

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ СПУТНИКОВОЙ РАДИОЛИНИЕЙ ДЛЯ СВЯЗИ С ЛУНЫМ МОДУЛЕМ**

**Пискунова Маргарита Владимировна**

студент, Оренбургский государственный университет, РФ, г. Оренбург

**Головков Владимир Владимирович**

научный руководитель, ведущий инженер, АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва, РФ, г. Железногорск

Разработка космических систем требует проведения расчета энергетического запаса радиолинии. Точность расчета влияет на выбор требуемых характеристик приемопередающих устройств для эффективной передачи данных в системах «Земля-космос». Необходимо учитывать степень влияния параметров на качественные показатели, описывающие требования к связи, энергетическую составляющую радиолинии, а также помеховую обстановку, влияющую на распространение сигнала в радиолинии.

На спутниковую радиолинию при передаче радиосигналов, влияет ряд искажений, такие как затухание или амплитудное искажение сигнала, потери в свободном пространстве, шум, атмосферное поглощение. Учет всех этих факторов при управлении спутниковой радиолинией является довольно сложной задачей.

Для решения проблемы управления радиолинией системы «Земля-Луна» с учетом потерь сигнала, необходимо разработать программное средство, выполняющий расчет бюджета радиолинии и прогнозирующий точное значение потерь сигнала для их минимизации. Для этого необходимо выбрать метод прогнозирования, который наиболее подходит для решения данной задачи.

Искусственный интеллект – новейшая информационная технология, имеющая специфический круг задач и базирующаяся на ранее существовавших технологиях [3].

В настоящее время существует множество различных методов и технологий, развиваемых в рамках искусственного интеллекта [1]. С учётом большого количества параметров следует выбирать метод из группы методов искусственного интеллекта, а именно нейросетевые технологии, основанные на использовании различных парадигм нейронных сетей и методов их обучения.

Применение метода искусственных нейронных сетей позволит выбрать оптимальную модель для прогнозирования потерь сигнала радиолинии системы "Земля-Луна". Нейронные сети позволяют находить решения для задач с высокой размерностью. Другая их особенность – возможность обучения такой сети [5].

Цель данной работы - использовать преимущества нейросетевого метода для выполнения задачи управления радиолинией космической связи "Земля-Луна".

Для целей прогнозирования более всего подходит нейронная сеть с прямым распространением сигнала, которая представляет собой многослойную нейронную сеть без обратных связей и задержек и способна установить функциональную связь между исходными и прогнозируемыми данными [4].

Алгоритм обратного распространения ошибки (АРО) является одним из методов обучения многослойных нейронных сетей прямого распространения [2]. Основная идея этого метода состоит в распространении сигналов ошибки от выходов сети к ее входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналом в обычном режиме работы. Недостатком метода является долгий процесс обучения нейронной сети, при этом она может вовсе не обучиться [6].

Выясним, как данный метод используется при решении задач прогнозирования. Рассмотрим

сложную систему, в которой обозначим  $\bar{X} = f_i(X_1, X_2, \dots, X_n)$  – вектор входных

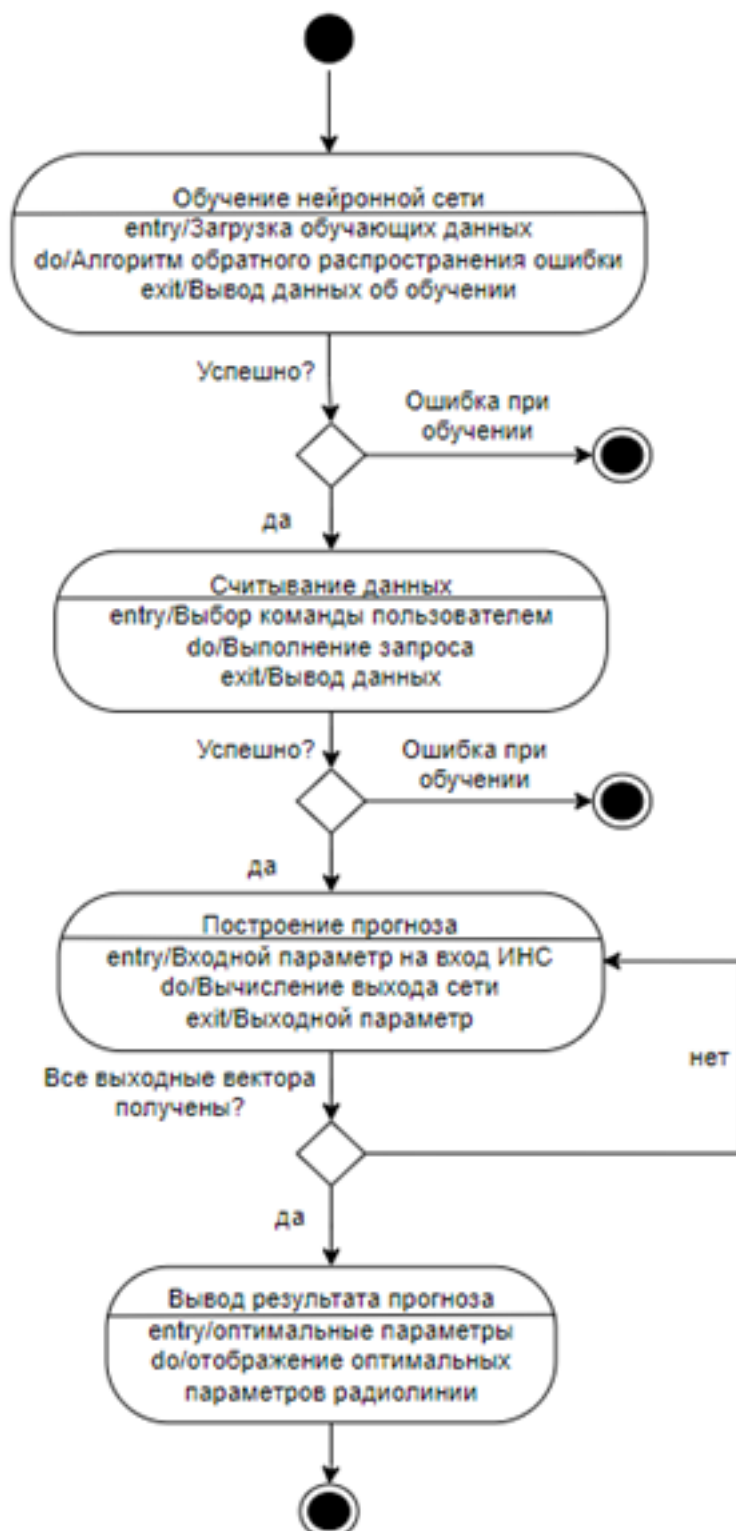
воздействий,  $\bar{Y} = f_i(Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$  – вектор результирующих характеристик (показателей),  $F$  – функциональное преобразование, осуществляемое системой  $S$ . Очевидно,

что  $\bar{Y} = f_i(Y_1, Y_2, \dots, Y_m), i = \overline{1, m}$ , а прогноз, как интегральный показатель эффективности:

$$Z = F(Y_1, Y_2, \dots, Y_m) = F(f_1(X_1, X_2, \dots, X_n), f_2(X_1, X_2, \dots, X_n), \dots, f_m(X_1, X_2, \dots, X_n)) \quad (1)$$

Для прогнозирования ослабления сигнала был выбран нейросетевой метод на основе алгоритма обратного распространения ошибки. Это позволит системе становится гибкой и настраиваемой в зависимости от доступных ресурсов, а также увеличить скорость построения прогноза.

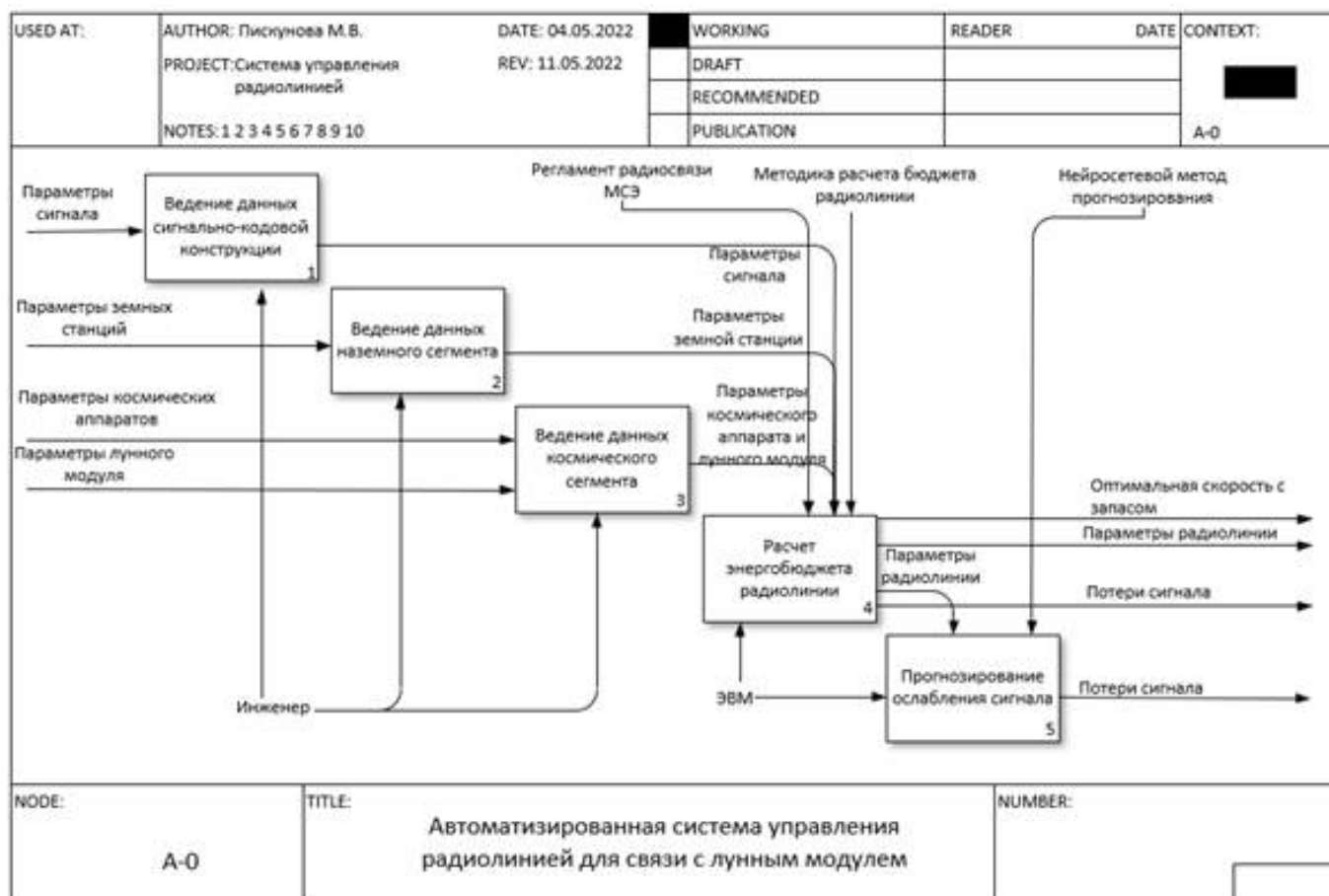
Процесс прогнозирования представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1. Схема процесса прогнозирования**

После предоставления инженером параметров сигнала, земных станции и космических аппаратов, в том числе и лунного модуля, происходит занесение этих данных в БД и инициируется запуск расчет бюджета радиопередачи. При получении результатов расчета, инженер инициирует алгоритм прогнозирования.

На рисунке 2 представлена диаграмма декомпозиции A0.



**Рисунок 2. IDEF0 диаграмма A0**

Входной информацией являются параметры, необходимые для проведения расчета бюджета радиоточкой, а именно: сигнала, земных станций, космических аппаратов и лунного модуля.

Параметры сигнала подразумевают под собой сигнально-кодированную конструкцию, в которую входят такие параметры как тип кодирования, вид модуляции, скорость передачи данных и т.д. К остальным же параметрам относятся частоты, диаметры антенн, расстояние или географические координаты.

С помощью входной информации проводится расчет бюджета радиоточкой по регламентам радиосвязи и методике расчета, а также проводится прогнозирование потерь сигнала с помощью нейросетевого метода.

Исполнение всех функций возложено на вычислительную машину (ЭВМ) и инженеров. Инженер вводит параметры для проведения расчета, после чего инициируется сам расчет и прогноз потерь сигнала.

Таким образом, предложенный метод позволит осуществить поддержку принятия решения характеристик приемно-передающих устройств с учетом потерь сигнала.

### Список литературы:

1. Балухто А. Н., Романов А.А. Искусственный интеллект в космической технике: состояние, перспективы развития // РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ - 2019, Т.6 - С. 65-75.
2. Гафаров Ф. М. Искусственные нейронные сети и приложения: учеб. пособие / Ф.М. Гафаров,

А.Ф. Галимянов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, – 2018. – 121 с.

3. Смолин Д. В. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций. – М.: ФИЗМАТЛИТ, – 2004. – 208 с.

4. Сорокин А. В., Широбоков М.Г. Коррекция и прогнозирование орбитального движения космических аппаратов с помощью искусственных нейронных сетей / Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша, – 2018, – 198 с.

5. Тришечкин С. Н. Data Mining и метод нейронных сетей // Вестник науки и образования. – 2019, №8-1 (62), – С. 37-40.

6. Федосин С. А. Анализ и сравнение методов обучения нейронных сетей / С.А. Федосин, Д.А. Ладяев, О.А. Марьина // Вестник МГУ – 2010, №4, – С.79-88.