

**УДК 621.311**

Москалёва Ксения Алексеевна, студентка  
(КузГТУ, г.Кемерово)

Moskaleva Ksenia Alekseevna, student  
(KuzSTU, Kemerovo)

Паскарь Иван Николаевич, старший преподаватель  
Paskar Ivan Nikolaevich, senior lecturer  
(KuzSTU, Kemerovo)

## **МУЛЬТИ-АГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

### **MULTI-AGENT SYSTEMS: NEW POSSIBILITY IN ELECTRICAL POWER INDUSTRY**

Аннотация: Мульти-агентные системы - это направление искусственного интеллекта, использующие для управления системами совокупность взаимодействующих агентов. В данной статье рассмотрена структура мульти-агентного комплекса и возможность его использования в электроэнергетике.

Abstract: Multi-agent systems are the current of artificial intelligence, which use a set of interacting agents to control systems. This article describes the structure of the multi-agent complex and the possibility of its use in the power industry.

На сегодняшний день развитие информационных технологий набирает большие обороты, особенно в области искусственного интеллекта. Данный факт находит свое отражение в различных областях нашей жизни, в том числе, всецело охватывая электроэнергетику. Информационные технологии, при нынешнем объеме информации, помогают в проектировании, прогнозировании, а также в мероприятиях, соответствующих процессам производства, распределения и потребления электроэнергетического ресурса. Современные электротехнические комплексы и системы электрических сетей претерпевают определенные этапы изменений, модернизации и совершенствования. На смену простейшим программам приходят комплексы, связанные с информатизацией управления, экспертные оценки, а также ведутся активные разработки в области нейронных сетей. Именно это послужило основой для рассмотрения вопроса возможности использования искусственного интеллекта в электроэнергетике.

Кроме того, все большее распространение находят как источники распространенной генерации, так и возобновляемая энергетика. В этом случае будет наблюдаться значительное разнообразие состава и состояний

оборудования, электрических сетей и систем электроснабжения, которые нуждаются в обработке данных и принятии решений. Из этого вытекает необходимость разработки оптимальных систем управления электроснабжением, которая, в настоящее время, направлена в сторону искусственного интеллекта. Это позволит не только снизить негативное влияние человеческого фактора, но вести контроль и вести управление в режиме реального времени. Данные технологии находят особое применение в координации сложной системы, а также важных отраслях, для которых критерии живучести и надежности являются преобладающими. Кроме того, вследствие динамически изменяющейся работы систем имеют место различного рода поломки и аварии. Поэтому стоит острая необходимость в создании такого механизма, способного быстро реагировании на такие изменения с дальнейшим выравниванием режима работы системы. [1]

Одним из наиболее перспективных подходов по управлению сложными объектами электротехнического комплекса является внедрение в уже существующую систему мульти-агентной системы (МАС). МАС– это отдельное течение искусственного интеллекта, которое при решении сложных задач задействует систему, включающую в себя совокупность агентов, постоянно находящихся во взаимодействии. В теории мульти-агентных систем считается, что один агент владеет частичным представлением о тотальной проблеме. Значит, такой агент может решить лишь некоторую часть общей задачи. Поэтому для решения глобальных проблем следует создать определенное количество агентов и сформировать между ними оперативное взаимодействие, позволяющее выстроить единую систему.

На сегодняшний момент существует особый подход к искусственному интеллекту. Данный подход основан на понятии рационального агента, который всегда стремится оптимизировать свои возможности, степень полезности своих действий. Вместе с тем, агенты не всегда рассматриваются как одиночные системы. Как правило, они находятся во взаимодействии друг с другом. Поэтому системы, которые включают в свой состав совокупность взаимодействующих агентов, носят название «мульти-агентные системы».

Агент, помещенный в некоторую среду, можно рассматривать, как отдельную открытую систему. При этом данная система будет обладать свойственным для нее поведением, соответствующее определенным принципам. В таком случае агент оказывается способным фиксировать информацию в ограниченном для него объеме из внешней среды, обрабатывать эту информацию с помощью собственных ресурсов, общаться с другими агентами и воздействовать на среду в течение некоторого времени, выполняя свои собственные задачи и следуя своим поставленным целям.

Специальные устройства, позволяющие реализовать конкретное поведение искусственным агентом путем восприятий внешних воздействий среды, называются рецепторами. Также существуют особые устройства, которые сами оказывают воздействие на среду. Они носят название «эффекторы» (исполнительные органы). Ко всему прочему, агент включает в себя процессор – специальное устройство обработки информации, и память. В данном случае под памятью понимают способность агента хранить сведения о своем состоянии и состоянии среды.

Рецепторы составляют совокупность восприятия агента, обеспечивающая прием и в дальнейшем первичную обработку данных, которые поступают к агенту, как из внешней, так и из внутренней среды. Затем полученные результаты отправляются в память агента. Рассматриваемая система способна контролировать деятельность агента с помощью выявления различий между его текущими и ожидаемыми состояниями. При этом требуется, чтобы память агента содержала информацию о стандартных реакциях на сигналы от рецептора, сведения о текущем состоянии эффектора и о располагаемых ресурсах. Необходимо, чтобы память агента включала в себя программы переработки входных данных в управляющие сигналы, отправляемые на эффекторы, а также следствия реакций агента на внешние условия.

Устройство памяти, как правило, состоит из трех основных компонентов, к которым относятся: модель самого агента, модель внешнего мира и система фильтров, выделяемая наиболее значимую информацию. В итоге, сложность и характер поведения самого агента, степень его автономности и разнообразие содержащихся знаний определяется объемом памяти агента.

Устройство обработки полученной информации (процессор) осуществляет организацию и переработку различных параметров, составление соответствующих реакций на сведения о состоянии среды, а также быстрое принятие решений о выполнении последующих действий. При этом, главной особенностью любого агента является возможность выбора соответствующих действий при заданных ему ограничениях.

Самая важная функция эффектора - это осуществление воздействия на среду. Например, этого можно достичь перемещением объектов внешней среды, отображением информации символьном формате или же поддержанием необходимого состояния агента и т.д.

Базовая совокупность характеристик при организации искусственных агентов должна включать следующие свойства:

- активность – возможность организации и последующая реализация действий;
- реактивность – способность воспринимать состояние как внешней, так и внутренней среды;

- автономность – обладание собственным поведением, т.е. независимость от окружающей среды;
- общительность – совместное решение поставленных проблем совокупно с другими агентами;
- целенаправленность - наличие собственных источников мотивации.

Наглядно работу агентов можно отразить на конкретном примере. Рассмотрим случай, когда следует заложить в систему задачу по расчету потребления и производства электрической энергии в заданный момент прогнозирования, а также выражение интервалов времени, в которых происходит закупка электроэнергии из внешней сети.

Теория МАС закладывает следующий принцип представления агента:

$$Ag = \langle G, S, A, \theta, \varphi \rangle \quad (1)$$

где  $G$  – целочисленная функция нескольких переменных, подлежащих оптимизации,  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  – набор параметров состояния,  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  – набор конкретных действий, знаний и оператор. Данной задачей предполагается определение следующего набора агентов:

$$Ag_1 = \langle Ag_{bc}, Ag_{bp}, Ag_{ms} \rangle \quad (2)$$

где  $Ag_{bc}$  – агент энергопотребления,  $Ag_{bp}$  – агент производства энергии,  $Ag_{ms}$  – агент моделирования. При необходимости возможно также и увеличение множества агентов.

Главной функцией агента энергопотребления является сбор данных об энергопотреблении и передача полученных результатов агенту моделирования. Назначение агента моделирования – построение спрогнозированных параметров потребления и производства электроэнергии на основе тех данных, которые были получены от агентов  $Ag_{bc}$  и  $Ag_{bp}$ . При разработке комплекса, агент моделирования использует результаты, доставленные агентом энергопотребления, и, затем, составляет на основе представленной информации прогноз. [2]

Таким образом, данный пример отражает в самом простом варианте концепцию построения системы моделирования на основе мульти-агентного подхода. Именно МАС позволяют решить ряд проблем, для которых свойственны частые и внезапные изменения и имеют место сложные зависимости между элементами. Но в отличие от традиционных систем, где решение поставленной проблемы производится с помощью централизованных и последовательных алгоритмов, в МАС решение достигается благодаря распределенному взаимодействию большого состава агентов – автономных программных объектов, осуществляющие поиск не

столько предпочтительного, сколько наиболее уместного и актуального решения на каждый момент времени.

Во многом, чтобы обеспечить независимую работу всевозможных частей МАС, агент должен обладать определенными сведениями о таких агентах, которые, прежде всего, оказывают существенное влияние на его работу. В таком случае распределительная часть электроэнергетической системы незначительно влияет на ее передающую часть и может рассматриваться, как независимая составляющая. Сообщаясь друг с другом агенты без особого труда могут координировать свои действия. [3,4]

Немаловажным фактом является то, что МАС обладают характерными только для нее свойствами:

- адаптивность к изменяющимся условиям внешней среды;
- скорость принятия агентами самостоятельных решений;
- саморазвитие;
- высокая степень живучести системы;
- модификации параметров системы и ее структуры в процессе работы;
- уменьшение зависимости от человеческого фактора. [5]

В электроэнергетике интерес к данному направлению возрос и активно начал развиваться с момента появления идеологии Smart Grid. Основной причиной возникновения нового взгляда в сторону искусственного интеллекта стал тот факт, что последние годы прогнозируемое развитие может повлечь за собой целый ряд проблем. Например, частые повышения стоимости электроэнергии, снижение надежности электроснабжения и качества электроэнергии, изменение условий функционирования рынка электроэнергии и мощности и т.д. В связи с этим возрастает необходимость кардинальных преобразований и нововведений в электроэнергетике.

Актуальность развития мульти-агентного подхода по управлению работой систем электроснабжения, в первую очередь, обуславливается их сложностью, снижением эффективности централизованного управления, которое связано с резко изменяющимися режимами работы, а также с неоднородностью и нелинейностью решаемых задач. Поэтому на данный момент требуется создание адаптирующейся и приспособляющейся к быстрым изменениям параметров работы системы по управлению и оптимизации всего электроэнергетического комплекса.

#### Список литературы:

1. Онищенко Р.А., Кузнецов Е.А. Возможность применения мульти-агентного подхода в регулировании работы энергосистемы // Международный студенческий научный вестник – 2018 – № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=18161> (дата обращения: 13.10.2018).

2. Щербаков М.В., Набиуллин А.С., Камаев В.А. Мульти-агентная система моделирования производства и потребления электроэнергии в гибридных энергетических системах // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона» - 2012 - №2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/775> (дата обращения: 21.09.2018).
3. Воропай Н.И., Колосок И.Н., Панасецкий Д.А. Мульти-агентные технологии в исследованиях электроэнергетических систем и управлении ими // ИСЭМ СО РАН – 2014. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.energystrategy.ru/projects/Energy\\_21/7-3.pdf](http://www.energystrategy.ru/projects/Energy_21/7-3.pdf) (дата обращения 27.09.2018).
4. Multi-agent systems for power engineering applications – Part I: Concepts, approaches, and technical challenges / S.D.J.McArthur, E.M.Davidson, V.M.Catterson, e.a. // IEEE Transactions on Power Systems, 2007, Vol.22, No.4, p. 1743-1752.
5. Черезов А.В. Мультиагентные технологии: новые возможности для российской электроэнергетики // Состояние и перспективы развития ТЭК России – 2018 – с.166-170. [Электронный ресурс]. URL: <http://federalbook.ru/files/TEK/Soderzhanie/Tom%2015/III/Cherezov.pdf> (дата обращения: 1.10.2018).