

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ В РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ СЛОЖНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

МЕЛИКЯН Рафаэль Арменович

аспирант

МУСТАФАЕВА Джамиля Гусейновна

кандидат технических наук, доцент

заведующий кафедрой информационных технологий и систем

Северо-Кавказский государственный горно-металлургический институт

(государственный технологический университет)

г. Владикавказ, Россия

Данная работа посвящена вопросам разработки информационных систем для сложных экспериментов. В частности, рассмотрена информационная система для эксперимента MPD на коллайдере NICA. Выявлено, что разработка и внедрение информационных систем для сложных экспериментов требует комплексного подхода, который включает в себя не только технические аспекты, но и глубокое понимание предметной области.

Ключевые слова сложный эксперимент, информационная система, имитационное моделирование, экспериментальные вычислительные среды, гармоничное взаимодействие.

Работа сложных систем определяется некоторыми входными параметрами (факторами), от которых зависят выходные параметры (качественные показатели системы, критерии). Исследование систем при различных сочетаниях входных параметров выполняется либо с помощью экспериментов на моделях (математических аналитических или численных, имитационных и др.), либо путем натурных экспериментов. В любом случае такие исследования ресурсоемки и трудоемки, результатом являются многомерные таблицы, анализ которых затруднен [3, с. 28].

Информационные системы для сложных экспериментов позволяют эффективно собирать, обрабатывать и анализировать большие объемы данных, получаемых в ходе экспериментов. Например, в области физики высоких энергий, где проводятся эксперименты на коллайдерах, информационные системы помогают управлять данными, поступающими от множества детекторов, и обеспечивают их быструю обработку для выявления редких событий.

Современные информационные системы также интегрируют различные инструменты для моделирования и визуализации данных, что позволяет ученым лучше понимать результаты и делать точные прогнозы. Кроме того, такие системы могут поддерживать много-

уровневую коллаборацию между токсидромами, исследовательскими группами и учреждениями, что способствует обмену знаниями и ускоряет процесс научных открытий.

Однако разработка и внедрение информационных систем для сложных экспериментов – это не только технический вызов, но и задача, требующая глубокого понимания специфики предметной области. Важно, чтобы такие системы были адаптированы под конкретные нужды экспериментов и обеспечивали высокую степень надежности и безопасности, так как ошибки в процессе обработки данных могут привести к искажению результатов и даже поставить под сомнение саму гипотезу исследования [2].

Разработка информационных систем для сложных экспериментов сталкивается с рядом проблем, среди которых выделяется сложность понимания всей системы в целом. В условиях многомерности и взаимодействия различных компонентов системы важно применять системный анализ, который поможет выявить взаимосвязи и зависимости. Этот подход позволяет не только лучше осознать структуру системы, но и выявить ключевые слабые места, что критично для эффективного функционирования во время проведения экспериментов.

Также одной из значительных проблем является получение знаний экспертов в определенной предметной области. Порой такие знания трудно формализуются и становятся недоступными для широкой аудитории, что затрудняет разработку системы и ее дальнейшее автоматизированное управление. Для решения данной проблемы целесообразно интегрировать в систему общую базу знаний, а также разработать интеллектуальных агентов, которые будут использовать эту базу для генерации предложений относительно разрешения различных задач и проблем. Это позволит снизить зависимость от индивидуальных экспертов и улучшить доступность критических знаний.

Не менее важной проблемой являются конфликты заинтересованных лиц, возникающие из-за различий в ценностях и интересах участников процесса. Эти конфликты могут влиять на эффективность кооперации и результаты экспериментов. Для их минимизации целесообразно разрабатывать аналитические модели, которые учитывают интересы всех сторон. Такие модели помогут не только выявлять потенциальные источники конфликтов, но и находить компромиссные решения, что в итоге повысит вероятность успеха разработки и использования информационных систем [3, с. 56].

Объединение эмпирического и математического уровней в процессе решения проблем представляет собой важный шаг к созданию целостной методологии, которая позволяет проводить работы по единой технологии как с экспериментальными данными, так и с математическими моделями вычислительного эксперимента. Это взаимосвязь создает условия для более глубокого анализа и верификации результатов, обеспечивая более высокую степень точности и надежности выводов. Применение реляционных технологий в данной сфере также играет значительную роль, так как они позволяют интегрировать программное обеспечение и данные, оптимизируя процесс обработки информации. Это дает возможность эффективно анализировать результаты расчетов с применением стандартных средств, а также разрабатывать многопользовательские версии программных па-

кетов или виртуальные лаборатории, что способствует совместной работе исследователей и облегчает доступ к данным.

Имитационное моделирование выступает как мощный инструмент для анализа сложных систем. Создание имитационной модели, которая детализирует законы функционирования каждого элемента системы и их взаимосвязи, позволяет исследователям глубже понять динамику процессов. В результате имитационного эксперимента, основываясь на исходных данных, можно получить представление о состоянии системы в конкретные моменты времени, что критически важно для оценки её характеристик. Это, в свою очередь, даёт возможность не только анализировать текущее состояние системы, но и разрабатывать новые решения, которые соответствуют заданным критериям эффективности. Благодаря подходам, объединяющим эмпирическое и математическое моделирование, использование реляционных технологий и имитационного моделирования, исследователи могут значительно повысить качество и результативность своих работ [3, с. 63].

Проблемы и решения в разработке информационных систем рассмотрим на примере программ реконструкции нейтральных π -мезонов для электромагнитного калориметра эксперимента MPD/NICA

Эксперимент MPD на коллайдере NICA представляет собой важное направление в области физики высоких энергий, сосредоточенное на детальном изучении состояния горячей и плотной ядерной материи, возникающей в результате соударений тяжёлых ионов в диапазоне энергий 4-11 ГэВ/нуклон. Установка MPD (Multi-Purpose Detector) предназначена для регистрации частиц, образующихся при этих столкновениях, что позволяет изучать широкий спектр явлений, связанных с экзотическими состояниями материи. В рамках эксперимента особое внимание будет уделено выходу странных частиц, барионов и антибарионов, а также поиску взаимосвязей между событиями, например, флуктуациям множественности рождённых частиц и поперечному импульсу [1].

Кроме того, исследование анизотропных и коллективных потоков, а также импульсных

корреляций, представляет собой ключевой аспект работы MPD, который может предоставить новые данные о механизмах взаимодействия в условиях высоких температур и плотностей. Не менее интересно изучение рождения лептонных пар и мягких фотонов, что открывает новые горизонты для понимания фундаментальных процессов, происходящих в таких экзотических состояниях материи. Среди важных компонентов детекторной системы MPD – калориметр ECal, чья основная задача заключается в измерении координаты и энергии электронов и фотонов, возникающих в результате соударений тяжёлых ионов. Это позволит получить более полную картину процессов, происходящих в горячей ядерной материи, и углубить наше понимание физических явлений на квантовом уровне [1].

Исследования на комплексе NICA охватывают широкий круг явлений, связанных со структурой сильновзаимодействующей материи и проявляющихся в реакциях с участием тяжелых ионов, поляризованных адронов и легких ядер. Основным направлением программы исследований является поиск и экспериментальное исследование фазовых переходов и критических явлений в сильновзаимодействующей ядерной материи при экстремальных барионных плотностях.

Целями экспериментальных вычислительных сред проекта «NICA» являются моделирование столкновений с реалистичным откликом детектора, а также реконструкция и анализ данных, поступающих от имитированных и реальных взаимодействий. Программные среды для каждого эксперимента проекта NICA – MPD, BM@N и SPD соответственно, называются MPDRoot, BMNRoot и SPDRoot и отличаются только описанием различных наборов детекторов [5]. Эти среды наследуются от структуры CBMRoot, имеют такую же структуру и используют ROOT, FAIRRoot, FAIRsoft как внешние пакеты. Пакет FAIRsoft включает в себя внешние пакеты для разработки программного обеспечения, такие как BOOST, GSL, GEANT4(3), Millepede и ZeroMQ [1].

Одной из особенностей оболочки MPDRoot является метод описания геометрии детектора. Ввод информации в этом методе осуществля-

ется в формате геометрии Root. Введенные данные о геометрии детектора, его материалах и параметрах сохраняются затем в базе данных внутри MPDRoot.

Для реалистичного моделирования физических процессов в оболочке обеспечен ввод данных от различных Монте-Карло генераторов событий ядро-ядерных столкновений, таких как UrQMD и FastMC и др. Также в оболочке предусмотрен механизм, моделирующий наложение фоновых событий на исследуемое распределение [1].

Для моделирования использовался программный генератор UrQMD. UrQMD (Ultra relativistic Quantum Molecular Dynamics) [4] – это генератор адрон-ядерных и ядерно-ядерных взаимодействий, основанный на ультрарелятивистской квантовой молекулярной динамике в рамках теории цветных струн. Он предназначен для моделирования взаимодействий тяжелых ионов. В рамках этого генератора изучается широкий круг эффектов, связанных с тяжелыми ионами: от мультифрагментации и коллективного движения до образования конечных частиц и корреляций между ними.

Модель UrQMD позволяет моделировать столкновения частиц в диапазоне энергий \sqrt{s} от 2 ГэВ до 100 ГэВ. Для низких и промежуточных энергий адрон-адронные и ядро-ядерные столкновения описываются в терминах взаимодействий между адронами и их возбужденными состояниями. При высоких энергиях учитываются кварковая и глюонная степени свободы и вводится понятие возбуждения цветных струн с последующей их фрагментацией в адроны [4].

Таким образом, информационные системы становятся неотъемлемой частью сложных экспериментальных процессов, способствуя повышению их эффективности и надежности. Разработка и внедрение информационных систем для сложных экспериментов требует комплексного подхода, который включает в себя не только технические аспекты, но и глубокое понимание предметной области. Это связано с тем, что каждая дисциплина – будь то физика, биология или социология – имеет свои уникальные характеристики и требования, определяющие, каким образом

данные должны быть собраны, обработаны и проанализированы.

Создавая системы для экспериментов, необходимо учитывать не только технические характеристики, но и риски, связанные с возможными сбоями, что требует от разработчиков глубокого погружения в специфику и контекст проводимых исследований.

Главный вызов заключается в обеспечении гармоничного взаимодействия между техноло-

гическими решениями и реалиями научной практики. Это предполагает активное сотрудничество между учеными и IT-специалистами, чтобы в итоговую систему были интегрированы лучшие практики и инструменты, способствующие достижению высоких уровней надежности, устойчивости и безопасности. Только так можно гарантировать, что результаты экспериментов окажутся валидными и смогут внести значимый вклад в развитие науки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка программ реконструкции нейтральных π -мезонов для электромагнитного калориметра эксперимента MPD/NICA». – URL: <https://indico.particle.mephi.ru/event/239/contributions/2907/attachments/1621/2745/pdf>.
2. Романов Б. Роль аналитика в разработке сложных информационных систем. – URL: <https://habr.com/ru/articles/857606/>.
3. Спицина И.А. Метод поддержки принятия решений при разработке информационных систем на основе мультиагентного подхода [Текст]: монография / И.А. Спицина, К.А. Аксенов. – Екатеринбург: УрГПУ, 2018. – 156 с.
4. Relativistic hadron-hadron collisions in the ultra-relativistic quantum molecular dynamics model / M. Bleicher [и др.] // Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics. – 1999. – Т. 25, № 9. – С. 1859-1896.
5. Network and computing infrastructure for the NICA complex at JINR. Тех. отч. / A. Dolbilov [и др.]. – 2018.

PROBLEMS AND SOLUTIONS IN THE DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEMS FOR COMPLEX EXPERIMENTS

MELIKIAN Rafael Armenovich

Postgraduate Student

MUSTAFAEVA Dzhamilya Guseynovna

Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor

Head of the Department of Information Technologies and Systems

North Caucasian State Mining and Metallurgical Institute (State Technological University)

Vladikavkaz, Russia

This paper is devoted to the development of information systems for complex experiments. In particular, the information system for the MPD experiment at the NICA collider is considered. It has been revealed that the development and implementation of information systems for complex experiments requires an integrated approach that includes not only technical aspects, but also a deep understanding of the subject area.

Keywords complex experiment, information system, simulation modeling, experimental computing environments, harmonious interaction.
