



# OSTIS-2012

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.8

## МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЧАСТОТНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОДУКЦИОННЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ И ЭВРИСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Майборода Ю.И.

*Московский физико-технический институт (государственный университет)*

*г. Долгопрудный, Россия*

**juramaiboroda@gmail.com**

В работе представлена методика решения задачи частотно-территориального планирования сетей связи и вещания, которая заключается в следующем: создаются ограничения в пространстве возможных решений за счет миварного метода логического вывода по базе знаний, содержащей эвристики, после чего происходит оптимизация методом генетического поиска, реализация которого интегрируется в экспертную систему в виде отдельного сервиса.

**Ключевые слова:** мивар, экспертные системы, генетический поиск, частотно-территориальное планирование

### ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день методы искусственного интеллекта (ИИ) широко применяются для создания систем автоматизированного проектирования, автоматизированных систем управления и принятия решений. Так, например, на основе эволюционных алгоритмов создаются системы для проектирования СБИС, нейронные сети широко распространены в химических и биохимических исследованиях, а также применяются для предсказания финансовых временных рядов, онтологии используются для описания бизнес процессов. Кроме того сделаны большие продвижения в разработке методов распознавания текстов, изображений, звуков. Большой популярностью также пользуются и экспертные системы, основанные на знаниях, которые находят своё применение в различных предметных областях таких как: химия, электроника, медицина, техника, геология (разведка полезных ископаемых), компьютерная техника. [Джарратано и др., 2007]

Тем не менее, в большинстве случаев все эти методы лишь частично заменяют человека, т.к. ориентированы на решение задач в узкоспециализированных областях. Однако, на сегодняшний день представляется возможным для решения сложных проблем применять комплексный подход, основанный на использовании нескольких методов ИИ. Такой подход позволяют реализовать экспертные системы (ЭС), созданные на основе

миварных технологий, конструирующие логические цепочки из продукционных правил, процедур, сервисов, которые могут являться, в том числе, реализациями других методов ИИ. [Варламов, 2002] [Санду, 2010]

В данной работе рассмотрен подход совместного использования миварной экспертной системы и метода генетического поиска на примере решения задачи частотно территориального планирования сетей связи и вещания.

### 1. Постановка задачи частотно-территориального планирования (ЧТП) сетей связи и вещания

У компании есть  $K$  пунктов для установки передающих устройств (ПУ) с координатами (Latj, Longj). Необходимо установить  $N$  передатчиков ( $1 \leq N \leq K$ ) в этих пунктах с такими параметрами ( $P_i$  – мощность,  $H_i$  – высота,  $D_i$  – диаграмма,  $P_{ol_i}$  – поляризация), чтобы получить максимальное количество слушателей  $P_{max}$ . Заданы определённые денежные ограничения в размере  $S$  руб.

### 2. Методика решения задачи ЧТП

Задача ЧТП является важнейшей проблемой в области радио-телекоммуникаций. Для того чтобы получить частотно-территориальный план, человеку-эксперту необходимо перебрать, по сути, огромное число всевозможных вариантов

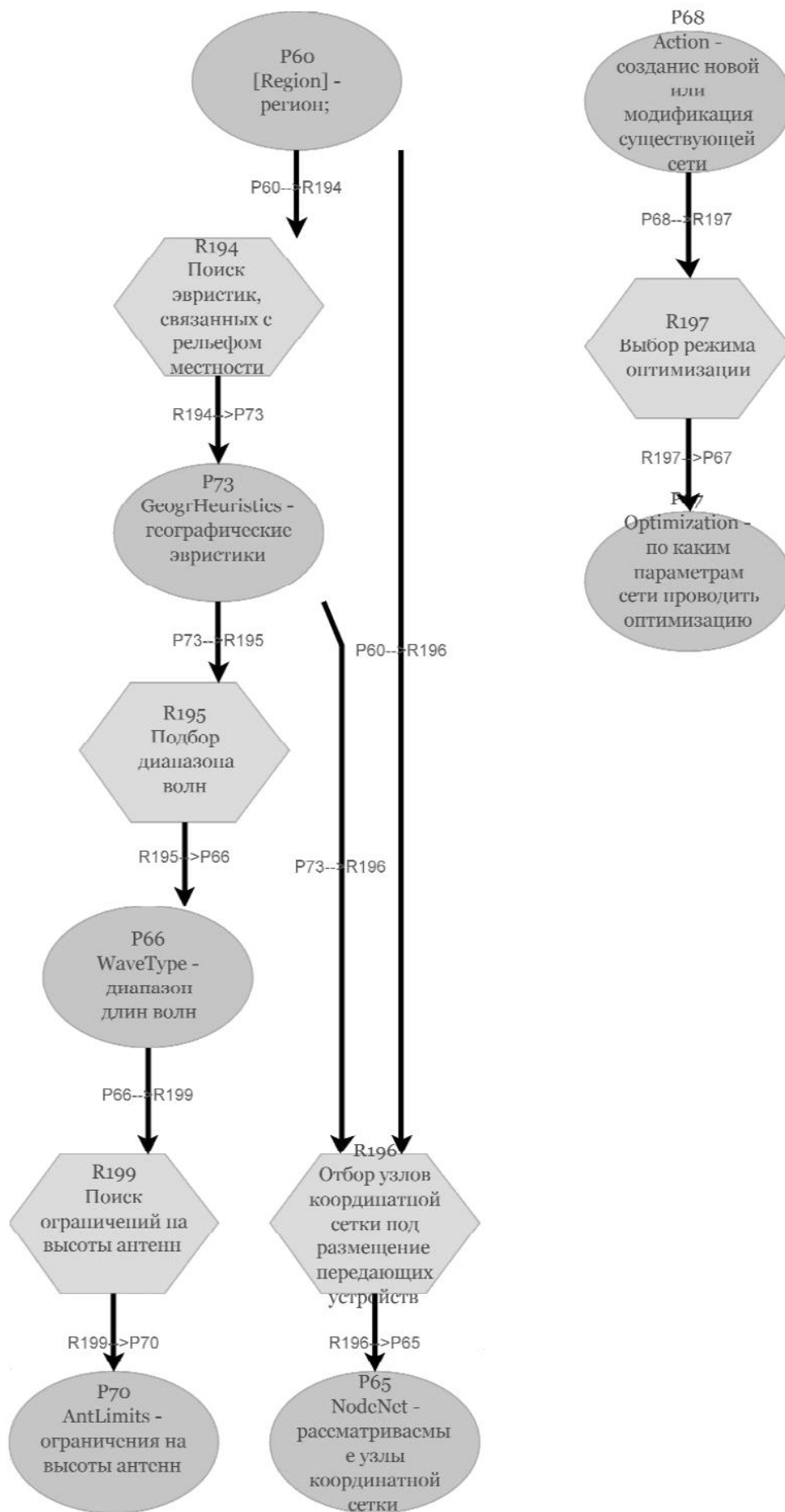


Рисунок 1 – Пример логической цепочки, построенной ПК "УДАВ", для создания ограничений в задаче ЧТП

конфигураций сети, каждый из которых зависит от количества передатчиков, их расположения, диаграмм направленности (ДН) антенн, высот и поляризаций антенн, помеховой обстановки и т.д. Например, если планируется сеть в СВ/ДВ диапазонах (оценочно количество номиналов мощностей порядка 20, номиналов высот 30) с  $N = 6$ ,  $K = 10$ , и мы учитываем лишь такие параметры, как мощность передатчика и высоту антенны, количество возможных решений составляет:

$$\frac{K!}{(K-N)!} 30^N 20^N \cong 7 \cdot 10^{21},$$

а если рассматривать полное пространство решений, то его порядок составляет до  $\sim 10^{40}$ . Естественно человек не может перебрать все возможные варианты и в итоге выбирает одну конфигурацию из ряда допустимых, которая обычно приемлема, но она далеко не всегда является оптимальной.

Современное развитие вычислительных мощностей, а также математических инструментов позволяет уже сейчас решать сложные многопараметрические задачи, одной из которых и является задача оптимального ЧТП сетей связи и вещания.

Алгоритм решения этой задачи логически делится на 2 этапа:

1. Создание ограничений на параметры ПУ сети с помощью общепризнанных эвристик.
2. Решение оптимизационной задачи ЧТП сети на основе полученных ограничений на её параметры.

Первый этап непосредственно моделирует действия человека. К примеру, когда эксперт в области планирования сетей связи (вещания) видит картографическое изображение некоторого региона, он может определить примерное количество передающих станций, необходимое для размещения, диапазон используемых радиоволн (в зависимости от рельефа или "забитости спектра"), ограничения на высоты антенн и мощности передатчиков. Т.е. эксперт выстраивает некоторую логическую цепочку для получения ограничений на параметры конфигурации сети.

Моделирование этой ситуации делается с помощью ПК "УДАВ" [Владимиров и др., 2010], который создает ограничения на параметры ПУ из эвристик, находящихся в Базе Знаний (БЗ). Примеры таких эвристик:

«ЕСЛИ 'действие' = 'планирование новой сети', ТО 'вариативность' = 'по всем параметрам'»;

«ЕСЛИ 'действие' = 'улучшение существующей сети', ТО 'вариативность' = 'по высоте антенны и по мощности передатчика'»;

Если планируются сети радиовещания на СВ/ДВ или ОВЧ ЧМ, то к ним могут быть применимы

следующие правила:

«ЕСЛИ 'тип местности' = 'гористая', ТО 'диапазон волн' = 'ДВ'»;

«ЕСЛИ 'размер региона' = 'маленький' И 'плотность населения' = 'большая', ТО 'диапазон волн' = 'ОВЧ'»;

\* это эвристики, полученные в ходе экспресс-анализа и предварительного ознакомления с предметной областью, и значениям 'гористая', 'большая', 'маленький' планируется дать количественные оценки на этапе полномасштабного сбора знаний с экспертов.

Таким образом, мы сразу отсекаем варианты, которые даже не стоит рассматривать, сокращая, таким образом, пространство возможных решений задачи. При составлении Базы Знаний используются общепризнанные среди экспертов эвристики, взятые, как из опыта экспертов, так и из нормативных документов, санитарных норм.

Если эксперт будет не согласен с логической цепочкой, предложенной ПК, то "УДАВ" даст ему возможность изменить значения параметров, вызывающих сомнения, и составит новую с учётом введённых изменений, т.е. будет реализована опция "что будет, если...?".

На рис. 1 представлен пример логической цепочки, построенной с помощью ПК "УДАВ". Овалами на рисунке обозначены параметры, а шестиугольниками – правила. На этом рисунке показано, что выбирая регион и действие (развертывание новой сети или модернизация существующей), мы получаем ограничения на расположения ПУ, ограничения на высоты антенн и режим оптимизации, т.е. какими параметрами ПУ можно варьировать. Например, если проводится модернизация существующей сети, то не нужно варьировать расположением уже существующих ПУ (в модернизацию сети также может входить процедура размещения дополнительных ПУ, для которых необходимо варьировать этим параметром), в отличие от случая, когда развертывается новая сеть. Стоит отметить, что на рисунке представлена лишь одна логическая цепочка из ряда возможных, коих в данной задаче существует очень большое количество.

После получения ограничений ПК приступает к выполнению этапа 2. На этом этапе решается задача оптимального частотно-территориального планирования сети связи. Оптимизация может выполняться рядом эвристических алгоритмов, например, алгоритмами генетического поиска, алгоритмом поиска с запретами (Tabu Search).

Предлагаемый метод процесса оптимизации с помощью алгоритма генетического поиска [Davis, 1991] [Курейчик, 2002]:

1. Инициализация популяции генотипов. Вычисляется приспособленность каждого генотипа, а затем средняя приспособленность популяции.

Начальная популяция может задаваться как произвольным образом с помощью генератора случайных чисел, так и с помощью человека. Таким образом, во втором случае программа будет улучшать варианты, предложенные человеком.

2. Оценка каждого генотипа в популяции.

3. Создание новых генотипов посредством скрещивания текущих генотипов, т.е. применение оператора кроссинговера, применение операторов мутации и рекомбинации.

4. Устранение генотипов из популяции, чтобы освободить место для новых.

5. Оценка новых генотипов и вставка их в популяцию.

6. Если время исчерпано, то остановка и возврат к наилучшему генотипу, если нет, то переход к пункту 3.

Следует отметить, что в данном случае отдельным возможным решением является генотип, а не хромосома, как это обычно бывает при решении задач с помощью алгоритмов генетического поиска. Это связано с тем, что в данном случае мы ищем решение в расширенном пространстве:

{расположение, мощность передатчика, высота антенны, ДН антенны, поляризация антенны}

Таким образом, каждый генотип состоит из  $N$  хромосом, где  $N$  – количество таких подпространств как {мощность}, {высота антенны}, и.т.д. Длина одной хромосомы равна  $n$  позициям (длина одной позиции может быть больше одного символа, однако одинакова для каждого ПУ в пределах одной хромосомы), где  $n$  – количество ПУ сети, а каждая такая позиция определяет конкретную характеристику соответствующего ПУ. Например, пусть в сети находятся два ПУ с мощностями 1 кВт и 5 кВт, и под каждую позицию выделено 3 символа. Тогда если мы рассмотрим хромосому, отвечающую за мощности передатчиков сети, то она будет выглядеть следующим образом 001101 (в данном случае выбрано двоичное представление чисел).

Целевой функцией в данном случае является покрытие сети по населению, и определяется следующим образом:

$$ЦФ = \sum_{i=1}^N \Pi_i - \frac{1}{2} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^N \Pi_{ij},$$

где  $\Pi_i$  – охват по населению  $i$ -ого ПУ,  $\Pi_{ij}$  – количество людей, живущих на территории, покрываемой как станцией  $i$ , так и станцией  $j$ . Что касается  $\Pi_i$  и  $\Pi_{ij}$ , то формулы для их расчета будут варьироваться в зависимости от типа службы, для которой планируется сеть.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день оказывается возможным решать задачи в сложных предметных областях с помощью применения комплекса методов искусственного интеллекта. В частности, для проблемы частотно-территориального планирования сетей связи и вещания выбран подход, состоящий из двух этапов: применение миварной экспертной системы на первом этапе, которая создает ограничения на пространство возможных решений, и эвристических методов оптимизации, например, алгоритмов генетического поиска на втором. Это связано с тем, что миварный подход создания экспертных систем предполагает использовать как продукционные правила, так и процедуры, функции, сервисы, которые могут быть, в том числе, реализациями методов ИИ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [Джарратано и др., 2007] Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4е издание/ Джарратано Дж. [и др.]; – М.: Вильямс, 2007. 1152 с.
- [Варламов, 2002] Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство/ Варламов О.О.; – М.: Радио и связь, 2002. 282 с.
- [Санду, 2010] Миварный подход к созданию интеллектуальных систем и искусственного интеллекта. Результаты 25 лет развития и ближайшие перспективы/ Санду Р.А., Варламов О.О.; – М.: Стандартинформ, 2010. 339 с.
- [Владимиров и др., 2010] Программный комплекс “УДАВ”: практическая реализация активного обучаемого логического ввода с линейной вычислительной сложностью на основе миварной сети правил/ Владимиров А.Н. и [др.]/Труды научно-исследовательского института радио. – 2010. – №.1. С. 108-116.
- [Davis, 1991] Handbook of Genetic Algorithms/ ed. by Lawrence Davis; – New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 412 p.
- [Курейчик, 2002] Генетические алгоритмы и их применение/ Курейчик В.М.; – Таганрог: ТРТУ, 2002. 242 с.

## TECHNIQUE OF THE FREQUENCY-SPATIAL PROBLEM SOLVING BASED ON USAGE OF PRODUCTIONAL SYSTEMS AND HEURISTIC ALGORITHMS

Maiboroda Y.I.

*Moscow Institute of Physics and Technology  
(university), Dolgoprudny, Russia*

**juramaiboroda@gmail.com**

This work shows that with the aid of the mivar method of expert systems development it is possible to create software programs which use different realizations of artificial intelligence methods as services for solving problems in complicated subject areas. This paper presents a method of frequency-spatial planning problem solving in communication and broadcast networks: firstly, the mivar method of inference from knowledge base creates constraints in the space of probable solutions, then optimization with the aid of a genetic search algorithm is used, which realization is integrated into an expert system as a service.