

УДК 004.042

Гасанов А.С.<sup>1</sup>, Абдуллаев С.Г.<sup>2</sup>, Мурга Н.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Международный Научно-Учебный Центр Информационных Технологии и Систем НАН и МОН Украины, Киев, Украина

<sup>2</sup>Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан

<sup>3</sup>Института Прикладного Системного Анализа Национального Технического Университета Украины «КПИ», Киев, Украина

<sup>1</sup>[ayding44@rambler.ru](mailto:ayding44@rambler.ru), <sup>2</sup>[depart5@iit.ab.az](mailto:depart5@iit.ab.az), <sup>3</sup>[baskervil@voliacable.com](mailto:baskervil@voliacable.com)

## МУЛЬТИАГЕНТНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ

*В статье рассмотрена мультиагентная информационная система (МАИС) для решения задач, данные о которых представлены в виде нелинейных нестационарных процессов. Дана информация о технологии, которая позволяет эффективно выявлять вид нелинейности и нестационарности процессов и в соответствии с этим проводить анализ.*

**Ключевые слова:** мультиагентная информационная система, нелинейный нестационарный процесс, гетероскедастические и коинтеграционные процессы, интегрированная информационная система.

### Введение

Необходимо выделить следующие задачи, с которыми сталкиваются лица, принимающие обоснованные решения в различных отраслях техники и экономики: задачи анализа нелинейных нестационарных процессов (ННП); процессы с трендами или интегрированные процессы; гетероскедастические и коинтегрированные процессы; задачи прогнозирования переменных технологических процессов, конечная цель – управление этими процессами и прогнозирование их развития [1, 2]. Особую сложность при анализе таких рядов представляют ННП [3]. Обработка информации сервером производится согласно следующему алгоритму. После съема информации и предварительной обработки производится тестирование на нелинейность. Если процесс нелинейный, то в дальнейшем подбирается соответствующая нелинейная модель, адекватная нелинейному процессу. Если при тестировании выявлено, что ряды стационарны, то производится моделирование стационарности процесса авторегрессионными или другими моделями (например, модель авторегрессии со скользящим средним (АРСС), векторной авторегрессией). В противном случае производится тестирование детерминированного или стохастического тренда. Если тренд отсутствует, то производится выявление гетероскедастичности процесса, а затем моделирование процесса с помощью методики модели авторегрессионного условно гетероскедастического (АРУГ). Если тренд имеется, то ряды тестируются на коинтегрированность с целью моделирования и построения модели корректирования погрешности (МКП). Если ряды не коинтегрированы, то известными методами производится удаление тренда для моделирования стационарности процесса с помощью АРСС, модели векторной авторегрессии (ВАР) и др. моделями. Если ряды коинтегрированы, то строится МКП, затем производится анализ на адекватность, проверка статистической устойчивости, построение прогноза. Если прогноз удовлетворителен, то производится принятие решения по управлению процессом (если нет – то производится сбор дополнительной информации). Аналогично обработка выполняется и для гетероскедастического и линейного процессов.

## Проектирование интегрированной информационной (ИИ) технологии

Разработка предлагаемой системы требует предварительной разработки технологии анализа ННП [4]. Целью ее использования является построение на основе выборки данных процесса, модели для анализа его состояний и как частичный случай прогнозирование, если процесс представлен в виде временного ряда. Технология анализа ННП должна решать следующие задачи: преобразовать исходную выборку данных в такую, на которой можно было бы более эффективно применять используемые модели и методы; осуществлять выбор модели, с помощью которой будет описываться рассматриваемый процесс; осуществлять выбор методов настройки вышеупомянутой модели; выполнять анализ рассматриваемого ННП с применением настроенной модели; выполнять проверку адекватности анализа процесса. Более детально задачи, решаемые технологией, представлены на рис.1.

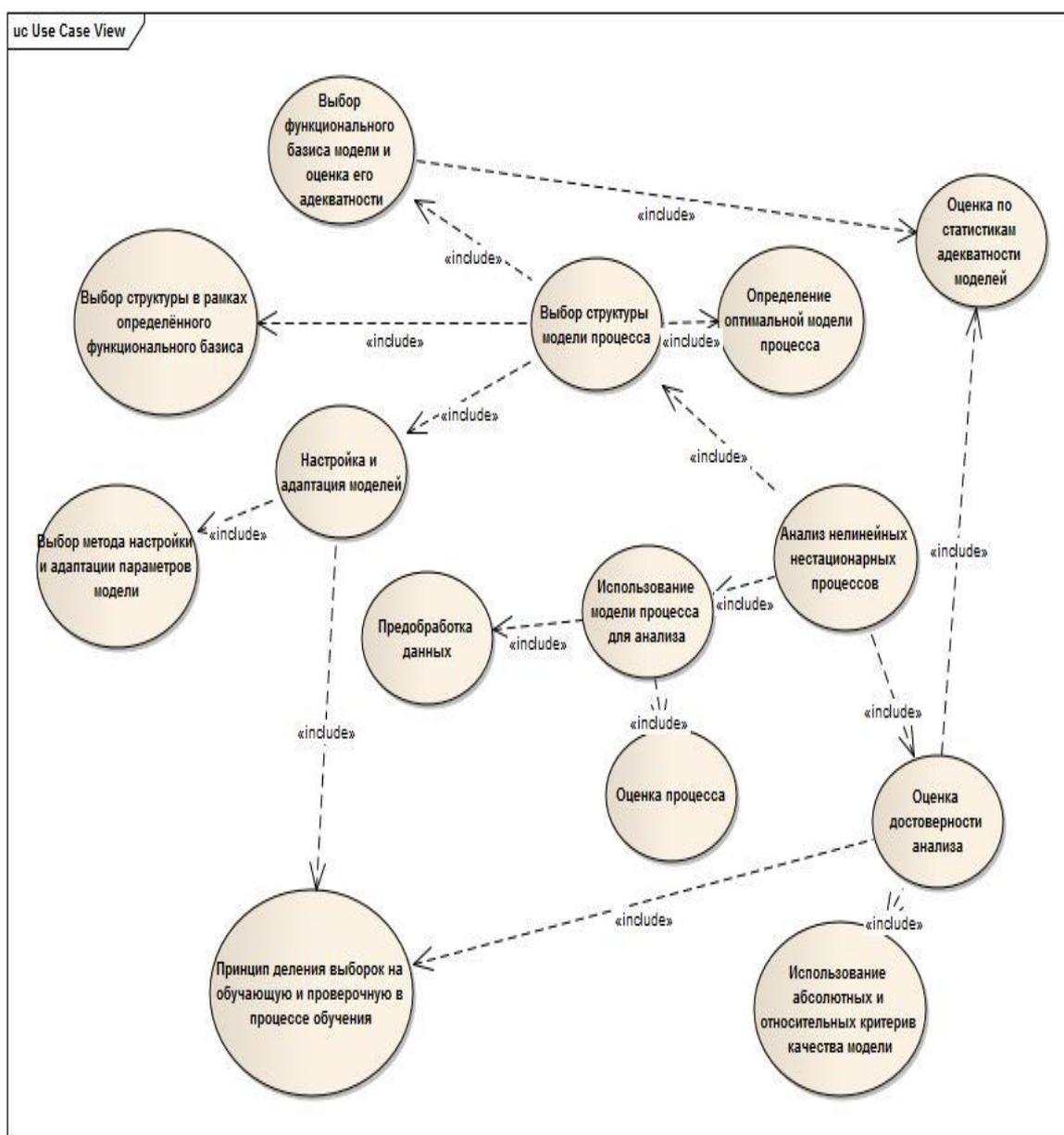


Рис.1. Диаграмма вариантов использования технологии анализа ННП

Задача анализа данных включает в себя в качестве подзадач следующее: выбор структуры модели процесса, использование модели процесса для анализа и оценку достоверности анализа. Выбор структуры модели процесса является также комплексной задачей, связанной, прежде всего, с выбором функционального базиса модели. Эта задача является основной, поскольку в то время когда неудачная настройка параметров модели либо выбор ее порядка не является столь критичным для адекватного анализа (это утверждение делается по результатам экспериментальных исследований, приведенных в диссертации), неудачный выбор функционального базиса может приводить к совершенно нереальным оценкам состояния процесса. Высокую эффективность моделирования показали функции, составляющие ортогональные базисы в некоторых функциональных пространствах. Известно, что взаимно ортогональные функции являются линейно независимыми и через них можно выразить произвольную функциональную зависимость из построенной на данной системе полиномов линейной оболочки. В то же время линейная зависимость функций приводит к тому, что аппроксимация модели процесса на них может вносить дополнительные ошибки за счет взаимной корреляции значений. Аналогично дело обстоит и в нелинейных пространствах, которые являются предметом изучения данной диссертационной работы. Однако неудачно выбранный функциональный базис вполне может быть применим на практике, если модель будет давать незначительную ошибку оценки. Таким образом, задача выбора функционального базиса модели процесса в качестве подзадачи включает оценку адекватности такого выбора.

Второй подзадачей для выбора структуры модели процесса является выбор структуры в рамках уже определенного функционального базиса. В результате решения описанных выше задач может быть получено множество эффективных моделей рассматриваемого ННП. Однако для проведения анализа необходимо получить одну оценку процесса в данной конкретной ситуации. С этой целью необходимо найти оптимальную модель из множества эффективных. Данную задачу предлагается решать путем оценки значений критериев качества моделей. Для применения модели следует правильно настроить ее параметры, и, как результат, возникает задача выбора методов настройки параметров. Однако имеющаяся в системе информация о процессе со временем устаревает и особенно остро эта проблема стоит в случае ННП. Для обеспечения эффективного применения оптимальной модели процесса необходимо постоянно адаптировать ее параметры. После проведения анализа его эффективность также необходимо оценить с использованием различных критериев качества. Следует отметить, что при настройке параметров модели процесса, а также при проведении его анализа необходимо использовать принцип внешнего дополнения, следствием которого является необходимость разбиения выборки на обучающую и проверочную. Оценка адекватности должна проходить только на проверочной выборке. Указанные задачи, решаемые технологией, позволяют детализировать требования к ней. Прежде всего технология должна использовать несколько разновидностей моделей ННП. Настройка параметров каждой из моделей процессов может иметь свою специфику, и в то же время реализация отдельных структур данных для моделей является крайне неэкономичной. Поэтому технология должна балансировать между унификацией средств реализации моделей и методов процессов и их спецификой. Технология должна допускать возможность добавления новых моделей и методов. Перед применением модели должны быть настроены, а после проверены на адекватность с использованием известных статистических критериев, а также принципа внешнего дополнения.

Следующая задача, которая возникает в процессе проектирования ИИ технологии, – это выбор программных средств ее реализации. Реализация данной технологии должна быть гибкой с точки зрения ее встраивания в существующие системы. В этом контексте наиболее эффективным представляется применение объектно-ориентированной

парадигмы разработки программного обеспечения (ПО). Более того, планируется ее интеграция в более широкую мультиагентную информационную систему (МАИС) анализа ННП, большинство возможных средств реализации которой представлено на языке Java. Основываясь на объектно-ориентированной парадигме, была разработана диаграмма классов реализации ИИ технологии (рис.2). Следует отметить, что в классе диаграмм (рис.2) приведены не все атрибуты и методы, которыми они должны обладать, а изображены только те структуры данных, которые необходимы для дальнейшего изложения [5, 6].

Главным классом, являющимся основой реализации технологии анализа ННП, является класс Model. Именно данный класс встраивается в другие системы и, в частности, в МАИС анализа. На диаграмме приведены два атрибута класса – pmModel, tsTrainData, которые являются объектами классов ProcessModel и TrainStructure соответственно.

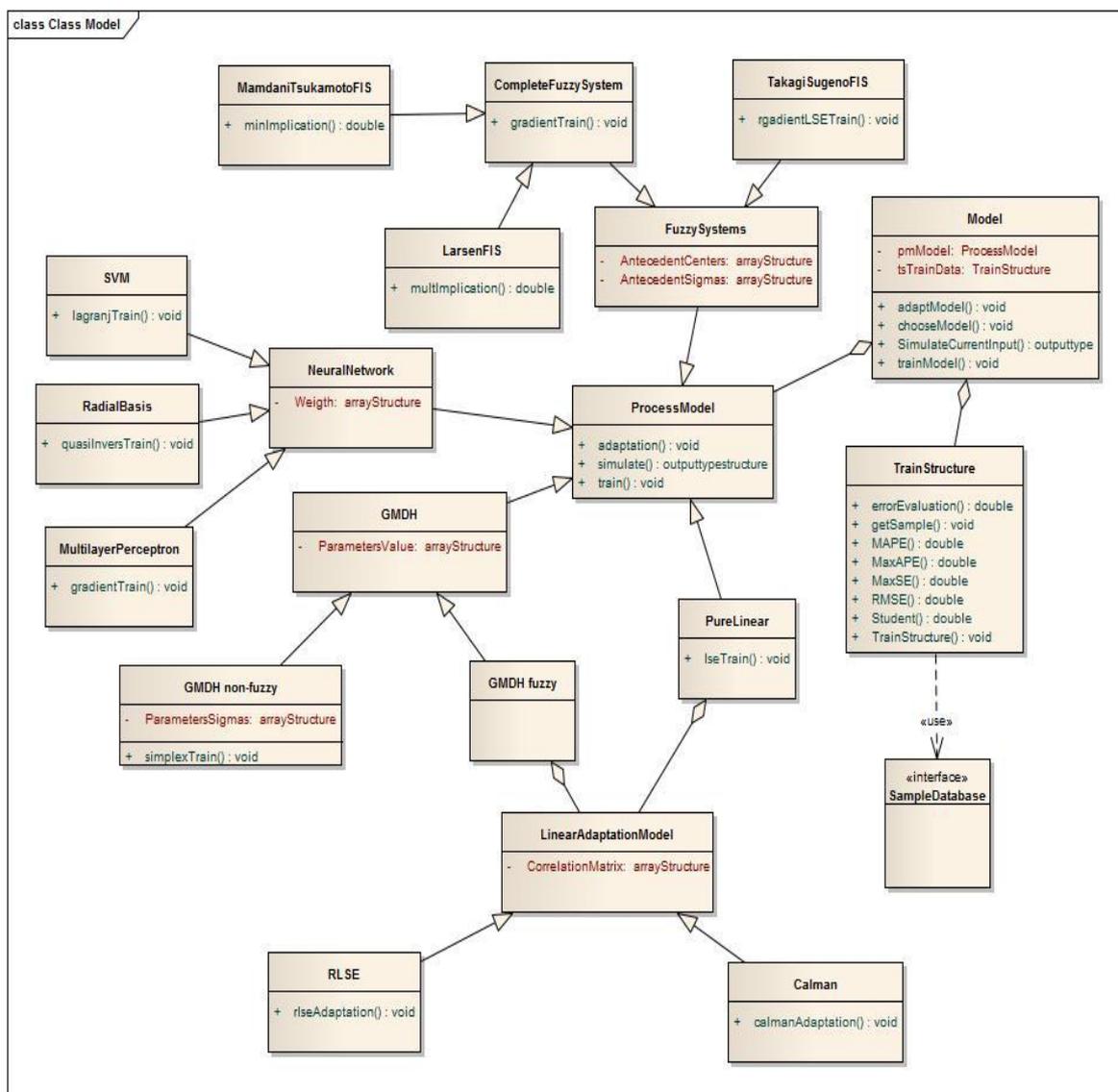


Рис.2. Диаграмма классов реализации технологии анализа ННП

Объект первого класса предназначен для хранения оптимальной модели процесса, а объект второго класса – для обеспечения выбора оптимальной модели процесса. Класс включает в себя четыре метода: chooseModel(), trainModel(), adaptModel(),

simulateCurrentInput(). С помощью первого метода выбирается оптимальная структура модели процесса. Методы trainModel() и adaptModel() служат соответственно для настройки и адаптации параметров модели. При помощи метода simulateCurrentInput() выполняется оценка состояния исследуемого процесса. Класс TrainStructure имеет интерфейс с источником получения выборки данных процесса и обеспечивает оценку качества модели. Класс ProcessModel является наиболее общей структурой данных, реализующей модели анализа ННП. Методы train(), adaptation() и simulate() обеспечивают соответственно настройку, адаптацию и использование модели. Далее на рисунке следуют классы-наследники ProcessModel: FuzzySystems, NeuralNetwork, GMDH, PureLinear – это классы, соответственно реализующие общие модели нечетких систем, нейронных сетей, метод группового учета аргументов (МГУА) и линейной модели. Все эти классы наследуют методы общего класса ProcessModel, однако также имеют собственные, специфичные для них атрибуты. Так, например, класс NeuralNetwork имеет атрибут Weigth, который представляет собой структуру данных весов при нейронах. Класс FuzzySystems имеет следующих наследников: TakagiSugenoFIS (нечеткая система Такаги-Сугено) и CompleteFuzzySystem (имеющая наследниками MamdaniTsukamotoFIS и LarsenFIS). Класс NeuralNetwork имеет наследников (Support vector machines, SVM) RadialBasis и MultilayerPerceptron, реализующих соответственно машины опорных векторов, радиальные базисные нейронные сети и модель многослойного перцептрона. GMDH имеет наследниками GMDHnonFuzzy и GMDHFuzzy, которые являются реализациями соответственно четкого и нечеткого МГУА. Классы GMDHnonFuzzy и PureLinear агрегируют классы RLSE и Calman, представляющие соответственно рекуррентный метод наименьших квадратов и фильтр Калмана, используемые для адаптации параметров данных моделей.

### **МАИС анализа ННП**

На основе проведенных исследований наиболее удовлетворяющими требованиям оперативной обработки данных ННП являются МАИС, предназначенные для оперативного получения информации из различных информационных систем и сетей (главным образом - из Internet) и решения интеллектуальных задач сбора и последующей интеллектуальной обработки информации о состоянии исследуемой предметной (проблемной) области. МАИС состоят из множества интеллектуальных агентов, каждый из которых представляет собой программный модуль или программно-исполнительное устройство, предназначенное для решения определенной интеллектуальной информационной задачи. Интеллектуальные агенты способны поддерживать взаимодействие с окружающей программной средой и получать от нее информацию, проявлять собственную инициативу, посылать и получать сообщения от других агентов, вступать с ними во взаимодействие, действовать без вмешательства извне, в том числе и без вмешательства человека. Негативным примером использования интеллектуального агента является вирус, внедряемый в программное обеспечение той или иной системы с целью организации сбоев в ее работе.

При реализации рассмотренной ИИ технологии возникает необходимость развертывания распределенного многопользовательского программного обеспечения (ПО), которое к тому же должно работать в гетерогенных вычислительных системах (например, на различных операционных системах). Для решения этой проблемы необходимо рассмотреть следующие задачи:

1. Распределение решения отдельных задач анализа между несколькими серверами. Данные сервера должны предлагать соответствующие сервисы, и клиенты, возможно, даже не должны знать про существование данных серверов.

2. Это подводит к вопросу о прозрачности технологии для клиента системы. Клиент должен иметь доступ к списку возможных сервисов, но может ничего не знать про саму систему анализа.

3. Система должна использовать компьютерные сети, но при этом не загружать их.

4. Поскольку система проектируется для большого числа пользователей, она должна быть устойчива к сбоям. Это означает, что поставленные клиентам вычислительные задачи должны решаться, несмотря на сбои отдельных программных компонентов системы.

5. Новые серверы и сервисы должны добавляться без необходимости перезагрузки всей системы анализа.

Для решения перечисленных задач представляет интерес мультиагентный подход к организации вычислительных систем [7–9]. Проектируемая мультиагентная информационная система анализа ННП представлена на рис.3, на котором изображены следующие блоки: пользователь системы (System user), персональные компьютеры либо мобильные устройства, которые доступны пользователю (PC 1, PC 2, ..., PC N), серверные приложения (например, серверы четкого и нечеткого МГУА, сервер МНК, сервер базы данных) и МАИС (Multiagent Information System).

Основная цель такой системы состоит в том, что пользователь имеет возможность получать доступ к услугам серверов, которые могут быть разнесены как логически, так и территориально, с различных устройств одновременно. Для реализации этой возможности в рамках МАИС с каждым клиентским процессом, запущенным на хосте пользователя, может быть ассоциирован один или несколько клиентских агентов, которые взаимодействуют с сервисными и серверными агентами и реализуют возможность клиента получить доступ к сервисам серверов.

Клиентские агенты при поступлении к ним запроса о проведении анализа нелинейного нестационарного процесса обращаются к сервисным агентам для получения от них информации о сервисах, предоставляемых серверными агентами. После этого клиентские агенты определяют сервисы, которые им необходимы для решения поставленных перед ними задач, и на основании данных о серверных агентах, полученных от сервисных же агентов, передают им запрос о выполнении задач (которые они способны выполнить). В процессе работы может быть активно несколько серверных агентов. Эти агенты могут иметь доступ к одним и тем же серверным приложениям.

При получении доступа к новому серверному приложению серверный агент регистрирует новый сервис у одного или нескольких сервисных агентов. Регистрационные данные содержат информацию о том, как с данным агентом можно связаться, и содержание самого предоставляемого сервиса. При получении запроса о выполнении определенной задачи серверный агент отклоняет запрос в случае невозможности ее выполнения или решает ее, используя доступные ему серверные приложения. Далее результат возвращается агенту, предоставившему задачу. Функциями сервисных агентов являются ведение журнала сервисов серверных агентов и поддержание его актуальности.

Такая организация системы позволяет, в случае выхода из строя одного из агентов, использовать другие агенты для решения поставленных задач. Кроме того, под мультиагентной системой подразумевается логически и территориально распределенная вычислительная система, в которой агенты могут функционировать на разных вычислительных узлах, обмениваясь сообщениями по сети.

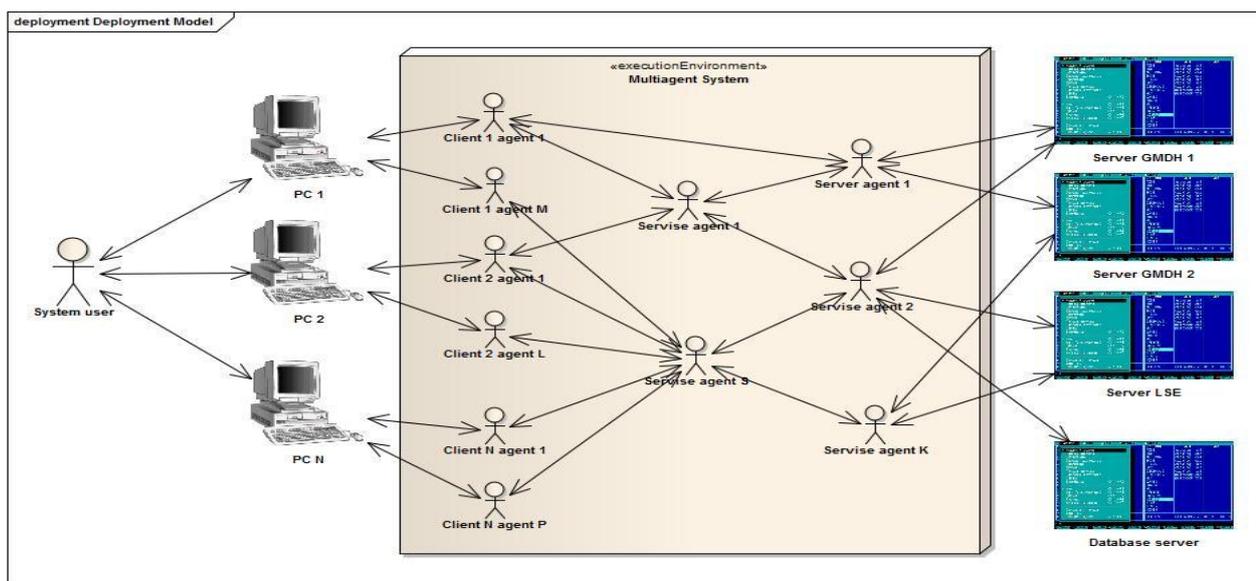


Рис.3. Схема МАИС анализа ННП

При необходимости серверные агенты могут мигрировать с одного узла на другой с обязательной перерегистрацией у сервисных агентов. Очевидно, что каждая агентная платформа, содержащая клиентских агентов, должна содержать, по крайней мере, одного сервисного агента.

Приведенная архитектура позволяет решить все поставленные в начале данного подраздела задачи. Действительно, серверы системы предлагают сервисы, о которых пользователь системы может не иметь ни малейшего представления. Эти сервисы добавляются динамически. Сама мультиагентная система является распределенной, но использование серверов заключается не в установлении соединений между клиентами и серверами, а в обмене сообщениями между агентами, что не загружает компьютерные сети. Теперь можно перейти к более пристальному рассмотрению отдельных компонентов МАИС анализа ННП.

### Взаимодействие пользовательского ПО и клиентских агентов

Вычислительные системы на практике имеют ограничения по объему вычислительных ресурсов. Поэтому при запуске агентной платформы на некотором вычислительном узле, естественно, создается определенное количество вычислительных агентов, которые будут использоваться пользовательским ПО. Данные агенты могут быть еще ни разу не использованными либо такими, которые решали поставленные перед ними задачи.

При возникновении необходимости у пользовательского ПО использовать МАИС анализа клиентским агентам рассылается сообщение о необходимости решения задачи. Для этого целесообразно использовать средства широковещательной рассылки сообщений. Клиентские агенты, получив сообщение, высылают свои предложения запрошившему программному обеспечению. Если агенты уже решали подобную задачу, они могут обладать информацией о решении подобной задачи и им необходимо отдать приоритет при выборе решателя пользовательским ПО. Далее, после расстановки приоритетов и соответствующего упорядочения списка доступных решателям задач пользовательское ПО выбирает первого агента в списке для решения задачи. Очевидно, что в реальной вычислительной системе могут возникать задержки при передаче сообщений, и поэтому необходимо установить тайм-аут, в течение которого

пользовательское ПО ожидает прихода сообщений, после чего выполняет указанные действия. Затем взаимодействие выбранного агента и клиентского программного обеспечения происходит по схеме, изображенной на рис.4, в котором пользовательское ПО асинхронно отправляет запрос клиентскому агенту на решение определенной задачи. Асинхронная отправка заданий дает возможность пользовательскому ПО выполнять другие задачи, пока проводится анализ выбранного ННП, и, кроме того, в случае длительного выполнения повторить процесс выдачи задания другому клиентскому агенту. Клиентский агент, используя полученную от пользовательского программного обеспечения либо из базы данных выборку, применяет описанный в предыдущих разделах метод анализа ННП.

В ходе применения метода возникает необходимость в использовании сервисов серверных агентов. Наличие данных сервисов запрашивается у МАИС, и задания передаются серверным агентам-исполнителям. Еще раз следует отметить, что данный процесс происходит посредством асинхронной передачи сообщений для повышения надежности и отказоустойчивости системы.

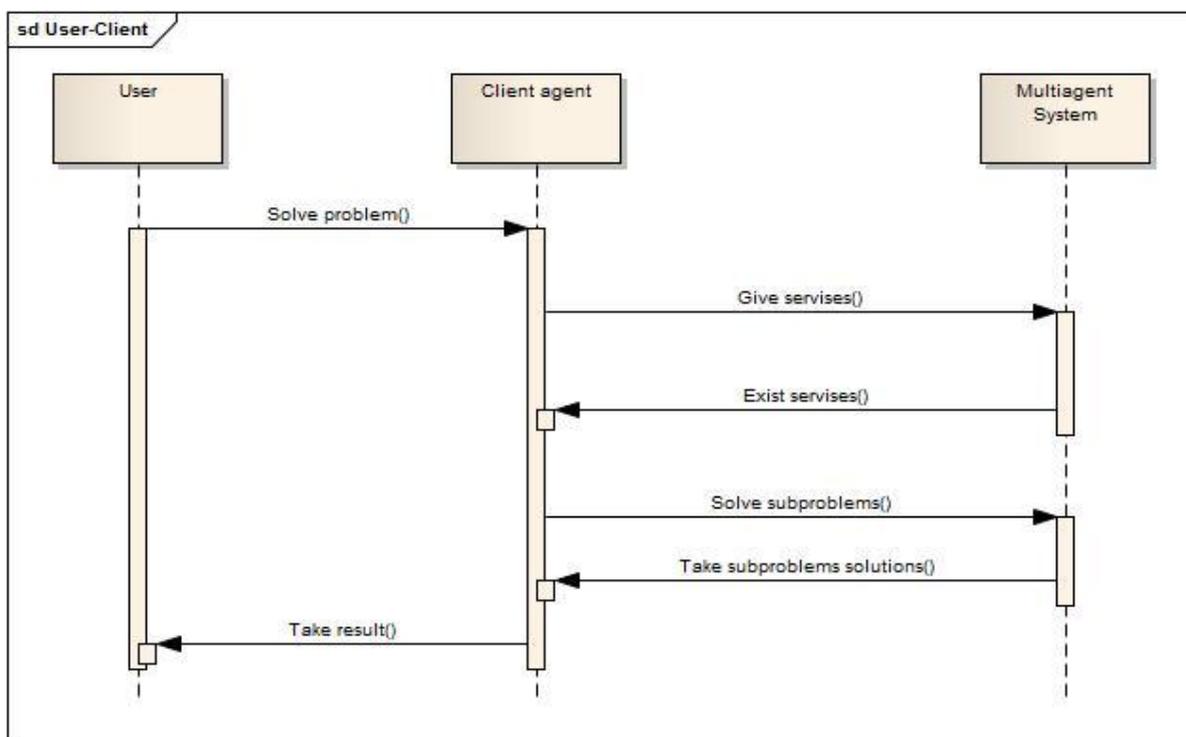


Рис.4. Взаимодействие пользовательского ПО и клиентского агента

После выполнения заданий их результаты передаются обратно клиентским агентам. Результаты применения метода возвращаются обратно клиентскому ПО, которое инициирует разрыв своего взаимодействия с клиентским агентом. Клиентский агент после своего использования является ценным носителем информации о решении конкретной задачи. Таким образом, в случае отсутствия необходимости в его использовании пользовательским ПО он может выступать в качестве сервера, предоставляющего выдачу решения данной задачи. Данный сервис может быть зарегистрирован у сервисного агента и быть актуальным до момента возникновения необходимости в клиентском агенте у пользовательского ПО.

## Сервисные агенты

Одной из задач, которую должна решать МАИС, является возможность добавлять серверными агентами (СА) новые сервисы без необходимости перезапуска всей системы анализа. Именно для решения этой задачи и разработаны СА. СА содержат списки известных им сервисов и исполнителей данных сервисов. СА являются обыкновенными агентами, и они взаимодействуют с клиентскими и серверными коллегами также путем асинхронного обмена сообщениями.

Отдельный СА не обязательно должен знать про все сервисы МАИС анализа. Это сделано по следующим соображениям. Клиентские агенты отдельной агентной платформы могут не иметь необходимости в использовании абсолютно всех сервисов МАИС, и в случае их (сервисов) большого числа могут происходить необоснованные затраты времени на регистрацию и поиск необходимого сервиса.

Кроме того, в набор функций СА входит задача поддержания актуальности списка доступных сервисов. Для этого СА асинхронно и широковещательно отправляет сообщение с запросом подтверждения актуальности сервиса всем зарегистрированным СА. Далее СА ожидает в течение заданного времени отклика от запрашиваемых СА. В случае позитивных откликов сервисы остаются активными, а в случае негативных откликов либо их отсутствия сервисы удаляются из списка.

Если бы все сервисы МАИС анализа были зарегистрированы в каждом СА, то происходило бы излишнее дублирование информации про доступные сервисы, и, кроме того, некоторые СА в силу объективных причин были бы не способны переслать сообщение в течение выделенного тайм-аута и, как результат, сервисы были бы актуальными, но они не значились бы в списках СА.

Для устранения этих потенциально негативных качеств и реализована возможность частичных списков у СА, и, в случае отсутствия информации о сервисе у определенного СА, он имеет возможность запросить подобную информацию у своих коллег. Как уже было отмечено, отдельная агентная платформа должна иметь минимум одного СА.

## Деятельность серверных агентов в МАИС и их взаимодействие с серверными приложениями

Серверное приложение в большинстве случаев – это отдельный процесс операционной системы. В рамках одного хоста может быть запущено несколько одинаковых серверных процессов. Таким образом, серверному агенту МАИС анализа должна передаваться информация о том, какие функции выполняет серверное приложение и как с ним взаимодействовать. Это реализуется с помощью интерфейсных классов-адаптеров, которые агрегируются классами серверных агентов (рис.5).

В отличие от клиентских агентов, при появлении нового сервера необходимо создать, по крайней мере, одного серверного агента, который будет способен с ним взаимодействовать. Что касается серверных приложений, то, в принципе, они могут быть реализованы на произвольном языке программирования и быть в рамках гетерогенных вычислительных систем. При создании серверного приложения необходимо одновременно проектировать интерфейс взаимодействия с ним серверного агента. К таким серверным приложениям можно отнести сервер МГУА, НМГУА, модели корректирования погрешности (МКП) и т.д. Их взаимодействие с МАИС анализа ННП изображено на рис.5.

Из описанного выше очевидно, что в рамках системы может быть несколько, например, одинаковых серверов МГУА.

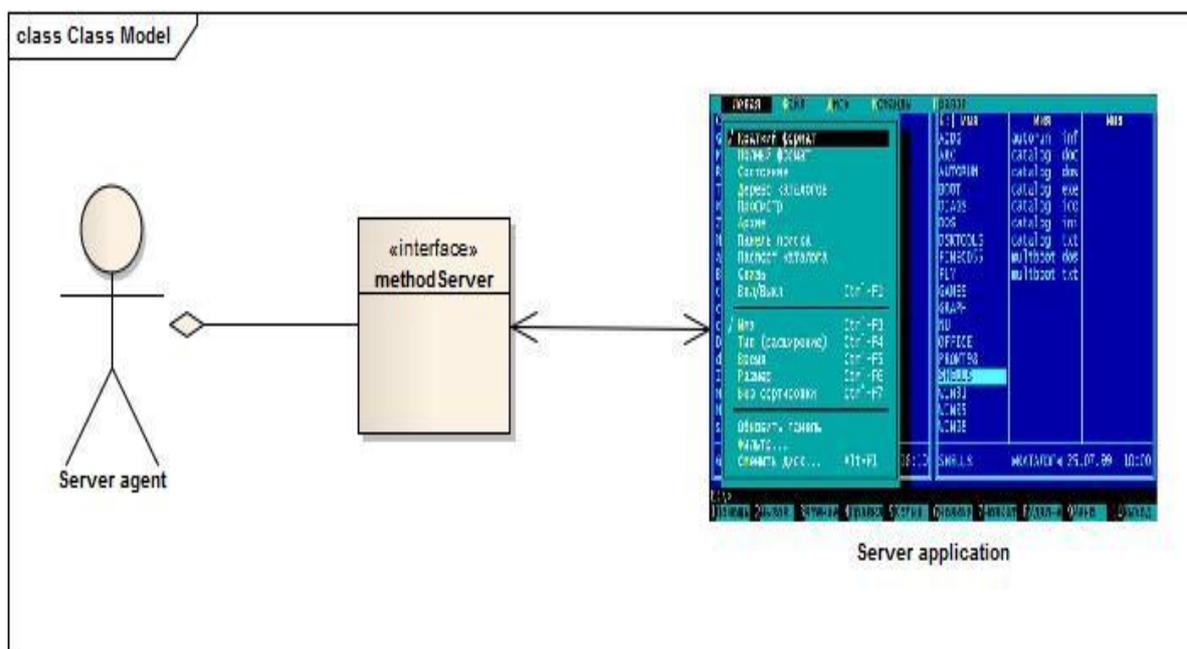


Рис.5. Взаимодействие серверного агента с серверным приложением

### Средства реализации МАИС анализа ННП

Для реализации описанной выше МАИС анализа наилучшим образом подходит представленная на языке программирования Java система JADE. В системе предусмотрена возможность подключения в процессе работы агентов (агенты имеют возможность клонирования и миграции), а также есть специальный класс агентов, называемых DirectoryFacilitator, которые и обеспечивают описанную возможность регистрации сервисов агентов. Агенты JADE (Java Agent Development Environment (API для реализации мультиагентных систем на языке Java) – это отдельные процессы операционных систем. Платформы JADE могут быть развернуты на различных узлах вычислительной системы и используют стандарты FIPA для взаимодействия между собой и деятельности агентов внутри них. Кроме того, JADE имеет мощные средства мониторинга и диагностики разворачиваемых МАИС. При использовании JADE для серверных приложений необходимо предусматривать интерфейсы с ними на языке программирования Java.

### Заключение

Предложена мультиагентная информационная система анализа нелинейных нестационарных процессов, основанная на использовании системы JADE и одноименной информационной технологии анализа. Из проведенных исследований следует, что данная технология позволяет эффективно выявлять вид нелинейности и нестационарности, в соответствии с этим проводить анализ процесса. Мультиагентный подход позволяет развернуть данную технологию как многопользовательскую распределенную систему.

### Литература

1. Зайченко Ю.П. Основы проектирования интеллектуальных систем: Учебное пособие, Киев: Издательский дом «Слово», 2004, с.352.
2. Рассел С., Норвинг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006, с.1408.

3. Гасанов А.С., Бидюк П.И., Подладчиков В.Н. Интегрированная система для прогнозирования нестационарных процессов / Международная конференция «Современная информатика»: проблемы, исследования и перспективы развития, 12–13 сентября, Киев, Украина, 2013, с.135–137.
4. Гасанов А.С. Интегрированные технологии анализа нестационарных временных рядов / Вестник ЛНУ имени Тараса Шевченко. Педагогические науки, ч. III, 2010, №22 (209), с.13–25.
5. Швецов А.И. Агентно-ориентированные системы: от формальных моделей к промышленным приложениям. 101 с.
6. Bellifemine Fabio, Caire Giovanni, Greenwood Dominic. Developing multi-agent systems with JADE. JOHN WILEY & SONS. LTD, 2007, 286 p.
7. Shoham Y., Leyton-Brown K. Multiagent Systems. Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations: Cambridge University Press, 2009, 513 p.
8. Widal Jose M. Fundamentals of Multiagent Systems with NetLogo Examples, 2010, 155 p.
9. Wooldridge M. An Introduction to Multiagent Systems, West Sussex, England.: JOHN WILEY & SONS. LTD, 2002, 348 p.

#### UOT 004.042

**Həsənov Aydın S.<sup>1</sup>, Abdullayev Sayyar H.<sup>2</sup>, Nikolay Murqa A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ukrayna MEA və Ukrayna Təhsil və Elm Nazirliyinin informasiya texnologiyaları və sistemləri üzrə Beynəlxalq elmi-tədris mərkəzi, Kiev, Ukrayna

<sup>2</sup>AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

<sup>3</sup>“KPI” Ukrayna Milli Texniki Universitetinin Tətbiqi Sistemli Analiz İnstitutu, Kiev, Ukrayna

[ayding44@rambler.ru](mailto:ayding44@rambler.ru), [depart5@iit.ab.az](mailto:depart5@iit.ab.az), [baskervil@voliacable.com](mailto:baskervil@voliacable.com),

#### **Multiagent informasiya sisteminin təhlili, qeyri-xətti qeyri-stasionar proseslərin modelləşdirilməsi və proqnozlaşdırılması**

Məqalədə verilənləri qeyri-xətti qeyri-stasionar proseslər şəklində qostərilən məsələlərin həlli üçün multiagent informasiya sisteminə baxılmışdır. Proseslərin qeyri-xətti və qeyri-stasionarlığını effektiv aşkarlamağa və buna uyğun olaraq analiz aparmağa imkan verən texnologiyalar haqqında məlumat verilmişdir.

*Açar sözlər: multiagent informasiya sistemi, qeyri-xətti qeyri-stasionar proses, heteroskedastiv və kointeqral proseslər, inteqrasiyalanma informasiya sistemi.*

**Aydin S. Gasanov<sup>1</sup>, Sayyar H. Abdullayev<sup>2</sup>, Nikolay A. Murga<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>International Research and Training Center for Information technologies and System National Academy of science of Ukraine and Ministry Education and Science, Kiev, Ukraina

<sup>2</sup>Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan

<sup>3</sup>Institute of Applied Systems Analysis of National Technical University of Ukraine "KPI", Kiev, Ukraina

[ayding44@rambler.ru](mailto:ayding44@rambler.ru), [depart5@iit.ab.az](mailto:depart5@iit.ab.az), [baskervil@voliacable.com](mailto:baskervil@voliacable.com),

#### **Multiagent information system analysis, modeling and forecasting of nonlinear non-stationary processes**

In the article on consider multi-agent information system for solving problems for which data are presented in the form of nonlinear non-stationary processes. Also information about the technology, which can effectively identify view nonlinear and non-stationary transients and in accordance with this an analysis of these processes is provided.

*Keywords: multi-agent information system, heteroskedastic and cointegration processes, integrated information system.*