

Оценка точности навигации внутри помещений по данным Bluetooth устройств

В.М. Гриняк

Владивостокский государственный университет экономики и
сервиса,

А.С. Девятисильный,

Институт автоматике и процессов управления ДВО РАН,

П.А. Цыбанов,

Дальневосточный федеральный университет

Наработки в области навигации внутри помещений (Indoor navigation)

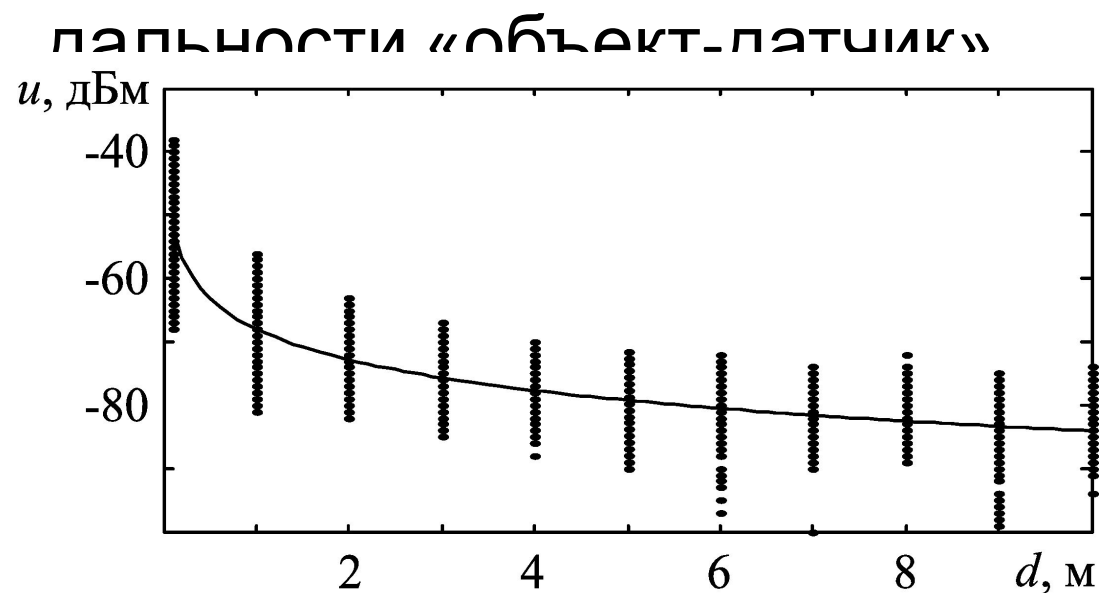
- Данные инерциальных датчиков
- Данные Wi-Fi / Bluetooth
 - Радиоотпечаток
 - Дальномерная система «объект-датчик»
- Система оптического типа
- Навигация по магнитному полю

Особенности Bluetooth датчиков

Датчики SkyLab BLE
от



Зависимость уровня сигнала



Модель задачи навигации внутри помещений по данным Bluetooth устройств

Уровень принимаемого сигнала

$$u = u_* - 10 \cdot n \cdot \log_{10}(d/d_*)$$

Дальность «объект-датчик»

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

Уравнения измерений

$$u_i(t_k) = u_{*i} - 10 \cdot n \cdot \log_{10} \left(\sqrt{(x(t_k) - x_i)^2 + (y(t_k) - y_i)^2} / d_{*i} \right) + \eta_i(t_k),$$

Модель задачи навигации внутри помещений по данным Bluetooth устройств

Модель движения объекта

$$x(t_{k+1}) = x(t_k) + v_x(t_k)(t_{k+1} - t_k)$$

$$y(t_{k+1}) = y(t_k) + v_y(t_k)(t_{k+1} - t_k)$$

Линеаризованные уравнения измерений с учётом эволюции координат

$$\begin{aligned} \delta u_i(t_k) = & \frac{-10 \cdot n \cdot d_{*i} \cdot (x(t_k) - x_i)}{\ln(10) \cdot ((x(t_k) - x_i)^2 + (y(t_k) - y_i)^2)} \delta x(t_*) + \\ & + \frac{-10 \cdot n \cdot d_{*i} \cdot (x(t_k) - x_i)}{\ln(10) \cdot ((x(t_k) - x_i)^2 + (y(t_k) - y_i)^2)} (t_k - t_*) \delta v_x(t_*) + \\ & + \frac{-10 \cdot n \cdot d_{*i} \cdot (y(t_k) - y_i)}{\ln(10) \cdot ((x(t_k) - x_i)^2 + (y(t_k) - y_i)^2)} \delta y(t_*) + \\ & + \frac{-10 \cdot n \cdot d_{*i} \cdot (y(t_k) - y_i)}{\ln(10) \cdot ((x(t_k) - x_i)^2 + (y(t_k) - y_i)^2)} (t_k - t_*) \delta v_y(t_*) + \eta_i(t_k), \end{aligned}$$

Модель задачи навигации внутри помещений по данным Bluetooth устройств

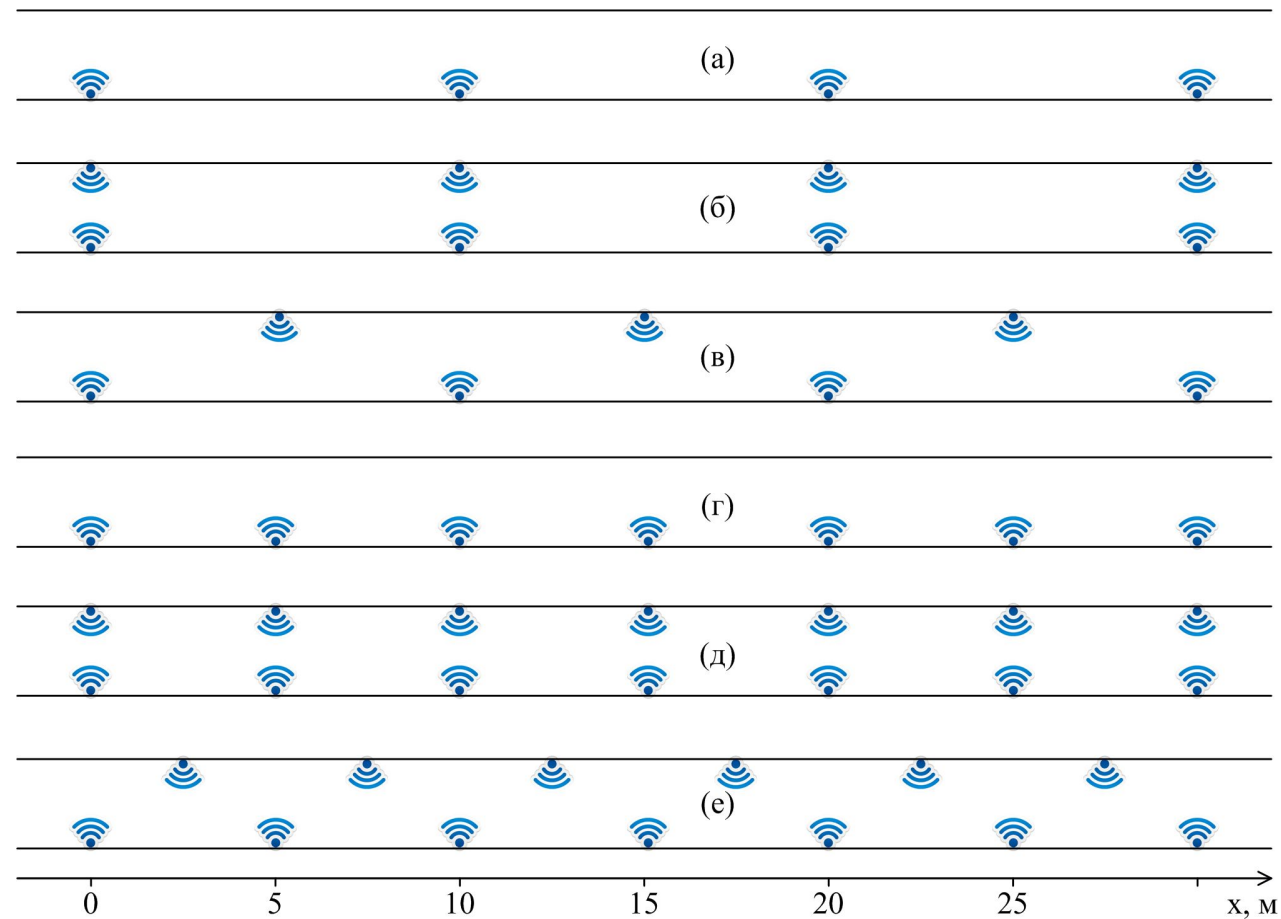
Задача метода наименьших квадратов

$$\delta \mathbf{Z} = \mathbf{H} \delta \mathbf{s}(t_*) + \boldsymbol{\xi}$$

$$\mathbf{H}^T \mathbf{Q}^{-1} \delta \mathbf{Z} = \mathbf{H}^T \mathbf{Q}^{-1} \mathbf{H} \delta \mathbf{s}(t_*)$$

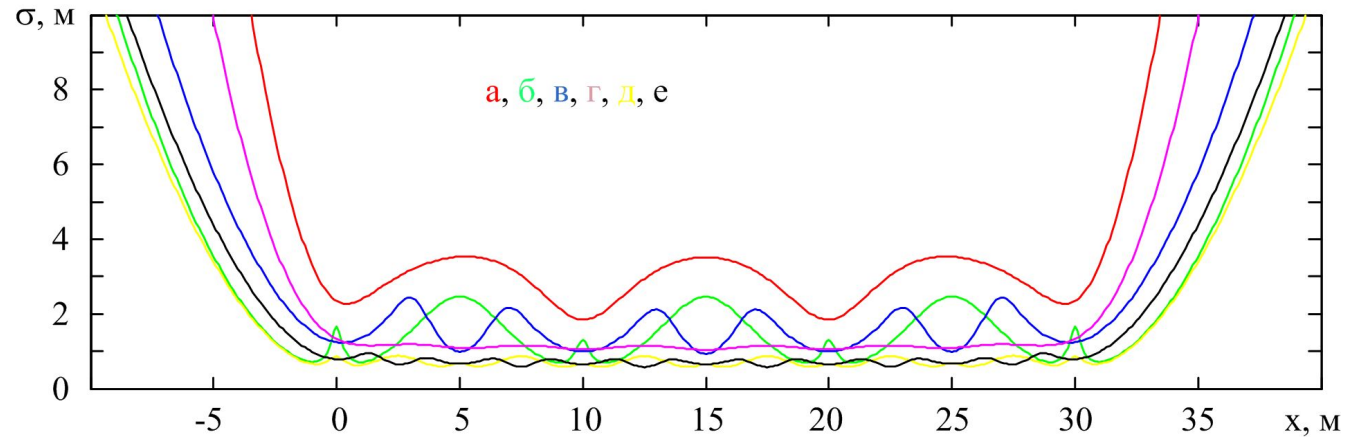
Результаты численного моделирования

Моделируемое расположение датчиков: коридор



Результаты численного моделирования

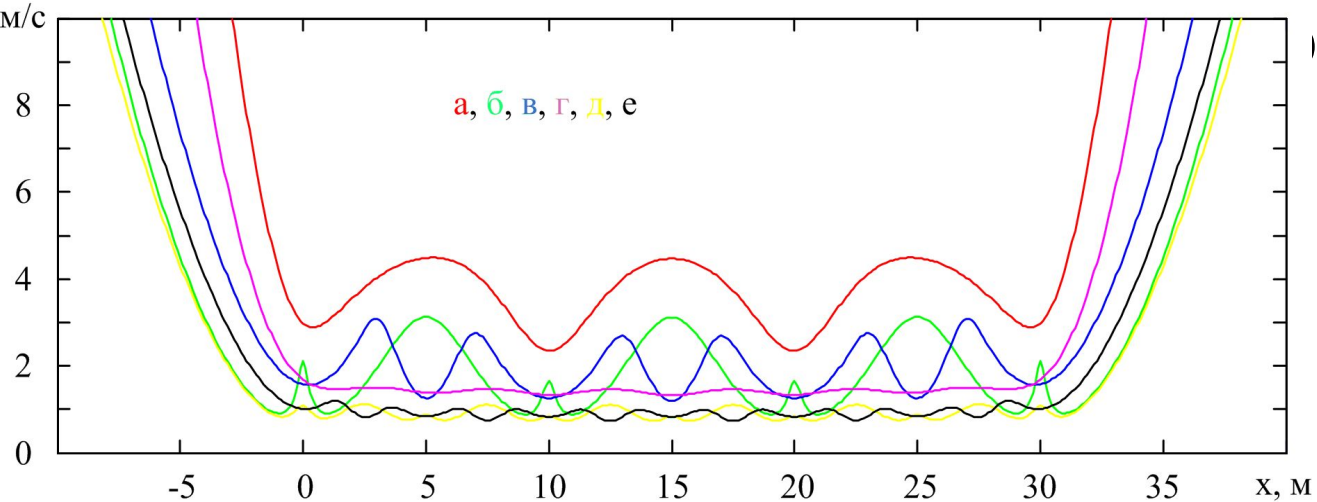
Погрешность координат при оценке координат и скоростей объекта



Погрешности

σ , м/с

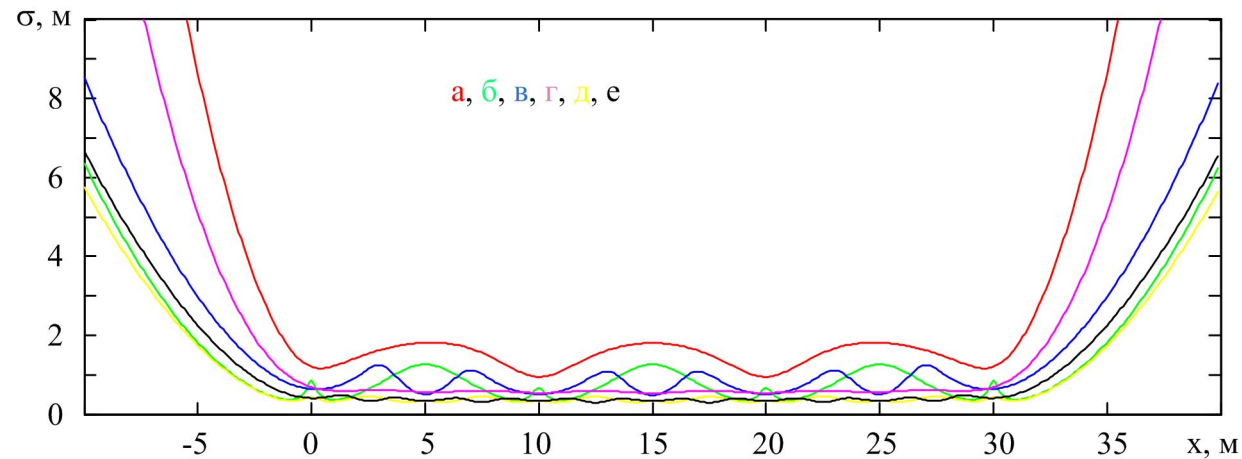
объекта



ностей

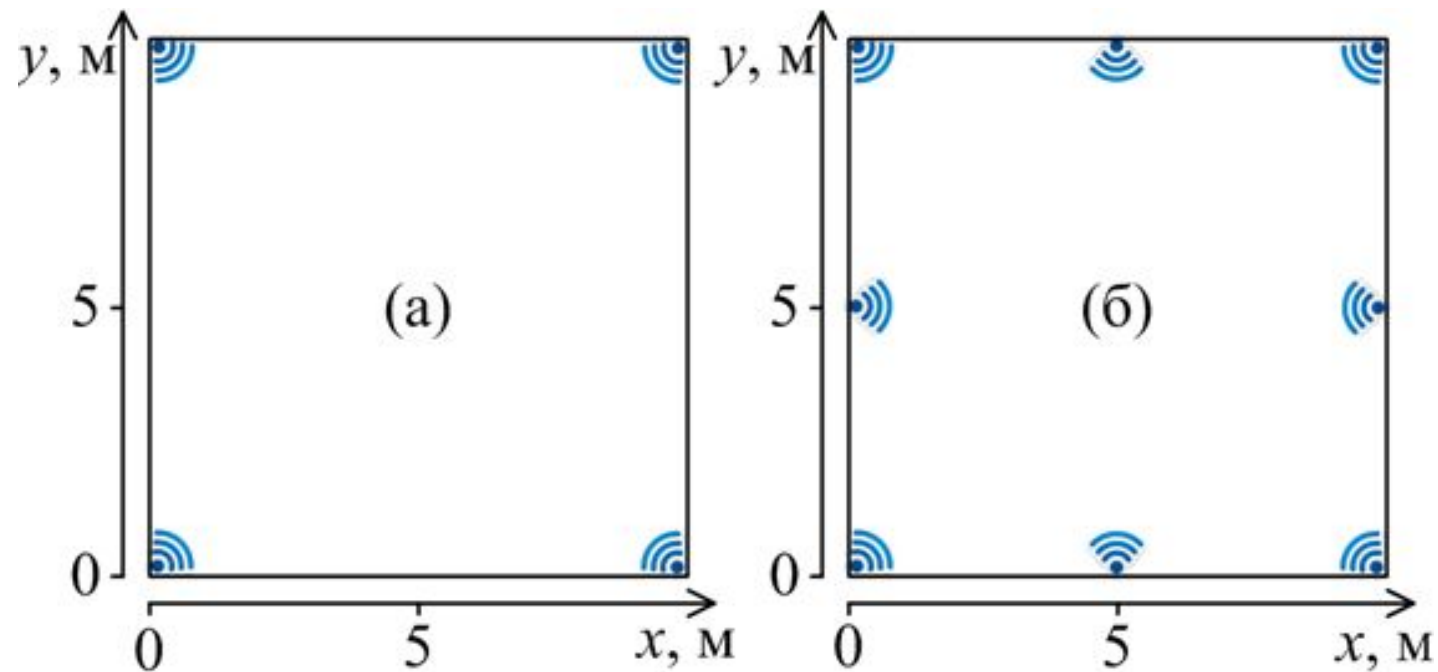
Результаты численного моделирования

Погрешность координат при оценке только координат объекта
(статическая задача)



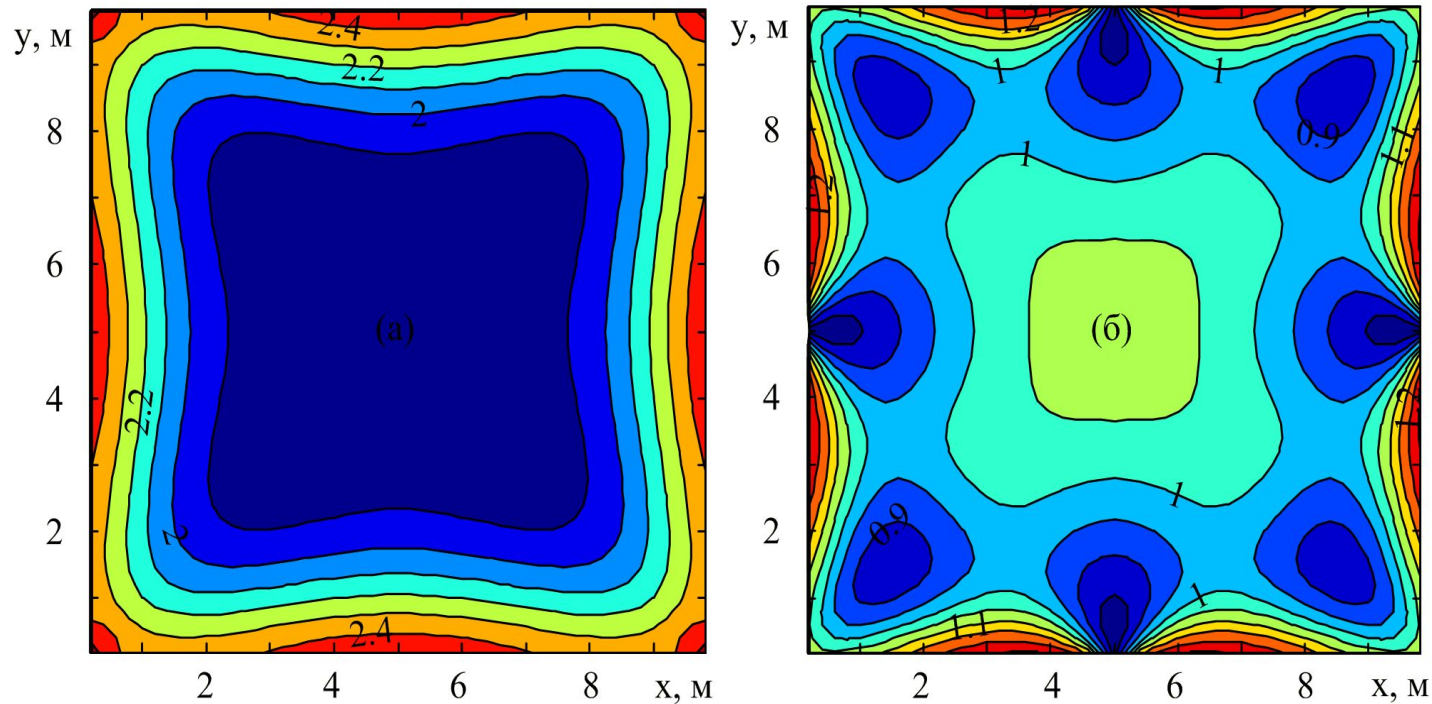
Результаты численного моделирования

Моделируемое расположение датчиков: холл/комната



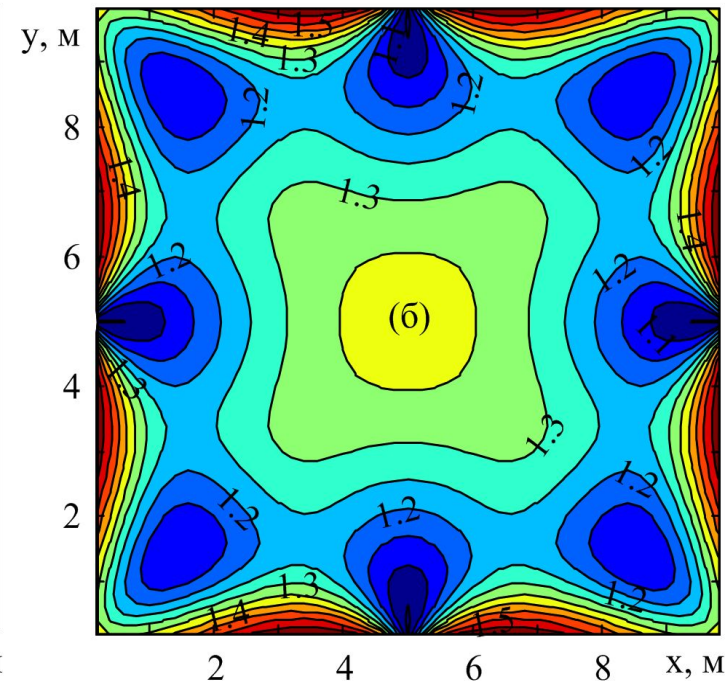
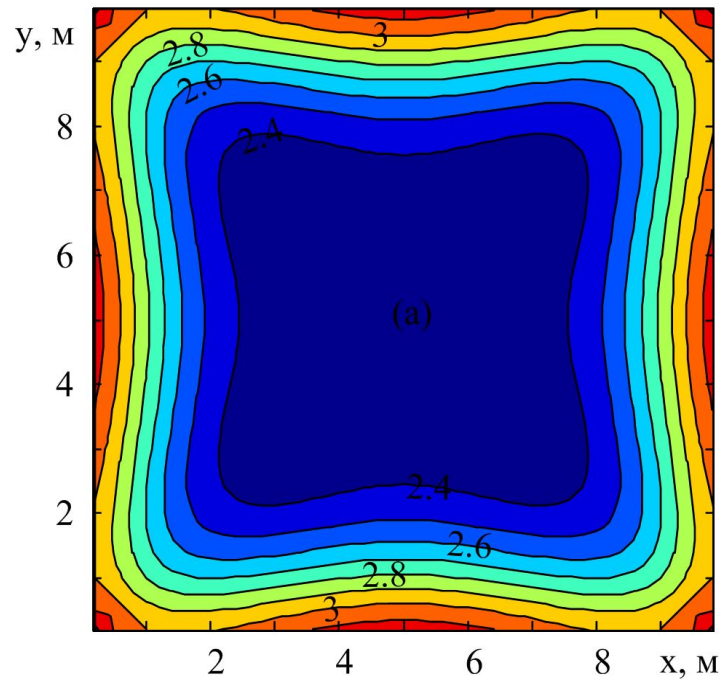
Результаты численного моделирования

Погрешность оценки координат при оценке координат и скоростей объекта (кинематическая задача)



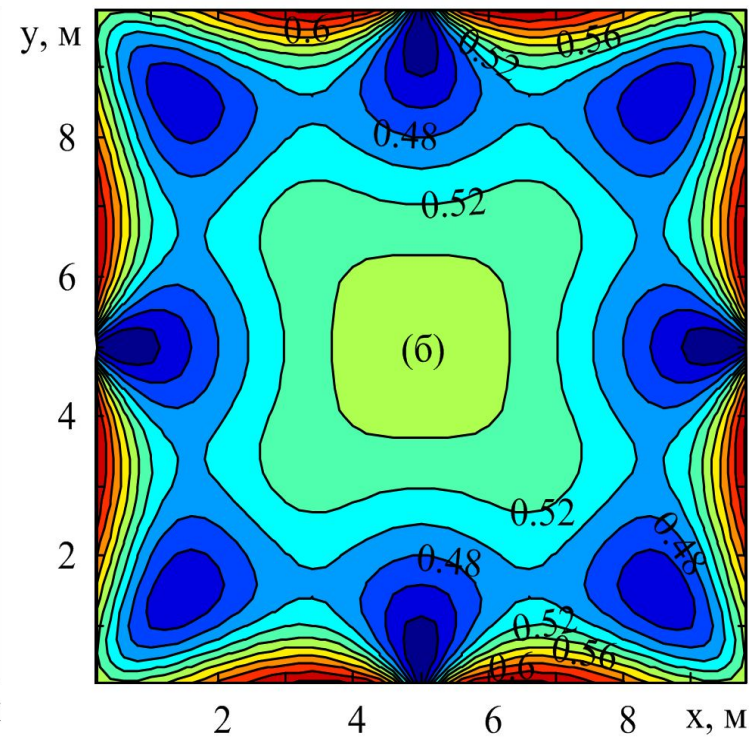
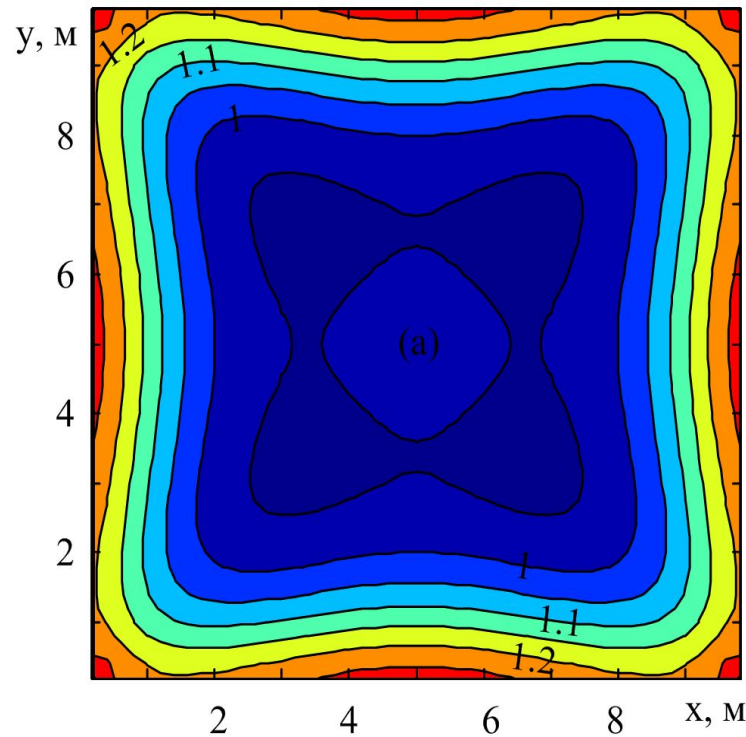
Результаты численного моделирования

Погрешность оценки скорости при оценке координат и скоростей объекта (кинематическая задача)



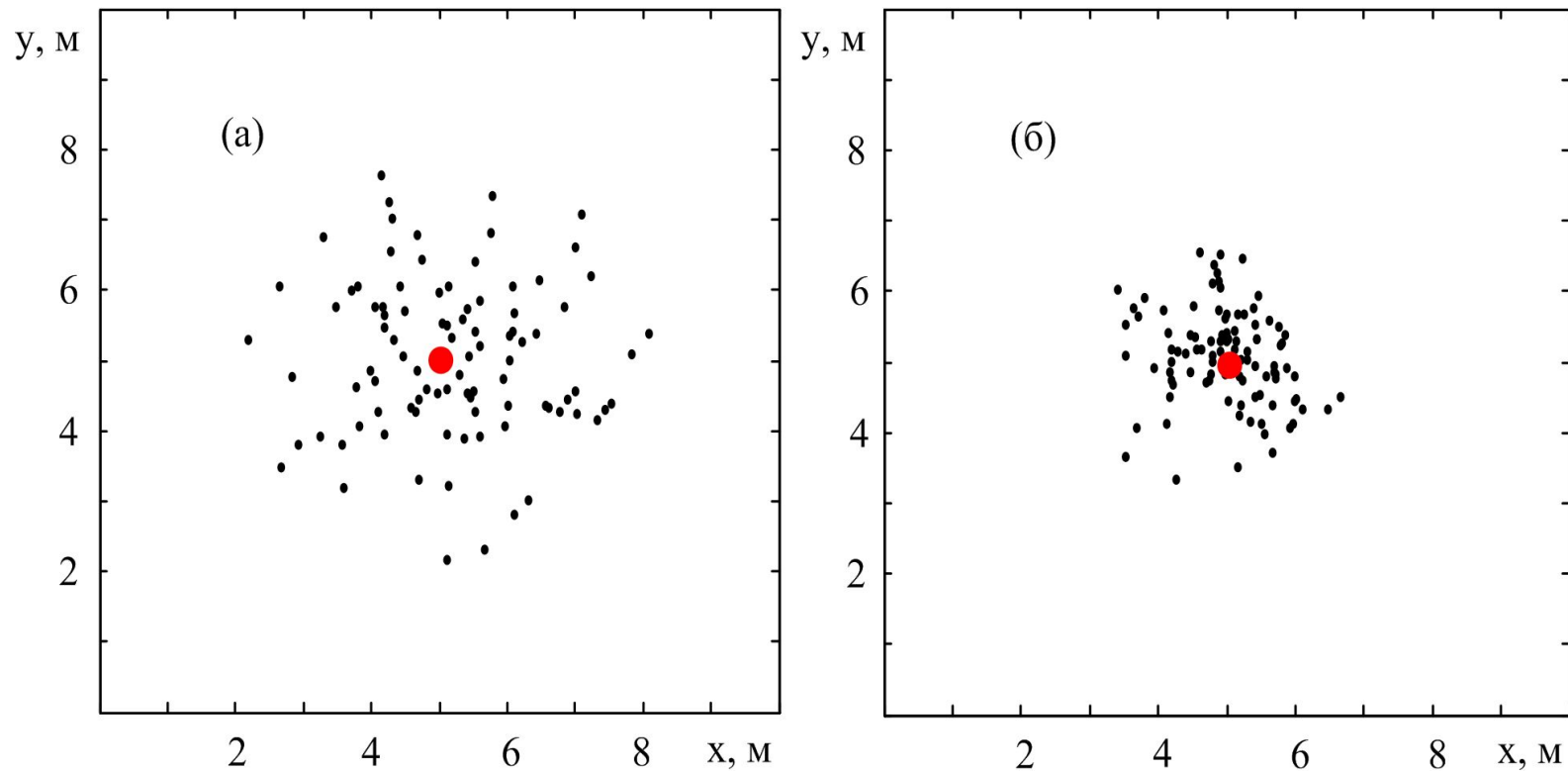
Результаты численного моделирования

Погрешность оценки координат при оценке только координат объекта (статическая задача)



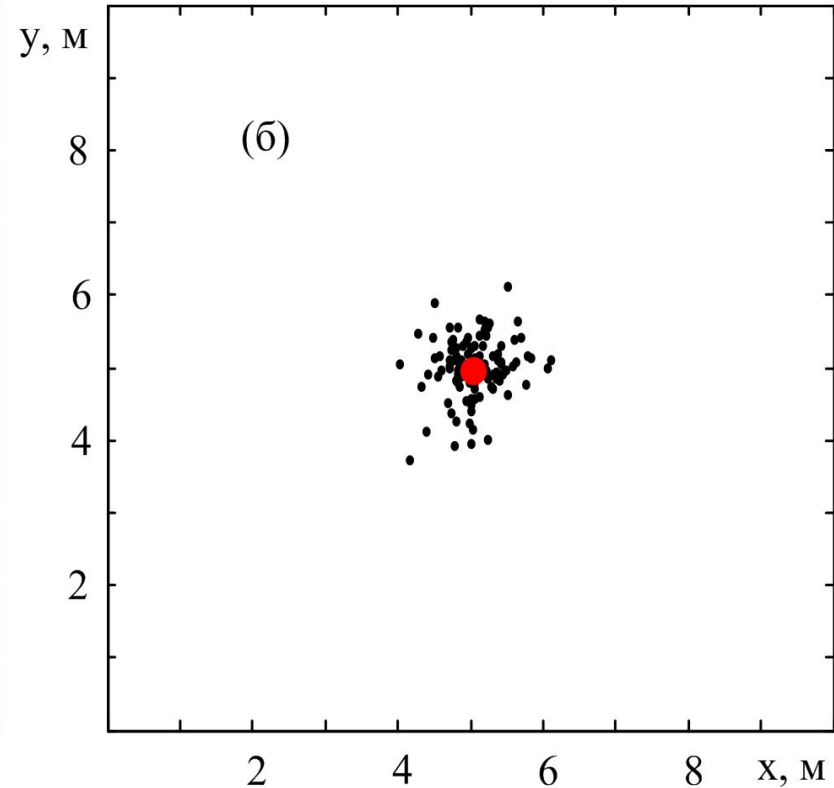
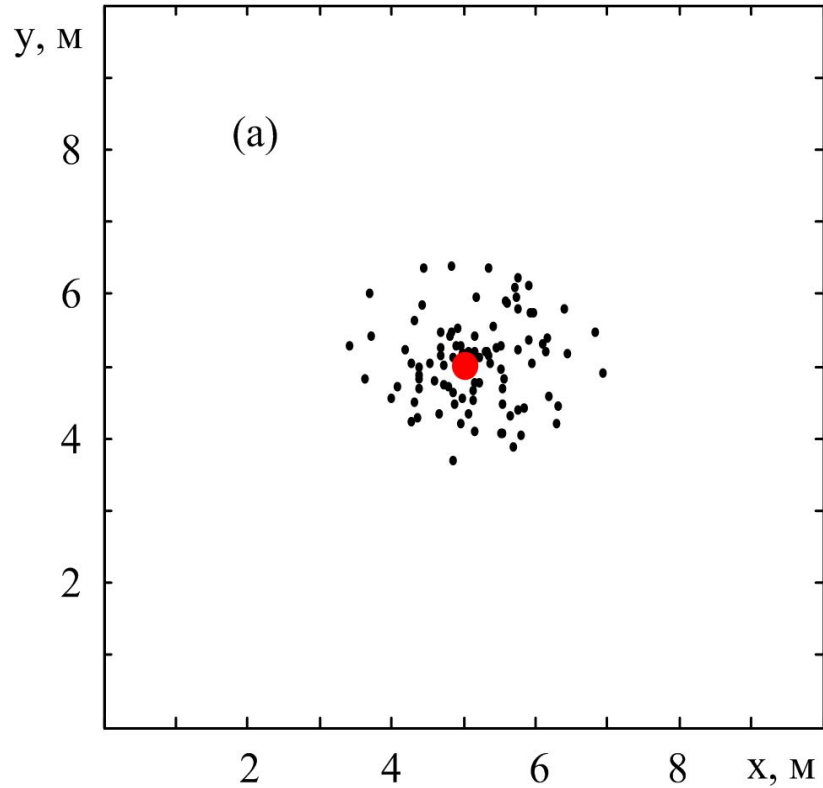
Результаты натурального эксперимента

Результат оценки координат при оценке координат и скоростей объекта (кинематическая задача)



Результаты натурального эксперимента

Результат оценки координат при оценке только координат объекта (статическая задача)



Выводы

- Точность решения статической задачи существенно выше (примерно в 2 раза), чем кинематической.
- Игнорирование в модели задачи скорости объекта при его реальном движении приводит к её неудовлетворительному решению. Следует обязательно реализовать идентификацию модели движения.
- При характерном расстоянии между маяками и объектом 5м реально достижимая точность определения координат объекта составляет 1-2м. Этого достаточно для традиционных задач.
- Использование МНК модели позволяет оценить точность решения на этапе проектирования системы.