

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



В Е С Т Н И К

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**«ЛУГАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**№ 5(71)
2023**

**Научно-практическая конференция
«КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ – 2023»**

02-05 мая 2023 г.

Луганск 2023

ВЕСТНИК

ЛУГАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

№ 5 (71) 2023

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ОСНОВАН В 2015 ГОДУ
ВХОДИТ В БАЗУ
РИНЦ

ОСНОВАТЕЛЬ
ГОУ ВО ЛНР «ЛУГАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации,
печати и массовых коммуникаций
Серия № ПИ 000170 от 19 января 2021 г.

Свидетельство о государственной регистрации
Издателя, изготовителя и распространителя средства
массовой информации
МИ-СРГ ИД 000003 от 20 ноября 2015г.

Журнал включен в перечень научных изданий ВАК ЛНР (Приказ № 8-ОД от 8.01.19) в котором могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора и кандидата физико-математических, химических, технических, экономических, исторических, философских, филологических, юридических, педагогических, психологических, социологических наук.

ISSN 2522-4905

Главная редакционная коллегия :

Рябичев В.Д., докт. техн. наук, (главный редактор),
Гутько Ю.И., докт. техн. наук, (зам. главн. редактора),
Витренко В.А., докт. техн. наук (зам. главн. редактора),
Авершин А.А., канд. психол. наук,
Андрійчук Н.Д., докт. техн. наук,
Атоян А.И., докт. филос. наук,
Белых А.С., докт. пед. наук,
Бельдюгин В.А., канд. ист. наук,
Болдырев К.А., докт. экон. наук,
Будиков Л.Я., докт. техн. наук,
Губачева Л.А., докт. техн. наук,
Дейнека И.Г., докт. техн. наук,
Дрозд Г.Я., докт. техн. наук,
Ерошин С.С., докт. техн. наук,
Замота Т.Н., докт. техн. наук,
Исаев В.Д., докт. филос. наук,
Клименко А.С., докт. филол. наук,
Кривоколыско С.Г., докт. хим. наук,
Крохмалева Е.Г., канд. пед. наук,
Корсунов К.А., докт. техн. наук,
Лазор В.В., докт. юридич. наук,
Лазор Л.И., докт. юридич. наук,
Лустенко А.Ю., докт. филос. наук,

Ляпин В.П., докт. биол. наук,
Максимова Т.С., докт. экон. наук,
Максимов В.В., докт. экон. наук,
Мечетный Ю.Н., докт. мед. наук,
Мирошников В.В., докт. техн. наук,
Мортиков В.В., докт. экон. наук,
Нечаев Г.И., докт. техн. наук,
Панайотов К.К., канд. техн. наук,
Родионов А.В., докт. экон. наук,
Рябичева Л.А., докт. техн. наук,
Салита С.В., докт. экон. наук,
Санжаров С.Н., докт. ист. наук,
Свиридова Н.Д., докт. экон. наук,
Семин Д.А., докт. техн. наук,
Скляр П.П., докт. психол. наук,
Тарарычкин И.А., докт. техн. наук,
Тисунова В.Н., докт. экон. наук,
Утутов Н.Л., докт. техн. наук,
Фесенко Ю.П., докт. филол. наук,
Харьковский Р.Г., канд. ист. наук,
Шамшина И.И., докт. юридич. наук,
Шелото В.М., докт. филос. наук,
Яковенко В.В., докт. техн. наук

Ответственный за выпуск: Малкин В.Ю.

Рекомендовано в печать Ученым советом Луганского государственного университета имени Владимира Даля.
(Протокол № 1 от 4.10.2022 г.)

Материалы номера печатаются на языке оригинала.

VESTNIK

LUGANSK
VLADIMIR DAHL
STATE UNIVERSITY

№ 5 (71) 2023

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 2015
INCLUDED INTO THE BASE OF
RISC

FOUNDER
SEE HT LPR
«LUGANSK VLADIMIR DAHL
STATE UNIVERSITY»

Journal is registered by the Ministry of Information,
Publishing and Mass Communications
Series № PI 000170 of January, 19 2021

State Registration Certificate of Publisher, Producer
and Distributor of means of mass information

MI-SRG ID 000003 of November, 20 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ В ОРГАНАХ ПРОКУРАТУРЫ ЛНР В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ НОВЫХ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Акулич А.В., Мороз А.С. -----	12
ГАРАНТИИ НЕЗАВИСИМОСТИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВО ВНЕСЛУЖЕБНОМ ПОВЕДЕНИИ ПРОКУРОРСКИХ РАБОТНИКОВ В НОВЫХ СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Акулич А.В. -----	15
СТАНОВЛЕНИЕ РОМАНО-ГЕРМАНСКОЙ ПРАВОВОЙ СИСТЕМЫ: ТЕОРЕТИКО-ПРАВОВОЙ АСПЕКТ Баркалов Р.С., Машуков Р.А. -----	18
СОСТАВЛЕНИЕ И СООТВЕТСТВИЕ ПЛАНА ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ Бугай Ю.И., Приходько В.П. -----	21
ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ЭКОНОМИЮ БЮДЖЕТНЫХ СРЕДСТВ В МИНИСТЕРСТВЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ Бугай Ю.И., Иванкин М.А. -----	25
ОПТИМИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ Гусенцова Я. А., Павленко А.Т., Бугаенко В.В., Высоцкая Н.Д. -----	28
ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГОРЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА Гусенцова Я.А., Красногрудов А.В., Понамаренко А.Н. -----	32
РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ И РАЗРАБОТКА МЕР ПО МИНИМИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ Денисенко И.А., Пономарёв А.А., Денисенко А.И. -----	36
ОСОБЕННОСТИ МАРКЕТИНГА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ Денисенко И.А., Пономарёв А.А., Денисенко Е.Г. -----	40
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО РЫНКА (на примере ЛНР) Бондарчук А.В., Дерюгина Е.Ю. -----	47
ПОВЫШЕНИЕ БАРЬЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГНЕСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИСТИРОЛА ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ В КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ Жданова М.Н., Жданов С.А., Малкин В.Ю. -----	51
ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ Бондарчук А.В., Дунай Н.А., Журавлева Н.В. -----	59

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПЛАНИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ СУБЪЕКТОВ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ Иванкин М.А., Кукушкин В.П. -----	63
КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ АВАРИЙНО -ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫЕ ВЕЩЕСТВА Киричевский Р.В., Назаренко Б.В., Трищенко С.Н. -----	70
ЮРИДИЧЕСКИЙ СОСТАВ КАК ОСНОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГРАЖДАНСКИХ ПРАВООТНОШЕНИЙ Кишкинова И.А., Машуков Р.А. -----	74
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ АВТОМОБИЛЕЙ ЗА 2017-2021 гг. Кобылинская Е.Ю., Кобылинский А.Ю. -----	77
ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ, ЭЭГ КОРРЕЛЯТЫ, КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В РЕАБИЛИТАЦИИ ХРОНИЧЕСКИХ СТРЕССОВЫХ РАССТРОЙСТВ Корчиков С.Д. -----	80
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМЕ «ЗЕМЛЯ»: КОЭВОЛЮЦИОННАЯ ПЕРСПЕКТИВА Кравцова О.А., Павленко А.Т., Малкин В.Ю. -----	83
БЕЗОПАСНАЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И СОВРЕМЕННЫЕ МОБИЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ КОНТРОЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЯ Кратинова И.П., Курах Ю.А., Додонова О.В. -----	86
ИСТОРИЧЕСКИЕ КОРНИ И СУЩНОСТЬ ТЕРРОРИЗМА Кулида С.С., Шиман И.А. -----	91
ГЕНЕЗИС КВАЛИФИКАЦИИ ПРЕСТУПЛЕНИЙ ТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ В РОССИЙСКОЙ ИМПЕРИИ И СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ Кулида С.С. -----	98
УСЛОВИЯ ПОДГОТОВКИ ПАРАШЮТИСТОВ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ Лисицкая О.А., Орешкин М.В., Хамутовская Ю.П. -----	103
О ГЕНДЕРНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИИ ВНД СТУДЕНТОВ ЛГАУ В ТЕЧЕНИЕ РАБОЧЕЙ НЕДЕЛИ Лысенко С.Г., Жижкина Н.А., Гайда А.С., Щепкин А.А. -----	106
ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ НА ПОЖАРЕ Малкин В.Ю., Павленко А.Т., Кравцова О.А., Гришко Д.М. -----	111
ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕГАЛЬНОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОЛНОМОЧИЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЯ ПО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВУ РФ Малкин Н.В., Машуков Р.А. -----	113
ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ НОРМЫ ПРАВА Машуков Р.А. -----	117

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ МЕТДОВ АРТ-ТЕРАПИИ В КОРРЕКЦИОННО - РАЗВИВАЮЩЕЙ РАБОТЕ С ДЕТЬМИ С ДЦП Мечетный Ю.Н., Курах Ю.А. -----	121
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТА-РЕАБИЛИТОЛОГА. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ Мечетный Ю.Н., Кратина И.П., Курах Ю.А. -----	127
РАЗРАБОТКА И СОДЕРЖАНИЕ ПЛАНА ДЕЙСТВИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО И ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА Михайлов Д.В., Кукушкин В.П. -----	131
ВЛИЯНИЕ СЦЕНАРИЯ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА НА МЕСТА РАЗМЕЩЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ Михайлов Д.В., Киричевский Р.В., Трищенко С.Н. -----	137
ОБЗОР БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДЕН САМОЛЕТНОГО ТИПА РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА Остапушенко Д.Л., Харченко И.В., Каменев С.А. -----	140
ОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ Павленко А.Т., Красногрудов А.В., Кравцова О.А., Коваленко В.А. -----	144
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ДИФFUЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ Павленко А.Т., Максюк И.К., Кравцова О.А. -----	147
ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТИТУТА ЮРИДИЧЕСКИХ ФАКТОВ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СУДЕБНОЙ ПРАКТИКЕ В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ НОВЫХ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Пампура А.В., Машуков Р.А. -----	151
ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ Родыгина М.М., Рожков И.Н., Максюк И.К. -----	155
АПРОБАЦИЯ ПРОГРАММЫ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ХИМИОТЕРАПИИ ПРИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ЖЕНСКОЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ Скнарина Е.Ю., Бахматская О.Н. -----	159
ГЛОБАЛЬНЫЙ ПОИСК В УПРАВЛЕНИИ ОБЪЕКТАМИ ТЕХНОСФЕРЫ Скринникова А.В., Киричевский А.Р. -----	163
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ УГЛОВ ПОЛНЫХ СДВИЖЕНИЙ ПОДРАБАТЫВАЕМОЙ УГЛЕПОРОДНОЙ ТОЛЩИ Филатьев М.В., Фурсова О.А. -----	167
ПАРАМЕТРЫ МУЛЬД ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АКТИВИЗАЦИИ СДВИЖЕНИЯ ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ПОРОД Филатьева Э.Н., Голдованский А.В., Щербак В.Н. -----	172

УДК 519.22 : 614.0.06

ГЛОБАЛЬНЫЙ ПОИСК В УПРАВЛЕНИИ ОБЪЕКТАМИ ТЕХНОСФЕРЫ

Скринникова А.В., Киричевский А.Р.

GLOBAL SEARCH IN THE MANAGEMENT OF TECHNOSPHERE OBJECTS

Skrinnikova A.V., Kirichevsky A.R.

Одной из ключевых задач государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций является обеспечение готовности к действиям органов управления, сил и средств, предназначенных и выделяемых для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, однако, в некоторых случаях выделяемые силы и средства предоставляются в недостаточном или избыточном объемах. Это происходит ввиду неточных расчетов из-за сложности, неопределенности многих учитываемых и/или неучтенных параметров в сложившейся ситуации. В системах поддержки принятия решений по ликвидации чрезвычайных ситуаций в настоящее время применяется большое количество оптимизационных алгоритмов: генетических, меметических, эвристических, мета-эвристических, имитации отжига и др. Целью работы является обзор некоторых простейших статистических алгоритмов поиска глобальных экстремумов.

Ключевые слова: техногенная ситуация, задача оптимизации, алгоритм глобального поиска.

Введение. Задачи оптимизации, решаемые при управлении сложными техническими и/или природными объектами, отличаются значительной сложностью, обусловленной в частности невозможностью применения детерминированных методов при моделировании сложных процессов. Еще одним фактором является сложность, а в некоторых случаях – невозможность, анализа применяемых целевых функций на наличие нескольких экстремумов, или даже наличие некой области экстремума. Невозможность указания универсального алгоритма поиска для всего круга решаемых задач также существенно усложняет задачу. Некоторые методы глобального поиска экстремума, однако, лучше зарекомендовали себя в сравнении с другими [1-4]. И в то же время одни и те же алгоритмы могут использоваться для нахождения экстремальных параметров распространения АХОВ в случае их утечки (глубины и угла зоны поражения АХОВ), для поиска оптимальной механической характеристики электропривода передвижения в режиме электродинамического торможения и для управления эффективностью системы ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Одним из самых простых и естественных

приемов при отыскании глобального экстремума является использование случайных начальных условий в комбинации с локальным поиском. Такой глобальный поиск является статистическим расширением локального метода поиска. При оптимизации этим методом поиск производится любым из локальных методов, но каждый раз из случайно выбранных начальных состояний. Локальный минимум – результат каждого локального этапа, запоминается и сравнивается с локальными минимумами последующих этапов, из которых и выбирается наименьший из локальных минимумов – глобальный минимум. Такой алгоритм глобального поиска является, по сути дела, алгоритмом случайного перебора локальных минимумов и применим лишь при их небольшом числе. В случае же, если глобальный экстремум лежит на дне «оврага», когда не работают локальные методы поиска, этот метод уже неприменим.

Целью работы является обзор некоторых простейших алгоритмов поиска глобальных экстремумов.

Изложение основных материалов. Одним из простейших «независимых» алгоритмов глобального поиска является случайный перебор, который на каждом шаге сводится к случайному определению состояния X_i , вычислению критерия качества в этом состоянии $Q(X_i)$ и сопоставлению полученного значения с хранимым в памяти Q_{i-1}^0 .

Если $Q(X_i) \geq Q_{i-1}^0$, то производится очередной случайный эксперимент, а если $Q(X_i) < Q_{i-1}^0$, то запоминается новое значение показателя качества и состояние X_i , которое обеспечивает это снижение функции качества, после чего делается очередная случайная проба в соответствии с заданной в пространстве параметров плотности распределения проб. Алгоритм этого поиска может быть записан в виде следующей рекуррентной формулы для содержимого памяти:

$$X_{i-1}^0 = \begin{cases} X_{i-1}^0, & \text{если } Q(X_i) \geq Q_{i-1}^0, \\ X_i, & \text{если } Q(X_i) \leq Q_{i-1}^0, \end{cases}$$

$$Q_i^0 = \begin{cases} Q_{i-1}^0, & \text{если } Q(X_i) \geq Q_{i-1}^0 \\ Q(X_i), & \text{если } Q(X_i) < Q_{i-1}^0 \end{cases}, \quad (1)$$

где X_i – i -е случайное состояние, выбранное в соответствии с заданной плотностью распределения $p(X)$, X_i , $Q_i^0 = Q(X_i^0)$ – содержимое памяти на i -м шаге поиска.

Этот алгоритм гарантирует отыскание глобального экстремума при достаточно разумно определенной плотности распределения $p(X)$. Действительно, в силу случайного характера поиска когда-нибудь будет выбрано состояние, достаточно близкое к глобальному экстремуму.

Однако для решения практических задач указанным способом необходимо огромное число проб (опытов), которое далеко не всегда удается реализовать. Поэтому рассмотренный метод глобального поиска имеет весьма ограниченное применение.

Это обстоятельство заставило обратиться к изменению плотности распределения проб с тем, чтобы повысить вероятность случайного отыскания состояния, близкого к глобальному экстремуму. Такая адаптация распределения проб позволяет значительно повысить эффективность поиска.

Опишем некоторые из этих алгоритмов.

1. Пусть область поиска сначала представляет собой гиперпараллелепипед:

$$a_{i1}^{(1)} \leq x_i \leq a_{i2}^{(1)}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

а исходная плотность распределения $p_1(X)$ равномерна по всему объему $V_1 = \prod_{i=1}^n (a_{i1}^{(1)} - a_{i2}^{(1)})$ этого параллелепипеда, т. е. $p_1(X) = 1/V_1$ для $X \in V_1$ и $p_1(X) = 0$ для $X \notin V_1$.

Разделим процесс поиска на k этапов, каждый из которых состоит из N_j проб ($j = 1, 2, 3, \dots, k$). На каждом этапе будем определять состояние, соответствующее наименьшему значению показателя качества, так как это делалось выше в алгоритме случайного перебора.

Пусть после первого этапа минимальное значение показателя качества соответствовало состоянию $X_{m_1} = (x_1^{(m_1)}, \dots, x_n^{(m_1)})$, т. е. имело место соотношение

$$Q(X_{m_1}) = \min_{i=1, \dots, N} \{Q(X_i)\}. \quad (3)$$

На втором этапе пробы делаются в подобном параллелепипеде с центром в точке X_{m_1} , но каждая сторона, которого уменьшена в $c > 1$ раз по

сравнению с исходным, т. е.

$$a_{i1}^{(2)} \leq x_i \leq a_{i2}^{(2)}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

При этом пробы X должны удовлетворять неравенствам обоих этапов (2) и (4), т. е. плотность распределения проб на втором этапе имеет вид

$$p_2(X) \leq \frac{c^n}{V_1}. \quad (5)$$

Как видно, плотность увеличилась не менее чем в c^n раз. Распределив на втором этапе N_2 испытаний, определяют состояние X_{m_2} , соответствующее наименьшему значению показателя качества и аналогично переходят к следующему этапу.

На j -м этапе поиска плотность распределения проб равна

$$p_j(X) \leq \frac{c^{jn}}{V_1}, \quad (6)$$

а зона поиска определяется соотношением

$$a_{i1}^{(k)} \leq x_i \leq a_{i2}^{(k)}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, n,$$

где

$$a_{i1, i2}^{(k)} = x_i^{(m_{k-1})} \pm \frac{1}{2c} (a_{i1}^{(k-1)} - a_{i2}^{(k-1)}), \quad (7)$$

$x_i^{(m_{k-1})}$ – координаты наилучшей точки на $(k-1)$ -м этапе.

Из этих выражений следует, что на каждом этапе происходит уточнение результата, полученного на предыдущем этапе. Такой поиск обеспечивает отыскание глобального экстремума с высокой точностью при одном существенном условии: глобальный экстремум X^* не должен быть утерян в описанном процессе сужения зоны поиска (7). Однако вероятность «утери» глобального экстремума возрастает с каждым этапом и зависит от числа проб на этапе N_j . Если с целью понижения этой вероятности значительно увеличивать число проб, то придется ограничиться одним этапом, т. е. поиск вырождается в случайный перебор.

Как видно, адаптивность этого метода получена за счет повышения риска утери глобального экстремума. Это обстоятельство характерно для всех адаптивных методов глобального поиска. Именно поэтому, по-видимому, нельзя ставить адаптивную задачу на определение глобального экстремума (эту задачу решает лишь случайный перебор при; $N \rightarrow \infty$). Следует отыскивать состояние, показатель качества которого достаточно близок к значению показателя в глобальном экстремуме. Именно задачу и решают адаптивные методы глобального поиска.

2. Распределение проб $p(X)$ в ряде случаев целесообразно делать не равномерным, а нормальным с центром в наилучшей точке предыдущего этапа. В этом случае алгоритм поиска

формулируется в следующем виде.

Случайные пробы определяются n -мерным нормальным законом распределения:

$$p(X) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} \sigma_i^n} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_i^2} |X - X_i^0|^2\right\}. \quad (8)$$

В памяти алгоритма на каждом шаге хранятся X_i^0, Q_i^0 и σ_i , которые изменяются следующим образом. Рекуррентные формулы для X_i^0 и Q_i^0 сохраняют вид (1), а σ_i среднее квадратичное отклонение, изменяется в соответствии с правилом

$$\sigma_i = \begin{cases} \sigma_0, & \text{если } Q(X_i) < Q_{i-1}^0 \\ \sigma_{i-1} - f(\sigma_{i-1}), & \text{если } Q(X_i) \geq Q_{i-1}^0 \end{cases}, \quad (9)$$

где σ_0^2 – исходная дисперсия, $f(\sigma_i)$ – функция, определяющая уменьшение σ_i .

Алгоритм работает следующим образом. Случайные пробы производятся в соответствии с нормальным распределением (8), математическое ожидание которого соответствует наилучшей пробе из всех предыдущих, а дисперсия уменьшается при неудачных пробах и увеличивается до σ_0^2 при удачных. Уменьшение дисперсии в данном случае связано с необходимостью уточнения найденного локального экстремума, а увеличение – с необходимостью изучения новой ситуации для отыскания наилучшей точки.

Этот алгоритм также может не найти глобальный экстремум за конечное число шагов. Однако он более «осторожен», и в виду того, что нормальный закон имеет бесконечные «хвосты», не исключает принципиально отыскания глобального экстремума при $N \rightarrow \infty$ и соответствующем выборе функции $f(\sigma)$.

При наличии случайных помех, накладывающихся на функцию качества, задача отыскания глобального экстремума значительно усложняется. Для определения показателя качества на каждой пробе, следует обратиться к накоплению, которое позволяет уменьшить дисперсию помехи в $\nu(i)$ раз, где $\nu(i)$ – число повторенных некоррелированных определений показателя качества $Q^i(X_i)$ на i -й пробе X . Доказано (8), что всегда можно выбрать такой закон изменения $\nu(i)$ при условии

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \nu(i) = \infty, \quad (10)$$

для которого при $N \rightarrow \infty$ отыскание глобального экстремума определенного класса объектов происходит с единичной вероятностью. В данном случае предполагалось что $f(\sigma) = 0$, т.е. дисперсия плотности распределения проб не адаптируется.

Рассмотренные выше методы глобального поиска имеют асимптотический характер, т.е.

предполагают, что (хотя бы в принципе) возможно сделать сколь угодно много испытаний, т.е. можно считать $N \rightarrow \infty$. Однако в практических расчетах, когда каждая проба, т.е. каждое определение показателя качества $Q(X)$ требует затрат, число экспериментов N всегда ограничено $N \leq N_{\max}$. Поэтому естественно при определении стратегии поиска учитывать значение N_{\max} , которое существенно влияет на процесс поиска. Таким образом, нужно получить наибольший эффект за $N \leq N_{\max}$ пробных шагов. Такой статистический подход к процессу отыскания глобального экстремума требует некоторых дополнительных сведений об объекте оптимизации.

3. Для широкого класса достаточно сложных многоэкстремальных объектов оптимизации удается построить закон распределения значения показателя качества $Q(X)$ в предположении, что состояния X выбираются по равномерному закону распределения во всей области поиска. Так, если функцию качества можно представить в виде

$$Q(X) = \sum_{i=1}^m f_i(X), \quad (11)$$

где функции $f_i(X)$ слабо связаны, то при большом числе переменных в соответствии с предельными теоремами теории вероятностей величина Q распределена по нормальному закону.

Так или иначе, но предполагается, что закон распределения $p(Q/A)$ известен с точностью до ряда параметров $A = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$ этого распределения (например, для нормального распределения необходимо знать два параметра – математическое ожидание и дисперсию). Это обстоятельство позволяет построить следующую процедуру глобального поиска.

Разобьем всю область поиска на S подобластей и выясним, в которой из них выгоднее всего размещать заданное число испытаний N для определения состояния, где показатель качества принимает наименьшее значение. В качестве критерия выбора подобласти естественно принять математическое ожидание M нижнего выборочного значения $Q(X)$, соответствующего заданному числу испытаний N в этой подобласти.

Оценка неизвестного значения M для каждой подобласти требует некоторого числа пробных испытаний L , которые нужны для оценки параметров A_i , ($i = 1, 2, \dots, s$) распределения Q в каждой подобласти. Располагая этими оценками, можно определить математическое ожидание M_i , наименьшего значения Q при распределении в каждой области заданного числа испытаний N . Необходимо, израсходовав минимальное число пробных испытаний L , найти подобласть, отвечающую с вероятностью не меньше заданной, наименьшему значению M . Выбранная таким

образом подобласть принимается в качестве исходной и т. д.

Выводы. Процесс поиска, таким образом, сводится к определению наиболее перспективной подобласти, которая либо разбивается далее на последующие подобласти, либо в ней распределяются все оставшиеся испытания. Как видно, оптимальный поиск требует оптимального разбиения всего запаса экспериментов на «разведку», позволяющую определить наиболее выгодную подобласть и оставшуюся часть испытаний, которая распределяется равномерно в выбранной подобласти. Представленные алгоритмы могут быть применены в системах поддержки принятия решений по ликвидации техногенных ситуаций.

Литература

1. Баркалов К.А., Лебедев И.Г., Кольтюшкина Я.В. Решение трудоемких задач многомерной глобальной оптимизации с использованием набора инструментов INTEL ONEAPI // Суперкомпьютерные дни в России. Труды международной конференции. Москва, 2022. – С. 98-106.
2. Пантелеев А.В. Метаэвристические алгоритмы оптимизации законов управления динамическими системами. М.: Факториал, 2020. – 564 с.
3. Подиновский В.В. Многокритериальные задачи принятия решений: теория и методы анализа : учебник для вузов. М. : Издательство Юрайт, 2023. – 486 с.
4. Стронгин Р.Г., Гергель В.П., Баркалов К.А. Адаптивная глобальная оптимизация на основе блочно-рекурсивной схемы редукции размерности // Автоматика и телемеханика. 2020. № 8. – С. 136-148.

Skrinnikova A.V., Kirichevsky A.R.

GLOBAL SEARCH IN THE MANAGEMENT OF TECHNOSPHERE OBJECTS

One of the key tasks the state system of prevention and liquidation of emergency situations is to ensure the readiness

for action of management bodies, forces and means intended and allocated for the prevention and liquidation of emergency situations. However, in some cases, the allocated forces and means are provided in insufficient or excessive amounts. This is due to inaccurate calculations due to the complexity, uncertainty of many taken into account and/or unaccounted for parameters in the current situation. A large number of optimization algorithms are currently used in decision support systems for emergency response: genetic, memetic, heuristic, meta-heuristic, simulated annealing, etc. The purpose of this work is to review some of the simplest statistical algorithms for searching for global extremes.

Keywords: *technogenic situation, optimization problem, global search algorithm.*

Скринникова Анна Владимировна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры фундаментальной математики, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск
E-mail: ann3005@rambler.ru

Skrinnikova Anna Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of the Department of Fundamental Mathematics, State Educational Institution of Higher Education of the Lugansk People's Republic "Lugansk State Pedagogical University", Lugansk

Киричевский Алексей Ростиславович, старший преподаватель школы робототехники, г. Ростов-на-Дону.
E-mail: 03kamael30@mail.ru

Kirichevsky Aleksey Rostislavovich, Senior lecturer the Robotics School, Rostov-on-Don.

Рецензент: Гусенцова Яна Алимовна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности, Институт гражданской защиты ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 15.04.2023

ВЕСТНИК: НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»
№ 5 (71) 2023

Оригинал-макет

Коломиец-Кириллова Е.А.

Подписано к печати 03.05.2023.
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Times
Условных печатных стр. 43,53. Тираж 100 экз. Изд. № 01379.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
Луганского государственного университета
имени Владимира Даля

Свидетельство о регистрации серия МИ-СГР ИД 000003 от 20.11.2015 г.

Адрес издательства: 291034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20,а.
Тел.: 7(959) 138-34-80

E-mail: izdat.lguv.dal@gmail.com

http://izdat.dahluniver.ru/