

В Диссертационный совет Д 505.001.126
Финансового университета при
Правительстве Российской Федерации по
защите диссертаций на соискание ученой
степени кандидата наук, на соискание
ученой степени доктора наук

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Комаровой Любови Александровны
на тему «Модель и численный метод решения задачи оптимального
управления оперативно-выездными бригадами при проведении
аварийно-восстановительных работ», представленной на соискание
учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 -
Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ (технические науки)**

Автореферат диссертационного исследования содержит развёрнутое изложение основных результатов, полученных при решении задачи оптимального управления оперативно-выездными бригадами электросетевой компании при проведении аварийно-восстановительных работ в условиях неполноты, рассинхронизации и семантической неоднородности поступающих данных. В работе рассматривается задача оперативного выбора состава и оснащения бригады, а также маршрута её следования с учётом текущего состояния персонала, технических средств, логистической обстановки и характеристик аварийного события.

Цель исследования сформулирована обоснованно и в целом достигнута в соответствии с поставленными задачами. Она заключается в обеспечении заданной оперативности принятия оптимального по критерию максимизации комплексного показателя готовности решения о составе, оснащении и маршруте движения оперативно-выездной бригады при проведении аварийно-восстановительных работ. Работа находится на пересечении математического моделирования, теории управления, методов поддержки принятия решений и машинного обучения, что определяет комплексный характер проведённого исследования.

Среди ключевых элементов научной новизны следует отметить разработанную динамическую эргатическую модель оперативно-выездной бригады как системы «Человек–Техника–Логистика». Состояние бригады представляется совокупностью частных показателей, характеризующих готовность персонала, технических средств и логистическую обеспеченность выполнения конкретной аварийно-восстановительной работы. На их основе

формируется комплексный показатель оперативной готовности, используемый в дальнейшем в качестве критерия при выборе назначения бригады. Модель учитывает изменение состояния системы во времени, а также влияние управляющих и деструктивных факторов.

Разработанный численный метод обеспечивает переход от разнородных исходных данных к формированию управленческого решения. Метод предусматривает временное и семантическое согласование поступающих данных, вычисление частных показателей подсистем «Человек», «Техника» и «Логистика», автоматизированное определение весовых коэффициентов с использованием экспертных оценок и методов машинного обучения, прогнозирование изменения состояния бригады и последующее решение задачи назначения. Итоговое решение формируется на основе комплексных параметров, включающих состав, оснащение и маршрут следования оперативно-выездной бригады.

Тема исследования имеет существенное практическое значение в связи с необходимостью повышения оперативности ликвидации технологических нарушений в распределительных электрических сетях. В существующих информационных системах сведения о персонале, техническом состоянии оборудования, аварийной ситуации, транспортной доступности и внешних условиях поступают из различных источников и могут отличаться по времени получения, полноте и форме представления. При этом традиционные модели маршрутизации или многокритериального выбора, как правило, рассматривают лишь отдельные составляющие задачи. В работе предложен единый подход, связывающий характеристики человеческих, технических и логистических ресурсов с условиями конкретного инцидента и позволяющий использовать их в единой процедуре формирования диспетчерского решения.

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в развитии методологической базы моделирования эргатических систем в электроэнергетике в части представления оперативно-выездной бригады как динамической системы «Человек–Техника–Логистика», разработки способов согласования разнородных данных и построения комплексного показателя оперативной готовности. Существенным является также использование принципов некомпенсируемости критических факторов и сохранения интерпретируемости итоговой оценки для лица, принимающего решение. Полученные результаты могут служить основой для дальнейшего развития моделей взаимодействия ремонтных бригад, сетевой инфраструктуры и внешней среды, в том числе с применением многоагентных и теоретико-игровых подходов.

Работоспособность и эффективность предложенного метода подтверждены вычислительным экспериментом. Согласно приведённым в автореферате результатам, применение разработанного численного метода позволило сократить среднее время устранения аварии на 9,03 %, повысить

выполнение SLA по времени прибытия и устранения аварии соответственно на 16,28 % и 14,67 %, а также снизить показатель SAIDI на 5,25 %. Для наиболее сложных аварий снижение среднего времени устранения составило 10,54 %. Среднее время автоматизированного формирования решения составило $11,15 \pm 1,68$ мс, что существенно меньше нормативного времени диспетчерского назначения.

Предложенная модель и реализующий её численный метод формализуют взаимосвязь кадровых, технических, логистических и информационных характеристик оперативно-выездной бригады и позволяют учитывать изменение её состояния при развитии аварийной ситуации. Такой подход может служить основой для дальнейших исследований в области интеллектуального управления аварийно-восстановительными работами и построения систем поддержки решений в распределительных электрических сетях.

Практическая потребность в предложенном инструментарии обусловлена необходимостью оперативного выбора бригад в условиях ограниченного времени, неполноты информации и одновременного учёта значительного числа факторов. Практическая значимость полученных результатов подтверждается их апробацией и использованием

Несмотря на высокий научный уровень работы, хотелось бы отметить некоторые аспекты, требующие дополнительного осмысления или развития

1. Детерминированный характер описания оперативной готовности бригады. В разработанной динамической модели состояние оперативно-выездной бригады при выполнении конкретной аварийно-восстановительной работы представляется точечными значениями частных показателей подсистем «Человек», «Техника» и «Логистика», на основании которых формируется комплексный показатель оперативной готовности. Вместе с тем значительная часть факторов, определяющих указанные показатели, в реальных условиях носит случайный или неопределённый характер. В связи с этим перспективным направлением развития предложенного подхода представляется переход к вероятностному описанию частных показателей и комплексной готовности, позволяющему оценивать не только некоторое расчётное значение готовности, но и вероятность успешного выполнения конкретной аварийно-восстановительной работы в установленный нормативный срок. Такое расширение модели существенно усложнило бы вычисления, однако позволило бы более полно учитывать риск и неопределённость при сравнении альтернативных назначений бригад.

2. Необходимость дополнительного обоснования способа восстановления пропущенных данных. В предложенном численном методе пропуски количественных признаков восстанавливаются путём замены соответствующих значений медианой признака. Несмотря на вычислительную простоту данного подхода и его устойчивость к выбросам, применение

медианной импутации в качестве единой стратегии для разнородных количественных характеристик требует дополнительного обоснования. Такой способ не учитывает взаимосвязи между признаками, специфику конкретной бригады и аварийного события, а также возможную зависимость факта отсутствия данных от состояния объекта. Представляется целесообразным сопоставить выбранный способ с альтернативными методами восстановления пропусков и оценить чувствительность итоговых управленческих решений к используемой процедуре импутации.

3. Особенности постановки задачи автоматизированного определения весовых коэффициентов. В работе устанавливаются условия неотрицательности весов и их нормировки, однако прогнозирование весовых коэффициентов в формулах (20)–(21) автореферата осуществляется посредством стандартной Ridge-регрессии без непосредственного включения данных ограничений в оптимизационную постановку. В результате функция потерь минимизируется для ненормированных прогнозных значений, тогда как в дальнейшем используются уже преобразованные веса. С учётом того, что вектор относительных весов принадлежит симплексу и его компоненты структурно зависимы, представлялось бы целесообразным рассмотреть постановку, непосредственно учитывающую ограничения на веса, либо методы, специально предназначенные для моделирования композиционных данных. Также интерес представляет расширение такого анализа за счёт других регуляризованных регрессионных подходов, в частности Elastic Net, а также исследование устойчивости итогового ранжирования альтернатив к выбору модели определения весов.

4. Ограниченность сравнительной проверки эффективности разработанного метода. Эффективность предложенного численного метода оценивается преимущественно путём его сопоставления с существующим ручным диспетчерским назначением оперативно-выездных бригад. Вместе с тем такое сравнение не позволяет в полной мере установить, обусловлен ли полученный эффект особенностями именно предложенной динамической модели и численного метода либо самим переходом от ручного принятия решения к алгоритмической оптимизации. Для более полной сравнительной верификации представлялось бы целесообразным дополнить эксперимент альтернативным автоматизированным подходом, например генетическим или иным эволюционным алгоритмом, решающим задачу формирования состава, оснащения и маршрута бригады на том же наборе исходных данных. Сопоставление на идентичном потоке аварийных событий и по единому набору показателей позволило бы более полно определить преимущества, ограничения и область предпочтительного применения разработанного метода.

Отмеченные замечания носят характер рекомендаций по дальнейшему развитию предложенного научно-методического аппарата и не снижают

значимости полученных автором научных результатов. Диссертационная работа представляет собой завершённое научное исследование, в котором решена актуальная научная задача разработки модели и численного метода управления оперативно-выездными бригадами электросетевой компании при проведении аварийно-восстановительных работ в условиях неполноты, рассинхронизации и семантической неоднородности исходных данных.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что диссертационная работа Комаровой Любови Александровны на тему «Модель и численный метод решения задачи оптимального управления оперативно-выездными бригадами при проведении аварийно-восстановительных работ» является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи, имеющей теоретическое и практическое значение. Работа соответствует направленности специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки) и отвечает требованиям, предъявляемым ВАК при Минобрнауки России, Финансовым университетом при Правительстве Российской Федерации к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук. Комарова Любовь Александровна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по указанной специальности.

доцент кафедры
«Математика и вычислительная техника»,
Нижегородского государственного
инженерно-экономического университета
к.э.н.

12.09.2026

Ан
Черемухин Артем Дмитриевич

606240, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22а,
телефон: +7 (83166) 4-15-50
e-mail: ngiei-spo@mail.ru



note