Отчет по этапам научно-исследовательских работ, завершенным в 2017 г. в соответствии с планом НИР института

Проект № 0315-2016-0006 "Развитие теории и разработка математических моделей и мето­дов мониторинга, анализа и оптимизации сложных систем".

Номер государственной регистрации НИР 01201370228.

Руководитель проекта - д.т.н. Родионов А. С.

Предложены методы измерения параметров пар узлов распределенной информационно­вычислительной системы (РИВС), состоящей из конечного непустого множества узлов J = {J J ..., J} и подмножества пар узлов J х J, связанных бинарным отношением R. Множество J представляет коллекцию научных журналов, а каждый журнал рассматри­вается как агрегированное множество научных статей, опубликованных за время издания журнала. На J задано бинарное отношение R: J. R J = J. цитирует J, определяющее сеть N = (J, R) цитирования научных журналов (СЦЖ), в которой журналы являются узлами сети, а цитирования - связями между ними. Здесь термин "J. цитирует J" означает, что в журнале J. опубликована статья, которая цитирует статью из журнала J. На основе СЦЖ по­строены две производные сети: библиографического сочетания, для которой выполняется тождество J. Rblb J = (3 k) J. Jk & JjR Jk, и сеть коцитирования, для которой J. Rcoc J = (3 к) Jk R J. & JkR J. Для моделирования СЦЖ представлена в виде взвешенного орграфа G = (V, E), в котором журналы соответствуют узлам V = {v v ...vn}, а отношения цитирования - ори­ентированным ребрам E £ Vх V, e = (v, v) е E. На множестве E определена функция веса w: E ^ N+, w (v., vj) - число цитирований, полученных журналом J от журнала J.. На мо­мент времени T БД RePEc содержала информацию о цитировании статей, опубликованных в 1731 журнале, организованную в кортежи пар вида (/', {м(/)}), где i указывает на статью а , а множество {u(i)} содержит указатели на все статьи, цитирующие статью а: 1,3\*105 ста­тей и 5,1х105 цитирований. Была выделена главная слабо связная компонента, для которой были измерены значения сетевых параметров, отражающих свойства пар узлов, характер­ные для СЦЖ и производных сетей (коцитирования и библиографического сочетания): па- раметризированное взвешенное расстояние, взвешенное среднее расстояние и взвешенный коэффициент кластеризации. Проведенные численные эксперименты и анализ полученных результатов позволяют утверждать, что в рассмотренной парадигме представленные библи- ометрические сети обладают свойствами “малого мира”: наличие одной иерархически орга­низованной связной компоненты значительного размера; достаточно малое значение диаме­тра графа, соответствующего этой компоненте; большие значения кластерного коэффици­ента компоненты; распределение степеней вершин графа, отвечающее степенному закону. Исследованы подходы выявления на основе цитирования сообществ научных журналов, со­ответствующих тематическим областям.

Кт.н. Бредихин С. В., с.н.с. Щербакова Н. Г., ведущ. инж. Ляпунов В. М.

Задача минимизации невыпуклой функции на шаре сводится к последовательности за­дач минимизации ее выпуклых мажорант на шаре. Для построения мажорант используют­ся представление целевой функции в виде разности выпуклых квадратичных функций и результат решения задачи на предыдущем шаге. Представление целевой функции в виде разности выпуклых квадратичных функций базируется на модифицированной процедуре декомпозиции Холецкого симметричной знакопеременной матрицы. Для данного алгорит­ма обосновывается способ выбора эффективного начального приближения с использова­нием некоторых результатов исследований из области многокритериальной оптимизации. За основу построения векторного критерия берется представление целевой функции в виде разности двух выпуклых квадратичных функции.

Для решения задач безусловной минимизации и минимизации при простых ограниче­ниях на переменные рассматривались квазиньютоновские алгоритмы. В одном из них на итерациях строится матрица, являющаяся приближением к гессиану. Матрица, соответству­ющая приближениям к гессиану, на итерациях с помощью метода отражения поддержива­ется в LDLT форме, что позволяет на шагах метода контролировать обусловленность оце­нок гессиана. В квазиньютоновском алгоритме с ограниченной памятью строятся аппрок­симации для обращенной матрице Гессе, но матрица явно не формируется, а запоминаются по ходу итерации некоторое число векторов, определяющих квазиньютоновские поправки. Проведено сопоставление алгоритмов относительно точности и трудоемкости. Для решения задач большой размерности разработан параллельный вариант квазиньютоновского алго­ритма с ограниченной памятью на основе технологии OpenMP. Выполнена проверка эффек­тивности параллельного алгоритма на тестовых задачах большой размерности. Результаты численных экспериментов показывают, что распараллеливание эффективно в широком диа­пазоне изменения размерности задач.

К.т.н. Забиняко Г. И., Котельников Е. А.

Продолжены исследования свойств моделей календарного планирования: показано, что в формализации задач календарного планирования сложных комплексов работ содержатся неточности, приводящие к ошибкам в расписаниях сложных комплексов работ; разработана модель объемно-календарного планирования для построения долгосрочных планов проек­тов большой размерности.

К.э.н. Ляхов О. А.

В рамках развития информационной системы Фонда алгоритмов и программ СО РАН выполнялся анализ тенденций развития программных сред и оценка существующих реше­ний, осуществлялось развитие информационной системы ФАП СО РАН и интегрированных с ней сервисов. Основной объем работ проводился над обновлением корпоративных репо­зиториев свободного ПО, демонстрационной площадки свободного ПО. Были существенно модернизированы следующие сервисы:

* информационная система Фонда алгоритмов и программ СО РАН;
* корпоративные репозитории свободного ПО;
* демонстрационная площадка свободного ПО.

Также в течение всего года осуществлялось информационное пополнение сервисов Фонда. Организована постоянная техническая поддержка и администрирование системы, сопровождение и актуализация ее сервисов и служб.

Осуществлялось развитие разработанного ранее комплекса базовых решений сайта ИВМиМГ СО РАН (техническая архитектура, подсистемы), особое внимание уделялось по­вышению интерактивности системы, ее удобства для пользователей. Реализованы следую­щие функции системы: единая категоризация всех видов содержимого (контента), разграни­чение доступа пользователей к отдельным функциям системы на основе ролей, поддержка XML-форматов (вывод документов в RDF, агрегация материалов из внешних источников), механизм ограничения нагрузки на систему (кэширование, автоматическое отключение ин­формационных блоков и модулей в зависимости от нагрузки на систему). Для обеспечения функционирования системы на мощностях ССКЦ был развернут программно-технический комплекс с обеспечением доступа к сети Интернет.

Кратов С. В.

Для оценивания надежности сети методом статистического моделирования предлагает­ся осуществлять генерацию частной реализации графа одновременно с проверкой его связ­ности. Как показали численные эксперименты, проведенные на различных структурах, в том числе на структурах реальных сетей, новый подход значительно ускоряет процесс оценки надежности. Например, для плотных высоконадежных структур - в 4 раза. В таблице при­ведены результаты оценки надежности европейской научно-образовательной сети GEANT в 2009 г. (390 узлов и 503 ребра).

Таблица 1 - Сравнение эффективности алгоритмов генерации связных структур

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Надежность ребра | P=0.75 | P=0.9 | P=0.99 | P=0.999 |
| Время расчета (с): |  |  |  |  |
| - новый метод | 45 | 72 | 314 | 402 |
| - стандартный метод | 67 | 92 | 421 | 623 |

К.ф-м.н. Мигов Д. А.

В ходе работ по моделированию дорожного движения расширена описанная в ранних работах клеточно-автоматная модель за счет добавления понятия скорости автомобиля, реа­лизации перестроения на прямых многополосных дорогах и перекрестках многополосных дорог. Реализована модель Трайбера для однополосного движения, проведены сравнения результатов моделирования с более ранними работами и между собой. Построенные фун­даментальные диаграммы незначительно отличаются от эмпирических данных, равно как и от результатов моделирования такой же однополосной дороги с помощью клеточных авто­матов и модели Трайбера.

К.ф-м.н. Омарова Г. А.

 а

 

 б

 

Рис. 1 - Построение начального решения и его улучшение для восьми вершин-потребителей и трех дополнительных вершин: а - вид сбоку; б - вид сверху

Рассмотрена задача оптимизации сетей инженерных коммуникаций различного назна­чения, включающей необходимости поиска оптимальной по критерию минимальности за­трат трассы с учетом ограничительных условий, определяемых характеристиками заданной территории, и оптимального вложения структур проектируемой сети по найденной трассе.

Задача решена в гиперсетевой постановке, в которой область размещения представле­на первичной сетью, а структура проектируемой сети вторичной. В рамках гиперсетевого подхода и эволюционного синтеза были предложены два алгоритма, которые позволяют со­кратить в среднем суммарные затраты для заданной инженерной сети по сравнению с на­чальным решением примерно на 3-15 % в зависимости от конфигурации, параметров и об­ласти размещения: первый - это модифицированный алгоритм дифференциальной эволю­ции, учитывающий основные правила и ограничения (в том числе рельеф местности) при построении сетей различного назначения, второй - новый модифицированный алгоритм муравьиной колонии, включающий правила построения множества вершин и ветвей пер­вичной сети и множества ребер вторичной сети (рис. 1).

К.т.н. Токтошов Г. Ы.



у АК ИДА У МА

8 10 15 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Рис. 2 - АК - алгоритм Крускала; ДА - дифференциальная эволюция; МА - муравьиный алгоритм (по оси x - число ребер вторичной сети; по оси у - стоимость сети

Таблица 2 - Средняя величина сокращения затрат (в скобках - среднеквадратическое отклонение) для инженерных сетей в проц. от начального решения для различного числа дополнительных точек (ДТ) и вершин-потребителей (П)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ДТ \ П | 10 | 40 | 70 | 100 |
| 3 | 7.3 (3.4) | 11.0 (5.7) | 11.0 (5.3) | 9.0 (2.4) |
| 5 | 7.3 (3.1) | 11.8 (7.7) | 11.2 (3.3) | 10.3 (2.1) |
| 7 | 6.1 (3.0) | 8.0 (2.9) | 10.6 (4.8) | 14.6 (5.4) |
| 10 | 0.3 (0.5) | 8.8 (4.0) | 14.3 (4.9) | 13.6 (2.7) |
| 15 | 0 | 9.7 (5.5) | 9.5 (2.6) | 10.3 (2.8) |
| 20 | 0 | 4.6 (3.0) | 12.7 (5.3) | 15.9 (5.8) |

Рассматривается задача функционирования беспроводных сетей в условиях несанкцио­нированных вторжений, под действием атак. Исследуется моделирование атак Black Hole и Jamming на узлы БСС. В качестве модели беспроводной сети используются графы еди­ничных кругов (UDG-графы), наиболее адекватно описывающие связи в беспроводных се­тях, передача информации между узлами которых возможна, если они находятся в пределах взаимной достижимости радиосигнала. Для простого случая остовного дерева и двух ата­кованных вершин получена формула оценки среднего числа вершин, от которых будет поте­ряна информация при атаке Jamming. Для более сложных случаев проведено имитационное моделирование (для построения остовного дерева использовался алгоритм маршрутизации Minimum Hop Route). Полученные аналитические результаты согласуются с результатами имитационного моделирования.

Рассматривалась задача оптимального вложения вторичной сети в первичную (модель гиперсети) с учетом условий надежности построенной гиперсети. Для получения решения использовался двухстадийный алгоритм (поиск приближенного решения и дальнейшее его улучшение) и алгоритм муравьиной колонии.

К.ф-м.н. Юргенсон А. Н., к.ф-м.н. Мигов Д. А, к.т.н. Токтошов Г. Ы.

Разработан эволюционный алгоритм для синтеза семейств оптимальных регулярных структур инфокоммуникационных сетей суперкомпьютерных систем, позволяющий нахо­дить их аналитические описания. Разработанный алгоритм применен при решении зада­чи оптимизации циркулянтных сетей, состоящей в максимизации числа вершин (порядка) при заданных степени и диаметре графа. Для мультипликативных циркулянтных сетей с образующими, представленными в виде степеней натурального числа, найдены новые се­мейства аналитически описываемых графов степеней 8 и 10 и диаметром от 6 до 80. На основе найденных максимальных значений порядков графов построены два новых семей­ства мультипликативных циркулянтов и математически доказано их существование для лю­бых степеней. Найденные графы превосходят по числу вершин все известные по литера­туре семейства мультипликативных циркулянтов при одинаковых степенях и диаметрах. Максимальность порядков (компактность) полученных графов и простой вид их образую­щих дают теоретическую основу хороших структурных и коммуникационных свойств при их применении в качестве сетей связи суперкомпьютерных систем.

К.т.н. Монахов О. Г., к.т.н. Монахова Э. А.

Продолжена разработка методов точного расчета и оценивания показателей качества функционирования ненадежных сетей и соответствующих методов структурной оптимиза­ции. Получены новые методы ускорения расчета и оценивания математического ожидания значения выбранного показателя с применением метода частичных сумм.

Д.т.н. Родионов А. С., к.ф.-м.н. Мигов Д. А.

Продолжаются работы по сопровождению и актуализации баз данных для поддержки научного процесса ИВМиМГ, включая ведение базы "Публикации научных сотрудников ин­ститута" (добавлены 719 записей за 2016 г.) и базы сотрудников института, для которой реа­лизовано новое программное обеспечение, включающее функционал для обработки запро­сов, касающихся научной и производственной деятельности.

Моисеенко В. В.