Степанов, С. А. О числе точек гиперэллиптической кривой над простым конечным полем / С. А. Степанов // Изв. АН СССР. - 1969. - С.1171-1181.
6. Stepanov, S. A. O chisle toчек giperellipticheskoy krivoy nad prostym konechnym polem / S. A. Stepanov // Izv. AN USSR. - 1969. - Pp. 1171-1181.
7. Garcia, A. Fermat curves over finite fields / A. Garcia, J. F. Voloch // Number Theory, 30: 3 (1988). - Pp. 345-356.
7. Garcia, A. Fermat curves over finite fields / A. Garcia, J. F. Voloch // Number Theory, 30: 3 (1988). - Pp. 345-356.
8. Katz, N. H. On additive doubling and energy / N. H. Katz, P. Koester. SIAM J. Discrete Math., 24:4 (2010). - Pp. 1684-1693.
8. Katz, N. H. On additive doubling and energy / N. H. Katz, P. Koester. SIAM J. Discrete Math., 24:4 (2010). - Pp. 1684-1693.
9. Sanders, T. On a non-abelian Balog-Szemerédi-type lemma, arXiv: 0912.0306.
9. Sanders, T. On a non-abelian Balog-Szemerédi-type lemma, arXiv: 0912.0306.
10. Sanders, T. Structure in sets with logarithmic doubling, arXiv: 1002.1552.
10. Sanders, T. Structure in sets with logarithmic doubling, arXiv: 1002.1552.

Статья поступила в редколлегию 24.04.2020.

*Рецензент: канд. техн. наук, доцент,
Брянский государственный технический университет
Подвесовский А.Г.*

Статья принята к публикации 30.04.2020.

Сведения об авторах

Алешина Софья Александровна
студентка программы MBA университета
Бедфордшира,
E-mail: aleshina.sofia@mail.ru.

Вьюгин Илья Владимирович
кандидат физико-математических наук, доцент
факультета математики Национального
Исследовательского Университета “Высшая Школа
Экономики”,
E-mail: vyugin@gmail.com.

Information about authors:

Sofia Aleshina
MBA student at University of Bedfordshire, UK,
E-mail: aleshina.sofia@mail.ru.

Ilya Vyugin
Candidate of Sciences* (PhD), docent of faculty of
mathematics at National Research University “Higher
School of Economics”,
E-mail: vyugin@gmail.com.

УДК: 004.932.72'1

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-2-11-16

К.О. Джо, О.М. Гергет

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В данной статье рассмотрены методы и алгоритмы сегментации изображений, в частности МРТ головного мозга. Особое внимание уделено таким алгоритмам, как морфологический, k-mean, regiongrowing. Проанализированы результаты исследований, приведено подкрепление результата исследования статистическим и дисперсионным анализом.

Ключевые слова: сегментация, МРТ изображения, новообразования головного мозга, точность сегментации, дисперсионный анализ, чувствительность, специфичность.

К.О. Joe, O.M. Gerget

METHODS AND ALGORITHMS FOR IMAGE SEGMENTATION

This study aim to find the optimal segmentation method for detecting brain tumors. For this purpose, the main methods from each group were selected: from stochastic-the method of cluster analysis of k-means, from structural-morphological, from mixed – region growing. The study was based on medical images of the brain, the sample includes 10 images. After segmenting the images, you need to find the best result. The result must be justified. As a result of the research, the method of region growing proved to be an effective method. The accuracy of the method is proved by statistical and variance analyses. The segmentation accuracy of the region growing is 89 %.

Keywords: segmentation, MRI images, brain tumors, segmentation accuracy, variance analysis, sensitivity, specificity.

Введение

В настоящее время в России наблюдается факт, связанный с увеличением числа выявленных новообразований головного мозга у трудоспособного населения. Ежегодно фиксируют в среднем около 23 случаев рака мозга на 100 тысяч пациентов [1]. Одной из наиболее информативной модальностью при диагностировании (скрининге) новообразований является магнитно-резонансная томография(МРТ). Однако необходимы методы, которые позволяют, минимизируя потери выходных данных, достичь хороших результатов при распознавании изображений. К таким методам можно отнести методы сегментации и контурирования анатомических структур.

Анализ методов сегментации

Методы сегментации делятся на структурные, стохастические, смешанные (гибридные).

Для работы структурного метода необходима информация о структуре сегментируемого объекта. Главное преимущество этой группы методов – сегментирование отдельного органа или нужной анатомической структуры. Качество сегментации напрямую зависит от качества анализируемого изображения, в частности, шумы, имеющиеся на изображении, могут повлиять на качество сегментации. Структурные методы обладают одним важным недостатком – они не могут быть автоматизированы, поскольку определение входных нулевых параметров осуществляется оператором.

Сегментация на основе стохастических методов осуществляется посредством математического анализа данных и стохастических методов определения анатомических структур по исследуемым МРТ изображениям. Рассматриваемый метод может быть автоматизирован. Качество сегментации и точность определения границ зависят от

начальных параметров, что дает возможность алгоритму адаптироваться к шуму изображения.

Смешанные (или гибридные) методы состоят из характеристик и структурных, и стохастических методов сегментации.

В работе из группы структурных методов приведем морфологический метод (рис.1). Математическая морфология ориентирована на изучение структуры и формы множеств однотипных объектов. Морфологический метод нельзя отнести к самостоятельным алгоритмами сегментации, поскольку в ходе исследования он показал себя как предварительный или промежуточный этап сегментации.

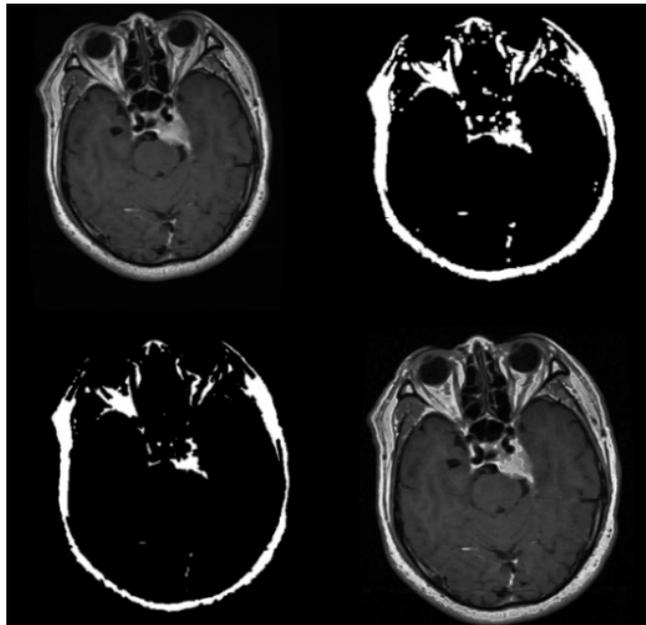


Рис. 1 – Результат работы морфологического метода на МРТ-изображении мозга

Из стохастических – метод кластерного анализа классификацией k-средних (рис.2). Рассматриваемый метод основан на итеративном подходе, то есть каждый раз рассчитывается центр кластера, а алгоритм предполагает использование только исходных значений переменных.

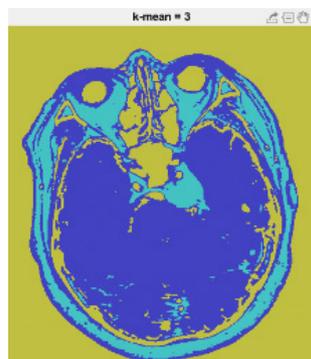


Рис. 2 – Результат работы метода кластерного анализа на МРТ-изображении мозга

Из смешанных – метод наращивания регионов. Наращивание регионов (рис.3), как и морфологический метод, зачастую является предварительным этапом или же частью более сложной сегментации.

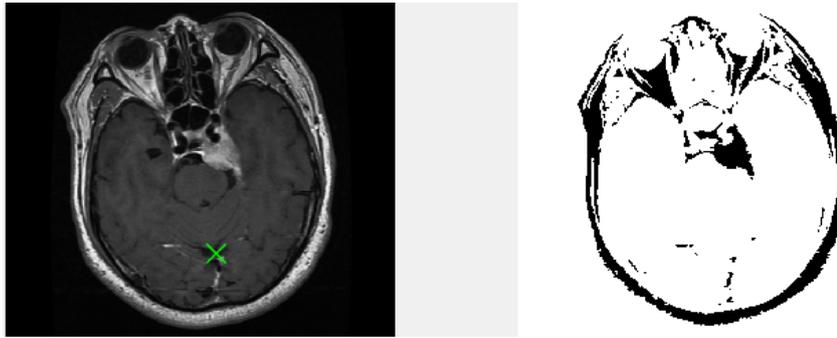


Рис. 3 – Результат работы метода наращивания регионов на МРТ-изображении мозга

Сравнивая методы, их качество и точность определения новообразований, наиболее лучший результат оказался у метода наращивания регионов (Region Growing).

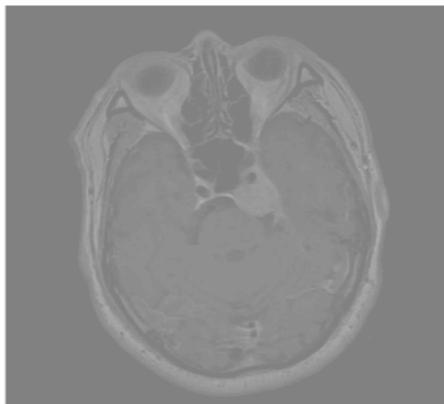


Рис. 4 – Исходное изображение

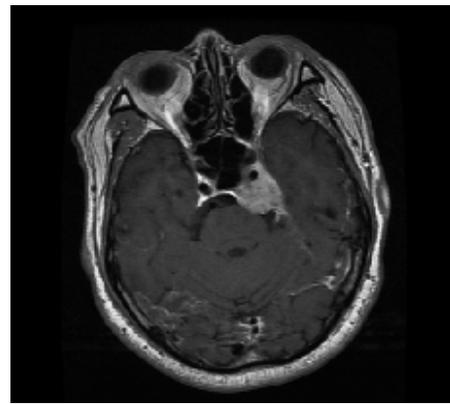


Рис. 5 – Предобработка изображения

На рис.6 приведен основной блок алгоритма Region Growing, реализация которого позволяет вычислить координаты соседнего пикселя и проверить принадлежность пикселя рассматриваемому объекту исследования.

```

for j=1:4
    % Вычисляем координаты соседнего пикселя
    xn = x +neighb(j,1); yn = y +neighb(j,2);

    % Проверяем, находится ли сосед внутри или снаружи изображения
    ins=(xn>=1) && (yn>=1) && (xn<=Isizes(1)) && (yn<=Isizes(2));

    % Добавляем соседний пиксель, если он внутри, а не уже в сегментированной области
    if(ins&&(J(xn,yn)==0))
        neg_pos = neg_pos+1;
        neg_list(neg_pos,:) = [xn yn g(xn,yn)]; J(xn,yn)=1;
    end
end
end

```

Рис. 6 – Нахождение соседних пикселей

Исследуемый метод использует параметр остановки метода. Данным параметром может являться одинаковая (однородная) интенсивность или границы изображения. Для того, чтобы метод начал работать, задается первый пиксель (точка), который выбирается вручную.

Оценка методов сегментации

Для того, чтобы оценить исследуемые методы сегментации были определены точность, чувствительность и специфичность, определено распределение данных выборки и проведен

дисперсионный анализ.

Определение точности сегментации

В исследовании под точностью понимается соотношение верно сегментируемой области на изображении. Однако этого недостаточно, так как метод может выделить сегмент, который лишь частично является основной истинной площадью. Точность включает в себя истинно-положительные результаты, ложные срабатывания и точность.

Для определения точности было предпринято решение использовать F-меру. F-мера базируется на полноте (recall) и точности (precision).

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP},$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN},$$

где TP — истинно-положительные результаты – верно сегментируемое изображение;

FP — ложноположительные результаты – сегментируемый объект был не полностью выделен;

FN — ложноотрицательные результаты – сегментация прошла неуспешно.

F-мера также является средним между точностью и полнотой и рассчитывается по формуле:

$$F = (\beta^2 + 1) \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\beta^2 \text{Precision} + \text{Recall}},$$

где β принимает значения в диапазоне $0 < \beta < 1$, в случае, если отдан приоритет точности, а при $\beta > 1$ приоритет отдается полноте. При $\beta = 1$ получается сбалансированная F-мера (также ее называют F_1). Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Нахождение F-меры

	TP	FP	FN	F ₁	F
Морфологический метод	2	5	3	0.16	16.8
Сегментация методом кластеризации (k-mean)	4	3	3	0.28	28.85
Region growing	6	3	1	0.4	87.98

Таким образом, наивысшая точность и полнота сегментации выделена у метода наращивания регионов (Region growing) – 87,98 %. Исследования проводились на одних и тех же изображениях.

Определение чувствительности и специфичности

Чувствительность (истинно положительная пропорция) отображает часть позитивных результатов, которые безошибочно идентифицированы.

$$\text{Чувствительность} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\%$$

Специфичность отражает процент отрицательных результатов, которые безошибочно идентифицированы.

$$\text{Специфичность} = \frac{TN}{FP + TN} \times 100\%$$

Таблица 2. Определение чувствительности и специфичности

	TP	FP	FN	TN	Чувствительность, %	Специфичность, %
Морфологический метод	2	5	3	2	40	28.57
Сегментация методом кластеризации (k-mean)	4	3	3	4	57.14	57.14
Regiongrowing	6	3	1	6	85.71	66.67

Полученные значения чувствительности тестов, отображены в таблице 3. На чувствительность и точность сегментации безусловно влияют входные параметры. Изображение может не иметь достаточной контрастности или иметь шум.

Дисперсионный анализ

С целью дополнительной оценки качества сегментации изображений на основе рассмотренных методов был проведен дисперсионный анализ.

Если в результате выполнения дисперсионного анализа, средние значения случайной величины различаются несущественно, то согласно критерию Фишера, нулевая гипотеза о равенстве факторной и остаточной дисперсии невозможно отвергнуть [5]. В результате проведения анализа исследуемых методов оценка факторной дисперсии больше остаточной дисперсии, что говорит о том, что нулевая гипотеза может быть отвергнута.

В результате дисперсионного анализа был вычислен $f_{\text{набл}}$:

$$f_{\text{набл}} = \frac{2309.64}{1866.37} = 1.24$$

$$f_{\text{кр}}(\alpha=0.025) = 3.37.$$

Так как критерий Фишера наблюдения больше критического значения, нулевая гипотеза H_0 равенства групповых средних отвергается, то есть имеется значимое различие.

Заключение

Результатом исследования является подбор оптимального метода для сегментации МРТ изображений, который подкреплен статистическим анализом, а также проведенным дисперсионным анализом. Более качественным методом является метод наращивания регионов, показавший наибольшее значение точности сегментации на исследуемой выборке изображений головного мозга.

Список литературы:

1. Рыкова, А. Статистика заболеваемости раком мозга в России / А. Рыкова, А. Лушникова // [Электрон. ресурс]. Дата обновления: 17.09.2019. URL: <https://russian.rt.com/russia/news/668870-rak-mozga-rossiya-statistika> (дата обращения 8.04.2020).
2. Haralick, R.M., Sapiro L.G. Image Segmentation Techniques. Computer Vision, Graphics and Image Processing / R.M. Haralick, L.G. Sapiro // Pp. 100-132, 1985.
3. Morse, B.S. Lecture Segmentation. Brigham Young University, 2000.
4. Pham, D.L., Xu, C., Prince, J.L. Current Methods in Medical Image Segmentation. Annual Review of Biomedical Engineering / D.L. Pham, C. Xu, J.L. Prince, // Pp. 315-337, 2000.
5. F-критерий Фишера [Электрон. ресурс]. URL: <https://sites.google.com/site/matmetodpd/f-kriterij-fisera> (дата обращения 10.04.2020).

References:

1. Rykova, A. Statistika zaboлеваemosti rakom mozga v Rossii / A. Rykova, A. Lushnikova // [Elektron. resurs]. Data obnovleniya: 17.09.2019. URL: <https://russian.rt.com/russia/news/668870-rak-mozga-rossiya-statistika> (data obrashcheniya 8.04.2020).
2. Haralick, R.M., Sapiro L.G. Image Segmentation Techniques. Computer Vision, Graphics and Image Processing / R.M. Haralick, L.G. Sapiro // Pp. 100-132, 1985.
3. Morse, B.S. Lecture Segmentation. Brigham Young University, 2000.
4. Pham, D.L., Xu, C., Prince, J.L. Current Methods in Medical Image Segmentation. Annual Review of Biomedical Engineering / D.L. Pham, C. Xu, J.L. Prince, // Pp. 315-337, 2000.
5. F-kriterij Fishera [Elektron. resurs]. URL: <https://sites.google.com/site/matmetodpd/f-kriterij-fisera> (data obrashcheniya 10.04.2020).

*Статья поступила в редколлегию 27.04.2020.
Рецензент: канд. техн. наук, доцент,
Брянский государственный технический университет
Подвесовский А.Г.
Статья принята к публикации 07.05.2020.*

Сведения об авторах:

Джо Карина Олеговна

Магистрант Томского политехнического
университета (Томск, Россия)
E-mail: karina1@tpu.ru

Гергет Ольга Михайловна

д.т.н., профессор Инженерной школы
информационных технологий и робототехники
Томского политехнического университета
E-mail: gerget@tpu.ru

Information about authors:

Jo Karina

Master student of Tomsk Polytechnic University
E-mail: karina1@tpu.ru

Gergert Olga

Full Doctor, Professor of Tomsk Polytechnic
University
E-mail: gerget@tpu.ru

УДК: 004.896

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-2-17-23

В.В. Лаптев, О.М. Гергет, В.В. Данилов

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СИНТЕЗА НОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

В работе рассматривается создание генеративно-сопоставительной модели нейронной сети (GAN – Generative Adversarial Nets), для синтеза новых медицинских данных. GAN состоит из двух моделей, обучаемых одновременно: генеративная модель (G – Generator), фиксирующая распределение данных, и дискриминирующая модель (D – Discriminator), оценивающая вероятность того, что выборка получена из обучающих данных, а не от генератора G. Для создания G применяется собственная архитектура нейронной сети, основанная на сверточных слоях, с применением экспериментальных методов глубокого обучения на основе Tensor Flow Addons. Для создания дискриминатора D применяется подход Transfer Learning (TL). Процедура обучения состоит в максимизации вероятности того, что D допустит ошибку. Эксперименты показывают, что предложенная архитектура GAN, полностью справляется с поставленной задачей – синтез новых медицинских данных.

Ключевые слова: генеративно-сопоставительная сеть, сверточная нейронная сеть, генератор, предобученная модель, дискриминатор, вероятность, обучение.

V.V. Laptev, O.M. Gerget, V.V. Danilov

RESEARCH OF GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS FOR THE SYNTHESIS OF NEW MEDICAL DATA

The paper considers the development of a Generative Adversarial Network (GAN) for the synthesis of new medical data. The developed GAN consists of two models trained simultaneously: a generative model (G - Generator), estimating the distribution of data, and a discriminating model (D - Discriminator), which estimates the probability that the sample is obtained from the training data, and not from generator G. To create G, we used own neural network architecture based on convolutional layers using experimental functions of Tensor Flow Addons. To create discriminator D, we used a Transfer Learning (TL) approach. The training procedure is to maximize the likelihood that discriminator D will make a mistake. Experiments show that the proposed GAN architecture completely copes with the task of synthesizing of new medical data.

Keywords: generative adversarial network, convolutional neural network, generator, pre-trained model, discriminator, probability, training.

Введение

В настоящее время генеративные модели, основанные на нейронных сетях глубокого обучения, используются для решения различных задач: генерация рукописных цифр [1], генерация лиц [2], написания стихов [3] и др.

В современной медицинской практике, в том числе и в области кардиологии, продолжает сохраняться устойчивый рост использования методов автоматической обработки графических данных. Наиболее популярными являются алгоритмы обработки анатомических структур на основе данных МРТ и КТ. Однако в ряде случаев использование представленных модальностей невозможно, так как, например, основным ограничением компьютерной томографии (КТ) является отсутствие режима реального времени. Для решения данной проблемы необходимо разработать алгоритм трекинга и визуализации данных на основе интеллектуального анализа. GAN позволит синтезировать уникальные данные для обучения модели трекинга, подобно [4].

Популярные генеративные модели, как ограниченная машина Больцмана и ее множество вариантов [5, 6, 7], были успешно использованы в ограниченных условиях, такие

как послойная предварительная подготовка и некоторые прикладные задачи. Но общее развитие генеративных моделей как самостоятельных инструментов в значительной степени отстают, из-за, возникающих проблем, при оценке максимального правдоподобия. В этой статье мы предлагаем собственную архитектуру G, и приводим сравнение различных transferlearning моделей D для синтеза медицинских данных.

Исследование

2.1. Генеративно–сопоставительные сети. GAN состоят из двух нейронных сетей: генератора и дискриминатора. Генератор семплирует случайные числа из некоторого распределения $P(Z)$, входного шума, например $N(0, 1)$ и генерирует из них объекты $X_p = G(Z; \theta_g)$, а дискриминатор, получая на вход семплы от оригинальной выборки X_s и генератора X_p , учится предсказывать природу семпла (откуда он пришел), выдавая на выходе скаляр $D(X; \theta_d)$. На рисунке 1 представлена классическая структура GAN.

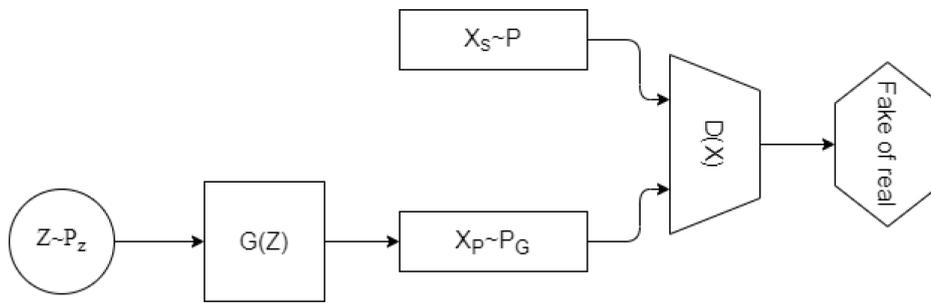


Рис. 1. Классическая архитектура GAN

Процесс обучения GAN можно представить в виде следующего алгоритма (генератор и дискриминатор обучаются отдельно, но в рамках одной сети):

Шаг 1. Задаем произвольный начальный G(Z).

Шаг 2. Обучаем дискриминатор, параметры θ_d обновляются в сторону уменьшения бинарной кросс-энтропии (BCE сокр. от Binary Cross Entropy):

$$BCE = -\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N y_i \cdot \log(\hat{y}_i) + (1 - y_i) \cdot \log(1 - \hat{y}_i) \quad (1)$$

$$\theta_d = \theta_d - \nabla_{\theta_d} (\log(D(X_s)) + \log(1 - D(G(Z)))) \quad (2)$$

Шаг 3. Обучение генератора, обновляем параметры генератора θ_g в сторону увеличения логарифма вероятности, а дискриминатору присвоить сгенерированному объекту лейбл реального:

$$\theta_g = \theta_g + \nabla_{\theta_g} (\log(1 - D(G(Z)))) \quad (3)$$

Задачу, что решает GAN можно сформулировать следующим образом:

$$\min_G \max_D E_{X \sim P} [\log(D(X))] + E_{Z \sim P_Z} [\log(1 - D(G(Z)))] \quad (4)$$

При заданном генераторе оптимальный дискриминатор выдает вероятность:

$$D(X) = \frac{P(X)}{P_g(X) + P(X)} \quad (5)$$

В своей работе Ian J. Goodfellow [8] показывает, что при достаточной мощности обеих сетей у данной задачи есть оптимум, в котором генератор научится генерировать распределение $P_g(X)$, совпадающее с $P(X)$, а дискриминатор на любое X выдает вероятность 0,5. На рисунке 2 приведена иллюстрация процесса тренировки порождающих состязательных сетей GAN из [4]. Где, черная точечная кривая – настоящее распределение $P(X)$, зеленая – распределение генератора $P_g(X)$, синяя – распределение вероятности $D(X; \theta_d)$ дискриминатора предсказать принадлежность объекта. В результате многократного повторения шагов а, б, с $P_g(X)$ совпало с $P(X)$ и дискриминатор не способен отличить одно от другого.

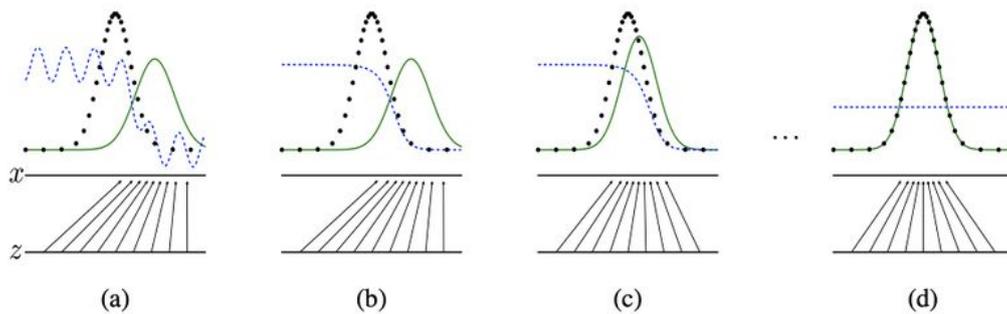


Рис. 2. Иллюстрация процесса тренировки GAN

2.2. Генератор. Для решения поставленной задачи было принято реализовать собственную глубокую архитектуру сети генератора (рисунок 3), базирующуюся на обучаемых сверточных и деконволюционных слоях с применением параллельной свертки и последующей конкатенации для усиления признаков. Стоит отметить, что глубокий сверточный генератор имеет 6 уровней повышения размерности и общее количество весов составило 17,074,528. Описание структуры уровня повышения (1 уровень, $l = 6$) приведено в таблице 1.

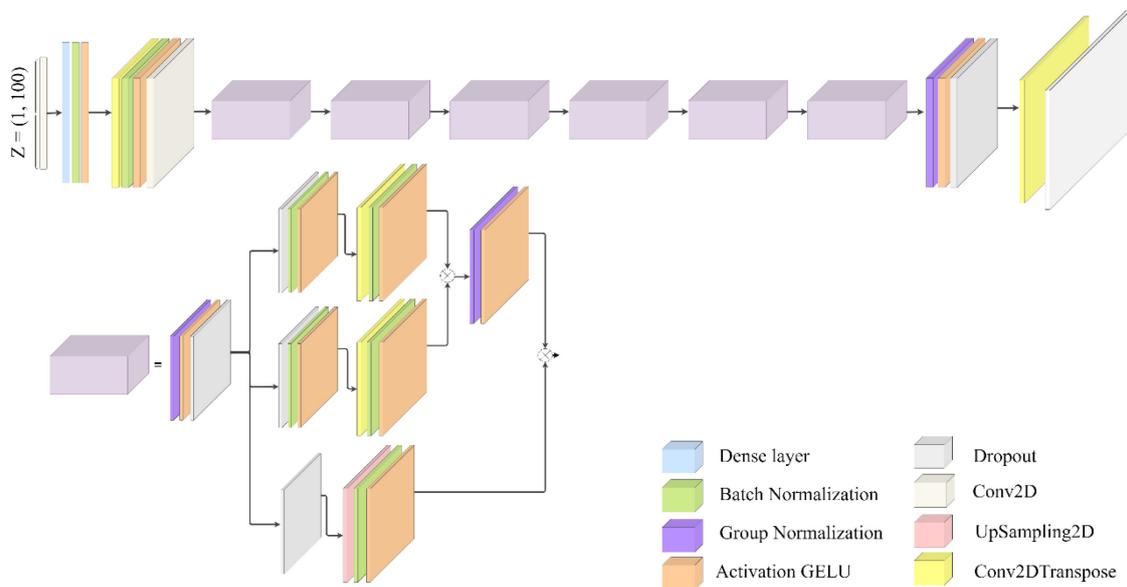


Рисунок 3. Архитектура генератора

Таблица 1. Описание слоев архитектуры генератора G

Name_layer	Kernel_size	Pool_size	Padding	filters	Strides
Conv2d	(3, 3)	None	same	512 (2**1*8)	None
Up_Sampling2d	None	(2, 2)	None	None	None
Conv2d_1	(1, 1)	None	same	1024 (2**(1+1)*8)	None
Conv2dTranspose_1	(3, 3)	None	same	512 (2**1*8)	(2, 2)
Conv2d_2	(1, 1)	None	same	1024 (2**(1+1)*8)	None
Conv2dTranspose_2	(1, 1)	None	same	512 (2**1*8)	(2, 2)

2.3. Дискриминатор. В качестве дискриминатора было принято решение использовать модель transferlearning, обученные для нахождения вектора признаков (featurevector) изображений Imagenet. Рассмотренные модели приведены в таблице 2. Проведенный анализ показал, что модель Xception имеет наилучшее соотношение Accuracy / Parametr, в связи с этим она будет использована для дальнейшего решения задачи. Общее количество весов модели представлено в таблице 3.

Таблица 1. Таблица сравнения моделей transferlearnong

Model	Size	Top-1 Accuracy	Top-5 Accuracy	Parameters
ResNet50	98 MB	0.749	0.921	25 636 712
ResNet101	171 MB	0.764	0.928	44 707 176
ResNet50V2	98 MB	0.760	0.930	25 613800
InceptionV3	92 MB	0.779	0.937	23 851784
MobileNet	16 MB	0.704	0.895	4 253864
MobileNetV2	14 MB	0.713	0.901	3 538984
NASNetMobile	23 MB	0.744	0.919	5 326716
Xception	88 MB	0.790	0.945	22 910480

Таблица 3. GAN Model Weights

	Generator	Discriminator	GAN
Total params	17 074528	20 867624	37 942152
Trainable params	17 016608	2048	17 018 656
Non-trainableparams	57920	20 865576	20 923 496

2.4. Результаты. Результаты функций потерь отражены на рисунках 4 – 5. Исходя из графиков видно, что модель стремится свести ошибку к усредненному значению. Так каждый скачек потери генератора, сказывается уменьшением ошибки дискриминатора и наоборот. Процесс обучения апробирован на медицинских данных, полученные результаты, представленный в таблице 4. В строке а) – примеры изображений, генерируемых сетью GAN после 1-ой, 100-ой и 200-ой эпохи обучения соответственно. Можно заметить, что результат становится лучше в процессе обучения. В строке б) представлены результаты 200-ой, 250-ой и 300-ой эпохи соответственно, тенденция по улучшению в строке а) сохраняется. В строке в), отображающей результат после 300-ой, 350-ой и 400-ой эпохи соответственно

изображение, генерируемые сетью, продолжают улучшаться (информативность растет). В строке г), результаты 400-ой, 500-ой и 600-ой эпохи соответственно. По данным результатам видно, что изображения достигли высокой точности к концу обучения, а значит сеть обучена и готова к использованию.

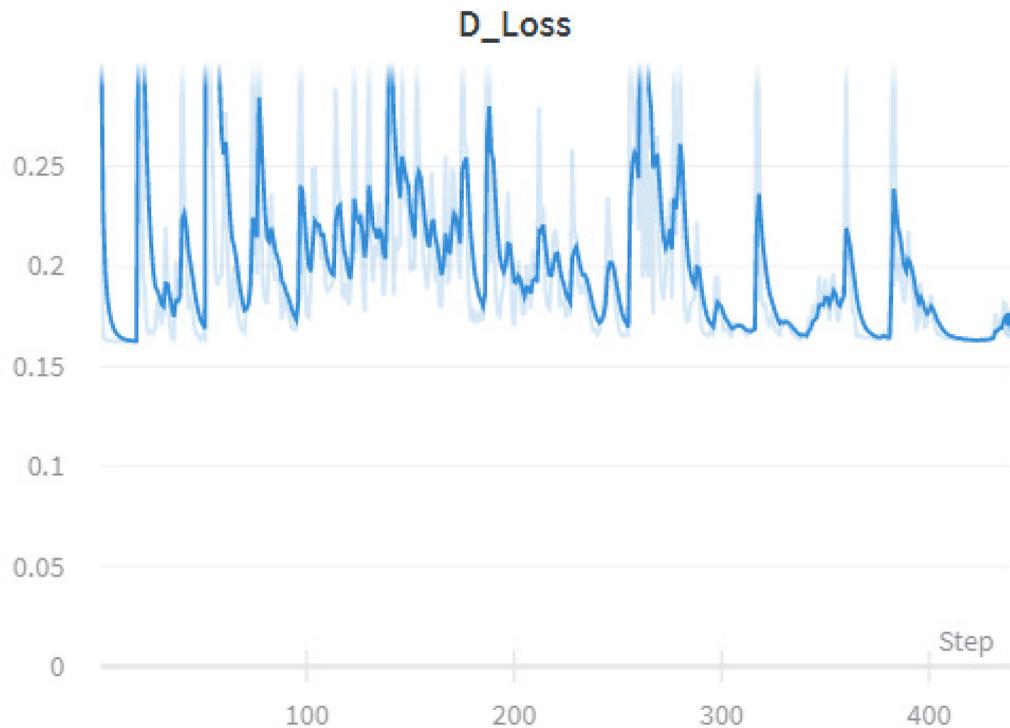


Рис. 4. Динамика кросс-энтропии дискриминатора

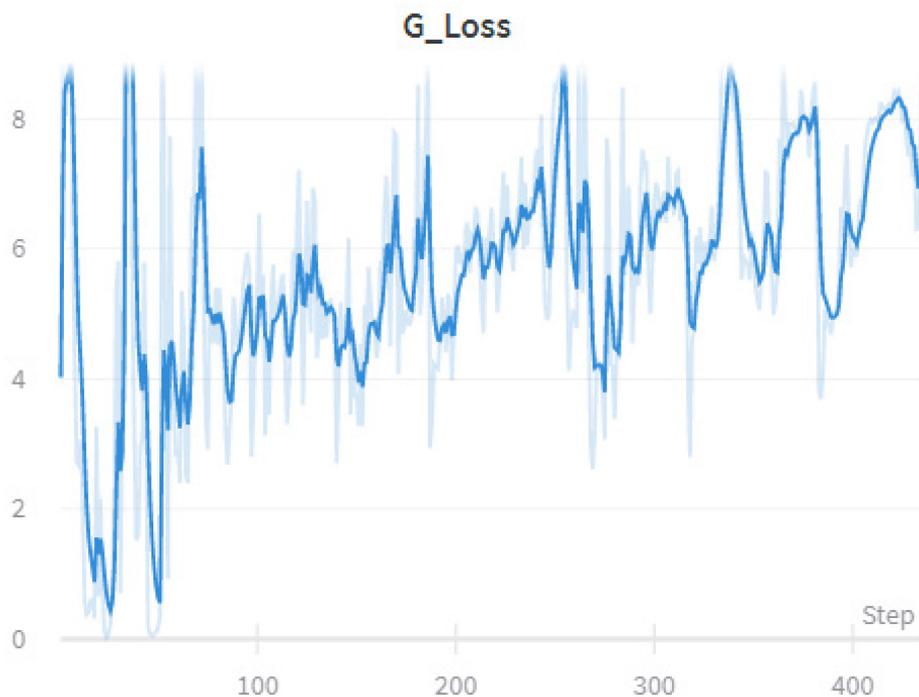
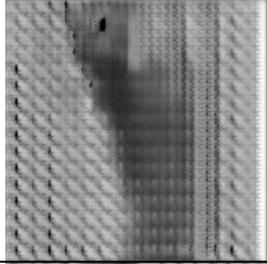
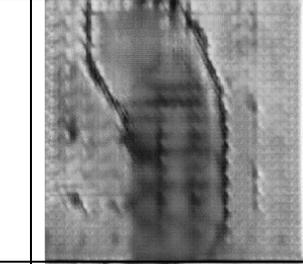
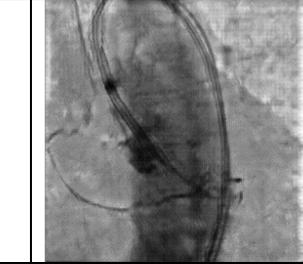
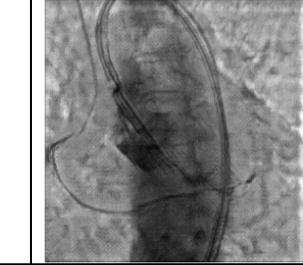
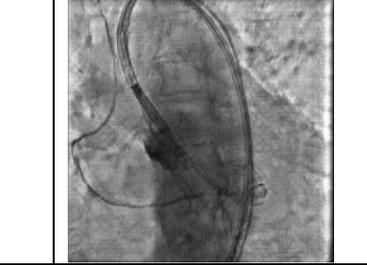
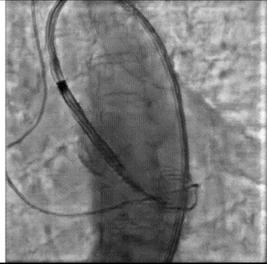
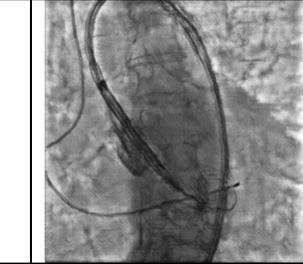
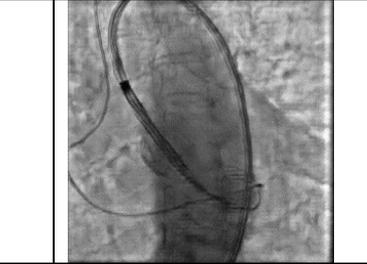


Рис. 5. Динамика кросс-энтропии генератора

Таблица 4. – Визуализация процесса обучения

а) визуализация результата с 1 по 200 эпоху			
б) визуализация результата с 200 по 300 эпоху			
в) визуализация результата с 300 по 400 эпоху			
г) визуализация результата с 400 по 500 эпоху			

Заключение

В результате исследования была разработана собственная архитектура глубокого сверточного генератора, а также скомпилирована модель дискриминатора для GAN, на основе которой произведена генерация медицинских данных. Данный метод использован в качестве расширения исходной выборки с последующим использованием ее в задаче трекинга ключевых точек анатомических структур и медицинских инструментов.

Данная работа выполнена в рамках РФФИ 19-07-00351\19 и государственного задания «Наука» №FFSWW-2020-0014.

Список литературы:

1. Francois, C. Introducing Variational Autoencoders (in Prose and Code), [Электронный ресурс] – URL: <https://blog.keras.io/building-autoencoders-in-keras.html>, last accessed 2019/11/20.
2. Kateryna, K. Facial Surface and Texture Synthesis via GAN), [Электронный ресурс] – URL: <https://neurohive.io/en/computer-vision/facial-surface-and-texture-synthesis-via-gan>, last accessed 2020/01/09.
3. Anastasyev, D. Как научить свою нейросеть

References:

1. Francois Chollet, Introducing Variational Autoencoders (in Prose and Code), [Elektron. resurs] – URL: <https://blog.keras.io/building-autoencoders-in-keras.html>, last accessed 2019/11/20.
2. Kateryna Koidan, Facial Surface and Texture Synthesis via GAN), [Elektron. resurs] – URL: <https://neurohive.io/en/computer-vision/facial-surface-and-texture-synthesis-via-gan>, last accessed 2020/01/09.
3. Dan Anastasyev, Automatically Generating Verse

- генерировать стихи, [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/ru/post/334046>, last accessed 2020/04/02.
4. Gerget, O. M. Bionic models for identification of biological systems // Journal of Physics: Conference Series, 2017. – Vol. 803. - Pp. 68 – 73.
5. Bengio, Y. Better Mixing via Deep Representations / Y. Bengio, G. Mesnil, Y. Dauphin, S. Rifai // arXiv:1207.4404 [cs], July 2012. arXiv: 1207.4404.
6. Hinton, G. E. Reducing the dimensionality of data with neural networks / G. E. Hinton, R. R. Science, 313(5786), 2006 - Pp. 504–507.
7. Salakhutdinov, R. Deep Boltzmann machines / R. Salakhutdinov, G. E. Hinton // In International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, 2009 - Pp. 448–455.
8. Goodfellow, I. Generative Adversarial Nets / I. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza // Advances in Neural Information Processing Systems 27 / Ed. by Z. Ghahramani, M. Welling, C. Cortes et al. — Curran Associates, Inc, 2014. - Pp. 2672–2680 [Электронный ресурс] – URL:<http://papers.nips.cc/paper/5423-generative-adversarial-nets.pdf>.
4. Gerget, O. M. Bionic models for identification of biological systems // Journal of Physics: Conference Series, 2017. – Vol. 803. - Pp. 68 – 73.
5. Bengio, Y. Better Mixing via Deep Representations / Y. Bengio, G. Mesnil, Y. Dauphin, S. Rifai // arXiv:1207.4404 [cs], July 2012. arXiv: 1207.4404.
6. Hinton, G. E. Reducing the dimensionality of data with neural networks / G. E. Hinton, R. R. Science, 313(5786), 2006 - Pp. 504–507.
7. Salakhutdinov, R. Deep Boltzmann machines. / R. Salakhutdinov, G. E. Hinton // In International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, 2009 - Pp. 448–455.
8. Goodfellow, I. Generative Adversarial Nets / I. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza // Advances in Neural Information Processing Systems 27 / Ed. by Z. Ghahramani, M. Welling, C. Cortes et al. — Curran Associates, Inc, 2014. - Pp. 2672–2680 [Elektronnyj resurs] – URL:<http://papers.nips.cc/paper/5423-generative-adversarial-nets.pdf>.

Статья поступила в редколлегию 28.04.2020.

Рецензент:

д-р. техн. наук, доцент,

Брянский государственный технический университет

Захарова А.А.

Статья принята к публикации 06.05.2020.

Сведения об авторах:

Лаптев Владислав Витальевич

Студент магистратуры Томский Политехнический
Университет (Томск, Россия)
E-mail: vv139@tpu.ru

Данилов Вячеслав Владимирович

Инженер-исследователь лаборатории дизайна
медицинских изделий, Томский Политехнический
Университет (Томск, Россия)
E-mail: viacheslav.v.danilov@gmail.com

Гергет Ольга Михайловна

д.т.н., профессор, Томский Политехнический
Университет (Томск, Россия)
E-mail: olgagerget@mail.ru

Information about authors:

Laptev Vladislav Vitalievich

Graduate student Tomsk Polytechnic University (Tomsk,
Russia)
E-mail: vv139@tpu.ru

Danilov Vyacheslav Vladimirovich

Research Engineer of Medical Devices Design
Laboratory, Tomsk Polytechnic University (Tomsk,
Russia)
E-mail: viacheslav.v.danilov@gmail.com

Gerget Olga Mihailovna

Full Professor, Professor, Tomsk Polytechnic University
(Tomsk, Russia)
E-mail: olgagerget@mail.ru

УДК: 004.021

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-2-24-32

П.Ю. Шалимов

МОДЕЛИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ШКАЛЫ ОЦЕНКИ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Проанализирована проблема математического моделирования семантической информации. Разработана модель информационной среды как носителя семантической информации. Представлена процедура оценки семантической информации в имитации функционирования в режиме накопления и оценки. Разработан программный комплекс формирования информационной среды и проведения имитационных исследований. Рассмотрена постановка вычислительных экспериментов при сравнительном анализе количества семантической информации текстового ресурса. Показаны наиболее актуальные приложения модели.

Ключевые слова: семантическая информация, количественная шкала, математическая модель, имитационное моделирование, семантическая емкость.

P.Yu. Shalimov

MODELS OF A QUANTITATIVE SCALE FOR EVALUATING SEMANTIC INFORMATION

The problem of mathematical modeling of semantic information is analyzed. A model of the information environment as a carrier of semantic information is developed. The procedure for evaluating semantic information in the simulation of functioning in the accumulation and evaluation mode is presented. A software package for creating an information environment and conducting simulation studies has been developed. We consider the setting of computational experiments in the comparative analysis of the amount of semantic information of a text resource. The most current applications of the model are shown.

Keywords: semantic information, quantitative scale, mathematical model, simulation modeling, semantic capacity.

Введение

Современные подходы к исследованию понятия семантическая информация формируют несколько позиций, в определенном смысле противоречивых, по отношению к принципиальному вопросу: что считать основным элементарным носителем семантической информации. Первая позиция полагает основным элементарным носителем смысла при человеческом общении предложение [1], при низкой значимости словосочетаний и слов (понятий). Ряд источников [2, 3] фиксирует отрицание такого положения.

Понятие информация описывается с лингвистической и философской точки зрения, что не позволяет перейти к эмпирическому исследованию семантической информации. При том, что существуют и достаточно широко используются модели, использующие качественные оценки семантической информации [4, 5]. Синергетический и физико-информационные подходы к понятию информатика позиционируются в [6 - 8].

Постановка задачи

Представляемая модель предполагает возможность вычисления количественной оценки семантической информации, что будет актуальным для атрибутирования текстовых материалов количественной оценкой смыслового содержания. Появляется возможность поставить в соответствие тексту количественную оценку смыслового содержания и провести семантическое оценивание энциклопедий, словарей, тезаурусов, учебников.

Прототип модели количественной оценки семантической информации – любой

субъект, существующий во множестве экземпляров. Наряду с субъектом, в роли которого выступает человек, к носителям семантической информации относятся текстовые материалы. Для обобщения носителей семантической информации используется понятие информационная среда [9].

В основе разработанной модели лежит постулат субъективизма информации: семантическая информация генерируется человеком и материально проявляется при синтаксическом формулировании в виде последовательности предложений. Постулат включает положение генерации семантической информации и положение передачи информации.

Семантическая информационная среда (СИН) – субъект, обладающий множеством элементов имитации памяти с целью сопоставления с входным несемантическим предложением, выраженным в синтаксической форме, и вычисляющий оценку количества семантической информации. Любое синтаксически выраженное сообщение имеет количественную оценку значения семантического отображения для конкретного экземпляра СИН. Сообщение в синтаксической форме проходит через схему, обрабатывается в массиве ЭИП (элемент имитации памяти), формирует значение количества семантической информации. Ценность - количественный атрибут ЭИП.

ЭИП в процессе активации выполняет два основных действия: формирование нового элементарного сообщения, изменение значения важности. ЭИП характеризуется координатами в топологическом пространстве схемы, значением ценности, значением такта в локальной процедуре. Новое (выходное значение ЭИП) сообщение формируется при линейном умножении ценности v на значение входного сообщения. Ценность меняет значение в зависимости от номера такта локальной активации t .

К основным свойствам семантической информации, которые следует отразить в модели, относятся субъектность и синтаксическая непредставимость, материальность. Свойство субъектности означает, что семантическая информация формируется, хранится и формулируется у конкретного субъекта информационного обмена. С позиций семантической информации единственным субъектом является человек (прототип для модели). Семантическая информация не представима на физическом уровне.

Словарь несемантической (асемантической) информационной среды включает:

- Конечное множество лексем $L = \{l_i | i \in I\}$, где l_i – лексема, I – множество индексов.
- Размер асемантической среды $N = |L|$.

Приведенная асемантическая среда множество лексем $X = \{X_i | X_i = i\}$. Несемантическое предложение n -кортеж выборка лексем (l) множества L размера $\{k | k < m\}$

$$B[i] = \{l | t \in \{a; 0\} | t \notin a\}.$$

Описание модели

Обработка исходного текста выполняется в простом линейном порядке. Модели основаны на использовании элементов имитации памяти (ЭИП), из которых составлены схемы семантической информационной среды. Расчетные схемы интерфейсов соединения ЭИП представлены на рис. 1.

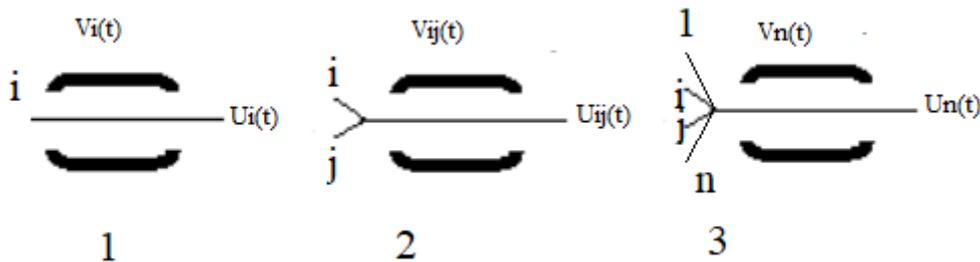


Рис. 1. Расчетные схемы интерфейсов ЭИП

К параметрам ЭИП относятся:

- арность - Ar (определяется числом одновременно обрабатываемых лексем предложения исходного текста);
- ценность - V (количественный атрибут памяти);
- такт локального функционирования - t (порядковый номер активации).

На рис.1. показаны ЭИП с одним входом со значениями арности $Ar=1$, «бипольный ЭИП» ($Ar=2$), « n -мерный» ЭИП ($Ar=n$).

Сообщение в синтаксической форме проходит через схему, обрабатывается в массиве ЭИП (вычисляется и фиксируется новое значение ценности ЭИП), формирует значение количества семантической информации, фиксируется значение порядкового типа локального такта. Ценность V - количественный атрибут ЭИП. $V \in [0..1]$.

ЭИП в процессе активации выполняет два основных действия:

- формирование нового элементарного сообщения;
- изменения значения ценности.

ЭИП характеризуется координатами в схеме, значением ценности, значением такта в локальной процедуре. Такт в локальной процедуре – элементарная операция функционирования модели, при которой вычисляются и регистрируются изменения конкретного ЭИП.

Ценность $V_i(t)$ меняет значение в зависимости от номера такта локальной активации t

$$V_i(t) = F(V_i(t-1), t).$$

Без учета значения ценности на предшествующем такте используется зависимость

$$V_i(t+1) = F_s(t),$$

где F , F_s функции преобразования элементов входного сообщения в количественную характеристику выходного значения ЭИП; t – номер локального такта функционирования ЭИП; i – координата в схеме.

В качестве функции преобразования $F(t)$ используется сигмоидальная двухпараметрическая зависимость

$$F(t) = \frac{1}{1 + \exp(-a(t - d))},$$

где a – параметр «крутизны» графика функции; d – параметр начального смещения; t – номер локального такта функционирования ЭИП. Параметры a и d - индивидуальные атрибуты конкретного экземпляра информационной среды. Применительно к субъекту информационного обмена параметр a именуется как атрибут интереса, параметр d - атрибут начальной информации. Выходное значение U формируется при линейном умножении ценности V на значение входного сообщения B .

Модель оценки семантической информации реализуется в схеме семантической информационной среды (рис. 2). Входное предложение 1 показанное на рис.2, как вектор B получается в результате предобработки исходного естественно-языкового предложения оцениваемого текста. Предобработка предполагает приведение исходного предложения к размерности схемы информационной среды. Размерность схемы информационной среды N соответствует максимальному количеству лексем в текстах, обрабатываемых конкретным экземпляром информационной среды.

Предложение, обрабатываемое в схеме, приводится к вектору размерностью N содержащим числа 0 и 1.

Входное приведенное предложение B обрабатывается в слое ЭИП одного входа с вычислением выходных сообщений $U_i(t_i)$

$$U_i(t_i) = b[i]V_i(t_i),$$

где t_i – значение локального такта координаты i , $b[i]$ – приведенное значение входного

вектора по координате i , V_i – значение важности ЭИП одного входа. Обработка предложения происходит в такте глобальной активации при моделировании среды. Такт глобальной активации содержит локальные активации ЭИП.

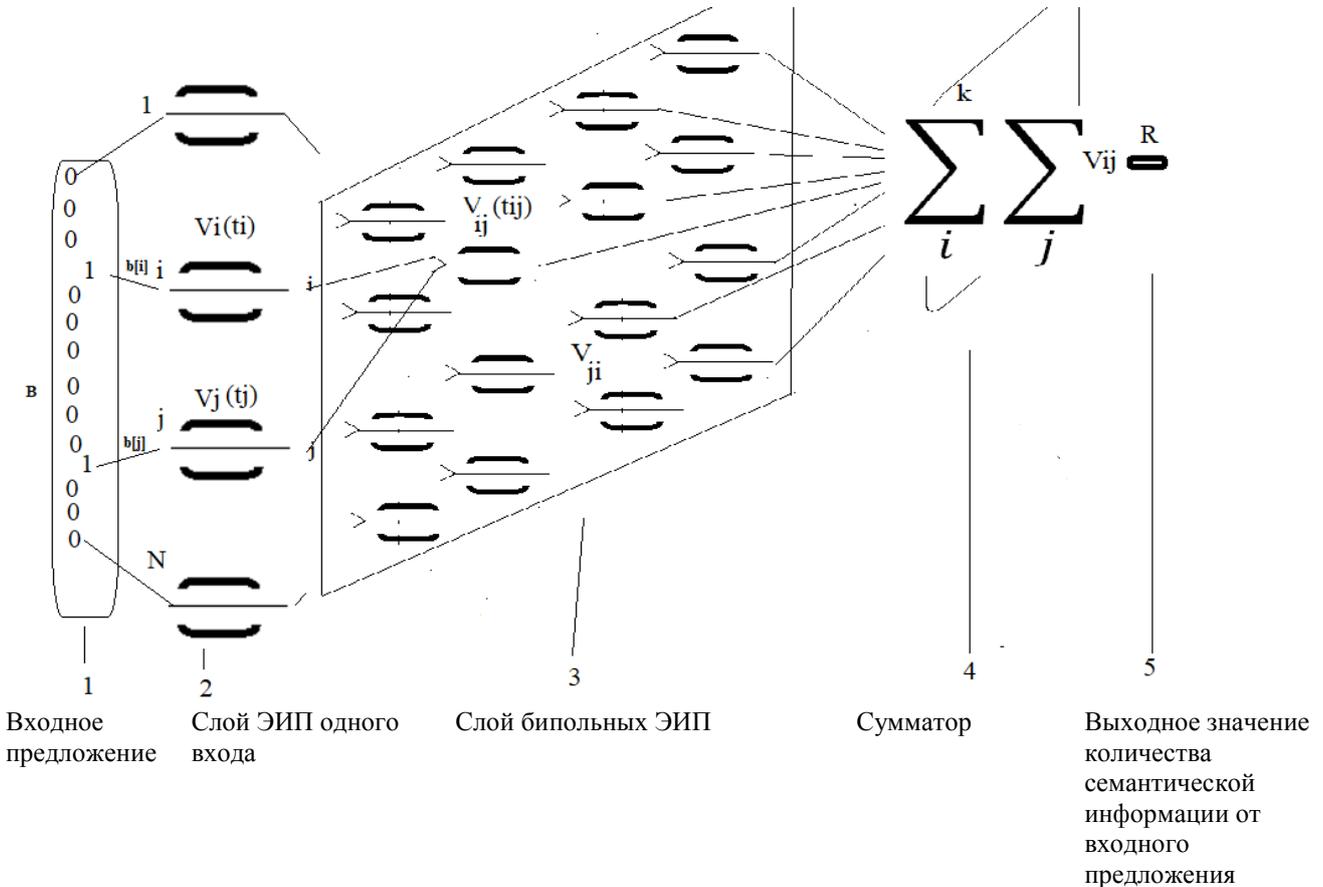


Рис. 2. Схема семантической информационной среды

Вычисляются новые значений ценности $V_i(t_i+1)$

$$V_i(t_i+1)=F(t_i),$$

где $F(t_i)$ - функция преобразования.

Выполняются инкрементные операции с значениями локальных тактов координаты i

$$t_i=t_i+1.$$

Выходные сообщения $U_i(t_i)$ становятся входными сообщениями для слоя бипольных ЭИП. При обработке слоя бипольных ЭИП выполняется процедура комплектования пар входных компонент в простом линейном порядке. Общее количество комплектов входных компонент Q , определяется как число сочетаний из n по 2 без повторов

$$Q = C_n^2,$$

где n – количество ненулевых компонент выходного предложения слоя одного входа. Компоненты выходного сообщения U_{ij} бипольного ЭИП рассчитываются по формуле

$$U_{ij}(t)=U_i U_j V_{ij}(t),$$

где i -номер первой лексемы пары; j - номер второй лексемы пары; U_i, U_j – компоненты выходных сообщений ЭИП первого слоя; V_{ij} - значение ценности бипольного элемента.

Значение ценности, получаемое при выполнении такта обработки сообщения, устанавливается отношением

$$V_{ij}(t+1)=F(t),$$

где $F(t)$ – функция преобразования сообщения в слое бипольных элементов.

Вычисляется оценка по результатам этапа функционирования схемы

$$R = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N U_{i,j}$$

Схема вычислительной информационной среды используется для реализации процедур, выполняющих режимы функционирования:

- только оценка – определяется семантическая информация входного сообщения относительно конкретного экземпляра среды;
- только накопление – определяются операции изменения значений ценности для ЭИП конкретного экземпляра среды;
- комбинированный режим с оценкой и накоплением информации.

Укрупненная блок-схема алгоритма системы накопления и оценивания семантической информации описывается в последовательности этапов:

- ввод асемантических предложений как массива лексем;
- анализ массива лексем и определение размерности схемы;
- формирование схемы;
- (с параметрами N , одномерного массива слоя ЭИП одного входа размерностью N , массива ЭИП бипольных элементов размерностью $N \times N$, начальные условия моделирования и параметры ЭИП);
- приведение текущего асемантического предложения к виду схемы информационной среды. Получение вектора B по формуле, приведенной выше;
- обработка вектора B в слое ЭИП одного входа. Получение выходного вектора U ;
- определяется количество и координаты комплектов бипольных элементов, получающих активацию на следующем такте.

Применение модели

Постановка вычислительных экспериментов. В имитационном моделировании с вычислительной информационной средой реализуются апостериорные и априорные численные исследования. Практическое применение априорных и апостериорных исследований состоит в реализации сравнительных вычислительных экспериментов. Сравнительные эксперименты используют одинаковые значения параметров модели.

Апостериорный численный эксперимент предполагает использование модели семантической среды с накопленной информацией. Пример практического применения апостериорных исследований – точное оценивание результатов закрытого тестирования.

Точное оценивание результатов тестирования возвращает количественную оценку успешно завершённых тестов. До начала процесса оценивания выполняется процедура накопления семантической информации в вычислительной информационной среде. Информация для накопления представляется в наборе асемантических предложений, полученных на основе литературы для изучения.

Априорные исследования основаны на использовании комбинированного режима функционирования с оценкой и накоплением информации. Практическое применение – сравнительная оценка текстовых ресурсов по критерию количества семантической информации. В исследовании определяется значение семантической информации для каждого ресурса, с формированием отдельного экземпляра информационной среды для каждого текста. Модели для всех экземпляров сформированы при одном значении атрибутов интереса и начальной информации (a,b) .

Семантическая информация и ее количественные атрибуты рассматриваются безотносительно субъекта, принимающего участие в информационных процессах.

Сравниваемые значения количества информации относятся к атрибутам текстовых ресурсов.

Инструментарий моделирования

Проведение вычислительных экспериментов с моделью выполняется посредством специально разработанного программного комплекса Scus. Функционал моделирования с использованием программного комплекса разделен между программами: Scus_t – сканирование исходных данных, формирование схемы информационной среды, подготовку электронного образа данных; Scus_m – формирование экземпляра информационной среды на основе образа данных.

Электронный образ данных формируется на основе набора асемантических предложений, находящихся в порядке моделируемого ресурса. Порядок определяется правилом чтения лексем и предложений при сканировании ресурса. Используется правило «простой линейный порядок»: чтение лексем «слева направо» и предложений «вниз по странице».

Электронный образ данных - набор предложений, приведенных к схеме информационной среды и находящихся в порядке исходных данных. Исходные данные – текстовый ресурс, записанный как набор предложений в асемантической форме, подлежащий количественной семантической оценке. В качестве примеров исходных данных для семантического оценивания: словари, энциклопедии, учебники, тексты интернет ресурсов.

Формирование экземпляра информационной среды происходит при обработке электронного образа данных программой Scus_m. Работа программы эквивалентна имитационному моделированию процесса чтения субъектом текстового источника и получения при этом семантической информации.

Формирования экземпляра информационной среды состоит в расчете значений ЭИП слоя бипольных элементов и значений ЭИП элементов одного входа. Процесс формирования экземпляра информационной среды соответствует чтению текста человеком.

Модель, представленная в виде схемы информационной среды, относится к простейшим (примитивным) и соответственно не учитывает множество явлений, процессов которые известны для прототипа: явление забывания; не мгновенное накопление информации; появление новых «интересов» в процессе накопления информации.

Постановка эксперимента и результаты числительного моделирования

Численный эксперимент для демонстрации возможностей модели проводился в режиме сравнительных исследований. Основные группы исследований: демонстрация семантики; семантическая емкость синтаксической информации.

Цель группы экспериментов демонстрация семантики заключается в иллюстрации возможностей модели обеспечивать основные качества семантической информации. Основная особенность семантической информации, которую желательно учесть в модели – зависимость количества новой информации, от объема имеющейся. Эта особенность отмечена в работах [10-13].

Подготовка экспериментов демонстрации семантики включает формирование наборов данных с уникальными предложениями и набора данных с повторяющимися предложениями. Основной набор данных с уникальными предложениями на основе словаря основных биологических терминов и понятий. Набор данных с повторяющимися предложениями формировался на основе представительной выборки основного набора данных. Схема формировалась с параметрами основного набора данных.

Имитационное моделирование проводилось в комбинированном режиме с накоплением и оценкой количества информации на каждом глобальном такте. Полученное значение оценки семантической информации отражено на графике рис. 3. Общие для наборов данных исходные параметры моделирования: размер схемы 1411 ед.; количество предложений

181; атрибут интереса $a=0,95$; атрибут начальной информации $d=2$.

Точка R на графике показывает изменение в наборах данных. В наборе данных, график показан линией 2, используются периодически повторяющиеся данные и увеличение количества информации практически не происходит. Набор данных с уникальными предложениями (линия 1) приносит постоянное увеличение количества информации.

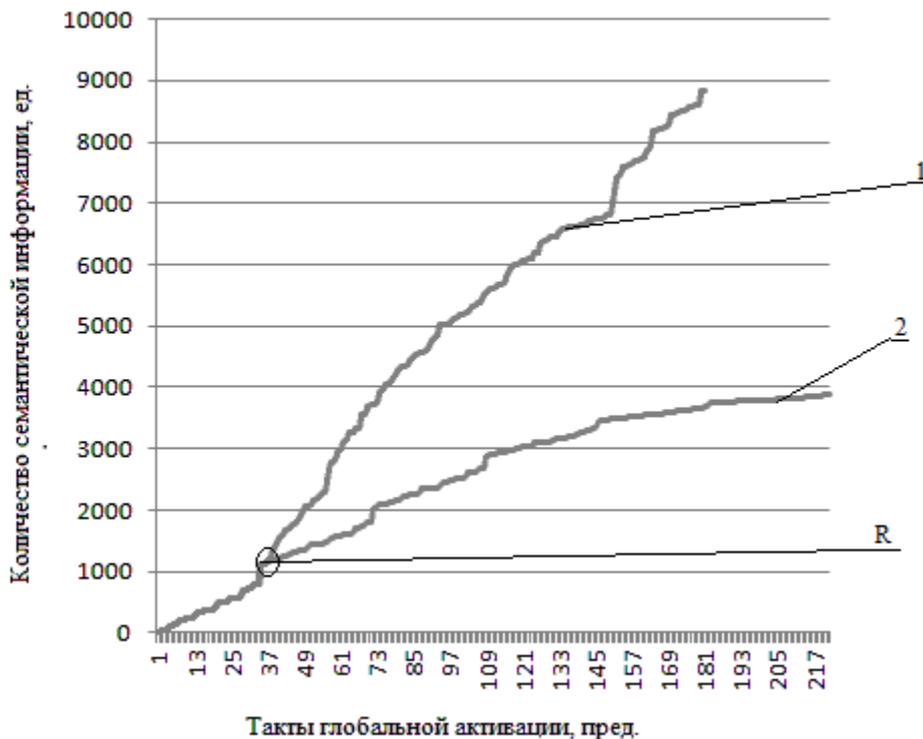


Рис. 3. Накопление семантической информации:

1 - Набор уникальных предложений; 2 - Набор повторяющихся предложений;
 R – начало повтора предложений в наборе данных

Точка R иллюстрирует ситуацию, когда добавление синтаксической информации не приводит к появлению семантической.

Цель исследований семантическая емкость синтаксической информации – продемонстрировать возможность модели выполнять оценочную функцию массивов текстовых данных. Оцениваемая при моделировании характеристика может использоваться для лингвистической, семантической и прагматической оценки ресурса.

Пример сравнения текстовых материалов по критерию количества семантической информации предполагает анализ существенно различающихся по смысловому содержанию ресурсов. Исследование проводится при одинаковых синтаксических характеристиках наборов данных, но существенно различающихся смысловых параметрах текстов:

1. Художественный текст (<https://ilibrary.ru/text/11/p.91/index.html>).
2. Словарь основных биологических терминов (<https://infotables.ru/biologiya/811-osnovnye-biologicheskie-terminy>).
3. Глава учебника по биологии 6 класс (http://tepka.ru/biologiya_6/index.html).
4. Текст для детей до 5 лет (<https://mishka-knizhka.ru/skazki-suteeva>).

Наборы данных имели синтаксический размер 4850-5000 Бт, атрибут интереса $a=0,95$; атрибут начальной информации $d=2$. Результаты численных экспериментов показаны на рис. 4. Соотношение значений на графиках позволяет ввести целый ряд параметров, относящихся к качеству текстового ресурса.

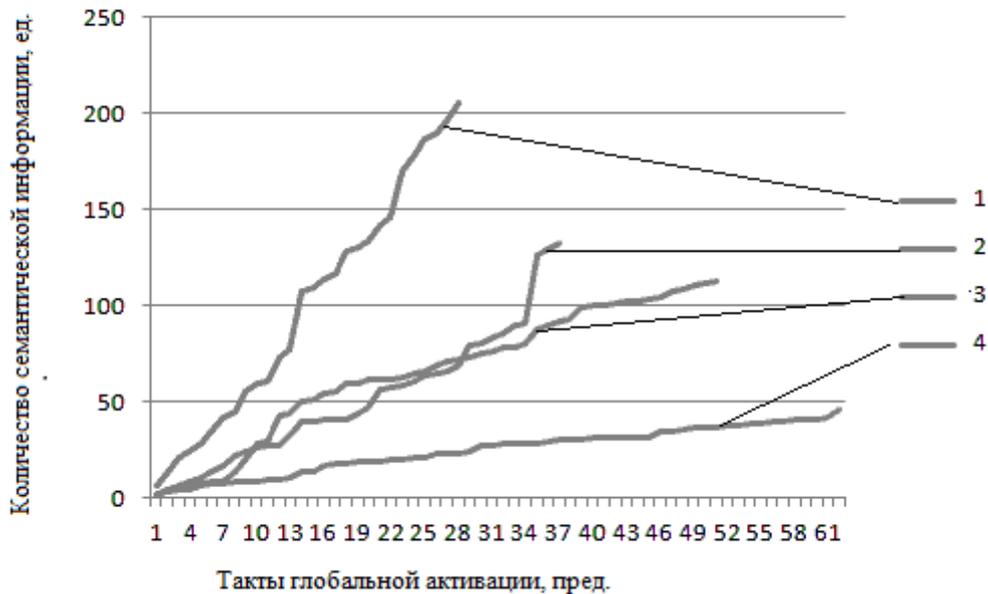


Рис. 4. Семантическая емкость синтаксической информации:

1 - художественный текст; 2 - биологический словарь; 3 - учебник; 4 - текст для детей 5 лет

Рассмотренная модель учитывает в качестве информационного элемента лексемы, словосочетания и предложения. На каждом такте вычисляются значения атрибутов текста: количество семантической информации экземпляра среды (ед. семантической информации); скорость приобретения информации (ед./пред.); семантическая энергия (ед.×пред.); семантическая емкость данных (ед/байт). Текст 1 показывает скорость накопления информации на порядок большую, чем текст 4, что может говорить об интеллектуальном уровне потребителя информации (ребенок, учащийся, студент, специалист). Количественные оценки параметров позволяют с позиций эмпирических знаний подойти к описанию параметров эффективности текстовых данных.

Выводы

Конечному пользователю нужен смысл, заключенный в синтаксических данных. Любые качественные оценки текстовых ресурсов будут носить элемент субъективизма. Использование модели оценки семантической информации предоставляет конечному пользователю возможность выбора материала (учебника, энциклопедии, справочника, тезауруса) по количественным атрибутам в зависимости от персональных запросов. Знание количественных атрибутов семантической емкости, может лежать в основе технологии финансовой оценки ресурсов.

Список литературы:

1. Звегинцев, В.А. Предложение и его отношение к языку и речи / В.А. Звегинцев. – М.: Изд-во Моск. унта, 1976. - 307 с.
2. Белоногов, Г.Г. Ещё раз о гносеологическом статусе понятия «информация» / Г.Г. Белоногов, Р.С. Гиляревсий // Науч.-техн. информация. - Сер. 2. Информ. процессы и системы, 2009. - №2. - С. 1-6.
3. Белоногов, Г.Г. О природе информации / Г.Г. Белоногов, Р.С. Гиляревсий, А.А. Хорошилов // Науч.-техн. информация. - Сер. 2. Информ. процессы и системы, 2009. - №1. - С. 1-6.

References:

1. Zvegincev, V.A. Predlozheniei ego otnoshenie k yazykuirechi / V.A. Zvegincev. – M.: Izd-vo. Mosk. unt.-ta - 1976. - 307 s.;
2. Belonogov, G.G. Eshchyoraz o gnoseologicheskome statuse ponyatiya «informaciya» / G.G. Belonogov, R.S. Gilyarevsij // Nauch.-tekhn. informaciya. Ser. 2. Inform. process i sistemy. - 2009. - №2. - S. 1-6.
3. Belonogov, G.G. O prirodeinformacii / G.G. Belonogov, R.S. Gilyarevsij, A.A. Horoshilov // Nauch.-tekhn. informaciya. Ser.2. Inform. process i sistemy. - 2009. - №1. - S. 1-6.

4. Осгуд, Ч. Приложение методики семантического дифференциала к исследованиям по эстетике и смежным проблемам / Ч. Осгуд, Дж. Суси, П. Танненбаум // Семиотика и искусствометрия - М., 1972.
5. Серкин, В. П. Методы психологии субъективной семантики и психосемантики : учеб. пособие для вузов. - М.: Изд-во ПЧЕЛА, 2008. - С. 253-254.
6. Волченков, Е.Я. О природе информации: физико-семантический подход / В.Я. Волченков // Науч.-техн. Информация, 2010. - №3. - С. 1-7.
7. Вяткин, В.Б. Синергетический подход к определению количества информации / В.Б. Вяткин // Информ. Технологии, 2009. - №12. - С. 68-73.
8. Лысак, И.В. Информация как общенаучное и философское понятие: основные подходы к определению [Text] / И.В. Лысак // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства, 2015. № 2, vol. 10. – С. 9–26.
9. Шалимов, П.Ю. Математическая модель информационной среды / П.Ю. Шалимов // Вестник БГТУ, 2008. - №1. - С. 54-60.
10. Громов, Ю. Ю. Материалы к разработке теории информации. Меры количества и качества информации / Ю.Ю. Громов, В.М. Тютюнник // Фундаментальные исследования. - 2011. - № 8(2). - С. 347–355.
11. Гуревич, И.М. Информация как универсальная неоднородность / И.М. Гуревич // Информ. Технологии, 2010. - №4. - С. 66-74.
12. Киселев, Ю. А. Современное состояние электронных тезаурусов русского языка: качество, полнота и доступность / Ю.А. Киселев, С.М. Поршневу, М.Ю. Мухин // Программная инженерия, 2015. - № 6. - С. 34–40.
13. Шрейдер, Ю.А. Семантика и категоризация / Ю.А. Шрейдер // М.: Наука, 1991. - 168 с.
4. Osgud, CH. Prilozhenie metodiki semanticheskogo differenciala k issledovaniyam po estetike i smezhnym problemam / CH. Osgud, Dzh. Susi, P. Tannenbaum // Semiotika i iskusstvometriya. - M., 1972.
5. Serkin, V. P. Metody psihologii sub"ektivnoj semantiki i psihosemantiki : ucheb. posobie dlya vuzov. - M.: Izd-vo PCHELA, 2008. - Pp. 253-254.
6. Volchenkov, E.YA. O prirode informacii: fiziko-semanticheskij podhod / V.YA. Volchenkov // Nauch.-tekh. Informaciya, 2010. - №3. - Pp. 1-7.
7. Vyatkin, V.B. Sinergeticheskij podhod k opredeleniyu kolichestva informacii / V.B. Vyatkin // Inform. Tekhnologii, 2009. - №12. - Pp. 68-73.
8. Lysak, I.V. Informaciya kak obshchenauchnoe i filosofskoe ponyatie: osnovnye podhody k opredeleniyu [Text] / I.V. Lysak // Filosofskie problemy informacionnyh tekhnologij i kiberprostranstva, 2015. № 2, vol. 10. – Pp. 9–26.
9. SHalimov, P.YU. Matematicheskaya model' informacionnoj sredy / P.YU. SHalimov // Vestnik BGTU, 2008. - №1. - Pp. 54-60.
10. Gromov, YU. YU. Materialy k razrabotke teorii informacii. Mery kolichestva i kachestva informacii / YU.YU. Gromov, V.M. Tyutyunnik // Fundamental'nye issledovaniya. - 2011. - № 8(2). - Pp. 347–355.
11. Gurevich, I.M. Informaciya kak universal'naya neodnorodnost' / I.M. Gurevich // Inform. Tekhnologii, 2010. - №4. - Pp. 66-74.
12. Kiselev, YU. A. Sovremennoe sostoyanie elektronnyh tezaurosov russkogo yazyka: kachestvo, polnota i dostupnost' / YU.A. Kiselev, S.M. Porshnev, M.YU. Muhin // Programmnyaya inzheneriya, 2015. - № 6. - Pp. 34–40.
13. SHrejder, YU.A. Semantika i kategorizaciya / YU.A. SHrejder // M.: Nauka, 1991. - 168 p.

Статья поступила в редколлегию 30.04.2020.

Рецензент: д-р. техн. наук, доц., Брянский государственный технический университет Захарова А.А.

Статья принята к публикации 07.05.2020.

Сведения об авторах:

Шалимов Пётр Юрьевич
к.т.н., доцент кафедры «ИиПО» Брянского государственного технического университета
E-mail: shalimov.petr@gmail.com

Information about authors:

Pyotr Yuryevich Shalimov
Ph. D., associate Professor of the Iipo Department of Bryansk state technical University
E-mail: shalimov.petr@gmail.com

УДК: 372.851

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-2-33-41

И.В. Мерзлякова, А.Н. Феофанов

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ
КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ
НА ОСНОВЕ ТРЕБОВАНИЙ СТАНДАРТА ГОСТ Р ИСО 9001-2015
В ЧАСТИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО МЫШЛЕНИЯ.
ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

В статье рассмотрены основные проблемы реализации процедуры управления рисками предприятия, представлен один из способов решения проблем, возникающих при реализации требований ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в части риск-ориентированного мышления, предложена модель управления оценки рисков, ориентированная на координацию всех видов деятельности подразделений организации, на формирование четкого алгоритма по реализации процедуры управления рисками и привлечение большого количества сотрудников к этому виду деятельности.

Ключевые слова: *риск, риск-менеджмент, риск-ориентированное мышление, критерии оценки рисков, управление рисками, комплексный подход, мониторинг рисков.*

I.V. Merzlyakova, A.N. Feofanov

**MODELLING AND CONTROLLING THE ENTERPRISE RISKS
COMPLEX ASSESSMENT SYSTEM ON THE BASIS
OF RUSSIAN STATE STANDARD ISO 9001-2015
CONCERNING RISK-ORIENTED THINKING.
GENERAL PROBLEMS AND WAYS OF SOLVING THEM**

The article considers general problems of implementing the enterprise risk management procedure. One of the ways to solve the problems arising when meeting Russian state standard ISO 9001-2015 requirements concerning risk-oriented thinking is presented. A risk assessment control model aimed at coordinating all kinds of the enterprise departments activities, forming a clear algorithm of risk management procedure implementation and attracting a greater number of employees towards this activity is offered.

Keywords: *risk, risk-management, risk-oriented thinking, risk assessment criteria, risks control, complex approach, risks monitoring.*

Введение

В современной экономике, характеризующейся высокой конкурентностью и увеличением ожиданий потребителей, любое предприятие сталкивается с проявлением неопределенностей, влияющих на ее деятельность, стабильное развитие и достижение стратегических целей. В связи с этим все большую актуальность приобретают проблемы формирования методов управления идентификацией, оценкой и минимизацией рисков и

организации систем управления рисками предприятия.

Вопросами разработки общих и специальных подходов к идентификации, оценке и минимизации рисков в своих научных работах занимались такие отечественные авторы, как: Бадалова А.Г. [1], Феофанов А.Н., Турапин М.В., Юдин Г.В. [2, С.19-26], [3,С. 44-50],[4,С. 60-63], Гришина Т.Г. [5], Васин С.М. [6] и многие другие.

Однако, проблемы, связанные с реализацией процедуры управления рисками предприятия с практической точки зрения исследованы в недостаточной степени. В настоящее время требуется разработка руководства по управлению рисками на всех этапах жизненного цикла продукции, а также формирование четкого алгоритма процесса управления рисками и разработка модели комплексной системы управления рисками предприятия.

1. Процедура управления рисками предприятия

Риск – это следствие влияния неопределённости на достижение поставленных целей.

Под следствием влияния неопределённости можно понимать отклонение от желаемого результата или события.

Поставленные цели могут быть различными по содержанию (например, в области экономики, здравоохранения, экологии и т.д.) и назначению (например, стратегические, общеорганизационные, относящиеся к разработке проекта, конкретной продукции или процессу).

Управление рисками– это непрерывный процесс принятия решений, осуществляемый всеми сотрудниками организации, направленный на определение событий, которые могут влиять на организацию и управление связанными с этими событиями рисками, а также предоставление гарантии достижения стратегических целей организации.

1.1 Методы управления рисками предприятия

При управлении рисками используя методы (см. рисунок 1), позволяющие прогнозировать наступление неблагоприятных событий и своевременно принимать меры по снижению вероятности их наступления. [2, С. 298]



Рис. 1. Методы управления рисками

1.2 Этапы управления рисками предприятия

Процесс управления рисками включает следующие этапы (см. рисунок 2):

1) Создание и развитие инфраструктуры риск-менеджмента.

На данном этапе производится создание набора компонентов, обеспечивающих основы (политики, целей, полномочий и обязательств по управлению риском), а также организационных мер и структуры для разработки, внедрения, мониторинга, пересмотра и постоянного улучшения менеджмента риска в масштабе всего предприятия (планы, взаимосвязи, ответственность, ресурсы, процессы и деятельность).

2) Идентификация и описание рисков.

Начальники подразделений предприятия распоряжением по подразделению создают под своим председательством экспертную группу из числа работников подразделения, формируют перечень процессов, производимых в подразделении, далее перечень основных направлений для выявления рисков по каждому процессу.

Перечень основных направлений для выявления рисков формируется с точки зрения следующих трех позиций:

- прогнозируемых предприятием финансовых результатов;
- возможных отклонений хода событий от запланированного требованиями, установленными в нормативной документации;
- возможности наступления неблагоприятных событий.

Результатом этапа идентификации рисков является реестр рисков с указанием причин их возникновения и последствий от возникновения каждого риска.

3) Анализ рисков.

Задача анализа риска состоит в определении того, какие идентифицированные на предыдущей стадии риски потребуют специфических действий: каждый ли риск в имеющемся перечне потребует специфических мер или же есть риски с низкой вероятностью или риски с низкой степенью воздействия на процесс, которые можно считать допустимыми.

4) Оценка рисков.

Этап, предназначенный для определения составных элементов риска:

- вероятности наступления неблагоприятных событий;
- возможности обнаружения данного вида риска;
- значимости последствий (по величине потенциального ущерба).

По данным элементам производится определение итоговой характеристики риска – значимости.

5) Минимизация рисков.

Производится разработка мероприятий по снижению вероятности наступления рисков.

Мероприятия по снижению рисков разрабатывают для рисков:

- высокой значимости – в обязательном порядке в необходимых объемах;
- средней значимости – с учётом возможностей в ограниченных объемах (экономически обоснованные).

Для рисков с низкой значимостью мероприятия по снижению не разрабатываются. Наличие этих рисков признаётся, но они принимаются как допустимые.

Значимость риска – показатель, зависящий от оценки вероятности наступления риска и оценки последствия его наступления. Чем больше оценка вероятности и оценка последствия, тем более значим риск.

6) Мониторинг рисков.

На данном этапе производится постоянная проверка и определение выполнения мероприятий по снижению вероятности наступления рисков и ущерба от их наступления.

Мониторинг можно применять к инфраструктуре менеджмента риска, процессу менеджмента риска, риску или контролю риска.

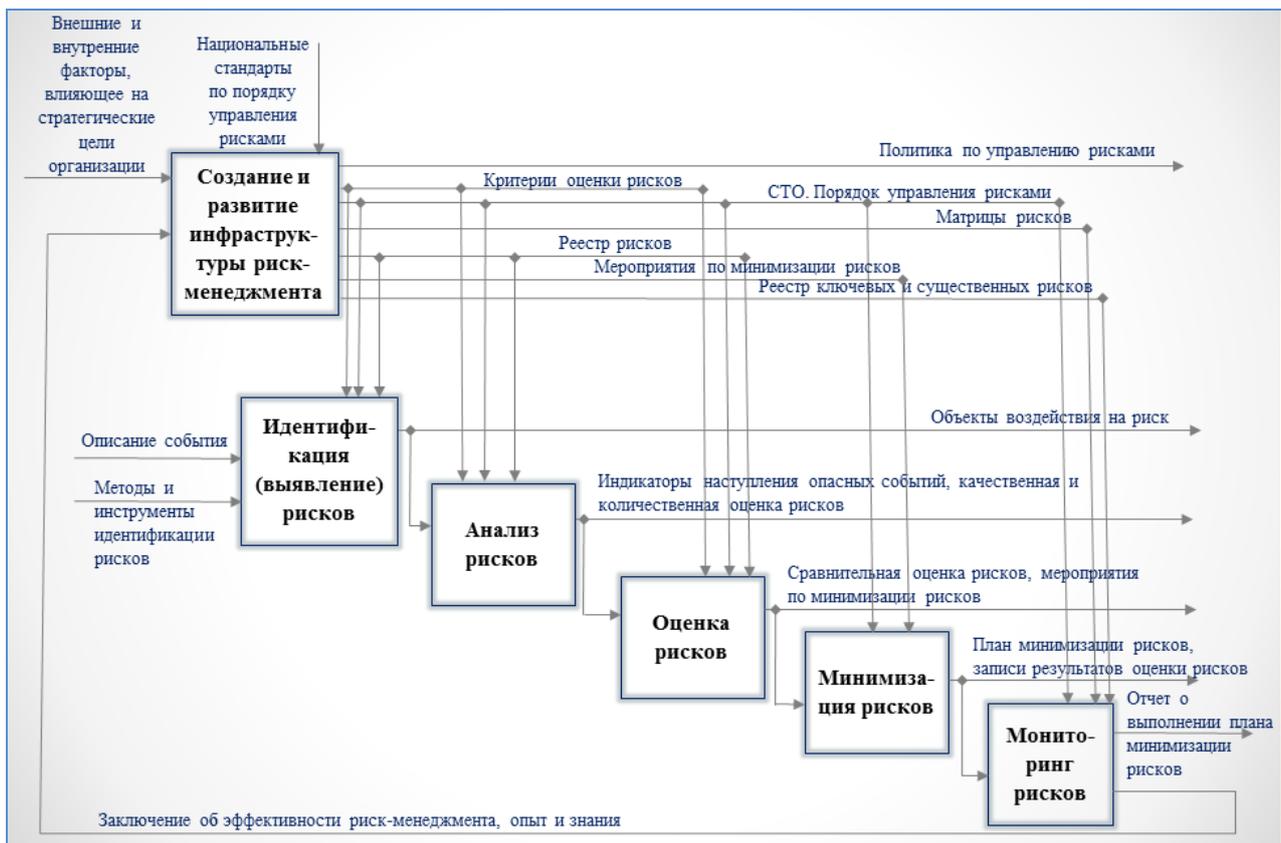


Рис. 2. Основные этапы алгоритма процесса управления рисками

2. Комплексная система управления рисками предприятия

Риски в деятельности предприятия образуют систему, которая включает как внешние, так внутренние угрозы функционирования предприятия, поэтому, процесс управления ими должен подразумевать комплексный подход [7, С. 201]. Только путем скоординированных действий всех подразделений организации можно достоверно определить критерии оценки рисков предприятия и найти способы их минимизации.

Комплексная система управления рисками предприятия (далее – КСУР) представляет собой совокупность принципов, методов и процедур, обеспечивающих процесс управления рисками во всех деятельности предприятия.

Целями КСУР являются:

- эффективность и результативность финансово-хозяйственной деятельности предприятия и сохранность активов;
- достоверность и своевременность бухгалтерской (финансовой) и иной отчетности;
- соблюдение применимого законодательства, в том числе при совершении фактов хозяйственной жизни и ведении бухгалтерского учета, а также внутренних нормативно-правовых актов.

Принципы управление КСУР каждая организация определяет самостоятельно, исходя из политики управления предприятия в целом. В данные принципы могут входить такие аспекты, как:

- 1) возможность измерения параметров системы внутренних и внешних рисков предприятия;
- 2) достоверность аналитических данных для проведения точных прогнозных расчетов;
- 3) поэтапная и последовательная организация КСУР;
- 4) единство политики КСУР со стратегическими целями предприятия и задачами

инвестиционной политики;

5) слаженность действий всех функциональных подразделений предприятия в вопросе выявления, управления и минимизации рисков;

6) наличие системообразующих факторов для определения рисков и возможности их комплексной оценки.

3. Проблемы, возникающие при реализации требований ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в части риск-ориентированного мышления

Большинство российских предприятий сертифицируют свою систему менеджмента качества в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2015.

В соответствии с данным стандартом организация должна определять риски и возможности, которые способны повлиять на систему качества и результаты работы организации в целом, создавать план реагирования на риски и разработку возможных вариантов действий, способствующих снижению угроз для достижения целей организации. [2, С. 298]

Однако, при реализации требований ГОСТ Р ИСО 9001-2015 с практической точки зрения, возникают проблемы (см. рисунок 3):

1) Деятельность по определению состава рисков, их оценке и управление рисками возлагается на представителей службы качества, чтобы «не отвлекать» других сотрудников от выполнения их обязанностей [8, С. 17].

Такой подход к управлению рисками становится недооцененной со стороны сотрудников организации и ее руководства, отнимает много усилий и производится формально для отчетности вышестоящей организации.

2) Внедрение процедуры не требует обязательного оформления в виде документированной информации, поэтому она носит нерегулярный или второстепенный характер.

Вследствие отсутствия прослеживаемости, принятие и выполнение управленческих решений, направленных на минимизации возможных потерь, осуществляются только после наступления негативных последствий.

Однако управление рисками должно быть непрерывной процедурой, направленной на поддержание эффективного функционирования всех бизнес-процессов организации.

3) Нехватка высококвалифицированных специалистов в области управления рисками.

Риск-менеджер должен быть универсальным сотрудником, разбираться в политических, экономических, технических и технологических процессах, обладать способностью анализа и оценивания риска, а также формировать и обосновывать программу управления рисками [9, С. 549].

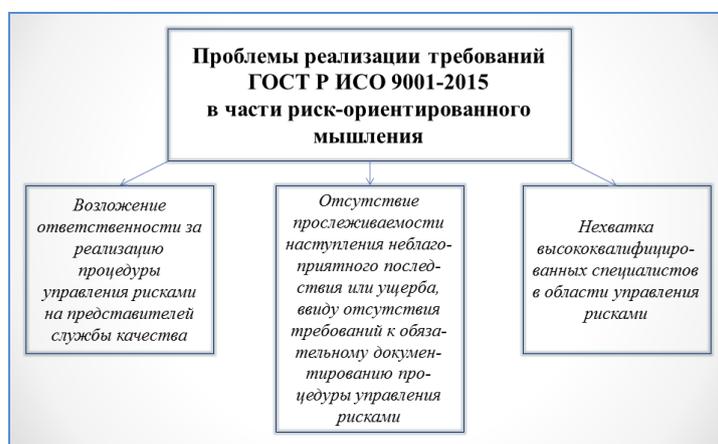


Рис. 3. Проблемы, возникающие при реализации требований ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в части риск-ориентированного мышления

4. Модель системы критериев комплексной оценки рисков предприятия

Одним из способов решения проблем, возникающих при реализации требований ГОСТ Р ИСО 9001-2015 является внедрение комплексной системы управления рисками, в основе которой лежала бы модель управления оценкой рисков (см. рисунок 4), ориентированная на координацию всех видов деятельности подразделений организации, формирование четкого алгоритма реализации процедуры управления рисками, привлечение большого количества сотрудников к этому виду деятельности.

Модель системы комплексной оценки рисков предприятия включает:

1) Осуществление анализа внешней и внутренней среды предприятия на предмет выявления факторов риска исходя из стратегических целей.

Внешняя среда предприятия представляет собой совокупность факторов, влияющих на стратегические направления развития и способность достигать намеченного результата, включающая влияние:

- заинтересованных сторон, их потребностей и ожиданий в условиях существующей законодательной, конкурентной, социальной и экономической среды:

- вышестоящие организации: государственные корпорации, управляющие компании;
- заказчики и конечные потребители продукции (существующие и потенциальные);
- организации-соисполнители, внешние поставщики продукции, услуг и процессов;
- организации-партнеры;
- инвесторы и кредитные организации;
- конкуренты;
- контролирующие органы;

и др.

- организационно-правового поля предпринимательской деятельности (центральный банк, государственная дума, правительство: министерства финансов и по налогам и сборам, федеральные службы).

Внутренняя среда предприятия – совокупность факторов, включающая в себя организационную структуру предприятия, деятельность высшего руководства, знания сотрудников, их открытость переменам, корпоративную культуру, техническое оснащение и др.

2) Установление объектов процедуры управления рисками.

Объектами процедуры управления рисками являются:

- неопределенность, неблагоприятное событие, риск;
- взаимосвязи субъектов и финансовые отношения между ними;
- капитал, вкладываемый в хозяйственную и производственную деятельность предприятия, характеризующуюся повышением вероятности наступления риска.

3) Выбор субъектов процедуры управления рисками, определение их зоны ответственности.

Субъектами являются:

- генеральный директор предприятия;
- рабочая группа по управлению рисками, включающая должностные лица, ответственные за формирование, внедрение и функционирование процедуры управления рисками;
- владелицы рисков (может быть целое структурное подразделение или отдельный специалист на предприятии): подразделение по противодействию коррупции; главный бухгалтер; финансовый менеджер; и др.

4) Разработка документации, регламентирующей процесс управления рисками:

- политики стратегического и оперативного управления системой комплексной оценки рисков;
- стандарта организации по порядку управления рисками, включающим разработку

форм;

- матрицы рисков направления, бизнес-процесса, проекта, структурного подразделения;
- отчета по мероприятиям по управлению рисками;
- реестра рисков;
- сводного отчета по управлению рисками.

5) Разработка методов, механизмов, источников финансирования, показателей эффективности управления, программ минимизации и компенсации рисков.

6) Создание и развитие системы контроля и мониторинга рисков, архивирования информации, генерируемой в системе.



Рис. 4. Модель системы комплексной оценки рисков предприятия

Заключение

В ходе реализации требований ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в части риск-ориентированного мышления выявлены основные проблемы. С целью устранения данных проблем предложено решение по внедрению комплексной системы управления рисками, координирующей реализацию деятельности в области минимизации рисков всех подразделений предприятия.

Модель системы комплексной оценки рисков возможно применять предприятиями машиностроительной, топливной, химической, нефтехимической, строительной и других отраслей.

Экономический эффект от применения представленных результатов исследования заключается в том, что устранение проблем, возникающих в результате реализации

требований ГОСТ Р ИСО 9001-2015, за счет эффективного внедрения комплексной системы по управлению рисками позволит минимизировать затраты на устранение несоответствий, сохранить активы предприятия и повысить его конкурентоспособность.

Список литературы:

1. Бадалова, А.Г. Управление рисками производственных систем: теория, методология, механизмы реализации / А.Г. Бадалова. – М.: ИЦ МГТУ «Станкин»; «Янус-К», 2006. – 328 с.
2. Феофанов, А.Н. Современные тенденции анализа и управления рисками / А.Н. Феофанов, М.В. Турапин, Г.В. Юдин // Менеджмент, вооружение, качество, 2014. – № 3. – С. 19-26.
3. Феофанов, А.Н. О важности разработки автоматизированной системы управления рисками / А.Н. Феофанов, Г.В. Юдин // Сборник статей всероссийской заочной научно-практической конференции с международным участием «Техническое регулирование машиностроения в едином экономическом пространстве». - Екатеринбург, 2014. – С. 44-50.
4. Феофанов, А.Н. Показатели риска и методы его оценки / А.Н. Феофанов, А.В. Капитанов, В.Г. Митрофанов, Н.П. Негримовская // Технология машиностроения, 2010. – № 1. – С. 60-63.
5. Гришина, Т.Г. Риск как неопределенность в принятии решений / Т.Г. Гришина, А.Н. Феофанов // Экономика и управление в машиностроении, 2013. – № 6. – С. 24-27.
6. Васин, С.М. Управление рисками на предприятии: учебное пособие / С.М. Васин, В.С. Шугтов // М.: КНОРУС, 2015. – 300 с.
7. Неведьев, Д.С. Комплексный подход к оценке эффективности системы управления рисками промышленного предприятия // В сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научно-практической конференции. Инженерно-экономический институт СПбПУ. С.В. Широкова (отв. ред.), А.А. Коваленко (отв. ред.), 2015. – С. 201-203.
8. Скрипко, Л.Е. Проблемы реализации требований стандарта ISO 9001: Возможности преодоления // Методы менеджмента качества, 2019. – № 10. – С. 16-22.
9. Актуальные вопросы современной науки и образования: материалы XVII международной научно-практической конференции (Киров, 17–20 апреля 2018 г.) / Кировский филиал Московского финансово-юридического университета МФЮА. – Киров: МФЮА, 2018. – 897 с.

References:

1. Badalova, A.G. Upravlenie riskami proizvodstvennyh sistem: teoriya, metodologiya, mekhanizmy realizacii / A.G. Badalova. – M.: IC MGTU «Stankin»; «YAnus-K», 2006. – 328 p.
2. Feofanov, A.N. Sovremennye tendencii analiza i upravleniya riskami / A.N. Feofanov, M.V. Turapin, G.V. Yudin // Menedzhment, vooruzhenie, kachestvo, 2014. – № 3. – Pp. 19-26.
3. Feofanov, A.N. O vazhnosti razrabotki avtomatizirovannoj sistemy upravleniya riskami / A.N. Feofanov, G.V. Yudin // Sbornik statej vserossijskoj zaochnoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Tekhnicheskoe regulirovanie mashinostroeniya v edinom ekonomicheskom prostranstve». - Ekaterinburg, 2014. – Pp. 44-50.
4. Feofanov, A.N. Pokazateli riska i metody ego ocenki / A.N. Feofanov, A.V. Kapitanov, V.G. Mitrofanov, N.P. Negrimovskaya // Tekhnologiya mashinostroeniya, 2010. – № 1. – Pp. 60-63.
5. Grishina, T.G. Risk kak neopredelennost' v prinyatii reshenij / T.G. Grishina, A.N. Feofanov // Ekonomika i upravlenie v mashinostroenii, 2013. № 6. – Pp. 24-27.
6. Vasin, S.M. Upravlenie riskami na predpriyatii : uchebnoe posobie / S.M. Vasin, V.S. SHutov // M.: KNORUS, 2015 – 300 p.
7. Nefed'ev, D.S. Kompleksnyj podhod k ocenke effektivnosti sistemy upravleniya riskami promyshlennogo predpriyatiya // V sbornike: Nedelya nauki SPbPU materialy nauchno-prakticheskoy konferencii. Inzhenerno-ekonomicheskij institut SPbPU. S.V. SHirokova (otv. red.), A.A. Kovalenko (otv. red.), 2015. – Pp. 201-203.
8. Skripko, L.E. Problemy realizacii trebovanij standarta ISO 9001: Vozmozhnosti preodoleniya // Metody menedzhmenta kachestva, 2019. – № 10. – Pp. 16-22.
9. Aktual'nye voprosy sovremennoj nauki i obrazovaniya: materialy XVII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Kirov, 17–20 aprelya 2018 g.) / Kirovskij filial Moskovskogo finansovo-yuridicheskogo universiteta MFYUA. – Kirov : MFYUA, 2018. – 897 p.

Статья поступила в редколлегию 23.03.2020.

*Рецензент: канд. биол. наук, доц.,
Брянский государственный технический университет
Кузьменко А.А.*

Статья принята к публикации 02.04.2020.

Сведения об авторах

Мерзлякова Ирина Викторовна

Магистр кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
E-mail: IV_Merzlyakova@mail.ru

Феофанов Александр Николаевич

Профессор, доктор технических наук, профессор кафедры инженерной графики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
E-mail: feofanov.fan1@yandex.ru

Information about authors:

Merzlyakova Irina Viktorovna

Master of automated information processing and control systems chair of the federal state budget educational institution of higher education “Moscow State Technological University “STANKIN”,
E-mail: IV_Merzlyakova@mail.ru

Feofanov Alexandr Nikolaevich

Professor, doctor of science, professor of engineering graphics chair of the federal state budget educational institution of higher education “Moscow State Technological University “STANKIN”,
E-mail: feofanov.fan1@yandex.ru

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, системы автоматизации проектирования

УДК: 681.5.011

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-2-42-49

В.В. Андреев, М.А. Берберова, О.В. Золотарев, В.В. Чуенко, Е.В. Карпушин, Д.В. Дьячков,
А.В. Суворов, А.Ю. Федосеева, Г.Н. Фирсаков

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЙ ПЕРСОНАЛА ПРИ НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫХ АВАРИЯХ. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ МОНИТОРИНГА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС

При выполнении анализа надежности персонала (АНП) в рамках вероятностного анализа безопасности (ВАБ) и оценок риска используются следующие допущения в отношении рассматриваемых факторов деятельности персонала: рассматриваются только те действия (и соответственно, ошибки) персонала, которые допускаются при выполнении поставленных задач; предполагается, что весь персонал АЭС действует так, как он считает нужным действовать в интересах безопасности АЭС; предполагается, что в исходном состоянии до возникновения инициирующего события аварии блок работает в режиме нормальной эксплуатации; задачи выполняются аттестованным, квалифицированным персоналом, включая такие категории специалистов, как оперативный, ремонтный и технический персонал; при выполнении действий оператору нет необходимости использовать специальную защитную одежду; на блочном пункте управления (БПУ) поддерживаются благоприятные условия. Уровни освещенности и шума, а также физиологического комфорта являются оптимальными.

Ключевые слова: ошибки персонала, АЭС, анализ надежности персонала, мониторинг обеспечения безопасности АЭС.

V.V. Andreev, M.A. Berberova, O.V. Zolotarev, V.V. Chuenko, E.V. Karpushin, D.V. Dyachkov,
A.V. Suvorov, A.Yu. Fedoseeva, G.N. Firsakov

ASSESSMENT OF PERSONNEL ACTIONS IN THE MOST DANGEROUS ACCIDENTS. DEVELOPMENT OF A NPP SAFETY MONITORING PROGRAM

When performing the personnel reliability analysis (ANP) as part of a probabilistic safety analysis (PSA) and risk assessments, the following assumptions are used with respect to the considered factors of personnel activity: only those actions (and, accordingly, errors) of personnel that are allowed when performing assigned tasks are considered; it is assumed that all NPP personnel act as they consider it necessary to act in the interests of NPP safety; it is assumed that in the initial state, before the occurrence of the initiating accident event, the unit operates in normal operation; tasks are performed by certified, qualified personnel, including such categories of specialists as operational, repair and technical personnel; when performing actions, the operator does not need to use special protective clothing; Favorable conditions are maintained at the block control room (BPU). Light and noise levels as well as physiological comfort are optimal.

Keywords: personnel errors, NPPs, personnel reliability analysis, NPP safety monitoring.

Введение

В ВАБ моделируются четыре категории ошибок персонала:

1. До-аварийные ошибки персонала (происходят до исходного события) - представляют собой ошибочные действия персонала, выполняемые до наступления исходного события, которые приводят к неготовности оборудования или системы, проявляющейся в виде отказа на требование при реагировании на исходное событие.

Примерами ошибок персонала этой категории являются неправильная калибровка или настройка оборудования, или не восстановление работоспособного состояния оборудования после испытаний или ремонтного обслуживания.

2. Иницирующие исходное событие ошибки персонала - представляют собой ошибки при выполнении действий персонала, которые вызывают или приводят к исходному событию.

3. Послеаварийные ошибки персонала (происходят при реагировании на исходное событие) - ошибки персонала, возникающие во время выполнения действий, являющихся ответными на аварийную ситуацию после наступления исходного события (динамических действий), и определяются уровнем тренировки оперативного персонала, существующими инструкциями, знаниями, которыми обладают операторы, а также другими факторами. Эти ошибки персонала возникают вследствие ошибок при диагностике или выполнении.

4. Ошибки персонала при восстановлении - ошибки персонала при выполнении динамических действий (после исходного события), но заключающиеся в невыполнении персоналом операций с не включившимся по автоматике оборудованием, непосредственно участвующем в ликвидации аварии, или с альтернативным по отношению к нему оборудованием.

1. Оценка действий персонала при наиболее опасных авариях с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока

1.1. Существующие методы АНП

Для оценки вероятности ошибок персонала существует ряд методик, позволяющих выполнить АНП для конкретных задач. В результате этого анализа будут предприняты действия для уменьшения вероятности совершения персоналом ошибок, что приведёт к повышению общего уровня безопасности установки.

Существуют три основные задачи АНП: выявление ошибок, определение вероятности ошибок и сокращение числа ошибок.

Наиболее часто используемыми методиками являются: THERP [1, 2] и HCR [2, 3]. Рассмотрим их подробнее.

Метод THERP

Метод THERP [1, 2] является наиболее известным и часто применяемым для прогнозирования надежности человека. Данный метод используют для оценки последствий ошибок персонала и прогнозирования отказов в системе человек-машина, обусловленных ошибками человека. При этом учитывается влияние таких факторов как надежность оборудования, качество инструкций, взаимодействие операторов и др.

В методе THERP используют модель представления действий персонала в форме логической структуры, аналогичной дереву событий. Каждому событию в этой модели ставится в соответствие вероятность невыполнения операции. Эта вероятность уточняется путем умножения на коэффициенты, учитывающие влияние различных факторов. В качестве вероятностей ошибок при совершении того или иного действия могут быть использованы данные с тренажеров.

Возможно использование метода THERP на разных этапах анализа: как на этапе отбора, так и на этапе уточненного анализа, при выполнении которого требуется большая детализация. АНП по методу THERP является хорошо структурированным и обеспечивает качественный анализ надежности персонала при оценке риска. Данный метод позволяет учитывать восстановление ошибок и учет зависимостей между различными действиями одного оператора и различными операторами.

Однако, АНП по методу THERP является очень ресурсоемким и может потребовать больших трудозатрат для получения более точной оценки вероятности ошибки персонала.

Метод HCR

Метод когнитивной надежности человека (Human Cognitive Reliability) [2, 3] – основан на использовании кривых, представленных на рис. 1.

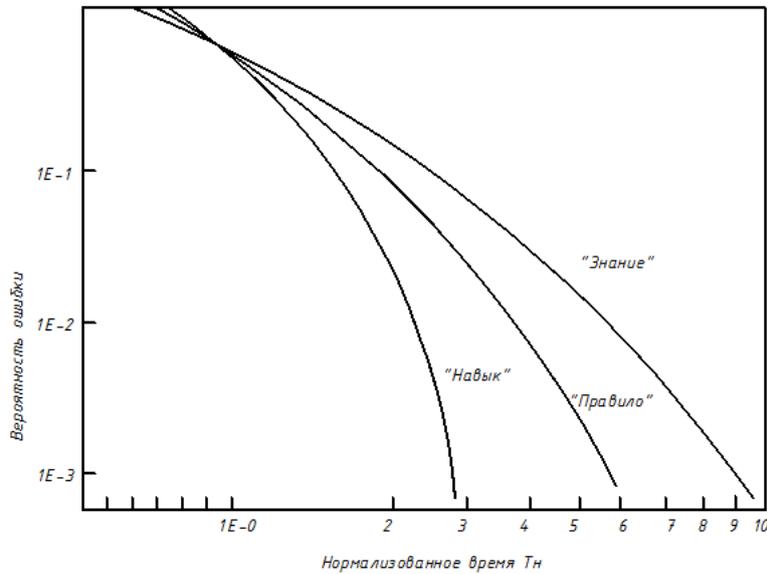


Рис. 1. Вероятность ошибки для трёх типов действий оператора

Эти зависимости получены на основе обработки данных с тренажеров оперативного персонала АЭС. Метод позволяет определить вероятность того, что оператор «не ответит» на возникшую аварийную ситуацию.

Рассматривается три типа действий персонала: действия, основанные на знаниях (кривая «знания»), действия, основанные на правилах (кривая «правила») и действия, основанные на навыке (кривая «навык»).

Этот график можно описать аналитически, используя следующее выражение:

$$P = \exp \left\{ - \left[\frac{t / T_{1/2} - B_i}{A_i} \right]^{C_i} \right\}, \tag{1}$$

где:

P - вероятность ошибки для данного располагаемого времени;

t - время, располагаемое на выполнение операции;

$T_{1/2}$ - уточнённое среднее время выполнения задачи;

A_i, B_i, C_i - коэффициенты, связанные с преобладающим типом действий оператора.

Для описания каждой из трех кривых используются изменяющиеся коэффициенты A_i, B_i, C_i , представленные в таблице 1.

Таблица 1. Значения параметров A_i, B_i, C_i

Тип действия	A_i	B_i	C_i
Навыки	0,407	0,7	1,2
Правила	0,601	0,6	0,9
Знания	0,791	0,5	0,8

Зная время, необходимое для выполнения задачи, и используя значения, приведенные в таблице 1, по формуле (1) можно получить вероятность ошибки персонала. Изменяя поправочными коэффициентами время, необходимое для выполнения задачи, можно учесть квалификацию персонала, стресс и связи персонала с установкой.

Метод предполагает использовать для анализа задач, при выполнении которых маловероятна ошибка при постановке диагноза и существует только один способ реализации противоаварийных действий, не требующий от оператора выбора. Характерным примером такой задачи является глушение оператором реактора при отказе управляющей системы АЗ.

При использовании метода HCR необходимо учитывать, что метод рассматривает только ограниченный аспект действий персонала. Метод чувствителен к величине нормализованного времени для выполнения операции и типу поведения оператора, поэтому при их определении необходима большая точность.

1.2. Анализ действий во время аварий

Вероятность того, что оборудование приходит в неготовность в результате ошибки человека, является произведением основной (базовой) вероятности человеческой ошибки (ВЕН) на вероятность невозможности устранить ошибку:

$$P_{HE} = P_{ВЕН} \cdot R F_i.$$

Величина ВЕН, согласно [4], принимается равной:

$$P_{ВЕН} = 3 \cdot 10^{-2}.$$

Это значение ВЕН основывается на предположении, по крайней мере, среднего качества письменных инструкций и одинаково для любого типа ошибки.

Для каждого исследуемого компонента рассматриваются два выражения человеческих ошибок. Каждое из этих выражений является произведением значения основной (базовой) вероятности и наиболее эффективного фактора восстановления:

$P_{PHE} = P_{ВЕН} \cdot R F_i$ - для вероятности человеческой ошибки (ВЧО) невозможности восстановления положения;

$P_{ЕНЕ} = P_{ВЕН} \cdot R F_i$ - для ВЧО невозможности электропитания.

Полная ВЧО для компонента оценивается суммой этих выражений:

$$P_{HEP} = P_{PHE} + P_{ЕНЕ}.$$

В данной работе рассматриваются действия персонала при аварийных ситуациях на АЭС.

Послеаварийные ошибки персонала представляют собой ошибки при выполнении действий, являющихся ответными на аварийную ситуацию после наступления исходного события (динамических действий), и определяются уровнем тренировки оперативного персонала, существующими инструкциями, знаниями, которыми обладают операторы, а также другими факторами. Эти ошибки персонала возникают вследствие ошибок при диагностике или выполнении [1, 2, 5].

Моделирование включает качественный и количественный анализ надежности персонала, как одних из финальных задач при проведении АНП.

Качественный анализ

Качественный анализ проводится для определения процедуры выполнения функций персонала с учетом конкретных условий его деятельности на АЭС, разработки моделей надежности в виде деревьев ошибок (деревьев событий) персонала (ДОП).

При проведении качественного анализа надежности персонала решаются следующие основные задачи [1, 2, 5]:

1. Определение перечня действий персонала (задач или функций) для рассматриваемых доминантных аварийных последовательностей.
2. Определение места выделенных функций персонала в разработанных моделях надежности систем и аварийных последовательностей (деревьях отказов и деревьях событий).
3. Выбор итоговых показателей надежности персонала.
4. Предварительный анализ алгоритмов выполнения рассматриваемых функций персонала АЭС (инструкций для противоаварийных действий), а также результатов детерминистического анализа процессов.
5. Определение требований к действиям персонала (критерии успеха и своевременности).
6. Определение условий деятельности персонала и рассматриваемых ситуаций.
7. Определение структуры оперативной группы персонала и особенностей взаимодействия операторов.

8. Выявление возможных ошибок персонала.
9. Детальное моделирование действий персонала на деревьях ошибок персонала.
10. Качественный отбор доминантных действий персонала для последующего количественного анализа.

Завершается качественный анализ надежности персонала выбором конечных состояний для количественного анализа.

Количественный анализ

Количественный анализ проводится в следующем порядке [1, 2, 5]:

1. Количественный отбор доминантных действий персонала для детального моделирования.
2. Выбор номинальных исходных данных для доминантных последовательностей ошибок персонала, полученных при разработке деревьев ошибок.
3. Определение особенностей деятельности персонала при выполнении рассматриваемых функций персонала - факторов деятельности (ФДП) и факторов восстановления (ФВ) и выбор моделей для их учета и корректировки исходных данных по надежности персонала.
4. Анализ уровней зависимости между членами группы персонала и вероятностями выполнения последующих функций от предшествующих.
5. Оценка времени успешного выполнения функций в целом.
6. Оценка вероятности несвоевременного выполнения функции за допустимое время, в течение которого персонал должен приступить к выполнению или закончить выполнение требуемой функции и корректировка вероятностей невыполнения функций.
7. Оценка условных (на требование) вероятностей ошибок персонала (ВОП) для выбранных функций.

1.2. Разработка программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности АЭС

Авторами была начата работа по созданию программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций. Ниже дано краткое описание сегодняшнего состояния программы. Для ее разработки была настроена инфраструктура. Использовано средство изоляции Docker и система контроля версий git [6]. Создан один изолированный контейнер и установлены все необходимые инструменты: Python3.7 [7], Django [8], Sqlite3 [9]. С помощью стандартных средств Django [8] создана основа веб-приложения и начато его изменение и дополнение.

Логика приложения работает на Python3.7 [7], данные хранятся в базе Sqlite3 [9]. Для отрисовки страниц был использован шаблонизатор. Страницы отрисовывались с помощью автоматической генерации html страниц. Используются языки html, CSS, JavaScript.

После настройки инфраструктуры началась работа над приложением программы. Работа начата с вывода на экран списка всех АЭС и добавления кнопок управления. После этого началось заполнение страниц каждой АЭС.

Приложение состоит из:

- верхней «шапки» с кнопками поиска, главной страницы и контактами (рис. 2);
- под «шапкой» можно увидеть 2 столбика, в которых отделены блоки под каждую из АЭС (рис. 2);
- в блоке содержится: название АЭС, ее изображение, описание и кнопка перехода на страницу АЭС (рис. 2);
- на странице АЭС также присутствует верхняя «шапка», название АЭС, ее изображение и полное описание (рис. 3);
- под названием, изображением и полным описанием АЭС представлены данные паспорта безопасности (рис. 3).

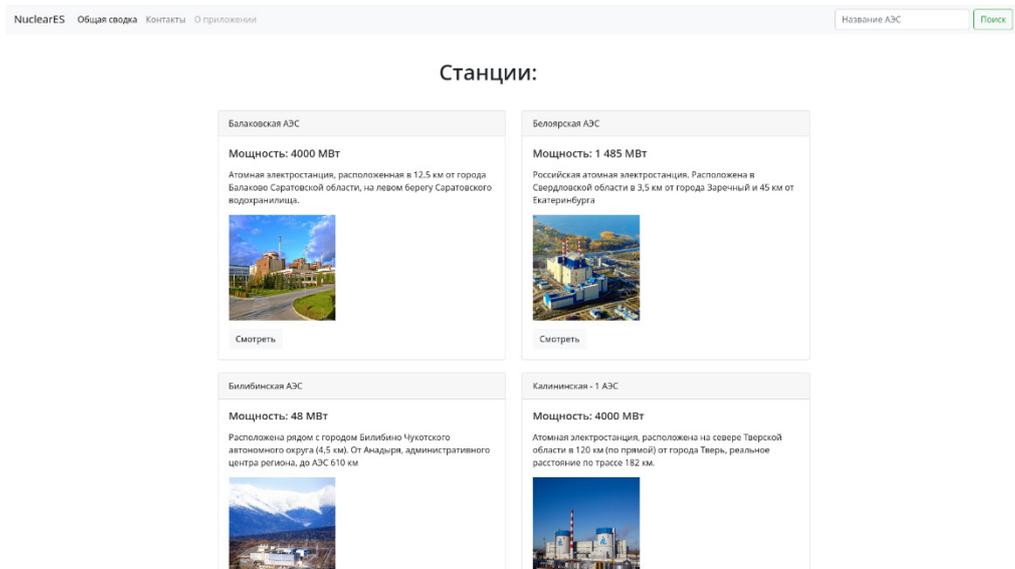


Рис. 2. Общий вид программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности АЭС

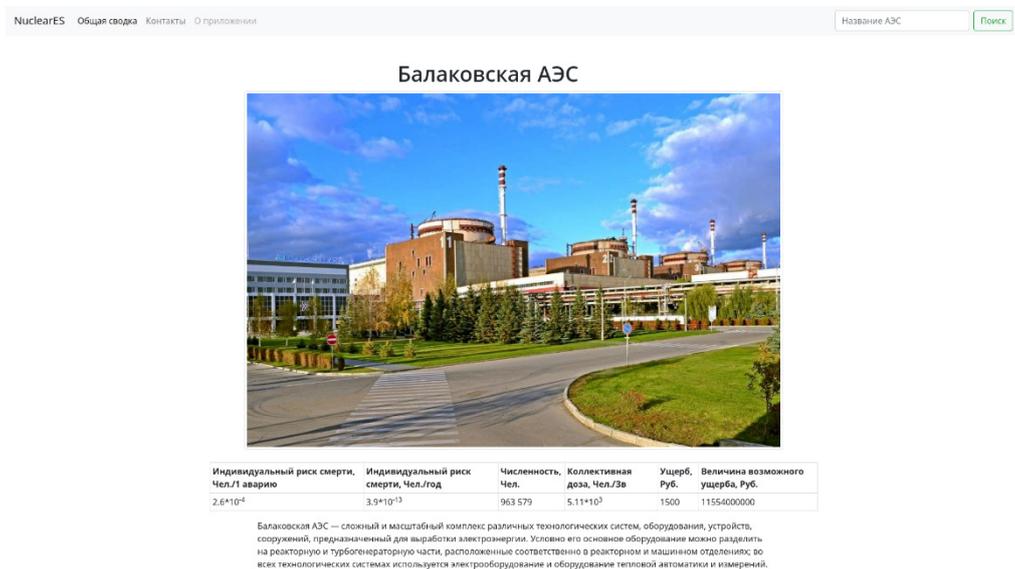


Рис. 3. Программа мониторинга (контроля) обеспечения безопасности АЭС. Страница АЭС

3. Результаты

1. Начата работа по выполнению оценки действий персонала при наиболее опасных (запроектных) авариях с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока. Также начата разработка методического подхода для решения задач оценки доз внешнего и внутреннего облучения и оценки ущерба населению (с учетом возрастного состава населения), проживающему вокруг АЭС, при наиболее опасных (запроектных) авариях с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока.

2. Начата разработка программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций.

Выводы

В дальнейшем необходимо:

1. Продолжить работу по выполнению оценки действий персонала при наиболее опасных (запроектных) авариях с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока.

2. Продолжить разработку методического подхода для решения задач оценки доз внешнего и внутреннего облучения и оценки ущерба населению (с учетом возрастного состава населения), проживающему вокруг АЭС, при наиболее опасных (запроектных)

авариях с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока.

3. Продолжить разработку программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций.

Благодарность

Работа выполнена и опубликована при поддержке РФФИ, гранты 18-07-00225, 18-07-0909, 18-07-01111, 19-07-00445.

Список литературы:

1. Swain, A.D. Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application / A.D. Swain, H.E. Guttman, H.E. NUREG / CR-1278, August, 1983.
2. Khakimova, A.Kh.. Visualization of bibliometric networks of scientific publications on the study of the human factor in the operation of nuclear power plants based on the bibliographic database Dimensions. Scientific Visualization Journal, in prin / A.Kh. Khakimova, O.V. Zolotarev, M.A. Berberova // Scientific Visualization, 2020, volume 12, number 2, Pp. 127 - 138.
3. Humphreys, P. Assessor Guide Safety and Reliability Directorate / P. Humphreys // United Kingdom Atomic Energy Authority, RTS 88 / 95 Q, Oktober 1988.
4. Human Reliability Analysis - Taking into Account of Pre-accident Human Actions. TIERSRU / 4NT / 33 / 00 RDS / 590, BELGATOM, Nuclear Engineering and Consulting Services, Brussels.
5. Haunaman, G.W. and Spurgin, A.J. Systematic Human Action Reliability Procedure (SHARP) / G.W. Haunaman, A.J. Spurgin, // EPRI NP-3583, Electric Power Research Institute, Palo Alto California, Project 2170-3, Interim report. June 1984.
6. Чакон, С. Git для профессионального программиста / С. Чакон, Б. Штрауб / - Питер, 2017. - 496 с. - ISBN 978-5-496-01763-3.
7. Beazley, D, Guido Van Rossum. Python: Essential Reference. - New Riders Publishing, 1999.
8. Чан У., Биссекс П., Форсье, Д. Django. Разработка веб-приложений на Python = Python Web Development with Django / У. Чан, П. Биссекс, Д. Форсье // пер. с англ. А. Киселёв. - СПб.: Символ-Плюс, 2009. - 456 с. - (High Tech). - ISBN 978-5-93286-167-7.
9. Андреев, В.В. Разработка моделей, алгоритмов и программного комплекса для решения задач оценки риска на АЭС при запроектных авариях. Вестник БГТУ / В.В. Андреев, М.А. Берберова, О.В. Золотарев, В.В. Чуенко, Е.В. Карпушин, Д.В. Дьячков, А.В. Суворов // 2020. - С. 43-51. <https://doi.org/10.30987/1999-8775-2020-4-43-51>.

References:

1. Swain, A.D. Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application / A.D. Swain, H.E. Guttman, H.E. NUREG / CR-1278, August, 1983.
2. Khakimova, A.Kh.. Visualization of bibliometric networks of scientific publications on the study of the human factor in the operation of nuclear power plants based on the bibliographic database Dimensions. Scientific Visualization Journal, in prin / A.Kh. Khakimova, O.V. Zolotarev, M.A. Berberova // Scientific Visualization, 2020, volume 12, number 2, Pp. 127 - 138.
3. Humphreys, P. Assessor Guide Safety and Reliability Directorate / P. Humphreys // United Kingdom Atomic Energy Authority, RTS 88 / 95 Q, Oktober 1988.
4. Human Reliability Analysis - Taking into Account of Pre-accident Human Actions. TIERSRU / 4NT / 33 / 00 RDS / 590, BELGATOM, Nuclear Engineering and Consulting Services, Brussels.
5. Haunaman, G.W. and Spurgin, A.J. Systematic Human Action Reliability Procedure (SHARP) / G.W. Haunaman, A.J. Spurgin, // EPRI NP-3583, Electric Power Research Institute, Palo Alto California, Project 2170-3, Interim report. June 1984.
6. CHakon, S. Git dlya professional'nogo programmista / S. CHakon, B. SHtraub / - Piter, 2017. - 496 p. - ISBN 978-5-496-01763-3.
7. Beazley, D, Guido Van Rossum. Python: Essential Reference. - New Riders Publishing, 1999.
8. CHan U., Bisseks P., Fors'e, D. Django. Razrabotka veb-prilozhenij na Python = Python Web Development with Django / U. CHan, P. Bisseks, D. Fors'e // per. s angl. A. Kiselyov. - SPb.: Simvol-Plyus, 2009. - 456 p. - (High Tech). - ISBN 978-5-93286-167-7.
9. Andreev, V.V. Razrabotka modelej, algoritmov i programmnogo kompleksa dlya resheniya zadach ocenki riska na AES pri zaproektnyh avariyah. Vestnik BGTU / V.V. Andreev, M.A. Berberova, O.V. Zolotarev, V.V. CHuenko, E.V. Karpushin, D.V. D'yachkov, A.V. Suvorov // 2020. - Pp. 43-51. <https://doi.org/10.30987/1999-8775-2020-4-43-51>.

Статья поступила в редколлегию 15.04.2020.

Рецензент: канд. техн. наук, доц.,

Брянский государственный технический университет

Подвесовский А.Г.

Статья принята к публикации 23.04.2020.

Сведения об авторах

Андреев Вячеслав Викторович

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Ядерные реакторы и энергетические установки» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е.Алексея (Нижний Новгород, Россия)

E-mail: vyach.andreev@mail.ru

Information about authors:

Andreev Vyacheslav Viktorovich

Full Doctor, Professor, Head of the Department of Nuclear Reactors and Power Plants, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (Nizhny Novgorod, Russia)

E-mail: vyach.andreev@mail.ru

Берберова Мария Александровна

к.т.н., доцент кафедры информационных технологий и естественно-научных дисциплин АНО ВО «Российский новый университет» (Москва, Россия), научный сотрудник АНО Международный Центр по ядерной безопасности (Москва, Россия), заместитель директора по науке АНО «Научно-исследовательский Центр физико-технической информатики» (Нижний Новгород, Россия)
E-mail: maria.berberova@gmail.com

Чуенко Владислав Васильевич

бакалавр, кафедра информационных систем в экономике и управлении АНО ВО «Российский новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: xetyrj22@gmail.com

Золотарев Олег Васильевич

К.т.н., доцент, заведующий кафедрой информационных систем в экономике и управлении АНО ВО «Российский новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: ol-zolot@yandex.ru

Карпушин Егор Викторович

магистрант, кафедра информационных систем в экономике и управлении АНО ВО «Российский новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: egor9731@yandex.ru

Дьячков Дмитрий Владимирович

магистрант, кафедра информационных систем в экономике и управлении АНО ВО «Российский новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: dimitri.dyach@gmail.com

Суворов Андрей Викторович

магистрант, кафедра телекоммуникационных систем и информационной безопасности АНО ВО «Российский новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: suvorov-97@mail.ru

Федосеева Алена Юрьевна

магистрант, кафедра информационных систем в экономике и управлении АНО ВО «Российский новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: listik1301@yandex.ru

Фиксаков Григорий Николаевич

магистрант, кафедра телекоммуникационных систем и информационной безопасности АНО ВО «Российский новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: nekron06@mail.ru

Berberova Maria Aleksandrovna

PhD, docent, Department of Information Technology and Natural Sciences, Researcher ANO International Nuclear Safety Center (Moscow, Russia), Deputy Director for Science ANO «Scientific and Research Center for Information in Physics and Technique» (Nizhny Novgorod, Russia)

E-mail: maria.berberova@gmail.com

Chuenko Vladislav Vasilievich

bachelor, Department of Information Systems in Economics and Management ANO HE «Russian New University» (Moscow, Russia)
E-mail: xetyrj22@gmail.com

Zolotarev Oleg Vasilievich

Ph.D., Docent, Head of the Department of Information Systems in Economics and Management ANO HE «Russian New University» (Moscow, Russia)

E-mail: ol-zolot@yandex.ru

Karpushin Egor Victorovich

Master student, Department of Information Systems in Economics and Management ANO HE «Russian New University» (Moscow, Russia)
E-mail: egor9731@yandex.ru

Dyachkov Dmitriy Vladimirovich

Master student, Department of Information Systems in Economics and Management ANO HE «Russian New University» (Moscow, Russia)
E-mail: dimitri.dyach@gmail.com

Suvorov Andrey Victorovich

Master student, Department of Telecommunication Systems and Information Security ANO HE «Russian New University» (Moscow, Russia)
E-mail: suvorov-97@mail.ru

Fedoseeva Alena Yuryevna

Master student, Department of Information Systems in Economics and Management ANO HE «Russian New University» (Moscow, Russia)
E-mail: listik1301@yandex.ru

Fiksakov Grigoriy Nikolaevich

Master student, Department of Telecommunication Systems and Information Security ANO HE «Russian New University» (Moscow, Russia)
E-mail: nekron06@mail.ru

УДК: 681.5.011

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-2-50-56

М.А. Берберова, В.В. Чуенко, О.В. Золотарев, О.Л. Трефилова, М.А. Грудев
В.В. Аничкин, Е.В. Разина.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ МОНИТОРИНГА (КОНТРОЛЯ) ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Атомные электростанции (АЭС), являясь сложными технологическими системами, представляют собой источник повышенного риска, в частности, специфического риска радиационного воздействия. Получение количественных оценок радиационного риска является критичным для проведения мероприятий по снижению риска и предотвращению последствий аварий. Существующие методы оценки радиационного риска не учитывают влияние внешних факторов, таких как состав населения, географические особенности, антропогенное изменение среды и т.д. [1].

С 1997 года в связи с изменениями в нормах и правилах в области использования атомной энергии, на всех АЭС России стало необходимым выполнить вероятностный анализ безопасности (ВАБ). В дальнейшем был разработан типовой паспорт безопасности опасного объекта. Для заполнения второго раздела паспорта безопасности необходимо выполнить оценку риска рассматриваемых объектов. Начиная с этого момента, были выполнены оценки риска для всех энергоблоков всех действующих АЭС России. На сегодняшний день, в нашей стране действуют 14 атомных электростанций. В среднем, на каждую АЭС приходится по 3 энергоблока. Для систематизации и централизации данных по оценкам риска АЭС возникла необходимость разработки программы контроля обеспечения безопасности АЭС.

Целью работы является разработка программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций, с применением современных технологий, позволяющих систематизировать и группировать данные паспортов безопасности АЭС, а также организовать быстрый доступ к информации.

Ключевые слова: программа, мониторинг (контроль), безопасность, АЭС.

M.A. Berberova, V.V. Chuenko, O.V. Zolotarev, O.L. Trefilova, M.A. Grudev,
V.V. Anichkin, E.V. Razina

DEVELOPMENT OF THE MONITORING (CONTROL) PROGRAM OF THE SAFETY OF NUCLEAR POWER PLANTS

Nuclear power plants (NPP), being complex technological systems, represent a source of increased risk, in particular, a specific risk of radiation exposure. Obtaining quantitative assessments of radiation risk is critical for risk reduction and accident prevention. Existing methods for assessing radiation risk do not take into account the influence of external factors, such as population composition, geographical features, anthropogenic environmental changes, etc. [1].

Since 1997, in connection with changes in the norms and rules in the field of the use of atomic energy, it became necessary to perform a probabilistic safety analysis (PSA) at all nuclear power plants in Russia. Subsequently, a standard safety data sheet for a hazardous facility was developed. To fill out the second section of the safety data sheet, it is necessary to carry out a risk assessment of the objects in question. From this moment on, risk assessments were performed for all power units of all operating nuclear power plants in Russia. Today, in our country there are 14 nuclear power plants. On average, there are 3 power units per nuclear power plant. In order to systematize and centralize data on NPP risk assessments, it became necessary to develop a program for monitoring NPP safety.

The aim of the work is to develop a monitoring (control) program for ensuring the safety of nuclear power plants, using modern technologies to systematize and group data on nuclear safety data sheets, as well as organize quick access to information.

Keywords: program, monitoring (control), safety, NPP.

Введение

Атомная электростанция (АЭС) - ядерная установка для производства энергии в заданных режимах и условиях применения, располагающаяся в пределах определённой проектом территории, на которой для осуществления этой цели используется ядерный

реактор (реакторы) и комплекс необходимых систем, устройств, оборудования и сооружений с необходимыми работниками (персоналом) [2].

Первым в мире, в разработке АЭС, был Советский Союз. Атомная электростанция была построена в рамках программы развития мирного атома, инициированной в 1948 г. академиком И.В.Курчатовым.

Помимо прочего, в России был разработан реактор на быстрых нейтронах, позволяющий раскрыть больше потенциала ядерного топлива и использовать отходы АЭС и оружейный плутоний в качестве топлива.

Еще в 1940-х годах некоторые страны начали предпринимать попытки использования управляемой ядерной реакции для производства электроэнергии.

3 сентября 1948 года в США с помощью электричества, полученного на реакторе X-10 впервые удалось запитать электроприборы. В мае 1950 г. в Обнинске началось строительство АЭС. В том же году, в США был создан и запущен экспериментальный реактор, EBR-I в штате Айдахо. В ходе эксперимента реактор смог выработать 800 Вт энергии, после чего была повышена мощность реактора для обеспечения электричеством станции, на который был построен реактор. Но АЭС так и не была подключена к электрической сети [2].

27 июня 1954 года была запущена и подключена к общей сети Обнинская АЭС мощностью 5 МВт. В 1958 году в эксплуатацию была введена 1-я очередь Сибирской АЭС мощностью 100 МВт, в дальнейшем мощность была увеличена до 600 МВт. 26 апреля 1965 г. 1-я очередь Белоярской АЭС дала ток потребителям. В сентябре 1964 г. был запущен 1-й блок Нововоронежской АЭС с мощностью 210 МВт, а в декабре 1969 г. был запущен второй блок, мощностью 365 МВт.

В 1956 г. в эксплуатацию была введена первая АЭС за пределами СССР, она находилась в Великобритании, в городе Колдер-Холле и имела мощность 46 МВт. Первая АЭС в США была запущена в 1957 г., во Франции - в 1959 г., в Германии - в 1961 г., в Канаде - в 1962 г., в Швеции - в 1964 г., в Японии - в 1966 г.

В 2018 г. все АЭС мира суммарно выработали 2560 ТВт.ч электроэнергии - это 10,7% всемирной генерации электричества. В середине 2019 года в мире действовало 453 ядерных энергоблока.

В первую тройку Мировых лидеров в производстве ядерной электроэнергии на 2018 год входили [2]:

1. США (805,3 млрд Вт·ч/г.), 99 реакторов.
2. Франция (395,9 млрд Вт·ч/г.), 58 реакторов.
3. Китай (277,1 млрд Вт·ч/г.), 46 реакторов.

Россия в 2018 году была на четвертом месте по выработке электроэнергии в мире и имела 37 работающих реакторов, которые вырабатывали 17,9% от всей производимой в России электроэнергии.

Самая мощная АЭС в Европе - Запорожская АЭС в городе Энергодаре (Запорожская область, Украина) и имеет 6 энергоблоков, суммарной мощностью 6 ГВт.

Самая мощная АЭС в мире - АЭС Касивадзаки-Карива. Она находится в японском городе [Касивадзаки](#) и имеет 5 реакторов, суммарной мощностью 8,212 ГВт. Но с 2011 года АЭС Касивадзаки-Карива не вырабатывает электричество. Поэтому крупнейшей в мире действующей атомной электростанцией является канадская АЭС Брюс с восемью ядерными реакторами, общей мощностью 6,797 ГВт.

На сегодняшний день атомные электростанции использует 31 страна. Большинство АЭС находится на территории Европы, Северной Америки и Дальневосточной Азии. В мире действует 451 ядерный реактор, суммарно вырабатывающий мощность в 394 ГВт. В 2006 году был зафиксирован пик производства ядерной энергии. В докладе о состоянии индустрии ядерной энергетики [3], на 2016 год наблюдается спад в отрасли. 158 реакторов были остановлены. За последние 10 лет во всем мире было введено 47 энергоблоков, около полутора десятков стран стоят и развивают атомные электростанции.

Однако в мире наблюдаются и противоположные тенденции, такие как закрытие большего числа АЭС или вовсе полный отказ от ядерной энергетики. Италия стала единственной страной, которая полностью отказалась от использования АЭС.

В настоящее время разрабатываются международные проекты ядерных реакторов нового поколения, например, ГТ-МГР, которые обещают повысить безопасность и увеличить КПД АЭС.

В 2007 г. Россия приступила к строительству первой в мире плавучей АЭС, позволяющей решить проблему нехватки энергии в отдалённых прибрежных районах страны. Первая плавучая АЭС заработала в 2019 г.

Несколько стран, включая США, Японию, Южную Корею, Россию, Аргентину, ведут разработки мини-АЭС с мощностью порядка 10-20 МВт для целей тепло- и электроснабжения отдельных производств, жилых комплексов, а в перспективе также индивидуальных домов. Предполагается, что малогабаритные реакторы могут создаваться с использованием безопасных технологий, многократно уменьшающих возможность утечки ядерного вещества. Первый опыт использования мини-АЭС получил СССР ([Билибинская АЭС](#)) [2].

1. Обзор аварий на ядерных объектах

На сегодняшний день в России 14 действующих («Академик Ломоносов», Балаковская, Белоярская, Билибинская, Калининская, Кольская, Курская, Курская-2, Ленинградская, Ленинградская-2, Нововоронежская, Нововоронежская-2, Ростовская, Смоленская) и 1 строящаяся АЭС (Балтийская). АЭС неоспоримо имеют множество плюсов, но также есть и специфичные особенности использования АЭС. Одной из них является очень сложный технический процесс работы и, вследствие этого, большая опасность в аварийных ситуациях. За безопасность на АЭС отвечает множество устройств, систем безопасности, которые неоднократно резервированы.

Для того, чтобы минимизировать риски населения и рабочего коллектива, необходимо задумываться о последствиях аварии, о возможных рисках ещё на момент постройки АЭС.

Сводка крупнейших аварий на ядерных объектах представлена в таблице 1.

Таблица 1. Сводка крупнейших аварий на ядерных объектах

Год	Название	Пострадавшие, чел.	Ущерб
1957	Кыштымская авария	270 тысяч	более 8,2 млрд рублей (1991 г.)
1967	ПО «Маяк»	40 тысяч	неизвестен
1986	Авария на Чернобыльской АЭС	2,6 млн.	более 7000 млрд. рублей
1999	Ядерный объект Токаймура	439 человек	неизвестен
2011	АЭС Фукусима-1	150 тысяч	322 млрд долларов

Все аварии, представленные в таблице 1, уже произошли, люди погибли, ущерб был нанесён. В таблице 2 приведены показатели возможного риска, полученные из гипотетических расчетов.

Гипотетические расчеты мы провели, благодаря большой проделанной работе на всех действующих в России АЭС, и сейчас мы можем провести сравнение произошедших и гипотетических аварий, оценить риски. А благодаря программе мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций есть возможность систематизировать, и централизовать все гипотетические данные в одном месте. Более того, программа мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций имеет очень удобный интерфейс, позволяющий быстро получать нужную информацию.

Таблица 2. Показатели возможного риска, полученные из гипотетических расчетов

Название АЭС	Пострадавшие(чел.)	Вторичный фактор (чел.)	Ущерб(руб.)
Балаковская	256	218 тыс	1,6 млрд
Белоярская	37	30 тыс	221 млн
Билибинская	0	0	702 тыс
Калининская - 1	63	34 тыс	545 млн
Калининская - 2	61	34 тыс	514 млн
Кольская - 1	252	1000	1,7 млрд
Кольская - 2	13	1000	631 млн
Курская - 1	53,4 тыс	77,3 тыс	511 млн
Курская - 2	53,4 тыс	77,3 тыс	511 млн
Нововоронежская	3530	49 тыс	22 млрд
Нововоронежская	8050	175 тыс	48,7 млрд
Ростовская	12	2180	82 млн
Смоленская - 1	6	33 тыс	42,9 млн
Смоленская - 2	17	33 тыс	105 млн

2. Проектирования информационно-технической инфраструктуры приложения

Программа мониторинга (контроля) обеспечения безопасности АЭС (далее - приложение) представляет собой Web-приложение, созданное для систематизации и группировки данных паспортов безопасности АЭС, а также организации быстрого доступа к информации, позволяющего легко дать оценку состоянию безопасности каждой из рассмотренных в работе АЭС[4].

2.1. Общие требования к приложению

Приложение должно:

1. Быть доступным в сети интернет. Для того, чтобы в любой момент, можно было воспользоваться функциональными возможностями приложения, необходимо выделить серверу, на котором будет работать приложение, статический IP-адрес и открыть порт, по которому можно будет обращаться к приложению. Обычно для таких приложений открывают 80 порт, так как он является стандартом и нет необходимости его указывать при переходе на страницу приложения [4].

2. Обеспечивать возможность предоставления актуальной информации. Необходимо реализовать интерфейс внесения изменений в базу данных, чтобы иметь возможность обновления, добавления информации о станциях [4].

3. Иметь интуитивно понятный интерфейс. Для быстрого поиска нужной информации и облегчения использования приложения необходимо учитывать нюансы разработки интуитивно понятного интерфейса [4].

4. Использовать систему контроля версий Git. Для удобства разработки и облегчения обновления исходного кода необходимо использовать систему контроля версий Git [4]. Git - распределённое программное обеспечение для облегчения работы с изменяющейся информацией. Система управления версиями позволяет хранить несколько версий одного и того же документа, при необходимости возвращаться к более ранним версиям, определять, кто и когда сделал то или иное изменение. Одно из преимуществ системы контроля версий Git - быстрая загрузка обновлений. Это возможно благодаря тому, что при изменении одного из файлов в репозиторий загружается не весь файл целиком, а только изменённая его часть. Это позволяет снизить затраты на трафик и значительно облегчить загрузку изменений.

5. Использовать систему изоляции Docker. Для изоляции выбранного для разработки инструментария с целью корректной работы необходимо использовать средство контейнеризации Docker. Помимо изоляции Docker позволяет быстро разворачивать всю среду разработки. Одно из больших преимуществ средства Docker- это модульность и поддержка идеи “инфраструктура как код”. Конфигурация всей инфраструктуры проекта содержится в файлах конфигурации, что позволяет избежать неоднократное повторение однотипных действий, по настройке инфраструктуры и даёт возможность легко подключать дополнительных разработчиков в проект [4].

6. Быть отказоустойчивым. Для обеспечения отказоустойчивости сервера, после завершения разработки приложения и его отладки, следует перевести приложение на веб-сервер Nginx, ввиду его простоты, скорости и надёжности. Nginx- это сервер, принимающий от пользователей HTTP-запросы и выдающий им HTTP-ответы с HTML-страницей, работающий на Unix-подобных операционных системах [4].

2.2. Требования к аппаратному обеспечению

Для разработки, а в последующем и работы приложения, необходимо иметь выделенный или специализированный компьютер (далее - сервер), с постоянным доступом в интернет и статическим IP адресом. Сервер должен иметь характеристики не ниже [4]:

- Количество ядер процессора – 1.
- Тактовая частота процессора - 2000 МГц.
- Тип оперативной памяти- DDR2.
- Объём оперативной памяти- 512 Мб.
- Скорость сетевого адаптера- 100 Мбит/с.
- Объём жесткого диска- 20 Гб.

2.3. Требования к программному обеспечению

Должны быть задействованы следующие программные средства[4]:

- Операционная система Linux CentOS 7. CentOS 7 - дистрибутив операционной системы Linux с открытым исходным кодом.
- Python3 - высокоуровневый язык программирования. Python ориентирован на повышение читаемости кода и ускорения разработки ПО благодаря минималистическому синтаксису. Плюсом этого языка является наличие большого количества удобных библиотек и подготовленных для разных задач фреймворков (инфраструктур).
- Django- фреймворк с открытым исходным кодом для Web-приложений на языке python. Django имеет множество встроенных функций, которые облегчают и ускоряют разработку Web-приложений.
- СУБД Sqlite3.
- Git - система контроля версий.
- Docker - система контейнеризации.
- Nginx - отказоустойчивый Web-сервер.

3. Результаты

Целью работы являлась разработка программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций, с применением современных технологий, позволяющих систематизировать и сгруппировать данные паспортов безопасности АЭС, а также организация быстрого доступа к информации.

В ходе выполнения работы были разработаны и выполнены:

1. Общие требования к приложению.
2. Требования к аппаратному обеспечению.
3. Требования к программному обеспечению.

Выводы

В дальнейшем необходимо продолжить разработку программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций.

Благодарность

Работа выполнена и опубликована при поддержке РФФИ, гранты 18-07-00225, 18-07-0909, 18-07-01111, 19-07-00445.

Список литературы:

1. Berberova, M.A., NPP risk assessments results dependence study on the composition of the population living around the NPP (on the example of Rostov and Kalinin NPP), GraphiCon 2019 Computer Graphics and Vision. The 29th / M.A Berberova, Zolotarev S.S. // International Conference on Computer Graphics and Vision. Conference Proceedings (2019), Bryansk, Russia, September 23-26, 2019, Vol-2485, urn:nbn:de:0074-2485-1, ISSN 1613-0073, DOI: 10.30987/graphicon-2019-2-285-289, <http://ceur-ws.org/Vol-2485/paper66.pdf>, p. 285-289.
2. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15): [Нормы и правила НП-001-15: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 г. № 522]. - М, 2015. - 74 с.
3. ASN. The nuclear safety and radiation protection situation is of major concern. ASN is remaining vigilant, Press Release, 22 January 2016, see <http://www.french-nuclear-safety.fr/Information/Newsreleases/The-nuclear-safety-and-radiation-protection-situation-is-of-major-concern>, accessed 1 July 2016.
4. Андреев, В.В. Разработка моделей, алгоритмов и программного комплекса для решения задач оценки риска на АЭС при запроектных авариях / В.В. Андреев, М.А. Берберова, О.В. Золотарев, В.В. Чуенко, Е.В. Карпушин, Д.В. Дьячков, А.В. Суворов // Вестник БГТУ, 2020. - С. 43-51. <https://doi.org/10.30987/1999-8775-2020-4-43-51>.

References:

1. Berberova, M.A., NPP risk assessments results dependence study on the composition of the population living around the NPP (on the example of Rostov and Kalinin NPP), GraphiCon 2019 Computer Graphics and Vision. The 29th / M.A Berberova, Zolotarev S.S. // International Conference on Computer Graphics and Vision. Conference Proceedings (2019), Bryansk, Russia, September 23-26, 2019, Vol-2485, urn:nbn:de:0074-2485-1, ISSN 1613-0073, DOI: 10.30987/graphicon-2019-2-285-289, <http://ceur-ws.org/Vol-2485/paper66.pdf>, p. 285-289.
2. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoj energii «Obshchie polozheniya obespecheniya bezopasnosti atomnyh stancij» (NP-001-15): [Normy i pravila NP-001-15: utverzhdeny prikazom Federal'noj sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 17 dekabrya 2015 g. № 522]. - M, 2015. - 74 p.
3. ASN. The nuclear safety and radiation protection situation is of major concern. ASN is remaining vigilant, Press Release, 22 January 2016, see <http://www.french-nuclear-safety.fr/Information/Newsreleases/The-nuclear-safety-and-radiation-protection-situation-is-of-major-concern>, accessed 1 July 2016.
4. Andreev, V.V. Razrabotka modelej, algoritmov i programmno kompleksa dlya resheniya zadach ocenki riska na AES pri zaproektnykh avariayah / V.V. Andreev, M.A. Berberova, O.V. Zolotarev, V.V. CHuenko, E.V. Karpushin, D.V. D'yachkov, A.V. Suvorov // Vestnik BGTU, 2020. - Pp. 43-51. <https://doi.org/10.30987/1999-8775-2020-4-43-51>.

Статья поступила в редколлегию 13.04.2020.

Рецензент: канд. биол. наук, доц.,

Брянский государственный технический университет

Кузьменко А.А.

Статья принята к публикации 25.04.2020.

Сведения об авторах

Берберова Мария Александровна
к.т.н., доцент кафедры информационных технологий и естественно-научных дисциплин АНО ВО «Российский новый университет»

Information about authors:

Berberova Maria Aleksandrovna
PhD, docent, Department of Information Technology and Natural Sciences, Researcher ANO International Nuclear Safety Center (Moscow, Russia), Deputy Director for

(Москва, Россия), научный сотрудник АНО
Международный Центр по ядерной безопасности
(Москва, Россия), заместитель директора по науке
АНО «Научно-исследовательский Центр физико-
технической информатики» (Нижний Новгород,
Россия)
E-mail: maria.berberova@gmail.com

Science ANO «Scientific and Research Center for
Information in Physics and Technique» (Nizhny Novgorod,
Russia)
E-mail: maria.berberova@gmail.com

Чуенко Владислав Васильевич
бакалавр, кафедра информационных систем в
экономике и управлении АНО ВО «Российский
новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: xetyrj22@gmail.com

Chuenko Vladislav Vasilievich
bachelor, Department of Information Systems in Economics
and Management ANO HE «Russian New University»
(Moscow, Russia)
E-mail: xetyrj22@gmail.com

Золотарев Олег Васильевич
К.т.н., доцент, заведующий кафедрой
информационных систем в экономике и
управлении АНО ВО «Российский новый
университет» (Москва, Россия)
E-mail: ol-zolot@yandex.ru

Zolotarev Oleg Vasilievich
Ph.D., Docent, Head of the Department of Information
Systems in Economics and Management ANO HE «Russian
New University» (Moscow, Russia)
E-mail: ol-zolot@yandex.ru

Трефилова Ольга Леонидовна
аспирант, кафедра информационных систем в
экономике и управлении АНО ВО «Российский
новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: olihka08@mail.ru

Trefilova Olga Leonidovna
graduate student, Department of Information Systems in
Economics and Management ANO HE «Russian New
University» (Moscow, Russia)
E-mail: olihka08@mail.ru

Грудев Максим Андреевич
аспирант, кафедра информационных систем в
экономике и управлении АНО ВО «Российский
новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: m.grudev@playhard.agency

Grudev Maksim Andreevich
graduate student, Department of Information Systems in
Economics and Management ANO HE «Russian New
University» (Moscow, Russia)
E-mail: m.grudev@playhard.agency

Аничкин Василий Владимирович
аспирант, кафедра информационных систем в
экономике и управлении АНО ВО «Российский
новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: kykara4a502@mail.ru

Anichkin Vasilii Vladimirovich
graduate student, Department of Information Systems in
Economics and Management ANO HE «Russian New
University» (Moscow, Russia)
E-mail: kykara4a502@mail.ru

Разина Елена Владимировна
аспирант, кафедра информационных систем в
экономике и управлении АНО ВО «Российский
новый университет» (Москва, Россия)
E-mail: s_1_1910@mail.ru

Razina Elena Vladimirovna
graduate student, Department of Information Systems in
Economics and Management ANO HE «Russian New
University» (Moscow, Russia)
E-mail: s_1_1910@mail.ru

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Брянский государственный технический университет"

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: (4832) 56-49-90. E-mail: aim-ru@mail.ru

Вёрстка А.А. Алисов. Корректор К.Ю. Андросов.

Сдано в набор 16.06.2020. Выход в свет 30.06.2020.

Объём 50 Мб. ОЗУ 512 Мб. Internet Explorer, Adobe Reader 5.0 и выше.

