

УДК 519.876.2

DOI: 10.26102/2310-6018/2019.26.3.035

Д.А. Петросов¹, Аль Саеди Моханад Ридха Ганим², С.Ю. Белецкая²
**МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИМ
АЛГОРИТМОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОЙ
НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧЕ СТРУКТУРНО
ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА БОЛЬШИХ ДИСКРЕТНЫХ
СИСТЕМ**

¹Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

²ФГБУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия

В интеллектуальных системах поддержки принятия решений, направленных на решение задач структурно-параметрического синтеза моделей больших дискретных систем с заданным поведением, на основе генетических алгоритмов зачастую требуется увеличить быстродействие используя не только аппаратные средства, но и математические. В данной работе рассматриваются процессы, которые возникают при использовании эволюционной процедуры, состоящей из четырех адаптированных к задаче синтеза генетических алгоритмов под управлением искусственной нейронной сети. Каждая модель, входящая в состав блока поиска решений, выполняет свою функцию в задаче структурно-параметрического синтеза имитационных моделей больших дискретных систем. То есть выполняет поиск решений на основе: моделей элементов, входящих в состав синтезируемого объекта; межэлементных связей; начальных параметров функционирования элементов; параметров элементов синтезируемой системы, которые могут изменяться в синтезируемой модели в процессе ее работы. В качестве управления рассматривается применение искусственной нейронной сети, которая вносит корректировки в параметры функционирования операторов генетического алгоритма и (или) подключение разных комбинаций эволюционных процедур в зависимости от возникшей сходимости или затухания эволюционной процедуры. При создании модели процессов были использованы современные методологии IDEF0 и IDEF3, направленные на решение задач системного анализа.

Ключевые слова: эволюционные процедуры, структурно-параметрический синтез, генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети, системный анализ, имитационное моделирование.

1. Введение

Современные подходы к решению задачи структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением основываются на интеллектуальных методах, среди которых большую популярность получили эволюционные процедуры. Одним из популярных подходов для решения данного класса задач является применение генетических алгоритмов. [1, 2] Стоит отметить, что данный подход хорошо зарекомендовал себя во многих областях. Но несмотря на

достаточную распространенность применение данной эволюционной процедуры, ее использование не всегда дает желаемый результат. Это связано с проблемами затухания и преждевременной сходимости генетического алгоритма. Для решения данной проблемы предлагается использование адаптирующегося к процедуре поиска генетического алгоритма. [3-6] В данной работе предложено использование искусственной нейронной сети к решению задачи управления процедурой структурно-параметрического синтеза, состоящей из блока генетических алгоритмов (см. Рисунок 1), каждый из которых направлен на решение определенной задачи структурно параметрического синтеза больших дискретных систем:

1. структурный синтез на основе работы над изменением компонентов синтезируемой модели системы;
2. структурный синтез на основе работы над изменением межкомпонентных связей в синтезируемой модели системы;
3. параметрический синтез на основе изменения параметров функционирования компонентов системы;
4. параметрический синтез на основе изменения начальных состояний элементов.

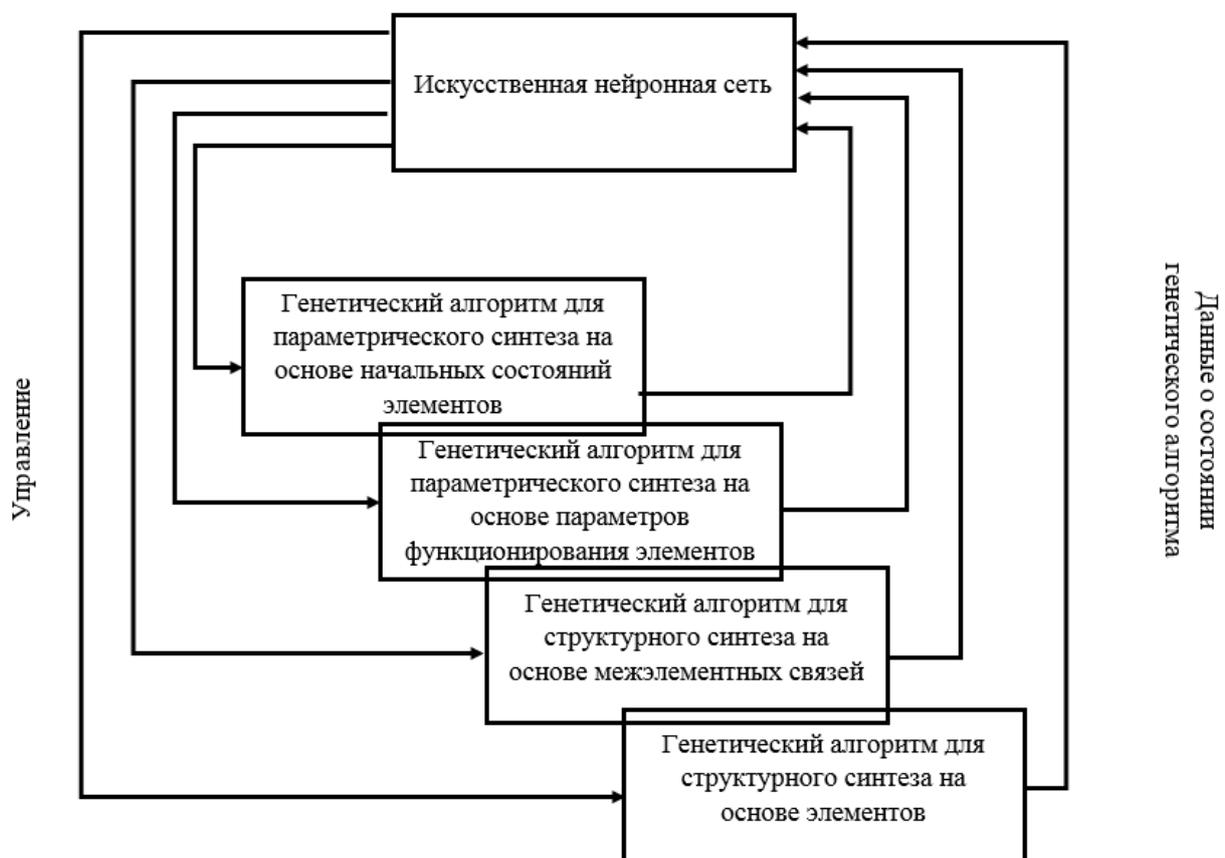


Рисунок 1 – Модель адаптивного структурно-параметрического синтеза на основе генетических алгоритмов под управлением искусственной нейронной сети

Популяция осуществляет миграцию между компонентами блока решая задачу структурно параметрического синтеза. для оптимизации работы предложенной модели целесообразно использование нейронной сети, которая будет осуществлять контроль:

1. отслеживать затухание по блоку структурного синтеза;
2. отслеживать преждевременную сходимость по блоку структурного синтеза;
3. отслеживать затухание по блоку параметрического синтеза;
4. отслеживать преждевременную сходимость по блоку параметрического синтеза.

Кроме процедуры контроля искусственная нейронная сеть может осуществлять управление данным блоком:

1. изменение траектории движения популяции по блоку структурно-параметрического синтеза;
2. изменение параметров функционирования операторов генетического алгоритма. [7,8]

Такой подход даст возможность оптимизировать работу генетического алгоритма, при решении задачи структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем, которая требует больших временных затрат.

В данной работе предлагается рассмотреть функционирование блока управления на основе искусственной нейронной сети с использованием инструментальных средств системного подхода, базирующихся на методологиях IDEF.

2. Материалы и методы

В качестве основных методов, которые предлагается использовать для построения функциональных моделей процесса, возможно применение методов семейства IDEF.

Для построения моделей управления блоком структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем следует отображать: соподчиненность объектов, логические отношения, временную последовательность и причинно-следственные связи. Для решения этих задач наиболее подходящими расширениями семейства методологий IDEF являются: IDEF0 и IDEF3.

2.1 Методология IDEF0

Методология IDEF0 является графической нотацией функционального моделирования, которая направлена на отображение соподчиненности объектов и логические отношения между объектами. При построении моделей с использованием выбранного инструментария следует придерживаться следующих правил:

1. процесс отображается в графической нотации в виде прямоугольника;
2. название процесса начинается с глагола;
3. входы, необходимые для реализации процесса отображаются стрелками, входящими в левую грань прямоугольника;
4. выходы (результаты выполнения процесса) отображаются стрелками, исходящими из правой грани прямоугольника;
5. управление процессом отображается в виде стрелок, входящих в верхнюю грань процесса;
6. механизмы, с помощью которых выполняется процесс, отображаются в виде стрелок, входящих в нижнюю грань.

Используя данные правила нотации можно построить графическую модель процесса с учетом особенности функционирования и иерархию соподчиненности.

2.2 Методология IDEF3

Использование методологии IDEF3 обусловлено потребностью в отображении: логических отношений, временной последовательности и причинно-следственной связи.

Временную последовательность можно определить по номеру процесса, которая отображается в нижнем левом углу прямоугольника. Логические отношения и причинно-следственные связи позволяет моделировать компонент графической нотации – перекресток.

В выбранной нотации используется пять разновидностей перекрестков:

1. асинхронное логическое «ИЛИ» (отображается в модели как прямоугольник с одной вертикальной линией слева и символом «O»);
2. асинхронное логическое «И» (отображается в модели как прямоугольник с одной вертикальной линией слева и символом «&»);
3. асинхронное исключаящее «ИЛИ» (отображается в модели как прямоугольник с одной вертикальной линией слева и символом «X»);
4. синхронное логическое «ИЛИ» (отображается в модели как прямоугольник с двумя вертикальными линиями слева и справа, а также символом «O»);
5. синхронное логическое «И» (отображается в модели как прямоугольник с двумя вертикальными линиями слева и справа, а также символом «&»).

Разница между асинхронным и синхронным перекрестками заключается в том, что в случае использования синхронного перекрестка все процессы должны начинаться одновременно, если перекресток

используется на разветвлении, или все процессы должны заканчиваться одновременно, если перекресток стоит на слиянии распараллеленных процессов.

Применение данной методологии позволит отобразить логические отношения, временные последовательности и причинно-следственные связи в модели процесса управления искусственной нейронной сетью блоком генетических алгоритмов, решающих задачу структурно-параметрического синтеза моделей больших дискретных систем с заданным поведением.

3. Решение задачи

3.1 Постановка задачи

Требуется для построить модели, описывающие процесс управления блоком генетических алгоритмов, направленным на решение задачи структурно-параметрического синтеза моделей больших дискретных систем с заданным поведением, с применением интеллектуального инструментального средства математического аппарата искусственных нейронных сетей на основе выбранных методологий IDEF0 и IDEF3.

3.2 Решение задачи

Рассмотрим процесс «Управления блоком моделей генетических алгоритмов при решении задачи структурно-параметрического синтеза». для этого требуется разработать контекстную модель процесса (см. Рисунок 2).

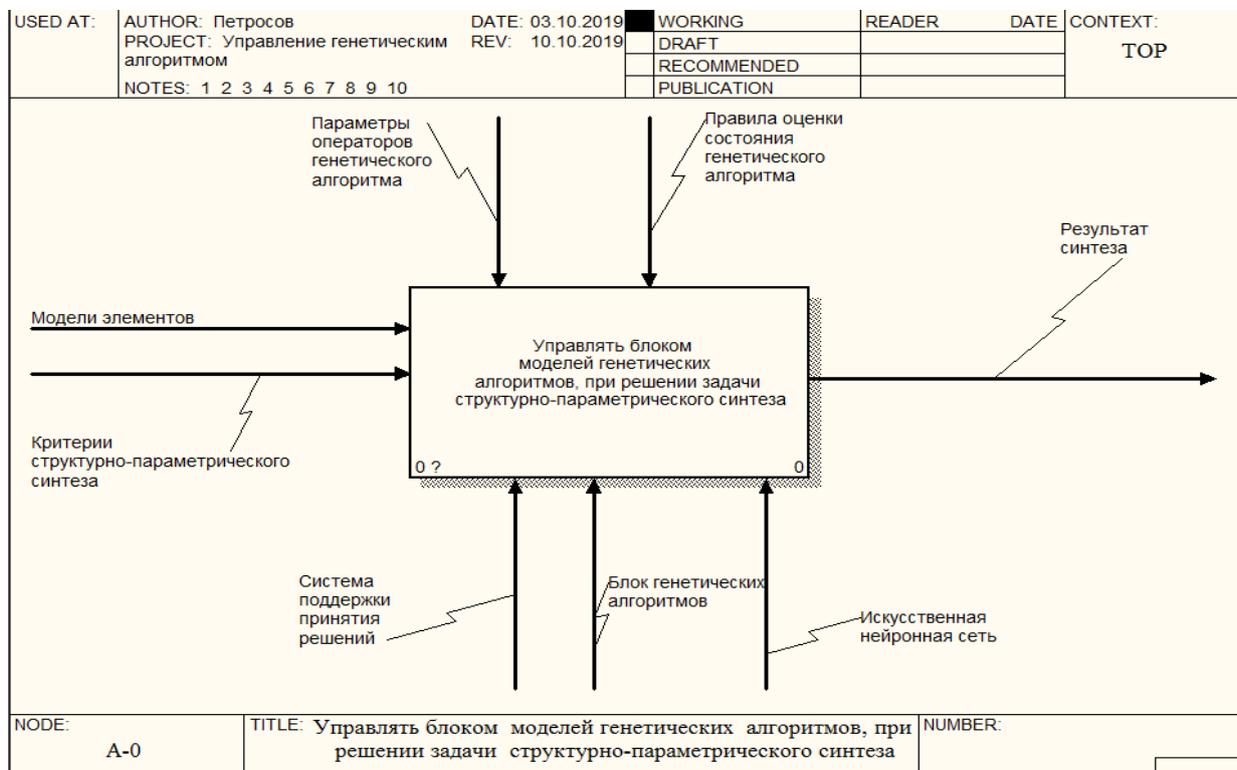


Рисунок 2 – Модель процесса «Управлять блоком моделей генетических алгоритмов, при решении задачи структурно-параметрического синтеза»

В качестве входа для данного процесса выделим «Критерии структурно» и «Модели элементов».

Выходом для модели процесса является «Результат синтеза». Управляют данным процессом: «Параметры операторов генетического алгоритма» и «Правила оценки состояния генетического алгоритма». Механизмами, с помощью которых реализуется данный процесс, являются: «Система поддержки принятия решений», «Блок генетических алгоритмов» и «Искусственная нейронная сеть».

Требуется провести детализацию (декомпозицию) контекстной диаграммы (см. Рисунок 3).

Основной процесс предлагается рассматривать в качестве четырех подпроцессов: «Запустить процедуру структурного синтеза», «Оценить состояние популяции», «Запустить процедуру параметрического синтеза» и «Изменить параметры функционирования операторов».

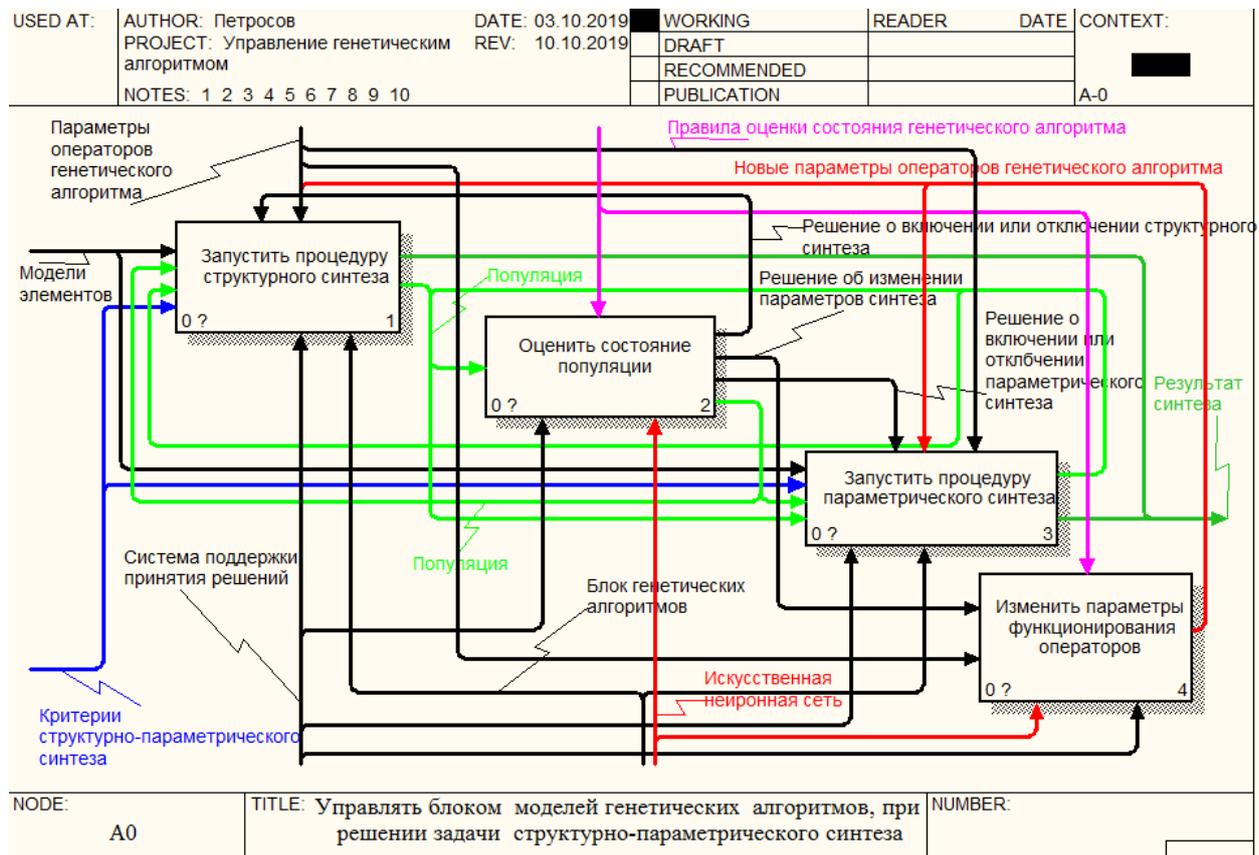


Рисунок 3 – Декомпозиция контекстной модели на основе IDEF0

Как видно из представленной модели процесс «Запустить процедуру структурного синтеза» является первым этапом работы. На вход подаются «Модели элементов» и «Популяция» (тип стрелок Output-Feedback-Input, так как популяция может быть возвращена из процесса «оценить состояние популяции» или «Запустить процедуру параметрического синтеза»), на

основе которых будет решаться задача структурно-параметрического синтеза моделей больших дискретных систем и «Критерии структурно-параметрического синтеза». Данный процесс использует в качестве механизмов «Система поддержки принятия решений» и «Блок генетических алгоритмов». В качестве управления используются «Параметры операторов генетического алгоритма» (тип стрелок Control), «Решение об включении или отключении структурного синтеза» и «Новые параметры операторов генетического алгоритма» (тип стрелок Output-Feedback-Control, данные стрелки являются результатом деятельности процесса «Оценить состояние популяции» и возвращаются в качестве управляющего сигнала). В качестве выходов в данном процессе могут выступать: «Популяция», которая перенаправляется для анализа в процесс «Оценить состояние популяции» или в процесс «Запустить процедуру параметрического синтеза», а также «Результат синтеза».

Процесс «Оценить состояние популяции» на вход получает «Популяция» (которая может быть реализована типом стрелок Output-Input, если передается из процесса «Запустить процедуру структурного синтеза» или типом стрелок Output-Feedback-Input, если передается из процесса «Запустить процедуру параметрического синтеза»), руководствуется в процессе оценки состояния сходимости блока генетических алгоритмов «Правила оценки состояния генетического алгоритма» в качестве механизмов использует: «Искусственная нейронная сеть» и «Система поддержки принятия решений». В качестве выходов в данном процессе выступают: «Решение о включении или отключении структурного синтеза», «Решение о включении или отключении параметрического синтеза» и «Решение об изменении параметров синтеза».

Модель процесса «Запустить процедуру параметрического синтеза» эквивалентна модели процесса «Запустить процедуру структурного синтеза»

Также в декомпозицию входит процесс «Изменить параметры функционирования операторов». Данный процесс позволяет избегать тупиковых ситуаций в работе блока генетического алгоритма. На вход данному процессу подаются: «Параметры операторов генетического алгоритма», по которым работает блок эволюционных процедур в настоящее время, и «Решение об изменении параметров синтеза». в качестве управления используются «Правила оценки состояния генетического алгоритма». Механизмами являются «Искусственная нейронная сеть» и «Система поддержки принятия решений». В качестве выхода данного процесса формируется «Новые параметры операторов генетического алгоритма», которые относятся к типу стрелок Output-Feedback-Control и используются в качестве управления в процессах, отвечающих за структурно-параметрический синтез.

Дальнейшая декомпозиция требует использования методологии IDEF3. Процесс «Запустить процедуру структурного синтеза» можно представить в виде трех подпроцессов (см. Рисунок 4): «Запустить синтез на основе элементов», «Запустить синтез на основе элементов и связей», «Запустить синтез на основе связей» и «Оценить результат структурного синтеза». Так как данная часть блока генетических алгоритмов может осуществлять миграцию популяции как в рамках одной модели, так и между двумя моделями, решающих задачу структурного-синтеза, то требуется использование асинхронного логического перекрестка «Исключающее ИЛИ».

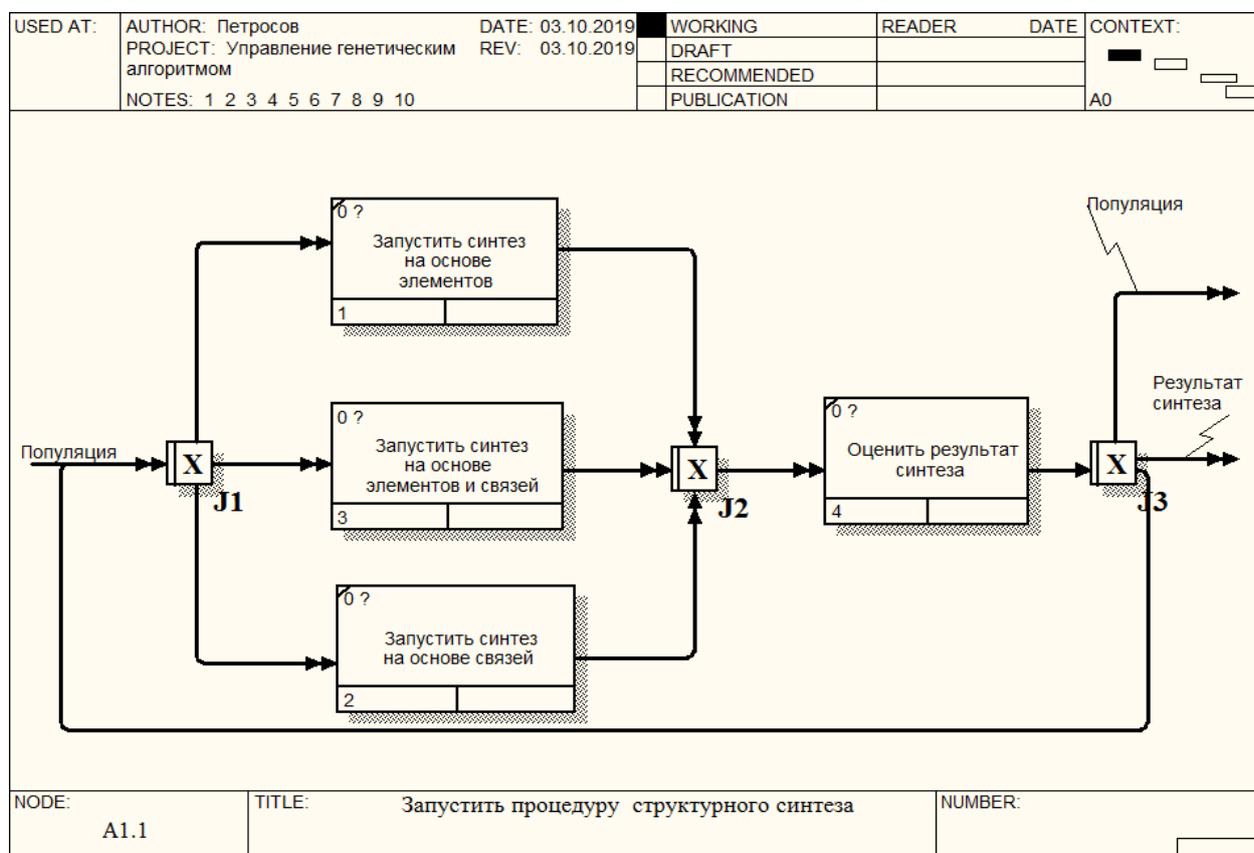


Рисунок 4 – Декомпозиция процесса «Запустить процедуру структурного синтеза» на основе IDEF3

Данный тип перекрестка направляет популяцию в требуемом направлении. Далее выполняется процесс «Оценить результат структурного синтеза», после которого перекресток либо оставляет популяцию внутри блока структурного синтеза, либо перенаправляет популяцию из данного процесса, либо выдает результаты структурного синтеза.

Отдельно требуется выполнить декомпозицию процесса «Запустить синтез на основе элементов и связей» (см. Рисунок 5).

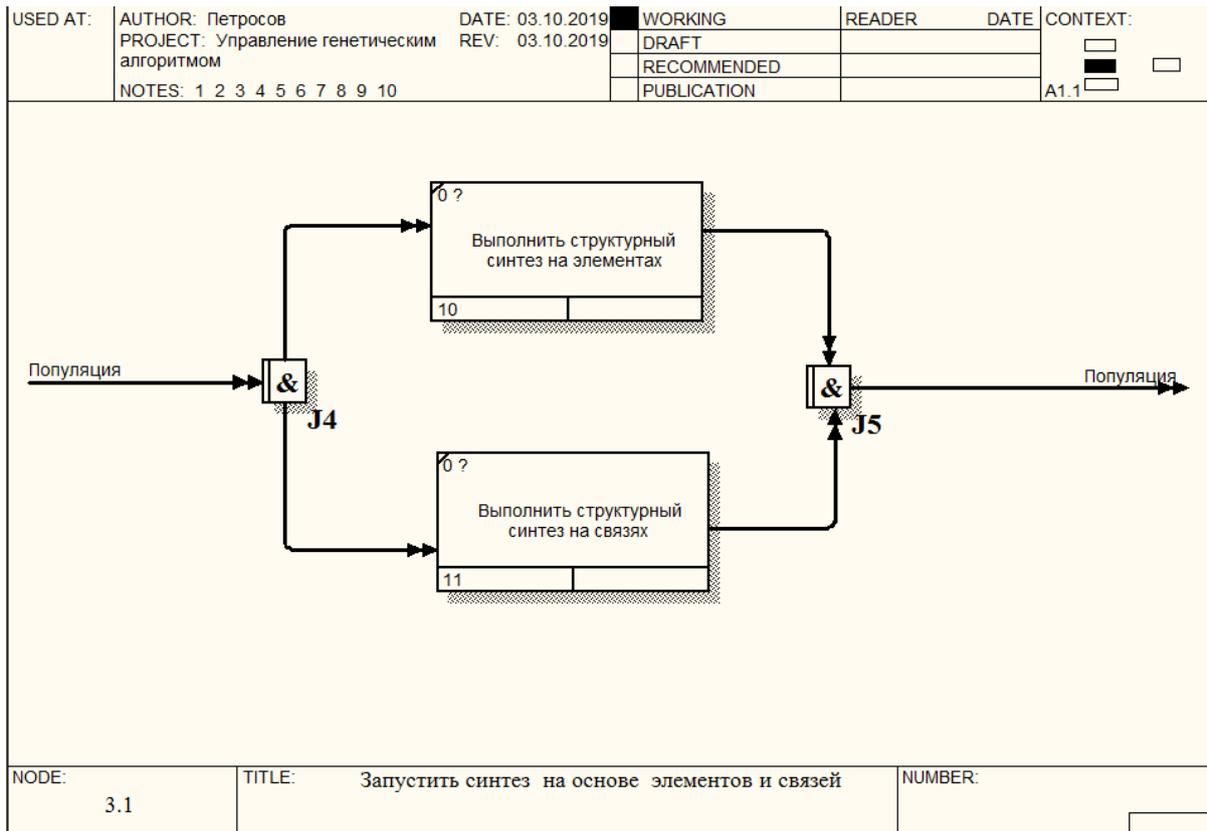


Рисунок 5 – Декомпозиция процесса «Запустить синтез на основе элементов и связей»

Данный процесс декомпозирован на два подпроцесса: «Выполнить структурный синтез на элементах» и «Выполнить структурный синтез на связях». Распределение потока популяции в данном процессе выполняет перекресток – асинхронное «И», использование которого обусловлено тем, что для перехода к следующему процессу обе процедуры должны выполняться, при этом запуск данных процедур не является одновременным, то есть над популяцией в начале производится структурный синтез на основе элементов, а затем структурный синтез на межкомпонентных связях. Перекресток асинхронное «И» позволяет выполнить данное условие моделирования.

На Рисунке 6 показана декомпозиция процесса «Запустить процедуру параметрического синтеза». Структура предложенной модели процесса эквивалентна декомпозиции процесса «Запустить процедуру структурного синтеза» отличие составляет название процессов: «Выполнить параметрический синтез начальных параметров функционирования элементов», «Выполнить параметрический синтез на основе начальных параметров элементов и изменения параметров в процессе работы синтезируемой модели», «Выполнить параметрический синтез на основе параметров элементов синтезируемой системы» и «Оценить результат параметрического синтеза».

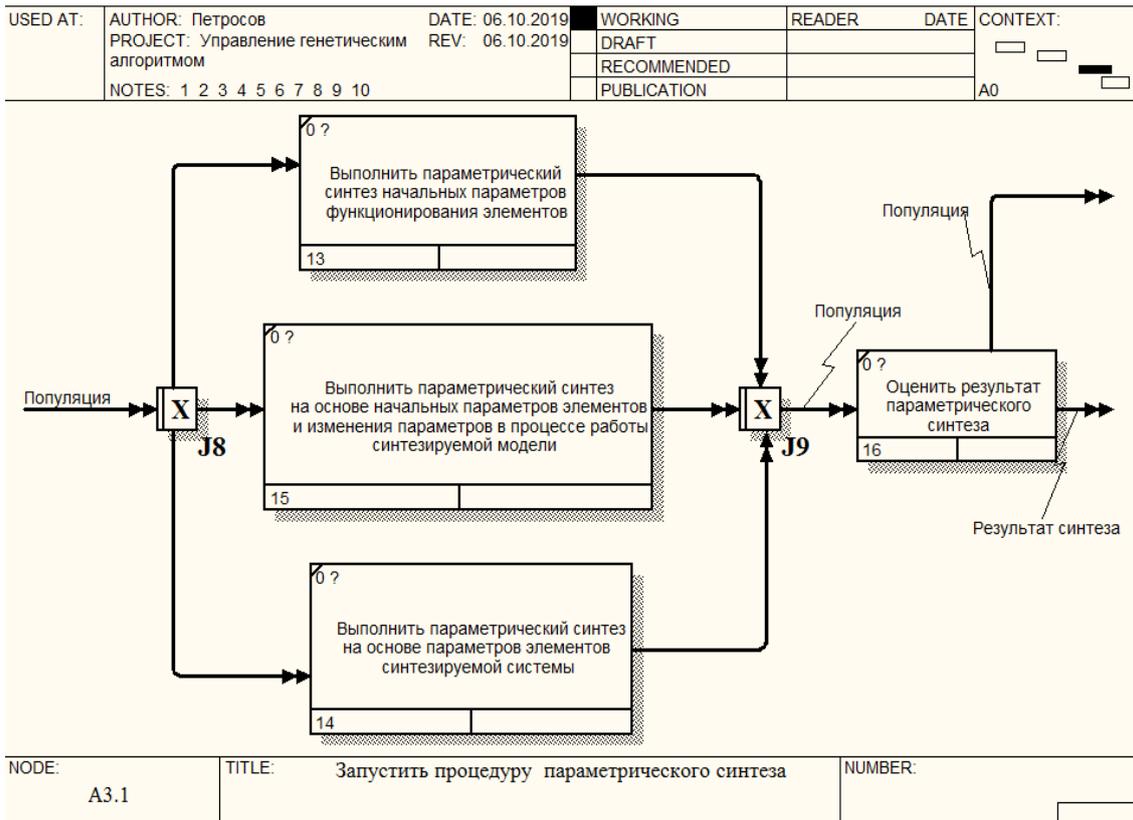


Рисунок 6 -Декомпозиция процесса «Запустить процедуру параметрического синтеза»

Отдельной декомпозиции требует процесс «Изменить параметры функционирования операторов» (см. Рисунок 7.).

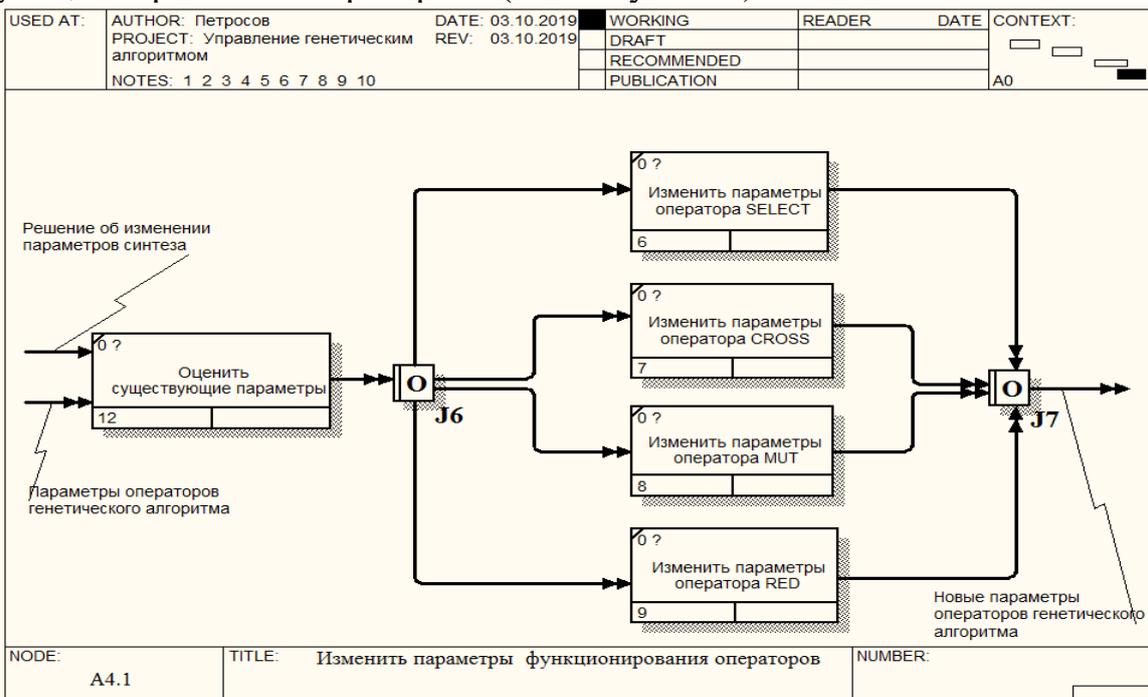


Рисунок 7 – Декомпозиция процесса «Изменить параметры функционирования операторов»

Декомпозиция данного процесса состоит из: «Оценить существующие параметры», «Изменить параметры оператора Select», «Изменить параметры оператора Cross», «Изменить параметры оператора Mut» и «Изменить параметры оператора Red» (Select – оператор отбора, Cross – оператор скрещивания, Mut – мутации и Red – оператор редукции).

Изменение в работе данных оператор в процессе поиска решений позволяет избегать преждевременной сходимости и затухания генетических алгоритмов.

На вход данному процессу подаются: «Решение об изменении параметров синтеза» и «Параметры операторов генетического алгоритма». Асинхронный перекресток логического «ИЛИ» позволяет запустить 2^{n-1} комбинаций исполнения процессов, в зависимости от решения, которое примет искусственная нейронная сеть.

Таким образом, задача по построению модели, описывающей процесс управления блоком генетических алгоритмов для решение задачи структурно-параметрического синтеза моделей больших дискретных систем с заданным поведением, с применением интеллектуального инструментального средства математического аппарата искусственных нейронных сетей на основе выбранных методологий IDEF0 и IDEF3 полностью решена.

4. Обсуждение

Предложенные модели на основе выбранных методологий IDEF0 и IDEF3 демонстрируют процесс управления блоком генетических алгоритмов, направленным на решение задачи структурно-параметрического синтеза, непосредственно в процессе его функционирования, что дает возможность избегать преждевременной сходимости и затухания.

5. Заключение

В работе предложены модели процесса управления искусственной нейронной сетью блоком генетических алгоритмов при решении задачи структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением. Для этого использовались современные методологии IDEF0 и IDEF3. В качестве управления рассмотрены две составляющие модели: управление миграциями популяции и изменение параметров функционирования операторов.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ: № 18-07-00634 а

ЛИТЕРАТУРА

1. Петросов, Д.А. Структурный синтез инновационных агротехнологических процессов с применением генетических алгоритмов [Электронный ресурс] /Петросов Д.А., Игнатенко В.А., Петросова Н.В., Зеленина А.Н.// Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 2 (25). С. 287-300. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_39197599_45263039.pdf (дата обращения: 11.09.2019)
2. Ломазов, В.А. Эволюционная процедура структурного и параметрического синтеза имитационных моделей систем документооборота [Текст] /Ломазов В.А., Михайлова В.Л., Петросов Д.А., Ельчанинов Д.Б.// Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2013. № 22 (165). С. 204-209.
3. Подлазова, А. В. Генетические алгоритмы на примерах решения задач раскрытия [Электронный ресурс]/ А. В. Подлазова // Проблемы управления. 2008. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskie-algoritmy-na-primerah-resheniya-zadach-raskroya> (дата обращения: 11.06.2019)
4. Канюков, С.И. Генетический алгоритм проектирования основных переходов в САПР технологических процессовковки валов [Электронный ресурс]/ С.И. Канюков, А.В. Коновалов // Программные продукты и системы. 2015. №3 (111) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskiy-algoritm-proektirovaniya-osnovnyh-perehodov-v-sapr-tehnologicheskikh-protsesov-kovki-valov> (дата обращения: 11.06.2019).
5. Науменко В. В. Применение генетического алгоритма для решения задачи распределения ресурсов в процессе выполнения административных регламентов [Текст]/ В. В. Науменко // Молодой ученый. 2014. №4. С. 218-224.
6. Птушкин, А.И. Алгоритм структурной оптимизации технологического процесса при дефиците времени на его выполнение [Текст]/ А.И. Птушкин, Д.В. Решетников, А.С. Кокарев, А.В. Трудов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11-5. – С. 918-922.
7. Петросов, Д.А. Имитационная модель управляемого генетического алгоритма на основе сетей Петри [Текст]/Петросов Д.А.// Интеллектуальные системы в производстве. 2019. Т. 17. № 1. С. 63-70.
8. Петросов, Д.А. Искусственные нейронные сети в задачах управления генетическим алгоритмом в процессе структурно-параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением [Текст]/Петросов Д.А., Петросова Н.В.// Перспективы науки. 2018. № 11 (110). С. 125-130.

D.A. Petrosov¹, Al Saedi Mohanad Ridha Ghanim², S.Y. Beletskaya²
**MODEL OF THE PROCESS OF MANAGING A GENETIC
ALGORITHM USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK
BECAUSE OF STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS OF LARGE
DISCRETE SYSTEMS**

¹ *Financial University under the Government of the Russian Federation*

² *Voronezh State Technical University*

In intelligent decision support systems aimed at solving the problems of structurally parametric synthesis of models of large discrete systems with a given behavior, based on genetic algorithms, it is often required to increase speed using not only hardware, but also mathematical ones. In this paper, we consider the processes that arise when using an evolutionary procedure consisting of four genetic algorithms adapted to the task of synthesizing under the control of an artificial neural network. Each model that is part of the decision-making block fulfills its function in the task of structural-parametric synthesis of simulation models of large discrete systems. That is, it searches for solutions based on: models of elements that make up the synthesized object; interelement connections; initial parameters of the functioning of the elements; parameters of the elements of the synthesized system, which can change in the synthesized model during its operation. As a control, the use of an artificial neural network is considered, which makes adjustments to the functioning parameters of the operators of the genetic algorithm and (or) the connection of various combinations of evolutionary procedures depending on the convergence of the evolutionary procedure. When creating a process model, modern methodologies IDEF0 and IDEF3 were used, aimed at solving problems of system analysis.

Keywords: evolutionary procedures, structural-parametric synthesis, genetic algorithms, artificial neural networks, system analysis, simulation

REFERENCE

1. Petrosov, D.A. Strukturnyj sintez innovacionnyh agrotekhnologicheskikh processov s primeneniem geneticheskikh algoritmov [Elektronnyj resurs] /Petrosov D.A., Ignatenko V.A., Petrosova N.V., Zelenina A.N.// Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tekhnologii. 2019. T. 7. № 2 (25). S. 287-300. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_39197599_45263039.pdf (data obrashcheniya: 11.09.2019)
2. Lomazov, V.A. Evolyucionnaya procedura strukturnogo i parametricheskogo sinteza imitacionnyh modelej sistem dokumentooborota [Tekst] /Lomazov V.A., Mihajlova V.L., Petrosov D.A., El'chaninov D.B.// Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Informatika. 2013. № 22 (165). S. 204-209.
3. Podlazova, A. V. Geneticheskie algoritmy na primerah resheniya zadach raskroya [Elektronnyj resurs]/ A. V. Podlazova // Problemy upravleniya. 2008. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskie-algoritmy-na-primerah-resheniya-zadach-raskroya> (data obrashcheniya: 11.06.2019)

4. Kanyukov, S.I. Geneticheskij algoritm proektirovaniya osnovnyh perekhodov v SAPR tekhnologicheskikh processov kovki valov [Elektronnyj resurs]/ S.I. Kanyukov, A.V. Konovalov // Programmnye produkty i sistemy. 2015. №3 (111) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskij-algoritm-proektirovaniya-osnovnyh-perekhodov-v-sapr-tehnologicheskikh-protsessov-kovki-valov> (data obrashcheniya: 11.06.2019).
5. Naumenko V. V. Primenenie geneticheskogo algoritma dlya resheniya zadachi raspredeleniya resursov v processe vypolneniya administrativnyh reglamentov [Tekst]/ V. V. Naumenko // Molodoj uchenyj. 2014. №4. S. 218-224.
6. Ptushkin, A.I. Algoritm strukturnoj optimizacii tekhnologicheskogo processa pri deficite vremeni na ego vypolnenie [Tekst]/ A.I. Ptushkin , D.V. Reshetnikov, A.S. Kokarev, A.V. Trudov // Fundamental'nye issledovaniya. – 2015. – № 11-5. – S. 918-922.
7. Petrosov, D.A. Imitacionnaya model' upravlyаемого geneticheskogo algoritma na osnove setej Petri [Tekst]/Petrosov D.A.// Intellektual'nye sistemy v proizvodstve. 2019. T. 17. № 1. S. 63-70.
8. Petrosov, D.A. Iskusstvennye nejronnye seti v zadachah upravleniya geneticheskim algoritmom v processe strukturno-parametricheskogo sinteza bol'shih diskretnyh sistem s zadannym povedeniem [Tekst]/Petrosov D.A., Petrosova N.V.// Perspektivy nauki. 2018. № 11 (110). S. 125-130.