

УДК 621.396

А.А. Максимова, В.Н.Кострова, А.А.Андросов
**ОПТИМИЗАЦИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ
МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*Российский новый университет
Воронежский государственный технический университет
Воронежский институт высоких технологий*

Проводится анализ подходов, предназначенных для оценки характеристик рассеяния дифракционных структур и параметров беспроводных систем связи. Рассмотрены возможности оптимизации беспроводных систем связи в помещении на основе методов искусственного интеллекта (генетического алгоритма). В качестве основного метода расчета предлагается использовать лучевой метод, а метода оптимизации – генетический алгоритм. В генетическом алгоритме предложено использовать одноточечного кроссингвера, определены его шаги. В качестве хромосом рассматриваются координаты сетки разбиения вокруг точки наблюдения, сделанной с заданным шагом. Предлагается комбинированный алгоритм расчета оптимального расположения точек доступа внутри помещения. Указаны результаты предварительных тестовых расчетов.

Ключевые слова: беспроводная связь, оптимизация, передача информации, распространение радиоволн, лучевой метод.

Вследствие того, что происходит развитие и совершенствование функционала в современных беспроводных сетях и системах, которые связаны с сотовой связью, требуется осуществлять работы, касающиеся планирования и расширения работающих сетей [1-4].

Для того, чтобы спроектировать беспроводную сеть важно пройти несколько шагов.

Перед процессами развертывания Wi-Fi сетей необходимо осуществить серьезную подготовку исходных данных и тщательное проектирование в инфраструктуре Wi-Fi.

То, каким образом происходит распространение сигнала, определяется влиянием мест соответствующих перегородок, стен, металлических объектов.

Если требуется, то необходимо проводить установку множества точек доступа для того, чтобы обеспечить хорошее качество сигнала.

С целью определения оптимального расположения передатчиков и приемников требуется использовать соответствующие подходы.

Иногда, изучение процессов в беспроводных системах осуществляются с привлечением программных комплексов автоматизированного проектирования [5-8]. На их основе возникают возможности для того, чтобы моделирование проводилось для условий, наблюдаемых в реальной обстановке на объектах. При этом проводятся расчеты по предварительному количеству оборудования, возможным

вариантам покрытия, характеристикам антенн, параметрам границ областей для обслуживания точек доступа, а также определяются разные другие важные параметры [9-12].

Когда определяются способы поиска решений, то требуется ориентироваться на:

- то, какова размерность пространств, для которых необходимо осуществлять решение задач;
- характеристики того, как изменяются области параметров во временной области и в области пространства (другими словами, рассматривают статические и динамические области);
- то, какова степень полноты моделей, которые описывают области, для тех случаев, когда это необходимо, требуется привлекать комбинацию моделей;
- величину определенности данных относительно рассматриваемого вопроса, то есть, полноту данных.

Следует отметить весьма популярными являются методы искусственного интеллекта (среди которых – такие, как генетические алгоритмы, нейронные сети, экспертные системы и т.д.) [13-16].

Выбор методов определяется различными факторами.

Если мы предполагаем применять экспертные системы при решении прикладных проблем, связанных с проектированием беспроводных сетей важно обращать внимание на такие условия:

1. Происходит незначительное изменение характеристик систем. То есть, в качестве постоянных параметров мы можем рассматривать частоту, уровень сигнала.
2. Для пространства по возможным решениям должна быть не очень большая размерность. В случае беспроводных сетей мы можем отметить в среднем не более, чем 10 параметров.
3. Рассматривают формальную постановку задачи, когда осуществляется ее решение. При этом стремятся к тому, чтобы использовать системы, которые основываются на знаниях, то есть, наблюдаются отличия от процедурных подходов.
4. Требуется, чтобы был привлечен как минимум один эксперт, который способен проводить формулирование знаний и помочь в объяснении тех методик, которые он привлекает для того, чтобы решать разные проблемы.

Эксперты, когда осуществляют формирование оценок по определенным признакам должны проводить классификацию данных. При этом исследователи используют формализацию с привлечением теории нечетких множеств.

Среди основных преимуществ систем, базирующихся на нейронных сетях, следующие:

- гибкие и адаптивные алгоритмы, возможности для анализа данных из сети, даже в тех случаях, когда если данные искажены или являются неполными, высокие скорости по обработке данных, обеспечивающие функционирование систем в режимах реального времени.

Недостатки систем, которые работают на нейронных сетях, рассматривают как продолжение их достоинств. Среди таких недостатков отмечают наличие проблем, касающихся обучения систем, так как на этих этапах требуется рассмотреть различные варианты поведения систем.

Следует отметить, что с использованием генетических алгоритмов есть возможности для проведения успешного решения проблем, в которых для ранних этапов была ориентация на применение только нейронных сетей.

С точки зрения практики интересно развивать комбинированные подходы. Для генетических алгоритмов (ГА) известно, что их относят к эвристическим алгоритмам, для которых получают вполне приемлемые решения проблем по большинству случаев, которые встречаются на практике, однако если рассматривать доказательство правильности или единственности решений с математической точки зрения, то их совсем не всегда можно просто доказать.

В качестве основы ГА рассматривается направленный поиск, основные характеристики работы которого связаны с ориентацией на свойства эволюционных процессов в живой природе.

Если провести анализ, то в ГА отмечают простоту как с точки зрения концепции, так и простоту с точки зрения реализации. В качестве базовых рассматривают три операции (осуществление скрещивания, мутации, селекции), их используют для множества хромосом.

По каждому из решений сопоставляют битовую строку (или хромосому), имеющую определенную длину для популяций, имеющих фиксированный размер.

Если анализировать генетический алгоритм, который используется при решении проблем, связанных с определением оптимальных координат точек доступа внутри помещений, то в нем мы имеем возможности отметить такие этапы:

1. Вводятся исходные данные.
2. Определяется начальная популяция хромосом, которая относится к точкам доступа (по их координатам внутри помещений и уровню сигналов).
3. Проводятся расчеты для функций приспособленности относительно каждой хромосомы. (Осуществляются оценки границ расстояний до точек доступа при учете того, каковы поглощающие свойства материалов у стен).

4. Осуществляется проверка условий для остановки работы алгоритмов. (При этом можно избежать ненужных перекрытий зон среди точек доступа или «мертвых зон».)
5. Проводится селекция хромосом – осуществляется выбор тех хромосом, которые дают определение потомков для следующих популяций. (Основываясь на том, какие возможные границы параметров в имеющихся точках доступа проводится определение параметров последующих. При этом можно привлекать разные функции значимости, в том числе и базируясь на критериях обеспечения хорошей защиты информации).
6. Проводится формирование нового поколения. (Берут родителя и одного из прародителей).

Существуют также другие подходы для расчета и оптимизации характеристик рассеяния электромагнитных волн [17-20].

На Рисунке 1 приведена схема распространения электромагнитных волн внутри помещения к препятствию.

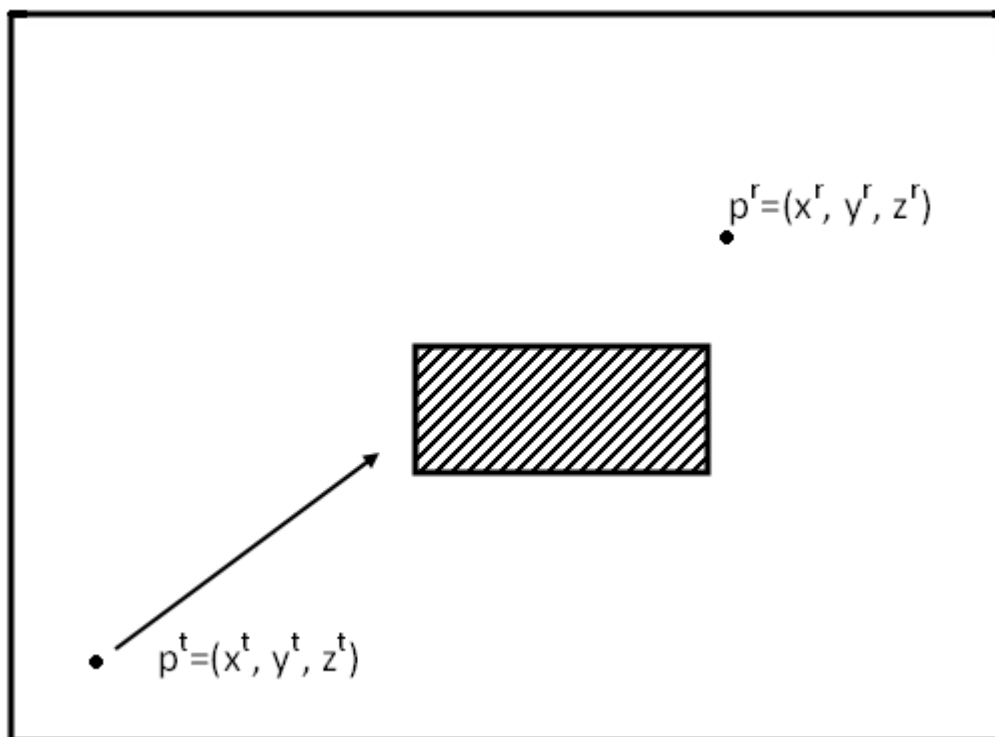


Рисунок 1 – Схема распространения электромагнитных волн внутри помещения к препятствию.

В том случае, когда препятствие мы будем моделировать как многогранник, грань поверхности будет представлять собой плоский многоугольник.

Исходной информацией для того, чтобы определить, находится ли точка в тени, которая отбрасывается плоским многоугольником, мы рассматриваем:

- координаты расположения источника распространения радиоволн (Рисунок 2) $p^t=(x^t, y^t, z^t)$;
- координаты расположения приемника радиоволн $p^r=(x^r, y^r, z^r)$, для которого производится проверка принадлежности к области тени;
- координаты точек 1, 2, 3, ..., N, которые определяют положение многоугольника.

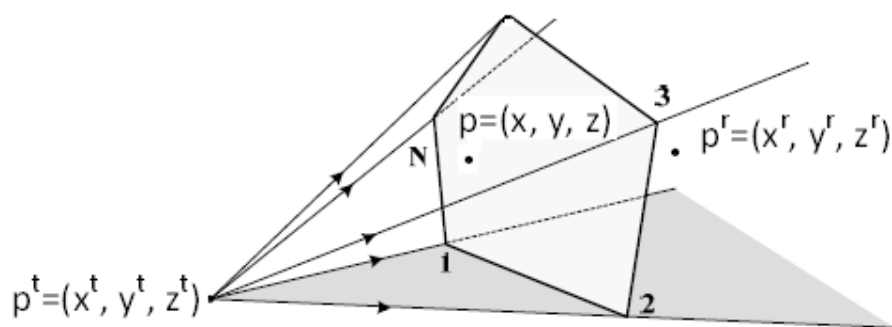


Рисунок 2 – Иллюстрация к тому, как проводится расчет формирования тени, которая образуется плоским многоугольником.

На первом этапе производят проверку на предмет расположения точек p^t и p^r по одну сторону плоскости многоугольника. В том случае, если данное условие выполняется, вырабатывается решение о том что точка p^r не лежит в области тени. В случае, если условие не выполняется, тогда проверка производится снова. Изначально сформировываются координаты точки $p=(x, y, z)$, которая является произвольной и принадлежит многоугольнику. После этого производится проверка на предмет нахождения точек p и p^r по одну сторону относительно плоскости, которая определяется следующими точками – источником излучения p^t и соседними вершинами многоугольника (на Рисунке 2 рассматривается случай прохождения плоскости через вершины под номерами 1 и 2). Данная проверка осуществляется последовательно для каждой стороны многоугольника. В том случае, если для одной из соседних вершин точки p и p^r будут находиться по разные стороны относительно плоскости, следовательно, точка p^r не находится в области тени, поэтому процедура поиска прекращается. Как видно, в приведенном алгоритме наименьшее число сравнений - единица, а наибольшее - $N+1$ раз.

Вокруг точки наблюдения делаем разбиение сеткой с шагом $\lambda/5$. При оптимизации на основе генетического алгоритма хромосомы представляли собой координаты соответствующих точек.

В генетическом алгоритме используем одиночный кроссинговер. Перед тем, как он начинает работать, определяем разрезающую точку, которая выбирается случайным образом. На основе этой точки находится то место для двух хромосом, в котором проводится их «разрез». Популяция U имеет хромосомы $U = \{U_1, U_2\}$, которые являются родителями. Например, для первого и второго родители представляются таким образом $U_1 : (11111)$, $U_2 : (00000)$. Выбираем точку, которая находится между вторым и третьим генами в U_1, U_2 . В результате, путем замены элементом, которые находятся после точки между двумя родителями, мы имеем возможности для создания двух новых потомков. Для нашего случая имеем:

$$\begin{array}{r}
 U_1 \quad : 11 | 111 \\
 U_2 \quad : 00 | 000 \\
 \hline
 U'_1 \quad : 11 | 000 \\
 U'_2 \quad : 00 | 111
 \end{array}$$

Рисунок 3 – Схема одноточечного кроссинговера.

Одноточечный кроссинговер исполняем в три шага:

Выбираем две хромосомы $M = m_1, m_2, \dots, m_V$ и $N = n'_1, n'_2, \dots, n'_V$ случайным образом из текущей популяции.

Число g выбираем из $\{1, 2, \dots, V-1\}$ случайно. Здесь V - длина хромосомы, g описывает точку одиночного кроссинговера.

Две новые хромосомы формируются из E и F на основе перестановок элементов, исходя из правила

$$\begin{aligned}
 E' &= e_1, e_2, \dots, e_g, e'_{g+1}, \dots, e'_V, \\
 F' &= e'_1, e'_2, \dots, e'_g, e_{g+1}, \dots, e_V.
 \end{aligned}$$

После того, как применен одиночный кроссинговер, мы имеем две старые хромосомы, и получаются две новые хромосомы.

В результате предлагается комбинированный алгоритм расчета оптимального расположения точек доступа внутри помещения:

1. Задание исходного расположения точек доступа в помещении.

2. Расчет уровня электромагнитного поля в заданной точке на основе лучевого метода.

3. Оптимизация расположения точек доступа на основе генетического алгоритма.

Тестовые расчеты продемонстрировали, что для получения требуемого уровня поля с ошибкой, не превышающей 1 дБ при оптимизации на основе генетического алгоритма достаточно 7-8 итераций.

Таким образом, на основе использования комбинированных подходов, связанных с искусственным интеллектом, на примере генетического алгоритма, есть возможности повышения эффективности проектирования используемых систем связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Львович И.Я. Расчет характеристик металлodieлектрических антенн / И.Я.Львович, А.П.Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 11. С. 26-29.
2. Львович И.Я. Разработка информационного и программного обеспечения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / И.Я.Львович, А.П.Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 63-68.
3. Максимова А. А. Методы исследования характеристик рассеяния электромагнитных волн объектами / А. А. Максимова, А. Г. Юрочкин // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 1. С. 53 -56.
4. Канавин С. В. Перспективы применения систем мобильного широкополосного доступа в сетях подвижной радиосвязи на основе стандартов mobile WIMAX и LTE / С. В. Канавин, А. С. Лукьянов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 1. С. 79-82.
5. Львович И.Я. Программный комплекс для автоматизированного анализа характеристик рассеяния объектов с применением математических моделей / И.Я.Львович, А.П.Преображенский, Р.П.Юров, О.Н.Чопоров // Системы управления и информационные технологии. 2006. Т. 24. № 2. С. 96-98.
6. Преображенский А.П. Моделирование рассеяния электромагнитных волн на несимметричном объекте/ А.П.Преображенский, О.Н.Чопоров, К.В.Кайдакова // В мире научных открытий. 2015. № 8. С. 526.

7. Львович И.Я. Построение алгоритма оценки средних характеристик рассеяния полых структур / И.Я.Львович, Я.Е.Львович, А.П.Преображенский // Телекоммуникации. 2014. № 6. С. 2-5.
8. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик идеально проводящей полости в диапазоне длин волн / А.П.Преображенский // Телекоммуникации. 2005. № 12. С. 29-31.
9. Преображенский А.П. Алгоритм расчета радиолокационных характеристик полостей с использованием приближенной модели / А.П.Преображенский, О.Н.Чопоров // Системы управления и информационные технологии. 2005. Т. 21. № 4. С. 17-19.
10. Преображенский А.П. Алгоритмы прогнозирования радиолокационных характеристик объектов при восстановлении радиолокационных изображений / А.П.Преображенский, О.Н.Чопоров // Системы управления и информационные технологии. 2004. Т. 17. № 5. С. 85-87.
11. Преображенский А.П. Оценка возможностей комбинированной методики для расчета ЭПР двумерных идеально проводящих полостей / А.П.Преображенский // Телекоммуникации. 2003. № 11. С. 37-40.
12. Преображенский А.П. Исследование возможности определения формы объекта в окрестности восстановления локальных отражателей на поверхности объектов по их диаграммам обратного рассеяния / А.П. Преображенский // Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 29-32.
13. Lvovich Y.Y. The use of "ant" algorithm in constructing models of objects that have maximum average values of the scattering characteristics / Y.Y.Lvovich, I.Y.Lvovich, A.P.Preobrazhenskiy, O.N.Choporov // Life Science Journal. 2014. Т. 12. № 12. С. 463.
14. Васильев Е.М. Эволюционные алгоритмы с матричной репликацией / Е.М.Васильев, И.В.Крутских // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 2. С. 21-23.
15. Подвальный С.Л. Эволюционные принципы построения интеллектуальных систем многоальтернативного управления / С.Л.Подвальный, Е.М.Васильев // Системы управления и информационные технологии. 2014. Т. 57. № 3. С. 4-8.
16. Ткалич С.А. Основания и возможности использования искусственных нейросетей в системах прогнозирования / С.А.Ткалич, Е.М.Васильев // Электротехнические комплексы и системы управления. 2008. № 2. С. 37-38.
17. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов с радиопоглощающими покрытиями в

- диапазоне длин волн / А.П. Преображенский // Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 21-24.
18. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов в диапазоне длин волн с использованием результатов измерения характеристик рассеяния на дискретных частотах / А.П.Преображенский // Телекоммуникации. 2004. № 5. С. 32-35.
 19. Васильев Е.М. Многоальтернативное управление в хаотических системах связи / Е.М. Васильев // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. Т. 8. № 11. С. 155-158.
 20. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д.Рутковская, М.Пилинский, Л.Рутковский // Издательство: Горячая линия-Телеком, 2006, 383 с.

A. A. Maksimova, V. N. Kostrova, A. A. Androsov
**OPTIMIZATION OF WIRELESS COMMUNICATION NETWORKS
BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS**

*Russian New University
Voronezh State Technical University
Voronezh Institute of High Technologies*

The analysis of the approaches designed for the estimation of scattering characteristics of diffractive structures and parameters of wireless communication systems is given. The possibility of optimizing wireless communication systems in the room based on artificial intelligence methods (genetic algorithm) is considered. As the main calculation method is proposed to use the ray-tracing method and an optimization technique – genetic algorithm. In a genetic algorithm it is proposed to use single point crossing-over, defined by its steps. As chromosomes the coordinates of the mesh around the point observations made at a given step are considered. A combined algorithm of calculating the optimal location of access points inside the building is proposed. The results of pre-test calculations are recorded.

Keywords: wireless communication, optimization, communication, radiowave propagation, ray method.

REFERENCES

1. L'vovich I.Ya. Raschet xarakteristik metallodie'lektricheskix antenn / I.Ya.L'vovich, A.P.Preobrazhenskij // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. 2005. T. 1. № 11. S. 26-29.
2. L'vovich I.Ya. Razrabotka informacionnogo i programmogo obespecheniya SAPR difrakcionnyx struktur i radiolokacionnyx antenn / I.Ya.L'vovich, A.P.Preobrazhenskij // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. 2006. T. 2. № 12. S. 63-68.

3. Maksimova A. A. Metody issledovaniya karakteristik rasseyaniya e'lektromagnitnyx voln ob"ektami / A. A. Maksimova, A. G. Yurochkin // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokix texnologij. 2016. № 1. S. 53 - 56.
4. Kanavin S. V. Perspektivy primeneniya sistem mobil'nogo shirokopolosnogo dostupa v setyax podvizhnoj radiosvyazi na osnove standartov mobile WIMAX i LTE / S. V. Kanavin, A. S. Luk'yanov // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokix texnologij. 2016. № 1. S. 79-82.
5. L'vovich I.Ya. Programmnyj kompleks dlya avtomatizirovannogo analiza karakteristik rasseyaniya ob"ektov s primeneniem matematicheskix modelej / I.Ya.L'vovich, A.P.Preobrazhenskij, R.P.Yurov, O.N.Choporov // Sistemy upravleniya i informacionnye texnologii. 2006. T. 24. № 2. S. 96-98.
6. Preobrazhenskij A.P. Modelirovanie rasseyaniya e'lektromagnitnyx voln na nesimmetrichnom ob"ekte/ A.P.Preobrazhenskij, O.N.Choporov, K.V.Kajdakova // V mire nauchnyx otkrytij. 2015. № 8. S. 526.
7. L'vovich I.Ya. Postroenie algoritma ocenki srednix karakteristik rasseyaniya polyx struktur / I.Ya.L'vovich, Ya.E.L'vovich, A.P.Preobrazhenskij // Telekommunikacii. 2014. № 6. S. 2-5.
8. Preobrazhenskij A.P. Prognozirovanie radiolokacionnyx karakteristik ideal'no provodyashhej polosti v diapazone dlin voln /A.P.Preobrazhenskij // Telekommunikacii. 2005. № 12. S. 29-31.
9. Preobrazhenskij A.P. Algoritm rascheta radiolokacionnyx karakteristik polostej s ispol'zovaniem priblizhennoj modeli / A.P.Preobrazhenskij, O.N.Choporov // Sistemy upravleniya i informacionnye texnologii. 2005. T. 21. № 4. S. 17-19.
10. Preobrazhenskij A.P. Algoritmy prognozirovaniya radiolokacionnyx karakteristik ob"ektov pri vosstanovlenii radiolokacionnyx izobrazhenij / A.P.Preobrazhenskij, O.N.Choporov // Sistemy upravleniya i informacionnye texnologii. 2004. T. 17. № 5. S. 85-87.
11. Preobrazhenskij A.P. Ocenka vozmozhnostej kombinirovannoj metodiki dlya rascheta E'PR dvumernyx ideal'no provodyashhix polostej / A.P.Preobrazhenskij // Telekommunikacii. 2003. № 11. S. 37-40.
12. Preobrazhenskij A.P. Issledovanie vozmozhnosti opredeleniya formy ob"ekta v okrestnosti vosstanovleniya lokal'nyx otrazhatelej na poverxnosti ob"ektov po ix diagrammam obratnogo rasseyaniya / A.P. Preobrazhenskij // Telekommunikacii. 2003. № 4. S. 29-32.
13. Lvovich Y.Y. The use of "ant" algorithm in constructing models of objects that have maximum average values of the scattering characteristics / Y.Y.Lvovich, I.Y.Lvovich, A.P.Preobrazhenskij, O.N.Choporov // Life Science Journal. 2014. T. 12. № 12. S. 463.

14. Vasil'ev E.M. E'volyucionnye algoritmy s matrichnoj replikaciej / E.M.Vasil'ev, I.V.Krutsnix // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. 2011. T. 7. № 2. S. 21-23.
15. Podval'nyj S.L. E'volyucionnye principy postroeniya intellektual'nyx sistem mnogoal'ternativnogo upravleniya / S.L.Podval'nyj, E.M.Vasil'ev // Sistemy upravleniya i informacionnye texnologii. 2014. T. 57. № 3. S. 4-8.
16. Tkalich S.A. Osnovaniya i vozmozhnosti ispol'zovaniya iskusstvennyx nejrosetej v sistemax prognozirovaniya / S.A.Tkalich, E.M.Vasil'ev // E'lektrotexnicheskie komplekсы i sistemy upravleniya. 2008. № 2. S. 37-38.
17. Preobrazhenskij A.P. Prognozirovanie radiolokacionnyx karakteristik ob"ektov s radiopogloshhayushhimi pokrytiyami v diapazone dlin voln / A.P. Preobrazhenskij // Telekommunikacii. 2003. № 4. S. 21-24.
18. Preobrazhenskij A.P. Prognozirovanie radiolokacionnyx karakteristik ob"ektov v diapazone dlin voln c ispol'zovaniem rezul'tatov izmereniya karakteristik rasseyaniya na diskretnyx chastotax / A.P.Preobrazhenskij // Telekommunikacii. 2004. № 5. S. 32-35.
19. Vasil'ev E.M. Mnogoal'ternativnoe upravlenie v xaoticheskix sistemax svyazi / E.M. Vasil'ev // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. 2012. T. 8. № 11. S. 155-158.
20. Rutkovskaya D. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy / D.Rutkovskaya, M.Pilins'kij, L.Rutkovskij // Izdatel'stvo: Goryachaya liniya-Telekom, 2006, 383 s.