

Временные ряды спутниковых данных для прогноза вспышек саранчовых в Западной Сибири и Казахстане

А.А. Тронин

*Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности
РАН,
197110, Санкт-Петербург, ул. Корпусная, 18
E-mail: tronin@at1895.spb.edu*

Спутниковые данные нашли широкое применение для контроля численности саранчовых в северной Африке и на Ближнем Востоке. Проблема контроля численности саранчовых становится всё более актуальной и для России. По материалам дистанционного зондирования восстанавливаются несколько важнейших параметров оказывающих решающее влияние на развитие насекомых: температура и влажность почвы, объём зелёной биомассы, тип почвы. Для выявления связи между численностью саранчовых и параметрами окружающей среды был выполнен анализ временных рядов на годовом, месячном и дневном уровнях. На годовом уровне были рассчитаны значения вегетационного индекса с 1981 по 2005 г. на территорию юга Западной Сибири и Северного Казахстана. Было отмечено, что годам с минимальными значениями вегетационного индекса соответствуют периодам массового размножения саранчовым. Вегетационный индекс изменяется синусоидально, с периодом около 10 лет. Синусоидальный вид кривой вегетационного индекса совпадает с кривой солнечной активности во времени. Предварительный анализ метеорологических данных не показал таких периодических изменений в этом регионе. Анализ 150 летнего ряда метеоданных показал рост температуры воздуха на 4 градуса в регионе. Анализ временного ряда для месячных данных вегетационного индекса показал, что наиболее информативным для контроля численности саранчовых являются августовские значения индекса. Ежедневный анализ временного ряда вегетационного индекса был проведён на примере вспышки саранчовых в апреле 2002 г. на Мадагаскаре.

Введение

Проблема массового размножения саранчовых становится всё более актуальной и для России. Последние вспышки размножения в Западной Сибири, Казахстане и на Кавказе стимулировали интерес к дистанционным методам изучения среды обитания саранчовых и прогнозу их численности. Жизненный цикл саранчи определяется несколькими физическими параметрами: температура и влажность почвы и воздуха, объём биомассы, тип почвы. Некоторые из этих параметров, в первую очередь вегетационный индекс, широко используются для контроля численности саранчовых в Северной Африке, Австралии [1, 2, 3, 4].

Основной целью исследования является спутниковый мониторинг и прогноз численности саранчовых на юге Западной Сибири. В данной статье рассматриваются вопросы анализа временных рядов спутниковых данных применительно к решению основной задачи исследований.

Юг Западной Сибири представляет собой сельскохозяйственный регион со степными ландшафтами и континентальным климатом, холодной зимой и жарким летом. Среднегодовая температура составляет около 3.5 °С, годовое количество осадков – около 350 мм, из них около 100 составляет снег. Большая часть земли находится в сельскохозяйственном обороте, основными культурами являются зерновые. Полигон исследований находится на границе России и Казахстана, в Новосибирской области, и ограничен 53-55 с.ш., 76-79 в.д.

В Западной Сибири [5] обнаружено несколько видов стадных саранчовых: итальянский прус (*Calliptamus italicus*), мароккская саранча (*Dociostaurus maroccanus*) и азиатская перелётная саранча (*Locusta migratoria migratoria*). В периоды массового размножения плотность насекомых достигает 150 штук на квадратный метр.

Данные

Данные радиометров MODIS и AVHRR использовались для восстановления параметров земной поверхности, оказывающих влияние на саранчовых. С 1981 по 2001 гг. использовались данные AVHRR для расчёта вегетационного индекса и температуры поверхности. Данные MODIS/TERRA с 1999 г., а MODIS/AQUA с 2002 г. использовались для восстановления тех же параметров. Кроме того, использовались 8-дневные композиты 1 и 2 каналов MODIS для восстановления вегетационного индекса, а также ежедневные наблюдения 1 и 2 каналов MODIS. Для минимизации обработки данных использовались стандартные продукты.

Кроме спутниковых данных использовались метеорологические наблюдения на сети метеостанций России и Казахстана. На тестовом полигоне проведены два полевых сезона наземных измерений. В ходе полевых работ проводилось описание ландшафтов, определение растительности и объёма биомассы, определение почв, измерения физических характеристик почвы, метеорологических параметров.

Методика работ

Вегетационный индекс рассчитывался по коэффициентам спектральной яркости в 1 и 2 каналах радиометров AVHRR и MODIS, или непосредственно использовались данные о NDVI, получаемые от центра обработки данных [6]. Температура поверхности вычислялась для данных AVHRR по 4 каналу радиометра, для радиометра MODIS были использованы готовые продукты. По метеорологическим данным вычислялись среднемесячные значения температуры и суммарное за месяц количество осадков.

Результаты

Анализ временных рядов годового уровня показал существенную изменчивость вегетационного индекса на полигоне в августе месяце. На 25-летнем ряде данных прослеживается связь значений вегетационного индекса и периодов массового размножения саранчовых (рис.1). Также несомненна связь температуры поверхности почвы, определяемая по дистанционным данным, периодами массового размножения саранчовых (рис. 2). Из метеорологических параметров наиболее информативным оказалось количество осадков (рис. 2), выпадающее в летнее время (с мая по август). Очевидно, что за один – два года до массового размножения саранчовых, на территории полигона увеличивается температура почвы и уменьшается количество осадков. Температура воздуха, измеренная на метеостанциях оказалась менее информативным параметром, чем температура почвы, измеренная спутниковыми методами. Кроме того, отмечена высокая корреляция вегетационного индекса с числом солнечных пятен (рис. 3).

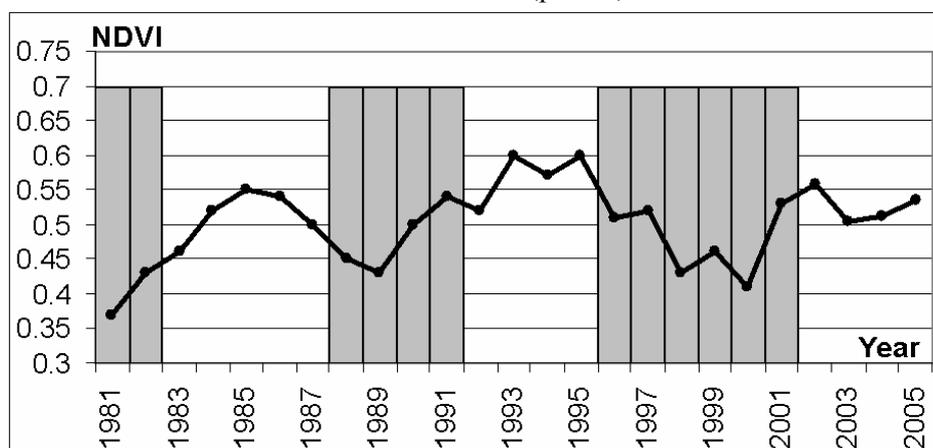


Рис. 1. Изменение вегетационного индекса на полигоне в августе месяце с 1981 по 2005 гг. Столбиками отмечены годы массового размножения саранчовых

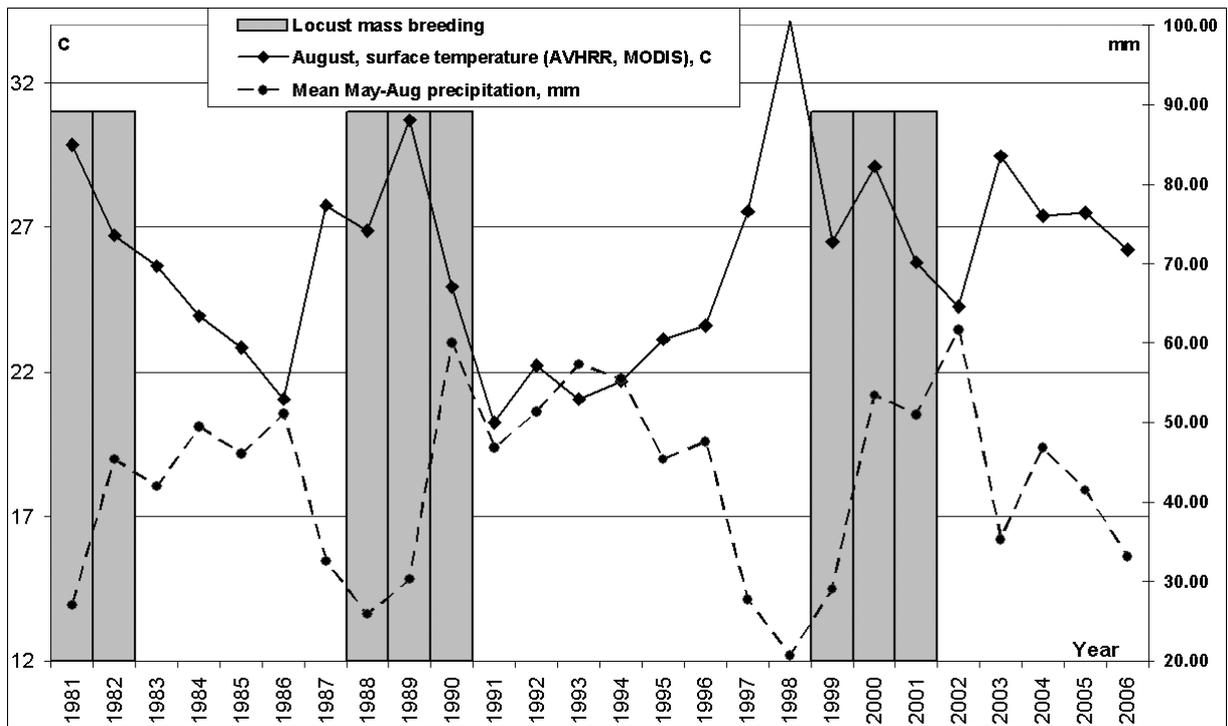


Рис. 2. Температура земной поверхности в августе по спутниковым данным и суммарные осадки за май-август по метеорологическим данным

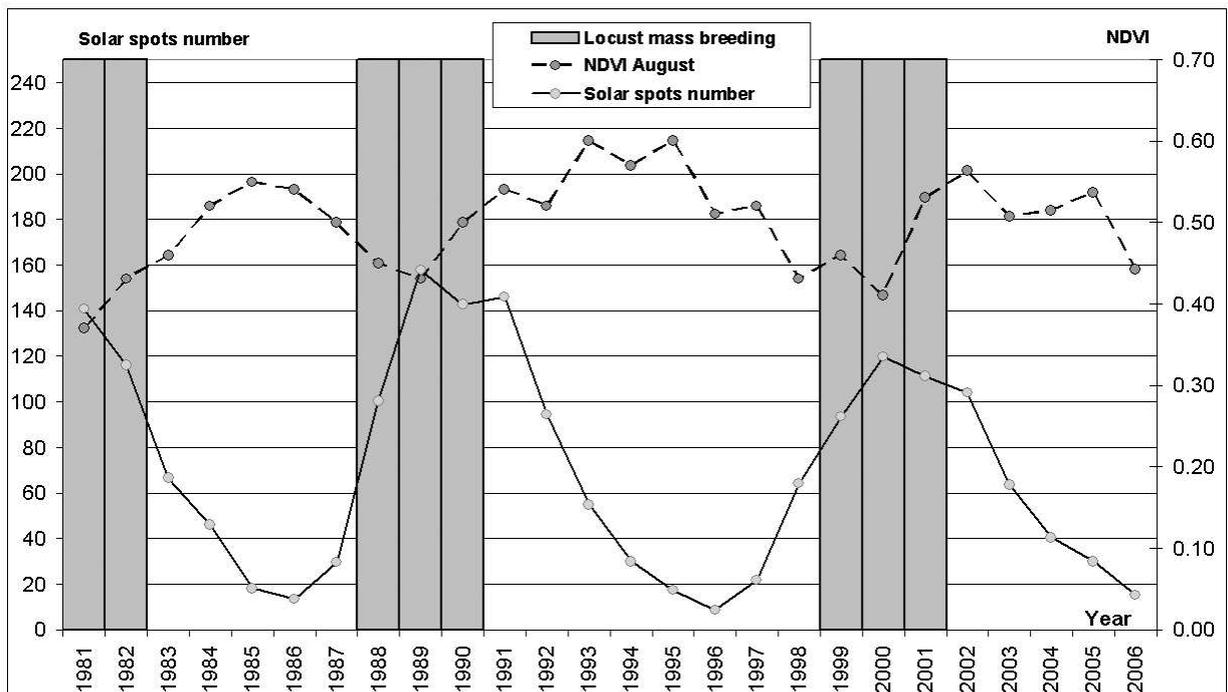


Рис. 3. Изменение вегетационного индекса за август и числа солнечных пятен

Внутригодовая динамика исследовалась для вегетационного индекса, температуры поверхности и метеорологических параметров. Наиболее яркие изменения были обнаружены в месячной динамике температуры поверхности. Было обнаружено, что в годы массового размножения саранчовых температура в мае резко отличается от обычных годов (рис. 4). В это же время обычно наблюдается минимум осадков. Такие условия крайне благоприятны для выживания перезимовавших кладок саранчовых.

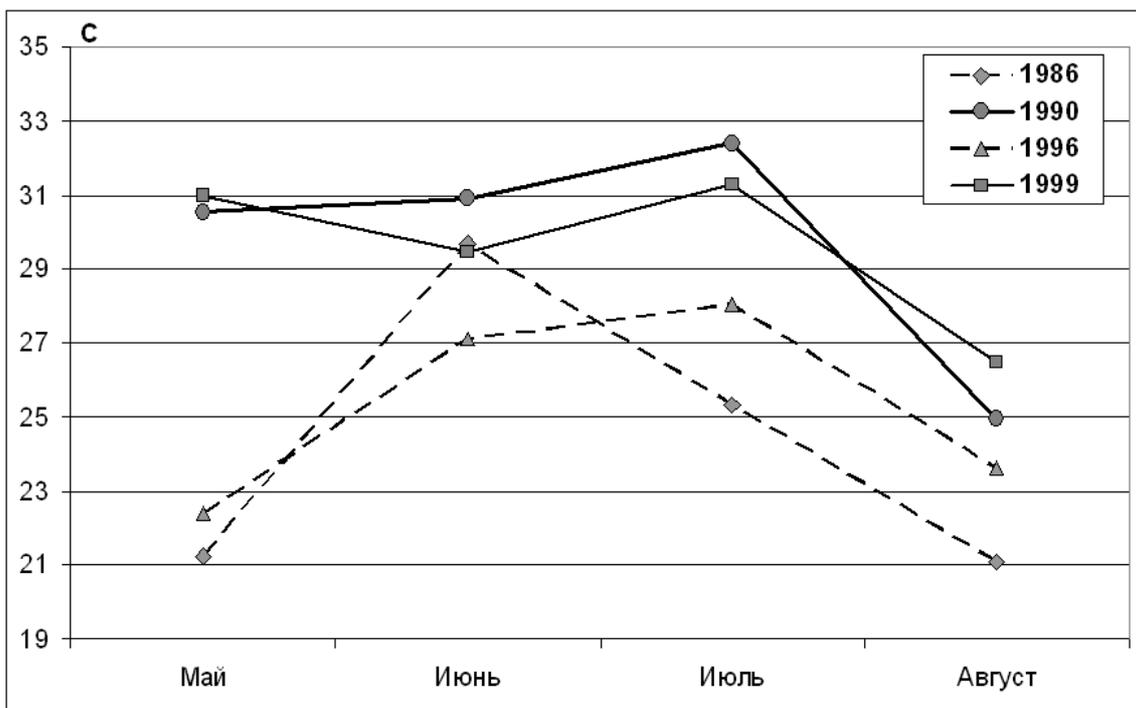


Рис. 4. Динамика месячной температуры в годы массового размножения саранчовых (1990, 1999), и в обычные годы (1986, 1999)

Мониторинг на ежедневном уровне был проведён в период массового размножения саранчовых на Мадагаскаре. В предыдущие годы вспышек саранчовых в Новосибирской области и Казахстане не было. На юге Мадагаскаре была зафиксирована вспышка саранчовых в апреле 2002 г. [7]. Характер движения саранчовых на местности показан на рис. 5. Отчётливо видно, что за фронтом движения саранчовых отсутствует растительность, то есть уменьшается вегетационный индекс. Были получены ежедневные данные по вегетационному индексу с 1 по 30 апреля для участков, поражённых саранчой и свободных от неё (рис. 6). Анализ полученных данных показал уменьшение вегетационного индекса из-за уничтожения растительности саранчовыми.

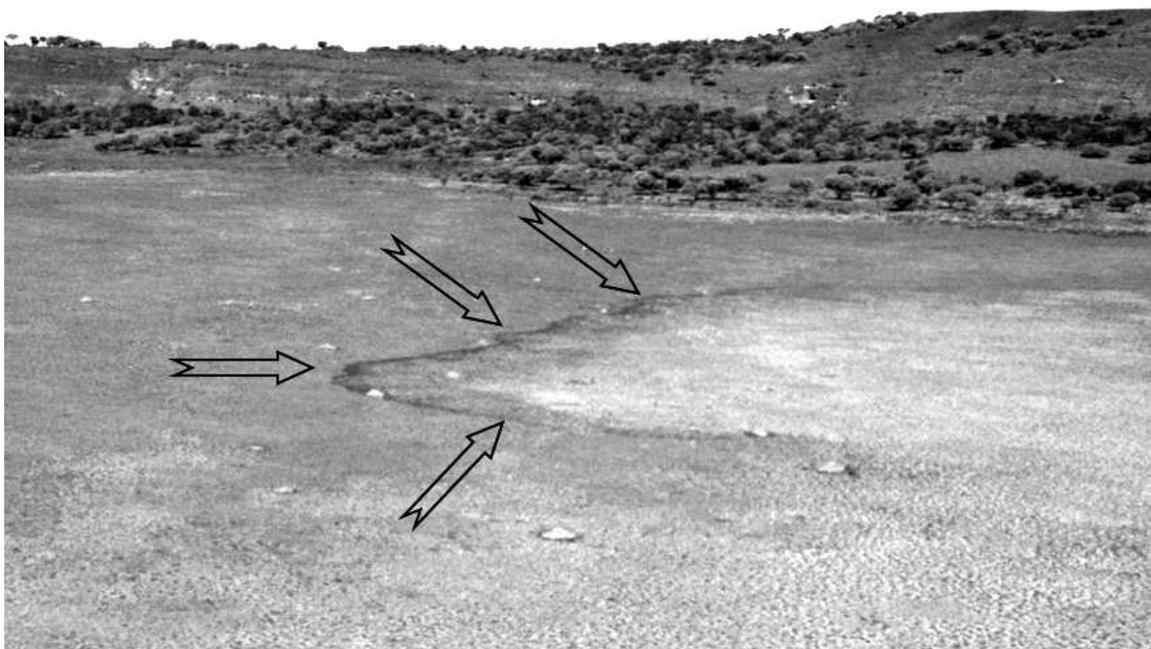


Рис. 5. Массовая вспышка саранчовых на юге Мадагаскара в апреле 2002 г. [7]. Стрелками показан фронт движения саранчовых

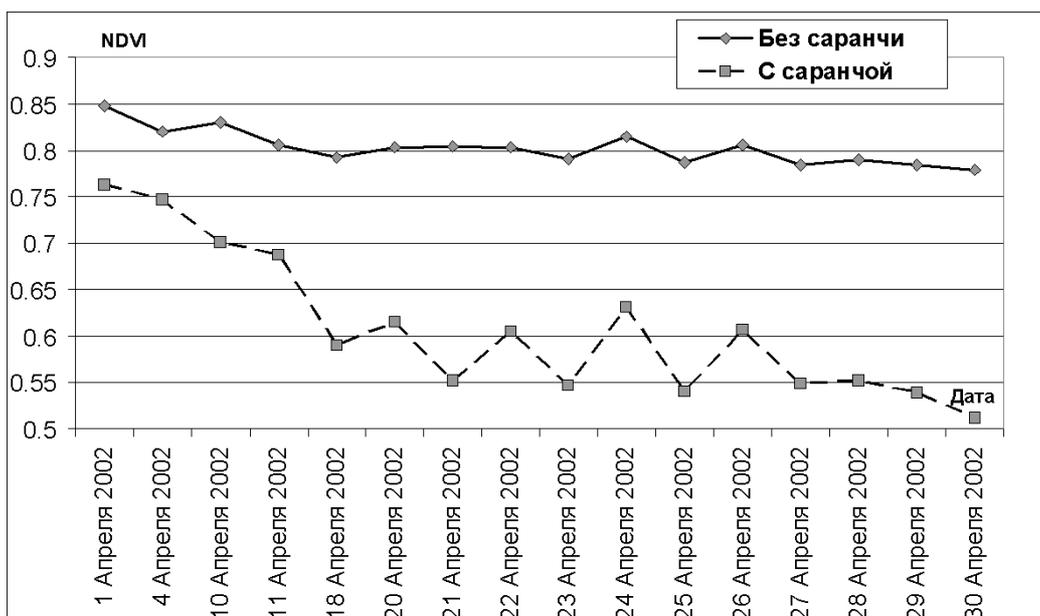


Рис. 6. Изменение вегетационного индекса на юге Мадагаскара в апреле 2002 г. на участках поражённых саранчой и свободных от неё

Заключение

Результаты анализа временных рядов спутниковых данных для прогноза вспышек саранчовых в Западной Сибири и Казахстане показали:

- 1) Вегетационный индекс на юге Западной Сибири изменяется периодически, период равен 11 годам;
- 2) Массовые вспышки саранчовых совпадают с минимумами вегетационного индекса;
- 3) Массовые вспышки саранчовых совпадают с максимальной температурой поверхности земли и минимумом осадков;
- 4) Дистанционные методы могут быть эффективно использованы для прогнозирования опасности массового размножения саранчовых на годовом уровне.

Исследования выполняются в рамках проекта Международного Научно-Технического Центра (МНТЦ): «Разработка технологии картирования районов массового размножения саранчовых методами дистанционного зондирования для обеспечения мероприятий по экологически безопасной защите сельскохозяйственных угодий».

Литература

1. Bryceson, K. P. Locating locust infestation areas by satellite. In: Proc. 5th Australian Remote Sensing Conference, October 1990, 1990, pp. 581-584.
2. Despland, E., Rosenberg, J., and Simpson, S. J. Landscape structure and locust swarming: a satellite eye view. *Ecography*, 27, 2004, pp. 381-391.
3. Hamilton, J. G. and Bryceson, K. P. Use of enhanced GMS weather satellite data in locust forecasting. In: *Pest Control and Sustainable Agriculture*, CSIRO, Melbourne, 1993, pp. 444-448.
4. Tucker, C.J., Hielkema, J.U., and Roffey, J. The potential of satellite remote sensing of ecological conditions for desert locust survey and forecasting. *International Journal of Remote Sensing* 6, 1985, pp.127-138.
5. Саранчовые Казахстана, Средней Азии и сопредельных территорий. Под ред. Лачининского А.В., Ларами, 2002, 387 с.
6. McGinnis, D. F., Tarpley, J. D. Vegetation cover mapping from NOAA/AVHRR. *Advances in Space Research*, 5 (6), 1985, pp. 359-369.
7. Franc A. Personal communication. CIRAD / Unite de Recherche d'Acridologie Campus International de Baillarguet (TA 40/D) 34398 Montpellier Cedex 5 - FRANCE, 2006