

## **Обробка GPS-даних для фільтрації інформації про геопозиціонування**

*Дрозд А.Ю. Обробка GPS-даних для фільтрації інформації про геопозиціонування / Дрозд А.Ю., Титенко С. В. // Международная научная конференция имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации» ИАИ-2016, Киев, 18–20 мая 2016 г. : сб. тр. – К. : Просвіта, 2016. – С. 61-67. ISBN 978–617–7010–11–0*

*Дрозд А.Ю., Титенко С. В., к.т.н., доц.  
Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ  
artemdrd@gmail.com*

У роботі запропоновано комбінацію алгоритмів Калмана та Дугласа-Пекера, за допомогою яких зменшується кількість GPS-даних зі зберіганням точності інформації про геопозиціонування. Наведені результати роботи програми, в якій реалізовані різні алгоритми обробки GPS-даних, та обґрунтовує запропонована комбінація.

### **Вступ**

Глобальні системи супутникового позиціонування все частіше застосовуються для визначення місця розташування в системах моніторингу транспорту, що використовують спеціальне GPS-обладнання. Розвиток і поширення сучасних систем супутникового моніторингу тісно пов'язане зі зберіганням інформації про геопозиціонування, підвищенням точності та достовірності прийнятих навігаційних даних.

Точність геопозиціонування залежить від ряду факторів, у тому числі помилки обладнання навігаційних супутників, помилки GPS-приймача і помилки поширення супутникового сигналу. У загальному випадку точність геопозиціонування для побутового GPS-приймача становить близько 15 метрів. Джерелами помилок можуть бути наступні причини [1]:

- недостатня кількість видимих супутників;
- неточність ефемерид і помилки супутникових годинників;
- перешкоди відбитого сигналу на антену супутникового приймача;

- перешкоди, пов'язані зі змінами умов прийому сигналів з супутників (проїзд по тунелю, щільно забудована територія, лісова місцевість);
- затримка за часом в апаратурі приймача;
- проблеми пов'язані з живленням навігаційного пристрою (знеструмлення терміналу або сильні перешкоди від електромережі на апаратуру терміналу);
- іоносферна затримка;
- тропосферна затримка.

На сучасному етапі розвитку технологій високого розповсюдження набули мобільні пристрої. Велика кількість яких має вбудований GPS-приймач. На сьогоднішній день персональний GPS-моніторинг використовується в багатьох сферах діяльності, тому проблема зберігання великої кількості записаних GPS-даних є актуальною.

Зменшення кількості даних про геопозиціонування можливо досягти шляхом застосування різних алгоритмів обробки прийнятих навігаційних даних.

## Методи обробки GPS-даних

### Алгоритм Рамера — Дугласа — Пекера

Алгоритм Дугласа-Пекера — це алгоритм, що дозволяє зменшити кількість точок кривої, апроксимованої більшою серією точок. Також алгоритм відомий під наступними іменами: алгоритм Рамер-Дугласа-Пекера, алгоритм ітеративної найближчої точки і алгоритм розбиття і злиття [2].

Суть алгоритму полягає в тому, щоб по даній ламаній, апроксимуючій криву, побудувати ламану з меншим числом точок. Алгоритм визначає розбіжність, яка обчислюється по максимальній відстані між вихідною і спрощеною кривими. Спрощена крива складається з підмножини точок, які визначаються з початкової кривої.

Початкова крива являє собою упорядкований набір точок або ліній, і задану відстань  $\epsilon > 0$ . Початкова крива 0 та спрощена крива 4 показані на рис. 1.

Алгоритм рекурсивно ділить лінію. Входом алгоритму служать координати всіх точок між першою і останньою. Перша і остання точки зберігаються незмінними. Після чого алгоритм знаходить точку, найбільш віддалену від відрізка, що з'єднує першу і останню точки. Якщо точка знаходиться на відстані меншій  $\epsilon$ , то всі точки, які ще не були відзначені до збереження, можуть бути викинуті з набору і нова пряма згладжує криву з точністю не нижче  $\epsilon$

Якщо ж відстань більше  $\epsilon$ , то алгоритм рекурсивно викликає себе на наборі від початкової до даної і від даної до кінцевої точок (що означає, що дана точка буде відзначена до збереження).

По закінченню всіх рекурсивних викликів вихідна ламана будується тільки з тих точок, що були відзначені до збереження.

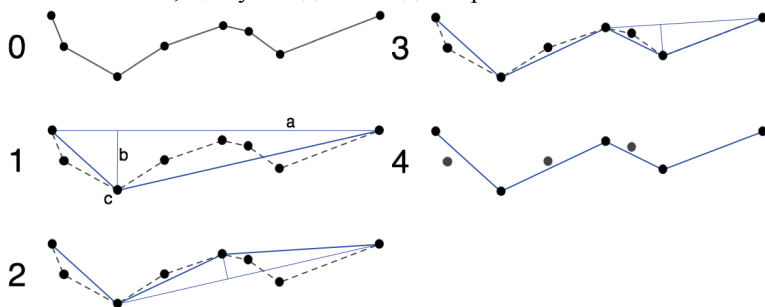


Рис. 1. Згладжування кусково-лінійної кривої алгоритмом Дугласа-Пекера.

## Фільтр Калмана

Фільтр Калмана — це алгоритм, що використовує послідовності вимірювань протягом часу, які містять шум (випадкові відхилення) та інші неточності, й видає оцінки невідомих змінних, що є потенційно точнішими за базовані на самих лише вимірюваннях. Формальніше, фільтр Калмана працює рекурсивно на потоках зашумлених вхідних даних, і видає статистично оптимальну оцінку базового стану системи. Фільтр названо на честь Рудольфа Калмана, одного з головних розробників його теорії.

Фільтр Калмана має численні застосування у технології. Поширеним є застосування для наведення, навігації та керування транспортними засобами, особливо літаками та космічними апаратами. Крім того, фільтр Калмана є широко застосовуваною концепцією в аналізі часових рядів, що використовується у таких галузях як обробка сигналів та економетрія. Фільтри Калмана також є однією з головних тем у плануванні та керуванні роботизованим рухом, й іноді включаються до оптимізації траєкторії.

Цей алгоритм працює як двокроковий процес. На кроці передбачення фільтр Калмана видає оцінки змінних поточного стану, разом із їхніми невизначеностями. Щойно отримано спостереження виходу наступного вимірювання (неодмінно якоюсь мірою спотворене відхиленням, включно з випадковим шумом), ці оцінки уточнюються з використанням середнього зваженого, в якому більше ваги надається оцінкам з вищою визначеністю. Через рекурсивну природу алгоритму він може працювати

в реальному часі, використовуючи лише наявні вхідні вимірювання, попередньо обчислений стан та його матрицю невизначеності; ніякої додаткової інформації не потрібно [3].

## Рухоме середнє

Ковзне середнє або рухоме середнє — один із інструментів аналізу випадкових процесів та часових рядів, що полягає в обчисленні середнього підмножини значень. Ковзне середнє не є скаляром, а є випадковим процесом. Розмір підмножини, від якої обчислюється середнє значення може бути як сталим, так і змінним. Ковзне середнє може мати ваги, наприклад, для посилення впливу новіших даних у порівнянні зі старішими [4].

Ковзне середнє може обчислюватись від довільних даних, однак, найчастіше його використовують в аналізі часових рядів для згладжування раптових коливань та підкреслення довготермінових трендів або циклів. З математичної точки зору, ковзне середнє є різновидом згортки та схоже на фільтр низьких частот в обробці сигналів.

Просте ковзне середнє(SMA) — є одними з найбільш простих і популярних індикаторів в технічному аналізі. SMA є звичайним середнім арифметичним від значень за певний період. SMA відноситься до класу індикаторів, які слідуєть за трендом, воно допомагає визначити початок нової тенденції і її завершення, за його кутом нахилу можна визначити силу (швидкість руху), воно ж в якості основи (або згладжуючого фактора) застосовується у великій кількості інших технічних індикаторів.

## Метод швидкої фільтрації GPS-даних

GPS-приймачі є пристроями, які безперервно обчислюють позицію, час і ряд інших параметрів. У чистому вигляді GPS-дані незручні для використання і часто несуть багато зайвої інформації. Навіть якщо приймач знаходиться в нерухомому стані дані про позицію постійно змінюються, виявляється свого роду шум, пов'язаний з рухом супутників, процесами в атмосфері і випромінюванням з боку сонця, що впливають на сигнал. Якщо не використовувати фільтрацію і брати дані про позицію з нерухомого приймача як є, можна спостерігати безперервну зміну його положення, як наведено в рис. 2. В результаті таких змін за півгодини нерухомості розрахунковий шлях об'єкта, який спостерігається може досягати декількох кілометрів, що може бути неприйнятним для ряду систем.

У складних системах моніторингу по збору і зберіганню GPS-даних від безлічі об'єктів, використання фільтрації дозволяє значно скоротити обсяги оброблюваної інформації без втрати якості останньої. Ця задача фільтрації полягає в відсіві даних, що не дають принципово нової інформації про стан об'єкта [5].

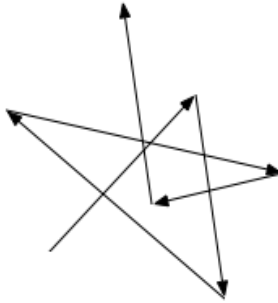


Рис. 2. Приклад шуму.

Запропонований фільтр GPS-даних можна розділити на дві частини:

- фільтр попереднього очищення;
- фільтр надлишкових даних.

Попередня фільтрація реалізує відсів вибірок, які є помилковими, неповними або не відповідають кількості необхідних параметрів. Для ряду систем цей етап фільтрації може виявитися корисним. Додатково, в залежності від вимог до якості даних, можна відсівати вибірки, в яких значення точності виходять за максимально допустимі межі, зазначені в налаштуваннях фільтра.

Фільтр надлишкових даних в якості критерію використовує відстань між двома точками, яка має бути менша суми їх точностей позиціонування. Для довготи і широти це радіус кола (сфери, якщо враховувати висоту), який береться рівним значенню точності для даної точки. Нові вибірки проходять фільтрацію за умови, що їх коло не перетинається з колом попередньої, пройшовшої фільтрацію вибірки. Якщо фільтрацію подібного типу не виконувати, тоді крім зайвих точок без корисної інформації, буде спостерігатися шум.

Основними перевагами даного методу фільтрації GPS-даних можна відзначити:

- можливість реалізації алгоритму на малопотужному пристрої;
- значне зменшення потоку даних.

## **Аналіз методів обробки GPS-даних**

Провівши аналіз роботи реалізованих алгоритмів обробки GPS-даних, їх можна поділити на дві групи:

- алгоритми, що зменшують кількість даних;
- алгоритми, що покращують точність даних.

До фільтрів першої групи, що дозволяють зменшити кількість даних, відносяться алгоритм Дугласа-Пекера та метод швидкої фільтрації GPS-даних. Алгоритм Кальмана та рухоме середнє відносять до фільтрів другої групи, які дозволяють покращити точність навігаційних даних.

В результаті обробки GPS-даних фільтрами першої групи, значно знижується кількість точок, але падає точність самого маршруту. В результаті обробки даних фільтрами другої групи, покращується точність треку, але кількість даних залишається незмінною. Тому було запропоновано використання декількох методів обробки.

Було проведено обробку GPS-даних різними комбінаціями алгоритмів. Тестові GPS-дані оброблювались різними алгоритмами послідовно, при цьому порядок алгоритмів та їх кількість дає різний результат. В таблиці 1 показані дані обробки двох різних наборів GPS-даних, використовуючи різні комбінації алгоритмів обробки.

**Таблиця 1. Оцінювання ступеню подібності об'єктів**

Комбінація алгоритмів	Набір даних №1		Набір даних №2	
	Кількість точок	Середня точність, м.	Кількість точок	Середня точність, м.
—	66	6,05	128	5,97
Калмана Дугласа-Пекера	9	6,04	11	5,97
Рухоме середнє Дугласа-Пекера	10	6,12	15	6,04
Швидка фільт. Калмана	44	6.35	80	6,33
Швидка фільт. Рухоме середнє	43	6,61	79	6,23
Швидка фільт. Калмана Дугласа-Пекера	6	6,98	11	6,75
Швидка фільт. Рухоме середнє Дугласа-Пекера	7	6.28	8	6,92

Використання комбінації алгоритмів Калмана та Дугласа-Пекера показала найкращий результат. Ця комбінація дозволила підвищити точність отриманих GPS-даних та зменшити їх кількість.

## Висновок

У роботі розглянуто алгоритми Калмана, Дугласа-Пекера, рухомого середнього та методу швидкої фільтрації GPS-даних. За результатами обробки GPS-даних ці алгоритми можна поділити на дві групи. Перша група алгоритмів, до якої відноситься алгоритм Калмана та рухоме середє, дозволяє покращити тохність отриманих навігаційних даних. Друга група алгоритмі, до якої відноситься алгоритм Дугласа-Пекера та метод швидкої фільтрації GPS-даних, дозволяє зменшити кількість GPS-даних.

Було проведено аналіз роботи різних комбінацій цих алгоритмів, коли GPS-дані обробляються різними алгоритмами послідовно. На основі аналізу отриманих результатів обробки, найкращий результат має комбінація Калмана та Дугласа-Пекера. Використання даної комбінації при обробці GPS-даних, дає можливість зменшити кількість даних які необхідно зберігати, без зменшення точності інформації про місцеположення які вони містять.

Використовуючи цю комбінацію алгоритмів, було розроблено модуль, який дозволяє обробляти GPS-дані для подальшого їх використання та зберігання.

## Література

1. *Adrados C.* Global Positioning System (GPS) location accuracy improvement due to Selective Availability removal // *Comptes Rendus Biologies.* – Elsevier. – 2002. – Volume 325. №2, P. 165–170
2. *Hershberger J.* Speeding Up the Douglas-Peucker Line-Simplification Algorithm // *Snoeyink J.* Proc 5th Symp on Data Handling. – 1992 – P. 134–143
3. *Ситник О.О.* Аналіз алгоритмів оптимальної фільтрації за показниками точності при скалярних вимірюваннях // Відбір і обробка інформації. – Київ: Наукова думка – 2011. – №34 – С. 110
4. *Камінський Р.М.* Математичний підхід у організації роботи людино-машинного інтерфейсу обробки візуальної інформації // Технічні вісті, – Львів, – 2001. – №10 – С. 43–46.
5. *Artem Drozd.* Method for rapid filtering of GPS data // XV всеукраїнська студентська науково–практична інтернет–конференція. – К.: НТУУ «КПІ», – 2015. – С. 31–33.