

|   |    |
|---|----|
| <b>Содержание</b>   |    |
| ПРЕДИСЛОВИЕ   | 3  |
| ЧАСТЬ I. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ТЕНДЕНЦИЙ<br>РАЗВИТИЯ GRID-СИСТЕМ                            | 8  |
| ГЛАВА 1. ОБЗОР GRID-СИСТЕМ И СИСТЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ  | 11 |
| Анализ международных инициатив в области использования данных ДЗЗ в<br>интересах устойчивого развития | 13 |
| Инициатива GMES   | 13 |
| «Система систем» GEOSS  | 17 |
| Инициатива INSPIRE  | 22 |
| Обзор Grid-систем для решения научных задач и обработки данных ДЗЗ                                    | 23 |
| Проект WLCG   | 23 |
| Проекты EGEE/EGEE-II  | 24 |
| Виртуальная обсерватория IVOA   | 25 |
| Академическая Grid-инфраструктура РФ  | 26 |
| Использование Grid-технологии в области образования   | 27 |
| Проект EDG  | 27 |
| Проект JAXA Grid  | 28 |
| Инфраструктура IPG  | 28 |
| Инфраструктура OSG и TeraGrid   | 29 |
| Европейская система Earth Science Grid-on-Demand  | 30 |
| Китайский проект SIG  | 31 |
| Проект DEGREE   | 31 |
| Информационная система КосмоГИС   | 32 |
| Особенности и тенденции развития Grid-систем наблюдения Земли   | 39 |
| Принципы построения и архитектура систем обработки данных ДЗЗ   | 40 |
| Проблемы создания систем мониторинга на основе спутниковых данных                                     | 40 |
| Высокоуровневая архитектура систем обработки спутниковых данных                                       | 42 |
| Необходимость применения Grid-технологий  | 46 |
| Обсуждение  | 46 |
| ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ GRID-СИСТЕМ  | 48 |
| Grid-системы: определения, классификация, структурные элементы  | 48 |
| Grid-технология: основные определения   | 48 |
| Классификация Grid-систем и основные структурные элементы   | 50 |
| Описание Grid-архитектуры   | 51 |
| Уровень элементов   | 52 |
| Уровень связи   | 53 |
| Уровень ресурсов  | 53 |
| Уровень кооперации  | 54 |
| Уровень приложений  | 55 |
| Web-сервисы   | 56 |
| Открытая архитектура Grid-сервисов  | 59 |
| Спецификация WSRF   | 60 |
| Анализ программного обеспечения Grid-систем   | 61 |
| Каркас Globus Toolkit   | 64 |
| Пакет gLite   | 76 |
| Системы планирования  | 82 |
| Пример: Grid-система обработки спутниковых снимков Meteosat   | 90 |
| Технология Grid и агентный подход   | 92 |
| Агентная технология   | 94 |
| Пример агентной системы: мониторинг деятельности пользователей<br>компьютерных систем                 | 95 |

|   |     |
|---|-----|
| Обсуждение  | 97  |
| ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ GRID-СИСТЕМ                                      | 99  |
| Необходимость моделирования Grid-систем   | 99  |
| Подходы к моделированию Grid-систем   | 100 |
| Аналитическое моделирование   | 101 |
| Имитационное моделирование  | 104 |
| Комбинированные модели  | 107 |
| Информационное моделирование  | 107 |
| Структурно-системное моделирование  | 114 |
| Ситуационное моделирование и экономический подход к планированию в Grid-системе | 120 |
| Существующие модели   | 122 |
| Структурные модели  | 122 |
| Модели нагрузки (потока выполнения задач)                                       | 124 |
| Планировщики  | 127 |
| Модели оценки и прогнозирования нагрузки  | 131 |
| Модели поведения пользователей и мониторинга ресурсов                           | 135 |
| Обсуждение  | 141 |
| ГЛАВА 4. GRID-СИСТЕМА КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА              | 143 |
| Свойства Grid-систем обработки спутниковых данных                               | 144 |
| Задачи моделирования Grid-систем  | 146 |
| Обсуждение  | 148 |
| ЧАСТЬ II. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ GRID-СИСТЕМ                              | 150 |
| ГЛАВА 5. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ GRID-СИСТЕМ                           | 153 |
| Постановка задачи СФА сложных иерархических систем                              | 154 |
| Формализация задачи СФА   | 155 |
| Структурная модель Grid-системы наблюдения Земли                                | 159 |
| Построение функций производительности для ФЭ уровня узлов                       | 164 |
| СФА узла с учетом типов решаемых задач  | 167 |
| Постановка задач оптимизации для ФЭ уровня узла                                 | 170 |
| Детерминированная формулировка прямой задачи                                    | 170 |
| Вероятностная формулировка прямой задачи  | 171 |
| Формулировка обратной задачи  | 173 |
| Модель сегмента Grid-системы наблюдения Земли                                   | 174 |
| Структурная модель сегмента   | 174 |
| СФА коммуникационной сети   | 175 |
| Построение функций производительности сегмента                                  | 178 |
| Модели заданий  | 179 |
| Функция производительности сегмента для детерминированной модели заданий        | 180 |
| Функция производительности сегмента для вероятностной модели заданий            | 182 |
| Определение максимальной нагрузки на сегмент                                    | 184 |
| Оптимизация стоимости сегмента  | 186 |
| Примеры оценки эффективности Grid-сегмента                                      | 188 |
| Постановка задачи   | 188 |
| Пример 1  | 189 |
| Пример 2  | 194 |
| Пример 3  | 196 |
| Обсуждение  | 199 |
| ГЛАВА 6. МОДЕЛИРОВАНИЕ GRID-СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ                        | 201 |
| Описание предметной области и формулировка требований к модели                  | 202 |

|  |            |
|--|------------|
| Сети Петри. Основные определения   | 205        |
| Модель работы узла в виде СП   | 208        |
| Исследование структурных свойств модели  | 210        |
| Исследование выполнимости свойств взаимного исключения и равноправия   | 216        |
| Модель взаимодействия Grid-узлов с очередью доступа к общей памяти   | 218        |
| Исследование структурных свойств модели  | 222        |
| Исследование свойства отсутствия блокировок  | 226        |
| Исследование свойства взаимного исключения   | 232        |
| Исследование свойства равноправия  | 234        |
| Модель СП в гетерогенной Grid-инфраструктуре   | 236        |
| Система имитационного моделирования СП   | 243        |
| Структура классов (модулей) системы имитационного моделирования  | 244        |
| Обсуждение   | 247        |
| <b>ГЛАВА 7. ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЙ GRID-СИСТЕМ</b>   | <b>251</b> |
| Структурная модель Grid-системы и задачи идентификации   | 253        |
| Оценивание состояния узла Grid-системы методом нечетких эллипсоидов  | 255        |
| Постановка задачи в терминах теории управления   | 257        |
| Метод решения  | 258        |
| Построение алгоритма   | 260        |
| Результаты численного моделирования  | 263        |
| Структурно-параметрическая идентификация модели в переменных «вход-выход» на основе эволюционного поиска     | 265        |
| Постановка задачи структурно-параметрической идентификации   | 266        |
| Метод решения  | 267        |
| Генетический алгоритм оптимизации математической модели  | 270        |
| Нечеткий алгоритм эллипсоидального оценивания  | 271        |
| Обсуждение результатов моделирования   | 272        |
| Идентификация нейросетевой модели Grid-системы   | 273        |
| Нейросетевая модель Grid-системы в пространстве переменных состояния   | 273        |
| Метод идентификации нейросетевой модели в классе нечетких эллипсоидальных оценок                             | 277        |
| Алгоритм обучения нейронной сети прямого распространения   | 279        |
| Модульные нейросетевые модели  | 280        |
| Обсуждение   | 282        |
| <b>ГЛАВА 8. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ В GRID- СИСТЕМЕ</b>   | <b>284</b> |
| Классификация задач в Grid-системе обработки спутниковых данных  | 284        |
| Задачи передачи данных (Data Transfer Task — DTT)  | 285        |
| Вычислительные задачи (Computational Task — CT)  | 285        |
| Формальное описание задач в Grid-системе обработки спутниковых данных  | 286        |
| Задачи передачи данных   | 287        |
| Вычислительные задачи  | 288        |
| Пример построения объектной модели для задачи оценки биоразнообразия на основе спутниковых данных            | 290        |
| Сервис численного моделирования погоды   | 301        |
| Сервис обработки данных Meteosat Second Generation (MSG)   | 305        |
| Обсуждение   | 305        |
| <b>ГЛАВА 9. МОДЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ</b>  | <b>308</b> |
| Анализ методов построения моделей поведения пользователей и средств обеспечения безопасности в Grid-системах | 309        |
| Средства обеспечения безопасности в Grid-системах  | 309        |
| Статистический подход к анализу поведения пользователей в Grid-системах                                      | 314        |

|   |     |
|---|-----|
| Постановка задачи   | 314 |
| Описание предлагаемого подхода  | 315 |
| Верификация статистической модели на реальных данных  | 322 |
| Описание структуры данных   | 322 |
| Определение оптимального количества скрытых нейронов и параметров нейросетевой модели                       | 325 |
| Верификация сеансовой модели на реальных данных   | 326 |
| Обсуждение  | 327 |
| ГЛАВА 10. ОПЕРАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  | 329 |
| Применение методов операционного анализа для оценки производительности GRID-систем                          | 329 |
| Формальное определение производительности и методы оценки предельных значений параметров производительности | 330 |
| Оценка производительности прототипа GRID-системы для обработки спутниковых снимков КА Meteosat              | 333 |
| Обсуждение  | 338 |
| ЧАСТЬ III. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ GRID-СИСТЕМ  | 341 |
| ГЛАВА 11. АРХИТЕКТУРА UASPACEGRID   | 344 |
| Обоснование подхода к процессу разработки   | 344 |
| Логическая архитектура UASpaceGrid  | 345 |
| Физическая архитектура UASpaceGrid  | 345 |
| Программное обеспечение среднего уровня   | 349 |
| Архив системы и доступ к данным   | 351 |
| Grid-портал системы   | 353 |
| Прикладные сервисы  | 353 |
| Обсуждение  | 355 |
| ГЛАВА 12. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ: ОПИСАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ  | 356 |
| Обработка данных MSG  | 357 |
| Построение маски облачности по данным MSG   | 357 |
| Анализ динамики метеорологических явлений   | 359 |
| Моделирование данных MSG с помощью фрактального анализа   | 360 |
| Визуализация результатов обработки данных   | 361 |
| Метеорологическое моделирование   | 363 |
| Используемая модель   | 363 |
| Адаптация модели для территории Украины   | 364 |
| Реализация сервиса прогнозирования метеорологических параметров   | 364 |
| Визуализация результатов моделирования  | 365 |
| Мониторинг загрязненности водных ресурсов   | 366 |
| Описание необходимых данных ДЗЗ   | 368 |
| Функциональная схема работы сервиса   | 370 |
| Усвоение данных   | 373 |
| Программное обеспечение SeaDAS  | 375 |
| Обеспечение метеорологическими данными  | 377 |
| Визуализация результатов мониторинга  | 380 |
| Мониторинг затоплений   | 381 |
| Описание данных   | 383 |
| Метод обработки радиолокационных данных   | 386 |
| Самоорганизующиеся карты Кохонена   | 386 |
| Сервис определения площадей затопленных территорий в Grid-среде   | 387 |
| Оценка биоразнообразия  | 387 |
| Источники данных и методология  | 388 |

|  |     |
|--|-----|
| Grid-реализация сервиса оценки биоразнообразия                       | 389 |
| Мониторинг параметров космической погоды                             | 390 |
| Информационная инфраструктура мониторинга КП                         | 390 |
| Описание используемых данных   | 392 |
| Динамическая модель и результаты работы сервиса                      | 393 |
| Обсуждение   | 395 |
| ГЛАВА 13. СТАНДАРТИЗАЦИЯ СЕРВИСОВ ДОСТУПА И<br>ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ | 397 |
| Каталог метаданных системы UASpaceGrid                               | 397 |
| Существующие решения   | 398 |
| Стандарт ISO 19115   | 401 |
| Профиль метаданных   | 403 |
| Каталог метаданных   | 406 |
| Визуализация и предоставление геопространственных данных             | 411 |
| Стандарты Open Geospatial Consortium                                 | 413 |
| Подходы к визуализации и предоставлению геопространственных данных   | 415 |
| Система визуализации результатов UASpaceGrid                         | 417 |
| Обсуждение   | 421 |
| ГЛАВА 14. ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И GRID-СИСТЕМ                | 423 |
| Подходы к интеграции систем  | 423 |
| Предпосылки создания Inter-Grid системы                              | 424 |
| Задачи обеспечения взаимодействия Grid-систем и способы их решения   | 425 |
| Обеспечение взаимодействия систем безопасности разных Grid-платформ  | 426 |
| Обеспечение надежной передачи файлов между Grid-платформами          | 428 |
| Высокоуровневый доступ к геопространственной информации              | 429 |
| Запуск и мониторинг задач на ресурсах разных Grid-платформ           | 430 |
| Пример интеграции систем мониторинга на уровне данных                | 436 |
| Пример интеграции систем мониторинга в рамках Inter-Grid             | 439 |
| Обсуждение   | 442 |
| ЛИТЕРАТУРА   | 443 |
| ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ   | 482 |
| СОДЕРЖАНИЕ   | 502 |