

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

MATHEMATICAL METHODS IN ECONOMY

УДК 338.45:621.38

ББК 65.305.142

Г 55

П.В. Глущенко

Кандидат технических наук, доцент, докторант Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург. E-mail: vitavas44@yandex.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ МУЛЬТИАГЕНТА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО ДАННЫМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В СЕТЕВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

(Рецензирована)

Аннотация. В статье рассматриваются основные аспекты разработки описательной модели и блок-схемы интеллектуального алгоритма мультиагента поддержки принятия решения о применении активно-адаптивных процессов; предложена агентная модель электросетевого предприятия и модернизирован при этом термин «агент экономический»; разработан трёхуровневый критический ряд данных состояния объекта; сформулирован термин «активно-адаптивные процессы».

Ключевые слова: алгоритм, модель, блок-схема, мультиагент, интеллектуализация, диагностирование, банк данных, база знаний, адаптивность, поддержка принятия решений, агент экономический.

P.V. Glushchenko

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Doctoral, St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg. E-mail: vitavas44@yandex.ru

INTELLIGENT ALGORITHM OF MULTI-AGENT SUPPORT OF SOLUTION ACCEPTANCE ACCORDING TO DIAGNOSIS IN ELECTRIC POWER NETWORK

Abstract. The paper considers the main aspects of the development of a descriptive model and block diagram of the algorithm multi-agent intelligent decision support on the use of active-adaptive processes. The author proposes an agent model grid and improves the term economic agent itself. He works out a three-level series of critical state data object and formulates the terminology of active-adaptive processes.

Keywords: algorithm, model, block-diagram, multi-agent, intellectualization, diagnosis, database, knowledge base, adaptability, decision support, the economical agent.

Принятие решений является важнейшим процессом в экономике и управлении предприятий и организаций всех отраслей и сфер деятельности. Но особенно это важно в сетевой электроэнергетике, в которой производство, транспортирование, распределение происходят непрерывно.

Это говорит о динамическом характере деятельности как генерирующих, так и электросетевых объектов, что требует постоянного осуществления их диагностирования и принятия оптимальных решений по полученным данным. Диагностирование компаний, в том числе и энергетических, состоит в анализе и оценке основных экономических показателей деятельности предприятия, причины их снижения, в том числе выявленных техническим диагностированием. В основе этой работы лежит анализ и изучение как общих, так и отдельных результатов, неполной информации с целью выявления возможных последствий ведения технологических процессов, а в крупном плане — и перспектив развития электросетевого предприятия.

Дадим представление о таком предприятии посредством его агентной модели, отражающей динамические аспекты. При этой разработке, модернизировав существующее понятие агент экономической [4], под агентами экономическими, действующими в сфере энергетики (Аэ), будем понимать юридические и физические лица, осуществляющие производство, транспортирование и распределение энергии, а также и иные работы и услуги, или выступающие в качестве их покупателя или потребителя. Агенты экономические энергетики можно подразделить на агентов внутренних (Ав), представляющих подсистемы или элементы Аэ, но они сами по себе не могут быть экономическими, т.е. хозяйственными или хозяйствующими субъектами, как Аэ, в который они входят.

При рассмотрении агентов сетевых электроэнергетики (Асээ), т.е. экономических (предприятий) будем исходить из того, что они, как и все экономические системы, состоят из двух блоков — внутренних агентов Ав:

- 1) блок управления (Аву);
- 2) блок производства — передачи или транспортирования электроэнергии (Авп).

Каждый из этих внутренних агентов — это совокупность множества подсистем и/или элементов, находящихся в отношениях друг с другом, которые

и образуют целостность и единство Асээ, как системы. В Асээ в его блоке производства есть два вида объектов — это динамические объекты (агенты) непрерывного типа — ДАвп (ВЛ, КЛ, технологическое оборудование ПС), а также и статические объекты (агенты) САвп: машины (М), механизмы (Мх) и устройства (У), работающие периодически, т.е. имеющие определенный временной график (интервал) работы.

Концептуальную модель агента экономического в энергетике представим укрупненно следующим кортежем:

< Аву, Авп >.

Здесь Аву можно подробно представить следующим образом:

<АОАС, СЭД, Пу > ,

где АОАС — автоматизированная организационно-административная система управления;

СЭД — система электронного документооборота;

Пу — персонал блока управления.

Другой блок — это Авп (электрическая сеть транспортирования и распределения электроэнергии), которую детально запишем с учетом динамики (Д) и статики (С) следующим образом:

<ДАвп (ВЛ, КЛ, ПС, АСУ ТП),
САвп (М, Мх, У), Пп > ,

где ВЛ — воздушные линии электропередачи;

КЛ — кабельные линии электропередачи;

ПС — технологическое оборудование подстанций;

АСУ ТП — автоматизированная система управления технологическим оборудованием и производственными процессами;

Пп — персонал блока производства.

Безусловно, могут быть и иные авторские представления Аву и Авп, чем приведенные выше.

Динамической особенностью энергетики является и то, что процессы производства, транспортирования, распределения и потребления энергии протекают практически одновременно и непрерывно, что исключает ее бракование, как это возможно в других отраслях; имеется почти абсолютная соразмерность производства и потребления

энергии, невозможность ее складирования, как другой продукции. Объемы выработки энергии подчинены потребителю и они им изменяются.

Сбор и обработка данных диагностирования сетевого электропредприятия на основе экономических и технологических показателей происходят практически одновременно. При этом целью диагностирования является определение состояния объектов сетевой электроэнергетики, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды значениями параметров, согласно технической документации на данные объекты.

Три следующие задачи диагностирования являются основными:

- 1) контроль функционирования, т.е. выполнения объектами части или всех свойственных ему функций;
- 2) контроль технического состояния;
- 3) прогнозирование технического состояния, т.е. определение работоспособного состояния ЛЭП, ПС и т.д. с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени (ресурса).

По данным технического диагностирования, в оперативном плане в автоматизированном режиме осуществляются экономические расчеты затрат, возможных убытков и доходов, т.е. осуществляется экономическое экспресс-диагностирование, которое тем самым интегрировано с техническим диагностированием. Итогом диагностирования являются диагнозы-выводы, которые позволяют необходимые для поддержки принятия решений (ППР).

В сетевом электроэнергетическом комплексе России около тридцати процентов аварий в год происходит по неустановленным причинам, т.е. для лиц, принимающих решения (ЛПР), различного уровня существует достаточно высокая энтропия (степень неопределенности) состояния электрических сетей и особенно их динамических объектов непрерывного типа (ВЛ, КЛ, ПС). Это не позволяет ЛПР оперативно и качественно принимать решения по поддержанию последних в должном функциональном состоянии.

Намеченные и реализуемые сейчас крупные по ширине и глубине общегосударственные меры по техническому перевооружению, модернизации и интеллектуализации энергетики, в т.ч. и создание активно-адаптивных электросетей, рассчитаны на получение от них полного результата через 25—30 лет [3]. Но в ходе осуществления этих мер в деле повышения интеллектуальности и за счет этого результативности сетевой электроэнергетики (СЭЭ), а значит и экономики страны, также актуальны многие теоретические разработки [2], в том числе и этого направления, в области АСУ ТП для поддержки принятия решений ЛПР по данным диагностирующих процедур (ДП) состояния СЭЭ. Здесь одно из таковых направлений — разработка и применение интеллектуальных алгоритмов, поэтому, очевидно, будет полезна нижепредлагаемая авторская разработка одного из таких алгоритмов, предполагающего использование не только математико-экономических методов, но и БЗ, интеллектуального интерфейса.

В подсистему диагностирования АСУ ТП предприятий СЭЭ постоянно поступает собираемая автоматически или иными способами информация о текущем техническом состоянии динамических сетевых объектов электроэнергетики, которыми являются подсистемы электрической сети (ЭС) передачи электроэнергии (ВЛ, КЛ, ПС). В Банке данных (БД) сетевого предприятия имеются данные о результатах диагностирования в прошлые периоды времени, а в Базе знаний (БЗ) сетевых компаний должны отражаться знания и опыт экспертов, специалистов в области диагностирования ЭСС. Формализованные рекомендации последних в программном обеспечении БЗ могут быть представлены с учетом Классификации задач и операций процедуры принятия решений, приводимых на рисунке 1 по [1].

Банк данных (БД), как правило, имеет Эталонный ряд данных (ЭРД) и, как нами предлагается, необходим и Критический (предаварийный) ряд данных (КРД) диагностируемых объектов.

ЭРД определяется для каждого объекта на основе требований соответствующих нормативов электроэнергетики, договоров с потребителями электроэнергии и т.д. В Критическом (предаврийном) ряде данных (КРД), при установлении которого в компании должны учитывать как проектные, так и опытные данные, КРД должен иметь для каждого диагностируемого объекта три уровня: нижний (зарождение аварийной угрозы), средний (развитие аварийной угрозы) и верхний (зрелость аварийной угрозы), а в каждом из них по три стадии: низшую, среднюю, предельную (высшую). Сравнение результатов ДП с данными ЭРД и КРД позволяет ЛПП делать определенные выводы о степени пригодности диагностируемых объектов, видеть интервал (ресурс) времени, в котором возможна дальнейшая эксплуатация объектов или востребованность необходимого технического обслуживания (ТО) конкретного вида.

Это и позволит до начала аварийного состояния и вступления в дело Релейной защиты и автоматики прореагировать ЛПП на сигналы АСУ о необходимости мер по приведению по востребованности технического состояния объекта в Эталонный ряд или применения ААП для снятия нагрузки с объекта для ТО, ремонта и т.д.

В подсистеме диагностирования АСУ ТП должен быть мультиагент-программный модуль сцепления корреляционных плеяд, который должен:

а) помещать в Банк данных обработанную информацию очередного этапа диагностирования;

б) отображать на экране дисплея и выводить в печать сообщение либо о целесообразности использования активно-адаптивных процессов (ААП), либо о нецелесообразности этого, либо о необходимости продолжить процедуру диагностирования;

в) в случае целесообразности использования ААП модуль, используя мультимедийные ресурсы, кроме сообщения об этом, может выводить на экран визуально предлагаемую схему изменения конфигурации электросети

и список групп потребителей электроэнергии:

1) к которым рекомендуется применение ААП, т.е. поставка электроэнергии по измененной конфигурации электрической сети и/или ПС;

2) которые все же будут отключены на некоторое время от электроснабжения, например, из-за недостатка мощности ЛЭП, изменяющей конфигурацию сети, и др. причинам.

Далее, дадим авторскую формулировку термина «активно-адаптивные процессы». Это такие процессы эксплуатации электрической сети (ЭС) с использованием интеллектуальных автоматизированных систем, которые по результатам диагностирующих процедур (контроль технического состояния, контроль функционирования, прогноз технического состояния) в целях недопущения аварийного состояния ЭС изменяют параметры, конфигурацию и структуру, алгоритм функционирования ЭС так, что обеспечивают надежность и качество электроснабжения потребителей согласно договорам (контрактам).

Здесь уместно заметить, что в случае превышения верхнего (предельного) уровня критического ряда данных состояния ЭС сработает система релейной защиты и автоматики. Но в нашем случае во главе угла стоит цель уменьшения степени неопределенности, т.е. энтропии, посредством диагностирования и на основе этого предупреждения неработоспособного состояния ЭС.

Затраты на эксплуатацию электрической сети в определенной степени зависят от исходов диагностирования, а исходы диагностирования имеют вероятностный характер, что усложняет процесс принятия решения по данным диагностирования. Это и совокупность вышесказанного обуславливает разработку для АСУ ТП соответствующую интеллектуальному алгоритму мультиагента поддержки принятия решений.

Под мультиагентом ППП в энергетике будем понимать программную сущность, представляющую интегрированную совокупность множества программ, которая способна обеспечить

автоматизированную обработку данных диагностирования (технического и по нему экспрес-экономического), сопоставление диагнозов с эталонным (ЭРД) и критическим (КРД) рядами данных, отбирать в БЗ нормативно-регламентные указания и экспертные рекомендации для принятия ЛПР-решений.

Представим данную разработку «Интеллектуальный алгоритм мультиагента поддержки принятия решения

по результатам диагностирования динамических сетевых объектов непрерывного типа электроэнергетики» описательной моделью, которая обуславливает интеграцию различных программ, использование в интерфейсе и современного мультимедийного ресурса (ММР), особенно при отражении на экране дисплея результатов каждого шага алгоритма. Блок-схем данного алгоритма представлена на рисунке 2.

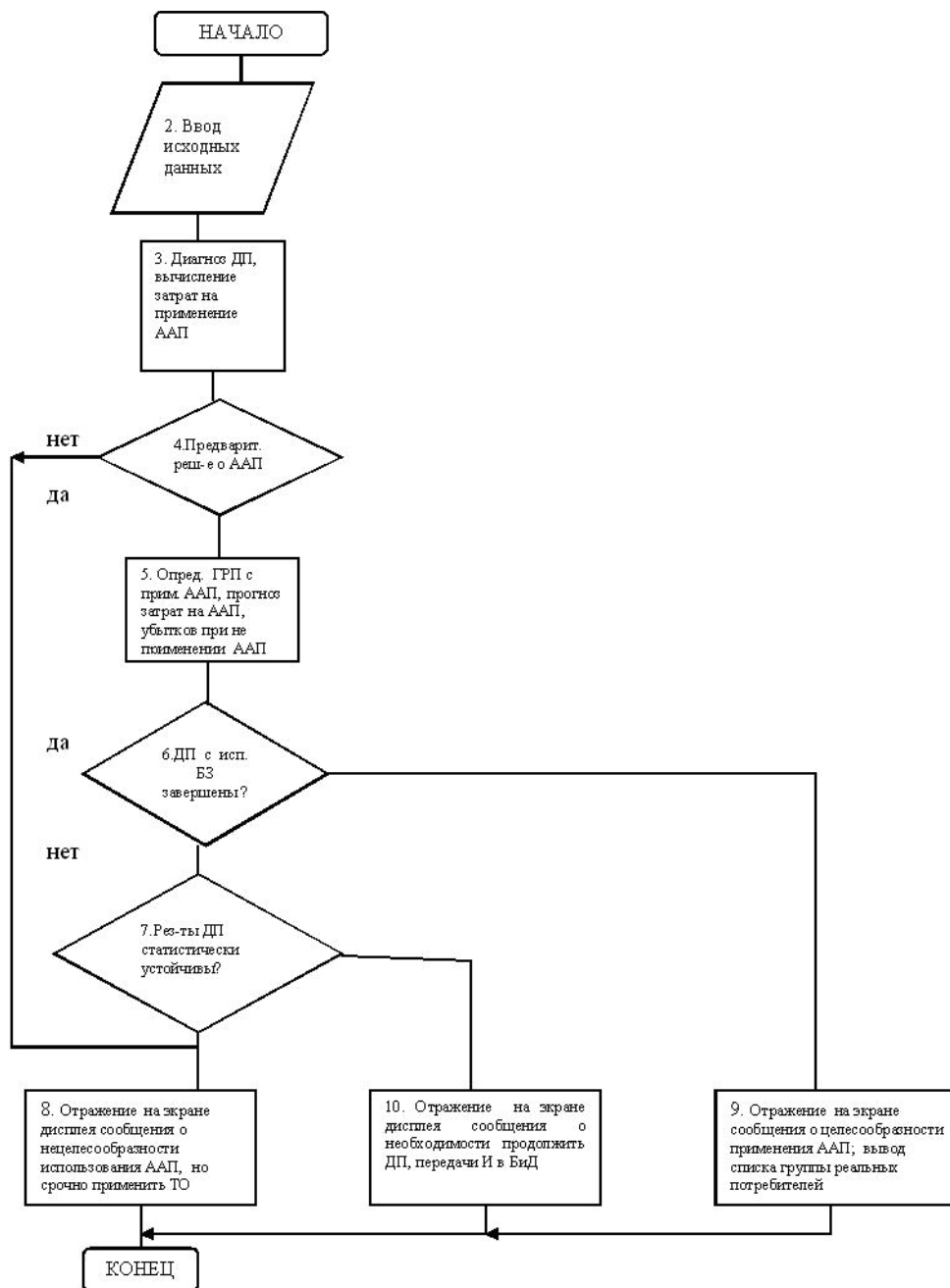


Рисунок 2 — Интеллектуальный алгоритм мультиагента поддержки принятия решения по результатам диагностирования динамических сетевых объектов непрерывного типа электроэнергетики (разработка автора)

1. *Начало.*

2. *Ввод исходных данных:* априорная информация о вероятностном распределении исходов диагностирующих процедур (ДП), определяющих техническое состояние электрической сети (ЭС), ее элементов (ВЛ, КЛ, оборудование ПС), приоритет исследуемой сетевой системы, усредненные относительные затраты на использование ЭС данного класса, распределение частности исходов очередного этапа ДП.

3. *Диагноз ДП, вычисление затрат на применение ААП.* Здесь идет определение диагноза — результата диагностирования технического состояния ЭС или ее элементов (ВЛ, КЛ, ПС), сравнение данных диагноза с эталонным и критическим рядами данных в Банке данных (Бид), определения при этом, как эти данные ДП соотносятся с нижним (зарождение аварийной угрозы), средним (развитие аварийной угрозы) и верхним (зрелость аварийной угрозы) уровнями Критического ряда данных.

4. *Предварительное решение вопроса о применении ААП* в зависимости от возможно большей величины дополнительных затрат на эти ААП и решение перейти к следующему шагу данного алгоритма. Это может быть при наличии в диагнозе начальной стадии нижнего уровня критического ряда, при которой, очевидно, может допускаться эксплуатация ЭС при проведении востребованного технического обслуживания (ТО) элементов ЭС под их нагрузкой или без нее.

5. *Определение ГРП при применении ААП, прогноз затрат на ААП, убытков при не применении ААП.* Выделение количества групп реальных потребителей (ГРП), имеющих приоритеты в снабжении электроэнергией и ее объем, предполагаемый к транспортированию с применением ААП, экспрес-прогнозирование убытков (штрафы, пени, неустойки и т.д.) за возможные нарушения договорных обязательств поставки электроэнергии в случае неприменения ААП и временный Останов электропередачи потребителям, определение соотноше-

ния затрат на ААП и вышеназванных убытков от Останова.

Здесь учитывается наличие достижения среднего и верхнего уровня критического ряда, при котором и производится в автоматизированном режиме вычисление минимальных и максимальных возможных затрат при использовании ААП, обуславливающих поставку электроэнергии по измененной конфигурации электрической сети. Последнее может увеличивать сложность, напряженность и протяженность линии электропередачи потребителям, рост количества потребителей и нагрузки на ЛЭП, изменяющую конфигурацию сети, и, соответственно, рост возможных рисков.

6. *ДП с использованием БЗ успешно завершены?* Использование Базы знаний (формализованные знания и опыт экспертов, специалистов) сетевой компании в поддержке принятия решения по завершении диагностических процедур (ДП) и о целесообразности использования ААП, а также осуществления мер по восстановлению характеристик технического состояния ЭС до ЭРД.

7. *Результаты ДП статистически устойчивы?* Определяется статистическая устойчивость результатов ДП, на основании которой возможны выводы: а) о нецелесообразности применения ААП, что отображается в шаге 8 на экране дисплея с использованием мультимедийного ресурса (ММР) и выводится на печать; б) о необходимости продолжать ДП и передавать в Банк данных распределения апостериорной вероятности исходов ДП.

8. *Отображение сообщения на экране дисплея с использованием ММР:*

а) о нецелесообразности применения ААП;

б) о необходимости срочного ТО, приводящего показатели технического состояния конкретных элементов ЭС (ВЛ, КЛ, оборудования ПС) в эталонный ряд.

9. *Отображение сообщения на экране дисплея с использованием ММР:*

а) о целесообразности применения ААП;

б) списка групп реальных потребителей (ГРП) электроэнергии при ААП;
в) списка ГРП временно отключенных от энергоснабжения электроэнергии при ААП.

10. *Отображение сообщения на*

экране дисплея с использованием ММР о необходимости продолжения ДП и передачи в Банк данных распределения апостериорной вероятности исходов процедур.

11. *Конец.*

Примечания:

1. Глущенко В.В. Системы управления: интеллектуализация поддержки принятия решений. Монография. СПб.: Судостроение, 2004. 322 с.

2. Варжапетян А.Г., Глущенко В.В., Глущенко П.В. Методы исследования и управления проектами и процессами производства: монография. М.: Вузовская книга, 2013. 314 с.

3. Глущенко П.В. Аспекты интеллектуализации автоматизированного диагностирования динамических сетевых объектов непрерывного типа электроэнергетики // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2014. №4. URL: <http://www.uecs.ru>

4. Лопатников Л.И. Агент экономический. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2003. 709 с.

References:

1. Glushchenko V.V. Control Systems: intellectualization decision support. Monograph. St. Petersburg.: Shipbuilding, 2004. 322 pp.

2. Varzhapetyan A.G., Glushchenko V.V. Glushchenko P.V. Methods of research and management of projects and production processes. Monograph. M.: The university book, 2013. 314 pp.

3. Glushchenko P.V. Aspects of intellectualization automated diagnose of dynamic network objects continuous type of electricity // Management of economic systems: electronic scientific journal. 2014. №4. URL: <http://www.uecs.ru>

4. Lopatnikov L.I. Economic agent. Economics and Mathematics Dictionary: dictionary of modern economics. 5th ed., revised. and add. Moscow: Delo, 2003. 709 pp.