

### Лаборатория информационных технологий им. М. Г. Мещерякова

Разработана система метаданных событий для экспериментов проекта NICA. Такие системы активно используются в современных экспериментах по столкновению частиц и представляют собой базу данных (каталог событий), содержащую сводные данные о событиях столкновения частиц и ссылки на место их хранения в распределенном хранилище, обеспечивая быстрый поиск и отбор требуемого набора событий по хранимым метаданным для их дальнейшей обработки и физического анализа.

На основе опыта других экспериментов (ATLAS, CMS и BESIII) разработана общая архитектура системы метаданных событий для экспериментов на NICA. Она включает в себя базу метаданных событий, веб-сервис для просмотра метаданных и отбора событий, программный интерфейс для автоматизированной записи новых метаданных во время обработки событий и запроса требуемых событий согласно заданным критериям для физического анализа в программном обеспечении эксперимента. Для реализации каталога событий была выбрана СУБД PostgreSQL, так как она обеспечивает приемлемое время обработки метаданных, легко конфигурируется и является универсальной с точки зрения запросов пользователей.

*Alexandrov E. I. et al. Design of the Event Metadata System for the Experiment at NICA // Phys. Part. Nucl. Lett. 2021. V. 18, No. 5.*

В сотрудничестве с ЛТФ и Каирским университетом рассчитаны сечения упругого рассеяния заряженных пи-мезонов на ядрах  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{58}\text{Ni}$ ,  $^{208}\text{Pb}$  в диапазоне значений энергии от 130 до 290 МэВ и проведено их сравнение с имеющимися экспериментальными данными. Расчеты проводились в рамках двух моделей микроскопического оптического потенциала

### Meshcheryakov Laboratory of Information Technologies

The work is devoted to the development of the Event Metadata System for the experiments of the NICA project. Such systems are actively used in modern particle collision experiments and provide a database (Event Catalogue) that contains summary data on particle collision events and references to their distributed storage lo-

cation, ensuring a quick search and selection of a required set of events based on the stored metadata for their further processing and physics analysis. Based on the experience of other experiments (ATLAS, CMS and BESIII), a common architecture of the Event Metadata System for the experiments at NICA has been developed. It encompasses an event database, a web service for viewing metadata and selecting events, an application programming interface for automatically recording new metadata during event processing and requesting events according to specified criteria for physics analysis in the experiment software. The PostgreSQL DBMS has been chosen to implement the Event Catalogue, since it ensures acceptable metadata processing time, is easily configurable and universal with regard to user requests.

*Alexandrov E. I. et al. Design of the Event Metadata System for the Experiment at NICA // Phys. Part. Nucl. Lett. 2021. V. 18, No. 5.*

In collaboration with BLTP and Cairo University, the cross sections for elastic scattering of charged pi-mesons by  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{40}\text{Ca}$ ,  $^{58}\text{Ni}$ ,  $^{208}\text{Pb}$  nuclei in the energy range from 130 to 290 MeV were calculated and compared with the

(ОП): фолдинговой модели ОП и модели локального модифицированного ОП Кисслингера. Сечения пион-нуклонного рассеяния получены на основе численного решения уравнения Клейна–Гордона. Для обеих моделей ОП получено хорошее согласие с экспериментальными данными, к тому же форма потенциалов совпадает в области поверхности. На основе фитирования параметров элементарной  $\pi^\pm N$ -амплитуды в фолдинговом ОП к экспериментальным данным  $\pi^\pm A$ -рассеяния исследовано влияние ядерной среды на механизм пион-нуклонного рассеяния.

*Lukyanov V.K. et al. Analysis of the Pion-Nucleus Scattering within the Folding and the Kisslinger Type Potentials // Nucl. Phys. A. 2021. V. 1010. P. 122190.*

Расчеты в теории поля обычно выполняются с использованием некоторых вариантов теории возмущений, например с использованием петлевых разложений. Эти расчеты приводят к асимптотическим рядам по степеням малых параметров связи, которые, как правило, расходятся при конечных значениях параметров. В работе описывается метод, позволяющий осуществить экстраполяцию таких асимптотических рядов на конечные значения параметров связи, а также на их бесконечные пределы. Метод основан на теории

автомодельных приближений, разработанной авторами. Эта теория хорошо работает на широком классе функций: рациональных, иррациональных и трансцендентных. Метод основан на применении автомодельных фактор-аппроксимаций, позволяющих экстраполировать значения функций на произвольные значения параметров связи, если знать только разложения этих функций по малым параметрам связи. Эффективность метода проиллюстрирована несколькими задачами квантовой теории поля.

*Yukalov V.I., Yukalova E.P. Self-Similar Extrapolation in Quantum Field Theory // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 076019.*

Одной из важных задач при создании вычислительной системы комплекса NICA является прогнозное моделирование центров хранения и обработки как поступающих с экспериментальных установок комплекса данных, так и смоделированных событий столкновения частиц. Моделирование позволяет определить оптимальную конфигурацию необходимого оборудования на стадии проектирования центров обработки данных.

В ЛИТ им. М.Г.Мещерякова разработан программный комплекс для моделирования систем сбора, хранения и обработки данных эксперимента BM@N.

available experimental data. The calculations were carried out within two models of microscopic optical potential (OP), namely, the folding model and the local modified Kisslinger type OP. The cross sections of pion-nucleon scattering were obtained by numerically solving the Klein–Gordon equation. For both OP models, good agreement with the experimental data was obtained, and the shapes of the potentials coincide in the region of their surfaces. By fitting the elementary  $\pi^\pm N$  amplitude parameters in the folding OP to the  $\pi^\pm A$  scattering experimental data, the effect of the nuclear medium on the mechanism of pion-nucleon scattering was investigated.

*Lukyanov V.K. et al. Analysis of the Pion-Nucleus Scattering within the Folding and the Kisslinger Type Potentials // Nucl. Phys. A. 2021. V. 1010. P. 122190.*

Calculations in field theory are usually performed by employing some variants of perturbation theory, for instance, using loop expansions. These calculations result in asymptotic series in powers of small coupling parameters, which as a rule are divergent for finite values of the parameters. The paper describes a method that enables the extrapolation of such asymptotic series to finite

values of the coupling parameters, and even to their infinite limits. The method relies on self-similar approximation theory elaborated by the authors. This theory approximates well a large class of functions, rational, irrational, and transcendental. A method is based on the use of self-similar factor approximants, which allow for the extrapolation of functions to arbitrary values of coupling parameters, knowing only the expansions in powers of small coupling parameters. The efficiency of the method is illustrated with several problems of quantum field theory.

*Yukalov V.I., Yukalova E.P. Self-Similar Extrapolation in Quantum Field Theory // Phys. Rev. D. 2021. V. 103. P. 076019.*

One of the uppermost tasks in creating a computing system of the NICA complex is predictive modeling of centres for storing and processing data from experimental setups of the complex and simulated events of particle collision. Modeling allows one to determine the optimal configuration of the necessary equipment during the design stage of data centres.

A software complex for simulating data acquisition, storage and processing systems of the BM@N experiment was developed at the Meshcheryakov Laboratory of

Целью моделирования было оптимальное распределение потоков задач первичной обработки данных эксперимента VM@N на вычислительные узлы для минимизации простоев оборудования в процессе выполнения заданий. Для моделирования был выбран вероятностный подход, основанный на представлении информационных процессов как потоков байтов и использовании вероятностных распределений значимых процессов получения данных. Вероятностный подход означает, в частности, что должны быть определены вероятности потерь поступающей информации для их минимизации, чтобы не допустить роста стоимости раз личных конфигураций используемого оборудования центров обработки данных. На основании результатов проведенного моделирования можно предсказать загрузку каналов связи, по которым передаются данные эксперимента VM@N, затраты вычислительных ресурсов на выполнение задач преобразования бинарных экспериментальных данных в реконструированные данные, необходимый объем хранилищ данных и многое другое.

*Priakhina D. et al. Data Centre Simulation for the VM@N Experiment of the NICA Project // AIP Conf. Proc. 2021.*

Моделирование рассеивания загрязняющих веществ в воздухе является стандартным инструментом

для оценки качества воздуха. Традиционные модели дисперсии требуют большого количества данных и значительных вычислительных мощностей. В качестве альтернативы моделированию рассеивания применяется моделирование регрессии землепользования (LUR), предполагающее, что концентрация загрязнения определяется локальными факторами, полученными путем пространственного анализа. Регрессионная модель землепользования строится на факторах, описывающих максимальную вариативность результатов мониторинга загрязнения воздуха с использованием регрессии, и в ней обычно учитываются факторы источников загрязнения и растительного покрова. С помощью подхода LUR можно фиксировать любые явления, которые считаются важными, и проверять их значимость.

Целью исследования были реализация регрессионной модели землепользования в регионе EGTC TRITIA (Европейская группа территориального сотрудничества (EGTC) — это форма транснационального сотрудничества на уровне Европейского Союза между странами и местными властями), тестирование двух наборов факторов загрязнения — данных о выбросах и результатов модели дисперсии, а также сравнение регрессии на основе нейронных сетей с

Information Technologies of JINR. The goal of simulation was to optimally distribute the flows of primary data processing jobs of the VM@N experiment to compute nodes in order to minimize hardware downtime during the job execution. A probabilistic approach based on the representation of information processes as byte streams and the use of probabilistic distributions of significant data acquisition processes was chosen for modeling. The probabilistic approach means, in particular, that the probability of incoming information loss must be defined in order to minimize it, since it is essential to prevent an increase in the cost of various configurations of the equipment used in data centres. Based on the simulation results, it is possible to predict the load of communication links that transmit data, the cost of computing resources to perform jobs of converting binary experimental data to reconstructed data, the required amount of data storage, and much more.

*Priakhina D. et al. Data Centre Simulation for the VM@N Experiment of the NICA Project // AIP Conf. Proc. 2021.*

Air pollution dispersion modeling is a common tool used for air quality assessment. Standard dispersion mod-

els are data-intensive and computational power-demanding processes. Land Use Regression (LUR) modeling is an alternative approach to dispersion modeling, which assumes that pollution concentration is determined by local factors obtained via spatial analysis. The LUR model is constructed of factors attempting to describe the maximum variability of air pollution monitoring results using regression and usually counts with factors of pollution sources and land cover. LUR can capture any phenomena that are considered important and test their significance.

The goal of the study was to perform the LUR model in the EGTC TRITIA region (the first grouping of its kind at the area of Poland, Slovakia and the Czech Republic with regional governments as its members), to test two sets of pollution data factors, i.e., emission data and dispersion model results, as well as to compare neural network-based regression with linear regression. Both input datasets provided a similar quality of results in the case when standard linear regression was used: the coefficient of determination ( $R^2$ ) of the models was 0.639 and 0.652. Neural network regression ensured a significantly higher quality of the models: their

линейной регрессией. При использовании стандартной линейной регрессии оба набора входных данных обеспечили одинаковое качество результатов: коэффициент детерминации ( $R^2$ ) моделей составил 0,639 и 0,652. Регрессия на основе нейронной сети показала значительно более высокие результаты:  $R^2$  достиг 0,937 и 0,938 для факторов, базирующихся на данных о выбросах и результатах модели дисперсии соответ-

ственно. Было доказано, что регрессия на основе нейронных сетей оказывает положительное влияние на качество моделей LUR, поскольку лучше отражает общий нелинейный характер рассеивания загрязняющих веществ.

*Bitta J., Svozilik V., Svoziliková Krakovská A.* The Neural Network Assisted Land Use Regression // Atmosphere. 2021. V. 12, No. 4. P.452.

---

$R^2$  was 0.937 and 0.938 for the factors based on emission data and dispersion model results, respectively. Neural network-based regression has proven to have a positive

impact on the quality of LUR models, since it better reflects the overall non-linear behavior of pollution dispersion.

*Bitta J., Svozilik V., Svoziliková Krakovská A.* The Neural Network Assisted Land Use Regression // Atmosphere. 2021. V. 12, No. 4. P.52.