

УДК 004.4

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Усманов Р.Н.

д.т.н., профессор,

Ташкентский университет информационных технологий,
тел.: +(99871) 238-65-10, e-mail: rishat.tuit@mail.ru

Алламуратова З.Ж.

с.-и.,

Ташкентский университет информационных технологий,
тел.: +(99891) 388-56-66, e-mail: 74zamira@inbox.ru

Кучкаров Т.А.

с.-и.,

Ташкентский университет информационных технологий,
тел.: +(99897) 708-22-10, e-mail: timnet4u@gmail.com

Рассмотрены вопросы компьютерного моделирования при оценках динамики электромагнитных полей радиовещательных передатчиков в условиях полной и неполной определенности на базе пакетов нейро-нечеткого моделирования и Simulink, предлагается алгоритм формирования нечеткой регрессионной модели электромагнитного поля на нейро-нечеткой основе при оценке электромагнитной обстановки в условиях разнородной информации, что является основой приведенной Simulink модели изменения электромагнитных полей, также представлены результаты в табличном, графическом и картографическом формах с применением графических возможностей пакета Matlab. Основу эвристического подхода составляет применение нейро-нечеткого моделирования осуществляемых на основе данных $E=f(r,d)$, полученных экспериментальным путем А.А.Нигманова в диссертации «Разработка моделей распределения уровней поля радиовещательных станций» (2010) по маршрутам «кинотеатр «Казахстан» - Алайский рынок», «Завод «Хладо» - Карчер».

Ключевые слова: компьютерная модель, напряженность электромагнитного поля, нейро-нечеткое моделирование, фазификация, Simulink модель, вычислительный эксперимент.

TO THE PROBLEM OF ESTIMATION OF ELECTROMAGNETIC SITUATION WITH METHODS COMPUTER MODELING

Usmanov R.N., Allamuratova Z.J., Kuchkarov T.A.

Considering problems of computer modeling of the estimation of dynamics electromagnetic field of radiocast transmitter in a condition full and incomplete certainty on basis neuro-fuzzy modeling and Simulink applications, offered algorithm forming fuzzy regression model of electromagnetic field on a basis neuro-fuzzy for the estimation of electromagnetic situation in a condition a heterogeneous information which is basis of offered Simulink model of the changing electromagnetic field, as well as, presented results using with graphical capabilities of Matlab application in a table, graphic and cartographic form.

The base of heuristic approach consists of using neuro-fuzzy modeling realized on a basis $E=f(r,d)$ data which is taken by experimental way in A.N. Nigmatov's thesis "Development of models of distributing levels of radiocast station fields" (2010) on a route "Cinema Kazakhstan"- "Alay market", "Hlado factory"- "Karcher".

Keywords: Computer model, intensity electromagnetic field, neuro-fuzzy model, Simulink model, computational experiment.

КОМПЬЮТЕРЛИ МОДЕЛЛАШТИРИШ УСУЛИ БИЛАН ЭЛЕКТРОМАГНИТ ХОЛАТНИ БАХОЛАШ МАСАЛАЛАРИГА

Усманов Р.Н., Алламуратова З.Ж., Кучкаров Т.А.

Тўлиқ ва тўлиқ эмас аниқлик шароитида радиоэшиттириш узаткичларининг электромагнит майдонлари динамикасини баҳолашда Simulink ва нейро-норавшан моделлаштириш пакетлари асосида компьютерли моделлаштириш масалалари кўриб чиқилган, электромагнит майдонлари ўзгаришининг келтирилган Simulink модели асос бўлиб ҳисобланадиган турли хил маълумотлар шароитида электромагнит ҳолатни баҳолашда

электромагнит майдонининг норавшан регрессион моделини нейро-норавшан асосида шаклланиши алгоритми таклиф этилган, шунингдек Matlab пакетининг график имкониятларини фойдаланган ҳолда олинган натижалар жадвал, график ва картографик кўринишда келтирилган. Эвристик ёндашишнинг асосини А.А.Нигманов томонидан «Разработка моделей распределения уровней поля радиовещательных станций» (2010) номли диссертациясида берилган «кинотеатр «Казахстан» - Алайский рынок», «Завод «Хладо» - Карчер»» йўналиши бўйича тажриба йўли билан олинган $E=f(r,d)$ маълумотлари ташкил этади.

Калит сўзлар: компьютерли модел, электромагнит майдон кучланганлиги, нейро-норавшан моделлаштириш, фаззификациялаш, Simulink модел, ҳисоблаш эксперименти.

В настоящее время вохране окружающей среды актуальными являются вопросы изучения достаточно сильных воздействий регионального масштаба, связанных с резким повышением фоновых уровней радиационных, шумовых, а также электромагнитных факторов.

Для исследования напряженности электромагнитных полей перспективным является применения современных методов многомерного интерполирования и способы компьютерного моделирования. В работах Р.И.Исаева, А.А. Нигманова и др. [3,4,5,6], в том числе в диссертации Нигманова А.А. «Разработка моделей распределения уровней поля радиовещательных станций» (2010) проведены эксперименты по зависимости $E=f(r,d)$, где E – напряженность электромагнитного поля, d – расстояние вдоль трассы измерений, r – расстояние от радиовещательного передатчика.

В процессе компьютерного моделирования напряженности электромагнитного поля радиовещательных передатчиков рассмотрены возможные варианты выбора способа моделирования в зависимости от качества данных. В частности, рассмотрен вариант полной определенности данных, что дает основания провести процесс моделирования в два этапа: сперва, на Matlab формируется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) для определения параметров $a = (a_0, a_1, a_2, a_3)$ нелинейной модели $E=E(r,d)$ в пространстве Workspase и на их основе формируется Simulink модель системы.

Следует отметить, что на E электромагнитную напряженность радиовещательных передатчиков существенное влияние оказывает такие факторы, как: степень урбанизации населенных пунктов, рельеф местности, растительность, а также техногенные факторы. В этой связи более адекватным является рассмотрение данных с позиций теории нечетких множеств, то есть их анализ с позиции эвристического моделирования. Основу эвристического подхода составляет применение нейро-нечеткого метода [1]. Нейро-нечеткое моделирование осуществляется на основе данных $E=f(r,d)$ по маршрутам «кинотеатр «Казахстан» - Алайский рынок», «Завод «Хладо» - Карчер» (рис. 1,2) [2].

Согласно данному алгоритму, процесс моделирования состоит из двух частей:

- Нейро-нечеткого моделирование по функции $E=f(r,d)$;
- Построения нелинейной регрессионной модели, построенной на основе массива нечетких чисел,

полученных по результатам нейро-нечеткого моделирования.

Нейро-нечеткое моделирование осуществляется в среде Anfis пакета Matlab с использованием нечеткой сети TSK. Обобщенная схема модели TSK на основе использования M правил к N переменных x_j имеет следующий вид:

$$\text{if } (x_1 \text{ есть } A_1^{(1)}) \& (x_2 \text{ есть } A_2^{(1)}) \& \dots \& (x_n \text{ есть } A_n^{(1)}),$$

$$\text{then } y_1 = P_{10} + \sum_{j=1}^N P_{1j} x_j$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\text{if } (x_1 \text{ есть } A_1^{(M)}) \& (x_2 \text{ есть } A_2^{(M)}) \& \dots \& (x_n \text{ есть } A_n^{(M)}),$$

$$\text{then } y_M = P_{M0} + \sum_{j=1}^N P_{Mj} x_j$$

В данной модели условия $\text{if } (x_i \text{ есть } A_i^{(k)})$ реализуется функцией фаззификаций, которая осуществляется обобщенной функцией Гаусса отдельной для каждой x_i :

$$\mu_A(x_i) = 1 / (1 + ((x_i - c_i) / \sigma_i)^{2b_i}), \quad (1)$$

где $\mu_A(x_i)$ представляет оператор $A_i^{(k)}$, $k=1,2,\dots,n$

В нечеткой сети TSK этот оператор для k -го правила вывода имеет вид:

$$\mu_A^{(k)}(x) = \prod_{j=1}^N \left[1 / (1 + ((x_j - c_j^{(k)}) / \sigma_j^{(k)})^{2b_j^{(k)}}) \right] \quad (2)$$

Агрегирование выходного результата сети производится по формуле:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^M \frac{w_i}{\sum_{j=1}^N w_j} \left(P_{i0} + \sum_{j=1}^N P_{ij} X_j \right)}{\sum_{j=1}^N w_j} \quad (3)$$

или

$$y(x) = \frac{1}{\sum_{k=1}^N w_k} \sum_{k=1}^N w_k y_k(x) \quad (4)$$

где

$$y_k(x) = P_{k0} + \sum_{j=1}^N P_{kj} X_j$$

Здесь веса w_k определяет значимость компонентов, определенных по (1).

Сеть TSK построенная по (4) состоит из пяти слоев:

- слой фаззификации каждой входной переменной $x_i (i = \overline{1, N})$, где определяется для каждого k -правил значение $\mu_A^{(k)}(x_i)$;
- слой агрегирования отдельных переменных x_i , где определяется результирующее значение

$$w_k = \mu_A^{(k)}(x) \text{ для } x \text{ по (2);}$$

- слой генерации функции TSK:

$$y_k = P_{k0} + \sum_{j=1}^N P_{kj} x_j ;$$

- слой состоящих из двух нейронов-сумматоров, один из которых рассчитывает взвешенную сумму сигналов $y_k(x)$, а возврат определяет сумму весов;
- итоговый слой- нормализующий слой, в который веса подвергаются нормализации по (4).

Нейро-нечеткое моделирование распределения $E=f(r,d)$ осуществляется в программной среде Anfis пакета Matlab. В качестве обучающей выборки использованы данные измерений $E=f(r,d)$ представленные в работе [7].

В условиях когда данные измерений в основном имеют детерминированный характер, СЛАУ по определению нелинейной модели плохо обусловлена, что во многом объясняется недостаточностью данных или их погрешностями, для повышения уровня совместности и хороший обусловленности СЛАУ необходимо поиск и привлечение данных разнородного характера. С учетом этого, общий алгоритм компьютерного моделирования ЭМП приводится на рис.3

Предлагаемый алгоритм реализован в среде Matlab с использованием пакетов AnfisiSimulink.

Сравнение экспериментальных данных о распределении электромагнитного поля(ЭМП) в пределах до 90 МГц и соответствующих расчетов (отдельно для каждой выбранной отрезки расстояния вдоль от трассы) на основе нейро-нечеткого подхода приводится в табл. 1 и рис. 4:

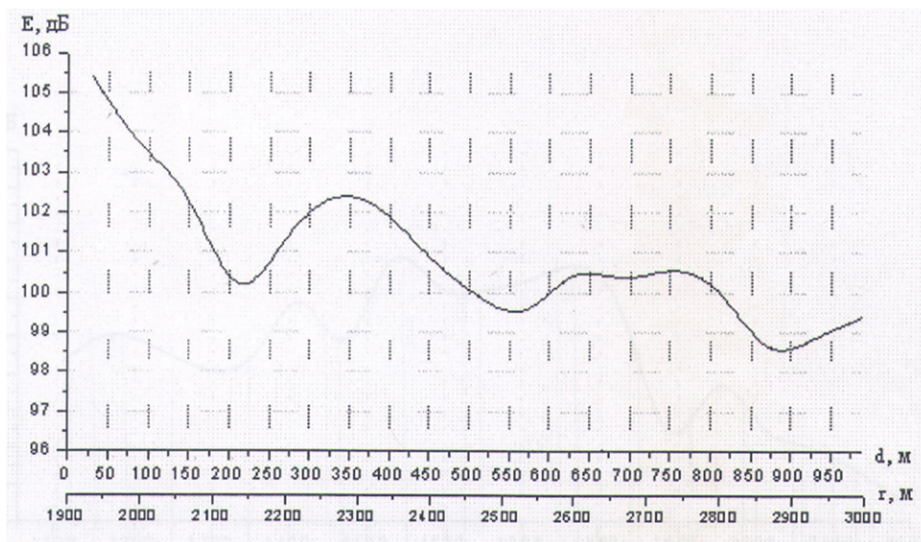


Рис. 1. Зависимость напряженности поля $E=f(r,d)$ на трассе кинотеатр «Казахстан» - «Алайский рынок» на частоте 90 МГц [2,7]

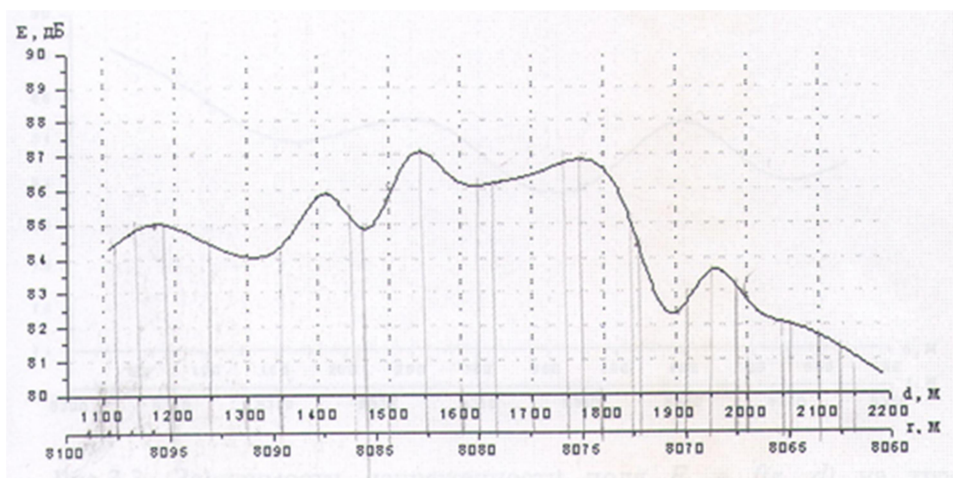


Рис. 2. Зависимость напряженности поля $E=f(r,d)$ на трассе «завод «Хладо» - Карчер» на частоте 90 МГц [2,7]

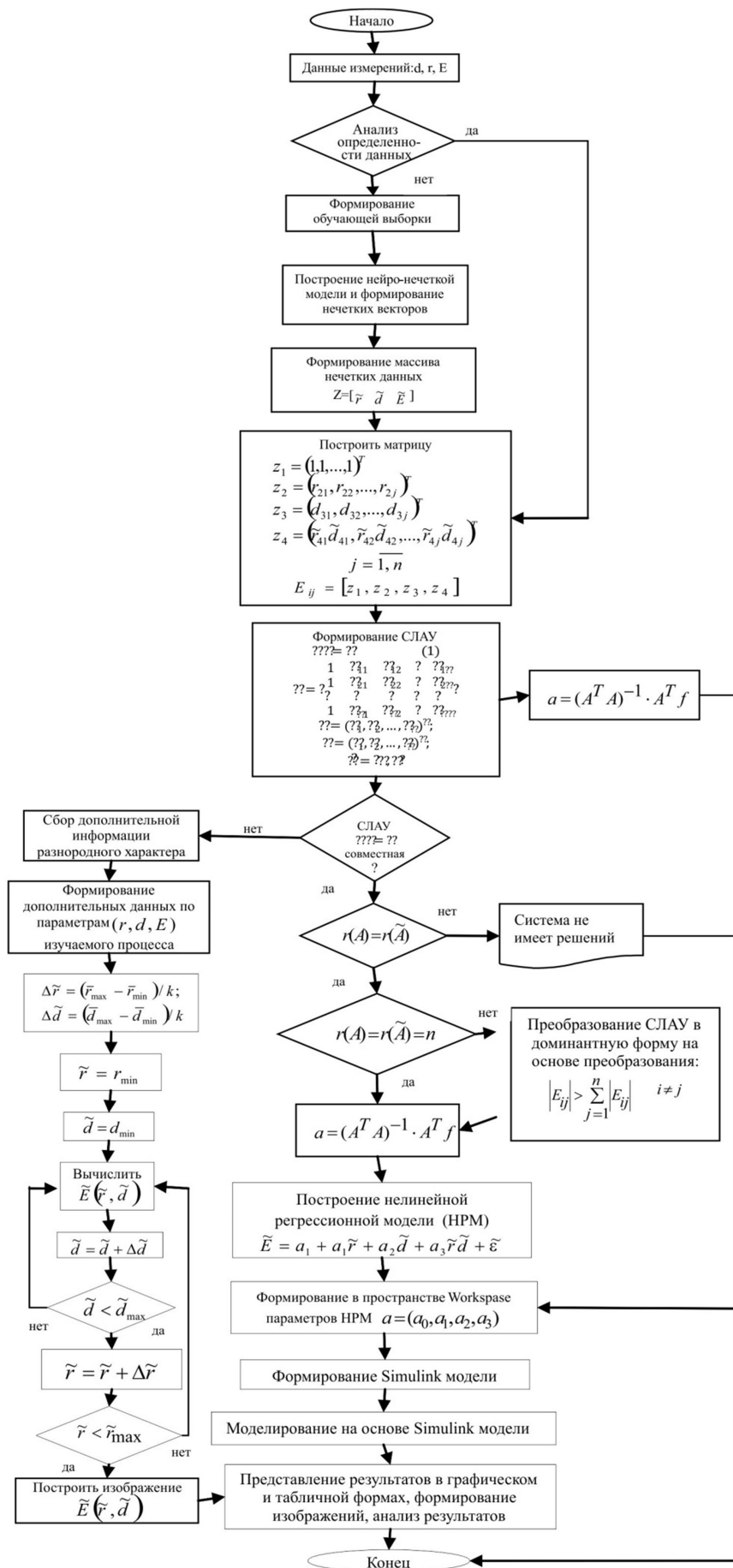


Рис. 3. Алгоритм компьютерного моделирования при оценке электромагнитной обстановки в условиях разнородной информации



Рис. 4. Сравнение экспериментальных данных и результаты нейро-нечеткого моделирования

Таблица 1

Сопоставление результатов моделирования ЭМП полученным нелинейной моделью ($\tilde{E} = f(\tilde{r}, \tilde{d})$) и нейро-нечеткого моделированием (E_{anfis})

E	E^{HM}	E_{anfis}
106	104.1	105
104.5	103.8	104
103.5	103.2	104
102.2	103	102
101.5	102.2	102
100.4	102.4	101
100.2	102.1	101
100.5	101.8	101
102	101.3	101
102.5	101.2	101
101.8	101.1	100
101	100.6	101
100	100.2	101
99.5	100.2	101
100	100.2	101
100.5	99.74	100
100.5	99.67	100
100.3	99.55	99,9
100.7	99.66	99,9
100.2	99.79	99,9
99	99.55	99,4
98.4	99.27	99
98.7	99.25	99
99	99.17	98,9
99.5	99.47	99

Одним из представленных составляющих данного алгоритма является компьютерное моделирование динамик изменений ЭМП на Simulink. Ниже предлагается структура Simulink модели (рис.5), построенные на основе параметров $a = (a_0, a_1, a_2, a_3)$ для оценки динамики ЭМП по маршруту кинотеатр «Казахстан» - «Алайский рынок».

Изменение динамики ЭМП в зависимости от ги дпо маршруту: кинотеатр «Казахстан» - «Алайский рынок» на основе результатов вычислительных экспериментов в пространстве $E=f(r,d)$ представлены на рис. 6, 7.

Изменение динамики ЭМП в зависимости от ги дпо маршруту: «завод «Хладо» - Карчер» на основе результатов вычислительных экспериментов в пространстве $E=f(r,d)$ представлены на рис. 8, 9.

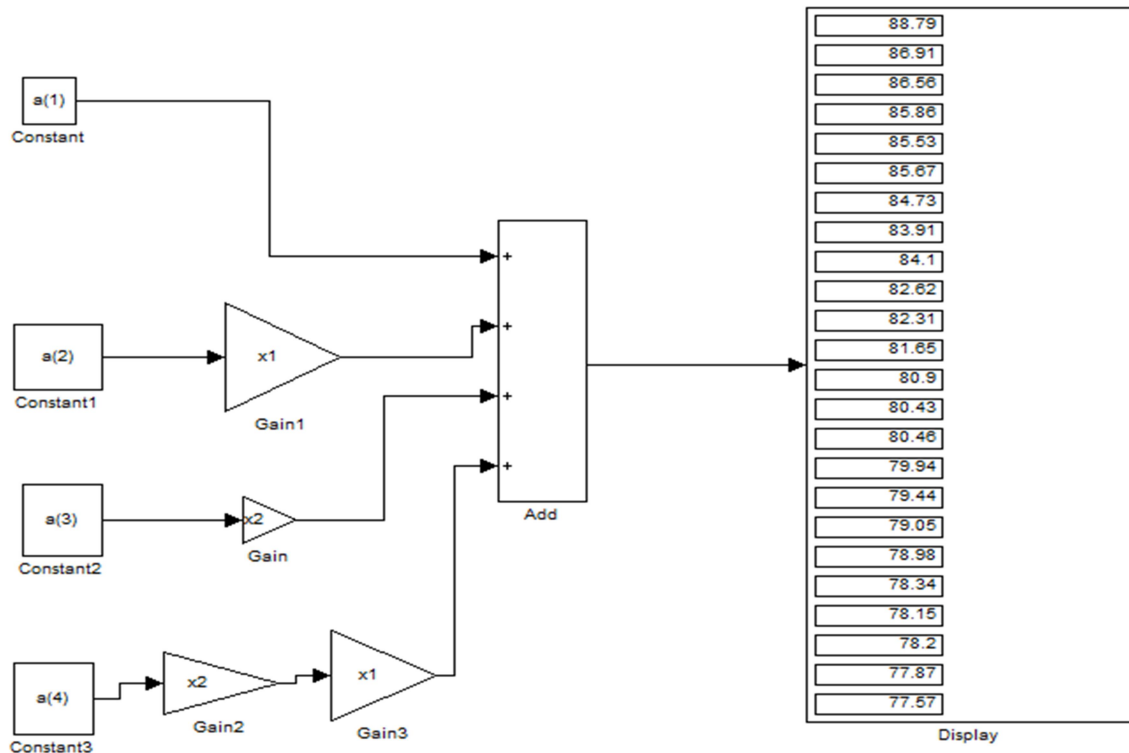


Рис. 5. Структура Simulink модели по маршруту кинотеатр «Казахстан» - «Алайский рынок»

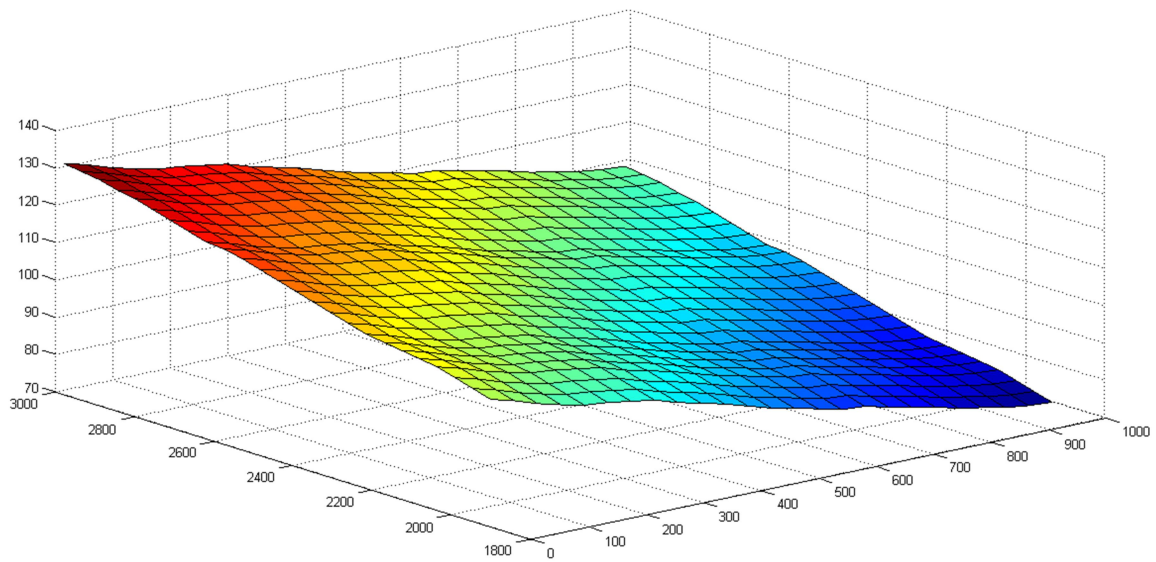


Рис. 6. Изменение динамики E электромагнитной напряженности в зависимости от r и d по маршруту: кинотеатр «Казахстан» - «Алайский рынок»

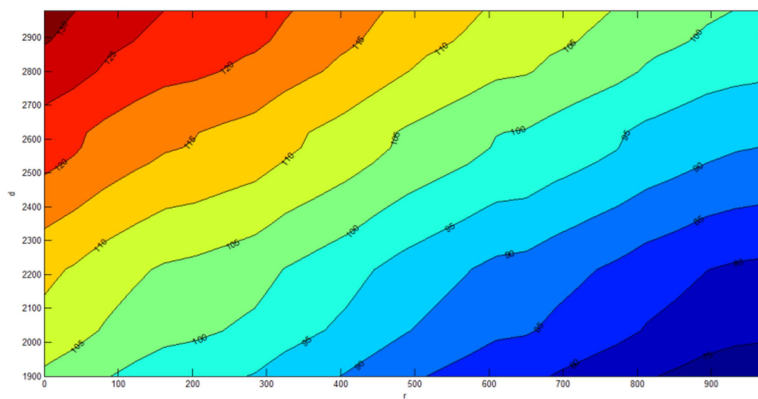


Рис. 7. Изменение динамики электромагнитной напряженности по маршруту: кинотеатр «Казахстан» - «Алайский рынок»

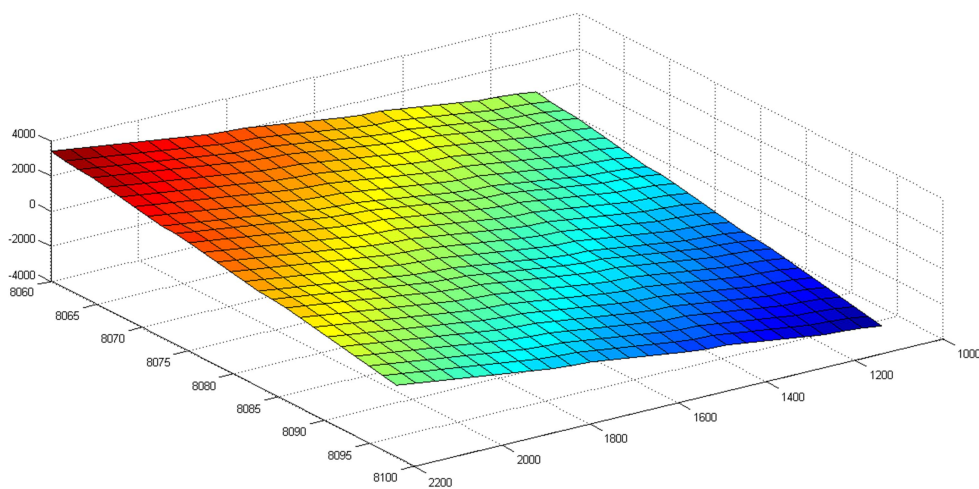


Рис. 8. Изменение динамики E электромагнитной напряженности в зависимости от r_1 и r_2 по маршруту: «завод «Хладо» - Карчер»

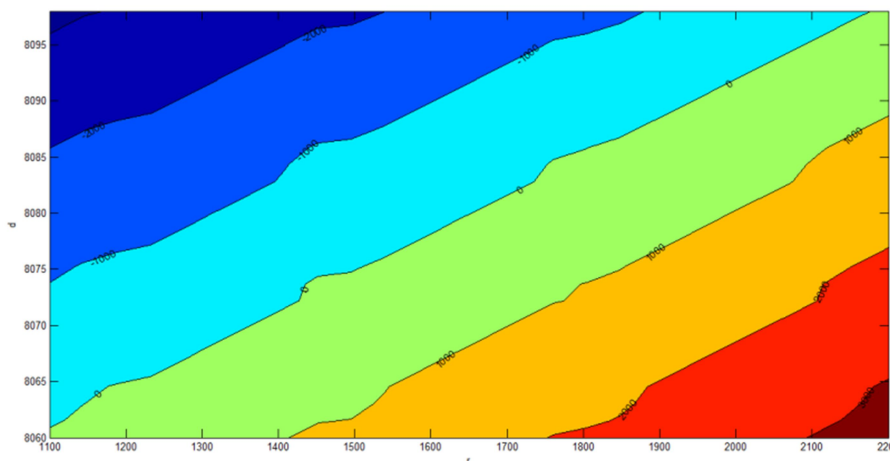


Рис. 9. Изменение динамики электромагнитной напряженности по маршруту: «завод «Хладо» - Карчер»

В заключении следует отметить перспективность применения современных методов компьютерного моделирования, в том числе интеграции Simulinki нейро-нечеткого моделирования. По-видимому такой

подход является перспективным подходом при уменьшении аспектов неопределенности возникающих при исследовании распределения электромагнитных полей телекоммуникаций.

Литература

- [1] *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и Fuzzy TECH. – СПб.: БХВ - Петербург, 2003. – 736 с.
- [2] *Маглицкий Б.Н.* Моделирование элементов и систем цифровой радиосвязи в СКМ MATLAB/Simulink. – Новосибирск, 2015
- [3] *Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П.* Основы электромагнитной экологии. – М.: Радио и связь, 2000. – 240 с.
- [4] *Исаев Р.И., Ликонцев Д.Н., Нигманов А.А.* Экологически – безопасное размещение антенн базовых станций в городских условиях // *Aloqadunyosi.* – Ташкент, 2007. – № 4. – С.4-9.
- [5] *Нигманов А.А., Ликонцев Д.Н., Шарафутдинов Ж.Л.* Модернизационная модель «Окамура-Хата» для г.Ташкента // Труды шестой Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов государств участников РСС «Техника и Технология связи». Ташкент 9-10 октября 2008 г. – Ташкент: Алоқачи, 2008. – С.131-133.
- [6] *Ликонцев Д.Н., Нигманов А.А.* Коррекция модели «Окамура-Хата» для диапазона 80...108 МГц в городе Ташкенте // *Инфокоммуникации: Сети-Технологии-Решения.* – Ташкент, 2008. – №2(6). – С.19-21.
- [7] *Нигманова А.А.* Разработка моделей распределения уровней поля радиовещательных станций : автореферат диссертации. – Ташкент, 2010.