

Астрометрія астероїдів

Мета

Ознайомитися зі способами знаходження рухомих об'єктів на зображеннях неба.

Навчитися використовувати екваторіальні координати об'єктів, а саме, пряме піднесення та схилення для знаходження їх на небі.

Навчитися використовувати відомі координати опорних зірок для знаходження координат невідомих об'єктів.

Ознайомитися з методами знаходження астрономічних паралаксів та їх використання для визначення відстаней до об'єктів як у Сонячній системі, так і за її межами.

Завдання

Відобразити на екрані ПЗЗ зображення ділянки неба за допомогою програми візуалізації астрономічних даних.

Проаналізувати пари зображень за допомогою аналога блінк-компаратора для виділення серед астрономічних об'єктів таких, що відчутно змістилися за час між двома експозиціями.

Використати пошукові карти з каталога Guide Star (GSC), який встановлений у Вас на комп'ютері.

Ототожнити положення об'єктів на картах GSC і на ваших зображеннях.

Визначити координати Ваших невідомих об'єктів за допомогою карт GSC, а саме кутову швидкість астероїда у кутових секундах за секунду, паралакс астероїда, відстань до астероїда за допомогою знайденого паралаксу, тангенційну швидкість астероїда.

Деякі терміни, знання яких обов'язкове

Астероїд	Астрономічна одиниця	Блінк-мікроскоп	Власний рух
Всесвітній час	Година	Градус	Зоряна величина
Координати	Кутова мінута	Кутова секунда	Кутова швидкість
Паралакс	Пряме піднесення	Схилення	

Астрометричні системи координат і метод астрометрії

Методи, які будуть використовуватись у цій роботі включають вимірювання точних положень зірок. Цей метод називається методом астрометрії і вважається одним з найголовніших методів астрономії. Астрометрія дозволяє картографувати об'єкти на небі шляхом призначення кожному з них небесних координат, і таким чином, швидко знаходити об'єкти на небесній сфері.

Використовуючи комп'ютери для обчислення положення об'єкта на цифровому зображенні ділянки неба, астрономи визначають координати об'єкта з високою точністю. Навіть досить проста учбова програма, така, яку ми використовуватимемо у цій роботі, дозволяє визначити координати точки на цифровому зображенні з точністю, вищою ніж 0.1", що відповідає кутовому діаметру невеликої монетки на відстані 20 кілометрів. Цієї точності не досить для визначення паралаксів далеких зірок, оскільки вони надзвичайно далеко від нас, і тому мають дуже малі паралакси. Тому для демонстрації можливостей астрометрії ми вибрали спостереження астероїдів, більшість з яких обертається навколо Сонця між орбітами Марса та Юпітера. Виміряти паралакс астероїда досить легко, а методи, які ми тут розглянемо цілком придатні як для дослідження астероїдів, так і для вивчення паралаксів далеких зірок.

Для досягнення якоїсь часткової мети астрономи складають каталоги – списки небесних об'єктів з їхніми прямими піднесеннями та схиленнями. На жаль, неможливо скласти список усіх зірок на небі, тому каталоги завжди неповні і астрономи перебувають у вічному процесі складання нових каталогів. Мета, для якої складається той чи інший каталог, може суттєво відобразитися на його складі. Так з одного боку ми маємо так звані фундаментальні каталоги, одним з найважливіших представників яких є каталог FK5, що містить всього 3522 відносно яскраві зірки. Такі каталоги використовуються як еталон для визначення положень інших зірок так званим відносним способом. Координати зірок, представлених у FK5, постійно вимірюються та перевимірюються з тою метою, щоб вони мали якнайвищу точність і завжди могли служити стандартами для визначення положень інших об'єктів на небі.

Для нашої мети найцікавішим є Guide Star Catalog (GSC), спеціально складений як такий, щоб містити усі зірки, яскравіші від 16-ї зоряної величини, а це майже у десять тисяч разів слабші зірки, ніж ті, що ми можемо побачити на небі неозброєним оком. GSC містить майже 20 мільйонів зірок. Ця кількість настільки велика, що для запису всіх їх на постійне зберігання потрібно два повних CD-диски. Останнім часом GSC, напевне, є найбільш вживаним з астрономічних каталогів. Зірок у каталозі настільки багато, що можна впевнено говорити про те, що у якому напрямку на небо Ви не направили свій інструмент, у полі зору завжди буде кілька зірок GSC (зрозуміло, що з відомими координатами). З іншого боку, знайти у необхідному місці на небі зірку FK5, надзвичайно важко, навіть краще сказати – практично неможливо.

У цій роботі ми будемо працювати тільки у кількох наперед відібраних ділянках неба, тому ми вибрали тільки потрібну невеличку частинку GSC.

Принцип знаходження координат у астрометрії на наш погляд не потребує додаткового пояснення; він добре ілюструється рис.27, (див.дискету, файл Figs\Pic27.gif). У випадку, наведеному на рис.27, координати невідомого об'єкта, $U(X=15, Y=25)$.

Проблема знаходження астероїдів на зображеннях

Більшість астероїдів мають лише кілька кілометрів у діаметрі і навіть менше. Вони відбивають сонячне світло, як планети, але оскільки вони вже дуже малі, то виглядають як точкові джерела світла, і дуже подібні до зірок. Як же тоді нам розрізнити зірку і астероїд?

Основна особливість, що дозволяє нам провести чітку границю між астероїдами та зірками полягає в тому, що астероїди – як правило, точкові об'єкти - відчутно швидко рухаються по небу, оскільки вони обертаються навколо Сонця. Якщо ми зробимо два знімки однієї і тієї ж ділянки неба з інтервалом у кілька хвилин, то зірки залишаться на тих самих позиціях на небі, а астероїди встигнуть зміститися, рис.28, (див.дискету, файл Figs\Pic28.gif).

Часто на зображеннях неба зірок настільки багато, що не вдається запам'ятати розташування зірок і виділити ту єдину, яка змістилася. Комп'ютер допоможе і тут. Ви можете завантажити і показати одночасно два зображення ділянки неба, отримані на телескопі. Далі Ви можете дати комп'ютеру вказівку швидко показувати поперемінно то одне, то друге зображення. Такий метод називають блінкуванням. Якщо Ви уважно і акуратно сумістите зірки двох зображень – першого і другого і будете їх блінкувати, то легко побачите той об'єкт, положення якого змінюється від одного зображення, до іншого. Це і є астероїд. Наша програма дозволяє легко вирівнювати об'єкти двох зображень, проводити блінкування і таким чином виділяти рухомі об'єкти.

Деколи астероїди досить слабкі; іноді на окремих зображеннях знаходимо дефекти емульсії. Тобто, Ви мусите дуже уважно відноситись до результатів блінкування щоб навіть випадково не прийняти за астероїд дефект емульсії.

Як тільки ідентифікація астероїда закінчена, Ви можете обчислити координати астероїда, вимірявши його положення відносно опорних зірок (тобто зірок з відомими координатами). Порівнюючи координати астероїда, отримані у два моменти часу, можна обчислити його швидкість за алгоритмами, наведеними у наступному параграфі.

Паралакс

Вимірювання точних положень об'єктів на небесній сфері складає основу одного з найпотужніших астрономічних методів, що використовуються астрономами для знаход-

ження відстаней до небесних об'єктів. Метод базується на так званому паралактичному зміщенні об'єктів і є найбільш прямим зі всіх астрономічних методів.

Паралактичне зміщення об'єкта (його паралакс) це видиме його зміщення відносно більш далеких об'єктів при розгляданні його з двох різних точок. Це явище, наприклад, можна використати на поверхні Землі для визначення відстані за умови якоїсь перешкоди на шляху, рис.29, (див.дискету, файл Figs\Pic29.gif). Ви спостерігаєте дерево, що росте на протилежному березі ріки з двох точок, відстань між якими, В (ця відстань називається базою), вимірюєте дуже точно. Крім того, Вам необхідно також якнайточніше виміряти кут між двома напрямками зору на дерево з кінців бази, тобто паралактичне зміщення, Θ . А тепер трохи тригонометрії, і відстань D можна знайти так:

$$D = 0.5 * B / \tan(\Theta/2).$$

Цей метод універсальний: якщо Вам вдається виміряти паралактичне зміщення і довжину бази, то відстань Ви знайдете.

Бази, які використовуються в астрономії, це в першу чергу діаметр орбіти Землі навколо Сонця. Точка зору змінюється в зв'язку зі зміною положення Землі на орбіті. Спостерігаючи близькі зорі з протилежних точок земної орбіти і вимірюючи їх зміщення відносно фону далеких зірок, ми можемо знайти їх паралактичне зміщення. Наприклад, екваторіальні координати зірки, виміряні у липня будуть відрізнятися від координат тієї ж зірки, виміряних у січні.

Чим далі зірка, тим менший її паралакс. Паралакси зірок дуже малі, навіть для найближчих зірок вони не перевищують однієї секунди дуги і тому їх дуже важко виміряти. Але астрономи навчилися знаходити такі малі кутові величини; для цього вони мають деякі спеціальні методи і навіть супутник, що називається HipParCoS (Високоточний збирач паралаксів).

Маючи паралакс астероїда, можна знайти відстань і до нього. Але астероїди значно ближче, їх паралакси більші і ми можемо побачити їх навіть при значно менших базах, наприклад розміром з діаметр Землі. Маючи одночасні спостереження астероїда, виконані у двох різних точках на поверхні Землі, ми можемо виявити їх паралакси. Вимірювання паралаксів астероїдів астрометричними методами є прекрасною ілюстрацією того, як можна визначити значно менші паралакси зірок.

План

Ознайомитись з процедурою завантаження та відображення ПЗЗ-зображень, а також з процедурою блінкування пари знімків з метою ідентифікації астероїдів, використовуючи для цього систему допомоги **Help**.

Виміряти координати астероїдів, використавши для цього GSC і блінкування.

Визначити швидкість руху астероїда та його відстань до Землі, використавши зібрані дані про положення астероїда та необхідні тригонометричні перетворення.

Ототожнення астероїдів шляхом блінкування зображень

До складу роботи входить кілька зображень ділянки неба, розміром близько 4 кутових мінут, у якому астрономи проводили пошуки слабкого зіркоподібного астероїда 1992JB. Ми знаємо, що астероїди мають відчутні рухи, тому перша частина роботи полягає в тому, щоб знайти на зображеннях рухомий об'єкт, а саме, астероїд 1992JB. На кожному зображенні вибираємо дві зірки (сподіваємося, що це будуть справді зірки, а не астероїд), і сумістимо зображення електронним способом, використавши для цього нашу програму. Після суміщення зображень, вмикаємо блінкування і комп'ютер швидко перемикає зображення, показуючи нам то одне, то інше. Стаціонарні об'єкти, зірки, не змінюють свого положення, а рухомі об'єкти "стрибають" і таким чином притягують увагу до себе. Це і є астероїди. На рис.30 (див.дискету, файл Figs\Pic30.gif) наведено загальний вигляд вікна обробки зображень.

Поглянемо на одне з зображень. Виберемо **File...Load...Image 1**. З'являється список файлів, з якого вибираємо файл 92jb05.fts і завантажуюмо його клацнувши на **Open**. (Астрономи всього світу придумали і часто використовують у своїх роботах так-званий FITS-формат зображень, у якому і виконані файли, що будуть використовуватись, тому розширення імені файла - fts).

Комп'ютер показує процес завантаження файла і відображає його ім'я у головному вікні після успішного завантаження. Програма може завантажити два зображення для того, щоб їх можна було блінкувати. Щоб побачити зображення, виберемо **Images** і далі **Display...Image 1** у меню. З'являється вікно з зображенням 92JB05 у ньому.

Зображення орієнтоване на екрані класичним способом: північ зверху, схід зліва. Візьміть чистий листок паперу, побудуйте на ньому квадрат, розміром 12.5 на 12.5 см і нанесіть на ньому наближені положення зореподібних об'єктів. (Розмір квадрата відповідає розміру вікна з зображенням на екрані комп'ютера). Серед цих об'єктів лише один астероїд. Таким чином маємо пошукову карту, на якій після "відкриття" відмітимо положення астероїда. Будуючи карту, приділяйте увагу деталям зображення.

Пошукаємо астероїд. Завантажуємо як раніше, але вибираємо **File...Load... Image 2** і таким чином завантажуюмо друге зображення. (Воно виконане у синіх тонах, на відміну від першого, яке показується відтінками чорного). Зі списку зображень вибираємо 92jb07.fts, клацаємо **Open** і завантажуюмо його. Ми можемо показати друге зображення у

окремому вікні: **Images...Display...Image 2**. Оскільки зображення 92JB07 отримане на 10 хвилин пізніше, ніж 92JB05, астероїд змінить своє положення. Але зразу важко розпізнати, який же об’єкт справді змінив своє положення, навіть якщо уважно порівняти два зображення. Отже, блінкуємо зображення і одночасно потроху суміщуємо їх до повного співпадання тих об’єктів, які ми вважаємо зорями.

Спочатку вирівнюємо зображення. Для цього виберемо з головного меню голубого вікна **Images...Blink**. Побачимо одне зображення, а саме **Image 1**.

Справа внизу у маленькому вікні появляється вказівка про те, що потрібно вибрати опорну зірку (**alignment star**), яка буде служити для вирівнювання зображень. Щоб досягти кращих результатів потрібно підібрати кілька опорних зірок. Опорні зірки найкраще вибирати у протилежних кутах зображення по діагоналі. Виберіть зірку, клацніть на ній та нанесіть її на вашу імпровізовану карту.

У маленькому вікні знизу клацніть на **Continue** і виконайте те саме для другої опорної зірки. Дві зірки необхідні для виключення можливого повороту одного зображення відносно другого.

Розглянемо **Image 2**, де Вас попросять вказати дві опорні зірки. Узгоджуючи свої дії з пошуковою картою, клацайте послідовно на тих же зірках, які Ви вибрали на першому зображенні. Насправді Ваша задача серйозно спрощується, так як комп’ютер, виходячи з першого зображення наносить на друге зображення рамочки, в яких, “на його думку”, повинні знаходитись зображення опорних зірок. Якщо опорна зірка правильно вказана комп’ютером, можна просто клацнути на **Continue**, щоб прийняти точку зору програми комп’ютера. Такий спосіб підготовки Вашої відповіді використовується упродовж роботи досить часто.

Тепер вся необхідна для узгодження зображень інформація уже введена. Досить вибрати пункт меню **Blink**, і комп’ютер почне блінкувати два зображення з інтервалом близько однієї секунди. Зірки нерухомі, а астероїд “стрибає” і це дозволяє його легко ототожнити. Але вибирайте уважно! Наприклад, на одному з зображень є біла плямка, якої немає на другому. Це не астероїд, а дефект зображення. Як правило, при реєстрації зображень за допомогою ПЗЗ матриць, такі дефекти викликаються радіацією – найчастіше, космічними променями – які можуть вплинути на єдиний піксель зображення і висвітити його. Крім того, видно, що зірки на різних зображеннях мають різну яскравість, що викликане різною експозицією зображень. Але астероїд видно добре і ця невелика плямка світла змінює своє положення на зображенні.

Блінкування зупиняється за допомогою пункта головного меню **Stop**. Швидкість блінкування регулюється: **Adjust...Blink Rate**, в межах 10 – 1000 мс.

Яскравість та контраст зображень регулюється за допомогою пунктів **Adjust...Image Display...Image 1** (or **Image 2**) головного меню. При цьому з'являється спеціальне діалогове вікно, що містить регулятори контрасту та яскравості, якими можна добитися однакового суб'єктивного вигляду обох зображень. Пункт меню **Initialize...Field Alignment** дозволяє повторити процес узгодження зображень.

Закінчивши ідентифікацію астероїда на двох зображеннях, нанесіть його положення на карту і помітьте ці два положення значками **05** та **07** відповідно.

Продовжуйте пошуки астероїда на зображеннях 92JB08, 92JB09, 92JB10, 92JB12, і 92JB14 блінкуючи їх з 92JB05. Щоб зробити це, вибирайте **Load...Image2** і потім **Image...Blink**. Програма має трохи штучного інтелекту, що дозволить Вам прискорити роботу. Оскільки одна пара зображень уже блінкована, програма вважає, що опорні зірки на іншому зображенні ті ж. Тому перед вибором опорних зірок, комп'ютер запропонує Вам попередній вибір, з яким можна просто погодитись, клацнувши на **Continue**. Ви можете також повторно вирівняти зображення - **Initialize ...Field Alignment**, або просто вибрати нові зірки і тоді **Continue**. В загальному процедура аналогічна. Виконавши всі необхідні дії, нанесіть на карту положення астероїда і помітьте їх **08, 09, 10, 12, і 14**.

Як бачите, астероїд рухається майже по прямій лінії. **Оцініть напрямок руху астероїда, зафіксуйте його у своєму звіті.**

Визначення екваторіальних координат астероїда за допомогою GSC

Ми вияснили, який об'єкт на зображенні справді астероїд. Визначимо тепер його екваторіальні координати, тобто пряме піднесення та схилення, для чого потрібен зоряний каталог, координати зірок у якому відомі. Ми використаємо Guide Star Catalog (GSC).

План роботи

вказіть наближені координати центра зображення, для того, щоб програма могла намалювати карту відомих зірок в околицях центра зображення, використовуючи GSC як еталон;

ідентифікуйте на зображенні щонайменше три зірки GSC і вважайте їх опорними для обчислення координат інших об'єктів на цьому ж зображенні;

клацніть на кожній опорній зірці зображення для того, щоб комп'ютер зміг співвіднести зірку каталога і її положення на зображенні;

клацніть на невідомому об'єкті, тобто на астероїді; комп'ютер обчислить його координати, виходячи з опорних зірок, які Ви вибрали;

зафіксуйте отримані результати та занесіть їх у таблицю.

Знайдемо положення астероїда на зображенні 92JB05. Для цього завантажимо його (**File...Load...Image1**). Далі вибираємо пункт меню **Images...Measure...Image1**. Тепер з'являється вікно, у якому нас запитують про наближені координати центра зображення. (Центри цих зображень можна знайти у таблиці трохи далі по тексту). Внесемо дані у поля діалогового вікна, встановить розмір поля 8 мінут. Сторона зображення приблизно рівна 4 мінуті, але ми мусимо залишити деякі межі на той випадок, якщо ми помилилися у координатах центра зображення. Значення максимальної зоряної величини 20. Далі - **Ок**.

Таблиця. Параметри зображень

Зображення: 23 травня 1992, 0.8м, f/15, CCD - 512*512, pixel=28micron				
Файл	альфа(2000)	дельта(2000)	момент(h m s)	експозиція (с)
92JB05	15h30m44.30s	11°15'10.4"	04 53 00	30
92JB07	15h30m44.30s	11°15'10.4"	05 03 00	120
92JB08	15h30m44.30s	11°15'10.4"	05 09 00	30
92JB09	15h30m44.30s	11°15'10.4"	06 37 30	180
92JB10	15h30m44.30s	11°15'10.4"	06 49 00	30
92JB12	15h30m44.30s	11°15'10.4"	06 57 00	120
92JB14	15h30m44.30s	11°15'10.4"	07 16 00	30

Комп'ютер знайде всі зірки GSC, які попадають у вказану ділянку неба, і побудує у лівому вікні карту зоряного неба зі всіма знайденими зірками. У правому вікні показується завантажене у даний момент зображення, яке буде опрацьовуватися. На зображенні, майже напевне, буде більше зірок, ніж на карті, по-перше, тому, що GSC містить зірки тільки до 16-ї величини, а деякі зірки на вашому зображенні слабкіші, і по-друге, на зображенні можуть бути не тільки зірки, а наприклад, ті ж астероїди. Однак, Ви мусите знайти на зображенні і карті комбінацію трьох-чотирьох зірок, яка виділяється за своїм виглядом. Нанесіть вибрані Вами зірки схематично на листок паперу і якимось позначте зірки, наприклад, 1,2,3, і т.д.

Тепер повідомимо комп'ютеру що ж ми відібрали. Клацнемо на опорній зірці номер 1 у лівому вікні (на карті): появляється діалогове вікно, що показує інформацію по даній зірці, яка є в GSC. Одночасно з цим, комп'ютер обмальовує вибрану опорну зірку квадратом для кращої її візуальної ідентифікації, рис.31, (див.дискету, файл Figs\Pic31.gif). Щоб позначити зірку як опорну, клацніть **select** на діалоговому вікні. Повторіть усі ці дії для усіх попередньо відібраних Вами опорних зірок. (Але щонайменше для трьох, у різних місцях зображення, наскільки це можливо). Запишіть номер, пряме піднесення, схилення у таблицю.

зірка	номер GSC	пряме піднесення	Схилення
#1			

Як тільки Ви вибрали три опорні зірки (це найменша допустима кількість, але їх потрібно з розрахунку чим більше, тим краще) і помітили їх, у діалоговому вікні **Select Reference Stars** клацніть на **Ok** і таким чином повідомте комп'ютеру, що відбір опорних зірок закінчено.

Далі комп'ютер просить показати кожен опорну зірку у правому вікні, тобто на реальному зображенні. Для цього треба їх клацнути одну за одною і таким чином показати їх на зображенні. Після того, як Ви вкажете дві опорні зірки, третю і всі наступні комп'ютер зможе Вам підказати. Будьте уважні, щоб не переплутати зірки.

Коли всі опорні зірки вибрано, комп'ютер просить клацнути на невідомому об'єкті. Виберіть цей об'єкт і натисніть **Ok**, тепер комп'ютер має досить інформації щоб знайти екваторіальні координати об'єкта. Координати можна прочитати у невеликому текстовому вікні зліва. Занесіть отримані значення у відповідні клітинки таблиці нижче по тексту. Ми вже внесли пряме піднесення астероїда на зображенні 92JB05.

Координати астероїда 1992 JB, 23 травня 1992			
Зображення	Час	Пряме піднесення	Схилення
92JB05	04 53 00	15 30 38.7	
92JB07	05 03 00		
92JB08	05 09 00		
92JB09	06 37 30		
92JB10	06 49 00		
92JB12	06 57 00		
92JB14	07 16 00		

Після того, як усі значення знайдено, клацніть **Ok** в нижньому вікні, щоб зафіксувати результат. Коли комп'ютер питає, чи бажаєте зберегти інформацію, клацніть **Yes**, і впишіть назву зображення (92JB05) у поле **OBJECT NAME** на формі. І знову **Ok** щоб занести виміри у файл. За допомогою пункту меню **Report** головного вікна у будь-який момент часу Ви можете доступитися до своїх вимірів.

Тепер використовуючи **File...Load...Image1** меню, і **Image...Measure...Image1** виміряйте та внесіть у файл положення об'єкта на зображеннях 92JB07, 92JB08, 92JB09, 92JB10, 92JB12 і 92JB14. Це все робиться аналогічно. Комп'ютер швидко вчиться і тому

процес вимірювання йтиме досить швидко. Щоб змінити довільний параметр, користуйтеся **Image...Adjust...Reference Stars**, а вибір **File...New...Target Object** приведе до очистки всіх вікон та параметрів і все можна розпочати спочатку.

Астероїд рухається вздовж прямої лінії (звичайно, тільки на малих інтервалах часу, на довгих інтервалах, ми знаємо, це проекція еліпса на небесну сферу). Отже, дані у таблиці повинні потроху змінюватися. Наприклад, повільно зростає пряме піднесення (рух на схід), чи спадає (на захід). Також закономірно змінюється і схилення. Якщо Ви десь бачите помилку, переміряйте зображення.

Додаткові завдання

Визначення відстані до астероїда 1992JB

Для визначення відстані до астероїда, ми повинні використати наші знання паралаксу. Для його знаходження нам потрібні два одночасних зображення одного і того ж об'єкта, отримані з різних точок на земній поверхні. Одне з таких зображень – уже використане нами зображення 92JB12, отримане у Флагстаффі, Арізона (ASTWEST). Друге зображення отримано у той же момент у Нью-Йорку (ASTEAST).

Параметри одночасних спостережень UT = 06h57m00s, 23 May, 1992				
місце	широта	довгота	зображення	експозиція
Colgate Univ.,NY	42 48 59.1	- 75 31 59.2	ASTEAST	120
Flagstaff,AZ	35 05 48.6	-111 32 09.3	ASTWEST	120

Завдання визначення відстані до астероїда зводиться до знаходження паралактичного кута, тобто різниці у координатах астероїда, отриманих з різних точок. Ми не подаємо тут усіх формул, полишивши їх виведення на студента.

Визначення параметрів власного руху астероїда 1992JB

Виходячи з наявних результатів, визначте власний рух астероїда у секундах дуги за секунду часу а також його кутове переміщення по небу і тангенційну швидкість як власний рух, помножений на відстань до астероїда.

Проаналізуйте отримане значення швидкості руху астероїда. Порівняйте його зі значенням орбітальної швидкості Землі.

Аналіз масиву зображень

Такий масив ПЗЗ зображень астероїдів надано разом з роботою. Загалом це десять пар знімків, від A1/A2 до J1/J2. Проаналізуйте весь масив. Ідентифікуйте рухомі об'єкти. Зробіть відповідні обчислення та висновки.