

KAZIMIERZ A. CZARNECKI
JERZY B. ROGOWSKI

778.35:629.785

Koncepcja systemu automatycznego opracowania fotograficznych obserwacji sztucznych satelitów Ziemi

Proces automatycznego opracowania fotogramów satelitarnych jest najbardziej pracochłonnym ogniwem łańcucha technologicznego, zmierzającego do geodezyjnego wykorzystania fotograficznych obserwacji SSZ. Cały szereg czynności wchodzących w zakres tego procesu daje się łatwo zalgorytmizować w postaci odpowiedniej do opracowania technikami automatycznego przetwarzania danych. Dotychczasowe prace w tym zakresie (np. [2], [3], [4]) zarówno krajowe, jak i zagraniczne, były bardzo ściśle związane z konkretnymi technologiami obserwacyjnymi (kamerami, programami obserwacji). Wobec rozwoju nowych technik obserwacji (laserowe, dopplerowskie) zainteresowanie obserwacjami fotograficznymi znacznie zmalało. Niezależnie jednak od opracowań wykonywanych nowymi technikami, pewna liczba obserwacji pozycyjnych (fotograficznych) będzie musiała być nadal wykonywana, ze względu na konieczność powiązania różnych systemów obserwacyjnych z fundamentalnym systemem astronomicznym.

Istnieje więc już obecnie możliwość spojrzenia z pewnego dystansu na dotychczas stosowane technologie opracowania obserwacji fotograficznych i stworzenia na podstawie dotychczasowych doświadczeń programu kompleksowej automatyzacji tego pracochłonnego procesu. Taki program powinien być podsystemem w systemie geodezyjnego wykorzystania obserwacji satelitarnych wykonanych różnymi, stosowanymi obecnie technikami. Podsystem, który proponujemy, będzie z konieczności dostosowany do techniki obserwacji SSZ, którą stosujemy (kamera AFU-75), oraz do techniki pomiaru fotogramów satelitarnych (Ascorecord firmy C. Zeiss). System ten będzie jednak systemem otwartym w dwóch kierunkach:

- 1) będzie stwarzał możliwości łatwej adaptacji dla obserwacji wykonanych innymi kamerami satelitarnymi i pomiarów fotogramów za pomocą innych koordynatometrów,
- 2) będzie zapewniał kompleksową automatyzację wszystkich etapów opracowania, np. zautomatyzowany pomiar fotogramów lub w pełni auto-

matyczną identyfikację obiektów odwzorowanych na fotogramie, poprzez zastosowanie katalogu gwiazd na komputerowych nośnikach informacji.

Zadaniem projektowanego systemu będzie dostarczenie wartości topocentrycznych współrzędnych równikowych satelity w momencie synchronicznym wykonania fotogramu. System będzie oznaczany symbolem „CORSAT-System”.

1. Założenia do Systemu „CORSAT-System”

1.2. Podział systemu

Automatyczne opracowanie fotograficznych obserwacji satelitarnych można rozdzielić na cztery procesy:

- 1) pomiary współrzędnych prostokątnych obiektów odwzorowanych na fotogramie satelitarnym,
- 2) identyfikacja gwiazd oporowych,
- 3) wyznaczenie współrzędnych topocentrycznych satelity w oznaczonych momentach (np. w momencie synchronicznym),
- 4) katalogowanie wyników obserwacji wykonanych na różnych fotogramach (w różnych seansach), ewentualnie łącznie z obserwacjami wykonanymi innymi (niefotograficznymi) technikami obserwacyjnymi.

Sekwencja tych procesów jest taka, jak wyżej podano (patrz również schemat 1).

1.3. Zasilanie systemu informacjami

Wyodrębnimy trzy potoki informacji o różnym pochodzeniu.

1. Informacje dotyczące opracowywanego fotogramu, a mianowicie:
 - a) dane o fotogramie: numer, data wykonania, moment synchroniczny, liczba obiektów na fotogramie, podlegających pomiarowi i opracowaniu,
 - b) wyniki pomiarów współrzędnych prostokątnych obiektów odwzorowanych na fotogramie,
 - c) dane do identyfikacji gwiazd oporowych: współrzędne katalogowe przynajmniej trójki gwiazd (numery katalogowe pary gwiazd w przypadku katalogu gwiazd na komputerowym nośniku informacji).
2. Wartości katalogowe współrzędnych gwiazd oporowych i ruchów własnych gwiazd na opracowanym fotogramie lub też zbiór (bank) danych systemu w postaci katalogu gwiazd na komputerowym nośniku informacji.

3. Zbiory wyników obserwacji SSZ technikami niefotograficznymi lub też współpraca systemu z systemami opracowania obserwacji laserowych i dopplerowskich, wykonywanych przez tę samą stację satelitarną.

1.4. Wyniki pracy systemu „CORSAAT-System”

W wyniku opracowania fotograficznych obserwacji satelitarnych za pomocą projektowanego systemu ma powstać katalog topocentrycznych współrzędnych Sztucznych Satelitów Ziemi obserwowanych przez daną stację. Katalog taki powinien zawierać:

- 1) współrzędne równikowe obserwowanych położzeń SSZ w momentach synchronicznych,
- 2) współrzędne godzinne tych położzeń,
- 3) wartości pochodnych współrzędnych równikowych względem czasu,
- 4) błędy średnie współrzędnych równikowych i godzinnych.

System powinien umożliwiać wyznaczenie i kontrolę zmienności parametrów optycznych kamery satelitarnej.

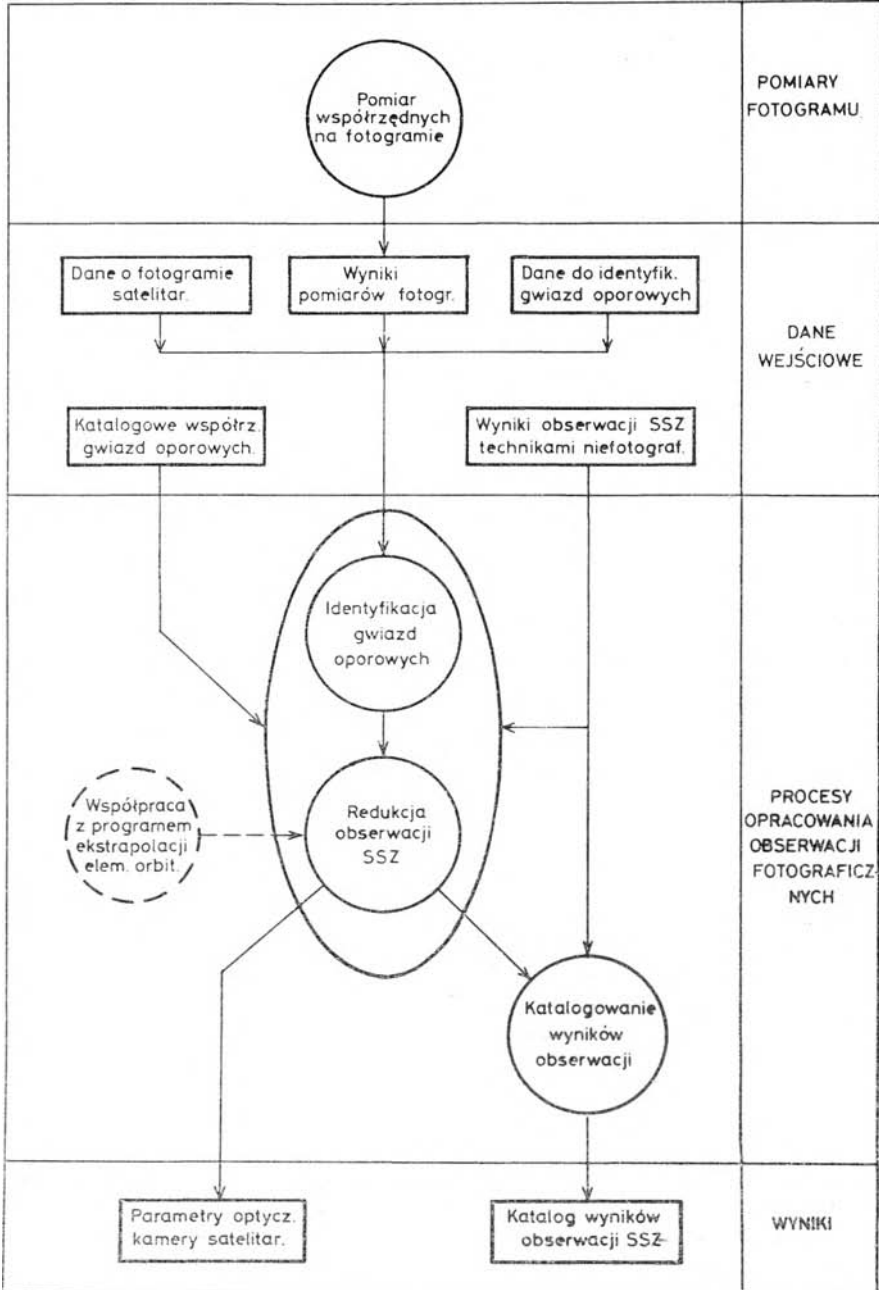
2. Realizacja systemu „CORSAAT-System” na emc ODRA-1204

Komputer ODRA-1204 i urządzenia z nim współpracujące stwarzają pewne ograniczenia w realizacji systemu „CORSAAT-System”. Bez specjalnego przeznaczenia jakiegoś komputera ODRA-1204 wyłącznie dla celów realizacji systemu nie istnieje możliwość zgromadzenia w pamięci zewnętrznej komputera informacji, która mogłaby stanowić katalog gwiazd. Najprawdopodobniej nie będzie też można — w systemie wielozadaniowego wykorzystania takiego komputera — poświęcić części pamięci zewnętrznej na gromadzenie informacji potrzebnych do okresowych emisji katalogu obserwacji SSZ. Nie byłoby więc większego sensu zastanawiać się w takiej sytuacji nad katalogiem obserwacji SSZ wykonanych różnymi technikami i trzeba się ograniczyć do katalogu wyników obserwacji fotograficznych. W ogólnej koncepcji systemu „CORSAAT-System” nie wystąpią powyższe niedogodności, ponieważ projektowany system kwalifikuje się do realizacji za pomocą komputera wyposażonego w system szybkodostępnej masowej pamięci zewnętrznej (np. minikomputer z serii Nova).

W realizacji systemu na komputerze ODRA-1204 dane katalogowe dotyczące gwiazd oporowych będą musiały być przygotowywane dla każdego fotogramu oddzielnie, proces zaś opracowania obserwacji będzie musiał być podzielony na dwa etapy wykonywane w różnym czasie. Po pierwszym etapie, mającym na celu wstępne opracowanie wyników pomiarów na fotogramie i identyfikację gwiazd oporowych, trzeba będzie przygoto-

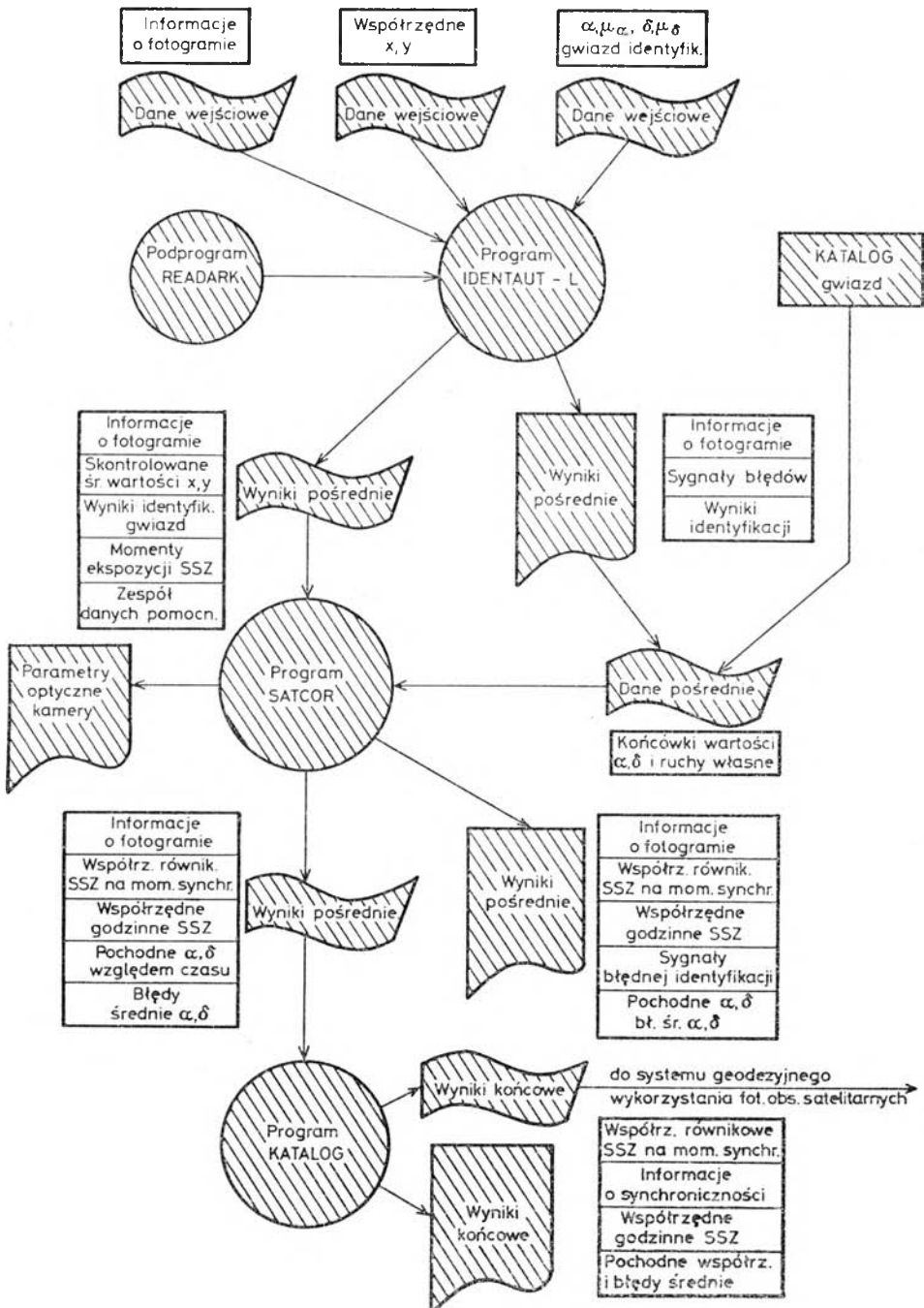
„CORSAF-system” ideowy schemat blokowy

Schemat 1



„CORSAAT - system” realizacja na e.m.c. ODRA - 1204

Schemat 2



wać dane katalogowe o gwiazdach oporowych, a następnie kontynuować dalsze opracowanie analityczne. Schemat 2 zawiera przepływ informacji w wersji systemu dostosowanej do komputera ODRA-1204, z zaznaczeniem rodzaju informacji i urządzenia WE-WY (wejście, wyjście), na którym dana informacja wystąpi.

2.1. Zadania dla programów

2.1.1. Program IDENTAUT-L

Program dotyczy opracowania fotogramów satelitów jasnych, obserwowanych za pomocą kamery AFU 75 i mierzonych za pomocą koordynatometru ASCORECORD (firmy C. Zeiss). W wypadku obserwacji tą kamerą satelitów słabych, z programem IDENTAUT-L powinien współpracować podprogram READARK. Podobnie w przypadku obserwacji inną kamerą lub stosowania innego koordynatometru przewiduje się dobudowanie do systemu „CORSAT-System” podprogramów zastępujących READARK, których zadanie będzie polegało na kontroli wyników obserwacji i wyników pomiaru oraz przekształceniu wyników pomiaru w zbiory, które będą mogły być wykorzystane w części identyfikacyjnej programu IDENTAUT-L.

Program IDENTAUT-L ma w pierwszym rzędzie zapewnić obliczanie średnich wartości i kontrolę wyników pomiarów współrzędnych prostokątnych obiektów odwzorowanych na fotogramie. Wszystkie wykryte błędy pomiarów, przekraczające wartości graniczne (ustalone na podstawie precyzji koordynatometru), powinny być przez program zasygnalizowane. Następnym etapem kontroli powinno być sprawdzenie poprawności ekspozycji i pomiarów znaczków czasowych w obrębie śladu sztucznego satelity.

Program powinien zawierać algorytm decyzji, na podstawie którego powinna nastąpić kwalifikacja fotogramu do:

- 1) dalszego opracowania,
- 2) poprawienia wstępnego opracowania,
- 3) powtórzenia pomiarów na fotogramie.

Ważne jest, ze względu na ekonomikę całego procesu, aby taka kwalifikacja miała miejsce w fazie wstępnej opracowania analitycznego.

W kolejności powinno nastąpić obliczenie momentów ekspozycji śladów SSZ, ponieważ wszystkie dalsze czynności programu IDENTAUT-L będą dotyczyły zarówno jasnych, jak i słabych satelitów oraz będą wspólne dla różnych programów obserwacji (kamer).

Następne i zasadnicze zadanie programu to identyfikacja gwiazd oporowych. Zadaniu temu musimy postawić szczególne wymagania, ponieważ program IDENTAUT-L powinien zapewniać także wyznaczenie z dosta-

teczną dokładnością pewnych wielkości pomocniczych w dalszej części procesu redukcji obserwacji, tj.:

- średniego czasu gwiazdowego momentu ekspozycji,
- współczynników Bessela (C, D),
- eulerowskich kątów precesji,
- refrakcji astronomicznej i aberracji rocznej wszystkich gwiazd oporowych.

Podstawowym problemem będzie, w związku z tym, wyznaczenie w procesie identyfikacji, z wystarczającą dokładnością, współrzędnych równikowych (α, δ) gwiazd oporowych. Różnice współrzędnych i wartości katalogowych nie powinny być większe od kilkunastu sekund łuku. W tym celu wyniki pomiarów fotogramu powinny być poprawione o wartości wynikające z parametrów optycznych i mechanicznych kamery satelitarnej, natomiast w procesie identyfikacji powinna być stosowana transformacja afiniczna lub też transformacja przedstawiona w pracy [1].

Wszystkie te wyniki programu, które będą wykorzystywane w procesie wyznaczenia współrzędnych równikowych satelity, powinny być przez program IDENTAUT-L przekazane na komputerowy nośnik informacji.

Współrzędne gwiazd oporowych, uzyskane w wyniku identyfikacji, powinny zostać uprzednio uporządkowane według wzrastających wartości rektascenzji, bowiem w takim porządku sporządzane są katalogi gwiazd.

Tabulogram wyników identyfikacji powinien zawierać:

- numer fotogramu,
- wyniki kontroli obserwacji,
- wyniki identyfikacji w postaci współrzędnych równikowych gwiazd oporowych.

2.2.2. Program READARK

Przy opracowaniu satelitów słabych podprogram ten zastępuje w programie IDENTAUT-L blok wczytywania i kontroli wyników pomiarów oraz opracowania momentów ekspozycji. Jego zadania pokrywają się z zadaniami wspomnianego bloku.

2.2.3. Program SATCOR

Program SATCOR będzie programem wielofunkcyjnym, którego główne zadanie polega na wyznaczeniu wartości współrzędnych topocentrycznych równikowych ekwinokcjalnych i godzinnych sztucznego satelity, wartości pochodnych współrzędnych względem czasu oraz błędów średnich współrzędnych.

Główną część informacji zasilających omawiany program dostarczy program IDENTAUT-L. Program SATCOR będzie wymagał ponadto przygotowania na taśmie perforowanej końcówek wartości (w jednostkach i ułamkach sekund) współrzędnych gwiazd oporowych oraz wartości ruchów własnych gwiazd. Dane te powinny być wnoszone na tabulogram wyników identyfikacji, a następnie przenoszone na taśmę perforowaną. Wstępnym zadaniem programu SATCOR będzie kompilacja danych z tych dwu źródeł, a w tym poprawienie współrzędnych gwiazd ze względu na refrakcję i aberrację roczną.

Następnie program SATCOR ma zapewnić wyznaczenie transformacji według metody proponowanej przez autorów w pracy [1], a również wyznaczenie aktualnych wartości parametrów optycznych kamery satelitarnej. Program ma ponadto wykonywać kontrolę poprawności identyfikacji gwiazd oporowych i eliminację z procesu opracowania gwiazd błędnie zidentyfikowanych. Program powinien być wyposażony w algorytm decyzji wyboru stopnia transformacji oraz wyboru między wartościami parametrów optycznych kamery z okresowych wyznaczeń lub wartościami pochodzącymi z wyznaczenia na podstawie gwiazd oporowych aktualnie opracowywanego fotogramu. Powinna być jednak pozostawiona możliwość ingerencji operatora w ostateczną decyzję. Ten ostatni warunek wiąże się z wielofunkcyjnością programu, który może również służyć do wyznaczenia wartości parametrów optycznych kamery satelitarnej na podstawie okresowych badań.

Program SATCOR powinien mieć możliwość aproksymowania toru satelity zarówno wielomianem drugiego, jak i trzeciego stopnia. Należy przewidywać, że w większości przypadków dostateczna okaże się aproksymacja wielomianem drugiego stopnia. Potrzebę zwiększenia stopnia wielomianu należy przewidywać tylko wtedy, gdy liczba gwiazd oporowych jest niewielka, a aktualne parametry optyczne kamery nie mogły być wyznaczone w procesie transformacji. Decyzję o stopniu wielomianu aproksymującego program powinien w zasadzie podejmować automatycznie.

Jeżeli wśród informacji wejściowych do procesu opracowania fotogramu nie wystąpiła wartość wysokości satelity, to program SATCOR powinien obliczać współrzędne satelity nie poprawione o wartości refrakcji i aberracji satelitarnej.

Program SATCOR ma produkować wyniki obliczeń na dwu wyjściach: perforatorze taśmy papierowej i drukarce. Informacje wyjściowe mają zawierać:

- informacje o fotogramie,
- wartości topocentrycznych współrzędnych równikowych satelity w momentach synchronicznych,

- wartości topocentrycznych kątów godzinnych satelity, odniesionych do południka Greenwich,
- wartości pochodnych α , δ względem czasu,
- wartości błędów średnich współrzędnych α , δ .

Ponadto program powinien sygnalizować na drukarce błędy w identyfikacji gwiazd oporowych.

2.2.4. Program KATALOG

Zadaniem programu jest opracowanie katalogu obserwacji satelitar-nych. Program korzysta z informacji powstających w wyniku działania programu SATCOR lub ewentualnie także ze zbioru wyników obserwacji SSZ, powstających technikami niefotograficznymi, który jest wprowadzany do komputera każdorazowo dla pracy programu KATALOG.

Program powinien mieć możliwość emisji następujących wersji katalogu wyników obserwacji:

- 1) katalog wyników obserwacji wykonanych w trakcie jednego seansu obserwacyjnego, w formie zalecanej w instrukcji [4],
- 2) katalog wszystkich obserwacji wykonanych przez daną stację obserwacyjną,
- 3) katalog obserwacji o zadanych parametrach:
 - dokładnościowych (błędy średnie),
 - geometrycznych (położeń satelitów obserwowanych w przedziałach zadanych wartości współrzędnych godzinnych).

Każdy rodzaj katalogu powinien zawierać oznaczenia stacji satelitar-nych.

Powinna istnieć możliwość emisji poszczególnych wersji katalogu zarówno na drukarce, jak i perforatorze taśmy, ze względu na różnorodne wykorzystania wyników (np. jako zespół danych dla celów konstrukcji sieci triangulacji satelitarnej).

L I T E R A T U R A

- [1] *Czarnecki K., Rogowski J.B.*: Metoda transformacji, jaką należy stosować w procesie opracowania fotogramów satelitar-nych, *Prace IGiK, Tom XXIII, Zeszyt 2/53/1976.*
- [2] *Domaradzki S.*: Wyznaczenie topocentrycznych współrzędnych sferycznych sztucznych satelitów Ziemi na podstawie obserwacji fotograficznych, *Geodezja i Kartografia, Tom XVIII, Zeszyt 4, 1969.*
- [3] *Mietydy Wyzislieniya Topocentricskikh Koordinat Iskusstwiennykh Sputnikow Ziemi po ich Fotograficheskikh Nabludieniyach, Interkosmos, Moskwa 1969.*
- [4] *Tiechnicheskije ukazaniya po wyczislieniyu i urawniwaniyu koordinat punktow po riezultatam nabludienij passivnykh ISZ fotoustanowkoj AFU-75.*

Recenzował doc. dr hab. Zdzisław Adamczewski

Rękopis złożono w Redakcji w styczniu 1976 r.

КАЗИМЕЖ А. ЧАРНЕЦКИ
ЕЖИ Б. РОГОВСКИ

КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ

Резюме

Представлена концепция информатической системы „CORSAT-System”. Работа становится основой для рациональной алгоритмизации астрономических процессов обработки спутниковых фотограмм. Выделено четыре процесса:

- 1) измерений прямоугольных координат объектов воспроизведенных на спутниковой фотограмме,
- 2) отождествление опорных звезд,
- 3) определение топоцентрических координат спутника (редукция),
- 4) каталогизация результатов наблюдений.

Информатический анализ этих процессов приводит к выводу, что три последние процессы можно реализовать автоматической техникой обработки информации, соединяя их в однородную систему информатики. Зато в первом процессе создаются основные информации снабжающие эту систему.

Деление системы „CORSAT-System” на процессы является делением натуральным и несмотря на то, что время выполнения процессов должно быть тоже самое, ввиду на одно направление прилива информации, но однако каждый процесс может быть выполнен в другом месте.

В проектированной системе предвидены возможности развития и простой адаптации для разных систем наблюдений и измерений фотограмм путем смены первого модуля системы.

Реализация системы предвидится в форме трех или двух программ в зависимости от характеристики компьютера примененного для реализации. Компьютер, оснащенный в быстродоступную систему массовой памяти, дает возможность объединения процессов отождествления и редукции в одну программу. В таком случае предвидится сотрудничество системы с программой экстраполяции орбит, благодаря чему существует возможность значительного ограничения количества состава исходных данных.

Другая часть работы содержит концепцию реализации системы на компьютере ODRA-1204. Дана подробная организационная схема такой версии системы, а также задачи отдельных программ: отождествления (IDENTAUT-L с подпрограммой READARK для обработки фотограмм слабых спутников), определения топоцентрических координат спутника и параметров спутниковой камеры (SATCOR), а также каталогизации результатов наблюдений в разных формах, зависящих от дальнейшего способа использования результатов (KATALOG).

KAZIMIERZ A. CZARNECKI
JERZY B. ROGOWSKI

CONCEPTION OF AN AUTOMATIC SYSTEM FOR THE ELABORATION OF ARTIFICIAL EARTH SATELLITES OF PHOTOGRAPHIC OBSERVATIONS

Summary

Conception of computer system called „CORSAAT-System” is discussed in this paper. Work is regarded as a basis for the reasonable algorithmization of the astrometric elaboration processes of satellite photogramms. The following four processes are enumerated:

- 1) measurement of the rectangular coordinates of the objects projected on a satellite photogram;
- 2) identification of the reference stars;
- 3) determination of satellite topocentric coordinates;
- 4) making catalogue of the observation results.

Computer analysis of these processes led to the conclusion that the three last-mentioned processes can be now performed through automatic data processing by uniting them into a uniform computer system. In the first-mentioned process the basic data feeding such a system are formed.

The division of „CORSAAT-System” into these processes is natural and in spite of the fact that the time sequence to perform the processes should be the same as mentioned above, because of one-direction data transmission, but each of this processes can be concluded in a different place.

In the range of the suggested system there are foreseen possibilities of development and simple adaptation to various observation systems and to photogrammes measurement by the exchange of the system's first module.

The system will be realized in the form of three or two programmes depending on the characteristics of the computer used in the course of the procedure. A computer equipped with a disc memory enables unifying the identification and reduction processes into one programme. Operation of the system with the orbit extrapolation programme is foreseen, due to which there are possibilities of considerable reduction of the input data.

In the second part of the paper a conception of the system realization on the Odra-1204 computer is introduced. It includes a detailed operation scheme of such a system version and the following tasks for each programme: identification (IDENTAUT-L with the subprogramme REDARK, for the photograms elaboration of faint satellites), determination of satellite topocentric coordinates and of satellite camera parameters (SATCOR), and for catalogue of observation results in different forms depended on the future utilization of the results (KATALOG).

