

# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ALTEXIS ВЕРСИИ 2.0\*

В текущей серии публикаций неоднократно подчеркивалось, что программный комплекс ALTEXIS задуман разработчиками как, во-первых, инструмент «общетопографической» обработки и, во-вторых, как пакет, ориентированный на использование в ряде инженерных приложений. Одним из наиболее важных приложений и, возможно, исторически первым, является электроэнергетика. Точнее, речь идет об использовании ALTEXIS для обработки данных съемки воздушных линий электропередач (ЛЭП), а также других объектов, составляющих инфраструктуру типового электросетевого комплекса, прежде всего подстанций.

В текущей версии продукта использованы программные решения, отработанные в течение последних семи лет активного использования лазерно-локационных методов для съемки ЛЭП, причем, как в России, так и за рубежом.

Для определения набора алгоритмов разработчикам программного комплекса было необходимо, в первую очередь, четко очертить круг решаемых задач. Сделать это было нетрудно, принимая во внимание многолетний опыт работ компании по этому направлению. Итак, можно выделить следующие группы задач:

— инвентаризацию, при проведении которой главным является сбор данных по фактическому состоянию ЛЭП. Сюда можно отнести исполнительную съемку, которая проводится

после завершения строительства, для оценки соответствия проекту, а также выполнение лазерно-локационной съемки в качестве предпроектного топографического обследования при реконструкции, прокладке волоконно-оптических линий связи и др.;

— контроль состояния растительности для выявления участков, грозящих возникновением короткого замыкания, и планирования мероприятий по очистке полосы отчуждения (этот аспект использования лазерно-локационных данных особенно актуален в России);

— выполнение работ по повышению нагрузочной способности существующих линий («апрейтинг», от англ. «up rating»). Это направление заметно прогрессирует в последние годы, особенно в Европе и Северной Америке, так как считается, что правильным решением является модернизация уже существующих линий, а строительство новых неоправданно как с экономической, так и с экологической точек зрения. Выполнение «апрейтинга» хотя и стоит на порядок дешевле строительства новой линии, весьма дорогое и ответственное мероприятие. Это объясняет исключительно высокие требования к геометрической точности определения пространственного положения значимых компонентов линии — проводов, опор, гирлянд и др., а также рельефа и наземных объектов, находящихся в непосредственной близости от ЛЭП. При планирова-

нии «апрейтинга» важно точное прогнозирование изменений пространственного положения провода при климатических воздействиях и изменении электрической нагрузки.

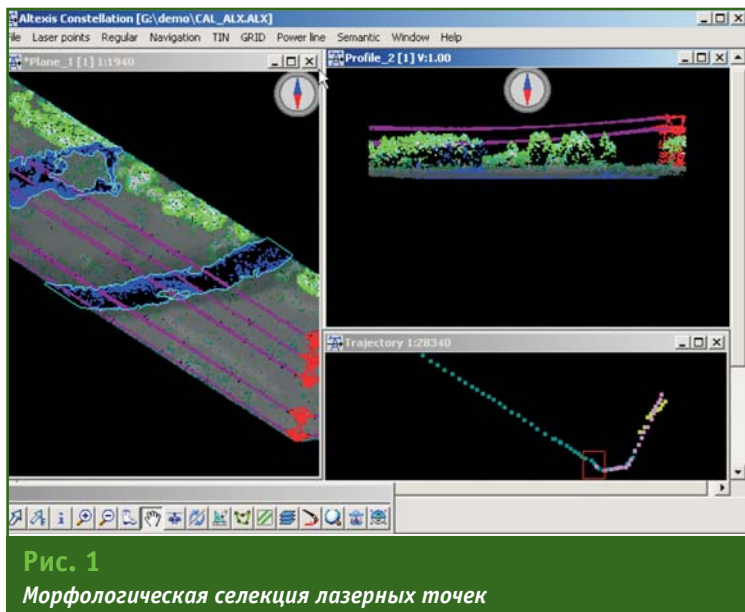
Эти вопросы успешно решаются с помощью программного комплекса ALTEXIS.

Перейдем к подробному рассмотрению возможностей программной обработки данных съемки ЛЭП, предоставляемых программным комплексом ALTEXIS.

Хронологически первой задачей, решаемой при выполнении обработки данных съемки ЛЭП, является морфологическая селекция лазерных точек, на основе критерия их принадлежности к тому или иному классу объектов (рис. 1). На первом этапе в автоматическом режиме выполняется разделение лазерных точек по критерию «земля — не земля». Эта операция по математическому содержанию близко примыкает к процедуре выделения поверхности «истинной земли» (см. Геопрофи. — 2004. — № 4. — С. 19–21). Следующим этапом является выделение групп лазерных точек, соответствующих лесным массивам, а также одиноко стоящим деревьям и кустарникам. Главный результат выполнения этих этапов — принципиальная редукция количества лазерных точек (как правило, на два порядка), которые используются на последующих стадиях анализа. Понятно, что это достигается за счет исключения из дальнейшего рассмотрения точек, кото-

\* Материал предоставлен Компанией «Геокосмос». Продолжение. Начало в № 4, 5-2004.

Значения географических координат, указанные на рисунках данной статьи, являются условными и не соответствуют реальным объектам.



**Рис. 1**  
Морфологическая селекция лазерных точек

рые идентифицированы как принадлежащие поверхности земли или растительности. В оставшемся множестве точек с использованием развитых алгоритмов геоморфологического анализа выделяются группы по критерию принадлежности к объектам различных классов, составляющим типовую ЛЭП. Выделяются следующие основные классы:

- провода;
- опоры;
- гирлянды;
- оттяжки.

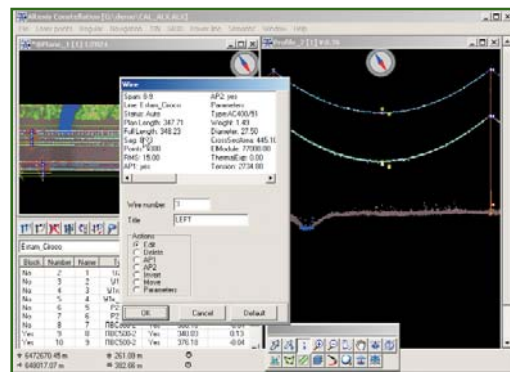
Автоматическое распознавание и выделение проводов является наиболее ответственной процедурой, так как успешное решение этой задачи в большинстве случаев позволяет гарантировать соответствующую обработку и других компонентов. Действительно, провода ЛЭП обладают выраженными морфологическими характеристиками, а их положение в пространстве описывается уравнением цепной функции с точностью до одного неизвестного параметра. Эти обстоятельства позволяют создавать чрезвычайно эффективные и производительные алгоритмы распознавания проводов. Так, в версии 2.0 программного комплекса ALTEXIS такие алгоритмы работают

практически со 100% вероятностью результативности и достоверности для ЛЭП любого класса напряжения. Говоря о длительности выполнения такой операции, можно привести следующий пример. Для линии 220кВ, протяженностью около 200 км, полная процедура обработки проводов основной и всех пересекающих линий на компьютере средней производительности занимает не более 4–5 мин. Естественно, под обработкой понимается выделение групп лазерных точек, соответствующих каждому проводу и тросу, аппроксимация такой группы, численная статистическая оценка параметров цепной функции, пространственных координат точек подвески, угла наклона плоскости висения и др. На рис. 2 представлен пример типового набора геометрических параметров провода, определяемых по результатам обработки. В дополнение к геометрическим параметрам пользователь имеет возможность задать физико-механические свойства провода, такие как удельный вес, модуль упругости, коэффициент температурного удлинения и др. Благодаря этому появляется возможность оценить величины механических нагрузок, в частности, натя-

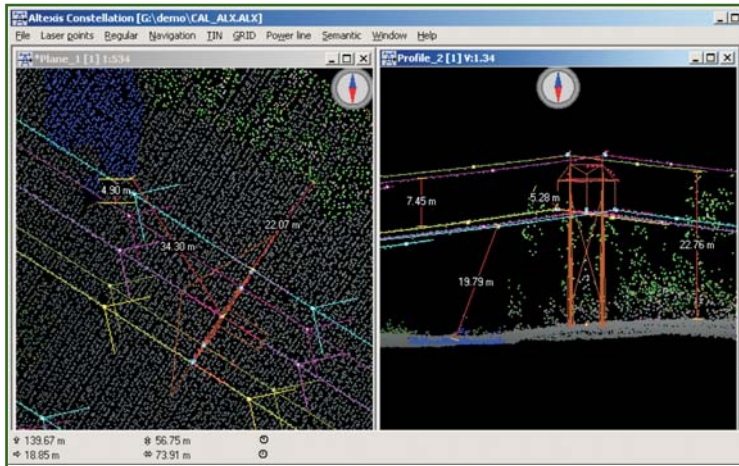
жение провода, которое в данном примере составляет 2734,88 кгс.

Исключительная важность определения пространственного положения проводов при решении общей задачи создания трехмерной модели ЛЭП объясняется тем, что они являются главным структурным компонентом, определяющим и топологию, и морфологию линии в целом. Наличие достоверной информации о положении проводов позволяет «предсказать» нахождение опор, гирлянд подвески и других компонентов, т. е. принципиально уменьшить геометрические размеры области анализа лазерно-локационных данных при реализации алгоритмов автоматического распознавания одного из названных выше объектов.

Применительно к опорам ЛЭП обработка в программной среде ALTEXIS предполагает определение значений геодезических координат пространственного положения и углов ориентации, выявление возможных деформаций и других дефектов, возникших в процессе эксплуатации. При реализации алгоритмов распознавания в качестве начального приближения пространственного положения опоры принимается «точка схода» проводов смежных пролетов (считается, что к этому моменту математические модели всех проводов проекта уже построены).



**Рис. 2**  
Типовые геометрические параметры проводов ЛЭП



**Рис. 3**  
Фрагмент трехмерной модели опоры ЛЭП

ны). Это положение уточняется в дальнейшем, за счет поиска корреляционных зависимостей между predetermined пользователем каркасной моделью опоры и соответствующим облаком лазерных точек, изображающих эту опору. Такой прием позволяет достичь высокой точности относительного геопози-

ционирования — до 10–15 см, что соответствует нормативным требованиям ФСК ЕЭС по точности геометрических измерений параметров ЛЭП.

Пример фрагмента трехмерной модели ЛЭП с каркасной моделью опоры отечественного типа представлен на рис. 3. Программный комплекс ALTEX-

IS предлагает широкий выбор возможностей создания каркасных моделей ЛЭП. Так, они могут быть созданы непосредственно средствами ALTEXIS с помощью специализированной утилиты Tower Editor, либо импортированы в форматы AutoCAD, MicroStation, PLS-CADD и др. Использование каркасных моделей опор, кроме возможности выполнения сверхточного геопозиционирования, имеет и ряд других преимуществ. Главное из них — возможность детально оценить и промоделировать составляющие механических нагрузок, которым подвергаются различные компоненты ЛЭП, в условиях изменения электротехнических и погодных условий. А это крайне важно в таких приложениях как, например, выполнение реконструкции или «апгрейтинга».

*Продолжение следует*

## ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Ваши задачи -  
наши решения!**

Спутниковые приемники  
Trimble, Topcon, Novatel,  
Thales Navigation,  
в том числе HiPer,  
Legacy, Smart 3100 IS,  
ProMark 2

Любые оптические инструменты.



**ГЕОТЕХСЕРВИС - 2000**

Россия, 129010, г. Москва, Протопоповский переулок, 9  
тел: (095) 232-94-34, 280-98-60, факс: (095) 280-53-14  
e-mail: survey@gts2000.ru, <http://www.gts2000.ru>