

## XCITER 1.4

### Введение

---

Тихая, безоблачная ночь. Наблюдатель сидит за монитором, на который поступает сигнал с ПЗС-матрицы телескопа. И вот наблюдатель видит маленькую звездочку, мирно дрейфующую по небу среди других застывших звезд. Что это? Околопланетная мелочь: самолет, искусственный спутник или космический мусор? А может это габаритный астероид, и гравитация несет его к Земле? Тогда нужно присмотреться к нему повнимательнее. Ведь столкновение астероида с Землей может иметь весьма серьезные и печальные последствия?

Поэтому очень важно уже в первую ночь наблюдений или может быть в последующую определить, что это за объект, куда он летит, опасен ли он для нас, в ближайшее ли время или в далеком будущем? Программный пакет Xciter как раз позволяет получить ответ на это вопрос. Он способен по максимуму выжать информацию о движении объекта из его наблюдений, даже если наблюдательный материал довольно скудный.

### Концепция

---

Изначально наблюдатель вообще ничего не знает о том, что он увидел, и поэтому для него это буквально неопознанный летающий объект. Все, что наблюдатель имеет, — это наблюдения. Однако, и этого уже вполне достаточно для программного пакета Xciter в качестве входной информации, чтобы после обработки представить полную динамическую картину. Сам пакет для пользователя — черный ящик. Он достаточно сложен для детального описания, и поэтому я лишь расскажу о его блочной структуре.

### Структура

---

На вход черного ящика поступают наблюдения (Observations) в формате MPC (Центр малых планет) и самые разнообразные параметры (Parameters), связанные с численным моделированием. Сначала выполняется подготовка наблюдений для их обработки (Arranging). Затем выбирается тройка первых наблюдений для предварительного определения орбиты (Preliminary). Далее начальные приближения орбитальных параметров уточняются с привлечением полного состава наблюдений (Fitting). Если итерации расходятся, выбирается следующая тройка наблюдений, из которых определяется другие начальные приближения, которые снова уточняются, и так далее до сходимости итераций.

После того как орбита определена, выполняется прогноз до заданного момента времени и попутно рассчитывается эфемерида объекта.

### **Preliminary**

---

Важным этапом в моделировании является предварительное определение орбиты. Его роль такая же, как и у стартера в автомобиле: без него просто не сдвинешься с места и никуда не уедешь. Предварительная орбита определяется из трех наблюдений обобщенным методом Лапласа. Он отличается от классического тем, что 1) в нем учитываются все силовые факторы численной модели, а не только притяжение центрального тела; и 2) вместо уравнения для гелиоцентрического расстояния (восьмого порядка) решается трансцендентное уравнение относительно топоцентрического расстояния.

### **Численная модель**

---

В основу численной модели положены классические дифференциальные уравнения орбитального движения, которые интегрируются численно методом Эверхарта в арифметике с двойной точностью. Совместно с уравнениями движения также интегрируются уравнения в вариациях, которые необходимы для итерационного уточнения орбиты. Получаемые при интегрировании прямоугольные координаты на моменты наблюдений преобразуются в угловые топоцентрические координаты, которые затем сопоставляются с наблюдаемыми величинами.

### **Определение орбиты**

---

Параметры орбиты, а именно компоненты начального динамического состояния, определяются в рамках задачи наименьших квадратов. Поиск ее решения выполняется итерационно методом Гаусса–Ньютона, где в качестве нулевого приближения выбираются результаты предварительного определения орбит.

### **Облако неопределенности**

---

Чтобы оценить вероятность столкновения астероида с Землей, мы прибегаем к стохастическому моделированию виртуальных астероидов. На начальный момент времени методом Монте-Карло формируется облако неопределенности, которое затем отображается численной моделью на моменты сближения объекта с Землей. Отношения числа виртуальных астероидов, попавших в тело планеты, к общему числу дает оценку вероятности столкновения.