

ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДАУ ҒАРЫШ АППАРАТЫ ҮШІН ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ ОПТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕНІ ЖОБАЛАУ

Ибраев Ержан Мерекеевич

Yerzhan.i.m@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Физика-техникалық факультеті

Ғарыштық техника және технологиялар кафедрасының студенті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі –Керімбай Н.Н.

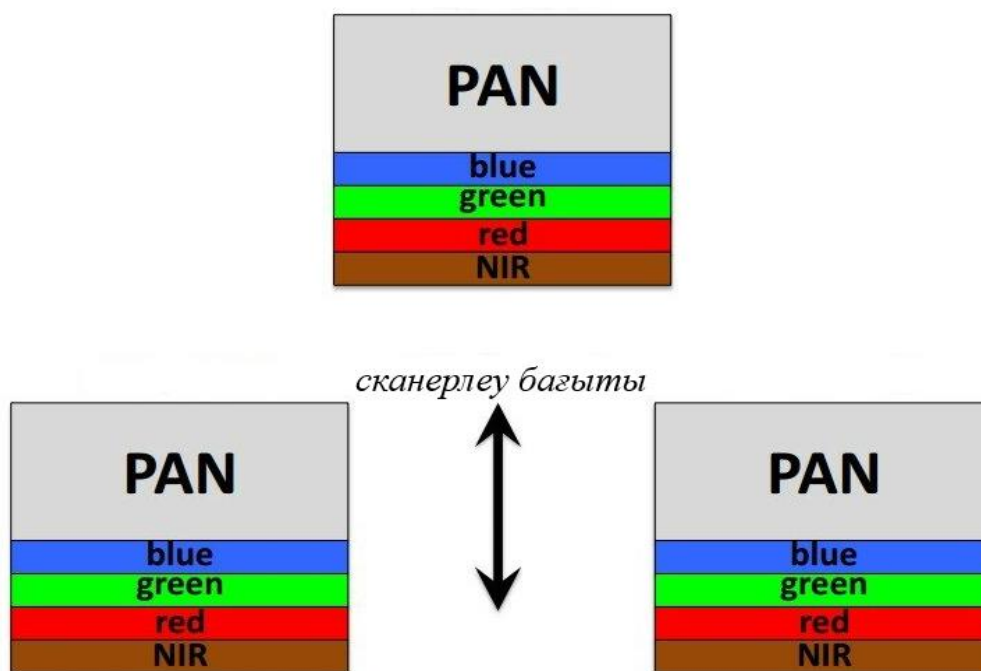
Өткен ғасырдың 80-жылдарынан бастап жоғары дәлдікті Жерді қашықтықтан зондтау ғарыштық оптикалы-электрондық жүйелерінің дамуы байқала басталды. Бұл даму ғарыштық және ақпараттық технологиялардың артқан мүмкіндіктеріне, оптика, микроэлектроника, материалтану салаларындағы үлкен прогреске, әртүрлі мемлекеттік құрылымдардың, коммерциялық ұйымдардың геоғарыштық ақпаратқа өсіп келе жатқан қажеттіліктерге байланысты. ХХІ ғасырда ғарыштық бақылау жүйелері көмегімен алынған геокеңістік ақпаратты пайдалану әр түрлі міндеттерді, ғылыми және әлеуметтік-экономикалық жобаларды шешу және іске асыру кезінде маңызды қажеттілік болды.

Қашықтықтан зондтау - бұл объект немесе құбылыс туралы ақпаратты осы объектімен тікелей физикалық байланыссыз алу әдісі, жер бетінен ақпаратты жинаудың қымбат тұратын және салыстырмалы баяу әдістеріне ауысуға келеді, сонымен қатар адамның қадағаланатын аумақтардағы немесе объектілердегі табиғи процестерге араласпауына кепілдік береді. Қашықтықтан зондтау қауіпті, жету қиын және тез қозғалатын объектілер туралы деректерді алуға мүмкіндік береді, сондай-ақ жергілікті жердің ауқымды учаскелерінде бақылау жүргізуге мүмкіндік береді. Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) - әртүрлі зерттеу қондырғылары бар жер үсті, авиациялық және ғарыштық құралдармен Жер бетін бақылау.[1]

Қазақстан Республикасы үшін ЖҚЗ мәліметтері өте маңызды және көптеген салаларда қолданылады. Қазіргі кезде ЖҚЗ мәліметтерін ауыл шаруашылығы, орман шаруашылығы, энергетика министрлігі, ішкі істер министрлігі, инвестициялар және даму министрлігі және т.б. министрліктер мен департаменттер пайдаланады. Сондықтан ЖҚЗ байланысты жұмыстар өте маңызды.

Оптикалық жүйе үшін Ричи-Кретьен оптикалық схемасы таңдалды. Ричи-Кретьен схемасы - телескоп-рефлекторларда қолданылатын оптикалық схема, Кассегрен жүйесінің вариациясы. Ғылыми телескоптарда кең таралған схема (мысалы, "Хаббл"). Бұл схеманы 1910- жылдардың басында американдық астроном Джордж Ричи және француз астрономы Анри Кретьен ойлап тапты. Ричи-Кретьен жүйесінің Кассегрен жүйесінің басқа көптеген нұсқаларынан ерекшелігі - команың және сфералық абберрацияның болмауы. Сондықтан бұл схема жоғары дәлдікті оптикалық жүйелерде қолданылады.[2]

Оптикалы-электрондық түрлендіру үшін телескоптың фокальды жазықтығында орнатылған 2560x2160 пиксельді Fairchild Imaging фирмасының үш CIS2521F CMOS матрицалары таңдалды. Пиксель өлшемі 6,5 мкм. Бұл матрицалар Pushframe технологиясы бойынша жұмыс жасайды. CMOS матрицалары (complementary metal-oxide-semiconductor, транзисторлардағы комплементарлық логика металл-оксид-жартылай өткізгіш), CCD матрицаларына қарағанда әрбір пиксельді бірден цифрлайды. Сондықтан CMOS матрицалары арзан және аз энергия тұтынады. Сонымен қатар бұл матрицалардың артықшылығына жоғары өнімділік және өндірудегі оңайлықты жатқызуға болады. Әрбір матрицаның жоғарғы бөлігі панхроматикалық диапазонда түсіру үшін, төменгі бөлігі мультиспектр түсіру үшін қолданылады.[3]



1-сурет. Матрицалардың орналасуы.

Жобаланатын оптикалық жүйенің бастапқы параметрлері:

Оптикалық жүйе орналасқан ғарыш аппаратының орбита биіктігі, $h = 600$ км;

Оптикалық жүйе түсіре алатын аймақтың ені, $swath = 7$ км;

Оптикалық жүйенің дәлдігі, $GSD = 1$ м;

Оптикалық жүйеге түсетін жарықтың толқын ұзындығы, $\lambda = 0,000000045-0,00000008$ м;

Пиксель өлшемі, $a = 6,5$ мкм;

Спектрлік жолақтардың саны және түрі: 1 панхроматикалық, 4 мультиспектрлік.

Оптикалық жүйенің басқа параметрлерін анықтау үшін бастапқы параметрлерді пайдалану арқылы MathCad бағдарламасында есептеулер жүргізілді:

Оптикалық жүйе түсіре алатын аймақтың жарты бұрышы,

$$\theta = \text{atan}\left(\frac{swath}{2 \cdot h}\right) = 5,833267 \cdot 10^{-3} \text{ радиан}$$

Оптикалық жүйе түсіре алатын аймақтың көлбеу қашықтығы,

$$\rho = \sqrt{h^2 + swath^2} = 6,000408 \cdot 10^5 \text{ м}$$

X осі бойынша бұрыштық дәлдік,

$$\alpha = \frac{GSD \cdot \cos(\theta)}{\rho} = 1,666525 \cdot 10^{-6} \text{ радиан}$$

Оптикалық жүйенің апертура диаметрі,

$$D = 1,22 \frac{\lambda \cdot 10^6}{\alpha} = 0.58565 \text{ м}$$

Оптикалық жүйенің фокустық қашықтығы,

$$f = h \cdot a = 3,9 \text{ м}$$

Оптикалық жүйені жобалау үшін ZEMAX бағдарламасы пайдаланылды. ZEMAX - оптикалық жүйелерді модельдеуге, талдауға және жобалауға көмектесетін бағдарлама.

Алдымен, Ричи-Кретьен оптикалық схемасына сәйкес 2-суретте көрсетілгендей линзалар мен айналарды орналастырып алу қажет. Ол үшін Lens Data Editor (линзалар деректерінің редакторы) терезесі қолданылады.

Surf>Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic
OBJ	Standard	Infinity	Infinity		Infinity	0.000
1*	Standard	Infinity	601.902		311.153	0.000
*	Standard	-1680.433	-591.864	MIRROR	292.974 U	-1.046
3*	Standard	-646.079	1055.373	MIRROR	95.398 U	-2.915
4*	Standard	-125.450	4.082	SF11	23.569 U	0.000
5*	Standard	-269.148	17.910		23.804 U	0.000
IMA	Standard	Infinity	-		22.916	0.000

2-сурет. Lens Data Editor терезесі.

Оптикалық жүйеге таңдап алынған параметрлерді беру үшін MTF Editor терезесі қолданылады. Merit Function Editor (сапа функциясының редакторы) бізге қажетті нәтижелерді алу үшін керек.

Oper #	Type	Cfg#							Target	Weight	Value
1	CONF	CONF	1								
2	EFFL	EFFL		1					3900.000	0.000	3900.000
3	OPGT	OPGT	2						3920.000	1.000	3900.000
4	OPLT	OPLT	2						3880.000	1.000	3900.000
5	MTFA	MTFA	2	0	1	76.923	0		0.200	0.000	0.519
6	OPGT	OPGT	5						0.200	1.000	0.200
7	MTFA	MTFA	2	0	2	76.923	0		0.200	0.000	0.360
8	OPGT	OPGT	7						0.200	1.000	0.200
9	MTFA	MTFA	2	0	3	76.923	0		0.200	0.000	0.278
10	OPGT	OPGT	9						0.200	1.000	0.200
11	MTFA	MTFA	2	0	4	76.923	0		0.200	0.000	0.360
12	OPGT	OPGT	11						0.200	1.000	0.200
13	MTFA	MTFA	2	0	5	76.923	0		0.200	0.000	0.278
14	OPGT	OPGT	13						0.200	1.000	0.200
15	MTFA	MTFA	2	0	5	76.923	0		0.200	0.000	0.278
16	OPGT	OPGT	15						0.200	1.000	0.200
17	MTFA	MTFA	2	0	5	76.923	0		0.200	0.000	0.278
18	OPGT	OPGT	17						0.200	1.000	0.200

3-сурет. Merit Function Editor терезесі.

Оптикалық жүйе Жер бетінде жасалып, ғарышта жұмыс жасайды. Жер бетіндегі және ғарыштағы параметрлер әртүрлі болғандықтан, анализдер жасалуы тиіс. Алдымен, жіберулерге анализ жасалады. Бұл оптикалық жүйе жоғары дәлдікті болғандықтан, 20 мкм алынды. Жіберулерге анализ Tolerance Data Editor көмегімен жасалады.

Oper #	Type	SurF1	SurF2	-	Nominal	Min	Max
1 (COMP)	COMP	5	0	-	17.910	-100.000	100.000
2 (TWAU)	TWAU	-	-	-	-	0.633	-
3 (TRAD)	TRAD	2	-	-	-1680.433	-0.020	0.020
4 (TRAD)	TRAD	3	-	-	-646.079	-0.020	0.020
5 (TRAD)	TRAD	4	-	-	-125.450	-0.020	0.020
6 (TRAD)	TRAD	5	-	-	-269.148	-0.020	0.020
7 (TTHI)	TTHI	1	2	-	601.902	-0.020	0.020
8 (TTHI)	TTHI	2	3	-	-591.864	-0.020	0.020
9 (TTHI)	TTHI	3	5	-	1055.373	-0.020	0.020
10 (TTHI)	TTHI	4	5	-	4.082	-0.020	0.020
11 (TEDX)	TEDX	2	2	-	0.000	-0.020	0.020
12 (TEDY)	TEDY	2	2	-	0.000	-0.020	0.020
13 (TETX)	TETX	2	2	-	0.000	-0.020	0.020
14 (TETY)	TETY	2	2	-	0.000	-0.020	0.020
15 (TEDX)	TEDX	3	3	-	0.000	-0.020	0.020
16 (TEDY)	TEDY	3	3	-	0.000	-0.020	0.020

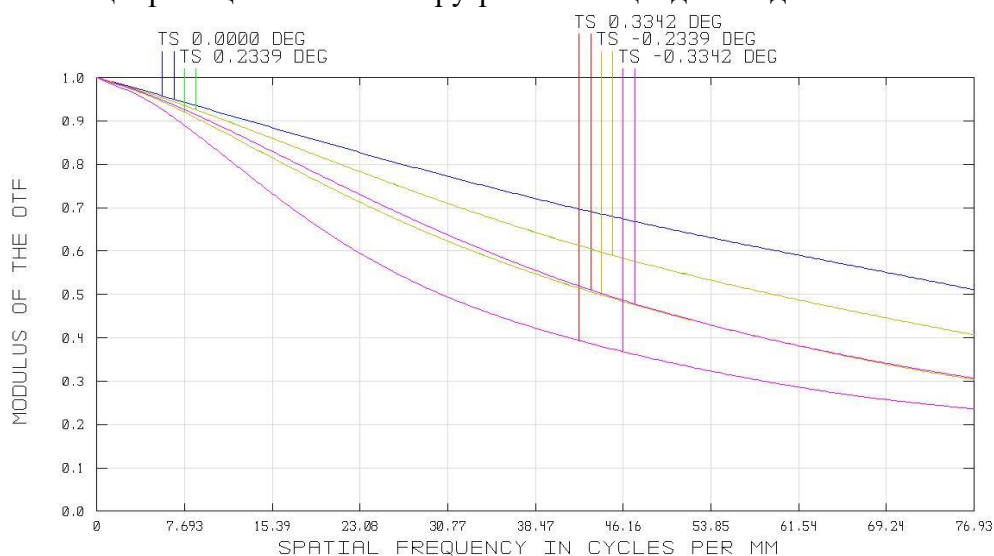
4-сурет. Tolerance Data Editor терезесі.

Жер бетінде және ғарышта температура мен қысым әртүрлі болғандықтан, Multi-Configuration Editor көмегімен анализ жасалды. Ғарыш аппараты ішіндегі температура 18-22°C аралығында ауытқиды деп алынды. Кез-келген конфигурацияда жүйе сапасы өзгермеді.

Active : 1/6	Config 1*	Config 2	Config 3	Config 4	Config 5	Config 6
1: TE*	0	20.000	18.000	19.000	20.000	22.000
2: PR*	0	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3: CR*	2	-6.0E-004	-6.0E-004 T	-6.0E-004 T	-6.0E-004 T	-6.0E-004 T
4: CR*	3	-1.5E-003	-1.5E-003 T	-1.5E-003 T	-1.5E-003 T	-1.5E-003 T
5: CR*	4	-8.0E-003	-8.0E-003 T	-8.0E-003 T	-8.0E-003 T	-8.0E-003 T
6: CR*	5	-3.7E-003	-3.7E-003 T	-3.7E-003 T	-3.7E-003 T	-3.7E-003 T
7: TH*	1	601.902	601.902 T	601.902 T	601.902 T	601.902 T
8: TH*	2	-591.864	-591.864 T	-591.864 T	-591.864 T	-591.864 T
9: TH*	3	1055.373	1055.373 T	1055.373 T	1055.373 T	1055.373 T
10: T*	4	4.082	4.082 T	4.082 T	4.082 T	4.082 T
11: T*	5	17.910	17.910 T	17.910 T	17.910 T	17.910 T
12: G*	4	SF11	SF11 P	SF11 P	SF11 P	SF11 P
13: S*	2	292.974	292.974 T	292.974 T	292.974 T	292.974 T
14: S*	3	95.398	95.398 T	95.398 T	95.398 T	95.398 T
15: S*	4	23.569	23.569 T	23.569 T	23.569 T	23.569 T
16: S*	5	23.804	23.804 T	23.804 T	23.804 T	23.804 T

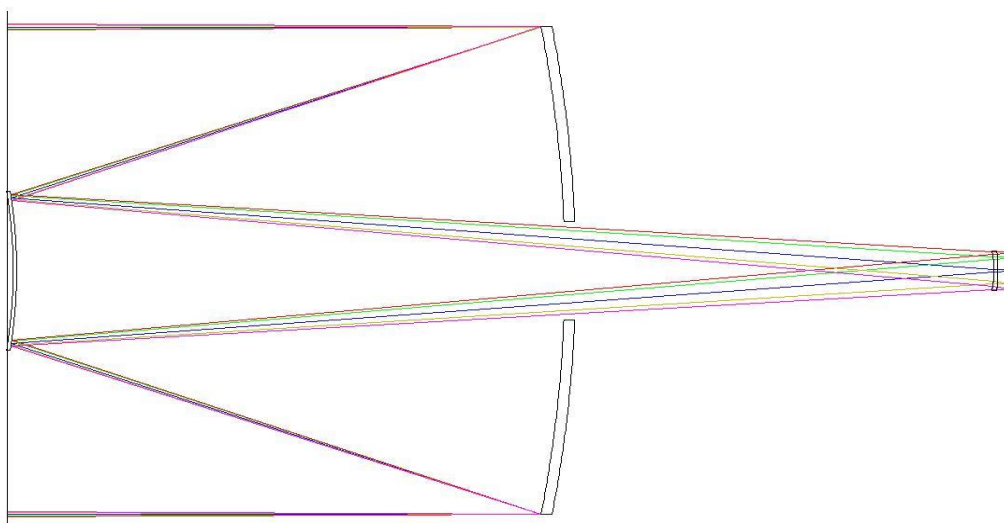
5-сурет. Multi-Configuration Editor терезесі.

Оптикалық жүйенің сапасын тексеру үшін MTF қолданылады.



6-сурет. MTF терезесі.

Нәтижесінде, жоғары дәлдікті оптикалық жүйе жобаланды.



7-сурет. ZEMAX бағдарламасында жобаланған оптикалық жүйе.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Герберт Дж. Крэмер. Наблюдение за Земной поверхностью и ее окружающей средой – Обзор датчиков и задач, выполняемых с их помощью. 4-е издание//Springer, Берлин, 2002, стр.1510.
2. Теребиж В.Ю. Современные оптические телескопы. М.: Физматлит. 2005. 80 с.
3. <https://www.criticallink.com/wp-content/uploads/CIS2521-sensor-brief.pdf>

УДК 535.39

РОЛЬ СИГНАЛОВ И СВЕТОВЫХ ПОМЕХ ВНУТРИ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ, КОСМИЧЕСКОГО И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Келман Асылхан Ақылбекұлы

asili_95_super@mail.ru

магистрант 2-го года обучения кафедры Космическая техника и технологии,
ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Научный руководитель – Жакупова А.Е.

Прибрежные воды имеют важное значение для экологических систем, поскольку они являются активными зонами для переработки питательных веществ и углерода и, следовательно, играют важную роль в круговороте углерода. Исследования в прибрежных водах важны для получения лучшего представления о процессах земной системы для исследований изменения климата и экологических факторов для принятия управленческих решений. Дистанционное зондирование типов морского дна является сложным из-за изменений сигнала, когда он движется через толщу воды и взаимодействует с субстратом морского дна [1].

Как уже упоминалось ранее, основные методы дешифрирования: визуальный, машинно-визуальный, автоматизированный, автоматический.

Визуальный метод. Визуальное дешифрирование представляет собой сложный многоэтапный процесс логического анализа изображений. Распознавание объектов и определение их характеристик часто сливаются в единый процесс с многократным чередованием анализа ситуаций в целом, а также их отдельных элементов и фрагментов.

Человек превосходит машину в решении логических задач. Он может на основе ограниченной информации, используя логический аппарат, преобразовывать дешифровочные признаки применительно к конкретным временным и пространственным условиям, учитывать изменение признаков в зависимости от положения анализируемого участка в кадре и изменения условий освещения дешифрируемых объектов, использовать существующие природные и функциональные взаимосвязи между элементами ландшафта, исключать некоторые шумы и др. (феномен восприятия). Поэтому визуальное дешифрирование во многих случаях превосходит машинное (автоматизированное) по достоверности результатов.

Одна из важнейших психологических особенностей визуального дешифрирования - использование относительных оценок характеристик объектов на изображении. Например, общественные здания и сооружения отделяются от индивидуальных зданий в населенном пункте не по абсолютным размерам их изображения, а по относительным. Для этого не требуется даже знания масштаба изображения. Участки пашни с повышенным увлажнением поверхности или кормовых угодий с более мощным травостоем выделяются не по абсолютному значению оптической плотности, а по ее локальному изменению. То же можно сказать и о выявлении участков со смытыми или подверженными дефляции почвами.

В дешифрировании отдельных объектов обычно выделяют три ступени: обнаружения, опознавания и определения характеристик.