УДК 681.5.017:004.942:616-76:699.83

В.В. Семенец, Т.Е. Стыценко

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

РАЗРАБОТКА БИОМЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Рассматривается задача синтеза биомедицинской системы жизнедеятельности человека на основе обобщенно-статистического критерии, в сложных системах контроля и управления электромагнитным излучением сверхвысоких частот. Используя допустимые значения интенсивности излучения при различных источниках энергии сверхвысоких частот, синтезируются устройства защиты и выбираются законы изменения управления уровнем источника в эргодических системах. При разработке сложных систем защиты, представляется необходимым осуществить математическое моделирование на непрерывных и дискретных вероятностных моделях идеальных и реальных процессов контроля и управления. Введение идеальных потенциальных моделей обусловлено необходимостью оценки эффективности и оптимизации реальных возможностей системы относительно потенциальных.

Ключевые слова: *модель, информация, оценка, защита, биомедицинская система.*

Введение

Постановка проблемы. В последнее время, при быстром росте и развитии медицинских информационных систем (МИС), входящих в сложные программно-аппаратные комплексы, определенную роль играет медицинский персонал «особого типа», который имеет не только глубокие медицинские знания, но и навыки пользования информационными системами. Результат работы медицинского персонала зависит от принятия им своевременных и адекватных решений от технических средств МИС, при помощи которой он оценивает информацию. Проблема формирования основных поведенческих и психологических схем обеспечения безопасности, связана с попытками создания математических моделей для описания функционирования системы в целом. Для эргодических систем, кроме пороговых характеристик источников, необходима также оценка количества информации, которое может быть передано оператору или операторам, посредством того или иного сигнала в определенные временные интервалы, вероятность выполнения задачи, ошибки и затраты при выполнении системой и оператором задачи.

Анализ исследований и публикаций. Определение законов распределения вероятностей выполнения задачи защиты представляет весьма сложную задачу анализа в статистической постановке. Эту же задачу как частный случай можно решить в детерминистской постановке. В основу исследования и синтеза положен детерминистский подход, что можно свести к частному случаю рассмотрения математических ожиданий вместо случайных величин. Обобщенно-функционально-статистический критерий при этом используется как основа для обобщения методологии анализа и синтеза систем биологической защиты (СБЗ). В конкретных случаях его можно также использовать не только для оптимизации СБЗ, но и количественной оценки эффекта защиты.

К настоящему времени во многих странах мира, в частности, в Украине, спектр опасных технологий в медико-диагностических, лечебных, хирургических приборах и системах, создает острую социально-психологическую ситуацию, которая требует существенного анализа и разработки обобщенного критерия биовоздействия различных типов источников на жизнедеятельность биологической системы, используя при этом построение математических моделей.

В работе [1] доказано, что надежность сигнала, вырабатываемого многомерной системой без памяти (т.е. цепью Маркова) максимальна тогда и только тогда, когда топология системы такова, что процесс идет необратимо через каждое состояние, где интенсивности переходов выбраны так, что равная доля суммарного сигнала генерируется в каждом состоянии. Ватанабе, Савай и Такахаши [2] предложен метод приближения ожидаемого состояния для однородных цепей Маркова, названного псевдо ожиданием. Он основан на простой вероятностной рекуррентной формуле.

В исследовании [3] анализируется матрица критериев – целей игры при энтропии окружающей среды. В [4] для метода максимума энтропии (MaxEnt) доказано, что только в асимптотическом смысле находится такой вектор абсолютных частот в допустимом множестве, который имеет максимальную вероятность быть порожденным однородной априорной последовательностью генератора. В [5, 6] метод (Шеннона-Кульбака) относительной максимизации энтропии (REM или MaxEnt) может быть, по крайней мере, в дискретном случае, в соответствии с максимальной теоремой вероятностей, рассматриваться как асимптотической вариант метода максимальной вероятности (MaxProb). В работе M. Frontini и A. Tagliani [7] проблема конечных моментов в рамках подхода максимальной энтропии численно исследована для задачи восстановления функции плотности распределения. Адитья Шастри и Рекха Говил (Rekha Govil) в [8] получили дискретный вариант классической теоремы Шеннона, о том что, когда в качестве вероятности используют частоты, энтропийная функция достигает своего максимального значения, когда вероятности близки, на сколько это возможно. K. Бандиопадхия и A.K. Бхатачариа в [9] предложили технику оптимизации энтропии для расчета распределения по его моментам. Идея основана на максимизации дискретизованой формы энтропии Шеннона путем отображения проблемы на двойственное пространство, где оптимальное решение может быть построено итеративно.

Максимальная энтропия стала популярной статистической моделью в неврологии и других областях медицины и может быть полезным инструментом для получения оценок взаимной информации в биомедицинских системах. Тем не менее, метод максимум энтропии модели подходит для небольших наборов данных, что может быть причиной смещения выборки, т.е. истинная энтропия данных может быть сильно недооценена. В [10] Якоб, Мюррей и Питер изучали свойства выборочной оценки энтропии, полученные из модели максимальной энтропии.

В [11, 12] представлен методический подход, ориентированный на управление безопасностью сложных информационных систем, особенно критически важных.

Из анализа перечисленных выше работ, а также из достаточно большого числа других источников [13 – 21] делаем вывод, что метод максимизации энтропии, первоначально строго доказанный для замкнутых систем, оказался адекватным и эффективным для расчетов широкого класса моделей в различных областях науки.

Постановка задачи. Построение защиты биомедицинской системы жизнедеятельности организма человека, при воздействии электромагнитных излучений, используя математическое моделирование идеальных и реальных процессов контроля и управления совокупности различных источников излучений сверхвысоких частот (прямых, отраженных, паразитных), имеющих случайные амплитуды и фазы, для оценки эффективности и оптимизации реальных возможностей системы относительно потенциальных.

Изложение основного материала

Пусть существует n различных вероятностей существования источников излучений, которые будут различаться по индексу i=1,2…., n.

На рис. 1 приведена функциональная модель биомедицинской системы жизнедеятельности (БМСЖ) с источником электромагнитных излучений (ЭМИ), на который действует некоторый вектор внешних и внутренних возмущений $Z_1(h_1,h_2,h_3,\ldots h_k)$, носящих случайный характер. Эти возмущения обусловливают случайность вектора координат источника ЭМИ $X(X_1,X_2,\ldots X_m)$ и вектора $X'(X_1',X_2',\ldots X_m')$.

Вектор выходных координат источника ЭМИ может определить пространственное и временное положение объекта, а также нести информацию о переменных состояния ЭМИ при воздействии на источник и систему защиты, векторов управлявших сигналов $U\ (U_1,\ U_2\ ,\ldots U_m)$, $U'(U_1',U_2',\ldots U_m')$, вырабатываемых системой контроля и управления (СКУ). Выполняя измерения векторов X, X', характеризующих состояния ЭМИ до и после среды, и принимая решения о состоянии ЭМИ, СКУ формирует вектора управлений U и U'. Система защиты формирует вектор Y. Поражение биологической среды характеризуется вектором Ф.

Векторы X, X', U, U', Y, Ф имеют случайный характер, обусловленный конечной точностью работы СКУ, характеризуемых вектором Z, а также действующими на источник случайными возмущениями Z. На рассмотренной функциональной схеме показаны основные связи между элементами процесса контроля и управления, позволяющие построить обобщенные математические модели.

Построение потенциальной модели БМСЖ удобнее начать с рассмотрения работы решающей системы контроля управления. Для упрощения написания рассмотрим одномерные решения, которое не составляют особого труда обобщить на многомерные. Предположим, что измерительная система (ИС) защиты измеряет координату x_i и переводит результат измерения в некоторый результат решения y_i. В этом случае условная вероятность того, что выходная координата находится, например, в норме (индекс 1), т.е. система защиты (СЗ) защищает биологическую среду, может быть определена по формуле

$$P_{in}\left(\frac{x_{1i}}{y_i}\right)=\frac{P_{in}\left(\frac{y_i}{x_{1i}}\right)P_i\left(x_{1i}\right)}{P_{in}\left(y_i\right)}, \qquad (1)$$

где $P_{in}\left(\frac{y_i}{x_{1i}}\right)$ – условная вероятность получения y_i при нахождении на входе события x_{1i};

$P_{in}\left(x_{1i}\right)$ – вероятность появления x_{1i};

$P_{in}\left(y_i\right)$ – вероятность появления y_i.

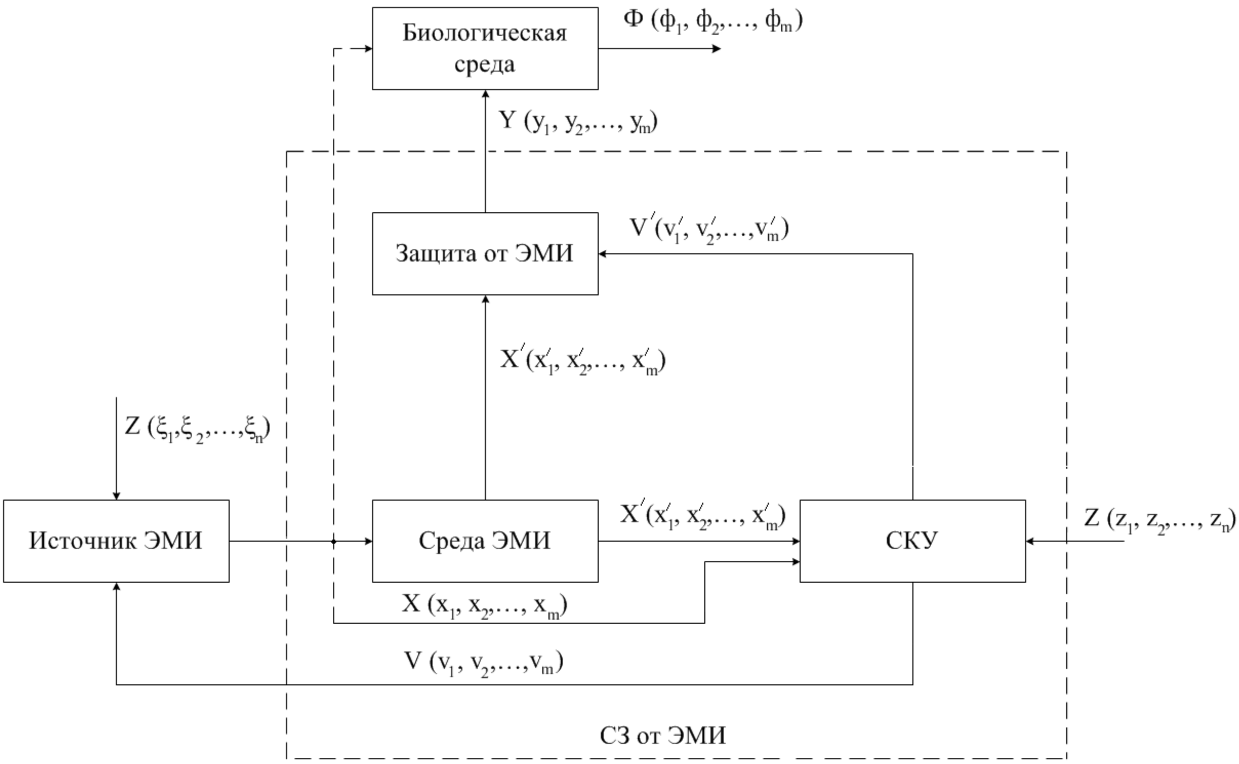

Рис. 1. Функциональная модель БМСЖ

С учетом закона распределения $W\left(\frac{y_i}{x_{1i}}\right)$

$$P_{in}\left(\frac{x_{1i}}{y_i}\right) = \frac{f_n\left(\frac{y_i}{x_{1i}}\right)P_{in}\left(x_{1i}\right)}{P_{in}\left(y_i\right)}. \tag{2}$$

Условная вероятность того, что выходная координата превысила норму (индекс 0), т.е. СЗ не защищает биологическую среду

$$P_{in}\left(\frac{x_{0i}}{y_i}\right) = \frac{P_{in}\left(\frac{y_i}{x_{0i}}\right)P_{in}\left(x_{0i}\right)}{P_{in}\left(y_i\right)}, \tag{3}$$

где $P_{in}\left(\frac{x_{0i}}{y_i}\right)$ – условная вероятность появления y_i при нахождении на входе x_{0i}; $P_{in}\left(x_{0i}\right)$ – вероятность появления события x_{0i}.

С учетом закона распределения $f_n\left(\frac{y_i}{x_{0i}}\right)$:

$$P_{in}\left(\frac{x_{0i}}{y_i}\right) = \frac{f_n\left(\frac{y_i}{x_{0i}}\right)P_{in}\left(x_{0i}\right)}{P_{in}\left(y_i\right)}. \tag{4}$$

Система защиты принимает решение и переводит x_i в y_i по определенному алгоритму, в основу которого можно положить функцию и отношение правдоподобия соответственно

$$\frac{P_{in}\left(\frac{x_{1i}}{y_i}\right)}{P_{in}\left(\frac{x_{0i}}{y_i}\right)} = \frac{f_n\left(\frac{y_i}{x_{1i}}\right)P_{in}\left(x_{1i}\right)}{f_n\left(\frac{y_i}{x_{0i}}\right)P_{in}\left(x_{0i}\right)}, \tag{5}$$

$$\lambda_n = \frac{f_n\left(\frac{y_i}{x_{1i}}\right)}{f_n\left(\frac{y_i}{x_{0i}}\right)}. \tag{6}$$

При $P_{in}\left(\frac{x_{1i}}{y_i}\right) > P_{in}\left(\frac{x_{0i}}{y_i}\right)$ – принимается решение 1.

При $P_{in}\left(\frac{x_{1i}}{y_i}\right) \langle P_{in}\left(\frac{x_{0i}}{y_i}\right)$ – принимается решение 0.

Или при условии $\frac{P_{in}\left(\frac{x_{1i}}{y_i}\right)}{P_{in}\left(\frac{x_{0i}}{y_i}\right)} > 1$ – принимается решение 1.

При $\frac{P_{in}\left(\frac{x_{1i}}{y_i}\right)}{P_{in}\left(\frac{x_{0i}}{y_i}\right)} < 0$ – принимается решение 0.

С учетом(5) и (6) можно записать, что при

$$\lambda_{ni} > \frac{P_{in}(x_{0i})}{P_{in}(x_{1i})} = \lambda_0 = \frac{q_{ni}}{p_{ni}}$$

принимает решение 1, при $\lambda_{ni} < \lambda_{0i}$ – принимает решение 0.

Для потенциальной системы при двух альтернативных решениях

$$P_{in}(x_{0i}) = P_{in}(x_{1i}) = \frac{1}{2}, \quad (7)$$

При многоальтернативных решениях

$$P_{in} = P_{2n} = ... = P_{mn} = \frac{1}{m} \quad (8)$$

решающая система представляет собой «идеального» наблюдателя.

В случае, если решение принимается относительно непрерывной координаты, то считается, что координата распределена по нормальному закону.

Решающая система потенциальной системы делает ошибки 1-го и 2-го рода. За ошибку первого рода принимается вероятность события, когда координата находится в заданном допуске, а анализатор ошибается и принимает решение, что он вышел за допустимый предел

$$P_{лоп} = P_{ni}\left(y_i \supset \frac{V_0}{x_{1i}}\right). \quad (9)$$

За ошибку второго рода принимается вероятность события, когда координата находится за допуском, а анализатор ошибается и принимает решение, что координата в допустимых пределах

$$P_{нопi} = P_{ni}\left(y_i \supset \frac{V_1}{x_{0i}}\right). \quad (10)$$

Так как потенциальная система принимает решения по критерию идеального наблюдателя, то она минимизирует суммарную ошибку

$$P_{лопi} + P_{нопi} = \min . \quad (11)$$

В результате осуществления процесса принятия решения и управления потенциальная система переводит, состояние источника излучения, характеризуемое вероятностью $P\left(\frac{x_i}{y_i}\right)$ в некоторое более определенное состояние, характеризуемое вероятностью

$$P'_{in} = \frac{P_{in}\overline{P}_{лопi}}{P_{in}\overline{P}_{лопi} + \overline{P}_{in}P_{нопi}}, \quad (12)$$

получая при этом определенное количество информации

$$I_{\frac{max}{max}} = H_{iоп} - P_{iп}, \quad (13)$$

где

$$H_{ion} = -P_{ni}\log_2 P_{ni} - \overline{P}_{ni}\log_2 \overline{P}_{ni}, \quad (14)$$

$$H_{in} = -P'_{ni}\log_2 P'_{ni} - \overline{P}_{ni}\log_2 \overline{P}_{ni}\log_2 \overline{P}'_{ni} \quad (15)$$

соответственно энтропия состояния ЭМИ до и после решения и управления.

Общее количество информации, получаемое потенциальной системой, состоящей из m анализаторов

$$I_{\frac{max}{max}} = \sum_i^m I_{i\frac{max}{max}}. \quad (16)$$

Потенциальная система является почти идеальной не только в смысле минимальных ошибок, она является идеальной также в смысле простоты, так как в ней не предусмотрено комплексирования для получения нужного быстродействия, надежности работы и т.п.

Отсюда следует, что потенциальная система при выполнении указанных условий будет иметь минимальные затраты

$$C_{min} = \sum_{i=1}^m C_{imin}. \quad (17)$$

Эффективность потенциальной системы оценивается коэффициентом

$$K_{I0} = \frac{I_{maxmax}}{C_{min}}, \quad (18)$$

представляющим отношение степени повышения достоверности состояния ЭМИ в логарифмическом масштабе к затратам.

Реальная математическая модель БМСЖ строится аналогично потенциальной математической модели, при этом принимаются реальные законы распределения вероятностей и различные алгоритмы принятия решений, обусловленные выбранным критерием.

Условная вероятность того, что координата находится в норме

$$P_i\left(\frac{x_{1i}}{y_i}\right) = \frac{f\left(\frac{y_i}{x_{1i}}\right)P_i(x_{1i})}{P_i(y_i)}. \quad (19)$$

Или с учетом закона распределения вероятности $f\left(\frac{y}{x_{1i}}\right)$, получим

$$P_i\left(\frac{x_{1i}}{y_i}\right) = \frac{P\left(\frac{y_i}{x_{1i}}\right)P\ (x_{1i})}{P_i(y_i)}. \quad (20)$$

Условная вероятность того, что координата отклонилась от нормы

$$P_i\left(\frac{x_{0i}}{y_i}\right)=\frac{P_i\left(\frac{y_i}{x_{0i}}\right)}{P_i(y_i)}, \qquad (21)$$

или с учетом закона распределения вероятностей

$$P_i\left(\frac{x_{0i}}{y_i}\right)=\frac{f\left(\frac{y}{x_{0i}}\right)P_i(x_{0i})}{P_i(y_i)}. \qquad (22)$$

Функция и отношение правдоподобия могут быть определены соответственно по такой формуле:

$$\frac{P_i\left(\frac{x_{1i}}{y_i}\right)}{P_i\left(\frac{x_{0i}}{y_i}\right)}=\frac{f\left(\frac{y_i}{x_{1i}}\right)P_i(x_{1i})}{f\left(\frac{y_i}{x_{0i}}\right)P_i(x_{0i})}, \qquad (23)$$

$$\lambda=\frac{f\left(\frac{y_i}{x_{1i}}\right)}{f\left(\frac{y_i}{x_{0i}}\right)}. \qquad (24)$$

Если решение принимается по критерию правдоподобия, то при

$$\lambda=\frac{P_i(x_{0i})}{P_i(x_{1i})}$$

принимается -1, если $\lambda<\lambda_0$ - принимается 0.

Решающая система может быть построена с учетом различных критериев:

– для критерия идеального наблюдателя $\lambda_0=1$;

– для критерия нормального риска $\lambda_0=\frac{L_1 q}{L_2 P}$,

где L_1 и L_2 – весовые коэффициенты;

– для критерия Неймана-Пирсона $L_1=L_2$.

Ошибками первого и второго рода являются соответственно

$$P_{лоi}=P_i(y\supset V_0 x_{1i})$$

$$P_{нoi}=P_i(y\supset V_1 x_{0i}), \qquad (25)$$

которые рассчитываются с учетом всех ошибок.

После принятия решения и управления вероятность состояния источника излучения по i-й координате

$$P'_i=\frac{P_i\overline{P}_{лоi}}{P_i\overline{P}_{лоi}+\overline{P}_i P_{нoi}}. \qquad (26)$$

Количество информации, полученное при принятии решения по i-й координате

$$I_{imax}=H_i-H'_i, \qquad (27)$$

где

$$H_i=-P_i\log_2 P_i-\overline{P}_i\log_2\overline{P}_i, \qquad (28)$$

$$H'_i=-P'_i\log_2 P'_i-\overline{P}'_i\log_2\overline{P}'_i, \qquad (29)$$

Общее количество информации

$$I_{max}=\sum_i^m I_{imax}. \qquad (30)$$

Общие затраты, с учетом затрат на получение нужных надежности, быстродействия и т.п.

$$C=\sum_i^m C_i, \qquad (31)$$

где

$$C_i=C_{imin}+\Delta C_{iT}+\Delta C_{ip}; \qquad (32)$$

$\Delta C_{iт}$ – дополнительные затраты на получение нужного быстродействия; ΔC_{ip} – дополнительные затраты на получение нужной надежности.

Эффективность работы реальной БМСЖ равна

$$K_I=\frac{I_{max}}{C}. \qquad (33)$$

Эффективность БМСЖ с учетом потенциальной и реальной моделей будет равна

$$Э=\frac{K_I}{K_{I0}}=\frac{I_{max}}{\frac{I_{max}}{max}}=\frac{C_{min}}{C}. \qquad (34)$$

Достоинством обобщенного статистического критерия, полученного на основе потенциальной и реальной математических моделей, биомедицинской системы жизнедеятельности является полнота, наглядность, сравнительная простота и общность, позволяющая одним числом характеризовать как всю систему, так и по частям, включающим сложные и простые устройства.

При этом диапазон изменения критерия для практических систем определяется как:

$$0\le Э\le 1.$$

Отсюда можно сделать вывод, что несовершенные БМСЖ имеют Э близкий к нулю, а совершенные – к единице.

Выводы

Рассмотрена оценка эффективности работы биомедицинской системы жизнедеятельности на основе математических моделей потенциальных и реальных возможностей.

В основу построения модели положены детерминированные критерии и вероятность выполнения задачи защиты биомедицинской системы, количество информации, получаемо самой системой с учетом затрат.

Обобщенно-функционально-статистический критерий при этом используется как основа для обобщения методологии анализа и синтеза системы биологической защиты, что в дальнейшем может быть использовано не только для оптимизации защиты системы, но и количественной оценки эффекта защиты.

Список литературы

1. Sean E. Maximally Reliable Markov Chains Under Energy Constraints / E. Sean, S. Escolay, M. Eisele, K. Miller, L. Paninski // Neural Computation. – 2009. – Vol.21, Issue7. – P. 1863-1912.

2. Watanabe O. Analysis of a randomized local search algorithm for LDPCC decoding problem / O. Watanabe, T. Sawai, H. Takahashi // Lecture Notes in Comp. – 2003. – Vol. 2827. – P. 50-60.

3. Бубнов В.П. Нестационарная модель оценки функциональной безопасности средств железнодорожной автоматики: доклад / В.П. Бубнов, К.И. Бурцева // Проблемы математической и естественно-научной подготовки в инженерном образовании: исторический опыт, современные вызовы: труды межд. науч.-метод. конф., 11–12 нояб. 2010г.; под общ. ред. В.А. Ходаковского. – СПб.: ПГУПС. – 2011. – С. 25-32.

4. Grendar M. What is the question that MaxEnt answers? / M. Grendar: 20th International Workshop. – 2001. – Vol. 568. – P. 83-93.

5. Grendar M. Maximum Probability and Maximum Entropy methods: Bayesian interpretation / M. Grendar// Bayesian inference and Maximum Entropy methods in Science and Engineering. – 2005. – Vol.2. – P. 90-494.

6. Jaakkola T. Maximum entropy discrimination / T. Jaakkola // Journal of Machine Learning Research. – 2009. – № 10. – P. 2531-2569.

7. Frontini M. The moment problem and maximum entropy: numerical investigation / M. Frontini, A. Tagliani // Appl. Math. – 1995. – № 32. – P. 339-346.

8. Glansdorf P. On the differential properties of the entropy production / P. Glansdorf, I. Prigogine // Physica. – 1968. – №20. – P. 773-780.

9. Bandyopadhyay K. Maximum entropy and the problem of moments: Astable algorithm / K Bandyopadhyay, A.K. Bhattacharya // Phys. Rev. – 2005. – Vol. 71. – P. 5-10.

10. Macke J. How biased are maximum entropy models?/ J. Macke, I. Murray, P. Latham // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2011. – Vol.24. – P. 2034-2042.

11. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати; [пер. с англ.]. – М.: «Радио и связь», 1993. – 278 с.

12. Хинчин А.Я. Работы по математической теории массового обслуживания / А.Я. Хинчин. – М.: Издательство Академии педагогических наук РСФСР, 1963. – 236 с.

13. Doyle P. Energy for Markov chains / P. Doyle // Free Software Foundation. – 1989. –Vol.12. – P. 12-18.

14. Doyle P. Why maximize entropy? / P. Doyle // Free Software Foundation. – 1982. –Vol.4. – P. 21-25.

15. Fouss F. A maximum entropy approach to multiple classifiers combination / F. Fouss, M. Saerens // Technical report, IAG, University of catholique. – 2004. – P. 110-125.

16. Freire N. Entity Recognition and Resolution in Semistructured Data / N. Freire // JCDL. – 2011. – P. 12-17.

17. Friedman K. Jaynes's Maximum Entropy Prescription and Probability Theory / K. Friedman, A. Shimony // J. Stat. Phys. – 1971. – Vol.3. – P. 362-381.

18. Glover K. State-space formulae for all stabilizing controllers that satisfy an H_∞-norm bound and relations to risk sensitivity / K. Glover, J. Doyle // Systems & Control Letters. – 1988. – Vol. 11, Issue31. – P. 67-172.

19. Gorban A.N. Entropy: The Markov Ordering Approac / A.N. Gorban, P.A. Gorban, G. Judge // Entropy. – 2010. – Vol.12. – P. 1145-1193.

20. Gordon W.J. Closed Queueing Systems with Exponential Servers / W.J. Gordon, G.F. Newell. – Op. Res., 1967. – 254 p.

21. Rosenfeld R. A Maximum Entropy Approach to Adaptive Statistical Language Modeling / R Rosenfeld // Computer Speech & Language. – 1996. – Vol.10, Issue3. – P. 187-228.

Поступила в редколлегию 3.06.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Бескоровайный, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

РОЗРОБКА БІОМЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ВПЛИВІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

В.В. Семенець, Т.Є. Стиценко

Розглядаються задачі синтезу біомедичної системи життєдіяльності при впливі електромагнітного випромінювання на основі узагальнено-статистичного критерію, в складних системах контролю та керування рівнем електромагнітним випромінювання над високих частот. Використовуючи допустимі значення інтенсивності випромінювання при різних джерелах енергії надвисоких частот, синтезуються пристрої захисту та вибираються закони зміни керуванням рівнем джерелами в ергодичних системах. При розробці складних систем захисту, важливо використати математичне моделювання на безперервних та дискретних вірогідних моделях та реальних процесів контролю та керування. Введення ідеальних потенційних моделей ефективності та оптимізації реальних можливостей системи відносно потенційних.

Ключові слова: *модель, інформація, оцінка, захист, біомедична система.*

DEVELOPING OF BIOMEDICAL SYSTEM OF THE VITAL ACTIVITY INFLUENCED BY ELECTROMAGNETIC RADIATION

V.V. Semenets, T.Ye. Stitzenko

Tasks of synthesis of the biomedical system of vital activity influenced by electromagnetic radiation based on generalized statistical measure, in complicated systems of control and control of the level of the electromagnetic radiation of ultra-high frequencies are being considered. Using allowable intensity values with different sources of the energy of ultra-high frequencies, devices of the defense are being developed and laws of the change of the control of the levels of sources in ergodic systems are being selected. During the developing of the complex systems of the defense, it's important to use mathematical modeling on continuous and discrete probability models and real processes of the control and management. Insertion of the ideal potential models of efficiency and optimization of the real opportunities of the system relatively to potential.

Keywords: *model, information, mark, defense, biomedical system.*