
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕТИНО-ГИПОТАЛАМИЧЕСКОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Атанова О.В., группа КСД006

Руководитель к.т.н. Секирин А.И.

Поражение или нарушение функции гипоталамуса лежит в основе таких тяжелых заболеваний как алкоголизм, наркомания, бесплодие центрального генеза, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет II типа, гипертоническая болезнь, бронхиальная астма, нейроэндокринная патология и многие другие. Эффективность лечения данных заболеваний известными методами (фармако-, физио-, рефлексо-, иммуномодулирующая терапия, психотерапия) крайне низка, что требует разработки новых методов специфической терапии [2].

Гипоталамус имеет дистантные рецепторы, расположенные в сетчатке, которые связаны с гипоталамическими ядрами прямыми нервными связями – ретино-гипоталамическими проекциями. На основании данного факта донецкими медиками разработана методика, согласно которой воздействие на структуры гипоталамуса осуществляется с помощью проекции на ретинорефлексогенные зоны множеством световодов, расположенных на контактной линзе, посредством светодиодов. Система управления позволяет регулировать координаты, спектральный состав, плотность энергии и экспозицию (длительность воздействия) стабильных оптических стимулов (СОС). На сегодняшний день неизвестны адекватные параметры оптических стимулов, вызывающие реакции гипоталамуса.

Целью исследования является разработка адекватных нейросетевых моделей, позволяющих исследовать и прогнозировать реакции ретино-гипоталамической системы, и модифицированного генетического алгоритма,

позволяющего совместно НС моделью производить случайный направленный поиск оптимальных параметров СОС.

Поиск оптимальных параметров оптических стимулов является комбинаторной задачей большой размерности. Сложность вычислительной процедуры обуславливается количеством состояний объекта. Для решения этой задачи был использован эволюционный метод- генетические алгоритмы (ГА), позволяющий получить субоптимальные решения (паттерны СОС) в допустимые сроки.

Данный алгоритм представляет собой случайный направленный поиск, основанный на эволюционных процессах живых организмов. Имитируя процессы развития и естественного отбора особей (потенциальных решений) ГА позволяет находить субоптимальные решения комбинаторных задач большой размерности, для которых не применимы методы точных вычислений.

Для решения поставленной задачи разработан модифицированный генетический алгоритм, для которого характерны следующие особенности: фиксированный размер популяции (30-40 особей), фиксированная разрядность генов (обусловлена входными данными), пропорциональный отбор на основании колеса рулетки [1], применение метода элитного отбора [1], а также применение проблемно-ориентированных операторов кроссинговера и мутации.

Для реализации модифицированного ГА были решены задачи, связанные с кодированием особей, выбором целевой функции и оператора репродукции, разработкой проблемно-ориентированных операторов кроссинговера и мутации, а также обоснование и выбор критериев останковки алгоритма.

Каждое потенциальное решение представлено в виде двоичной матрицы (мультихромосомы). Первая строка матрицы представляет собой паттерн (возможные комбинации активных/неактивных СОС). Начиная со второй строки, каждый столбец мультихромосомы кодирует набор значений параметров СОС. Длина волны изменяется в диапазоне от 400 до 760 нм

дискретно за восемь шагов. Яркость изменяется в диапазоне 0,1-36 Кд также за восемь шагов. Экспозиция— 0,5 – 120 с изменяется дискретно за 32 шага.

Для кодирования паттерна необходимо количество бит, соответствующее числу СОС, а для кодирования набора значений параметров каждого СОС —11 бит. Диапазон изменения значений параметров задается жестко, что позволяет избежать образования недопустимых значений.

В качестве целевой (fitness) функции $f_u(S_k)$, позволяющей оценить качество полученного решения, предложено использовать нейросетевую модель (НМ) ретино-гипоталамической системы (РГФС) человека. Данная модель позволяет исследовать состояние, динамику РГФС, а также прогнозировать и формировать совместно с разработанным ГА ожидаемые ответные реакции организма на стимулирующие воздействия по выбранному заранее критерию.

В основу построения НМ положена многослойная нейронная сеть прямого распространения. Входные данные обуславливают конфигурацию нейронной сети: количество нейронов входного слоя равно 54 (соответствует количеству световодов на контактной линзе), количество нейронов выходного слоя равно 8— соответствует количеству фиксируемых параметров, характеризующих изменение функционального состояния исследуемого. Оптимальное количество промежуточных слоев и нейронов в них установлено экспериментально.

Использованы два вида активационных функций: сигмоидальная и пороговая. Сигмоидальная функция определяет нелинейное преобразование, осуществляемое нейронами входного и промежуточных слоев, а пороговая функция— выходных нейронов. Введение двух типов активационных функций позволило повысить мощность нейросети. Для обучения НС использована обучающая выборка, полученная экспериментально [2].

Обобщенная схема взаимодействия ГА с нейросетевой моделью представлена на рис.2.



Рисунок 1. Обобщенная схема взаимодействия модифицированного ГА с НС

Поиск оптимального решения выполняется в процессе эволюции исходной популяции путем последовательного преобразования одного конечного множества решений в другое с помощью генетических операторов репродукции (reproduction operator), кроссинговера (crossover operator) и мутации (mutation operator) [1].

В качестве метода реализации оператора репродукции используется пропорциональный отбор на основании колеса рулетки (roulette-wheel reproduction). Для решения данной задачи разработаны проблемно-ориентированные операторы кроссинговера и мутации.

Экспериментально были определены вероятности выполнения каждого вида операторов кроссинговера и мутации:

$$P_1 + P_2 + P_3 \leq 0,8 \quad (1)$$

где P_1 - P_3 – вероятности выполнения каждого вида оператора кроссинговера.

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 \ll 0.1 \quad (2)$$

где P_1 - P_6 – вероятности выполнения каждого вида оператора мутации.

В качестве условия остановки работы алгоритма предложено использовать нахождение особи со значением целевой функции, равной определенной величине с заданной точностью:

$$|f_c(S_k) - S_{\text{зад}}| \leq P \quad (3)$$

где $S_{\text{зад}}$ – значение выбранного критерия; P – точность.

Если это условие не выполняется определенное количество поколений, то критерием остановки алгоритма служит повторение “лучшего” результата заданное число раз.

Выводы: Впервые предложен нейросетевой подход в качестве моделирования РГФС, позволяющий производить оценку потенциальных решений (хромосом) с позиции нахождения общих закономерностей и индивидуальных особенностей при выявлении ретинорефлексогенных зон. Обоснована целесообразность совместного использования модифицированного ГА и НС модели для поиска оптимальных параметров СОС, вызывающих реакции гипоталамуса.

Перечень ссылок

1. Ю.А. Скобцов, А.И. Секирин, М.Ю. Бусурин, И.В. Цыба Принцип доминанты и генетические алгоритмы в исследовании ретинорефлексогенных зон // Нейронауки: теоретичні та клінічні аспекти. Том 1, №1, Додаток. —Донецьк: 2005. – С.109.

2. Казаков В.Н., Уманский В.Я., Лях Ю.Е., Бусурин М.Ю., Цыба И.В. Медицина пограничных состояний: междисциплинарный подход и ретино-гипоталамическая функциональная система // Матеріали спільного засідання колегії Донецької обласної державної адміністрації та Президії Національної академії наук України і науково-практичної конференції „Донбас-2020: наука і техніка – виробництву”. – Донецьк: ДОДА, 2004. – С. 153-157.