

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ GALILEO И GPS

Анализируются результаты моделирования геометрических факторов совместного применения систем GALILEO и GPS для условий ограниченного доступа до спутников. Приводится модель орбитального движения спутников GALILEO. Показывается, что в условиях ограниченной видимости спутников совместное применение двух систем имеет преимущество.

Спутниковая навигация, GALILEO, GPS

Введение. Создаваемая Европейским Союзом спутниковая навигационная система GALILEO будет единственной гражданской системой массового обслуживания, ориентированная на применение только в не военном секторе. В настоящее время система находится в завершающей стадии разработки и представляется весьма актуальным исследовать возможности системы методами моделирования. В данной работе построена модель орбитального движения навигационных спутников GALILEO и через параметр изменения точности в зависимости от геометрического расположения спутников относительно потребителя (геометрический фактор) оцениваются потенциальные погрешности определения местоположения потребителя при интеграции систем GALILEO и GPS в условиях «затенения» части спутников, например, высотными зданиями в городских условиях.

Краткая характеристика системы GALILEO. Согласно проекту спутниковая группировка будет содержать 27 рабочих и три резервных навигационных космических аппарата, расположенных равномерно на трех орбитах. Долготы восходящих узлов орбит отстоят друг от друга на 120° . В плоскости орбит спутники расположены через 40° . Наклонение орбит к плоскости экватора составляет 56° . Средние значения больших полуосей орбит и времени обращения составляют 30049415.54 м и 12 часов 24 мин. соответственно.

Система GALILEO будет предоставлять следующие виды обслуживания:

- открытое обслуживание, OS (Open Service) - сигналы доступные всем пользователям;
- служба поиска и спасения, SAR (Search and Rescue) - сигналы доступные всем пользователям;
- служба безопасности движения, SLS (Safety of Life Service) – сигналы доступные авиационным и морским потребителям на договорной основе;
- коммерческая служба, CS (Commercial Service) – сигналы доступные пользователям на платной основе;
- государственное регулируемое обслуживание, PRC (Public Regulated Service) - государственным службам предоставляются помехозащищенные и зашифрованные навигационные сигналы.

Предполагаемые технические характеристики:

- зона обзора - глобальная и распространяется на околоземное пространство;
- точность определения координат с вероятностью 95% - в горизонтальной плоскости 4 м, в вертикальной плоскости 8 м;
- риск потери непрерывности- $8 \cdot 10^{-7}/15$ с;
- эксплуатационная готовность- 99%...99.9%;
- целостность - риск потери целостности $2 \cdot 10^{-7}$, время предупреждения 6 с, пороги тревоги: в горизонтальной плоскости 12 м, в вертикальной плоскости 20 м;
- система координат - предполагается, что система координат GALILEO будет построена на опорных станциях слежения за спутниками GALILEO и незначительно отличаться от WGS-84;

— количество частотных диапазонов - 5.

Построение орбитальной модели системы GALILEO. При построении орбитальной модели спутников использовались элементы кеплеровской орбиты и аппарат невозмущенного движения спутников вокруг земли. Было сделано допущение, что отклонение кеплеровских элементов от номинальных такое, как в системе GPS. На рис. 1 изображены расчетные орбиты спутников GALILEO, выполненные в среде MatLab.

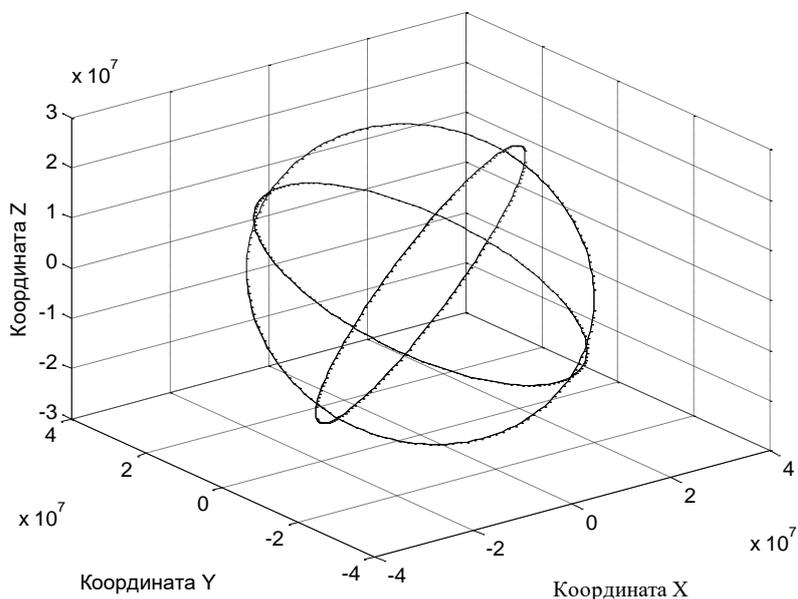


Рис.1 Орбиты спутников GALILEO

Траектория движения одного из навигационных спутников при выходе его в точку старта показана на рис. 2. Траектория (рис. 2) рассчитана для времени, когда спутник выходит в ту же точку, из которой стартовал. Это время составляет 72 часа. Рассчитанные для каждого из 27 спутников GALILEO траектории были заложены в расчеты геометрических факторов. В дальнейшем для оценки результатов моделирования полагалось, что ошибка определения местоположения в горизонтальной плоскости определяется соотношением:

$$\sigma_{xy} = 10 \times HDOP.$$

Т. е. если геометрический фактор HDOP равен 5, то ошибка составит 50 м.

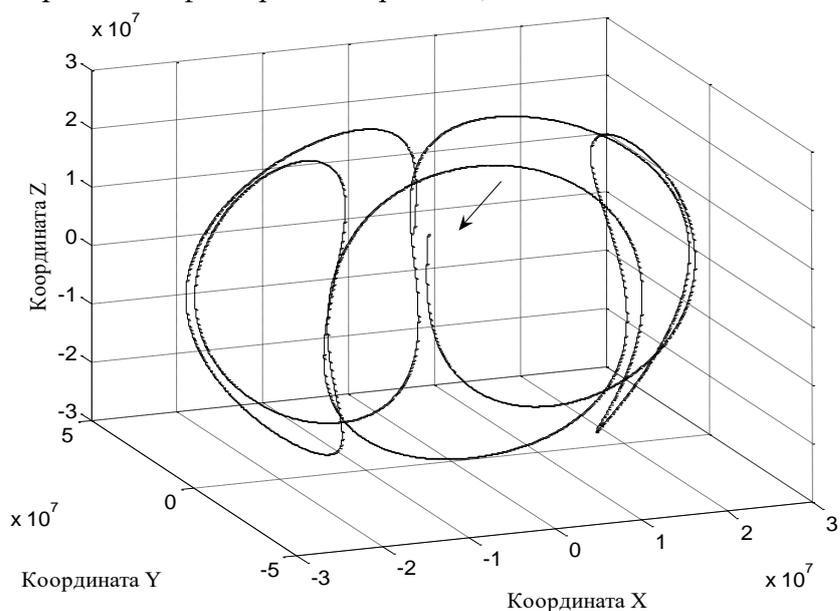


Рис. 2 Траектория движения навигационного спутника GALILEO (стрелка показывает точки старта и финиша)

Результаты моделирования. Моделировались следующие сценарии: геометрические факторы (GDOP, HDOP) при совместном и раздельном применении систем GPS и GALILEO для позиции потребителя в конусе с центральным углом 40° (рис. 3) и 30° (рис. 4); геометрический фактор (GDOP) при применении только GALILEO и только GPS для позиции потребителя в конусе с центральным углом 30° (рис. 5); геометрический фактор HDOP при совместном и раздельном применении систем для позиции потребителя в конусе с центральным углом 20° (рис. 6); геометрические факторы HDOP при совместном применении систем при блокировке спутников только в западном и восточном направлениях углами маски по азимуту 60° и месту 40° , только в северном и южном направлениях с аналогичными углами маски (рис. 7); геометрические факторы HDOP при раздельном применении систем при блокировке спутников, геометрические факторы HDOP при совместном применении систем при блокировке спутников только в западном и восточном направлениях с углами маски по азимуту 60° и месту 40° .

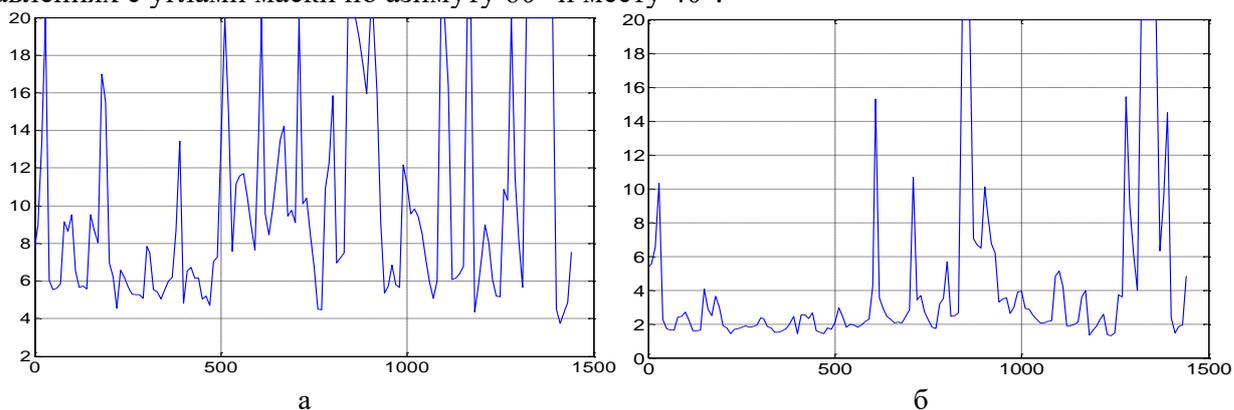


Рис. 3 Геометрические факторы при совместном применении систем GPS и GALILEO:
а- GDOP, б- HDOP

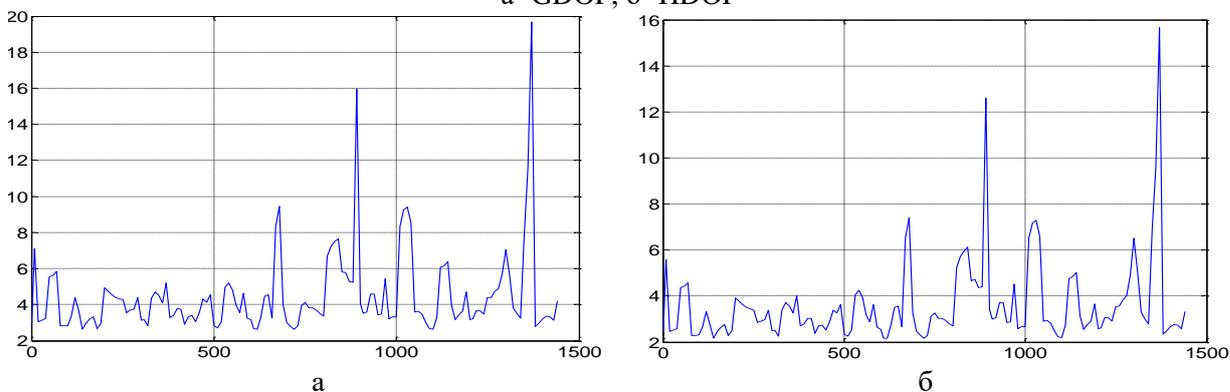


Рис. 4 Геометрические факторы при совместном применении систем GPS и GALILEO:
а- GDOP, б- HDOP

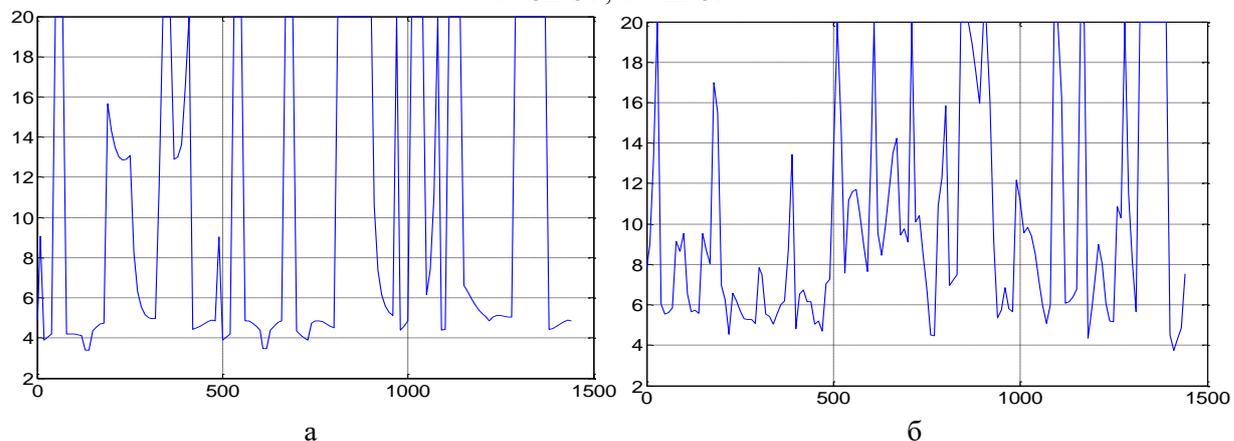


Рис. 5 Геометрический фактор GDOP при раздельном применении систем:
а- GALILEO, б- GPS

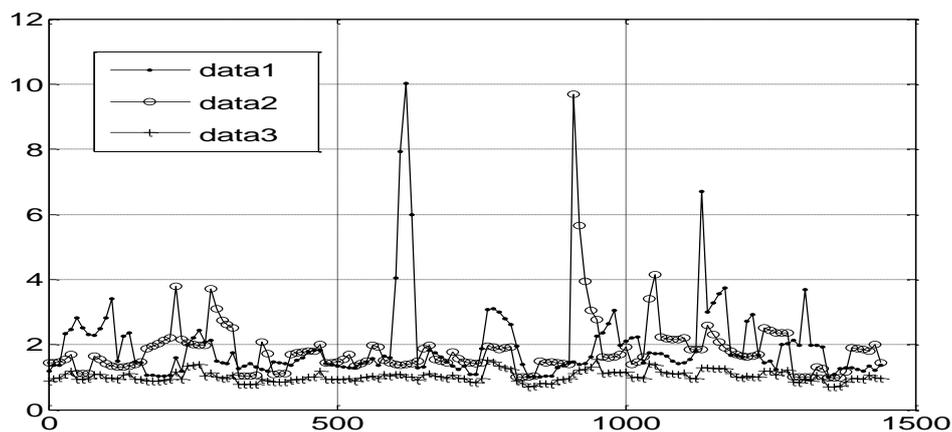


Рис. 6 Геометрический фактор HDOP: data1-GPS, data2- GALILEO , data3- GPS+GALILEO

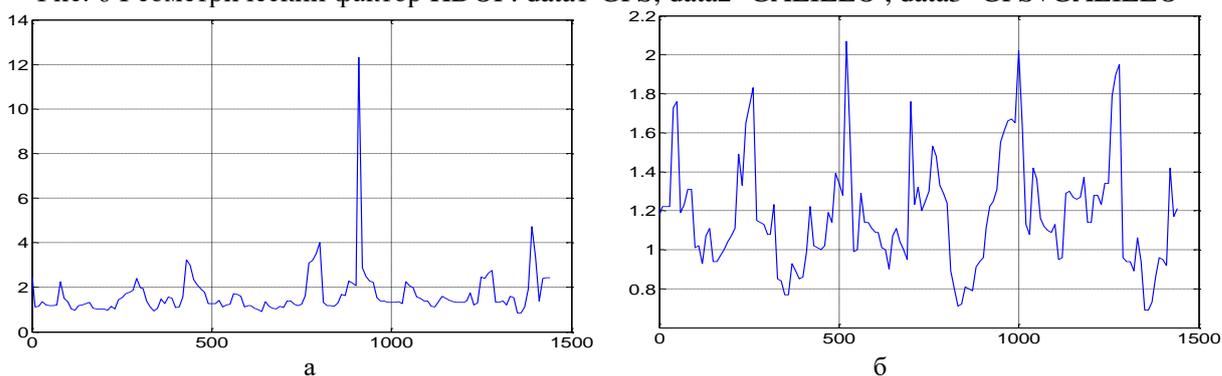


Рис. 7 Геометрический фактор HDOP при совместном применении систем: а- при блокировке спутников в направлениях запад-восток, б- при блокировке спутников в направлениях север юг

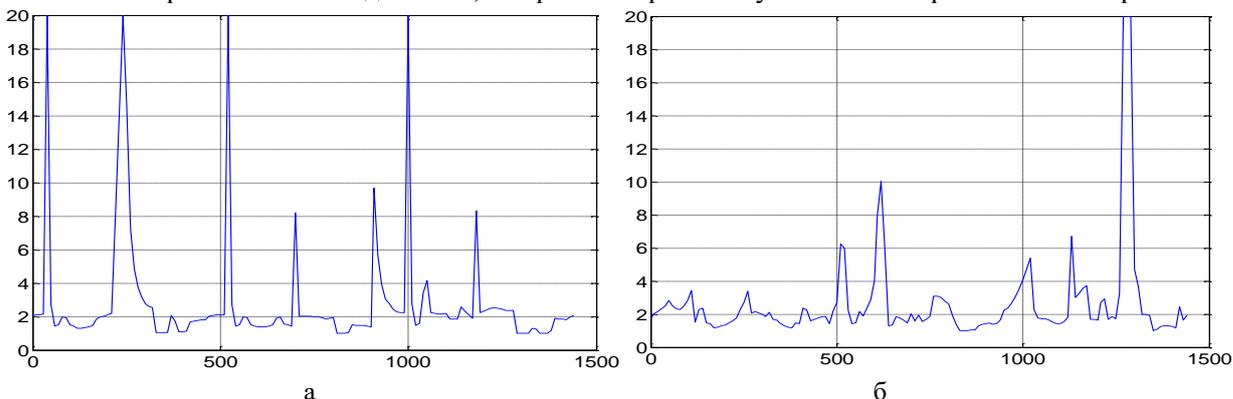


Рис. 8 Геометрический фактор HDOP при раздельно применении систем: а- GALILEO, б- GPS

На рис. 3-8, по горизонтальным осям отложено время (значению 1500 соответствует 1500 минут, несколько больше суток).

Заключение и выводы. Разработана модель орбитального движения навигационных спутников GALILEO, позволяющая оценить точности определения местоположения в условиях «затенения» спутников и выявить преимущества совместного использования систем GALILEO и GPS. Путем моделирования установлено: при углах «затенения» больше 30° получить приемлемые результаты (близкие к 50 м) от совместного применения систем GALILEO и GPS можно в течение 8 часов в сутки (рис. 3, 4), при раздельном применении систем такие точности достижимы только в ограниченные промежутки времени (рис. 5); при углах затенения меньше 20° совместное применение систем GALILEO и GPS позволяет получить точности определения местоположения до 10 метров на протяжении суток (рис. 6); при блокировке спутников с направлений с двух направлений при совместном применении систем GALILEO и GPS, даже при углах затенения 40° на протяжении суток достижимы точности меньше (1...20) метров (рис. 7); при раздельном применении систем двухстороннее затенение спутников дает значительно худшие результаты.