

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Россия*

***Аннотация.** Рассматриваются средства поддержки индивидуальных образовательных траекторий обучения в высшей школе на примере изучения перспективной парадигмы декларативного программирования наборов ответов (ASP), ориентированной на решение NP-сложных задач поиска. Приводятся механизмы вывода и доказательства, используемые в ASP. Описывается программа-обозреватель библиотеки примеров задач на языке ASP. Перечисляются области возможного применения ASP: онтологические модели знаний, семантический Web, интеллектуальные агенты.*

**Ключевые слова:** индивидуальные образовательные траектории; декларативная парадигма; программирование наборов ответов; ASP; библиотека примеров на ASP

Одним из важных компонентов современных технологий высшего образования являются индивидуальные образовательные траектории, которые должны поддерживаться соответствующими средствами автоматизации для изучения перспективных направлений в разных областях знаний.

Прогресс в области искусственного интеллекта (ИИ), достигнутый в XXI веке, обязан, в основном, успехами в решении отдельных задач, для каждой из которых создавалась отдельная система ИИ с собственной моделью машинного обучения с помощью данных, свойственных данной задаче. Но интеллектуальный агент в широком смысле должен уметь делать больше, чем решать единственную задачу. В настоящее время ИИ понимается как задача разработки приблизительно рациональных интеллектуальных агентов. Одним из перспективных подходов является использование пропозиционального представления состояний таких интеллектуальных агентов на основе логики предикатов 1-го порядка.

ASP (answer set programming – программирование наборов ответов) – новая парадигма декларативного программирования, которая ориентирована на сложные (в основном NP-сложные) задачи поиска. Применяется для разработки автономных программных агентов, программирования роботов, составления расписаний и решения задач логистики [1, 2]. ASP поддерживает интеграцию с C++, Python, Prolog и другими языками.

Программа на ASP основана на семантике логического программирования, описывает проблему как набор фактов и правил, формирует решение в виде устойчивой модели (набора ответов). Среда ASP компилирует проблему в виде логической программы и далее многократно изменяет её в процессе формирования данной устойчивой модели. Поиск устойчивой модели реализуется посредством набора программ ее генерации (решателей) [3]. Процесс поиска является полным алгоритмом поиска с возвратом для решения задачи определения выполнимости булевых формул (SATISFIABLE – выполнимость), записанных в КНФ, и основан на правиле резолюций. После приведения исходной булевой формулы к КНФ происходит генерация SAT-решателей, определяющих возможность назначения всем переменным, встречающимся в формуле, значения ложь (0) или истина (1) так, чтобы формула стала истинной. В случае, когда встречается конфликт, то есть, полученная формула

является невыполнимой, включается механизм возврата (бэктрекинга), при котором отменяются ветвления, в которых для переменной были опробованы оба значения.

Реализация индивидуальных образовательных траекторий обучения в высшей школе на этапе получения студентами специальных знаний предполагает использования средств автоматизации для поддержки и повышения эффективности обучения.

В настоящее время непросто найти достаточно полную информацию на русском языке о современных языках и средствах декларативного программирования, за исключением языка Prolog. Для упрощения знакомства и удобства использования языка и среды ASP разработано комплексное приложение, включающее в себя как библиотеку примеров решенных задач, так и средства поддержки их изучения.

В библиотеку включены отлаженные примеры классических задач поиска (в основном NP-сложных) [1, 2, 4] с подробными комментариями, используются разные способы решения задач. Программа-обозреватель библиотеки примеров ASP-программ разработана на языке Java с использованием платформы JavaFX и инструмента SceneBuilder. Данное приложение упрощает студентам работу со средой ASP при начальном знакомстве с языком ASP и может быть использовано для поддержки учебного процесса в рамках индивидуальных образовательных траекторий.

Актуальность задачи разработки средств автоматизации изучения и практического использования декларативной парадигмы с использованием ASP подтверждается простотой и элегантностью программирования набора ответов, возможностью его использования для рассуждения об онтологиях посредством объединения ASP с базами знаний описательной логики – онтологиями OWL, которые идеально подходят для задач семантического Web [5].

Средства языка ASP оказываются плодотворны в задачах программирования диагностики интеллектуальных агентов, предоставляя им возможность разумно справляться с непредвиденными ситуациями, которые не были учтены при разработке, что является первым шагом к повышению их автономности. Реализация на ASP немонотонных диагностических рассуждений дает аналогичные, а иногда даже лучшие результаты, чем специализированные алгоритмы диагностики [6].

#### Список литературы:

1. Официальный сайт Potassco [Электронный ресурс]: режим доступа – <https://potassco.org>.
2. Беляев С. А., Родионов С. В. Программирование наборов ответов: учебно-методическое пособие. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2020. 32 с.
3. SAT Solvers: Theory and Practice [Электронный ресурс]: режим доступа – [https://resources.mpi-inf.mpg.de/departments/rg1/conferences/vt08/slides/barret1\\_sat.pdf](https://resources.mpi-inf.mpg.de/departments/rg1/conferences/vt08/slides/barret1_sat.pdf).
4. Gebser M., Kaminski R., Kaufmann B., Schaub T. Answer Set Solving in Practice: synthesis lectures on artificial intelligence and machine learning. – Potsdam, University of Potsdam, 2013. – 221 p.
5. Thomas Eiter Answer Set Programming for the Semantic Web // International Conference on Logic Programming ICLP 2007: Logic Programming, – pp. 23-26.
6. Intelligent Agents Diagnostics–Enhancing Cyber-Physical Systems with Self-Diagnostic Capabilities [Электронный ресурс]: режим доступа – [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-74610-2\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-74610-2_3).

S. V. Rodionov

Means of supporting the study of the modern declarative programming paradigm

*Saint Petersburg Electrotechnical University, Russia*

**Abstract.** *The means of supporting individual educational trajectories of higher education are considered by the example of studying a promising paradigm of declarative programming of answer sets (ASP), focused on solving NP-complex search problems. The inference mechanisms and proofs used in ASP are given. A browser program for the library of sample tasks in the ASP language is described. The areas of possible application of ASP are listed: ontological knowledge models, semantic Web, intelligent agents.*

**Keywords:** individual learning paths; declarative paradigm; answer set programming; ASP; ASP example library