

Ш.Н.Джахидзаде, Х.Г.Асадов  
**ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ И СИНТЕЗ  
КОМПЛЕКСОВ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ  
ПАРАМЕТРИЧЕСКИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИГНАЛОВ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

*НИИ Аэрокосмической информатики Национального аэрокосмического  
агентства, Баку, Азербайджанская Республика*

*Актуальность исследования обусловлена растущей необходимостью извлечения полезной информации о разнообразных уникальных объектах, находящихся на дальних и сверхдальних расстояниях. Особая ценность такой информации диктует необходимость привлечения ресурсов всех имеющихся технических средств дистанционного действия, организацию их параллельную или синхронную работу. При этом, необходимо иметь в виду, что удаленные объекты часто нестационарные, т.е. их параметры изменяются во времени. С учетом вышеизложенного статья посвящена предлагаемому методу энергоинформационной оптимизации и синтезу комплексов параллельных измерителей параметрически нестационарных сигналов дистанционного зондирования. Предложена классификация оптимизируемых комплексов параллельной структуры предназначенных для измерения нестационарных сигналов дистанционного зондирования. Отмечено целесообразность применения энергоинформационного критерия для синтеза оптимальной модели комплексов параллельной структуры, предназначенных для измерения нестационарных сигналов дистанционного зондирования. Для вычисления оптимальной модели использован метод безусловной вариационной оптимизации. В результате проведенной оптимизации выбранной энергоинформационной модели комплекса получено оптимальное соотношение между основными режимными функциональными характеристиками комплекса. Разработанная оптимизационная модель ориентировано на широкое применение в сфере дистанционного зондирования удаленных объектов, осуществляемого по различным экологическим программам исследования окружающей среды.*

**Ключевые слова:** оптимизация, синтез, энергоинформационный критерий, комплекс параллельной структуры, дистанционное зондирование, синтез, нестационарность.

### **Введение**

Хорошо известно, что наиболее распространенным решением задачи измерения быстропротекающих высокоинформативных процессов является использование измерительных систем и комплексов, обладающих параллельной структурой [1-3], т.е. мультисенсорных систем. Простейшим примером тому является оцифровывание видеосигнала с помощью АЦП параллельного типа, содержащего группу объединенных по входу сравнивающие устройства. Другим примером являются гиперспектрометры, позволяющие почти одновременно анализировать сигналы сотни спектральных каналов.

В общем случае, любое измерительное средство параллельной структуры может быть рассмотрен в качестве некоторого комплекса, состоящего из множества элементарных измерителей, контролируемых единым блоком управления. Применительно к технике дистанционного зондирования сигналы, поступающие на вход такого комплекса часто являются нестационарными из-за ряда причин, например:

- из-за динамических изменений свойств исследуемого объекта;
- из-за изменения во времени расстояния между источником сигнала и бортовым измерительным комплексом;
- из-за случайных динамических изменений свойств канала передачи сигнала;
- из-за ограниченности энергоресурса самого источника измерительного сигнала, приводящей к затуханию сигнала во времени и т.д.

На Рисунке 1 показана обобщенная блок – схема комплексов дистанционного зондирования параллельной структуры.

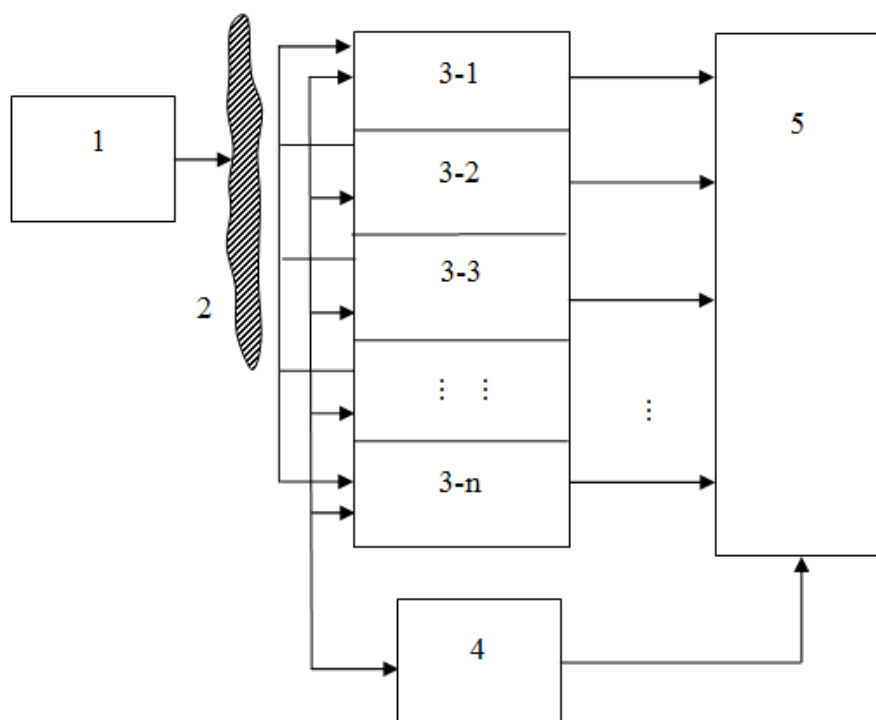


Рисунок 1 - Обобщенная блок – схема комплексов дистанционного зондирования параллельной структуры.

Цифрами указаны: 1 – источник сигнала; 2 – среда распространения сигнала; 3 – Блок параллельно включенных измерительных узлов; 4 – Блок управления; 5 – Блок – обработки сигналов.

Целью настоящей статьи является классификация, создание единой модели и синтез оптимальных измерительных комплексов параллельной структуры, содержащих множество однотипных измерителей параметрически управляемых нестационарных сигналов.

### **Классификация используемых оптимизационных процедур для синтеза оптимальных комплексов параллельной структуры**

Измерительные комплексы рассматриваемого типа могут быть оптимизированы с помощью оптимизационных процедур имеющих следующие признаки:

1. Используемый показатель нестационарного сигнала:
  - Амплитуда сигнала;
  - отношение сигнал/шум
2. Характер процесса оптимизации:
  - оптимизация в текущем времени;
  - оптимизация по параметру управление, каковым в рассматриваемом случае является длина волны.

С учетом вышеизложенного составлена классификационная таблица оптимизируемых комплексов параллельной структуры

### **Синтез оптимальных моделей измерительных комплексов параллельной структуры**

Проводимый синтез оптимальных моделей комплексов основывается на следующих предположениях:

1. Комплексы могут быть охарактеризованы интегральным ограничительным условием энергетического характера.
2. Предполагается, что количество измерений, осуществляемых при нахождении управляющего параметра (текущее время или длина волны) в зоне шириной одного кванта пропорционально величине этого параметра, или находится в функциональной зависимости от этого параметра.
3. Несмотря на дискретность показателя количества измерителей в составе комплекса, рассматривается непрерывная модель, которая далее аппроксимируется дискретной моделью.

В качестве примера рассмотрим процедуру энергоинформационной оптимизации модели №3, в котором допускается, что наложено ограничение на суммарную энергию сигнала, поступающего на входные цепи измерителей комплекса. Подобные процедуры оптимизации ранее рассматривались в работах [4-5].

Таблица 1.

		Характер оптимизации	
		оптимизация в текущем времени	оптимизация по параметру управления
Тип измеряемого нестационарного показателя	Сигнал/шум	Модель 1	Модель 3
	Амплитуда	Модель 2	Модель 4

Количество информации, вырабатываемое в комплексе определим как

$$M = N(\lambda) \cdot \log_2[\psi(\lambda) + 1] \quad (1)$$

где:  $\psi(\lambda)$  – отношение сигнал/шум, зависящая от длины волны.

$N(\lambda)$  – количество измерений на длине волны  $\lambda$ .

Функционал цели проводимой оптимизации определим как

$$M_{\text{ин}} = \int_0^{\lambda_m} N(\lambda) \cdot \log_2[\psi(\lambda) + 1] d\lambda \quad (2)$$

Отметим, что в выражении (2) и далее для упрощения математических выкладок нижний предел интегрирования условно принят равным нулю.

Энергетическое ограничительное условие, налагаемое на функцию  $\psi(\lambda)$  имеет вид

$$M_{\text{огр}} = \int_0^{\lambda_m} [\psi(\lambda) + 1]^2 d\lambda = C; \quad C = \text{const} \quad (3)$$

С учетом выражений (2) и (3) можно сформировать следующий функционал безусловной вариационной оптимизации

$$M_{\text{в}} = \int_0^{\lambda_m} N(\lambda) \cdot \log_2[\psi(\lambda) + 1] d\lambda + \gamma \cdot \left[ \int_0^{\lambda_m} [\psi(\lambda) + 1]^2 d\lambda - C \right] \quad (4)$$

Согласно [6], функция  $\psi(\lambda)$  приводящая функционал (4) к экстремальному значению должен удовлетворять условию

$$d = \frac{\{N(\lambda) \cdot \log_2[\psi(\lambda) + 1] + \gamma[\psi(\lambda) + 1]^2\}}{d\psi(\lambda)} = 0 \quad (5)$$

Из условия (5) получаем

$$\frac{N(\lambda)}{(\ln 2) [\psi(\lambda) + 1]} + 2\gamma[\psi(\lambda) + 1] = 0 \quad (6)$$

Из выражения (6) получим:

$$[\psi(\lambda) + 1]^2 = -\frac{N(\lambda)}{2\gamma \ln 2} \quad (7)$$

С учетом выражений (3) и (7) запишем

$$-\int_0^{\lambda_m} \frac{N(\lambda)}{2\gamma \ln 2} d\lambda = C \quad (8)$$

Из выражения (8) получаем

$$\gamma = -\int_0^{\lambda_m} \frac{N(\lambda)}{2C \cdot \ln 2} d\lambda \quad (9)$$

Из выражений (7) и (9) имеем

$$[\psi(\lambda) + 1]^2 = \frac{N(\lambda)}{2C \cdot \ln 2} \frac{2C \cdot \ln 2}{\int_0^{\lambda_m} N(\lambda) d\lambda} = \frac{C \cdot N(\lambda)}{\int_0^{\lambda_m} N(\lambda) d\lambda} \quad (10)$$

Из выражения (10) находим:

$$\psi(\lambda) = \sqrt{\frac{C \cdot N(\lambda)}{\int_0^{\lambda_m} N(\lambda) d\lambda}} - 1 \quad (11)$$

Таким образом, при решении (11) функционал (4) достигает экстремума. Для определения типа экстремума достаточно взять вторую производную интегранта в (4) по  $N(\lambda)$  и убедиться, что она отрицательна. Следовательно, функционал оптимизации (4) при решении (11) достигает максимальной величины.

### Обсуждение

Таким образом, согласно полученному решению (11) в синтезированном оптимальном комплексе между функциями  $\psi(\lambda)$  и  $N(\lambda)$  должно быть соблюдено следующее соотношение

$$\psi(\lambda) = C_1 \sqrt{N(\lambda)} - 1 \quad (12)$$

где

$$C_1 = \sqrt{\frac{C}{\int_0^{\lambda_m} N(\lambda) d\lambda}}$$

т.е. зависимость  $N$  от  $\lambda$  должна быть более сильно выражено, чем зависимость  $\psi$  от  $\lambda$ . Экспериментально установив функцию  $\psi(\lambda)$  можно определить  $N(\lambda)$ , т.е. количество необходимых измерений на длине волны  $\lambda$ .

### Заключение

В заключение сформулируем основные выводы проведенного исследования:

1. Предложена классификация оптимизируемых измерительных комплексов параллельной структуры предназначенных для измерения нестационарных сигналов дистанционного зондирования.
2. Отмечено целесообразность применения энергоинформационного критерия для оптимизационного синтеза оптимальной модели комплексов параллельной структуры, предназначенных для измерения нестационарных сигналов дистанционного зондирования.
3. В результате проведенной оптимизации выбранной энергоинформационной модели комплекса получено оптимальное соотношение между основными режимными функциональными характеристиками комплекса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Mamta Bhoine, Abhishek Chakravarti, High Performance computing for satellite image processing and analyzing – a review, International Journal of Computer applications Technology and research, vlume 2 – Issue 4, 2013, 424-430, [www.ijcat.com](http://www.ijcat.com)
2. M.G. Fonseca and B.S. Manjunath, Registration Techniques for Multisensor Remotely Sensed Imagery Leila <https://pdfs.semanticscholar.org/9c1f/ad80ee5d2aeef0def042c4da7f49656e167.pdf>
3. Ihsen Hedhli, Gabriele Moser Sebastiano Serpico, Josiane Zerubia. Classification of Multisensor and Multiresolution Remote Sensing Image through Hierarchical Markov Random Fields. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE- Institute of Electrical and Electronics Engineer, 2017, 14(2), pp.2448-2452. ff10.1109/LGRS.2017.2768398ff.ffhal-01632907f

4. Асадов Х.Г. Оптимизация и синтез экстремальных информационно – измерительных систем дистанционного зондирования. Измерительная техника, 2002, с.55-57.
5. Асадов Х.Г. Принцип уменьшения размерности для синтеза и оптимизации подкласса информационно – измерительных систем с затухающими сигналами и для планирования эксперимента. Информационные технологии, 2003, №7, с.58-63
6. Эльсгольц Л.Е. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление, «Наука» 1974, 432с.

S.N. Djahidzadeh, H.H. Asadov

**ENERGO-INFORMATION OPTIMIZATION AND SYNTHESIS OF  
COMPLEX OF PARALLELED INSTRUMENTS FOR MEASURING  
NON-STATIONARY PARAMETRIC REMOTE SENSING SIGNALS**

*Research Institute of Aerospace Informatics of National Aerospace Agency,  
Baku, Azerbaijan Republic*

*Actuality of this research is conditioned by increasing requirement to retrieve useful information about various unique objects located at remote distances. The utmost importance of such information make it necessary to mobilize resources of all existing technical instruments of remote action and organization of parallel or synchronous operation of them. At the same time it should be taken into account that remote objects are frequently non-stationary ones i.e. parameters of them are changing on time. In view of above said the article is devoted to suggested method of energy-information optimization and synthesis of complexes of paralleled instruments designated for remote sensing of signals of parametrically non-stationary objects. The classification of optimized complexes of parallel structure designated for measurements of non-stationary signals of remote sensing is suggested. Expediency of utilization of energy-information criterion for synthesis of optimum models of complexes featured by parallel structure used for measuring of non-stationary remote sensing signals is noted. As a result of carried out optimization of chosen energy-information model of complex an optimum functional dependence between major regimes functional characteristics are derived.*

**Keywords:** optimization; synthesis, energy-information criterion, complex of parallel structure; remote sensing; synthesis, non-stationary

**REFERENCES**

1. Mamta Bhoine, Abhishek Chakravarti, High Performance computing for satellite image processing and analyzing – a review, International Journal of Computer applications Technology and research, volume 2 – Issue 4, 2013, 424-430, [www.ijcat.com](http://www.ijcat.com)
2. M.G. Fonseca and B.S. Manjunath, Registration Techniques for Multisensor Remotely Sensed Imagery Leila

<https://pdfs.semanticscholar.org/9c1f/ad80ee5d2aeef0def042c4da7f49656e167.pdf>

3. Ihsen Hedhli, Gabriele Moser Sebastiano Serpico, Josiane Zerubia. Classification of Multisensor and Multiresolution Remote Sensing Image through Hierarchical Markov Random Fields. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE- Institute of Electrical and Electronics Engineer, 2017, 14(2), pp.2448-2452. ff10.1109/LGRS.2017.2768398ff.ffhal-01632907f
4. Asadov H.G. Optimizacija i sintez jekstremal'nyh informacionno – izmeritel'nyh sistem distancionnogo zondirovanija. Izmeritel'naja tehnika, 2002, с.55-57
5. Asadov H.G. Princip umen'shenija razmernosti dlja sinteza i optimizacii podklasa informacionno – izmeritel'nyh sistem s zatuhajushhimi signalami i dlja planirovanija jeksperimenta. Informacionnye tehnologii, 2003, #7, s.58-63
6. Jel'sgolc L.E. Differencial'nye uravnenija i variacionnoe ischislenie, «Nauka» 1974, 432s.