Сравнения колонок 2 и 4 не проводились, поскольку во всех диапазонах доли дельта, тета, альфа ритма оказались равными.

Перейдем к анализу информационных параметров рассмотренных моделей, представленных в таблице 4.

Таблица 4. Сравнительная динамика информационных параметров смоделированных световых паттернов и высоко адаптивной ЭЭГ

Показатели Энтропии	Паттерны веретен альфа ритма 8-9 Гц				Модуль разности		
	Световой Паттерн альфа веретен 10 Гц	Световой Паттерн альфа веретен 11 Гц	Световой Паттерн альфа веретен 12 Гц	Световой Паттерн альфа веретен 13 Гц	2 – 3	2 – 4	3 – 4
1	2	3	4	5	6	7	8
H_0	2,3	2,3	2,3	2,3	-	-	-
H	0,99	1,0	0,97	1,0	-	-	-
h	0,43	0,43	0,42	0,43	0,0	0,01	0,01
R	0,57	0,57	0,58	0,57	0,0	0,01	0,01
S	0,75	0,75	0,73	0,75	-	-	-
$\sum$ h+R	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	-
$\sum\|P_{i1}-P_{i2}\|$					0,0	0,02	0,02
$D(x_i)$%					0,0	1,0	1,0
Значимость различий					$p<0{,}05$	$p<0{,}05$	$P>0{,}05$

Информационные параметры в виде энтропии рассчитывались исходя из пяти известных ритмов Δ, θ, α, β, γ. Таким образом, при вычислении максимальной энтропии всегда учитывали даже отсутствующие элементы ЭЭГ.

Анализ низко частотных моделей показал, что самая высокая энтропия (H) и стохастичность (S) отмечается в реальном ЭЭГ паттерне. В смоделированных световых паттернах стохастичность в 2,7-3,2 раза ниже. Воспроизводимость (R) светового паттерна моделирующего альфа-веретено с частотой 8 Гц в 1,91 раза выше, чем воспроизводимость реального паттерна ЭЭГ. Непредсказуемость (h) светового паттерна в 1,58 -1,74 раза меньше, чем в реальном паттерне ЭЭГ. Второй световой паттерн альфа веретен с частотой альфа ритма 9 Гц по своим информационным параметрам статистически достоверно не отличается от светового паттерна альфа веретен с частотой альфа ритма 8 Гц.

Как видно из представленных в таблице 4 данных информационная структура высокочастотных световых паттернов близка между собой: непредсказуемость (h) составляет 42%-43%, а воспроизводимость (R) колеблется от 57% до 58%.

Информационные параметры световых паттернов альфа веретен с частотами 11-13 Гц статистически достоверно не отличаются. Реализация световых паттернов альфа веретен осуществляется в квази гармоническом режиме, поскольку соотношения непредсказуемости и воспроизводимости паттернов близки золотой пропорции (h/R 0,7; 0,7; 0,7; 0,7 отличаются от нее всего на 13,0%).

Величина обратная относительной энтропии, показывает, во сколько раз можно уменьшить информационную емкость, требующуюся для сообщения с энтропией H, если при том же алфавите закодировать это сообщение оптимальным кодом. Если рассматривать это отношение, как коэффициент оптимизации (КО=1/h), то смоделированные световые паттерны более эффективны (2,32 - 2,56), чем реальный паттерн ЭЭГ, имеющий КО 1,47.

Работа представлена на научную конференцию с международным участием «Актуальные проблемы науки и образования», ВАРАДЕРО (Куба), 20-30 марта 2006г. Поступила в редакцию 11.02.2006г.

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Тараканов А.Ф., Талагаев Ю.В.
Борисоглебский государственный педагогический институт, Борисоглебск, Балашовский филиал Саратовского государственного университета, Балашов

Предложен метод оптимальной параметрической коррекции для исследования дифференциальных уравнений и их систем с неустойчивой динамикой. Теоретической основой метода является принцип оптимальности Лагранжа. Формулируется задача оптимального управления с помощью корректирующих функций. Приводятся теоремы об условиях оптимальности. В случае существенно неустойчивой динамики на динамическую систему накладываются фазовые ограничения, а метод коррекции дополняется процедурой штрафования за их нарушение. Метод апробирован на системах Ван дер Поля, Дуффинга,

Дуффинга-Холмса, Матье, Лоренца, Расслера, связанных осцилляторах.

Пусть имеется неустойчивая по Ляпунову динамическая система, описываемая дифференциальными уравнениями:

$$\dot{x}_i(t) = f_i(t, x(t)), \quad i = \overline{1,n}, \quad t \in [t_0, T], \quad x \in \mathrm{E}^n,$$
$$x_i(t_0) \in [x_{i0}^1, x_{i0}^2], \tag{1.1}$$

момент времени t_0 и числа x_{i0}^1, x_{i0}^2 ($i = \overline{1,n}$) заданы, а момент времени $T > t_0$ может быть задан произвольно. Требуется перевести систему (1.1) в устойчивое состояние. Такой перевод будем называть коррекцией.

Проведем коррекцию системы (1.1) вектор-функцией $h(t) = (h_1(t),...,h_r(t))$, $r \le n$, компоненты которой назовём корректирующими функциями. Тогда получаем систему дифференциальных уравнений:

$$\dot{x}_i(t) = f_i(t, x(t), h(t)), \qquad i = \overline{1,n}, \qquad t \in [t_0, T],$$
$$x \in \mathrm{E}^n,\ h \in \mathrm{E}^r,\ r \le n,\ x_i(t_0) \in [x_{i0}^1, x_{i0}^2]. \tag{1.2}$$

Принципиально, что коррекция проводится способом $a_i(1+h_i)x_i$ или $(a_i + h_i)x_i$ по доступному для этого параметру a_i. При этом разумно требовать, чтобы функции $h_j(t)$ были оптимальными в смысле минимума затрат энергии на коррекцию:

$$\frac{1}{2}\int_{t_0}^{T}\sum_{j=1}^{r} h_j^2(t)dt \to \min. \tag{1.3}$$

Пусть в системе (1.2) фазовые ограничения отсутствуют. Составим функцию Гамильтона ($\psi = \psi(t) \in \mathrm{E}^n$ – вектор-функция сопряжённых переменных):

$$H(t, x, h, \psi) = \sum_{i=1}^{n}\psi_i f_i(t, x, h) - \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{r} h_j^2.$$

Теорема 1. Если $h^*(t)$ – оптимальная корректирующая вектор-функция, $x^*(t)$ – соответствующая траектория, то существуют ненулевые функции $\psi_i(t)$, удовлетворяющие уравнениям

$$\dot{\psi}_i(t) = -\frac{\partial}{\partial x_i} H(t, x^*(t), h^*(t), \psi(t)), \qquad i = \overline{1,n},$$
$$\sum_{i=1}^{n}\psi_i(t_0)x_i(t_0) = 0,$$

и выполняются условия стационарности:

$$\frac{\partial}{\partial h_j} H(t, x^*(t), h^*(t), \psi(t)) = 0,\ j = \overline{1,r}.$$

При наличии фазовых ограничений вида $g_k(t, x(t)) \le 0$, $k = \overline{1,m}$, их учёт может производиться методом штрафных функций. А именно, составляется штрафная функция:

$$\Phi(t, x, C) = C\sum_{k=1}^{m}[\max(0, g_k(t, x(t)))]^2,$$

где $C > 0$ – коэффициент штрафа, которая добавляется в гамильтониан:

$$H(t, x, h, \psi, C) = \sum_{i=1}^{n}\psi_i f_i(t, x, h) - \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{r} h_j^2 + \Phi(t, x, C)$$

Введем функционал:

$$L(x, h, C) = \int_{t_0}^{T}\sum_{j=1}^{r} h_j^2(t)dt +$$
$$+ C\int_{t_0}^{T}\left(|\dot{x} - f(t, x, h)|^2 + \sum_{k=1}^{m}[\max(0, g_k(t, x(t)))]^2\right)dt$$

Теорема 2. Для любого $C > 0$ решение задачи:

$$L(C) = L(x(C), h(C), C) = \min_{x,h} L(x, h, C)$$

существует, и имеют место равенства:

$$\lim_{C\to\infty} L(C) = \lim_{C\to\infty}\int_{t_0}^{T}\sum_{j=1}^{r} h_j^2(t, C)dt = \min_{h}\int_{t_0}^{T}\sum_{j=1}^{r} h_j^2(t)dt$$

Теорема 3. Если $h^*(t)$ – оптимальная корректирующая вектор-функция, $x^*(t)$ – соответствующая траектория, то существуют ненулевые функции $\psi_i(t, C)$ и значение параметра штрафа $C > 0$, что:

$$\dot{\psi}_i(t, C) = -\frac{\partial}{\partial x_i} H(t, x^*(t), h^*(t), \psi(t, C), C),$$
$$i = \overline{1,n},\ \sum_{i=1}^{n}\psi_i(t_0)x_i(t_0) = 0,$$

и выполняются условия стационарности:

$$\frac{\partial}{\partial h_j} H(t, x^*(t), h^*(t), \psi(t, C), C) = 0,\ j = \overline{1,r}.$$

Теорема 3 расширяет алгоритм метода оптимальной параметрической коррекции. Оптимальная траектория x^* находится интегрированием следующих уравнений и подбором $C > 0$:

$$\dot{x} = f(t, x, h^*), \quad x(t_0) = x^0, \dot{\psi} =$$
$$= -\frac{\partial}{\partial x} H(t, x, h^*, \psi, C), \quad \psi(t_0) = \psi^0.$$

К задаче (1.2)-(1.3) применима теорема IV (см.: Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. М.: Наука 1966, стр. 485), адаптированную формулировку которой мы приводим ниже. Введем функцию ($V = V(t, x)$ – функция Ляпунова):

$$B(V, t, x, u) = \frac{\partial V}{\partial t} + \sum_{i=1}^{n}\frac{\partial V}{\partial x_i} f_i(t, x, u) + \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{r} u_j^2.$$

Теорема 4. Если для дифференциальных уравнений возмущенного движения (1.2) можно найти допускающую бесконечно малый низший предел определенно-положительную функцию $V(t, x)$ и вектор-функцию $h^*(t, x) = (h_1^*(t, x),...,h_r^*(t, x))$, $r \le n$, удовлетворяющие в области $|x_i| \le H$ условиям: 1) справедливо равенство $B(V,t,x,h^*(t,x))=0$; 2) какова бы ни была функция $u(t)=(u_1(t),...,u_r(t))$, справедливо неравенство $B(V,t,x,u(t))\geq 0$, то функция $h^*(t,x)$ разрешает задачу об оптимальной устойчивости системы (1.1). При этом выполняются равенства

$$\frac{1}{2}\int_{t_0}^{\infty}\sum_{j=1}^{r}(h_j^*)^2dt=\min_u\frac{1}{2}\int_{t_0}^{\infty}\sum_{j=1}^{r}(u_j)^2dt=V(t_0,x(t_0)).$$

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобразования РФ.

Работа представлена на научную конференцию с международным участием «Актуальные проблемы науки и образования», ВАРАДЕРО (Куба), 20-30 марта 2006г. Поступила в редакцию 10.02.2006г.

Сельскохозяйственные науки

ГАЛЕГА ВОСТОЧНАЯ - ПЕРСПЕКТИВНАЯ КУЛЬТУРА КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЫ

Баранова В.В.
Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, Кемерово

При существующем дефиците протеина в кормах сельскохозяйственных животных недобор животноводческой продукции достигает 30-35%. Стабильность кормовой базы в значительной мере определяется долей многолетних трав, особенно бобовых, в структуре кормового клина, составляющих основу кормопроизводства в Кузбасском регионе, но трудность получения высокого урожая семян этих трав сдерживает расширение их посевов.

Набор многолетних бобовых трав в области ограничен люцерной, эспарцетом песчаным, клевером луговым. В этой связи большой интерес представляет козлятник восточный, или галега – ценное кормовое растение, что вытекает из ее древнегреческого названия: «гала» - молоко, «агеин» - действовать, т. е. способствующее выделению молока.

Галега восточная – (Galaga orientalis Lam.) многолетняя культура семейства Fabacea является новой, перспективной культурой Кузбасского региона. Она обладает комплексом достоинств выгодно отличающих ее от традиционно возделываемых многолетних бобовых культур. За счет зимующих почек и корневых отпрысков, галега восточная способна к активному вегетативному размножению, благодаря чему ее травостой с годами не изреживается. Поэтому галега отличается большим долголетием и хорошо растет на одном месте до 8-10 лет. Укосной спелости весной галега восточная достигает на 15-20 дней раньше клевера, на 8-10 дней – эспарцета, на 12-16 – люцерны, что позволяет расширить сырьевой конвейер для заготовки различных видов кормов. Культура отличается адаптивной способностью к различным природно-климатическим условиям. Вследствие раннего отрастания урожай первого и второго укосов стабильно высок. Складывающиеся в этот период погодные условия на него особенно не влияют, так как урожай формируется главным образом за счет осенне-зимних осадков. Высокая урожайность зеленой массы сохраняется и при двукратном скашивании. Культура обладает устойчивым семеноводством, и при созревании бобы не растрескиваются. Галега восточная является хорошим медоносом. По продуктивности нектара она не уступает клеверу, люцерне и эспарцету. К ценным хозяйственно-полезным признакам галеги можно отнести и то, что листья – как наиболее ценная в кормовом отношении часть растения при сушке не осыпаются, а при уборке на семена листья и стебли остаются зелеными и служат дополнительным источником кормов. Растение многоцелевого использования. Зеленая масса после незначительного провяливания хорошо поедается всеми видами животных. Корма из галеги отличаются высокой питательной ценностью: концентрацией обменной энергии 9-10 МДж/кг сухого вещества, до 200 г переваримого протеина на 1 к. ед., большим содержанием аминокислот, в том числе и незаменимых, сбалансированным минеральным составом. Однако, несмотря на достоинства культуры, существует ряд объективных причин сдерживающих расширение ее площадей.

- отсутствие в необходимом количестве семян;
- возможность возделывания только в условиях устойчивого увлажнения;
- повышенная твердокаменность семян;
- медленный рост, развитие и слабая конкуренция с сорняками в год посева, в связи

с чем, предъявляются повышенные требования к технологии возделывания в зависимости от срока посева;

- формирование полноценных урожаев с второго-третьего годов жизни;
- отсутствие в почве специфичных по отношению к галеге восточной клубеньковых бактерий, обусловливающих обязательную инокуляцию семян.

Проводились изучения развития, роста и формирование урожая зеленой массы и семян этого ценного кормового растения. Посев проводили в 1992 г. в мае беспокровно. Бобовые травы на корм скашивали один раз, в фазу цветения. На семена галегу восточную убирали при побурении 85-95% бобиков. В год посева галега растет и развивается очень медленно, угнетается сорняками. Через 7-10 дней после всходов появляется первый лист, на 16-18 день наступает фаза стеблевания, на 70-75 день – цветения, но в первый год зацветает не более 5-7% растений. К концу вегетации высота галеги составляет 38-47 см, масса корней в слое почвы 0-30 см – 2,7 т/га. У каждого растения