

## АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ АЛГОРИТМОВ

**Съезхан Имашевич Салимбаев**, магистрант Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Республика Казахстан, salimsalm@mail.ru;  
**Абдыгали Реджепович Джандигулов**, доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Республика Казахстан, abeked@mail.ru

***Аннотация.** Целью исследования является рассмотрение возможности практического применения аналитической теории А.А. Красовского об управлении линейными динамическими системами со многими входами и многими выходами при проектировании систем автоматического самоуправления устройств подземной или глубоководной геологической разведки. В статье описываются самоорганизующиеся адаптивные алгоритмы А.А. Красовского, в основе функционирования которых лежит представление модели движения объекта в классе полиномиальных функций, порядок которых выбирается автоматически в зависимости от текущих условий функционирования объекта. Проводится сравнение с задачей о летательных аппаратах.*

***Ключевые слова:** подземная или глубоководная геологическая разведка, летательные аппараты, адаптивное управление, оптимальный регулятор, самоорганизующийся, динамический блок, оптимальное управление*

Использование инновационного подхода с применением теории адаптивных систем при проектировании систем автоматического самоуправления устройств подземной или глубоководной геологической разведки – одна из важных задач освоения георесурсов Казахстана на современном этапе.

Разведка и освоение новых месторождений – сложный производственный процесс. Технология геологоразведки диктует неизбежность высоких финансовых и реальных инвестиций, длительных временных затрат.

Организация мероприятий по геологоразведке углеводородов выполняется двумя этапами: поисковым и разведочным.

На основе анализа результатов поискового этапа осуществляется геолого-экономическая оценка месторождения. При наличии положительных итогов проводится подсчёт запасов категорий, оформляется заключение о целесообразности дальнейшего ведения разведки.

Этап разведки обосновывает задачи по подготовке месторождения к разработке. Реализуются: исследование структуры залежей, определение продуктивных пластов, выявление объёмов нефти, получаемой из скважины за единицу времени (дебит), измерение пластового давления и других показателей. Данные, полученные на этапе разведки месторождения, используются при его проектировании и обосновании инвестиций.

Эксплуатация органических и минеральных ресурсов морского шельфа и глубоководья морей начата во второй половине двадцатого века. Но методология подземной и глубоководной геологоразведки и по настоящее время находится в процессе формирования.

Произвести расчёт значений комплексного прогноза, например, наличия нефти (газа), воды и породы на основании геофизических и геохимических параметров исследуемого объекта, данных по диаграммам разведочных скважин – задача вполне осуществимая.

Однако гораздо сложнее находить решения конкретных задач мониторинга и управления подобными объектами геологоразведки и освоения недр в процессе их эксплуатации в связи с отмеченной уже выше сложностью производственного процесса, а также необходимостью обработки огромного объёма различной информации, полученной различными методами геологоразведки на разных стадиях и этапах геолого-разведывательных мероприятий.

Важной причиной обращения к адаптивному управлению устройствами геологической разведки является и недостаточность априорной информации об изменениях, происходящих при функционировании устройств подземной и глубоководной разведки. Адаптивное управление необходимо здесь для организации процесса накопления информации о системе и использования полученной информации для достижения оптимального функционирования данной системы.

Известно, что параметры летательного аппарата (масса, моменты инерции), а также внешние воздействия (направление и скорость ветра, атмосферное давление, температура воздуха) в процессе эксплуатации подвержены изменениям. Результаты исследований автоматического управления ЛА и КА показывают: «...прямая компенсация возмущений, параметрическая идентификация объекта в реальном времени (при порядке, выбранном априори), адаптация с эталонной моделью не могут решить задачу адаптивного управления для многих областей и условий применения. Не дают решения и робастные системы, поскольку они сохраняют работоспособность только при достаточно малых неопределенностях...»[1, с. 332].

Применение адаптации значительно расширяет горизонты оптимального управления подобными устройствами.

«...При решении задач управления приходится иметь дело с объектами, математические модели которых описываются динамическими стохастическими системами, где помехи, действующие на объект, рассматриваются как случайные величины. Кроме того, информация о

состоянии объекта чаще всего бывает неполной и искаженной случайными ошибками...» [3, с. 2].

Априорная недостаточность обусловлена рядом объективных причин: неполнота сведений об устройстве, его параметрах и характеристиках, о задающих воздействиях и внешних помехах. К факторам априорной неопределенности в системах технического обеспечения геологоразведки обычно относят: засорение фильтров и скважин, заводнение скважин, изменение режимов работы оборудования, износ и старение оборудования, нестабильность характеристик источников энергии и т.п.

При решении задач управления динамическими системами принцип самоорганизующихся алгоритмов впервые предложен для управления летательными и космическими аппаратами, затем для управления прочими движущимися объектами. Академиком РАН А.А. Красовским была создана аналитическая «...теория самоорганизующегося оптимального регулятора с экстраполяцией...» [1, с. 333], исследованы вопросы практического применения СОРЭ в системах автоматического управления.

В настоящее время адаптивные системы на основе самоорганизующихся алгоритмов используются при создании систем управления безостановочными технологическими комплексами, в системах энергетического оборудования, при разработке манипуляционных роботов. К методам адаптации прибегают также при создании систем управления технологическими процессами в химической промышленности, нефтехимии, в металлургии, в обработке металла резанием. Это продиктовано тем, что получение полной модели объекта управления указанными технологическими процессами требует длительных и дорогостоящих исследований.

Наиболее перспективным при создании адаптивных систем автоматического самоуправления устройств подземной и глубоководной геологической разведки является использование концепции А.А. Красовского, в которой рассмотрены классические и актуальные задачи теории управления линейными динамическими системами со многими входами и многими выходами (*ММО-системами*), основанными на использовании матричных методов. «...Такой регулятор, является периодическим динамическим блоком, основу которого составляет набор  $N$  параллельно работающих полиномиальных фильтров Калмана – Бьюси, (ФКБ) различных порядков  $\nu = 1, 2, \dots, N...$ » [1, с. 333].

Регуляторы этого класса характеризует минимальное требование к наличию априорной информации об управляемом объекте. «...В основе их функционирования лежит представление модели движения объекта в классе

полиномиальных функций, порядок которых выбирается автоматически в зависимости от текущих условий функционирования объекта...» [1, с. 12].

«...СОРЭ адаптивна по отношению к порядкам полиномиальных приближений выходов процесса и к интервалу оптимизации. Добавление к СОРЭ модуля, отвечающего за параметрическую оптимизацию коэффициентов критерия качества, сокращает затраты на отладку соответствующих алгоритмов. При изменении условий функционирования системы СОРЭ формирует управление на выбранном на стадии проектирования множестве функционалов качества, повышая уровень адаптации системы. При этом организуется формирование критериев оптимальности, минимизация которых решает задачу управления, а также производится выбор единственного решения при многовариантности путей достижения цели управления...» [2, с. 3].

Эффективность геологоразведки и освоения новых месторождений требует снижения финансовых и временных затрат, а это невозможно без внедрения инноваций, научного сопровождения поисковых работ, сопутствующих технологий моделирования геоэлектромагнитных полей, при этом важное значение приобретает необходимость системного интеллектуального анализа больших объемов цифровых данных о георесурсах Казахстана.

Особую актуальность приобретает вопрос повышения уровня автоматизации геолого-технических мероприятий, исключение морально устаревших методов оценки проектных решений в существующих ГИС и разработки инновационных проектных решений, адаптивных к специфике геологоразведки и освоения недр.

Структура отраслевой системы автоматизированного проектирования технологий освоения георесурсов состоит из многих уровней, среди которых нас интересуют следующие:

– Уровень сформированности интегрированной геоинформационной базы, для создания которой применены инновационные методы обработки и принципы интеллектуального анализа больших массивов геоданных.

– Уровень автоматизации проектирования, на котором осуществляется оценка качества проектных решений.

Интеллектуальный анализ информации о геологических характеристиках определённых участков, обработанной на выше обозначенных уровнях, позволит разработать качественно новые модели технических систем, синтезировать инновационные проектные решения по освоению георесурсного потенциала новых месторождений.

Однако требуемый результат достижим при соблюдении следующих двух условий:

1. Возможности использования данных сформированного единого банка геологической информации.
2. Взаимосвязи с актуальным геологическим и проектным информационным обеспечением в режиме реального времени.

Для оценивания состояния системы необходимо знать математическую модель исследуемого объекта. Но известно, что структура большинства современных технических объектов геологоразведки зачастую не содержит их математического описания. «...Исследования показали, что желательно использовать всю имеющуюся информацию об объекте управления не только для восстановления модели (экстраполирующих, сглаживающих полиномов), но и известную заранее в виде математической модели части элементов объекта...» [2, с. 3].

При создании математических моделей динамических устройств, оценивании параметров, применяют различные способы параметрической идентификации. При этом выявляется необходимость дополнительной настройки параметров модели по наблюдениям за входными и выходными данными системы, то есть необходимость интеграции априорных данных о модели с данными, получаемыми в процессе управления, и это значительно улучшает качество управления системой.

Для решения подобных проблем конструируются и успешно применяются отдельные системы адаптивного управления и системы автоматического управления со встроенными элементами адаптации, которые позволяют повысить не только качество управления системой, но и надежность самой системы динамического объекта.

Именно регуляторы, обрабатывающие информацию о состоянии эксплуатируемого устройства, обладают возможностями коррекции динамики замкнутой системы управления.

Регуляторы, которые выпускаются промышленностью, обычно настроены на управление по выходным данным. К примеру: ПИ (Д)-регуляторы, которые эксплуатируются для управления в системах геологоразведки.

Выводы: Наше исследование ставит перед собой задачу разработки структурного подхода к созданию адаптивной системы управления сложным динамическим объектом подземной или глубоководной геологической разведки. Построение такой системы автоматического самоуправления устройства требует создания математической структуры с соблюдением следующих условий:

- интегрирование априорных данных о модели объекта и данных о модели в случаях параметрической неопределенности;
- применение результатов исследований по актуальным задачам теории управления;
- применение исследований по вопросу алгоритмического синтеза адаптивных систем.

При реализации задачи исследования предполагается создать синтез моделей, наделенных прогностическими возможностями, и моделей, имеющих возможности адаптивной коррекции, действующих в условиях объективных изменений внутренней среды и внешних воздействий при эксплуатации устройств подземной или глубоководной геологической разведки.

#### Список литературы:

1. Зубов Н.Е., Микрин Е.А., Рябченко В.Н. Матричные методы в теории и практике систем автоматического управления летательных аппаратов. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. 666 с.
2. Кабанов С.А. Управление системами на самоорганизующихся моделях. //Автоматика и телемеханика. 2001. Выпуск 7. С. 122–128.
3. Решетникова Г.Н., Володенюк А.В. Синтез адаптивных систем управления при неполной информации. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2019. 85 с.

### ADAPTIVE SYSTEMS BASED ON SELF-ORGANIZING ALGORITHMS.

**Sezkhan I. Salimbaev**, master's degree student, Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan, salimsalm@mail.ru;

**Abdygali R. Dzhandigulov**, associate Professor of Algebra and Geometry Department, Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan, abeked@mail.ru

***Abstract.** The aim of the study is to consider the possibility of practical application of A.A. Krasovsky's analytical theory about the control of linear dynamic systems with many inputs and many outputs in the automatic self-control systems design for devices for underground or deep-sea geological exploration. The article describes the self-organizing adaptive algorithms of A.A. Krasovsky, whose functioning is based on the representation of the model of the object's motion in the class of polynomial functions, the order of which is chosen automatically depending on the current conditions of the object's functioning. A comparison is made with the problem of aircraft.*

***Keywords:** underground or deep-sea geological exploration, aircraft, adaptive control, optimal controller, self-organizing, dynamic unit, optimal control*