

Есть целый арсенал методов для анализа и выявления причин пользовательского поведения и восприятия продукта. Каждый подход может сыграть решающую роль в создании UX-решения, если знать, в какой момент его применить. Качественный UX сайта складывается из кажущихся мелочей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тестирование. Фундаментальная теория [Электронный ресурс] / Хабр. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/279535/>.
2. Хворост, В. С. Анализ подходов к пониманию пользовательского опыта и пользовательского интерфейса (UX / UI) / В. С. Хворост, Н. П. Шутько // Информационные технологии : материалы 83-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). – Минск : БГТУ, 2019. – С. 7-8.
3. ISO 9241-210:2010(en) [Электронный ресурс] / Online Browsing Platform. – Режим доступа: <https://www.iso.org/obp/ui/ru/#iso:std:iso:9241:-210:ed-1:v1:en>

УДК 621.396.98

А. А. Дятко, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

РЛС С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ АНТЕННЫ

Радиолокационные системы (РЛС) с синтезированной апертурой антенны (РСА) позволяют получить высокую разрешающую способность на радиолокационном изображении, сравнимую с разрешающей способностью оптических снимков. Принцип действия состоит в формировании во время перемещения РЛС синтезированной (искусственной) апертуры антенны больших размеров (по сравнению с реальной) путем специальной обработки отражённых от местности сигналов. Это повышает разрешающую способность РЛС по углу практически во столько раз, во сколько синтезированная апертура больше реальной [1–5].

Радиолокационное наблюдение обладает рядом преимуществ и особенностей по сравнению с другими видовыми средствами наблюдения – оптическими, инфракрасными датчиками, а именно, возмож-

ностью получения радиолокационного изображения в любое время суток и в любую погоду, высокой точностью измерения координат и геометрических характеристик объектов, возможностью наблюдения и обнаружения объектов, невидимых в оптическом или инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра, скрытых снежным или растительным покровом, а также находящихся под поверхностью Земли.

При разработке, испытаниях и эксплуатационном контроле РСА широко используются методы математического моделирования их работы. Последнее означает, что для исследования поведения РСА в тех или иных условиях необходимо иметь модель сигнала, отраженного от радиолокационного объекта на земной поверхности и пришедшего на вход антенны РЛС, участвующей в синтезе апертуры.

Пусть формируемый передатчиком РЛС, установленной на летательном аппарате (ЛА), сигнал имеет вид:

$$u(t) = E_0 U(t) e^{i(\omega_0 t + \varphi_0)} = E_0 U(t) s_0(t),$$

где $E_0 = const$, ω_0 , φ_0 – амплитуда, частота и фаза излучаемого сигнала соответственно,

$$U(t) = |U(t)| e^{i\varphi_U(t)} -$$

закон модуляции зондирующего сигнала [6],

$$s_0(t) = e^{i(\omega_0 t + \varphi_0)}.$$

Можно показать, что сигнал, отраженный от точечной цели в режиме бокового обзора [1–5], можно представить в виде

$$\begin{aligned} m(t) &= E_S(t) U(t - t_r) e^{i[\omega_0(t-t_r) + \varphi_S(t) + \varphi_0]} = E_S(t) U(t - t_r) e^{-i[\omega_0 t_r - \varphi_S(t)]} s_0(t) = \\ &= M(t) U(t - t_r) e^{-i\omega_0 t_r} s_0(t) = M(t) U(t - t_r) q(t_r) s_0(t), \end{aligned}$$

где

$$M(t) = E_S(t) e^{i\varphi_S(t)} = \xi_C(t) + i\xi_S -$$

комплексная огибающая отраженного сигнала, приходящая на вход антенны РЛС ЛА, представляющая собой комплексный стационарный случайный процесс, имеющий равное нулю математическое ожидание ($\overline{M(t)} = 0$), дисперсию (мощность) σ_S^2 , ширину спектра флуктуаций Δf_S , $\xi_C(t) = \text{Re}[M(t)]$, $\xi_S(t) = \text{Im}[M(t)]$, $\sigma_{\xi_C}^2 = \sigma_{\xi_S}^2 = \sigma_\xi^2 = (1/2)\sigma_S^2$, $\Delta f_{\xi_C} = \Delta f_{\xi_S} = \Delta f_S$, $r_{\xi_C}(\tau) = r_{\xi_S}(\tau) = r_S(\tau)$ – нормированные корреляци-

онные функции;

$$E_S(t) = \sqrt{[\xi_C(t)]^2 + [\xi_S(t)]^2},$$

$$\varphi_S(t) = \operatorname{arctg} \frac{\xi_S(t)}{\xi_C(t)},$$

$$q(t_r) = e^{-i\omega_0 t_r},$$

$$t_r = \frac{2|\vec{R}_{pt}^g|}{c} -$$

задержка распространения сигнала при его прохождении по трассе длиной $|\vec{R}_{pt}^g|$ до земной поверхности и обратно; c – скорость света.

Сигнал $m(t)$ подвергается обработке с целью получения полезной информации. Существует множество подходов к синтезу систем обработки сигналов РСА [1–5], отличающихся друг от друга как конечными целями обработки (обнаружение объектов, картографирование местности, и т. д.), так и физической интерпретацией процесса обработки и применяемым математическим аппаратом (оптимальная фильтрация, теория антенн, радиолокация, восстановление изображений и т. д.). Указанные различия в постановке задачи синтеза системы обработки сигналов РСА обуславливают и разнообразие критериев оптимальности их функционирования (критерии Неймана – Пирсона, максимума отношения сигнал-шум, минимума среднеквадратической ошибки и т. д.). Однако при любом из указанных подходов задача синтеза приводит к тому, что оптимальное устройство должно формировать сигнал, соответствующий радиолокационному изображению (РЛИ), посредством процедуры обработки принимаемого сигнала РСА с точностью до постоянного множителя [1 – 5]

$$P_{RI}(\tau) = \left| \int_0^{T_S} s(t + \tau) h^*(t) dt \right|$$

где $P_{RI}(\tau)$ – сигнал, соответствующий РЛИ, $s(t)$ – входной сигнал РСА,

$$h(t) = H_{RF}(t) e^{i\Phi_{RF}(t)} -$$

опорная функция, $H_{RF}(t)$ – действительная весовая функция, вид которой зависит от выбранного подхода к синтезу системы обработки

[1–5], $\Phi_{RF}(t)$ – закон изменения фазы опорной функции. Фаза опорной функции служит для компенсации фазовых сдвигов между сигналами, которые принимаются антенной РЛС ЛА при его различных положениях на траектории полета. Последнее необходимо для синфазного сложения (фокусирования) сигналов от одной и той же цели, принятых в различных точках пространства (фокусированный прием). Пределы интегрирования $(0 - T_S)$ соответствуют времени синтеза апертуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиолокационные станции с цифровым синтезированием апертуры антенны / В.Н. Антипов, В.Т. Горяинов, А.Н. Кулин и др.; Под ред. В.Т. Горяинова. – М.: Радио и связь, 1988 –304 с.
2. Кондратенков Г.С., Фролов А.Ю. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли. Учебное пособие для вузов / Под ред. Г. С. Кондратенкова. – М.: «Радиотехника», 2005.
3. Радиолокационные системы воздушной разведки, дешифрование радиолокационных изображений: учебник для курсантов ВВИА имени Н.Е. Жуковского. Л.А. Школьный, Е.Ф. Толстов и др. Под ред. Л.А. Школьного. – М.: изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008.
4. Широков Ю.Ф. основы теории радиолокационных систем. [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Ю.Ф. Широков; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун – т им. С.П Королева (нац. исслед. ун - т) – электрон. текстовые и граф. дан. (20,7 Мбайт). - Самара, 2012. – эл. опт. диск (CD-ROM).
5. Авиационные радиолокационные комплексы и системы: учебник для слушателей и курсантов ВУЗов ВВС/П.И. Дудник, Г.С. Кондратенков и др. Под ред. П.И. Дудника. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2006.
6. Охрименко А. Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба. М.: Воениздат, 1983. 456 с.

УДК 004

Потапенко Н.И; ст. преп. (БГТУ, г. Минск)

ДИЗАЙН ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Одной из тенденций современного веб-дизайна является обеспечение доступности веб-ресурса для максимально возможного количества пользователей. Цифровизация всех сфер жизни нашего общества ведет к необходимости использования разнообразных веб-