

Министерство образования и науки Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)  
Физико-технический факультет  
Кафедра механики деформируемого твердого тела

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК  
Руководитель ООП  
д-р.физ.-мат. наук, профессор

  
В.А. Скрипняк  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**  
**МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ**  
**АРМИРОВАНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТА**

по основной образовательной программе подготовки бакалавров  
направление подготовки 15.03.03 – Прикладная механика

Васькина Алена Эмильевна

Руководитель ВКР  
к.физ.-мат. наук, доцент

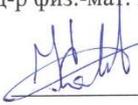
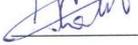
  
Ю.Н. Сидоренко  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор работы  
студент группы №10303

  
А.Э. Васькина

Томск-2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)  
Физико-технический факультет  
Кафедра механики деформируемого твердого тела

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель ООП,  
зав. кафедрой МДТТ,  
д-р физ.-мат. наук, профессор  
 В.А. Скрипняк/  
 А.А. Козулин  
« 1 » сентября 2016 г.

**ЗАДАНИЕ**  
На выпускную квалификационную работу бакалавра ФТФ  
студента группы 10303

Васькиной А.Э.

**Тема работы:** Методика решения задачи оптимального выбора параметров армирования и механических свойств композита.

**Научный руководитель:** доцент, к.ф.-м.н., Сидоренко Ю.Н.

**Срок сдачи квалификационной работы**

на кафедре « 14 » сентя 2017 г.

в ГЭК « 16 » сентя 2017 г.

**Содержание работы и сроки исполнения:**

№	Название раздела работы	Срок выполнения
1.	Изучение литературы по кластерному анализу	Сентябрь 2016
2.	Подготовка к проведению компьютерных экспериментов.	Октябрь 2016
3.	Тестирование программного обеспечения.	Ноябрь – декабрь 2016
4.	Проведение экспериментов по нахождению оптимального сочетания свойств КМ	Январь – февраль 2017
5.	Анализ полученных результатов	Март – апрель 2017
6.	Написание дипломной работы	Май 2017

**Рекомендуемая литература:**

1. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика.-М: Юнити-Дана, 2004.-573с.
2. Немировский А. С., Юдин Д. Б. Сложность задач и эффективность методов оптимизации. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. - 384 с.
3. Воронцов К.В. Алгоритмы кластеризации и многомерного шкалирования. Курс лекций. МГУ, 2007

Руководитель работы



доцент, к.ф.-м.н., Сидоренко Ю.Н.

Задание приняла к исполнению



Васькина А.Э.

« 1 » сентября 2016 г.

## АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является разработка методики численного решения задачи выбора оптимального сочетания параметров армирования КМ и механических характеристик его компонентов. Актуальность данного исследования определяется наличием ряда важных прикладных задач, при решении которых требуется анализировать большие объемы разнородных сложноорганизованных данных таких, как подбор наиболее подходящих для решения данной задачи характеристик материала.

Для достижения этой цели в работе предлагается для более полного описания структуры армирования КМ учитывать степень её однородности.

Задача решается с использованием генетического алгоритма. При решении задачи оптимизации полимодальной функции с использованием генетических алгоритмов в качестве оценки сходимости метода предлагается использование критерия, основанного на анализе кластерной структуры популяции.

На двумерных геометрических моделях стохастически армированных композитов исследована зависимость сложности от размеров моделируемого объема при постоянном объемном соотношении компонентов. Вероятность образования каркасов не изменяется от рассматриваемого объема материала, таким образом можно применять для любых объемов. Исследование зависимости сложности от концентрации вещества показывает, что зависимость увеличивается с ростом концентрации, связь нелинейна, является возрастающей функцией. Получено, что выбор оптимального наполнения не зависит от выбора армирующих элементов.

Структура работы представлена введением, тремя разделами, списком литературы и одним приложением. Общее количество страниц выпускной квалификационной работы – 41. Список литературы составляет 18 наименований.

## ABSTRACT

The purpose of this work is to develop a methodology for the numerical solution of the problem of choosing the optimal combination of parameters for the reinforcement of CM and the mechanical characteristics of its components. The relevance of this study was determined by the presence of a number of important applied problems, in the solution of which it is required to analyze large volumes of heterogeneous complex data, such as the selection of the most suitable material characteristics for the solution of this problem.

To achieve this goal, it was proposed to take into account the degree of its uniformity for a more complete description of the structure of the CM reinforcement.

The problem was solved using a genetic algorithm. When solving the task of optimizing a multimodal function using genetic algorithms, it is proposed to use the criterion based on the analysis of the cluster structure of the population as an estimate of the convergence of the method.

On two-dimensional geometric models of stochastically reinforced composites, the dependence of complexity on the size of the simulated volume was studied at a constant volume ratio of the components. The probability of the formation of carcasses does not vary from the volume of material in question, so it can be used for any volumes. Investigation of the dependence of complexity on the concentration of matter shows that the dependence increases with increasing concentration, the bond is nonlinear, is an increasing function. It was obtained that the choice of optimal filling does not depend on the choice of reinforcing elements.

The structure of the work is represented by an introduction, three sections, a list of literature and one appendix. The total number of pages of the final qualifying work is 41. The list of literature has 18 titles.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>6</b>
<b>1. ФИЗИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА</b> .....	<b>15</b>
<b>2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАСТЕРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ</b> <b>АРМИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2 ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ АРМИРОВАНИЯ КМ</b> .....	<b>18</b>
<b>3. МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ</b> <b>СТРУКТУРЫ</b> .....	<b>21</b>
<b>4. РЕЗУЛЬТАТЫ</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1 ЗАВИСИМОСТЬ СЛОЖНОСТИ СТРУКТУРЫ АРМИРОВАНИЯ ОТ</b> <b>РАЗМЕРОВ МОДЕЛИРУЕМОГО ОБЪЕМА</b> .....	<b>25</b>
<b>4.2 ЗАВИСИМОСТЬ СЛОЖНОСТИ СТРУКТУРЫ АРМИРОВАНИЯ ОТ</b> <b>ОБЪЕМНОГО СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ</b> .....	<b>26</b>
<b>4.3 ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ОБЪЕМНОГО СОДЕРЖАНИЯ</b> <b>АРМИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ КОМПОЗИТА ПРИ РАЗНЫХ</b> <b>СОСТАВАХ</b> .....	<b>28</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>32</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>34</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b> .....	<b>36</b>

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день композиционные материалы (КМ) все более активно используются при создании новой техники. Это связано с тем, что технологии производства таких материалов позволяют управлять их свойствами, что дает возможность получать материалы наилучшим образом приспособленных для конкретных условий их применения. При этом одной из главных проблем является подбор оптимального сочетания физико-математических характеристик компонентов и параметров структуры армирования композита. Реальная структура КМ практически всегда является стохастической. В ней элементы армирования могут располагаться на различных расстояниях друг от друга, образуя при этом группы, цепочки и другие структурные образования, которые можно назвать каркасами.

Композиционный материал (композит, от латинского *compositio* - составление) - представляет собой, сложную многокомпонентную искусственную структуру, состоящую из матрицы (связующего) и армирующего наполнителя, с четко разделяющей их границей, при этом полученный материал характеризуется свойствами, которых нет ни у одного, взятого в отдельности, используемого компонента и использует преимущества каждого из них.

Матрица - это компонент, непрерывный во всем объеме конструкционного материала.

Арматура или армирующий элемент - это прерывистый, разъединенный в объеме композиции материал. Термин «армирующий» означает «введенный в материал с целью изменения его свойств» (не обязательно «упрочняющий»).

Армирующие компоненты обеспечивают необходимые механические характеристики материала, а матрица как связующее вещество, обеспечивает их совместную работу, объединяя прочностные свойства обоих компонентов, а также их защиту от механических повреждений и агрессивных сред. Путем

подбора состава и свойств наполнителя и матрицы, их соотношения, ориентации наполнителя, можно получить материал с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических характеристик.

Структура – совокупность устойчивых связей объекта (строительного материала), обеспечивающих его целостность, то есть сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях. Под структурой понимают также определённую взаимосвязь, взаиморасположение составных частей; строение, устройство чего-либо. В этом случае структуру классифицируют по масштабу (например, микро- и макроструктуры) и типу (ячеистые, волокнистые, поризованные и др.). Структурообразование – процесс формирования структуры материала, происходящий в период всего его жизненного цикла (до момента критического снижения показателей качества). Начальное формирование структуры определяется физико-химическими и гидродинамическими процессами: смачиванием поверхности дисперсных фаз, перемещением частиц при перемешивании компонентов. В этот период внешняя энергия, затрачиваемая на получение структуры с заданными параметрами, значительно преобладает над энергией, выделяющейся при смачивании компонентов; использование потенциальной энергии, запасённой в компонентах материала, минимально. Одновременно инициируется процесс преобразования вяжущего вещества; как правило, этот процесс имеет химическую природу (например, гидратация минеральных вяжущих, полимеризация или поликонденсация синтетических смол и др.) Очень велика важность влияния структуры на свойства КМ. В связи с этим необходимо уметь решать задачи оптимального выбора структуры композита[1].

Для подбора наиболее подходящих характеристик материала используются задачи оптимизации. Задачи оптимизации решаются в некоем пространстве поиска, которые можно определить, назначив каждый из наиболее важных параметров как направление координатной оси, получаем поле, каждая точка которого соответствует данному набору характеристик.

Задача оптимизации состоит в том, чтобы найти такую точку, параметры которой будут удовлетворять нашим требованиям[2].

Актуальность данного исследования определяется наличием ряда важных прикладных задач, при решении которых требуется анализировать большие объемы разнородных сложноорганизованных данных, таких как подбор наиболее подходящих для решения данной задачи характеристик материала. При этом объем и сложность структуры таких данных часто не позволяют эффективно применять средства анализа, основанные на методах статистического анализа и информационного поиска, что определяет необходимость и важность применения средств интеллектуального анализа данных, основанных на методах машинного обучения и искусственного интеллекта.

Для решения задачи оптимизации известно множество методов: метод золотого сечения, метод Фурье, метод релаксации, метод сканирования. Их главной проблемой является возможность работать только с аналитически заданными функциями. В то время, как задачи оптимизации материалов часто описываются функциями, которые не имеют аналитической формулировки. Более того, задачи механики композиционных материалов являются сложными, для оценки их свойств необходимы экспериментальные данные, что предполагает лишние затраты и усложняет применение традиционных методов. Для решения вышеперечисленных задач оптимизации композиционных материалов может быть эффективен такой класс подходов, известных как генетические алгоритмы.

ГА хорошо работают как с аналитическими, так и неаналитическими функциями. Для работы алгоритма требуются только значения функции, что также является достоинством метода и позволяет его применять для решения реальных задач оптимизации материалов, так как алгоритм позволяет вычислить значения функции для отдельных сочетаний параметров (то есть в отдельных точках). Важнейшим минусом применения этого метода является невозможность предварительной оценки числа итераций для достижения

сходимости до окончания процесса. В связи с этим, целью работы является разработка методики оценки сходимости генетических алгоритмов при решении задач оптимизации.

Родителем современной теории генетических алгоритмов (ГА) считается Холланд (J.Holland), чья работа «Adaptation in Natural and Artificial Systems» (1975), стала классикой в этой области. В ней Холланд впервые ввел такой термин как «генетический алгоритм». Сейчас описанный там алгоритм называют «классический ГА» (иногда «канонический ГА», canonicalGA), а понятие «генетические алгоритмы» стало очень широким, и зачастую к ним относятся алгоритмы, сильно отличающиеся от классического ГА [3].

Ученики Холланда Кеннет Де Йонг (KennethDeJong) и Дэвид Голдберг (David E. Goldberg) внесли огромный вклад в развитие ГА. На книгу Голдберга «Genetic algorithms in search optimization and machine learning» (1989), ссылаются авторы практически каждой работы по этой теме.

Как уже было сказано выше, генетические алгоритмы работают по аналогии с природой. Они оперируют с совокупностью «особей», представляющих собой строки, каждая из которых кодирует одно из решений задачи. Приспособленность особи оценивается с помощью специальной функции. Наиболее приспособленные получают шанс скрещиваться и давать потомство. Наихудшие особи удаляются и не дают потомства. Таким образом, приспособленность нового поколения в среднем выше предыдущего.

приспособленности особей [4]. Она должна принимать неотрицательные значения, а область определения параметров должна быть ограничена.

Если требуется найти минимум некоторой функции, то достаточно перенести область ее значений на положительную область, а затем инвертировать. Таким образом, максимум новой функции будет соответствовать минимуму исходной.

В генетических алгоритмах никак не используются такие свойства функции, как непрерывность, дифференцируемость и т.д. Она подразумевается как устройство (*blackbox*), которое на вход получает параметры, а на выход выводит результат.

Теперь обратимся к кодировке набора параметров. Закодируем каждый параметр строкой битов. Если он принимает непрерывное множество значений, то выберем длину строки в соответствии с требуемой точностью. Таким образом, параметр сможет принимать только дискретные значения (этих значений будет степень 2), в некотором заданном диапазоне.

Приспособленность особи высчитывается следующим образом: строка разбивается на подстроки, кодирующие параметры. Затем для каждой подстроки высчитывается соответствующее ей значение параметра, после чего приспособленность особи получается как значение функции приспособленности от полученного набора.

Вообще говоря, от конкретной задачи зависят только такие параметры ГА, как функция приспособленности и кодирование решений. Остальные шаги для всех задач производятся одинаково, в этом проявляется универсальность ГА.

В классическом ГА вероятность каждой особи попасть в промежуточную популяцию пропорциональна ее приспособленности, т.е. работает *пропорциональный отбор* (*proportional selection*). Можно его реализовать следующим образом: пусть особи располагаются на колесе рулетки, так что размер сектора каждой особи пропорционален ее приспособленности. Изначально промежуточная популяция пуста.  $N$  раз запуская рулетку, выберем требуемое количество особей для записи в промежуточную популяцию [1]. Ни одна выбранная особь не удаляется с рулетки. Такой отбор называется *stochastic sampling*.

После отбора особи промежуточной популяции случайным образом разбиваются на пары. Каждая из них с вероятностью  $p_c$  скрещивается, т.е. к ней применяется оператор кроссовера, в результате чего получаются два потомка. Они записываются в новое поколение. Если же паре не выпало скрещиваться, в новое поколение записываются сами особи этой пары.

Для того, чтобы получить хорошие результаты, необходимо правильно выбрать размер популяции. Если популяция мала, то при заданном ограничении количества вычислений функции приспособленности (а значит, фиксированном времени вычислений) она успеет создать большее количество поколений, но вероятнее всего преждевременно сойдется. Слишком большая популяция должна найти решение, но она может не успеть достичь этого момента, т.к. ей отведено малое количество поколений.

Для алгоритмов с кроссовером (т.е. без мутации) существуют оценки оптимального размера, а для ГА с мутацией (и без кроссовера) их пока нет. Однако эксперименты показывают, что для них оптимальный размер популяции тоже существует. В любом случае, он зависит от задачи.

- Генетические алгоритмы являются универсальным методом оптимизации многопараметрических функций, и поэтому способны решать широкий спектр задач.

- Генетические алгоритмы предоставляют огромные материалы для исследований за счет большого количества модификаций и параметров. Зачастую небольшое изменение одного из них может привести к неожиданному улучшению результата.

- В то же время следует помнить, что применение ГА полезно лишь в тех случаях, когда для данной задачи нет подходящего специального алгоритма решения.[1] По сравнению с таким алгоритмом ГА будет работать не лучше (за исключением, возможно, гибридного алгоритма).

- Генетические алгоритмы предназначены для решения задач оптимизации. При этом в основе генетического алгоритма лежит метод случайного поиска. Основным недостатком случайного поиска является то, что нам неизвестно сколько понадобится времени для решения задачи. Для того, чтобы избежать таких расходов времени при решении задачи, применяются методы, проявившиеся в биологии. При этом используются методы открытые при изучении эволюции и происхождения видов. Как известно, в процессе эволюции выживают наиболее приспособленные особи. Это приводит к тому, что приспособленность популяции возрастает, позволяя ей лучше выживать в изменяющихся условиях.

ГА использует набор операторов, который обычно включает в себя некоторую форму кроссинговера (оператора скрещивания), мутации и отбора. Начальная популяция возможных решений, обычно случайным образом сгенерированная, оценивается согласно задаваемой целевой функции с неизвестным оптимумом. Затем, в ходе процесса, который фактически непрерывен или организован как последовательность поколений, производится скрещивание и/или мутация решений, отобранных в соответствии со значениями их пригодности. Самый простой оператор скрещивания просто объединяет начальный участок хромосомы одного родителя с соответствующим конечным участком хромосомы другого родителя. Граница, которая разделяет хромосому на начальный и конечный участки, выбирается случайным образом. Операторы мутации генерируют нового индивидуума, производя (как правило, случайно) изменение в одной родительской хромосоме [3]. Как правило, ГА продолжает свою работу до тех пор, пока либо не сгенерирует указанного пользователем числа поколений, либо популяция не достигнет заранее заданного качества решения, либо не будет достигнут некоторый уровень сходимости. Возникает проблема априорной оценки сходимости генетических алгоритмов при решении задач оптимизации. Популяция может разбиваться на разные

подпопуляции, их необходимо отслеживать, получить полную информацию о решении. Подпопуляция рассматривается как отдельный кластер решения. В ходе работы алгоритма решения задачи могут переходить из одной популяции в другую, принимая значения, близкие то одному, то другому минимуму. Это явление усложняет определение условия сходимости.

Фактически, генетические алгоритмы максимизируют многопараметрические функции. Поэтому их область применения столь широка. Все приведенные задачи решаются именно путем формирования функции, зависящей от некоторого числа параметров, глобальный максимум (или минимум) которой будет соответствовать решению задачи. Критерий в общем случае может оказаться полимодальной функцией, и это следует учесть при решении задачи оптимизации.

Для улучшения решения задачи оптимизации используем элементы кластерного анализа. Большинство исследователей склоняются к тому, что впервые термин «кластерный анализ» (англ. cluster — гроздь, сгусток, пучок) был предложен математиком Р. Трионом. Впоследствии возник ряд терминов, которые в настоящее время принято считать синонимами термина «кластерный анализ»: автоматическая классификация. Главное отличие кластеризации от классификации состоит в том, что перечень групп четко не задан и определяется в процессе работы алгоритма.

В основе кластерного анализа лежит гипотеза компактности. Предполагается, что обучающая выборка в признаковом пространстве состоит из набора сгустков (подобно галактикам во Вселенной). Задача системы – выявить и формализованно описать эти сгустки. Геометрическая интерпретация гипотезы компактности состоит в следующем. Объекты, относящиеся к одному кластеру, расположены близко друг к другу по сравнению с объектами, относящимися к разным кластерам[5].

Кластерный анализ проводится в несколько этапов:

– отбор выборки объектов для кластеризации;

- определение множества параметров, по которым будут оцениваться объекты в выборке;
- вычисление значений меры сходства между объектами;
- применение метода кластерного анализа для создания групп сходных объектов (кластеров);
- представление результатов анализа.

После получения и анализа результатов возможна корректировка выбранной метрики и метода кластеризации до получения оптимального результата.

Учитывая сложность функции и выбранный метод, нужно привлекать методы компьютерного моделирования и разработку специального программного обеспечения.

Таким образом целью работы является разработка методики численного решения задачи выбора оптимального сочетания параметров армирования КМ и механических характеристик его компонентов.

Для достижения этой цели в работе предлагается для более полного описания структуры армирования КМ учитывать степень её однородности.

Для повышения эффективности ГА разработана методика оценки сходимости метода в условиях работы с полимодальной целевой функцией. Поставленная задача решается в двумерной постановке.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана методика численного решения задачи выбора оптимального сочетания параметров армирования КМ и механических характеристик его компонентов.

Предложено для более полного описания структуры армирования КМ учитывать степень её однородности.

Для повышения эффективности ГА разработана методика оценки сходимости метода в условиях работы с полимодальной целевой функцией. Поставленная задача решается в двумерной постановке.

При решении задачи оптимизации полимодальной функции с использованием генетических алгоритмов в качестве оценки сходимости метода предлагается использование критерия, основанного на анализе кластерной структуры популяции. Предложенный критерий реализован программно. Работоспособность показана на решении задачи оптимизации целевой аналитической полимодальной функции.

На двумерных геометрических моделях стохастически армированных композитов исследована зависимость сложности от размеров моделируемого объема при постоянном объемном соотношении компонентов. Вероятность образования каркасов не изменяется от рассматриваемого объема материала, таким образом можно применять для любых объемов. Зависимость сложности от моделируемого объема позволяет оценить представительность объема.

Исследование зависимости сложности от концентрации вещества показывает, что зависимость увеличивается с ростом концентрации, связь нелинейна, является возрастающей функцией.

Если особое внимание уделяется жесткости материала (значение  $q_e \geq 0.6$ ), то наилучшим оказывается материал с объемным содержанием включений 50 % в данном случае.

Если более важна однородная структура (малое значение коэффициента  $q_e$ , который определяет важность жесткости материала) 0.3, то наилучший результат в рамках решаемой задачи достигается при малом объемном содержании армирующих элементов( порядка 10%)

В интервале значений  $q_e$  от 0.3 до 0.6 оптимальное значение армирующих волокон варьируется от 10 до 50%. В том случае, когда и жесткость материала, и однородность одинаково важны, следует тщательно выбирать объемное наполнение материала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпушинский А.М., Павловская Т.А. Применение генетических алгоритмов при генерации тестов для программ, содержащих обработку исключений: - СПб: Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики.- 2011.- № 4(74).- С. 102-196.
2. Эйрих С.Н. Подход к модернизации генетического алгоритма для решения систем линейных алгебраических уравнений:-Самара: Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки.— 2009 .— №3 .— С. 88-95
3. Бублей С.Е. Исследование алгоритмов обучения нейронечетких систем для задач управления: -Ростов- на – Дону: Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010.- №12.-С. 178-185.
4. Савин А.Н., Дружинин И.В., Ерофтиев А.А. Применение генетических алгоритмов для решения задач оптимизации на параллельных и распределенных вычислительных системах:— Саратов : Издат. центр «Наука» Компьютерные науки и информационные технологии, 2013. – С. 99-109.
5. Буйвал А.К. Моделирование нейронечеткого контроллера активной колебательной системы : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.18 : Брянск, 2004 164 с.
6. Немировский А. С., Юдин Д. Б. Сложность задач и эффективность методов оптимизации. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. - 384 с.
7. Гладков Л.А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы / Под ред. В. М. Курейчика. – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 368с.

8. Воронцов К.В. Алгоритмы кластеризации и многомерного шкалирования. Курслекций. МГУ, 2007
9. Крыштановский, А. О. Анализ социологических данных с помощью пакета SPSS: учеб.пособие для вузов / А. О. Крыштановский; Гос. ун-т — Высшая школа экономики. — М. : Изд. дом ГУ ВШЭ, 2006. — 281, [3] с
- 10.Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика.-М: Юнити-Дана, 2004.-573с.
- 11.Сидоренко Ю.Н. Прогнозирование механических свойств стохастических композиционных материалов: Дисс. ...канд. физ.-мат. наук. – Томск: ТГУ, 2004.-142с.
- 12.Зайцев А.В., Лукин А.В., Трефилов Н.В. Компьютерный синтез случайной структуры однонаправленно армированных волокнистых композитов // Молодежная наука Прикамья. – 2001. – Вып. 1. – С. 78–87
- 13.Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. – М.: Наука, 1982. – 296 с
- 14.Хастингс Н., Пикок Дж. Справочник по статистическим распределениям. – М.: Статистика, 1980. – 95 с.
- 15.Ломакин В.А., Кукса Л.В., Бахтин Ю.Н. Масштабный эффект упругих свойств поликристаллических материалов // Прикл. механика. – 1982. – Т. 18, № 9. – С. 10–15.
- 16.Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М: Наука, 1979.-560с.
- 17.Лихачев В.А., Малинин В.Г. Структурно-аналитическая теория прочности. –СПб.: Наука, 1993-471с.
- 18.ГОСТ 7.32 - 2001 (2006). Оформление отчетов о научно-исследовательской работе (НИР)



Поиск заимствований в научных текстах<sup>β</sup>

[\(Index.php/ru\)](#) [\(Index.php/en\)](#)

Введите текст:

...или загрузите файл:

Файл не выбран...

Выбрать файл...

Укажите год публикации:

Выберите коллекции

Все	Википедия	Российские журналы
Рефераты	Российские конференции	Энциклопедии
Авторефераты	Иностранные журналы	Англоязычная википедия
Иностранные конференции		
PubMed		

Анализировать

Проверить по расширенному списку коллекций системы Руконтекст (<http://text.rucont.ru/like>)

Обработан файл:  
ВКР\_5.5.docx.

Год публикации: 2017.

Оценка оригинальности документа - 90.08%

Процент условно корректных заимствований - 0.0%

Процент некорректных заимствований - 9.92%

[Просмотр заимствований в документе](#)

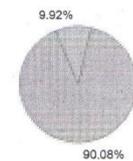
Время выполнения: 16 с.

Документы из базы

Источники заимствования

1. [Реферат: Генетические алгоритмы и их практическое применение](http://www.bestreferat.ru/files/21/bestreferat-245521.docx)  
(<http://www.bestreferat.ru/files/21/bestreferat-245521.docx>)

Год публикации: 2016. Тип публикации: реферат.  
<http://www.bestreferat.ru/files/21/bestreferat-245521.docx>  
<http://www.bestreferat.ru/files/21/bestreferat-245521.docx>  
Показать заимствования (14)



В списке литературы	Источники заимствования
—	6.09%

- 2. Применение генетических алгоритмов при генерации тестов для программ, содержащих обработку исключений (<http://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-geneticheskikh-algoritmov-pri-generatsii-testov-dlya-programm-soderzhaschih-obrabotku-isklyucheniy>)**  
 Авторы: КАРПУШИНСКИЙ АНТОН МИХАЙЛОВИЧ, ПАВЛОВСКАЯ ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА. — 3.22%  
 Год публикации: 2011. Тип публикации: статья научного журнала.  
<http://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-geneticheskikh-algoritmov-pri-generatsii-testov-dlya-programm-soderzhaschih-obrabotku-isklyucheniy> (<http://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-geneticheskikh-algoritmov-pri-generatsii-testov-dlya-programm-soderzhaschih-obrabotku-isklyucheniy>)  
<http://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-geneticheskikh-algoritmov-pri-generatsii-testov-dlya-programm-soderzhaschih-obrabotku-isklyucheniy>  
 Показать заимствования (9)
- 3. Подход к модернизации генетического алгоритма для решения систем линейных алгебраических уравнений (<http://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-modernizatsii-geneticheskogo-algoritma-dlya-resheniya-sistem-lineynykh-algebraicheskikh-uravneniy>)**  
 Авторы: Эйрих Станислав Николаевич. — 1.94%  
 Год публикации: 2009. Тип публикации: статья научного журнала.  
<http://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-modernizatsii-geneticheskogo-algoritma-dlya-resheniya-sistem-lineynykh-algebraicheskikh-uravneniy> (<http://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-modernizatsii-geneticheskogo-algoritma-dlya-resheniya-sistem-lineynykh-algebraicheskikh-uravneniy>)  
<http://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-modernizatsii-geneticheskogo-algoritma-dlya-resheniya-sistem-lineynykh-algebraicheskikh-uravneniy>  
 Показать заимствования (7)
- 4. Курсовая работа: Непрерывные генетические алгоритмы (<http://www.bestreferat.ru/files/44/bestreferat-95544.docx>)**  
 Год публикации: 2016. Тип публикации: реферат. — 1.94%  
<http://www.bestreferat.ru/files/44/bestreferat-95544.docx>  
<http://www.bestreferat.ru/files/44/bestreferat-95544.docx>  
 Показать заимствования (7)
- 5. Реферат: Задачи искусственного интеллекта 7 Тест по теме «История развития искусственного интеллекта» 9 (<http://www.bestreferat.ru/files/56/bestreferat-401556.docx>)**  
 Год публикации: 2016. Тип публикации: реферат. — 1.83%  
<http://www.bestreferat.ru/files/56/bestreferat-401556.docx>  
<http://www.bestreferat.ru/files/56/bestreferat-401556.docx>  
 Показать заимствования (5)
- 6. Подход к модернизации генетического алгоритма для решения систем линейных алгебраических уравнений (<http://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-modernizatsii-geneticheskogo-algoritma-dlya-resheniya-sistem-lineynykh-algebraicheskikh-uravneniy>)**  
 Авторы: Эйрих Станислав Николаевич. — 1.7%  
 Год публикации: 2009. Тип публикации: статья научного журнала.  
<http://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-modernizatsii-geneticheskogo-algoritma-dlya-resheniya-sistem-lineynykh-algebraicheskikh-uravneniy> (<http://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-modernizatsii-geneticheskogo-algoritma-dlya-resheniya-sistem-lineynykh-algebraicheskikh-uravneniy>)  
<http://cyberleninka.ru/article/n/podhod-k-modernizatsii-geneticheskogo-algoritma-dlya-resheniya-sistem-lineynykh-algebraicheskikh-uravneniy>  
 Показать заимствования (6)
- 7. Исследование алгоритмов обучения нейронечетких систем для задач управления (<http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-algoritmov-obucheniya-neyronechetkikh-sistem-dlya-zadach-upravleniya>)**  
 Авторы: Бублей Сергей Евгеньевич. — 1.17%  
 Год публикации: 2010. Тип публикации: статья научного журнала.  
<http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-algoritmov-obucheniya-neyronechetkikh-sistem-dlya-zadach-upravleniya> (<http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-algoritmov-obucheniya-neyronechetkikh-sistem-dlya-zadach-upravleniya>)  
<http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-algoritmov-obucheniya-neyronechetkikh-sistem-dlya-zadach-upravleniya>  
 Показать заимствования (4)
- 8. Моделирование нейронечеткого контроллера активной колебательной системы (<http://dlib.rsl.ru/loader/view/01002815225?get=pdf>)**  
 Авторы: Буйвал, Александр Константинович. — 0.89%  
 Год публикации: 2004. Тип публикации: автореферат диссертации.  
<http://dlib.rsl.ru/loader/view/01002815225?get=pdf> (<http://dlib.rsl.ru/loader/view/01002815225?get=pdf>)  
<http://dlib.rsl.ru/loader/view/01002815225?get=pdf>  
 Показать заимствования (3)

**9. Решение комбинаторных задач методами эволюционных вычислений**  
<http://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-kombinatornyh-zadach-metodami-evolyutsionnyh-vychisleniy>

Авторы: ЛЮБИМОВА Т.В.

Год публикации: 2015. Тип публикации: статья научного журнала.

<http://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-kombinatornyh-zadach-metodami-evolyutsionnyh-vychisleniy> (<http://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-kombinatornyh-zadach-metodami-evolyutsionnyh-vychisleniy>)

Показать заимствования (3)

0.73%

Значимые оригинальные фрагменты

Дополнительно

Библиографические ссылки

Искать в Интернете

© 2015-2017 Институт системного анализа Российской академии наук (<http://www.isa.ru/index.php?lang=ru>)

Автор работы: студентка группы 110303,  
Васькина А.Ф.

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н.,  
Сидоренко Н.Н.

Руководитель ООА: д-р физ.-мат. наук, профессор,  
Скрипняк В.А./  
Козулин А.А.

Рекомендую выкладку ВкР в частичном объеме в связи с  
содержанием действительной или потенциальной  
коммерческой ценности в силу известности их третьим лицам.